IMaSS

令和5年度

活動報告書

名古屋大学 未来材料・システム研究所

Institute of Materials and Systems
for Sustainability

Nagoya University

はじめに

未来材料・システム研究所（Institute of Materials and Systems for Sustainability：略称 IMaSS）は、平成 27 年 10 月にエコトピア科学研究所から改組され、環境と調和した持続発展可能な社会の実現に向けた様々な技術課題の解決に取り組む組織として発足しました。この改組を契機として、窒化ガリウム（GaN）、ナノカーボン、炭化ケイ素などのポストシリコン材料を用いた先端的デバイスに関する研究グループが加わり、天野浩教授をセンター長とする附属未来エレクトロニクス集積研究センター（Center for Integrated Research of Future Electronics：略称 CIRFE）が設置されました。平成 30 年 6 月には、GaN 研究における結晶成長、デバイスプロセス、評価などを同一スペースで包括的に実施できる大空間クリーンルームを有するエネルギー変換エレクトロニクス実験施設（CIRFE-Transformative Electronics Facilities：略称 C-TEFs）が整備され、同年 12 月には C-TEFs に隣接してエネルギー変換エレクトロニクス研究館（CIRFE-Transformative Electronics Commons：略称 C-TECs）も開設され、CIRFE の研究体制が整備されました。このような充実した研究環境のもと、文部科学省や環境省などによる多数の大型研究プロジェクトの実施を通して、世界唯一の GaN 研究拠点の基盤を築き、優れた成果を蓄積しています。また、C-TECs には、CIRFE の研究グループのほか、寄附研究部門や産学協同研究部門などが集結することで under one roof による研究活動が可能となり、研究グループの壁をなくしたオープンな研究環境のもと、次世代／次々世代半導体の研究開発などを活性化しています。さらに、一般社団法人 GaN コンソーシアムとも連携して、GaN に関する基礎研究から応用研究に至る幅広い分野を包含する、オールジャパンの研究推進体制を構築しています。

附属高度計測技術実践センター（Advanced Measurement Technology Center：略称 AMTC）では、超高圧電子顕微鏡施設および先端技術共同研究施設を核として、電子顕微鏡計測、電磁波計測、素粒子計測、X 線分光計測、ナノ加工計測など高度計測技術の実践と人材育成を推進しています。また、世界唯一の反応科学超高圧走査透過電子顕微鏡を代表とする先端的電子顕微鏡群を対象として、令和 3 年度から文部科学省の「先端科学設備プラットフォームプログラム」に採択され、設備の整備充実を推進しています。さらに、同年度には文部科学省の「マテリアル先端リサーチインフラ」のハブとして認定され、装置群の整備も進めています。加えて、ナノ材料の電子顕微鏡観察や薄膜の加工によるフォトニック結晶の作製など、多くの技術相談や問合せが学内外から寄せられ、年間約 200 件の技術支援も行っています。今後も様々な要望に応えられるよう、引き続き共同利用設備を整備・充実させて参ります。

材料創製部門（Division of Materials Research：略称 DM）では、既存の物質・資源・エネルギーの効率的利用といった課題に留まらず、将来のエネルギーシステムや省エネデバイスに役立つ新規材料・先端ナノ材料に関する研究を推進し、長期的な視点に立った省エネ・創エネのための材料創製研究を行っています。また、文部科学省による 6 大学の研究プロジェクト「国際・産学連携インヴァースイノベーション材料創出プロジェクト」（令和 3 年度は試行期間、令和 4 ～ 8 年度実施）では、他大学の 5 つの研究所と連携し、社会的ニーズを起点に課題を設定し、人と知の循環による問題解決と社会実装を推進しています。

システム創成部門（Division of Systems Research：略称 DS）では、高度なエネルギー変換・輸送・利用技術、様々な視点からのエネルギー・環境影響評価手法、物質変換・物質循環技術を開発しています。また、それらを効果的に活用するための交通マネジメント技術や情報セキュリティに関する研究も推進しています。さらに、エネルギーシステム（中部電力）寄附研究部門とも連携して研究を進め、市民講座の開催などを通した情報発信にも努めています。

IMaSS は、革新的な省エネルギー・創エネルギー研究を先導する共同利用・共同研究拠点として文部科学省から認定され、令和 5 年度には国内外の大学や研究機関と 123 件の共同利用・共同研究を実施しました。今後も研究者間の連携をよりいっそう広げる努力を継続いたします。

平成 27 年に誕生した IMaSS は、上述のように研究プロジェクトの推進や施設の整備などを積極的に推進し、多くの貴重な研究成果を創出しています。今後は、真に国際的に卓越した研究組織を目指し、海外研究機関との人材交流の活発化や国際的な研究ネットワークの強化を進めて参ります。また、IMaSS には様々な専門分野の所員が所属していますので、所内の連携が新しい発想やイノベーションの創出に発展することを期待し、所内の情報交換と交流を促進して参ります。

令和 5 年度の本活動報告を通して IMaSS への理解を深めていただくとともに、IMaSS の発展に向けて引き続きご支援ご協力を賜りますようお願い申し上げます。

令和 6 年 9 月

未来材料・システム研究所

所長　内山知実

目　　次

未来材料･システム研究所組織図 …… i
未来材料･システム研究所構成員 …… ii

1. 研究所の概況 …… 1
1.1　設立の主旨・経緯 …… 1
1.2　研究所の特色・構成 …… 1
1.3　組織 …… 2
1.3.1　研究所附属センター …… 2
1.3.2　研究部・基幹研究部門 …… 2
1.3.3　附属共同利用研究施設 …… 3
1.3.4　寄附研究部門 …… 3
1.3.5　産学協同研究部門 …… 4
1.3.6　研究所事務部 …… 4
1.4　財政 …… 5
1.4.1　政府関連予算の状況 …… 5
1.4.2　外部資金獲得状況 …… 9
1.5　人事 …… 9
1.5.1　公募 …… 9
1.5.2　人事異動 …… 9
1.6　施設・設備 …… 11
1.7　令和 5 年度のできごと …… 12

2. 運営 …… 13
2.1　教授会・部門長会議 …… 13
2.2　組織改革 …… 13
2.3　所内委員会 …… 14
2.3.1　広報委員会 …… 14
2.3.2　学術交流・社会連携委員会 …… 17
2.3.3　安全衛生・整備委員会 …… 17
2.3.4　共同利用・共同研究委員会 …… 18
2.4　所長裁量経費 …… 19
2.5　産学官連携活動 …… 20
2.5.1　産学官による連携研究 …… 20
2.5.2　国際連携と国際共同研究 …… 21
2.6　運営協議会 …… 21

3. 研究活動の概要 …… 22
3.1　共同利用・共同研究 …… 22
3.2　国際・産学連携イノヴァースイノベーション材料創出プロジェクト …… 54
3.3（1）　マテリアル先端リサーチインフラ事業（計測・分析分野） …… 55
3.3（2）　マテリアル先端リサーチインフラ事業（加工・デバイスプロセス分野） …… 56
3.4　革新的パワーエレクトロニクス創出基盤技術研究開発 …… 57
3.5　国際共同・協力研究 …… 58
3.5.1　学術交流協定 …… 58
3.5.2　諸外国における研究者の活動状況 …… 60
3.6　国内共同・協力研究 …… 64

3.6.1　連携協定 …… 64
3.6.2　その他の共同・協力研究 …… 64
3.7　シンポジウム・講演会等 …… 65
3.8　国際交流 …… 67
3.9　受賞 …… 67
3.10　新聞・雑誌・テレビ等 …… 75

4. 教育活動 …… 81
4.1　学部・大学院における講義・セミナー等 …… 81
4.2　学位審査 …… 81
4.3　受入学生・研究員 …… 85

5. 社会活動 …… 86
5.1　政府・地方公共団体・独立行政法人の委員等 …… 86
5.2　学会・研究会・その他団体の委員等 …… 86
5.3　研究者以外を対象とした研究活動の実施・公開状況 …… 86

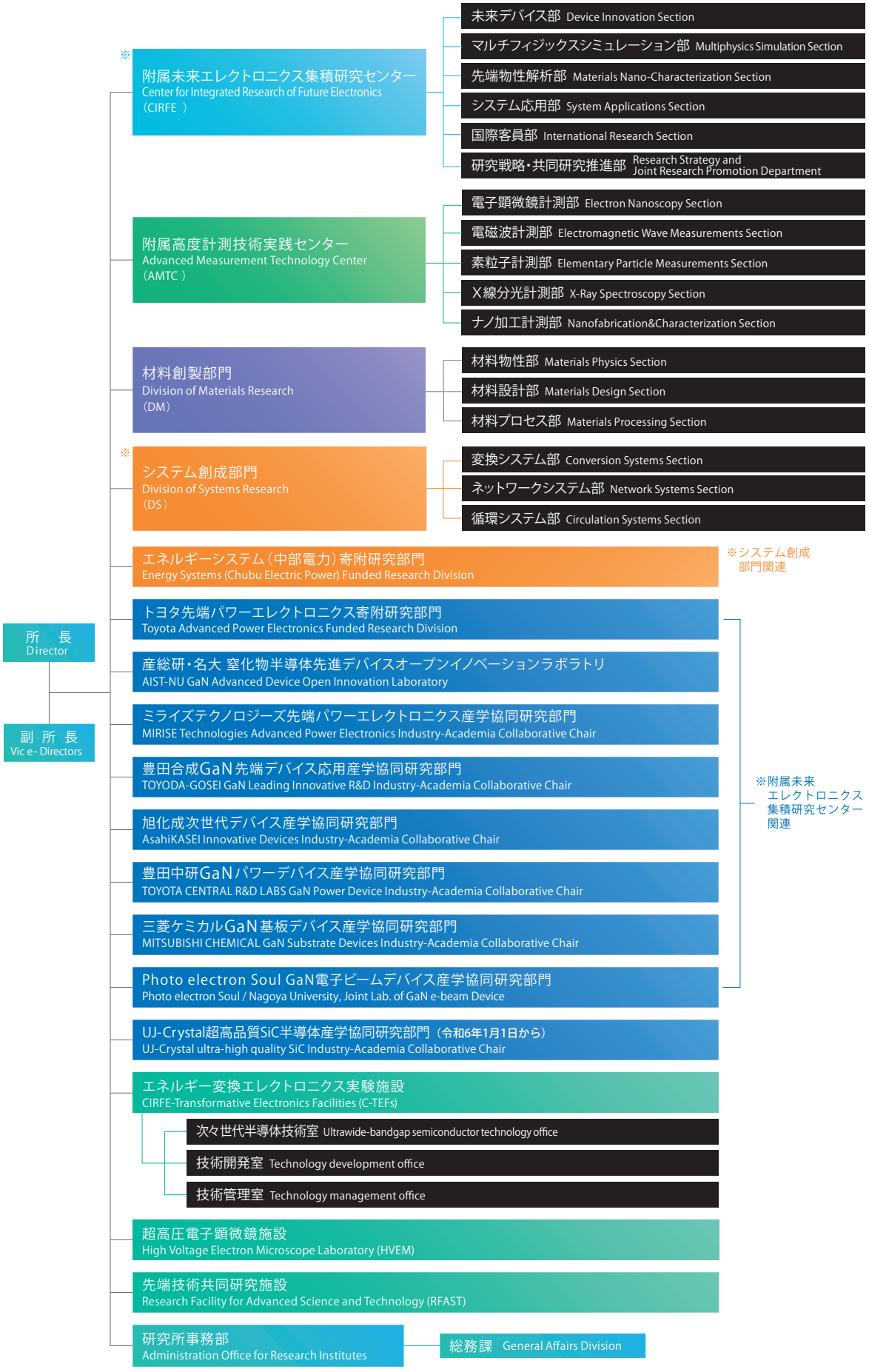
6. 教員グループの研究成果 …… 87
6.1　未来エレクトロニクス集積研究センター …… 87
6.1.1　未来デバイス部 …… 87
●結晶成長グループ …… 87
●表面・界面グループ …… 98
●ナノ材料デバイスグループ …… 105
●エネルギー変換デバイスグループ …… 108
●先端デバイスグループ …… 115
●ナノ電子デバイスグループ …… 120
●機能集積デバイスグループ …… 125
6.1.2　マルチフィジックスシミュレーション部 …… 130
●フロンティア計算物質科学グループ …… 130
6.1.3　先端物性解析部 …… 136
●ナノ電子物性グループ …… 136
6.1.4　システム応用部 …… 138
●パワーエレクトロニクスグループ …… 138
●高周波回路グループ …… 149
6.1.5　国際客員部 …… 151
●次世代窒化物半導体グループ …… 151
6.1.6　研究戦略・共同研究推進部 …… 152
6.2　高度計測技術実践センター …… 154
6.2.1　電子顕微鏡計測部 …… 154
●ナノ顕微分光物質科学グループ …… 154
●電子線ナノ物理工学グループ …… 158
6.2.2　電磁波計測部 …… 165
●プラズマエネルギー工学グループ …… 165
6.2.3　素粒子計測部 …… 169
●実験観測機器開発グループ …… 169
6.2.4　X線分光計測部 …… 176

●エネルギー・相界面材料科学グループ……176
6.2.5 ナノ加工計測部……181
●ナノスピンデバイスグループ……181
6.3 材料創製部門……186
6.3.1 材料物性部……186
●計算流体力学グループ……186
●多孔材料化学グループ……188
●ナノ構造制御学グループ……191
●理論化学グループ……194
6.3.2 材料設計部……195
●ナノスピン・磁性材料創成工学グループ……195
●ナノイオニクス設計工学グループ……198
●ナノバイオデバイス設計工学グループ……201
●環境材料工学グループ……204
●強的秩序の探索とデバイス応用……205
6.3.3 材料プロセス部……208
●ナノ機能材料グループ……208
●自己組織化機能性ナノ材料……218
●ラジカル化学グループ……220
6.4 システム創成部門……222
6.4.1 変換システム部……222
●環境・エネルギー工学グループ……222
●推進エネルギーシステム工学グループ……227
6.4.2 ネットワークシステム部……232
●無線通信システムグループ……232
●エネルギーシステムグループ……236
●交通システムグループ……240
6.4.3 循環システム部……245
●自然共生型社会を目指した再生可能エネルギーと環境エコロジー・システムの評価に関する研究グループ……245
●エコ・エネルギー工学グループ……247
6.5 寄附研究部門……249
6.5.1 エネルギーシステム（中部電力）寄附研究部門……249
6.5.2 トヨタ先端パワーエレクトロニクス寄附研究部門……253
6.6 産学協同研究部門……255
6.6.1 産総研・名大 窒化物半導体先進デバイスオープンイノベーションラボラトリ……255
6.6.2 ミライズテクノロジーズ先端パワーエレクトロニクス産学協同研究部門……257
6.6.3 豊田合成 GaN 先端デバイス応用産学協同研究部門……260
6.6.4 旭化成次世代デバイス産学協同研究部門……261
6.6.5 豊田中研 GaN パワーデバイス産学協同研究部門……263
6.6.6 三菱ケミカル GaN 基板デバイス産学協同研究部門……266
6.6.7 Photo electron Soul GaN 電子ビームデバイス産学協同研究部門……267
6.6.8 UJ-Crystal 超高品質 SiC 半導体産学協同研究部門……268
6.7 超高圧電子顕微鏡施設……270

未来材料・システム研究所組織図

令和５年４月１日時点

IMaSS Organization chart



未来材料・システム研究所構成員　令和５年４月１日時点

所　長
教　　授　成瀬　一郎

副所長
教　　授　齋藤　　晃
教　　授　山本　俊行

《研究部》

未来エレクトロニクス集積研究センター

未来デバイス部
教授・センター長　天野　　浩
教　　授　宇治原　徹
教　　授　大野　雄高
教授（兼務）　宇佐美徳隆
教授（兼務）　須田　　淳
教授（兼務）　中塚　　理
教授（兼務）　宮﨑　誠一
特任教授　笹岡　千秋
客員教授　石黒　　徹
客員教授　宇田　　聡
客員教授　大島　久純
客員教授　太田　光一
客員教授　乙木　洋平
客員教授　亀井　一人
客員教授　楠　　一彦
客員教授　小出　康夫
客員教授　児島　一聡
客員教授　塚本　勝男
客員教授　古庄　智明
客員教授　松本　　功
客員教授　武藤　浩隆
客員教授　米澤　喜幸
准教授　原田　俊太
准教授　本田　善央
准教授（兼務）　堀田　昌宏
特任准教授　田中　敦之
特任准教授　冨田　大輔
特任准教授　新田　州吾
客員准教授　沓掛健太朗
客員准教授　西谷　智博
客員准教授　分島　彰男
助　　教　松永　正広
特任助教　大西　一生
特任助教　LIU, Xin
特任助教（兼務）　王　嘉

マルチフィジックスシミュレーション部
教　　授　白石　賢二
特任教授　押山　　淳
客員教授　大野　隆央
准教授　芳松　克則
助　　教　洗平　昌晃

先端物性解析部
教授・副センター長　五十嵐信行
准教授　長尾　全寛
助　　教　狩野　絵美

システム応用部
教　　授　山本　真義
特任教授　重松　浩一
特任教授　原　　信二
客員教授　佐藤　伸二
客員教授　細谷　達也
准教授　今岡　　淳
准教授（兼務）　栗本　宗明
客員准教授　石倉　祐樹
客員准教授　黒田　尚孝
客員准教授　辛　　宗元
客員准教授　増田　　満
客員准教授　向山　大索
客員准教授　MOSTAFA, Noah

国際客員部
特任教授　PRISTOVSEK, Markus
客員教授　GRAHAM, Samuel
客員教授　SCHOWALTER, Leo John
客員教授　XING, Huili Grace
客員教授　SEONG, Tae-Yeon
客員教授　BOĆKOWSKI, Michal Stanislaw
特任助教　楊　旭

研究戦略・研究共同推進部
教授（兼務）・リーダー　須田　　淳
特任教授・副リーダー　新井　　学
特任教授　上杉　　勉
特任教授　加地　　徹
特任教授　笹岡　千秋
特任教授　橋詰　　保
特任教授　藤田　静雄
特任教授（兼務）　安藤　裕二
客員教授　CHOWDHURY, Srabanti

高度計測技術実践センター

電子顕微鏡計測部
教　　授　齋藤　　晃
教授・センター長　武藤　俊介
客員教授　内田　正哉
客員教授　岡島　敏浩
客員教授　高橋　可昌
客員教授　平山　　司
客員教授　山﨑　　順
准教授　桒原　真人
客員准教授　樋口　哲夫
講　　師　大塚　真弘
助　　教　石田　高史

電磁波計測部
教授（兼務）　大野　哲靖
准教授　田中　宏彦

素粒子計測部
准教授（兼務）　中野　敏行
准教授（兼務）　森島　邦博
特任准教授　佐藤　　修
助　　教　六條　宏紀
特任助教　北川　暢子
特任助教　長縄　直崇

Ｘ線分光計測部
客員教授　水牧仁一朗
客員教授　吉田　朋子
准教授　池永　英司

ナノ加工計測部
教授・副センター長　加藤　剛志
客員教授　園部　義明
助教（兼務）　大島　大輝
特任助教　本田　杏奈

材料創製部門

材料物性部
教　　授　内山　知実
教授・部門長　中西　和樹

教授(兼務)　山本　剛久
客員教授　菅原　義之
客員教授　中山　浩
准教授　安田　耕二
特任准教授　長谷川丈二
助教　高牟禮光太郎
助教(兼務)　井内　哲

材料設計部
教授・副部門長　水口　将輝
教授(兼務)　入山　恭寿
教授(兼務)　馬場　嘉信
客員教授　小森　文夫
准教授　宮町　俊生
助教　服部　将朋

材料プロセス部
教授　長田　実
教授　田川　美穂
客員教授　小澤　正邦
客員教授　原田　勝可
准教授　熊谷　純
准教授　小林　亮
客員准教授　SRIVASTAVA, Sunita
助教　山本　瑛祐

システム創成部門

変換システム部
教授・部門長　笠原　次郎
教授　成瀬　一郎
特任教授　松山　行一
准教授　植木　保昭
客員准教授　川﨑　央
助教　伊東山　登

ネットワークシステム部
教授・副部門長　片山　正昭
教授　加藤　丈佳
教授　山本　俊行
准教授　岡田　啓
准教授　三輪　富生
助教　BEN NAILA, Chedlia
助教(兼務)　占部　千由

循環システム部
教授　林　希一郎
客員教授　岡澤　宏
准教授　小島　義弘

寄附研究部門

エネルギーシステム(中部電力)寄附研究部門
特任教授　岩田　幹正
特任助教　DANISH, Mir Sayed Shah

トヨタ先端パワーエレクトロニクス寄附研究部門
特任教授　小笠原悟司
特任教授　塩﨑　宏司
特任教授　森　勇介
客員教授　手嶋　茂晴
特任准教授　髙木　健一
客員准教授　大沼　喜也

産学協同研究部門

産総研・名大 窒化物半導体先進デバイスオープンイノベーションラボラトリ
特任教授　王　学論
特任教授　山田　永

ミライズテクノロジーズ先端パワーエレクトロニクス産学協同研究部門
特任教授　恩田　正一
特任教授　長里　喜隆
特任准教授　小島　淳
特任助教　喜田　弘文

豊田合成GaN先端デバイス応用産学協同研究部門
特任教授　岡　徹
客員教授　福島　英沖
特任准教授　牛田　泰久
特任助教　角谷　健吾

旭化成次世代デバイス産学協同研究部門
特任准教授　吉川　陽
特任助教　張　梓懿

豊田中研GaNパワーデバイス産学協同研究部門
特任教授　兼近　将一
特任教授　冨田　一義

三菱ケミカルGaN基板デバイス産学協同研究部門
特任教授　磯　憲司
特任助教　三浦　輝紀

Photo electron Soul GaN電子ビームデバイス産学協同研究部門
特任講師　鹿野　悠
特任助教　佐藤　大樹

UJ-Crystal超高品質SiC半導体産学協同研究部門(令和6年1月1日設置)
特任教授　古庄　智明(令和6年1月1日時点)
特任准教授　村山　健太(令和6年1月1日時点)

《研究所施設》

エネルギー変換エレクトロニクス実験施設
教授(兼務)・施設長　須田　淳
特任教授・副施設長　恩田　正一
特任教授・副施設長　加地　徹
特任教授・技術管理室長　笹岡　千秋
特任教授・次々世代半導体技術室長、技術開発室長　新井　学

超高圧電子顕微鏡施設
教授・施設長　武藤　俊介
教授　五十嵐信行
教授・副施設長　齋藤　晃
教授(兼務)　山本　剛久
准教授　桒原　真人
准教授　長尾　全寛
特任准教授　荒井　重勇
講師　大塚　真弘

先端技術共同研究施設
教授・施設長　加藤　剛志
教授　大野　雄高
教授(兼務)　中塚　理
助教　松永　正広
助教(兼務)　大島　大輝

《研究所事務部》

事務部長　伊藤　誠

総務課
総務課長　山盛　正雄
総務課長補佐 兼 人事係長　武藤真由美
天野プロジェクト支援室　特任主幹　古橋　悟志
天野プロジェクト支援室　専門職員　大澤　莉紗
総務グループ　係長　佐藤　孝政
総務グループ　係長　登内　紀晶
総務グループ　事務職員　岡田　純平
人事係　事務職員　柴田　朋香
予算企画係長　宮尾　美玲
予算企画係　事務職員　石﨑　穂波

1. 研究所の概況

1.1 設立の主旨・経緯

平成 27 年 10 月に「エコトピア科学研究所」を改組・拡充し、「未来材料・システム研究所」へと所名を変更した。改組と同時に「附属未来エレクトロニクス集積研究センター」が新たに発足し、同年 4 月に設置された「附属高度計測技術実践センター」、再編された「材料創製部門」および「システム創成部門」とあわせて、研究所は 2 センター、2 部門で構成されている。

研究所の前身は、平成 16 年に理工科学総合研究センター、難処理人工物研究センター、環境量子リサイクル研究センター、高効率エネルギー変換研究センター、情報メディア教育センター、先端技術共同研究センターなどを再編・統合し、エコトピア科学研究機構が設立されたことにさかのぼる。平成 17 年には、学内措置によりエコトピア科学研究所となり、文部科学省科学技術・学術審議会学術分科会研究環境基盤部会の審議、文部科学省および財務省の承認を経て、平成 18 年から名古屋大学附置研究所として発足した。

発足当時は、将来の社会を見据えた「エコ＋ユートピア」や「文理融合」を掲げ、幸せなライフの指標であるエコトピア指標の提示やアジア諸国との共同研究と技術供与を目指した基礎研究所としてのミッションを有していた。研究分野をより先鋭化するため、平成 24 年頃より、材料とエネルギー、システムの研究を推進する研究所へと脱皮すべく、ミッションの再構築を進めた。さらに、平成 28 年度から始まった第 3 期中期目標・中期計画や時代の流れに即したかたちで、研究所の強みを生かし特色ある拠点となるべく現体制に改組・拡充され、平成 28 年には、文部科学省より「革新的省エネルギーのための材料とシステム研究拠点」として認定され、令和 4 年からは「環境調和型で持続発展可能な省エネルギー・創エネルギーのための材料とシステム研究拠点」として継続している。

本研究所は、本学における最大規模の部局横断型融合研究推進組織であり、本学の理工系の研究ポテンシャルを一層高めるとともに、新学問領域の創生と新しい学術体系を構築することを目指して活動している。

1.2 研究所の特色・構成

未来材料・システム研究所は、自然科学系の教員・研究者を中心として、2 センター（附属未来エレクトロニクス集積研究センター、附属高度計測技術実践センター）、2 部門（材料創製部門、システム創成部門）で構成される。さらに、産官学の共創研究を加速するため、寄附研究部門、共同ラボ、産学協同研究部門がその時代の要請に即して加わる体制になっている。特に、平成 27 年 10 月の改組以降は、企業による協同研究部門が充実してきている。

平成 27 年の改組とともに新設された CIRFE では、次世代の半導体パワーデバイスのための結晶成長機構の解明、表面・界面研究、デバイス構造研究、マルチフィジックスシミュレーションによる設計手法の確立などを通して、材料からデバイスさらにシステムへの応用までを視野に入れた研究を行っている。平成 30 年 6 月には、クリーンルーム棟（エネルギー変換エレクトロニクス実験施設）が完成し、GaN パワーデバイスに関して結晶成長から微細加工技術を利用したデバイス作製まで一貫した実用化レベルのプロセスを実施できる世界に先駆けた設備が整備された。

平成 27 年 4 月に設立された AMTC は、所内の超高圧電子顕微鏡施設と先端技術共同研究施設を核に、電子顕微鏡計測、電磁波計測、素粒子計測、X 線分光計測およびナノ加工計測の 5 つの分野の高度計測技術の開発と人材育成ならびに設備の共同利用を推進している。

DM では、素材・材料の物性研究、作製プロセス、組織制御、応用・性能評価、シミュレーションなどを行い、これらの材料をデバイス設計や装置化に結び付ける研究や技術開発を推進している。既存の物質・資源・エネルギーの効率的利用といった課題にとどまらず、将来のエネルギーシステムや省エネデバイスに役立つ新材料・先端ナノ材料に関する研究を推進し、長期的な視野に立って省エネルギー・創エネルギーのための材料創製研究を行っている。

DS では、地球規模あるいは地域規模において、持続発展可能でかつ環境調和型のエネルギー変換・イン

フラ・ネットワークや物質変換・物質循環に関する様々な要素技術開発とともに、それらを高度にネットワーク化させて社会に実装するための方法論の構築を目指している。そのために必要となる高度なエネルギー変換技術・システム、省資源・省エネルギーに資する環境負荷低減技術、リサイクル技術や物質循環再生システムの開発、エネルギーインフラの計画・制御技術の構築とそのために不可欠なエネルギー・情報・物流に関する高度な情報ネットワーク技術に関する最先端の研究を寄附研究部門とも連携して推進している。

以上のように、先端的な材料・デバイス等の要素技術に関する基礎研究から、それらを社会実装するシステム技術までを俯瞰できる研究拠点を構築することで、日本の材料開発における国際競争力を高めるとともに、地域振興や大災害への対応等、社会ニーズにも即した技術開発力の強化を目指している。

1.3 組織

1.3.1 研究所附属センター

（1）未来エレクトロニクス集積研究センター（平成27年10月設立）

窒化ガリウム、炭化ケイ素、ナノカーボンなど次世代ポストシリコン材料を用いたデバイス・システムによる最先端エレクトロニクス研究を集積化して研究を推進すると共に、研究を通して高度人材を育成し、未来のエレクトロニクス産業の基盤技術を構築し卓越した人材を輩出することにより、特にエネルギー・環境などの社会問題解決に資することを目的として、平成 27 年 10 月に設立された。6 つの部により構成され、これまで散在していた異分野の専門家が平成 30 年にエネルギー変換エレクトロニクス研究館（C-TECs）に集結し、世界を先導する創・省エネ材料・デバイス・システム研究を通じて、21 世紀のものづくりを主導する高度人材の育成に努めている。

（2）高度計測技術実践センター（平成27年４月設立）

これまでの研究所のもつユニークな高度計測技術シーズを活用し、高度計測技術の開拓発展、機器共用と共同研究および人材育成を行うための組織として、高度計測技術実践センターが平成 27 年 4 月に設立された。本センターでは、所内の超高圧電子顕微鏡施設と先端技術共同研究施設を核に、研究所と関連する工学研究科、理学研究科、環境学研究科、シンクロトロン光研究センター及び学外の知の拠点あいちシンクロトロン光センター、核融合科学研究所などとの連携の下、電子顕微鏡計測、電磁波計測、素粒子計測、X 線分光計測、ナノ加工計測の 5 つの分野の高度計測技術の実践と人材育成を推進している。

1.3.2 研究部・基幹研究部門

（1）材料創製部門

材料創製部門では、様々な素材・材料の物性解明、材料プロセスの確立、組織制御、応用・性能評価、シミュレーションなどを行い、新しい機能材料、デバイスの開発を目指した研究開発を推進している。既存の物質・資源・エネルギーの効率的利用といった課題にとどまらず、材料のナノ・メソ領域構造を積極的に活用・制御することを通して、将来のエネルギーシステムや省エネデバイスに役立つ新材料・先端ナノ材料に関する研究を推進し、長期的な視点に立って省エネ・創エネのための材料創製研究を行う。

（2）システム創成部門

システム創成部門では、持続発展可能でかつ環境に調和した社会の構築に資する要素技術として、高度なエネルギー変換・輸送・利用技術、様々な視点からエネルギー・環境の影響評価を行う手法、物質変換・物質循環技術の開発・研究を行う。また、それらを効果的に活用するための無線ネットワーク技術や交通マネジメント技術に関する最先端の研究も推進している。

1.3.3　附属共同利用研究施設

未来エレクトロニクス集積研究、高度計測技術実践、材料創製、システム創成のすべての分野の研究に利用可能な超高圧電子顕微鏡等を研究所附属施設として設置し、全国の研究者への共同利用に供している。

（1）エネルギー変換エレクトロニクス実験施設

本学では、省エネルギー社会の実現に資する次世代半導体、窒化ガリウム（GaN）の研究拠点の構築を進めてきた。その中核となるのがエネルギー変換エレクトロニクス実験施設（C-TEFs）である。C-TEFs は 1000 平米の大面積本格クリーンルームと 1000 平米の実験室を持ち、GaN の結晶成長、デバイス作製装置、評価・分析装置が集積されている。専任の技術者により装置の維持管理が行われており、クリーン度や装置の再現性、安定性に関して非常に高いレベルの運用が行われている。GaN に特化し、全体として一貫性のある装置群が揃っており、結晶成長からデバイス作製までの研究開発を一貫して行える環境が整えられており、この規模での集積は世界的にも群を抜いている。産官学から多くの利用があり、また、文部科学省や内閣府、総務省、経産省（NEDO）の研究開発プロジェクト遂行にも活用されている。C-TEFs での試作や、C-TEFs で作製された結晶やデバイスを用いて、非常に多くの研究成果が生みだされており、オールジャパンの研究開発や産学共同研究の拠点として GaN の研究開発を支えている。今後は、利用可能な材料やプロセスをさらに広げることで、より多くの利用者に活用していただける施設を目指す。

（2）超高圧電子顕微鏡施設

本学の電子顕微鏡学、電子線結晶学の伝統を継承する研究施設である。世界で唯一のガス環境セルを装備した反応科学超高圧走査透過電子顕微鏡や、原子を直視する収差補正超高分解能分析電子顕微鏡、微細構造三次元立体視のための高速加工観察分析装置等を有し、より開かれた共同利用施設として学内はもとより、全国の大学や研究機関と多くの共同研究を行っている。また反応科学超高圧走査透過電子顕微鏡には四重極質量分析計が設置され、化学反応の原子レベル観察と同時に反応ガスの同時検出によるオペランド測定が世界で初めて可能となった。今後全国共同利用を一層強力に推進すると共に、国際化に向けた組織改革に取り組んでいく。特に平成 24 年度から本年度まで参画してきた文部科学省の微細構造解析プラットフォーム事業による分析支援において、これまで国内の実施機関中常にトップクラスの実績を挙げており、外部機関から高い評価を得ている。

本事業は令和 4 年度から文部科学省「マテリアル先端リサーチインフラ」事業（ARIM）として継承され、当施設は「次世代バイオマテリアル拠点」ハブ機関の構成部門として、引き続き計測・分析分野において産学官の研究者・技術者・学生等へ最先端の研究設備を用いて、課題解決の支援をしている。

令和 3 年 7 月より新たに顕微イメージングソリューションプラットフォーム事業への参画も開始した。中部地区における代表的微細構造解析拠点としての役割も担っている。

（3）先端技術共同研究施設

本研究施設には、426 平方メートルのクリーンルームに、分子線エピタキシー装置や多元マグネトロンスパッタリング装置による薄膜形成、電子ビーム描画装置やマスクアライナによる微細パターンの形成、イオン注入装置や反応性エッチング装置による各種プロセス処理など、ナノ材料 / ナノ構造の作製やナノデバイスの開発を行うための装置群が整備されている。また、クリーンルーム外の実験室には ESCA、原子間力顕微鏡、薄膜 X 線回折装置をはじめとする薄膜やデバイスの分析評価装置が設置されている。本施設は、文部科学省のマテリアル先端リサーチインフラ事業に参画し、装置の共用を進めるとともに、学内外の多くの研究者に薄膜作成、微細加工プロセス及び分析評価などに関する支援を行っている。

1.3.4　寄附研究部門

寄附研究部門は、奨学を目的とする民間企業等からの寄附金により、名古屋大学の主体性の下に教育研

究の豊富化、活発化を図ることを目的に設置する制度である。現在、システム創成部門関連（中部電力）及び未来エレクトロニクス集積研究センター関連（トヨタ自動車）の部門として、以下の 2 部門を設置している。

・エネルギーシステム（中部電力）寄附研究部門（設置期間：第 8 期 令和 4 年 4 月 1 日～令和 8 年 3 月 31 日）
・トヨタ先端パワーエレクトロニクス寄附研究部門（設置期間：平成 28 年 4 月 1 日～令和 9 年 3 月 31 日）

1.3.5　産学協同研究部門

産学協同研究部門は、企業等から経費と人材を受け入れ、名古屋大学の教育研究の進展及び充実と社会貢献を図ることを目的としている。現在、未来エレクトロニクス集積研究センター関連の部門として、以下の 8 部門を設置している。

・産総研・名大 窒化物半導体先進デバイスオープンイノベーションラボラトリ
　（設置期間：平成 28 年 4 月 1 日～令和 7 年 3 月 31 日）
・豊田合成 GaN 先端デバイス応用産学協同研究部門
　（設置期間：平成 30 年 1 月 1 日～令和 8 年 3 月 31 日）
・豊田中研 GaN パワーデバイス産学協同研究部門
　（設置期間：平成 31 年 4 月 1 日～令和 7 年 3 月 31 日）
・旭化成次世代デバイス産学協同研究部門
　（設置期間；平成 31 年 4 月 1 日～令和 8 年 3 月 31 日）
・三菱ケミカル GaN 基板デバイス産学協同研究部門
　（設置期間：令和元年 7 月 1 日～令和 7 年 3 月 31 日）
・Photo electron Soul GaN 電子ビームデバイス産学協同研究部門
　（設置期間：令和 4 年 2 月 1 日～令和 7 年 3 月 31 日）
・ミライズテクノロジーズ先端パワーエレクトロニクス産学協同研究部門
　（設置期間：令和 4 年 4 月 1 日～令和 7 年 3 月 31 日）
・UJ-Crystal 超高品質 SiC 半導体産学協同研究部門
　（設置期間：令和 6 年 1 月 1 日～令和 7 年 12 月 31 日）

1.3.6　研究所事務部

平成 18 年 10 月 1 日付けで、エコトピア科学研究所、太陽地球環境研究所及び環境医学研究所の事務部を統合し、研究所事務部が発足した。研究所事務部は、研究組織への事務的サポート体制・機能の強化を図るため、事務長制から部課長制（事務部長、総務課長、経理課長）に移行し、総務、研究支援、経理事務に関して専門的な事務体制を構築することとなった。令和 2 年 1 月 1 日から、研究支援系、施設系及び経費執行系業務の本部事務への一元化が行われ、関連業務及び職員が本部に移ったことなどに伴い、総務課一課体制となった。

以後の研究所事務部における、組織変更等に係る事柄は、以下のとおり。

平成 23 年 4 月 1 日　庶務、人事業務の事務処理体制の合理化と研究支援体制の明確化のため、総務課の掛を再編するとともに、研究支援室を設置。

平成 25 年 4 月 1 日　研究所事務部が所管する組織に地球水循環研究センター、動物実験支援センターが加わる。

平成 26 年 4 月 1 日　総務課総務係の分掌を明確化するため、総務第一係（エコトピア科学研究所及び環境医学研究所を所掌）、総務第二係（太陽地球環境研究所及び地球水循環研究センターを所掌）の 2 係の体制に変更。

平成 27 年 10 月 1 日　エコトピア科学研究所の未来材料・システム研究所への改組・拡充、並びに太陽

地球環境研究所、地球水循環研究センター及び年代測定総合研究センターの三研究組織の統合による宇宙地球環境研究所の設置に伴い、総務第一係は、未来材料・システム研究所及び環境医学研究所を所掌、総務第二係は、宇宙地球環境研究所を所掌することとなる。

平成 30 年 4 月 1 日　各研究所担当の連携強化、業務負担の平準化、業務環境の改善を図るため、総務第一係、総務第二係を総合・グループ化し、総務グループとした。

令和 2 年 1 月 1 日　研究支援系、施設系及び経費執行系業務の本部事務への一元化が行われ、施設系業務及び職員が施設管理部へ、研究協力室の業務及び職員が研究協力部へ、経理課の業務及び人員のうち、経費執行業務が経理事務センター、資産管理業務が施設管理部資産課に移るとともに、経理課経理係の業務のうち、予算・決算及びその企画に係る業務及び職員が総務課に移り、研究所事務部は総務課一課体制となった。

1.4 財政

研究所の研究予算は、文部科学省を中心とする政府資金と民間等からの外部資金とに分類できる。前者のうち、基盤的経費と附属設備経費は経常経費であり、その他の予算は研究所の活動を反映した流動的予算である。

1.4.1 政府関連予算の状況

令和 4 年度文部科学省関連予算状況を、表 1.1 にまとめて示す。

表 1.1 文部科学省関連予算状況（千円）

費目	令和２年度	令和３年度	令和４年度	令和５年度
基盤的経費	45,895	54,350	51,278	49,841
教育研究設備維持運営費	52,295	52,440	50,415	49,978
上記以外の教育研究経費	75,900	79,773	79,385	78,108
特別経費	346,669	334,549	304,466	301,484
部局管理運営費	5,269	5,043	5,152	5,157
非常勤職員人件費	67,276	68,498	67,438	66,359
科学研究費補助金	452,150	664,430	524,930	391,060

研究所の教員が代表者となって申請した、令和 5 年度科学研究費補助金の申請状況、採択状況を表 1.2 に示す。

表 1.2　令和 5 年度科学研究費補助金申請・採択状況

研究種目	申請件数	採択件数（継続含む）	金額（百万円）
特別推進研究	0	0	0
新学術領域研究 （研究領域提案型）	0	1	4
学術変革領域研究（A）	1	1	3
学術変革領域研究（B）	2	0	0
基盤研究（S）	1	3	141
基盤研究（A）	7	6	59
基盤研究（B）	16	13	59
基盤研究（C）	8	7	6
挑戦的研究（開拓）	2	0	0
挑戦的研究（萌芽）	11	6	18
若手研究	2	4	5
若手研究（A）	0	0	0
若手研究（B）	0	0	0
研究活動スタート支援	1	1	1
研究成果公開促進費	0	0	0
特別研究促進費	0	0	0
国際先導研究	2	1	94
国際共同研究強化（A）	0	0	0
国際共同研究強化（B） （海外連携研究）	1	0	0
帰国発展研究	0	0	0
特別研究員奨励費	1	1	1
計	55	44	391

令和 5 年度の科学研究費補助金のうち、研究所の教員が代表者となった研究課題を表 1.3 に示す。

表 1.3　令和 5 年度科学研究費補助金研究課題一覧

研究種目	研究代表者氏名	研究課題名
新学術領域研究 （研究領域提案型）	齋藤　晃	表面電子顕微鏡法による Ba-Ti-O 系準周期単層膜の構造解析
学術変革領域研究（A）	長谷川丈二	メソポーラス多面体粒子の超セラミックス化と機能開拓

研究種目	研究代表者氏名	研究課題名
基盤研究（S）	長田　実	原子膜技術による革新的蓄電デバイスの創成
基盤研究（S）	水口将輝	ナノ超構造がもたらす熱・スピン機能変革
基盤研究（S）	笠原次郎	動的・液体推進剤回転デトネーションエンジン物理解明：弾道・軌道上フライト実証展開
基盤研究（A）	大野雄高	カーボンナノチューブに基づく伸縮性をもつアナログ集積回路の基盤的研究
基盤研究（A）	武藤俊介	ナノ電子プローブ実・逆空間走査による統合データ駆動型材料物性解析
基盤研究（A）	桒原真人	高輝度パルス電子線を用いた高速オペランドイメージング法の開拓
基盤研究（A）	天野　浩	GaN の IMPATT 格子によるコヒーレントハイパワー THz 源
基盤研究（A）	宇治原徹	潜在空間における複雑な結晶成長モデルの構築とプロセス設計
基盤研究（A）	中西和樹	低密度高気孔率物質のクロススケール構造制御による強靭化と機能開拓
基盤研究（B）	田川美穂	DNA 修飾ナノ粒子の高品質単結晶成長法の開発
基盤研究（B）	長尾全寛	高密度スキルミオン流の流体力学的輸送特性の研究
基盤研究（B）	片山正昭	産業機器高度化のための階層化多次元空間多重通信路を用いた光無線情報収集システム
基盤研究（B）	原田俊太	深層視覚運動学習による単結晶育成自動化の方法論の確立とその実証
基盤研究（B）	田中宏彦	非接触再結合プラズマ中における不安定性・対流輸送の能動制御に関する研究
基盤研究（B）	小林　亮	酸化物原子膜のアニオンエンジニアリングと次世代誘電体の創製
基盤研究（B）	山本瑛祐	非層状化合物原子膜の精密合成と原子層エンジニアリングへの展開
基盤研究（B）	齋藤　晃	光電コヒーレント転写による電子線の波動関数制御の研究
基盤研究（B）	岡田　啓	敵対的サンプルを用いた人が視認できないディスプレイーカメラ可視光通信
基盤研究（B）	大塚真弘	マルチモーダル電子ビーム制御による原子サイト選択的物性値定量マッピング
基盤研究（B）	宮町俊生	界面磁気結合を活用した新規水素吸蔵機能の創出
基盤研究（B）	本田善央	4 元混晶 AlGaInN 分極ドーピング層を用いたヘテロバイポーラトランジスタの作製

研究種目	研究代表者氏名	研究課題名
基盤研究（B）	小島義弘	微構造制御に基づく高活性化と回収 / 再利用の両立を目指した環境浄化光触媒の開発
基盤研究（C）	PRISTOVSEK, Markus	Development of the novel next generation III-Nitride semiconductor wurtzite AlPN
基盤研究（C）	内山知実	気液二相流の各相流量の同時測定のための電源自立型 IoT 流量計の開発
基盤研究（C）	北川暢子	宇宙線イメージングによる土木構造体の健全性評価技術の開発
基盤研究（C）	冨田大輔	混合鉱化剤を用いた酸性アモノサーマル法による高品質 GaN 結晶の作製
基盤研究（C）	安田耕二	グラフニューラルネットワークによる有機遷移金属反応の機械学習
基盤研究（C）	洗平昌晃	機械学習ポテンシャルによる協奏的現象の速度論解析
基盤研究（C）	BEN NAILA, Chedlia	IRS-assisted Optical MIMO Systems for High-Capacity and Reliable Underwater Communication Links
挑戦的研究（萌芽）	田中宏彦	リュードベリ原子状態を介した新しいプラズマ輸送過程の実験的検証
挑戦的研究（萌芽）	本田善央	HVPE 法による GaN の pn 接合周期構造の高速成長と SJ ダイオードの作製
挑戦的研究（萌芽）	宇治原徹	酸化物へのインターカレーションによる熱伝導可変素子の開発
挑戦的研究（萌芽）	大塚真弘	ビームロッキング電子顕微分光による界面偏析したドーパント周辺環境の解明
挑戦的研究（萌芽）	水口将輝	スピン整流を用いた電磁波吸収発電素子の創成
挑戦的研究（萌芽）	長田　実	酸化物原子膜による革新的エピタキシー技術の創成
若手研究	高牟禮光太郎	カムテールの空力特性を活用した長距離持続型エアカーテンの開発
若手研究	伊東山登	高エネルギー液スラスタのレーザ輻射加熱点火に関する学理探究と点火制御則の構築
若手研究	松永正広	生体親和型エネルギーハーベスターの高出力化に向けた開発と評価
若手研究	大西一生	p 型 GaN 基板の実現に向けた HVPE 成長技術の研究開発
研究活動スタート支援	中村悠哉	原子核乾板による高エネルギーガンマ線天体の偏光観測の実現
国際共同研究加速基金（国際先導研究）	笠原次郎	デトネーションエンジンの物理解明：宇宙飛行実証国際共同研究
特別研究員奨励費	QIANG, BOWEN	複金属窒化物薄膜におけるバルク反強磁性スキルミオン

1.4.2 外部資金獲得状況

外部資金は、他機関から受託研究、民間等との共同研究、および寄附金などにより得られたものであり、研究所の活動実績を顕著に反映している。過去 4 年間に研究所が獲得した外部資金を表 1.4 に示す。

表 1.4 外部資金

経費名	令和２年度		令和３年度		令和４年度		令和５年度	
	受入額（千円）	件数	受入額（千円）	件数	受入額（千円）	件数	受入額（千円）	件数
奨学寄附金	46,373	22	33,857	29	29,751	26	45,800	29
受託研究費	2,069,951	38	2,362,813	36	1,651,635	37	2,195,396	38
民間等との共同研究	350,940	107	415,630	121	459,690	112	911,473	113
政府補助金	54,436	5	62,758	5	106,035	6	43,963	4

令和 5 年度の受託研究の相手組織別の件数は、文部科学省 1 件、総務省 2 件、環境省 2 件、科学技術振興機構等の国立研究開発法人 19 件、民間企業 7 件、大学 5 件、国立研究所、その他（財団法人等）2 件となっている。

1.5 人事

研究所の人事異動（令和 5 年 4 月 1 日から令和 6 年 3 月 31 日）を以下に示す。

1.5.1 公募

（1）高度計測技術実践センター　助教の公募（令和 4 年度公募、5 年度着任）
　　助教　六條宏紀（前職：名古屋大学未来材料・システム研究所　特任助教）

（2）システム創成部門　助教の公募（令和 4 年度公募、5 年度着任）
　　助教　伊東山登（前職：名古屋大学未来材料・システム研究所　特任助教）

1.5.2 人事異動 （令和 5 年 4 月 1 日から令和 6 年 3 月 31 日）

令和 5 年

4 月	1 日	昇格	田川美穂	材料創製部門　教授
4 月	1 日	配置換（職名変更）	六條宏紀	高度計測技術実践センター素粒子計測部　助教
4 月	1 日	配置換（職名変更）	伊東山登	システム創成部門　助教
4 月	1 日	配置換（職名変更）	重松浩一	未来エレクトロニクス集積研究センターシステム応用部　特任教授
4 月	1 日	配置換	塩﨑宏司	トヨタ先端パワーエレクトロニクス寄附研究部門　特任教授
4 月	1 日	配置換	LIU, Xin	未来エレクトロニクス集積研究センター　特任助教
4 月	1 日	採用	YANG, Xu	未来エレクトロニクス集積研究センター国際客員部　特任助教
4 月	1 日	採用	本田杏奈	高度計測技術実践センター　特任助教

4月 1日	採用	QIANG, Bowen	材料創製部門	研究員
4月 1日	採用	城山吉隆	トヨタ先端パワーエレクトロニクス寄附研究部門	研究員
4月 1日	採用（在籍出向）	髙木健一	トヨタ先端パワーエレクトロニクス寄附研究部門	特任准教授
4月 1日	採用（在籍出向）	篠原辰弥	エネルギー変換エレクトロニクス実験施設	研究員
4月 1日	採用（クロアポ）	長里喜隆	ミライズテクノロジーズ先端パワーエレクトロニクス産学協同研究部門	特任教授
7月 1日	配置換（職名変更）	QIANG, Bowen	材料創製部門	特任助教
7月 1日	採用（在籍出向）	松本貢治	エネルギー変換エレクトロニクス実験施設	研究員
8月 1日	採用	蔡文トウ	未来エレクトロニクス集積研究センター未来デバイス部	研究員
8月 31日	退職（クロアポ）	三浦輝紀	三菱ケミカル GaN 基板デバイス産学協同研究部門	特任助教
9月 1日	採用（クロアポ）	廣澤拓哉	三菱ケミカル GaN 基板デバイス産学協同研究部門	特任助教
9月 16日	採用（クロアポ）	永沼　博	材料創製部門	特任准教授
10月 1日	配置換（職名変更）	米澤　遊	未来エレクトロニクス集積研究センターシステム応用部	特任准教授
10月 1日	採用	趙　元晟	未来エレクトロニクス集積研究センター	研究員
10月 1日	採用（在籍出向）	奥秋裕介	エネルギー変換エレクトロニクス実験施設	研究員
11月 1日	採用	齊藤　徹	エネルギー変換エレクトロニクス実験施設	研究員
12月 31日	退職（在籍出向）	神谷有弘	未来エレクトロニクス集積研究センター	研究員

令和 6 年

1月 1日	採用	井出雄一郎	システム創成部門	特任助教
1月 1日	採用（在籍出向）	古庄智明	UJ-Crystal 超高品質 SiC 半導体産学協同研究部門	特任教授
1月 1日	採用（在籍出向）	村山健太	UJ-Crystal 超高品質 SiC 半導体産学協同研究部門	特任准教授
3月 31日	定年退職	片山正昭	システム創成部門	教授
3月 31日	退職	服部将朋	材料創製部門	助教
3月 31日	退職	髙牟禮光太郎	材料創製部門	助教
3月 31日	退職	DANISH, Mir Sayed Shah	エネルギーシステム（中部電力）寄附研究部門	特任助教
3月 31日	退職（在籍出向）	古庄智明	UJ-Crystal 超高品質 SiC 半導体産学協同研究部門	特任教授
3月 31日	任期満了	松山行一	システム創成部門	特任教授
3月 31日	任期満了	塩﨑宏司	トヨタ先端パワーエレクトロニクス寄附研究部門	特任教授

3 月 31 日	任期満了	大西一生	未来エレクトロニクス集積研究センター 未来デバイス部	特任助教
3 月 31 日	任期満了（在籍出向）	髙木健一	トヨタ先端パワーエレクトロニクス寄附研究部門	特任准教授
3 月 31 日	任期満了（在籍出向）	岡林晋司	エネルギー変換エレクトロニクス実験施設	研究員
3 月 31 日	配置換（他部局へ異動）	岡田　啓	システム創成部門	准教授
3 月 31 日	配置換（他部局へ異動）	三輪富生	システム創成部門	准教授

外国人客員教員

令和 5 年 10 月 4 日～ 令和 5 年 11 月 27 日	BOERO, Mauro	特任教授	フランス国立科学研究センター / ストラスブール大学 上級研究ディレクター / 教授	白石賢二教授
令和 5 年 10 月 6 日～ 令和 5 年 12 月 3 日	HO, Chinh quoc	特任准教授	シドニー大学　上級講師	山本俊行教授
令和 6 年 1 月 1 日～ 令和 6 年 1 月 31 日	BEVRANI, Hassan	特任教授	クルディスタン大学　教授	加藤丈佳教授

1.6　施設・設備

表 1.5　使用施設面積の状況

（令和 5 年 4 月 1 日 現在）

建物名	面積
①研究室・実験室・事務室として使用している面積	
・研究所共同館Ⅰ	333㎡
・研究所共同館Ⅱ	3,878㎡
・共同教育研究施設第３実験棟	461㎡
・総合研究実験棟	2,443㎡
小計	7,115㎡
②固有の建物	
・高効率エネルギー変換研究施設	504㎡
・超高圧電子顕微鏡施設	996㎡
・先端技術共同研究施設	1,849㎡
・エネルギー変換エレクトロニクス実験施設	2,265㎡
・エネルギー変換エレクトロニクス研究館	3,367㎡
小計	8,981㎡
合計	16,096㎡

1.7 令和５年度のできごと

研究所の活動に関する主要なできごとを以下にまとめた。

令和 5 年

5 月 29 日	第 52 回 CIRFE セミナー「Thermal Management Strategies to Enable Ultrawide Bandgap Electronics」
5 月 29 日	第 53 回 CIRFE セミナー「富士通における材料・デバイス研究の取り組み～省電力社会の実現に向けて～」
5 月 31 日	第 39 回中部電力株式会社との連携協議会
7 月 27 日	第 54 回 CIRFE セミナー「住友電気工業おける通信向け半導体ビジネス・先端技術研究開発の取り組み～日本の窒化物半導体技術～」
8 月 10 日	名古屋大学特定基金 青色 LED・未来材料研究支援事業夏休み特別企画　理科実験教室「光のふしぎ」
9 月 1 日	第 8 回 IMaSS 交流会
9 月 21 日	AMTC Seminar「“What is Life?” Can we Measure it?」
9 月 29 日	第 3 回 エネルギーシステムシンポジウム「カーボンニュートラルの実現に向けた再生可能エネルギーの最新動向と今後の展開」
10 月 21 日	第 19 回名古屋大学ホームカミングデイ「新型コロナウイルスを不活化！次世代エアカーテン装置がスゴすぎる！」公開実験
10 月 21 日	第 2 回市民公開講座 / 第 19 回名古屋大学ホームカミングデイ「カーボンニュートラルの実現に向けた今後の再生可能エネルギーの動向」
10 月 27 日	第 56 回 CIRFE セミナー「ScAlN/GaN HEMT の研究動向と今後の期待」
10 月 30 日	AMTC Seminar「X 線レーザー光を生み出す高輝度電子ビーム源」
11 月 10 日	第 9 回 CIRFE シンポジウム「“The Coming of a Carbon Neutral World” partially supported by AdCORP」
11 月 13 日	第 55 回 CIRFE セミナー「Recent Progress in Crystal Growth（Tentative）」
11 月 20 日	第 8 回未来材料・システム研究所運営協議会
12 月 13 日	第 40 回中部電力株式会社との連携協議会
12 月 1 日 -3 日	International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2023 (ICMaSS2023)
12 月 20 日	第 57 回 CIRFE セミナー「大学が特許を取る理由」

令和 6 年

3 月 4 日	第 58 回 CIRFE セミナー「厳環境におけるワイドギャップ半導体の利用可能性」
3 月 16 日	片山正昭教授 最終講義「自由を求めて：無線通信システムの挑戦」
3 月 20 日	名古屋大学特定基金 青色 LED・未来材料研究支援事業特別講演会「安心・安全な暮らしに貢献する GaN（窒化ガリウム）」
3 月 22 日	第 4 回 エネルギーシステムシンポジウム「再生可能エネルギーの大量導入に向けた直流送電システムの開発動向」

2. 運営

2.1 教授会・部門長会議

教授会は、将来計画、規程、内規等の制定または改廃、予算及び決算、教員人事、研究計画、所長候補者の選考、センター長及び研究部門長の選考、職員の懲戒、その他運営または研究に関する重要事項を扱い、その構成は、所長、研究所専任の教授、准教授及び講師、その他所長が必要と認めた者としている。

また、教授会からその権限を委任された事項について審議するため、代議員会として部門長会議を置き、その議決をもって教授会の議決とすることとされている。平成 18 年度より、所長、副所長、各部門長、各施設長、センター長に加え、各委員会委員長も出席して運営事項の連絡を密にしている。

また、人事等の案件を除き、希望者にはオブザーバー出席を認めることとした。

令和 5 年度は、教授会を 1 回、部門長会議を 11 回開催した。

【令和 5 年度　未来材料・システム研究所部門長会議構成員】

成瀬一郎（所長）、山本俊行（副所長）、齋藤　晃（副所長、共同利用・共同研究委員会委員長）、中西和樹（材料創製部門長）、笠原次郎（システム創成部門長）、天野　浩（未来エレクトロニクス集積研究センター長）、武藤俊介（高度計測技術実践センター長、超高圧電子顕微鏡施設長）、加藤丈佳（学術交流・社会連携委員会委員長）、内山知実（広報委員会委員長）、白石賢二（安全衛生・整備委員会委員長）、加藤剛志（先端技術共同研究施設長）、須田　淳（エネルギー変換エレクトロニクス実験施設長、オブザーバー）

2.2 組織改革

平成 27 年 10 月に、3 つの研究部門（グリーンマテリアル部門、グリーンコンバージョン部門、グリーンシステム部門）と高度計測技術実践センターから構成されるエコトピア科学研究所を 2 つの研究部門（材料創製部門、システム創成部門）と 2 つのセンター（未来エレクトロニクス集積研究センター、高度計測技術実践センター）に改編した。この改編では、自然と調和する持続可能な社会を実現するための研究プロジェクトをより効率的に遂行するため、材料からシステムに至る幅広い研究分野の教員を再編成するとともに、大きな省エネルギー効果が期待される窒化ガリウム半導体を中心とした半導体デバイス分野の複数の教員を新たに研究所に迎え、未来エレクトロニクス集積研究センターを設立した。本センターでは、窒化ガリウムなどのポストシリコン材料を用いた先端的エレクトロニクス研究の基礎科学から実用化までを産学連携と国際連携を通して推進するため、6 つの部（未来デバイス部、マルチフィジックスシミュレーション部、先端物性解析部、システム応用部、国際客員部、産学協同研究部）を設けた。国際客員部には、平成 28 年度に特任教授 1 名、客員教授 3 名が着任した。現在では、特任教授 1 名、特任助教 1 名、客員教授 5 名、招へい教員 1 名が所属している。

窒化物半導体とそのパワーエレクトロニクスへの応用に関する産学官連携を進めるため、平成 28 年 4 月にトヨタ先端パワーエレクトロニクス寄附研究部門、産総研・名大窒化物半導体先進デバイスオープンイノベーションラボラトリ、トヨタ先端パワーエレクトロニクス産学協同研究部門 (*1)、平成 28 年 5 月にデンソー自動車用パワーエレクトロニクス産学協同研究部門 (*2)、平成 29 年 3 月に NIMS・名大 GaN 評価基盤研究ラボラトリ－天野・小出共同研究ラボ－（令和 3 年 3 月廃止）、平成 30 年 1 月に豊田合成 GaN 先端デバイス応用産学協同研究部門、令和元年 4 月に旭化成次世代デバイス産学協同研究部門、豊田中研 GaN パワーデバイス産学協同研究部門、令和元年 7 月に三菱ケミカル GaN 基板デバイス産学協同研究部門、ローム複合系シミュレーション産学協同研究部門（令和 4 年 6 月廃止）、令和 2 年 4 月にデンソー革新的ナノカーボン応用産学協同研究部門（令和 4 年 3 月廃止)、令和 4 年 4 月に Photo electron Soul GaN 電子ビームデバイス産学共同研究部門、ミライズテクノロジーズ先端パワーエレクトロニクス産学協同研究部門（(*1)(*2) を統合）、令和 6 年 1 月 1 日に UJ-Crystal 超高品質 SiC 半導体産学協同研究部門を設置した。

平成 28 年 8 月に文部科学省「学際・国際的高度人材育成ライフイノベーションマテリアル創製共同研究プロジェクト」《6 研連携プロジェクト》の名古屋大学東京分室を早稲田大学内に設置した。研究プロジェクトは、令和 3 年より国際・産学連携インヴァースイノベーション材料創出プロジェクトに引き継がれている。

平成 28 年度より、「共同利用・共同研究拠点」として活動するため、共同利用・共同研究の公募、採択及び実施に関する事項を審議する共同利用・共同研究委員会を組織した。

2.3 所内委員会

2.3.1 広報委員会

毎月第 2 水曜日（8 月を除く）に委員会をオンライン会議により開催し、研究所の広報に関する事項について審議するとともに、決定事項に基づいて以下の各項の作業を進めた。令和 5 年度は、前年度に引き続き「未来材料・システム研究所（IMaSS）からの情報発信の強化」に沿った活動を行った。

具体的な広報活動、出版物発行等は以下のようである。

（1）パンフレットの編集・発行

令和 5 年 5 月 1 日時点で研究所に所属する構成員の研究テーマと顔写真、センター、部門、施設、各種データのほか、共同利用・共同研究拠点であることを改めて示す導入として、関連するインタビュー記事を掲載した A4 版の冊子「IMaSS パンフレット 2023」を作成し、6 月に学内および学外の関連機関などに広く配付・送付した。（発行数 700 部＋改訂 500 部）コロナの影響で前年同様一般向け行事の開催が少ないと見込み、発行部数は当初前年同様の数としたが、一部に不備があり改訂版を追加発行した。

表紙は、いろいろな分野の融合を表現するグラデーションを使用するなどデザインを工夫した。また、IMaSS サイトや各研究室への導入を念頭に QR コードを随所に配置、比較的新しい技術の AR で画像（映像）を配置、研究紹介の動画を個々に紹介するなどの創意を加えた。

https://www.imass.nagoya-u.ac.jp/wp/wp-content/uploads/2023/07/IMaSS_pamphlet_2023_WEB_new_s.pdf

（2）活動報告書の編集・発行

IMaSS の活動を網羅する基礎資料として、全 246 ページからなる「未来材料・システム研究所 令和 4 年度 活動報告書」を 200 部、令和 5 年 11 月に発行した。この資料は、運営協議会などで研究所の詳細な資料・データとして活用した。

https://www.imass.nagoya-u.ac.jp/wp/wp-content/uploads/2024/04/R4_imass_report_color.pdf

（3）ニュース冊子の編集・発行

IMaSS の活動を広報するため、研究者へのインタビューや最新の話題を盛り込み、一般の方にも理解しやすい表現でまとめたニュース冊子「IMaSS NEWS」を編集・発行した。発行は、年間 2 回（8 月および 3 月）とし、大学の関連企業やマスコミ、イベント時、来訪者など学内外へ広く配付した。

主な内容は以下のとおりである。

・第 15 号「IMaSS NEWS Vol. 15」／令和 5 年 8 月発行（A4 版 20 頁、1000 冊）
特集（中西・長谷川研究室インタビュー「多孔質材料を自由自在にデザインする ～暮らしに貢献するものづくりへ～」）、研究報告、活動報告、新任教員・新任職員のご挨拶、科学研究費補助金、受賞一覧
https://www.imass.nagoya-u.ac.jp/wp/wp-content/uploads/2023/08/IMaSS_NEWS_vol15_web.pdf

・第 16 号「IMaSS NEWS Vol. 16」／令和 6 年 3 月発行（A4 版 24 頁、1000 冊）
特集（加藤丈佳研究室インタビュー「電力のフレキシビリティに挑む ～変動する不安定な自然エネルギーを当たり前に使うための調整力～」、退職のご挨拶、研究報告、ICMaSS 活動報告、活動報告、新任教員・新任職員のご挨拶、科学研究費補助金、受賞一覧、イベント開催告知
https://www.imass.nagoya-u.ac.jp/wp/wp-content/uploads/2024/03/IMaSS_NEWS_16_Web_s.pdf

（4）研究所紹介動画の制作

・IMaSS の主要部門である「高度計測技術実践センター」の紹介動画をセンター長交代につき再編集した。
https://youtu.be/V3Wr1d-fduI

（5）ホームページの更新・サーバ管理

IMaSS のテーマ「省エネルギーに資する材料・デバイスからシステムに至る幅広い研究課題に取り組むことにより、自然と調和する豊かな社会の持続的発展に貢献する」を継続する形で、ホームページの公開を続けた。主な内容は、研究所を構成するセンター／部門／施設の紹介、数字で見る研究所のデータ、各種お知らせ・報告・人事異動に関する情報などで構成し、極力遅滞のないよう更新した。

比較的訪問者数の多い「研究グループ紹介」については、ニュース冊子「IMaSS NEWS」で紹介したインタビュー記事を再編し、日・英のページで公開した。

所内向け「所内専用」の情報更新作業についても遅滞のないよう対応した。

（6）SNS（X（旧 Twitter））の活用

SNS の 1 つである X（旧 Twitter）で情報発信を行った。内容は主に次の通りである。

https://twitter.com/NagoyaU_IMaSS

・プレスリリースされた研究紹介
・IMaSS 関連のニュースのリツイート
・イベント案内
・ニュース冊子編集のためのインタビューの様子
・各研究グループ紹介　など

（7）YouTube チャンネル用コンテンツ「IMaSS 未来予想図」の制作

IMaSS の研究を一般の方へ紹介・広める動画をシリーズ化し、第 5 ～ 10 弾の 6 本制作した。YouTube へ公開したほか、各種イベントやホームカミングデイで公開するなど活用した。

https://www.youtube.com/channel/UCwF6E9cr1aWdOdl-5UC8-PA

内容は次の通りである。



・《IMaSS 未来予想図》第 5 弾
「ナノの世界の高速現象を捉える」
https://youtu.be/99c1QKMj_rI



・《IMaSS 未来予想図》第 6 弾
「DNA でナノ粒子を自由自在に制御する」
https://youtu.be/s50mTVJnmUU



・《IMaSS 未来予想図》第 7 弾
「まさか !? 深紫外半導体レーザーの室温連続波発振実現」
https://youtu.be/E12Srwk41-c



・《IMaSS 未来予想図》第 8 弾
「ナノシートで実現する！世界最高エネルギー密度のキャパシタ」
https://youtu.be/DpEFET_LQR8



・《IMaSS 未来予想図》第 9 弾
「あれもこれもナノシートに!? 界面活性剤でつくるナノシート」
https://youtu.be/9GEYDPlP1Os



・《IMaSS 未来予想図》第 10 弾
「スペクトル超解像で時短成功！ 解析時間 1/20 !?」
https://youtu.be/b4XJG7A_xWw

（8）メールマガジンの発信

研究所からのお知らせ、開催イベント、人事異動などを伝えるメールマガジン「IMaSS 通信」を年間 2 回、学内および学外からの申込者に対して発信した。（R5 年度は No.23, No.24）

（9）デジタルサイネージ用コンテンツの更新

研究所共同館 II 1 階のデジタルサイネージに、IMaSS 関連の紹介動画および研究紹介動画を放映した。諸事情に合わせ、コンテンツを更新するなど調整した。

NIC のデジタルサイネージでは、前年に引き続き、居室や実験室のある関連研究や部門、各センターの紹介動画が放映された。（申請による）

所内の施設 C-TECs および C-TEFs に設置のデジタルサイネージでも、関連動画を放映した。諸事情に合わせ、コンテンツを更新するなど調整した。

（10）ホームカミングデイへの協力

例年どおり 10 月に開催されたホームカミングデイにて、研究所を紹介するポスター（A0）6 枚を掲示するとともに、モニターを 2 台設置し、研究所関連の各紹介動画、研究を紹介する「IMaSS 未来予想図」6 本を終日放映した。また、パンフレットおよびニュース冊子（バックナンバー）を配置し、来場者への説明・配布を行った。（同時開催／エアカーテンの実証実験）

https://www.imass.nagoya-u.ac.jp/event/20231021_imass.html

（11）出版などに関するノウハウの蓄積

各種出版物の作成に際して気づいた点など、ノウハウを記録に残し、次年度以降に引き継ぐための広報出版物参考資料を作成した。

設置した大型プリンターを管理及び作業補佐し、研究所員の研究・広報活動に寄与した。

【広報委員】

委　員　長：内山知実
委　　員：芳松克則、桒原真人、宮町俊生、植木保昭、山本俊行副所長（オブザーバ）
事 務 担 当：山盛正雄、登内紀晶、塚崎絢子、小西雅代、宮本みどり、佐藤孝政（オブザーバ）

2.3.2 学術交流・社会連携委員会

今年度は、IMaSS 交流会の開催方法の検討を中心に、学術交流、国際交流、社会連携等に関する事項について審議するため、原則第 3 水曜日に開催の定例会をオンライン会議により 5 回開催するとともに、必要に応じてメール会議を 3 回開催した。

（1）IMaSS 交流会

所員および連携実施協定等締結機関関係者が互いの研究内容を知り、共同研究の可能性を探るとともに、親睦を深めようというものである。令和 5 年 9 月 1 日に、対面で第 8 回 IMaSS 交流会を開催した。交流会では講演会及びポスターセッションを実施し、講演会では 5 名の教員に講演を依頼した。参加者は 82 名であった。特にポスターセッションにおいては活発な質疑を通じて関係者の交流を図ることができた。また、最後に懇親会を開催し、所員、連携実施協定機関関係者との親睦を深めた。

（2）全学的イベントへの参加

今年度は、令和 5 年 6 月 9 日開催の名大祭において、エネルギー変換エレクトロニクス実験施設（C-TEFs）の施設見学を行った。また、令和 5 年 10 月 21 日開催の第 19 回ホームカミングデイにおいて、研究所紹介のパネル・ビデオ展示、次世代エアカーテン装置の公開実験及び研究所パンフレット及びニュースの配付を行った。ブースを訪れた人数は 616 名であった。

（3）講演会・シンポジウム

本研究所が主催する講演会・シンポジウムは、本委員会が開催申請書を審査し、開催の可否や助成額等を決定する。今年度は、3 件の講演会・シンポジウムについて、審査の上、その開催を認めた。

【学術交流・社会連携委員】

委　員　長：加藤丈佳
委　　員：熊谷　純、三輪富生、大塚真弘、原田俊太
事 務 担 当：横井利行（研究協力部研究事業課）

2.3.3 安全衛生・整備委員会

令和 5 年度は計 10 回の委員会を開催し、未来材料・システム研究所の労働安全、衛生および施設、環境整備に関わる事項について、企画・立案・審議するとともに、担当事務を通して安全教育や安全点検などの実施を確認した。また委員が工学研究科の安全・厚生委員会および施設・図書委員会に出席し、工学研究科との調整を図った。

令和 5 年度に行った事項は、以下のとおりである。

［安全衛生関連］

（1）安全・衛生に関わる情報の周知

全学委員会（環境安全衛生推進本部会議、災害対策専門委員会）や工学研究科の委員会（安全・厚生委員会）の情報を委員会の席上で報告して、事故など安全に関わる情報の共有および周知を図った。特に、実験中の事故が起きない様に化学物質に対する知識と適切な計画をもって実験を実施するように呼びかけを行った。学内での自転車など交通事故が多いことに関し、注意を喚起した。またそれらの事故・災害などの発生時における災害報告書の提出の徹底を図った。

（2）安全衛生巡視

安全衛生・整備委員会の委員 1 名、衛生管理者 1 名、および随行者 2 名の合計 4 名からなる巡視班が、計 10 回の安全衛生巡視を行い、所内のほぼすべての研究室を回った。薬品管理、電気配線、地震対策（転倒防止、落下防止等）など概ね適切に処置されていたが、少数ながら改善を要する場所もあった。そのような場合は、具体的な対策を提示し、現場の担当者に改善を依頼した。また、改善結果の報告を求めた。

（3）教員の退去に伴う試薬および物品の処理

異動によって退去する教員に処理計画を提出してもらい、試薬・物品処理の徹底をはかった。

［整備関連］

（1）情報システムの変更に関わる情報の周知

情報セキュリティ組織連絡協議会からの情報システムの変更等に関する情報を委員会で報告し、周知を図った。

（2）所長裁量スペースによる有効活用

研究所施設面積の有効利用を目的として、空きスペースを所長裁量スペースとして整理し、所内利用を行った。

【安全衛生・整備委員】

委　員　長：白石賢二
委　　員：安田耕二、小島義弘、長尾全寛、田中宏彦
オブザーバ：松浪有高

2.3.4　共同利用・共同研究委員会

文部科学省から令和 4 年度より 6 年間共同利用・共同研究拠点として「環境調和型で持続発展可能な省エネルギー・創エネルギーのための材料とシステム研究拠点」が認定され、委員会は共同利用・共同研究及び新たに設けた共同利用・共同研究（国際共同研究）について、公募及び審査等を行った。

【共同利用・共同研究専門委員会】

第 1 回委員会（メール審議：10 月 26 日～ 11 月 2 日）を開催し、共同利用・共同研究公募案、共同利用・共同研究（国際共同研究）公募案、審査基準及び審査方法案を作成した。第 2 回委員会（メール審議：2 月 29 日～ 3 月 4 日）を開催し、2024 年度共同利用・共同研究及び共同利用・共同研究（国際共同研究）申請について専門的見地からの評価を行った。

委　員　長：山本真義
委　　員：水口将輝、小林　亮、片山正昭、岡田　啓、加藤剛志、桒原真人、長尾全寛
（事務：研究協力部研究事業課　横井利行）

【共同利用・共同研究委員会】

第 1 回委員会（メール審議：11 月 9 日～ 11 月 16 日）を開催し、2024 年度共同利用・共同研究公募要項、共同利用・共同研究（国際共同研究）公募要項、公募審査基準及び審査方法を承認した。

委　員　長：齋藤　晃
所 内 委 員：山本真義、加藤剛志、水口将揮、片山正昭
学 外 委 員：種村眞幸（名古屋工業大学）、内田裕久（豊橋技術科学大学）、
　　藤代芳伸（産業技術総合研究所）、節原裕一（大阪大学）、
　　佐々木孝彦（東北大学）、朝日　透（早稲田大学）

第 1 回共同利用・共同研究委員会で、募集要項が承認されたのを受け、12 月 1 日に研究所のホームページに共同利用・共同研究等の公募案内を掲載するとともに、関係機関宛にメール配信した。なお、申請の締切は、1 月 15 日とした。

第 2 回委員会（オンライン会議）を 3 月 12 日に開催し、2024 年度共同利用・共同研究及び共同利用・共同研究（国際共同研究）申請の審査を実施し、共同利用・共同研究については 110 件を採択とし、13 件を不採択とした。また、共同利用・共同研究（国際共同研究）については 8 件（新規 4 件、継続 4 件）を採択とした。

委　員　長：齋藤　晃
所 内 委 員：加藤剛志、水口将輝、片山正昭
学 外 委 員：種村眞幸（名古屋工業大学）、藤代芳伸（産業技術総合研究所）
（事務 : 研究協力部研究事業課　横井利行）

2.4　所長裁量経費

平成 28 年度から、産学連携に関する重点的な課題を選定し、その研究テーマ等に関する研究、科学技術等のハイレベルな情報交換を通じて、研究・技術のトレンドの把握を行い、国、県等の競争的資金制度に応募できる先導的な研究テーマを発掘するため、萌芽的共創研究の募集を開始した。令和 5 年度は、表 2.1 のように 8 件の萌芽的共創研究を採択し、実施した。

表 2.1　令和 5 年度　萌芽的共創研究

所属	研究課題名	研究グループ氏名
内山知実 （材料創製部門）	ピコ水力発電の技術的および社会的課題の解決に向けた調査研究	佐藤栄一 （新潟工科大学）
林希一郎 （システム創成部門）	再生可能エネルギー立地選定評価モデルの活用に係る基礎的研究	長島　匠 （名古屋大学）
鄭　恵貞 （未来エレクトロニクス集積研究センター）	電場・磁場分離マイクロ波加熱による GaN の再結晶化促進メカニズムの究明	中村考志 （産業技術総合研究所）
長田　実 （材料創製部門）	原子膜技術による高性能日射遮蔽膜の開発	佐々木高義 （物質・材料研究機構）
宮町俊生 （材料創製部門）	ポストグラフェン材料実現を見据えた新規ハニカム MOF 単原子層の創製	珠玖良昭 （名古屋大学）
田川美穂 （材料創製部門）	時間分解ラマン分光によるナノスケール熱輸送現象の直接測定へ向けたナノ粒子複合超格子の設計と作製	原田俊太 （名古屋大学）
六條宏紀 （高度計測技術実践センター）	ミューオンラジオグラフィ計測等への原子核乾板の利用拡大に向けた革新的デバイス開発研究	高田俊二 （名古屋大学）
川﨑　央 （システム創成部門）	電磁流体力学発電のためのデトネーションエンジンによる水素燃焼と火炎プラズマの電気伝導度計測	松本正晴 （福島大学）

2.5 産学官連携活動

2.5.1 産学官による連携研究

本研究所は、平成 28 年度に文科省から「革新的省エネルギーのための材料とシステム研究拠点」として認定され、以来、エネルギーの創出・変換、蓄積、伝送、利用の高度化と超効率化を目指した省エネルギー技術に関する共同利用・共同研究を基礎研究から社会実装のためのシステム化まで幅広く推進している。令和 5 年度には公募を行うことにより 113 件の共同利用・共同研究、および 10 件（4 件新規、6 件継続）の共同利用・共同研究（国際共同研究）を実施した。

産業界との連携を強化するため、寄附研究部門と産学協同研究部門の充実を図った。中部電力の寄附研究部門は、平成 8 年度に理工科学総合研究センター時代に設置されて以来、エコトピア科学研究所であった期間も含めて継続して現在に至っている。本寄附研究部門では、持続的発展社会に向けた電気エネルギーシステムの構築を目指して研究を行っている。また、中部電力とは、平成 16 年 10 月 14 日に連携研究協定を締結し、以来、共同研究を活発に実施し、令和 5 年度にはウイルス不活化機能を有するエアカーテン装置に関する基礎研究など新規 3 件、継続 3 件の連携研究を行った。さらに、平成 19 年度に自然科学研究機構核融合科学研究所と連携研究協定を締結し、共同研究を実施している。

平成 27 年 10 月の未来材料・システム研究所への改組後には、トヨタ先端パワーエレクトロニクス寄附研究部門（平成 28 年 4 月 1 日）、産総研・名大窒化物半導体先進デバイスオープンイノベーションラボラトリ（平成 28 年 4 月 1 日）、NIMS・名大 GaN 評価基盤研究ラボラトリー天野・小出共同研究ラボー（平成 29 年 3 月 1 日※令和 3 年 3 月廃止）、トヨタ先端パワーエレクトロニクス産学協同研究部門 (*1)（平成 28 年 4 月 1 日）、デンソー自動車用パワーエレクトロニクス産学協同研究部門 (*2)（平成 28 年 5 月 1 日）、豊田合成 GaN 先端デバイス応用産学協同研究部門（平成 30 年 1 月 1 日）、旭化成次世代デバイス産学協同研究部門（令和元年 4 月 1 日）、豊田中研 GaN パワーデバイス産学協同研究部門（令和元年 4 月 1 日）、三菱ケミカル GaN 基板デバイス産学協同研究部門（令和元年 7 月 1 日）、ローム複合系シミュレーション産学協同研究部門（令和元年 7 月 1 日※令和 4 年 6 月廃止）、デンソー革新的ナノカーボン応用産学協同研究部門（令和 2 年 4 月 1 日※令和 4 年 3 月廃止）、Photo electron Soul GaN 電子ビームデバイス産学共同研究部門（令和 4 年 4 月 1 日）、ミライズテクノロジーズ先端パワーエレクトロニクス産学協同研究部門（令和 4 年 4 月 1 日※（*1）（*2）を統合）、UJ-Crystal 超高品質 SiC 半導体産学協同研究部門（令和 6 年 1 月 1 日）を設置し、窒化物半導体とそのパワーエレクトロニクスへの応用などに関する産学官連携を精力的に進めている。さらに、クロス・アポイントメントの制度を活用し、国内の大学、研究機関、民間企業との間で教員の受入と派遣を実施した。その実績として、大阪大学や旭化成株式会社、三菱ケミカル株式会社などから 7 名を受入れ、産業技術総合研究所、京都大学および東北大学に 3 名を派遣した。

平成 24 年度より、10 年間のプロジェクトとして開始された文部科学省の微細構造解析及び微細加工ナノプラットフォーム事業においては、学内外の大学、公的研究機関、民間企業による装置利用、技術支援、共同研究を推進しており、令和元年度にもそれぞれ 100 件以上の支援を行っている。また、文部科学省「学際・国際的高度人材育成ライフイノベーションマテリアル創製共同研究プロジェクト」《6 研連携プロジェクト》を主幹大学として平成 28 年度より開始し、東北大学金属材料研究所、大阪大学接合科学研究所、東京工業大学フロンティア材料研究所、早稲田大学ナノ・ライフ創新研究機構、東京医科歯科大学生体材料工学研究所と連携して共同研究を進めるとともに、早稲田大学内に名古屋大学の東京分室を設置した。研究プロジェクトは、令和 3 年より国際・産学連携インヴァースイノベーション材料創出プロジェクトに引き継がれている。さらに、平成 28 年度より、「省エネルギー社会の実現に資する次世代半導体研究開発」（文部科学省、平成 28- 令和 2 年度）、「低炭素社会を実現する次世代パワーエレクトロニクスプロジェクト」（NEDO、平成 29- 令和元年度）、「5G の普及・展開のための基盤技術に関する研究開発」（総務省、平成 30- 令和 2 年度）、「脱炭素社会実現のためのエネルギーシステム」（戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）、平成 30 年度 -）、「未来のあるべき社会・ライフスタイルを創造する技術イノベーション事業」（環境省、平成 29- 令和 3 年度）の各種プロジェクトを強力に推進した。

平成 30 年 6 月には、エネルギー変換エレクトロニクス実験施設（C-TEFs）を完成させ、GaN の結晶成長・

デバイスプロセス・評価を一貫して行えるクリーンルームを稼働させ、GaN 研究の進展を加速化した。また、平成 30 年 10 月にはエネルギー変換エレクトロニクス研究館（C-TECs）を竣工させ、C-TEFs とともに GaN の産学共同研究をアンダーワンルーフで実施する中核拠点を整備した。

民間企業との共同研究についても非常に活発に行われており、令和 5 年度には 113 件の共同研究が実施された。

2.5.2　国際連携と国際共同研究

本研究所は、改組前のエコトピア科学研究所時代に中国科学院過程工程研究所、慶南大学校産学協力団（韓国）、メリーランド大学工学部機械工学科（米国）、ワシントン大学遺伝子工学材料科学工学センター（米国）など海外の 12 機関と学術交流協定を締結している。その後、学術交流協定の新規締結が続き、令和 2 年度にはパドヴァ大学情報工学部門（イタリア）、令和 5 年度にはライプニッツ結晶成長研究所（ドイツ）、工業技術研究院産業科学技術国際戦略センター（台湾）との締結がなされ、令和 5 年度末の時点での締結数は 19 である。

国際的なプロジェクトへの参加や国際共同研究は、令和 5 年度には合計 13 件の実績があり、非常に活発に国際連携が進められている。たとえば、Cornell University，UCLA（アメリカ合衆国）との世界のトップ研究者ネットワーク参画のための国際研究協力プログラム、リバプール大学（イギリス）との Relativistic Ultrafast Electron Diffraction & Imaging (RUEDI) プロジェクト、CERN、ベルン大学、ジュネーブ大学（スイス）などとの FASER 実験プロジェクト、国立台湾大学（台湾）との台湾科技庁共同プロジェクトなど、幅広い研究テーマでアジアや欧米などの大学・研究機関と共同研究を実施している。

本研究所では、国際共同研究を推進するため、外国人客員教員を採用し、海外の研究機関との連携を深めている。令和 5 年度には、外国人特任教授 2 名、外国人特任准教授 1 名を採用し、国際共同研究を強力に推進した。

2.6　運営協議会

研究所では、広くかつ高い識見を有する学内外の研究者から、共同利用及び共同研究をはじめとする本研究所の運営等に関する事項の協議及び研究活動に対する助言を受けるため、運営協議会を設置しており、その構成は、本研究所の教授若干名、理学研究科、工学研究科、環境学研究科、情報学研究科、環境医学研究所、及び宇宙地球環境研究所の教授各 1 名、本学以外の学識経験者若干名となっている。

令和 5 年度は 1 回開催した。

【令和 5 年度　未来材料・システム研究所運営協議会委員】

成瀬一郎（所長、オブザーバー）、山本俊行（副所長）、齋藤　晃（副所長、オブザーバー）、五十嵐信行（教授）、武藤俊介（教授）、中西和樹（教授）、笠原次郎（教授）、飯嶋　徹（理学研究科教授）、尾上　順（工学研究科教授）、日比野高士（環境学研究科教授）、張　賀東（情報学研究科教授）、荻　朋男（環境医学研究所教授）、塩川和夫（宇宙地球環境研究所教授）、佐々木孝彦（東北大学金属材料研究所長）、藤井英俊（大阪大学接合科学研究所長）、原　亨和（東京工業大学フロンティア材料研究所長）、谷井孝至（早稲田大学ナノ・ライフ創新研究機構副機構長）、影近弘之（東京医科歯科大学生体材料工学研究所長）、江龍　修（名古屋工業大学副学長）、上宮成之（岐阜大学地方創生エネルギーシステム研究センター長）、澤田和明（豊橋技術科学大学エレクトロニクス先端融合研究所長）、吉田善章（自然科学研究機構核融合科学研究所長）、小出康夫（物質・材料研究機構機能性材料研究拠点特命研究員）、松原一郎（産業技術総合研究所中部センター所長）、中川幸臣（あいち産業科学技術総合センター所長）、秋田重人（名古屋市工業研究所長）、齊藤知孝（中部電力（株）技術開発本部技術企画室長）、射場英紀（トヨタ自動車（株）先端材料技術部 CPE）、髙田雅介（ファインセラミックスセンター材料技術研究所・ナノ構造研究所長）

3. 研究活動の概要

3.1 共同利用・共同研究

当研究所は令和 4 年度より 6 年間、新たに文部科学省から「環境調和型で持続発展可能な省エネルギー・創エネルギーのための材料とシステム研究拠点」として認定され、環境調和型で持続発展可能な省エネルギー・創エネルギー技術（エネルギー変換、蓄エネルギー、エネルギー伝送およびエネルギー消費の高度化・超効率化）の開発を実現するために、先端的な材料・デバイス等の要素技術に関する基礎研究から社会実装のためのシステム技術の開発までを一貫して俯瞰し、これを学内外・国内外の研究者の共同利用・共同研究によって推進している。この拠点活動の一環として、本学以外の機関に所属する教員または研究者と本研究所の教員とが協力して行う、環境調和型で持続発展可能な省エネルギー・創エネルギー技術の開発に関する共同利用・共同研究を公募により実施している。

国内外の大学や研究機関の研究者は、本研究所の教員と共同研究を行うことで、様々な材料開発を行うための成膜装置、微細加工装置、電子顕微鏡をはじめとする多様な分析装置を共同利用することができる。このような共同研究・共同利用を介して、大学院生を含む若手研究者の育成を行うこと、さらには産業界にも広く門戸を開くことで産業界の技術者の人材育成を行うことも、本共同利用・共同研究の目標としている。

平成 28 年度の共同利用・共同研究拠点認定後より件数も着実に増加しており、令和 5 年度は 123 件（内訳一般共同研究 113 件、国際共同研究 10 件（新規 4 件、継続 6 件））の充実した共同利用・共同研究が実施された。

令和 5 年度に実施した共同利用・共同研究を次に示す。なお、国際共同研究は研究期間が 2 年のため、実施概要を掲載するのは、2 年間の研究を終了した令和 4 年度採択分の 6 件とする。

一般共同研究

1.

研究課題：太陽光を反応と物質移動に利用する光触媒 CO_2 改質反応器開発

代 表 者：西村　顕（三重大学・大学院工学研究科・准教授）

担当教員：植木保昭

実績概要：本研究では、Carbon Capture and Utilization（CCU）技術の一つとして光触媒を用いて CO_2 を燃料に改質する反応器を開発・高性能化する。光触媒反応の性能向上阻害因子である、反応速度に比べて物質移動速度が著しく遅いことを改善すべく、黒体材料の赤外光吸収およびその輻射熱での温度上昇を利用した光触媒近傍の自然対流による物質移動促進を目指し、黒体材料を設置した反応器特性を評価した。

2.

研究課題：省エネルギーな無線分散協調ロボットネットワークに関する研究

代 表 者：小林健太郎（名城大学・理工学部電気電子工学科・准教授）

担当教員：片山正昭

実績概要：モバイルロボットの省エネルギーな無線分散協調制御の実現に向けた通信方式の検討とドローン屋内測位方式の検討を行い、以下の成果を得た。（A）Wi-Fi 等で採用される CSMA/CA 通信を用いた自律分散協調制御について、前年度に提案した制御パケットの転送手法を発展させ、合意制御と被覆制御の位置収束性の向上や移動時間の短縮が図れることを明らかにした。（B）Wi-Fi RTT を用いたドローンの屋内測位、および、ドローン搭載カメラと AR マーカーを用いたドローンの屋内測位、それぞれの方式における屋内飛行時のドローンの自己位置推定精度を実験的に明らかにした。

3.
研究課題：プラズマ－触媒ガス改質システムのための触媒充填型流動層プラズマリアクターの開発
代 表 者：小林信介（岐阜大学・大学院工学研究科・教授）
担当教員：成瀬一郎、植木保昭
実績概要：噴流層プラズマリアクター内に導電性粒子を充填することにより反応ガスの転化率が向上することが明らかになっていることから、本研究では粒子充填量を変化させて CO_2 改質実験を実施し、粒子充填量がプラズマ発光およびプラズマ発生の安定性について実験的検討を実施した。その結果、噴流層を用いたプラズマガス改質おけるガス転化率は粒子充填量に大きく影響され、また最適な粒子充填条件があることが明らかになった。これは粒子充填量により発光するプラズマ強度に大きな違いがあり、また発光強度の違いはプラズマの安定性に関連があることも明らかになった。

4.
研究課題：溶融水酸化物と液体金属を用いた水素製造
代 表 者：小西宏和（大阪大学・大学院工学研究科・助教）
担当教員：成瀬一郎、植木保昭
実績概要：Ar 雰囲気下、400℃の溶融水酸化ナトリウム中で、作用極にはフラッグ型 Mo、Fe、Ni、Zn、対極には Pt 線、参照極には Pt 疑似参照極を用いて電気化学測定（サイクリックボルタンメトリー）を行い、それぞれの電極で水素発生挙動を検討した結果、Zn 電極以外の電極で水素発生電位を明らかにした。また、電位から Ni 電極が最適であることが示唆された。以上のことを踏まえると、溶融アルカリ水酸化物中で水素発生が可能であり、今後、簡便かつ安全で持続可能なプロセスとしてなり得ることが示唆された。

5.
研究課題：衛星・UAV 搭載無線通信システムの省電力化に関する研究
代 表 者：齋藤将人（琉球大学・工学部・准教授）
担当教員：岡田　啓
実績概要：電力制約の厳しい通信衛星やドローン（UAV）をターゲットとした無線通信システムの、省電力化を目的として、アナログ＝デジタル変換器（ADC）の量子化ビット数を最小化することによる受信機の低消費電力化を行った場合における MIMO-OFDM 方式のビット誤り率（BER）特性評価を行った。BPSK 変調を用いた場合、フェージング環境においても約 0.001 の BER が得られた。信号波形の時間変化と信号推定に必要なサンプル数のトレードオフにより適切なフィルタ長があることが分かった。

6.
研究課題：可視光イメージセンサ通信のための新しい情報信号重畳手法
代 表 者：和田忠浩（静岡大学・工学部・教授）
担当教員：岡田　啓
実績概要：研究代表者らはこれまでに、可視光イメージセンサ通信システムにおける新しい情報信号重畳手法として、機械学習における敵対的画像を利用する手法を提案している。本課題ではこの手法の通信性能の大幅な改善を目的として、数学的根拠に基づき、本通信システムに適した仮想画像を生成する方式を提案し、そしてこの仮想画像を使った情報信号重畳手法を提案する。この仮想画像の生成には、M 系列における線形帰還シフトレジスタと DCT 係数行列の組み合わせを用いる。この仮想画像による情報埋め込み成功率を評価し、すべての条件で情報埋め込みが成功していることを確認した。また、実機による情報通信実験を実施し、情報伝送が成功することを確認した。

7.

研究課題：複数の領域アンサンブル予測を用いた日射量予測大外し予見の高精度化

代 表 者：宇野史睦（日本大学・文理学部・地球科学科・准教授）

担当教員：加藤丈佳

実績概要：昨年度までに実施したメソスケール数値気象予報モデル WRF によるパラメータアンサンブル予測による日射量予測大外しの予見について、メジャーアップデートした WRF Ver.4 を使用して再検討した結果、予見検出力が向上した。また、大外し予見に用いる日射量予測値が閾値を用いて離散値として計算される低層雲量等に依存することから､連続値として計算される CAPE(大気の安定度を表す指標)を併用して大外し予見の見逃し・空振りの削減を試みたが、Ver.4 化による検出力向上のため、更なる改善は見られなかった。

8.

研究課題：地中熱を活用したスマートハウスのモデル予測制御

代 表 者：與那篤史（琉球大学・工学部・准教授）

担当教員：加藤丈佳

実績概要：本研究では、太陽光発電、蓄電池、地中熱利用型のヒートポンプを有するスマートハウスを対象プラントとしてモデル化し、日射と外気温度及び室内温度分布データを用いて多入出力（MIMO：Multi Input Multi Output）システムとして定式化した。室内温度分布については機械学習により数時間先の予測を行い、得られた予測情報をモデル予測制御（MPC：Model Predictive Control）の入力として使用した場合の有効性について検証した。また、年間の消費電力を最小化するための運用手法を開発した。提案手法の有効性はＭＡＴＬＡＢソフトウェアを用いたシミュレーションにより確認した。

9.

研究課題：環境調和型燃料を用いたデトネーションエンジンの燃焼特性検討

代 表 者：川﨑　央（静岡大学・工学部・准教授）

担当教員：笠原次郎

実績概要：本年度は、共同研究の初年度として、デトネーションエンジンの燃焼特性を理解するために内部の流れ場および燃焼場の可視化が容易な反射往復デトネーション燃焼器（reflective shuttling detonation combustor, RSDC）を新たに制作した。また、予備的な実験として、酸素を窒素希釈した場合の RSDC 内の燃焼波挙動を高速度カメラを用いて可視化し、インジェクションの疎らさスケールに対してセルサイズが大きい場合の燃焼挙動を検討した。

10.

研究課題：自動運転車社会における世帯の居住地選択行動の分析

代 表 者：Lisha Wang（Chongqing University・School of Architecture and Urban Planning・Research Associate）

担当教員：三輪富生

実績概要：2021 年度に実施した自動運転タクシーサービスが実用化された社会を想定して回答を求めたアンケート調査データを用い、移動目的別のトリップ頻度と交通手段選択、および世帯主の居住地選択意向をモデル化した。構築したモデルを用い、自動運転タクシーサービスが居住地分布に与える影響を分析した結果、都心部の世帯数が減少するなど郊外化が進む可能性が示された。しかし、都心から離れた郊外への転居はそれほど多くなく、地下鉄駅付近への転居が多いことから、必ずしも交通エネルギーの増大につながるような変化を生じない可能性が示された。

11.

研究課題：賞味期限情報を持った備蓄物資在庫情報の共有による備蓄物資の効果的活用方法の研究

代 表 者：伊藤秀行（減災ロジスティックス研究所・代表）

担当教員：山本俊行

実績概要：・内閣府の物資在庫情報システムについて検討し、災害の規模が広い場合、被災自治体と必要数、それに対応する提供自治体と提供数のマッチングの調整を自動で行う機能をシステムに追加する必要があるとの認識を得た。

・自治体備蓄物資について、愛知県内 32 市町村が避難所以外の場所に備蓄している残存賞味期限2年未満の量が飲料水85,368L、主食483,790食あり、4 t トラックでの輸送には、それぞれ30台、34 台必要となることが示された。

12.

研究課題：ダクト内空気流れにおける水噴霧冷却性能改善に関する研究

代 表 者：長谷川豊（名古屋工業大学・工学研究科・教授）

担当教員：小島義弘

実績概要：・Y. Asano, Y. Hasegawa, Y. Kojima and T. Ushijima, Experimental Study on Enhancement of Water Mist Cooling in Duct Air Flow, Proc. of ICMaSS2023（Poster Session）,（2023. 12.1~12.3）.

13.

研究課題：非平衡プラズマを用いたエチレンの直接合成技術の開発

代 表 者：須網　暁（岐阜大学・工学部・助教）

担当教員：植木保昭

実績概要：非平衡プラズマ発生装置を用いて、二酸化炭素と水素からメタンの合成実験を行い、マイクロ波出力がメタン収率に与える影響を検討した。結果として、マイクロ波出力の上昇は二酸化炭素の分解を促進するものの、一酸化炭素などの化合物の生成に寄与しいることが考えられ、メタンの生成に対するマイクロ波出力は、低出力の方が適していることが判明した。

14.

研究課題：反応分離型メタンドライリホーミングプロセス用触媒の開発

代 表 者：上宮成之（岐阜大学・地方創生エネルギーシステム研究センター・教授）

担当教員：成瀬一郎

実績概要：低温高活性なメタントライリフォーミング触媒の開発を目的に、Ru および Ni を活性金属とするセリアジルコニア系担体を用いた触媒の触媒活性を評価した。Ru および Ni いずれの活性金属においてもセリアジルコニア担体の酸素貯蔵能（OSC）が触媒活性の向上に寄与していることが示唆された。一方で、活性金属（Ru および Ni）の分散度も触媒性能に比較的大きな影響を及ぼしていたことから、担体 OSC と活性金属の分散度の両立が重要であることがわかった。

15.

研究課題：回転式 LED 送信機とカメラを用いた高速可視光通信のための非同期復調手法の開発

代 表 者：荒井伸太郎（岡山理科大学・工学部　電気電子システム学科・准教授）

担当教員：片山正昭

実績概要：回転式 LED 送信機は、点滅しながら回転する LED によって生じる残像光を利用して可視光通信の通信速度を向上させる装置である。しかしながら、その向上のためには、データ送信開始位置と受信機の撮影開始位置のずれを無くす必要がある。本研究ではこのずれ問題解決のための非同期復調手法を提案した。具体的には、既知の LED 点灯パターンをヘッダとして送信し、受信機側で画像処理技術を用いて LED 光の残像の座標を検出する。検出した座標を用いて同期ずれを推定し、そのずれを補正しながらデータを復調する。実験の結果、通信距離 3m まで同期ずれを正確に推定でき、通信速度 3.24kbps のエラーフリー通信を実現した。

16.

研究課題：竹バイオマスエネルギー地産地消型社会構築に向けた、UAS 活用による放置竹林・害獣生息状況の実態調査

代 表 者：堀江　潔（佐世保工業高等専門学校・基幹教育科・教授）

担当教員：林希一郎

実績概要：竹害による遺跡破壊が懸念される山城の現地踏査を行い、位置座標の指標として利用可能な特徴物を探索し、取得済みの写真測量画像を活用したデジタルマッピングによる森林構造の分析効率化を検討した。また UAS 搭載赤外線センサを活用した大型害獣の追跡と頭数・生息状況の実態調査の予備実験を実施し、IR カメラ搭載 UAS 活用の有効性を確認した。

17.

研究課題：ARIES を活用した地方自治体エネルギーポテンシャル評価

代 表 者：鈴木和信（日本大学・国際関係学部　国際総合政策学科）

担当教員：林希一郎

実績概要：名古屋大学未来材料・システム研究所が開発した陸上風力発電適地ゾーニング評価モデルを活用し、静岡県函南町における陸上風力発電のポテンシャル・適地選定の分析を試行的に行った。全国版のデータ・情報に加え、地域特有・固有のデータ・情報を k.LAB システム上に整備することで、温対法の要求に応える見通しが立つことが確認できた。また、公開されていない地域のデータ・情報を GIS 化できれば、より地域の実態にあった分析や評価が可能となることが分かった。

本研究を通じて、自治体の政策・方針あるいは意向に応じて、必要なデータ・情報を組みわせた(取捨選択した)シナリオ作成や将来予測が可能であることが確認できた。今後は、政策策定や地域住民を含む関係者とのコミュニケーション・利害調整を支援する「ツール」として有効活用することが期待される。

18.

研究課題：セマンテック WEB-GIS システムを活用した中小水力発電ポテンシャルの予測・評価手法の開発

代 表 者：Maskey Sarvesh（東京農業大学・生産環境工学科・助教）

担当教員：林希一郎

実績概要：本年度は、天竜川下流域における農業地域を対象に、農業用水路における小水力発電ポテンシャル評価のための農業的水利用の実態を明らかにすることを目的とした。この地域は天竜川の水を水路で農地に導水することで農業が成り立っている。一方、天竜川からの土砂供給もトレードオフとして発生しており、流砂の状況を把握することで水路の通水変化を追うことが可能となり、より詳細な水力発電ポテンシャルを評価することができる。そのため、農業用水路において継続的に水質モニタリングを実施し（二週間おき）、水路における掃流土砂の発生機構を解明すべく、天竜川の降水量との関係を検討した。

19.

研究課題：気候変動を考慮した小水力発電ポテンシャルモデルの開発

代 表 者：山崎由理（鳥取大学・農学部・准教授）

担当教員：林希一郎

実績概要：2023 年度の研究では、風力発電および太陽光発電の促進区域設定を基に、小水力発電における環境配慮事項を整理した。また、小水力発電の普及における障壁とされている河川法の水利権取得について申請手続きを整理した。鳥取県を対象に、農業用水路や水利権に関する GIS 情報の整備状況を調査したところ、農業用水路の位置情報は未整備な地域があり、水利権に関する GIS 情報はほとんどないことが分かった。k.LAB に水利権に関する GIS 情報を搭載することで、かんがい期における農業用水路を利用した小水力発電ポテンシャルを広域的に推定できるほか、非かんがい期における可能取水量の推定や、気候変動に伴う降水量の変化を考慮したポテンシャル推定および適地選択が可能となることが期待できる。

20.

研究課題：空間情報の統合によるバイオマスエネルギー利用施策支援ツールの開発

代 表 者：町村　尚（大阪大学・大学院工学研究科・准教授）

担当教員：林希一郎

実績概要：森林生態系モデルによるバイオマスエネルギー資源の推定のために、人工衛星データと地理情報を元に半自動的にモデル初期値を生成するツールを作成した。本ツールは衛星高分解能デジタル表面高モデル、デジタル標高モデル、植生図を入力とし、樹種・エコリージョン別に林齢を推定して初期植生マップを生成する。推定林齢分布は、スギ、ヒノキ、ナラ類では統計値とよく一致した。森林生態系モデル LANDIS-II の初期値として妥当性を確認した。

21.

研究課題：環状プラズマ装置における TALIF による中性原子計測

代 表 者：梶田　信（東京大学・大学院・新領域創成科学研究科・教授）

担当教員：田中宏彦

実績概要：環状プラズマ装置 NAGDIS-T において重水素プラズマを生成し、2 光子吸収レーザー誘起蛍光法（TALIF）を用いて重水素基底原子密度と原子温度の計測を行った。原子密度は、クリプトンの信号で校正することによって算出した。重水素基底原子密度は放電電力の増加に伴い増加し、基底原子密度～ 1-3×10^{19} m^{-3}、原子温度は 0.3 - 0.4 eV であった。

22.

研究課題：新規ビスマス置換磁性ガーネットの開発と評価

代 表 者：石橋隆幸（長岡技術科学大学・大学院工学研究科・教授）

担当教員：加藤剛志

実績概要：MOD 法を用いて $Gd_3Ga_5O_{12}$(100) 基板上に $EuBi_2Fe_{5-x}Ga_xO_{12}$(x=0 ～ 2) 薄膜および $Eu_{0.5}Bi_{2.5}Fe_{5-x}Ga_xO_{12}$(x=0 ～ 2)薄膜を作製した。磁気光学測定の結果、ファラデースペクトルの符号が逆転したことから、磁化補償組成を明らかにした。また、FMR 測定により、共鳴磁場および磁気回転比が大きく変化する角運動量補償組成も明らかにすることができた。

23.

研究課題：LNO 基板上に成膜した Co 薄膜の面内一軸磁気異方性の基板加熱温度依存性

代 表 者：山田啓介（岐阜大学・工学部・化学・生命工学科・准教授）

担当教員：加藤剛志、大島大輝

実績概要：単結晶強誘電体基板であるニオブ酸リチウム(LNO)上に強磁性薄膜の Co 金属をスパッタ成膜させ Co 薄膜に誘起された面内一軸磁気異方性(K_u)の磁気特性評価や結晶構造解析を行った。特に、薄膜作製時の基板加熱温度条件を変化させ、大きい K_u を有する薄膜作製条件を調べた。その結果、As depo.(30℃)の試料が一番大きな K_u 値を有することがわかった。Co 金属の磁歪定数と LNO 基板の格子の伸縮方向の整合性が K_u に影響を与えていることがわかった。本成果は、第 47 回日本磁気学会の学術講演会にて発表を行なった。

24.

研究課題：ひずみ印加による大バルクハウゼン効果の制御とひずみセンサへの応用

代 表 者：藤原裕司（三重大学・工学研究科・准教授）

担当教員：加藤剛志、大島大輝

実績概要：組成を制御した a-FeSiBNb 薄膜を最大値 20Oe の交流磁界で励磁すると薄膜に取り付けたピックアップコイルにパルス電圧信号が得られた。周波数を 0.1Hz から 60Hz で変化させた結果、0.1Hz から 1.0Hz ではほとんどパルス電圧の大きさに変化はなく、これは大バルクハウゼン効果を示す各種薄膜の特徴と類似している。また、60Hz の交流磁界では、1.3Oe の微小な磁界でも励磁可能であることがわかった。圧縮ひずみを印加すると、パルス電圧は急激に減少し、高感度なひずみセンサとして利用可能であることがわかった。

25.

研究課題：原子核乾板検出器を用いたニュートリノ・原子核反応の詳細解析

代 表 者：大島　仁（東京大学・宇宙線研究所・特任研究員）

担当教員：佐藤　修

実績概要：本研究では、大強度陽子加速器施設のニュートリノモニター棟に鉄を標的とした原子核乾板検出器を設置し、反ニュートリノビームを照射した。本研究において原子核乾板検出器を解析し、反ニュートリノ荷電カレント反応断面積および反ニュートリノ反応から放出されたミューオン・陽子・荷電パイ中間子の多重度・放出角・運動量を測定し、モンテカルロシミュレーションの予測データと比較した。本研究によって、低運動量および後方散乱されたパイ中間子の測定数がシミュレーションの予測よりも多いことが分かった。これらの結果を Preliminary 付きで日本物理学会、日本写真学会(若手優秀口頭発表賞受賞)、NuFact 2023(招待講演)および NuXTract 2023(招待講演)にて報告した。

26.

研究課題：飛跡検出器を駆使したサブ GeV 級レーザー加速プロトンの特性評価

代 表 者：金崎真聡（神戸大学・大学院・海事科学研究科・准教授）

担当教員：森島邦博、北川暢子

実績概要：原子核乾板と散乱体を交互に積層した Emulsion Cloud Chamber（ECC）の後段に積層したエッチング型固体飛跡検出器を組み合わせたサブ GeV 級のレーザー加速プロトンに対応した計測手法の開発を行っている。今年度は、エッチング型固体飛跡検出器の積層方法を工夫し、10 MeV 刻みでレーザー加速陽子線のエネルギースペクトルを計測可能な積層型検出器を開発した。

27.

研究課題：宇宙線を用いた火山の CT 撮像

代 表 者：宮本成悟（東京大学・地震研究所・助教）

担当教員：森島邦博、北川暢子

実績概要：電源が不要で火山周辺の環境が厳しい地点に簡便に設置可能なミューオン検出器である原子核乾板の機動性を活かし、多方向から 1 つの火山を通過してくるミューオンの減衰率を測定し、三次元的に内部密度構造を推定する研究を行っている。その際に、どのように設置したらどのような成果が得られるか、短時間で計算可能なシミュレーションフレームワークは今後の観測計画を立てる上で重要なツールとなる。今年度はそのフレームワーク作成を進めた。

28.

研究課題：先端放射光 X 線計測で明らかにする原子核乾板の現像機構

代 表 者：吉田純也（東北大学・国際放射光イノベーション・スマート研究センター・准教授）

担当教員：森島邦博

実績概要：名古屋大学グループから現像済み原子核乾板のサンプルを提供して頂き、コヒーレント X 線回折イメージング（CXDI）を行う為の試料の作成手法を検討した。原子核乾板乳剤層をスライスして剥片にし、X 線吸収の少ない窒化珪素の基板に載せ、水分が真空チェンバー中で揮発して試料が変形しないよう、紫外線硬化樹脂によって固定する。また X 線ビームライン上での試料の位置合わせの手法についても、窒化珪素基板に集束イオンビームで生成した穿孔を目印にする方法を採用する。次年度以降には、こうして作成した試料に対し実際の計測に向けての試験を行い、2024 年度から稼働を開始する放射光施設：ナノテラスで計測を行う。

29.

研究課題：硬 X 線光電子分光用の温度制御溶液セルの開発と界面での不純物イオンの化学状態分析

代 表 者：木内久雄（東京大学・物性研究所・助教）

担当教員：池永英司

実績概要：本研究では、これまで池永英司准教授が開発を進めてきた極薄膜の SiN 製真空隔離膜を用いた硬 X 線光電子分光法による溶液中試料の化学状態分析技術の高度化を進めるために、室温から 100℃までの範囲で温度制御可能な溶液セルの開発し、それを液晶配向膜界面での不純物イオンの化学状態分析に適用した。

30.

研究課題：反応中の光触媒を対象としたXAFS測定システムの開発

代 表 者：吉田朋子（大阪公立大学・人工光合成研究センター・教授）

担当教員：池永英司

実績概要：銀助触媒担持酸化ガリウム光触媒（Ag/Ga_2O_3）は、水による二酸化炭素還元を促進する代表的な光触媒である。Ag助触媒のサイズや化学状態が反応活性に影響を及ぼすと考えられるが、Ag助触媒は反応中の光照射に対して不安定であり、反応後には担持状態が変化していることも見出されている。本研究では反応ガス雰囲気下で軟X線領域X線吸収スペクトル（XAFS）を測定するための特殊セルを開発することで、様々なガス雰囲気下に置かれたAg/Ga_2O_3に対して紫外光照射しながらAg L_3-edge XAFSスペクトルを測定することに成功した。この測定によって、HeやCO_2ガス雰囲気下では光照射によってAg助触媒の化学状態は殆ど変化しないが、水が共存すると、水が還元剤となり酸化状態の銀が金属状態へと還元されることが明らかとなった。

31.

研究課題：ナノメートルサイズ酸化ガリウムの合成とその光触媒活性評価

代 表 者：山本宗昭（大阪公立大学・人工光合成研究センター・特任助教）

担当教員：池永英司

実績概要：我々のグループでは、最近、酸化グラフェンをテンプレートとして用いることで、ナノ微粒子が平面状に配列したGa_2O_3ナノシートの合成に成功した。本研究では酸化グラフェンをテンプレートとしてGa_2O_3ナノシートが合成される過程を、各種分光法を用いて詳細に調べた。TGAプロファイルから、テンプレートとした酸化グラフェンはオートクレーブ中に還元されることや、酸化グラフェンに担持されたGa_2O_3ナノシートの担持量が明らかになり、これらの結果はXRD,UV-Vis測定からも支持された。

32.

研究課題：ベイズ推定を用いたX線分光スペクトル解析法の開発

代 表 者：水牧仁一朗（熊本大学・理学部・教授）

担当教員：池永英司

実績概要：本研究は近年発展目覚ましい情報科学の技術を駆使することで、測定したデータに含まれる情報の全抽出や、事前情報を与えることで計測限界を突破し新しい知を得ることを目的にしている。本支援では、粒子サイズの異なるXPSスペクトルデータに対してそれらの関数モデルを考慮したベイズ推定の定式化や網羅的に探索が可能なレプリカ交換法を用いたコードへ改良を施した。また優れた指標として、ベイズ自由エネルギーを利用することで、精度が高い解析を可能とした。このように改良したベイズ推定コードを溶液中に分散する金ナノ粒子を対象に測定したAu4f内殻準位スペクトルに適用した。主ピーク成分におけるスピン軌道相互作用により分裂した$Au4f_{7/2,5/2}$のピーク面積比やピーク位置、幅がナノ粒子サイズに依存していることを実証できた。

33.

研究課題：共鳴硬X線光電子分光による 5d 遷移金属材料の元素選択電子状態計測・解析技術開発

代 表 者：保井　晃（公益財団法人高輝度光科学研究センター・放射光利用研究基盤センター・主幹研究員）

担当教員：池永英司

実績概要：環境調和型で持続発展可能な省エネルギー・創エネルギー実現において重要な 5d 遷移金属材料の開発に資する 5d 電子状態の解析技術の確立を目指した。Pt_2O_3 と Cr/Pt 薄膜について共鳴硬 X 線光電子分光（HAXPES）を行うことで、Pt 5d 電子の局在性と価電子帯の共鳴増大強度に正の相関があることを見出した。

34.

研究課題：超高速飛跡認識装置 HTS による原子核乾板中の宇宙線重原子核種の同定

代 表 者：伊代野淳（岡山理科大学・理学部・教授）

担当教員：中野敏行、佐藤　修、六條宏紀

実績概要：原子核乾板を検出器として宇宙ガンマ線の観測とその生成メカニズムを研究する気球実験グループでは、2023 年 4 月にオーストラリアのアリススプリングスで、開口面積 2.5m2 の検出器システムを、高度 35 ｋｍ上空で、24 時間のフライに成功した。今回のフライトでは、大面積・長時間フライトの実現により、鉄族を超える宇宙線原子核の観測から中性子過剰核の元素組成の解析が可能となった。これまでに、宇宙線原子核の HTS による飛跡データ・画像データから、機械学習による飛跡自動認識を導入することができ、現在統計量を増やす解析を進めている。

35.

研究課題：超高速原子核乾板解析技術を利用した気球搭載型大面積宇宙線イメージングシステムの確立

代 表 者：青木茂樹（神戸大学・大学院人間発達環境学研究科・教授）

担当教員：中野敏行、佐藤　修、六條宏紀

実績概要：気球搭載型エマルション望遠鏡による宇宙ガンマ線の観測計画で、2023 年春に初の科学観測となる開口面積 2.5m^2 での観測を実施した。前年度から原子核乾板の乳剤製造・フィルム製造、樹脂膜製長繭型ゴンドラ、大面積軽量化多段シフター、姿勢モニター用スターカメラなどの各構成要素の準備を進めた上でオーストラリアへの輸出を行った。現地での最終調整を経て観測を実施し、Vela および銀河中心方向をカバーする水平浮遊 24 時間超の観測に成功した。回収後のフィルムを冷蔵輸送し、日本での現像作業を行い HTS および HTS2 で読取り作業を進めている。タイムスタンプおよびガンマ線事象が検出できることを確認しつつ、系統的な解析を進めている。

36.

研究課題：原子核乾板検出器の長期性能評価

代 表 者：長原翔伍（神戸大学・大学院人間発達環境学研究科・学術研究員）

担当教員：中野敏行、佐藤　修、六條宏紀

実績概要：小片（2cm × 3cm）の原子核乾板フィルムを使った基礎特性試験の結果をもとに宇宙 γ 線精密観測（GRAINE 計画）において実際に合計 25.2㎡の原子核乾板をタイムスタンパーとして運用し、そのフィルム性能を確認した。ノイズ発生量の指標である Fog Density は本番フィルムにおいても実験前試験結果と一致した。これにより、小片での実験前の長期保管試験により、本番の大面積運用時の性能評価が適切に行えていることを確認した。現在は自動飛跡読み取り装置を用いて飛跡の読み取りを進めており、今後は本番飛跡に対する性能評価を進めていく。

37.

研究課題：超微粒子原子核乾板を用いた低エネルギー中性子計測技術の開発

代 表 者：白石卓也（神奈川大学・理学部・特別助教）

担当教員：中野敏行、佐藤　修

実績概要：Sub-MeV 以上の中性子に対する革新的な計測技術開発を行っており、本年度は、国際共同実験としてイタリア・グランサッソ研究所での地上 sub-MeV 中性子スペクトル測定に成功し、次の目標として地下実験施設での測定を進めている。また本技術の応用として、理研の大気取り出しマイクロ MeV イオンビームについての共同研究も開始し、物理学会や極低放射能研究会だけではなく、日本 MRS や応用物理学会での報告など、応用分野への展開を推進している。

38.

研究課題：原子核乾板を用いたレーザープラズマからの放射ガンマ線計測手法の開発

代 表 者：民井　淳（大阪大学・核物理研究センター・教授）

担当教員：中野敏行、佐藤　修、六條宏紀

実績概要：2021 年度に関西光科学研究所の J-KAREN-P レーザーを用いて原子核乾板にて測定したデータを解析し、ガンマ線による電子陽電子対生成イベントを 4 つ観測した。2023 年 11-12 月に真空隔壁を薄くした状態で原子核乾板にてガンマ線を測定する実験を行った。レーザーシステムへのプラズマミラーの導入によりガンマ線発生量が大幅に減ったことが観測された。

39.

研究課題：原子核乾板を用いた粒子検出器における運動量測定技術の高度化

代 表 者：小川　了（東邦大学・理学部・教授）

担当教員：中野敏行、佐藤　修

実績概要：2023 年度は、コンパクト測定器(Compact Emulsion Spectrometer, 以下 CES) と ECC(Emulsion Cloud Chamber)を構成し、大学院生の佐野が中心となって宇宙線照射実験を行った。現像後名古屋大学における超高速飛跡読み取り装置 HTS によるスキャンニングを実施したが、膨潤不足などが原因により飛跡データの取得が出来なかった。CES に関しては、スキャンニングが完了し、現在飛跡データの解析中である。ECC に関しては、膨潤不足の問題はほぼ解決したが、スキャンニングに至っていない。

40.

研究課題：表面プラズモン共鳴誘起現象を用いた光子誘発現象の研究

代 表 者：中　竜大（東邦大学・理学部・准教授）

担当教員：中野敏行、佐藤　修

実績概要：束縛条件を課した表面プラズモンポラリトン(SPP)の定在波条件を満たす系を作ることで、2 次の非線形感受率効果を想定すれば、動的カシミール効果(DCE)に相当する光子生成が起こることが理論的に指摘されており、量子真空における新たなアプローチとして興味深い。本研究は、そのための実現可能性の検証として、SPP を励起するための光学系を構築し、SPP の特性の基礎評価をシミュレーションと合わせて実行した。

41.

研究課題：分子分光イメージングのための赤外ランダムレーザーの開発

代 表 者：上原日和（自然科学研究機構核融合科学研究所・ヘリカル研究部・准教授）

担当教員：田中宏彦、大野哲靖、加藤剛志

実績概要：本研究では、従来にない全視野分子分光イメージング用の赤外ランダムレーザーを実現することを目指している。今年度は、未だ挑戦的な課題である電流駆動型のランダムレーザー実現のため、p 型 GaN 基板上に ZnO 粒子膜を水熱合成し、電気駆動による紫外―青色発光の観察に成功した。さらに、貴所の直線型プラズマ装置を用いて表面改質したシリコンナノピラー構造体のランダムレーザー化のため、原子層堆積による光機能性窒化膜の成膜を試み、均一かつ良質な窒化チタン層の合成に成功した。

42.

研究課題：プラズマ照射による半導体ナノ構造の形成とそのデバイス応用

代 表 者：シーチュエン（東京大学・新領域創成科学研究科・特任研究員）

担当教員：田中宏彦

実績概要：微量の不純物を含んだ希ガスプラズマ照射を行うことで、ナノ / マイクロ構造を形成する『共堆積エッチング』法を開発した。これは、リソグラフィフリーの半導体ナノファブリケーションの新しい方法となる可能性がある。本研究では、アルゴンプラズマとモリブデンの不純物を用いた共堆積エッチング法を様々な半導体に適用した。添加した不純物種よりもスパッタリング収率が低い基板上にのみ、微細構造が形成され、構造の密度、面積、高さは、不純物の堆積速度と基板材料の両方に関連することが明らかとなった。

43.

研究課題：再結合プラズマ中の素過程理解に向けた準安定ヘリウム原子測定

代 表 者：荒巻光利（日本大学・生産工学部・教授）

担当教員：田中宏彦

実績概要：今年度は再結合プラズマ中で生成される準安定ヘリウム原子の測定に用いる光源の安定化および測定の高精度化を目指してレーザーシステムのパッケージ化を行った。今回構築したレーザーシステムでは 1083nm 周辺で幅広く波長掃引が可能であり、動作温度 41 度で動作電流を 65mA から 70mA の範囲で準安定ヘリウム原子の遷移である 2^3S_1-2^3P_1（1083.322 nm）および 2^3S_1-2^3P_2（1083.331 nm）を励起する波長が得られることが確認された。

44.

研究課題：水素と結晶欠陥のナノスケール相互作用解析

代 表 者：高橋可昌（関西大学・システム理工学部・教授）

担当教員：武藤俊介

実績概要：水素吸蔵金属の一種であるパラジウム（Pd）を対象として、結晶欠陥（個別転位）にトラップされた水素の直接検出に挑んだ。これに先立ち、個別転位を対象とした実験に適した試料の効率的な作製法を模索した。次いで、RSHVEM を用いて水素吸蔵と STEM-EELS マッピングを室温下で行った。現段階では個別転位に沿った水素化物相形成を検出するに至っていないが、課題達成へのヒントを得た。

45.

研究課題：水素吸蔵合金を用いたメタン化反応の in-situ TEM・質量分析測定

代 表 者：中川鉄水（琉球大学・理学部海洋自然科学科化学系・准教授）

担当教員：武藤俊介

実績概要：分子状水素と CO_2 を表面で解離する水素吸蔵合金の性質を利用して、CO_2 を CO またはメタンなどの炭化水素に変換する触媒の開発を目指す。反応中の合金表面を TEM 観察により視覚的に追いながら放出されたガスを同時に分析することにより、同反応のメカニズムを微視的な観点から解き明かすことを大きな目的とし、今年度は TEM 環境下で活性化・水素吸蔵・放出反応可能な合金として有望な $ZrCr_2$ を用いて、CO_2 転化反応を TEM により追跡した。その結果、質量分析でメタンを捉えたがブランク測定でもメタンが観測されたため、決定的な証拠を得られなかった。また、CO_2 転化反応により合金表面が酸化された可能性も浮上した。

46.

研究課題：[001] 銅単結晶の低サイクル疲労によって形成される cell 組織の超高圧電子顕微鏡観察

代 表 者：宮澤知孝（東京工業大学・物質理工学院・助教）

担当教員：武藤俊介

実績概要：[001] 方位を応力軸とする銅単結晶に繰り返し変形によって形成される cell 組織の発達過程を明らかにするために、超高圧走査透過型電子顕微鏡での組織観察を行った。主すべり面(111)に平行に形成される cell 境界の観察を試行した結果、cell 境界を構成すると予測される(111)面上の三種類のらせん転位を観察することができた。しかし、発達した転位ネットワークの観察はできなかった。cell 組織の発達機構解明に向けて引き続き、主すべり面と平行に形成される cell 境界の観察とバーガースベクトル解析が必要となる。

47.

研究課題：革新炉 / 次世代炉材料のための高精度膜厚評価法の開発

代 表 者：吉田健太（東北大学・金属材料研究所・准教授）

担当教員：齋藤　晃

実績概要：転位・粒界・異相析出物を複雑な実用鋼のひずみ場中で可視化する WB-STEM イメージング法に加えて、イオンビーム研磨を用いた表面加工および電子顕微鏡による非破壊試験によって、機械加工面直下の微細組織の転位密度や化学組成を室温から 800℃までの温度域でその場計測する手法を確立した。

48.

研究課題：電子波の回折素子の作製と評価

代 表 者：佐藤俊一（東北大学・多元物質科学研究所・教授）

担当教員：齋藤　晃

実績概要：化学気相成長法で成長させた自立した単層グラフェンのフェムト秒レーザー加工を実証し、直径 100nm 未満の多点穴あけ加工を実現した。まず、走査型透過型電子顕微鏡により、レーザー照射されたグラフェン上に多数のナノ細孔が形成されていることを明らかにした。次に、高分解能透過型電子顕微鏡により、グラフェン膜には原子レベルの欠陥とナノ細孔が発見されたが、全体的な結晶構造には損傷がないことが見出された。さらにラマン分光法では、レーザーショット数の増加に伴う欠陥密度の増加が示され、ナノ細孔の形成が 100 nm 未満の穴の形成を引き起こしたことを示唆する結果が得られた。この研究で観察された原子欠陥形成と表面洗浄の二次効果を徹底的に調べることにより、将来、グラフェンやその他の二次元材料の工学的手法の開発に役立つことが期待される。

49.
研究課題：電子ボルテックスビームによる「人工スピン格子」の研究
代 表 者：内田正哉（埼玉工業大学・先端科学研究所・教授）
担当教員：齋藤　晃
実績概要：本研究では、「人工スピン格子」の作製を行い、開発した軌道角運動量測定器をもちいて（Phys. Rev. Applied. 2019）、電子ボルテックスビームと人工スピン格子との相互作用を軌道角運動量の測定によって調べることを目的とする。2023 年度は透過型電子顕微鏡に搭載できる反強磁性型人工スピン格子作製のため、マイクロ磁気シミュレーションを行い、最適条件を求めた。

50.
研究課題：収差補正電子顕微鏡を用いた金属ナノ粒子触媒の三次元計測手法の開発
代 表 者：山﨑　順（大阪大学・超高圧電子顕微鏡センター・教授）
担当教員：齋藤　晃
実績概要：燃料電池電極部に用いられるカーボンに担持された白金ナノ粒子触媒の３次元分布計測手法をこれまでに確立したが、カーボン担持体の表面位置とナノ粒子の位置関係が不明という問題点が残されている。この課題を解決するため、明視野 STEM 像の強度からカーボン担持体の厚さを決定する取り組みを行った。STEM 像取得と同一視野の電子エネルギー損失分光（EELS）スペクトルに基づく厚さマップを測定し、明視野 STEM 像強度の厚さ変化を支配する関数のパラメータを決定することに成功した。今後非弾性散乱の平均散乱長を正確に決定することで、明視野 STEM 像に基づいて試料厚さの絶対値が求まるようになり、カーボン担持体の表面と内部の Pt ナノ粒子の割合が効率的に計測できるようになるとの見通しが得られた。

51.
研究課題：ナノ材料のポリマーカプセル内集積技術の開発
代 表 者：桒原彰太（東邦大学・理学部・准教授）
担当教員：桒原真人
実績概要：複数の局在表面プラズモン共鳴（LSPR）モードを有する異方性金ナノ粒子をサブミクロンサイズのカプセル内に閉じ込めることで金ナノ粒子同士の接触確率を高め、光融合による金ナノ粒子の融合と新規構造構築を促進し、複数の LSPR が空間的に分離された位置に誘起される三次元構造を構築した。また、凝集沈殿法による異方性金ナノ粒子の精製に関する研究を進め、純度 90% 以上である三角形型金ナノ粒子の分散溶液を得ることに成功した。

52.
研究課題：マイクロ水力発電用水車の開発
代 表 者：飯尾昭一郎（信州大学・工学部機械システム工学科・准教授）
担当教員：髙牟禮光太郎、内山知実
実績概要：マイクロ水力発電に適したクロスフロー水車について、振動およびキャビテーションの発生原因とその抑制方法、さらに水車特性に関して、CFD 解析と模型試験から次の知見を得た。(1)ノズル先端部のランナとケーシングの隙間に関して、隙間の高さは振動と漏れ流量および水車性能に顕著に影響を及ぼすのに対して、隙間部の長さは振動への影響が顕著である。(2)キャビテーションの発生状況を実験機において観察することができた。その結果、キャビテーションはランナの回転とともにノズル先端部隙間部にブレードが入る位置で発生することが確認され、その大きさやブレード上での発生位置はランナ速度と有効落差で変化する。

53.

研究課題：ねじれたスピン構造を持つ磁性薄膜材料の熱電特性評価

代 表 者：柳原英人（筑波大学・数理物質系・教授）

担当教員：水口将輝

実績概要：垂直磁化膜と面内磁化膜とで界面を構成することで、ねじれた非共線的なスピン構造を実現し、そのスピン構造に起因した新たな磁気熱電的現象を探索することが本研究の目標であった。今年度の成果は、① Fe/CoFe2O4(001)複合膜の界面付近でのスピンのねじれについて、磁気的自由エネルギーから定量的に見積もった。さらに②熱電効果測定の感度を検証するため、酸化バナジウム薄膜のゼーベック効果を測定したところ、測定系の接触起電力が無視できないことが明らかになり、電圧信号の取得方法の改善を試みた。

54.

研究課題：μm スケールの立体ピラミッド形状に設計された強磁性ナノ薄膜の磁気特性

代 表 者：服部　賢（奈良先端科学技術大学院大学・先端科学技術研究科・准教授）

担当教員：宮町俊生

実績概要：・フォトリソグラフィー加工を利用して、テンプレートとなるμm スケールの立体ピラミッド形状の Si 結晶基板を加工し、その上に Fe 蒸着により、同じく立体ピラミッド形状の強磁性 Fe ナノ薄膜(3D-Fe)を作製した。

・この薄膜試料の特徴は、個々の 3D-Fe ピラミッドが、ピラミッド間に蒸着された Fe 薄膜(2D-Fe)によって、磁気的に結合している点にある。

・磁気的に切り離された個々の 3D-Fe ピラミッド内の磁気特性を調べるため、特殊なマスク処理過程を作製途中に加えた。これにより、2D-Fe 領域の無い、独立した 3D-Fe ピラミッドのみの試料作製に成功した。

55.

研究課題：Cu(001)表面上の Pd 薄膜における量子井戸状態と水素吸蔵特性

代 表 者：中辻　寛（東京工業大学・物質理工学院・准教授）

担当教員：宮町俊生

実績概要：本研究は Cu(001)単結晶表面に原子層レベルの Pd 薄膜を成長させ、その構造と電子状態を原子スケールで調べて Pd の水素吸蔵特性を向上させるための基本原理を根源的に解明することを目的とする。今年度は LEED を用いて構造評価を行った Cu(001)上の Pd 薄膜 [Pd/Cu(001)] およびバッファー層として Ni 薄膜を積層した Cu(001)上に成長させた Pd 薄膜 [Pd/Ni/Cu(001)] の TDS 測定および雰囲気制御型硬 X 線光電子分光(AP-HAXPES)測定を行い、水素吸蔵特性と水素雰囲気下での Pd 電子状態の解明に取り組んだ。結果、Pd/Cu(001)と Pd/Ni/Cu(001)の電子状態の違いに起因して水素吸蔵特性が異なることが明らかとなり、水素吸蔵特性を向上させるためのフェルミ準位近傍の Pd 電子状態の重要性が示された。

56.

研究課題：STM による γ’Fe_4N 超薄膜の異方的熱磁気効果のその場観察

代 表 者：小森文夫（東京大学・生産技術研究所・シニア協力員）

担当教員：宮町俊生

実績概要：本研究は負のスピン分極率を持ちスピントロニクス材料のみならず、熱電材料としての応用が期待されている γ’型 Fe_4N に着目し、その異方的な異常ネルンスト効果の起源を STM による原子スケールでの構造と電子・磁気状態評価によって明らかにし、新規熱電材料創製につなげることを目的とする。今年度は、昨年度に装置環境を整備して低ノイズ化を実現した STM 装置を用いて超高真空下・液体窒素温度で Cu(001)単結晶基板上の γ’型 Fe_4N 原子層の STM 観察を行った。また、並行して Cu(001)単結晶基板上の γ’型 Fe_4N 単原子層の窒素サーファクタント効果を利用して作製した FeCo 規則合金薄膜の STM 観察および XAS/XMCD 測定を行い、高品質な γ’型 Fe_4N 原子層を作製するための窒素原子と鉄原子の役割を原子レベルで明らかにした。また、本研究で得られた研究成果については国際学会で発表を行い、現在論文投稿中である。

57.

研究課題：ヘテロ数層グラフェンの局所構造観察

代 表 者：田中　悟（九州大学・大学院工学研究院・教授）

担当教員：宮町俊生

実績概要：本研究は次世代超高速・省電力デバイス開発を見据えてナノスケールで構造制御された機能性グラフェンを創製し、機能性発現機構をミクロに解明することを目的とする。今年度は微傾斜 SiC(0001)基板上に成長させた線幅 6nm および 10nm のグラフェンナノリボン(GNR)の走査プローブ顕微鏡観察および角度分解光電子分光測定を行った。構造観察の結果、6nmGNR,10nm GNR ともに微傾斜 SiC(0001)ステップに沿ってリボン状に延びた単層グラフェンが観測され、6nm GNR では 6nm 幅と 10nm 幅の混在していることがわかった。さらに、角度分解光電子分光測定より GNR の線幅に減少に伴い、バンドギャップが増大することが明らかとなり、量子閉じ込め効果が GNR の電子状態に影響を及ぼしていると考えられる。

58.

研究課題：原子層近藤格子 $YbCu_2$ における局所電子状態観測

代 表 者：中村拓人（大阪大学・生命機能研究科・助教）

担当教員：宮町俊生

実績概要：単原子層近藤格子 $YbCu_2$ について操作トンネル顕微鏡を用いた局所電子状態観測のための実験環境の整備および、角度分解光電子分光を用いたマクロスケールでの電子状態観測を行った。30 K 以下の低温において二次元的な重い電子状態が出現することを見出した。今後は、走査型トンネル顕微鏡 / 分光測定に向けて、試料作製および測定環境の整備を行い、ミクロスケールでの重い電子状態の詳細を解明する。

59.

研究課題：光触媒を用いる実用的合成へ向けた反応機構解析

代 表 者：吉田寿雄（京都大学・人間・環境学研究科・教授）

担当教員：熊谷　純

実績概要：スピントラップ剤を用い、光照射下 Pt/TiO_2 による直鎖カルボン酸 $C_nH2_{n+1}COOH$(n = 1~3, 5~7, 11)の脱炭酸反応で生じるラジカルを捕捉し、そのアダクトを ESR 測定した。その結果、直鎖が短い場合、1・2 級ラジカルのアダクトを観測できたが、直鎖が長くなるとほぼ 2 級ラジカルアダクトの割合が増加し、その濃度は直鎖が長い方が高くなった。

60.

研究課題：希土類含有層状複水酸化物の陰イオン種に応答する発光の機構解明

代 表 者：笹井　亮（島根大学・大学院自然科学研究科・教授）

担当教員：熊谷　純

実績概要：陰イオン交換性を示すことが知られる層状複水酸化物(LDH)を水中からの有害陰イオンの除去や検知に利用するための発光材料としての特性を調べるため、Tb3+ の ESR を 5.5 〜 20K で調べた。その結果、Cl–TbLHD はどの温度領域でも Tb^{3+} の状態が最安定なのに対し、発光挙動の顕著な CO_3^{2-}-TbLHD では 15 K 以下になると Tb^{3+} が還元された状態が最安定になることが確認された。

61.

研究課題：酸炭窒化ホウ素蛍光体薄膜の気相成長と光学特性制御

代 表 者：且井宏和（国立研究開発法人産業技術総合研究所・マルチマテリアル研究部門・主任研究員）

担当教員：熊谷　純、原田勝可

実績概要：本研究は、BCNO の化学気相析出(CVD)による薄膜プロセスを構築し、その構造や光学特性を明らかにすることを目的とした。これまで、炭窒化ホウ素(BCN)膜の熱処理により BCNO 蛍光体の形成を捉え、昨年度にはアルキルアミノ系原料を用いたレーザー化学気相析出(CVD)により BCNO 薄膜蛍光体が気相成長することを明らかにしてきた。本年度は、成膜温度が BCNO の結晶性や元素組成、化学結合状態、蛍光特性に及ぼす影響を調べた。成膜温度が高く、結晶性の比較的高い BCNO 膜は蛍光しない一方、低結晶性の BCNO 薄膜は 390–580 nm で複数のバンドを持つ蛍光を示すことがわかった。

62.

研究課題：ポリマーコンポジットの精密設計に向けたメソポーラスシリカナノ粒子のメソ構造解析

代 表 者：下嶋　敦（早稲田大学・理工学術院・教授）

担当教員：山本瑛祐

実績概要：メソポーラスシリカナノ粒子の細孔構造を電子線トモグラフィー法により評価し、その内部細孔構造について解析を行った。支持膜由来のバックグラウンドノイズの影響のために、明瞭な三次元像は得られなかったものの、メソ細孔が内部を貫通し連結した構造体の形成が示唆された。今後、バックグラウンドノイズの少ない支持膜を活用したより鮮明な 3 次元画像取得を狙う(国際会議 : 1 件)。

63.

研究課題：細孔構造の制御したナノ多孔質酸化インジウムスズの作製

代 表 者：松野敬成（早稲田大学・理工学術院・講師（任期付））

担当教員：山本瑛祐

実績概要：ナノ多孔質酸化インジウムスズ(ITO)に ITO 源を添加して結晶成長を試みた試料について、FIB-SEM により細孔構造を分析した。作製したナノ多孔体は細孔径が 80nm 程度であり、粒径が数 μm 程度であるため、SEM や TEM、吸着による分析だけでは正確な評価が難しい。FIB-SEM により粒子内部を観察することで、粒子の中心付近には細孔形成に用いた鋳型シリカが残存していること、細孔内部まで ITO と考えられるナノ粒子が形成したことなどが確認できた。

64.
研究課題：非貴金属系導電性酸化物ナノシートの作製と電気化学キャパシタへの応用
代 表 者：村松佳祐（信州大学・先鋭材料研究所・助教（特定雇用））
担当教員：山本瑛祐
実績概要：本研究課題では、電子伝導性の向上したアニオン置換型酸化物ナノシートの合成法確立と電気化学キャパシタへの応用展開を目指している。アニオン置換反応の開発に向け、本年度は層状 $Ni(OH)_2$ と硫黄源との間で進行する硫化反応を詳細に検討した。層状 $Ni(OH)_2$ の形態を維持したまま、ナノ結晶の外表面で硫化反応が進行することを見出した。

65.
研究課題：水分解光触媒の劇的な活性向上を目指した新規修飾法の開発
代 表 者：加藤英樹（東北大学・多元物質科学研究所・教授）
担当教員：小林　亮
実績概要：$CuLi_{1/3}Ti_{2/3}O_2$ を水素生成光触媒に用いる Z スキーム型水分解において、Ru と Cr_2O_3 の共担持が重要であることを明らかとした。Ru は水素生成の反応場として働き、Cr_2O_3 は $Co(bpy)_3^{3+}$ の Ru 上への接近を制限することで $Co(bpy)_3^{3+}$ の還元を抑制することが明らかとなった。その一方で $Co(bpy)_3^{3+}$ および O_2 の還元は $CuLi_{1/3}Ti_{2/3}O_2$ の表面でも進行していることが確認され、当該 Z スキームの高活性化のためにはこれら逆反応を効果的に抑制する修飾法の開発が重要であることが示された。

66.
研究課題：銅イオンを賦活した新規酸化物系蛍光体の探索
代 表 者：稲熊宜之（学習院大学・理学部・教授）
担当教員：小林　亮
実績概要：銅 Cu を賦活する酸化物系化合物母体の候補としてリン酸塩に着目し、ランタン La を共添加した Cu 賦活リン酸ストロンチウム $Sr_{3-2x}La_xCu_x(PO_4)_2$ の合成を行い、発光特性について調べた。発光強度の組成依存性を調べたところ、x = 0.010 付近で濃度消光が観測された。

67.
研究課題：多元系セラミックスナノ材料の合成と触媒機能の評価
代 表 者：樽谷直紀（広島大学・大学院先進理工系科学研究科・特定准教授）
担当教員：小林　亮
実績概要：本研究では Mn-Fe-Co-Ni-Cu 系の多成分系金属水酸化物塩ナノ粒子を得た。COOH 基修飾カーボンナノチューブとの化学的相互作用によって生成したナノ粒子を離散的に配置することができ、それを熱転換させることで概ね 10nm 以下の硫化物ナノ粒子が得られた。

68.
研究課題：材料コストの低減に向けたペロブスカイト太陽電池の新規作製プロセス
代 表 者：冨田恒之（東海大学・理学部・教授）
担当教員：小林　亮
実績概要：ホール輸送層にチオシアン酸銅を用いて有機ペロブスカイト太陽電池を作製した。チオシアン酸銅をプロピルスルフィドに溶解し、濃度およびスピンコート回数と回転数を変えて成膜を行った。15mg/mL、1000rpm、コート回数 1 回において、比較的平坦に成膜されたホール輸送層が得られた。この太陽電池は 1.47％の発電効率を示した。安価で安定なチオシアン酸銅で発電が確認され、成膜条件の最適化によってさらに発電効率が改善すると考えられる。

69.

研究課題：ペロブスカイト酸窒化物の高純度試料合成と f-f 発光型蛍光体への応用

代 表 者：佐藤泰史（岡山理科大学・理学部化学科・准教授）

担当教員：小林　亮

実績概要：本研究ではペロブスカイト酸窒化物を用いた f-f 発光型蛍光体への応用を目的として、可視〜赤外光領域での吸収が少ないペロブスカイト酸窒化物 $LaTiO_2N$ の作製ならびに光学特性評価を行い、アンモニア窒化に伴う試料の着色原因について検討した。アモルファス金属錯体法により合成した酸化物前駆体をアンモニアガス雰囲気下で焼成した試料について、仕込み時の La/Ti 比を 0.8 〜 1.4 まで変化させた結果、La/Ti 比 =1.2 の試料において可視 ~ 赤外光領域での吸収が低下することがわかった。また、酸化物前駆体合成時の仮焼成温度を 500 〜 1000oC の間で変化させた結果、仮焼成温度 500oC の試料について可視~赤外光領域の吸収が最も低いことがわかった。この可視 ~ 赤外光領域での吸収の原因は、アンモニア焼成により生じた微量の Ti 不純物（TiO_xN、TiN_x）の生成が理由として挙げられ、過剰の La および低い仮焼成温度によるアモルファス酸化物前駆体に対するアンモニア窒化が上記の Ti 不純物の生成抑制に寄与することが予想される。

70.

研究課題：ノンイノセント型ランタノイド錯体の合成と機能

代 表 者：鈴木敦子（山口大学・大学院・創成科学研究科・助教）

担当教員：小林　亮

実績概要：酸化還元活性な配位子として二脚型シッフ塩基（H2L）を用い、ランタノイド（Ln）錯体を合成した。単核 Ln 錯体と三核 Ln 錯体の単結晶（Ln = Eu, Gd, Tb）を得ることに成功した。単結晶 X 線構造解析を行ない、それぞれの結晶構造を決定した。単核 Ln 錯体の XPS を測定したところ、Eu 錯体のみ金属の価数が変わることが示唆された。今後、この状態の錯体の価数を詳細に検討する予定である。

71.

研究課題：Co 基ホイスラー合金を用いた高効率な熱電変換材料の開発

代 表 者：重田　出（鹿児島大学・学術研究院理工学域理学系・准教授）

担当教員：水口将輝

実績概要：Co 基ホイスラー合金の磁化と極低温 X 線回折の測定から、マルテンサイト変態を生じる新規材料の合成に成功したことを明らかにした。しかし、現状では、マルテンサイト変態終了温度以下でも、オーステナイト相（$L2_1$ 構造）とマルテンサイト相（B19 構造）が混在していることもわかった。今後は、マルテンサイト相の単相化と組成変化によるマルテンサイト変態温度の制御を試みながら、ゼーベック効果やネルンスト効果などの熱電特性の測定にも取り組む予定である。

72.

研究課題：水素吸蔵合金とスピントロニクスデバイスの融合による水素センサー開発

代 表 者：小嶋隆幸（信州大学・繊維学部・助教）

担当教員：水口将輝

実績概要：巨大磁気抵抗効果（GMR）を利用した低消費電力かつ高感度の水素センサーの開発を目指して研究を行った。水素吸蔵能を持つ強磁性層として Pd-Co 合金を用い、非磁性中間層に Au、ハード磁性層に Co を用いた三層膜を作製し、GMR 素子に加工した。Au の厚さや Co-Pd 組成を変え、特性が異なる試料を作製した。ガス雰囲気を切り替えられる測定系を構築し、磁気抵抗効果に与える水素暴露の影響を調べた。しかし、水素暴露による有意な磁気抵抗変化は認められなかった。素子の磁気抵抗比が 0.7% 程度に留まったことが原因の一つと考えられ、水素吸蔵能を有しつつ磁気抵抗比が大きな素子を開発する必要があると示唆された。

73.

研究課題：電気二重層をもちいた電界効果によるスピン波伝播制御

代 表 者：小野新平（一般財団法人電力中央研究所・エネルギートランスフォーメーション研究本部・上席研究員）

担当教員：水口将輝

実績概要：イオン液体に電圧を印加した際に形成される電気二重層の作り出す超強電界を利用して、磁性材料の界面の電子状態を大幅に変化させる手法の開拓を行った。具体的には、強磁性絶縁体イットリウム鉄ガーネットの電界効果による電荷注入、および CoFeB 薄膜の電界効果による面内―垂直磁化制御を行った。電気二重層を用いた電界効果は、磁性を大幅に制御することに有効であり、将来のスピントロニクス応用に期待ができる。

74.

研究課題：低環境負荷医療を実現する頚椎人工椎間板用高強度柔軟多孔体の開発

代 表 者：川下将一（東京医科歯科大学・生体材料工学研究所・教授）

担当教員：中西和樹、長谷川丈二

実績概要：出発溶液中のレゾルシノールの 20 mol% を 3- アミノフェノールに置換して作製した多孔体を過酸化水素水に含浸（H_2O_2 処理）し、加熱した。このようにして得られた試料を擬似体液に浸漬したところ、H_2O_2 処理の有無に関わらず、アパタイトは形成されなかった。これは、H_2O_2 処理によって試料表面に形成された COOH 基の量がアパタイト形成には不十分であったためと考えられた。試料にアパタイト形成能を付与するためには、試料表面に COOH 基を形成させた後にカルシウムイオンを担持させる必要があると考えられた。

75.

研究課題：階層的多孔構造を有する酸化物モノリスの環境機能発現と利活用

代 表 者：袋布昌幹（富山高等専門学校・物質化学工学科・教授）

担当教員：中西和樹、長谷川丈二

実績概要：これまで名古屋大学未来材料・システム研究所（IMaSS）で研究が進められてきた、nm 領域と μm 領域それぞれにサイズを制御した細孔を有する各種酸化物階層的多孔質材料を対象として、特に環境分野での利活用を図ることを目的に以下の検討を行い、以下の成果を得た。

食品産業の副生物由来の第二リン酸カルシウム（DCPD）と産業排水として発生するフッ化物イオンを含む水溶液を用いて、フッ素アパタイト（FAp）ナノ粒子の微細構造の制御が水溶液中のフッ化物イオン濃度を調整することで可能となることが示された。得られた FAp 資材を用いて悪臭物質であるアンモニアガスの吸着機構を検討した結果、FAp 自身のアンモニア吸着機構は合成時のフッ化物イオン濃度の影響を受けず、もっぱら生成した FAp による比表面積に依存することが見いだされた。

76.

研究課題：アルカリ土類金属含有水酸化物多孔体の合成と化学蓄熱応用

代 表 者：徳留靖明（大阪公立大学・工学研究科・准教授）

担当教員：中西和樹、長谷川丈二

実績概要：本研究では、消火剤、蓄熱材、二酸化炭素固定化剤としての応用可能性のある水酸化カルシウムの多孔化に注目した。エポキシド開環反応によるアルカリ化プロセスにおいて、昇華性を有する有機低分子を共存させることで、結晶成長およびゲル化過程を制御して多孔性キセルゲル体を得た。結果として、エアロゲルに匹敵するほどの低密度な水酸化カルシウム系キセロゲルの合成に成功した。

77.

研究課題：低密度多孔体の構造解析と力学物性

代 表 者：金森主祥（京都大学・大学院理学研究科・助教）

担当教員：中西和樹、長谷川丈二

実績概要：メチルトリメトキシシランを出発物質とするゾルーゲル法により、骨格構造の異なる 2 種類のエアロゲルを作製した。より連続的な 1 次元ファイバー状の骨格をもつエアロゲルは、球状粒子が連結した骨格からなるエアロゲルよりも、3 点曲げ試験においてより高いひずみまで耐えることが明らかとなった。すなわち、より応力集中の起こりにくい構造体を形成することによってエアロゲルの柔軟性を高めることが可能であることが確認された。

78.

研究課題：シリカ多孔体の表面修飾とその利用

代 表 者：亀井稔之（奈良工業高等専門学校・物質化学工学科・准教授）

担当教員：中西和樹

実績概要：シリカモノリス上にシランカップリング剤を担持する新規反応は見出すことができなかったが、ベンジル基を足掛かりにシリカ上シラノール基に有機基を担持できる可能性を見出した。しかしながら、これまでのアリル基、イソプロポキシ基よりも反応性が若干低下しており、本研究ではアリル基を担持の足掛かりとして用いた。カルベン配位子を持つシランカップリング剤をシリカ上に担持すること、およびその上にニッケル金属を配位できることは見出したが、得られたニッケル担持シリカを不均一触媒として用いた反応は見出すことができなかった。

79.

研究課題：モノリス型キャピラリー固定相の細孔形成制御および in situ 構造解析

代 表 者：LIM, Lee Wah（岐阜大学・工学部・教授）

担当教員：中西和樹、長谷川丈二

実績概要：従来のモノリス型イオン交換固定相の調製方法は、エポキシ基を有するモノマーにイオン交換基を導入する多段階手法が一般的だが、本研究では、イオン交換基を有するモノマーを基質として用いることで、ワンポット - シングルステップ反応で効率的に調製した。調製された各種のキャピラリー固定相の性能評価は、イオン交換および HILIC（親水性相互作用クロマトグラフィー）モードにて行った。

80.

研究課題：結晶化ガラス固体電解質の微細構造評価と電池特性

代 表 者：森　茂生（大阪公立大学・工学研究科・教授）

担当教員：長田　実

実績概要：Li_2S-V_2S_3-LiI 系正極活物質の充放電メカニズムを明らかにするため、優れた充放電特性を示す 90（0.75Li_2S·0.25V_2S_3）10LiI に対して透過型電子顕微鏡（TEM）観察を行った。その結果、充放電前の微細組織は $LiVS_2$ と Li_2S-LiI のナノ結晶とアモルファスによって特徴付けられることが分かった。初期充電後は、$LiVS_2$ から Li+ が脱離し、c 軸が縮小した $LixVS_2$ ナノ結晶がアモルファス母相中に分散している。一方、放電後にはアモルファス構造中に $LiVS_2$ と Li_2S-LiI のナノ結晶が分散している状態であることが分かった。本研究によって、本材料の充放電サイクルに伴う構造変化は、アモルファス構造中に存在している Li_2S-LiI と $LiVS_2$ ナノ結晶が Li_xVS_2 ナノ結晶に可逆的な構造変化を起こすことによって特徴づけられることが明らかとなった。

81.

研究課題：環境調和型表面処理技術による軽金属(Al, Ti)材料の表面高機能化

代 表 者：呉　松竹（名古屋工業大学・物理工学科・教授）

担当教員：長田　実

実績概要：硝酸イオンを添加した酸性電解液中でのアノード酸化により、Al 板に厚さ 70-100 μm のナノポーラスアルミナ皮膜の生成に成功した。硝酸イオンの添加によりアルミナ皮膜の成長速度を増加し、皮膜の形成に促進した。また、エタノールとグリシンを含む硝酸電解液を用いたスマートアノード酸化法により、Ti 箔上に 3D ナノポーラス TiO_2-TiO 複合皮膜の高速形成に成功した。充放電試験により、3D ナノポーラス TiO_2-TiO 複合皮膜は、3418 μAh cm^{-2} の最大容量を示し、優れたサイクル特性を持つことが確認された。

82.

研究課題：新規高機能ナノシートの創生

代 表 者：塚越一仁（国立研究開発法人物質・材料研究機構・国際ナノアーキテクトニクス研究拠点・グループリーダー）

担当教員：長田　実

実績概要：ｐ型半導体ナノシートの実現と電子素子の開発は、現状で確たる材料が存在しないことから、材料探索と合成技術の探求が急務の重要課題となっている。これに対して、本研究では、金属バルク Sn を加熱して溶解し、空気に触れた最表面にて形成される酸化膜を形成して基板上に取り出すことで、ｐ型 2 次元半導体膜 SnO として機能することが判った。形成環境の制御のために、従来大気中形成であったのに対して、グローブボックスでの形成で制御するためのシステム構築を進めている。

83.

研究課題：導電性ナノシートの触媒活性化

代 表 者：谷口貴章（国立研究開発法人物質・材料研究機構・国際ナノアーキテクトニクス研究拠点・主幹研究員）

担当教員：長田　実

実績概要：酸化ルテニウムナノシートに Co^{3+} をドープすることで、酸性条件において酸素生成触媒能の著しい低下が見られた。また、同条件では Ru のレドックス反応も不活性化した。ルチル構造を有した RuO_2 ナノ結晶に Co^{3+} をドープすることで触媒活性が増加することが多く報告されている。RuO_2 ナノシートでは Co^{3+} をドープしても酸素欠陥が生成しないことが触媒活性の低下の原因の一つであると考えられる。

84.

研究課題：Dion-Jacobson 型層状ペロブスカイト酸化物の反強誘電性

代 表 者：狩野　旬（岡山大学・学術研究院自然科学学域・准教授）

担当教員：長田　実

実績概要：Dion-Jacobson 型層状ペロブスカイト酸化物 $KCa_2Nb_3O_{10}$ において K サイトを水素化させた $HCa_2Nb_3O_{10}$ の合成に成功した。イオン交換後の膨潤した水和物試料の結晶構造の同定が放射光粉末 X 線構造解析により行われた。現在これらの成果をまとめた論文を執筆中である。

85.

研究課題：ナノ構造のヘテロ集積によるハイブリッド光触媒の創成

代 表 者：小川　誠（Vidyasirimedhi Institute of Science and Technology・School of Energy Science and Engineering・教授）

担当教員：長田　実

実績概要：オキシハロゲン化ビスマスのヘテロ集積体の合成を行い、興味深い構造が得られた。（論文投稿中）合わせて母体となる層状結晶の新しい候補として層状複水酸化物の合成を行った。従来できなかった組成の Ni(II)Fe(III)層状複水酸化物が合成でき、六価クロムの光還元と高効率の濃縮など興味深い特性を見出した。（論文掲載済み）

86.

研究課題：ナノシート薄膜を用いた電極触媒の表面物性評価

代 表 者：船津麻美（長岡技術科学大学・物質材料工学専攻・准教授）

担当教員：長田　実

実績概要：高比表面積を持つ、電極触媒等を目指し新しい材料の創出を検討している。本年度の研究課題では、数種類のナノシートの成膜化を検討し、その中から電極触媒としての候補材料(ナノシートコロイド溶液)から単層成膜化までを検討した。その結果、いくつかの成膜手法を習得し、更に単層化に繋げる条件を見出した。

87.

研究課題：雪氷に強い下掛け水車の開発

代 表 者：池田敏彦（信州大学・名誉教授）

担当教員：内山知実

実績概要：水位 0.09mm、流速 1.32m/s の開水路に下掛け水車(直径 600mm、幅 300mm)を設置して、プレード先端と開水路底との隙間を 5、10、15mm に変化させて、水車の性能を調べた。羽根枚数 18 枚に比べて、9 枚の場合の出力は大きい。出力係数の最大値も羽根枚数 18 枚の 0.28 に比較して、9 枚の場合は 0.35 になる。次に、異なる直径の雪玉を投入して、水車出力の時間変化を調べた。同じ直径の雪玉に対して、実験毎に変化の様子は異なる。雪玉がブレードに衝突して、巻き込まれて崩壊して、水車から放出される過程が異なるためである。水中カメラで雪玉の挙動を観測し、出力変化との関係を調べることが課題であることがわかった。

88.

研究課題：ピコ水力発電システムの実用化研究

代 表 者：本橋　元（鶴岡工業高等専門学校・創造工学科機械コース・嘱託教授）

担当教員：内山知実

実績概要：水路落差部用に開発したピコ水力発電システムの発電機への浸水対策として、発電機軸を下方にむけるために水車装置全体を傾斜設置することを考案した。2 シーズンの実運用で、発電機浸水は観察されなかった。次に、傾斜設置が出力に及ぼす影響を調べた。実水路に水平設置していた過年度と比べて、同一流量での比較ではないが、傾斜設置により最大発電電力が約 1 割上昇した。また室内模型実験でも傾斜角 4°以下では傾斜にともなう出力低下はみられず、むしろ、傾斜とともに出力が微増する傾向が見られた。これらの結果より、発電機の浸水対策として、発電装置全体の傾斜設置が有効であることが明らかになった。

89.

研究課題：希薄溶液からのパラジウム分離回収と水素貯蔵材料としての応用

代 表 者：木下武彦（名古屋市工業研究所・材料技術部・主任研究員）

担当教員：服部将朋

実績概要：パラジウム抽出試薬を用いて、低濃度排水を模倣した多成分金属含有のパラジウム希薄溶液から連続向流泡沫分離法を用いてパラジウムの高効率な分離回収を行った。最適化された界面活性剤や分離条件により安定したパラジウムのナノミセルを泡沫液として回収できた。回収後にナノ粒子化されたパラジウムは水素吸蔵挙動を示し、粒子捕集の条件や処理により吸蔵能が変化する事を見出した。2024 年度も共同利用機器による観察、分析を行い、水素吸蔵能の向上を目指す予定である。

90.

研究課題：農業用水路へのマイクロ水力発電システム導入に関する実行可能性調査

代 表 者：岡山朋子（大正大学・地域創生学部 地域創生学科・教授）

担当教員：髙牟禮光太郎、内山知実

実績概要：マイクロ水力発電事業においては、大規模な発電事業に比べたらはるかに地域住民の受容性は高いと考えられるが、実際のところは水車・発電機設置後にわずかなモーター音でもクレームがつくことがある。また、事業採算性が乏しいため外部の資本は入りにくく、地域が自ら実施するにしてもメリットがないため､そもそも事業が実施されないケースが多い。そこで本研究は、全国土地改良区を対象に、マイクロ水力発電導入に対する積極性、導入を阻害する課題などについて、アンケート調査を用いて明らかにするものである。本年度、調査はすでに実施し、現在は全回答の入力を進めている。

91.

研究課題：ガーネット型酸化物リチウムイオン固体電解質大型単結晶の低温育成法の開発に関する研究

代 表 者：川口昂彦（静岡大学・学術院工学領域・助教）

担当教員：宇治原徹、原田俊太

実績概要：LiOH を溶媒とした低温フラックス法を用いて、$Li_{6.5}La_3Zr_{1.5}Ta_{0.5}O_{12}$（LLZTO）エピタキシャル薄膜の作製を目的に研究を行った。様々な異種単結晶基板を用いて行った結果、ガーネット構造を有する $Gd_3Ga_5O_{12}$（GGG）基板を用いた場合に、エピタキシャル成長することが分かった。LLZTO エピタキシャル薄膜が常圧で得られたのは本研究が初めての成果である。

92.

研究課題：電力用コンデンサフィルムの部分放電劣化に関する基礎研究

代 表 者：鈴置保雄（愛知工業大学・工学部 電気学科 電気工学専攻・教授）

担当教員：栗本宗明

実績概要：本研究は、電力用進相コンデンサに使用されるポリプロピレンフィルムの劣化を部分放電測定により評価し、絶縁破壊の兆候を明らかにすることを最終目標としている。本年度は、名古屋大学所有の密閉ボイド放電劣化装置を用いてポリプロピレンフィルムの加速劣化試験を実施するとともに、部分放電が生じさせた油分解ガスボイドが残存しても絶縁破壊に至らない試験技術を構築し、特許 1 件を出願した。その他、高分子材料についての基礎的な特性の評価・検討も行った。本研究に関係する成果を国内外の学会で発表した。

93.

研究課題：パワーモジュール用コンポジット絶縁材料の電荷挙動および電気トリー劣化に関する基礎研究

代 表 者：遠山和之（沼津工業高等専門学校・電子制御工学科・教授）

担当教員：栗本宗明

実績概要：本研究は、ナノコンポジット絶縁材料の電界発光開始及び消滅現象を測定することで、絶縁破壊の前兆に発生する電荷注入およびトラップ特性を評価し、絶縁破壊と高電界下電荷挙動の関係を明らかにすることを最終目標としている。今年度は、名古屋大学所有のパワーモジュール用コンポジット絶縁材料試料の作製装置を用いて、酸化チタンナノ粒子をエポキシ樹脂に添加・分散したナノコンポジット絶縁材料を作製し、その電界発光波長を評価した。その結果、ナノコンポジット内の電界発光メカニズムを明らかにした。本成果を国内外の学会で発表した。

94.

研究課題：次世代直流送電網の実現に向けた電気絶縁材料の基礎研究

代 表 者：光本真一（豊田高等専門学校・電気電子システム工学科・教授）

担当教員：栗本宗明

実績概要：HVDC 電力機器に使用される固体絶縁材料の空間電荷特性を評価するため、名古屋大学所有の固体絶縁材料を 3D プリントする装置を用いて、積層方向が異なる試料を作製し、豊田高専所有の空間電荷測定装置を用いて、空間電荷蓄積の効果を調査した。シート面に対して垂直に積層した試料 V は、陰極側に正極性の空間電荷が確認され、シート面に対して平行に積層した試料 H は、陽極側に正極性の空間電荷が確認された。この結果から、積層方向によって正極性の空間電荷の蓄積位置が異なる可能性が示唆された。

95.

研究課題：SiC ウェハ内における積層欠陥として拡張する転位の非破壊検出

代 表 者：加藤正史（名古屋工業大学・大学院工学研究科・教授）

担当教員：原田俊太

実績概要：本研究ではこれまでに確立されてきたフォトルミネッセンス（PL）イメージング技術と、レーザー光照射による積層欠陥拡張を利用し、プロトン注入が SiC エピタキシャルウェハーの転位検出に与える影響を調査した。その結果、プロトン注入は基底面転位の検出を困難にするが、レーザー光照射後に積層欠陥として拡張する面積が狭くなることがわかった。これらの結果は PL イメージングによる基底面転位の検出能力を決定する因子を解明するための重要な情報となる。

96.

研究課題：高分解能電子線エネルギー損失分光測定データへのベイズ超解像の応用

代 表 者：吉川　純（国立研究開発法人物質・材料研究機構・主幹研究員）

担当教員：原田俊太

実績概要：高精細 EELS を用いて 10nm 未満でフォノン特性を計測・描写する技術を開発。ベイズ超解像により測定精度を向上させ、0.01eV の超解像データ再構成に成功し、詳細なピーク形状を観察した。また、名古屋大学において開発された超解像プログラムを導入し、測定データの解析を進めている。

97.

研究課題：ベイズ超解像のラマン分光スペクトルへの応用によるエレクトロニクス材料のキャリア密度の精密測定手法の確立

代 表 者：廣谷　潤（京都大学・工学研究科・准教授）

担当教員：原田俊太

実績概要：ラマン分光法は、ラマン散乱光を用いて物質の分子構造や結晶構造を評価する方法であり、半導体中のキャリア密度の非破壊検査手法として用いられている。SiC や GaN などの先進パワー半導体材料においては、縦波光学フォノン－プラズモン結合（LOPC）モードがキャリア密度によって変化することが知られており、ラマンスペクトルにおける LOPC モードのピーク波数によりキャリア密度が評価されている。本研究では、ベイズ超解像をラマン分光データに応用することにより、エレクトロニクス材料中のキャリア密度を精密に評価することを目的とし、その実証実験をおこなった。

98.

研究課題：超過冷却融液からの結晶成長による新奇物質の合成

代 表 者：塚本勝男（東北大学・大学院理学研究科・客員研究者）

担当教員：原田俊太

実績概要：本研究では、200K の過冷却状態でガスジェット浮上法を用いた $MgSiO_3$ 結晶の成長に成功し、その構造と組織を詳細に分析した。得られた結晶は、外側の準安定な proto enstatite と内側の安定な clino enstatite の 2 つの多形からなる針状構造であり、これらの結果は超過冷却融液からの結晶化により特異な構造が得られることを示唆する。本研究は、シリケート結晶の成長メカニズムの理解を深め、新たな物質合成手法の開発に寄与する重要な知見を提供した。

99.

研究課題：ベイズ超解像ラマン分光法による分子選択的な熱分析の高精度化

代 表 者：岡島　元（中央大学・理工学部応用化学科・准教授）

担当教員：原田俊太

実績概要：ベイズ超解像技術をラマン分光法に適用し、波数シフトデータ取得の時間効率を改善することを目指した。レーザー発振温度の調整を通じて光エネルギーを変動させ、波数シフト含むラマンスペクトルデータの迅速な取得を実現しつつある。このアプローチに基づき、ベイズ超解像ラマン分光装置のプロトタイプ開発に向けた基礎を築いた。さらに、超解像プログラムの開発を進め、分子選択的な温度分析の精度を向上させるための検討を行っている。

100.

研究課題：原子核乾板を用いた高分解能 X 線イメージング

代 表 者：花田賢志（公益財団法人科学技術交流財団・あいちシンクロトロン光センター・技術研究員）

担当教員：原田俊太

実績概要：X 線トポグラフィ法や、X 線コンピュータ断層撮影（CT）をはじめとする X 線イメージングは、材料評価の基礎的な手法であり、特に X 線トポグラフィ法はパワーデバイスをはじめとする半導体結晶の非破壊検査手法の一つであり、広く用いられている。本研究では、X 線トポグラフィ用の検出器として用いられる原子核乾板を作製し、高分解能のイメージングを実現した。

101.

研究課題：ベイズ超解像の高分解ラマン分光への応用によるエレクトロニクス材料の残留応力の精密測定

代 表 者：蓮池紀幸（京都工芸繊維大学・助教）

担当教員：原田俊太

実績概要：本研究は、半導体製造プロセスにおける残留応力の精密測定を目的とし、ベイズ超解像技術を用いたラマン分光法の応用に焦点を当てた。SiC および Si 基板に対して応力印加実験を行い、自動データ取得システムを用いて高精度のラマンスペクトル再構築した。本研究成果は、応力評価における新たな基準を確立し、半導体業界における品質保証および製品評価手法の向上に貢献することが期待される。

102.

研究課題：酸素空孔ドーパント再分布機構の原子レベル解明にもとづく低消費電力酸化物人工シナプス素子の開発

代 表 者：藤平哲也（大阪大学・大学院基礎工学研究科・准教授）

担当教員：五十嵐信行

実績概要：ルチル型 TiO_2 単結晶を基材に用いた薄片化微細 2 端子メモリスタ素子を作製し、透過型電子顕微鏡（TEM）内でバイアス電圧印加を行いながら、電流 - 電圧特性と微細構造変化の同時（その場）観察を行った。その場 TEM 回折コントラスト像において、電圧の印加に伴い負極近傍に暗領域が発生し、さらにその先端および内部で剪断面が形成される過程が明らかになった。EELS 分析から暗領域では Ti の価数が減少しており、酸素空孔の集積による伝導特性の変化（低抵抗化）に主要な寄与をしている可能性が示唆された。

103.

研究課題：二次元層状物質の結晶成長、物性、原子スケール構造解析

代 表 者：宗田伊理也（東京工業大学・工学院・助教）

担当教員：狩野絵美

実績概要：二次元層状半導体の二硫化モリブデンについて、成膜条件、及び、膜厚の異なる薄膜試料の磁化測定を実施、成膜温度により、強磁性の飽和磁化が異なることが分かった。また、膜厚に依存して磁化が変化することが分かった。透過型電子顕微鏡による原子スケールの構造解析により、成膜条件により結晶構造に違いがあることが分かった。

104.

研究課題：GaN 結晶・デバイスにおける単独転位の構造・電気・電子物性複合評価

代 表 者：酒井　朗（大阪大学・大学院基礎工学研究科・教授）

担当教員：新田州吾、田中敦之、本田善央

実績概要：MOCVD-GaN 薄膜の貫通転位箇所に形成したエッチピット（EP）の局所領域に Pt を埋め込んだ微細ショットキーダイオードを作製し、その電気的特性を導電性原子間力顕微鏡により評価した。EP は小・中・大のサイズに分類できることが判明し、ドナー濃度の異なる GaN 薄膜の大 EP では、ドナー濃度が低いほど逆バイアス電流が小さくなる傾向が観察された。また、高ドナー濃度試料の温度依存順バイアス電流 - 電圧特性においては、どの EP でも障壁高さの温度依存性が見られ、それらは障壁高さがガウス分布に従う不均一性モデルによって説明することができた。さらに、温度依存逆バイアス電流 - 電圧特性からは、小・中 EP では温度依存性が小さく、トンネル電流が支配的であることが示唆された。

105.

研究課題：置換型二重層フェライト $RFeCuO_4$ における局所構造の研究

代 表 者：堀部陽一（九州工業大学・大学院・工学研究院・教授）

担当教員：長尾全寛

実績概要：二重層フェライト RFe_2O_4（R = Ho-Lu, Y）における鉄サイトの一部を 2 課の陽イオンで置換した $YbFeCuO_4$ における局所構造について、透過型電子顕微鏡（TEM）法を用いて研究を行ったその結果、室温において不整合長周期を伴う超格子反射の存在を見出すとともに、超構造に関係したナノドメインの存在が見出された。

106.

研究課題：AlGaN/AlN HEMT の高性能化に関する研究

代 表 者：岡田成仁（山口大学・大学院創成科学研究科・准教授）

担当教員：天野　浩、本田善央、田中敦之

実績概要：本研究によって、Next 5G 用の高周波デバイスの可能性を秘めた N 極性面 Al（Ga）N/AlN HEMT デバイスの作製に成功し、それらデバイス性能の評価を行うことが出来た。チャネル層を AlGaN と GaN で比較スタ結果、GaN チャネルはより大電流デバイスに有用であることが分かった。

107.

研究課題：超高感度核スピン計測による自発分極発現の機構解明

代 表 者：佐々木進（新潟大学・工学部・准教授）

担当教員：天野　浩、白石賢二、森　勇介

実績概要：これまで、GaN 自立結晶に対して、代表者の超高感度核スピン計測技技術により、自発分極の存在を原子レベルで明らかにしてきた。これは、第一原理計算によってほぼ定量的な電場勾配を再現することに成功し、電場の方向そのものも従来の予想通りであることを明らかにしてきた。

108.

研究課題：光励起誘電体ナノ構造の創る磁気増強場でのキラル核形成

代 表 者：新家寛正（東北大学・多元物質科学研究所・助教）

担当教員：田川美穂

実績概要：特定波長の円偏光照射により Mie 共鳴の電気双極子共鳴と磁気双極子共鳴を同時に励振するシリコン（Si）ナノ構造体を結晶核形成サイトとして水溶液からの塩素酸ナトリウム（$NaClO_3$）キラル結晶化を誘起すると、円偏光のみでは得られないおよそ 18％に及ぶ統計的に有意な結晶鏡像異性体過剰率が得られることを明らかにした。

109.

研究課題：マイクロ流体チップを用いた DNA 修飾ナノ粒子超格子の高品質単結晶作製

代 表 者：鳥取直友（九州大学・工学部機械工学部門・助教）

担当教員：田川美穂

実績概要：本研究では、DNA 修飾ナノ粒子（DNA-NP）の作製、名古屋大学でのマイクロ流体システムの構築、および構築したマイクロ流体システムを用いた微小液滴内での DNA-NP の結晶生成の評価を行った。DNA-NP の結晶化実験では、試作したマイクロ流路デバイスに DNA-NP 懸濁液と油を導入し、油中水型（W/O）液滴を生成後、マイクロ流路の出口からチューブを介して液滴をマイクロチューブへと回収し、インキュベーター内で徐冷することで DNA-NP の結晶化を行った。インキュベーション後に液滴内の様子を観察し、液滴内に結晶が晶出している様子が確認された。

110.

研究課題：窒化ガリウム自立基板に要求されるスペックの調査

代 表 者：宇佐美茂佳（大阪大学・工学研究科・助教）

担当教員：本田善央、天野　浩

実績概要：高電子濃度基板上でみられる電流の急激な上昇は自己発熱による閾値シフトの可能性を否定できない。そこで、パルス IV 測定によって発熱の影響を排除したオン抵抗評価を行い、基板抵抗率が伝導度変調に与える影響を正確に評価した。 HVPE 基板上と OVPE 基板上にドリフト層幅の異なる pn ダイオードを作製し、伝導度変調によるオン抵抗低減効果を見積もった。その結果、発熱の影響を排除しても OVPE 基板上においてオン抵抗増加量が HVPE 基板上の約半分に抑制されることが明らかとなった。高電子濃度基板は GaN 系高耐圧バイポーラデバイスにおいてもオン抵抗低減に有効であることが示された。

111.

研究課題：次世代核計装技術に向けた高温動作 III 族窒化物放射線検出器の開発

代 表 者：中野貴之（静岡大学・電子工学研究所・准教授）

担当教員：本田善央

実績概要：III 族窒化物半導体を用いた BGaN 中性子検出器の応用として、次世代原子炉である高温ガス炉（HTGR）で利用する核計装技術の開発として高温動作中性子検出器の検討を実施した。本研究では、高温耐性向上に向けてリーク電流の影響を低減するため結晶性向上に取り組んだ。pin 構造が結晶性および検出特性に及ぼす影響について評価を実施した。特に、pin 構造の n 層を下層にしたデバイス構造において、BGaN 層膜厚の厚膜化よる結晶性の変化について評価を行うと同時に BGaN 層膜厚が検出特性に及ぼす影響について評価を実施した。

112.

研究課題：極短パルスレーザー照射による p-GaN への局所オーミック接触制御

代 表 者：富田卓朗（徳島大学・大学院社会産業理工学研究部・准教授）

担当教員：本田善央、天野　浩

実績概要：ピコ秒レーザー照射した Ni/Au 電極の透過型電子顕微鏡観察について研究した。サファイア基板上にエピタキシャル成長させた p-GaN 試料に金属電極（Ni/Au=50 nm/50 nm）を蒸着し、サファイア基板側から電極界面に向かってピコ秒レーザーを照射した。作製した電極は 2 点プローブ法による電流電圧測定にて電気的特性を調査した。また、レーザー照射部から作製した薄片試料を透過型電子顕微鏡（TEM）にて断面観察を行い、ピコ秒レーザー照射が Ni/Au と p-GaN の界面に与える影響について議論した。

113.

研究課題：窒化物半導体を用いた MOS デバイスにおける半導体 / 絶縁膜界面の評価

代 表 者：佐藤威友（北海道大学・量子集積エレクトロニクス研究センター・准教授）

担当教員：本田善央、天野　浩

実績概要：GaN 基板に形成した AlGaN/GaN ヘテロ構造に対して絶縁ゲートを有する MOS-HMET を作製し、絶縁膜界面準位密度を評価するとともに、MOS 界面および AlGaN/GaN 界面が関与するパラレル伝導特性に関する知見を得た。また、高 Al 組成の AlGaN 層を用いる新規 MOS-HEMT を試作し、その優位性を実証した。

国際共同研究

【令和 4 年度採択分】

114.

研究課題：有機無機ハイブリッドエアロゲルによる超断熱部材の作製と性能評価

代 表 者：Barbara Milow（German Aerospace Center（DLR）・Institute・Materials Research（Head of Department）・Professor）

担当教員：中西和樹、長谷川丈二

実績概要：本国際共同研究期間中に、ドイツ航空宇宙センターより、提携先のケルン大学所属の博士課程学生を 2 名受入れ、約 2 週間の滞在期間中に名古屋大学の有する有機無機ハイブリッドエアロゲルの作製法を指導するとともに、その微細構造や力学物性の測定を実際に経験する機会を提供した。また、ドイツ航空宇宙センターの計算機モデリンググループにエアロゲル試料を提供し、実測されている構造情報と力学物性を矛盾なく再現することのできる構造モデルの構築に着手した。

115.

研究課題：原子膜物質を基軸としたエネルギー高度利用技術の創成

代 表 者：陳　俊維（国立台湾大学・材料科学工学学科・特聘教授）

担当教員：長田　実

実績概要：持続発展型社会の基盤技術構築に向け、原子膜物質（2 次元ナノシート）の利用による革新的電池材料の開発やエネルギー高度利用技術の創成を目指した研究を進める。研究代表者と未来研・長田教授とは、2016 年より原子膜物質のエネルギー応用に関する共同研究（台湾・科学技術庁プロジェクトなど）を推進しており、新規材料の合成、機能開拓、太陽電池応用など新局面を切り拓き、当該分野を先導してきた。本研究では、台湾大、名大グループの有するナノシート合成技術、精密集積技術、デバイス評価技術を融合させ、現行の材料、技術では実現できない斬新な機能・性能を発揮する創エネルギー材料、蓄電デバイスの創製を目指した研究を推進した。

116.

研究課題：$Cu_2ZnSnSe_4$ 薄膜合成におけるナノ構造及び核生成現象その場観察

代 表 者：Klaus Leifer（Uppsala University・Laboratory of Electron Microscopy and Nanoengineering, Division of Applied Materials Science, Department of Engineering Science・Professor）

担当教員：武藤俊介

実績概要：The concurrent TEM observation, electron diffraction, EELS analysis and QMS monitoring are expected to reveal the structural changes of Cu-Zn（or Ag）-Sn alloy absorbing evaporated Se（monitored by QMS）, which should be the first experimental tracking of the kesterite nucleation and growth in situ in nano-scale. These multimodal/multiscale datasets as functions of temperature and time should be readily feedbacked to the industrial synthesis process of the kesterite-based solar cell. Similar experiments are planned to optimize the material synthesis conditions by changing the temperature, ramping rate, and the grain size of the starting alloy. In these two years we carried out the above mentioned in situ synthesis in TEM for Cu-Zn-Sn and Cu-Ag-Sn alloys. For the former sample we successfully observed a phase change but did not catch up the grain growth process. On the other hand, for the latter sample, we obtained very interesting grain growth process but we found an unusual phase change due to the contamination from the substrate.

117.

研究課題：宇宙線ラジオグラフィーのための電子 / μ 粒子・粒子識別法の開発

代 表 者：Budimir Kliček（Ruđer Bošković Institute・Division of Experimental Physics・Research Associate（faculty, Assistant Professor level））

担当教員：佐藤　修

実績概要：We researched how to identify electrons and muons in nuclear emulsion detectors to improve cosmic muon radiography. Simulation studies showed that ionization loss can distinguish electrons and muons. To experimentally verify this, we conducted positron beam exposure experiments at ELPH, Tohoku University, and the analysis was carried out.

118.

研究課題：宇宙空間における高精度放射線フィルムバッチの開発

代 表 者：Elena Firu（Institute of Space Science – ISS・Laboratory of High Energy Astrophysics and Advanced Technologies・Scientific researcher）

担当教員：長縄直崇、佐藤　修

実績概要：In this study, we conducted technological development related to the creation of nuclear emulsions for use in space. We also investigated the performance of nuclear emulsions and found unknown phenomena.

119.

研究課題：インバータ連系再エネ電源による電力系統動特性の向上

代 表 者：Hassan Bevrani（University of Kurdistan・Smart/Micro Grids Research Center・Director）

担当教員：加藤丈佳

実績概要：太陽光発電や蓄電池はインバータを介して電力系統に接続するインバータ電源は従来の同期発電機のような慣性力を持たないめ、これらが大量導入される将来の電力システムでは、インバータ電源に擬似的な慣性力を持たせる制御の適用が期待されている。本研究では、疑似慣性力制御を有するインバータ電源の制御手法の実用性向上に向け、導入条件が異なる様々な地点に適したパラメータ設定を容易にするため、動的制御器の設計問題を静的出力フィードバック問題（SOF: Static Output Feedback）に帰着させる手法を開発し、計算機シミュレーションによってその有用性を明らかにした。

【令和 5 年度採択分】

120.

研究課題：交通不便地域における MaaS：計画の実施に向けて

代 表 者：HO, Chinh Quoc（シドニー大学・経営大学院・上級講師）

担当教員：山本俊行

121.

研究課題：中性子施設 ISIS での原子核乾板による中性子バックグラウンド測定

代 表 者：香取哲平（キングス・カレッジ・ロンドン・物理学科・准教授）

担当教員：中野敏行

122.

研究課題：超高圧熱処理法を活用したランタノイドイオン注入 GaN 量子センサーの開発

代 表 者：佐藤真一郎（量子科学技術研究開発機構・高崎量子応用研究所量子機能創製研究センター・上席研究員）

担当教員：天野　浩

123.

研究課題：エネルギー変換・貯蔵のための機能性ナノ材料創製

代 表 者：Sunita Srivastava（Indian Institute of Technology Bombay・Department of Physics・Associate Professor）

担当教員：田川美穂

3.2 国際・産学連携インヴァースイノベーション材料創出プロジェクト

本プロジェクトは、令和 2 年度までの 5 年間実施されてきた「学際的・国際的高度人材育成ライフイノベーションマテリアル創製共同研究プロジェクト」の発展プロジェクトとして、令和 3 年度にキックオフし、本年が 3 年目となります。東北大学金属材料研究所、東京工業大学フロンティア材料研究所、名古屋大学未来材料・システム研究所、東京医科歯科大学生体材料工学研究所、大阪大学接合科学研究所、早稲田大学ナノ・ライフ創新研究機構の 6 大学 6 研究所が連携し、前プロジェクトで培われてきた研究成果、ネットワークを発展・強化させ、「バイオ・医療材料分野」、「環境・エネルギー材料分野」、「情報通信材料分野」の 3 分野における課題解決とイノベーション創出を目指した研究を推進しています。本プロジェクトでは、「インヴァースイノベーション材料創出」という大きな目標を掲げた上で、社会のニーズを汲み上げつつ、学際分野としての基礎的な部分から社会貢献を目指した共同研究を行うこと、また、このような共同研究を通して若手研究者の育成、さらには自ら育つ環境を整備することを目標にしています。

未来材料・システム研究所は、環境・エネルギー材料分野を担当しており、資源・エネルギー・環境問題の解決に寄与する新しい材料技術の創製を目指した研究を進めています。材料創製部門の長田実教授（ナノ材料化学）、内山知実教授（計算流体力学）、中西和樹教授（多孔質材料）、水口将輝教授（スピンエレクトロニクス）がコアメンバーとして参画し、材料設計からプロセス、機能、応用までをシームレスに連携できる体制となっております。本プロジェクトを通じ、新しい環境・エネルギー材料技術を創成し、研究所のミッションである省エネルギー・創エネルギー技術への貢献とマテリアル革新力の強化を目指します。



3.3（1） マテリアル先端リサーチインフラ事業（計測・分析分野）

東海国立大学機構 名古屋大学は、文部科学省のマテリアル先端リサーチインフラ（ARIM）事業に属し、計測・分析分野は、未来材料・システム研究所の超高圧電子顕微鏡施設に設置されている最先端の電子顕微鏡と試料作製装置群を用い、全国の大学、研究機関、企業などに対し、生物試料を始め高分子材料、触媒や半導体材料に代表される無機材料など多方面にわたり電子顕微鏡を駆使した微細構造観察を支援している。特に反応科学超高圧電子顕微鏡は、触媒反応や酸化・還元反応を原子レベルで観察可能という、世界でも特異な性能を有している電子顕微鏡である。

名古屋大学は ARIM 事業のハブ機関の一つであり、物質・材料合成プロセス、加工・デバイスプロセス、計測・分析分野の 3 つの分野から形成され、スポーク機関には千歳科学技術大学、北陸先端科学技術大学、早稲田大学の大学がある。本事業では、東北大学、東京大学、NIMS、京都大学など全国の研究機関とも互いに協力しながら技術支援を行っている。また事業で得られた装置利用により創出されるマテリアルデータを利活用できる環境を整備することも事業の大きな目的である。

計測・分析分野は、超高圧電子顕微鏡施設に関係する教員、研究員、技術職員、技術員、合わせて約 10 名が支援を担当している。支援に供用している電子顕微鏡は、反応科学超高圧電子顕微鏡（JEM-1000K RS）、高分解能電子状態計測走査透過型電子顕微鏡システム（JEM-ARM200F Cold）、高分解能透過型電子顕微鏡（JEM-2100F/HK）、直交配置型高速加工観察分析装置（MI4000L FIB-SEM）、バイオ / 無機材料高速 FIB-SEM システム（ETHOS）、金属イオン照射試料作製装置（PIPS-II）、クライオミクロトーム（Leica）、超低エネルギーイオンビーム TEM 試料作製システム（Nano mill）と、試料作製装置群などである。

本事業には大学・公的研究機関などの研究者だけではなく、およそ半数程度が全国の企業からの依頼であり、約 25% 程度が他大学・公的研究機関、約 25% が学内というように、大企業から中小企業の課題申し込みが多いという特徴がある。また技術スタッフ交流プログラムや学生研修プログラムによる人材育成活動、電子顕微鏡講習会、各種展示会への参加、学会講演など多方面にわたっての広報活動を積極的に行い、全国の企業・大学研究者に本事業を広く周知している。

名古屋大学の計測・分析分野は、施設長の武藤俊介教授と事業代表者の山本剛久教授の全面的支援を受け、ナノテクノロジープラットフォーム事業から常に高い評価を受け、毎年行われていた「秀でた利用成果」を 10 年間の間に 4 回授賞した（うち最優秀賞が 2 回）実績がある。

また ARIM 事業においても武藤俊介教授の研究課題で、令和 4 年度には「ヘマタイトメソ結晶の STEM 分析：立川貴士（神戸大学）ら」、令和 5 年度にも「ポリマー材料の無染色解析技術構築：梅本大樹（旭化成株式会社）ら」と、「秀でた利用成果」の「優秀賞」を 2 年連続で授賞した。

3.3 (2) マテリアル先端リサーチインフラ事業（加工・デバイスプロセス分野）

文部科学省のマテリアル先端リサーチインフラ事業の加工・デバイスプロセス分野では、先端的な装置群の共同利用を通して、微細加工によるナノパターンやナノデバイスの作製を支援しており、令和 2 年度より 10 年計画でスタートしている。この事業は、平成 24 年度から 10 年間実施されたナノテクノロジープラットフォーム事業の設備共用支援を引継ぎ、名古屋大学、東北大学、東京大学、NIMS、京都大学など全国 25 機関が互いに協力しながら技術支援を行うことに加え、装置利用により創出されるマテリアルデータを利活用できる環境を整備する。

名古屋大学の加工・デバイスプロセス部門では、先端技術共同研究施設、低温プラズマ科学研究センター、ベンチャー・ビジネス・ラボラトリーが協力して技術支援に当たっており、各施設に関係する教員、研究員、技術職員、技術補佐員、合わせて約 15 名が担当している。本事業では、3 つの施設等に設置された約 70 台の装置を利用して、薄膜の作製、微細パターン形成、プラズマエッチング、プラズマ処理、分析・評価などの技術支援を行っている。具体的には、スパッタリング、分子線エピタキシー、プラズマ CVD などによる様々な材料の薄膜作製、レーザ描画装置、マスクレス露光装置、電子線描画装置による微細パターン直接描画、マスクアライナとフォトマスクを利用したフォトリソグラフィ、反応性エッチングや Ar イオンによる各種材料の加工・エッチング、デバイス作製のためのイオン注入、走査型電子顕微鏡、原子間力顕微鏡、薄膜 X 線回折、X 線光電子分光、各種磁力計等の分析機器を利用した材料 / デバイスの評価など、薄膜形成と微細加工技術を組み合わせて、ナノ材料やナノデバイスの作製プロセスをワンストップで支援している。令和 5 年度の技術支援の例としては、非空間反転対称磁性体の作製と新規スピン光機能の探索、プラズマを用いた GaN 成膜 / 加工技術の開発、培養型プレーナーパッチクランプの Si 基板の微細加工、FeSiB アモルファス薄膜を用いたひずみセンサの試作、波長可変レーザーのプロセス開発、ハイパボリック・メタマテリアルによる高効率有機発光デバイスの開発などに関して、合計 71 件の支援を行った。ナノテクノロジープラットフォーム事業がスタートした平成 24 年度からの利用実績は、下のグラフのようになっており、令和 5 年度も学内自主事業を含め、100 件を超える支援を行っている。なお、本事業の利用説明会を 5 月に開催するとともに、技術スタッフ交流プログラムや学生研修プログラムによる人材育成活動、薄膜 X 線回折装置や電子線描画装置などの講習会、国際ナノテクノロジー総合展などでの広報活動も行った。

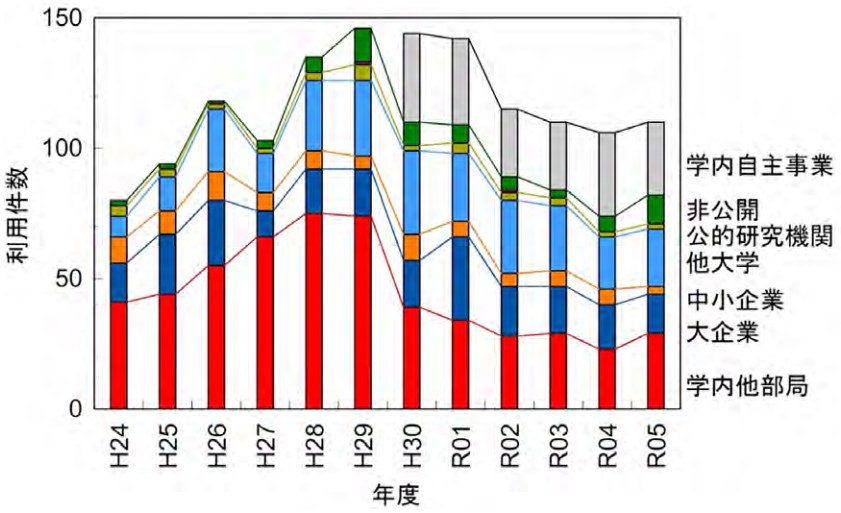


図 1　ナノテクノロジープラットフォームおよびマテリアル先端リサーチインフラでの支援件数の年次推移

3.4 革新的パワーエレクトロニクス創出基盤技術研究開発

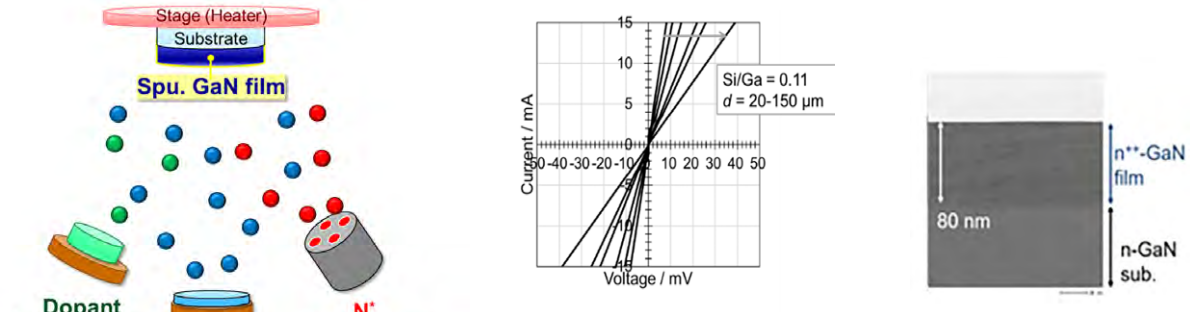
GaN デバイス試作・システム応用さまざまな研究開発についてお気軽にご相談ください。



C-TEFs　GaN 専用　1000 平米　クリーンルーム内プロセス装置群

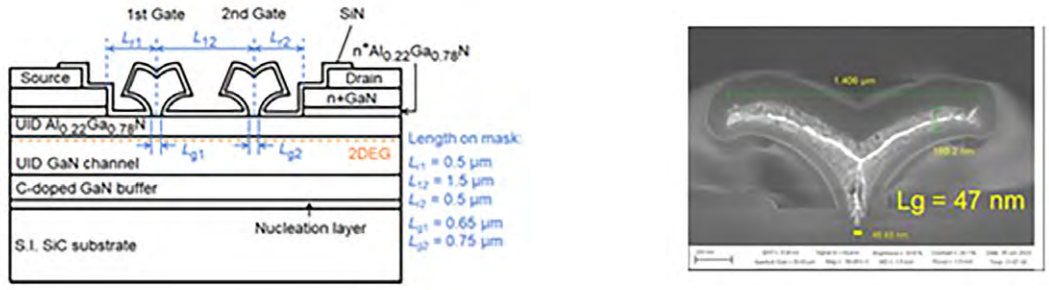
・最新の結晶成長装置、評価分析装置、デバイス作製装置を集積
・専任の技術者による企業研究所レベルの設備運用
・イオン注入による p 型 GaN など、世界でもここでしかできない技術・ノウハウを活用できるデバイス製造メニューの提供

成果の例



（a）（0001）上 TLM　　（b）エピ GaN 膜の TEM 像

ラジカルアシストスパッタリング法を用いた GaN 成膜による
低抵抗コンタクト電極形成技術の開発



（a）デュアルゲート AlGaN/GaN HEMT の断面図　　（b）サーマルリフロープロセスを用いて作成したゲート電極の断面 SEM 像

高周波 GaN-HEMT リフロープロセスを用いた微細ゲート電極形成技術の開発

3.5 国際共同・協力研究

3.5.1 学術交流協定

現在締結されている海外の研究機関との令和 5 年度の活動実績を以下に示す。

(1) 協定締結先：中国科学院過程工程研究所（中華人民共和国）
締 結 年 月：2005 年 2 月（2009 年 1 月更新）
窓 口 教 員：成瀬一郎　教授

(2) 協定締結先：慶南大学校産学協力団（大韓民国）
締 結 年 月：2005 年 6 月
窓 口 教 員：成瀬一郎　教授

(3) 協定締結先：メリーランド大学・工学部機械工学科（アメリカ合衆国）
締 結 年 月：2005 年 8 月
窓 口 教 員：成瀬一郎　教授

(4) 協定締結先：ワシントン大学・遺伝子工学材料科学工学センター（アメリカ合衆国）
締 結 年 月：2005 年 12 月
窓 口 教 員：市野良一　教授

(5) 協定締結先：カリフォルニア大学ロスアンゼルス校カリフォルニアナノシステム研究所（アメリカ合衆国）
締 結 年 月：2006 年 2 月
窓 口 教 員：余語利信　教授

(6) 協定締結先：ノースウエスタン大学材料研究所（アメリカ合衆国）
締 結 年 月：2006 年 7 月
窓 口 教 員：余語利信　教授

(7) 協定締結先：技術評価応用局環境工学センター（インドネシア共和国）
締 結 年 月：2006 年 11 月
窓 口 教 員：成瀬一郎　教授

(8) 協定締結先：中国科学院生態環境研究中心（中華人民共和国）
締 結 年 月：2006 年 11 月
窓 口 教 員：片山新太　教授

(9) 協定締結先：キングモングクツ工科大学北バンコク校科学技術研究所（タイ王国）
締 結 年 月：2011 年 10 月
窓 口 教 員：成瀬一郎　教授

(10) 協定締結先：インド工科大学デリー校（インド）
締 結 年 月：2011 年 10 月
窓 口 教 員：長谷川達也　教授

（11）協定締結先：プトラ大学理学部（マレーシア）
締 結 年 月：2013 年 3 月
窓 口 教 員：成瀬一郎　教授

（12）協定締結先：クレルモンオーベルニュ大学（フランス共和国）
締 結 年 月：2018 年 1 月
窓 口 教 員：天野　浩　教授

（13）協定締結先：イノベーションズフォーハイパフォーマンスマイクロエレクトロニクス（ドイツ連邦共和国）
締 結 年 月：2018 年 2 月
窓 口 教 員：宮﨑誠一　教授、中塚　理　教授

（14）協定締結先：ユーリヒ総合研究機構（ドイツ連邦共和国）
締 結 年 月：2018 年 5 月
窓 口 教 員：宮﨑誠一　教授、中塚　理　教授

（15）協定締結先：クルディスタン大学工学部（イラン・イスラム共和国）
締 結 年 月：2018 年 7 月
窓 口 教 員：加藤丈佳　教授

（16）協定締結先：バスク気候変動センター（スペイン王国）
締 結 年 月：2018 年 8 月
窓 口 教 員：林希一郎　教授

（17）協定締結先：パドヴァ大学情報工学部門（イタリア共和国）
締 結 年 月：2020 年 2 月
窓 口 教 員：天野　浩　教授、宇治原徹　教授

（18）協定締結先：ライプニッツ結晶成長研究所（ドイツ連邦共和国）
締 結 年 月：2023 年 5 月
窓 口 教 員：宮﨑誠一　教授、宇治原徹　教授

（19）協定締結先：工業技術研究院産業科学技術国際戦略センター（台湾）
締 結 年 月：2023 年 9 月
窓 口 教 員：山本真義　教授

3.5.2　諸外国における研究者の活動状況

表 3.1 国際的プロジェクトへの参加状況（R5）

参加者名	研究機関名（国名）	プロジェクト名	期間	プロジェクト概要
天野　浩 王　　嘉	1.Cornell Universirty 2.UCLA （アメリカ合衆国）	世界のトップ研究者ネットワーク参画のための国際研究協力プログラム	2023/4/1- 2024/1/31	名大にて発見された金属 Mg/GaN 半導体－層間超格子（MiGs）の形成理由解明、物性評価およびデバイス応用を目的とする。名大天野チームは国際共同研究を主導、またサンプルの物性評価、デバイス加工を実施する。コーネル大学チームはプラズマ援用分子線エピタキシーによりウエハスケールでの再現を目指す。UCLA チームは分子動力学により自己組織化の動的過程を解明する。これらにより 1)歪み誘起価電子帯反転による軽い正孔帯による正孔移動度の向上や結晶極性反転による分極誘起正孔ドーピング、および 2)高い正孔移動度とデバイス低損失化(p 型 GaN への安定したオーミック電気コンタクト)など MiGs の学術的・産業的発展が期待できる。
天野　浩 鄭　恵貞 蔡文トウ 王　　嘉	1. 日本サムスン株式会社 Samsung デバイスソリューションズ研究所　AD Lab （日本） 2.Samsung Display （大韓民国）	Red 発光 Micro LED 素子の開発	2023/6/1- 2024/5/31	高効率の Red 発光 Micro LED 素子を開発を目的として、所定の Pixel size で EL スペクトルの所定の EQE、電流密度、主波長、FWHM をもつ RED Micro-LED 素子の開発を行う。

参加者名	研究機関名（国名）	プロジェクト名	期間	プロジェクト概要
天野　浩 王　　嘉	1.Cornell Universirty 2.UCLA 3.University of Maryland 4.Stanford University （アメリカ合衆国）	Top 研究者のための ASPIRE	2024/2/1- 2029/3/31	名大にて発見された Mg 金属 / GaN 半導体層間超格子（MiGs）の形成理由解明、物性評価、デバ イス応用を主目的とする。名大チームが国際共同研究を主導し、物性評価、デバイス作製、AlN への超高濃度ドーピングを目指す。コーネル大学チームはプラズマ援用分子線エピタキシ ーによりウエハスケールで再現、UCLA チームは自己組織化の動的過程の解明及び量子物理学 的側面を探求、メリーランド大学チームは熱伝導異方性の解明、スタンフォード大学チーム は、Ga2O3 への Mg の超高濃度ドーピングとデバイス応用を目指す。これらにより 1)歪み誘起 価電子帯反転による軽い正孔帯による正孔移動度の向上や結晶極性反転による分極誘起正孔 ドーピング、および 2)高効率パワーデバイスや深紫外光源など MiGs の学術的・産業的発展が期待される。
天野　浩 鄭　恵貞 蔡文トウ 王　　嘉	IFM Dept at Linköping University and PLT AB （スウェーデン王国）	Red 発光 Micro LED 素子の開発	2023/6/1- 2024/5/31	ⅰ）異なる成長条件下での高品質 p 型ドープ GaN の開発 ⅱ）異なる成長条件下における In リッチ InGaN 量子構造の研究 ⅲ）High-yield の Micro-LED と CMOS のハイブリダイゼーションの開発
天野　浩	Lit Thinking （アメリカ合衆国）	Baselining point defects in epitaxial high Al-content nitrides grown by MBE and MOCVD	2024/3/1- 2025/2/28	AlGaN 中の転位欠陥がデバイス特性に与える影響に関する研究
武藤俊介	リバプール大学 （英国）	Relativistic Ultrafast Electron Diffraction & Imaging （RUEDI）	2023- 2024	科学技術に革新的な影響をもたらすために、英国において超高速な測定を可能とする大型施設建設プロジェクト。特に化学プロセスの直接の可視化を目指すことをターゲットとしている。名古屋大学は超高圧電子顕微鏡による長年にわたる MeV 電子によるイメージングの実績があり、このプロジェクトに技術的な貢献をする。

参加者名	研究機関名（国名）	プロジェクト名	期間	プロジェクト概要
中野敏行 佐藤　修 六條宏紀	CERN、ベルン大、ジュネーブ大など（スイス連邦、日本、アメリカ合衆国他）	FASER 実験	2018-	加速器による最高エネルギーのニュートリノの観測及びその反応性の精密測定。
中野敏行 佐藤　修 六條宏紀	CERN、ブカレスト大など（スイス連邦、日本、ルーマニア他）	DsTau 実験	2018-	タウニュートリノの生成量、エネルギーの測定。
森島邦博 北川暢子	カイロ大学など（エジプト・アラブ共和国、フランス共和国、カナダ、ドイツ連邦共和国）	ScanPyramids	2015-	宇宙線イメージングによるピラミッド内部構造探査
永沼　博	ケンブリッジ大学（英国） パリ - サクレー大学（フランス共和国） スタンフォード大学（アメリカ合衆国）	JSPS 先端拠点形成プロジェクト A スピントロニクス・二次元物質の縦型素子	2023-2027	スピントロニクスと二次元物質、さらにバイオロジーの分野で世界をリードする日本と仏（パリ - サクレー大学）・英（ケンブリッジ大学）による日欧連携に加えてスタンフォード大学も巻き込んで国際研究拠点を形成すると共に、次世代スピントロニクス応用を出口とした若手研究者の育成を積極的に推進する。
長田　実	延世大学（大韓民国）	JSPS 日中韓フォーサイト事業	2019/04-	原子スケール有機・無機ハイブリッド機能化とフレキシブル展開
長田　実	国立台湾大学（台湾）	台湾科技庁共同プロジェクト	2019/04-	両者のナノ材料技術とエネルギー材料技術を融合させ、高効率の太陽電池の開発を行う。
林希一郎	Basque Centre for Climate Change（BC3）、USGS（スペイン王国、アメリカ合衆国）	ARtificial Intelligence for Ecosystem Services	2017-	セマンテックを活用した生態系サービス及び環境・エネルギーの空間評価を行うプロジェクトである。参加者は、特に日本の詳細な評価を行っている。

表 3.2 国際共同研究の活動状況（R5）

参加者名	研究機関名（国名）	研究課題	期間	研究概要
Markus Pristovsek	Ferdinand Braun Institute Berlin（ドイツ連邦共和国）	AIPN for HEMT barrier layer	2022/12/1-2025/11/30	Year 1, preliminary experiments, sample exchange
武藤俊介	Uppsala University Peter Grünberg Institut（スウェーデン王国）	電子磁気二色性による局所スピンモーメント測定技術の開発	2012-	Jan Rusz, Thomas Thersleff, Klaus Leifer（Uppsala University, Sweden） Peter Grünberg Institut（Germany）との共同研究 ナノ領域での磁気角運動量定量測定法及びマッピング法の開発
武藤俊介	Uppsala University（スウェーデン王国）	CZTS 太陽電池素子の反応科学超高圧 TEM 内合成過程その場観察	2018-	Klaus Leifer（Uppsala University, Sweden）との共同研究
武藤俊介 大塚真弘	チェンマイ大学（タイ王国）	Beam Rocking EDS による高クロム鋳鉄中カーバイドの添加元素位置の解析	2022-	津田健治、森川大輔、寺内正己（東北大学）、Torranin Chairuangsri、Sankum Nusen（チェンマイ大学）との共同研究
桒原真人	University of Toronto（カナダ）	Depelopement of Serial NED using micro-second pulse electron beam	2023/9-	コヒーレントなマイクロ秒パルスに同期した STEM プローブを用いた Serial NED 手法の開発とそれによるソフトマターの計測の実現をめざす。
池永英司	DIAMOND Light Source（英国）	顕微 X 線分光手法及び分光ビームラインに関する高度化	2023/4/1-2024/3/31	次世代放射光源に対応した顕微 X 線分光に関する設計内容に関して議論を行った。DIAMOND においては、次期主力ビームラインの設計パラメータ、日本国においては、東北放射光源計画や他の放射光施設における次期ビームラインへの応用について議論した。
加藤剛志	Gadjah Mada University（インドネシア共和国）	Characterization of Core-Shell magnetic nanostructures;Fabrication of GMR thin film for biosensor applications	2023/12/10-2024/4/10	磁気的に分離可能で再利用可能な光触媒磁性ナノ粒子を開発し、低環境負荷での排水汚染除去技術を確立する。本研究では合成したナノ粒子の構造、光学特性、磁気特性、光触媒反応による染料分解を調査する。

3.6 国内共同・協力研究

3.6.1 連携協定

現在締結している協定と令和 5 年度の活動実績を以下に示す。

(1) 協定締結先：中部電力株式会社
締 結 年 月：平成 16 年 10 月
窓 口 教 員：内山知実　教授
共 同 研 究：新規 3 件、継続 3 件
その他交流：連携協議会（年 2 回）、事務局会議（年 2 回）、中間報告会、技術情報交換会を開催

(2) 協定締結先：愛知県、名古屋市（環境調和型・持続可能社会の構築に向けた連携実施協定）
締 結 年 月：平成 16 年 11 月
窓 口 教 員：片山新太　教授

(3) 協定締結先：自然科学研究機構核融合科学研究所
締 結 年 月：平成 19 年 9 月
窓 口 教 員：内山知実　教授
そ　の　他：技術情報交換会　1 回

(4) 協定締結先：早稲田大学現代政治経済研究所
締 結 年 月：平成 21 年 4 月
窓 口 教 員：片山新太　教授

(5) 協定締結先：一般財団法人ファインセラミックスセンター
締 結 年 月：平成 29 年 4 月
窓 口 教 員：五十嵐信行　教授

3.6.2 その他の共同・協力研究

「1.4.2 外部資金獲得状況　令和 5 年度民間等との共同研究」で挙げたものに加え、以下の共同研究を行っている。

【令和 5 年度民間・大学等との共同研究（研究費の授受を伴わないもの）】

全体では 31 件、相手所属機関別では民間 9 件、大学 23 件、その他研究機関等 1 件を実施した（重複を含む）。

【令和 5 年度学内共同研究】

全体で 19 件を実施した。

3.7 シンポジウム・講演会等

本研究所では、情報発信活動の中心的役割を担うために、シンポジウム、フォーラム等を開催してきた。本研究所で主催したシンポジウム等を、以下に列挙する。

（1）第 52 回 CIRFE セミナー「Thermal Management Strategies to Enable Ultrawide Bandgap Electronics」
日時：2023 年 5 月 29 日
場所：名古屋大学 C-TECs
担当：天野研究室（未来エレクトロニクス集積研究センター）

（2）第 53 回 CIRFE セミナー「富士通における材料・デバイス研究の取り組み～省電力社会の実現に向けて～」
日時：2023 年 5 月 29 日
場所：名古屋大学 C-TECs
担当：GaN 研究戦略室（未来エレクトロニクス集積研究センター）

（3）第 54 回 CIRFE セミナー「住友電気工業おける通信向け半導体ビジネス・先端技術研究開発の取り組み～日本の窒化物半導体技術～」
日時：2023 年 7 月 27 日
場所：名古屋大学 C-TECs
担当：須田研究室（未来エレクトロニクス集積研究センター）

（4）名古屋大学特定基金 青色 LED・未来材料研究支援事業夏休み特別企画　理科実験教室「光のふしぎ」
日時：2023 年 8 月 10 日
場所：名古屋大学 研究所共同館 II
担当：名古屋大学特定基金 青色 LED・未来材料研究支援事業（青色 LED 基金）

（5）AMTC Seminar「“What is Life?” Can we Measure it?」
日時：2023 年 9 月 21 日
場所：名古屋大学 工学部 3 号館　342 講義室
担当：齋藤研究室（高度計測技術実践センター）

（6）第 3 回 エネルギーシステムシンポジウム「カーボンニュートラルの実現に向けた再生可能エネルギーの最新動向と今後の展開」
日時：2023 年 9 月 29 日
場所：名古屋大学 IB 電子情報館 大講義室
担当：エネルギーシステム（中部電力）寄附研究部門

（7）第 2 回市民公開講座 / 第 19 回名古屋大学ホームカミングデイ「カーボンニュートラルの実現に向けた今後の再生可能エネルギーの動向」
日時：2023 年 10 月 21 日
場所：名古屋大学 東山キャンパス IB 電子情報館 中棟 1 階 015 講義室
担当：エネルギーシステム（中部電力）寄附研究部門

（8）第 56 回 CIRFE セミナー「ScAlN/GaN HEMT の研究動向と今後の期待」
日時：2023 年 10 月 27 日
場所：名古屋大学 C-TECs
担当：須田研究室（未来エレクトロニクス集積研究センター）

（9）AMTC Seminar「X 線レーザー光を生み出す高輝度電子ビーム源」
日時：2023 年 10 月 30 日
場所：名古屋大学 ES031 講義室
担当：齋藤研究室（高度計測技術実践センター）

（10）第 9 回 CIRFE シンポジウム「“The Coming of a Carbon Neutral World” partially supported by AdCORP」
日時：2023 年 11 月 10 日
場所：名古屋大学 ES ホール
担当：天野研究室（未来エレクトロニクス集積研究センター）

（11）第 55 回 CIRFE セミナー「Recent Progress in Crystal Growth（Tentative）」
日時：2023 年 11 月 13 日
場所：名古屋大学 C-TECs
担当：宇治原研究室（未来エレクトロニクス集積研究センター）

（12）International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2023（ICMaSS2023）
日時：2023 年 12 月 1 日 -3 日
場所：名古屋大学野依学術交流館、ES 総合館、IB 電子情報館、EI 創発工学館
担当：ICMaSS 実行委員会

（13）第 57 回 CIRFE セミナー「大学が特許を取る理由」
日時：2023 年 12 月 20 日
場所：名古屋大学 C-TECs
担当：学術研究・産学官連携推進本部　知財・技術移転部門

（14）第 58 回 CIRFE セミナー「厳環境におけるワイドギャップ半導体の利用可能性」
日時：2024 年 3 月 4 日
場所：名古屋大学 C-TECs
担当：須田研究室（未来エレクトロニクス集積研究センター）

（15）名古屋大学特定基金 青色 LED・未来材料研究支援事業特別講演会「安心・安全な暮らしに貢献する GaN（窒化ガリウム）」
日時：2024 年 3 月 20 日
場所：名古屋大学 ES ホール
担当：名古屋大学特定基金 青色 LED・未来材料研究支援事業（青色 LED 基金）

（16）第 4 回 エネルギーシステムシンポジウム「再生可能エネルギーの大量導入に向けた直流送電システムの開発動向」
日時：2024 年 3 月 22 日
場所：名古屋大学 ES ホール
担当：エネルギーシステム（中部電力）寄附研究部門

3.8 国際交流

令和 5 年度に、本研究所が招聘した外国人研究者は 25 名であった。

3.9 受賞

令和 5 年度に、本研究所の教職員、あるいは教員が指導する学生が受賞した賞を、以下に列挙する。

［1］ **受賞者名**：安藤純也（長田研、D2）
受　賞　名：CSJ Student Award 2023
研究課題：A Novel Synthesis Method of Palladium Nanosheets with Thickness Control（Nagoya Univ.）
受賞年月日：2023 年 4 月 17 日

［2］ **受賞者名**：岩田幹正（特任教授）
受　賞　名：電気学会 電気学術振興賞 論文賞
研究課題：高エネルギー雷撃を模擬した直流アークによる高張力・高耐食 OPGW の素線溶断特性
受賞年月日：2023 年 5 月 25 日

［3］ **受賞者名**：イ チャンソク（片山研・M2）
受　賞　名：電子情報通信学会 研究奨励賞
研究課題：単眼深度推定モデルの敵対的サンプルを用いたスクリーンカメラ通信のシミュレーションによる検証
受賞年月日：2023 年 5 月 26 日

［4］ **受賞者名**：大矢根蒼（山本真義研・D3）、セナナヤケ ティラク（研究員）、今岡　淳（准教授）、山本真義（教授）
受　賞　名：2022 年度電子情報通信学会・論文賞
研究課題：13.56MHz Half-Bridge GaN-HEMT Resonant Inverter Achieving High Power, Low Distortion, and High Efficiency by ‘L-S Network’
受賞年月日：2023 年 6 月 8 日

［5］ **受賞者名**：山田悠斗（天野研・M1）
受　賞　名：日本結晶成長学会　ナノ構造・エピタキシャル成長分科会　発表奨励賞
研究課題：四元混晶 AlGaInN のデバイス応用と混晶比制御・決定方法の提案
受賞年月日：2023 年 6 月 16 日

［6］ **受賞者名**：大西一生（特任助教）
受　賞　名：日本結晶成長学会　ナノ構造・エピタキシャル成長分科会　研究奨励賞
研究課題：縦型パワーデバイス用途に向けた GaN の HVPE 成長
受賞年月日：2023 年 6 月 16 日

［7］ **受賞者名**：伊東健太郎（長田研・M2）
受　賞　名：東海若手セラミスト懇話会優秀発表賞
受賞年月日：2023 年 6 月 16 日

［8］ **受賞者名**：森田　秀（長田研・D2）
受　賞　名：東海若手セラミスト懇話会ベストディスカッション賞
受賞年月日：2023 年 6 月 16 日

［9］ **受賞者名**：遠藤　彗（須田研・D3）
受　賞　名：日本結晶成長学会　ナノ構造・エピタキシャル成長分科会　発表奨励賞
研究課題：ホモエピタキシャル成長 GaN 中の窒素原子変位に関連した再結合中心の評価
受賞年月日：2023 年 6 月 16 日

［10］**受賞者名**：河辺志温（片山研・M1）
受　賞　名：電子情報通信学会東海支部卒業研究発表会優秀賞
研究課題：無線 LAN を用いた空対空ドローン間通信における MIMO 技術による性能向上効果の実験的検証
受賞年月日：2023 年 6 月 16 日

［11］**受賞者名**：野村優貴（JFCC）、穴田智史（JFCC）、山本和生（JFCC）、平山　司（JFCC）、齋藤　晃（教授）
受　賞　名：日本顕微鏡学会 2023 年度 第 38 回　和文誌賞
研究課題：「透過電子顕微鏡による圧縮センシング」顕微鏡 Vol.56, No.3, pp.116-123（2021）
受賞年月日：2023 年 6 月 27 日

［12］**受賞者名**：石田高史（助教）、篠崎　暉（齋藤研・M2 ／当時）、桒原真人（准教授）、三好敏喜（KEK）、齋藤　晃（教授）、新井康夫（KEK）
受　賞　名：日本顕微鏡学会 2023 年度 第 38 回論文賞（顕微鏡法基礎部門）
研究課題：低加速透過電子顕微鏡による SOI 技術を用いた ダイレクト電子検出器の性能評価
受賞年月日：2023 年 6 月 27 日

［13］**受賞者名**：大塚真弘（講師）、久保田潮（武藤研）、武藤俊介（教授）
受　賞　名：日本顕微鏡学会第 79 回学術講演会優秀ポスター賞「一般「顕微鏡技術（装置・手法系）」部門」
研究課題：電子チャネリングカソードルミネッセンス分光による原子振動情報抽出
受賞年月日：2023 年 6 月 28 日

［14］**受賞者名**：唐　龍樹（武藤研・M2）、前出淳志（武藤研）、石川裕之（トヨタ自動車）、田中展望（トヨタ自動車）、荒井重勇（特任准教授）、樋口哲夫（日本電子）、武藤俊介（教授）
受　賞　名：日本顕微鏡学会第 79 回学術講演会優秀ポスター賞「学生「材料科学」部門」
研究課題：超高圧 TEM-QMS-GC による ZrO_2 担持 Rh 微粒子触媒反応機構解析
受賞年月日：2023 年 6 月 28 日

［15］**受賞者名**：イ チャンソク（片山研・M2）
受　賞　名：電子情報通信学会 SeMI 研究会 優秀発表賞
研究課題：深層学習深度推定モデルへの敵対的サンプルを用いたディスプレイ－カメラ通信方式の初期検討
受賞年月日：2023 年 7 月 13 日

［16］**受賞者名**：イ チャンソク（片山研・M2）
受　賞　名：電子情報通信学会 SeMI 研究会 若手研究奨励賞
研究課題：深層学習深度推定モデルへの敵対的サンプルを用いたディスプレイ－カメラ通信方式の初期検討
受賞年月日：2023 年 7 月 13 日

［17］**受賞者名**：日江井千佳（中西研・M2）
受　賞　名：日本ゾル - ゲル学会第 21 回討論会ベストポスター賞
研究課題：線状高分子の架橋反応による多孔質樹脂の作製と細孔構造制御
受賞年月日：2023 年 7 月 14 日

［18］**受賞者名**：Yue Wang（山本俊行研・D2）、Meilan Jiang（未来社会創造機構特任准教授）、山本俊行（教授）、Jia Yang（豊田都市交通研究所）、山崎基浩（豊田都市交通研究所）
受　賞　名：Yasoshima Yoshinosuke Prize
研究課題：Potential and barriers of promoting electric vehicle sharing services for tourists in Japan's non-urban destinations
受賞年月日：2023 年 9 月 6 日

［19］**受賞者名**：西橋慧太（長田研・M2）
受　賞　名：日本セラミックス協会第 36 回秋季シンポジウム 優秀発表賞
研究課題：Dion-Jacobson 型層状ペロブスカイト $RbBi_{2-x}La_xTi_2NbO_{10}$ の特性評価と剥離ナノシート化
受賞年月日：2023 年 9 月 7 日

［20］**受賞者名**：伊東健太郎（長田研・M2）
受　賞　名：日本セラミックス協会第 36 回秋季シンポジウム 最優秀発表賞
研究課題：単結晶性ガドリニウムドープセリアナノシートの精密合成
受賞年月日：2023 年 9 月 7 日

［21］**受賞者名**：森田　秀（長田研・D2）
受　賞　名：日本セラミックス協会第 36 回秋季シンポジウム特定セッション優秀講演賞
研究課題：Dion-Jacobson 型層状ペロブスカイト Cs（Bi_2Sr_{m-3}）（$Ti_{m-1}Nb$）O_{3m+1} の特性評価と剥離ナノシート化
受賞年月日：2023 年 9 月 8 日

［22］**受賞者名**：常松裕史（長田研・D3）
受　賞　名：日本セラミックス協会第 36 回秋季シンポジウム優秀発表賞
研究課題：還元型酸化タングステンナノシートの合成と近赤外反射膜への応用
受賞年月日：2023 年 9 月 8 日

［23］**受賞者名**：久田　優（栗本研・当時）
受　賞　名：令和 4 年電気学会 優秀論文発表賞
研究課題：誘電エラストマー発電の漏れ電荷を考慮した発電出力の高精度評価と出力向上に関する一検討
受賞年月日：2023 年 9 月 8 日

［24］**受賞者名**：遠藤　彗（須田研・D3）
受　賞　名：第 54 回（2023 年春季）応用物理学会講演奨励賞
研究課題：電子線照射により窒素変位関連欠陥を選択的に導入したホモエピタキシャル成長 GaN p-n 接合ダイオードの再結合電流解析
受賞年月日：2023 年 9 月 19 日

［25］**受賞者名**：岡本和也（日本工業大学大学院教授）、杉山昌章（大阪大学超高圧電子顕微鏡センター招聘教授）、武藤俊介（教授）、青柳里果（成蹊大学教授）、冨谷茂隆（奈良先端科学技術大学院大学教授）
受　賞　名：第 13 回日本金属学会まてりあ論文賞
研究課題：先端材料開発に向けた、AI 先端計測技術の多角的視点からの考察（第 1 回）（第 2 回）
受賞年月日：2023 年 9 月 20 日

［26］**受賞者名**：小室虎裕（加藤剛志研・D1）
受　賞　名：日本磁気学会学生講演賞（桜井講演賞）
研究課題：逆位相で磁化変調したフィードバック型 GMR センサの作製
受賞年月日：2023 年 9 月 28 日

［27］**受賞者名**：加藤剛志（教授）
受　賞　名：日本磁気学会優秀研究賞
研究課題：高機能磁性薄膜とその工学応用に関する研究
受賞年月日：2023 年 9 月 28 日

［28］**受賞者名**：今岡　淳（准教授）、山本真義（教授）、重松浩一（特任教授）、Mostafa Noah（客員准教授）
受　賞　名：2022 IEEE Energy Conversion Congress and Exposition Third Prize Paper Award
研究課題：Feasible Evaluations of Low Profile Magnetic Structure Based on Meander Winding and Split-magnetic Cores with High-Cooling Capability Used in Power Converters
受賞年月日：2023 年 10 月

［29］**受賞者名**：竹内　希（長田研・M1）
受　賞　名：日本セラミックス協会第 36 回秋季シンポジウム 学生優秀講演賞
研究課題：単結晶セリアナノシートの精密合成・集積およびイオン伝導性評価
受賞年月日：2023 年 10 月 16 日

［30］**受賞者名**：川﨑　央（客員准教授）、稲川智也（B4）、後藤啓介（特任助教）、松岡　健（准教授）、笠原次郎（教授）、松尾亜紀子（慶應大教授）、船木一幸（ＪＡＸＡ宇宙研教授）
受　賞　名：日本燃焼学会論文賞
研究課題：Critical condition of inner cylinder radius for sustaining rotating detonation waves in rotating detonation engine thruster
受賞年月日：2023 年 11 月 16 日

［31］**受賞者名**：濵﨑乾輔（天野研究室・M2）
受　賞　名：第 55 回（2023 年秋季）応用物理学会講演奨励賞
研究課題：高電子密度 Sn 添加 GaN の HVPE 成長
受賞年月日：2023 年 11 月 16 日

［32］**受賞者名**：田中大貴（須田研・D2）
受　賞　名：Best Student Award, The 14th International Conference on Nitride Semiconductors
研究課題：Guidelines for selecting appropriate dopants and concentrations for semi-insulating GaN substrates
受賞年月日：2023 年 11 月 17 日

［33］**受賞者名**：田中辰宙（天野研・M2）
受　賞　名：Best Student Award, The 14th International Conference on Nitride Semiconductors
研究課題：Demonstration of UV-C LEDs utilizing p-GaN/MgZnO:Ga hetero-tunnel junction
受賞年月日：2023 年 11 月 17 日

［34］**受賞者名**：陸　順（天野研・D2）
受　賞　名：Best Student Award, The 14th International Conference on Nitride Semiconductors
研究課題：Lateral p-type GaN Schottky barrier diode using annealed Mg ohmic contact layer on low-Mg-concentration p-GaN
受賞年月日：2023 年 11 月 17 日

［35］**受賞者名**：川崎晟也（天野研・D3）
受　賞　名：Best Student Award, The 14th International Conference on Nitride Semiconductors
研究課題：15 GHz GaN Hi-Lo IMPATT diodes with pulsed peak power of 25.5 W
受賞年月日：2023 年 11 月 17 日

［36］**受賞者名**：山本瑛祐（助教）
受　賞　名：日本セラミックス協会第 78 回進歩賞
研究課題：界面活性剤を用いた低次元無機ナノ構造体の精密設計
受賞年月日：2023 年 11 月 30 日

［37］**受賞者名**：安藤純也（長田研・D2）
受　賞　名：第 13 回 CSJ 化学フェスタ 2023 博士オーラル賞
研究課題：パラジウムナノシートの新規合成と触媒特性
受賞年月日：2023 年 11 月 30 日

［38］**受賞者名**：西橋慧太（長田研・M2）
受　賞　名：第 13 回 CSJ 化学フェスタ 2023 優秀ポスター発表賞
研究課題：Dion-Jacobson 型層状ペロブスカイト $RbBi_{2-x}La_xTi_2NbO_{10}$ の合成と特性制御
受賞年月日：2023 年 11 月 30 日

［39］**受賞者名**：伊東健太郎（長田研・M2）
受　賞　名：第 13 回 CSJ 化学フェスタ 2023 優秀ポスター発表賞
研究課題：固体界面活性剤を利用した単結晶性 Gd ドープセリアナノシートの合成
受賞年月日：2023 年 11 月 30 日

［40］**受賞者名**：山田　諭（長田研・M2）
受　賞　名：日本セラミックス協会東海支部　学術研究発表会 優秀講演賞
研究課題：アモルファスジルコニアナノシートのボトムアップ合成及び特性評価
受賞年月日：2023 年 12 月 2 日

［41］**受賞者名**：安藤純也（長田研・D2）
受　賞　名：ICMaSS 2023 Best Presentation Prize
研究課題：Facile Synthesis of Pd Nanosheets and Mechanism of Boosted Catalytic Activity
受賞年月日：2023 年 12 月 3 日

［42］**受賞者名**：本田杏奈（特任助教）、大島大輝（助教）、加藤剛志（教授）
受　賞　名：文部科学省マテリアル先端リサーチインフラ　令和 5 年度秀でた利用成果優秀賞
研究課題：非空間反転対称磁性体の作成と新規スピン光機能の探索
受賞年月日：2023 年 12 月 4 日

［43］**受賞者名**：張　梓懿（特任助教）、久志本真希（講師）、吉川　陽（特任准教授）、
笹岡千秋（特任教授）、天野　浩（教授）
受　賞　名：2023 年度日本結晶成長学会　第 40 回論文賞
研究課題：深紫外線レーザーダイオードにおける室温連続発振の実現
受賞年月日：2023 年 12 月 5 日

［44］**受賞者名**：松本　功（客員教授）
受　賞　名：2023 年度日本結晶成長学会　第 1 回産業功績賞
研究課題：化合物半導体の有機気相堆積装置開発と産学連携に関する功績
受賞年月日：2023 年 12 月 5 日

［45］**受賞者名**：久志本真希（講師）、張　梓懿（特任助教）、吉川　陽（特任准教授）、青戸孝至（研究員）、
本田善央（准教授）、Leo J. Schowalter（客員教授）、笹岡千秋（特任教授）、天野　浩（教授）
受　賞　名：IDW’23 Best Paper Award
研究課題：Development of Room Temperature Continuous-Wave Deep Ultraviolet Laser Diodes
受賞年月日：2023 年 12 月 6 日 -8 日

［46］**受賞者名**：崔　時熏（山本真義研・D2）
受　賞　名：若手エンジニア論文発表賞
研究課題：CM ノイズ低減を実現する Bridgeless Flyback PFC コンバータ
受賞年月日：2024 年 1 月

［47］**受賞者名**：平沢　開（山本真義研・M2）
受　賞　名：若手エンジニア論文発表賞
研究課題：統合トランスを用いた AC-DC インターリーブフライバックコンバータ
受賞年月日：2024 年 1 月

［48］**受賞者名**：伊勢貴洋（加藤丈佳研・M1）
受　賞　名：IEEE 名古屋支部学生奨励賞
研究課題：系統用蓄電池の LFC/GF 利用における周波数変動抑制効果と SOC 時間変化の違い
受賞年月日：2024 年 1 月 23 日

［49］**受賞者名**：長嶋佑哉（白石研・M2）
受　賞　名：若手奨励賞（服部健雄賞）
研究課題：InN MOVPE 成長過程における TMI 分解・反応経路に関する理論研究
受賞年月日：2024 年 2 月 2 日

［50］**受賞者名**：隈部岳瑠（天野研・D3）
受　賞　名：IEEE EDS Japan Chapter Student Award（IEDM）
研究課題：Demonstration of AlN-based Vertical p-n Diodes with Dopant-Free Distributed-Polarization Doping
受賞年月日：2024 年 2 月 16 日

［51］**受賞者名**：長谷沼篤（山本真義研・M2）
受　賞　名：APEC 2024's Best Presentation Award
研究課題：Analysis of Eddy Currents and Thermal Modeling of Planar Magnetic Components with Metal Housing
受賞年月日：2024 年 2 月 29 日

［52］**受賞者名**：中村和人（山本真義研・D3）、今岡　淳（准教授）、山本真義（教授）
受　賞　名：JIEP 春季講演大会優秀賞
研究課題：パワー半導体基板内蔵技術による SiC ハーフブリッジ回路の設計・施策・評価
受賞年月日：2024 年 3 月 14 日

［53］**受賞者名**：小室虎祐（加藤剛志研・D1）
受　賞　名：日本磁気学会論文奨励賞
研究課題：Domain Wall Displacement Modulation GMR Sensors with Closed-loop Current-field Feedback
受賞年月日：2024 年 3 月 19 日

［54］**受賞者名**：長田　実（教授）
受　賞　名：日本化学会　第 41 回学術賞
研究課題：無機 2 次元物質の精密合成と電子材料応用
受賞年月日：2024 年 3 月 19 日

［55］**受賞者名**：濵﨑乾輔（天野研・M2）
受　賞　名：第 55 回（2023 年秋季）応用物理学会講演奨励賞
研究課題：高電子密度 Sn 添加 GaN の HVPE 成長
受賞年月日：2024 年 3 月 22 日

［56］**受賞者名**：張　梓懿（特任助教）、久志本真希（講師）、吉川　陽（特任准教授）、青戸孝至（研究員）、Leo J. Schowalter（客員教授）、笹岡千秋（特任教授）、天野　浩（教授）
受　賞　名：第 45 回応用物理学会論文賞（応用物理学会優秀論文賞）
研究課題：Continuous-wave lasing of AlGaN-based ultraviolet laser diode at 274.8 nm by current injection
受賞年月日：2024 年 3 月 22 日

［57］**受賞者名**：KANG Min Sung（山本真義研・B4）
受　賞　名：電気電子情報工学実験　優秀賞
研究課題：EH25「電力需給簡易シミュレータの構築」
受賞年月日：2024 年 3 月 25 日

［58］**受賞者名**：近藤雅駆（山本真義研・B4）
受　賞　名：電気電子情報工学実験　優秀賞
研究課題：EH6「昇圧チョッパの製作と N ゲージ模型鉄道の速度制御」
受賞年月日：2024 年 3 月 25 日

［59］**受賞者名**：崔　時熏（山本真義研・D2）
受　賞　名：IEEE PELS Japan Young Engineer Award
研究課題：Common-Mode Noise Reduction of Bridgeless Flyback PFC Rectifier with Balance Technique
受賞年月日：2024 年 3 月 25 日

［60］**受賞者名**：常松裕史（長田研・D3）
受　賞　名：博士学術賞
研究課題：透明導電性酸化物ナノシートの開発と日射遮蔽膜への応用
受賞年月日：2024 年 3 月 25 日

［61］**受賞者名**：西橋慧太（長田研・M2）
受　賞　名：鏡友会賞
受賞年月日：2024 年 3 月 25 日

［62］**受賞者名**：伊東健太郎（長田研・M2）
受　賞　名：日本化学会東海支部長賞
受賞年月日：2024 年 3 月 25 日

［63］**受 賞 者 名**：川崎晟也（天野研・D3）
受　賞　名：IEEE Nagoya Section Excellent student Award
受賞年月日：2024 年 3 月 25 日

［64］**受 賞 者 名**：琴川雄史（池永研究 G・B4）
受　賞　名：日本原子力学会フェロー賞
受賞年月日：2024 年 3 月 27 日

3.10　新聞・雑誌・テレビ等

新聞・雑誌・テレビ等で、以下のとおり、本研究所の研究室・メンバーによる研究や解説が取り上げられた。

［1］天野　浩　：中日新聞　2023 年 4 月 4 日、4 月 5 日、5 月 1 日、5 月 24 日、10 月 7 日
［2］天野　浩　：朝日新聞　2023 年 4 月 1 日、4 月 28 日
［3］天野　浩　：毎日新聞　2023 年 4 月 1 日
［4］天野　浩　：読売新聞　2023 年 10 月 4 日、10 月 29 日、11 月 19 日
［5］天野　浩　：TBS（CBC）　2023 年 11 月 22 日、12 月 13 日
［6］天野　浩　：岐阜新聞　2023 年 4 月 3 日、5 月 1 日
［7］天野　浩　：東日新聞　2023 年 10 月 27 日
［8］天野　浩　：RKB 毎日放送　2023 年 11 月 13 日、12 月 28 日
［9］天野　浩　：OPTRONICS　2023 年 8 月号
［10］天野　浩　：SAT（Science Academy of Tsukuba）　2024 年 2 月号（No.42）
［11］宇治原徹　：読売新聞　大学の知　社会還元加速　2023 年 9 月 30 日
［12］宇治原徹　：中日新聞　起業家精神　学生に根付け　2023 年 10 月 7 日
［13］宇治原徹　：NIKKEI Tech Foresight　名大発 UJ-Crystal、生成 AI で SiC 製法改良　27 年量産へ　2023 年 12 月 7 日
［14］宇治原徹　：日本経済新聞　朝刊中部経済面　日経名古屋支社シンポ　2023 年 12 月 9 日
［15］宇治原徹　：日本経済新聞　スタートアップ育成へ、ナゴヤで厚み増す『生態系』、シンポジウム、マインド変える　最先端・異質の風　2023 年 12 月 22 日
［16］宇治原徹　：テレビ愛知　日経名古屋支社シンポジウム　2023 年 12 月 29 日
［17］原田俊太　：EE Times Japan　製造プロセスの自動化へ、AI 制御アルゴリズム開発 結晶成長装置の試作機を開発中　2023 年 7 月 11 日
［18］原田俊太　：OPTRONICS ONLINE　名大ら、製造プロセスの AI 制御アルゴリズムを開発　2023 年 7 月 11 日
［19］原田俊太　：日刊工業新聞　結晶成長のプロセス制御 名大など自動化アルゴリズム　2023 年 7 月 13 日
［20］原田俊太　：日刊工業新聞電子版　名大など、自動化アルゴリズム開発 結晶成長のプロセス制御　2023 年 7 月 13 日
［21］原田俊太　：日経テックフォーサイト　名大など、ウエハー製造に AI 結晶成長工程を自動化　2023 年 7 月 28 日
［22］原田俊太　：日刊工業新聞　名大、X 線光電子分光の測定時間 20 分の 1 に信頼性試験など効率向上　2023 年 9 月 6 日

［23］原田俊太　：日本の研究 .com　分光分析の高速化を実現する解析プログラムを開発～ X 線光電子分光測定の測定時間を従来の約 1/5 に～　2023 年 9 月 7 日

［24］原田俊太　：OPTRONICS ONLINE　名大、分光分析の高速化を実現するプログラムを開発　2023 年 9 月 7 日

［25］原田俊太　：fabcross for エンジニア　分光測定の時間を短縮できる解析プログラムを開発 名古屋大学　2023 年 9 月 8 日

［26］原田俊太　：NIKKEI Tech Foresight 名大、分光測定時間を 5 分の 1 にベンチャー設立で普及へ　2023 年 9 月 22 日

［27］宇治原徹　：日本経済新聞　パワー半導体　安価に製造　2024 年 3 月 6 日

［28］宇佐美徳隆、原　京花、小島拓人、工藤博章、沓掛健太朗：
Tii 技術情報　結晶の写真から AI により結晶粒方位分布を予測～多結晶材料の簡便かつ高速な組織解析に応用可能～　2023 年 5 月 26 日

［29］Noritaka Usami：Today Headline　AI-based technique for predicting crystal orientation improves the efficiency of manufacturing most electronic devices　2023 年 7 月 5 日

［30］Noritaka Usami：AlphaGalileo　AI-based technique for predicting crystal orientation improves the efficiency of manufacturing most electronic devices　2023 年 10 月 10 日

［31］Noritaka Usami：nanowerk　AI-based technique for predicting crystal orientation improves the efficiency of manufacturing most electronic devices　2023 年 10 月 10 日

［32］Noritaka Usami, Hiroaki Kudo：
SciTechDaily　Crystal Clear AI: Revolutionizing the Future of Electronics Manufacturing　2023 年 12 月 3 日

［33］Noritaka Usami, Tatsuya Yokoi, Hiroaki Kudo：
AZO materials　AI Reveals New Path to Control Dislocations in Everyday Materials　2023 年 12 月 20 日

［34］Noritaka Usami, Tatsuya Yokoi, Hiroaki Kudo：
Innovation News Network　Could AI unlock mysteries of polycrystalline materials?　2023 年 12 月 20 日

［35］宇佐美徳隆、横井達矢、工藤博章、小島拓人、大野　裕、沓掛健太朗、吉田秀人：
Tii 技術情報　実験・計算・AI を融合した多結晶材料情報学によるマクロからナノへの材料解析手法を構築 ～複雑な多結晶の学理深化と革新材料創成の幕開け～　2023 年 12 月 20 日

［36］Noritaka Usami, Tatsuya Yokoi, Hiroaki Kudo：
ScienMag　Artificial intelligence unravels mysteries of polycrystalline materials　2023 年 12 月 20 日

［37］Noritaka Usami, Tatsuya Yokoi, Hiroaki Kudo：
Bioengineer.org　Artificial intelligence unravels mysteries of polycrystalline materials　2023 年 12 月 20 日

［38］Noritaka Usami, Tatsuya Yokoi, Hiroaki Kudo：
Mirage News　AI Deciphers Polycrystalline Materials Mysteries　2023 年 12 月 20 日

［39］Noritaka Usami, Tatsuya Yokoi, Hiroaki Kudo：
EureckAlert　Artificial intelligence unravels mysteries of polycrystalline materials　2023 年 12 月 20 日

［40］Noritaka Usami, Tatsuya Yokoi, Hiroaki Kudo：
Phys.org　Artificial intelligence unravels mysteries of polycrystalline materials　2023 年 12 月 20 日

［41］Noritaka Usami, Tatsuya Yokoi, Hiroaki Kudo：
T-Gate　Synthetic intelligence unravels mysteries of polycrystalline supplies　2023 年 12 月 20 日

［42］宇佐美徳隆、横井達矢、工藤博章、小島拓人、大野　裕、沓掛健太朗、吉田秀人：
日経新聞　名大・東北大・理研・阪大、実験・計算・AI を融合した多結晶材料情報学によるマクロからナノへの材料解析手法を構築　2023 年 12 月 20 日

［43］Noritaka Usami, Tatsuya Yokoi, Hiroaki Kudo：
MSN　AI helps design better polycrystalline electronics: Study　2023 年 12 月 20 日

［44］Noritaka Usami, Tatsuya Yokoi, Hiroaki Kudo：
Interesting Engineering　AI helps design better polycrystalline electronics: Study　2023 年 12 月 20 日

［45］Noritaka Usami：SC Online News　AI unlocks secrets of polycrystalline materials　2023 年 12 月 21 日

［46］Noritaka Usami：SciTechDaily　AI-Driven Discovery: Mysteries of Polycrystalline Materials Unraveled　2023 年 12 月 22 日

［47］Noritaka Usami：Enerzine　L’intelligence artificielle révèle des structures cachées dans les matériaux polycristallins　2023 年 12 月 22 日

［48］宇佐美徳隆、横井達矢、工藤博章、小島拓人、大野　裕、沓掛健太朗、吉田秀人：
ASCII.jp ×ビジネス　実験・計算・AI を融合した材料解析の新手法を構築＝名大など　2023 年 12 月 25 日

［49］Noritaka Usami, Kenta Yamakoshi, Yutaka Ohno, Kentaro Kutsukake, Takuto Kojima：
Tech Explorist AI reveals mysteries of polycrystalline materials　2023 年 12 月 30 日

［50］隈部岳瑠、吉川　陽、久志本真希、本田善央、新井　学、須田　淳、天野　浩：
名古屋大学プレスリリース　窒化アルミニウム (AlN) 系ウルトラワイドバンドギャップ半導体 pn 接合で理想的な特性を実現　～ AlN 系電子デバイス実現に向けた大きな一歩～　2023 年 12 月 14 日

［51］山本真義　：日経電子版「Think!」「日立アステモ、新 CEO に前ホンダ副社長　主導権が移行」以降 108 件解説　2023 年 6 月 1 日以降

［52］山本真義　：日経 BP　テクノロジー・ロードマップ 2024-2033 全産業編　2023 年 6 月 15 日

［53］山本真義　：日経 BP　SEAL の統合モーターコントローラーの解説　2023 年 7 月 20 日

［54］山本真義　：CQ 出版　DC-DC コンバータへの GaN の適用事例　2023 年 8 月 20 日

［55］山本真義　：NIKKEIMobility 寄稿　EV パワー半導体、日中韓 3 車比較　トヨタに残る「HV 最適」　2023 年 9 月 6 日

［56］山本真義　：技術情報協会　各社 BEV のインバーター分析解析と次世代 BEV に求められるパワーエレクトロニクス応用技術　2023 年 9 月 20 日

［57］山本真義　：電磁環境工学情報 EMC 十二月号　車載用パワーエレクトロニクス機器におけるノイズ発生メカニズムの基本と電気自動車におけるノイズ対策技術最前線　2023 年 12 月 5 日

［58］山本真義　：日刊自動車新聞社　EV の技術解析で国内産業を支える　2023 年 12 月 6 日

［59］今岡　淳　：車載テクノロジー　磁気結合インダクタおよび回路平衡化を利用したパワーエレクトロニクス回路の高電力密度化・低ノイズ化の実現　2023 年 5 月 1 日

［60］米澤　遊　：トランジスタ技術 10 月号　クラウド時代のパワエレ回路設計ツール　2023 年 9 月 8 日
［61］米澤　遊　：トランジスタ技術 3 月号　充実しつつある！現代のパワエレ系シミュレータ事情　2024 年 2 月 9 日
［62］神谷有弘　：月刊 車載テクノロジー 10 月号　電動車用インバータの放熱構造と熱マネジメント　2023 年 11 月 1 日以降
［63］チェシフン：トランジスタ技術 3 月号　あの LTspice 開発者が作った新しい回路シミュレータ QSPICE 速報　2024 年 2 月 9 日
［64］森島邦博　：ネット記事 : サイカル journal by NHK　新発見ピラミッドに ” 未知の空間 ”　2023 年 4 月 27 日
［65］森島邦博　：ネット記事 : 毎日新聞 Web 版　宇宙線でピラミッドを透視　未知空間は「感動的」　2023 年 4 月 6 日
［66］森島邦博　：ネット記事 : 原子力産業新聞　名古屋大　宇宙線による観測手法でナポリの遺跡を新発見　2023 年 5 月 23 日
［67］六條宏紀、中野敏行：ネット記事 : AstroArts　世界最高解像度の気球望遠鏡が宇宙ガンマ線を観測　2023 年 5 月 31 日
［68］六條宏紀、中村悠哉、中野敏行：
ネット記事：Optics & Photonics News　A Film-Based Gamma Ray “Telescope”　2023 年 12 月 30 日
［69］六條宏紀、中村悠哉、中野敏行：
ネット記事：Interesting Engineering　Pancake-inspired device is the most powerful gamma-ray telescope　2023 年 12 月 21 日
［70］大住克史　：日刊工業新聞　" 文部科学省 研究３事業連携へ 関係者が初めて集うマテリアル戦略総合シンポジウム 2023 ～データを「つくる、ためる、つかう」DX 基板構築へ～ "　2024 年 3 月 1 日
［71］馬場嘉信　：日本経済新聞　Web 版　名大など、卵巣がん細胞外小胞（EV）の詳細なタンパク質情報や多様性を解明　2023 年 7 月 11 日
［72］馬場嘉信　：日経バイオテク　名大など、卵巣がん細胞外小胞（EV）の詳細なタンパク質情報や多様性を解明　2023 年 7 月 11 日
［73］馬場嘉信　：日本経済新聞　Web 版　名大・東工大・阪大・国立がん研究センターなど、セルロースナノファイバーを用いたエクソソーム捕捉ツール「EV シート」を開発　2023 年 11 月 9 日
［74］馬場嘉信　：日経バイオテク　名大・東工大・阪大・国立がん研究センターなど、セルロースナノファイバーを用いたエクソソーム捕捉ツール「EV シート」を開発　2023 年 11 月 9 日
［75］長田　実　：日刊工業新聞　名大、高品質ナノシート基板作製で新手法　2023 年 4 月 10 日
［76］長田　実　：日刊工業新聞　経営ひと言／名古屋大学・長田実教授　誰でも何度でも　2023 年 4 月 12 日
［77］長田　実　：日経 Tech Foresight　名古屋大学、ナノシートを 1 分で成膜　工業利用に期待　2023 年 4 月 24 日
［78］長田　実　：日刊工業新聞　名大と物材機構、エネルギー密度 10 倍のキャパシター　2023 年 5 月 22 日
［79］長田　実　：日経 Tech Foresight　名大など、ナノシートでキャパシター　固体蓄電素子に　2023 年 5 月 25 日

［80］長田　実　：日経産業新聞　近赤外光、5 割遮蔽のシート材　名大、建物や車の空調コスト減　2023 年 6 月 5 日
［81］長田　実　：日経 Tech Foresight　名大、世界最高性能の日射遮蔽膜　建築物の省エネに　2023 年 6 月 5 日
［82］長田　実　：日本経済新聞　太陽光 5 割遮蔽するシート　車や建物向け　2023 年 6 月 7 日
［83］長田　実　：日経産業新聞　短時間で充放電のキャパシタ、名大、容量 10 倍で実用レベル　2023 年 6 月 21 日
［84］長田　実　：日本経済新聞　EV 向け蓄電装置、薄膜材料で実用レベルに　名古屋大学　2023 年 6 月 23 日
［85］長田　実　：日刊工業新聞　パラジウム製ナノシート、フラスコで簡便に合成　2023 年 11 月 17 日
［86］長田　実　：日経 Tech Foresight　名大など、Pd ナノシートの簡易合成　触媒の貴金属量削減　2023 年 11 月 28 日
［87］長田　実　：化学工業日報　名大、パラジウムナノシート、良質で簡便に作製　2023 年 12 月 13 日
［88］長田　実　：YAHOO ニュース　次世代電子部品の生産技術に、名大が高品質ナノシート基板作製で新手法　2023 年 4 月 11 日
［89］長田　実　：ASCII　世界最高性能の誘電体蓄電器を開発、全固体電池へ前進＝名大など　2023 年 5 月 11 日
［90］長田　実　：ニュースイッチ（日刊工業新聞）　エネルギー密度 10 倍､名大と物材機構がスゴい「キャパシター」開発　2023 年 5 月 23 日
［91］長田　実　：YAHOO ニュース　エネルギー密度 10 倍、名大と物材機構がスゴい「キャパシター」開発　2023 年 5 月 23 日
［92］長田　実　：マイナビニュース　ナノシートによる世界最高のエネルギー密度の誘電体キャパシタを開発　2023 年 5 月 23 日
［93］長田　実　：マイナビニュース　名大、高い透明性と近赤外反射率 53％を併せ持つ日射遮蔽膜を開発　2023 年 5 月 23 日
［94］長田　実　：ASCII　日射遮蔽膜で世界最高性能、近赤外光カットで省エネ＝名大　2023 年 5 月 24 日
［95］長田　実　：JST ニュース　究極に薄いナノシートやデバイスを開発　2023 年 9 月 1 日
［96］長田　実　：ASCII　パラジウムナノシートを簡便に合成する新プロセス＝名大　2023 年 11 月 16 日
［97］長田　実　：Science Japan　Molecularly thin nanosheets and devices　2023 年 11 月 21 日
［98］長田　実　：Nature Reviews Materials　Clean palladium nanosheets　2023 年 11 月 22 日
［99］長田　実　：Phys.Org.　High-quality 2D films could be one-drop away　2023 年 5 月 19 日
［100］長田　実　：AZO Nano　Making Nanosheets in One Minute　2023 年 5 月 22 日
［101］長田　実　：ScienceMag　Nanosheet technology developed to boost energy storage dielectric capacitors　2023 年 6 月 4 日
［102］長田　実　：AZO Nano　Easy Pd Nanosheet Synthesis for Green Energy Revolution　2023 年 12 月 13 日
［103］長田　実　：Mining　Discovery may reduce use of palladium in hydrogen production　2023 年 12 月 22 日
［104］長田　実　：Phys.Org.　The 'one-pot' nanosheet method catalyzing a green energy revolution　2023 年 12 月 22 日
［105］長田　実　：Nano werk　The one-pot nanosheet method catalyzing a green energy revolution　2023 年 12 月 21 日
［106］長田　実　：現代化学　安全で簡単な Pd ナノシート合成法　2024 年 2 月 1 日
［107］長田　実　：SciTechDaily　One-Pot Wonder: The New Nanosheet Method Catalyzing a Green Energy Revolution　2024 年 2 月 9 日

［108］長田　実　：Today Headline　The New Nanosheet Method Catalyzing a Green Energy Revolution　2024 年 2 月 9 日
［109］長田　実　：化学工業日報　低次元ナノマテリアルでつくる未来材料　2024 年 3 月 12 日
［110］田川美穂　：NHK みんなでプラス　ジェンダーをこえて考えよう 広がる理系の “ 女性枠 ”　多様性が研究発展につながる！　2023 年 4 月 27 日
［111］加藤丈佳　：（一社）日本太陽エネルギー学会　研究室紹介　Vol.49,No.5,277,2023
［112］岩田幹正　：IMaSS News Vol.16　第 3 回エネルギーシステムシンポジウム「カーボンニュートラルの実現に向けた再生可能エネルギーの最新動向と今後の展開」 2023 年 9 月 29 日
［113］岩田幹正　：IMaSS News Vol.16　第 2 回市民公開講座 / 第 19 回名古屋大学ホームカミングデイ「カーボンニュートラルの実現に向けた今後の再生可能エネルギーの動向」 2023 年 10 月 21 日
［114］岩田幹正　：IMaSS News Vol.16　インタビュー　2024 年 3 月
［115］岩田幹正　：あいちサイエンスフェスティバル 2023 実施報告書

4. 教育活動

4.1 学部・大学院における講義・セミナー等

令和 5 年度において、当研究所の教員は、全学教育、工学部、理学部、情報学部の講義・セミナー等を担当するとともに、工学研究科、理学研究科、情報学研究科の講義・セミナー等も担当した。

4.2 学位審査

令和 5 年度における、本学での博士号学位審査の実績は、以下のとおりである。

表 4.1 学位審査の実績

審査員	主査·副査	年月	学位種別	申請者	論文題目
天野 浩	副査	2023 年 9 月	博士（工学）	服部文哉	GaN HEMT 用ゲート駆動回路に関する研究
天野 浩	主査	2024 年 3 月	博士（工学）	川崎晟也	マイクロ波帯・ミリ波帯 GaN IMPATT ダイオードに関する研究
天野 浩	主査	2024 年 3 月	博士（工学）	Lin Yingying	Study on Epitaxy and Anisotropy Properties of M-plane Wurtzite (Al,Ga)N
天野 浩	主査	2024 年 3 月	博士（工学）	隈部岳瑠	Polarization Doping in GaN/AlN-Based Heterostructures: Characterization and Application to Bipolar Devices
天野 浩	副査	2024 年 3 月	博士（工学）	遠藤 彗	窒化ガリウム中の窒素原子変位関連欠陥が形成する深い準位
本田善央	副査	2024 年 3 月	博士（工学）	川崎晟也	マイクロ波帯・ミリ波帯 GaN IMPATT ダイオードに関する研究
本田善央	副査	2024 年 3 月	博士（工学）	Lin Yingying	Study on Epitaxy and Anisotropy Properties of M-plane Wurtzite (Al,Ga)N
本田善央	副査	2024 年 3 月	博士（工学）	隈部岳瑠	Polarization Doping in GaN/AlN-Based Heterostructures: Characterization and Application to Bipolar Devices
本田善央	副査	2024 年 3 月	博士（工学）	遠藤 彗	窒化ガリウム中の窒素原子変位関連欠陥が形成する深い準位
宇佐美徳隆	主査	2024 年 2 月	博士（工学）	李 雨晴	Nanostructure Formation on Crystalline Si Surface Using Ag-Assisted Solution Process and their Applications in Solar Cells
宇佐美徳隆	主査	2024 年 3 月	博士（工学）	王 海涛	瞬時的電荷放電を用いた高性能環境発電素子に関する研究

審査員	主査･副査	年月	学位種別	申請者	論文題目
宇佐美徳隆	副査	2024 年 3 月	博士（工学）	榊原涼太郎	グラフェン / 炭化ケイ素ヘテロ構造における表面・界面構造制御に関する研究
宇佐美徳隆	副査	2024 年 3 月	博士（工学）	徳田祥典	超純水を用いた結晶表面処理プロセスとその微細構造解析に関する研究
須田　淳	主査	2024 年 3 月	博士（工学）	遠藤　彗	Deep Levels Formed by Nitrogen-Displacement-Related Defects in GaN（窒化ガリウム中の窒素原子変位関連欠陥が形成する深い準位）
須田　淳	副査	2024 年 3 月	博士（工学）	川崎晟也	マイクロ波帯・ミリ波帯 GaN IMPATT ダイオードに関する研究（Study on microwave and millimeter-wave GaN IMPATT diodes）
須田　淳	副査	2024 年 3 月	博士（工学）	OSONIO Airah Peraro	Study on atomic layer etching of silicon dioxide via surface modified with plasma for advanced silicon-based devices fabrication（先進シリコン半導体デバイス製造に向けたプラズマによる表面変性処理によるシリコン酸化膜の原子層エッチングに関する研究）
須田　淳	副査	2024 年 3 月	博士（工学）	嶺　颯太	非線形光学効果を用いたテラヘルツ波発生・分光技術の高度化（Advancement of terahertz-wave generation and spectroscopy techniques using nonlinear optical effects）
堀田昌宏	副査	2024 年 3 月	博士（工学）	遠藤　彗	Deep Levels Formed by Nitrogen-Displacement-Related Defects in GaN（窒化ガリウム中の窒素原子変位関連欠陥が形成する深い準位）
芳松克則	副査	2024 年 3 月	博士（工学）	仲井文明	Diffusion of a Particle in Structureless Media
山本真義	主査	2023 年 9 月	博士（工学）	片桐高大	直流ブラシモータにおけるアーク放電を考慮したスパイクサージおよび電磁ノイズのモデリング手法に関する研究
山本真義	主査	2023 年 9 月	博士（工学）	朴　青云	マルチ入力モジュラー DC-DC コンバータシステムの制御に関する研究
山本真義	副査	2023 年 9 月	博士（工学）	佐々木守	非絶縁 DC-DC コンバータ向けコモンモードノイズ低減手法に関する研究
今岡　淳	副査	2023 年 9 月	博士（工学）	片桐高大	直流ブラシモータにおけるアーク放電を考慮したスパイクサージおよび電磁ノイズのモデリング手法に関する研究
今岡　淳	主査	2023 年 9 月	博士（工学）	佐々木守	非絶縁 DC-DC コンバータ向けコモンモードノイズ低減手法に関する研究

審査員	主査·副査	年月	学位種別	申請者	論文題目
今岡　淳	副査	2023 年 9 月	博士（工学）	服部文哉	スイッチング周波数の高調波成分に着目した非絶縁および絶縁ゲート GaN HEMT 用駆動回路の研究
今岡　淳	副査	2023 年 9 月	博士（工学）	朴　青云	マルチ入力モジュラー DC-DC コンバータシステムの制御に関する研究
武藤俊介	副査	2024 年 3 月	博士（工学）	仲井文明	Diffusion of Particles in Structureless Media（構造がない媒質中の粒子拡散）
武藤俊介	副査	2024 年 3 月	博士（工学）	浅野秀斗	前期遷移金属窒化物の超高圧合成と結晶化学（Ultra-High Pressure Synthesis and Crystal Chemistry of Early Transition Metal Nitrides）
齋藤　晃	副査	2024 年 3 月	博士（工学）	小島慶太	層状バナデートの分子形成と 前駆的局所歪みに対する 放射光 X 線構造研究
大野哲靖 田中宏彦	主査、副査	2024 年 3 月	博士（工学）	張　容実	タングステン表面でのバンドル状ナノ繊維構造の形成とアーク誘起に関する研究
加藤剛志	副査	2024 年 3 月	博士（工学）	嶺　颯太	非線形光学効果を用いたテラヘルツ波発生・分光技術の高度化
加藤剛志	副査	2024 年 3 月	博士（工学）	川崎晟也	マイクロ波帯・ミリ波帯 GaN IMPATT ダイオードに関する研究
加藤剛志	副査	2024 年 3 月	博士（工学）	東　正志	πジョセフソン接合による巨大等価自己インダクタンスと高伝送係数磁束伝送回路の創出に関する研究
安田耕二	主査	2023 年 3 月	博士（情報学）	酒井基至	有機遷移金属触媒反応における機械学習と反応開発
水口将輝	副査	2024 年 2 月	博士（工学）	XIE Bo	Supercritical Hydrothermal Synthesis of Nonstoichiometric Ga‐based Spinel‐Type Metal Oxide Nanoparticles
長田　実	主査	2024 年 3 月	博士（工学）	常松裕史	Synthesis and Optical Applications of Two-Dimensional Polytungstates
小林　亮	副査	2024 年 3 月	博士（工学）	常松裕史	Synthesis and Optical Applications of Two-Dimensional Polytungstates
成瀬一郎	主査	2024 年 3 月	博士（工学）	Wang Yuxin	Study on elucidation of behaviors and reaction mechanisms of biomass gasification for enhanced energy conversion
成瀬一郎	主査	2024 年 3 月	博士（工学）	片山一昭	鉄鉱石焼結プロセスにおける環境負荷軽減に関する研究

審査員	主査･副査	年月	学位種別	申請者	論文題目
植木保昭	副査	2024 年 3 月	博士（工学）	片山一昭	鉄鉱石焼結プロセスにおける環境負荷軽減に関する研究
笠原次郎	副査	2024 年 3 月	博士（工学）	片山一昭	鉄鉱石焼結プロセスにおける環境負荷軽減に関する研究
笠原次郎	副査	2024 年 3 月	博士（工学）	Wang Yuxin	Study on elucidation of behaviors andreaction mechanisms of biomassgasification for enhanced energyconversion
片山正昭 岡田　啓	副査	2023 年 9 月	博士（工学）	表　英毅	非地上系ネットワークを対象とした電波伝搬測定と国際標準電波伝搬モデルの構築
片山正昭 岡田　啓	副査	2023 年 9 月	博士（工学）	Ruiyi Huang	Stereo-vision-based Simultaneous Visible Light Communication and Range Estimation
片山正昭 岡田　啓	副査	2024 年 3 月	博士（工学）	唐正強	光源の移動による光跡現象を用いたイメージセンサ通信システム
片山正昭	副査	2023 年 9 月	博士（工学）	王　燊	Study on Control Systems for Multi-Three-Phase Motor Drives with Modular Power Supplies & Control Units（モジュラー電源・制御器構造を持つ多重三相モータドライブの制御系の検討）
岡田　啓	副査	2023 年 6 月	博士（情報学）	KHUN Aung Thura Phyo（北陸先端大）	Efficient Cooperative Relaying Medium Access Control Framework for Full-duplex Wireless Networks
加藤丈佳	主査	2023 年 9 月	博士（工学）	Noha Harag	Photovoltaic Power System Control to Increase the Flexibility of Frequency Control in Electric Power System
加藤丈佳	副査	2023 年 9 月	博士（工学）	佐々木守	Study on Common Mode Noise Reduction Methods in Non-Isolated DC-DC Converters
加藤丈佳	副査	2023 年 9 月	博士（工学）	Shen Wang	Study on Control Systems for Multi-Three-Phase motor drivers with Modular Power Supplies & Control Units
林希一郎	主査	2023 年 9 月	博士（工学)	xiaoxun Huang	Comparison and prioritization of potential locations for renewable energy technologies based on resources time footprint
林希一郎	副査	2024 年 3 月	博士（環境学）	ZHANG Ruirui	Historical analysis and future projection of material stock dynamics in buildings and roadways
岩田幹正	副査	2023 年 9 月	博士（工学）	小辻秀幸	自力消弧形 SF6 ガス遮断器の大電流アーク消弧過程における高温ガス挙動と電極間の放電特性に関する研究

4.3 受入学生・研究員

過去 5 年間における学生、研究員の受け入れ実績は、以下のとおりである。

表 4.2 学生・研究員受入れ実績

区分	令和 元 年度	令和 2 年度	令和 3 年度	令和 4 年度	令和 5 年度
学部生	115	128	137	147	148
大学院生					
博士前期課程	243	263	292	325	305
博士後期課程	73	86	91	123	109
ポスト・ドクター					
日本学術振興会特別研究員	0	5	2	0	4
その他	10	15	15	4	6
留学生					
日本学術振興会外国人特別研究員	3	3	3	0	1
その他の留学生	16	2	3	8	21

5. 社会活動

5.1　政府・地方公共団体・独立行政法人の委員等

令和 5 年度は学外の各種委員の実績（延べ人数）として、全体で 57 名、組織別では文部科学省や科学技術振興機構などの政府系で 10 名、地方公共団体で 14 名、国立研究開発法人で 21 名、日本学術振興会などの独立行政法人で 12 名となっている。

5.2　学会・研究会・その他団体の委員等

令和 5 年度はその他委員の実績（延べ人数）として、全体で 259 名、組織別では応用物理学会や電気学会などの学会・研究会で 187 名、国立研究開発法人で 2 名、その他団体の委員で 70 名となっている。

5.3　研究者以外を対象とした研究活動の実施・公開状況

令和 5 年度の研究者以外を対象とした研究活動の実施・公開状況として、全体で 100 件であり、形態別ではシンポジウム・講演会が 58 件、セミナー・公開講座が 24 件、展示会が 9 件、施設見学が 6 件、出前講座が 1 件、その他 2 件となっている。

6. 教員グループの研究成果

6.1 未来エレクトロニクス集積研究センター

6.1.1 未来デバイス部

以下に、令和5年度の成果を教員または研究グループごとにまとめた。

●結晶成長グループ

教授 天野 浩	准教授 本田 善央	特任教授 笹岡 千秋
特任准教授 新田 州吾	特任准教授 冨田 大輔	特任准教授 田中 敦之
特任助教 大西 一生	特任助教 王 嘉	研究員 藤元 直樹
研究員 渡邉 浩崇	研究員 古澤 優太	研究員 蔡 文トウ
助教 鄭 恵貞	客員准教授 分島 彰男	客員准教授 西谷 智博
客員教授 SEONG Tae-Yeon	客員教授 BOĆKOWSKI Michał	客員教授 GRAHAM Samuel
客員教授 XING Huili Grace	客員教授 SCHOWALTER Leo	客員教授 SUBRAMANIAM Arulkumaran
招へい教員 CHOWDHURY Nadim	客員教授 小出 康夫	客員教授 太田 光一
客員教授 松本 功	客員教授 乙木 洋平	客員教授 武藤 浩隆
客員教授 石黒 徹	招へい教員 古来 隆雄	招へい教員 飯田 大輔

研究テーマ

窒化物半導体を用いたパワー・高周波・光デバイスの社会実装加速

研究の背景・目的

今年度も窒化物半導体を用いたデバイスの社会実装加速に向けていくつかの課題に挑戦した。その結果数多くの成果が上がったが、そのうち特に重要な、(1)p型GaNへの低接触抵抗コンタクトの形成法、(2)pn接合ダイオードの逆方向リークの起源、(3)不純物を用いない分布分極ドープp型AlGaNにおける電子及び正孔輸送特性、(4)GaNを用いたIMPATTダイオードによる高出力・高周波発振、(5)GaNの価電子帯の有効質量の違いに基づく正孔輸送異方性評価、(6)ハロゲン輸送気相成長法でのSnドーピングによる超低抵抗厚膜GaN、(7)高Al組成AlGaNによる不純物を使わない分布分極ドープによるpn接合ダイオードの実現の成果について説明する。

(1) p型GaNによるFET実現のために、p型への低抵抗オーミック接触形成が困難であることが課題であった。そこで古典的と言える手法であるMg金属を蒸着して熱処理することによるオーミック接触形成を試みた。
(2) 転位密度が10^4cm^{-2}と低いアモノサーマル法で作製したGaN基板上にpn接合ダイオードを形成し、転位密度が10^6cm^{-2}乗台の市販GaN基板上のpn接合ダイオードと比較して転位による逆方向リークの起源の解明を試みた。
(3) GaN系ヘテロ接合バイポーラトランジスタの電流増幅率を上げる目的で、p型ベース層として不純物を用いない低Al組成分布分極型p型AlGaNを成長させ、その電子輸送特性を評価した。
(4) SiやGaAsと較べて、より高周波で高出力の発振が期待されるpn接合GaNを用いて、IMPATTダイオードを試作した。また高効率発振のために不純物濃度を制御したHi-Lo型構造を試みた。
(5) 高品質・低転位m型GaN基板上にp型GaNを成長させ、c軸方向と垂直方向の抵抗率の評価を行った。
(6) 耐圧1200V程度までの縦型GaNデバイスのオン抵抗低減のために必要な低抵抗基板作製のために、不純物としてこれまで検討例の少なかったSnを用い、比較的低温での成長により高濃度Snドープを試みた。
(7) 昇華法により作製した低転位密度AlN基板上に、コンタクト層の他は不純物を用いない分布分極ドーピングにより高Al組成AlGaNによるpn接合ダイオードを作製した。

成果の概要

(1) $10^{17}cm^{-3}$と比較的低Mg濃度p型GaNでも非線形性の無いオーミック電極形成が可能となり、様々な金属によるショットキーバリアダイオードを作製してそれぞれの仕事関数と障壁高さの関係を初めて実験的に明らかにした。
(2) 転位の無いpn接合ダイオードの作製に成功し、電流–電圧特性の温度依存性などから転位の部分はプールフレンケル型伝導、転位の無い部分は熱電子放出型伝導であることを初めて明らかにした。
(3) 分布分極ドープp型AlGaNの室温における少数キャリア寿命と拡散係数はそれぞれ300psと$20cm^2s^{-1}$程度であり、どちらも同じMg濃度のp型GaNよりも桁違いに優れている事を確認した。
(4) 世界で初めて10GHz帯での発振に成功した。更にHi-Lo構造を用いて、効率は従来の2倍、15GHz帯で25W強、周波数としては37GHzまでの発振を確認した。
(5) ホールバーによるホール効果伝導度測定により、c軸方向と垂直方向の抵抗率の比が1.1であり、有効質量異方性とほぼ同じ比であることを実験的に確かめた。
(6) 従来より低温で成長させることによりSnドープ濃度を正確に制御可能であり、表面平坦で、抵抗率が$10^{-4}\,\Omega\,cm$台の低抵抗GaN厚膜の成長に成功した。
(7) 得られた不純物フリー高Al組成AlGaNpn接合ダイオードは、理論値に近い整流特性を示し、絶縁破壊電界は7.3MV/cmとGaNや4H-SiCの倍以上であった。

発表論文等

Ⅰ．論文（査読のある学術誌等）

a．査読付き論文

[1] Shun Lu, Manato Deki, Takeru Kumabe, Jia Wang, Kazuki Ohnishi, Hirotaka Watanabe, Shugo Nitta, Yoshio Honda, and Hiroshi Amano, Lateral p-type GaN Schottky barrier diode with annealed Mg ohmic contact layer demonstrating ideal current-voltage characteristic, Applied Physics Letters, Vol. 122, Issue 14, 142106 (2023), 2023/4/3
[2] Woong Kwon, Seiya Kawasaki, Hirotaka Watanabe, Atsushi Tanaka, Yoshio Honda, Hirotaka Ikeda, Kenji Iso and Hiroshi Amano, Reverse Leakage Mechanism of Dislocation-Free GaN Vertical p-n Diodes, IEEE Electron Device Letters, Vol. 44, No. 7, pp. 1172-1175, 2023/7
[3] Kotaro Takamure, Yasumasa Iwatani, Hiroshi Amano, Tetsuya Yagi, Tomomi Uchiyama, Inactivation characteristics of a 280nm Deep-UV irradiation dose on aerosolized SARS-CoV-2, Environment International, Vol. 177, 108022, 2023/7
[4] Jeong-Hwan Park, Markus Pristovsek, Wentao Cai, Heajeong Cheong, Chang-Mo Kang, Dong-Seon Lee, Tae-Yeon Seong, and Hiroshi Amano, Dislocation Suppresses Sidewall-Surface Recombination of Micro-LEDs, Laser & Photonics Reviews, Vol. 17, Issue 10, 2300199, 2023/6
[5] Yingying Lin, Hadi Sena, Martin Frentrup, Markus Pristovsek, Yoshio Honda, and Hiroshi Amano, Stress relaxation of AlGaN on nonpolar m-plane GaN substrate, Journal of Applied Physics, Vol. 133, Issue 22, 225702 (2023), 2023/6
[6] Takeru Kumabe, Seiya Kawasaki, Hirotaka Watanabe, Yoshio Honda and Hiroshi Amano, Hole mobility limiting factors in dopant-free p-type distributed polarization-doped AlGaN, Applied Physics Letters, Vol. 122, 252107 (2023), 2023/6/21
[7] Seiya Kawasaki, Takeru Kumabe, Yuto Ando, Manato Deki, Hirotaka Watanabe, Atsushi Tanaka, Yoshio Honda, Manabu Arai, and Hiroshi Amano, Junction Diameter Dependence of Oscillation Frequency of GaN IMPATT Diode Up to 21 GHz, IEEE Electron Device Letters, Vol. 44, Issue 8, pp. 1328-1331, 2023/8
[8] Jeong-Hwan Park, Nan Hu, Mun-Do Park, Jia Wang, Xu Yang, Dong-Seon Lee, Hiroshi Amano and Markus Pristovsek, Impact of graphene state on the orientation of III-nitride, Applied Physics Letters, Vol. 123, Issue 12, 121601(2023), 2023/9/18
[9] Akira Yoshikawa, Ziyi Zhang, Maki Kushimoto, Koji Aoto, Chiaki Sasaoka, Hiroshi Amano, Using low-

temperature growth to resolve the composition pulling effect of UV-C LEDs, Applied Physics Letters, Vol 123, Issue 22, 221105 (2023), 2023/11/29

[10] Takeru Kumabe, Seiya Kawasaki, Hirotaka Watanabe, Yoshio Honda, Hiroshi Amano, Electron lifetime and diffusion coefficient in dopant-free p-type distributed polarization doped AlGaN, Applied Physics Letters, Vol. 123, Issue 25, 252101 (2023), 2023/12/18

[11] Biplab Sarkar, Jia Wang, Oves Badami, Tanmoy Pramanik, Woong Kwon, Hirotaka Watanabe and Hiroshi Amano, Ga-polar GaN Camel diode enabled by a low-cost Mg-diffusion process, Appled Physics Express, Vol. 16, No. 12, 121002, 2023/12/19

[12] Yingying Lin, Jia Wang, Markus Pristovsek, Yoshio Honda, Hiroshi Amano, Anisotropic hole transport along [0001] and [11-$\bar{2}$0] direction in p-doped (10-$\bar{1}$0) GaN, Journal of Applied Physics, Vol. 134, Issue 23, 235701 (2023), 2023/12/21

[13] Kansuke Hamasaki, Kazuki Ohnishi, Shugo Nitta, Naoki Fujimoto, Hirotaka Watanabe, Yoshio Honda, and Hiroshi Amano, Sn-doped n-type GaN layer with high electron density of 10^{20} cm^{-3} grown by halide vapor phase epitaxy, Journal of Crystal Growth, Vol. 628, 127529, 2024/2/15

[14] Daisuke Inahara, Shunsuke Matsuda, Wataru Matsumura, Ryo Okuno, Koki Hanasaku, Taketo Kowaki, Minagi Miyamoto, Yongzhao Yao, Yukari Ishikawa, Atsushi Tanaka, Yoshio Honda, Shugo Nitta, Hiroshi Amano, Satoshi Kurai, Narihito Okada, Yoichi Yamada, Investigation of Electrical Properties of N-Polar AlGaN/AlN Heterostructure Field-Effect Transistors, physica status solidi (a), Volume 220, Issue16, 2200871, 2023/5

[15] Shin Ito, Shin-ichiro Sato, Michał S. Boćkowski, Manato Deki, Hirotaka Watanabe, Shugo Nitta, Yoshio Honda, Hiroshi Amano, Ken-ichi Yoshida, Hideaki Minagawa, Naoto Hagura, Optical activation of praseodymium ions implanted in gallium nitride after ultra-high pressure annealing, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms, Volume 547, February 2024, 165181

[16] Atsushi Kobayashi, Yoshio Honda, Takuya Maeda, Tomoya Okuda, Kohei Ueno and Hiroshi Fujioka, Structural characterization of epitaxial ScAlN films grown on GaN by low-temperature sputtering, Applied Physics Express, Vol. 17, No. 1, 011002, 2023/12/29

[17] Hirotaka Watanabe, Shugo Nitta, Yuto Ando, Kazuki Ohnishi, Yoshio Honda, and Hiroshi Amano, Impacts of off-angle and off-direction on surface morphology of GaN grown by metalorganic vapor phase epitaxy on (0001) GaN substrate, Journal of Crystal Growth, Vol. 628, 127552, 2024/2/15

[18] 張 梓懿，久志本 真希，吉川 陽，笹岡 千秋，Leo J. SCHOWALTER，天野 浩, 単結晶AlN基板を用いたUV-C波長域レーザーダイオード, レーザー研究（「高出力短波長光源開発とその応用技術の進展」特集号）, Vol. 52, No. 1, 6-10, 2024/1/1

[19] Ziyi Zhang, Akira Yoshikawa, Maki Kushimoto, Koji Aoto, Chiaki Sasaoka, and Hiroshi Amano, Impact of unintentionally formed compositionally graded layer on carrier injection efficiency in AlGaN-based deep-ultraviolet laser diodes, Applied Physics Letters, Vol.124, Issue 6, 061109, 2024/2/5

[20] Ziyi Zhang, Akira Yoshikawa, Maki Kushimoto, Chiaki Sasaoka, Hiroshi Amano, Study on Degradation of Deep-Ultraviolet Laser Diode, physica status solidi (a), 2300946, 2024/2/26

[21] Seiya Kawasaki, Takeru Kumabe, Manato Deki, Hirotaka Watanabe, Atsushi Tanaka, Yoshio Honda, Manabu Arai, and Hiroshi Amano, 15 GHz GaN Hi–Lo IMPATT Diodes With Pulsed Peak Power of 25.5 W, IEEE Transactions on Electron Devices, Vol. 71, No. 3, pp. 1408-1415, March 2024

[22] Hisaya Nakagawa, Kosuke Hayashi, Atsuya Miyazawa, Yoshio Honda, Hiroshi Amano, Toru Aoki, and Takayuki Nakano, Temperature Dependence of α -Particle Detection Performance of GaN PIN Diode Detector, Sensors and Materials, Vol. 36, No. 1, 169-176, 2024/1/18

d．その他報告書

[1] 西谷 智博, 半導体フォトカソードからの光電子ビームを用いた微細領域における非接触な電気的検査技術, エレクトロニクス実装学会誌, 26巻5号, 特集記事, 2023/8/1

[2] 笹岡 千秋, AlN基板上に作製したUV-C LDの室温CW発振, 月刊OPTRONICS 5月号, Vol. 42, No. 497,

pp. 68-72, 2023/5/10

[3] 草場彰, 寒川義裕, 久保山哲二, 新田州吾, 白石賢二, 押山淳, GaN有機金属気相成長におけるデジタルツイン開発の現状, 日本結晶成長学会誌 Vol. 50, No. 1 (2023) 50-1-05

[4] 久志本 真希, 張 梓懿, 吉川 陽, 本田 善央, 笹岡 千秋, 天野 浩, 深紫外半導体レーザの室温連続波発振に成功 ―駆動電力を10分の1に低減―, レーザ加工学会誌, Vol. 31 No. 1, pp.42-45, 2024年2月

Ⅲ．解説等

[1] 2023年6月, 田中敦之, レーザを用いたGaN基板のスライス, レーザ加工学会誌, Vol. 3, No. 2 pp.97-99, 一般社団法人レーザ加工学会

Ⅳ．国際学会・口頭発表等

ａ．招待講演

[1] Z. Zhang, M. Kushimoto, A. Yoshikawa, K. Aoto, Y. Honda, L. J. Schowalter, C. Sasaoka, and H. Amano, Demonstration of continuous wave lasing of deep UV Laser diodes on Single-crystal AlN substrate, The 9th International Symposium on Organic and Inorganic Electronic Materials and Related Nanotechnologies (EM-NANO2023),【K-1】, 2023/6/8, 石川県地場産業振興センター , EM-NANO 2023

[2] Hiroshi Amano, Tribute to our predecessor, the late Professor Isamu Akasaki, and the role of nitrides in establishing an earth-friendly, comfortable, convenient and people-friendly society, 14th International Conference on Nitride Semiconductors 2023 (ICNS-14), PL-1, 2023/11/13, ヒルトン福岡シーホーク, ICNS-14

[3] Shugo Nitta, Daisuke Yahara, Yoshio Honda, and Hiroshi Amano, Catalytic enhancement of ammonia reaction by trimethylgallium and its reactants in MOVPE analyzed by TOF-MS isotope tracking, 14th International Conference on Nitride Semiconductors 2023 (ICNS-14), GR5-1, 2023/11/14, ヒルトン福岡シーホーク, ICNS-14

[4] Maki Kushimoto, Ziyi Zhang, Akira Yoshikawa, Koji Aoto, Yoshio Honda, Leo J Schowalter, Chiaki Sasaoka, Hiroshi Amano, Recent Progress of Deep Ultraviolet Laser Diodes on AlN substrate, 14th International Conference on Nitride Semiconductors 2023 (ICNS-14), OD5-1, 2023/11/14, ヒルトン福岡シーホーク, ICNS-14

[5] Yoshiki Saito, Kengo Nagata, Atsushi Miyazaki, Shinya Boyama, Koji Okuno, Masaki Oya, Keita Kataoka, Tetsuo Narita, Kayo Horibuchi, Maki Kushimoto, Yoshio Honda, Hiroshi Amano, Hisanori Ishiguro, Tetsuya Takeuchi, Kohei Shima, Shigefusa F Chichibu, Recent developments in high efficiency for deep UV LEDs, 14th International Conference on Nitride Semiconductors 2023 (ICNS-14), OD13-1, 2023/11/17, ヒルトン福岡シーホーク, ICNS-14

[6] Jeong-Hwan Park, Markus Pristovsek, Wentao Cai, Heajeong Cheong, Chang-Mo Kang, Dong-Seon Lee, Tae-Yeon Seong and Hiroshi Amano, Comparison Study of III-Nitride-Based Blue and Red Micro-Light-Emitting Diode, 23rd International Meeting on Information Display (IMID2023), E29-5, 2023/8/24, 韓国 釜山, The Krean Information Display Society (KIDS), The Society for Information Display (SID)

[7] Narihito Okada, Minagi Miyamoto, Koki Hanasaku, Taketo Kowaki, Daisuke Inahara, Aina Hiyama, Kai Fujii, Satoshi Kurai and Yoichi Yamada, Growth of high quality N-polar AlN on sapphire substrate by metal-organic vapor phase epitaxy, International Conference on Materials and Systems for Sustainability（ICMaSS 2023）, S2-Ⅲ-5 (0191), 2023/12/2, 名古屋大学IB電子情報館, ES館, オークマホール, Organizing committee of ICMaSS2023

[8] Maki Kushimoto, Ziyi Zhang, Akira Yoshikawa, Koji Aoto, Yoshio Honda, Leo J Schowalter, Chiaki Sasaoka, Hiroshi Amano, Development of Room Temperature Continuous-Wave Deep Ultraviolet Laser Diodes, 30th International Display Workshops (IDW '23), PH2-1, 2023/12/7, 朱鷺メッセ 新潟コンベンションセンター , 一般社団法人ディスプレイ国際ワークショップ

[9] A. Tanaka, T. Yui, T. Aratani, K. Hara, H. Watanabe, Y. Honda, A. Wakejima, Y. Ando, H. Amano, Laser slicing of GaN, SPIE Photonics West, Paper 12886-3, 2024/1/29, アメリカ カリフォルニア州 サンフランシスコ, SPIE

b．一般講演（ポスター発表を含む）

[1] A. Tanaka, T. Yui, T. Aratani, K. Hara, D. Kawaguchi, H. Watanabe, T. Kanemura, Y. Nagasato, M. Nagaya, Y. Honda, A. Wakejima, Y. Ando, S. Onda, J. Suda, H. Amano, GaN substrate cut-out process and GaN on GaN device thinning process with laser slicing, International Conference on Compound Semiconductor Manufacturing Technology (CS Mantech), 11.5, 2023/5/17, アメリカ フロリダ州 オーランド, CS Mantech

[2] Jia Wang, Wentao Cai, Shun Lu, Yoshio Honda, and Hiroshi Amano, Observation of Intercalation of Interstitial Mg into GaN, 65th Electronic Materials Conference (EMC 2023), BB05, 2023/6/29, アメリカ カリフォルニア州, MRS

[3] Kansuke Hamasaki, Kazuki Ohnishi, Shugo Nitta, Naoki Fujimoto, Hirotaka Watanabe, Yoshio Honda, Hiroshi Amano, High electron density of Sn-doped GaN layer by halide vapor phase epitaxy, International Conference on Crystal Growth and Epitaxy (ICCGE-20), 2023/8/2, イタリア ナポリ, ICCGE-20

[4] Seiya Kawasaki, Takeru Kumabe, Manato Deki, Hirotaka Watanabe, Atsushi Tanaka, Yoshio Honda, Manabu Arai and Hiroshi Amano, Fabrication of GaN Hi-Lo IMPATT diode, WOCSDICE-EXMATEC 2023, 2023/5/25, イタリア パレルモ, WOCSDICE - EXMATEC 2023

[5] Shin Ito, Shinichiro Sato, Michal Boćkowski, Manato Deki, Hirotaka Watanabe, Shugo Nitta, Yoshio Honda, Hiroshi Amano, Kenichi Yoshida, Hideki Minagawa, Naoto Hagura, Optical Activation of Praseodymium Ions Implanted in GaN after Ultra-High Pressure Annealing, 21st International Conference on Radiation Effects in Insulators (REI-21), PB27, 2023/9/7, 九州大学医学部 百年講堂, REI-21, ポスター発表

[6] Manato Deki, Hirotaka Kawarabayashi, Yoshio Honda, Hiroshi Amano, Evaluation of Switching Characteristics of High Breakdown Voltage GaN-PSJ Transistors at Liquid Nitrogen Temperature, AIAA AVIATION FORUM, EATS-30, 2023/6/16, アメリカ カリフォルニア州　サンディエゴ, AIAA (American Institute of Aeronautics and Astronautics)

[7] Jeong-Hwan Park, Markus Pristovsek, Dong-Seon Lee, Tae-Yeon Seong, and Hiroshi Amano, Red and blue InGaN μLEDs: Lessons learned for sidewall recombination, 14th International Conference on Nitride Semiconductors 2023 (ICNS-14), OD14-1, 2023/11/17, ヒルトン福岡シーホーク, ICNS-14

[8] Jia Wang, Haitao Wang, Yasuyoshi Kurokawa, Noritaka Usami, Hiroshi Amano, Enhanced triboelectric effect in an N-polar GaN/p-Si dynamic p-n junction for DC generators, 14th International Conference on Nitride Semiconductors 2023 (ICNS-14), TuP-ED-29, 2023/11/14, ヒルトン福岡シーホーク, ICNS-14, ポスター発表

[9] Kazuki Ohnishi, Kansuke Hamasaki, Naoki Fujimoto, Shugo Nitta, Hirotaka Watanabe, Yoshio Honda, and Hiroshi Amano, Thermodynamic analysis for halide vapor phase epitaxy of Sn-doped n-type GaN, 14th International Conference on Nitride Semiconductors 2023 (ICNS-14), MoP-GR-34, 2023/11/13, ヒルトン福岡シーホーク, ICNS-14, ポスター発表

[10] Yoshio Honda, Yuta Furusawa, Ryoko Tsukamoto, Yoshiki Saito, Koji Okuno, Kengo Nagata, Shinya Boyama, Atsushi Miyazaki, Maki Kushimoto, and Hiroshi Amano, Process for separating AlGaN-based LED structures from sapphire substrates by photoelectrochemical etching, 14th International Conference on Nitride Semiconductors 2023 (ICNS-14), MoP-OD-28, 2023/11/13, ヒルトン福岡シーホーク, ICNS-14, ポスター発表

[11] Hirotaka Watanabe, Shugo Nitta, Naoki Fujimoto, Seiya Kawasaki, Takeru Kumabe, Kazuki Ohnishi, Yoshio Honda, and Hiroshi Amano, Effects of growth pressure on TMGa decomposition and carbon incorporation in GaN MOVPE, 14th International Conference on Nitride Semiconductors 2023 (ICNS-14), ThP-GR-14, 2023/11/16, ヒルトン福岡シーホーク, ICNS-14, ポスター発表

[12] Tatsuhiro Tanaka, Maki Kushimoto, Yoshio Honda, and Hiroshi Amano, Demonstration of UV-C LEDs utilizing p-GaN/MgZnO:Ga hetero-tunnel junction, 14th International Conference on Nitride Semiconductors 2023 (ICNS-14), OD13-2, 2023/11/17, ヒルトン福岡シーホーク, ICNS-14

[13] Kansuke Hamasaki, Kazuki Ohnishi, Shugo Nitta, Naoki Fujimoto, Hirotaka Watanabe, Yoshio Honda, and Hiroshi Amano, HVPE growth of thick Sn-doped GaN layers for preparing low-resistivity n-type GaN substrates, 14th International Conference on Nitride Semiconductors 2023 (ICNS-14), GR1-4, 2023/11/13, ヒル

トン福岡シーホーク, ICNS-14

[14] Daisuke Yahara, Shugo Nitta, Yoshio Honda and Hiroshi Amano, Time-of-flight mass spectrometry gas-phase reaction analysis of trimethylindium in MOVPE, 14th International Conference on Nitride Semiconductors 2023 (ICNS-14), TuP-GR-29, 2023/11/14, ヒルトン福岡シーホーク, ICNS-14, ポスター発表

[15] Shun Lu, Manato Deki, Takeru Kumabe, Jia Wang, Kazuki Ohnishi, Hirotaka Watanabe, Shugo Nitta, Yoshio Honda, and Hiroshi Amano, Lateral p-type GaN Schottky barrier diode using annealed Mg ohmic contact layer on low-Mg-concentration p-GaN, 14th International Conference on Nitride Semiconductors 2023 (ICNS-14), ED1-3, 2023/11/13, ヒルトン福岡シーホーク, ICNS-14

[16] Seiya Kawasaki, Takeru Kumabe, Manato Deki, Hirotaka Watanabe, Atsushi Tanaka, Yoshio Honda, Manabu Arai and Hiroshi Amano, 15 GHz GaN Hi-Lo IMPATT diodes with pulsed peak power of 25.5 W, 14th International Conference on Nitride Semiconductors 2023 (ICNS-14), ED9-6, 2023/11/16, ヒルトン福岡シーホーク, ICNS-14

[17] Biplab Sarkar, Hirotaka Watanabe, Jia Wang, Hiroshi Amano, A Record Knee-voltage and Suppressed Leakage Current in N-polar GaN Unipolar Diode, 14th International Conference on Nitride Semiconductors 2023 (ICNS-14), ED-4-4, 2023/11/14, ヒルトン福岡シーホーク, ICNS-14

[18] Biplab Sarkar, Hiroshi Amano, On GaN HEMT Small Signal Models at mm-wave Bands: Importance of Identifying the Poles, 14th International Conference on Nitride Semiconductors 2023 (ICNS-14), MoP-ED-5, 2023/11/13, ヒルトン福岡シーホーク, ICNS-14, ポスター発表

[19] Hiroki Shimazu, Shin-ichi Nishizawa, Shugo Nitta, Hiroshi Amano, Daisuke Nakamura, Suppression of Polycrystal Formation on for Long-term growth with Halogen-Free Vapor Phase Epitaxy, 14th International Conference on Nitride Semiconductors 2023 (ICNS-14), GR2-2, 2023/11/13, ヒルトン福岡シーホーク, ICNS-14

[20] Akira Yoshikawa, Ziyi Zhang, Maki Kushimoto, Koji Aoto, Chiaki Sasaoka, Hiroshi Amano, Realization of AlN electron blocking layer with abrupt interface and its subsequent improvement in UV-C light-emitting device characteristics, 14th International Conference on Nitride Semiconductors 2023 (ICNS-14), MoP-GR-8, 2023/11/13, ヒルトン福岡シーホーク, ICNS-14, ポスター発表

[21] Shun Nishikawa, Yusaku Hashimoto, Seiya Kawasaki, Genichiro Wakabayashi, Yoshio Honda, Hiroshi Amano, Norikazu Ito, Taketoshi Tanaka, Ken Nakahara, Yoku Inoue, Toru Aoki, Takayuki Nakano, Fabrication and evaluation of BGaN neutron detectors using Si and QST substrate, 14th International Conference on Nitride Semiconductors 2023 (ICNS-14), TuP-GR-26, 2023/11/14, ヒルトン福岡シーホーク, ICNS-14, ポスター発表

[22] Yuji Mukaiyama, Hirotaka Watanabe, Shugo Nitta, Masaya Iizuka, Hiroshi Amano, Modeling and validation of carbon incorporation in GaN epitaxial growth by MOVPE method, 14th International Conference on Nitride Semiconductors 2023 (ICNS-14), TuP-GR-42, 2023/11/14, ヒルトン福岡シーホーク, ICNS-14, ポスター発表

[23] Ziyi Zhang, Maki Kushimoto, Akira Yoshikawa, Chiaki Sasaoka, Hiroshi Amano, Study on degradation of deep ultraviolet laser diode, 14th International Conference on Nitride Semiconductors 2023 (ICNS-14), ThP-OD-24, 2023/11/16, ヒルトン福岡シーホーク, ICNS-14, ポスター発表

[24] Ryohei Kudo, Tatsuhiro Sakurai, Seiya Kawasaki, Tetsuichi Kishishita, Yoshinori Sakurai, Hiroshi Yashima, Takahiro Makino, Takeshi Ohshima, Yoshio Honda, Hiroshi Amano, Yoku Inoue, Toru Aoki, Takayuki Nakano, Fabrication and characterization of BGaN diodes for nuclear instrumentation system, 14th International Conference on Nitride Semiconductors 2023 (ICNS-14), ThP-ED-25, 2023/11/16, ヒルトン福岡シーホーク, ICNS-14, ポスター発表

[25] Seiya Kawasaki, Hirotaka Watanabe, Kentaro Nonaka, Tomohiko Sugiyama, Yoshitaka Kuraoka, Shugo Nitta, Atsushi Tanaka, Yoshio Honda, and Hiroshi Amano, GaN Vertical p-n Junction Diode on GaN Substrate Grown by Na-Flux Method with Avalanche Capability and Demonstration of 100 A (pulsed) Operation, 2023 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM2023), N-1-04, 2023/9/6, 名古屋国際会議場, SSDM2023 Organizing Committee

[26] T. Fujita, S.-I. Sato, M. Deki, H. Watanabe, S. Nitta, Y. Honda, H. Amano, and H. Tsuchida, Analysis of

single ion induced signals in gallium nitrides toward deterministic single-ion implantation, 26th International Conference on Ion Beam Analysis, 18th International Conference on Particle Induced X-ray Emission (IBA-PIXE2023), 13a-B-3 , 2023/10/13, 富山国際会議場, IBA-PIXE2023

[27] Takeru Kumabe, Seiya Kawasaki, Hirotaka Watanabe, Yoshio Honda, and Hiroshi Amano, Minority and Majority Carrier Properties in Dopant-free p-type Distributed-polarization Doped AlGaN: Towards Application in Bipolar Devices, Lester Eastman Conference on High Performance Devices (LEC 2023), 2023/8/9, アメリカ イリノイ州 シカゴ, LEC2023

[28] T. Kumabe, A. Yoshikawa, M. Kushimoto, Y. Honda, M. Arai, J. Suda, and H. Amano, Demonstration of AlN-based Vertical p-n Diodes with Dopant-Free Distributed-Polarization Doping, 69th Annual IEEE International Electron Devices Meeting (IEDM), 26-3 , 2023/12/12, アメリカ カリフォルニア州 サンフランシスコ, IEEE

[29] Eito Kokubo, Hirotaka Watanabe, Manato Deki, Atsushi Tanaka, Shugo Nitta, Yoshio Honda, Hiroshi Amano, Fabrication of GaN Polarization Super Junction (PSJ) FET with built-in freewheeling diode, International Conference on Materials and Systems for Sustainability（ICMaSS 2023）, S2-Ⅲ-8 (0183), 2023/12/2, 名古屋大学IB電子情報館, ES館, オークマホール, Organizing committee of ICMaSS2023

[30] Ren Obata, Takeru Kumabe, Hirotaka Watanabe, Manato Deki, Yoshio Honda and Hiroshi Amano, Electrical characteristics of Al2O3/LT-AlN/GaN MIS capacitors fabricated by in situ growth, International Conference on Materials and Systems for Sustainability（ICMaSS 2023）, S2-Ⅱ-2 (0198), 2023/12/2, 名古屋大学IB電子情報館, ES館, オークマホール, Organizing committee of ICMaSS2023

[31] Heajeong Cheong, Takashi Nakamura, Atsushi Tanaka, Hiroshi Amano, Investigation of electric and magnetic field responses of GaN using a single-mode microwave annealing, International Conference on Materials and Systems for Sustainability（ICMaSS 2023）, S2-Ⅲ-2 (0222), 2023/12/2, 名古屋大学IB電子情報館, ES館, オークマホール, Organizing committee of ICMaSS2023

[32] Shin-ichiro Sato, Manato Deki, Hirotaka Watanabe, Shugo Nitta, Yoshio Honda, and Hiroshi Amano, Nanoscale Temperature Sensing Using Praseodymium Ions Implanted in Gallium Nitride Semiconductors, International Conference on Materials and Systems for Sustainability（ICMaSS 2023）, A3-P-14 (0108), 2023/12/2, 名古屋大学IB電子情報館, ES館, オークマホール, Organizing committee of ICMaSS2023, ポスター発表

[33] Aina Hiyama Zazuli, Daisuke Inahara, Ryosuke Ninoki, Koki Hanasaku, Taketo Kowaki, Minagi Miyamoto, Kai Fujii, Taisei Kimoto, Satoshi Kurai, Narihito Okada, Atsushi Tanaka, Shugo Nitta, Yoshio Honda, Hiroshi Amano and Yoichi Yamada, Improvement of electrical properties of N-polar GaN/AlN high electron mobility transistor, International Conference on Materials and Systems for Sustainability（ICMaSS 2023）, S2-Ⅲ-7 (0204), 2023/12/2, 名古屋大学IB電子情報館, ES館, オークマホール, Organizing committee of ICMaSS2023

[34] Ryohei Kudo, Tatsuhiro Sakurai, Seiya Kawasaki, Tetsuichi Kishishita, Yoshinori Sakurai, Hiroshi Yashima, Takahiro Makino, Takeshi Ohshima, Yoshio Honda, Hiroshi Amano, Yoku Inoue, Toru Aoki and Takayuki Nakano, Development of BGaN diodes with high radiation tolerance for nuclear instrumentation system, International Conference on Materials and Systems for Sustainability（ICMaSS 2023）, S2-Ⅱ-4 (0180), 2023/12/2, 名古屋大学IB電子情報館, ES館, オークマホール, Organizing committee of ICMaSS2023

[35] Anna Honda, Hirotaka Watanabe, Wakana Takeuchi, Yoshio Honda, Hiroshi Amano and Takeshi Kato, Study of carbon behavior in highly carbon-doped GaN crystal, International Conference on Materials and Systems for Sustainability（ICMaSS 2023）, S2-Ⅲ-3 (0209), 2023/12/2, 名古屋大学IB電子情報館, ES館, オークマホール, Organizing committee of ICMaSS2023

[36] Taketo Haruki, Shogo Ando, Tetsuya Yagi, Hiroshi Amano, Yasumasa Iwatani, Kotaro Takamure and Uchiyama Tomomi, Measurement of particle collection efficiency of flat plate electrode type electrostatic precipitator, International Conference on Materials and Systems for Sustainability（ICMaSS 2023）, A8-P-2 (0016), 2023/12/2, 名古屋大学IB電子情報館, ES館, オークマホール, Organizing committee of ICMaSS2023, ポスター発表

[37] Yuya Nagashima, Hirotaka Watanabe, Syugo Nitta, Akira Kusaba, Yoshihiro Kangawa, Kenji Shiraishi, Theoretical analysis of TMI degradation pathway in InN MOVPE growth, 14th International Conference on Nitride Semiconductors 2023 (ICNS-14), TuP-GR-31, 2023/11/14, ヒルトン福岡シーホーク, ICNS-14, ポスター発表

[38] Atsushi Kobayashi, Yoshio Honda, Takuya Maeda, Kohei Ueno, Hiroshi Fujioka, Structural Properties of Epitaxial ScAlN Films Grown by Sputtering: Experimental, and Machine Learning Approaches, 14th International Conference on Nitride Semiconductors 2023 (ICNS-14), GR13-2, 2023/11/16, ヒルトン福岡シーホーク, ICNS-14

[39] Tomohiro Nishitani, Yuta Arakawa, Kotaro Niimi, Yohei Otsuka, Daiki Sato, Atsushi Koizumi, Haruka Shikano, Hokuto Iijima, Yoshio Honda, Hiroshi Amano, Photoelectron beam from semiconductor photocathodes leading to new inspection technologies, SPIE Advanced Lithography + Patterning, Paper 12955-110, 2024/2/28, アメリカ カリフォルニア州 サンノゼ, SPIE, ポスター発表

[40] Daiki Sato, Yuta Arakawa, Kotaro Niimi, Atsushi Koizumi, Haruka Shikano, Hokuto Iijima, Tomohiro Nishitani, Yoshio Honda, Hiroshi Amano, Local voltage contrast changes in MOSFET using scanning electron microscopy with photoelectron beam technology, SPIE Advanced Lithography + Patterning, Paper 12955-78, 2024/2/28, アメリカ カリフォルニア州 サンノゼ, SPIE, ポスター発表

[41] Yuta Arakawa, Kotaro Niimi, Yohei Otsuka, Daiki Sato, Atsushi Koizumi, Haruka Shikano, Hokuto Iijima, Tomohiro Nishitani, Yoshio Honda, Hiroshi Amano, SEM imaging of high aspect ratio trench by selectively controlling the electron beam irradiation using photocathode, SPIE Advanced Lithography + Patterning, Paper 12955-111, 2024/2/28, アメリカ カリフォルニア州 サンノゼ, SPIE, ポスター発表

Ⅴ．国内学会・口頭発表等

a．招待講演

[1] 田中 敦之, GaN基板のレーザ加工, 砥粒加工学会第108回研究会, 公益社団法人砥粒加工学会 次世代固定砥粒加工プロセス専門委員会, TKP 東京駅大手町カンファレンスセンター /オンライン, 2023/4/14

[2] 田中 敦之, GaN 結晶のレーザスライスとその動向, 公益社団法人精密工学会プラナリゼーションCMPとその応用技術専門委員会第206回研究会, 公益社団法人精密工学会　プラナリゼーションCMPとその応用技術専門委員会, 主婦会館プラザエフ/オンライン, 2023/4/26

[3] 大西 一生, 濵﨑 乾輔, 藤元 直樹, 新田 州吾, 本田 善央, 天野 浩, 縦型パワーデバイス用途に向けたGaNのHVPE成長, 第15回ナノ構造エピタキシャル成長講演会, ナノ構造エピタキシャル成長講演会, 山形テルサ, Th-I01, 2023/6/15

[4] 新田 州吾, 渡邉 浩崇, 大西 一生, 本田 善央, 天野 浩, パワーデバイスのためのMOVPEおよびHVPE成長GaNの不純物制御, 公益社団法人応用物理学会 応用電子物性分科会/結晶工学分科会 合同研究会次世代ワイドギャップパワーデバイスの最前線, 公益社団法人応用物理学会 応用電子物性分科会/結晶工学分科会, ウインクあいち/オンライン, 2023/6/13

[5] 宇佐美 茂佳, 東山 律子, 滝野 淳一, 太田 博, 渡邉 浩崇, 今西 正幸, 隅 智亮, 岡山 芳央, 三島 友義, 新田 州吾, 本田 善央, 吉村 政志, 秦 雅彦, 伊勢村 雅士, 天野 浩, 森 勇介, OVPE法を用いたGaNのエピタキシャル成長とパワーデバイス応用, 第84回応用物理学会秋季学術講演会, 応用物理学会, 熊本城ホール（他3会場）, 20a-B101-7, 2023/9/20

[6] 田中 敦之, GaN基板・デバイスのレーザスライス, 先進パワー半導体分科会 第10回講演会, 応用物理学会分科会, ANAクラウンプラザホテル金沢, 2023/11/30

[7] 松本 功, 化合物半導体の有機気相堆積装置開発と産学連携に関する功績, 第52回結晶成長国内会議（JCCG-52）, 日本結晶成長学会, ウインクあいち, 2023/12/5

[8] 張 梓懿, 久志本 真希, 吉川 陽, 笹岡 千秋, 天野 浩, 深紫外線レーザーダイオードにおける室温連続発振の実現, 第52回結晶成長国内会議（JCCG-52）, 日本結晶成長学会, ウインクあいち, 2023/12/5

[9] 張 梓懿, 久志本 真希, 吉川 陽, 青戸 孝至, Schowalter Leo J., 笹岡 千秋, 天野 浩, 単結晶AlN基板を用いた深紫外波長域レーザーダイオード, 第71回応用物理学会春季学術講演会, 応用物理学会, 東京都市大

学 世田谷キャンパス/オンライン, 23p-11E-1, 2024/3/23

b．一般講演（ポスター発表を含む）

[1] 山田 悠斗, 隈部 岳瑠, 渡邉 浩崇, 大西 一生, 新田 州吾, 本田 善央, 天野 浩, 四元混晶AlGaInNのデバイス応用と混晶比制御・決定方法の提案, 第15回ナノ構造エピタキシャル成長講演会, ナノ構造エピタキシャル成長講演会, 山形テルサ, Th-P16, 2023/6/15

[2] 小幡 蓮, 隈部 岳瑠, 渡邉 浩崇, 出来 真斗, 本田 善央, 天野 浩, GaNの表面保護プロセスがGaN/絶縁膜界面特性に与える影響, 第15回ナノ構造エピタキシャル成長講演会, ナノ構造エピタキシャル成長講演会, 山形テルサ, Th-P17, 2023/6/15

[3] 大西 一生, 濵﨑 乾輔, 藤元 直樹, 新田 州吾, 渡邉 浩崇, 本田 善央, 天野 浩, Sn添加GaNのHVPE成長に向けた熱力学的検討, 第84回応用物理学会秋季学術講演会, 応用物理学会, 熊本城ホール（他3会場）, 20a-B101-3, 2023/9/20

[4] 小久保 瑛斗, 渡邉 浩崇, 田中 敦之, 出来 真斗, 新田 州吾, 本田 善央, 天野 浩, フリーホイールダイオードを内蔵したソース接続PSJトランジスタのシミュレーション及び作製, 第84回応用物理学会秋季学術講演会, 応用物理学会, 熊本城ホール（他3会場）, 23a-B201-2, 2023/9/23

[5] 濵﨑 乾輔, 大西 一生, 新田 州吾, 藤元 直樹, 渡邉 浩崇, 本田 善央, 天野 浩, 高電子密度Sn添加GaNのHVPE成長, 第84回応用物理学会秋季学術講演会, 応用物理学会, 熊本城ホール（他3会場）, 20a-B101-4, 2023/9/20

[6] 川崎 晟也, 隈部 岳瑠, 出来 真斗, 渡邉 浩崇, 田中 敦之, 本田 善央, 新井 学, 天野 浩, マイクロ波帯Hi-Lo型GaN IMPATTダイオードにおけるLo層ドナー濃度が入出力特性に与える影響, 第84回応用物理学会秋季学術講演会, 応用物理学会, 熊本城ホール（他3会場）, 21p-B201-16, 2023/9/21

[7] 出射 幹也, 佐藤 大樹, 小泉 淳, 西谷 智博, 本田 善央, 天野 浩, 貫通転移密度の異なるInGaNフォトカソードの電子放出特性, 第84回応用物理学会秋季学術講演会, 応用物理学会, 熊本城ホール（他3会場）, 20p-A501-10, 2023/9/20

[8] 櫻井 辰大, 工藤 涼兵, 川崎 晟也, 岸下 徹一, 櫻井 良憲, 八島 浩, 牧野 高紘, 大島 武, 本田 善央, 天野 浩, 井上 翼, 青木 徹, 中野 貴之, 高ドーズ中性子照射場における BGaN 検出器の放射線検出特性評価, 第84回応用物理学会秋季学術講演会, 応用物理学会, 熊本城ホール（他3会場）, 19p-A306-10, 2023/9/19

[9] 工藤 涼兵, 櫻井 辰大, 川崎 晟也, 岸下 徹一, 櫻井 良憲, 八島 浩, 牧野 高紘, 大島 武, 本田 善央, 天野 浩, 井上 翼, 青木 徹, 中野 貴之, 過酷環境下での動作を目指したBGaNダイオードの作製と諸特性評価, 第84回応用物理学会秋季学術講演会, 応用物理学会, 熊本城ホール（他3会場）, 20p-B101-6, 2023/9/20

[10] 西川 瞬, 橋本 優作, 川崎 晟也, 若林 源一郎, 本田 善央, 天野 浩, 伊藤 範和, 田中 岳利, 中原 健, 井上 翼, 青木 徹, 中野 貴之, Si 基板及び QST 基板上への BGaN 成長を用いた 中性子検出器の作製と評価, 第84回応用物理学会秋季学術講演会, 応用物理学会, 熊本城ホール（他3会場）, 20p-B101-7, 2023/9/20

[11] 宇佐美 茂佳, 太田 博, 渡邉 浩崇, 今西 正幸, 新田 州吾, 本田 善央, 三島 友義, 天野 浩, 森 勇介, ドリフト層幅の異なるGaN pn接合ダイオードを用いた伝導度変調の解析, 第84回応用物理学会秋季学術講演会, 応用物理学会, 熊本城ホール（他3会場）, 21p-B201-15, 2023/9/21

[12] 秩父 重英, 大西 一生, 新田 州吾, 本田 善央, 天野 浩, 嶋 紘平, HVPE成長Mg添加p型GaNのフォトルミネッセンススペクトル, 第84回応用物理学会秋季学術講演会, 応用物理学会, 熊本城ホール（他3会場）, 22a-B201-3, 2023/9/22

[13] 伊東 俊祐, 土屋 洋一, 田中 敦之, 須賀 唯知, 分島 彰男, GaN HEMTの実測温度特性を用いた変調動作下の熱過渡特性解析, 第84回応用物理学会秋季学術講演会, 応用物理学会, 熊本城ホール（他3会場）, 22a-B201-10, 2023/9/22

[14] 大崎 賢司, 土屋 洋一, 齊藤 裕人, 田中 敦之, 須賀 唯知, マルティネス ノラ, 竹馬 克洋, 分島 彰男, 二層カーボンコンポジット高熱伝導材によるGaNデバイスの低熱抵抗化, 第84回応用物理学会秋季学術講演会, 応用物理学会, 熊本城ホール（他3会場）, 23a-B201-10, 2023/9/23

[15] T. Nishitani, Y. Arakawa, S. Noda, K. Niimi, D. Sato, D. Yasufuku, A. Koizumi, H. Shikano, H. Iijima, Y. Honda and H. Amano, Non-contact electrical operation of MOSFET and its simultaneous observation by photo e-beam from semiconductor photocathode, 応用物理学会次世代リソグラフィ技術研究会ワークショップ（NGL2023）, 応用物理学会次世代リソグラフィ技術研究会, 東京工業大学蔵前会館, P16, 2023/7/6, ポスター発表

[16] Kazuki Takahashi, Daiki Iwata, Takeru Kumabe, Seiya Kawasaki, Hirotaka Watanabe, Yoshio Honda, and Hiroshi Amano, Investigation of device structure of GaN/AlN resonant tunneling diodes by MOVPE for high-power THz oscillation, 第42回電子材料シンポジウム（EMS42）, 電子材料シンポジウム, ダイワロイヤルホテル　THE KASHIHARA　(奈良県橿原市）, Th1-17, 2023/10/12, 口頭及びポスター発表

[17] Masaya Takeda, Yuta Itoh, Takeru Kumabe, Seiya Kawasaki, Hirotaka Watanabe, Yoshio Honda, and Hiroshi Amano, Fabrication of lateral GaN p-n junction diode by diffusion of Mg using Mg/GaN mixture, 第42回電子材料シンポジウム（EMS42）, 電子材料シンポジウム, ダイワロイヤルホテル　THE KASHIHARA　(奈良県橿原市）, Th3-9, 2023/10/12, 口頭及びポスター発表

[18] Yuta Itoh, Masaya Takeda, Hirotaka Watanabe, Manato Deki, Shugo Nitta, Yoshio Honda, Atsushi Tanaka, and Hiroshi Amano, Highly effective activation of Mg-diffused p-type GaN using Mg/GaN mixed crystal, 第42回電子材料シンポジウム（EMS42）, 電子材料シンポジウム, ダイワロイヤルホテル　THE KASHIHARA　(奈良県橿原市）, Fr1-15, 2023/10/13, 口頭及びポスター発表

[19] 大原 悠樹, 出来 真斗, 陸 順, 大西 一生, 渡邉 浩崇, 本田 善央, 天野 浩, HVPE 法及びMOVPE法により成長させた低Mg濃度p型GaNの準位, 第10回 応用物理学会 名古屋大学スチューデントチャプター東海地区学術講演会, 応用物理学会 名古屋大学 スチューデントチャプター , 名古屋大学 IB電子情報館 中棟 1F, B5, 2023/11/3

[20] 伊藤 佑太, 渡邉 浩崇, 出来 真斗, 新田 州吾, 田中 敦之, 本田 善夫, 天野　浩, Mgの熱拡散によるp型GaNの実現とデバイス応用への課題, 電子情報通信学会 レーザ・量子エレクトロニクス研究会(LQE) / 電子デバイス研究会(ED) / 電子部品・材料研究会(CPM), 電子情報通信学会, アクトシティ浜松, ED2023-19, CPM2023-61, LQE2023-59, 2023/11/30

[21] 渡邉 浩崇, 新田 州吾, 藤元 直樹, 川崎 晟也, 隈部 岳瑠, 大西 一生, 本田 善央 , 天野　浩, MOVPEを用いた（0001）面上への低炭素GaNの成長, 電子情報通信学会 レーザ・量子エレクトロニクス研究会(LQE) / 電子デバイス研究会(ED) / 電子部品・材料研究会(CPM), 電子情報通信学会, アクトシティ浜松, ED2023-20, CPM2023-62, LQE2023-60, 2023/11/30

[22] 向山 裕次，飯塚 将也，新田 州吾，渡邉 浩崇，天野 浩, MOVPE法によるGaNエピタキシャル成長における炭素混入に関する数値解析とその評価, 第36回計算力学講演会（CMD2023）, 日本機械学会, 豊橋商工会議所, OS-1406, 2023/10/27

[23] 長嶋佑哉, 渡邉浩崇, 新田州吾, 草場彰，寒川義裕，白石賢二, InN MOVPE 成長における TMI 分解・反応経路の理論的解析, 第84回応用物理学会秋季学術講演会, 応用物理学会, 熊本城ホール（他3会場）, 19a-B101-4, 2023/9/19

[24] 田中 敦之, Laser slicing of GaN, GaNコンソーシアム特別講演会, GaNコンソーシアム, 名古屋大学 オークマホール, 2024/2/2

[25] 天野　浩, 社会実装を目指したGaN縦型パワーデバイス作製技術の確立, INNOPELシンポジウム2023, 文部科学省, 文部科学省 第1講堂, 2024/2/28

[26] 川崎 晟也, 隈部 岳瑠, 出来 真斗, 渡邉 浩崇, 田中 敦之, 本田 善央, 新井 学, 天野 浩, K-Ka帯GaN IMPATTダイオードの作製, 2024 年 電子情報通信学会 総合大会, 電子情報通信学会, 広島大学 東広島キャンパス, C-2A-09, 2024/3/6

[27] 渡邉 浩崇, 新田 州吾, 藤元 直樹, 川崎 晟也, 隈部 岳瑠, 本田 善央, 天野 浩, GaN MOVPE成長における炉内圧力がTMGa分解と結晶中のC取り込みに及ぼす効果, 第71回応用物理学会春季学術講演会, 応用物理学会, 東京都市大学 世田谷キャンパス/オンライン, 23a-21C-9, 2024/3/23

[28] 權 熊, 伊藤 佑太, 川崎 晟也, 渡邉 浩崇, 田中 敦之, 本田 善央, 天野 浩, 高温熱処理がn-GaNショットキーバリアダイオードの電流-電圧特性に与える影響, 第71回応用物理学会春季学術講演会, 応用物理

学会, 東京都市大学 世田谷キャンパス/オンライン, 24a-52A-6, 2024/3/24

[29] 隈部 岳瑠, 吉川 陽, 川崎 晟也, 久志本 真希, 本田 善央, 新井 学, 須田 淳, 天野 浩, 分布型分極ドーピングによるAlN系縦型p-nダイオードの実証, 第71回応用物理学会春季学術講演会, 応用物理学会, 東京都市大学 世田谷キャンパス/オンライン, 23a-21C-3, 2024/3/23

[30] 豊田 拓輝, 川崎 晟也, 古澤 優太, 塚本 涼子, 本田 善央, 天野 浩, ミリ波GaN IMPATTダイオード作製に向けた光化学(PEC)エッチングプロセスの開発, 第71回応用物理学会春季学術講演会, 応用物理学会, 東京都市大学 世田谷キャンパス/オンライン, 24p-52A-4, 2024/3/24

[31] 李 熙根, 出来 真斗, 陸 順, 渡邉 浩崇, 藤元 直樹, 新田 州吾, 本田 善央, 天野 浩, FG構造を用いたGaN-MOSキャパシタのフラットバンド電圧シフト, 第71回応用物理学会春季学術講演会, 応用物理学会, 東京都市大学 世田谷キャンパス/オンライン, 22p-P04-11, 2024/3/22, ポスター発表

[32] 濵﨑 乾輔, 大西 一生, 新田 州吾, 藤元 直樹, 渡邉 浩崇, 本田 善央, 天野 浩, 低抵抗n型GaN基板作製に向けた高濃度Sn添加GaNのHVPE成長, 第71回応用物理学会春季学術講演会, 応用物理学会, 東京都市大学 世田谷キャンパス/オンライン, 23p-21C-6, 2024/3/23

[33] 小久保 瑛斗, 渡邉 浩崇, 出来 真斗, 田中 敦之, 新田 州吾, 本田 善央, 天野 浩, フリーホイールダイオードを内蔵したソース接続分極超接合トランジスタの飽和電流増加構造の検討, 第71回応用物理学会春季学術講演会, 応用物理学会, 東京都市大学 世田谷キャンパス/オンライン, 24p-52A-13, 2024/3/24

[34] 鄭 恵貞, Park Jeong Hwan, Pristovsek Markus, Kown Woong, 天野 浩, マイクロLEDの外部量子効率向上に向けたSiN中間膜の影響, 第71回応用物理学会春季学術講演会, 応用物理学会, 東京都市大学 世田谷キャンパス/オンライン, 25a-P03-4, 2024/3/25, ポスター発表

[35] 伊藤 佑太, 權 熊, 川崎 晟也, 渡邉 浩崇, 出来 真斗, 新田 州吾, 本田 善央, 田中 敦之, 天野 浩, 貫通転位密度の異なる自立 GaN 基板上にN/Mg イオン注入により作製した p-n 接合ダイオードの電気特性, 第71回応用物理学会春季学術講演会, 応用物理学会, 東京都市大学 世田谷キャンパス/オンライン, 24a-52A-5, 2024/3/24

[36] 久志本 真希 , 本田 善央 , 天野 浩, 深紫外AlGaN系発光デバイスの技術進展: UVC-LD, 深紫外LEDコンタクト層開発, 第71回応用物理学会春季学術講演会, 応用物理学会, 東京都市大学 世田谷キャンパス/オンライン, 24p-61C-6, 2024/3/24

[37] 工藤 涼兵, 櫻井 辰大, 小久保 瑛斗, 川崎 晟也, 都木 克之, 西澤 潤一, 岸下 徹一, 櫻井 良憲, 八島 浩, 牧野 高紘, 大島 武, 本田 善央, 天野 浩, 井上 翼, 青木 徹, 中野 貴之, 耐環境性向上を目指した低 B 組成 BGaN 中性子検出器の作製と評価, 第71回応用物理学会春季学術講演会, 応用物理学会, 東京都市大学 世田谷キャンパス/オンライン, 23p-P01-6, 2024/3/23, ポスター発表

[38] 櫻井 辰大, 安藤 光佑, 工藤 涼兵, 川崎 晟也, 都木 克之, 西澤 潤一, 日野 正裕, 本田 善央, 天野 浩, 井上 翼, 青木 徹, 中野 貴之, 長波長中性子ビームを用いたBGaN検出器の中性子検出特性評価, 第71回応用物理学会春季学術講演会, 応用物理学会, 東京都市大学 世田谷キャンパス/オンライン, 23p-P01-7, 2024/3/23, ポスター発表

[39] 古橋 優, 石井 達也, 宇佐美 茂佳, 森 勇介, 渡邉 浩崇, 新田 州吾, 本田 善央, 天野 浩, 加藤 正史, HVPE基板およびOVPE基板上GaNエピ層の特性評価, 第71回応用物理学会春季学術講演会, 応用物理学会, 東京都市大学 世田谷キャンパス/オンライン, 24a-52A-1, 2024/3/24

[40] 林 侑介, 藤平 哲也, 隅谷 和嗣, 今井 康彦, 木村 滋, 宇佐美 茂佳, 今西 正幸, 森 勇介, 分島 彰男, 渡邉 浩崇, 新田 州吾, 本田 善央, 天野 浩, 酒井 朗, OVPE-GaN基板上縦型パワーデバイスのその場ナノビームX線回折, 第71回応用物理学会春季学術講演会, 応用物理学会, 東京都市大学 世田谷キャンパス/オンライン, 24a-52A-2, 2024/3/24

[41] 秩父 重英, 嶋 紘平, 上殿 明良, 石橋 章司, 田中 亮, 高島 信也, 上野 勝典, 江戸 雅晴, 渡邉 浩崇, 本田 善央, 須田 淳, 天野 浩, 加地 徹, 生田目 俊秀, 色川 芳宏, 小出 康夫, GaN成長層・Mgイオン注入層の室温フォトルミネッセンス寿命 (II), 第71回応用物理学会春季学術講演会, 応用物理学会, 東京都市大学 世田谷キャンパス/オンライン, 22p-21C-16, 2024/3/22

[42] 秩父 重英, 嶋 紘平, 上殿 明良, 石橋 章司, 田中 亮, 高島 信也, 上野 勝典, 江戸 雅晴, 渡邉 浩崇, 本田 善央, 須田 淳, 天野 浩, 加地 徹, 生田目 俊秀, 色川 芳宏, 小出 康夫, GaN成長層・Mgイオン注入層の室

温フォトルミネッセンス寿命 (III), 第71回応用物理学会春季学術講演会, 応用物理学会, 東京都市大学 世田谷キャンパス/オンライン, 22p-21C-17, 2024/3/22

[43] 秩父 重英, 嶋 紘平, 奥野 浩司, 大矢 昌輝, 齋藤 義樹, 本田 善央, 天野 浩, 石黒 永孝, 竹内 哲也, 275 nm帯AlGaN量子井戸LEDの初期劣化機構(II), 第71回応用物理学会春季学術講演会, 応用物理学会, 東京都市大学 世田谷キャンパス/オンライン, 24p-61C-10, 2024/3/24

Ⅶ. その他研究業績（撰文、雑誌記事、テレビ報道等を含む）

[1] 天野　浩, 中日新聞, 2023/4/4、4/5、5/1、5/24、10/7、2024/3/28
[2] 天野　浩, 朝日新聞, 2023/4/1、4/28
[3] 天野　浩, 毎日新聞, 2023/4/1
[4] 天野　浩, 読売新聞, 2023/10/4、10/29、11/19
[5] 天野　浩, TBS（CBC）, 2023/11/22、12/13
[6] 天野　浩, 岐阜新聞, 2023/4/3、5/1
[7] 天野　浩, 東日新聞, 2023/10/27
[8] 天野　浩, RKB毎日放送, 2023/11/13、12/28
[9] 天野　浩, OPTRONICS, 2023年8月号
[10] 天野　浩, SAT（Science Academy of Tsukuba）, 2024年2月号（No.42）

●表面・界面グループ

教授　宇治原　徹	准教授　原田　俊太	技術補佐員　竹内　幸久
技術補佐員　加藤　里実	技術補佐員　布野日奈子	研究機関研究員　鈴木　皓己
技術補佐員　庄司　智子	技術補佐員　髙石　将輝	研究員　松原　康高
技術補佐員　瀬尾　圭介	技術補佐員　辻森　皓太	技術補佐員　水出　亮一
特任助教　LIU Xin	技術補佐員　大森　紗織	技術補佐員　芳野　真由
研究員　川瀬　道夫	技術補佐員　紙上　由香	客員教授　古庄　智明
客員准教授　沓掛健太朗	客員教授　塚本　勝男	客員教授　宇田　　聡
客員教授　米澤　喜幸	客員教授　亀井　一人	客員教授　児島　一聡
招へい教員　上松　恵子	客員准教授　関　　和明	招へい教員　蔵重　和央

研究テーマ

1．フェーズフィールドと数値流体力学のマルチスケールシミュレーションによる溶液成長SiC表面改善の評価
2．SiC溶液成長における溶媒物性の溶液内の温度・流速分布と成長速度への影響
3．SiC溶液成長における炭素拡散場を介したステップ間の相互作用の解析
4．SiC溶液成長法における専門家の知識を利用したスケールアップのための最適化
5．AlNウィスカの耐水性向上に寄与する酸化膜形態の特定
6．SiC溶液成長における添加元素の影響の第一原理計算に基づく評価

研究の背景・目的

1．溶液成長法SiCでは、転位変換により高品質なSiCを作製できますが、マクロステップと溶媒インクルージョンは品質に大きく影響します。溶液成長中のステップ進展予測とステップへの炭素取り込みを結合した数値流体力学（CFD）モデルが提案されていますが、溶媒インクルージョン構造の形成は再現できていませんでした。本研究では、CFDモデルとフェーズフィールド（PF）モデルを結合したマルチスケールシミュレーションを提案し、結晶表面全体のマクロステップと溶媒インクルージョンの構造を同時に評価する新しい手法を開発しました。

2．高品質のSiC結晶を成長させるSiC溶液成長法では、溶媒の物理的特性（粘度、熱伝導率、電気伝導率など）が溶液の流れや温度分布、そして結晶の成長速度に重要な影響を与えます。特に、大きな炉での長尺SiC結晶成長では、炭素の過飽和度から成長速度を解析する以前の研究と異なり、乱流の影響も考慮する必要があります。本研究は、様々な溶媒物性が物質移動に及ぼす影響メカニズムを解明し、理想的な溶媒の制御に指針を提供することを目指しています。

3．SiC溶液成長における高品質結晶の育成には、結晶表面のステップ制御が重要です。ステップバンチングによって形成されるマクロステップは、転位変換現象によって結晶の高品質化を可能にする一方、過度に発達したマクロステップは欠陥の原因となり得ます。本研究では、バンチングが一定程度進んだマクロステップに焦点を当て、炭素拡散場の影響とそのメカニズムを明らかにすることを目的としています。

4．材料開発のスケールアップは、例えば半導体結晶育成の際の直径拡大といった、段階的な開発を必要とします。このプロセスは膨大な開発期間を要します。本研究では4H-SiCの溶液成長法を用いた6インチから8インチへのスケールアップに焦点を当てています。6インチ結晶の育成においては、シミュレーションと機械学習を活用した最適化を通じて理想的な溶液温度・流れ分布が得られていますが、8インチではこれを再現することが難しいという問題を解決しようとしています。

5．電子機器の小型化・高性能化に伴い発熱が増大する問題に対して、放熱部材へのセラミックスフィラー添加による放熱性能の向上が図られています。特に高熱伝導性と絶縁性を持つ窒化アルミニウム（AlN）ウィスカが注目されていますが、AlNは水と反応しやすく、その結果生じる水酸化物とNH3により性能が低下する課題があります。本研究は、AlNウィスカに形成される酸化膜に着目し、耐水性の向上に寄与する酸化膜形態を明らかにすることを目指しています。

6．SiCの溶液成長法において、溶媒の組成変化により成長速度やステップ構造の制御が可能であることが知られています。FeやMn、Nbの添加は巨大マクロステップの形成を促進し、AlやScの添加は抑制する。元素の添加が成長機構に与える影響の解明は、成長中の表面ステップ構造の制御に重要です。本研究では、溶質（C）周りの局所溶液構造と様々な添加元素（X）のSi-Cr溶媒中での結合自由エネルギーの解析を通じて、成長機構の解明を目指しています。

成果の概要

1．マルチスケールシミュレーションを用いて、異なる回転速度およびSwitching Flowの設定下でSiC溶液成長中の結晶表面品質を評価しました。シミュレーション結果は、一方向回転の場合、回転速度を上げることでマクロステップの形成を抑制できるが、ステップ上のセル構造の深さは増加し、品質低下の恐れがあることを示しました。Switching Flowを採用した場合、マクロステップの形成が大幅に抑制され、セル構造の形成も約20%減少する結果が得られました。これにより、Switching Flowがマクロステップ形成の抑制とセル構造制御のバランスを取るのに有効であることが示唆されました。

2．6インチSiC結晶成長のCFDシミュレーションを使用し、様々な溶媒物性値の変化が流れ・温度分布、物質輸送に与える影響を調査しました。シミュレーション結果から、熱伝導率と比熱はるつぼ壁と結晶表面の温度差にのみ影響し、粘度は結晶近傍の粘性流と境界層厚さに影響することがわかりました。密度は結晶近傍の浮力対流に、電気伝導率は流れの強さと温度差の両方に影響を及ぼしました。Si溶媒にCrを添加した場合のシミュレーションでは、密度や炭素の溶解度の増加、熱伝導率の減少により、炭素濃度勾配が大きくなることが示されました。本研究は、溶液設計の理論的基礎を提供し、理想的な溶媒の制御に役立つ知見を明らかにしました。

3．数値モデルを用いて、結晶表面直下の境界層内での溶液流れとマクロステップ進展に伴うSi溶媒中の炭素の消費を計算しました。異なる溶液流れ下でのステップ間の相対進展速度を調べることで、炭素拡散場の重なりがマクロステップの安定性にどのように影響するかを解析しました。結果から、マクロステップ間の相対的な進展速度は、溶液流れの有無や方向、そしてステップの位置によって大きく変化し、これがステップバンチングの促進または抑制につながることが示されました。特に、溶液流れがステップ進展方向と反対の場合には、バンチングを抑制することができることが確認されました。

4．総合的に909条件のCFDシミュレーションを行い、一対比較法によるスコア付けを含む専門家の知識を組み込んだVAEによる潜在空間の構築を通じて、6インチの理想分布を8インチで再現するための最適化

手法を開発しました。この潜在空間は、類似した分布を地図のように捉え、近接する分布を選択することで類似性を高めることが可能です。実験による検証では、提案手法により得られた条件下で雑晶の付着がない結晶が得られ、専門家の知識を反映した最適化により短期間でのスケールアップが実現しました。

5．熱処理温度がAlNウィスカの耐水性に影響を与えることが確認されました。1750℃と1550℃で保持した試料は、1250℃と1050℃で保持した試料に比べてpHの変化が大きく、耐水性が低いことが示されました。STEM像の観察により、1050℃で保持した試料ではアモルファスな酸化膜層が確認され、これが耐水性向上に寄与していることが示唆されました。一方、高温で保持した試料では酸化膜の結晶化や粒界の生成により耐水性が低下する可能性が考えられました。

6．第一原理分子動力学法と熱力学的積分法を組み合わせて、溶質Cと添加元素XのSi-Cr溶媒中での結合解離自由エネルギーと結合形成自由エネルギーを算出しました。巨大マクロステップの形成を抑制するAlとScの結合エネルギーは低く、促進するFe、Nb、Mnの結合エネルギーは高いことが見つかりました。C周りの局所溶液構造の解析から、Alの添加によりC周りのCrの積算配位数が減少し、これが脱溶媒和エネルギーの変化とマクロステップ形成への影響につながることが示唆されました。また、Fe、Ni、Mnの添加によるステップのピン留め効果が巨大マクロステップ形成の促進に寄与することが考察されました。

発表論文等

Ⅰ．論文（査読のある学術誌等）

a．査読付き論文

[1] Zhou, HQ (Zhou, Huiqin); Miura, H (Miura, Hitoshi); Dang, YF (Dang, Yifan); Fukami, Y (Fukami, Yuma); Takemoto, H (Takemoto, Hisaki); Harada, S (Harada, Shunta); Tagawa, M (Tagawa, Miho); Ujihara, T (Ujihara, Toru), Numerical Modeling of the Cellular Structure Formation Process in SiC Solution Growth for Suppression of Solvent Inclusions, CRYSTAL GROWTH & DESIGN, 23,5, 3393-3401,2023/5/3

[2] Sato, R ; Kutsukake, K ; Harada, S ; Tagawa, M ; Ujihara, T, Machine Learning for Semiconductor Process Simulation Described by Coupled Partial Differential Equations, ADVANCED THEORY AND SIMULATIONS, 2023/7/16

[3] Shunta Harada, Yasutaka Matsubara, Kenta Murayama, Non-destructive identification of edge-component burgers vector of threading dislocations in SiC wafers by birefringence imaging, Diamond and Related Materials, 138, 2023/10

[4] Yusuke Tosa, Ryo Omae, Ryohei Matsumoto, Shogo Sumitani, Shunta Harada, Data-driven automated control algorithm for floating-zone crystal growth derived by reinforcement learning, Scientific Reports, 13, 1, 2023/12

[5] Masashi Kato, Shunta Harada, Hitoshi Sakane, Effects of proton implantation for expansion of basal plane dislocations in SiC toward suppression of bipolar degradation: review and perspective, Japanese Journal of Applied Physics, 63, 2, 020804, 2024/1/15

[6] Huiqin Zhou, Hitoshi Miura, Yuma Fukami, Yifan Dang, Kentaro Kutsukake, Shunta Harada, Miho Tagawa, Toru Ujihara, Effect of Solution Components on Solvent Inclusion in SiC Solution Growth, Crystal Growth & Design, 24,4,1806-1817,2024/2/2

Ⅳ．国際学会・口頭発表等

a．招待講演

[1] Harada S,Tosa Y, Omae R, Matsumoto R, Sumitani S., Data-Driven Automated Control Algorithm for Floating-Zone Crystal Growth Using Reinforcement Learning, 20th International Conference on Crystal Growth and Epitaxy (ICCGE-20), Invited talk-01, 2023/7/31, Naples, Italy

[2] Masashi Kato, Shunta Harada, Hitoshi Sakane, Advances in Suppressing Bipolar Degradation in SiC Devices: Carrier Lifetime Control and Proton Implantation (invited paper), International Conference on Silicon Carbide and Related Materials（ICSCRM2023）, 2023/9/20, Sorrento,Italy

b．一般講演（ポスター発表を含む）

[1] Shunta Harada, Kota Tsujimori, Jun Hirotani, Application of Baysian Super Resolution to Spectroscopic Data

Analysis, 2023 MRS Spring Meeting, 2023/4/13, San Francisco, California, ポスター発表

[2] Shunta Harada, Yusuke Tosa, Ryo Omae, Ryohei Matsumoto, Shogo Sumitani, Data-Driven Modeling and Adaptive Optimization of Floating Zone Crystal Growth Process Applying Gaussian Mixture Model and Reinforcement Learning, 2023 MRS Spring Meeting, , 2023/4/14, San Francisco, California

[3] Shoko Kojima, Hayato Sumi, Noboru Ohta, Hiroshi Sekiguchi, Shunta Harada, Toru Ujihara, Katsuo Tsukamoto, Miho Tagawa, Effects of PEG addition on particle-particle interactions in crystal growth of DNA functionalized nanoparticles, 20th International Conference on Crystal Growth and Epitaxy (ICCGE-20), Poster presentation-17, 2023/7/31, Naples, Italy, ポスター発表

[4] Harada S, Matsubara Y, Murayama K, Characterization of Defects in SiC Substrates for Power Device Applications by Birefringence Imaging, 20th International Conference on Crystal Growth and Epitaxy (ICCGE-20), Oral presentation-02, 2023/7/31, Naples, Italy

[5] Toru Ujihara, Masaru Isono, Kentaro Kutsukake, Ichiro Takeuchi, Koki Suzuki, Tomoaki Furusho, Miho Tagawa, Shunta Harada, Optimization method of crystal growth conditions by tacit knowledge (for large-diameter SiC solution growth), 20th International Conference on Crystal Growth and Epitaxy (ICCGE-20), Oral presentation-03, 2023/7/31, Naples, Italy

[6] Yuma Fukami, Huiqin Zhou, Kentaro Kutsukake, Shunta Harada, Miho Tagawa,Toru Ujihara, Effect of macrostep height on formation of solvent inclusion in SiC solution growth, 20th International Conference on Crystal Growth and Epitaxy (ICCGE-20), Poster presentation-13, 2023/8/1, Naples, Italy, ポスター発表

[7] Yuki Nakanishi, Kentaro Kutsukake, Yifan Dang, Shunta Harada, Miho Tagawa, Toru Ujihara, Analysis of Macrostep Interaction via Carbon Diffusion Field in SiC Solution Growth, 20th International Conference on Crystal Growth and Epitaxy (ICCGE-20), Oral presentation-02, 2023/8/1, Naples, Italy

[8] Katsuo Tsukamoto, Kana Watanabe, Shuta Harada, Daigo Shimizu, Hitoshi Miura, Silicate Spherulites Rapidly Crystallized from Hypercooled Melt Droplets, 20th International Conference on Crystal Growth and Epitaxy (ICCGE-20), , 2023/8/1, Naples, Italy

[9] Shota Seki, Takahiro Kawamura, Shunta Harada, Miho Tagawa, Toru Ujihara, First-principles analysis of the activation energy of solute-additive bonds in the solvent of the SiC solution growth, 20th International Conference on Crystal Growth and Epitaxy (ICCGE-20), Oral presentation-04, 2023/8/3, Naples, Italy

[10] Lidong Zhang, Maasa Yokomori, Hayato Sumi, HsinYi Chou, Shoko Kojima, Noboru Ohta, Hiroshi Sekiguchi, Shunta Harada, Toru Ujihara, Katsuo Tsukamoto, Miho Tagawa, Effect of crystallization conditions for the enlargement of the size of DNA-functionalized nanoparticles crystals, 20th International Conference on Crystal Growth and Epitaxy (ICCGE-20), Oral presentation-03, 2023/8/2, Naples, Italy

[11] (DC)Cai Peiyang, Toru Akiyama, Shunta Harada, Miho Tagawa, Toru Ujihara, Surface Stability of Reconstructions on BAs (001) Surface: An Ab InitioBased Approach, 20th International Conference on Crystal Growth and Epitaxy (ICCGE-20), Oral presentation-04, 2023/8/3, Naples, Italy

[12] S. Harada, T. Hattori †, M. Inden †, S. Sugimoto †, M. Itoh †, M. Tagawa, T. Ujihara, Modulated crystallographic shear structure in titanium-chromium oxides: their structure and phonon transport properties, 26TH CONGRESS AND GENERAL ASSEMBLY OF THE INTERNATIONAL UNION OF CRYSTALLOGRAPHY(IUCr2023), , 2023/8/29, Melbourne Convention and Exhibition Centre

[13] S. Harada, Y. Matsubara, K. Murayama, Defect characterization of SiC wafers by polarized light microscope under a condition slightly deviated from crossed Nicols, 26TH CONGRESS AND GENERAL ASSEMBLY OF THE INTERNATIONAL UNION OF CRYSTALLOGRAPHY(IUCr2023), , 2023/8/29, Melbourne Convention and Exhibition Centre, ポスター発表

[14] Masashi Kato, Hisaya Sato, Tomohisa Kato, Koichi Murata, Shunta Harada, 3-dimensional observation of dislocations in 4H-SiC using focused light birefringence, International Conference on Silicon Carbide and Related Materials（ICSCRM2023）, 2023/9/18, Sorrento,Italy

[15] Shunta Harada, Yasutaka Matsubara, Kenta Murayama, Detailed characterization of defects in SiC using novel birefringence imaging toward identification of device-killer defects, International Conference on Silicon

Carbide and Related Materials（ICSCRM2023）, 2023/9/19, Sorrento,Italy

[16] Huiqin Zhou, Yuma Fukami, Hitoshi Miura, Kentaro Kutsukake, Shunta Harada and Tour Ujihara, Analysis of the Effect of Solvent Composition on Suppression of Inclusion in SiC Solution Growth, International Conference on Silicon Carbide and Related Materials（ICSCRM2023）, Session 16B: Material 1, 2023/9/19, Sorrento,Italy

[17] Daiki Shimoda, Kentaro Kutsukake, Shunta Harada, Miho Tagawa and Toru Ujihara, Optimization of Temperature Distribution and Flow Distribution using Machine Learning for 8-Inch SiC Crystal Growth by TSSG Method, International Conference on Silicon Carbide and Related Materials（ICSCRM2023）, Session 16B: Material 1, 2023/9/19, Sorrento,Italy

[18] Juanheng Li, Zhou Huiqin, Liu Xin, Kutsukake Kentaro, Harada Shunta, Tagawa Miho and Ujihara Toru, Effects of Solution Properties on Growth Conditions of SiC Solution Growth, International Conference on Silicon Carbide and Related Materials（ICSCRM2023）, Session 21B: Poster Session We.A, 2023/9/20, Sorrento,Italy, ポスター発表

[19] Yasutaka Matsubara, Kenta Murayama, Shunta Harada, Birefringence image simulation of dislocations in a SiC crystal considering three-dimensional stress fields, International Conference on Silicon Carbide and Related Materials（ICSCRM2023）, 2023/9/21, Sorrento,Italy, ポスター発表

[20] Huiqin Zhou, Yuma Fukami, Kentaro Kutsukake, Shunta Harada, Miho Tagawa, Toru Ujihara, Analysis of the Effect of Solvent Composition on Suppression of Inclusion in SiC Solution Growth, International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2023 (ICMaSS2023), A3-Ⅰ-1(0170), 2023/12/2, Nagoya University, Nagoya, Japan

[21] Lidong Zhang, Maasa Yokomori, Hayato Sumi, HsinYi Chou, Shoko Kojima, Noboru Ohta, Hiroshi Sekiguchi, Shunta Harada, Toru Ujihara, Katsuo Tsukamoto, Miho Tagawa, Effects of Sodium Chloride and Deuterium Oxide on Crystal Growth of DNAFunctionalized Nanoparticles, International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2023 (ICMaSS2023), A3-Ⅲ-4(0060), 2023/12/2, Nagoya University, Nagoya, Japan

[22] Shoko Kojima, L.D. Zhang, H. Sumi, N. Ohta, H.Sekiguchi, S. Harada, T. Ujihara, K.Tsukamoto, M. Tagawa, Polyethylene Glycol Additive controled crystallization of DNA-Functionalized Nanoparticles, International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2023 (ICMaSS2023), A3-Ⅲ-5(0162), 2023/12/2, Nagoya University, Nagoya, Japan

[23] PeiYang Cai, Toru Akiyama, Shunta Harada, Miho Tagawa, Toru Ujihara, Molecular Beam Epitaxy (MBE) and Metal Organic Vapor Phase Epitaxy (MOVPE) Surface Stability of Reconstructions on BAs (001) Surface: First-principles calculation, International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2023 (ICMaSS2023), A3-Ⅲ-7(0125), 2023/12/2, Nagoya University, Nagoya, Japan

[24] Yuma Fukami, Huiqin Zhou, Kentaro Kutsukake, Shunta Harada, Miho Tagawa, Toru Ujihara, Effect of macrostep height and solution flow on formation of solvent inclusion in SiC solution growth, International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2023 (ICMaSS2023), A3-P-1(0017), 2023/12/2, Nagoya University, Nagoya, Japan, ポスター発表

[25] Shota Seki, Takahiro Kawamura, Shunta Harada, Miho Tagawa, Toru Ujihara, First-principles analysis of the mechanism of formation of large macrosteps by additive elements in solution growth of SiC, International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2023 (ICMaSS2023), A3-P-2(0021), 2023/12/2, Nagoya University, Nagoya, Japan, ポスター発表

[26] Li Juanheng, Huiqin Zhou, Xin Liu, Kentaro Kutsukake, Shunta Harada, Miho Tagawa, Toru Ujihara, Effect of Solvent Properties on Growth Process in SiC Solution Growth, International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2023 (ICMaSS2023), A3-P-6(0063), 2023/12/2, Nagoya University, Nagoya, Japan, ポスター発表

[27] Yuki Nakanishi, Kentaro Kutsukake, Shunta Harada, Miho Tagawa, Toru Ujihara, Numerical Analysis of Macrostep Instability focusing on Carbon Diffusion Field in SiC Solution Growth, International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2023 (ICMaSS2023), A3-P-8(0090), 2023/12/2, Nagoya University,

Nagoya, Japan, ポスター発表

[28] Daiki Shimoda, Kentaro Kutsukake, Shunta Harada, Miho Tagawa, Toru Ujihara, Optimization of experimental conditions using machine learning for large-diameter crystal growth in solution growth of SiC, International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2023 (ICMaSS2023), A3-P-9(0093), 2023/12/2, Nagoya University, Nagoya, Japann, ポスター発表

[29] Y. Matsubara, K. Murayama, S. Harada, Birefringence image simulation of tilted dislocations in a SiC crystal considering threedimensional stress fields., International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2023 (ICMaSS2023), A3-Ⅰ-2(0137), 2023/12/2, Nagoya University, Nagoya, Japan

[30] S. Harada, T. Hattori, M. Inden, S. Sugimoto, M. Itoh, M.Tagawa, T.Ujihara, Exploring Phonon Localization in TitaniumChromium Oxides with Modulated, International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2023 (ICMaSS2023), A3-Ⅲ-6(0003), 2023/12/2, Nagoya University, Nagoya, Japan

d．座長

[1] Toru Ujihara, Kentaro Kutsukake, Modelling and artificial intelligence of crystal growth processes-03, SG-T-1, 20th International Conference on Crystal Growth and Epitaxy (ICCGE-20), 2023/8/1, Naples, Italy

[2] Kentaro Kutsukake, Toru Ujihara, Modelling and artificial intelligence of crystal growth processes-04, SG-T-1, 20th International Conference on Crystal Growth and Epitaxy (ICCGE-20), 2023/8/1, Naples, Italy

Ⅴ．国内学会・口頭発表等

a．招待講演

[1] 原田俊太, 製造プロセスの制御への強化学習の応用ー浮遊帯域溶融法による結晶成長を例に, 半導体の結晶成長と加工および評価に関する産学連携委員会第3回「DX と AI がもたらす半導体基板製造の革新」, 明治大学 駿河台キャンパス 大学会館3階 第1&2会議室, 2023/11/24

[2] 原田俊太, SiCパワーデバイスの研究開発は結晶欠陥と共に：SiCウェハー欠陥評価技術の進展, 第11回SPring-8次世代先端デバイス研究会, 新大阪ブリックビル（大阪市淀川区）, 2023/11/29

b．一般講演（ポスター発表を含む）

[1] 宇治原徹, AI を活用した SiC溶液成長技術の開発と今後の展望, 一般社団法人ワイドギャップ半導体学会　特別公開シンポジウム, 姫路キャッスルグランヴィリオホテル, 2023/9/7

[2] 鄭 朗程, 周 惠琴, 黨 一帆, 沓掛 健太朗, 原田 俊太, 田川 美穂, 宇治原 徹, SiC溶液成長における溶媒インクルージョン形成のマルチスケールシミュレーション, 第84回応用物理学会秋季学術講演会, 熊本市民会館、オンライン, 20a-B201-1, 2023/9/20

[3] 園田 勉, 高橋 言緒, 角岡 洋介, 高石 将輝, 関 翔太, 沓掛 健太朗, 井手 利英, 清水 三聡, 宇治原徹, GaN気相成長における結晶表面状態予測のための機械学習用特徴量抽出, 第84回応用物理学会秋季学術講演会, 熊本市国際交流会館、オンライン, 20p-C601-2, 2023/9/20

[4] 関 翔太, 橋爪 優果, 髙石 将輝, 角岡 洋介, 沓掛 健太朗, 園田 勉, 高橋 言緒, 井手 利英, 清水 三聡, 宇治原 徹, GaN気相成長における結晶表面状態予測のためのデジタルツインの構築, 第84回応用物理学会秋季学術講演会, 熊本市国際交流会館、オンライン, 20p-C601-3, 2023/9/20

[5] 宇治原徹, [基調講演]大口径SiC 溶液成長における基礎技術とその応用, 日本金属学会2023年(第173回)秋期講演大会, オンライン, S9.1, 2023/9/22

[6] 中西 祐貴、沓掛 健太朗、原田 俊太、田川 美穂、宇治原 徹, ＳｉＣ溶液成長における炭素拡散場を介したマクロステップ相互作用の数値解析, 日本金属学会2023年(第173回)秋期講演大会, 富山大学五福キャンパス, S9.2, 2023/9/22

[7] 関 翔太、河村 貴宏、原田 俊太、田川 美穂、宇治原 徹, SiC溶液法における溶媒中の溶質-不純物間結合安定性の第一原理計算による解析, 日本金属学会2023年(第173回)秋期講演大会, 富山大学五福キャンパス, S9.6, 2023/9/22

[8] 原田俊太, 辻森皓太, 木下慎一郎, ベイズ超解像を用いた X 線光電子分光測定高速化プログラムの開発, 第 59 回 X 線分析討論会, 東京都市大学 世田谷キャンパス, 2023/10/22

[9] 宇治原徹, 機械学習によるマテリアル開発, 日本電子材料技術協会　2023年第60回秋期講演大会, 名

古屋大学　東山キャンパス　ES総合館, 2023/11/24

[10] 原田 俊太, 松原 康高, 川瀬 道夫, 瀬尾 圭介, 水谷 誠也, 水谷 優也, 水谷 誠二, 村山 健太, 偏光顕微鏡法と X 線トポグラフィ法による SiC 基板中の貫通転位のマルチモーダル解析, 先進パワー半導体分科会第 10 回講演会, ANA クラウンプラザホテル金沢（石川県金沢市）, 2023/12/1, ポスター発表

[11] 渡邉 王雅, 原田 俊太, 坂根 仁, 加藤 正史, エピタキシャル成長前 SiC 基板への H +注入の PiN ダイオードへの効果, 先進パワー半導体分科会 第 10 回講演会, ANA クラウンプラザホテル金沢（石川県金沢市）, 2023/12/1, ポスター発表

[12] 張力東，小島憧子，周幸儀，太田昇，関口博史，原田 俊太，宇治原徹，塚本勝男，田川美穂, 溶液の組成がDNA修飾ナノ粒子結晶 の品質およびサイズに与える影響, 第52回結晶成長国内会議（JCCG-52）, ウインクあいち（愛知県名古屋市）, 04a-B05, 2023/12/4

[13] 小島憧子，張力東，太田 昇，関口博史，原田俊太，宇治原徹，塚本勝男，田川 美穂, DNA修飾ナノ粒子の結晶成長におけ る粒子間相互作用に対するPEG添加の影響, 第52回結晶成長国内会議（JCCG-52）, ウインクあいち（愛知県名古屋市）, 04a-C09, 2023/12/4

[14] 霜田大貴，鈴木皓己，沓掛 健太朗，原田俊太，田川美 穂，宇治原徹, SiC溶液成長法における実験者の知識 を利用したスケールアップのための最適化手法の構築, 第52回結晶成長国内会議（JCCG-52）, ウインクあいち（愛知県名古屋市）, 05p-A05, 2023/12/5

[15] 関翔太，河村貴宏，原田俊 太，田川美穂，宇治原徹, SiC溶液成長における溶質と不純物の 結合安定性の第一原理計算による解析, 第52回結晶成長国内会議（JCCG-52）, ウインクあいち（愛知県名古屋市）, 05a-B04, 2023/12/5

[16] 甘原，党一帆，沓掛健太 朗，原田俊太，田川美穂，宇治原徹, 4H-SiC溶液成長シミュレーションの機械学習における転移学習によるデータ数削減, 第52回結晶成長国内会議（JCCG-52）, ウインクあいち（愛知県名古屋市）, 06a-P12, 2023/12/6, ポスター発表

[17] 古川 喜一、原田 俊太、宇治原 徹, AlNウィスカの耐水性向上に寄与する酸化膜形態の解明, 日本セラミックス協会2024年年会, 熊本大学 黒髪キャンパス, 3M08, 2024/3/16

[18] リ トウ, 坂根 仁, 原田 俊太, 黒川 康良, 加藤 正史, 4H-SiCへのプラズマ処理による水素導入, 第71回応用物理学会春季学術講演会, 東京都市大学 世田谷キャンパス, 23p-52A-1, 2024/3/23

[19] 加藤 正史, 渡邉 王雅, 原田 俊太, 坂根 仁, エピタキシャル成長前SiC基板へのH+注入効果, 第71回応用物理学会春季学術講演会, 東京都市大学 世田谷キャンパス, 23p-52A-2, 2024/3/23

[20] 原田 俊太, 川瀬 道夫, 瀬尾 圭介, 松原 康高, 水谷 誠也, 水谷 優也, 水谷 誠二, 村山 健太, 窒化ガリウム結晶中の純粋な貫通らせん転位の非破壊での識別, 第71回応用物理学会春季学術講演会, 東京都市大学 世田谷キャンパス, 23a-21C-7, 2024/3/23

[21] 松田 凌芽, 霜田 大貴, 吉田 拓未, 竹野 思温, 掛 健太朗, 宇治原 徹, 竹内 一郎, 人間参加型選好ベイズ最適化の半導体製造プロセス開発への応用, 第71回応用物理学会春季学術講演会, 東京都市大学 世田谷キャンパス, 25a-61C-9, 2024/3/25

[22] 霜田 大貴, 沓掛 健太朗, 宇治原 徹, シリコン中の不純物増速拡散の機械学習, 第71回応用物理学会春季学術講演会, 東京都市大学 世田谷キャンパス, 25p-61C-9, 2024/3/25

d．座長

[1] 宇治原徹, 半導体バルク 10:00～10:30, 第52回結晶成長国内会議（JCCG-52）, ウインクあいち（愛知県名古屋市）, 2023/12/5

Ⅵ．特許等（出願、公開、登録）

b．特開（公開特許）

[1] 宇治原　徹,奥野　和輝,岡田　詩歩,渡邉　将太,松本　昌樹, 樹脂成形体及びその製造方法, WO2023/149472, 2023/8/10, 東海国立大学機構, 株式会社U-MAP

c．特許（登録特許）

[1] 工藤　博章,宇佐美　徳隆,松本　哲也,小島　拓人,加藤　光,上別府　颯一郎,沓掛　健太朗, 結晶方位解析装置、結晶方位解析方法および学習済みモデル生成方法, 07353601, 2023/9/22, 東海国立大学機構,理化学研究所

[2] 宇治原　徹,大西　由洋,鈴木　周一,小林　智浩,境　豪一,長原　政治,長　茂輝,山村　卓,近藤　直樹,清水　啓希,山田　正人, 窒化アルミニウム焼結体およびその製造方法, 07346366, 2023/9/8, 東海国立大学機構,古河電子,産業技術総合研究所（産総研）

Ⅶ. その他研究業績（撰文、雑誌記事、テレビ報道等を含む）

[1] 宇治原徹, 読売新聞, 大学の知　社会還元加速, 2023/9/30

[2] 宇治原徹, 中日新聞, 起業家精神　学生に根付け, 2023/10/7

[3] 宇治原徹, NIKKEI Tech Foresight, 名大発UJ-Crystal、生成AIでSiC製法改良　27年量産へ, 2023/12/7

[4] 宇治原徹, 日本経済新聞　朝刊中部経済面, 日経名古屋支社シンポ, 2023/12/9

[5] 宇治原徹, 日本経済新聞, スタートアップ育成へ、ナゴヤで厚み増す『生態系』、シンポジウム、マインド変える　最先端・異質の風, 2023/12/22

[6] 宇治原徹, テレビ愛知, 日経名古屋支社シンポジウム, 2023/12/29

[7] 原田俊太, EE Times Japan, 製造プロセスの自動化へ、AI制御アルゴリズム開発 結晶成長装置の試作機を開発中, 2023/7/11

[8] 原田俊太, OPTRONICS ONLINE, 名大ら，製造プロセスのAI制御アルゴリズムを開発, 2023/7/11

[9] 原田俊太, 日刊工業新聞, 結晶成長のプロセス制御 名大など 自動化アルゴリズム, 2023/7/13

[10] 原田俊太, 日刊工業新聞電子版, 名大など、自動化アルゴリズム開発 結晶成長のプロセス制御, 2023/7/13

[11] 原田俊太, 日経テックフォーサイト, 名大など、ウエハー製造にAI結晶成長工程を自動化, 2023/7/28

[12] 原田俊太, 日刊工業新聞, 名大、X線光電子分光の測定時間20分の1に 信頼性試験など効率向上, 2023/9/6

[13] 原田俊太, 日本の研究.com, 分光分析の高速化を実現する解析プログラムを開発 ～ X線光電子分光測定の測定時間を従来の約1/5に～ , 2023/9/7

[14] 原田俊太, OPTRONICS ONLINE, 名大，分光分析の高速化を実現するプログラムを開発, 2023/9/7

[15] 原田俊太, fabcross for エンジニア, 分光測定の時間を短縮できる解析プログラムを開発 名古屋大学, 2023/9/8

[16] 原田俊太, NIKKEI Tech Foresight, 名大、分光測定時間を5分の1に ベンチャー設立で普及へ, 2023/9/22

[17] 宇治原徹, 日本経済新聞, パワー半導体　安価に製造, 2024/3/6

●ナノ材料デバイスグループ

教授　大野　雄高	助教　松永　正広	助教　内山　晴貴
博士研究員　Adha Sukma Aji		

研究テーマ

炭素系ナノ材料に基づく省エネルギー型先端デバイスの創出

研究の背景・目的

カーボンナノチューブやグラフェンなどの炭素系ナノ材料およびその関連物質について、それらの特異な電子物性の理解を基盤として、省エネルギー型で高機能・高性能な先端デバイスの創製を進めるとともに、その省エネ・低炭素プロセス技術を確立し、持続可能で安全・安心な社会の発展に資する新世代のエレクトロ

ニクスの確立を目指している。具体的には、1)高性能フレキシブルエレクトロニクスの実現に向けたカーボンナノチューブ薄膜デバイスおよび省エネ・簡易製造プロセス、2)ナノ構造を利用した超低消費電力ニューロモルフィックコンピューティング、3)超薄膜材料を用いたエネルギーハーベスティング技術の創出について研究を推進している。

成果の概要

本年度は、主にカーボンナノチューブを用いたフレキシブルセンサデバイスの実現に向け、カーボンナノチューブ薄膜トランジスタの高性能化と信頼性向上を進めるとともに、素子ばらつきを考慮した新規CMOSアナログ回路の設計手法の確立と新規CMOSオペアンプ回路の提案を行い、その低消費電力性やばらつき耐性を明らかにした。さらに、カーボンナノチューブ薄膜トランジスタを用いたリング発振器の発振周波数の高周波化に関する検討を行い、人体の誘電率を模したファントム上における人体通信技術の可能性を明らかにするなどの成果が得られ始めている。

発表論文等

Ⅰ．論文（査読のある学術誌等）

ａ．査読付き論文

[1] T. Shingu, H. Uchiyama, T. Watanabe and Y. Ohno, Electrochemical reservoir computing based on surface-functionalized carbon nanotubes, Carbon, 214, 118344(8pp), 2023/08/01

Ⅱ．著書

[1] 2023.12.27, 遷移金属ダイカルコゲナイドの基礎と最新動向, 大野雄高, 単著, 第30章　二次元材料表面を運動する液滴による発電現象 pp. 287-293, シーエムシー出版

Ⅲ．解説等

[1] 2023.09.25, 松永正広，大野雄高,（総説）ウェアラブルデバイスへの実装を目指した柔軟な摩擦帯電型エネルギーハーベスタ, 繊維機械学会誌「せんい」, 76(9),479-486

Ⅳ．国際学会・口頭発表等

ａ．招待講演

[1] A. S. Aji, T. Watanabe, T. Shingu, H. Uchiyama, and Y. Ohno, Flexible resistive random-access memories based on carbon nanotubes and their application for reservoir computing, 243rd ESC Meeting, 2023.05.31, Boston, USA

[2] Y. Ohno, Carbon nanotube-based physical reservoir computing, The 23rd Int. Conf. on the Science and Applications of Nanotubes and Low-Dimensional Materials, 2023.06.07, Arcachon, France

[3] T. Shingu, T. Watanabe, H. Uchiyama, and Y. Ohno, Electrochemical reservoir computing based on functionalized carbon nanotubes for machine learning, ATI 2023 1st Nanocarbon Workshop, 2023.07.04, Atami, Japan

[4] Y. Ohno, Electrochemical reservoir based on functionalized carbon nanotube electrodes for in-sensor machine learning, 13th A3 Symposium on Emerging Materials: Nanomaterials for Electronics, Energy, and Environment, 2023.10.30, Seoul, Korea

ｂ．一般講演（ポスター発表を含む）

[1] H. Uchiyama, T. Nakano, M. Matsunaga, Y. Yakiyama, H. Sakurai, Y. Gao, M. Maruyama, S. Okada, H. Kataura, and Y. Ohno, Carrier doping effect of functionalized sumanenes on carbon nanotube, The 23rd Int. Conf. on the Science and Applications of Nanotubes and Low-Dimensional Materials, P018, 2023.06.05, Arcachon, France, ポスター発表

[2] M. Matsunaga, H. Uchiyama, Y. Ohno, Performance Enhancement of Carbon Nanotube-Based Transparent and Soft Triboelectric Nanogenerator with Fluoropolymer-PDMS Mixture Dielectric Layer, The 23rd Int. Conf. on the Science and Applications of Nanotubes and Low-Dimensional Materials, P126, 2023.06.06, Arcachon,

France, ポスター発表

[3] T. Shingu, T. Watanabe, H. Uchiyama, and Y. Ohno, Electrochemical reservoir based on functionalized carbon nanotube electrodes for machine learningk, 21st Int. Symp. on Intercalation Compounds, 2023.06.14, Nancy, France

[4] A. S. Aji and Y. Ohno, CNT/HfO2/CNT network for physical reservoir computing, The 65th Fullerenes-Nanotubes-Graphene General Symposium, 1-4, 2023.09.04, Fukuoka, Japan

[5] Z. Wang, H. Uchiyama and Y. Ohno, Suppression of Variability in Carbon Nanotube Thin-film Transistor-based CMOS Operational Amplifiers, 13th A3 Symposium on Emerging Materials: Nanomaterials for Electronics, Energy, and Environment, P-36, 2023.10.30, Seoul, Korea, ポスター発表

[6] A. S. Aji and Y. Ohno, CNT Networks Nano-junctions as Novel Physical Reservoir Computing, 13th A3 Symposium on Emerging Materials: Nanomaterials for Electronics, Energy, and Environment, P-37, 2023.10.30, Seoul, Korea, ポスター発表

[7] S. Hori, H. Uchiyama, H. Kataura and Y. Ohno, Fabricatio+D17n of flexible carbon nanotube thin-film transistors with asymmetric-gate structure by self-align process, 36th International Microprocesses and Nanotechnology Conference, 16P-1-11, 2023.11.16, Sapporo, Japan, ポスター発表

[8] T. F. Wen and Y. Ohno, 1/f noise of 7exible carbon nanotube thin-film transistors, 33rd Int. Conf. on Diamond and Carbon Materials, 2023.9.10, Palma, Spain, ポスター発表

[9] D. Muto, H. Uchiyama, H. Kataura and Y. Ohno, Transmitter for human body communication based on flexible carbon nanotube CMOS integrated circuit, The 66th Fullerenes-Nanotubes-Graphene General Symposium, 1P-04, 2024.3.6, Nagoya, Japan, ポスター発表

[10] A. Nagamine, H. Uchiyama, T. Nakano, H. Kataura, C. Honma, Y. Hayamizu and Y. Ohno, Peptide modification on carbon nanotube thin-film transistors, The 66th Fullerenes-Nanotubes-Graphene General Symposium, 2P-15, 2024.3.7, Nagoya, Japan, ポスター発表

[11] E. Kuromiya, H. Uchiyama, M. Matsunaga, H. Kataura, Y. Ohono, Low-frequency noise of flexible carbon nanotube thin-film transistors, The 66th Fullerenes-Nanotubes-Graphene General Symposium, 1P-14, 2024.3.6, Nagoya, Japan, ポスター発表

Ⅴ．国内学会・口頭発表等

ａ．招待講演

[1] 大野雄高, 柔軟なウェアラブルセンサの実現を目指したカーボンナノチューブ薄膜デバイス技術, 023年度　第一回センサ＆IoTセミナー , オンライン, 2023.05.24

[2] 松永正広, ウェラブルデバイス応用に向けた柔軟な摩擦帯電型エネルギーハーベスタ, 有機エレクトロニクス研究会, 機械振興会館, 2023.12.08

ｂ．一般講演（ポスター発表を含む）

[1] A. S. Aji and Y. Ohno, Physical reservoir based on nanoscale CNT/HfO2/CNT junctions, 第84回応用物理学会秋季学術講演会, 熊本城ホール, 22p-A302-1, 2023.09.2

[2] 梅村 侑史、大野 雄高、松永 正広, ３層構造からなる裁断・縫製可能なテキスタイル摩擦帯電型エネルギーハーベスタの作製, 第７ 1回応用物理学会春季学術講演会, 東京都市大学, 24a-12B-2, 2024.3.24

[3] 黒宮 英斗、内山 晴貴、松永 正広、片浦 弘道、大野 雄高, フレキシブルカーボンナノチューブ薄膜トランジスタの低周波雑音の評価, 第７ 1回応用物理学会春季学術講演会, 東京都市大学, 24a-22B-7, 2024.3.24

[4] 武藤 大、内山 晴貴、片浦 弘道、大野 雄高, 柔軟なカーボンナノチューブCMOS集積回路を用いた人体通信用送信機の試作と実証, 第７ 1回応用物理学会春季学術講演会, 東京都市大学, 24p-22B-5, 2024.3.24

[5] Zhongrui Wang, Haruki Uchiyama, Yutaka Ohno, Variability Tolerance Property of Carbon Nanotube-based Analog CMOS Circuits with 2T1C Load Configuration, 第７ 1回応用物理学会春季学術講演会, 東京都市大学, 24p-22B-7, 2024.3.24

Ⅵ. 特許等（出願、公開、登録）

a．特願（出願特許）

[1] 松永正広、大野雄高、梅村侑史, 導電布および発電装置, 2024-025902, 2024/2/22, 国立大学法人東海国立大学機構

●エネルギー変換デバイスグループ

教授　宇佐美徳隆

研究テーマ

資源が豊富な元素を利用した先端複合技術型太陽電池に関する研究

研究の背景・目的

太陽電池や半導体の基盤材料であるシリコンをはじめとする資源が豊富な元素を利用した材料イノベーションを、表面・界面・歪み・化学状態・結晶欠陥の機能を積極的に制御することで追究し、従来の効率を凌駕する太陽電池への実装により脱炭素化社会の早期実現への貢献を目指している。具体的には、1）新規ヘテロ接合材料の開発と界面制御、2）高品質多結晶創製に向けた多結晶材料情報学の開拓、3）ナノ構造制御による高機能化、4）超高効率多接合太陽電池について研究を推進している。

成果の概要

新規ヘテロ接合材料の開発では、優れた導電性とパッシベーション性能を両立する新構造として提案したシリコンナノ結晶と酸化シリコンの複合膜の性能向上に向けたプロセスパラメータの最適化や、実用サイズの太陽電池への実証を進めた。多結晶材料情報学の研究では、多様な研究基盤を統合して作成した多結晶シリコンの３次元モデルに対する応力解析や、マルチスケールでの構造評価により、複雑な多結晶における転位発生メカニズムの理解を進展させた。ナノ構造制御による高機能化では、結晶シリコン表面にナノスケールのテクスチャ構造を形成する新規プロセスを開発し、ヘテロ接合太陽電池やタンデム太陽電池の高性能化に有用であることを実証した。超高効率多接合太陽電池用基板の飛躍的な低コスト化を目指して研究を進めている非真空下での印刷と焼成により作製するシリコンゲルマニウム膜の研究では、焼成温度プロファイルから組成分布を予測するモデルを構築した。

発表論文等

Ⅰ．論文（査読のある学術誌等）

a．査読付き論文

[1] S. Fukaya, K. Gotoh, T. Matsui, H. Sai, Y. Kurokawa, and N. Usami, Quantitative evaluation of implied open-circuit voltage after metal electrode deposition on TiO*x*/Si heterostructures by photoluminescence imaging:impact of metallization on passivation performance, Japanese Journal of Applied Physics 62, SK1019 (April, 2023)

[2] K. Gotoh, R. Ozaki, M. Morimura, A. Tanaka, Y. Iseki, K. Nakamura, K. Muramatsu, Y. Kurokawa, Y. Ohshita, and N. Usami, Impact of B2H6 plasma treatment on contact resistivity in silicon heterojunction solar cells, Jpn. J. Appl. Phys. 62 SK1026 (April, 2023)

[3] Y. Kurokawa, K. Sato, K. Shibata, S. Kato, S. Miyamoto, K. Gotoh, T. Itoh, N. Usami, Thermoelectric properties of Mg_2Si thin films prepared by thermal evaporation of Mg and face-to-face annealing, Materials Science in Semiconductor Processing 163, 107552 (May, 2023)

[4] Y. Kimata, K. Gotoh, S. Miyamoto, S. Kato, Y. Kurokawa, N. Usami, Fabrication of light trapping structures

specialized for near-infrared light by nanoimprinting for the application to thin crystalline silicon solar cells, Discover Nano 18, 72 (May, 2023)

[5] K. Hara, T. Kojima, K. Kutsukake, H. Kudo, N. Usami, A machine learning-based prediction of crystal orientations for multicrystalline materials, APL Machine Learning 1, 026113 (May, 2023)

[6] K. Hara, T. Kojima, K. Kutsukake, H. Kudo, N. Usami, 3D CNN and grad-CAM based visualization for predicting generation of dislocation clusters in multicrystalline silicon, APL Machine Learning 1, 036106 (July, 2023)

[7] Kosuke O. Hara, R. Takagaki, K. Arimoto and N. Usami, Microstructural, electrical, and optoelectronic properties of $BaSi_2$ epitaxial films grown on Si substrates by close-spaced evaporation, Journal of Alloys and Compounds 966, 171588 (2023)

[8] M. Matsumi, K. Gotoh, M. Wilde, Y. Kurokawa, K. Fukutani, N. Usami, Improvement of passivation performance of silicon nanocrystal/silicon oxide compound layer by two-step hydrogen plasma treatment, Solar Energy Materials and Solar Cells 262, 112538 (15th October 2023)

[9] Y. Li, H. Sai, C. McDonald, Z. Xu, Y. Kurokawa, N. Usami, and T. Matsui, Nanoscale Size Control of Si Pyramid Texture for Perovskite/Si Tandem Solar Cells Enabling Solution-Based Perovskite Top-Cell Fabrication and Improved Si Bottom-Cell Response, Adv. Mater. Interfaces 2023, 2300504 (2023)

[10] M. Matsumi, K, Gotoh, M. Wilde, Y. Kurokawa, K. Fukutani, and N. Usami, Hydrogenation of silicon-nanocrystals-embedded silicon oxide passivating contacts, IOP Science, Nanotechnology, DOI: 10.1088/1361-6528/ad115d (November, 2023)

[11] K. Yamakoshi, Y. Ohno, K. Kutsukake, T. Kojima, T. Yokoi, H. Yoshida, H. Tanaka, X. Liu, H. Kudo, N. Usami, Multicrystalline Informatics Applied to Multicrystalline Silicon for Unraveling The Microscopic Root Cause of Dislocation Generation, Advanced Materials, https://doi.org/10.1002/adma.202308599 (December, 2023)

[12] H. Wang, Y. Kurokawa, J. Wang, W. Cai, J. Zhang, S. Kato, and N. Usami, Free-Standing Electrode and Fixed Surface Tiny Electrode Implemented Triboelectric Nanogenerator with High Instantaneous Current, Advanced Science News, Nano-Micro Small, 2308531 (December, 2023)

[13] N. Usami, Pioneering Multicrytalline Informatics, JSAP Review, 230218 (2023)

[14] T. Keerthivasan, G. Anbu, M. Srinivasan, T. Kojima, J. Kumar Rath, N. Usami, N. Vijayan, R. Madhesh, C. Balaji, M. Singh, Chalapathi Rao, and P. Ramasamy, Investigating impurities and surface properties in germanium co-doped multi-crystalline silicon: a combined computational and experimental investigation, J Mater Sci: Mater Electron 35:49 (2024)

[15] R. Madhesh, S. Sreeja Balakrishnapillai, M. Srinivasan, A. Gowthami, K. Kutsukake, T. Keerthivasan,R. Ramadoss, N. Usami, and P. Ramasamy, Exploring mcSilicon Wafers: Utilizing Machine Learning to Enhance Wafer Quality Through Etching Studies Cryst. Res. Technol., 2300279 (2024)

Ⅲ．解説等

[1] 2023/11/1, 宇佐美徳隆, 多結晶材料情報学の開拓, 応用物理, 92 巻 11 号 p. 662-667, J-STAGE

Ⅳ．国際学会・口頭発表等

ａ．招待講演

[1] X. Liu, T. Umehara, H. Udono and N. Usami, Mg_2Si crystal growth by the vertical Bridgman method: scale-up and optimization by modeling and growth experiments, International Conference on Crystal Growth and Epitaxy (ICCGE20), July 30-August 4, 2023, Naples, Italy

[2] A. Yamamoto, S. Ishiwata, S. Kikuchi, Y. Hasegawa, S. Tokuta, A. Ishii, A. Yamanaka, Y. Shimada, Z. Guo, S. Hata, T. Kojima, K. Kutsukake, H. Kudo and N. Usami, Process machine learning, twinning network graph analysis & record high trapped magnetic field of Ba-122 polycrystalline bulk superconductors, The 13th International Workshop on Processing and Applications of Superconducting (RE)BCO Materials, August 31-September 1, 2023, Caen, France

[3] N. Usami, Application of informatics to photovoltaic research, 34th International Photovoltaic Science and

Engineering Conference PVSEC-34, November 6-10, 2023, Shenzhen World Exhibition & Convention Center, Guandong, China

[4] N. Usami, Challenges of Material Science for Realization of a Decarbonized Society, 2024 Korea-Japan PV Joint Workshop, February 19-20, 2024, Korea University

[5] N. Usami, Multicrystalline informatics:A methodology to advance materials science by unraveling complex phenomena, Colloquium, March 8, 2024, City University of Hong Kong, Department of Physics

b．一般講演（ポスター発表を含む）

[1] H. Wang, Y. Kurokawa, K. Gotoh, S. Kato, J. Zhang and N. Usami, Mover Electrode/Stater with Double Electrodes Triboelectric Nanogenerator with High Instantaneous Current Triggered by a Surficial Contact Electrode, MRS Spring Meeting & Exhibit, April 10-14, 2023, San Francisco, California

[2] Y. Kurokawa, Y. Kimata, Y. Iseki, K. Gotoh, S. Miyamoto, R. Ozaki, K. Nakamura, Y. Ohshita, N. Usami, Implementation of Nanoimprinted Light Trapping Structure Into Si Heterojunction Solar Cells, 13th International Conference on Silicon Photovoltaics 2023 (Silicon PV2023), April 11-14, 2023, Delft, The Netherlands

[3] M. Matsumi, K. Gotoh, M. Wilde, Y. Kurokawa, K. Fukutani, N. Usami, Improvement of Passivation Performance of Silicon Nanocrystal/Silicon Oxide Compound Layer by Two-step Hydrogen Plasma Treatment, 13th International Conference on Silicon Photovoltaics 2023 (Silicon PV2023), April 11-14, 2023, Delft, The Netherlands

[4] Y. Li, H. Sai, C. McDonald, Z. Xu, Y. Kurokawa, N. Usami, T. Matsui, Impact of Silicon Pyramid Texture Size on Perovskite/Silicon Tandem Solar Cell Performance, 3rd tandemPV International Workshop, June 6-8, 2023, Chambéry, France

[5] K. Inoue, N. Uene, K. Gotoh, Y. Kurokawa, T. Tokumasu, N. Usami, Numerical simulation study for analysis of hydrogenated amorphous silicon/crystalline silicon heterostructure by Reactive Molecular Dynamics Method, 50th IEEE Photovoltaic Specialists Conference (PVSC 50), June 11-16, 2023, San Juan, Puerto Rico

[6] S. Fukaya, K. Gotoh, T. Matsui, H. Sai, Y. Kurokawa, N. Usami, Influence of insertion position of a LiF buffer layer on passivation performance of crystalline Si/SiO_y/TiO_x/Al heterostrucures, 50th IEEE Photovoltaic Specialists Conference (PVSC 50), June 11-16, 2023, San Juan, Puerto Rico

[7] T. Sato, S. Miyamoto, L. Xuan, S. Suzuki, M. Dhamrin, N. Usami, SiGe epitaxial growth via pulsed laser annealing of Al-Ge pastes on Si, International Conference on Crystal Growth and Epitaxy (ICCGE20), July 30-August 4, 2023, Naples, Italy

[8] H. Tajika, K. Kutsukake, T. Kojima, X. Liu, H. Tanaka, N. Usami, Stress analysis of multicrystalline Si with artificial grain boundaries to investigate the generation mechanism of dislocation clusters, International Conference on Crystal Growth and Epitaxy (ICCGE20), July 30-August 4, 2023, Naples, Italy

[9] H. Tanaka, K. Kutsukake, T. Kojima, X. Liu, N. Usami, Optimization of temperature distribution transition in directional solidification method without restriction of growth furnace structure, International Conference on Crystal Growth and Epitaxy (ICCGE20), July 30-August 4, 2023, Naples, Italy

[10] Kosuke O. Hara, Ryota Takagaki, Keisuke Arimoto, N. Usami, Growth of Epitaxial $BaSi_2$ Films with Carrier Lifetime over 2 μ s by Close-Spaced Evaporation, 2023 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM2023), September 5-8, 2023, Nagoya Congress Center

[11] H. Tanaka, K. Kutsukake, X. Liu, T. Kojima, and N. Usami, Simultaneous Optimization of Crystal Growth Furnace and Process Using Crystal Growth Simulation and Machine Learning, 40th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition, September 18-22, 2023, Lisbon, Portugal

[12] H. Matsuo, H. Tanabe, and N. Usami, Development by using functional grain boundary of n-type mono-cast silicon for solar cells, 40th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition, September 18-22, 2023, Lisbon, Portugal

[13] Y. Kurokawa, F. Kumagai, K. Gotoh, S. Miyamoto, S. Kato, K. Kutsukake, N. Usami, Improvement of open-

circuit voltage and fill factor of silicon quantum dots solar cells by bayesian optimization process, 34th International Photovoltaic Science and Engineering Conference PVSEC-34, November 6-10, 2023, Shenzhen World Exhibition & Convention Center, Guandong, China

[14] Y. Michishita, K. Gotoh, S. Fukaya, Y. Kurokawa, N. Usami, Passivation enhancement mechanism of TiO_x/c-Si heterostructures prepared by atomic layer deposition, 34th International Photovoltaic Science and Engineering Conference PVSEC-34, November 6-10, 2023, Shenzhen World Exhibition & Convention Center, Guandong, China

[15] K. Mizutani, K. Gotoh, Y. Kurokawa, K. Kutsukake, N. Usami, Bayesian optimization of carrier selectivity of p-type silicon nano-crystal/silicon oxide compound layer , 34th International Photovoltaic Science and Engineering Conference PVSEC-34, November 6-10, 2023, Shenzhen World Exhibition & Convention Center, Guandong, China

[16] K.O. Hara, R. Takagaki, K. Arimoto, N. Usami, Small negative effect of domain boundary on carrier lifetime of $BaSi_2$ absorber films, 34th International Photovoltaic Science and Engineering Conference PVSEC-34, November 6-10, 2023, Shenzhen World Exhibition & Convention Center, Guandong, China

[17] J. Wang, H. Wang, Y. Kurokawa, N. Usami, H. Amano, Enhanced triboelectric effect in an N-polar GaN/p-Si dynamic p-n junction for DC generators, 14th International Conference on Nitride Semiconductors 2023 (ICNS 14), November 12-17, 2023, Fukuoka, Japan

[18] Y. Fujita, N. Usami, F. Toshiaki, H. Nagai, Recall estimation of reference identification by Newton's cooling law, 12th International Conference on Complex Networks and Their Applications, November 28-30, Menton, France

[19] A. Yamamoto, S. Ishiwata, S. Kikuchi, Y. Hasegawa, S. Tokuta, A. Ishii, A. Yamanaka, Y. Shimada, Z. Guo, S. Hata, T. Kojima, K. Kutsukake, H. Kudo, N. Usami, Demonstration of Iron-based Superconducting Magnet through Complemental Researcher & Bayesian-driven Process Design and Twinning Network Graph Analysis, 2023 MRS Fall Meeting & Exhibit, November 26-December 1, 2023, Hynes Convention Center, Boston, Massachusetts

[20] K. Shibata, S. Kato, M. Kurosawa, K. Gotoh, S. Miyamoto, T. Itoh, N. Usami, Y. Kurokawa, Thermoelectric properties of P-doped and B-doped polycrystalline silicon thin films, 2023 MRS Fall Meeting & Exhibit, November 26-December 1, 2023, Hynes Convention Center, Boston, Massachusetts

[21] Y. Kimura, X. Liu, N. Usami, S. Sakane and H. Udono, Development of 2-inch diameter Mg_2Si substrates toward a low-costand environmentally friendly SWIR detector: a practical approach using simulations to avoid the crack formation and advance the experiments, MRM2023/IUMRS-ICA2023, December 11-16, 2023, Kyoto

[22] K. Torii, T. Kojima, K. Kutsukake, H. Kudo, P. Krenckel, S. Riepe, N. Usami, Analysis of dislocation cluster generation behavior in polycrystalline Si using twin networks, MRM2023/IUMRS-ICA2023, December 11-16, 2023, Kyoto

[23] Y. Shimada, Y. Hasegawa, S. Tokuta, K. Muraoka, T. Kojima , Z. Guo, S. Hata, H. Kudo, N. Usami, A. Yamamoto, Development of crystal orientation analysis for grain boundary structure in Ba-122 bulk, MRM2023/IUMRS-ICA2023, December 11-16, 2023, Kyoto

[24] T. Harada, H. Tajika, T. Iwakiri, K. Kutsukake, N. Usami, T. Ikari, A. Fukuyama , Thermal Boundary Resistance Measurement of Structure Controlled Grain Boundaries by Laser Heterodyne Photothermal Displacement Method, MRM2023/IUMRS-ICA2023, December 11-16, 2023, Kyoto

[25] H. Kudo, T. Kojima, T. Matsumoto, K. Kutsukake, N. Usami, Effect of Illumination Direction in Data Augmentation Process in Semantic Segmentation of Dislocation Clusters with Multicrystalline Silicon Wafer Images with embedded Crystallographic Orientation Information, MRM2023/IUMRS-ICA2023, December 11-16, 2023, Kyoto

[26] Y. Ohno, H. Yoshida, T. Yokoi, K. Matsunaga, K. Yamakoshi, K. Kutsukake, T. Kojima, H. Kudo, N. Usami, How to generate dislocation clusters during cast-growth of silicon ingots?, MRM2023/IUMRS-ICA2023, December 11-16, 2023, Kyoto

[27] S. Kondo, Y. Kurokawa, K. Gotoh, K. Kutsukake, N. Usami, Investigation of deposition conditions for multilayer passivation films using Bayesian optimization and hydrogen concentration grouping, 2024 Korea-Japan PV Joint Workshop, February 19-20, 2024, Korea University

[28] S. Fukaya, K. Gotoh, Y. Kurokawa, N. Usami, Improvement of Passivation Performance of TiO_x/SiO_y/c-Si Heterostructure by Introducing an Atomic-Layer-Deposited TiO_x:Nb Layer , 2024 Korea-Japan PV Joint Workshop, February 19-20, 2024, Korea University

[29] T. Sato, S. Suzuki, H. Minamiyama, M. Dhamrin, S. Miyamoto, N. Usami, Crystal growth of group IV mixed crystal thin films using screen-printing and pulse laser annealing , 2024 Korea-Japan PV Joint Workshop, February 19-20, 2024, Korea University

[30] H. Tajika, N. Usami, Stress analysis and dislocation cluster generation in multicrystalline Si with artificial drain boundaries , 2024 Korea-Japan PV Joint Workshop, February 19-20, 2024, Korea University

[31] K. Masuda, S. Miyamoto, N. Usami, Wide-area quantum computation substrate evaluation using radio-frequency resonant circuits and gate-controlled Si devices , 2024 Korea-Japan PV Joint Workshop, February 19-20, 2024, Korea University

[32] K. Asakura, X. Liu, H. Udono, N. Usami, Investigation of the Influence of crucible geometry on the vertical Bridgman growth of Mg_2Si single crystal by numerical simulation , 2024 Korea-Japan PV Joint Workshop, February 19-20, 2024, Korea University

[33] K. Hanzawa, S. Kato, K. Yamanaka, T. Doi, Y. Kurokawa, N. Usami, T. Itoh, Fabrication and Performance Evaluation of Thermoelectric Mg_2Si Compounds Synthesized Using Silicon Extracted from Discarded Solar Panels , 2024 Korea-Japan PV Joint Workshop, February 19-20, 2024, Korea University

[34] H. Hirono, H. Matsuo, H. Tanabe, Y. Kurokawa, N. Usami, 3D reconstruction of mono-like Si structure and analysis of dislocation clusters , 2024 Korea-Japan PV Joint Workshop, February 19-20, 2024, Korea University

[35] H. Yamaguchi, N. Usami, Nano-textured surfaces of c-Si suitable for perovskite/silicon tandem solar cells by anisotropic alkaline etching , 2024 Korea-Japan PV Joint Workshop, February 19-20, 2024, Korea University

[36] Y. Yoneyama, S. Miyamoto, N. Usami, Effect of localized hydrogen on crystal tilting in strained SiGe substrates, 2024 Korea-Japan PV Joint Workshop, February 19-20, 2024, Korea University

Ⅴ．国内学会・口頭発表等

ａ．招待講演

[1] 宇佐美徳隆, 太陽光発電の歴史の振り返り , 第20回次世代の太陽光発電シンポジウム（第3回日本太陽光発電学会学術講演会), 京都テルサ, 2023年6月29日

[2] 宇佐美徳隆, カーボンニュートラルに関する大学間連携とキャンパスでの取組, 令和5年 電気学会 基礎・材料・共通部門大会, 愛知工業大学, 2023年9月7日-9月9日

[3] 宇佐美徳隆, 脱炭素社会創造に向けたシリコン系材料の多様な結晶成長とデバイス応用, 電気学会東海支部学術講演会, 愛知工業大学（八草キャンパス), 2023年12月19日

[4] 宇佐美徳隆, 名古屋大学におけるカーボンニュートラルに向けた取り組み, 第三回カーボンニュートラルシンポジウム, 山形大学カーボンニュートラル研究センター , 2024年3月6日

ｂ．一般講演（ポスター発表を含む）

[1] 加藤慎也, 曽我哲夫, 宇佐美徳隆, 土居大亮, 黒川康良, 廃棄結晶シリコン太陽電池から作製した高機能シリコンナノ粒子, 第20回次世代の太陽光発電シンポジウム（第3回日本太陽光発電学会学術講演会), 京都テルサ, 2023年6月29日

[2] 水谷和嗣, 後藤和泰, 黒川康良, 沓掛健太朗, 宇佐美徳隆, p型シリコンナノ結晶/酸化シリコン複合膜におけるキャリア選択能の向上, 第20回次世代の太陽光発電シンポジウム（第3回日本太陽光発電学会学術講演会), 京都テルサ, 2023年6月29日

[3] 道下悠登, 後藤和泰, 深谷昌平, 黒川康良, 宇佐美徳隆, 原子層堆積法で作製したTiO_x/c-Siヘテロ構造のパッシベーション性能向上機構, 第20回次世代の太陽光発電シンポジウム（第3回日本太陽光発電学会学術講演会), 京都テルサ, 2023年6月29日

[4] 柴田啓介, 加藤慎也, 黒澤昌志, 後藤和泰, 宮本聡, 伊藤孝至, 宇佐美徳隆, 黒川康良, P ドープ/B ドープ poly-Si 薄膜の熱電特性評価, 第 84 回応用物理学会秋季学術講演会, 熊本城ホール, 2023 年 9 月 19 日 -23 日
[5] 鳥居和馬, 小島拓人, 沓掛健太朗, 工藤博章, 宇佐美徳隆, 双晶ネットワークを用いた多結晶シリコンにおける 転位クラスター発生挙動の解析, 第 84 回応用物理学会秋季学術講演会, 熊本城ホール, 2023 年 9 月 19 日 -23 日
[6] Y. Li, H. Sai, C. McDonald, Z. Xu, Y. Kurokawa, N. Usami, T. Matsui, Improved bottom cell current in perovskite/silicon tandem solar cells by double-sided nanopyramid Si texture, 第 84 回応用物理学会秋季学術講演会, 熊本城ホール, 2023 年 9 月 19 日 -23 日
[7] 深谷昌平, 後藤和泰, 黒川康良, 宇佐美徳隆, TiOx:Nb 層の導入による TiO_x/SiO_y/Si ヘテロ構造のパッシベーション性能の向上, 第 10 回　応用物理学会 ステューデントチャプター東海地区学術講演会, 名古屋大学, 2023 年 11 月 3 日
[8] 池田翔太郎, 小島拓人, 沓掛健太郎, 宇佐美徳隆, 粒界ネットワーク解析を用いたアルミナ微小粒結晶成長過程の推察, 第 52 回結晶成長国内会議（JCCG-52), ウインクあいち, 名古屋市, 2023 年 12 月 4 日～ 12 月 6 日
[9] 井上和麿, 上根直也, 後藤和泰, 徳増崇, 宇佐美徳隆, 水素化アモルファスシリコン/結晶シリコンヘテロ界面におけるパッシベーション機構の解明に向けた反応性力場分子動力学法による数値シミュレーション, 第 14 回半導体デバイスフォーラム, 九州工業大学, 2023 年 12 月 9 日
[10] 田近陽輝, 沓掛健太朗, 小島拓人, 劉鑫, 田中博之, 宇佐美徳隆, 多結晶 Si の結晶成長における界面形状が応力に与える影響, 第 71 回応用物理学会春季学術講演会, 東京都市大学（世田谷キャンパス）, 2024 年 3 月 22 日
[11] Li Tong, 坂根仁, 原田俊太, 黒川康良, 加藤正史, 4H-SiC へのプラズマ処理による水素導入, 第 71 回応用物理学会春季学術講演会, 東京都市大学（世田谷キャンパス）, 2024 年 3 月 23 日
[12] 伊藤耕平, 宮本聡, 鈴木紹太, 南山偉明, ダムリン マルワン, 宇佐美徳隆, 印刷と焼成による SiGe 薄膜の液相成長メカニズム, 第 71 回応用物理学会春季学術講演会, 東京都市大学（世田谷キャンパス）, 2024 年 3 月 23 日
[13] 佐藤剛志, 宮本聡, 鈴木紹太, 南山偉明, ダムリン マルワン, 宇佐美徳隆, 印刷とパルスレーザーアニールによる Si 基板上への SiGe 薄膜成長, 第 71 回応用物理学会春季学術講演会, 東京都市大学（世田谷キャンパス）, 2024 年 3 月 23 日
[14] 佐藤剛志, 宮本聡, 鈴木紹太, 南山偉明, ダムリン マルワン, 宇佐美徳隆, 印刷とパルスレーザーアニールによる Ge 基板上への GeSn 薄膜成長, 第 71 回応用物理学会春季学術講演会, 東京都市大学（世田谷キャンパス）, 2024 年 3 月 23 日
[15] 柴田啓介, 加藤慎也, 黒澤昌志, 後藤和泰, 宮本聡, 伊藤孝至, 宇佐美徳隆, 黒川康良, P ドープ/B ドープナノ結晶 Si/ アモルファス Si 複合薄膜の熱電デバイス応用, 第 71 回応用物理学会春季学術講演会, 東京都市大学（世田谷キャンパス）, 2024 年 3 月 24 日
[16] 王海涛, 黒川康良, 王嘉, 宇佐美徳隆, CYTOP/BaTiO3 ナノ粒子複合膜を用いた薄膜系直流水滴発電デバイス, 第 71 回応用物理学会春季学術講演会, 東京都市大学（世田谷キャンパス）, 2024 年 3 月 24 日
[17] 深谷昌平, 後藤和泰, 黒川康良, 宇佐美徳隆, 原子層堆積法で作製した TiOx:Nb 層の導入による TiO_x/SiO_y/c-Si ヘテロ構造のパッシベーション性能の向上, 第 71 回応用物理学会春季学術講演会, 東京都市大学（世田谷キャンパス）, 2024 年 3 月 24 日
[18] 田村玄汰, 上根直也, 後藤和泰, 宇佐美徳隆, 徳増崇, 反応性力場分子動力学法を用いたシリコン酸化膜中のシリコンナノ結晶形成プロセスの解析, 第 71 回応用物理学会春季学術講演会, 東京都市大学（世田谷キャンパス）, 2024 年 3 月 25 日

Ⅶ. その他研究業績（撰文、雑誌記事、テレビ報道等を含む）

[1] 宇佐美 徳隆、原 京花、小島 拓人、工藤 博章、沓掛 健太朗, Tii 技術情報, 結晶の写真から AI により結晶粒方位分布を予測 ～多結晶材料の簡便かつ高速な組織解析に応用可能～ , 2023/5/26
[2] Noritaka Usami, Today Headline, AI-based technique for predicting crystal orientation improves the efficiency

of manufacturing most electronic devices, 2023/7/5
[3] Noritaka Usami, AlphaGalileo, AI-based technique for predicting crystal orientation improves the efficiency of manufacturing most electronic devices, 2023/10/10
[4] Noritaka Usami, nanowerk, AI-based technique for predicting crystal orientation improves the efficiency of manufacturing most electronic devices, 2023/10/10
[5] Noritaka Usami, Hiroaki Kudo, SciTechDaily, Crystal Clear AI: Revolutionizing the Future of Electronics Manufacturing, 2023/12/3
[6] Noritaka Usami, Tatsuya Yokoi, Hiroaki Kudo, AZO materials, AI Reveals New Path to Control Dislocations in Everyday Materials, 2023/12/20
[7] Noritaka Usami, Tatsuya Yokoi, Hiroaki Kudo, Innovation News Network, Could AI unlock mysteries of polycrystalline materials?, 2023/12/20
[8] 宇佐美徳隆、横井達矢、工藤博章、小島拓人、大野裕、沓掛健太朗、吉田秀人, Tii技術情報, 実験・計算・AIを融合した多結晶材料情報学によるマクロからナノへの材料解析手法を構築 ～複雑な多結晶の学理深化と革新材料創成の幕開け～ , 2023/12/20
[9] Noritaka Usami, Tatsuya Yokoi, Hiroaki Kudo, ScienMag, Artificial intelligence unravels mysteries of polycrystalline materials, 2023/12/20
[10] Noritaka Usami, Tatsuya Yokoi, Hiroaki Kudo, Bioengineer.org, Artificial intelligence unravels mysteries of polycrystalline materials, 2023/12/20
[11] Noritaka Usami, Tatsuya Yokoi, Hiroaki Kudo, Mirage News, AI Deciphers Polycrystalline Materials Mysteries, 2023/12/20
[12] Noritaka Usami, Tatsuya Yokoi, Hiroaki Kudo, EureckAlert, Artificial intelligence unravels mysteries of polycrystalline materials, 2023/12/20
[13] Noritaka Usami, Tatsuya Yokoi, Hiroaki Kudo, Phys.org, Artificial intelligence unravels mysteries of polycrystalline materials, 2023/12/20
[14] Noritaka Usami, Tatsuya Yokoi, Hiroaki Kudo, T-Gate, Synthetic intelligence unravels mysteries of polycrystalline supplies, 2023/12/20
[15] 宇佐美徳隆、横井達矢、工藤博章、小島拓人、大野裕、沓掛健太朗、吉田秀人, 日経新聞, 名大・東北大・理研・阪大、実験・計算・AIを融合した多結晶材料情報学によるマクロからナノへの材料解析手法を構築, 2023/12/20
[16] Noritaka Usami, Tatsuya Yokoi, Hiroaki Kudo, MSN, AI helps design better polycrystalline electronics: Study, 2023/12/20
[17] Noritaka Usami, Tatsuya Yokoi, Hiroaki Kudo, Interesting Engineering, AI helps design better polycrystalline electronics: Study, 2023/12/20
[18] Noritaka Usami, SC Online News, AI unlocks secrets of polycrystalline materials, 2023/12/21
[19] Noritaka Usami, SciTechDaily, AI-Driven Discovery: Mysteries of Polycrystalline Materials Unraveled, 2023/12/22
[20] Noritaka Usami, Enerzine, L'intelligence artificielle révèle des structures cachées dans les matériaux polycristallins, 2023/12/22
[21] 宇佐美徳隆、横井達矢、工藤博章、小島拓人、大野裕、沓掛健太朗、吉田秀人, ASCII.jp×ビジネス, 実験・計算・AIを融合した材料解析の新手法を構築＝名大など, 2023/12/25
[22] Noritaka Usami, Kenta Yamakoshi, Yutaka Ohno, Kentaro Kutsukake, Takuto Kojima, Tech Explorist, AI reveals mysteries of polycrystalline materials, 2023/12/30

●先端デバイスグループ

教授　須田　　淳	准教授　堀田　昌宏

研究テーマ

高性能GaNパワーデバイスの実現に向けた要素技術の研究開発

研究の背景・目的

窒化ガリウム（GaN）は、優れた物性値を有することから、次世代パワーデバイス用半導体材料として期待されている。GaN高性能パワーデバイスの実現には、結晶成長技術の開発、結晶の電子物性制御、微細加工、局所伝導度制御、表面・界面制御技術の確立、優れた物性を最大限に引き出すデバイス構造の考案など、様々な課題がある。当研究グループでは、GaNの諸性質を様々な評価・分析手法で調べ、解明すると共に、その知見に基づいた物性制御方法の提案やデバイス構造の提案、デバイス加工に伴う特性劣化などのメカニズム解明やその抑制方法の確立などの研究に取り組んでいる。

成果の概要

・GaN基板を用いた縦型パワーデバイス実現に向けて、基板の低コスト化が必要不可欠である。本研究グループを含む共同研究では、GaN基板上に作製したデバイスを、レーザースライスによって分離し、基板を再利用する技術を開発した。レーザースライス工程や、基板再利用によるデバイスの劣化はなく、本技術による基板コストの劇的低減の可能性を示した。
・GaNのバンドギャップ中に点欠陥が形成する欠陥準位を理解すべく、エネルギー140 keVの電子線照射によって、窒素変位に限定して点欠陥を導入し、これを評価することに取り組んでいる。電子線照射したpnダイオードの電流-電圧特性から、導入した窒素変位に関連する欠陥が再結合中心としてはたらくことを明らかにし、GaNの点欠陥に関する知見を深めた。
・高出力RFデバイスへの応用が期待されるGaN HEMTは、絶縁性基板が必要不可欠であり、現在、異種基板であるSiCを用いるのが一般的である。対して、我々はGaN HEMTのさらなる高性能化を目指して、半絶縁性GaN基板の研究開発に取り組んでいる。FeやC、Mnをドープした半絶縁性GaNに対して、室温から高温(800 K)のホール効果測定を行うことで、各ドーパントが形成する準位やドープ濃度に対するキャリヤ密度、移動度の関係を明らかにし、Mnドープ半絶縁性GaNが高温用途に特に有用であることを示した。

発表論文等

Ⅰ．論文（査読のある学術誌等）

a．査読付き論文

[1] Tanaka, D., Iso, K., Suda, J., Comparative study of electrical properties of semi-insulating GaN substrates grown by hydride vapor phase epitaxy and doped with Fe, C, or Mn, Journal of Applied Physics, vol. 133, p. 055701, 2023/2/7

[2] Takahashi, H., Ando, Y., Tsuchiya, Y., Wakejima, A., Suda, J., Electrical Characteristics of Gated Anode Diodes Based on Normally Off Recessed-Gate GaN High-Electron-Mobility Transistors for Rectenna Applications, Physica Status Solidi a-Applications and Materials Science, vol. 220, p. 2200837, 2023/3/3

[3] Narita, T., Kanechika, M., Tomita, K., Nagasato, Y., Kondo, T., Uesugi, T., Ikeda, S., Kosaki, M., Oka, T., Suda, J., Effects of proton irradiation-induced point defects on Shockley-Read-Hall recombination lifetimes in homoepitaxial GaN p-n junctions, Applied Physics Letters, vol. 122, p. 113505, 2023/3/13

[4] Narita, T., Kikuta, D., Ito, K., Shoji, T., Mori, T., Yamaguchi, S., Kimoto, Y., Tomita, K., Kanechika, M., Kondo, T., Uesugi, T., Kojima, J., Suda, J., Nagasato, Y., Ikeda, S., Watanabe, H., Kosaki, M., Oka, T.Reliability issues of gate oxides and p-n junctions for vertical GaN metal-oxide-semiconductor field-effect transistors (Invited),

2023 IEEE International Reliability Physics Symposium, ,2023/5/15

[5] Ando, Y., Takahashi, H., Makisako, R., Wakejima, A., Suda, J., RF characteristics of 150-nm AlGaN/GaN high electron mobility transistors fabricated using i-line stepper lithography, Electronics Letters, vol. 59, p. e12798, 2023/5/15

[6] Ito, K., Horita, M., Suda, J., Kimoto, T., High Hall electron mobility in the inversion layer of 4H-SiC (0001)/SiO2 interfaces annealed in POCl3, vol. 16, p. 071001, 2023/7/1

[7] Takane, H., Ando, Y., Takahashi, H., Makisako, R., Ikeda, H., Ueda, T., Suda, J., Tanaka, K., Fujita, S., Sugaya, H., Prospects of mist CVD for fabrication of β -Ga2O3 MESFETs on β -Ga2O3 (010) substrates, Applied Physics Express, vol. 16, p. 081004, 2023/8/1

[8] Matys, M., Kitagawa, K., Narita, T., Uesugi, T., Bockowski, M., Suda, J., Kachi, T., Design and fabrication of vertical GaN junction barrier Schottky rectifiers using Mg ion implantation, Japanese Journal of Applied Physics, vol. 62, p. SN0801, 2023/11/1

[9] Endo, M., Horita, M., Suda, J., Nitrogen-displacement-related recombination centers generated by electron beam irradiation in n-type and p-type homoepitaxial GaN layers, Applied Physics Express, vol. 17, p. 011007, 2024/1/1

[10] Kanechika, M., Hirata, T., Tokozumi, T., Kachi, T., Suda, J., Improvement of AlSiO/GaN interface by a novel post deposition annealing using ultra high pressure, Applied Physics Express, vol. 17, p. 016502, 2024/1/1

[11] Kaneki, S., Konno, T., Kimura, T., Kanegae, K., Suda, J., Fujikura, H., Record high electron mobilities in high-purity GaN by eliminating C-induced mobility collapse, Applied Physics Letter, vol. 124, p. 012105, 2024/1/3

[12] Kumabe, T., Yoshikawa, A., Kawasaki, S., Kushimoto, M., Honda, Y., Arai, M., Suda, J., Amano, H., Demonstration of AlGaN-on-AlN p-n Diodes With Dopant-Free Distributed Polarization Doping, IEEE Transactions on Electron Devices, 10.1109/Ted.2024.3367314, 2024/2/26

[13] Ichikawa, Y., Ueno, K., Kondo, T., Tanaka, R., Takashima, S., Suda, J., Suppression of threshold voltage shift due to positive bias stress in GaN planar MOSFETs by post-deposition annealing, Japanese Journal of Applied Physics, vol. 63, p. 02SP31, 2024/2/29

[14] Ishida, T., Ushijima, T., Nakabayashi, S., Kato, K., Koyama, T., Nagasato, Y., Ohara, J., Hoshi, S., Nagaya, M., Hara, K., Kanemura, T., Taki, M., Yui, T., Hara, K., Kawaguchi, D., Kuno, K., Osajima, T., Kojima, J., Uesugi, T., Tanaka, A., Sasaoka, C., Onda, S., Suda, J., Demonstration of recycling process for GaN substrates using laser slicing technique towards cost reduction of GaN vertical power MOSFETs, Applied Physics Express, vol. 17, p. 026501, 2024/2/20

[15] Yamada, S., Shirai, M., Kobayashi, H., Arai, M., Kachi, T., Suda, J., Realization of low specific-contact-resistance on N-polar GaN surfaces using heavily-Ge-doped n-type GaN films deposited by low-temperature reactive sputtering technique, Applied Physics Express, vol. 17, p. 036501, 2024/3/4

[16] Tanaka, D., Iso, K., Makisako, R., Ando, Y., Suda, J., Electrical Characterization of AlGaN/GaN-HEMTs on Semi-Insulating GaN Substrates Doped With Fe, C, or Mn and Grown by Hydride Vapor Phase Epitaxy, IEEE Transactions on Electron Devices, 10.1109/TED.2024.3375837, 2024/3/6

Ⅳ. 国際学会・口頭発表等

a. 招待講演

[1] Suda, J., Aoshima, K., Horita, M., Radiation-induced deep-level traps in homoepitaxial GaN layers, The 32nd International Conference on Defects in Semiconductors, Gallium nitride (I)-1, 2023/9/11, Rehoboth Beach, Delaware, USA, Committee of The 32nd International Conference on Defects in Semiconductors

[2] Kachi, T. , Matys, M. , Kitagawa, K. , Uesugi, T. , Narita, T. , Suda, J., Vertical GaN Power Devices Using Selective Area Doping with Ion Implantation, 14th International Conference on Nitride Semiconductors, ED2-1, 2023/11/13, Fukuoka, Japan, Committee of 14th International Conference on Nitride Semiconductors

[3] Chichibu, S. F. , Uedono, A. , Iguchi, H. , Narita, T. , Kataoka, K. , Bockowski, M. , Suda, J., Kachi, T., Takashima, S., Tanaka, R., Ueno, K., Edo, M., Ishibashi, S., Shima, K., Impacts of vacancy clusters on the

luminescence dynamics in Mg-implanted GaN on GaN structures, 14th International Conference on Nitride Semiconductors, CH6-1, 2023/11/14, Fukuoka, Japan, Committee of 14th International Conference on Nitride Semiconductors

[4] Horita, M. , Suda, J., Characterization of nitrogen-displacement-related traps in GaN, 14th International Conference on Nitride Semiconductors, CH7-1, 2023/11/14, Fukuoka, Japan, Committee of 14th International Conference on Nitride Semiconductors

[5] Narita, T., Ito, K., Kataoka, K., Tomita, K., Iguchi, H., Iwasaki, S., Kano, E., Ikarashi, N., Horita, M., Kikuta, D., Establishment of reliability and high performance for an AlSiO/GaN MOSFET formed by ALD and post-deposition annealing, International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2023, S2-I-1, 2023/12/2, Nagoya, Japan, Committee of International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2023

[6] Narita, T., Kanechika, M., Tomita, K., Nagasato, Y., Kondo, T., Uesugi, T., Ikeda, S., Kosaki, M., Oka, T., Suda, J., Characterization of Shockley-Read-Hall recombination centers created by proton irradiation into GaN p+/n- and p-/n+ junctions, Photonics West 2024, 12886-11, 2024/1/30, San Francisco, CA, USA, SPIE.

b．一般講演（ポスター発表を含む）

[1] Tanaka, A., Yui, T., Aratani, T., Hara, K., Kawaguchi, D., Watanabe, H., Kanemura, T., Nagasato, Y., Nagaya, M., Honda, Y., Wakejima, A., Ando, Y., Onda, S., Suda, J., Amano, H., GaN substrate cut-out process and GaN on GaN device thinning process with laser slicing, The 23rd International Conference on Compound Semiconductor Manufacturing Technology, 11.5.2023, 2023/5/17, Orlando, FL, USA, CS MANTECH

[2] Ichikawa, Y., Ueno K., Kondo T., Tanaka R., Takashima S., Suda J., Supression of Threshold Voltage Instability due to Positive Bias Stress in GaN Planer MOSFETs by Post-Deposition Anneal, 2023 International Conference on Solid State Devices and Materials, N-1-03, 2023/9/6, Nagoya, Japan, The Japan Society of Applied Physics

[3] Endo, M., Horita, M., Suda, J., Thermal annealing behavior of nitrogen-displacement-related defects in homoepitaxial n-type GaN, The 32nd International Conference on Defects in Semiconductors, Gallium nitride (II)-4, 2023/9/14, Rehoboth Beach, Delaware, USA, Committee of The 32nd International Conference on Defects in Semiconductors

[4] Kaneki, S. , Konno, T. , Kimura, T. , Kanegae, K. , Suda, J. , Fujikura, H., Hall Mobilities of High-purity GaN crystals-Record high mobilities and anomalous C-concentration dependence-, 14th International Conference on Nitride Semiconductors, CH5-2, 2023/11/14, Fukuoka, Japan, Committee of 14th International Conference on Nitride Semiconductors

[5] Shima, K. , Narita, T. , Kataoka, K. , Ishibashi, S. , Uedono, A. , Bockowski, M. , Suda, J., Kachi, T., Chichibu, S. F., Luminescence studies of Mg-implanted and undoped GaN-on-GaN structures processed by ultra-high-pressure annealing, 14th International Conference on Nitride Semiconductors, CH6-3, 2023/11/14, Fukuoka, Japan, Committee of 14th International Conference on Nitride Semiconductors

[6] Sumida, K. , Horita, M. , Kachi, T. , Suda, J., Depth Analysis of Acceptor and Compensating Donor Concentrations in Mg-implanted p-GaN with Ultra-High-Pressure Annealing, 14th International Conference on Nitride Semiconductors, CH6-6, 2023/11/14, Fukuoka, Japan, Committee of 14th International Conference on Nitride Semiconductors

[7] Hirata, T. , Kanechika, M. , Tokozumi, T. , Kachi, T. , Suda, J., Improvement of AlSiO/n-GaN MOS characteristics by ultra-high-pressure post-deposition annealing, 14th International Conference on Nitride Semiconductors, ED5-5, 2023/11/14, Fukuoka, Japan, Committee of 14th International Conference on Nitride Semiconductors

[8] Kitagawa, K. , Matys, M. , Kachi, T. , Suda, J., Expansion of Optimized Dose Range in Junction Termination Extension Structure for GaN Vertical Power Devices by Utilizing Mg Channeling Implantation, 14th International Conference on Nitride Semiconductors, TuP-ED-22, 2023/11/14, Fukuoka, Japan, Committee of 14th International Conference on Nitride Semiconductors, ポスター発表

[9] Ando, Y. , Oishi, K. , Takahashi, H. , Makisako, R. , Wakejima, A. , Suda, J., Improved Turn-On Voltage Controllability in AlGaN/GaN Gated-Anode Diodes Using Etch Endpoint Detection Process, 14th International Conference on Nitride Semiconductors, ED9-1, 2023/11/16, Fukuoka, Japan, Committee of 14th International Conference on Nitride Semiconductors

[10] Watanabe, T. , Takahashi, H. , Wakejima, A. , Ando, Y. , Suda, J., Improvement of Breakdown Voltage by Utilizing Moderately-Doped Contact Layers in AlGaN/GaN Gated-Anode Diodes for Microwave Rectification, 14th International Conference on Nitride Semiconductors, ED9-2, 2023/11/16, Fukuoka, Japan, Committee of 14th International Conference on Nitride Semiconductors

[11] Yamada, S. , Tanaka, K. , Arai, M. , Kachi, T. , Suda, J., Impacts of subsequent nitrogen radical treatment on surface roughness and electrical properties of n-type GaN films deposited by reactive sputtering, 14th International Conference on Nitride Semiconductors, ED12-3, 2023/11/16, Fukuoka, Japan, Committee of 14th International Conference on Nitride Semiconductors

[12] Ichikawa, Y. , Ueno, K. , Kondo, T. , Tanaka, R. , Takashima, S. , Suda, J., Impact of post-deposition anneal on threshold voltage instability due to bias stress in GaN planer MOSFETs with SiO2 gate dielectric, 14th International Conference on Nitride Semiconductors, ED14-7, 2023/11/16, Fukuoka, Japan, Committee of 14th International Conference on Nitride Semiconductors

[13] Iguchi, H. , Horita, M. , Suda, J., Annealing behavior of deep levels induced by ultra-low-dose Si-ion implantation and subsequent annealing in homoepitaxial n-type GaN, 14th International Conference on Nitride Semiconductors, ThP-CH-28, 2023/11/16, Fukuoka, Japan, Committee of 14th International Conference on Nitride Semiconductors, ポスター発表

[14] Inagaki, M. , Oka, T. , Tanaka, N. , Hasegawa, K. , Izumi, T. , Ina, T. , Nishio, G., Niwa, T., Suda, J., Mg Concentration Dependence of Threshold Voltage Shift under Sub-Eg Light Illumination and Positive Bias Stress in Vertical GaN Trench MOSFETs, 14th International Conference on Nitride Semiconductors, ThP-ED-31, 2023/11/16, Fukuoka, Japan, Committee of 14th International Conference on Nitride Semiconductors, ポスター発表

[15] Endo, M. , Horita, M. , Suda, J., Evaluation of recombination centers originating from nitrogen-displacement-related defects in homoepitaxial n-type and p-type GaN, 14th International Conference on Nitride Semiconductors, CH15-5, 2023/11/17, Fukuoka, Japan, Committee of 14th International Conference on Nitride Semiconductors

[16] Kojima, C. , Horita, M. , Suda, J., Hall-effect Measurement of Homoepitaxial N-type GaN with Nitrogen-displacement-related Point Defects Formed by Electron Beam Irradiation, 14th International Conference on Nitride Semiconductors, CH15-6, 2023/11/17, Fukuoka, Japan, Committee of 14th International Conference on Nitride Semiconductors

[17] Tanaka, D. , Iso, K. , Suda, J., Guidelines for selecting appropriate dopants and concentrations for semi-insulating GaN substrates, 14th International Conference on Nitride Semiconductors, CH17-4, 2023/11/17, Fukuoka, Japan, Committee of 14th International Conference on Nitride Semiconductors

[18] Ito., K, Narita, T., Iguchi, H., Iwasaki, S., Kikuta, D., Kano, E., Ikarashi, N., Tomita, K.,Horita, M., Suda, J., Polarization Engineering in AlSiO/p-type GaN MOSFETs Using AlN Interlayers Formed by Plasma-Enhanced Atomic Layer Deposition, 69th Annual IEEE International Electron Devices Meeting, 26-2, 2023/12/12, San Francisco, CA, USA, the IEEE Electron Devices Society

[19] Kumabe, T., Yoshikawa, A., Kushimoto, M., Honda, Y., Arai, M., Suda, J., Amano, H., Demonstration of AlN-based Vertical p-n Diodes with Dopant-Free Distributed-Polarization Doping, 69th Annual IEEE International Electron Devices Meeting, 26-3, 2023/12/12, San Francisco, CA, USA, the IEEE Electron Devices Society

Ⅴ．国内学会・口頭発表等

ａ．招待講演

[1] 成田哲生，冨田一義，徳田豊，堀田昌宏，山田真嗣，五十嵐信行，加地徹, GaNパワー半導体プロセ

スにおけるMOVPE成長特有の不純物の理解と制御, 応用物理学会　結晶工学分科会　第159回研究会, 応用物理学会　結晶工学分科会, ウインクあいち, 13-4, 2023/6/13

[2] 堀田昌宏，須田淳, GaN中のN変位関連欠陥が形成するトラップの評価, 第15回ナノ構造・エピタキシャル成長講演会, 日本結晶成長学会　ナノ構造・エピタキシャル成長分科会, 山形テルサ, Fr-I02, 2023/6/16

[3] 金木奨太，今野泰一郎，木村健司，鐘ヶ江一孝，須田淳，藤倉序章, [講演奨励賞受賞記念講演] バルクGaNの最高移動度の更新と室温移動度の特異な振る舞い, 第84回応用物理学会秋季学術講演会, 応用物理学会, 熊本城ホール他, 20a-B101-11, 2023/9/20

[4] 遠藤彗，堀田昌宏，須田淳, [講演奨励賞受賞記念講演] 電子線照射により窒素変位関連欠陥を選択的に導入したホモエピタキシャル成長GaN中の再結合中心の評価, 第84回応用物理学会秋季学術講演会, 応用物理学会, 熊本城ホール他, 22a-B201-1, 2023/9/22

[5] 堀田昌宏，須田淳, GaN中の真性欠陥が形成するトラップの評価, GaNコンソーシアム　2023年度結晶・評価WG研究会（第1回）, GaNコンソーシアム　結晶・評価WG, 名古屋大学, 2, 2023/12/18

[6] 須田淳, 半導体基礎・pn接合の理論, 応用物理学会　先進パワー半導体第26回研究会, 応用物理学会　先進パワー半導体分科会, 東京大学, 3, 2023/10/28

[7] 須田淳, パワー半導体デバイスの基礎と最近の動向, 応用物理学会　シリコンテクノロジー・チュートリアル2023, 応用物理学会　シリコンテクノロジー分科会, 名古屋大学, 1, 2023/10/26

[8] 須田淳, ワイドギャップ半導体の電気的特性評価, 第28回結晶工学セミナー , 応用物理学会　結晶工学分科会, オンライン, 2, 2024/1/16

[9] 伊藤健治，成田哲生，井口紘子，岩崎四郎，菊田大悟，狩野絵美，五十嵐信行，冨田一義，堀田昌宏，須田淳, プラズマ支援原子層堆積法で形成したAlN界面層を用いたAlSiO/p-GaN MOSFETの分極制御, シリコン材料・デバイス研究会（SDM）, 電子情報通信学会, 金沢工業大学, (2), 2024/1/31

b．一般講演（ポスター発表を含む）

[1] 遠藤彗，堀田昌宏，須田淳, ホモエピタキシャル成長GaN 中の窒素原子変位に関連した再結合中心の評価, 第15回ナノ構造・エピタキシャル成長講演会, 日本結晶成長学会　ナノ構造・エピタキシャル成長分科会, 山形テルサ, Fr-P14, 2023/6/16

[2] 高根倫史，安藤裕二，高橋英匡，牧迫隆太郎，池田光，上田哲三，須田 淳，田中勝久，藤田静雄，菅谷英生, ミストCVD成長β-Ga2O3を用いたMESFET, 第84回応用物理学会秋季学術講演会, 応用物理学会, 熊本城ホール他, 20p-A302-2, 2023/9/20

[3] 井口紘子，堀田昌宏，須田淳, 超低濃度Siイオン注入を行ったn型GaNエピタキシャル層上に作製したショットキーバリアダイオードの電流-電圧特性, 第84回応用物理学会秋季学術講演会, 応用物理学会, 熊本城ホール他, 21p-B201-12, 2023/9/21

[4] 北川和輝, 加地徹, 須田淳, Mg/N共注入および超高圧アニールを用いて作製したGaN p-n接合ダイオード, 第84回応用物理学会秋季学術講演会, 応用物理学会, 熊本城ホール他, 21p-B201-14, 2023/9/21

[5] 田中大貴，磯憲司，須田淳, HVPE法で作製したFe，C，Mnドープ半絶縁性GaN基板の電気的特性評価, 第84回応用物理学会秋季学術講演会, 応用物理学会, 熊本城ホール他, 22a-B201-5, 2023/9/22

[6] 平田拓巳，兼近将一，加地徹，須田淳, AlSiO/n-GaN MOS構造の容量-電圧特性における超高圧アニール時間依存性, 第84回応用物理学会秋季学術講演会, 応用物理学会, 熊本城ホール他, 22p-B201-6, 2023/9/22

[7] 山田真嗣，田中希帆，新井学，加地徹，須田淳, スパッタ成膜n型GaN層の表面形態に対する窒素ラジカル照射効果, 第84回応用物理学会秋季学術講演会, 応用物理学会, 熊本城ホール他, 22p-B201-14, 2023/9/22

[8] 秩父重英，嶋紘平，上殿明良，石橋章司，田中亮，高島信也，上野勝典．江戸雅晴，渡邉浩崇，本田善央，須田淳，天野浩，加地徹，生田目俊秀，色川芳宏，小出康夫, GaN成長層・Mgイオン注入層の室温フォトルミネッセンス寿命 (II), 第71回応用物理学会春季学術講演会, 応用物理学会, 東京都市大学, 22p-21C-16, 2024/3/22

[9] 秩父重英，嶋紘平，上殿明良，石橋章司，田中亮，高島信也，上野勝典．江戸雅晴，渡邉浩崇，本田善央，須田淳，天野浩，加地徹，生田目俊秀，色川芳宏，小出康夫, GaN成長層・Mgイオン注入層の室温フォトルミネッセンス寿命 (III), 第71回応用物理学会春季学術講演会, 応用物理学会, 東京都市大学, 22p-21C-17, 2024/3/22

[10] 隈部岳瑠，吉川陽，川崎晟也，久志本真希，本田善央，新井学，須田淳，天野浩, 分布型分極ドーピングによるAlN系縦型p-nダイオードの実証, 第71回応用物理学会春季学術講演会, 応用物理学会, 東京都市大学, 23a-21C-3, 2024/3/23

[11] 遠藤彗，堀田昌宏，須田淳, ホモエピタキシャル成長n型GaNにおいて電子線照射によりE_C － 1 eV付近に形成される窒素変位関連トラップの熱アニール挙動, 第71回応用物理学会春季学術講演会, 応用物理学会, 東京都市大学, 24a-52A-3, 2024/3/24

[12] 遠藤彗，堀田昌宏，須田淳, ホモエピタキシャル成長n型GaN中の格子間窒素が形成する2つの準位の特定, 第71回応用物理学会春季学術講演会, 応用物理学会, 東京都市大学, 24a-52A-4, 2024/3/24

[13] 林慶祐，堀田昌宏，田中亮，高島信也，上野勝典，須田淳, 酸素イオン注入n型GaNで観測される実効ドナー密度変動と長い捕獲時定数を持つトラップの関係性, 第71回応用物理学会春季学術講演会, 応用物理学会, 東京都市大学, 24a-52A-7, 2024/3/24

[14] 安藤裕二，牧迫隆太郎，高橋英匡，分島彰男，須田淳, i線ステッパーによる100 nm級AlGaN/GaNデュアルゲートHEMTの作製, 第71回応用物理学会春季学術講演会, 応用物理学会, 東京都市大学, 24p-52A-15, 2024/3/24

[15] 田中希帆，山田真嗣，新井学，加地徹，須田淳, 高濃度n型GaNスパッタ膜の表面形態および電気的特性の成膜温度依存性, 第71回応用物理学会春季学術講演会, 応用物理学会, 東京都市大学, 24p-52A-18, 2024/3/24

[16] 山田真嗣，新井学，加地徹，須田淳, n型GaNスパッタ膜の電気的特性に対するアニール効果, 第71回応用物理学会春季学術講演会, 応用物理学会, 東京都市大学, 24p-52A-19, 2024/3/24

[17] 角田健輔，片岡恵太，成田哲生，堀田昌宏，加地徹，須田淳, Mgイオン注入p-GaNにおけるNイオン連続注入の補償ドナー濃度低減効果, 第71回応用物理学会春季学術講演会, 応用物理学会, 東京都市大学, 25a-52A-1, 2024/3/25

[18] 北川和輝，Maciej Matys，上杉勉，加地徹，堀田昌宏，須田淳, Mgチャネリングイオン注入および超高圧アニールを用いて作製した縦型GaN JBSダイオード, 第71回応用物理学会春季学術講演会, 応用物理学会, 東京都市大学, 25a-52A-3, 2024/3/25

Ⅵ. 特許等（出願、公開、登録）

c．特許（登録特許）

[1] 加地徹，櫻井秀樹，五十嵐信行，須田淳, 窒化物半導体基板の製造方法, 7312402, 2023/7/12, 東海国立大学機構，アルバック

Ⅶ. その他研究業績（撰文、雑誌記事、テレビ報道等を含む）

[1] 隈部岳瑠，吉川陽，久志本真希，本田善央，新井学，須田淳，天野浩, 名古屋大学プレスリリース, 窒化アルミニウム(AlN)系ウルトラワイドバンドギャップ半導体pn接合で理想的な特性を実現 ～AlN系電子デバイス実現に向けた大きな一歩～ , 2023/12/14

●ナノ電子デバイスグループ

教授　中塚　　理	准教授　黒澤　昌志	助教　坂下　満男
助教　柴山　茂久		

研究テーマ

Si LSIプラットフォーム上多機能デバイス集積に向けたIV族半導体薄膜の結晶成長および界面制御技術の開発

研究の背景・目的

次世代の省電力・高速・高集積・多機能ナノエレクトロニクスの発展に向けて、高キャリア移動度、低温成長可能、元素組成・結晶歪によるバンド構造変調、直接遷移化などの特長を有するゲルマニウム（Ge）、ゲルマニウム錫（GeSn）、シリコンゲルマニウム錫（SiGeSn）などのIV族半導体が注目されている。既存のシリコン集積回路プラットフォームへの親和性にも優れる、これら新規半導体材料のデバイス実用化には、薄膜結晶成長技術に加えて、結晶歪やキャリア移動度、エネルギーバンド構造、結晶欠陥・結晶転位、不純物ドーピング、ナノ構造形成、金属/半導体および絶縁物/半導体界面物性など、様々な結晶・電子物性の理解とその制御技術の構築が必要不可欠である。当研究室では、多様なIV族半導体薄膜のエピタキシャル成長技術構築、多層ヘテロ構造のバンド構造設計・作製と光電子物性の制御、各種界面の結晶構造および欠陥物性・電気伝導特性の制御などについて研究を推進している。

成果の概要

本年度に得られた主要な成果を記す。

（1）従来の分子線エピタキシー（MBE）法に比べて4倍高速成長が可能なスパッタリング法を用いた高Sn組成GeSnエピタキシャル層形成を検証した。MBE法に比較して50℃以上高い170℃の成長においても、Sn析出を抑制した25%の高Sn組成GeSnエピタキシャル層の形成に成功した。その結果、100 nmの厚い膜でも3×10^{19} cm^{-3}程度の背景キャリア密度に抑制されたp型GeSn層の形成を実証した。これら新規材料は転写技術などの併用によって、次世代中赤外光電変換デバイスへの応用が期待される。

（2）Si(111)基板上へのGeバッファ層を用いたGeSnエピタキシャル層の形成およびイオン注入法によるn型GeSn層の形成技術について研究を進めた。二段階成長法を用いて適切に歪緩和した500 nm厚のGeバッファ層の活用により、従来のSi(001)基板と同様に、Si(111)基板上でもSn組成8%、膜厚100 nmでGeSnエピタキシャル層の結晶性改善を実証した。また、Pイオン注入と急速熱処理法によって、GeSnエピタキシャル層において27%のP原子の活性化を実現し、既報値と比べても高いHall電子密度7×10^{18} cm^{-3}のn型GeSn層形成を達成した。これらの技術はスピントロニクスを含む次世代量子デバイスへの応用、貢献が期待できる。

（3）共鳴トンネルダイオード（RTD）に向けたSiGeSn/GeSn多重量子井戸構造を設計、作製し、メサ型ダイオードデバイスを試作した。10 Kの低温下の電流-電圧特性において、量子井戸構造内の準位を介したトンネル伝導に起因した負性微分抵抗とみなせる複数の電流ピークの観測に成功した。また、電子顕微鏡観察などに基づき、SiGeSn/GeSn界面構造の急峻化、安定化に資する知見を得た。

発表論文等

Ⅰ．論文（査読のある学術誌等）

a．査読付き論文

[1] K. Fujimoto, M. Kurosawa, S. Shibayama, M. Sakashita, and O. Nakatsuka, Lattice-matched growth of high-Sn-content (x~0.1) Si1-xSnx layers on Si1-yGey buffers using molecular beam epitaxy, Applied Physics Express, Vol.16, No.4, pp.045501 (4 pages), 2023/4

[2] K. Hashimoto, S. Shibayama, K. Asaka, M. Sakashita, M. Kurosawa, and O. Nakatsuka, Self-organized Ge1-xSnx quantum dots formed on insulators and their room temperature photoluminescence, Jpn. J. Appl. Phys., Vol.62, No.7, pp.075506 (8 pages), 2023/7

[3] Okada, S. Shibayama, M. Sakashita, O. Nakatsuka, and M. Kurosawa, Heteroepitaxial growth of CaGe2 films on high-resistivity Si(111) substrates and its application for germanane synthesizing, Materials Science in Semiconductor Processing, Vol.161, No., pp.107462 (6 pages), 2023/7

[4] J. Nagano, S. Ikeguchi, T. Doi, M. Sakashita, O. Nakatsuka, and S. Shibayama, Emergence of ferroelectricity in ZrO2 thin films on TiN/Si featuring high temperature sputtering method, Materials Science in Semiconductor Processing, Vol.163, No., pp.107553 (8 pages), 2023/8/15

d．その他

[1] 石本修斗，坂下満男，黒澤昌志，中塚理，柴山茂久，GeSn/GeSiSn二重障壁構造における負性微分抵抗の発現，第29回電子デバイス界面テクノロジー研究会―材料・プロセス・デバイス特性の物理―予稿集、2024年1月.

[2] 柴山茂久，高木孝明，坂下満男，黒澤昌志，中塚理，In-situ Sb ドーピングによるInP上n型Ge0.75Sn0.25エピタキシャル膜の形成，第29回電子デバイス界面テクノロジー研究会―材料・プロセス・デバイス特性の物理―予稿集、2024年1月.

[3] 柴山茂久，松本泰河，大田晃生，横川凌，坂下満男，黒澤昌志，中塚理，Al/GeSn(111)構造上への熱処理による極薄・高Sn組成GeSn表面偏析，第29回電子デバイス界面テクノロジー研究会―材料・プロセス・デバイス特性の物理―予稿集、2024年1月.

Ⅳ．国際学会・口頭発表等

a．招待講演

[1] O. Nakatsuka, M. Kurosawa, S. Shibayama, and M. Sakashita, Epitaxy and heterostructure of germanium tin-related group-IV alloy semiconductors for future electronic and optoelectronic applications, 2023 International Conference on Semiconductor Technology for Ultra Large Scale Integrated Circuits and Thin Film Transistors (ULSIC VS TFT 8), 09:45 – 10:10, 20230515, Grand Park Hotel Otaru (Sapporo), Japan, ECI (Engineering Conferences International)

[2] M. Kurosawa, S. Shibayama, M. Sakashita, and O. Nakatsuka, Epitaxial Growth Technique for $Si_{1-x}Sn_x$ Binary Alloy Thin Films, 244th ECS Meeting, G02-1534, 20231010, Gothenburg, Sweden, ECS

[3] O. Nakatsuka, S. Shibayama, M. Kurosawa, and M. Sakashita, Crystal Growth Technology of GeSn-related Group-IV Heteroepitaxial Layers, 3rd Nucleation and Growth Research Conference (3rd NGRC), Thin Film and Nano-, Microelectronics-2 17:00-17:30, 20231110, Kyoto, Japan, Materials Tailoring Society

[4] M. Kurosawa, A. Ohta, M. Araidai, S. Shibayama, M. Sakashita, and O. Nakatsuka, A new challenge in group-IV materials: energy harvesting application & 2D crystal synthesizing, 14th International WorkShop on New Group IV Semiconductor Nanoelectronics, I-05, 20231214, Tohoku University, Sendai, Japan, Cosponsored by Cooperative Research Project Program of the Research Institute of Electrical Communication, Tohoku University

b．一般講演（ポスター発表を含む）

[1] O. Nakatsuka, K. Takagi, S. Shibayama, M. Kurosawa, and M. Sakashita, Heteroepitaxial Growth of High Substitutional Sn-content $Ge_{1-x}Sn_x$ Layer Lattice-matched on InP Substrate, International Conference on Silicon Epitaxy and Heterostructures International SiGe Technology and Device Meeting (ICSI-ISTDM 2023), Epitaxy 12, 20230522, Como, Italy, International Conference on Silicon Epitaxy and Heterostructures International SiGe Technology and Device Meeting (ICSI-ISTDM 2023) Organizing Committee, ポスター発表

[2] T. Maeda, W. H. Chang, H. Ishii, S. Zhang, S. Shibayama, M. Kurosawa, O. Nakatsuka, The layer transfer of Ge-lattice-matched SiGeSn epitaxial films, International Conference on Silicon Epitaxy and Heterostructures International SiGe Technology and Device Meeting (ICSI-ISTDM 2023), Processing and characterization 39, 20230522, Como, Italy, International Conference on Silicon Epitaxy and Heterostructures International SiGe Technology and Device Meeting (ICSI-ISTDM 2023) Organizing Committee, ポスター発表

[3] M. Kurosawa, T. Katase, Y. Imai, M. Nakata, M. Kimura, T. Kamiya, S. Shibayama, M. Sakashita, and O. Nakatsuka, Low-temperature Thermoelectric Properties of GeSn Alloys Films, International Conference on Silicon Epitaxy and Heterostructures International SiGe Technology and Device Meeting (ICSI-ISTDM 2023), Thermoelectrics and Energy Harvesting 11:25 – 11:40, 20230523, Como, Italy, International Conference on Silicon Epitaxy and Heterostructures International SiGe Technology and Device Meeting (ICSI-ISTDM 2023) Organizing Committee

[4] S. Ishimoto, M. Sakashita, M. Kurosawa, O. Nakatsuka, and S. Shibayama, Experimental observation of negative differential resistance in GeSn/GeSiSn double barrier structure toward resonant tunneling diode

applications, 2023 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM 2023), F-4-03, 20230907, Nagoya Congress Center, Japan, The Japan Society of Applied Physics

[5] T. Hiraide, M. Kurosawa, S. Shibayama, M. Sakashita, and O. Nakatsuka, Seed-layer driven solid phase epitaxy of amorphous $Ge_{1-x}Sn_x$ layers on Si(001) substrates toward in-plane strain control, 2023 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM 2023), M-4-03, 20230907, Nagoya Congress Center, Japan, The Japan Society of Applied Physics

[6] T. Oiwa, S. Shibayama, M. Sakashita, O. Nakatsuka, T. Katase, and M. Kurosawa, Giant thermoelectric power of n-type $Si_{1-x}Sn_x$ layers grown on FZ-Si(001) substrates, 2023 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM 2023), M-4-05, 20230907, Nagoya Congress Center, Japan, The Japan Society of Applied Physics

[7] I. Sugimura, M. Nakata, S. Shibayama, M. Sakashita, O. Nakatsuka, T. Katase, and M. Kurosawa, Low-temperature thermoelectric power-factor enhancement of n-type Ge-rich $Ge_{1-x-y}Si_xSn_y$ layers, 2023 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM 2023), PS-11-12, 20230907, Nagoya Congress Center, Japan, The Japan Society of Applied Physics, ポスター発表

[8] S. Shibayama, S. Zhang, M. Sakashita, M. Kurosawa, and O. Nakatsuka, Optoelectronic properties of $Ge_{1-x}Sn_x$/high-Si-content $Si_yGe_{1-y-z}Sn_z$ double quantum wells formed by low-temperature MBE growth and post deposition annealing, 2023 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM 2023), PS-11-14, 20230907, Nagoya Congress Center, Japan, The Japan Society of Applied Physics, ポスター発表

[9] I. Sugimura, M. Nakata, S. Shibayama, M. Sakashita, O. Nakatsuka, T. Katase, and M. Kurosawa, Low-temperature thermoelectric power-factor enhancement of n-type Ge-rich $Ge_{1-x-y}Si_xSn_y$ layers, 2023 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM 2023), SO-PS-11-12, 20230907, Nagoya Congress Center, Japan, The Japan Society of Applied Physics

[10] S. Shibayama, S. Zhang, M. Sakashita, M. Kurosawa, and O. Nakatsuka, Optoelectronic properties of $Ge_{1-x}Sn_x$/high-Si-content $Si_yGe_{1-y-z}Sn_z$ double quantum wells formed by low-temperature MBE growth and post deposition annealing, 2023 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM 2023), SO-PS-11-14, 20230907, Nagoya Congress Center, Japan, The Japan Society of Applied Physics

[11] T. Kabeya, S. Shibayama, K. Takagi, M. Sakashita, M. Kurosawa, and O. Nakatsuka, Sputtering Heteroepitaxy of $Ge_{0.75}Sn_{0.25}$ Layer on InP(001) Substrate, 2023 International Workshop on Dielectric Thin Films for Future Electron Devices: Science and Technology (2023 IWDTF) , S7-3 (pp. 129 - 130), 20231025, Kanazawa Chamber of Commerce and Industry, Ishikawa, Japan, The Japan Society of Applied Physics, Thin Film and Surface Physics Division

[12] Y. Kato, M. Fukuda, S. Shibayama, M. Sakashita, M. Kurosawa, and O. Nakatsuka, Electrical activation of implanted phosphorus in GeSn epitaxial layers grown on Si(111) substrate, 14th International WorkShop on New Group IV Semiconductor Nanoelectronics, P-04, 20231215, Tohoku University, Sendai, Japan, Cosponsored by Cooperative Research Project Program of the Research Institute of Electrical Communication, Tohoku University, ポスター発表

[13] I. Sugimura, M. Nakata, S. Shibayama, M. Sakashita, O. Nakatsuka, T. Katase, and M. Kurosawa, Thermoelectric properties of Sb-doped $Ge_{1-x-y}Si_xSn_y$ ternary alloy layers lattice matched to GaAs substrates, 14th International WorkShop on New Group IV Semiconductor Nanoelectronics, P-08, 20231215, Tohoku University, Sendai, Japan, Cosponsored by Cooperative Research Project Program of the Research Institute of Electrical Communication, Tohoku University, ポスター発表

Ⅴ．国内学会・口頭発表等

b．一般講演（ポスター発表を含む）

[1] 大岩樹, 柴山茂久, 坂下満男, 中塚理, 片瀬貴義, 黒澤昌志, 高濃度n型ドープ$Si_{1-x}Sn_x$薄膜の低温熱電物性評価, 第7回フォノンエンジニアリング研究会, フォノンエンジニアリング研究会, 沖縄コンベンションセンター , P-12, 20230805, ポスター発表

[2] 大岩樹, 柴山茂久, 坂下満男, 中塚理, 片瀬貴義, 黒澤昌志, $Si_{1-x}Sn_x$ 薄膜で観測される巨大熱電能の電子濃度依存性, 第84回応用物理学会秋季学術講演会, 応用物理学会, 熊本城ホール, [23a-A602-9][講演奨励賞受賞記念講演], 20230923

[3] 加藤芳規, 柴山茂久, 坂下満男, 黒澤昌志, 中塚理, イオン注入法によるn型無歪$Ge_{1-x}Sn_x$(111)エピタキシャル層の形成, 第84回応用物理学会秋季学術講演会, 応用物理学会, 熊本城ホール, 22a-A303-1, 20230922

[4] 松本泰河, 柴山茂久, 大田晃夫, 横川凌, 黒澤昌志, 坂下満男, 中塚理, Al/GeSn(111)エピタキシャル層構造からの偏析による極薄GeSn形成, 第84回応用物理学会秋季学術講演会, 応用物理学会, 熊本城ホール, 22p-P03-1, 20230922, ポスター発表

[5] 壁谷汰知, 柴山茂久, 高木孝明, 坂下満男, 黒澤昌志, 中塚理, スパッタリング法によるInP基板上の$Ge_{0.75}Sn_{0.25}$エピタキシャル成長, 第84回応用物理学会秋季学術講演会, 応用物理学会, 熊本城ホール, 23a-A602-7, 20230923

[6] 前田辰郎, 石井裕之, 張文馨, 張師宇, 柴山茂久, 黒澤昌志, 中塚理, Ge格子整合系$Si_xGe_{1-x-y}Sn_y$三元混晶とその転写, 第84回応用物理学会秋季学術講演会, 応用物理学会, 熊本城ホール, 23a-A602-8, 20230923

[7] 加藤芳規, 柴山茂久, 坂下満男, 黒澤昌志, 中塚理, $Ge_{1-x}Sn_x$(111)エピタキシャル層へのPイオン注入と活性化, 第10回応用物理学会名古屋大学スチューデントチャプター東海地区学術講演会, 応用物理学会名古屋大学スチューデントチャプター , 名古屋大学 VBL, B8, 20231103

[8] 壁谷汰知, 柴山茂久, 高木孝明, 坂下満男, 黒澤昌志, 中塚理, スパッタリング法による InP 基板上へのエピタキシャル $Ge_{0.75}Sn_{0.25}$ 形成, 第10回応用物理学会名古屋大学スチューデントチャプター東海地区学術講演会, 応用物理学会名古屋大学スチューデントチャプター , 名古屋大学 VBL, P26, 20231103, ポスター発表

[9] 石本修斗, 坂下満男, 黒澤昌志, 中塚理, 柴山茂久, GeSn/GeSiSn 共鳴トンネルダイオードにおける負性微分抵抗の観測, 第10回応用物理学会名古屋大学スチューデントチャプター東海地区学術講演会, 応用物理学会名古屋大学スチューデントチャプター , 名古屋大学 VBL, P28, 20231103, ポスター発表

[10] 松本泰河, 大田晃生, 横川凌, 坂下満男, 黒澤昌志, 中塚理, 柴山茂久, Al/GeSn(111)構造からの偏析を用いた極薄・高 Sn 組成 GeSn の形成, 第10回応用物理学会名古屋大学スチューデントチャプター東海地区学術講演会, 応用物理学会名古屋大学スチューデントチャプター , 名古屋大学 VBL, P29, 20231103, ポスター発表

[11] 加藤芳規, 柴山茂久, 坂下満男, 黒澤昌志, 中塚理, Pイオン注入によるn型$Ge_{1-x}Sn_x$(111)エピタキシャル層の形成, 第14回 半導体材料・デバイスフォーラム, 熊本高等専門学校 電子材料・デバイス研究部 半導体材料・デバイスフォーラム実行委員会, 九州工業大学, P-13, 20231209, ポスター発表

[12] 柴山茂久, 高木孝明, 坂下満男, 黒澤昌志, 中塚理, In-situ Sb ドーピングによるInP上n型$Ge_{0.75}Sn_{0.25}$エピタキシャル膜の形成, 応用物理学会 薄膜・表面物理分科会・シリコンテクノロジー分科会共催特別研究会「電子デバイス界面テクノロジー研究会―材料・プロセス・デバイス特性の物理―」（第29回）, 応用物理学会 薄膜・表面物理分科会、シリコンテクノロジー分科会, 東レ総合研修センター（静岡県三島市）, 12(39), 20240201, ポスター発表

[13] 柴山茂久, 松本泰河, 大田晃生, 横川凌, 坂下満男, 黒澤昌志, 中塚 理, Al/GeSn(111)構造上への熱処理による極薄・高Sn組成GeSn表面偏析, 応用物理学会 薄膜・表面物理分科会・シリコンテクノロジー分科会共催特別研究会「電子デバイス界面テクノロジー研究会―材料・プロセス・デバイス特性の物理―」（第29回）, 応用物理学会 薄膜・表面物理分科会、シリコンテクノロジー分科会, 東レ総合研修センター（静岡県三島市）, 13(38), 20240201, ポスター発表

[14] 石本修斗, 坂下満男, 黒澤昌志, 中塚理, 柴山茂久, GeSn/GeSiSn二重障壁構造における負性微分抵抗の発現 , 応用物理学会 薄膜・表面物理分科会・シリコンテクノロジー分科会共催特別研究会「電子デバイス界面テクノロジー研究会―材料・プロセス・デバイス特性の物理―」（第29回）, 応用物理学会 薄膜・表面物理分科会、シリコンテクノロジー分科会, 東レ総合研修センター（静岡県三島市）, 32, 20240202

[15] 松本一歩, 洗平昌晃, 柴山茂久, 坂下満男, 中塚理, 黒澤昌志, 真空中加熱によるGe(111)基板上GeH 薄

膜の層間距離変化, 第71回応用物理学会春季学術講演会, 応用物理学会, ハイブリッド開催（東京都市大学 世田谷キャンパス＆オンライン）, 23a-22A-2, 20240323

[16] 椙村樹, 中田壮哉, 柴山茂久, 坂下満男, 中塚理, 片瀬貴義, 黒澤昌志, GaAs基板に形成したSbドープ$Ge_{1-x-y}Si_xSn_y$薄膜の低温熱電物性, 第71回応用物理学会春季学術講演会, 応用物理学会, ハイブリッド開催（東京都市大学 世田谷キャンパス＆オンライン）, 23a-22A-3, 20240323

[17] 加藤高, 柴山茂久, 坂下満男, 中塚理, 片瀬貴義, 黒澤昌志, 高抵抗Si(111)基板上への$CaSi_2$薄膜形成と低温熱電物性評価, 第71回応用物理学会春季学術講演会, 応用物理学会, ハイブリッド開催（東京都市大学 世田谷キャンパス＆オンライン）, 23a-22A-4, 20240323

[18] 柴山茂久, 高木孝明, 坂下満男, 黒澤昌志, 中塚理, In-situ Sbドーピングによるn型$Ge_{0.75}Sn_{0.25}$エピタキシャル層の形成, 第71回応用物理学会春季学術講演会, 応用物理学会, ハイブリッド開催（東京都市大学 世田谷キャンパス＆オンライン）, 23a-22A-7, 20240323

[19] 柴山茂久, 石本修斗, 坂下満男, 黒澤昌志, 中塚理, GeSiSn/GeSn二重障壁構造で観測した負性微分抵抗と動作特性解析, 第71回応用物理学会春季学術講演会, 応用物理学会, ハイブリッド開催（東京都市大学 世田谷キャンパス＆オンライン）, 24p-P14-3, 20240324, ポスター発表

●機能集積デバイスグループ

教授　宮﨑　誠一

研究テーマ

新世代ナノ電子デバイスの開発

研究の背景・目的

情報・エレクトロニクスの発展は，半導体技術の進歩が牽引しているといっても過言ではありません．当研究室では，その半導体技術，特にシリコンナノテクノロジーの更なる高度化に貢献するために，材料科学からプロセスインテグレーション・デバイス化技術にわたる横断的な研究を推進しています．特に，シリコン系薄膜トランジスタ，微細MOSトラジスタの高性能化を目指すと共に，光・電子融合デバイス，新機能メモリ等の開発に注力しています．

１）ナノ構造デバイス領域

従来の半導体デバイスの高性能化のみならず，新たな機能デバイス開発へ展開に向け，シリコン系ナノ構造をMOSデバイスへ融合することで，MOSデバイスの機能レベルでの進化と，少数電子・光子系による知能情報処理デバイスへの応用に取り組んでいます．

２）集積化デバイス・プロセス制御領域

高分解能高電子分光分析やプローブ顕微鏡を活用した最先端分析技術を駆使して，高誘電ゲート絶縁膜や抵抗変化メモリ薄膜の材料科学を進めると共に，それらの機能薄膜の原子層制御プロセス技術の開発に取り組んでいます．

３）界面制御・薄膜デバイス領域

新しい概念に基づくデバイス動作原理や新材料・プロセスの導入を目指して，IV族半導体二次元結晶を中心として，膜成長過程のその場観測・精密制御技術の開発とデバイス化技術の高度化に取り組んでいます．

発表論文等

Ⅰ．論文（査読のある学術誌等）

a．査読付き論文

[1] S. Nishimura, N. Taoka, A. Ohta, K. Makihara, and S. Miyazaki, Formation of ultra-thin NiGe film with single

crystalline phase and smooth surface, Jpn. J. Appl. Phys., Vol.62, No.SC, pp.SC1027 (6 pages), 2023/4

[2] T. Sakai, A. Ohta, K. Matsushita, N. Taoka, K. Makihara and S. Miyazaki, Evaluation of chemical structure and Si segregation of Al/Si(111), Jpn. J. Appl. Phys., Vol.62, No.SC, pp.SC1059 (8 pages), 2023/4

[3] A. Suyama, H. Kawanowa, H. Minagawa, J. Maekawa, S. Nagamachi, M. Aoki, A. Ohta, K. Makihara, and S. Miyazaki, Characterization of magnesium channeled implantation layers in GaN(0001), Jpn. J. Appl. Phys., Vol.62, No.SC, pp.SC1080 (6 pages), 2023/4

[4] K. Makihara, Y. Yamamoto, Y. Imai, N. Taoka, M. A. Schubert, B. Tillack, and S. Miyazaki, Room Temperature Light Emission from Superatom-like Ge–Core/Si–Shell Quantum Dots, Nanomaterials, Vol.13, No.9, pp.1475 (8 pages), 2023/04/26

[5] K. Matsushita, A. Ohta, S. Shibayama, T. Tokunaga, N. Taoka, K. Makihara, and S. Miyazaki, Layer transfer of ultrathin Ge crystal segregated on Al/Ge(111) structure, Jpn. J. Appl. Phys., Vol.62, No.SG, pp.SG1007 (8 pages), 2023/6

[6] Y. Imai, R. Tsuji, K. Makihara, N. Taoka, A. Ohta, and S. Miyazaki, Alignment control of self-assembling Si quantum dots, Mat. Sci. in Semiconductor Processing, Vol.162, No., pp.107526 (5 pages), 2023/08/01

[7] J. Yuhara, D. Matsuba, M. Ono, A. Ohta, S. Miyazaki, M. Araidai, S. Takakura, M. Nakatake, and G. L. Lay, Formation of germanene with free-standing lattice constant, Surface Science, Vol.738, No., pp.122382 (6 pages), 2023/12

[8] K. Kimura, N. Taoka, A. Ohta, K. Makihara, and S. Miyazaki, Formation of ultra-thin nickel silicide on SiO2 using Si/Ni/Si structures for oxidation control, Jpn. J. Appl. Phys., Vol.63, No.2, pp.02SP72 (5 pages), 2024/2

[9] H. Saito, K. Makihara, N. Taoka, and S. Miyazaki, Formation of β -FeSi2 NDs by SiH4-exposure to Fe-NDs, Jpn. J. Appl. Phys., Vol.63, No.2, pp.02SP99 (4 pages), 2024/2

[10] R. Tsuji, Y. Imai, J. Baek, K. Makihara, and S. Miyazaki, Self-assembling formation of Si-QDs on SiO2 line patterns, Jpn. J. Appl. Phys., Vol.63, No.3, pp.03SP04 (4 pages), 2024/3

Ⅳ. 国際学会・口頭発表等

a. 招待講演

[1] S. Miyazaki, K. Makihara, and Y. Imai, Formation and luminescence studies of Ge/Si core-shell quantum dots, 2023 International Conference on Semiconductor Technology for Ultra Large Scale Integrated Circuits and Thin Film Transistors (ULSIC VS TFT 8), 09:20 – 09:45 (Session: Semiconductor Materials), 20230515, Grand Park Hotel Otaru (Sapporo), Japan, ECI (Engineering Conferences International)

[2] S. Miyazaki, Formation and Characterization of Impurity-Doped Ge/Si Core-Shell Quantum Dots, International Conference on PROCESSING & MANUFACTURING OF ADVANCED MATERIALS Processing, Fabrication, Properties, Applications (Thermec'2023), J8 July-06 15:00 (SESSION-J), 20230706, Vienna, Austria,

[3] S. Miyazaki, and K. Makihara, Formation and Characterization of Fe-Silicide Nanodots for Optoelectronic Application, 244th ECS Meeting, G02-1542, 20231011, Gothenburg, Sweden, The Electrochemical Society (ECS)

b. 一般講演（ポスター発表を含む）

[1] K. Makihara, Y. Yamamoto, H. Yagi, L. Li, N. Taoka, B. Tillack, and S. Miyazaki, Electron Emission Properties of Multiple-Stacked SiGe-Nanodots/Si Structures, Interational Conference on Silicon Epitaxy and Heterostructures International SiGe Technology and Device Meeting (ICSI-ISTDM 2023), 11:50 – 12:05 (Multilayer Systems), 20230524, Como, Italy, International Conference on Silicon Epitaxy and Heterostructures International SiGe Technology and Device Meeting (ICSI-ISTDM 2023) Organizing Committee

[2] L. Li, K. Makihara, Y. Yamamoto, H. Yagi, N. Taoka, B. Tillack, and S. Miyazaki, Electron Emission Properties of 3-Dimensional Self-Ordered SiGe Nanodots, 2023 Asia-Pacific Workshop on Advanced Semiconductor Devices (AWAD 2023), O-15, 20230711, Tokyo Institute of Technology, Yokohama, Japan, The Institute of Electronics, Information and Communication Engineers (IEICE), Japan, The Institute of Electronics and Information Engineers (IEIE), Korea

[3] Z. Zhou, A. Ohta, X. Tian, N. Taoka, K. Makihara, and S. Miyazaki, Impact of O2 annealing on Chemical States of Mg doped GaN(0001) Surface, 2023 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM 2023), [N-1-05, 20230906, Nagoya Congress Center, Japan, The Japan Society of Applied Physics

[4] T. Sakai, A. Ohta, N. Taoka, J. Yuhara, K. Makihara, Y. Yamamoto, Wei-chen Wen, and S. Miyazaki, Evaluation of Si and Ge Segregation from Si0.2Ge0.8(111) through Al and Ag Layer, 2023 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM 2023), [A-3-03, 20230907, Nagoya Congress Center, Japan, The Japan Society of Applied Physics

[5] Y. Imai, K. Makihara, Y. Yamamoto, Wei-Chen Wen, M. A. Schubert, J. Baek, R. Tsuji, N. Taoka, A. Ohta, and S. Miyazaki, Formation of One-Dimensionally Self-Aligned Si-QDs and Their Local Electron Charging Properties, 2023 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM 2023), [M-3-04, 20230907, Nagoya Congress Center, Japan, The Japan Society of Applied Physics

[6] R. Tsuji, Y. Imai, J. Baek, K. Makihara, and S. Miyazaki, Self-Assembling Formation of Si-QDs on SiO2 Line-Patterns, 2023 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM 2023), M-3-03, 20230907, Nagoya Congress Center, Japan, The Japan Society of Applied Physics

[7] K. Makihara, S. Obayashi, Y. Imai, N. Taoka, and S. Miyazaki, Impact of Dot Size on Electron Emission from Multiple-Stacked Si-QDs, 2023 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM 2023), PS-11-02 (SO-PS-11-02), 20230907, Nagoya Congress Center, Japan, The Japan Society of Applied Physics, ポスター発表

[8] K. Kimura, N. Taoka, A. Ohta, K. Makihara, and S. Miyazaki, Formation of Ultra-thin Nickel Silicide on SiO2 Using a-Si/Ni/a-Si Structures for Oxidation Control, 2023 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM 2023), PS-11-15 (SO-PS-11-15), 20230907, Nagoya Congress Center, Japan, The Japan Society of Applied Physics, ポスター発表

[9] H. Saito, K. Makihara, N. Taoka, and S. Miyazaki, Formation of b–FeSi2 NDs by SiH4–Exposure to Fe–NDs, 2023 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM 2023), [M-7-02, 20230908, Nagoya Congress Center, Japan, The Japan Society of Applied Physics

[10] Y. Sano, W. Yasuda, N. Taoka, A. Ohta, K. Makihara, and S. Miyazaki, Si Diffusion Control by Inserting SiO2 Layer at Hf-Oxide/Si Interface for Transforming Hf-Oxide Crystalline Phase, 2023 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM 2023), M-7-03, 20230908, Nagoya Congress Center, Japan, The Japan Society of Applied Physics

[11] A. Ohta, N. Taoka, K. Makihara, and S. Miyazaki, Evaluation of Electronic States of β -Ga2O3 Surface by Photoemission Spectroscopy, 2023 International Workshop on DIELECTRIC THIN FILMS FOR FUTURE ELECTRON DEVICES: SCIENCE AND TECHNOLOGY (IWDTF 2023), P-30, 20231024, Ishikawa, Japan, The Japan Society of Applied Physics, Thin Film and Surface Physics Division, ポスター発表

[12] Y. Sano, N. Taoka, A. Ohta, K. Makihara, and S. Miyazaki, Changes of Crystalline Phase in HfZr-oxide Due to Ni Electrode Formation, 2023 International Workshop on DIELECTRIC THIN FILMS FOR FUTURE ELECTRON DEVICES: SCIENCE AND TECHNOLOGY (IWDTF 2023), S3-4, 20231024, Ishikawa, Japan, The Japan Society of Applied Physics, Thin Film and Surface Physics Division

[13] J. Baek, Y. Imai, R. Tsuji, K. Makihara, and S. Miyazaki, Growth Mechanisms of Self–Assembling Si–QDs on Thermally–Grown SiO2, 36th International Microprocesses and Nanotechnology Conference (MNC 2023), 16C-1-4, 20231116, Keio Plaza Hotel Sapporo, Japan, The Japan Society of Applied Physics

[14] Y. Sano, W. Yasuda, N. Taoka, A. Ohta, K. Makihara, and S. Miyazaki, Control of Crystalline Phase and Surface Morphology of Hf-Oxide Layer on Si Substate by Inserting SiO2 Interfacial Layer, International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2023 (ICMaSS 2023), A3-P-13 (0107), 20231202, Nagoya Univ., Japan, Nagoya Univ., ポスター発表

[15] Z. Zhou, A. Ohta, N. Taoka, K. Makihara, and S. Miyazaki, Characterization of Chemical Bonding Features and Electronic States of Mg-doped GaN(0001) Surface after O2 Annealing, International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2023 (ICMaSS 2023), S2-Ⅰ-4 (0071), 20231202, Nagoya Univ., Japan, Nagoya

Univ.

[16] Y. Imai, K. Makihara, Y. Yamamoto, Wei-Chen Wen, M. A. Schubert, J. Baek, R. Tsuji, N. Taoka, A. Ohta, and S. Miyazaki, Formation and Local Electron Charging Properties of One-Dimensionally Self-Aligned Si-QDs, 14th International WorkShop on New Group IV Semiconductor Nanoelectronics, O-01, 20231214, Tohoku University, Sendai, Japan, Cosponsored by Cooperative Research Project Program of the Research Institute of Electrical Communication, Tohoku University

[17] J. Baek, Y. Imai, R. Tsuji, K. Makihara, and S. Miyazaki, Self-Assembling Mechanism of Si-QDs on Thermally-Grown SiO2, 14th International WorkShop on New Group IV Semiconductor Nanoelectronics, O-08, 20231215, Tohoku University, Sendai, Japan, Cosponsored by Cooperative Research Project Program of the Research Institute of Electrical Communication, Tohoku University

[18] K. Kimura, N. Taoka, A. Ohta, K. Makihara, and S. Miyazaki, Impacts of Initial Si/Ni/Si Structure Formed on SiO2 on Surface Morphology and Composition Ratio of Ultra-thin Ni-Silicide Layer, 14th International WorkShop on New Group IV Semiconductor Nanoelectronics, P-01, 20231215, Tohoku University, Sendai, Japan, Cosponsored by Cooperative Research Project Program of the Research Institute of Electrical Communication, Tohoku University, ポスター発表

[19] H. Saito, K. Makihara, N. Taoka, and S. Miyazaki, Study on Photoluminescence from β -FeSi2 NDs, 14th International WorkShop on New Group IV Semiconductor Nanoelectronics, P-03, 20231215, Tohoku University, Sendai, Japan, Cosponsored by Cooperative Research Project Program of the Research Institute of Electrical Communication, Tohoku University, ポスター発表

[20] Y. Sano, N. Taoka, A. Ohta, K. Makihara, and S. Miyazaki, Effect of Ni Electrode Formation and Annealing on Crystalline Phases and Chemical Bonding Features of HfZr-oxide layer, 14th International WorkShop on New Group IV Semiconductor Nanoelectronics, P-05, 20231215, Tohoku University, Sendai, Japan, Cosponsored by Cooperative Research Project Program of the Research Institute of Electrical Communication, Tohoku University, ポスター発表

[21] R. Tsuji, Y. Imai, J. Baek, K. Makihara, and S. Miyazaki, Formation of One-Dimensionally Aligned Si-QDs on SiO2 Line Patterns, 14th International WorkShop on New Group IV Semiconductor Nanoelectronics, P-07, 20231215, Tohoku University, Sendai, Japan, Cosponsored by Cooperative Research Project Program of the Research Institute of Electrical Communication, Tohoku University, ポスター発表

[22] H. Toyoda, A. Ohta, N. Taoka, K. Makihara, and S. Miyazaki, Characterization of Chemical and Electronic States of SiO2/P-Type GaN Structures by Photoemission Measurements, 16th International Symposium on Advanced Plasma Science and Its Applications for Nitrides Nanomaterials / 17th International Conference on Plasma-Nano Technology and Science / 13th Asia-Pacific International Symposium on the Basics and Applications of Plasma Technology (ISPlasma 2024 / IC-PLANTS 2024 /APSPT-13), 04P-P1-04, 20240304, Nagoya Univ., The Japan Society of Applied Physics, ポスター発表

[23] J. Baek, K. Makihara, N. Taoka, and S. Miyazaki, Study of Dot Size on Electron Emission from Multiple-Stacked Si-QDs, 16th International Symposium on Advanced Plasma Science and Its Applications for Nitrides Nanomaterials / 17th International Conference on Plasma-Nano Technology and Science / 13th Asia-Pacific International Symposium on the Basics and Applications of Plasma Technology (ISPlasma 2024 / IC-PLANTS 2024 /APSPT-13), 04P-P1-11, 20240304, Nagoya Univ., The Japan Society of Applied Physics, ポスター発表

[24] K. Kimura, N. Taoka, A. Ohta, K. Makihara, and S. Miyazaki, Impacts of Surface Oxidation on Surface Morphology and Silicidation Reaction in Si/Ni/Si Structures Formed on SiO2, 16th International Symposium on Advanced Plasma Science and Its Applications for Nitrides Nanomaterials / 17th International Conference on Plasma-Nano Technology and Science / 13th Asia-Pacific International Symposium on the Basics and Applications of Plasma Technology (ISPlasma 2024 / IC-PLANTS 2024 /APSPT-13), 04P-P1-40, 20240304, Nagoya Univ., The Japan Society of Applied Physics, ポスター発表

Ⅴ．国内学会・口頭発表等

b．一般講演（ポスター発表を含む）

[1] 斎藤 陽斗、牧原 克典、谷田 駿、田岡 紀之、宮﨑 誠一, FeナノドットへのSiH4照射がシリサイド化反応に及ぼす影響, 電子情報通信学会 シリコン材料・デバイス研究会（SDM）「MOSデバイス・メモリ・パワーデバイス高性能化－材料・プロセス技術」（応用物理学会 シリコンテクノロジー分科会との合同開催）, 電子情報通信学会, 広島大学 ナノデバイス研究所, 信学技報, vol. 123, no. 89, SDM2023-30, pp. 11-14, 20230626

[2] 佐野 友之輔、田岡 紀之、牧原 克典、大田 晃生、宮﨑 誠一, 熱酸化Zr/Hf多重積層構造の結晶構造および強誘電特性評価, 電子情報通信学会 シリコン材料・デバイス研究会（SDM）「MOSデバイス・メモリ・パワーデバイス高性能化－材料・プロセス技術」（応用物理学会 シリコンテクノロジー分科会との合同開催）, 電子情報通信学会, 広島大学 ナノデバイス研究所, 信学技報, vol. 123, no. 89, SDM2023-31, pp. 15-18, 20230626

[3] 白 鍾銀、今井 友貴、辻 綾哉、牧原 克典、宮﨑 誠一, 熱酸化SiO2上へ自己組織化形成したSi量子ドットの成長機構, 第84回応用物理学会秋季学術講演会, 応用物理学会, 熊本城ホールほか3会場, 20a-B202-7, 20230920

[4] 辻 綾哉、今井 友貴、白 鍾銀、牧原 克典、宮﨑 誠一, 極細SiO2 ラインパターン上へのSi 量子ドットの自己組織化形成, 第84回応用物理学会秋季学術講演会, 応用物理学会, 熊本城ホールほか3会場, 20a-B202-8, 20230920

[5] 今井 友貴、牧原 克典、山本 裕司、W. Wei-Chen、S. M. Andreas、白 鍾銀、辻 綾哉、宮﨑 誠一, 一次元縦積み連結Si量子ドットの形成と局所帯電特性評価, 第84回応用物理学会秋季学術講演会, 応用物理学会, 熊本城ホールほか3会場, 20a-B202-9, 20230920

[6] 佐野 友之輔、田岡 紀之、大田 晃生、牧原 克典、宮﨑 誠一, Zr/Hf多重積層構造の後酸化および電極形成後熱処理がHfZr酸化物の結晶構造に与える影響, 第84回応用物理学会秋季学術講演会, 応用物理学会, 熊本城ホールほか3会場, 23p-A303-3, 20230923

[7] 酒井 大希、大田 晃生、田岡 紀之、牧原 牧原、山本 裕司、宮﨑 誠一, Al/Si0.2Ge0.8(111)上に偏析したSiおよびGeの光電子分光分析, 第84回応用物理学会秋季学術講演会, 応用物理学会, 熊本城ホールほか3会場, 23p-A602-14, 20230923

[8] 木村 圭佑、田岡 紀之、大田 晃生、牧原 克典、宮﨑 誠一, SiO2上へのNiシリサイドナノシート形成におけるH2O2溶液処理の効果, 第84回応用物理学会秋季学術講演会, 応用物理学会, 熊本城ホールほか3会場, 23p-A602-15, 20230923

[9] 今井友貴、牧原克典、山本裕司、Wen Wei-Chen, Schubert Andreas Markus、白鍾銀、辻綾哉、宮﨑誠一, 一次元連結 Si 量子ドットの高密度・一括形成と局所帯電特性評価, 第10回応用物理学会名古屋大学スチューデントチャプター東海地区学術講演会, 応用物理学会名古屋大学スチューデントチャプター, 名古屋大学 VBL, P27, 20231103, ポスター発表

[10] 酒井大希、大田晃生、田岡紀之、牧原克典、山本裕司、宮﨑誠一, Al/Si0.2Ge0.8(111)上への熱処理による Si および Ge の表面偏析制御, 第10回応用物理学会名古屋大学スチューデントチャプター東海地区学術講演会, 応用物理学会名古屋大学スチューデントチャプター , 名古屋大学 VBL, P30, 20231103, ポスター発表

[11] 今井友貴、牧原克典、山本裕司、Wen Wei-Chen、Schubert Andreas Markus、白鍾銀、辻綾哉、宮﨑誠一, 一次元連結・高密度Si量子ドットの形成と局所帯電特性評価, 応用物理学会 薄膜・表面物理分科会・シリコンテクノロジー分科会共催特別研究会「電子デバイス界面テクノロジー研究会―材料・プロセス・デバイス特性の物理―」（第29回）, 応用物理学会 薄膜・表面物理分科会、シリコンテクノロジー分科会, 東レ総合研修センター（静岡県三島市）, 10(44), 20240201, ポスター発表

[12] 木村圭佑、田岡紀之、大田晃生、牧原克典、宮崎誠一, 表面酸化処理したSi/Ni/Si構造の熱処理によるSiO2上への極薄NiSi2膜形成, 応用物理学会 薄膜・表面物理分科会・シリコンテクノロジー分科会共催特別研究会「電子デバイス界面テクノロジー研究会―材料・プロセス・デバイス特性の物理―」

（第29回), 応用物理学会 薄膜・表面物理分科会、シリコンテクノロジー分科会, 東レ総合研修センター（静岡県三島市）, 15(23), 20240201, ポスター発表

[13] 佐野友之輔、田岡紀之、大田晃生、牧原克典、宮﨑誠一, HfZr酸化物へのNi電極形成が結晶構造および化学結合状態に与える影響, 応用物理学会 薄膜・表面物理分科会・シリコンテクノロジー分科会共催特別研究会「電子デバイス界面テクノロジー研究会―材料・プロセス・デバイス特性の物理―」（第29回), 応用物理学会 薄膜・表面物理分科会、シリコンテクノロジー分科会, 東レ総合研修センター（静岡県三島市）, 2(24), 20240201, ポスター発表

[14] 酒井 大希 ,大田 晃生 ,田岡 紀之 ,牧原 克典 ,山本 裕司 ,宮﨑 誠一, Al/SiGe(111)/Si(111)構造の化学構造分析 -熱処理による Si および Ge 偏析-, 応用物理学会 薄膜・表面物理分科会・シリコンテクノロジー分科会共催特別研究会「電子デバイス界面テクノロジー研究会―材料・プロセス・デバイス特性の物理―」（第29回）, 応用物理学会 薄膜・表面物理分科会、シリコンテクノロジー分科会, 東レ総合研修センター（静岡県三島市）, 14(25), 20240201, ポスター発表

[15] 白鍾銀、今井友貴、辻綾哉、牧原克典、宮﨑誠一, 極薄熱酸化SiO2上に自己組織化形成したSi量子ドットの形成機構, 応用物理学会 薄膜・表面物理分科会・シリコンテクノロジー分科会共催特別研究会「電子デバイス界面テクノロジー研究会―材料・プロセス・デバイス特性の物理―」（第29回）, 応用物理学会 薄膜・表面物理分科会、シリコンテクノロジー分科会, 東レ総合研修センター（静岡県三島市）, 11(45), 20240201, ポスター発表

[16] 白鍾銀、辻綾哉、今井友貴、牧原克典、宮﨑誠一, SiO2ラインパターン上へのSi量子ドットの自己組織化形成-ラインおよびスペース幅依存性, 第71回応用物理学会春季学術講演会, 応用物理学会, ハイブリッド開催（東京都市大学 世田谷キャンパス＆オンライン）, 25p-31B-4, 20240325

[17] 斎藤陽斗、牧原克典、宮﨑誠一, Feシリサイドコア/Siシェル量子ドットの形成と発光特性, 第71回応用物理学会春季学術講演会, 応用物理学会, ハイブリッド開催（東京都市大学 世田谷キャンパス＆オンライン）, 25p-31B-5, 20240325

[18] 細井康揮、牧原克典、、斎藤陽斗、Yuji. Yamamoto、Wen Wei-Chen、Bernd Tillack、宮﨑誠一, GeコアSi量子ドットを内包したマイクロディスクの形成と発光特性評価, 第71回応用物理学会春季学術講演会, 応用物理学会, ハイブリッド開催（東京都市大学 世田谷キャンパス＆オンライン）, 25p-31B-6, 20240325

[19] 谷田駿、木村圭祐、田岡紀之、牧原克典、宮﨑誠一, Ni超薄膜へのSiH 4照射によるシリサイド化反応制御, 第71回応用物理学会春季学術講演会, 応用物理学会, ハイブリッド開催（東京都市大学 世田谷キャンパス＆オンライン）, 24p-P13-1, 20240324, ポスター発表

6.1.2 マルチフィジックスシミュレーション部

以下に、令和5年度の成果を教員または研究グループごとにまとめた。

●フロンティア計算物質科学グループ

教授	白石　賢二	准教授	芳松　克則	助教	洗平　昌晃
特任教授	押山　　淳	研究員	趙　　元晟	客員教授	大野　隆央

研究テーマ

1．HCVD成長におけるSiC(0001)表面での$SiCl_2$, CH_4, N_2の吸着・表面反応によるSi, C, N原子の取り込み機構

2．GaN/SiO_2界面におけるGaOX界面層中のMgGaとVOの相互作用

3．カリウムイオンエレクトレット内のSiO5構造の検出方法の検討

4．InN MOVPE成長における$In(CH_3)_3$分解反応過程の理論的研究

5．4H-SiC中における基底面転位(BPD)の第一原理計算を用いた電子構造解析
6．シリコン/ゲルマニウム極薄膜結晶のトポロジカル相に関する第一原理計算

研究の背景・目的

1．InNはⅢ族窒化物半導体の中で最大の電子移動度を有しており，ポスト5Gを担う次世代高周波デバイスの基板材料として期待されている．高In組成の混晶を用いた新たなアプリケーションの実用化のためにはさらなる結晶品質の向上が必要不可欠であり，そのために結晶成長プロセスの解明が求められている．有機金属気相成長(MOVPE)法を用いたⅢ族窒化物半導体の作製においてGaNとAlNの原料ガスである$Ga(CH_3)_3$と$Al(CH_3)_3$の分解・反応経路はすでに明らかになっているが，一方でInNの原料ガスである$In(CH_3)_3$の分解・反応経路は明らかになっていない．そこで本研究は，第一原理計算を用いて$In(CH_3)_3$の分解反応経路の調査を行った．さらに，実験データを計算に取り込みデータ同化を行うことで，実験事実に基づく$In(CH_3)_3$分解速度の尤もらしい推定を目指した．

2．GaN/酸化膜界面には高密度の正孔トラップが存在しており，次世代パワーデバイスと期待されるGaN-MOSFETの実現において深刻な問題となっている．しかし近年，GaN基板に高濃度のMgをドープすることで，GaN/SiO_2界面の正孔トラップが大幅に減少することが報告された．このことから，Mgが何らかの界面欠陥を終端すると予想されているが，その詳細なメカニズムは明らかになっていない．また，GaN/SiO_2界面の成膜過程において，GaN表面が酸化され1~2nmのGaOX界面層を自発形成することが報告されている．本研究では，GaOX界面層に残留したMgが酸素空孔欠陥(VO)を終端すると予想し，第一原理計算によってMgとVOの相互作用を調査した．

3．近年身の回りの熱や光，振動など普段利用されないエネルギーを収集し電気エネルギーとして有効利用するエネルギーハーベスティング技術が注目されている．中でもカリウムイオンエレクトレット(KiE)を用いた振動発電は発電量が環境に左右されにくく自律発電デバイスとしての社会実装が期待されている．我々の研究グループでは，KiE内のSiO5構造が負電荷を蓄積する源であることを明らかにしているが，実験的にSiO5構造を確認することができていない．そこでKiE内でSiO5構造が形成された時に実験的に確認できる手法を第一原理計算により検討した．

4．SiC(炭化ケイ素)はSi(シリコン)に代わるパワー半導体材料として大きな期待が寄せられている．SiCデバイスの製造工程の1つに薄膜を成長させるエピタキシャル成長がある．SiCエピタキシャル成長には，主に化学気相成長法(CVD)が使用されており，SiC成長表面には「テラス」と「ステップエッジ」が出現する．最近の理論研究により，CVD成長環境下に出現するステップエッジ構造までは明らかになった．しかし，前駆体($SiCl_2$, CH_4)や電気特性の制御に重要な不純物N_2によるステップエッジ近傍での原子取り込み機構は未解明である．そこで本研究では，第一原理計算を用いてSiC(0001)表面でのN_2, $SiCl_2$, CH_4吸着反応を明らかにし，各原子がエピタキシャル薄膜中へ取り込まれる反応過程とそのエネルギー障壁を明らかにし，N, C, Si原子の取り込みメカニズムの解明を試みる．

5．SiC(炭化ケイ素)は，その優れた特性からSiに代わる半導体材料として注目を集めている物質の一つである．SiCはエピタキシャル成長中に基底面転位(Basal Plane Dislocation: BPD)と呼ばれる結晶欠陥が発生する．このBPDは僅かなエネルギーで2本の部分転位とその間に積層欠陥を伴う拡張転位に分解され，拡張転位に分解されたBPDは通電時に拡張し，オン動作時の抵抗値が増大するバイポーラ劣化現象を引き起こし，SiCデバイスの信頼性を大幅に低下させることが知られている．BPDに関する研究は複数行われてきたものの，バイポーラ劣化現象の原因であるBPDの電子状態を詳細に解析した研究は未だ十分に行われてきていない．本研究では，第一原理計算を用いてその電子構造を解析することで，バイポーラ劣化現象の物理的起源を解明することを目指した．

6．トポロジカル絶縁体とは物質内部は絶縁体である一方，その表面や端でギャップレスな伝導状態を持つ物質であり，特異な電子物性を示すため現在盛んに研究が行われている．3次元トポロジカル絶縁体は多くの物質が発見されその物性が明らかにされているが，2次元トポロジカル絶縁体は作成された例も少なく未解明な点が多い．2次元トポロジカル絶縁体の例としてシリセンやゲルマネンが挙げられる．これらの構造はSiやGeの(111)面の1層を抜き出したものと基本的に同じである．それではシリセンや

ゲルマネンを積層していくと，そのトポロジカルな性質はどのように移り変わるだろうか．本研究ではバルクと同様の積層構造を持つSiやGeの極薄膜結晶について，第一原理計算を用いて明らかにする．

成果の概要

1．$In(CH_3)_3$はまずNH_3と反応して，メチル基とアミノ基の交換反応によりメチル基を二つ脱離し，$InCH_3(NH_2)_2$を生成する．次にH_2と反応して，アミノ基と水素原子の交換反応によりアミノ基を二つ脱離し，$InCH_3H_2$を生成する．そして$Ga(CH_3)_3$分解や$Al(CH_3)_3$分解では確認されなかった分子内分解反応により，$InCH_3H_2$からCH_4が脱離することでInHが生成される．この結果は，InN結晶成長表面におけるIn原子の水素エッチングを防ぐためにHの流量を極めて少なくしていることに起因すると考えられる．またデータ同化の結果，量子化学計算で求めた活性化エネルギーに修正係数0.72を乗じることで，実験結果とよく対応した尤もらしい分解速度が計算できることが明らかになった．

2．形成エネルギーを比較した結果，GaOX界面層では純粋なVOとして存在するよりも，MgGa-VO複合体，更には2MgGa-VO複合体を形成する方が安定であることが明らかになった．また，純粋なVOがGaNのバンドギャップに深い正孔トラップを形成するのに対して，2MgGa-VO複合体はGaNの伝導体付近にトラップ準位を形成するため正孔トラップにならないことが分かった．以上の結果から，Mgが高濃度の場合，GaOX界面層に存在するほとんどのVOがMgGaと複合体を形成し，純粋なVOの数が減少することで，GaN/SiO_2界面の正孔トラップが低減することが分かった．

3．SiO5構造を持つKiEは通常のアモルファスSiO_2では見られない特徴的な電子密度を価電子帯上端に持つことが，第一原理計算から明らかとなった．したがって，XPS測定など電子軌道のエネルギーを測定する手法を用いてKiEとアモルファスSiO_2の電子軌道のエネルギーを比較することによって，KiE内に存在すると考えられるSiO5構造を検出できると考えられる．また，KiEは通常のアモルファスSiO_2とは異なり作製中にカリウムを使用することから，カリウムが価電子帯上端に影響を与える可能性が考えられる．しかし，我々の計算結果から，カリウムの3p軌道の電子密度はKiEの価電子帯上端からかなりエネルギー的に小さい位置に準位を持つことが明らかとなり，SiO5構造検出においてカリウムの影響は無視できることが判明した．

4．N_2では，Si原子がダングリングボンドを3つ持ったSi3 stepと呼ばれる特定のステップエッジで解離吸着することを特定した．そして，Si3 stepにおいて，N_2は計算された解離反応のエネルギー障壁から，上段テラスよりも下段テラスからN原子が取り込まれる可能性が高いことが明らかになった．次にCH_4では，ステップエッジで分解吸着する反応エネルギーを計算した結果，Si3 stepでH_2を脱離反応する反応が成長温度において支配的であるとことがわかった．最後に$SiCl_2$では，ステップエッジ近傍の表面H原子やキャリアガスH_2と反応してHClを脱離する反応エネルギーを調べた結果，成長環境下では水素で覆われたC1 stepでHClを脱離してSi原子が取り込まれる事が判明した．以上の研究成果により，SiCエピタキシャル成長中における微視的なN, C, Si原子の取り込み機構を解明することができた．

5．BPDが含まれた4H-SiCの計算モデルに対して第一原理計算を行うことで，BPDによる原子構造・電子構造の変化を解析した．原子構造を解析した結果，BPDが導入されたことでSiCの積層構造が変化する積層欠陥が発生するとともに，積層欠陥の両端に特異な結合が形成されていることを確認した．そして電子構造を解析した結果，SiCの伝導帯近傍のギャップ中に積層欠陥領域に局在するFloating state由来の欠陥準位の形成を明らかにするとともに，特異な結合の一種であるSi core(Si-Si結合)に由来する欠陥準位の形成を明らかにした．今回の結果より，バイポーラ劣化現象の物理的起源は積層欠陥領域に局在するFloating sateであり，積層欠陥はSi coreを起点に拡張すると我々は考察した．

6．トポロジカル絶縁体となるには系が時間反転対称性を破ってはいけない．そこでまず，完全にスピン縮退したモデル(非磁性状態)を計算したところ，Si, Geともに膜厚に対し周期的にトポロジカル絶縁体となることが明らかとなった．この偶奇性は層間が無限に離れた系と(111)面極薄膜結晶がトポロジー的に同相であることを示しており，SiやGeの層間結合はトポロジーの観点において“弱い”結合であることを示唆している．しかし，実際には最表面にある未結合電子対のためにスピン縮退を破った電子状態(強磁性/反強磁性状態)の方が安定となった．時間反転対称性を破らない状態として，片一方の表面で

反平行スピンがストライプ状に並ぶ反強磁性状態を考えることができる．この反強磁性状態では1層を除くとGeの4層モデルでトポロジカル絶縁体となった．このモデルは最安定ではないが準安定状態として存在し得るので，何らかの方法でこの状態を実現できれば実験的に実現できる可能性がある．

発表論文等

Ⅰ．論文（査読のある学術誌等）

a．査読付き論文

[1] Y. Ohata, M. Araidai, T. Ishiguro, H. Mitsuya, H. Toshiyoshi, Y. Shibata, G. Hashiguchi, K. Shiraishi, Effect of hydrogen atoms on potassium-ion electrets used in vibration-powered generators, Mater. Sci. Semicond. Process., 157, 107306, 2023/4.

[2] H. Kamimura, M. Araidai, K. Ishida, S. Matsuno, H. Sakata, K. Sasaoka, K. Shiraishi, O. Sugino, J.-S. Tsai, K. Yamada, Elucidation of Spin-Correlations, Fermi Surface and Pseudogap in a Copper Oxide Superconductor, Condens. Matter 8(2), 33, 2023/4/4.

[3] T. Nagahashi, H. Karasawa, R. Horiike, T. Kimura, K. Shiraishi, Comparative study of the gas phase reaction of $SiCl_4$, $SiHCl_3$, SiH_2Cl_2, and SiH_3Cl by thermodynamic analysis, Jpn. J. Appl. Phys. 62, 048002, 2023/4/14.

[4] G. Mil'nikov, J.-i. Iwata, N. Mori, A. Oshiyama, RSDFT-NEGF transport simulations in realistic nanoscale transistors, J. Comp. Electronics 22, 1181-1201, 2023/6/20.

[5] H. Kageshima, T. Akiyama, K. Shiraishi, First-principles study on silicon emission from interface into oxide during silicon thermal oxidation, Mater. Sci. Semicond. Process. 162, 107527, 2023/8.

[6] J. Yuhara, D. Matsuba, M. Ono, A. Ohta, S. Miyazaki, M. Araidai, S. Takakura, M. Nakatake, G. Le Lay, Formation of germanene with free-standing lattice constant, Surf. Sci. 738, 122382, 2023/12.

[7] Y. Hasuo, T. Urata, M. Araidai, Y. Tsuchiya, S. Awaji, H. Ikuta, Single Crystal Growth and Transport Properties of van der Waals Materials ABTe4 (A/B = Ti, Zr, Hf), J. Phys. Soc. Jpn. 93, 014705, 2023/12/19.

[8] S. Matsuda, T. Akiyama, T. Hatakeyama, K. Shiraishi, T. Nakayama, First-principles study for orientation dependence of band alignments at 4H-SiC/SiO_2 interface, Jpn. J. Appl. Phys. (in press), 2023/12/25.

[9] T. Nagahashi, H. Karasawa, R. Horiike, K. Shiraishi, Theoretical study of the gas-phase reaction of hexachlorodisilane by thermodynamic analysis and kinetics calculation, Jpn. J. Appl. Phys. 63, 02SP33, 2024/1/4.

[10] T. Asaka, K. Yoshimatsu, K. Schneider, Machine learning-based vorticity evolution and superresolution of homogeneous isotropic turbulence using wavelet projection, Phys. Fluids 36, 025120, 2024/02/09

Ⅳ．国際学会・口頭発表等

a．招待講演

[1] Kenji Shiraishi, First Principles Studies on the Defect States in the Gate Dielectrics in GaN MOSFET, International Conference on Defects in Semiconductors (ICDS2023), 106, 2023/9/14, Rehoboth Beach, Delaware, USA

[2] M. Araidai, M. Itoh, D. Ishihara, M. Kurosawa, A. Ohta, A. Yamakage, K. Shiraishi, First-principles study on two-dimensional materials of silicon/germanium, Annual Meeting of the Japan Society of Vacuum and Surface Science 2023 (JVSS2023), 3Ia03, 2023/11/2, Nagoya Congress Center, Nagoya, Japan

[3] K. Matsuda, T. Maurel-Oujia, K. Yoshimatsu, K. Schneider, Formation of multiscale inertial particle clustering in high Reynolds number turbulence, 5th Workshop on Cloud Turbulence, , 2024/3/15, Nagoya Institute of Technology

b．一般講演（ポスター発表を含む）

[1] S. Yamauchi, I. Mizushima, T. Yoda, A. Oshiyama, K. Shiraishi, Theoretical Study of Nitrogen Incorporation at the Steps on SiC(0001) Surface during CVD Growth, 2023 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM2023), M-1-03, 2023/9/6, Nagoya Congress Center, Nagoya, Japan

[2] M. Sano, J. Kojima, S. Onda, T. Yoda, T. Ohba, K. Shiraishi, Atomic and Electronic Structures of Basal Plane

Dislocations (BPDs) in 4H-SiC -Atomistic Origin of Bipolar Degradation of SiC Devices-, 2023 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM2023), N-2-05, 2023/9/6, Nagoya Congress Center, Nagoya, Japan

[3] S. Matsuda, T. Akiyama, T. Hatakeyama, K. Shiraishi, T. Nakayama, First-Principles Study for Orientation Dependence of Band Alignments at 4H-SiC/SiO2 Interface, 2023 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM2023), PS-04-05, 2023/9/7, Nagoya Congress Center, Nagoya, Japan, ポスター発表

[4] T. Kuroda, L. Mizuno, S. Hattori, K. Shiraishi, First Principles Studies on Mg Impurity Incorporation into GaN during MOVPE Growth, 2023 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM2023), PS-11-11, 2023/9/7, Nagoya Congress Center, Nagoya, Japan, ポスター発表

[5] T. Nagahashi, H. Karasawa, R. Horiike, K. Shiraishi, Theoretical Study of the Gas-Phase Reaction of Hexachlorodisilane by Thermodynamic Analysis and Kinetics Calculation, 2023 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM2023), M-7-01, 2023/9/8, Nagoya Congress Center, Nagoya, Japan

[6] T. Kirikoshi, M. Araidai, T. Ishiguro, H. Mitsuya, H. Toshiyoshi, Y. Shibata, G. Hashiguchi, K. Shiraishi, Reliability Impact of Potassium-ion Electrets due to Carbon Contamination during Charging Process, 2023 International Workshop on DIELECTRIC THIN FILMS FOR FUTURE ELECTRON DEVICES: SCIENCE AND TECHNOLOGY (IWDTF2023), S2-4, 2023/10/24, The Kanazawa Chamber of Commerce & Industry, Ishikawa, Japan

[7] J. Chen, K. Shiraishi, Is Just One Monolayer WSe_2 Necessary for the Next Generation LSI?, 2023 International Workshop on DIELECTRIC THIN FILMS FOR FUTURE ELECTRON DEVICES: SCIENCE AND TECHNOLOGY (IWDTF2023), S4-2, 2023/10/24, The Kanazawa Chamber of Commerce & Industry, Ishikawa, Japan

[8] H. Kageshima, T. Akiyama, K. Shiraishi, First-Principles Study on Barrier Height of Silicon Emission from Interface into Oxide during Silicon Thermal Oxidation, 2023 International Workshop on DIELECTRIC THIN FILMS FOR FUTURE ELECTRON DEVICES: SCIENCE AND TECHNOLOGY (IWDTF2023), S5-2, 2023/10/24, The Kanazawa Chamber of Commerce & Industry, Ishikawa, Japan

[9] T. Nawa, Y. Harashima, M. Araidai, T. Endoh, K. Morishita, Y. Ogawa, K. Shiraishi, Impact of Hydrogen and Nitrogen Impurities in Fe/MgO Structures on the Interfacial Perpendicular Magnetic Anisotropy of Spin-transfer Torque Magnetic Random-access Memory (STT-MRAM) Devices, 2023 International Workshop on DIELECTRIC THIN FILMS FOR FUTURE ELECTRON DEVICES: SCIENCE AND TECHNOLOGY (IWDTF2023), P-4, 2023/10/24, The Kanazawa Chamber of Commerce & Industry, Ishikawa, Japan, ポスター発表

[10] T. Akiyama, H. Kageshima, K. Shiraishi, Reaction of NO Molecule at 4H-SiC/SiO_2 Interface and Its Orientation Dependence: A First-Principles Study, 2023 International Workshop on DIELECTRIC THIN FILMS FOR FUTURE ELECTRON DEVICES: SCIENCE AND TECHNOLOGY (IWDTF2023), P-23, 2023/10/24, The Kanazawa Chamber of Commerce & Industry, Ishikawa, Japan, ポスター発表

[11] Y. Nagashima, H. Watanabe, S. Nitta, A. Kusaba, Y. Kangawa, K. Shiraishi, Theoretical analysis of TMI degradation pathway in InN MOVPE growth, 14th International Conference on Nitride Semiconductors (ICNS-14), TuP-GR-31, 2023/11/14, Hilton Fukuoka Sea Hawk, Fukuoka, Japan, ポスター発表

[12] K. Seino, K. Shiraishi, A. Oshiyama, First-principles calculations on defect energetics and diffusion mechanism of Mg impurity in GaN, 14th International Conference on Nitride Semiconductors (ICNS-14), TuP-ED-24, 2023/11/14, Hilton Fukuoka Sea Hawk, Fukuoka, Japan, ポスター発表

[13] K. Ishisone, M. Boero, K. My Bui, A. Oshiyama, Y. Kangawa, K. Shiraishi, Computational investigation of GaN growth for power electronics applications, 14th International Conference on Nitride Semiconductors (ICNS-14), ThP-GR-LN5, 2023/11/14, Hilton Fukuoka Sea Hawk, Fukuoka, Japan, ポスター発表

[14] S. Hattori, A. Oshiyama, K. Shiraishi, Theoretical calculation of Mg_{Ga}-V_O complexes in GaO_x intermediate layer at GaN/SiO_2 interface, 14th International Conference on Nitride Semiconductors (ICNS-14), CH15-4,

2023/11/17, Hilton Fukuoka Sea Hawk, Fukuoka, Japan

[15] Y. Kaneda, K. Yoshimatsu, Statistics at small scales of a passive scalar field with a uniform mean scalar gradient in isotropic turbulence, 76th Annual Meeting of the Division of Fluid Dynamics , ZC41.4, 2023/11/21, Walter E. Washington Convention Center

[16] J. Ogi, S. Hattori, K. Shiraishi, First Principles Molecular Dynamics Studies of GaN/SiON Interfaces, International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2023 (ICMaSS2023), S2-I-2, 2023/12/2, Nagoya University, Nagoya, Japan

[17] K. Shiraishi, H. Kageshima, A. Oshiyama, First Principles Studies on Thermal Oxidation and Effects of Hydrogen Annealing at the Si/SiO_2 (110) Interface toward less than 2nm Node CFET, Semiconductor Interface Specialists Conference (SISC2023), 9.3, 2023/12/15, Bahia Resort Hotel, San Diego, USA

[18] J. Chen, K. Shiraishi, First Principles Studies of Partially Monolayer WSe_2, The 66th Fullerenes-Nanotubes-Graphene General Symposium, 1-1, 2024/3/6, Nagoya University, Nagoya, Japan

Ⅴ．国内学会・口頭発表等

ａ．招待講演

[1] 大畑慶記，洗平昌晃，石黒巧真，三屋裕幸，年吉洋，芝田泰，橋口原，白石賢二, カリウムイオンエレクトレット帯電劣化メカニズムの第一原理計算による研究, 第84回応用物理学会秋季学術講演会, 応用物理学会, 熊本城ホール, 23p-A311-1, 2023/9/23

ｂ．一般講演（ポスター発表を含む）

[1] 石原大樹，洗平昌晃，山影相，白石賢二, 第一原理計算によるゲルマニウム極薄膜結晶の磁性に関する研究, 日本物理学会第78回年次大会, 日本物理学会, 東北大学青葉山キャンパス, 16pPSA-36, 2023/9/16. ポスター発表

[2] 蓮生雄人，畑野敬史，浦田隆広，洗平昌晃，生田博志, 2次元トポロジカル絶縁体候補物質ABTe4(A/B=Ti,Zr,Hf)に対する有機分子インターカレーション効果, 日本物理学会第78回年次大会, 日本物理学会, 東北大学青葉山キャンパス, 19aA202-8, 2023/9/19

[3] 長嶋佑哉，渡邉浩崇，新田州吾，草場彰，寒川義裕，白石賢二, InN MOVPE成長におけるTMI分解・反応経路の理論的解析, 第84回応用物理学会秋季学術講演会, 応用物理学会, 熊本城ホール, 19a-B101-4, 2023/9/19

[4] 山内颯一郎，水島一郎，依田孝，押山淳，白石賢二, CVD環境下におけるSiC表面ステップへのN原子取り込み機構の理論研究, 第84回応用物理学会秋季学術講演会, 応用物理学会, 熊本城ホール, 20a-B201-4 , 2023/9/20

[5] 松田隼，秋山亨，畠山哲夫，白石賢二，中山隆史, ハイブリッド密度汎関数法による4H-SiC/SiO_2界面におけるバンド配列の面方位依存性の理論解析, 第84回応用物理学会秋季学術講演会, 応用物理学会, 熊本城ホール, 21a-P06-1, 2023/9/21. ポスター発表

[6] 狩野絵美，長川健太，小林功季，大築立旺，白石賢二，押山淳，五十嵐信行, GaN結晶中のMg凝集がMgアクセプタの電子状態に与える影響の第一原理計算を用いた評価, 第84回応用物理学会秋季学術講演会, 応用物理学会, 熊本城ホール, 22a-B201-4, 2023/9/22

[7] 服部柊人，押山淳，白石賢二, GaN/SiO_2界面のGaO_x中間層におけるMgGa-VOの理論計算, 第84回応用物理学会秋季学術講演会, 応用物理学会, 熊本城ホール, 22p-B201-2, 2023/9/22

[8] 芳松克則, 金田行雄, 一様パッシブスカラー乱流の小スケールにおける非等方性 , 日本流体力学会年会2023 , 日本流体力学会, 東京農工大学小金井キャンパス, E5-04, 2023/9/22

[9] 佐野雅季，小島淳，恩田正一，依田孝，大場隆之，押山淳，白石賢二, 4H-SiC 中における基底面転位(BPD)の第一原理計算を用いた原子構造・電子構造解析 ~バイポーラ劣化現象の物理的起源の解明~, 先進パワー半導体分科会, 応用物理学会, ANA クラウンプラザホテル金沢, IA-6, 2023/11/30. ポスター発表

[10] 松田隼，秋山亨，畠山哲夫，白石賢二，中山隆史, 4H SiC/SiO_2界面におけるバンド配列および界面双極子形成に関する理論解析, 先進パワー半導体分科会, 応用物理学会, ANA クラウンプラザホテル金

沢, IA-15, 2023/11/30. ポスター発表

[11] 佐野雅季，小島淳，恩田正一，依田孝，大場隆之，押山淳，白石賢二, 4H-SiC 中における基底面転位(BPD)の第一原理計算を用いた原子構造・電子構造解析 ~バイポーラ劣化現象の物理的起源の解明~, 第29回電子デバイス界面テクノロジー研究会, 応用物理学会・薄膜表面物理分科会, 東レ総合研修センター , 31, 2024/2/2

[12] 長嶋佑哉, 渡邉浩崇, 新田州吾, 草場彰, 寒川義裕, 白石賢二, InN MOVPE成長過程におけるTMIn分解・反応経路に関する理論研究, 第29回電子デバイス界面テクノロジー研究会, 応用物理学会・薄膜表面物理分科会, 東レ総合研修センター , 2024/2/2

[13] 山内颯一郎, 水島一郎, 依田孝, 押山淳、白石賢二, CVD環境下におけるSiC表面へのN原子取り込み機構の理論研究, 第29回電子デバイス界面テクノロジー研究会, 応用物理学会・薄膜表面物理分科会, 東レ総合研修センター , 85-90, 2024/2/2

[14] 服部柊人，押山淳，白石賢二, GaN/SiO_2界面におけるGaO_x界面層中のMgGaとVOの相互作用, 第29回電子デバイス界面テクノロジー研究会, 応用物理学会・薄膜表面物理分科会, 東レ総合研修センター , 2024/2/2

[15] 桐越大貴，大畑慶記，洗平昌晃，石黒巧真，三屋裕幸，年吉洋，芝田泰，橋口原，白石賢二, カリウムイオンエレクトレット内のSiO5構造の検出方法の検討, 第71回応用物理学会春季学術講演会, 応用物理学会, 東京都市大学世田谷キャンパス, 22p-12J-3, 2024/3/22

[16] 影島博之，秋山亨，白石賢二, Si酸化における界面から酸化膜へのSi放出障壁高さの理論検討, 第71回応用物理学会春季学術講演会, 応用物理学会, 東京都市大学世田谷キャンパス, 22p-12J-4, 2024/3/22

[17] 秋山亨，影島博之，白石賢二, 4H-SiC/SiO_2界面におけるNO分子の界面反応過程の理論解析, 第71回応用物理学会春季学術講演会, 応用物理学会, 東京都市大学世田谷キャンパス, 23p-52A-15, 2024/3/23

c．組織委員、実行委員等

[1] 芳松克則, 第37回数値流体シンポジウム, 日本流体力学会, 名古屋大学, 2023/12/15-17

d．座長

[1] 芳松克則, 日本流体力学会年会2023 , 日本流体力学会, 東京農工大学小金井キャンパス, E4, 2023/9/22

[2] 芳松克則, 第21回日本流体力学会中部支部講演会, 日本流体力学会中部支部, 名工大, 2B, 2023/11/1

[3] 芳松克則, 第37回数値流体シンポジウム, 日本流体力学会, 名古屋大学, 3101-05, 2023/12/17

6.1.3 先端物性解析部

以下に、令和5年度の成果を教員または研究グループごとにまとめた。

●ナノ電子物性グループ

教授　五十嵐　信行	准教授　長尾　全寛	助教　狩野　絵美
招へい教員　田中　信夫		

研究テーマ

1．GaNデバイス材料の構造物性解析
- GaNプロセス欠陥の構造解析
- GaN MOS界面の構造解析
- GaN 貫通転位の構造解析

2．次世代チャネル材料2次元原子層物質(TMD)の形成メカニズム解析

研究の背景・目的

GaNを用いたパワーデバイスは、社会システムの高エネルギー効率化のキーデバイスであり、精力的に研究

開発が進められている。その実用化に必須となるいくつかの課題について、プロセス開発・デバイス開発の指針を提示することを目的として、原子スケール物性解析の視点から研究を進めている。

最先端SiMOS-FETいたシステムは、IoTシステムの基礎であり、SiMOS-FETにはさらなる進化が求められている。長期的な技術開発課題の中で、最も重要なものが、新チャネル材料の開発である。TMDは、その候補材料の最右翼にある。現在の課題は、ウエハスケールの高品質の結晶成長の実現である。の技術開発の指針を明らかにするため、様々な成長条件で成長したTMD結晶の原子スケール構造解析を行い、結晶成長メカニズムの解析を行った。

成果の概要

1．MgとNの連続イオン注入GaNにおける拡張欠陥形成およびMg凝集の解析

Mgイオン注入によるGaNのp型ドーピングにおいて、Nイオン連続注入がMg分布に与える影響について, 透過型電子顕微鏡法（TEM）とアトムプローブトモグラフィ（APT）を用いて調査を行った。本研究では、Mgイオン注入(Mg濃度1x10^{19}/cm^{3})を行ったGaN結晶に対し、NイオンをMgと同濃度で注入し、1300 ℃, 30 min, 1 GPaのN_2雰囲気の条件下でアニールを行ない、その結晶欠陥とMg分布を解析した。Figure 1のTEM観察の結果は、イオン注入領域にナノスケールの転位ループが高密度で形成されることを示している。またこの転位ループの縁にはMgが凝集していることが観察され、N注入により形成される転位ループが引き起こすMg凝集が、注入領域のMg濃度低下抑制に大きな役割を果たすことを示している。

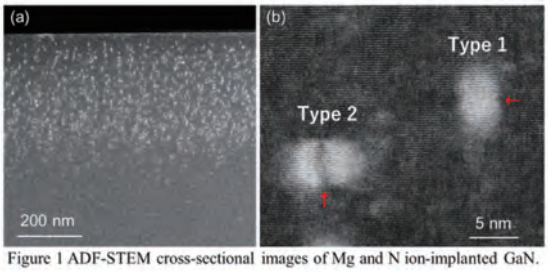


Figure 1 ADF-STEM cross-sectional images of Mg and N ion-implanted GaN.

2．単層MoS2の結晶粒界の原子分解能構造解析

デバイスへの応用を実現するためには、欠陥の少ない単結晶膜の形成が必要である。単結晶基板上へのエピタキシャル成長により配向性の良いTMDの成膜が可能であることが報告されているが、成膜条件によって結晶粒径や配向性が大きく異なる。このため、成長条件がTMDの粒径や配向性、粒界の構造に与える影響を解析し、単結晶基板上でのTMDの結晶成長メカニズムを解明する必要がある。我々はMOCVD法により850, 900, 950℃にてサファイア上に成膜したMoS¬$_2$を用いた。暗視野TEM法により配向性を解析し、温度が高いほど配向性が高いという結果が得られた。Fig. 1はHAADF-STEMにより結晶粒界における原子分解能構造解析の一例である。

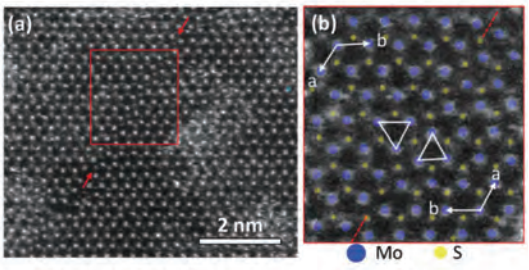


Figure 2 (a) HAADF-STEM image of twin boundary in MoS2. Red arrows indicate the boundary. (b) Magnified image of red rectangular area in (a). Mo and S atomic positions are marked by blue and yellow circles, respectively. White triangles indicate that the grains are inverted across the boundary.

発表論文等

Ⅰ．論文（査読のある学術誌等）

a．査読付き論文

[1] Ito, K., Iwasaki, S., Tomita K., Kano, E., Ikarashi, N., Kataoka, K., Kikuta, D., and Narita, T., Over 200 cm2 V－1 s－1 of electron inversion channel mobility for AlSiO/GaN MOSFET with nitrided interface, APEX, Vol. 16, Num. 7, 2023/7/17

Ⅳ．国際学会・口頭発表等

b．一般講演（ポスター発表を含む）

[1] Emi Kano, Impacts on dopant activation of extended defects and Mg agglomeration in Mg-ion-implanted GaN,

The 20th International Microscopy Congress, PS-07.3. #0270, 2023/9/14, Busan, Korea, Korean Society of Microscopy (KSM) International Federation of Societies for Microscopy (IFSM)

[2] Emi Kano, TEM and SIMS analysis of pressure effect on diffusion of point defects in Mg-ion-implanted GaN, 14th International Conference on Nitride Semiconductors 2023, CH6-2, 2023/11/14, Fukuoka, International Conference on Nitride Semiconductors (ICNS)

[3] Takashi Takeda, Atomic-resolution electron microscopy of sputter-deposited MoS2 on substrates, International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2023, A2-P-4, 2023/12/2, Nagoya, Institute of Materials and systems for sustainability (IMASS), ポスター発表

Ⅴ．国内学会・口頭発表等

ｂ．一般講演（ポスター発表を含む）

[1] 狩野絵美, GaNへのMgイオン注入により形成される結晶欠陥の原子分解能分析, 日本顕微鏡学会 第70回学術講演会, 日本顕微鏡学会, くにびきメッセ, 2pmE_M_1-07, 2023/6/27

[2] 小林功季, Mgイオン注入GaN中の自己欠陥の拡散に静水圧が及ぼす影響, 日本顕微鏡学会 第70回学術講演会, 日本顕微鏡学会, くにびきメッセ, 2pmE_M_1-06, 2023/6/27

[3] 狩野絵美, GaN結晶中の Mg凝集が Mgアクセプタの電子状態に与える影響の第一原理計算を用いた評価, 第84回応用物理学会秋季学術講演会, 応用物理学会, 熊本城ホール, 22a-B201-4, 2023/9/22

6.1.4 システム応用部

以下に、令和5年度の成果を教員または研究グループごとにまとめた。

●パワーエレクトロニクスグループ

教授　山本　真義	准教授　今岡　　淳	准教授　栗本　宗明
特任教授　重松　浩一	特任准教授　米澤　　遊	客員教授　佐藤　伸二
客員教授　細谷　達也	客員教授　西村　和則	客員准教授　Mostafa Noah
客員准教授　向山　大索	客員准教授　Jongwon Shin	客員准教授　石倉　祐樹
客員准教授　黒田　尚孝	客員准教授　増田　　満	研究員　セナナヤケティラクアナンダ
研究員　神谷　有弘	研究員　新井　大輔	

研究テーマ

パワーエレクトロニクス分野における材料、コンポーネント、回路、システムの横断的研究

研究の背景・目的

2050年カーボンニュートラルへの取り組みは我が国だけでなく、世界125以上の国が目指す大きな目標である。 また、パリ協定に代表される温室効果ガスの排出抑制や多様なエネルギー源（例えば新エネルギーなど）に対応するため電力変換システムや個別の変換器（DC/DCやDC/AC変換器）の高性能化（高効率化や小型軽量化、高信頼性）が求められている。パワーエレクトロニクス分野において、半導体をはじめとして受動素子（インダクタ、トランス、キャパシタ）、バッテリ、半導体駆動用ドライブ回路、回路トポロジー、制御の多面的な視点から技術の高度化が求められている。この研究分野の背景に対して、本年度では下記に関する研究を推進した。

成果の概要

本年度の成果を次の3点から紹介する。1点目は受動素子設計技術、2点目は伝導ノイズ低減技術、3点目はバッテリのモデリング/シミュレーション技術の高度化に大別される。

1点目は受動素子において磁気系の部品は変換器の中でも主要な体積を占め、電力変換効率にも関わる極

めて重要な部品である。GaNを用いたパワー半導体はスイッチングスピードが速く高周波駆動によって回路内での主要な体積を占める受動素子の小型化に効果的である。しかしながら、過度に高周波駆動を実行すると磁気部品において過度な発熱に見舞われ回路の信頼性が大幅に低下する。これに対して、本年度ではコア構造を低背化し, 放熱性能を高めたインダクタの基盤技術を確立した。本件に関連した技術については、パワーエレクトロニクス分野において採択難易度が高いIEEE Energy Conversion Congress and Exposition（ECCE）にて Third Prize Paper Awardを受賞した。同様に、2024年2月に米国で開催されたIEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC)においてBest Presentation Awardを受賞し、国際社会でも高く評価された。

2点目は、伝導ノイズ低減技術である。伝導ノイズ低減は、IECやCISPRが定めるように他の機器へノイズとして誤動作させないように定められた範囲で抑制する必要がある。本年は半導体の実装技術および回路平衡化技術を導入することで、コモンモードノイズを大幅に低減できる技術を新しく確立した。この関連技術もIEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC)において口頭発表を行っている。

3点目としては、バッテリのモデリングである。パワーエレクトロニクス回路は入力段にバッテリを搭載し、負荷をモータとして移動体の電動化が実現される。しかしながら、バッテリの詳細シミュレーションが確立されておらず、回路シミュレーション上で駆動可能なバッテリモデルの基盤技術を確立した。具体的には、電圧電流の関係式であるバトラーボルマー式と、インピーダンス等価回路にCPE（Constant Phase Element）を利用することで10Hz程度の過渡特性を精度良く表現できるモデルおよびそのパラメータを求めることにより実現した。また、このモデルを電動航空機に搭載したシステムシミュレーションを実施することが出来た。

今後は、これら要素技術をまとめ上げることで、高付加価値の高いパワーエレクトロニクス機器の開発に貢献し、カーボンニュートラル社会の早期実現に貢献できるものと考える。

発表論文等

Ⅰ．論文（査読のある学術誌等）

a．査読付き論文

[1] 朴 青云, 今岡　淳, 山本真義, 非制御 LLC共振形コンバータを用いたモジュラー DC-DCコンバータの電流分担制御, 電気学会論文誌D , 143, 4, pp. 337-348, 2023年4月

[2] 佐々木 守, 今岡 淳, 山本 真義, 仲野 陽, 布施 浩司, 補助巻き線による結合インダクタ方式多相コンバータ用コモンモードノイズキャンセル, 電気学会論文誌D　143 巻, (4) 頁, pp. 263 - 272　2023年4月

[3] Fumiya Hattori, Yuta Yanagisawa, Jun Imaoka, Masayoshi Yamamoto, Gate Drive Circuit Suitable for a GaN Gate Injection Transistor, IEEE Access　11 巻　頁：43169 - 43182　2023年4月

[4] Yu-Hsin Wu, Koichi Shigematsu, Yasumichi Omoto, Jun Imaoka, Masayoshi Yamamoto, Accurate Leakage Inductance Modeling Using Artificial Neural Network (ANN) Based on Dowell Model, IEEJ Journal of Industry Applications　12 巻 (3) 頁：334 - 344　2023年5月

[5] Mamoru Sasaki, Jun Imaoka, Masayoshi Yamamoto, Investigation on Relationship between Common Mode Noise and Distribution of Parasitic Capacitance, IEEJ Journal of Industry Applications　12 巻 (3) 頁：484 - 492　2023年5月

[6] Sihoon Choi, Ayato Suzuki, Jun Imaoka, Masayoshi Yamamoto, Derivation of Resonant Period for Soft Switching Considering Nonlinear Characteristics of Output Capacitance in Switching Device, IEEJ Journal of Industry Applications　12 巻 (3) 頁：289 - 294　2023年5月

[7] Sihoon Choi, Jong-Won Shin, Jun Imaoka, Masayoshi Yamamoto, Voltage-Controlled Variable Inductor for Fixed-Frequency Critical Conduction Mode Operation, IEEE Transactions on Industrial Electronics　70 巻 (6) 頁：5707 - 5716　2023年6月

[8] Mamoru Sasaki, Jun Imaoka, Masayoshi Yamamoto, Akira Nakano, Koji Fuse, Common mode conductive noise cancellation formultiphase converter using auxiliary winding , Electrical Engineering in Japan　143 巻 (4) 頁：263 - 272　2023年6月

[9] Tomotaka Nagai, Mamoru Sasaki, Jun Imaoka, Masayoshi Yamamoto, Akira Nakano, Balanced Two-phase Interleaved Boost Converter with Integrated Magnetics for Common-Mode Noise Reduction, IEEJ Journal of Industry Applications 12 巻 (4) 頁：664 - 675 2023年7月

[10] Kodai Katagiri, Toru Ogawa, Masayoshi Yamamoto, Jun Imaoka, Mamoru Sasaki, Conducted EMI Simulation for a DC-DC Converter : a DC Brush Motor System Considering Showering Arc at Mechanical Contacts, IEEJ Journal of Industry Applications 12 巻 (5) 頁：933 - 944 2023年9月

[11] Sihoon Choi, Jun Imaoka and Masayoshi Yamamoto, "Design of Coupled Inductor Using Powder Core with Concentrated Air Gap in Multiphase Operation," in IEEE Transactions on Industry Applications, doi: 10.1109/TIA.2023.3344558. (Early access)

[12] Y. Xiong, S. Thilak, Y. Yonezawa, J. Imaoka, and M. Yamamoto, “Analytical Model of Maximum Operating Frequency of Class-D ZVS inverter with Linearized Parasitic Capacitance and Any Duty Ratio”, IEICE Trans. Fun. Aug.2024. DOI:10.1587/transfun.2023EAP1081.

[13] T. Yamahigashi, J. Shimura, K. Shibuya, K. Shigematsu, T. Hosotani, J. Kuromi, J. Imaoka, and M. Yamamoto, “Modeling of Lithium-Ion Batteries with Constant Phase Element and Butler-Volmer’s Equation,” ICPE 2023 ECCE Asia (11th International Conference on Power Electronics, IEEE Energy Conversion Congress and Exposition Asia) Proc., pp.697-702, 2023.

[14] Y. -H. Wu, K. Shigematsu, Y. Omoto, Y. Ikushima, J. Imaoka and M. Yamamoto, “Efficient Multi-physics Circuit Simulation with Transformer Optimization Using Hybrid Dowell Artificial Neural Network,” IEEJ Journal of Industry Applications (JIA), vol. 13, no. 3 , 2024

[15] Dejie Sun, Shijie Zhu, Kazuhiro Ohyama, Muneaki Kurimoto, "Influence of charge leakage on energy density of dielectric elastomer generator with transversely restrained configuration", Mechanical Engineering Journal, Vol.10 No.4, 2023, pp.1-12, Paper No.23-00077, 2023/5/23

[16] Motoshi Hirai, Muneaki Kurimoto, Kazuyuki Tohyama, Toru Sawada, Shigeyoshi Yoshida, Takahiro Umemoto, Hirotaka Muto, "Effects of Particle Dispersion on EL Inception and Extinction Fields of TiO2/epoxy Nanocomposites", IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, 2024/2/22

[17] H. Funaki, Y. Noge, M. Shoyama, Y. Yonezawa and A. Miyazawa, "Construction of HILS System for LLC Resonant Converter Using LPV Model," in IEEE Transactions on Industry Applications, doi: 10.1109/TIA.2023.3332581.

[18] Tomoki Yamada, Yu Yonezawa, Masayoshi Yamamoto, A current fed full bridge converter with auxiliary resonant capacitor, IEICE Electronics Express, 2023, Volume 20, Issue 21, Pages 20230351, Released on J-STAGE November 10, 2023, Advance online publication September 19, 2023, Online ISSN 1349-2543, https://doi.org/10.1587/elex.20.20230351, https://www.jstage.jst.go.jp/article/elex/20/21/20_20.20230351/_article/-char/en, Abstract:

[19] Tomohiro Kawashima, Yoshinobu Murakami, Naohiro Hozumi, Muneaki Kurimoto, Shigeyoshi Yoshida, Takahiro Umemoto, Takahiro Mabuchi, Hirotaka Muto, "Nanosize Filler Effect on Propagation of Electron Avalanche in Terms of Waveform Characteristics of Partial Discharge", IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, Vol. 30, Issue 6, pp.2642 – 2649, 2023/5/31

b．査読無論文

[1] 南家憲史，渋谷賢佑，重松浩一，今岡淳，山本真義，細谷達也，黒見仁，志村重輔，「Butler–Volmer の式に従う非線形抵抗とCPEとを含むリチウムイオン電池の等価回路モデル」，第64回電池討論会，1C10，2023.

d．その他報告書

[1] 電気学会技術報告 パワーデバイス・パワーICの高性能化及び高品質化技術動向 パワーデバイス・パワーICの高性能化及び高品質化技術調査専門委員会(共著：新井大輔, 範囲：第3章) 一般社団法人電気学会 2023年11月

[2] 電気学会技術報告 電気電子・絶縁材料分野における量子化学計算の適用 電気電子・絶縁材料分野に

おける量子化学計算の適用調査専門員会 (共著：新井大輔, 範囲：第2章) 一般社団法人電気学会 2023年7月

Ⅱ．著書

[1] 2023/9/6, トランジスタ技術　2023年10月号, 白井　慎也, 共著, 1. イントロダクション1 / 1.1 厳選！個人入手が可能なパワエレ向けGaN & SiC & 評価ボード / 2. 第2部　乗りおくれ厳禁！ 保存版パワー半導体入門 / 2.1 第1章　the王者！ パワー MOSFET入門 / 2.2 第2章　まだ現役！ 元祖サイリスタ & トライアックおさらい / 2.3 第3章　SiCにGaNに！次世代パワー半導体入門 / 3. 第3部　ちゃんと作るためのパワエレ・ツール研究 / 3.1 第4章　超高速GaN回路もオシロで！ フローティング測定の実験 / 3.2 第5章　超高速スイッチング損失のオシロによる測定法, CQ出版株式会社

Ⅲ．解説等

[1] 2023/8/10, 栗本宗明 他（共著：テーラーメイドによるコンポジット絶縁材料開発の進展と応用技術調査専門委員会）,「テーラーメイドによるポリマーコンポジット絶縁材料の進展」, 電気学会技術報告, 第1554号, 一般社団法人電気学会

Ⅳ．国際学会・口頭発表等

ａ．招待講演

[1] Kazuhito Nakamura, Prototyping and Evaluation of SiC Half Bridge Circuit using Power Device Embedded Module Process, Embedding 2024 - JISSO Information sharing forum , Session B, 2024/1/15, Fraunhofer IZM, Berlin, Fraunhofer IZM, German national committee of IEC

ｂ．一般講演（ポスター発表を含む）

[1] Yi Xiong, Senanayake Thilak, Yu Yonezawa, Jun lmaoka, and Masayoshi Yamamoto, Experimental Verification of Maximum Operating Frequency for a SiC-MOSFET in Class-D ZVS Inverter, 11th International Conference on Power Electronics -ECCE Asia, 10.23919/ICPE2023-ECCEAsia54778.2023.10213606, 2023/5/22-25, Jeju Island, Korea, Republic of, IEEE

[2] Silumin Senanayake, Thilak Senanayake, Jun lmaoka, Masayoshi Yamamoto, High Reliable Transformer-less Deadtime Less Inverter for Grid-connected Applications, 11th International Conference on Power Electronics -ECCE Asia, 10.23919/ICPE2023-ECCEAsia54778.2023.10213921, 2023/5/22-25, Jeju Island, Korea, Republic of, IEEE

[3] T. Yamahigashi, J. Shimura, K. Shibuya, Y. -H. Wu, K. Shigematsu, T. Hosotani, J. Kuromi, J. lmaoka, M. Yamamoto, Modeling of Lithium-Ion Batteries with Constant Phase Element and Butler-Volmer's Equation, 11th International Conference on Power Electronics -ECCE Asia, 10.23919/ICPE2023-ECCEAsia54778.2023.10213775, 2023/5/22-25, Jeju Island, Korea, Republic of, IEEE

[4] Silumin Senanayake, Thilak Senanayake, Jun Imaoka, Masayoshi Yamamoto, High reliable transformer-less deadtime less Inverter for Grid-connected Applications, ICPE2023-ECCE Asia (International Conference on Power Electronics and ECCE Asia), 10.23919/ICPE2023-ECCEAsia54778.2023.10213921, 2023/5/22-25, Jeju Island,Republic of Koria, IEEE

[5] Y. Xiong, S. Thilak, Y. Yonezawa, J. Imaoka, and M. Yamamoto, Experimental Verification of Maximum Operating Frequency for a SiC-MOSFET in Class-D ZVS inverter, 11th International Conference on Power Electronics – ECCE Asia (ICPE 2023-ECCE Asia), 10.23919/ICPE2023-ECCEAsia54778.2023.10213606, 2023/5/22-25, ICC Jeju, KIPE (The Korean Institute of Power Electronics)

[6] T. Yamahigashi, J. Shimura, K. Shibuya, Y. -H. Wu, K. Shigematsu, T. Hosotani, J. Kuromi, J. Imaoka, M. Yamamoto, Modeling of Lithium-Ion Batteries with Butler-Volmer's Equation and Constant Phase Element, 11th International Conference on Power Electronics – ECCE Asia (ICPE 2023-ECCE Asia), Tul3-2, 2023/5/23, ICC Jeju, KIPE (The Korean Institute of Power Electronics)

[7] Motoshi Hirai, Muneaki Kurimoto, Kazuyuki Tohyama, Toru Sawada, Shigeyoshi Yoshida, Takahiro Umemoto, Hirotaka Muto, “AC Breakdown Strength and EL Inception Field of TiO2/Epoxy Nanocomposites Having Different Particle Dispersion”, The 23rd International Symposium on High Voltage Engineering (ISH 2023),

2023/9/1, University of Strathclyde Technology & Innovation Centre, Glasgow, UK, The Department of Electronic and Electrical Engineering of the University of Strathclyde

[8] Kazuma Tagawa, Muneaki Kurimoto, Toru Sawada, Takahiro Umemoto, Hirotaka Muto, “Quantification of Electric Field Distortion around an Asymmetric Agglomerate Using 3D Reconstruction of TiO2/Epoxy Nanocomposite”, The 98th IEEE Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena (IEEE CEIDP 2023), 2A3, 2023/10/17, East Rutherford, New Jersey, U.S.A., IEEE Dielectrics and Electrical Insulation Society (DEIS), ポスター発表

[9] Motoshi Hirai, Kazuma Tagawa, Naoshi Hirai, Yoshimichi Ohki, Toru Sawada, Takahiro Umemoto, Hirotaka Muto, Muneaki Kurimoto, “Thermally Stimulated Current Measurements of Epoxy/TiO2 Nanocomposites”, The 98th IEEE Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena (IEEE CEIDP 2023), D6, 2023/10/19, East Rutherford, New Jersey U.S.A., IEEE Dielectrics and Electrical Insulation Society (DEIS)

[10] S. Choi, J.-W. Shin, J. Imaoka, M.Yamamoto, Fixed Frequency Operation in Critical Conduction Mode with Voltage-Controlled Variable Inductor , 2023 IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE), 10.1109/ECCE53617.2023.10362859, 2023/10/29-11/2, Nashville, TN, USA, IEEE

[11] Sihoon Choi, Jong-Won Shin, Jun Imaoka, Masayoshi Yamamoto, Voltage-Controlled Variable Inductor to Fix the Switching Frequency in Critical Conduction Mode, IEEE Energy Conversion Congress & Expo, 10.1109/ECCE53617.2023.10362859, 2023/10/29-11/02, Nashville, TN, USA, IEEE IAS, PELS

[12] Thiyu Warnakulasooriya, Sihoon Choi, Arihiro Kamiya, Jun Imaoka, Masayoshi Yamamoto, A Review of the Packaging Scheme of a Traction Inverter: Layout, Capacitor, Current Sensing and Power Module, 12th IEEE CPMT Symposium Japan (ICSJ2023), 10.1109/ICSJ59341.2023.10339571, 2023/11/15-17, Kyoto, Japan, IEEE

[13] Sihoon Choi, Jiyoon Choi, Jong-Won Shin, Jun Imoka, Masayoshi Yamamoto, Packaging of SiC Power Module with a Low-Permittivity Material to Reduce Capacitive Coupling, 12th IEEE CPMT Symposium Japan (ICSJ2023), 10.1109/ICSJ59341.2023.10339578, 2023/11/15-17, Kyoto, Japan, IEEE

[14] Kazuhito Nakamura, Koichi Shigematsu, Jun Imaoka, Masayoshi Yamamoto, Prototyping and Evaluation of SiC Half Bridge Circuit using Power Device Embedded Module Process Towards Future Three Dimensional Packaging, 12th IEEE CPMT Symposium Japan (ICSJ2023), 10.1109/ICSJ59341.2023.10339574, 2023/11/15-17, Kyoto, Japan, IEEE

[15] Thiyu Warnakulasooriya, Sihoon Choi, Arihiro Kamiya, Jun Imaoka, Masayoshi Yamamoto, A Review of the Packaging Scheme of a Traction Inverter: Layout, Capacitor, Current Sensing and Power Module, ICSJ2023 (12th IEEE CPMT Symposium Japan), 10.1109/ICSJ59341.2023.10339571, 2023/11/15-17, Ritsumeikan University Suzaku Campus, Kyoto, IEEE Electronics Packaging Society

[16] Sihoon Choi, Jiyoon Choi, Jong-Won Shin, Jun Imaoka, Masayoshi Yamamoto, Packaging of SiC Power Module with a Low-Permittivity Material to Reduce Capacitive Coupling, ICSJ2023 (IEEE Components, Packaging, and Manufacturing Technology Symposium Japan), 10.1109/ICSJ59341.2023.10339578, 2023/11/15-17, Ritsumeikan University Suzaku Campus, Kyoto, IEEE Electronics Packaging Society

[17] Kazuhito Nakamura, Koichi Shigematsu, Jun Imaoka, Masayoshi Yamamoto, Prototyping and Evaluation of SiC Half Bridge Circuit using Power Device Embedded Module Process Towards Future Three Dimensional Packaging, 12th IEEE CPMT Symposium Japan 2023; The leading International, Components, Packaging and Manufacturing Technology Synposium), 2023 IEEE CPMT Symposium Japan,Page(s):196 - 199, 2023/11/17, Ritsumeikan University Suzaku Campus, CPMT Japan, IEEE Packaging Society

[18] Haruki Hirasawa, Sihoon Choi, Yu Yonezawa, Jun Imaoka, Masayoshi Yamamoto, Minimaization of Bridgeless Power Factor Correction Flyback Rectifier with Integrated Transformer, ICMaSS2023(International Conference on Materials and Systems for Sustainability), A5-P-6, 2023/12/2, Nagoya University, IMaSS

[19] Thiyu Warnakulasooriya, Sihoon Choi, Yu Yonezawa, Daisuke Arai, Masayoshi Yamamoto, Yasuhisa Ushida, Tohru Oka, Analysis of Switching and Reverse recovery Losses ofr Wide Bandgap Devices in a Totem-pole Bridgeless PFC Rectifier, ICMaSS2023(International Conference on Materials and Systems for Sustainability), , 2023/12/2, Nagoya University, IMaSS

[20] Karl Raymond dela Cruz Roque, Thiyu Warnakulasooriya, Sihoon Choi, Yu Yonezawa, Daisuke Arai, Masayoshi Yamamoto, Yasuhisa Ushida, Tohru Oka, Theoretical Loss Analysis of Vertical GaN MOSFETs in a Totem-pole Bridgeless PFC Considering Parameter Variation, ICMaSS2023 (International Conference on Materials and Systems for Sustainability), N/A, 2023/12/2, Nagoya University, IMaSS

[21] Shunki Hashimoto, Haruki Hirasawa, Sihoon Choi, Yu Yonezawa, Masayoshi Yamamoto, Loss Analysis of Heric Inverter for Photovoltaic Power Generation, ICMaSS2023(International Conference on Materials and Systems for Sustainability), A5-P-5, 2023/12/2, Nagoya University, IMaSS

[22] Kota Okada, Jun Imaoka, Atsushi Hasenuma, Yuta Imaeda, Masayoshi Yamamoto, Investigate AC resistance Reduction Methods Under Higher Frequencies Operation Conditions, ICMaSS2023(International Conference on Materials and Systems for Sustainability), A5-P-4, 2023/12/2, Nagoya University, IMaSS

[23] Kiyotaka Ono, Haruki Hirasawa, Sihoon Choi, Yu Yonezawa, Jun Imaoka, Masayoshi Yamamoto, Relationship between Reduction of Switching Loss and Switching Timing of Active Gate Driver Based on Various Drain Currents, ICMaSS2023(International Conference on Materials and Systems for Sustainability), A5-P-7, 2023/12/2, Nagoya University, IMaSS

[24] Yuta Imaeda, Mamoru Sakaki, Jun Imaoka, Masayoshi Yamamoto, Noise Analysis of Two-Phase Boost Converters with Integrated Winding Coupled Inductor using Balanced technique, ICMaSS2023(International Conference on Materials and Systems for Sustainability), A5-P-14, 2023/12/2, Nagoya University, IMaSS

[25] Sihoon Choi, Jiyoon Choi, Yu Yonezawa, Jong-Won Shin, Jun Imaoka, Masayoshi Yamamoto, Design and Packaging Method of SiC Power Module to Attenuate Common-Mode Noise, ICMaSS2023(International Conference on Materials and Systems for Sustainability), 2023/12/2, Nagoya University, IMaSS

[26] Kazuma Tagawa, Michiko Inuzuka, Shinichi Mitsumoto, Masayuki Fujii, Masumi Fukuma, Muneaki Kurimoto, “Space Charge Characteristics of 3D Printed Acrylic Elastomer Under DC Voltage Application”, International Conference on Materials and Systems for Sustainability (ICMaSS) 2023, A3-P-3 (0041), 2023/12/2, Nagoya University, Japan, Organizing committee of ICMaSS2023, Nagoya University, ポスター発表

[27] Ryota Ozaki, Muneaki Kurimoto, Hirotaka Muto, Fumitaka Komori, Yasuo Suzuoki, “Understanding Partial Discharge Degradation Mechanisms in Epoxy Resin Insulating Materials Used in Power Semiconductor Modules and Generator Stators”, International Conference on Materials and Systems for Sustainability (ICMaSS) 2023, A3-P-4 (0043), 2023/12/2, Nagoya University, Japan, Organizing committee of ICMaSS2023, Nagoya University, ポスター発表

[28] Motoshi Hirai, Muneaki Kurimoto, Kazuyuki Tohyama, Tomohiro Kawashima, Hirotaka Muto, “Exploring Enhancement Mechanisms of Breakdown Strength in TiO2/Epoxy Nanocomposites”, International Conference on Materials and Systems for Sustainability (ICMaSS) 2023, A3-P-5 (0044), 2023/12/2, Nagoya University, Japan, Organizing committee of ICMaSS2023, Nagoya University, ポスター発表

[29] Sihoon Choi, Jiyoon Choi, Yu Yonezawa, Jong-Won Shin, Jun Imaoka, Masayoshi Yamamoto, SiC Power Module Design with a Low-Permittivity Material to Reduce Common-Mode Noise, IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition, 2024/2/25-29, Long Beach, CA, IEEE IAS, PELS, PSMA

[30] Atsushi Hasenuma, Jun Imaoka, Masayoshi Yamamoto, Tatsuya Miyazaki, Yuta Okawauchi, Akihiro Kawano, Analysis of Eddy Currents and Thermal Modeling of Planar Magnetic Components with Metal Housing, IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition, 2024/2/25-29, Long Beach, CA, IEEE IAS, PELS, PSMA

[31] Sihoon Choi, Yikun Yin, Jong-Won Shin, Jun Imaoka, Masayoshi Yamamoto, Common-Mode Noise Reduction for Bridgeless Flyback PFC Rectifier with Balance Technique, IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition, 2024/2/25-29, Long Beach, CA, IEEE IAS, PELS, PSMA

[32] Sun Dejie, Kazuma Tagawa, Shijie Zhu, Yasuo Suzuoki, Muneaki Kurimoto, “Influence of stretch-dependent permittivity on power generation output of dielectric elastomer”, SPIE Smart Structures + NDE 2024, 12945-19, 2024/3/26, Long Beach, California, U.S.A., SPIE – The International Society for Optical Engineering

c．組織委員、実行委員等

[1] Muneaki Kurimoto, Technical Program Committee and Reviewer, The 98th IEEE Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena (IEEE CEIDP 2023), 2023/10/15-19, East Rutherford, New Jersey U.S.A., IEEE Dielectrics and Electrical Insulation Society (DEIS)

d．座長

[1] Muneaki Kurimoto, Poster Session 3B: Advance Materials & Nanodielectrics, The 98th IEEE Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena (IEEE CEIDP 2023), 2023/10/18, East Rutherford, New Jersey U.S.A., IEEE Dielectrics and Electrical Insulation Society (DEIS)

e．参加のみ

[1] Muneaki Kurimoto, International Conference on Materials and Systems for Sustainability (ICMaSS) 2023, 2023/12/1-3, Nagoya University, Japan, Organizing committee of ICMaSS2023, Nagoya University

Ⅴ．国内学会・口頭発表等

a．招待講演

[1] 山本真義, EV・空飛ぶクルマ向けパワーデバイス技術動向, SiCアライアンス　シンポジウム, 社団法人SiCアライアンス, TKP品川港南口会議室　ホール4A, 2023/4/25

[2] 山本真義, 電動車用インバータのフィルムキャパシタ応用事例と次世代xEVにおける新しい車載応用システムに要求されるキャパシタ性能, キャパシタフォーラム, キャパシタフォーラム, 東京理科大学野田キャンパス7号館６階講堂, 2023/5/20

[3] 山本真義, BEVの本格普及で加速する車載半導体市場＆進化するパワーデバイス技術, グローバルネット, グローバルネット, アルカディア市ヶ谷私学会館, 2023/5/26

[4] 山本真義, xEV用車載パワーエレクトロニクス応用分野における構造・材料技術最前線, 名古屋市工業研究所, 名古屋市工業研究所, 名古屋市工業研究所, 2023/6/16

[5] 山本真義,「テスラ 3」をバラして分かったニッポン製造業の勝ち筋, ビジネスフォーラム, ビジネスフォーラム事務局, ミッドランドホールA, 2023/6/22

[6] 山本真義, 車載用パワー半導体実装技術に求められる信頼性要件とその方向性、新しいその車載応用, エレクトロニクス実装学会部品内蔵技術委員会, エレクトロニクス実装学会, 回路会館, 2023/6/23

[7] 山本真義, 2030年に向けた電動車両（xEV）ロードマップとそこに求められる車載パワーエレクトロニクス技術要～　e-Axleの化合物半導体の適用からインホイールモーター技術最前線まで, クルマの電動化　―　インホールモータへの期待, 豊田中央研究所, 豊田中央研究所　厚生施設アクタス , 2023/7/14

[8] 山本真義, 最新EVの電力変換に関する特徴と動向, TECHNO-FRONTIER 2023, 一般社団法人日本能率協会, 東京ビッグサイト, 2023/7/26

[9] 山本真義, BYD、トヨタ、テスラ、BMWの電気系システム分解から読み解く次世代半導体・自動車分野の戦略と最新技術動向, みらいのクルマテクノロジー , 株式会社アルペザ, オンライン, 2023/8/25

[10] 山本真義, 2030年に向けた電動車両（xEV）ロードマップとそこに求められる車載用化学応用技術要素, 第１２４回東海技術サロン, 東海化学工業会, オンライン, 2023/8/28

[11] 山本真義, 各社の EV 用インバーター分解解説と次世代パワー半導体の車載応用の可能性と日本の勝機, 電子デバイス産業新聞講演会, 産業タイムズ社, 富士ソフトアキバプラザ, 2023/8/30

[12] 山本真義, 最新EVの電力変換に関する特徴と動向, ミッションフェローセッション, エレクトロニクス実装学会, オンライン, 2023/9/1

[13] 山本真義, 車載用パワーエレクトロニクス機器（インバーター・OBC）におけるEMC対策技術最前線, サマーセミナー , エレクトロニクス実装学会, 回路会館, 2023/9/4

[14] 山本真義, 自動車用SiCインバータの技術とインホイールモータ量産への課題, GLGセミナー , GLG, オンライン, 2023/9/23

[15] 山本真義, EV革新を支える車載向けパワーデバイスの将来展望, 第6回 名古屋 ネプコン ジャパン , ネプコンジャパン, ポートメッセなごや, 2023/10/25

[16] 山本真義, xEV（電動車）におけるパワーエレクトロニクス技術最新動向　～ジャパンモビリティー

ショー2023の報告も含めて～ , xEVテスティングイニシアティブ, エグジビジョンテクノロジーズ, 軽井沢プリンスホテル, 2023/11/1
[17] 山本真義, 次世代モビリティにおける電気系システム最前線と宇宙衛星用パワーエレクトロニクス技術の将来動向（自動車、空飛ぶクルマ、航空機電動化から宇宙衛星まで）, JAXA 研究開発部門研究会, JAXA 研究開発部門, 名古屋大学 東山キャンパス 野依記念学術交流館, 2023/11/2
[18] 山本真義, 車載用パワーエレクトロニクス技術最新動向とSiC/GaN適用の事例と可能性に関する議論, 一般社団法人日本電子デバイス産業協会研究会, 一般社団法人日本電子デバイス産業協会, 日本教育会館　喜山倶楽部, 2023/11/7
[19] 山本真義, 電動化の最前線にせまる自動車メーカーのEV戦略と加速する技術革新, 長野県工業技術総合センター研究会, 長野県工業技術総合センター , オンライン, 2023/11/9
[20] 山本真義, 小型EVの現在と未来, 名古屋商工会議所研究会, 名古屋商工会議所, メッセなごや, 2023/11/10
[21] 山本真義, 中国製EVに搭載されたパワーエレクトロニクス技術最前線と２０３０年に求められるEV用パワエレ技術予測, パワーエレクトロニクス学会研究会, パワーエレクトロニクス学会, 中央電気倶楽部, 2023/11/11
[22] 山本真義, Volkswagen ID.4に分解から見える未来展望, 岡山県産業振興財団研究会, 岡山県産業振興財団, オンライン, 2023/11/27
[23] 山本真義, 2030年のEVに求められるパワー半導体応用技術, セミコンジャパン, セミジャパン, 東京ビックサイト, 2023/12/15
[24] 今岡　淳, CAE実験室-電磁気工学編, CAE University, サイバネットシステム株式会社, 富士ソフトビル, 2023/5/24
[25] 今岡　淳, パワーコンバータ用インダクタ/トランスの最新技術とその設計法, 日本パワーエレクトロニクス協会主催パワエレセミナー , 日本パワーエレクトロニクス協会, オンライン, 2023/6/23
[26] 今岡　淳, 車載用パワーエレクトロニクスの技術動向と高性能化へ向けた応用事例, 人とクルマのテクノロジー展 NAGOYA, 公益社団法人自動車技術会, Aichi Sky Expo, 2023/7/5
[27] 今岡　淳, 車載用パワーエレクトロニクスの最新技術動向と磁性部品応用による高性能化, 電子通信エネルギー技術研究会, 電子情報通信学会, デザインクリエイティブセンター神戸, 2023/7/20
[28] 今岡　淳, パワーエレクトロニクス回路基礎, 2023　GaNコンソーシアム サマースクール 第1回 , 一般社団法人GaNコンソーシアム, オンライン, 2023/9/4
[29] 今岡　淳, パワーエレクトロニクス応用に向けた 磁気部品のモデリング・シミュレーション技術, 第90回関西CAE懇話会, NPO法人CAE懇話会, 大阪市, 2023/9/8
[30] 今岡　淳, 高電力密度/高性能パワーエレクトロニクス機器に向けた磁気部品応用技術, 東北大学　電気エネルギーシステム専攻・国際集積エレクトロニクス研究開発センター（CIES）共催シンポジウム, 東北大学, 東北大学, 2023/10/19
[31] 今岡　淳, パワーコンバータ用インダクタ/トランスの最新技術とその設計法, 日本パワーエレクトロニクス協会主催パワエレセミナー , 日本パワーエレクトロニクス協会, オンライン, 2023/11/9
[32] 今岡　淳, パワーエレクトロニクス機器の高付加価値を創出するGaNデバイス応用技術とその周辺技術, 第27回 名古屋大学VBLシンポジウム, 名古屋大学, 名古屋大学, 2023/11/30
[33] 今岡　淳, 実践で学ぶ パワーエレクトロニクス回路とノイズ低減技術講座, 令和5年度技術者向け講座, (公財)しまね産業振興財団／島根県産業技術センター , 島根県産業技術センター , 2023/12/1
[34] 今岡　淳, CAE実験室-電磁気工学編, CAE University, サイバネットシステム株式会社, 富士ソフトビル, 2023/12/12
[35] 今岡　淳, パワーエレクトロニクスのための電磁気学基礎講座, CAE University, サイバネットシステム株式会社, 富士ソフトビル, 2024/1/16
[36] 栗本宗明, “Nanocomposites for insulating materials: Specification of characteristics and measurement methods”, 第47回Clayteamセミナー /EBISワークショップ/次世代放射光等先端分析機器活用研究会『Development, Evaluation and Standardization of Nanomaterials』, 産業技術総合研究所 東北センター Clayteam, 仙台国際

センター（宮城県）, 2023/5/9

[37] 重松　浩一, パワーエレクトロニクスシステムにおけるシミュレーションの役割, 2023年電気学会産業応用部門大会, 一般社団法人電気学会, 名古屋工業大学, S1-1, 2023/8/22

[38] 中村洋平(ローム), 黒田尚孝(ローム/名古屋大学), 山口敦司(ローム), 中原健(ローム), 回路&システムシミュレータに対応可能な高速・高精度SiC MOSFETモデルの開発, 2023年電気学会産業応用部門大会シンポジウム, 一般社団法人電気学会, 名古屋工業大学, 4-S12-3, 1-2, 2023/8/24

[39] 渋谷 賢佑, 重松 浩一, 前田 充康, 藤森 光明, 山本 真義, ユースケースと活用事例（2）（名古屋大学）, No.05-23　講習会「FMI (Functional Mockup Interface)によるモデル接続講習会」, 自動車技術会, 公益社団法人 自動車技術会, FMI活用ガイド別紙 67-77, 2023/10/31

[40] 中村和人, パワー半導体基板内蔵技術によるSiCハーフ ブリッジ回路の検討, 第38回エレクトロニクス実装学会春季講演大会, 一般社団法人エレクトロニクス実装学会, 東京理科大野田キャンパス, 2024/3/14

b．一般講演（ポスター発表を含む）

[1] 田河和真, 栗本宗明,「ICHVE 2022 会議報告」, 誘電・絶縁材料研究会, 電気学会 誘電・絶縁材料技術委員会, 大阪大学, DEI-23-051 , 2023/6/16

[2] 舟木秀明, 野下裕市, 庄山正仁（九大）, 米澤　遊（名大）, 宮澤秋彦（モデルコア研）, 部分共振型・準共振型を含む各種電源に適用可能な一般状態平均化法, 電子通信エネルギー研究会（EE), 電子情報通信学会, 機械振興会館 B3-1, EE2023-6, pp.44-49, 2023/5/27

[3] 若月　昇（石巻専修大）, 細江勝広（行政書士）, 鈴木修平，米澤　遊（名大）, 電気接点溶融時の金属固相・液相界面での電気2重層形成の仮説モデル, 機構デバイス研究会（EMD), 電子情報通信学会, 機械振興会館, EMD2023-12, pp.13-18, 2023/7/21

[4] 魏　秀欽, 今岡 淳, 柳澤 佑太, 林 旻, 佐藤 佑樹, 木口 龍雅, 藤崎 敬介, 清水敏久, パワーエレクトロニクスにおけるインダクタの最新技術動向, 2023年電気学会産業応用部門大会, 一般社団法人電気学会, 名古屋工業大学, 2023/8/23

[5] 佐藤 佑樹, 豊田 基, 枡川 重男, 木口 龍雅, 今岡 淳, 魏 秀欽, 柳澤 佑太, 林 旻, 仲野 陽, 竹下 隆晴, 長井真一郎, 中津 欣也, パワーエレクトロニクスにおける磁気系部品の損失測定・設計手法の最新技術動向, 2023年電気学会産業応用部門大会, 一般社団法人電気学会, 名古屋工業大学, 2023/8/23

[6] 平沢 開, チェシフン, 米澤 遊, 今岡 淳, 山本 真義, AC-DCブリッジレスフライバックコンバータの小型化を実現する統合トランスの構造提案, 2023年電気学会産業応用部門大会, 一般社団法人電気学会, 名古屋工業大学, R1-5, 1-19, 2023/8/23

[7] 小野 翠稜, 平沢 開, 崔 時熏, 米澤 遊, 今岡 淳, 山本 真義, SiC-MOSFET の電圧サージ抑制及び損失低減を実現するアクティブゲートドライバ, 2023年電気学会産業応用部門大会, 一般社団法人電気学会, 名古屋工業大学, R1-3, 1-9, 2023/8/23

[8] Sihoon Choi, Yikun Yin, Jong-Won Shin, Jun Imaoka, Masayoshi Yamamoto, Balanced Bridgeless Flyback Power Factor Correction Rectifier to Reduce Common-Mode Noise, 2023年電気学会産業応用部門大会, 一般社団法人電気学会, 名古屋工業大学, R1-17, 1-73, 2023/8/24

[9] 若月　昇（石巻専修大）, 細江勝広（行政書士）, 鈴木修平，米澤　遊（名大）, 電気接点での固相・液相界面の電気2重層による電子・イオン放出の仮説モデルの提案, 機構デバイス研究会（EMD), 電子情報通信学会, 東北大学 電気通信研究所本館 オープンセミナールーム(M153), EMD2023-29, pp.89-94, 2023/8/25

[10] 澤崎秋香，有木大翔，光本真一，栗本宗明，芳原新也,「低電界印加時における X 線照射 LDPE の充電電荷計測」, 令和５年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, 電気学会東海支部, 豊橋技術科学大学, B5-6, 2023/8/29

[11] 孫徳傑，田河和真，朱世杰，鈴置保雄，栗本宗明,「棒状 TiO2 粒子の長さがシリコーンゴムコンポジットの誘電率および誘電エラストマー発電出力に及ぼす影響」, 令和５年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, 電気学会東海支部, 豊橋技術科学大学, B6-1, 2023/8/29

[12] 犬塚通子，光本真一，栗本宗明，藤井雅之，福間眞澄,「電界方向に対して垂直な積層方向が存在するアクリルエラストマーの空間電荷特性」, 令和５年電気学会 基礎・材料・共通部門大会, 電気学会基礎・材料・共通部門, 愛知工業大学, 7-B-a2-3, 2023/9/7

[13] 田河和真，栗本宗明，澤田亨，梅本貴弘，武藤浩隆,「3次元再構築技術と有限要素法に基づく実形状の酸化チタンナノ粒子凝集体の電界計算」, 令和５年電気学会 基礎・材料・共通部門大会, 電気学会基礎・材料・共通部門, 愛知工業大学, 8-B-a1-3, 2023/9/8

[14] 尾崎良多, 栗本宗明, 古森郁尊, 鈴置保雄, 池田優里, 松葉晃明, 笹谷幸生,「電力用油浸フィルムコンデンサを模擬した油ギャップ電極系におけるランプ状昇降圧波形印加時の部分放電特性」, 誘電・絶縁材料/電線・ケーブル合同研究会「電線・ケーブルシステムの技術動向（製品技術，劣化機構解明，診断・評価・判定技術）」, 電気学会/誘電・絶縁材料技術委員会 電線・ケーブル 技術委員会, ハイブリッド開催（関西電力送配電(株)京都本部およびオンライン）, DEI-24-034・EWC-24-010, 2024/3/1

[15] 光本真一，田河和真，栗本宗明，藤井雅之，福間眞澄,「積層成形されたアクリル樹脂における30kV/mm印加後の残留空間電荷特性」, 令和6年電気学会全国大会, 電気学会, 徳島大学, 2-029, 2024/3/15

[16] 孫徳傑，田河和真，朱世杰，鈴置保雄，栗本宗明,「誘電エラストマーの伸長に依存する誘電率とその特性を考慮した発電出力の高精度評価」, 令和6年電気学会全国大会, 電気学会, 徳島大学, 2-038, 2024/3/14

[17] 平井基資，栗本宗明，平井直志，大木義路，澤田亨，吉田成是，武藤浩隆,「分散状態の異なる酸化チタン/エポキシ樹脂ナノコンポジットにおける熱刺激電流測定」, 令和6年電気学会全国大会, 電気学会, 徳島大学, 2-070, 2024/3/14

[18] 舟木秀明, 前田崇純, 野下裕市, 庄山正仁（九大）, 米澤　遊（名大）, 宮澤秋彦（モデルコア研）, スイッチング電源の変調器の伝達関数に関する検討, 電子通信エネルギー研究会（EE), 電子情報通信学会, 大阪シティアカデミー さんくすホール, EE2023-22, pp.29-34, 2023/10/6

[19] 中村和人, SiCやGaNなどのパワー半導体の性能を究極に生かす３D実装の可能性, 第32回JIEP修善寺ワークショップ, 一般社団法人エレクトロニクス実装学会, ラフォーレ修善寺, 2023/10/12-13, ポスター発表

[20] 神谷有弘, 車載電子製品における回路基板周りの熱マネジメントと実装技術, JIEP サーマルマネジメント研究会 #2研究会, エレクトロニクス実装学会, 東京　西荻窪 回路会館, 2023/10/31

[21] 平沢 開, チェシフン, ローク カール レーモンド デラー クールズ, 米澤 遊, 今岡 淳, 山本 真義, 統合トランスを適用したAC-DCインタリーブフライバックコンバータ, 電子通信エネルギー技術研究会, 一般社団法人電子情報通信学会, 機械振興会館, EE2023-35, CPM2023-91 OME2023-62, 2023/12/9

[22] 若月　昇（石巻専修大）, 細江勝広（行政書士）, 鈴木修平（コンサルタント）, 米澤　遊（名大）, 電気接点での固液界面の電気2重層による電子・イオン放出の等価回路の提案とアーク放電現象への展開, 機構デバイス研究会（EMD), 電子情報通信学会, 帝京大学（宇都宮）, EMD2023-33, pp.7-12, 2023/12/22

[23] 若月　昇（石巻専修大）, 細江勝広（行政書士）, 鈴木修平（コンサルタント）, 米澤　遊（名大）, 電気接点での固液界面からの電子・イオン放出の等価回路を、電気事故調査用コンパスとして適用, 機構デバイス研究会（EMD), 電子情報通信学会, 帝京大学（宇都宮）, EMD2023-34, pp.13-18, 2023/12/22

[24] 新井大輔, 米澤　遊, 今岡　淳, 山本真義, パワエレを基幹インフラとして国が繁栄するために必要な経済運営, 電子通信エネルギー技術研究会（EE）, 電子情報通信学会, 機械振興会館, EE2023-62, 2024/3/11

[25] Jiyoon Choi, Thiyu Warnakulasooriya, Sihoon Choi, Jun Imaoka, Masayoshi Yamamoto, Analysis of Novel Heatsink Implemented in the Power Module of Automotive Traction Inverter, 第38回エレクトロニクス実装学会春季講演大会, 一般社団法人エレクトロニクス実装学会, 東京理科大学, 13B2-1, 2024/3/13

[26] Jiyoon Choi, Sihoon Choi, Jong-Won Shin, Yu Yonezawa, Arihiro Kamiya, Jun Imaoka, Masayoshi Yamamoto, SiC Power Module with a Low-Permittivity Material to Reduce Common-Mode Noise, 第37回エレクトロニクス実装学会春季講演大会, 一般社団法人エレクトロニクス実装学会, 慶應義塾大学, 14A1-3, 2023/3/14

[27] 平沢 開, ローク カール レーモンド デラー クールズ, チェシフン, 米澤 遊, 今岡 淳, 山本 真義, 2相AC-DCインターリーブフライバックコンバータにおける統合トランスの適用と設計法, 令和6年電気

学会全国大会, 一般社団法人電気学会, 徳島大学, 4-202-A4, 2024/3/14

[28] 中村和人, POWER DEM実装によるインバータ電流導入路の特性, 第38回エレクトロニクス実装学会春季講演大会, 一般社団法人エレクトロニクス実装学会, 東京理科大野田キャンパス, 2024/3/15

[29] 森田 彩矢, 大水 耀太, 重松 浩一, 今岡 淳, 山本 真義, 電動航空機における熱マネジメントシステムの検討, 令和6年電気学会全国大会, 一般社団法人電気学会, 徳島大学, K507-C2, 2024/3/16

[30] 宇井 瞭介, Sihoon Choi, Jong-Won Shin, 今岡 淳, 山本 真義, 回路平衡化を適用したブリッジレスフライバックAC-DCコンバータにおけるDMノイズ解析, 令和6年電気学会全国大会, 一般社団法人電気学会, 徳島大学, 4-305-B2, 2024/3/16

[31] Karl Raymond dela Cruz Roque, Thiyu Warnakulasooriya, Sihoon Choi, Yu Yonezawa, Daisuke Arai, Masayoshi Yamamoto, Yasuhisa Ushida, Tohru Oka, Theoretical Loss Analysis of Vertical GaN MOSFETs in a Totem-pole Bridgeless PFC Considering Drift Layer Variation, 令和6年電気学会全国大会, 一般社団法人電気学会, 徳島大学, 4-305-B3, 2024/3/16

c．組織委員、実行委員等

[1] 栗本宗明, 令和５年電気学会 基礎・材料・共通部門大会, 電気学会 基礎・材料・共通部門, 愛知工業大学, 2023/9/7～9

Ⅵ. 特許等（出願、公開、登録）

b．特開（公開特許）

[1] 和田 悠暉、今岡 淳, 複数相磁気結合リアクトル, 2023-059445, 2023/4/27, 愛三工業株式会社, 国立大学法人東海国立大学機構

[2] 和田 悠暉、今岡 淳, 複数相磁気結合リアクトル, 2023-059446, 2023/4/27, 愛三工業株式会社, 国立大学法人東海国立大学機構

Ⅶ. その他研究業績

[1] 山本　真義, 日経電子版「Think!」,「日立アステモ、新CEOに前ホンダ副社長　主導権が移行」以降108件解説, 2023/6/1以降

[2] 山本　真義, 日経BP, テクノロジー・ロードマップ2024-2033 全産業編, 2023/6/15

[3] 山本　真義, 日経BP, SEALの統合モーターコントローラーの解説, 2023/7/20

[4] 山本　真義, CQ出版, DC-DCコンバータへのGaNの適用事例, 2023/8/20

[5] 山本　真義, NIKKEIMobility寄稿, EVパワー半導体、日中韓3車比較　トヨタに残る「HV最適」, 2023/9/6

[6] 山本　真義, 技術情報協会, 各社BEVのインバーター分析解析と次世代BEVに求められるパワーエレクトロニクス応用技術, 2023/9/20

[7] 山本　真義, 電磁環境工学情報EMC十二月号, 車載用パワーエレクトロニクス機器におけるノイズ発生メカニズムの基本と電気自動車におけるノイズ対策技術最前線, 2023/12/5

[8] 山本　真義, 日刊自動車新聞社, EVの技術解析で国内産業を支える, 2023/12/6

[9] 今岡　淳, 車載テクノロジー , 磁気結合インダクタおよび回路平衡化を利用したパワーエレクトロニクス回路の高電力密度化・低ノイズ化の実現, 2023/5/1

[10] 米澤　遊, トランジスタ技術10月号, クラウド時代のパワエレ回路設計ツール, 2023/9/8

[11] 米澤　遊, トランジスタ技術3月号, 充実しつつある！現代のパワエレ系シミュレータ事情, 2024/2/9

[12] 神谷　有弘, 月刊 車載テクノロジー10月号, 電動車用インバータの放熱構造と熱マネジメント, 2023/11/1以降

[13] チェシフン, トランジスタ技術3月号, あのLTspice開発者が作った新しい回路シミュレータ QSPICE速報, 2024/2/9

●高周波回路グループ

特任教授　原　　信二	研究員　作野　圭一	研究員　末松　英治
研究員　丹波　憲之		

研究テーマ

・マイクロ波/ミリ波を用いた高効率無線給電方式の研究
・GaN HEMTを用いたテラHz回路設計技術の研究
・衛星通信用W帯GaN HEMTパワーアンプの研究
・高出力マイクロ波プラズマ電源の開発

研究の背景・目的

GaN HEMTは、従来マイクロ波パワーアンプで主に用いられていたGaAsトランジスタと比較して耐圧が高いため、高出力高効率パワーアンプに適したデバイスである。しかしながら、これまでの研究発表例は単なるトランジスタの置き換えで、GaN HEMTの特徴を十分活かしきれていなかった。また、W帯以上のミリ波領域においては、現在量産されているGaN HEMTの利得性能が不十分であることから、新しいパワーアンプ回路設計技術の開発が必須である。

当研究室では、素子性能の改善に頼るのではなく、アナログ高周波回路技術による高性能化やGaN HEMTの特徴を活かした新たな設計法の提案と実証や、既存のGaAsデバイスを用いた高効率パワーアンプや整流ICの研究開発を進めている。

成果の概要

無線電力伝送の受電側の高効率化の鍵となる整流ICについて、性能低下の要因である容量を補償する新たな回路方式の考案と適用によって、低コストのファウンダリープロセスでも高効率動作を実現できることを示した。具体的には、5.8GHz帯にて50Ω整合回路損失を含んで1W入力RF/DC変換効率60%、また、24GHz帯にて50Ω整合回路損失を含んで1.5W入力RF/DC変換効率50%を達成した。今後は、非50Ω設計の活用によって、更なる高効率化、高周波化を実現していく。

ミリ波帯以上の利得が不十分は周波数領域での回路設計技術においては、当研究室で開発したSC-gate技術(*)を、ゲート長0.25um, ゲート幅400um(=200um*2本)のGaN HEMTに適用し、従来理論では原理的に利得を得ることが出来ない41GHzの周波数帯にて10dBの利得を有する増幅器を実現した。今後は、SC-gateのモデリング技術の高精度化や大信号モデルへの適用と共に、短ゲート長プロセスを用いることによる100GHz超領域への適用検討を行う。

また、ファウンダリープロセスを用いて、4.25GHzにおいて、出力50W、電力効率70％のGaN HEMTのパワーセルを開発した。今後は、共同研究先と協力して、実際のプラズマ電源として小型衛星への搭載を目指す。

(*)SC-gate：Standing-wave Controlled Gate
３端子素子のトランジスタにおいては理論上fmaxを超える領域では利得が得られないが、ゲート電極を分布定数線路と捉えることによって給電点と反対側の先端に反射素子を接続し、ゲート電極内の定在波分布を制御することでトランジスタを4端子素子として扱うことでfmax以上の領域でも利得を実現する技術。本技術はこれまでのマイクロ波ミリ波回路設計技術の常識を根底から覆す画期的な技術である。

Ⅳ．国際学会・口頭発表等

ｂ．一般講演（ポスター発表を含む）

[1] 作野圭一、末松英治、原　信二, Novel Fmax Enhancement Method for GaN HEMTs by Utilizing the Distributed Behavior of a Gate Finger, European Microwave Integrated Circuits Conference (EuMIC) 2023, EuMIC03-2, 2023年9月17日, ベルリン, European Microwave Association (EuMA)

[2] 藤原康平・近藤　崇(都立産技研センター)・溝尻　征・栁沼和也(Pale Blue)・原　信二・丹波憲之(名大), Development and environmental evaluation of 10- W class-F power amplifier for microwave discharge ion thruster on satellites, Asia-Pacific Microwave Conference (APMC)2023, APMC220264, 2023年12月7日, 台湾, Asia-Pacific Microwave Conference, ポスター発表

[3] 原信二, 作野圭一、末松英治, A Single Stage Q-band GaN HEMT Amplifier Which Has Gain over the Fmax, Asia-Pacific Microwave Conference (APMC)2023, APMC220046, 2023年12月7日, 台湾, Asia-Pacific Microwave Conference

[4] 近藤　崇・藤原康平（都立産技研センター）・溝尻　征・栁沼和也（Pale Blue）・原　信二・丹波憲之（名大）, Development and Environmental Evaluation of a 1-W-class Dielectric Resonator Oscillator for a Microwave-discharge Ion Thruster on Satellites, Asia-Pacific Microwave Conference (APMC)2023, APMC220259, 2023年12月7日, 台湾, Asia-Pacific Microwave Conference, ポスター発表

d．座長

[1] 原　信二, Advanced RF Component and System Level Technologies for mmW and Sub-THz Frequencies (I), Asia-Pacific Microwave Conference (APMC)2023, TH-F1, 2023年12月7日, 台湾, Asia-Pacific Microwave Conference

Ⅴ．国内学会・口頭発表等

b．一般講演（ポスター発表を含む）

[1] 末松英治、 原信二、 作野圭一, W帯カスコード型GaAs電力増幅器, 2023年電子情報通信学会エレクトロニクスソサイエティ大会, 電子情報通信学会, 名古屋大学, 講演番号：C-2-10 エレクトロニクス講演論文集1　p25, 2023/9/12

[2] 作野圭一、末松英治、原信二, 分布定数回路モデルに基く GaN HEMT の新規MAG, fmax 向上手法の検討, 電子情報通信学会 マイクロ波研究会, 電子情報通信学会, 機械振興会館, MW2023-6, 2023/4/13

[3] 藤原康平・近藤　崇(都立産技研センター)・溝尻　征・栁沼和也(Pale Blue)・原　信二・丹波憲之(名大), マイクロ波帯誘電体共振器の温度特性の評価, 電子情報通信学会 マイクロ波研究会, 電子情報通信学会, 名護市産業支援センター , MW2023-11, 2023/11/17

[4] 原信二、 作野圭一, 末松英治　, 定在波制御型ゲート構造を用いた40GHz GaN HEMT 増幅器, 2023年電子情報通信学会エレクトロニクスソサイエティ大会, 電子情報通信学会, 名古屋大学, 講演番号：C-2-8 エレクトロニクス講演論文集1　p23, 2023/9/12

[5] 丹波憲之、原信二, パッシブロードプル測定における校正と検証についての一考察, 電子情報通信学会 マイクロ波研究会, 電子情報通信学会, 機械振興会館, MW2023-77, 2024/1/26

[6] 末松英治、 原信二、 作野圭一, W帯カスコード型GaAs 電力増幅器　2, 2024年電子情報通信学会総合大会, 電子情報通信学会, 広島大学, 講演番号：C-2A-13, 2024/3/7

[7] 作野圭一、丹波憲之、原信二, 寄生CRを考慮した整流動作の定式化の検討, 2024年電子情報通信学会総合大会, 電子情報通信学会, 広島大学, 講演番号：C-2A-32, 2024/3/8

[8] 原信二、 作野圭一、末松英治, 定在波制御ゲート構造によるfmax向上検討, 2024年電子情報通信学会総合大会, 電子情報通信学会, 広島大学, 講演番号：C-2A-15, 2024/3/7

Ⅵ．特許等（出願、公開、登録）

a．特願（出願特許）

[1] 作野圭一、末松英治、原信二, 電界効果トランジスタ, 特願2023-061374, 2023/4/5, 国立大学法人東海国立大学機構

[2] 作野圭一、末松英治、原信二, 電界効果トランジスタ, PCT/JP2023/ 39083, 2023/10/30, 国立大学法人東海国立大学機構

[3] 作野圭一、末松英治、原信二, 電界効果トランジスタ, PCT/JP2024/005898, 2024/2/20, 国立大学法人東海国立大学機構

[4] 作野圭一、丹波憲之、原信二, 整流回路, 特願2023-103639, 2023/6/23, 国立大学法人東海国立大学機構

6.1.5 国際客員部

以下に、令和5年度の成果を教員または研究グループごとにまとめた。

●次世代窒化物半導体グループ

特任教授　Markus Pristovsek	特任助教　Xu Yang

研究テーマ

Exploring and exploiting new concepts for advanced III-Nitride based devices

研究の背景・目的

The work has two main target areas: optical devices (micro-LEDs) and electronics.
For optical devices, the focus was om μLEDs, LEDs with small diameter as will be used for displays. These need high efficiencies at high current densities which could be obtained using new semi-polar (10-13) InGaN based LEDs. Otherwise, we have also tried to understand and reduce the efficiency loss when shrinking LED size for μLEDs and introduced new concepts to increase carrier localization.
The electronic devices focus on high electron mobility transistors (HEMTs) using the novel material AlPN or based on N-polar AlN substrates. The AlPN work is a joint effort together with a German group and to support young researchers. Both approaches could give higher 2-dimensional electron gas densities and thus could realize higher switching frequencies at lower losses.

成果の概要

The past year we could contribute strongly to an improvement of μLEDs and realized first transistors structures using AlPN barrier layers or N-polar AlN/sapphire-based templates.

発表論文等

Ⅰ．論文（査読のある学術誌等）

ａ．査読付き論文

[1] Yingying Lin, Hadi Sena, Martin Frentrup, Markus Pristovsek, Yoshio Honda, Hiroshi Amano, Stress relaxation of AlGaN on nonpolar m-plane GaN substrate, Journal of Applied Physics 133 (22) pp.225702, 2023/6/14
[2] Markus Pristovsek, Itsuki Furuhashi, Pietro Pampili, Growth of N-Polar (000-1) GaN in Metal–Organic Vapour Phase Epitaxy on Sapphire, Crystals 13 (7), 1072, 2023/7/7
[3] Jeong-Hwan Park, Nan Hu, Mun-Do Park, Jia Wang, Xu Yang, Dong-Seon Lee, Hiroshi Amano, Markus Pristovsek, Impact of graphene state on the orientation of III–nitride, Applied Physics Letters 123 (12) 121601, 2023/9/18
[4] Jeong‐Hwan Park, Markus Pristovsek, Wentao Cai, Heajeong Cheong, Chang‐Mo Kang, Dong‐Seon Lee, Tae‐Yeon Seong, Hiroshi Amano, Dislocation Suppresses Sidewall‐Surface Recombination of Micro‐LEDs, Laser & Photonics Reviews 17 (10), 2300199, 2023/6/5
[5] Jeong-Hwan Park, Markus Pristovsek, Cai Wentao, Takeru Kumabe, Soo-Young Choi, Dong-Seon Lee, Tae-Yeon Seong, Hiroshi Amano, Droop and light extraction of InGaN-based red micro-light-emitting diodes, Semiconductor Science and Technology 39 (1), 01LT01, 2023/11/21
[6] Yingying Lin, Jia Wang, Markus Pristovsek, Yoshio Honda, Hiroshi Amano, Anisotropic hole transport along [0001] and [11 -2 0] direction in p-doped (10 -1 0) GaN, Journal of Applied Physics 134 (23) 235701, 2023/12/21

Ⅳ．国際学会・口頭発表等

ａ．招待講演

[1] Markus Pristovsek, Growth of AlPyN1-y on GaN by Metal-Organic Vapour Phase Epitaxy, 20th International Conference on Crystal Growth Epitaxy, semicond. 4 Inv 1, 45141, Napoli, Italy, Scientific Communication srl

ｂ．一般講演（ポスター発表を含む）

[1] Markus Pristovsek, Itsuki Furuhashi, Pietro Pampili, N-polar III-Nitride Epitaxy for Power Devices on Sapphire, ICMASS2023, 0192, 45262, Nagoya University, IMASS

[2] Xu Yang, Markus Pristovsek, P incorporation into wurtzite AlPyN1-y by metal-organic vapor phase epitaxy, 14th International Conference on Nitride Semiconductors, ThP-Gr-19, 45246, Fukuoka, Sea Hawk Hilton, Conference Sekretariat of ICNS 14, ポスター発表

[3] Markus Pristovsek, Itsuki Furuhashi, Pietro Pampili, Growth of N-polar AlN and GaN on sapphire by MOVPE, 14th International Conference on Nitride Semiconductors, ThP-Gr-17, 45246, Fukuoka, Sea Hawk Hilton, Conference Sekretariat of ICNS 14, ポスター発表

[4] Pietro Pampili, Vitaly Z Zubialevich, Markus Pristovsek, Peter J Parbrook, Large dislocation reduction in N-polar GaN by wet-etch and regrowth, 14th International Conference on Nitride Semiconductors, GR1-3, 45243, Fukuoka, Sea Hawk Hilton, Conference Sekretariat of ICNS 14

[5] Jeong-Hwan Park, Markus Pristovsek Wentao Cai, Heajeong Cheong, Atsushi Tanaka, Yuta Furusawa, Dong-Pyro Han, Tae-Yeon Seong, Hiroshi Amano, Sidewall etching effect on internal quantum efficiency and light extraction efficiency of micro-LEDs, 14th International Conference on Nitride Semiconductors, LN2-3, 45244, Fukuoka, Sea Hawk Hilton, Conference Sekretariat of ICNS 14

[6] Jeong-Hwan Park, Markus Pristovsek, Dong-Seon Lee, Tae-Yeon Seong, Hiroshi Amano, Red and blue InGaN μLEDs: Lessons learned for sidewall recombination, 14th International Conference on Nitride Semiconductors, OD14-1, 45247, Fukuoka, Sea Hawk Hilton, Conference Sekretariat of ICNS 14

ｄ．座長

[1] Markus Pristovsek, 20th International Conference on Crystal Growth Epitaxy, SG-I-1, 45140, Scientific Communication srl

Ⅴ．国内学会・口頭発表等

ｂ．一般講演（ポスター発表を含む）

[1] 古橋樹, Markus Pristovsek, N 極性面 AlN 及び GaN/AlN の MOVPE 成長, 春応用物理学会, 応用物理学会, 東京都市大学, 23a-21C-5, 2024/3/23

[2] Markus Pristovsek, Xu Yang, Challenges of P incorporation into AlPN, 春応用物理学会, 応用物理学会, 東京都市大学, 24a-21C-4, 2024/3/24

[3] Heaejong Cheong, Jeong Hwan Park, Markus Pristovsek, Woong Kown, Hiroshi Amano, Influence of silicon nitride interlayer on external quantum efficiency of micro-LEDs, 春応用物理学会, 応用物理学会, 東京都市大学, 25a-P03-4, 2024/3/25, ポスター発表

6.1.6　研究戦略・共同研究推進部

リーダー・教授(兼任)	須田　淳	副リーダー・特任教授	新井　学	特任教授(兼任)	笹岡　千秋		
特任教授	加地　徹	特任教授	上杉　勉	特任教授(兼任)	安藤　裕二		
特任主幹URA(産連本部)	水野　紘一	特任主幹URA(産連本部)	藤本　裕雅				

研究活動

研究戦略・共同研究推進部は、CIRFEの研究戦略策定のための調査研究を行うほかに、共同研究拠点整備

の一環として窒化ガリウム（GaN）の研究開発で培ったノウハウを生かして、窒化アルミニウム（AlN）や酸化ガリウム（Ga_2O_3）など次世代/次々世代半導体研究共創場を構築するために、令和４年度の改組により新設されました。

本学の学術研究・産学連携本部とも密接に連携して、窒化ガリウム（GaN）の社会実装に向けた活動に重点を置いています。本学学内コンソーシアム（学内部局横断組織）であるGaN研究戦略室の事務局機能も担っています。

これまで、内閣府戦略的イノベーション創造プログラム「IoEエネルギーシステム」、総務省「Beyond５G研究開発促進事業」のGaNに関する本学提案課題のほか、文部科学省「革新的パワーエレクトロニクス創出基盤技術開発事業」においては、本学が中心となって産官学のチームで提案して採択された課題「社会実装を目指したGaN縦型パワーデバイス作成技術の確立」の事務局機能を担っています。

学外の連携としては本学が中心になって設立した一般社団法人GaNコンソーシアムの運営、企画調査、研究会やセミナー開催にも貢献しています。

6.2 高度計測技術実践センター

6.2.1 電子顕微鏡計測部

以下に、令和5年度の成果を教員または研究グループごとにまとめた。

●ナノ顕微分光物質科学グループ

教授 武藤 俊介	講師 大塚 真弘	助教 齊藤 元貴
客員教授 岡島 敏浩	客員教授 高橋 可昌	客員准教授 樋口 哲夫
研究員 Iesari Fabio		

研究テーマ

先端ナノ材料の高度S/TEM分析法の開発と実材料への応用

研究の背景・目的

我々のグループは、近代社会を支えるテクノロジーにかかわる電池、触媒、磁石、構造材料などにおける諸問題を電子顕微鏡及びそれに付随する分光分析によって解決することを目指している。また特に走査TEMによって網羅的に得られたマルチモーダルデータを機械学習のテクニックを援用して、様々な先進機能材料において従来では得られなかった微小シグナル、微量元素、隠れた欠陥などをナノメートル分解能で抽出・可視化することを行っている。

成果の概要

①**反応科学超高圧電子顕微鏡-四重極質量分析計による新しいオペランド計測法の開拓**：超高圧電子顕微鏡施設では，ガス環境下でTEM観察可能な世界唯一の超高圧走査透過電子顕微鏡を有する。2018年に四重極質量分析計（QMS）を設置し，微粒子金属触媒反応の構造変化観察と反応ガス検出に成功している。特に自動車排気ガス浄化触媒，水素吸蔵合金，カーボンニュートラルを目指したメタネーション反応などのメカニズムを新たな視点で明らかにしつつある。令和5年度には，新たにガスクロマトグラフ（GC）を従来のQMSシステムに接続するシステム拡張を行い，NO_x浄化における副反応で重要なN_2O（CO_2と等質量）及びCO（N_2と等質量）の分離検出が可能となった。

②**全固体リチウム電池材料の電極／固体電解質界面の化学状態分析（新学術領域プロジェクト）**：次世代エネルギー源としての全固体リチウムイオン電池（ASSLIB）で最も大きな問題となるのが電極／電解質界面における界面化学状態である。新たな正極材料としての$LiCrO_2$および$Li(CrMn)O_2$の微細粒化による特性変化をSTEM-EELSスペクトラムイメージ法を駆使してその構造変化と化学結合状態を明らかにし，電池特性改善のミクロメカニズムを明らかにした。

③**高角度分解能電子チャネリングX線／電子エネルギー損失分光法を用いたサイト選択的物性解析法の開発と応用**：当グループではビームロッキング法によるサイト選択的な不純物・ドーパント・点欠陥などの定量的状態分析法の開発応用を進めている。本手法のボトルネックとなっているプローブ径のナノ化およびサンプリング点の効率化によって測定時間を二桁短縮するなどさらなる広範囲の分野への実用化に向けた手法改良に成功した。

④**低温時効Al合金のマルチスケール・マルチモーダル分析**：主としてMg，Siを微量に含んだアルミニウム合金は100℃という低温での時効で機械特性が大きく変わることが知られている。我々は，あいちSR，大同大学，東京理科大学と共同で，熱測定，X線小角散乱及び高分解能STEMを併用したマルチスケール測定した結果を物理法則を考慮した機械学習スキームでマルチモーダル解析するプロジェクトを開始した。ミクロ及びマクロな多くの測定データの統計的な取り扱いによって，S/TEM技術では観測不可能であった析出物クラスターを定量的に検出・可視化する手法を開発し，さらにマクロな測定と結び付けて機械特性などのマクロな物理量とミクロな組織変化を結び付け，定量化する新しいデータ駆動科学を構築しつつ

ある。

⑤**超高圧電子顕微鏡分光によるポリマーブレンドの無染色構造可視化とそのソフトマテリアル全般への応用**：ナノメートル及びそれ以下の空間分解能が必要な組織観察には電子顕微鏡が最も適しているが，ポリマー材料は高エネルギー電子の照射に対して脆弱，かつ構成元素がほぼ同一なために散乱コントラストが殆どつかないという問題があった。我々は旭化成との共同研究によって，超高圧電子顕微鏡と電子エネルギー損失分光及び最新のデータ駆動科学を組み合わせ，重元素による染色なしに構成ポリマー種をその化学種によって識別・組織可視化する手法を開発した。

発表論文等

Ⅰ．論文（査読のある学術誌等）

a．査読付き論文

[1] A. Kitajou, S. Hiroi, K. Ohara, K. Ikeda, T. Nanami, S. Muto, Cathode properties of $_x$LiF-LiCrO$_2$ composites (x = 0~1.5) prepared by dry ball-milling method for lithium ion batteries, J. Phys. Chem. C 2023, Vol.127, pp.2866-2874, 2023/2/7 DOI: 10.1021/acs.jpcc.2c08419

[2] G. Saito, N. Sakaguchi, K. Matsuura, T. Sano, T. Yamaoka, Effects of Normalizing Temperature on the Precipitation of Fine Particles and Austenite Grain Growth during Carburization of Al- and Nb-Microalloyed Case-Hardening Steel, ISIJ International, VOl.63, No.4, pp.727-736, 2023/4/15 DOI: 10.2355/isijinternational.ISIJINT-2022-429

[3] H. Umemoto, S. Arai, H. Otobe, S. Muto, Stain-free mapping of polymer-blend morphology via application of high-voltage STEM–EELS hyperspectral imaging to low-loss spectra, Polymer Journal, Vol.55, pp.997-1006, 2023/5/17 DOI: 10.1038/s41428-023-00786-5

[4] G. Saito, T. Namba, K. Harada, Y. Kagami, Combustion Synthesis of Eu,Si-doped AIN Phosphor, J. Soc. Powder Technol., Japan, Vol.60, No.3, pp.137-142, 2023/ 5/3 DOI: 10.4164/sptj.60.137

[5] B. Wang, Y. Umeda, T. Miyazawa, M. Ohtsuka, S. Muto, S. Arai, T. Fujii, Formation mechanism of dislocation network of cell structure in cyclically deformed near-[1¯11] copper single crystals, Materials Science and Engineering: A, Vol.879, 145287, 2023/6/10 DOI: 10.1016/j.msea.2023.145287

[6] 愛須優輝, 一谷幸司, 田中宏樹, 齊藤元貴, 武藤俊介, 岡島敏浩, Al-Zn-Mg合金の微細組織形成に及ぼす焼き入れ速度の影響, 軽金属, Vol.73, No.12, pp.616-621, 2023/12/1

[7] L. Tang, T. Higuchi, S. Arai, H. Tanaka, S. Muto, Development of an integrated high-voltage electron microscope–gas chromatograph–quadrupole mass spectrometer system for the operando analysis of catalytic gas reactions, Microscopy, Vol.73, pp.358–366, 2024/2/27 (2024). DOI: 10.1093/jmicro/dfae010

Ⅲ．解説等

[1] 2024/3/11, 武藤俊介, 志賀元紀, 次元削減法とそのスペクトル解析への応用, 日本鉄鋼協会HP, Web講座入門講座シリーズ, 日本鉄鋼協会会員向けWeb講演会, 日本鉄鋼協会

Ⅳ．国際学会・口頭発表等

a．招待講演

[1] S. Muto, S. Arai, T. Higuchi, Development of ultra-high voltage S/TEM-GC-QMS for operando observation/measurement of catalytic gas reactions, The 20th International Microscopy Congress (IMC20), Sep. 10-15, 2023, Busan Exhibition and Convention Center (BEXCO), Busan, Korea, 国際顕微鏡学会連合（IFSM）

[2] K. Leifer, S. Arai, J. Rusz, H. Ali, B. Hjorvarsson, E. Saucedo, S. Kumar, S. Muto, Analysis of structural evolution and magnetisation of thin films of energy materials using in-situ HVTEM and intermediate-voltage TEM, International Conference on Materials and Systems for Sustainability (ICMaSS2023), Dec. 1-3, 2023, Nagoya University, 未来材料・システム研究所

[3] S. Muto, Seeking True Collaboration between Electron Microscopy and X-ray Spectroscopy by Materials Informatics, Mini-Symposium on Innovative Visualization for Materials Science, Dec. 11, 2023, Nagoya University, 名古屋大学 JST CREST project

b．一般講演（ポスター発表を含む）

[1] G. Saito, K. Watanabe, M. Ohtsuka, S. Muto, K. Mizuno, Y. Sano, K. Takata, F. Iesari, T. Okajima, STEM Analysis of Precipitates Formed during Isothermal Aging in Al-Mg-Si Alloys, The 20th International Microscopy Congress (IMC20), Sep. 10-15, 2023, Busan Exhibition and Convention Center (BEXCO), Busan, Korea, 国際顕微鏡学会連合（IFSM）, ポスター発表

[2] L. Tang, A. Maede, H. Ishikawa, H. Tanaka, S. Arai, T. Higuchi, S. Muto, Analysis of catalytic reaction mechanism of Rh nanoparticles using e-HVTEM-QMS-GC, The 20th International Microscopy Congress (IMC20), Sep. 10-15, 2023, Busan Exhibition and Convention Center (BEXCO), Busan, Korea, 国際顕微鏡学会連合（IFSM）, ポスター発表

[3] T. Uematsu, M. Ohtsuka, S. Muto, Combined STEM/HARECXS Analysis of Rare-Earth Segregation at Non-Symmetric Generally-Oriented Grain Boundary, The 20th International Microscopy Congress (IMC20), Sep. 10-15, 2023, Busan Exhibition and Convention Center (BEXCO), Busan, Korea, 国際顕微鏡学会連合（IFSM）, ポスター発表

[4] H. Umemoto, S. Arai, S. Muto, Damage-free chemical mapping of polymer-blend morphologies by applying high-voltage STEM-EELS hyperspectral imaging to low-loss spectra, The 20th International Microscopy Congress (IMC20), Sep. 10-15, 2023, Busan Exhibition and Convention Center (BEXCO), Busan, Korea, 国際顕微鏡学会連合（IFSM）, ポスター発表

[5] K. Enami, G. Saito, S. Muto, STEM-EELS analysis of the vertically aligned graphene/diamond heterojunctions, The 20th International Microscopy Congress (IMC20), Sep. 10-15, 2023, Busan Exhibition and Convention Center (BEXCO), Busan, Korea, 国際顕微鏡学会連合（IFSM）, ポスター発表

[6] M. Ohtsuka, U. Kubota, S. Muto, Asymmetric Crystal Field-Enhanced Light Emission Observed in Cathodoluminescence Beam-Rocking Patterns of Eu-doped Ca2SnO4, The 20th International Microscopy Congress (IMC20), Sep. 10-15, 2023, Busan Exhibition and Convention Center (BEXCO), Busan, Korea, 国際顕微鏡学会連合（IFSM）, ポスター発表

[7] T. Kawamura, G. Saito, S. Muto, Modifying Commercial Table-Top SEM for Visible-Light Emission Spectral Imaging, The 20th International Microscopy Congress (IMC20), Sep. 10-15, 2023, Busan Exhibition and Convention Center (BEXCO), Busan, Korea, 国際顕微鏡学会連合（IFSM）, ポスター発表

[8] K. Nakatani, K. Ofuji, S. Komai, M. Ohtsuka, S. Muto, L1 norm regularization for structural parameter determination in extended energy-loss fine structure, The 20th International Microscopy Congress (IMC20), Sep. 10-15, 2023, Busan Exhibition and Convention Center (BEXCO), Busan, Korea, 国際顕微鏡学会連合（IFSM）, ポスター発表

[9] K. Ofuji, S. Komai, K. Nakatani, M. Ohtsuka, S. Muto, Sparse modelling of extended energy-loss fine structure as a tool for probing nanometric local structure, The 20th International Microscopy Congress (IMC20), Sep. 10-15, 2023, Busan Exhibition and Convention Center (BEXCO), Busan, Korea, 国際顕微鏡学会連合（IFSM）, ポスター発表

[10] M. Ohtsuka, S. Muto, M. Ognjen, Site-Selective Hole-Distribution Analysis of Spin-Ladder Superconducting Materials Using High-Angular Resolution Electron Channeling Electron Spectroscopy, The 20th International Microscopy Congress (IMC20), Sep. 10-15, 2023, Busan Exhibition and Convention Center (BEXCO), Busan, Korea, 国際顕微鏡学会連合（IFSM）, ポスター発表

[11] A. Ishizuka, M. Ohtsuka, S. Muto, Automating ALCHEMI at the nano-scale using software control, The 20th International Microscopy Congress (IMC20), Sep. 10-15, 2023, Busan Exhibition and Convention Center (BEXCO), Busan, Korea, 国際顕微鏡学会連合（IFSM）

[12] H. Makino, S. Muto, O. Masahiro, H. A. Dürr, J. Rusz, Y. Takahashi, Determination of spin orientation in FePt nanostructure using electron energy loss magnetic chiral dichroism, The 20th International Microscopy Congress (IMC20), Sep. 10-15, 2023, Busan Exhibition and Convention Center (BEXCO), Busan, Korea, 国際顕微鏡学会連合（IFSM）

[13] G. Saito, Precipitation behavior in an Al-Mg-Si alloy during low temperature aging by STEM and DSC analysis, International Conference on Materials and Systems for Sustainability (ICMaSS2023), Dec. 1-3, 2023, Nagoya University, 未来材料・システム研究所, ポスター発表

[14] Y. Takahashi, Application of RS-HVEM to micro-scale analyses of hydrogen-induced damage evolution in Palladium, International Conference on Materials and Systems for Sustainability (ICMaSS2023), Dec. 1-3, 2023, Nagoya University, 未来材料・システム研究所

[15] K. Suzuki, A. Takano, S. Arai, S. Muto, T. Ishida, Y. Doi, T. Uneyama, Y. Masubuchi, STEM-EELS Observation of Phase Separation Behavior of Miscible Polyisoprene/Poly (alkylstyrene) Blends, The 17th International Workshop for East Asian Young Rheologists (IWEAYR-17), Jan. 23-26, 2024, Pukyong National University, Busan, Korea, School of Chemical Engineering, Pusan National University

c．組織委員、実行委員等

[1] S. Muto, 50 years perspective of Ultra-High Voltage Electron Microscope Laboratory in Nagoya University, International Conference on Materials and Systems for Sustainability (ICMaSS2023), Dec. 1-3, 2023, Nagoya University, 未来材料・システム研究所

Ⅴ．国内学会・口頭発表等

a．招待講演

[1] 武藤俊介, 反応科学超高圧電子顕微鏡によるガス中反応観 察の進展：口頭, 日本顕微鏡学会第79回学術講演会, 日本顕微鏡学会, くにびきメッセ, 島根県, June 26-28, 2023

[2] 武藤俊介, ガスクロマトグラフィー質量分析計搭載反応科学超高圧電子顕微鏡が語る化学反応その場観察／計測, 日本顕微鏡学会2023年研究討論会, 日本顕微鏡学会　その場観察分科会, 大阪大学産業科学研究所+オンライン, Nov. 2, 2023

[3] 武藤俊介, 質量分析計搭載反応科学超高圧電子顕微鏡による金属微粒子触媒のオペランド計測とキネティクス解析, 第33回キャラクタリゼーション講習会, 触媒学会, 名古屋大学東山キャンパス, Dec. 20, 2023

[4] 唐龍樹, HVEM-QMS-GC オペランドシステムによる自動車排気ガス浄化触媒のその場観察, 2023年度日本顕微鏡学会超高分解能顕微鏡法分科会研究討論会, 日本顕微鏡学会超高分解能顕微鏡法分科会, マホロバ・マインズ三浦, 神奈川県, Mar. 8-9, 2024

[5] 武藤俊介, スペクトラムイメージデータの持つ情報の「形」を可視化する：次元削減から次元拡張へ, JST CREST【情報計測】「データ駆動科学による高次元X線吸収計測の革新」最終報告会, JST CREST【情報計測】, 一橋講堂, Mar. 26, 2024

b．一般講演（ポスター発表を含む）

[1] 石塚顕在, 武藤俊介, 大塚真弘, ナノ電子プローブのソフトウェア制御による高角度分解電子チャネリング分光法の高度化：口頭, 日本顕微鏡学会第79回学術講演会, 日本顕微鏡学会, くにびきメッセ, 島根県, June 26-28, 2023

[2] 大塚真弘, 久保田潮, 武藤俊介, 電子チャネリングカソードルミネッセンス分光 における強度変調パターン：口頭, 日本顕微鏡学会第79回学術講演会, 日本顕微鏡学会, くにびきメッセ, 島根県, June 26-28, 2023

[3] 梅本大樹, 荒井重勇, 乙部博英, 武藤俊介, STEM-EELSハイパースペクトルイメージング 法によるポリマーアロイの無染色マッピング：口頭, 日本顕微鏡学会第79回学術講演会, 日本顕微鏡学会, くにびきメッセ, 島根県, June 26-28, 2023

[4] 齊藤元貴, 渡辺海斗, 大塚真弘, 武藤俊介, 水野和也, 佐野大和, 高田健, 岡島敏浩, アルミニウム合金中の時効析出物のHAADF/ LAADF-STEM観察：口頭, 日本顕微鏡学会第79回学術講演会, 日本顕微鏡学会, くにびきメッセ, 島根県, June 26-28, 2023

[5] 名波拓馬, 喜多條鮎子, 廣井慧, 尾原幸治, 池田一貴, 武藤俊介, STEM-EELSによる $Li_{1+0.5x}$（$Cr_{1-1.5x}Mnx$）O_2系正 極材料の解析：ポスター , 日本顕微鏡学会第79回学術講演会, 日本顕微鏡学会, くにびきメッセ, 島根県, June 26-28, 2023, ポスター発表

[6] 大塚真弘, 久保田潮, 武藤俊介, 電子チャネリングカソードルミネッセンス分光 による原子振動情報抽出：ポスター , 日本顕微鏡学会第79回学術講演会, 日本顕微鏡学会, くにびきメッセ, 島根県, June 26-28, 2023, ポスター発表
[7] 植松拓未, 大塚真弘, 武藤 俊介, 非対称粒界に偏析したドーパントのSTEM/ HARECXS複合分析：ポスター , 日本顕微鏡学会第79回学術講演会, 日本顕微鏡学会, くにびきメッセ, 島根県, June 26-28, 2023, ポスター発表
[8] 唐龍樹, 前出淳志, 石川裕之, 田中展望, 荒井重勇, 樋口哲夫, 武藤俊介, 超高圧 TEM-QMS-GC による ZrO_2 担持 Rh 微 粒子触媒反応機構解析：ポスター , 日本顕微鏡学会第79回学術講演会, 日本顕微鏡学会, くにびきメッセ, 島根県, June 26-28, 2023, ポスター発表
[9] 喜多條鮎子, 松田奨平, 武藤俊介, 微細化 $Li_{1.2}Cr_{0.4}Mn_{0.4}O_2$ の熱処理による結晶子サイズ変化がLiイオン電池特性に与える影響, 第64回電池討論会,（公社）電気化学会 電池技術委員会, 大阪府立国際会議場（グランキューブ大阪）, Nov. 28-30, 2023
[10] 唐龍樹, 田中展望, 荒井重勇, 樋口哲夫, 武藤俊介, NO ー CO雰囲気下Rh系触媒反応のHVEM-QMS-GCオペランド計測／観察, 日本金属学会2024年春期第174回講演大会, 日本金属学会, 東京理科大学葛飾キャンパス, Mar. 12-15, 2024, ポスター発表
[11] 唐龍樹, 樋口哲夫, 荒井重勇, 田中展望, 武藤俊介, オペランドHVEM-QMS-GC システムの開発と応用, 日本金属学会2024年春期第174回講演大会, 日本金属学会, 東京理科大学葛飾キャンパス, Mar. 12-15, 2024
[12] 齊藤元貴, 渡辺海斗, 大塚真弘, 武藤俊介, 水野和也, 鳥越翔真, 高田健, Iesari Fabio, 岡島敏浩, 低温時効を施したAl-Mg-Si合金中の時効生成物のSTEM分析, 日本金属学会2024年春期第174回講演大会, 日本金属学会, 東京理科大学葛飾キャンパス, Mar. 12-15, 2024
[13] 北川尚美, 中條伸仁, 青山俊文, 齊藤元貴, 坂口紀史, 松浦清隆, 耐熱オーステナイト系ステンレス鋼における微細炭化物粒子の析出挙動と機械的特性の関係, 日本鉄鋼協会第187回春季講演大会, 日本鉄鋼協会, 東京理科大学葛飾キャンパス, Mar. 13-15, 2024

●電子線ナノ物理工学グループ

教授　齋藤　晃	准教授　桒原　真人	助教　石田　高史
客員教授　内田　正哉	客員教授　平山　司	客員教授　山﨑　順

研究テーマ

・原子と分子の配列制御によって発現する高次機能・多元的機能の基礎的研究とその先端材料への応用
・革新的電子ビームを利用した機能性ナノ材料の解析手法の開発

研究の背景・目的

半導体界面や金属微粒子に代表されるナノテクノロジーの基礎となる基本構造を原子レベルで解明し、物性発現との関連を詳しく調べる。具体的研究項目は以下に列挙するものである。

１．半導体デバイス材料の歪み解析
２．強相関遷移金属酸化物の軌道配向秩序に関する研究
３．半導体界面の原子配列解明と欠陥構造研究
４．準結晶の構造と物性に関する研究
５．磁性ナノ材料の解析

また、上記構造を原子レベルで観測・解明するために、電子顕微鏡を用いた最先端の構造解析法についての原理的な研究と装置の開発も行う。具体的には、

６．収束電子回折法およびナノビーム回折法を用いたナノメーター領域の格子歪み解析法

７．非弾性散乱図形を用いた電子軌道異方性の可視化
８．電子らせん波プローブ
９．スピン偏極透過電子顕微鏡
10. パルスビーム透過電子顕微鏡
11. 高精度３次元再構成を可能とする電子線トモグラフィー
12. 電子線位相イメージング
13. 透過電子顕微鏡によるオペランド観察
の各種手法および装置の開発に取り組んでいる。

成果の概要

1) ２次元原子層物質 MoS_2 の原子分解能２次電子イメージングの研究

近年開発された2次電子検出器を搭載した収差補正走査透過電子顕微鏡(STEM)は今までの走査電子顕微鏡(SEM)の空間分解能を超え、原子レベルの観察を可能にした。本研究では２層の２次元原子層物質をもちい、原子分解能２次電子イメージングの深さ分解能の解明を目的とした。SE像観察の結果、２層試料では検出器側の単層が観察されることが判明した。またFFT解析の結果、２層とも周期性は確認できるが、検出器側と逆側の単層は検出器側の単層に比べて1/3程度の強度になることが判明した。

2) ピコ秒パルス電子線を用いた金三角形ナノ粒子のレーザー照射下における超高速構造変化の時間分解計測

金三角形ナノ粒子は特徴的な光学特性により、工業・医療・バイオと幅広い分野で注目を浴びている。本研究では、ピコ秒の時間分解能を持つ透過波によって時間分解計測を行い、金三角形ナノ粒子の光照射による熱膨張の緩和過程を究明することを目的とした。実験を行う上で、試料にレーザーを照射し、モアレ縞という干渉縞の変化を解析した。その結果、モアレ縞の間隔が9.5%拡大し、体積増加に伴う温度上昇量は$\Delta T \approx (1.3 \pm 0.6) \times 10^3$ K となった。以上の結果により、電子顕微鏡を用いて金三角形ナノ粒子の光・熱励起における緩和過程の解析に成功した。

3) Robust-PCA を用いたシングルショット動的 TEM 観察の研究

100kV時間分解型透過電子顕微鏡(100kVTR-TEM)は、パルス電子線を用いた高い時間分解能の実現が期待されている。本研究では、100kV TR-TEMでのシングルショット法を用いた時間分解動的観察の実現と、Robust-PCAによる情報学的な画像解析手法を通して時間分解観察における低電子線量条件下での動的観察を目指した。100kV TR-TEMの投影コイルに電圧波形を印加することでフレームシフターとしての機能を搭載し、最短で50 μ s の時間分解能をもつ4フレームの時系列データを取得し、結晶の亀裂が成長する様子をRobust-PCAを用いて動体分離した。Robust-PCAでは、対象の変化に対し機敏に検知できることが示され、結晶破壊における結晶領域の特定などへ応用可能であることが示唆された。

4) サブマイクロ秒電子線イメージングを可能にするメモリ搭載型 SOI ピクセル検出器のデータ収集システムの開発と性能評価

本研究ではサブマイクロ秒の高速電子線イメージングを目的としたメモリ搭載型SOIピクセル検出器のデータ収集システムの開発と性能評価を行った。CuメッシュのTEM像の撮影に成功し、開発したDAQシステムを用いて正しく撮像できていることを確認した。また複数の周期のパルス電子線を16メモリ動作で捉えることで、サブマイクロ秒（露光時間100ns、フレームレート1.11Mfps、16フレーム）の高速撮影が可能であることを実証した。本研究により従来の電子顕微鏡用イメージセンサーの数千倍のフレームレートを実現するイメージセンサーを確立した。これにより生物分野における構造変化の観察やパルス電子顕微鏡などによる時間分解観察への応用などが期待される。

5) 電子顕微鏡を用いた鉄系超伝導体 $Ba(Fe,Co)_2As_2$・NdFeAs(O,H) の構造および粒界解析

高温超伝導体を用いた実用的な超伝導線材を開発するためには、結晶粒界で発生する臨界電流密度低下の要因を明らかにする必要がある。本研究では、$Ba(Fe,Co)_2As_2$多結晶体とNdFeAs(O,H)バイクリスタル薄膜に注目して電気抵抗率の測定と電子顕微鏡での構造評価を行った。$Ba(Fe,Co)_2As_2$多結晶体では多結晶試料中の各粒界における実際の臨界電流密度を評価するために、多結晶超伝導体の自然粒界の臨界電流密度をサブマ

イクロメートルレベルで測定する手法を開発した。NdFeAs(O,H)バイクリスタル薄膜では結晶粒界部で構造や組成に乱れがあることが示唆されるため、走査透過電子顕微鏡を用いて結晶粒界における原子分解能観察と組成分析を行った。観察の結果、NdFeAs(O,H)の結晶粒界部に構造や組成の乱れはなかったため、粒界角が低角であっても臨界電流密度が低下しやすい材料であることが示唆された。

発表論文等

Ⅰ．論文（査読のある学術誌等）

a．査読付き論文

[1] M. Kuwahara, T. Agemura, Temporal resolution in transmission electron microscopy using a photoemission electron source Microscopy, Volume 72, Issue 2, 97–110, 2023/4, https://doi.org/10.1093/jmicro/dfac069

[2] D. Liu, X. Yu, F. Wu, W. Du, L. Chen, F. Liu, M. Kuwahara, S. Ono, Terahertz asymmetric metallic hole arrays with polarization-independent quasi-bound states in the continuum for membrane sensing, Optic Express, 31, 23608-23620, 2023/7/13, https://doi.org/10.1364/OE.494306

[3] R. Yamada, M. Kuwahara, S. Kuwahara, Three-dimensional building of anisotropic gold nanoparticles under confinement in submicron capsules Nanoscale Advances, 5, 5780 – 5785, 2023/5, DOI: 10.1039/D3NA00683B

[4] 桒原 真人, 通過電子顕微鏡におけるスピン偏極パルス電子線を用いた時間分解計測, 表面と真空, Vol66, No.12, pp.711-718, 2023/12/10, https://doi.org/10.1380/vss.66.711

[5] H.Nakajima, K.Uchihashi, H.Tsukasa, D.Morikawa, H.Tanaka, T.Furukawa, K.Kurushima, J.Yamasaki, H.Ishibashi, Y.Kubota, A.Sakuda, A.Hayashi, and S.Mori, Nanoscale coexistence of polar-nonpolar domains underlying oxygen storage properties in Ho(Mn,Ti)$O_{3+\delta}$, PHYSICAL REVIEW RESERCH 5 (2023/6/30) 023203.

[6] S.Hatanaka, T.Tsuchiya, S.Ichikawa, J.Yamasaki, and K.Sato, Ultrafast dynamics of a photoinduced phase transition in single-crystal trititanium pentoxide, APL 123 (2023/12) 241902

[7] M.Hayashida, J.Yamasaki, and M.Malac, Sample thickness affects contrast and measured shape in TEM images and in electron tomograms, Micron 177 (2024) 103562

[8] D.Hirai, N.Uematsu, K.Saitoh, N.Katayama, and K.Takenaka, Superconductivity in High-Entropy Antimonide $M_{1-x}Pt_xSb$ (M = Equimolar Ru, Rh, Pd, and Ir), Inorg. Chem., 62, 35, pp.14207–14215, 2023/8/21.

[9] A.Shichi, H.shizuka, K.Saitoh, Phase retrieval of electron rocking curves using total variation and total squared variation regularizations, Microscopy, Volume 73, Issue 3, 262-274, 2023/10/4.

[10] J. Yoshida, Y. Tajika, K. Uchida, M. Kuwahara, K. Sano, T. Suzuki, E. Hondo, A. Iida, Membrane molecule bouncer regulates sperm binding activity in immature oocytes in the viviparous teleost species Poecilia reticulata (guppy) Dev Growth Differ 2024 Feb 1. doi: 10.1111/dgd.12914. Online ahead of print.,

Ⅲ．解説等

[1] 2023/4/1, 羽田 真毅, 田久保 耕, 矢嶋 渉, 桒原 真人, 腰原 伸也, 原子の動きを「コマ撮り」する小型装置の開発, Isotope News, 786, 2023年4月号、10-14, 日本アイソトープ協会

Ⅳ．国際学会・口頭発表等

a．招待講演

[1] M. Kuwahara, Time-Resolved Measurement in TEM Using a Semiconductor Photocathode, 4th Annual Joint Workshop Microscopical Society of Canada&Japanese Society for Microscopy, 2023/6/12, Edmonton（Alberta）, MSC・SMC The Japanese Society of Microscopy.

[2] M. Kuwahara, Time-Resolved Transmission Electron Microscopy Using a Semiconductor Photocathode with a Negative Electron Affinity Surface, The 14th. International Vacuum Electron Sources Conference (IVESC 2023) 第14回真空電子源国際会議, 2023/9/25-9/29, 筑波大学 筑波キャンパス（茨城県つくば市）, 次世代真空エレクトロニクス研究会、筑波大学 イノベイティブ計測技術開発研究センター

[3] J.Yamasaki, K.Mitsuoka, and K.Sato, Investigation of the ability to observe micron-thick materials in

High Voltage Electron Microscope, ICMaSS2023 International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2023, S1-Ⅰ-6(0159) Invite, 2023/12/1-12/3, Nagoya University, IMaSS, Nagoya University

b．一般講演（ポスター発表を含む）

[1] M. Kuwahara, T. Ishida, H. Morishita, S. Kuwahara, and T. Agemura, Transient Phenomena of Plasmons on Gold Nanoparticle Investigated by Time-resolved TEM, IAMNano 2023 International Workshop on Advanced and In-situ Microscopies of Functional Nanomaterials and Devices, P-E63, 2023/6/28–7/1, Kunibiki Messe, Matsue, Shimane, Japan, IAMNano2023 実行委員会, ポスター発表

[2] K. Nagami, X. Yu, T. Ishida, K. Saitoh, and M. Kuwahara, Elucidation of Annealing Effect on a Laser-irradiated ZnO Substrate Surface by Transmission Electron Microscope, IAMNano 2023 International Workshop on Advanced and In-situ Microscopies of Functional Nanomaterials and Devices, P-E75, 2023/6/28–7/1, Kunibiki Messe, Matsue, Shimane, Japan, IAMNano2023 実行委員会, ポスター発表

[3] H.Tamaki, K.Saitoh, Full-field-illumination ptychography with a structured electron beam using random openings, IAMNano 2023 International Workshop on Advanced and In-situ Microscopies of Functional Nanomaterials and Devices, 2023/6/28–7/1, Kunibiki Messe, Matsue, Shimane, Japan, IAMNano2023 実行委員会, ポスター発表

[4] K.Shimizu and J.Yamasaki, Reduction of Exposure Time Based on Regularization Algorithm in Electron Diffractive Imaging, 20th International Microscopy Congress (IMC20) Satellite Symposium, 2023/9/7-9/8, Kyushu University, IMC20 Satellite Symposium office Chairman: Prof. Kenji Kaneko (Kyushu University)

[5] T.Yoshida, J.Yamasaki and H.Sasaki, Acquiring precise STEM images for Lattice Strain Analysis, 20th International Microscopy Congress (IMC20) Satellite Symposium, 2023/9/7-9/8, Kyushu University, IMC20 Satellite Symposium office Chairman: Prof. Kenji Kaneko (Kyushu University)

[6] J.Yamasaki, H.Sasaki, M.Hayashida and M. Malac, TEM/STEM intensity features of thick materials induced by electron multiple scattering phenomena, IMC20 The 20th International Microscopy Congress, #1785., 2023/9/10-9/15, Busan, Korea, the International Federation of Societies for Microscopy

[7] S.Hatanaka and J.Yamasaki, Precise measurement of spatial coherence of electron beams emitted from a thermionic emission gun, IMC20 The 20th International Microscopy Congress, #0281., 2023/9/10-9/15, Busan, Korea, the International Federation of Societies for Microscopy

[8] K.Saitoh, A.Shichi, PHASE RETRIEVAL OF ELECTRON ROCKING CURVES WITH TOTAL VARIATION AND TOTAL SQUARED VARIATION REGULARIZATION, IMC20 The 20th International Microscopy Congress, #0421., 2023/9/10-9/15, BEXCO, Busan, Korea, IFSM,KOREAN SOCIETY OF MICROSCOPY

[9] M.Kuwahara, T.Ishida, K.Smith, H.Morishita, S.Kuwahara, T.Agemura, Development of 100-kV time-resolved TEM using a semiconductor photocathode and observation of transient phenomena in energy-loss spectrum, IMC20 The 20th International Microscopy Congress, #0013., 2023/9/10-9/15, BEXCO, Busan, Korea, IFSM,KOREAN SOCIETY OF MICROSCOPY

[10] K. Saitoh, A. Shich, Phase Retrieval of Electron Rocking Curves with Total Variation and Total Squared Variation Regularizations, ICMaSS2023　International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2023, S1-Ⅲ-2: (0152), 2023/12/1-12/3, Nagoya University, Nagoya, Japan, Organizing committee of ICMaSS2023, Nagoya University

[11] T. Ishida, M. Kuwahara, K. Saitoh, Development of a transmission photocathode using thin film lanthanum hexaboride, ICMaSS2023　International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2023, S1-P-15: (0086), 2023/12/1-12/3, Nagoya University, Nagoya, Japan, Organizing committee of ICMaSS2023, Nagoya University, ポスター発表

[12] K. Nagami, X. Yu, T. Ishida, K. Saitoh, M. Kuwahara, Elucidation of Annealing Effect on a Laser-Irradiated ZnO Subsrate Surface by Transmission Electctron Microscope, ICMaSS2023　International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2023, S1-P-1: (0004), 2023/12/1-12/3, Nagoya University, Nagoya, Japan, Organizing committee of ICMaSS2023, Nagoya University, ポスター発表

[13] K. Sugie, T. Ishida, M. Kuwahara, Y. Arai, K. Saitoh, Development of a data acquisition system for a silicon-on-insulator detector with analog memories for high-speed electron imaging, ICMaSS2023　International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2023, S1-P-7: (0051), 2023/12/1-12/3, Nagoya University, Nagoya, Japan, Organizing committee of ICMaSS2023, Nagoya University, ポスター発表

[14] S. Makimoto, K. Uchida, K. Saitoh, T. Ishida, M. Kuwahara, In-situ observation of electric potential in time-resolved transmission electron microscopy, ICMaSS2023　International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2023, S1-P-12: (0081), 2023/12/1-12/3, Nagoya University, Nagoya, Japan, Organizing committee of ICMaSS2023, Nagoya University, ポスター発表

[15] R. Hikosaka, K. Shimada, T. Hatano, T. Ishida, S. Tokuda, Y. Hasegawa, A. Yamamoto, K. Iida, K. Saitoh, M. Kuwahara, and H. Ikuta, Development of a Measurement Method for Critical Current Density of Polycrystalline Superconductors Using Electron Backscatter Diffraction, ICMaSS2023　International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2023, S1-P-14: (0083), 2023/12/1-12/3, Nagoya University, Nagoya, Japan, Organizing committee of ICMaSS2023, Nagoya University, ポスター発表

[16] T. Oyobe, K.Saitoh, R. Usami, T. Takenobu, K. Igarashi, T. Sato, H. Matsumoto and H. Inada, Atomic resolution secondary electron imaging of twisted bilayers of transition metal dichalcogenide MoS2, ICMaSS2023 International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2023, S1-P-18: (0089), 2023/12/1-12/3, Nagoya University, Nagoya, Japan, Organizing committee of ICMaSS2023, Nagoya University, ポスター発表

[17] H. Yamaguchi, S. Makimoto, R. Mori, K. Saitoh, T. Ishida and M. Kuwahara, Robust Principal Component Analysis Applied to Dynamic Observation in Time-Resolved Transmission Electron Microscope, ICMaSS2023 International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2023, S1-P-19: (0097), 2023/12/1-12/3, Nagoya University, Nagoya, Japan, Organizing committee of ICMaSS2023, Nagoya University, ポスター発表

[18] K. Ikeda, K. Saitoh, A. Fujisaki, H. Kishida and T. Koyama, TEM observation of one-dimensional chain of polythiophenes synthesized in carbon nanotubes, ICMaSS2023　International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2023, S1-P-20: (0109), 2023/12/1-12/3, Nagoya University, Nagoya, Japan, Organizing committee of ICMaSS2023, Nagoya University, ポスター発表

[19] H. Tamaki and K. Saitoh, Electron phase measurement using wavefield reconstruction with structured electron beams, ICMaSS2023　International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2023, S1-P-23: (0138), 2023/12/1-12/3, Nagoya University, Nagoya, Japan, Organizing committee of ICMaSS2023, Nagoya University, ポスター発表

[20] Y. Kanemitsu and K. Saitoh, Resolution improvement and noise reduction of electron microscope images using Bayesian super-resolution, ICMaSS2023　International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2023, S1-P-24: (0142), 2023/12/1-12/3, Nagoya University, Nagoya, Japan, Organizing committee of ICMaSS2023, Nagoya University, ポスター発表

[21] S. Nakane, T. Ishida, K. Saitoh and M. Kuwahara, Introduction of Spin-Polarization Effects into Multislice Methods, ICMaSS2023　International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2023, S1-P-16: (0087), 2023/12/1-12/3, Nagoya University, Nagoya, Japan, Organizing committee of ICMaSS2023, Nagoya University, ポスター発表

[22] S. Hatanaka and J. Yamasaki, Brightness measurement of electron sources based on reconstruction of Wigner function, ICMaSS2023　International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2023, S1-P-3(0024), 2023/12/1-12/3, Nagoya University, IMaSS, Nagoya University, ポスター発表

[23] K. Shimizu and J. Yamasaki, Reducing Exposure Time Based on Regularization Algorithm in Elecrton Diffracive Imaging, ICMaSS2023　International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2023, S1-P-13(0082), 2023/12/1-12/3, Nagoya University, IMaSS, Nagoya University, ポスター発表

[24] T. Yoshida, J. Yamasaki and H. Sasaki, Acquisition of precise STEM images for Lattice Strain Analysis, ICMaSS2023　International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2023, S1-P-11(0078), 2023/12/1-12/3, Nagoya University, IMaSS, Nagoya University, ポスター発表

d．座長

[1] Jun YAMASAKI, ICMaSS2023 International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2023, Oral Presentations (S1-Ⅱ)

Ⅴ．国内学会・口頭発表等

a．招待講演

[1] 石田 高史，篠崎 暉，三好 敏喜，齋藤 晃，桒原 真人，新井 康夫, 低加速透過電子顕微鏡によるSOI技術を用いたダイレクト電子検出器の性能評価, 日本顕微鏡学会 第79回学術講演会, 日本顕微鏡学会, くにびきメッセ，島根, 2pmB_SS-1-06, 2023/6/26-6/28

[2] 新井 康夫, 石田 高史, 桒原 真人, SOI-CMOS技術を用いた電子顕微鏡用半導体イメージセンサの開発, 日本顕微鏡学会 第79回学術講演会, 日本顕微鏡学会, くにびきメッセ，島根, 1pmD_I-8-01, 2023/6/26-6/28

[3] 山﨑 順，光岡 薫，佐藤 和久, 超高圧電子顕微鏡における厚膜観察能の開拓と高速ディテクターの活用, 日本顕微鏡学会 第79回学術講演会, 日本顕微鏡学会, くにびきメッセ、松江, 1amC_S-03-05, 2023/6/26-6/28

[4] 山崎 順, 電子顕微鏡の原理と像の特性、物質観察への応用, 日本顕微鏡学会 第33回電顕サマースクール, 日本顕微鏡学会, 川崎医科大学、倉敷, 2023/8/7-8/8

[5] 石田 高史, Development of high-speed electron-beam imaging using SOI image sensors, 第5回「量子線イメージング研究会」, SOC,LOC, 大阪大学(豊中キャンパス), 2023/9/28-29

[6] 桒原 真人, コヒーレントパルス電子線を活用した時間分解計測, 日本顕微鏡学会関西支部講演会, 日本顕微鏡学会, オンライン, 2024/2/17

b．一般講演（ポスター発表を含む）

[1] 志知 晃広，齋藤 晃, TVおよびTSV正則化を用いた電子線ロッキングカーブの位相回復による 格子変位場の決定, 日本顕微鏡学会 第79回学術講演会, 日本顕微鏡学会, くにびきメッセ，島根, 1pmA_I-1-03, 2023/6/26-6/28

[2] 玉置 央和，齋藤 晃, 構造化電子ビームを用いた波動場再生における分解能拡張, 日本顕微鏡学会 第79回学術講演会, 日本顕微鏡学会, くにびきメッセ，島根, 1pmA_I-1-05, 2023/6/26-6/28

[3] 石田 高史，大塚 真弘，桒原 真人，齋藤 晃，川崎 忠寛, 環状暗視野走査透過電子顕微鏡法における電子ベッセルビームの焦点深度拡大効果, 日本顕微鏡学会 第79回学術講演会, 日本顕微鏡学会, くにびきメッセ，島根, 1pmA_I-1-10, 2023/6/26-6/28

[4] 牧元 翔太郎，内田 和子，齋藤 晃，石田 高史，桒原 真人, 100kV時間分解TEMにおける電圧印加ホルダーの開発とpn接合のその場観察への応用, 日本顕微鏡学会 第79回学術講演会, 日本顕微鏡学会, くにびきメッセ，島根, 3pmA_I-8-01, 2023/6/26-6/28

[5] 杉江 晃成，石田 高史，桒原 真人，新井 康夫，齋藤 晃, メモリを搭載したSOI検出器のデータ収集システムの開発, 日本顕微鏡学会 第79回学術講演会, 日本顕微鏡学会, くにびきメッセ，島根, 3pmA_I-8-03, 2023/6/26-6/28

[6] 森下 英郎，大嶋 卓，高根 大地，桒原 真人，揚村 寿英，小瀬 洋一，齋藤 勉, 高輝度NEAフォトカソードを電子源とするピコ秒パルスSEMによる時間分解計測, 日本顕微鏡学会 第79回学術講演会, 日本顕微鏡学会, くにびきメッセ，島根, 3pmA_I-8-06, 2023/6/26-6/28

[7] 桒原 真人，牧元 翔太郎，山口 紘輝，中根 爽太，永見 洸陽，石田 高史，齋藤 晃，森下 英郎，長沖 功，桒原 彰太，揚村 寿英, 100kV時間分解TEMを用いた電子エネルギー損失分光におけるピコ秒過渡現象の観測, 日本顕微鏡学会 第79回学術講演会, 日本顕微鏡学会, くにびきメッセ，島根, 3pmA_I-8-07, 2023/6/26-6/28

[8] 永見 洸陽，余 希，石田 高史，齋藤 晃，桒原 真人, 透過電子顕微鏡を用いたZnO材料の熱処理効果の解明, 日本顕微鏡学会 第79回学術講演会, 日本顕微鏡学会, くにびきメッセ，島根, 3pmE_M-1-04 , 2023/6/26-6/28

[9] 山﨑 順，齋藤 晃，吉田 健太，小林 慶太, 収差補正TEMの位相コントラスト特性を活用した金属ナノ

粒子の三次元分布計測, 日本顕微鏡学会 第79回学術講演会, 日本顕微鏡学会, くにびきメッセ，島根, 2amF_I-4-02, 2023/6/26-6/28

[10] 及部 哲平，齋藤 晃，五十嵐 啓介，佐藤 岳志，松本 弘昭，稲田 博実, 遷移金属ダイカルコゲナイドの原子分解能2次電子イメージング, 日本顕微鏡学会 第79回学術講演会, 日本顕微鏡学会, くにびきメッセ，島根, P-I_12, 2023/6/26-6/28

[11] 圓山 百代，西 竜治，伊藤 博之，山﨑 順, 低収差ExB偏向器光学系の提案, 日本顕微鏡学会 第79回学術講演会, 日本顕微鏡学会, くにびきメッセ、松江, 1pmB_I-2-04, 2023/6/26-6/28

[12] 清水 康太，山﨑 順, 正則化アルゴリズムに基づく電子回折顕微法の露光時間短縮, 日本顕微鏡学会 第79回学術講演会, 日本顕微鏡学会, くにびきメッセ、松江, P-I_04, 2023/6/26-6/28

[13] 吉田 朋矢，仁科 智信，山﨑 順，佐々木 宏和, 連続撮影STEM像のアライメント精度向上と歪み解析への応用, 日本顕微鏡学会 第79回学術講演会, 日本顕微鏡学会, くにびきメッセ、松江, P-I_45, 2023/6/26-6/28

[14] 畑中 修平，山﨑 順, Wigner関数の再構成に基づいた電子源の輝度測定, 日本顕微鏡学会 第79回学術講演会, 日本顕微鏡学会, くにびきメッセ、松江, 3amA_I-8-03, 2023/6/26-6/28

[15] 齋藤 晃，志知 晃広, TVおよびTSV正則化をもちいた電子線ロッキングカーブの位相回復による積層欠陥の変位場の決定, 日本物理学会 第78回年次大会, 日本物理学, 東北大学（青葉山キャンパス、川内キャンパス）, 18aA102-9, 2023/9/16-19

[16] 玉置 央和，齋藤 晃, 構造化電子ビームを用いた波動場再生法による深さ方向情報分解の検討, 日本物理学会第78回年次大会, 日本物理学, 東北大学（青葉山キャンパス、川内キャンパス）, 18aA102-10, 2023/9/16-19

[17] 及部 哲平，齋藤 晃，宇佐美 怜，竹延 大志，五十嵐 啓介，佐藤 岳志，松本 弘昭，稲田 博実, 回転積層した2層MoS2の原子分解能2次電子イメージング, 日本物理学会 第78回年次大会, 日本物理学, 東北大学（青葉山キャンパス、川内キャンパス）, 18pA102-1, 2023/9/16-19

[18] 石田 高史，電子顕微鏡でのSOI検出器性能評価, SOIPIX量子イメージング研究会2023, SOIPIX量子イメージング研究会, 東京理科大学（神楽坂キャンパス）, 2023/12/21-22

[19] 桒原 真人, 透過電子顕微鏡におけるスピン偏極パルス電子線の応用,「加速ミュオンを用いたミュオンイメージング研究の可能性」研究会, 日本原子力研究開発機構 J-PARCセンター , KEKつくばキャンパス 4 号館 セミナーホール, 2024/1/18

[20] 齋藤 晃, 30度回転積層した2層MoS2による12回対称準周期構造の作製および原子分解能2次電子イメージング, ハイパーマテリアル：第11回領域会議, ハイパーマテリアル：補空間が創る新物質科学, 東京理科大学（葛飾キャンパス）, 2024/3/5-3/7

[21] 畑中 修平, 土屋 汰朗, 市川 修平, 山﨑 順, 佐藤 和久, パルス電子顕微鏡によるTi3O5の光誘起相転移の時間分解観察, 2023年度 超高分解能顕微鏡法分科会 研究討論会, 日本顕微鏡学会 超高分解能顕微鏡法分科会, マホロバ・マインズ三浦, 2024年3月8-9日

[22] 玉置 央和, 齋藤 晃, 構造化電子ビームを用いた波動場再生による超解像イメージングの検討, 2023 年度 日本顕微鏡学会 超高分解能顕微鏡法分科会 研究討論会, 日本顕微鏡学会, オンライン, 2024年3月8日–9日

[23] 齋藤 晃, 30度回転積層した2層MoS2による12回対称準周期構造の作製および原子分解能2次電子イメージング, 日本物理学会2024年春季大会, 日本物理学会, オンライン, 2024年3月18日–21日

[24] 畑中 修平、山﨑 順, プラズモン散乱した電子の干渉性測定, 日本物理学会 2024年春季大会, 日本物理学会, オンライン, 2024年3月18-21日

[25] 清水 康太、山﨑 順, 正則化アルゴリズムを用いた電子回折位相イメージング法の精度向上, 日本物理学会2024年春季大会, 日本物理学会, オンライン, 2024年3月18-21日

[26] 畑中 修平, 土屋 汰朗, 市川 修平, 山﨑 順, 佐藤 和久, パルス電子顕微鏡を用いたTi3O5 の光励起相転移の時間分解観察, 2024年 第71回 応用物理学会 春季学術講演会, 応用物理学会, 東京都市大学世田谷キャンパス＆オンライン, 2024年3月22-25日

c．組織委員、実行委員等

[1] 山﨑 順, 日本顕微鏡学会 第79回学術講演会, 日本顕微鏡学会, くにびきメッセ、松江, 2023/6/26-6/28
[2] 石田 高史, 第71回応用物理学会春季学術講演会, 応用物理学会, 東京都市大学（世田谷キャンパス）, 2024/3/22-3/25

d．座長

[1] 桒原 真人, I-8　装置開発・性能評価 6月26日（月）16:15 ～17:30 D会場, 日本顕微鏡学会 第79回学術講演会, 日本顕微鏡学会, くにびきメッセ，島根, 2023/6/26-6/28
[2] 石田 高史, I-1　先端的TEM・STEM・回折法 6月26日（月）14:30 ～17:45 A会場, 日本顕微鏡学会 第79回学術講演会, 日本顕微鏡学会, くにびきメッセ，島根, 2023/6/26-6/28
[3] 齋藤 晃, M-3　ソフトマテリアル観察・計測 6月27日（火）8:45 ～10:00 F会場, 日本顕微鏡学会 第79回学術講演会, 日本顕微鏡学会, くにびきメッセ，島根, 2023/6/26-6/28
[4] 齋藤 晃, I-7　データ解析法 6月27日（火）14:30 ～17:00 C会場, 日本顕微鏡学会 第79回学術講演会, 日本顕微鏡学会, くにびきメッセ，島根, 2023/6/26-6/28
[5] 石田 高史, I-8　装置開発・性能評価 6月28日（水）8:30 ～11:45 A会場, 日本顕微鏡学会 第79回学術講演会, 日本顕微鏡学会, くにびきメッセ，島根, 2023/6/26-6/28
[6] 山﨑 順, S-03　広がる超高圧電子顕微鏡法の地平線, 日本顕微鏡学会 第79回学術講演会, 日本顕微鏡学会, くにびきメッセ、松江, 2023/6/26-6/28
[7] 山﨑 順, I-4 3次元解析法, 日本顕微鏡学会 第79回学術講演会, 日本顕微鏡学会, くにびきメッセ、松江, 2023/6/26-6/28

6.2.2　電磁波計測部

以下に、令和5年度の成果を教員または研究グループごとにまとめた。

●プラズマエネルギー工学グループ

教授　大野　哲靖	准教授　田中　宏彦	客員教授　梶田　　信

研究テーマ

磁場閉じ込め核融合発電の実現に向けた境界プラズマ制御・熱粒子輸送研究

研究の背景・目的

温暖化や資源枯渇などの地球環境問題解決のため、磁場閉じ込め高温プラズマを用いた核融合発電の研究が世界規模で進められている。当グループでは、高温高密度の炉心プラズマ維持のために不可欠な、境界プラズマ制御とプラズマ計測技術の開発、太陽表面に匹敵する超高熱流プラズマと壁材料の相互作用に関する研究を実施している。複数の高密度プラズマ発生装置を用いた実験のほか、計算機シミュレーションによるプラズマモデリング、産業応用にも期待される機能性ナノ構造金属の創成などについて研究を推進している。

成果の概要

・直線型プラズマ装置を用いて、重水素非接触再結合プラズマの形成実験ならびに系統的なデータ取得を行った。装置上・下流におけるレーザートムソン散乱計測から、ガス圧増加時、上流から下流にかけてプラズマ粒子束・熱流束・電子静圧が２段階で減衰することが確認された。下流域の分光計測から、高ガス圧時には高励起原子密度が相対的に高いことがわかり、支配的な体積再結合過程が分子活性化再結合と電子－イオン再結合間で遷移していることが示唆された。
・直線装置の発光分光データと放電パラメータに機械学習を適用し、電子密度と電子温度の予測モデルの構築を行った。静電プローブ計測とほぼ同程度の誤差範囲での予測が得られ、また４～５本の線強度が重要

であることが示された。

・ナノテンドリルバンドル(NTB)は、不純物を含むヘリウムプラズマ照射下でタングステン表面に形成されるナノ構造である。高さやアスペクト比、空隙率の異なるNTBに対し、熱輸送計算を行うことで、アニール時のNTB内部温度に対する各種依存性を明らかにした。

発表論文等

Ⅰ．論文（査読のある学術誌等）

a．査読付き論文

[1] K.Hori, S.Kajita, R.Zhang, H.Tanaka, N.Ohno, Growth origin of large-scale fiberform nanostructures in He-W co-deposition environment, Scientific Reports, Vol.13, 5450, 2023/4/3

[2] R.Zhang, S.Kajita, D.Hwangbo, H.Tanaka, S.Feng, N.Ohno, Field emission properties of nano-tendril bundles formed via helium plasma exposure with various additional impurity gases, Materials Research Express, Vol.10, 054002, 2023/5/15

[3] S. Feng, H. Natsume, S. Kajita, E. Li, R. Yasuhara, M. Tokitani, H. Tanaka, N. Ohno, Fabrication of tungsten-based optical diffuser using fiberform nanostructure via efficient plasma route, Optics Express, Vol.31, pp.25438-25445, 2023/7/17

[4] Xue Qi, Tanaka Hirohiko, Zhang Rongshi, Kajita Shin, Hori Kenta, Shi Quan, Kuwabara Tatsuya, Ohno Noriyasu, Thermal response of nano-tendril bundles to steady heat load, JAPANESE JOURNAL OF APPLIED PHYSICS, Vol.62, SN1005(7 pp), 2023/8/1

[5] S.Kajita, T.Sakakibara, H.Kaizawa, H.Natsume, H.Tanaka, K.Fujii, N.Ohno, Application of machine learning for optical emission spectroscopu data in NAGDIS-II, Fusion Engineering and Design, Vol.196, 114012, 2023/9/30

[6] J.Shi, H.Kaizawa, H.Tanaka, S.Kajita, N.Ohno, H.Ding, Transition from MAR to EIR of deuterium plasma detachment in NAGDIS-II, Physica Scripta, Vol.98, 115605, 2023/10/11

[7] C. Costin, I. Mihaila, H.J van der Meiden, H. Tanaka, J. Scholten, H.J.N. van Eck, Plasma rotation and axial flow velocities in Magnum-PSI from cross-correlation measurements, Plasma Sources Science and Technology, Vol.32, 075010, 2023/7/21

[8] H. Natsume, M.L. Bohec, R. Steiner, M.B. Yaala, M-H. Aumeunier, L. Marot, S. Kajita, H. Tanaka, Effect of Beryllium topography on BRDF measurements, Optical Materials, Vol.147, 114715, 2023.12.23

[9] S.Kajita, T.Yagi, N.Ohno, Thermal Conductivity Measurement of Fuzzy W Using a Thermoreflectance Method, IEEE Transactions on Plasma Science, Early Access, 1-6, 2024/1/17

Ⅳ．国際学会・口頭発表等

a．招待講演

[1] N.Ohno, Multi-fluid Modeling of Detached Hydrogen Plasmas in a Linear Plasma Device using Fluid Code LINDA, 19th International Workshop on Plasma Edge Theory in Fusion Devices(PET-19), Invited talk, 2023/9/18-21, Hefei, China, PET

[2] H.Tanaka, H.Natsume, S.Masuda, K.Sugiura, H.Umezawa, R.Mano, Y.Hayashi, K.Hoshino, K.Sawada, N.Ohno, Newly developed integrated transport code for detached plasma simulation, Global Plasma Forum in Aomori, PSLO-I-6, 2023/10/15-18, Nebuta Museum WA RASSE（青森県）

[3] Y.Hayashi, N.Ohno, H.Tanaka, H.Natsume, K.Sugiura, R.Mano, S.Masuda, R.Migita, K.Sawada, S.Kjiata, T.Tsujiura, H.Ohshima, M.Aramaki, G.Kawamura, Study on effects of neutral particle behavior on detached plasma formation using linear plasma device and modeling, Global Plasma Forum in Aomori, PSLO-I-5, 2023/10/15-18, Nebuta Museum WA RASSE（青森県）

[4] S.Kajita, H.Tanaka, N.Ohno, Effect of co-deposition on helium plasma irradiation to tungsten, Global Plasma Forum in Aomori, PSLO-KN-3, 2023/10/15-18, Nebuta Museum WA RASSE（青森県）

[5] Q.Shi, H.Fujiwara, S.Kajita, R.Yasuhara, H.Tanaka, N.Ohno, H.Uehara, A simple method for modifying the

surface morphology of various semiconductors and its application in random lasing, Global Plasma Forum in Aomori, PSLO-I-10, 2023/10/15-18, Nebuta Museum WA RASSE（青森県）

b．一般講演（ポスター発表を含む）

[1] K,Hori, R.Zhang, S.Kajita H.Tanaka, N.Ohno, Condition for the growth origin of large-scale fiberform nanostructures, 19th International Conference on PLASMA-FACING MATERIALS AND COMPONENTS FOR FUSION APPLICATIONS(PFMC), ID:216 poster, 2023/5/22-26, LVR LandesMuseum Bonn（ドイツ）, PFMC, ポスター発表

[2] S.Kajita, T.Sakakibara, H.Kaizawa H.Natsume, H.Tanaka, K.Fujii, N.Ohno, Application of Machine Learning for OES data in NAGDIS-II, 19th International Conference on PLASMA-FACING MATERIALS AND COMPONENTS FOR FUSION APPLICATIONS(PFMC), ID:214 poster, 2023/5/22-26, LVR LandesMuseum Bonn（ドイツ）, PFMC, ポスター発表

[3] R.Zhang, Field emission current from protrusion structure formed by helium plasma with various impurity gases, 30th International Symposium on Discharges and Electrical Insulation in Vacuum(ISDEIV2023), C4-P-04 poster, 2023/6/25-30, 沖縄県那覇市　沖縄自治会館, ISDEIV, ポスター発表

[4] R.Zhang, S.Kajita, H.Tanaka, Y.Yamamoto, N.Ohno, Growth of micro-pillars on tungsten by helium plasma exposure with impurity gases, Global Plasma Forum in Aomori, P-7, 2023/10/15-18, Nebuta Museum WA RASSE（青森県）, ポスター発表

[5] Y.Uematsu, H.Kaizawa, J.Shi, H.Tanaka, S.Kajita, N.Ohno, Observation of global structural changes in two-dimensional emission profiles associated with attached and detached plasma transitions, Global Plasma Forum in Aomori, P-20, 2023/10/15-18, Nebuta Museum WA RASSE（青森県）, ポスター発表

[6] M.Yamamoto, K.Tabata, H.Tanaka, S.Kajita, Q.Shi, N.Ohno, Formation of helium-tungsten co-deposition layers and spectroscopic measurements during sputtering, Global Plasma Forum in Aomori, P-21, 2023/10/15-18, Nebuta Museum WA RASSE（青森県）, ポスター発表

[7] K.Tabata, S.Kajita, T.Yamada K.Matsumoto, G.Uchida, H.Tanaka, N.Ohno, Porous silicon produced with helium plasma for lithium-ion battery anode, Global Plasma Forum in Aomori, P-23, 2023/10/15-18, Nebuta Museum WA RASSE（青森県）, ポスター発表

[8] Y.Hayashi, H.Tanaka, N.Ohno, S.Kajita, T.W.Morgan, H.J. van der Meiden, J.Scholten, J.W.M.Vernimmn, H.Natsume, K.Sawada, S.Masuda, Influence of dynamic pressure induced by transient recycld neutral flux on reduction of pulsed particle load in the linear plasma device Magnum-PSI, 7th Asia-Pacific Conference on Plasma Physics(AAPPS-DPP2023), MF-11-07, 2023/11/12-17, ポートメッセ名古屋

[9] K.Tabata, S.Kajita, S.Yamada, K.Matsumoto, G.Uchida, H.Tnaka, N.Ohno, Fabrication of porous silicon for lithium-ion battery anodes in helium plasma, International Conference on Materials and Systems for Sustainability(ICMass2023), A3-II-2(0031), 2023/12/1-3, 名古屋大学

[10] M.Yamamoto, K.Tabata, H.Tanaka, S.Kajita, Q.Shi, N.Ohno, Sputtering characteristics of helium-tungsten co-deposition layer, International Conference on Materials and Systems for Sustainability(ICMass2023), A8-P-4(0032), 2023/12/1-3, 名古屋大学, ポスター発表

[11] G. Kawamura, H. Tanaka, J. Shi, H. Kaizawa, N. Ohno, H. Frerichs, Y. Feng, Transport modeling of deuterium plasma detachment in the linear device NAGDIS-II with EMC3-EIRENE, 19th International Workshop on Plasma Edge Theory in Fusion Devices(PET-19), P2-9, 2023/9/18-21, Hefei, China, PET, ポスター発表

[12] M. Mine, K. Hoshino, R. Tatsumi Osawa, H. Tanaka, N. Ohno, Development of Lagrange-Monte-Carlo Fluid Code and Its Application to a Linear Plasma Device, 19th International Workshop on Plasma Edge Theory in Fusion Devices(PET-19), P2-10, 2023/9/18-21, Hefei, China, PET, ポスター発表

[13] J.Shi, H.Kaizawa, H.Tanaka, S.Kajita, N.Ohno, H.Ding, Comparative study of detached H/D plasmas using laser Thomson scattering and spectroscopy in the linear plasma divertor simulator NAGDIS-II, 20th International Symposium on Laser-Aided Plasma Diagnostics (LAPD20), P1-27, 2023/9/10-14, Kyoto, Japan, ポスター発表

[14] C.Costin, I.Mihaila, H.J. van der Meiden, H.Tanaka, J.Scholten, J.J.N.van Eck, Plasma flow investigation in a linear magnetized facility by cross-correlation analysis, XXth International Conference on Plasma Physics and Applications (CPPA2023), O11, 2023/6/14-16, Iasi, Romania

[15] S. Kajita, Q. Shi, K. Tabata, H. Tanaka, N. Ohno, Germanium nanostructures by helium plasma irradiation, ISPlasma2024/IC-PLANTS2024/APSPT-13, 04P-P2-24, 2024/3/3-7, 名古屋大学, ポスター発表

[16] R. Mano, K. Sugiura, H. Natsume, H. Tanaka, N. Ohno, K. Sawada, H. Umezawa, Y. Hayashi, K. Hoshino, Effect of charge exchange cross section on detached plasma simulation, ISPlasma2024/IC-PLANTS2024/APSPT-13, 05P-P1-24, 2024/3/3-7, 名古屋大学, ポスター発表

[17] N. Ohno, H. Kaizawa, H. Tanaka, S. Kajita, Investigation of the interaction between detached recombining plasmas and energetic electrons using high-speed spectroscopic measurement, ISPlasma2024/IC-PLANTS2024/APSPT-13, 04P-P2-10, 2024/3/3-7, 名古屋大学, ポスター発表

Ⅴ．国内学会・口頭発表等

ｂ．一般講演（ポスター発表を含む）

[1] 大野哲靖、夏目祥揮、杉浦健斗、井戸太一、螺澤英樹、石劼霖、平岩晃汰、上松雄太、田中宏彦、増田翔太、梅澤英弥、小山晟矢、澤田圭司、梶田信、林祐貴、星野一生, 非接触プラズマ研究の進展ーNAGDIS実験とモデリングー , スクレイプ・オフ層及びダイバータ物理サブクラスター炉材料サブクラスター、ブランケットサブクラスター、ダイバータサブクラスター（令和5年度第1回）筑波大学プラズマ研究センターシンポジウム合同会合, , 筑波大学プラズマ研究センター , 2023/8/10

[2] 大野哲靖、上松雄太、螺澤英樹、石劼霖、田中宏彦、眞野綾二、夏目祥揮、澤田圭司、梶田信, 軸ー径方向可動分光計測システムを用いた非接触再結合プラズマの2次元構造の解明, 第40回プラズマ・核融合学会年会, プラズマ・核融合学会, アイーナ・いわて県民情報交流センター , 27Ba07, 2023/11/27-30

[3] 田中宏彦、梶田信、夏目祥揮、大野哲靖, 非接触プラズマ回転放出現象の4次元条件付き平均トモグラフィ , 第40回プラズマ・核融合学会年会, プラズマ・核融合学会, アイーナ・いわて県民情報交流センター , 27Bp02, 2023/11/27-30

[4] 螺澤英樹、田中宏彦、石劼霖、上松雄太、梶田信、大野哲靖, パルス状電子ビーム制御による非接触プラズマの崩壊・回復過程の解明, 第40回プラズマ・核融合学会年会, プラズマ・核融合学会, アイーナ・いわて県民情報交流センター , 27Bp04, 2023/11/27-30

[5] 平岩晃汰、梶田信、田中宏彦、岩井琉紀、荒巻光利、安原亮、大野哲靖, 螺旋状接触・非接触プラズマ中における重水素基底原子分布のTALIF計測, 第40回プラズマ・核融合学会年会, プラズマ・核融合学会, アイーナ・いわて県民情報交流センター , 27P01, 2023/11/27-30, ポスター発表

[6] 杉浦健斗、夏目祥揮、増田翔太、田中宏彦、澤田圭司、大野哲靖、星野一生、斎藤誠紀、中村浩章、梅澤英弥、眞野綾二, 多流体水素プラズマ・中性粒子輸送統合コードの開発とEIR-MAR遷移過程の解析, 第40回プラズマ・核融合学会年会, プラズマ・核融合学会, アイーナ・いわて県民情報交流センター , 27P34, 2023/11/27-30, ポスター発表

[7] 上田良夫、B.Hattingh, H.T.Lee, Q.Shi, 大野哲靖, 間欠的プラズマ照射がタングステンの重水素吸蔵に与える影響, 第40回プラズマ・核融合学会年会, プラズマ・核融合学会, アイーナ・いわて県民情報交流センター , 27Ap03, 2023/11/27-30, ポスター発表

[8] 林祐貴、大野哲靖、田中宏彦、夏目祥揮、杉浦健斗、眞野綾二、増田翔太、右田龍星、澤田圭司、梶田信、辻原匡志、大嶋啓嗣、荒巻光利、河村学思, 直線型装置およびモデリングを用いた中性粒子温度が非接触プラズマ形成に与える影響に関する研究, 第40回プラズマ・核融合学会年会, プラズマ・核融合学会, アイーナ・いわて県民情報交流センター , 27Bp03, 2023/11/27-30

[9] 河村学思、田中宏彦、SHI Jielin, 螺澤英樹、大野哲靖、FRERICHS Heinke, FENG Yuhe, 直線型NAGDIS-IIにおける非接触重水素プラズマのEMC3-EIRENE輸送モデリング, 第40回プラズマ・核融合学会年会, プラズマ・核融合学会, アイーナ・いわて県民情報交流センター , 27P13, 2023/11/27-30, ポスター発表

[10] 小山晟矢、小山諒典、NGUTEN HONG LAM, 澤田圭司、大野哲靖、中村浩章、斎藤誠紀、河村学思, ヘリウムプラズマおよび水素プラズマの一次元PICコード・中性粒子輸送コードの開発・統合, 第40回プラズマ・核融合学会年会, プラズマ・核融合学会, アイーナ・いわて県民情報交流センター , 27P68, 2023/11/27-30, ポスター発表
[11] 梅澤英弥、後藤優介、澤田圭司、杉浦健斗、眞野綾二、田中宏彦、大野哲靖、林祐貴、夏目祥揮, NAGDIS-II非接触プラズマの理解のためのヘリウムと水素の中性粒子輸送コードの整備, 第40回プラズマ・核融合学会年会, プラズマ・核融合学会, アイーナ・いわて県民情報交流センター , 27P69, 2023/11/27-30, ポスター発表
[12] 渡邊清政、岡本征晃、青島宏海、劉静維、武村勇輝、大野哲靖, 環状磁場プラズマにおける外部RMPの伝搬特性の研究, 第40回プラズマ・核融合学会年会, プラズマ・核融合学会, アイーナ・いわて県民情報交流センター , 28P23, 2023/11/27-30, ポスター発表
[13] 大瀧亮祐、岡本征晃、渡邊清政、大野哲靖、筒井広明, 小型トカマクHYBTOK-IIにおける外部共鳴摂動磁場印加時のプラズマ応答計測, 第40回プラズマ・核融合学会年会, プラズマ・核融合学会, アイーナ・いわて県民情報交流センター , 29p24, 2023/11/27-30, ポスター発表
[14] 大矢諒、星野一生、朝倉伸幸、坂本宜照、大野哲靖、花田和明, 原型炉ダイバータにおけるタングステンモノブロックの損耗と彩堆積の評価, 第40回プラズマ・核融合学会年会, プラズマ・核融合学会, アイーナ・いわて県民情報交流センター , 30P47, 2023/11/27-30, ポスター発表
[15] 皇甫度均、FENG Shuangyuan、ZHANG Rongshi、梶田信、CUNHA Maria、TIMMER Remco、VERNIMMEN Jordy、SCHOLTEN John、田中宏彦、林祐貴、MORGAN Thomas, ナノ構造バンドル上への高密度水素プラズマ照射によるホットスポットの形成, 第40回プラズマ・核融合学会年会, プラズマ・核融合学会, アイーナ・いわて県民情報交流センター , 27Ap14, 2023/11/27-30
[16] 向井清史、増崎貴、ピーターソンバイロン、小林政弘、河村学思、林祐貴、田中宏彦、宗近洸洋, 主成分分析を用いたLHD不純物入射プラズマの放射崩壊時における特徴的輻射構造の抽出, 第40回プラズマ・核融合学会年会, プラズマ・核融合学会, アイーナ・いわて県民情報交流センター , 28P14, 2023/11/27-30, ポスター発表
[17] 向井清史, 増崎貴, B.J. Peterson, 小林政弘, 河村学思, 林祐貴, 田中宏彦, 宗近洸洋, LHDネオン入射プラズマにおける放射崩壊現象の異常検知, 日本物理学会2024年春季大会, 日本物理学会, オンライン, 18pB1-1, 2024/3/18-21
[18] 林祐貴, 田中宏彦, 梶田信, 皇甫度均, 大野哲靖, J.W.M. Vernimmen. Scholten, H.J. van der Meiden, I. Classen, T.W. Morgan, ダイバータプラズマ模擬装置における非接触プラズマ中を伝搬する熱パルスの特性変化, 日本物理学会2024年春季大会, 日本物理学会, オンライン, 18pB1-6, 2024/3/18-21

6.2.3 素粒子計測部

以下に、令和5年度の成果を教員または研究グループごとにまとめた。

●実験観測機器開発グループ

准教授	中野 敏行	准教授	森島 邦博	特任准教授	佐藤 修
助教	六條 宏紀	特任助教	長縄 直崇	特任助教	北川 暢子
研究員	山本 紗矢	研究員	松尾 友和	機関研究員	中村 悠哉

研究テーマ

3次元かつ高分解能飛跡検出器である特殊な写真フィルム「原子核乾板」を活用し以下の諸研究を推進している。

・「素粒子」の基礎研究

1）ニュートリノの基礎研究

日欧共同研究 OPERA 実験：ニュートリノ振動現象の解明
SHiP 実験 DsTAU 実験 : 第3のニュートリノタウニュートリノの基礎研究
FASER ν：LHCの衝突点から発生する高エネルギーニュートリノの研究
JPARC 共同実験：NINJA 実験：低エネルギーニュートリノ反応の精密測定

2）暗黒物質の基礎研究

日欧共同研究NEWSdm：飛来方向検出による暗黒物質の検出実験。

・「素粒子」の応用研究

3）宇宙線ミューオンラジオグラフィー技術の開発・応用・実用化

エジプトやマヤのピラミッド、箸墓古墳、堤防、樹木、城郭石垣、原子力発電所、熔鉱炉、地層、地下空洞調査、火山など多岐にわたる対象の観測・測定。

4）気球搭載型大口径宇宙γ線望遠鏡の開発とγ線天体の観測による宇宙物理学の探求

2015年、2018年にオーストラリアでの気球フライトに成功。望遠鏡としての実証と観測を行う、γ線天体の観測を実証した。

5）超高位置分解能中性子検出器の開発とその基礎・応用研究への適用

10nmの世界最高精度の位置分解能を持つ中性子検出器の開発に成功し、これを用いた研究展開をはかるべくプロジェクトの検討および実証を行っている。

・「素粒子」計測のための原子核乾板および読取・解析に関する研究開発

6）研究対象・用途に適応した原子核乾板の開発

原子核乳剤の製造装置（1kg /Lot）を用いて、用途に最適な特性を持つ原子核乳剤の開発を行っている。結晶粒径で40nmから500nmサイズのものまで作成可能となっている。

7）原子核乳剤・乾板の量産体制の構築

増大するニーズに対応するために、乳剤ならびにフィルムの製造施設の増強を行っている。現在乳剤に関しては、1ロットあたり20kgの乳剤を調整可能な装置を立ち上げ、年間6トン程度の製造能力を有している。フィルムに関しては専用の機械塗布装置（Roll to Roll製造装置）を立ち上げ、年間3000㎡の供給が可能となっている。これまでに約2800㎡のフィルム製造し、国内外の実験グループに供給した。

8）自動飛跡読み取り装置のさらなる高速化

増大するニーズに対応するため、世界最高速の原子核乾板読み取り装置 “HTSシリーズ” の開発を行っている。また読み取り角度アクセプタンスの増大(25°→80°)も達成し、全角度（90°）に向けた開発研究も行っている。さらに分解能向上の要求もあることから100nm程度の長さの極短飛跡まで検出可能なPTSを開発している。

研究の背景・目的

我々の研究グループでは1970年代から原子核乾板を活用し、チャーム粒子の発見、タウニュートリノの発見、タウニュートリノ検出によるニュートリノ振動の最終検証など素粒子物理学の分野で成果を上げてきた。この原動力となったのは1970年代に我々が発明し、継続して開発を行なってきた原子核乾板自動飛跡読取装置である。最新の装置は年間1000㎡の原子核乾板を読み取ることが可能である。また2010年からは、

原子核乳剤の製造装置を大学に設置し、乳剤の独自開発を行なって来ており、原子核乳剤の開発と応用を一貫して行える機関は世界でも名古屋大学だけとなっており、原子核乾板は今や名古屋大学の独自技術と言えるものとなっている。その応用の一つとして、宇宙線ミューオンを用いた大型構造物の透視技術開発を行って来ており、最近ではクフ王のピラミッドの透視で未知の巨大空洞の検出に成功し、大きな注目を浴びたが、これも原子核乾板の用途の一つの成果に過ぎない。原子核乾板の用途は、現在様々な方面に展開しており、そのニーズも増大を続けている。世界のセンターとしての役割を果たす。

成果の概要

原子核乾板は世界最高性能の3次元飛跡検出能力を持ち、単位検出面積あたりのコストも安く、電源不要でコンパクトな検出器である。上述のように名古屋大学には原子核乳剤の製造装置、乾板の塗布施設、現像設備、原子核乾板自動飛跡読取装置がそろっている。この環境が様々な研究者や学生による様々な分野への展開を可能としており、クフ王のピラミッドでの未知空洞の発見にもつながった。また、樹木の中の空洞検知により樹木診断への応用の可能性や、城郭石垣内部の密度分布の測定により文化財保全のための新たな情報が提供できる可能性がある事が分かった。 素粒子宇宙分野においては、謎の多いニュートリノの精密測定の遂行、中性子による未知短距離力の探索への挑戦、フェルミ衛星と比較して一桁高角度分解能でのガンマ線天体のイメージングへの適用を目指し、2023年には口径面積の拡大した望遠鏡を用いた科学観測フライトを実施し、フィルムの読取、解析が進行している。原子核乾板の読み取り開発では、200nm級の極短飛跡を検出可能な広視野・高分解能顕微鏡の開発を行った。GPUを用いた画像処理と光学収差の理解と補正方法の開発により、検出能力の高感度化を達成、暗黒物質探索や位置分解能サブミクロンでの中性子の測定に使用する。

発表論文等

Ⅰ．論文（査読のある学術誌等）

ａ．査読付き論文

[1] T. Nakano, H.Rokujo, O.Sato and FASER Collaboration, First Direct Observation of Collider Neutrinos with FASER at the LHC., Phys.Rev.Lett. 131 (2023) 3, 3

[2] O. Sato and NEWSdm Collaboration, Directional sensitivity of the NEWSdm experiment to cosmic ray boosted dark matter., JCAP 07 (2023) 067

[3] T.Nakano, H.Rokujo, O.Sato DsTau Collaboration, Development of proton beam irradiation system for the NA65/DsTau experiment., JINST 18 (2023) 10, P10008

[4] N.Kitagawa, K.Morishima, N.Naganawa, T.Nakano, H.Rokujyo, O.Sato and OPERA Collaboration, Updated constraints on sterile neutrino mixing in the OPERA experiment using a new ν e identification method., PTEP 2023 (2023) 3, 033C01

[5] T. Nakano, H.Rokujo, O.Sato and FASER Collaboration, Search for dark photons with the FASER detector at the LHC., Physics Letters 848 (2024) 138378

[6] S. Takahashi et al., First Emulsion γ -Ray Telescope Imaging of the Vela Pulsar by the GRAINE 2018 Balloon-borne Experiment., ApJ 960 (2024) 47

[7] A.Iyono et al., Recognition of cosmic ray nuclear tracks in the GRAINE2018 emulsion films with machine learning approach, PoS (ICRC2023) 125

[8] N.Kitagawa et al., Development of cosmic-ray imaging with nuclear emulsion films for safety assessments of levees, PoS (ICRC2023) 540

[9] Y.Isayama et al., Evaluation of Emulsion Films Conditions on the Base of Cosmic Ray Tracks Registered in Transport Test Emulsion Films for the GRAINE2023 Experiments, PoS (ICRC2023) 810

[10] S.Takahashi et al., GRAINE, balloon-borne emulsion telescope experiments for precise gamma-ray observations, PoS (ICRC2023) 598

[11] S.Akita et al., Analyses of cosmic ray tracks registered in transport test emulsion films for the GRAINE 2023

experiments, PoS (ICRC2023) 811
[12] S.Nagahara et al., Gamma-Ray Astro Imager with Nuclear Emulsion, Evaluation for timestamper emulsion film for the balloon experiment, PoS (ICRC2023) 825
[13] S.Yamamoto et al., Development of high-contrast developing for nuclear emulsion film for GRAINE experiment, PoS (ICRC2023) 883
[14] Y.Nakamura et al., New high-precision measurement system for emulsion gamma ray telescope in sub-GeV/GeV, PoS (ICRC2023) 829
[15] H.Minami et al., Developments of the next-generation nuclear emulsion readout system “HTS2(Hyper Track Selector 2)”, PoS (ICRC2023) 901
[16] I.Usuda et al., Development and analysis large emulsion converter for GRAINE2023 balloon-borne experiment, PoS (ICRC2023) 915
[17] H.Rokujo et al., Nuclear emulsion detector for large-area, high-angular-resolution gamma-ray telescope, PoS (ICRC2023) 933
[18] M.Oda et al., First demonstration and operation of a roller-driven timestamp mechanism for GRAINE 2023 balloon-borne experiment, PoS (ICRC2023) 832
[19] Valeri Tioukov, Kunihiro Morishima, Nobuko Kitagawa, et al, idden chamber discovery in the underground Hellenistic necropolis of Neapolis by muography, Scientific Reports volume 13, 5438 (2023)

d．その他報告書

[1] 青木茂樹 他, GRAINE計画：計画のロードマップ, Balloon Symposium 2023 (2023) isas23-sbs-007
[2] 高橋覚 他, GRAINE計画：エマルションガンマ線望遠鏡2023年豪州気球実験, Balloon Symposium 2023 (2023) isas23-sbs-008
[3] 中村悠哉 他, GRAINE計画:2023 年豪州気球実験におけるガンマ線事象解析状況, Balloon Symposium 2023 (2023) isas23-sbs-009
[4] 南英幸 他, GRAINE計画：原子核乾板による 大面積高解像ガンマ線観測へ向けた 次世代高速読取装置の開発, Balloon Symposium 2023 (2023) isas23-sbs-011

Ⅲ．解説等

[1] 2024/1/1, 北川暢子、森島邦博、福元豊、安田浩保, 原子核乾板を用いた宇宙線イメージング技術による河川堤防の観測, 地盤工学会誌, Journal of JGS Vol.72 No.1 Ser.No.792

Ⅳ．国際学会・口頭発表等

a．招待講演

[1] Kunihiro Morishima, Cosmic ray imaging with nuclear emulsion plates for investigation of archaeological ruins, ICRC2023., July 26 to Aug 3, 2023, Nagoya University

b．一般講演（ポスター発表を含む）

[1] O.Sato for FASER Collaboration, First results of LHC neutrinos with FASERnu, ICRC2023., Proceedings of the ICRC2023, .PoS(ICRC2023)1224, July 26 to Aug 3, 2023, Nagoya University
[2] Yuya Nakamura for GRAINE Collaboration, New high-precision measurement system for emulsion gamma ray telescope in sub-GeV/GeV, ICRC2023., July 26 to Aug 3, 2023, Nagoya University, ポスター発表
[3] Hiroki Rokujo, Nuclear emulsion detector for large-area, high-angular-resolution gamma-ray telescope, ICRC2023., July 26 to Aug 3, 2023, Nagoya University, ポスター発表
[4] Ikuya Usud, for GRAINE collaboration, Development and analysis large emulsion converter for GRAINE2023 balloon-borne experiment, ICRC2023., July 26 to Aug 3, 2023, Nagoya University, ポスター発表
[5] Hideyuki Minami, Developments of the next-generation nuclear emulsion readout system “HTS2(Hyper Track Selector 2)”, ICRC2023., July 26 to Aug 3, 2023, Nagoya University, ポスター発表
[6] Tsutomu FUKUDA on behalf of the ESS ν SB+ Collaboration, The European Spallation Source neutrino Super Beam project, ICRC2023., July 26 to Aug 3, 2023, Nagoya University, ポスター発表
[7] Yudai Yamamoto, for the GRAINE collaboration, Evaluation of Emulsion Films Conditions on the Base

of Cosmic Ray Tracks Registered in Transport Test Emulsion Films for the GRAINE2023 Experiments, ICRC2023., July 26 to Aug 3, 2023, Nagoya University, ポスター発表

[8] Saya Yamamoto, for the GRAINE collaboration, Development of high-contrast developing for nuclear emulsion film for GRAINE experiment, ICRC2023., July 26 to Aug 3, 2023, Nagoya University, ポスター発表

[9] H.Rokujo for GRAINE Collaboration, GRAINE: sub-GeV/GeV cosmic gamma-ray imaging with emulsion telescope and balloon experiment in 2023, KASHIWA DARK MATTER SYMPOSIUM 2023, 5-8 December 2023, The University of Tokyo, Kashiwanoha Campus

[10] Hiroki Rokujo, Nagoya University Nuclear Emulsion Facility :Recent Activities and Prospects of Film Production, ICMaSS2023, 2023/12/1-3, Nagoya University

[11] T.Fukuda, The NINJA experiment and its future prospects, ICMaSS2023, 2023/12/1-3, Nagoya University

[12] ○Ikuya Usuda, Yudai Isayama, Toshiyuki Nakano, Yuya Nakamura, Hideyuki Minami, Saya Yamamoto, Hiroki Rokujo and GRAINE collaboration, GRAINE project: Analysis Status of Nuclear Emulsion Converter for the 2023 balloon experiment, ICMaSS2023, 2023/12/1-3, Nagoya University, ポスター発表

[13] Hideyuki Minami, Development of a new fastest readout system “HTS2”., ICMaSS2023, 2023/12/1-3, Nagoya University, ポスター発表

[14] ○Hiiragi Inamoto, Tsutomu Fukuda, Ayaka Kasumi, Tomokazu Matsuo and NINJA collaboration, Status and prospects of NINJA experiment, ICMaSS2023, 2023/12/1-3, Nagoya University, ポスター発表

[15] Tsutomu Fukuda, Study of Neutrino Interactions with Nuclear Emulsion at J-PARC: NINJA experiment and the future, KMI2023, 2023/2/20-22, Nagoya University

[16] O.Sato for FASER Collaboration, Tau neutrino production study by DsTau and studies with neutrinos from LHC by FASERnu, KMI2023, 2023/2/20-22, Nagoya University

[17] Toshiyuki Nakano, Emulsion Scanning Facility in Nagoya, ICMaSS2023, 2023/12/1-3, Nagoya University

[18] Kunihiro Morishima, Muography with nuclear emulsions developed at Nagoya University, Muographer's 2023, 2023/06/19-22, Congress Centre of the University of Naples Federico II

[19] Nobuko Kitagawa, Application of muography with nuclear emulsions for the observation inside levees, Muographer's 2023, 2023/06/19-22, Congress Centre of the University of Naples Federico II

[20] Nobuko Kitagawa, Development of cosmic-ray imaging with nuclear emulsion films for safety assessments of levees, ICRC2023., July 26 to Aug 3, 2023, Nagoya University, ポスター発表

[21] Naotaka Naganawa, High-spatial-resolution nuclear emulsion for ultracold neutrons, ICMaSS2023, A1-Ⅱ-4 (0167), 2023/12/1-3, Nagoya University

[22] Kento Nakano, Development of Automated Grain Density Measurement Method for Evaluation of Nuclear Emulsions Using CNN, ICMaSS2023, 2023/12/1-3, Nagoya University

[23] Kai Shimizu, Silver grain size control of nuclear emulsion with 300nm silver bromide crystal size and performance evaluation using HTS, ICMaSS2023, 2023/12/1-3, Nagoya University

[24] Mento Morii, Application of Cosmic Ray Imaging Using Nuclear Emulsions to Detecting Cavities in Trees, ICMaSS2023, 2023/12/1-3, Nagoya University

[25] Kazuki Kishimoto, ScanPyramids -Exploration of unknown structures of Khafre’s Pyramid by Cosmic Ray Imaging using nuclear emulsions-, ICMaSS2023, 2023/12/1-3, Nagoya University

[26] Hiroto Kodama, 3D reconstruction of cavities by cosmic ray imaging, ICMaSS2023, 2023/12/1-3, Nagoya University

[27] Taketo Nishigaki, Crystal size measurement of silver bromide crystals and evaluation of nuclear emulsions of various crystal size, ICMaSS2023, 2023/12/1-3, Nagoya University, ポスター発表

[28] Atsuki Yoshihara, Exploration of effective conpound of Nuclear Emulsions, ICMaSS2023, 2023/12/1-3, Nagoya University, ポスター発表

[29] Yuki Kanbe, Cosmic Ray Imaging from outside the Pyramids, ICMaSS2023, 2023/12/1-3, Nagoya University, ポスター発表

[30] Nobuko Kitagawa, Cosmic-ray imaging with nuclear emulsion plates for safety assessments of levees,

ICMaSS2023, 2023/12/1-3, Nagoya University, ポスター発表

[31] Kunihiro Morishima, Cosmic Ray Imaging Opens New Horizons in Archaeological Research, ICMaSS2023, 2023/12/1-3, Nagoya University, ポスター発表

c．組織委員、実行委員等

[1] .O.Sato, DsTau, ICMaSS2023, 2023/12/1-3, Nagoya University

Ⅴ．国内学会・口頭発表等

a．招待講演

[1] 中野健斗, 宇宙線イメージングのための高速シミュレーションの開発と古墳内部探査への適用の検討, 第71回応用物理学会春季学術講演会, 東京都市大学, 2024年3月22日～25日

b．一般講演（ポスター発表を含む）

[1] 陳夏姫, 長川恵美, 岩田保, 金田英治, 占部茂治, 谷忠昭, 中竜大, 人工高分子によるゼラチンを用いない超微粒子原子核乾板の開発, 2023年度 日本写真学会年次大会, 東京工業大学すずかけ台キャンパス, 2023年7月17日-18日

[2] 六條宏紀, 原子核乾板によるレーザープラズマからのガンマ線検出への挑戦とパイロットテスト, 2023年度 日本写真学会年次大会, 東京工業大学すずかけ台キャンパス, 2023年 7月 17日-18日, ポスター発表

[3] 児玉滉人, Blenderを用いた宇宙線イメージングによる未知空洞の3次元推定, 2023年度 日本写真学会年次大会, 東京工業大学すずかけ台キャンパス, 2023年 7月 17日-18日, ポスター発表

[4] 霞綺花, 鈴木陽介, 小田川高大, 福田努, 松尾友和, 河原宏晃, 佐藤修, 小松雅宏, 他NINJA コラボレーション, NINJA実験・物理ランにおける最新の解析状況, 2023年 日本物理学会 第78回年次大会, 東北大学（青葉山キャンパス）, 2023年9月16日-19日

[5] 中村悠哉, GRAINE計画：2023年気球実験におけるガンマ線事象解析状況, 2023年 日本物理学会 第78回年次大会, 東北大学（青葉山キャンパス）, 2023年9月16日-19日

[6] 六條宏紀, エマルション望遠鏡による宇宙ガンマ線精密観測実験GRAINE：2023年豪州気球実験における大型与圧容器ゴンドラの運用結果, 2023年 日本物理学会 第78回年次大会, 東北大学（青葉山キャンパス）, 2023年9月16日-19日

[7] 臼田育矢、諫山雄大、中野敏行、中村悠哉、南英幸、山本紗矢、六條宏紀、他GRAINE, GRAINE計画:2023年豪州気球実験エマルションコンバーターの性能評価, 2023年 日本物理学会 第78回年次大会, 東北大学（青葉山キャンパス）, 2023年9月16日-19日

[8] 南英幸, 次世代超高速原子核乾板読取装置HTS2 の開発状況, 2023年 日本物理学会 第78回年次大会, 東北大学（青葉山キャンパス）, 2023年9月16日-19日

[9] 山本紗矢, 諫山雄大, 臼田育矢, 菅波亜門, 杉村昂, 中野昇, 中村友亮, 中村悠哉, 南英幸, 六條宏紀, GRAINE, 原子核乾板における高コントラスト現像液の開発, 2023年 日本物理学会 第78回年次大会, 東北大学（青葉山キャンパス）, 2023年9月16日-19日

[10] 中村悠哉, GRAINE計画：2023年豪州気球実験におけるガンマ線事象解析状況, 2023年度 大気球シンポジウム, 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所, 2023年10月23日-24日

[11] 南英幸, GRAINE 計画：原子核乾板による大面積高解像ガンマ線観測へ向けた次 世代高速読取装置の開発, 2023年度 大気球シンポジウム, 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所, 2023年10月23日-24日

[12] 臼田育矢、諫山雄大、中野敏行、中村悠哉、南英幸、山本紗矢、六條宏紀、他GRAINE, GRAINE2023年豪州気球実験エマルションコンバーターの解析状況, 第9回画像関連学会連合会秋季大会, 名古屋大学 野依記念学術交流館, 2023年11月13日-14日

[13] 福田 努,　他NINJA Collaboration, 原子核乾板を用いた加速器ニュートリノ実験NINJAの最新状況, 第9回画像関連学会連合会秋季大会, 名古屋大学 野依記念学術交流館, 2023年11月13日-14日

[14] 広部大和、小林春輝、森元祐介、桑原謙一、大関勝久、長縄直崇、谷忠昭、他NINJA, NINJA実験に用いる大粒子原子核乾板の開発, 第9回画像関連学会連合会秋季大会, 名古屋大学 野依記念学術交流館, 2023年11月13日-14日

[15] 山本紗矢, 諫山雄大, 臼田育矢, 中村友亮, 中村悠哉, 南英幸, 六條宏紀, GRAINE, 原子核乾板における高コントラスト現像の開発 3, 第9回画像関連学会連合会秋季大会，名古屋大学 野依記念学術交流館, 2023年11月13日-14日
[16] 佐藤修，有賀昭貴, 有賀智子, 早川大樹, 小松雅宏，久下謙一, 三浦真登, 中野敏行, 奥村虎之介, 六條宏紀, 吉本雅浩, タウニュートリノ生成研究－CERN・NA65/DsTau, 第9回画像関連学会連合会秋季大会, 名古屋大学野依記念交流館, 2023年11月13日-14日
[17] 六條宏紀、諫山雄大, 原子核乾板の水素超増感試験, 第9回画像関連学会連合会秋季大会, 名古屋大学野依記念学術交流館, 2023年11月13日-14日, ポスター発表
[18] 杉村昂, 原子核乾板自動塗布装置の開発:消泡剤による品質改善, 第9回画像関連学会連合会秋季大会, 名古屋大学 野依記念学術交流館, 2023年11月13日-14日, ポスター発表
[19] 志水凱, 大粒子原子核乾板の低温現像による粒子サイズ制御と読み取り装置による性能評価, 2023年度 日本写真学会年次大会, 東京工業大学すずかけ台キャンパス, 2023年 7月 17日-18日
[20] 中野健斗, CNN を用いた原子核乾板評価のための自動 Grain Density 計測手法の開発, 2023年度 日本写真学会年次大会, 東京工業大学すずかけ台キャンパス, 2023年 7月 17日-18日
[21] 岸本和樹, ScanPyramids ～宇宙線イメージングによるカフラー王ピラミッドの未知空洞探査～ , 2023年度 日本写真学会年次大会, 東京工業大学すずかけ台キャンパス, 2023年 7月 17日-18日, ポスター発表
[22] 西垣豪人, 宇宙線イメージングによる地下資源探査の検討, 2023年度 日本写真学会年次大会, 東京工業大学すずかけ台キャンパス, 2023年 7月 17日-18日, ポスター発表
[23] 森井健登, 新調湿材料を用いた原子核乾板の調湿手法の研究, 2023年度 日本写真学会年次大会, 東京工業大学すずかけ台キャンパス, 2023年 7月 17日-18日, ポスター発表
[24] 森島邦博, 原子核乾板による宇宙線ミューオンイメージングと対象の多彩化, 2023年 日本物理学会 第78回年次大会, 東北大学（青葉山キャンパス）, 2023年9月16日-19日
[25] 北川暢子, 宇宙線ミューオンを用いた河川堤防内部の可視化, 2023年 日本物理学会 第78回年次大会, 東北大学（青葉山キャンパス）, 2023年9月16日-19日
[26] 志水凱, 大粒子原子核乾板の解析手法の開発, 第84回応用物理学会秋季学術講演会, 熊本城ホール, 2023年9月19日-23日
[27] 中野健斗, 宇宙線イメージングのためのGPUによる高速シミュレーションの開発, 第84回応用物理学会秋季学術講演会, 熊本城ホール, 2023年9月19日-23日
[28] 児玉滉人, Blenderを用いた宇宙線イメージングのシミュレーション手法の開発, 第84回応用物理学会秋季学術講演会, 熊本城ホール, 2023年9月19日-23日
[29] 武藤直人, Hartmut Abele, 有賀智子, 日野正裕, 広田克也, 市川豪, Tobias Jenke, 川崎真介, 北口雅暁, Jakob Micko, 三島賢二, 長縄直崇, 中村光廣, 陳乾, Stéphanie Roccia, 佐藤修, René I. P. Sedmik, 清水裕彦, 高分解能原子核乾板を用いた重力場中で量子化した超冷中性子の位置分布測定の現状, 2023年 日本物理学会 第78回年次大会, 日本物理学会, 東北大学（青葉山キャンパス）, 18pRA34-13, 2023年9月16日-19日
[30] 六條宏紀, 原子核乾板および計測技術開発と活用の現状, 研究会「放射線検出器とその応用」(第38回), 高エネルギー加速器研究機構, 2024年1月22日-23日
[31] 臼田育矢, GRAINE計画：2023年豪州気球実験コンバーター部でのガンマ線解析初期結果, 日本物理学会　2024年春季大会, 日本物理学会, オンライン, 2024年3月18日-21日
[32] 中村悠哉, GRAINE計画：エマルション望遠鏡2023年気球実験におけるガンマ線反応解析の初期結果報告, 日本物理学会　2024年春季大会, 日本物理学会, オンライン, 2024年3月18日-21日
[33] 霞　綺花　, NINJA実験・2019年物理ラン，水標的ECCのニュートリノ反応解析の状況, 日本物理学会　2024年春季大会, 日本物理学会, オンライン, 2024年3月18日-21日
[34] 早川　友博, NINJA実験第2物理ランの最新状況, 日本物理学会　2024年春季大会, 日本物理学会, オンライン, 2024年3月18日-21日
[35] 稲元　柊, NINJA実験RUN9における重水標的のニュートリノ反応の解析, 日本物理学会　2024年春

季大会, 日本物理学会, オンライン, 2024年3月18日-21日
[36] 中村悠哉, MeV-GeVガンマ線精密観測計画GRAINE：2023年豪州気球実験報告, 日本天文学会　2024年春季年会, 日本天文学会, 東京大学, 2024年3月11日-15日

Ⅶ. その他研究業績（撰文、雑誌記事、テレビ報道等を含む）

[1] 森島邦博, ネット記事: サイカル journal by NHK, 新発見ピラミッドに“未知の空間”, 2023/4/27
[2] 森島邦博, ネット記事: 毎日新聞 Web 版, 宇宙線でピラミッドを透視　未知空間は「感動的」, 2023/4/6
[3] 森島邦博, ネット記事：原子力産業新聞, 名古屋大　宇宙線による観測手法でナポリの遺跡を新発見, 2023/5/23
[4] 六條宏紀、中野敏行, ネット記事：AstroArts, 世界最高解像度の気球望遠鏡が宇宙ガンマ線を観測, 2023/5/31
[5] 六條宏紀、中村悠哉、中野敏行, ネット記事：Optics & Photonics News, A Film-Based Gamma Ray “Telescope”, 2023/12/30
[6] 六條宏紀、中村悠哉、中野敏行, ネット記事：Interesting Engineering, Pancake-inspired device is the most powerful gamma-ray telescope, 2023/12/21

6.2.4　X線分光計測部

以下に、令和5年度の成果を教員または研究グループごとにまとめた。

●エネルギー・相界面材料科学グループ

准教授　池永　英司

研究テーマ

放射光X線を用いた高度計測開発を進め、“これまで観測できなかった”・“固-液-気相に捉われない”相界面に着目した物性評価研究を行っている。また以下の研究要素から上記研究を推進している。

・独自な金属ナノ粒子作製から、光触媒, 二次電池, 燃料電池, 人工光合成, 医療技術等を研究対象にした機能材料創製。
・フロンティア研究領域である固-液界面、固-気界面における電子状態探索。
・電子状態観測を可能にする放射光X線高度計測・解析法の開発。

研究の背景・目的

(1)【固－液・固-気界面現象の電子状態探索】

本研究は大気圧湿潤環境下の試料に対する電子状態観測を可能とする硬X線光電子分光（HAXPES）測定の独自技術を基に、化学反応中の固液界面とその近傍の液相における電子状態変化の“その場”観測を行う。従来の光電子分光は試料環境に高真空（10^{-6} Pa以上）が必要で、湿潤試料の適応が困難であった。第三世代光源SPring-8で世界に先駆けて開発されたHAXPESを適応させ、この問題を解決する。液体のような湿潤試料の界面電子状態分析は、燃料電池等の高効率な次世代クリーンエネルギー開発や高価な元素の大量消費を回避させる低炭素型社会の構築が求められる現状で、重要な課題である。また液体を対象とした電子状態の研究分野は、その計測の困難さから敬遠され、著しく遅れているのが現状である。このような光電子分光計測分野においてフロンティアである液体電子状態探索に挑むため、高真空内に湿潤な試料環境を保てる「大気圧溶液セル」の独自開発を進めている。これまでに安全性を確保するインターロック機構の強化を施す必要性から、約１.5年をかけて以下主3項目の安全対策が施された。1. 真空ゲージと光電子分析器電源にリレー回路を設け、真空度悪化に対して電圧供給を強制停止するインターロック機構を強化。2. 試料溶液の

循環量を最小限にする新たなセル機構を製作。3. メンブレン膜の開口サイズを20 um(H) × 30 um(V)へ大幅に縮小したメンブレン膜の製作に成功し、耐圧安全性がさらに向上。上記全ての対策が有効に働き、突発的な液漏れが生じても、機器に影響なく実験遂行できることが確認されている。光電子透過窓を用いた「大気圧溶液セル」に温度制御および電場依存性計測を加えた高度計測技術の開発を行い、微粒子－溶質界面をもつ系（コロイド溶液等）における複雑な固液界面現象の理解を深化させ、先駆的な研究展開を図っている。上記した固液界面のほかに、触媒活性における固気界面現象にも着目し、ガスフローおよび湿潤下での触媒実反応場を保てる固気界面セルを新たに開発している。この新たなセルは硬Ｘ線とＵＶ等の触媒励起光を同時照射でき、反応過程における電子状態変化を見出すことができる。この開発および研究から、反応機構である電子準位間遷移を考慮した人工光合成材料に指針を与える。

(2)【共鳴硬Ｘ線光電子分光(rHAXPES)計測の基盤開発】

本基盤開発は、これまで6,8,10keVの固定励起エネルギーを利用した硬Ｘ線光電子分光 (HAXPES)計測を波長掃引計測へ高度化し、敏感な元素選択計測が可能な新たな計測法を開発することを目的としている。従来、希土類化合物が示す温度誘起価数転移をはじめとする強相関電子系物質の電子状態の観測に対して、HAXPESとXAFSが個別に実施され、それぞれの立場で議論が行われてきた。その理由としては、主に得られる情報 (HAXPES: 電荷移動効果, XAFS: 原子内多重項相互作用) の違いが挙げられる。本高度化では、両測定法の有意点を理解した上で、それぞれのデータを統一的に扱うことで、電子状態の立場から価数転移現象に対する原理を探索する点が大きな特色のひとつである。HAXPESとXAFSによる総合的な解釈が価数転移物質における電子状態に関して有用な情報をもたらすことが示されれば、他の価数転移物質の研究への波及効果も大きく、新しい観点からの研究が進展すると考えられる。具体的には、上記した強相関物質ばかりでなく、現在、主に蛍光法を用いたXAFS測定が精力的に行われている触媒研究への適応が考えられる。光触媒元素のK-edge領域の励起エネルギー掃引計測による共鳴Auger観測から、各共鳴励起点における“Charge Transfer: CT”の特異なスペクトル変化およびシフトを直接観測する。このCTは、共鳴遷移であるdipoleやquadrupole遷移における酸素2p等の混成軌道の影響を反映しているため、界面吸着の化学結合状態や電子軌道局在性の議論を深化させることが可能となる。本基盤開発は、これまで以上のXAFS計測研究との相補的な議論促進が期待され、現在世界多くの放射光施設でHAXPES手法が行われているが、提案している共鳴励起HAXPESは未だ行われておらず、先駆的な手法展開になる。

(3)【ベイズ推定およびレプリカ交換法を用いた新たなＸ線分光スペクトル解析】

現在、様々な物質の物性を知るために分光分析が広く利用されている。この分光分析によって得られたスペクトルを、最適なモデル関数を用いて、パラメータ(ピーク幅、位置、面積、成分数)を求めることは、物性を知るうえで重要なプロセスである。従来から分光スペクトル解析に使用される最小二乗法では、探索にLevenberg–Marquardt法 (LM法)などを利用し、指標として標準偏差を使用している。しかし、LM法といった探索手法では初期値に近い局所解の収束しか得られないことが多く、初期値を変えると収束値が大きく異なっていく。くわえて、標準偏差はパラメータの変化に機敏に対応していないため、どの収束値が正しいか、判断がつかないという従来からの問題があった。そこで本研究ではスパースモデリングやロボット制御などに広く利用されるベイズ推定に着目した。正確なパラメータの探索手法として、ベイズ推定に新たに「レプリカ交換モンテカルロ法」を導入し、Ｘ線分光スペクトル解析に適用した。本解析では優れた指標として、ベイズの自由エネルギーを利用するため、上記した従来の問題を解決できるだけでなく、精度が高い解析が期待できる。

(4)【ナノサイズ化および非混合性金属との複合化によるMgの水素吸放出特性向上に関する研究】

水素吸蔵材料はエネルギーキャリアである水素を金属水素化物や有機水素化物の状態で貯蔵することが可能な材料群である。その実用化に向けての最も喫緊な課題は、エネルギー効率と経済性の両立である。Mgは地殻中に多く含まれ、生産コストも比較的低いため安価に流通している。水素吸蔵反応によってMgH_2が形成し、これを熱分解することで放出される水素を利用することができる。しかし、水素放出反応時に300 ˚C程度の高温条件が必要なため、より低温での水素放出反応、換言すればMgH_2の不安定化が望まれる。近

年において、Mgのナノ粒子化や非混合性の金属との複合化によって水素化物の不安定化が報告されている。第一原理計算によれば、Mgが1.3 nm以下のナノ粒子になることで、水素吸放出に要する温度が著しく低下することが予測されている。また、TiやCrなどのMgとは非混合性の金属と複合化させた薄膜材料では水素吸放出圧力の上昇が報告されており、水素化物の不安定化が生じていると考えられる。ナノ粒子化と非混合性金属との複合化においては、多くの場合ボールミリングなどのトップダウン式の手法が用いられるが、得られるナノ粒子の粒子径に下限（百nm程度）があり、ミリング時に生じる不純物の混合などの問題も懸念される。一方、当研究室で用いているガス中蒸発法によるナノ粒子作製においては、不活性ガス中でナノ粒子を作製するため純度が高く、かつ粒子径が数nm程度のナノ粒子作製も可能である。そのため、本研究ではMgナノ粒子と非混合性金属を複合化させたナノ粒子材料を作製し、その水素吸放出能と表面および界面での局所構造との関係を調べ、材料開発の指針を得ることを目的としている。

(5)【液中プラズマ法による新奇合金ナノ粒子の合成と光触媒反応への応用】

一般的なナノ粒子作製法として用いられる溶液還元法では、溶媒中でナノ粒子が比較的緩やかに形成されるため2つ以上の元素を複合化しつつナノ粒子を作製するうえで元素の組み合わせが限られてしまう。例えば合金化しにくい組み合わせを選んだ場合には、異種金属同士でナノ粒子を形成せず、同種元素同士で結合を形成してナノ粒子化するため、合金ナノ粒子の作製は困難である。一方、液中プラズマ法（SPP）は溶媒中で対向した金属電極に高周波パルス電圧を印加することで生じるグロー放電を用いてナノ粒子を作製する手法である。この手法ではナノ粒子形成の時間スケールが数マイクロ秒と非常に短いため、たとえ合金化しにくい元素の組み合わせであってもナノ粒子化が可能であると考えている。本研究ではこの液中プラズマ法を用いて新奇合金ナノ粒子を作製し、その光触媒反応における助触媒への応用検討を行っている。

成果の概要

(1)【固－液界面現象の電子状態探索】

高真空内に湿潤な試料環境を保てる大気圧溶液セルの独自開発を達成し、pHが異なるNaCl水溶液中に分散したAu,PtNP（AuおよびPtナノ粒子）と水溶液自身の電子状態測定に成功している。電子状態における知見として、フェルミ端近傍に量子サイズ効果に起因する電子状態密度の減少を観測し、価電子帯ではAu5dバンドとO2pの混成による構造が現れていることから、AuNP表面吸着種は酸素であるが分かった。またCl1s、Na1s内殻準位スペクトルから、水和するCl^-やNa^+または電気二重層を形成するNa^+の描像を得た。さらに興味深いことに、低pH水溶液にのみ、AuNPと吸着するCl^-と帰属できる特異なピーク成分を観測した。以上の結果から考察したAuNP表面吸着種の描像は、AuNP表面にはO^-が吸着し、特に低pH水溶液ではO^-とCl^-が混在して吸着している描像を考察している。また、イオン吸着によるAuNP表面の負帯電及び、その周囲を取り囲むH^+またはNa^+による電気二重層の形成がもたらすクーロン反発相互作用が起因となって分散状態を保つ構造を提案した。これまでに固気および固液界面におけるambient HAXPES計測技術を確立した。この成果は2018年度第79回応用物理学会秋季学術講演会において報告し、poster awardを受賞している。また2020年度までに、SPP法で作製したAuNPを敢えて乾燥させ2次凝集を進めた試料における電子状態観測においても、フェルミ端近傍に量子サイズ効果に起因する電子状態密度の減少を観測した。この結果は、化学結合ではなく、物理的に凝集している状態であることを示唆している。くわえて乾燥試料では当初酸化状態であることが予想されたが、上記溶液中の電子状態よりもAu酸化は著しく小さく、溶液中では水分子による水和状態がAuNPに影響している知見を得た。この研究は、SPring-8のパートナーユーザー重点課題[2019-2022]として実施し、原田慈久氏（東大物性研）、土井教史氏（日本製鉄株式会社）との共同研究で実施した成果である。上記の高度開発とともに貴金属微粒子－溶質界面（ソフトマター）をもつ系（コロイド溶液等）における複雑な固液界面の電子状態解明をテーマにした基礎的な学術研究の他に、産業利用課題に適用した研究成果を得ている。

(2)【共鳴硬X線光電子分光 (rHAXPES) 計測の基盤開発および光触媒活性におけるNi3d遷移金属ナノ粒子の荷電移動機構と界面配位構造】

(i)Niの平均的な化学状態評価

計測したNEXAFSスペクトルから1s→4p(8343 eV)への主遷移ピークより低エネルギー側のプレエッジ領域(8325 eV)に遷移強度の小さい構造が観測された。遷移金属であるNiとOの配位子場分裂によってNi3d軌道からe_gおよびt_{2g}の2種の混成軌道が形成される。このことから、プレエッジ領域における構造はNi $3d^9$軌道とO $2p^5$軌道の混成軌道かつ空軌道であるe_g軌道への遷移であることが提唱されている。従って本研究の担持したNiナノ粒子表面は酸化していることが分かった。

(ii)酸素との混成軌道（e_gおよびt_{2g}軌道）の局在性および電荷移動促進の観測

r-HAXPESの波長掃引測定によって得られた各Ni$2p_{3/2}$光電子スペクトルに対し、メタル、Ni^{2+}、Ni^{3+}、酸化物CTおよびメタルサテライトの5成分でピークフィッティング解析を行った。この結果から酸化成分に由来する成分ピーク（Ni^{2+}、Ni^{3+}、酸化物CT）に対応する、光電子の運動エネルギー（K.E.）がXeランプ照射によって増大したことを示した。Xeランプ照射によって、占有t_{2g}軌道の電子がバンド間励起すると共に、X線照射によりNi 1s電子が空軌道であるe_gおよび t_{2g}軌道へと遷移する。この遷移電子と光電子とのクーロン反発により、特異なK.E.増大となったと考えられる。この結果は、e_gおよび t_{2g}軌道の強い局在性を示唆している。また、この局在したe_gおよびt_{2g}軌道において、明瞭な電子収量の増大も観測された。この結果から、Xeランプ照射下で、NiとOによる混成軌道（Ni-O-Ga結合軌道が寄与）であるe_gおよびt_{2g}軌道へ遷移した電子が触媒反応中のCTを促進させている機構が明らかとなった。

(iii)光触媒作製法の検討およびNiO配位構造評価

上記した結果は、浸法(IMP)によって作製したNiO/Ga_2O_3光触媒を対象とする先行研究では、NiO助触媒とGa_2O_3光触媒の界面におけるNi-O-Ga結合軌道が寄与し、電荷移動が促進されることを示唆している。そこで、IMPよりも多くのNi-O-Ga結合をもつNiナノ粒子担持Ga_2O_3光触媒の作製を狙い、表面清浄で反応性に富むナノ粒子を作製することのできる、液中プラズマ法(SPP)に着目した。IMPとSPPにより作製したNiナノ粒子担持Ga_2O_3光触媒との化学状態を比較することで、より触媒活性が高い光触媒作製法の検討を行った。

総じてO1sや母材であるGa2pのr-HAXPES結果もe_gおよびt_{2g}軌道におけるK.E.や収量の増大が観測された。従って、e_gおよびt_{2g}軌道を介してGa_2O_3の電子状態にも影響を与えることが示唆される。本研究により、助触媒の機能発現に関してバンド間遷移とCTが相関するスキームを新たに見出した。またSPPではIMP試料よりもNi-O-Ga結合状態が多いことを観測した。この結果から、SPPによる作製後の加熱変化によるNi-O-Ga結合の収量増減を観測し、IMPにより作製した触媒材よりも高い触媒活性をもつ可能性があることを見出した。加えて触媒反応のキーである界面におけるNi-O-Ga結合は、250℃のSPP加熱で特異的に再構成によりスピネル型（Ni:四面体4配位、Ga:八面体6配位）の配位構造であることを考察した。この結果は、あいちSRにおいて実施したNi K-edge吸収EXAFSによる動径分布解析によってさらに明らかにした成果である。

(3)【ベイズ推定およびレプリカ交換法を用いた新たなX線分光スペクトル解析】

ベイズの定理により、モデル関数からパラメータθの事後分布を生成する。その後、スペクトルのノイズ分散値の逆数bを変え、形状に違いがある複数の事後分布レプリカを生成する。この各レプリカ(…P_{bl}, P_{bl+1}…)に対して最小値を探索することで最適なパラメータを探索していく。複数のレプリカにおいてメトロポリス法を用いて、並列的に探索する。このメトロポリス法では、前の探索点θ_kから次の候補点が乱数で生成される。候補点が探索点より最小値側にあれば候補点を探索点とする。また、最小値から遠ざかる候補値であっても、ある確率で探索点となる。この原理では広域的に探索できるが、局所解が深いと抜け出すのに膨大な時間がかかる。このメトロポリス法の欠点を補うため、交換レプリカ法を新たに導入した。この手法は、ある確率でレプリカの探索点の位置（パラメータ）を交換し、最適値を効率的に探索できる。メトロポリス法とレプリカ交換法を繰り返して、ベイズの自由エネルギーを用い最良のレプリカを決定する。そこからパラメータ、ノイズ分散の最確値を得る。

上記したベイズ推定およびレプリカ交換法を溶液中に分散する金ナノ粒子を対象に測定した、Au4f内殻準位スペクトルに本解析を適用した。解析の結果、ピーク成分数が2つ以上であることがわかり、従来では評価確認が難しかった酸素の吸着成分を見出すことに成功した。さらに、主ピーク成分におけるス

ピン軌道相互作用により分裂したAu4f7/2,5/2のピーク面積比やピーク位置、幅がナノ粒子サイズに依存していることを明らかにし、精度が高い分光スペクトル解析を可能にした。さらに大幅な解析時間の短縮や多成分解析に適用を広げられるように高度化を目指している。この結果は、以下をJournal of Electron Spectroscopy Related Phenomena へsubmit中である。「Reassessment of the Shirley and Model Functions within X-ray Photoelectron Spectroscopy Analysis utilizing Comprehensive Search Methodologies of Bayesian inference」。

(4)【Mg-Mnナノ粒子のMg K-edge XAFS解析】

水素ガスを用いたガス中蒸発法によって作製したMg-Mnナノ粒子のMg K-edge XAFSスペクトルの解析を進めた。XAFSスペクトルは蛍光X線収量法によって得た。この手法は試料内部の深い部分の情報を得ることができる、いわゆるバルク敏感であることが利点だが、欠点として蛍光X線検出に用いる半導体検出器の数え落としによるスペクトル強度の減少が挙げられる。この強度減少はスペクトルのゆがみや解析結果の過小評価の原因となりうるため、何らかの方法で補正することが必要である。そこで、標準試料であるMgOに対して同条件でXAFS測定を実施し、数え落としの度合いが異なるスペクトルをいくつか用意することで真の計数率を求めるための較正曲線を得た。これにより数え落とし補正を実施し、逆モンテカルロ解析によるMg周りの局所構造、とくにMg-Mn界面状態の分析を実施する予定である。

(5)【液中プラズマ法によるAu-Ni混合ナノ粒子の作製とそのX線分光分析】

液中プラズマ法で作製したAu-Niナノ粒子に対して実施したHAXPESとXAFSによる構造分析を行った。HAXPES で得られたAu4fおよびNi ２ pスペクトルのそれぞれにおいてAu-Ni結合に由来すると考えられるピーク成分が見いだされた。さらに、EXAFSスペクトルをフーリエ変換することで得られる動径分布関数についても、Au-Ni結合を仮定した構造モデルを用いることで良いフィッティング結果が得られた。これらの結果から、Au-Niナノ粒子内部でAu-Ni結合が形成されていることが明らかであり、当初の非混合性金属同士の複合化の目的を達成することができた。現在、本成果論文は、執筆中である。

発表論文等

Ⅰ．論文（査読のある学術誌等）

ａ．査読付き論文

[1] Tatsuhiro Ishida, Daiki Ootsuki, Shigeyuki Ishida, Miho Kitamura, Koji Horiba, Yasumasa Takagi,Akira Yasui, Eiji Ikenaga, Kenji Kawashima, Yousuke Yanagi, Akira Iyo, Hiroshi Eisaki, and Teppei Yoshida“Electronic structure and anharmonic phonon mode in BaIr2Ge7 with two-dimensional Ba-Genetworks studied by photoemission spectroscopy” PHYSICAL REVIEW B 107, 045116 (2023)

Ⅴ．国内学会・口頭発表等

ｂ．一般講演（ポスター発表を含む）

[1] 土田 祐大，池永 英司，小川 智史, 吉田 朋子, Pd ナノ粒子を担持した高配向g-C3N4光触媒材評価, 第84回応用物理学会_2023秋期, 熊本城ホール, 19p-D903-8, 2023/9/19

[2] GALIF Hejime, Satoshi Ogawa and Eiji Ikenaga, Synthesis and Characterization of Photocatalytic Cu/Ga2O3 by Solution Plasma Process, 第55回原子力中部支部学会, 名古屋大学, R09, 2023/12/14

[3] 鈴木紘生、池永英司、小川智史、横山優一、水牧仁一朗, ベイズ推定を利用した広域的探索手法におけるShirley法とモデルの再評価~ X線光電子分光スペクトル解析~, 第37回日本放射光学会, アクリエ姫路, 11E3-1S, 2024/1/11

[4] 琴川雄史，小川智史，保井晃，池永英司, 人工光合成触媒のAgナノ粒子担持Ga2O3の電子状態と触媒活性の相関, 第37回日本放射光学会, アクリエ姫路, 12P-53S, 2024/1/12, ポスター発表

[5] 小川智史, 川口拓実, 保井晃, 加藤弘泰, 須田耕平, 池永英司, Au-Ni二元混合ナノ粒子のX線分光分析, 第26回XAFS討論会, 立命館大学びわこ草津キャンパス, 2O 05, 2023/9/5

[6] 小川智史，砥綿眞一，池永英司, XAFS による Mg 系水素吸蔵材料の局所構造解析, 日本金属学会2023年秋期講演大会, 富山大学五福キャンパス, S2.2，p.51, 2023/9/21

[7] 小川 智史，砥綿 眞一，則竹 達夫，中西 裕紀，佐久間 靖博，廣友 稔樹，須田 耕平，池永英司，Mg2NiH4の相変態における構造秩序の影響, 第37回日本放射光学会, アクリエ姫路, 11D4-1, 2024/1/11

6.2.5 ナノ加工計測部

以下に、令和5年度の成果を教員または研究グループごとにまとめた。

●ナノスピンデバイスグループ

教授	加藤 剛志	助教	大島 大輝	特任助教	本田 杏奈
研究員	大住 克史	客員教授	園部 義明		

研究テーマ

高機能磁性薄膜の作製とデバイスへの応用

研究の背景・目的

磁性材料は、従来から磁気記録、磁石、コア材料、磁気センサなどに広く利用されてきたが、近年は、電子のスピン情報を利用するスピントロニクス分野の研究が大きく発展しており、磁性体の応用先が広がっている。本研究室では、磁性薄膜材料、ナノ磁性材料作製に関する技術をベースに磁気記録の高密度化、磁気センサの高感度化・高機能化、固体磁気メモリの基礎技術の開発などを目的として、ナノマグネティクス，スピントロニクス分野の研究に幅広く取り組んでいる。

成果の概要

(1) Cr-W/Fe/MgO積層膜における磁気異方性とスピン軌道トルクに関する研究

磁気ランダムアクセスメモリ（MRAM）の高速な情報書き込み手法としてスピン軌道トルク磁化反転が注目されているが、実用化のためにはさらなる反転電流の低減が課題である。反転電流の低減で効果的な手法としては磁気異方性の電界変調が考えられており，その基本的な素子構造は非磁性層/磁性層/絶縁層の構造である。磁気異方性の電界変調効果が大きな材料系としてCr/Fe/MgOが報告されているが、Crのスピンホール角が小さいことからスピン軌道トルク磁化反転は難しい。そこで本研究ではCrとスピンホール角の大きなWの合金を下地層としたCr-W/Fe/MgOの系の磁気異方性とスピン軌道トルクを調べた。$Cr_{64}W_{36}$/Fe/MgOの積層膜をマグネトロンスパッタ法により作製し、400˚Cで真空中アニールを行ったところ、Cr/Fe/MgO積層膜と同程度の垂直磁気異方性が得られ、Cr-W/Fe/MgO積層膜が垂直磁化膜として実用的であることがわかった。電界効果についても調べたところ、電界印加により保磁力が増減することを確認したが、異方性磁界の電界変調の効果は顕著には見られなかった。また、スピン軌道トルク磁化反転を観測することもできなかった。これは下地のCr-Wの結晶構造に問題があると考えられ、大きな垂直磁気異方性を有しつつ、スピン軌道トルク磁化反転を実現するためには下地のCr-Wの結晶構造を制御する必要があると考えられる。

(2) Tb/FeCo/Gd積層膜のスピン軌道トルクに関する研究

近年、スピントロニクスの分野では空間反転対称性の破れを導入した材料系が注目されており、そのような系では例えばスピンをねじる効果であるジャロシンスキー・守谷相互作用（DMI）が発現し、スピン軌道トルク磁化反転ではDMIを利用した無磁場スピン軌道トルク磁化反転が報告されている。我々のグループではこれまでに希土類-遷移金属合金であるGd/FeCo積層膜のスピン軌道トルクについて研究を行ってきたが、本年度は膜厚方向に空間反転対称性の破れた系であるTb/FeCo/Gd積層膜のスピン軌道トルクについて研究を行った。この系ではTb膜厚を相対的に厚くしていくと垂直磁気異方性を大きくすることができ，MRAMとした場合の情報の長期保持に有利であるが、垂直磁気異方性が大きくなると反転電流も大きくなっ

てしまう。しかしながら、磁気異方性エネルギーの増加に比べ反転電流密度の増加は小さく、性能指数は増加していると考えられる。実験結果を詳細に解析したところ、電流を流した際のジュール熱の効果が影響している可能性があることがわかった。ただし、熱の影響を除いてもTb膜厚が厚くなるにつれて性能指数は増加している様子が見られ、Tb層の導入によりスピン軌道トルク磁化反転が効率化していると考えられる。

(3) イオン照射法のスピントロニクスデバイス応用に関する研究

イオン照射（注入）は半導体デバイスのみならず磁性材料においても有効な技術であり、局所的にイオン照射をすることにより磁性材料の飽和磁化や磁気異方性を局所的に変調することが可能である。近年、空間反転対称性の破れた系が注目されているが、試料作製の容易さから、その多くは膜厚方向に異種材料を積層した、膜厚方向に非対称な系である。膜面内方向の非対称性が有効であることも報告されており、本研究ではグレースケール露光とイオン照射法を用いることで膜面内方向の非対称性や磁気特性の勾配を実現できるか検討した。磁性薄膜上にフォトレジストを形成し、その上から一様にイオン照射を行うことで、磁性薄膜の磁気特性がレジスト膜厚のみで制御できることを確認した。また、グレースケール露光で場所ごとにレジスト膜厚を変化させたレジストパターンを通して一様イオン照射することにより、磁性薄膜の磁気特性を膜面内方向にかつ徐々に変化させることができることを確認した。すなわち、本手法により膜面内方向に非対称性を導入できたと言える。本手法は比較的簡便かつ自在に非対称性を制御できる手法であると考えられ、スピントロニクスデバイスへの応用が期待される。

発表論文等

Ⅰ．論文（査読のある学術誌等）

a．査読付き論文

[1] R. M. Kaloari, E. Widianto, I K. A. P. Dana, A. Lukmantoro, E. Suharyadi, T. Kato, S. Iwata, M. A. U. Absor, I. Santoso, Anomalous optical properties of bismuth ultrathin film using spectroscopic ellipsometry in the visible - ultraviolet range, Thin Solid Films, vol. 773, pp. 139825-1-9, 2023/4/6.

[2] M. Hild, L. E. Golub, A. Fuhrmann, M. Otteneder, M. Kronseder, M. Matsubara, T. Kobayashi, D. Oshima, A. Honda, T. Kato, J. Wunderlich, C. Back, S. D. Ganichev, Terahertz spin ratchet effect in magnetic metamaterials, Phys. Rev. B, vol. 107, pp. 155419-1-15, 2023/4/15.

[3] T. Sumi, M. Horio, T. Senoo, Y. Kubota, G. Yamaguchi, T. Wada, M. Miyamoto, K. Yamaguchi, Y. Tsujikawa, Y. Sato, M. Niibe, Y. Hirata, Y. Miyauchi, D. Oshima, T. Kato, S. Owada, K. Tono, M. Yabashi, I. Matsuda, Observing soft X-ray magnetization-induced second harmonic generation at a heterojunction interface, Appl. Phys. Lett., vol. 122, no. 17, pp. 0146379-1-5 2023/4/26.

[4] K. Seguchi, E. Watanabe, D. Oshima, T. Kato, Laser Induced Spin Current in GdFeCo/Cu/FeCo Trilayers Triggered by Ultrashort Pulsed Laser, J. Magn. Soc. Jpn., vol. 47, no. 4, pp. 108-114, 2023/7/1.

[5] D. Pan, Z. Cao, D. Oshima, T. Kato, Field-Free Spin-Orbit Torque Switching of Co/Pd Memory Layer in CPP-GMR with Perpendicularly Magnetized SAF Pinned Layer, IEEE Trans. Magn., vol. 59, no. 11, 4100505-1-5, 2023/10/26.

[6] K. Komuro, D. Ohima, T. Kato, Fabrication of GMR Sensors with Antiphase Magnetization Modulation and Closed-loop Operation, IEEE Trans. Magn., vol. 59, no. 11, 4000405-1-5, 2023/10/26.

[7] K. Komuro, D. Oshima, T. Kato, Domain Wall Displacement Modulation GMR Sensors with Closed-loop Current-Field Feedback, J. Magn. Soc. Jpn., vol. 48, no. 2, pp. 34-39, 2024/3/1.

Ⅱ．著書

[1] 2023/5/23, スピントロニクスハンドブック－基礎から応用までー , 加藤剛志，他93名, 共著, 第9章第2節第1項　磁性金属／非磁性金属界面の垂直磁気異方性, エヌ・ティー・エス

Ⅳ．国際学会・口頭発表等

a．招待講演

[1] T. Kato, D. Pan, D. Oshima, Current Induced Magnetization Switching for Ultra-high Density Magnetic

Random Access Memory Cells (Invited), Thermec2023, 2023/7/3, Vienna, Austria, THERMEC International Committee

[2] T. Kato, D. Oshima, Planar Patterning of Magnetic Materials by Ion Implantation (Invited), 2024 Annual Meeting of the Physical Society of Taiwan, 2024/1/25, Taoyuan, Taiwan, Taiwan Physical Society

b．一般講演（ポスター発表を含む）

[1] Y. Fujita, S. Yanai, D. Oshima, S. Takahashi, Y. Hirayama, T. Kato, Spin Orbit Torques Magnetization Switching in Tb/Gd/FeCo Multilayers, INTERMAG 2023 Conference, CP-07, 2023/5/17, Sendai, Japan, IEEE Magnetics Society, ポスター発表

[2] D. A. Larasati, D. L. Puspitarum, M. Y. Darmawan, N. I. Istiqomah, J. Partini, T. Kato, E. Suharyadi, Magnetic Hyperthermia Properties of Green Synthesized CoFe2O4/ZnS Nanocomposites utilizing Moringa Oleifera Extract, INTERMAG 2023 Conference, GT-07, 2023/5/19, Sendai, Japan, IEEE Magnetics Society, ポスター発表

[3] M. Riswan, N. Adrianto, I. M. Yahya, N. I. Istiqomah, A. M. Panre, Juharni, S. Wahyuni, M. Arifin, I. Santoso, T. Kato, E. Suharyadi, Electric Potential-Induced Localized Surface Plasmon Resonance of Fe3O4/Ag Composite Nanoparticles, INTERMAG 2023 Conference, GS-07, 2023/5/19, Sendai, Japan, IEEE Magnetics Society, ポスター発表

[4] M. M. Hasan, T. Huang, M. Saito, Y. Takamura, D. Oshima, T. Kato, T. Homma, Electrodeposited CoPt multilayered-nanowire for 3D memory device, INTERMAG 2023 Conference, FC-04, 2023/5/18, Sendai, Japan, IEEE Magnetics Society, ポスター発表

[5] D. Pan, Z. Cao, D. Oshima, T. Kato, Current Induced Switching of Co/Pd Memory Layer in CPP-GMR with Perpendicularly Magnetized SAF Pinned Layer, INTERMAG 2023 Conference, CV-02, 2023/5/17, Sendai, Japan, IEEE Magnetics Society, ポスター発表

[6] K. Komuro, D. Ohima, T. Kato, Fabrication of GMR Sensors with Antiphase Magnetization Modulation and Closed-loop Operation, INTERMAG 2023 Conference, BF-02, 2023/5/16, Sendai, Japan, IEEE Magnetics Society

[7] D. L. Puspitarum, N. I. Istiqomah, D. A. Larasati, A. Kusumaatmaja, H. Aliah, D. Oshima, T. Kato, E. Suharyadi, Construction and Mechanisms of a Recyclable Green-Synthesized CoFe2O4/TiO2 Nanocomposites Photocatalyst for Degradation of Organic Pollutant, IcAUMS 2023, MM2-1014, 2023/8/14, Bali, Indonesia, Asian Union of Magnetics Societies

[8] E. K. Sari, R. M. Tumbelaka, H. Ardiyanti, N. I. Istiqomah, Chotimah, M. Arfin, D. Oshima, T. Kato, E. Suharyadi, Heavy Metal Ion Removal in an Aqueous Environment Utilizing Magnetically Separable Green Synthesized Fe3O4/Cdots Nanocomposite Adsorbents, IcAUMS 2023, MM2-1017, 2023/8/14, Bali, Indonesia, Asian Union of Magnetics Societies

[9] T. Kubota, T. Kato, S. Honda, Y. Sonobe, K. Takanashi, Magnetization reversal induced by spin-orbit torque in perpendicularly magnetized (Mn-Cr) AlGe/W bilayer system, MMM 2023, BS-02, 2023/10/31, Dallas, USA, American Institute of Physics, IEEE Magnetics Society

[10] Y. Yoshida, D. Oshima, H. Yoshikawa, A. Tsukamoto, T. Kato, Perpendicular magnetic anisotropy of (001) oriented W-Cr/Fe/MgO trilayers deposited on MgO substrates, ICMaSS2023, A3-P-21, 2023/12/2, Nagoya, Japan, IMaSS Nagoya University, ポスター発表

[11] D. Oshima, T. Kato, Ion implantation into magnetic thin films through the microstructured resist masks, ICMaSS2023, A3-P-19, 2023/12/2, Nagoya, Japan, IMaSS Nagoya University, ポスター発表

[12] D. Pan, Z. Cao, D. Oshima, T. Kato, Reduction of Spin-Orbit Torque Switching Current in Co/Pd-based CPP-GMR by application of Spin-Transfer Torque, ICMaSS2023, A3-P-18, 2023/12/2, Nagoya, Japan, IMaSS Nagoya University, ポスター発表

[13] A. Honda, E. Watanabe, W. Takeuchi, Y. Honda, T. Kato, H. Amano, Study of carbon behavior in highly carbon-doped GaN crystal, ICMaSS2023, S2-III-3, 2023/12/2, Nagoya, Japan, IMaSS Nagoya University

[14] M. A. A. Masud, W. Asano, T. Nishi, D. Oshima, T. Kato, K. Lee, M. Kawahara, F. Z. Chafi, M. Nishikawa, T. Ishibashi, Compensation Compositions for Magnetization and Angular Momentum in Bismuth, Gallium-substituted Europium Iron Garnet, MRM2023/IUMRS-ICA2023, D1-O302-06, 2023/12/13, Kyoto, Japan, Materials Research Society of Japan, International Unions of Materials Research Societies

[15] K. Maeno, Y. Kutsuna, M. Yanagida, Y. Fujiwara, M. Jimbo, D. Oshima, T. Kato, Strain sensor application of FeSiBNb film showing large Barkhausen jump, ISPlasma2024/IC-PLANT2024/APSPT-13, 05P-P2-38, 2024/3/5, Nagoya, Japan, ISPlasma2024 / IC-PLANTS2024 Secretariat / APSPT-13, ポスター発表

Ⅴ．国内学会・口頭発表等

ａ．招待講演

[1] 加藤剛志, 超短パルス光などによる磁性の超高速現象・高速応答特性評価の技術「スピントロニクス材料の磁気ダイナミクス計測と制御」（招待講演）, 令和5年電気学会基礎・材料・共通部門大会, 電気学会A部門, 愛知工業大学，愛知, 9-D-p1-3, 2023/7/9

ｂ．一般講演（ポスター発表を含む）

[1] 竹谷英久．加藤剛志，松原正和, 極性強磁性メタマテリアルにおけるスピン及び極性によるゼロバイアス光電流のスイッチング, 第78回日本物理学会年次大会, 日本物理学会, 東北大学，宮城, 17pB102-12, 2023/9/17

[2] 小室虎祐，大島大輝，加藤剛志, 閉ループ化した磁壁位置変調型GMRセンサの基礎特性, 第47回日本磁気学会学術講演会, 日本磁気学会, 大阪大学，大阪, 29pD-1, 2023/9/29

[3] 吉田優成，大島大輝，吉川大貴，塚本新，加藤剛志, MgO(001)基板上のW-Cr/Fe/MgO積層膜の垂直磁気異方性, 第47回日本磁気学会学術講演会, 日本磁気学会, 大阪大学，大阪, 27pC-13, 2023/9/27

[4] 藤田雄大，大島大輝，高橋茂樹，平山義幸，加藤剛志, Ta層上に積層したTb/Gd/FeCo多層膜におけるスピン軌道トルク磁化反転, 第47回日本磁気学会学術講演会, 日本磁気学会, 大阪大学，大阪, 29aB-8, 2023/9/29

[5] 潘達，曹哲，大島大輝，加藤剛志, 垂直磁化Co/Pdメモリ層を用いたCPP-GMR膜におけるSTTアシストSOT磁化反転, 第47回日本磁気学会学術講演会, 日本磁気学会, 大阪大学，大阪, 29aB-11, 2023/9/29

[6] 前納洸矢，沓名勇輝，柳田真佑汰，藤原裕司，神保睦子，大島大輝，加藤剛志, 大バルクハウゼン効果を示すFeSiBNb薄膜のひずみセンサへの応用, 第47回日本磁気学会学術講演会, 日本磁気学会, 大阪大学，大阪, 27pPS-8, 2023/9/27, ポスター発表

[7] 鈴木和歩，日野達樹，藤原裕司，神保睦子，大島大輝，加藤剛志, 窒素添加Fe-Ga薄膜の磁気特性におけるN2分圧依存性, 第47回日本磁気学会学術講演会, 日本磁気学会, 大阪大学，大阪, 27pPS-7, 2023/9/27, ポスター発表

[8] 朝野航，M. A. A. Masud，西敬生，大島大輝，加藤剛志，李基鎮，河原正美，F. Z. Chafi，西川雅美，石橋隆幸, Bi, Ga置換Euガーネットの磁化および角運動量補償組成, 第47回日本磁気学会学術講演会, 日本磁気学会, 大阪大学，大阪, 27aD-9, 2023/9/27

[9] 長尾脩平，大島大輝，加藤剛志, Ta/Co/Pt多層膜の磁気特性の成膜時圧力依存性, 第10回応用物理学会SC東海地区学術講演会, 応用物理学会東海支部, 名古屋大学，愛知, A12, 2023/11/3

[10] 渡邊瑛祐，瀬口和也，大島大輝，加藤剛志, 超短パルス光誘起スピン流によるGdFeCoの磁化ダイナミクス, 第10回応用物理学会SC東海地区学術講演会, 応用物理学会東海支部, 名古屋大学，愛知，P19, 2023/11/3, ポスター発表

[11] 大島大輝，加藤剛志, グレースケール露光とイオン照射による磁性積層膜の磁気特性制御, 電気学会マグネティックス研究会, 電気学会マグネティックス研究会, 東北大学，宮城, MAG-23-090, 2023/11/13

[12] 藤田雄大， 大島大輝， 高橋茂樹， 平山善幸， 加藤剛志, Tb/Gd/FeCo多層膜におけるスピン軌道トルク磁化反転の膜構成依存性, IEEE Magnetics Society名古屋支部若手研究会, IEEE Magnetics Society Nagoya Chapter, 下呂，岐阜, 2024/1/30

[13] 大口奈都子，川名梨央，斎藤美紀子，本間敬之，加藤剛志，小野輝男，嶋睦宏，山田啓介, 多層 CoPt

合金ナノ細線の作製に向けた単層 CoPt 合金ナノ細線の作製と物性評価, IEEE Magnetics Society名古屋支部若手研究会, IEEE Magnetics Society Nagoya Chapter, 下呂，岐阜, 2024/1/30

[14] 大島大輝，加藤剛志, グレースケール露光とイオン照射を組み合わせた磁気パターニング手法の検討, IEEE Magnetics Society名古屋支部若手研究会, IEEE Magnetics Society Nagoya Chapter, 下呂，岐阜, 2024/1/30

[15] 藤田雄大，大島大輝，高橋茂樹，平山義幸，加藤剛志, Ta層上のTb / Gd / FeCo多層膜におけるスピン軌道トルク磁化反転のTb層厚依存性, 電気学会マグネティックス研究会, 電気学会, 名古屋大学，愛知, 2024/3/8

[16] N. Oguchi, R. Kawana, M. Saito, T. Homma, T. Kato, T. Ono, M. Shima, K. Yamada, Optimized structure and magnetic properties of CoxPt1-x alloy cylindrical nanowires fabricated by electrodeposition into nanoporous polycarbonate membranes, 第71回応用物理学会春季学術講演会, 応用物理学会, 東京都市大学，東京, 2024/3/22

[17] 狩野達郎，清水大瑚，大木彩加，大島大輝，狩野絵美，加藤剛志，五十嵐信行，長尾全寛, 内部クロックを有する磁区格納型スキルミオンレーストラックメモリ, 第71回応用物理学会春季学術講演会, 応用物理学会, 東京都市大学，東京, 2024/3/23

Ⅶ. その他研究業績（撰文、雑誌記事、テレビ報道等を含む）

[1] 大住 克史, 日刊工業新聞, 文部科学省 研究３事業連携へ 関係者が初めて集うマテリアル戦略総合シンポジウム2023 ～データを「つくる、ためる、つかう」DX基板構築へ～ , 2024/3/1

6.3 材料創製部門

6.3.1 材料物性部

以下に、令和5年度の成果を教員または研究グループごとにまとめた。

●計算流体力学グループ

教授 内山 知実	助教 高牟礼光太郎	客員教授 中山 浩

研究テーマ

・複雑流動現象のモデリングとシミュレーション
・渦を用いた流体の混合促進
・発電用の小型水車の開発
・IoTセンサに適した電源自立型流量計の開発
・深紫外線LED，静電気力および遠心力を活用したウイルス不活化装置の開発
・ウイルスの遮蔽に適したエアカーテン装置の開発

研究の背景・目的

自然界で観察される流れや工業装置が扱う流動は、一般に広範な時間・空間スケールをもち、非線形で複雑な挙動を示す。このような複雑流れの解析・予測を目指して、流れのモデリングとシミュレーションに取り組んでいる。また、液体、気体、固体が混在して相互作用を及ぼし合いながら流れる混相流は、工学的に重要な流れのひとつである。その流動機構を把握するため、実験とシミュレーションを併用した多面的な研究に取り組んでいる。

小規模河川や水路などを利用した出力100 kW以下のマイクロ水力発電が注目を集めている。全国に広く豊富に賦存する微小な水力エネルギーを有効に利用するため、出力1 kW未満のピコ水力発電システムの構築も進めている。

管内を流れる流体の流量の遠隔監視能力を飛躍的に高めるため、自己発電機能と無線通信機能を併せもつ、タービン式流量計の開発に取り組んでいる。

近年の新型コロナウイルスの大流行に伴い、医療現場での使用を想定した、ウイルスの遮蔽に適したエアカーテン装置の開発に取り組んでいる。また、280nmのピーク波長を有する深紫外線LED，静電気力および遠心力を活用した、ウイルスを不活化する装置の開発、および小型化に取り組んでいる。

成果の概要

・水中から鉛直上方に発射された固体球が気液界面を通過する際に生じる球体運動と気液界面挙動の詳細を明らかにした。
・一軸貫通孔を有する球体の運動特性、および後流に発生する渦の放出特性を明らかにした。
・カムテール翼を搭載したエアカーテン装置の気流特性およびウイルス遮断性能を明らかにした。
・深紫外線LED，静電気力および遠心力を利用したウイルス不活化装置の性能を明らかにした。

発表論文等

Ⅰ．論文（査読のある学術誌等）

a．査読付き論文

[1] Satou, E., Uchiyama, T., Takamure, K., Ikeda, T., Okayama, T., Miyazawa T., Tunashima D., Changes in power generation performance of an undershot cross-flow hydraulic turbine in an irrigation canal due to snow masses passing through the rotor, Heliyon, Vol. 9, e20833, 2023/10/13

[2] Takamure, K., Ando, S., Kato, H., Uchiyama, T., Nakayama, H., Collection of Oil Mist using a Baffle Plate-Type Mist Trap, Applications in Engineering Science, Vol.15, 100137. 2023/6/13.

[3] Takamure, K., Iwatani, Y., Amano, H., Yagi, T., Uchiyama, T., Inactivation Characteristics of a 280-nm Deep-UV Irradiation Dose on Aerosolized SARS-CoV-2, Environment International, Vol.177, 108022, 2023/6/8.

[4] Uchiyama, T., Miyamoto, S., Horie K., Takamure, K., Simultaneous Measurement of Volumetric Flowrates of Gas–Liquid Bubbly Flow Using a Turbine Flowmeter, Sensors, Vol.23, 4270, 2023/4/25.

Ⅳ．国際学会・口頭発表等

ｂ．一般講演（ポスター発表を含む）

[1] Kobayashi, D., Takamure, K., Uchiyama, T., Visualized measurement of the wake of a sphere having a uniaxial through-hole, International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2023, A8-P-1, 2023/12/2, 名古屋市（名古屋大学）, 未来材料・システム研究所, ポスター発表

[2] Haruki, T., Ando, S., Yagi, T., Amano, H., Iwatani, Y., Takamure, K., Uchiyama T.,, Measurement of particle collection efficiency of flat plate electrode type electrostatic precipitator, International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2023, A8-P-2, 2023/12/2, 名古屋市（名古屋大学）, 未来材料・システム研究所, ポスター発表

[3] Wang, C., Takamure, K., Uchiyama, T., Experimental Investigation of Jet Characteristics with Cut NACA0036 Airfoil, International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2023, A8-P-3, 2023/12/2, 名古屋市（名古屋大学）, 未来材料・システム研究所, ポスター発表

[4] Nakayama, H., Hisai, T., Takamure, K., Uchiyama, T., Oil mist collection characteristics by using corrugated sheet type oil mist trap, International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2023, A8-P-9, 2023/12/2, 名古屋市（名古屋大学）, 未来材料・システム研究所, ポスター発表

[5] Haruki, T., Ando, S., Yagi, T., Amano, H., Iwatani, Y., Takamure, K., Uchiyama T., Particle Collection Characteristics of a Prismatic Two-stage Electrostatic Precipitator, 20th International Conference on Flow Dynamics, OS13-6, 2023/11/8, 仙台市（仙台国際センター）, 東北大学

[6] Kobayashi, D., Takamure, K., Uchiyama, T., PIV Measurement of the Wake of Sphere with a Uniaxial Through-hole, 20th International Conference on Flow Dynamics, OS13-5, 2023/11/8, 仙台市（仙台国際センター）, 東北大学

[7] Takamure, K., Nakayama, H., Uchiyama, T., Collection performance of oil mist in corrugated sheet type oil mist trap, The 3rd International Symposium on Design & Engineering by Joint Inverse Innovation for Materials Architecture, NGY08, 2023/10/20, 早稲田大学（東京都）, ６大学６研究所連携 出島コンソーシアム, ポスター発表

[8] Kirita, Y., Haruki, T., Ando, S., Yagi, T., Amano, H., Iwatani, Y., Takamure, K., Uchiyama T., Microparticle collection device using electrostatic precipitator technology, The 3rd International Symposium on Design & Engineering by Joint Inverse Innovation for Materials Architecture, NGY07, 2023/10/20, 早稲田大学(東京都), ６大学６研究所連携 出島コンソーシアム, ポスター発表

[9] Haruki, T., Ando, S., Yagi, T., Amano, H., Iwatani, Y., Takamure, K., Uchiyama T., Particle collection characteristics of a prismatic two-stage electrostatic precipitator, 10th International Conference on Vortex Flow Mechanics, No26, 2023/10/16, Nanjing (Nanjing University of Aeronautics and Astronautics), Committee of ICJWSF 2023

[10] Wang, C., Takamure, K., Uchiyama, T., Experimental Investigation on Jet Issuing from Two-Dimensional Nozzle Equipped with Cut Airfoil of NACA0036, 10th International Conference on Vortex Flow Mechanics, No16, 2023/10/16, Nanjing (Nanjing University of Aeronautics and Astronautics), Committee of ICJWSF 2023

[11] Kobayashi, D., Takamure, K., Uchiyama, T., Visualized measurement of the wake of a sphere having a uniaxial through-hole, 10th International Conference on Vortex Flow Mechanics, No36, 2023/10/16, Nanjing (Nanjing University of Aeronautics and Astronautics), Committee of ICJWSF 2023

[12] Fujimori. M., Aiba, K., Iio, S., Arai, T., Takamure, K., and Uchiyama, T., Influence of Nozzle Tip Length on the

Characteristic of a Cross-flow Turbine, AJK 2023, C000203, 2023/7/10, Osaka International Convention Center, ASME-JSME-KSME Fluids Engineering Devision

Ⅴ．国内学会・口頭発表等

ａ．招待講演

[1] 高牟礼光太郎, 内山知実, 流体工学からみた光殺菌の問題点と将来展望, 日本防菌防黴学会第 50 回年次大会, 日本防菌防黴学会, 千里ライフサイエンスセンター , 2S6-Cp03, 2023/8/30

ｂ．一般講演（ポスター発表を含む）

[1] 高牟礼 光太郎, 岩谷 靖雅, 天野 浩, 八木 哲也, 内山 知実, 平板捕集電極をもつ電気集塵装置の粒子捕集特性, 日本機械学会 2023 年度 年次大会, 日本機械学会, 東京都立大学, S054-05, 2023/9/6

[2] 御後 新, 宮澤 真幸, 佐藤 栄一, 池田 敏彦, 内山 知実, 岡山 朋子, 高牟礼 光太郎, 宮澤 友明, 綱島 大祐, 雪氷塊に強い小型水力発電システムの開発 －クリアランスの調整による水車特性の変化及び雪塊が流下した場合の影響－, 雪氷研究大会2023, 日本雪工学会, 日本大学工学部　福島県郡山市田村町徳定中河原1, 2023/9/3

[3] 中山浩, 久井朋季, 高牟礼光太郎, 内山知実, 波板型オイルミストトラップのミスト捕集特性, 日本混相流学会混相流シンポジウム2023, 日本混相流学会, 北海道大学, OS0403, 2023/8/24

[4] 春木健杜, 安藤彰悟, 八木哲也, 天野浩, 岩谷晴雅, 高牟礼光太郎, 内山知実, 二段式電気集塵装置の粒子捕 集特性と可視化, 第51回可視化情報シンポジウム, 可視化情報学会, グランドパーク小樽, OS6-16, 2023/8/8

[5] 小林大亮, 高牟礼光太郎, 内山知実, 一軸貫通孔を有する球体後流の 可視化計測, 第51回可視化情報シンポジウム, 可視化情報学会, グランドパーク小樽, OS4-7, 2023/8/8

Ⅵ．特許等（出願、公開、登録）

ａ．特願（出願特許）

[1] 内山知実,　高牟礼光太郎, 流体浄化装置, 特願2023-176313, 2023/10/11, 国立大学法人東海国立大学機構

●多孔材料化学グループ

教授	中西　和樹	特任准教授	長谷川　丈二

研究テーマ

多孔質材料の創製・細孔構造制御と環境・エネルギー分野への応用
Morphological Design of Porous Materials and Applications to Energy and Environmental Fields

研究の背景・目的

全世界で環境問題が深刻化する中、省エネルギーおよびエネルギー貯蔵分野の技術開発が喫緊の課題となっている。当研究グループで開発している多孔質材料、エアロゲルは、90％以上が気孔でできており、低密度で断熱性に優れ、かつ可視光の透過性も良好であるという特長を有することから、エアロゲルの断熱窓材としての応用研究を進めている。また、導電性を有する多孔質材料（例えばカーボン材料）の開発も行っており、二次電池電極としての応用可能性を探求している。当研究室では、これらの研究課題を通し、環境・エネルギー分野に貢献することを目指している。

On the background of worldwide environmental concerns, developing technologies in energy saving and storage is an urgent issue. One of the porous materials prepared in our research group is an aerogel, which has more than 90% porosity and thereby low density, good thermal insulation property as well as good optical transparency. Our research aims at applying aerogels to a smart window with high thermal insulating nature. We also develop conductive porous materials such as carbons and investigate the capability for secondary battery electrodes.

成果の概要

有機無機ハイブリッドエアロゲルの多孔構造制御と超断熱材料への応用

固体材料のなかで最も高い断熱性能を有するエアロゲルは、断熱素材としての応用が切望されてきたが、超臨界乾燥という特殊な製造プロセスが必要であること、非常に脆く加工性に乏しいことが問題となり、実社会における利用は困難である。本研究グループでは、エアロゲルを構成する素材を有機物と無機物のハイブリッド材料とし、その分子レベルのネットワーク構造およびナノ～マイクロメートルサイズ領域の細孔構造を精密に制御することで、断熱特性・光透過性を維持しながら、機械的特性を向上させることに成功している。これにより、高コストな超臨界乾燥プロセスを経ずにエアロゲルを合成することが可能となり、製造コストの削減も可能となった。

Aerogels, which show the highest thermal insulating property among solid materials, have been studied for applying to a promising thermal insulator. However, it is still fairly challenging because of the high synthetic cost of the supercritical drying process and the extremely weak mechanical property. Our group has successfully improved the fragility of aerogels preserving the good thermal insulating and optically transparent characteristics by preparing organic-inorganic hybrid aerogels with well-designed polymer networks and controlled porous morphologies. The improved mechanical property allows the aerogels to be produced without costly supercritical drying, which paves a pathway to a practical use.

有機高分子系網目の相分離と多孔構造形成

ポリウレタン系、ポリヒドロキシスチレン等の架橋形成反応と、反応誘起相分離および界面活性剤の自己組織化を巧みに組み合わせて、マイクロメートル領域の連続した高気孔率骨格構造をもつ多孔体の合成法を確立した。高い弾性率と圧縮応力下での大変形から可逆的に回復する特異な力学特性を示す多孔材料を、様々な化学組成において作製した。

In the crosslinking system based on polyurethane and polyhydroxystyrene, the combination of reaction-induced phase separation and self-assembly of surfactants produced macroporous monoliths with high-porosity and continuous truss-like structures. Such macroporous monoliths with various chemical compositions exhibited high elastic modulus together with recovering ability under a large compressive deformation.

熱分解誘起相分離によるメソ多孔性酸化物多面体の作製

均一組成のハイドロガーネット構造の熱分解反応による、連続多相構造の形成と副相の除去によって、整った多面体構造とナノ多孔構造からなる結晶性固体が得られる。熱分解反応に誘起される多種の酸化物セラミックス多面体形成挙動を明らかにし、多面体形状・サイズの制御と粒子内部の多孔構造形成機構の解明を進めている。

The thermal decomposition of homogeneous (single phase) hydrogarnet yields continuous multi-phase structures; subsequent removal of soluble phase by dissolution gives mesoporous crystalline polyhedral products. The mechanism of formation of such polyhedral porous crystalline particles induced by the thermal decomposition is being made clear, which will lead to the precise controls on shape, size and pore structure inside the individual crystalline particles.

発表論文等

Ⅰ．論文（査読のある学術誌等）

a．査読付き論文

[1] Yuji Sato, Kazuyoshi Kanamori, Kazuki Nakanishi,* Preparation of Hierarchically Porous Niobium(V) Oxide and Alkaline Niobate Monoliths via Sol-Gel Accompanied by Phase Separation, Chemistry of Materials, 35, 5177-5184 (Jul. 2023).

[2] Hikaru Otaguro, Tomoki Takeno, Ryosuke Sugimoto, Saburo Hosokawa, Hirofumi Akamatsu, Takahisa Yamamoto, Kazuki Nakanishi, Katsuro Hayashi, George Hasegawa,* Hydrogarnet-Derived Porous Polyhedral

Particles of SrFeO3- δ Perovskite, Chemistry of Materials, 35, 6423-6436 (Aug. 2023).

[3] Aaron Brewer,* Chloe Reicher, Olivia Manatschal, Hongzhi Bai, Kazuki Nakanishi, Freddy Kleitz,* Powdered Hierarchically Porous Silica Monoliths for the Selective Extraction of Scandium, ACS Sustainable Chemistry & Engineering, 11, 15432-15439 (Oct. 2023).

d．その他報告書

[1] George Hasegawa,* Katsuro Hayashi, NASICON-Based All-Solid-State Na-ion Batteries: A Perspective on Manufacturing via Tape-Casting Process, APL Energy, 1, 020902 (Jul. 2023).

Ⅱ．著書

[1] 2023年7月, ゾルーゲル法技術の最新動向, 中西 和樹, John Bartlett, 共著, 第1章 ゾルーゲル科学技術の国際動向 pp. 2-7, シーエムシー出版

[2] 2023年7月, ゾルーゲル法技術の最新動向, 長谷川 丈二, 共著, 第16章 ハード柔軟性を有する低密度フェノール樹脂 pp. 302-310, シーエムシー出版

Ⅲ．解説等

[1] 2023年7月, 長谷川 丈二, 相分離を用いた多孔質材料の開発および機能開拓, 東海化学工業会 会報, 319, 2-7, 東海化学工業会

[2] 2023年9月, 長谷川 丈二, 固くて柔軟な多孔質樹脂, 化学と工業, 76, 657, 日本化学会

Ⅳ．国際学会・口頭発表等

a．招待講演

[1] Kazuki Nakanishi, Mechanical Resilience and Transparancy of Siloxane-Based Hybrid Aerogels, 2nd International Congress on Aerogel Inspired Materials, https://conferenceonaerogelinspiredmaterials.com/invited-speakers/, 2023.9.27, San Sebastian, Spain.

[2] George Hasegawa, Fabrication of Mesoporous Polyhedral Particles via Intraparticle Phase Separation, “Supra-ceramics via Solution Processing” International Workshop, 2023.12.12, Alghero, Italy, 学術変革領域（A) 「超セラミックス」

b．一般講演（ポスター発表を含む）

[1] Meng Wang, Kazuki Nakanishi, George Hasegawa, Pore Control of Polyurethane Gels via the Phase Separation Method, DEJI2MA-3, , 2023.10.20, 早稲田大学 国際会議場, 国際・産学連携インヴァースイノベーション材料創出プロジェクト, ポスター発表

[2] Meng Wang, Kazuki Nakanishi, George Hasegawa, Fabrication of Porous Polyurethane Gels with Co-continuous Morphologies, ICMaSS 2023, 102, 2023.12.2, 名古屋大学 東山キャンパス, IMaSS, ポスター発表

[3] Mio Kawase, Kazuki Nakanishi, George Hasegawa, Synthesis of Porous Polysilsesquioxane Monoliths with Flexibility, ICMaSS 2023, 103, 2023.12.2, 名古屋大学 東山キャンパス, IMaSS, ポスター発表

[4] Chika Hiei, Atsushi Takano, Kazuki Nakanishi, George Hasegawa, Characterization of the Molecular Structure of Linear Polymers on Porous Resins, ICMaSS 2023, 104, 2023.12.2, 名古屋大学 東山キャンパス, IMaSS, ポスター発表

Ⅴ．国内学会・口頭発表等

a．招待講演

[1] 長谷川 丈二, 相分離を用いたポリマー多孔体の細孔構造制御と多孔質カーボンへの変換, 産学連携炭素材料研究会 令和5年度第 1 回ABC分科会, 産学連携炭素材料研究会, 産総研・臨海副都心センター, 2023.4.14

[2] 長谷川 丈二, 熱分解誘起相分離を利用した多孔質セラミックス多面体粒子の作製, 粉体粉末冶金協会2023年度春季大会, 粉体粉末冶金協会, 早稲田大学・国際会議場, 2023.6.6

[3] 長谷川 丈二, 元素ブロック架橋高分子多孔体の細孔構造制御と機能化, 第7回元素ブロック研究会, 元素ブロック研究会, 早稲田大学・西早稲田キャンパス, 2023.7.22

[4] 長谷川 丈二, 相分離を利用した多孔質モノリス材料の細孔構造制御, 日本セラミックス協会関西支部

第25回若手フォーラム, 日本セラミックス協会, 大阪・ホテルフクラシア大阪ベイ, 2023.10.3

[5] 長谷川 丈二, 酸化物系全固体Naイオン二次電池の実現に向けて, 第43回 電子材料研究討論会, 日本セラミックス協会, 東京工業大学・すずかけ台キャンパス 大学会館, 2023.11.10

b．一般講演（ポスター発表を含む）

[1] 日江井 千佳, 高野 敦志, 中西 和樹, 長谷川 丈二, ゾルーゲル法による新規フェノール樹脂多孔体の作製と細孔構造制御, 日本ゾルーゲル学会 第21回討論会, 日本ゾルーゲル学会, 豊橋・穂の国とよはし芸術劇場PLAT, 2023.7.14, ポスター発表

[2] 王 萌, 中西 和樹, 長谷川 丈二, 共連続構造をもつ多孔質ポリウレタンゲルの作製と細孔構造制御, 日本ゾルーゲル学会 第21回討論会, 日本ゾルーゲル学会, 豊橋・穂の国とよはし芸術劇場PLAT, 2023.7.14, ポスター発表

[3] 川瀬 美桜, 中西 和樹, 長谷川 丈二, 相分離を伴うゾルーゲル法によるポリシルセスキオキサンゲル多孔体の機械的特性評価, 日本ゾルーゲル学会 第21回討論会, 日本ゾルーゲル学会, 豊橋・穂の国とよはし芸術劇場PLAT, 2023.7.14, ポスター発表

[4] 日江井 千佳, 高野 敦志, 中西 和樹, 長谷川 丈二, 線状高分子ブロックの重合によるフェノール樹脂多孔体の作製, 日本セラミックス協会 第36回秋季シンポジウム, 日本セラミックス協会, 京都工芸繊維大学・松ヶ崎キャンパス, 2023.9.7, ポスター発表

[5] 王 萌, 中西 和樹, 長谷川 丈二, 異なるウレタンブロックを有する架橋高分子樹脂多孔体の細孔構造制御, 日本セラミックス協会 第36回秋季シンポジウム, 日本セラミックス協会, 京都工芸繊維大学・松ヶ崎キャンパス, 2023.9.7, ポスター発表

[6] 川瀬 美桜, 中西 和樹, 長谷川 丈二, 架橋ブロックがポリシルセスキオキサン多孔体の力学特性に与える影響の解明, 日本セラミックス協会 第36回秋季シンポジウム, 日本セラミックス協会, 京都工芸繊維大学・松ヶ崎キャンパス, 2023.9.6, ポスター発表

[7] 長谷川 丈二, 赤松 寛文, 中西 和樹, 林 克郎, Sr3Fe2(OH)12ハイドロガーネットの熱分解過程における結晶相転移挙動の解析, 日本セラミックス協会 第36回秋季シンポジウム, 日本セラミックス協会, 京都工芸繊維大学・松ヶ崎キャンパス, 2323.9.7

●ナノ構造制御学グループ

教授　山本　剛久

研究テーマ

セラミックスの新規合成プロセス技術の開発および高分解能透過型電子顕微鏡を用いた結晶表面、結晶粒界などの原子構造解析・電子状態分析に関する研究を行っている。セラミックスの焼結プロセスを短時間化させる新規フラッシュ焼結技法の開発、高電気伝導を実現できる混合原子価化合物薄膜の開発、結晶表面のステップテラス形成のための新規手法の開発に取り組んだ。

研究の背景・目的

多くのセラミックスは高温・長時間の熱処理プロセスである焼結法により作製される。例えば、構造用セラミックスとして用いられている部分安定化ジルコニア（PSZ）では、1500℃程度の高温下において数時間の熱処理が必要となる。構造用セラミックスとしての機械的特性を担保した上で、この焼結プロセスを短時間化しうる新たな焼結プロセス技術を開発することは極めて重要である。本研究では、この短時間化させる技術として焼結中に電界を利用する手法に着目し、その短時間化にかかわる技術開発を行った。さらに、この電界プロセスをセラミック表面の微細亀裂修復や結晶表面の終端原子構造制御へと応用する技術へと展開させた。

成果の概要

構造用セラミックスとしての機械的特性を担保するためには、焼結後の相対密度を99%程度以上にまで緻密化させることが必須となる。そこで、電界を用いて昇温するときに発現するフラッシュ現象を、適切に制御する手法の開発に取り組んだ。その結果、焼結温度～800℃において相対密度がほぼ理論密度程度にまで緻密化させる新たな焼結法（SCF法）を開発した。さらに、昇温工程も含めた全焼結工程の短時間化に取り組み、昇温開始から焼結終了までを30分以内で完了しうる焼結技術を構築させた。また、セラミック表面の微細亀裂を、極短時間で修復させることに成功した。

発表論文等

Ⅰ．論文（査読のある学術誌等）

a．査読付き論文

[1] Kayukawa, S; Katsuyama, Y; Kodaira, A; Tokunaga, T; Morita, K; Nakamura, A; Yamamoto, T, Flash healing of Vickers microcracks formed on the (001) surface of cubic zirconia single crystals, JOURNAL OF THE EUROPEAN CERAMIC SOCIETY, Vol.43, pp.6272-6278, ,2023/11

[2] Suzuki, S; Dazai, T; Tokunaga, T; Yamamoto, T; Katoh, R; Takahashi, R, Structural Defect Effect on the Concentration Quenching of TbXY2-XO3 Phosphor Thin Films, JOURNAL OF THE EUROPEAN CERAMIC SOCIETY, Vol.127, pp. 9380-9387, 2023/5/9

[3] Takahashi, S; Morita, K; Nambu, K; Terada, D; Kobayashi, K; Tokunaga, T; Yamamoto, T, Effect of Initial Grain Size on Crack Healing Behavior under DC Electric Field of Zirconia (8Y-CSZ) Ceramic, ADVANCED ENGINEERING MATERIALS, Vol.127, 2201807, 2023/3/3

[4] Tozawa, M; Miyamae, C; Akiyoshi, K; Kameyama, T; Yamamoto, T; Motomura, G; Fujisaki, Y; Uematsu, T; Kuwabata, S; Torimoto, T, One-pot synthesis of Ag-In-Ga-S nanocrystals embedded in a Ga2O3 matrix and enhancement of band-edge emission by Na+ doping, NANOSCALE ADVANCES, Vol.5, pp.7057-7066, 2023/12/5

[5] Ishino, Y; Koike, M; Kodaira, A; Tokunaga, T; Yamamoto, T, Near-full compaction within only 30 min of total sintering time by shrinkage-rate-controlled flash sintering in 3 mol % Y2O3-doped ZrO2 polycrystal, JOURNAL OF THE CERAMIC SOCIETY OF JAPAN, Vol.131, pp.600-607, 2023/10

[6] Kameyama, T; Sato, K; Yamamoto, T; Tamura, M; Iida, T; Shoji, T; Tsuboi, Y; Torimoto, T, Promoting Oxygen Reduction Reaction by Excitation of Localized Surface Plasmon of Shape- and Facet-Controlled Octahedral Au@Pt Core-Shell, CHEMELECTROCHEM, Vol.10, e202300182, 2023/9/1

[7] Koike, M; Kodaira, A; Tokunaga, T; Yamamoto, T, Apparent Sintering Activation Energy Estimated by Master Sintering Curves for 8mol% Y2O3 Doped ZrO2 Polycrystals during Shrinkage-Rate Controlled, MATERIALS TRANSACTIONS, Vol.64, pp.2315-2320, 2023/7/7

[8] Katsuyama, Y; Kodaira, A; Tokunaga, T; Yamamoto, T, Scanning electron microscopy observation in wide field of view for SrO/TiO2-terminated step-terrace structure formed on SrTiO3(001) single crystal, JOURNAL OF THE CERAMIC SOCIETY OF JAPAN, Vol.131, pp.135-139, 2023/5

[9] Jiang, C; Tozawa, M; Akiyoshi, K; Kameyama, T; Yamamoto, T; Motomura, G; Fujisaki, Y; Uematsu, T; Kuwabata, S; Torimoto, T, Development of Cu-In-Ga-S quantum dots with a narrow emission peak for red electroluminescence, JOURNAL OF CHEMICAL PHYSICS, Vol.158, 164708, 2023/4/28

[10] Tanahashi, S; Okawara, S; Tokunaga, T; Yamamoto, T, Local Crystallization of Amorphous Aluminum Oxide Thin Film Using Electron Beam Irradiation by SEM, MATERIALS TRANSACTIONS, Vol.64, pp.184-190, 2023

[11] A. Watanabe, T. Yamamoto, R. Miyamoto, and Y. Takigawa, Microstructure and tensile strength of electrodeposited Fe-rich bcc FeCoNi medium-entropy alloys, Materials Science and Technology, Vol39, pp. 2028-2034, 2023/11

[12] Shoma Takahashi, Koji Morita, Kohta Nambu, Daisuke Terada, Kiyoshi Kobayashi, Tomoharu Tokunaga,

Takahisa Yamamoto, Effect of Initial Grain Size on Crack Healing Behavior under DC Electric Field of Zirconia (8Y-CSZ) Ceramic, ADVANCED ENGINEERING MATERIALS, Vol25, 2201807, 2023/9

[13] Takahisa Yamamoto, Improvements in Flash Sintering for Practical Application, MATERIALS TRANSACTIONS, Vol.64, pp.2059-2068, 2023

[14] 寺崎 保裕, 望月 喬史, 小畠 淳平, 山本 剛久, 瀧川 順庸, ナノインデンテーション法を用いた高純度アルミニウム合金の局所力学特性に及ぼす添加元素の影響解明, 日本金属学会誌, Vol.87, pp. 219-225, 2023

[15] Makoto Tozawa, Chie Miyamae, Kazutaka Akiyoshi, Tatsuya Kameyama, Takahisa Yamamoto, Genichi Motomura, Yoshihide Fujisaki, Taro Uematsu, Susumu Kuwabata, Tsukasa Torimoto, One-pot synthesis of Ag–In–Ga–S nanocrystals　embedded in a Ga2O3 matrix and enhancement of band-edge emission by Na+ doping, ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY, Vol.5 pp. 7057-7066, 2023

[16] M. Seko, S. Inagaki, T. Tokunaga, S. Kobayashi, A. Nakamura, T. Yamamoto, Applying an alternating current to strontium titanate minimizes the change in oxidation state caused by flash sintering, Journal of the European Ceramic Society 44 (2024) 2965–2971

[17] M. Seko, S. Kayukawa, S. Inagaki, T. Tokunaga, T. Yamamoto, Variation of grain boundary dihedral angles caused by voltage-to-current-based flash treatment in fully stabilized yttria-doped zirconia polycrystals, Journal of the Ceramic Society of Japan 132 [2] 63-67 2024

Ⅲ．解説等

[1] 2023, 山本　剛久, フラッシュ焼結技術の改良と実用化への展望, 粉体および粉末冶金, 第70巻第1号 p. 18-29, J. Jpn. Soc. Powder Powder Metallurgy

Ⅳ．国際学会・口頭発表等

ａ．招待講演

[1] Takahisa Yamamoto, Formation of electric field-induced point defects by flash events, The international Conference on Sintering 2023, 2A-I13, 2023/8/29, 長良川国際会議場, The Ceramic Society of Japan

[2] Takahisa Yamamoto, Diffusional mass transport phenomena under flash event in oxide ceramics, The international Conference on Sintering 2023, 2A-I10, 2023/8/29, 長良川国際会議場, The Ceramic Society of Japan

ｂ．一般講演（ポスター発表を含む）

[1] Takahisa Yamamoto, Flash healing of Vickers microcracks formed on (001) surface of cubic zirconia single crystals, The international Conference on Sintering 2023, 1P-48, 2023/8/28, 長良川国際会議場, The Ceramic Society of Japan, ポスター発表

[2] Takahisa Yamamoto, Variation of Surface Step-terrace Structures Formed by Electric Fields, MRM2023, F5-O403-02, 2023/12/14, 国立京都国際会館, The Materials Research Society of Japan

[3] Shunsuke Kayukawa, Enhancement of Lattice Diffusion Caused by Electric Fields Revealed in Flash Healing Process for Vickers Microcracks of Zirconia Single Crystal, MRM2023, F5-P304-02, 2023/12/13, 国立京都国際会館, The Materials Research Society of Japan, ポスター発表

[4] Shunta Inagaki, Wide-field View Observation for Step Terrace Structure formed on (001) Surface of SrTiO3 Single Crystal by Scanning Electron Microscopy, MRM2023, A4-P401-07, 2023/12/14, 国立京都国際会館, The Materials Research Society of Japan, ポスター発表

[5] Shigekazu Hidaka, STEM observation for c-axis oriented apatite-type lanthanum silicon oxide thin film grown by magnetron sputtering, MRM2023, A4-P401-02, 2023/12/14, 国立京都国際会館, The Materials Research Society of Japan, ポスター発表

Ⅴ．国内学会・口頭発表等

ｂ．一般講演（ポスター発表を含む）

[1] 粥川　俊介, ジルコニアの微細亀裂フラッシュ修復挙動における粒内および粒界拡散の電界効果, 日本セラミック協会第36回秋季シンポジウム, 日本セラミックス協会, 京都工芸繊維大学, 1V21,

2023/9/6

[2] 田村　涼馬, Ga2O3焼結体の蛍光特性および組織に与えるフラッシュ焼結法の影響, 日本セラミック協会第36回秋季シンポジウム, 日本セラミックス協会, 京都工芸繊維大学, 1V22, 2023/9/6

[3] 瀬古　幹人, チタン酸ストロンチウム（SrTiO3）のフラッシュ焼結過程における電界印加効果, 粉末冶金学会春季大会, 粉体粉末冶金協会, 早稲田大学, 2-5A, 2023/6/6

●理論化学グループ

准教授　安田　耕二	助教　井内　　哲

研究テーマ

理論化学や統計的学習に基づいた分子や物質の理解と設計手法の開発

研究の背景・目的

理論化学は長時間シミュレーションにより実験に頼らず分子の反応性などを予測できるようになった．機械学習によるパターン認識能力は非常に発展し，既知の化学反応事例から規則を学習できるようになった．これらを組み合わせ，複雑で膨大な数の反応を人力によらず探索，予測することが目標である．有機遷移金属化学反応の機械学習は，触媒反応を含み重要である．食品を構成する化合物は加熱で複雑な反応を起こすが，有害物質生成など安全性の点から興味が持たれる．遷移金属錯体の励起状態変化はエネルギー変換の素過程としても重要である．これらを研究対象とした．

成果の概要

鉄(II)錯体の励起状態を表するモデルハミルトニアンを，異なる金属の錯体に適用する研究を行った．植物中の色素分子の溶液内構造を調べるシミュレーション研究を行った．遷移金属化合物の素反応データベースを機械学習の一手法であるグラフニューラルネットに学習させた．反応の出発物質の構造をグラフで表し，ニューラルネットに入力すると，97%の高精度で生成物が予測できた．また多段階反応の出発物と最終生成物から，強化学習を用いて反応メカニズムを推論できた．食品を構成する代表分子として糖とアミノ酸に注目し，その反応パターンを収集し，生じ得る化合物を探した．加熱生成物を半定量的に予測するため，代表的な約1万反応の反応熱と活性化エネルギーを量子化学計算で求めた．反応を半自動で探索，量子化学計算し，データを収集するプログラムを作成した．反応熱と活性化エネルギーの間には良い直線関係が得られ，このデータをニューラルネットワークに学習させ，食品の加熱で生じる反応を半定量的に予測するプログラムを作成した．

発表論文等

Ⅰ．論文（査読のある学術誌等）

a．査読付き論文

[1] Motoji Sakai, Mitsunori Kaneshige, Koji Yasuda. Learning organo-transition metal catalyzed reactions by graph neural networks. Journal of Computational Chemistry, 45(6), 341-351 (2024), DOI: 10.1002/jcc.27243

[2] Iuchi, S., Koga, N., Ultrafast Electronic Relaxation in Aqueous $[Fe(bpy)_3]^{2+}$: A Surface Hopping Study, J. Phys. Chem. Lett. Vol.14, pp.4225-4232, 2023/5/11

Ⅱ．著書

[1] 2023/6/7, Takahashi, S., Iuchi, S., Hiraoka, S., Sato, H., Theoretical and computational methodologies for understanding coordination self-assembly complexes, Phys. Chem. Chem. Phys., Vol.25, pp.14659-14671, Royal Society of Chemistry

Ⅳ．国際学会・口頭発表等

ｂ．一般講演（ポスター発表を含む）

[1] Motoji Sakai, Su Dehong, Koji Yasuda., Learning Organo-Transition Metal Catalyzed Reactions by Graph Neural Networks, TACC2023, 2023.9.4-9, Sapporo, ポスター発表

[2] Motoji Sakai, Su Dehong, Koji Yasuda., Learning Organo-Transition Metal Catalyzed Reactions by Graph Neural Networks, ICMaSS2023, 2023.12.1-3, Nagoya, ポスター発表

Ⅴ．国内学会・口頭発表等

ｂ．一般講演（ポスター発表を含む）

[1] 井内哲、古賀伸明, トリスビピリジン鉄(II)錯体の励起緩和ダイナミクスに関する非断熱分子動力学計算, 第25回理論化学討論会, 理論化学会, 資生堂 S/PARK ホール, 2L07, 2023/5/17

6.3.2 材料設計部

以下に、令和5年度の成果を教員または研究グループごとにまとめた。

●ナノスピン・磁性材料創成工学グループ

教授	水口　将輝	准教授	宮町　俊生	特任助教	Bowen Qiang
客員教授	小森　文夫				

研究テーマ

磁性ナノ薄膜構造における機能物性の解明

研究の背景・目的

身の回りの環境で排出される熱などの微小エネルギーを回収して電力にする環境発電が注目されている。その中でも、熱と電子スピンの相関を用いる熱磁気効果を利用したエネルギー変換材料の創出について様々な取り組みがなされているが、熱磁気効果を熱電発電に応用する場合、その変換効率が高い材料が有用である。そのため、通常の金属磁性材料などにナノ構造を付与することによりエネルギー変換効率を制御することができれば、熱電変換デバイスへの応用に望ましいと考えられるが、その開発はあまり進んでいない。本研究では、ナノ構造と、全く新しいエネルギー変換手法という2つの基軸を組み合わせることにより、革新的に高効率なエネルギー変換材料の創成を目指す。ナノ構造として、高度な設計・制御の方法論に基づいた、ナノスケールのドット、ワイヤ、空隙などを有機的に組み合わせた各種構造を作製し、熱・スピン・電界といったパラメータ間の交差相関現象を背景としたエネルギー変換材料を創成する。

成果の概要

環境発電への新たなアプローチとして、異常ネルンスト効果が注目されている。異常ネルンスト効果とは、強磁性体内で温度差が生じるとその磁化と温度勾配の外積方向に電場が生じる現象である。一般的な強磁性体における異常ネルンスト効果の熱電変換効率は0.1 ～ 0.3 μV/K 程度であるが、環境発電素子として用いるには10 ～ 20 μV/Kほどの大きさが求められるため、その変換効率の増大が課題となっている。現在、Co-MgOグラニュラー薄膜などにおいて、強磁性体単体の薄膜と比べて変換効率が向上した例が報告されている。そこで本研究ではCo母相にGeをナノスケールで分散させ、Geの分散が異常ネルンスト効果に与える影響を調べた。CoをDCスパッタ、GeをRFスパッタより、それぞれ同時にMgO基板にスパッタすることで$Co_{1-x}Ge_x$薄膜を作製した。スパッタによって作製した試料の組成はそれぞれ x = 0, 0.13, 0.17, 0.24, 0.35 であった。また、Geの添加量が増えるにつれて磁化は減少することが分かった。一方で、異常ネルンスト効果の大きさを示す横ゼーベック係数(S_{xy})はGeを添加するにつれて増加し、x = 0.24で極大値をとり、一般的な強

磁性体におけるスケーリング則に従っていないことが分かった。CoにGeを添加すると、ゼーベック係数の符号が反転し、絶対値は異常ネルンスト効果の時と同様にx = 0.24で極大となった。この結果は、熱電変換効率が大きく増加するグラニュラー構造のようなナノ構造を用いて熱電変換素子の設計を行うことにより、熱電変換効率を高められる可能性を示している。

発表論文等

Ⅰ．論文（査読のある学術誌等）

a．査読付き論文

[1] Takushi Iimori, Toshio Miyamachi, Takashi Kajiwara, Kazuhiko Mase, Satoru Tanaka, Fumio Komori, Kan Nakatsuji, "Width-dependent band gap of arm-chair graphene nanoribbons formed on vicinal SiC substrates by MBE", Journal of Physics: Condensed Matter 35, 455002 (2023). 2023/8/15

[2] Hiroki Ono, Yoshitaka Umeda, Kaito Yoshida, Kenzaburo Tsutsui, Kohei Yamamoto, Osamu Ishiyama, Hiroshi Iwayama, Eiken Nakamura, Toshihiko Yokoyama, Masaki Mizuguchi, Toshio Miyamachi, "Intermolecular Interaction Induced Magnetic Decoupling at an Organic–Inorganic Interface", The Journal of Physical Chemistry C 127, 23935–23940 (2023). 2023/12/4

Ⅲ．解説等

[1] 2024/2/1, 水口将輝, 異常ネルンスト効果による熱電変換現象, 固体物理, 2024年、Vol.59, No.696、P. 55-65, アグネ技術センター

Ⅳ．国際学会・口頭発表等

a．招待講演

[1] Masaki Mizuguchi, Spin Caloritronics in Magnetic Nano-structures, IcAUMS 2023, 2023/8/14, Bali, AUMS

[2] Masaki Mizuguchi, Vortex-Nernst effect in superconductor-ferromagnet bilayers, Superconducting spintronics 2023, 2023/10/3, online, 東京工業大学

[3] Masaki Mizuguchi, Anomalous Nernst effect in Ferromagnetic Nano-structures, 韓国冬期磁気学会(KMS), 2023/11/24, Busan, KMS

[4] Masaki Mizuguchi, Anomalous Nernst effect in nanostructured materials, Iwate Spintronics School, 2024/2/22, Shizukuishi-cho, 岩手大学

b．一般講演（ポスター発表を含む）

[1] Masaki Mizuguchi, Mössbauer Spectroscopy for Ferromagnetic Nanoparticles, ICAME2023, 2023/9/5, Cartagena de Indias, IBAME

[2] T. Miyamachi, S. Nakashima, Y. Takagi, T. Yokoyama, and F. Komori, Local strain induced structural and electronic inhomogeneity in Fe thin films on Cu(001) , ICSPM31, 2023.12.7, 東京工業大学, 応用物理学会 薄膜・表面物理分科会, ポスター発表

[3] T. Miyamachi, Y. Umeda, H. Ono, K. Kawaguchi, T. Gozkinski3,4, T. Iimori, K. Yamamoto, W. Wulfhekel, T. Yokoyama, F. Komori, and M. Mizuguchi, Atomic-scale interface structures of FeCo alloy thin films on Cu(001) grown by nitrogen surfactant epitaxy, ICMaSS 2023, 2023.12. 1 , 名古屋大学, 名古屋大学, ポスター発表

[4] QIANG BOWEN, Magnetic and Transport Properties of Chiral Antiferromagnetic $Co_{2-x}Pd_xMo_3N$ Thin Films, Intermag 2023, 2023/9/29, 仙台国際センター , IEEE, ポスター発表

[5] QIANG BOWEN, Magnetic skyrmions in the filled β -Mn-type $(Fe\text{-}Pd)_2Mo_3N$ chiral magnet, 6研DEJI2MA会議 2023, 2023/10/20, 早稲田大学, 早稲田大学, ポスター発表

[6] QIANG BOWEN, Anomalous and Topological Nernst effect of skyrmions in the Filled β -Mn-type Chiral Magnet $Fe_{2-x}Pd_xMo_3N$, ICMaSS 2023, 2023/12/3, 名古屋大学, 名古屋大学, ポスター発表

[7] Takuya Tsujimoto, Takeshi Fujita, Toshio Miyamachi, and Masaki Mizuguchi, Enhancement of Anomalous Nernst Effect in Ge Doped Co Thin Films, 11th International Symposium on Metallic Multilayers, 479, 2023/7/25, Korea University, Korea, KMS, ポスター発表

[8] Hiroki Ono, Yoshitaka Umeda, Kohei Yamamoto, Osamu Ishiyama, Toshihiko Yokoyama, Masaki Mizuguchi, and Toshio Miyamachi, Magnetic Coupling Anisotropy at CoPc/ γ′-Fe_4N Organic-inorganic Hybrid Interface, 11th International Symposium on Metallic Multilayers, 494, 2023/7/25, Korea University, Korea, KMS, ポスター発表

[9] Junwei Zhang, Bowen Qiang, Toshio Miyamachi, Masaki Mizuguchi, Anomalous Nernst effect in NiFe/Cu/NiFe multilayer structure, MRM2023/IUMRS-ICA2023, D3-O303-03, 2023/12/13, 国立京都国際会館, MRS-J

[10] Soki Yoshida, Bowen Qiang, Toshio Miyamachi, Masaki Mizuguchi, Anomalous Nernst effect in FePt thin films with electric field, MRM2023/IUMRS-ICA2023, D3-O303-04, 2023/12/13, 国立京都国際会館, MRS-J

[11] Y. Umeda, H. Ono, K. Yamamoto, O. Ishiyama, T. Yokoyama, M. Mizuguchi, T. Miyamachi, Impacts of annealing on structural and magnetic properties of FeCo ordered alloy thin films fabricated using the nitrogen surfactant effect, ICSPM-31, S4-15, 2023/12/7, 東京工業大学, 応用物理学会 薄膜・表面物理分科会, ポスター発表

[12] K. Yoshida, H. Ono, Y. Umeda, K. Tsutsui, K. Yamamoto, O. Ishiyama, Y. Matsuo, T. Yokoyama, M. Mizuguchi, T. Miyamachi, Enhancement of perpendicular magnetic anisotropy in Co nano-islands by the formation of C_{70}-Co organic-inorganic hybrid interface, ICSPM-31, S4-16, 2023/12/7, 東京工業大学, 応用物理学会 薄膜・表面物理分科会, ポスター発表

Ⅴ．国内学会・口頭発表等

a．招待講演

[1] 水口将輝, 磁性ナノ構造における熱電効果, 光・熱・電気と磁気の相互作用の活用技術調査専門委員会研究会, 光・熱・電気と磁気の相互作用の活用技術調査専門委員会研究会, 横浜国立大学, 2023/6/2

[2] 水口将輝, 異常ネルンスト効果の基礎, 第244回研究会 /第7回磁気センサ専門研究会, 日本磁気学会・日本磁気学会磁気センサ専門研究会, 東北大学, 2023/9/15

[3] 水口将輝, Thermoelectric power generation by magnetic nano-structures, 物性研短期研究会, 東京大学物性研究所, 東京大学, 2023/12/5

[4] Toshio Miyamachi, Atomic-scale surface and interface magnetism based on ferromagnetic monatomic layer iron nitrid, 日本磁気学会, 日本磁気学会, 大阪大学, 2023.9.28

b．一般講演（ポスター発表を含む）

[1] QIANG BOWEN, カイラル充填β-Mn構造を有する強磁性スキルミオンにおけるD/J制御, 第47回　日本磁気学会学術講演会, 日本磁気学会, 大阪大学　豊中キャンパス, 19pE-8, 2023/9/29

[2] 和田和己，宮町俊生，水口将輝, 磁性元素を添加したSnSe薄膜における異常ネルンスト効果, 第47回　日本磁気学会学術講演会, 日本磁気学会, 大阪大学, 28aB-1, 2023/9/28

[3] 吉田颯稀，宮町俊生，水口将輝, FePt薄膜における異常ネルンスト効果の電界制御, 第47回　日本磁気学会学術講演会, 日本磁気学会, 大阪大学, 28aB-2, 2023/9/28

[4] 辻本卓哉，藤田武志，宮町俊生，上田茂典，水口将輝，GeをドープしたCo薄膜における異常ネルンスト効果, 第47回　日本磁気学会学術講演会, 日本磁気学会, 大阪大学, 28aB-7, 2023/9/28

[5] 小野広喜，梅田佳孝，吉田海仁，筒井健三郎，山本航平，石山 修，横山利彦，水口将輝, 宮町俊生, CoPc/γ'-Fe_4N有機-無機ハイブリッド界面における構造の粗さと磁気結合の相関, 第47回　日本磁気学会学術講演会, 日本磁気学会, 大阪大学, 28aD-6, 2023/9/28

[6] 吉田海仁，小野広喜，梅田佳孝，筒井健三郎，山本航平，石山 修，松尾 豊，横山利彦，水口将輝, 宮町俊生, C_{70}分子を用いた有機-無機ハイブリッド薄膜の界面磁気状態, 第47回　日本磁気学会学術講演会, 日本磁気学会, 大阪大学, 28aD-7, 2023/9/28

[7] 筒井 健三郎、小野 広喜、山本 航平、石山 修、横山 利彦、水口 将輝、宮町 俊生, 界面磁気結合を利用したPd/Ni薄膜ヘテロ構造の磁気特性制御, 2023年第84回応用物理学会秋季学術講演会, 応用物理学会, 熊本城ホール他, 21p-D903-6, 2023/9/21

[8] 小野 広喜、梅田 佳孝、吉田 海斗、筒井 健三郎、山本 航平、石山 修、横山 利彦、水口 将輝、宮町 俊生, H_2Pc/γ'-Fe_4N 有機-無機ハイブリッド界面磁気結合の膜厚依存性, 2023年第84回応用物理学会秋季学

術講演会, 応用物理学会, 熊本城ホール他, 22p-A501-2, 2023/9/22
[9] 北浦 怜旺奈、石部 貴史、水口 将輝、中村 芳明, 巨大横ゼーベック係数獲得へ向けたエピタキシャル Fe_3Si 薄膜/Siの組成比制御, 2023年第84回応用物理学会秋季学術講演会, 応用物理学会, 熊本城ホール他, 21a-B203-10, 2023/9/21
[10] 池田 優，宮町 俊生，水口 将輝, 強磁性絶縁体マグノニック結晶におけるスピン波干渉効果, IEEE Magnetics Society Nagoya Chapter 若手研究会, IEEE Magnetics Society Nagoya Chapter, 岐阜県下呂市山形屋, 2024/1/30
[11] 梅田 佳孝，小野 広喜，山本 航平，石山 修，横山 利彦，水口 将輝, 宮町俊生, 窒素サーファクタント効果を用いたFeCo規則合金薄膜の原子レベル界面制御, IEEE Magnetics Society Nagoya Chapter 若手研究会, IEEE Magnetics Society Nagoya Chapter, 岐阜県下呂市山形屋, 2024/1/31
[12] 小野 広喜，梅田 佳孝，吉田 海仁，筒井 健三郎，山本 航平，石山 修，横山 利彦，水口 将輝，宮町 俊生，CoPc/γ'-Fe_4N 有機-無機ハイブリッド薄膜磁気状態に及ぼす構造粗さの影響, IEEE Magnetics Society Nagoya Chapter 若手研究会, IEEE Magnetics Society Nagoya Chapter, 岐阜県下呂市山形屋, 2024/1/31
[13] Junwei Zhang, Bowen Qiang, Toshio Miyamachi, and Masaki Mizuguchi, Anomalous Nernst effect in NiFe/Cu multilayers, IEEE Magnetics Society Nagoya Chapter 若手研究会, IEEE Magnetics Society Nagoya Chapter, 岐阜県下呂市山形屋, 2024/1/31
[14] 辻本 卓哉, 藤田 武志, 宮町 俊生, 上田 茂典, 水口 将輝, CoGe ナノ構造薄膜における異常ネルンスト効果の変調, IEEE Magnetics Society Nagoya Chapter 若手研究会, IEEE Magnetics Society Nagoya Chapter, 岐阜県下呂市山形屋, 2024/1/31
[15] 家 正人、宮町 俊生、水口 将輝, CrMnSb 3元系合金薄膜の結晶構造と磁気特性, 2024年第71回応用物理学会春季学術講演会, 応用物理学会, 東京都市大学, 24p-12H-5, 2024/3/24
[16] 筒井 健三郎、小野 広喜、河添 理央、山本 航平、石山 修、徐 玉均、中辻 寛、高木 康多、横山 利彦、水口 将輝、宮町 俊生, 雰囲気制御型硬X線光電子分光によるPd/Ni薄膜ヘテロ構造の水素吸蔵特性その場観察, 2024年第71回応用物理学会春季学術講演会, 応用物理学会, 東京都市大学, 24p-12H-6, 2024/3/24
[17] Hayato Kudo, Bowen Qiang, Toshio Miyamachi, Masaki Mizuguchi, Thermoelectric effects in Pd/Co multilayers, 2024年第71回応用物理学会春季学術講演会, 応用物理学会, 東京都市大学, 22a-12K-6, 2024/3/22
[18] Takuya Tsujimoto, Takeshi Fujita, Shigenori Ueda, Toshio Miyamachi, Masaki Mizuguchi, Enhancement of anomalous Nernst effect in annealed-CoGe thin films, 2024年第71回応用物理学会春季学術講演会, 応用物理学会, 東京都市大学, 23p-12D-12, 2024/3/23

●ナノイオニクス設計工学グループ

教授　入山　恭寿

研究テーマ

次世代蓄電池の研究開発

研究の背景・目的

スマートフォンをはじめとするポータブル機器の電源の多くに、リチウムイオン電池が利用されている。リチウムイオン電池には有機電解液を用いるのが一般的だが、この有機電解液を“セラミックスの電解質”に置き換えた　全固体電池　が近年注目されている。

全固体電池では、可燃性の有機電解液の代わりに難燃性のセラミックス電解質を用いる。そのため、電池の安全性が飛躍的に向上する。また、電解液を用いないので液漏れや様々な副反応が抑制されて長寿命にも

なる。更に、電池の積層化や高容量材料（Li金属等）が使用できることで、電池のエネルギー密度も高くなる。

真空管が半導体に、白熱灯がLEDに置き換えられ、デバイスの固体化により社会が大きく変革した。電池の固体化も社会に大きなインパクトをあたえるものと期待される。本研究室では次世代蓄電池として“全固体電池”に着目し、界面研究、材料開発、反応解析の3つの視点に着目した研究を行っている。

成果の概要

界面研究では、焼結プロセスを用いる電極／固体電解質界面に着目し、この界面に薄い中間層を導入することで抵抗率を2桁低減できることを見出した。また、車載用全固体電池においては電池の長寿命化・低抵抗化に有用な被覆層を見出した。材料開発では、高性能固体電解質材料の開発を進めている。反応解析では、固体電池が様々な環境下で充放電可能な点に着目し、XPS、SEM、TEM、ERDなど学内外の研究機関との連携研究を推進している。

発表論文等

Ⅰ．論文（査読のある学術誌等）

a．査読付き論文

[1] K. Yoshikawa, Y. Suzuki, A. Shiota, Y. Iriyama. Anodic Solid Electrolyte Interphase Formed around Li2OBr/LiCoO2 Interface, ACS APPLIED ENERGY MATERIALS, 2023/4/24

[2] Y. Morino, A. Shiota, S. Kanada, Bong Willy Shun Kai, K. Kawamoto, Y. Inda, H. Tsukasaki, S. Mori, Y. Iriyama, Design of Cathode Coating Using Niobate and Phosphate Hybrid Material for Sulfide-Based Solid-State Battery, ACS APPLIED MATERIALS & INTERFACES, 2023/7/18

[3] S. Yamamoto, M. Motoyama, M. Suzuki, R. Sakakibara, N. Ishigaki, A. Kumatani, W. Norimatsu, Y. Iriyama, Electrochemical Li^+ Insertion/Extraction Reactions at LiPON/Epitaxial Graphene Interfaces, ACS NANO, 2023/8/21

[4] N. Ishiguro, T. Totsuka, H. Uematsu, O. Sekizawa, K. Yamamoto, Y. Iriyama, U. Takahashi, Comprehensive Operando Visualization of the Electrochemical Events in the Cathode/Anode Layers in Thin-Film-Type All-Solid-State Lithium-Ion Batteries, ACS APPLIED ENERGY MATERIALS, 2023/8/1

Ⅳ．国際学会・口頭発表等

a．招待講演

[1] Y. Iriyama, Developments of Safety & Long-Life Oxide-Based All-Solid-State Batteries -Current Issues and Future Prospects-, the Germany - JAPAN Workshop on "Sustainable Batteries" , 2023/11/14, オンライン参加, Universität Münster

[2] Y. Iriyama, In-situ Li plating reactions on inorganic solid electrolyte for advanced all-solid-state batteries, ICSE2023, 2023/11/23, 韓国　釜山

[3] Y. Iriyama, R&Ds of Oxide-based All-Solid-State Batteries using Aerosol Deposition, 4th　WSLIBNG 2023, 2023/11/25, 韓国　大田

Ⅴ．国内学会・口頭発表等

a．招待講演

[1] 入山　恭寿, 全固体電池の低抵抗・高安定界面構築の基礎的課題について, 第2回 電池製造技術分科会, 日本粉体工業技術協会, 名古屋プライムセントラルタワー , 2023/11/14

b．一般講演（ポスター発表を含む）

[1] K. Kurihara, S. Yamamoto, S. Nakamizo, T. Yajima, T. Majima, K. Yasuda, Y. Iriyama, 電極/LiPON界面で起こる還元反応機構の解明, 第17回 固体イオニクスセミナー・「蓄電固体界面科学」第5回若手勉強会, 日本固体イオニクス学会, 山形県、山形市, 2023/8/7, ポスター発表

[2] S. Yamamoto, R. Sakakibara, N. Ishigaki, M. Motoyama, W. Norimatsu, Y. Iriyama, LiPON/エピタキシャル

グラフェン界面で生じるLi^+挿入脱離反応, 第17回 固体イオニクスセミナー・「蓄電固体界面科学」第5回若手勉強会, 日本固体イオニクス学会, 山形県、山形市, 2023/8/7, ポスター発表

[3] 丸野　守啓、中山　楓太、鈴木　康広、矢島　健、入山　恭寿, 電圧印加冷却スパッタリング法による電極／固体電解質の低抵抗界面構築, 2023電気化学秋季大会, 電気化学会, 福岡県福岡市, 2023/9/12

[4] 加藤　雄、吉川　慶佑、鈴木　康広、矢島　健、入山　恭寿, 電気化学X線光電子分光法を用いたLi-Nb-O被覆層の電圧依存計測, 2023電気化学秋季大会, 電気化学会, 福岡県福岡市, 2023/9/12

[5] 浜田　実久、石垣　範和、島　颯一、矢島　健、入山　恭寿, 前駆体を用いた酸化物固体電解質$LiTa_2PO_8$の合成と評価, 第32回無機リン化学討論会, 日本無機リン化学会, 熊本大学, 2023/9/21

[6] 黒瀬 凌生、本山 宗主、BenoÎt D. L. Campéon、宇賀田 洋介、石垣 範和、矢島 健、藪内 直明、入山 恭寿, $Li_{6.6}La_3Zr_{1.6}Ta_{0.4}O_{12}$固体電解質上で起こるLi析出溶解反応に及ぼす静水圧の影響, 第54回中部化学関係学協会支部連合秋季大会, 中部化学関係学協会支部連合協議会, 三重大学工学部, 2023/11/12

[7] 山本 智士、本山 宗主、鈴木 雅彦、榊原 涼太郎、石垣 範和、熊谷 明哉、乗松 航、入山 恭寿, エピタキシャルグラフェン/LiPON界面におけるLi^+挿入脱離反応, 第54回中部化学関係学協会支部連合秋季大会, 中部化学関係学協会支部連合協議会, 三重大学工学部, 2023/11/12

[8] 中山　楓太、丸野　守啓、鈴木　康広、矢島　健、入山　恭寿, 電圧印加冷却スパッタリング法による$LiCoO_2$/LiPONの低抵抗界面構築, 第64回 電池討論会, 電気化学会　電池技術委員会, グランキューブ大阪, 2023/11/30

[9] 入山　恭寿, 全固体電池の低抵抗・高安定界面構築に関する研究, 第419回 電池技術委員会, 電池技術委員会, 京都ガーデンパレス, 2023/12/22

[10] 山本 智士、本山 宗主、鈴木 雅彦、榊原 涼太郎、石垣 範和、熊谷 明哉、乗松 航、入山 恭寿, グラフェン/LiPON界面でのLi^+挿入脱離反応,「蓄電固体界面科学」第10回領域会議,「蓄電固体界面科学」, 岐阜県　水明館, 2024/1/10, ポスター発表

[11] 宋　祥浩、鈴木　康広、坂倉　美雪、小橋　真、入山　恭寿, Application of Nanoporous Aluminum Frameworks in the anode of All-Solid-State Batteries,「蓄電固体界面科学」第10回領域会議,「蓄電固体界面科学」, 岐阜県　水明館, 2024/1/10, ポスター発表

[12] 上野　将紀、鈴木　康広、加藤　雄、石垣　範和、矢島　健、入山　恭寿, 硫化物系全固体薄膜電池の有限要素解析,「蓄電固体界面科学」第10回領域会議,「蓄電固体界面科学」, 岐阜県　水明館, 2024/1/10, ポスター発表

[13] 栗原　匡志、山本　智士、中溝　珠里、矢島　健、間嶋　拓也、安田　啓介、入山　恭寿, 電極/LiPON界面で起こるLiPONの還元反応機構の解明,「蓄電固体界面科学」第10回領域会議,「蓄電固体界面科学」, 岐阜県　水明館, 2024/1/10, ポスター発表

[14] 越田　耕平、矢島　健、入山　恭寿, 複合アニオン型リチウムイオン伝導体の探索,「蓄電固体界面科学」第10回領域会議,「蓄電固体界面科学」, 岐阜県　水明館, 2024/1/10, ポスター発表

[15] 島　颯一、浜田　実久、石垣　範和、矢島　健、入山　恭寿, 酸化物固体電解質$LiTa_2PO_8$のイオン伝導特性に対する元素置換効果,「蓄電固体界面科学」第10回領域会議,「蓄電固体界面科学」, 岐阜県　水明館, 2024/1/10, ポスター発表

[16] 丸野　守啓、中山　楓太、鈴木　康広、坂倉　美雪、大西　剛、矢島　健、入山　恭寿, 電圧印加冷却スパッタリング法による$LiCoO_2$/LiPONの低抵抗界面構築,「蓄電固体界面科学」第10回領域会議,「蓄電固体界面科学」, 岐阜県　水明館, 2024/1/10, ポスター発表

●ナノバイオデバイス設計工学グループ

教授　馬場　嘉信

研究テーマ

ナノバイオデバイス・AI・量子生命科学による未来医療開拓
Nanobiodevices, AI, and Quantum Life Sciences for Future Medicine

研究の背景・目的

第6期科学技術・イノベーション基本計画において、我が国が目指すべき社会として、「一人ひとりの多様な幸せ(well-being)が実現できる社会」の構築が目標となっている。本研究では、ナノバイオデバイス、量子科学技術、AI等を駆使して、未来医療開拓につながる研究開発を進め、「一人ひとりの多様な幸せ(well-being)が実現できる社会」の構築のために、「人生100年時代における健康社会」を実現することを目的としている。

成果の概要

本年度は、尿や血液などの体液中から細胞外小胞由来の生体分子を抽出するナノバイオデバイス技術を開発することで、細胞外小胞由来の生体分子の超高感度解析を可能にし、10種類以上のがん種を一度に超早期診断することに成功した。さらに、ナノワイヤ技術に基づき、細胞フリーなDNAやRNAを超高感度に解析する技術の開発に成功し、得られたビッグデータを機械学習することで、従来超早期診断が極めて困難である脳腫瘍の超早期・高精度診断技術を開発した。さらに、ナノワイヤ表面に特異的な分子を結合させることで、細胞外小胞表面にある疾患特異的な膜タンパク質を選択的に検出する技術を開発することで、がんの高精度診断とがんの予後診断に成功した。また、セルロースナノファイバーを体内組織に密着させると組織表面の細胞外小胞を高効率に捕捉できることを発見し、様々な臓器におけるがん関連細胞外小胞の捕捉とがん診断の高精度化に成功した。さらに、ナノ量子センサーを用いたグリア細胞の脳内温度計測とイメージングに成功し、認知症治療に向けた研究成果を得ている。以上の成果により、研究室内教員・学生が、8件の賞を受賞するとともに、10件以上新聞等で報道されるなど、疾患の超早期診断および疾患の治療技術等の開発が国内外で高く評価されており、「人生100年時代における健康社会」を実現するための成果が得られている。

発表論文等

Ⅰ．論文（査読のある学術誌等）

a．査読付き論文

[1] Chattrairat, Kunanon; Yasui, Takao; Suzuki, Shunsuke; Natsume, Atsushi; Nagashima, Kazuki; Iida, Mikiko; Min, Zhang; Shimada, Taisuke; Kato, Akira; Aoki, Kosuke; Ohka, Fumiharu; Yamazaki, Shintaro; Yanagida, Takeshi ; Baba, Yoshinobu All-in-one nanowire assay system for capture and analysis of extracellular vesicles from an ex vivo brain tumor model ACS Nano, 2023, 17, 3, 2235–2244, 2023/1/19

[2] Akiyoshi Hirayama, Ryosuke Hayasaka, Sho Tabata, Masako Hasebe, Satsuki Ikeda, Tomoya Hikita, Chitose Oneyama, Jun Yoshitake, Daisuke Onoshima, Kumiko Takahashi, Takahiro Shibata, Koji Uchida, Yoshinobu Baba, Tomoyoshi Soga, Masaru Tomita Metabolomics of small extracellular vesicles derived from isocitrate dehydrogenase 1-mutant HCT116 cells collected by semi-automated size exclusion chromatography Frontiers in Molecular Biosciences, 2023, Sec. Molecular Diagnostics and Therapeutics, Volume 9, 2022.2023/1/11

[3] Hiromasa Tanaka, Daijiro Iwata, Yuki Shibata, Tetsunari Hase, Daisuke Onoshima, Naoyuki Yogo, Hirofumi Shibata, Kenji Ishikawa, Ikuo Nagasawa, Yoshinori Hasegawa, Yoshinobu Baba, and Masaru Hori High performance glass filters to capture and culture circulating tumor cells and cancer associated fibroblasts

Scientific Reports, 13, 4130(2023), 2023/3/13

[4] Daisuke Onoshima, Ryosuke Sato, Hiroshi Yukawa, Kosuke Nohira, Hongkyu Min, Yoshinobu Baba Development of Sampling and Measurement Technology for Indoor Particulate Matter Using a Small Drone Earozoru Kenkyu, 38(1), 30-32 (2023), 2023/3/20

[5] Hiromi Takahashi, Takao Yasui, Masaki Hirano, Keiko Shinjo, Yusuke Miyazaki, Wataru Shinoda, Takeshi Hasegawa, Atsushi Natsume, Yotaro Kitano, Taisuke Shimada, Piyawan Paisrisarn, Zetao Zhu, Fumiharu Ohka, Kosuke Aoki, Sakon Rahong, Kazuki Nagashima, Takeshi Yanagida and Yoshinobu Baba Mutation detection of urinary cell-free DNA via catch-and-release isolation on nanowires for liquid biopsy Biosens. Bioelec., 234(2023), 115318. DOI : 10.1016/j.bios.2023.115318 2023/8/15

[6] Shota Yamada, Hiroshi Yukawa, Koudai Kitamura, Toshiki Mizumaki, Yasuma Yoshizumi, Tomomi Oohara, Eri Nanizawa, Fumika Hirano, Kazuhide Sato, Ayae Sugawara-Narutaki, Tetsuya Ishikawa, and Yoshinobu Baba In vivo real-time quantum dots imaging to track transplanted adipose stem cells in different inflammatory states of acute liver failure mice Cell Transplant. 2023; 32, 2023/3/25

[7] Hiroshi Yukawa, Kazuhide Sato, and Yoshinobu Baba Theranostics applications of quantum dots in regenerative medicine, cancer medicine, and infectious diseases Adv. Drug Deliv. Rev., 200, 2023, 114863. 2023/5/6

[8] Akira Yokoi, Mayu Ukai, Takao Yasui, Yasuhide Inokuma, Kim Hyeon-Deuk, Juntaro Matsuzaki, Kosuke Yoshida, Masami Kitagawa, Kunanon Chattrairat, Mikiko Iida, Taisuke Shimada, Yumehiro Manabe, I-Ya Chang, Eri Asano-Inami, Yoshihiro Koya, Akihiro Nawa, Kae Nakamura, Tohru Kiyono, Tomoyasu Kato, Akihiko Hirakawa, Yusuke Yoshioka, Takahiro Ochiya, Takeshi Hasegawa, Yoshinobu Baba, Yusuke Yamamoto, Hiroaki Kajiyama Identifying high-grade serous ovarian carcinoma-specific extracellular vesicles by polyketone-coated nanowires. Science advances 9 (2023) eade6958　2023/7/7

[9] Zhu, Zetao; Yasui, Takao; Zhao, Xixi; Liu, Quanli; Morita, Shu; Li, Yan; Yonezu, Akira; Nagashima, Kazuki; Takahashi, Tsunaki; Osada, Minoru; Matsuda, Ryotaro; Yanagida, Takeshi; Baba, Yoshinobu Engineering Interface Defects and Interdiffusion at Degenerate Conductive In2O3/Al2O3 Interface for Stable Electrodes in Saline Solution ACS Applied Materials & Interfaces, 15 (2023) 36866-36876. 2023/7/24

[10] K. Matsuo, M. Yamada, M. Shimizu, N. Fukatsu, A. Kato, K. Goto, Y. Kato, H. Yukawa, Y. Baba, M. Sato, K. Sato Contrast-enhanced ultrasound imaging for monitoring the efficacy of near-infrared photoimmunotherapy eBioMedicine (Part of THE LANCET Discovery Science), 15 (2023) 2023;95:104737. 2023/8/7

[11] Noritada Kaji, Kazuki Iijima, Manabu Tokeshi, Yoshinobu Baba Micro- and nanochamber array system for single enzyme assays Scientific Reports, 2023, 13, 13322, 2023/8/16

[12] Akira Yokoi, Kosuke Yoshida, Hirotaka Koga, Masami Kitagawa, Nagao Yukari, Mikiko Iida, Min Zhang, Jun Nakayama, Yusuke Yamamoto, Yoshinobu Baba, Hiroaki Kajiyama, Takao Yasui, and Shota Kawaguchi Spatial exosome analysis using cellulose nanofiber sheets reveals the location heterogeneity of extracellular vesicles Nature Commun., 14, 6915 (2023) , 2023/11/8

[13] Shimada, Taisuke; Fujino, Keiko; Yasui, Takao; Kaji, Noritada; Ueda, Yasuyuki; Fujii, Kentaro; Yukawa, Hiroshi; Baba, Yoshinobu Resistive Pulse Sensing on a Capillary-assisted Microfluidic Platform for On-site Single Particle Analyses Analytical Chemistry, 2023, 95, 50, 18335–18343, 2023/12/8

[14] Shota Yamada, Kaori Yamada, Ayae Sugawara-Narutaki, Yoshinobu Baba & Hiroshi Yukawa Near-infrared-II fluorescence/magnetic resonance double modal imaging of transplanted stem cells using lanthanide co-doped gadolinium oxide nanoparticles Anal. Sci., 2024, 40, 2024/3/2

Ⅱ．著書

[1] 2023/7/1, Handbook of Chemical Biology of Nucleic Acids,, H. Takahashi, T. Yasui, Y. Baba 他, 共著, pp.1-30, Springer Nature

[2] 2023/12/12,「パートナー　分析化学II 改訂第4版増補」 萩中淳、加藤くみ子編、, 馬場嘉信、萩中淳（分担執筆）, 共著, 3 章 -5 「電気泳動法」pp. 202-215, 南江堂

Ⅲ．解説等

[1] 2023/4/25, 馬場嘉信、木塚康彦, 細胞外微粒子に起因する生命現象の解明とその制御, 生化学, 95, pp.133-135. , 日本生化学会

[2] 2023/12/12, 馬場嘉信、有馬彰秀、安井隆雄, ナノワイヤ・ナノポアデバイスによる超高性能細胞外微粒子解析技術, 生化学, 95, pp.201-208., 日本生化学会

[3] 2023/12/12, 湯川　博、馬場嘉信、岩竹真弓, 生体ナノ量子センサ技術を活用した最先端イメージングシステムの開発, Precision Medicine, 6(8), pp.79(673)-88(682), 北隆館

[4] 2023/12/12, 嶋田泰佑・植田泰之・竹丸ひかり・馬場嘉信・湯川　博, ナノ量子センサーによる細胞・生体イメージング診断技術の現状と展望, バイオマテリアル－生体材料－, 41, 296-301, 日本バイオマテリアル学会

[5] 2023/12/12, 湯川 博, 浦野 大智, 馬場 嘉信, ナノ量子センサーによる細胞イメージング・センシング技術の最前線, ファルマシア, 59, 649-653, 日本薬学会

[6] 2023/12/12, 馬場嘉信, 神経科学の未来を担う新計測科学, 日本神経回路学会誌, 30, 157-158, 日本神経回路学会

[7] 2023/12/12, Taisuke Shimada, Yasuyuki Ueda, Hikari Takemaru, Yoshinobu Baba, Hiroshi Yukawa, Nano-quantum sensors-based imaging and sensing for target-based drug discovery and development, Trends in Analytical Chemistry, 171, 2024, 117496. , Elsevier

Ⅳ．国際学会・口頭発表等

a．招待講演

[1] Y. Baba, Quantum Life Science: Nanoscale Quantum Biosensors, Quantum Hyperpolarized MRI, and Quantum Biology/Biotechnology, The Big Quantum Bio meetings, 2023 年 4 月 20 日, Online, Quantum Biology Tech Lab and the Quantum Biology Doctoral Training Center

[2] Y. Baba, Quantum Life Science, Kyoto University iCeMS Retreat 2023, 10:20–11:20, 2023/9/29, Kyoto, Kyoto University

[3] Y. Baba, Nanobiodevices, Quantum Technology, and AI for Future Medicine, Select Bio, 2023 年 10 月 5 日, Tokyo, Select Biosciences

[4] Y. Baba, Nanobio-AI-devices and Quantum Life Science for Future Healthcare, Japan-US Seminar on Polymer Chemistry, 2023 年 11 月 1-3 日, Okinawa. OISE Office Of Internatl Science &Engineering

Ⅴ．国内学会・口頭発表等

a．招待講演

[1] 馬場嘉信, ナノAIバイオデバイスと量子生命科学が拓く 未来医療, 東京大学　医工学概論, 東京大学, 東京, 2023/11/10

[2] 馬場嘉信, 量子生命科学の将来展望, 上田記念講演会, 応用物理学会東海支部, 名古屋, 2024/1/6

[3] 馬場嘉信, 生命化学から分子夾雑化学へ Special FIBER International Summit for Nucleic Acids, 特別企画 Naoki Scientific Forum 〜 NSF 〜 , 杉本直己教授退職記念講演運営委員会, 神戸, 2024/3/2

[4] 馬場嘉信, ナノバイオデバイスと量子生命科学が拓く未来医療, 退官記念講演会, 堀場製作所 , 京都, 2024/3/14

[5] 馬場嘉信, 生体を超える超微量高感度検出を夢見て, 日本化学会第 104 春季年会, 日本化学会, 千葉, 2024/3/20

[6] 馬場嘉信, ナノバイオデバイスと量子生命科学が拓く未来医療, Baba Conference, Baba Conference 実行委員会, 名古屋, 2024/3/28, 3.招待講演

[7] 馬場嘉信, ナノバイオデバイスと量子生命科学が拓く未来医療・創薬, 日本薬学会第 144 年会, 日本薬学会, 横浜, 2024/3/30, 3.招待講演

c．組織委員、実行委員等

[1] 馬場嘉信, ナノバイオデバイスと量子生命科学が拓く次世代ヘルスケア, 第 9 回（令和 5 年度第 3 回）定期研究会, 持続社会発展のための機能化学研究委員会, 東京, 2024/1/15

[2] 馬場嘉信, 量子生命技術の創製と医学・生命科学の革新, 光・量子飛躍フグシップシンポジウムプログラム　第6回シンポジウム, JST, 東京, 2024/2/8

d．座長

[1] 馬場嘉信, 細胞外微粒子による病態の解明, 第113回日本病理学会総会, 日本病理学会, 名古屋, 2024/3/29

Ⅶ. その他研究業績

[1] 馬場嘉信, 日本経済新聞　Web版, 名大など、卵巣がん細胞外小胞（EV）の詳細なタンパク質情報や多様性を解明, 2023/7/11

[2] 馬場嘉信, 日経バイオテク, 名大など、卵巣がん細胞外小胞（EV）の詳細なタンパク質情報や多様性を解明, 2023/7/11

[3] 馬場嘉信, 日本経済新聞　Web版, 名大・東工大・阪大・国立がん研究センターなど、セルロースナノファイバーを用いたエクソソーム捕捉ツール「EVシート」を開発, 2023/11/9

[4] 馬場嘉信, 日経バイオテク, 名大・東工大・阪大・国立がん研究センターなど、セルロースナノファイバーを用いたエクソソーム捕捉ツール「EVシート」を開発, 2023/11/9

●環境材料工学グループ

助教　服部　将朋

研究テーマ

環境浄化機能を有するナノ複合材料の創成と次世代環境保全システムへの応用

研究の背景・目的

当グループでは，大気浄化を主とする機能を有する新規なナノ粒子複合材料の作製と物性について学術的な研究を行い、複合材料が果たす環境浄化のための原理を解明するとともに、これを基礎とした実用的な環境機能性材料、省エネルギー材料システム、それらを活用した部品設計の開発を行っている。このナノ複合材料にはシングルナノサイズの粒子が含まれるが、その表面においてはバルク材料とは異なる化学状態を有するため、新たな物性発現が期待されている。また、貴金属はその希少性と今後高まる需要の関係から、省資源化や他の金属を用いた代替材料など、持続発展可能な社会に向けた材料の開発が必要となる。

以下の個別テーマを実施している。

（1）希少元素低減のための元素戦略に合致した非貴金属材料の研究
（2）パラジウムを中心とした貴金属ナノ粒子の合成と触媒活性の研究
（3）ナノ粒子複合酸化物の合成と複合化プロセスの研究
（4）高い酸素貯蔵能を有するセリアジルコニア系触媒の研究
（5）自動車排ガス浄化触媒の高性能化のための物質設計の研究
（6）金属ガラス材料の組織制御と触媒機能の研究

成果の概要

先端材料創製研究の一環として、非貴金属ナノ粒子の作製及びそれらの基礎物性や触媒特性の評価を行い、活性影響因子とその制御方法について研究、検討を行った。

持続型社会と省エネルギー技術のための希少資源有効利用の観点から、排ガス浄化触媒などに用いられる貴金属元素の低減化、高効率利用、元素戦略を目指す研究を行った。環境触媒によく用いられるパラジウムのナノ粒子の応用技術に関心が寄せられ、共同研究を行っている。また、貴金属の代替として遷移金属を積極的に用いた排ガス浄化触媒の開発も並行して行っている。担体としては、これらの金属との相互作用によ

り活性を向上させうるセリア及びジルコニアを複合した新規担体材料を中心に研究しており、触媒活性種としての貴金属や遷移金属の状態を制御し、優れた触媒活性を有する触媒の開発に成功した。また、担体としてアルミナを用い、遷移金属を複合した触媒においても優れた活性を示す材料の開発に成功し、学会発表及び論文発表を行った。

国内共同研究として、名古屋市工業研究所と慶應義塾大学とで貴金属の再利用技術の研究を行っており、得られた成果を基に特許の出願を行った。これらの共同研究を行う中で、所内の超高圧顕微鏡施設を利用した触媒ナノ粒子の機能発現に関係する物理的状態評価に関する研究、X線光電子分光法(XPS)を利用した触媒ナノ粒子や捕集した再利用貴金属の化学的状態評価に関する研究を行った。その他、大阪大学とプラズマを応用した環境浄化関連の共同研究を行っており、国際会議で報告を行った。

教育貢献としては，工学部の学科関連の学生実験（前期及び後期、週3時間）を担当するとともに、先端マテリアル工学概論1（2年生向け研究説明、半期）を担当した。

発表論文等

Ⅰ．論文（査読のある学術誌等）

ａ．査読付き論文

[1] The chemical state and Cu^{+} stability for three-way catalytic performance of Cu-added Al_2O_3 catalysts, Masatomo Hattori; Takato Hattori; Masakuni Ozawa, Vol.670, pp.119515/11pages, 2023/11/23

[2] ゼオライト／コバルトフタロシニアンシップインボトル粉末による水系スラリーコート膜の作製および QCM センサー試作，小澤 正邦，小坂 享子，服部 将朋，増田 秀樹, Vol.72, No.12, pp.926-933, 2023/12

Ⅳ．国際学会・口頭発表等

ｂ．一般講演（ポスター発表を含む）

[1] Yuichi Setsuhara, Susumu Toko, Kosuke Takenaka, Masatomo Hattori, Synergistic Effects of Molecular Sieves and Plasma for CO_2 Methanation, The 3rd International Symposium on Design & Engineering by Joint Inverse Innovation for Materials Architecture (DEJI2MA-3), 2023.10.20, 早稲田大学, 国際・産学連携インヴァ - スイノベーション材料創出プロジェクト

Ⅴ．国内学会・口頭発表等

ｂ．一般講演（ポスター発表を含む）

[1] 服部将朋・近藤祐平・小澤正邦, Mn 修飾 La-Al_2O_3 担持 Pt 触媒の三元触媒活性と微細構造, 第 132 回触媒討論会, 触媒学会, 北海道大学, A1 講演 1F14, 2023/9/13

●強的秩序の探索とデバイス応用

特任准教授　永沼　　博

研究テーマ

ナノスケールが彩る新しい強的秩序構造の探索とエレクトロニクスデバイスへの応用

研究の背景・目的

薄膜成長技術・ナノテクノロジー微細加工を駆使し、強的秩序構造(例えば、強磁性、強誘電性など)を有する新しい物性を探求し、エレクトロニクスデバイスとすることを目標として、以下のような多彩な基礎・応用研究を遂行している。

[ミリ波を回収するエナジーハーベスティング]　情報社会の高度化によりミリ波帯域の利用が段々と増え

てきている。しかし、そのミリ波のエネルギーは回収されることなく用度に応じて一方的に消費されている。そこで、本研究では、高い結晶磁気異方性を有する$L1_0$規則合金(FePdなど)を励起層とした強磁性トンネル接合素子を用いて、ミリ波帯域を吸収して直流電流に変換して回収する、エナジーハーベスティングの研究を行っている。

[低消費電力メモリ用マルチフェロイックス]　演算・メモリに消費されるエネルギーは急激に増加している。DRAM、SRAMなどのメモリは揮発性であり、消費電力を低減させるためには不揮発性メモリとする必要がある。さらに、書き換え方式を電流ではなく、電界とすることにより、消費電力を抑えることができる。そこで、電圧駆動型の不揮発性メモリによる低消費電力化を目的として、室温以上に転移温度のある新規マルチフェロイックスの探索的な研究を遂行する。最近、マルチフェロイックスと金属の界面にあらわれる特異な超軌道分裂を発見し、従来に比べて桁違いに大きく飽和磁化値を制御させることに実験的に成功した。現在、物理機構を理解するために超軌道分裂を想定した第一原理計算を行っている。

その他、グラフェン、WS_2, $PdSe_2$, *h*-BNなどの二次元材料と$L1_0$規則合金膜との界面であらわれる新しいファンデルワールス力の解明に取り組んでいる。また、高効率スピン-電荷変換を実現することを目的として、新しいスピン依存伝導現象、2次元電子ガスのスピン軌道相互作用を利用した基礎研究を行っている。また、神経細胞の発火現象の磁気的検出を目的として、神経細胞の発火時の電流により生じた漏洩磁場を独自設計した垂直磁化型の張虎感度磁気センサーにより検出する研究を行っている。

成果の概要

令和5年度は、磁気摩擦定数の小さく、かつ高磁気異方性を有する$L1_0$-FePdエピタキシャル膜を作製するためのスパッタ製膜条件の最適化を行った。製膜時の温度を300℃とし、その後、一旦、室温まで冷却し、600℃にて熱処理することにより$L1_0$規則度を0.96(最大値は1.0)まで高くすることに成功した。高い規則度のため、$L1_0$-FePdエピタキシャル膜の有効結晶磁気異方性エネルギーはミリ波帯域の電磁波を回収するために十分に大きな値(13 Merg/cm^3)を有していた。さらに、スピンの歳差運動の容易さの指標となる磁気摩擦定数は低く、高いエネルギー回収効率が期待できることがわかった。

マルチフェロイックスが金属と界面を形成すると、近接場効果および酸素欠損により界面マルチフェロイックスが形成され、超軌道分裂があらわれたことが期待できる成果を得た。現在、第一原理計算により界面マルチフェロイックスの起源が超軌道分裂であるかを確かめると共に、放射光施設による深さ分解X線磁気円二色性を用いて界面磁性・界面電子構造の評価・解析を行っている。本成果は新しいマルチフェロイックスの概念を提案するものである。

発表論文等

Ⅰ．論文（査読のある学術誌等）

a．査読付き論文

[1] Haruto Takahashi, Shingo Maruyama, Hiroshi Naganuma, Hiroki Taniguchi, Ryota Takahashi, Shintaro Yasui, Kenichi Kaminaga, and Yuji Matsumoto, Journal of Alloys and Compounds, 2024

[2] Thi Van Ahn Nguyen, Hiroshi Naganuma, Hiroaki Honjo, Shoji Ikeda, Tetsuo Endoh, AIP Advances, 'Ultrafast spin-orbit torque-induced magnetization switching in a 75° -canted magnetic tunnel junction' 14, 025018 (2024).

[3] Hayato Adachi, Ryuusuke Endo, Hikari Shinya, Hiroshi Naganuma, Tomoya Ono, and Mitsuharu Uemoto, Journal of Applied Physics, 'First-principle study of spin transport property in FePd/Graphene hetero-structure junction' 135, 043902 / 1 -10 (2024).

[4] Hiroshi Naganuma, Mitsuharu Uemoto, Hikari Shinya, Hayato Adachi, Izumi Mochizuki, Masaki Kobayashi, Akihiko Hirata, Bruno Dubluk, Tomoya Ono, Pierre Seneor, John Robertson and Kenta Amemiya, The Journal of Physical Chemistry C 'Twist pz Orbital and Spin Moment of the Wavy-Graphene/L10-FePd Moiré Interface' 127, 11481 – 11489 (2023).

[5] Hiroshi Naganuma, Japanese Journal of Applied Physics, review'Spintronics memory using magnetic tunnel junction for X nm-generation' 62, SG0811 / 1 – 17 (2023).

[6] John Robertson, Hiroshi Naganuma, H. Lu, Japanese Journal of Applied Physics, review 'Comparing h-BN and MgO Tunnel Barriers for Scaled Magnetic Tunnel Junctions' 62, SC0804 / 1 – 10 (2023).

Ⅳ．国際学会・口頭発表等

ｂ．一般講演（ポスター発表を含む）

[1] H. Naganuma, C. Kaneta, T. Nguyen, H. Honjo, K. Nishioka, S. Ikeda and T. Endoh, Antiferro/ferromagnetic coupling of ultrathin middle-MgO layer in multilayered CoFeB/MgO magnetic tunnel junction by first-principles calculation and micromagnetic simulation, 68th Annual Conference on Magnetism and Magnetic Materials, CQ-02., 2023/11/1, 米国・ダレス, Magnetism and Magnetic Materials, ポスター発表

[2] T. Nguyen, T. Vu, Y. Saito, S. DuttaGupta, H. Naganuma, S. Ikeda, and T. Endoh, Spin current generation in collinear antiferromagnet RuO2, 68th Annual Conference on Magnetism and Magnetic Materials, DB-04., 2023/11/1, 米国・ダレス, Magnetism and Magnetic Materials

[3] H. Naganuma, M. Uemoto, M. Nishijima, H. Adachi, H. Shinya, I. Mochizuki, M. Kobayashi, A. Hirata, B. Dlubak9, T. Ono, P. Seneor, J. Robertson and K. Amemiya, Twist pz Orbital and Spin Moment of the Wavy-Graphene on L10-FePd Epitaxial Films, 68th Annual Conference on Magnetism and Magnetic Materials, AP-03, 2023/10/31, 米国・ダレス, Magnetism and Magnetic Materials, ポスター発表

[4] T. Nguyen, H. Naganuma, H. Honjo, S. Ikeda and T. Endoh, Ultrafast SOT-induced magnetization switching in 75° -canted MTJ, 68th Annual Conference on Magnetism and Magnetic Materials, FD-04, 2023/11/2, 米国・ダレス, Magnetism and Magnetic Materials

Ⅴ．国内学会・口頭発表等

ａ．招待講演

[1] 永沼博, 新しい界面マルチフェロイックスの構造と磁性, セラミックス協会基礎討論会, セラミックス協会, 上智大学, 1C06, 2024/1/7

ｂ．一般講演（ポスター発表を含む）

[1] 横山春人，鈴木真粧子，永沼博，雨宮健太, 経験に依らない深さ分解XMCD解析の開発と グラフェン/L10-FePd界面磁気異方性の評価, 第２６回 XAFS 討論会 プ, 日本XAFS研究会, 2023/9/4, 1O-11, 2023/9/4

[2] Gaku Sato, Kenichi Kaminaga, Hiroshi Naganuma, Shingo Maruyama, Yuji Matsumoto1, Magnetization of compositionally-graded Ru-substituted LSMO epitaxial thin films, 令和5年度化学系学協会東北大会, 日本化学会東北支部, 2023/9/4, 2023/9/4

[3] T. V. A. Nguyen, V. T. N. Huyen, Y. Saito, S. DuttaGupta, Y. Endo H. Naganuma, S. Ikeda, T. Endoh, Spin current generated in collinear antiferromagnet RuO2 with triple-domain structure, 第84回応用物理学会秋季学術講演会, 応用物理学会, 2023/9/21, 21a-C501-3, 2023/9/21

[4] 植本 光治、遠藤 竜介、新屋 ひかり、永沼 博、小野 倫也, FePd/ グラフェン/FePdの接合のスピン伝導特性の第一原理計算, 第84回応用物理学会秋季学術講演会, 応用物理学会, 2023/9/21, 21a-C501-1, 2023/9/21

[5] 遠藤 竜佑、植本 光治、新屋 ひかり、永沼 博、小野 倫也, 強磁性金属/2次元物質のヘテロ界面の電子・磁気状態の第一原理計算, 第84回応用物理学会秋季学術講演会, 応用物理学会, 2023/9/21, 21a-C501-2], 2023/9/21

[6] Gaku Sato, Kenichi Kaminaga, Hiroshi Naganuma, Shingo Maruyama, Yuji Matsumoto1, Magnetization of compositionally-graded Ru-substituted LSMO epitaxial thin films, 日本真空学会, 2023/10/31, 2023/10/31

[7] 永沼 博, 一ノ瀬 智浩, 非補償界面/cycloidalハイブリッド型の反強磁性マルチフェロイックスの電気磁気効果, 強的秩序とその操作に関わる講演会, 応用物理学会, 東京大学, G02, 2024/1/4

[8] Samuel Vergara, N. T. V. Anh, H. Naganuma, Promotion of L10-ordering of FePd films by different heating method, 強的秩序とその操作に関わる講演会, 応用物理学会, 東京大学, P03, 2024/1/4, ポスター発表

[9] T. V. A. Nguyen, V. T. N. Huyen, Y. Saito, S. DuttaGupta,H. Naganuma, S. Ikeda, T. Endoh, Investigation of the spin current generation in collinear antiferromagnet RuO2, 強的秩序とその操作に関わる講演会, 応用物理

学会, 東京大学, P02, 2024/1/4, ポスター発表

[10] 佐藤 幸生、永沼 博, LaAlO3 基板上BiFeO3 膜における未知結晶相および薄膜基板界面の高精度原子位置解析, 強的秩序とその操作に関わる講演会, 応用物理学会, 東京大学, G3, 2024/1/4

[11] M. Uemoto, R. Endo, H. Shinya, H. Naganuma, T. Ono, First-principles study on structural and electronic properties of FePd/graphene hetero-interfaces, International symoisuium of Nano-Materials for Novel Devices, 応用物理学会, JAIST, 2024/1/12

[12] Samuel Vergara, N. T. V. Anh, H. Naganuma, L1-FePd epitaxial films with flatsurface grown by r.f. magnetronsputtering for integration of 2Dmaterials, 応用物理学会, 応用物理学会, 東京都市大学, 25a-P01-6, 2024/3/25, ポスター発表

[13] Anh ThiVan Nguyen, Hiroshi Naganuma, Hiroaki Honjo, Shoji Ikeda, Tetsuo Endoh, Spin-orbit-torque-inducedmagnetization switching in 75-canted MTJ, 応用物理学会, 応用物理学会, 東京都市大学, 25a-P01-51, 2024/3/25, ポスター発表

6.3.3 材料プロセス部

以下に、令和5年度の成果を教員または研究グループごとにまとめた。

●ナノ機能材料グループ

教授	長田　実	准教授	小林　亮	助教	山本　瑛祐
客員教授	小澤　正邦				

研究テーマ

ナノ材料技術に立脚した環境調和型電子材料の開発

研究の背景・目的

原子数個の厚みを有する原子膜物質（２次元ナノシート）は、グラフェンの報告以降、材料科学の重要な研究ターゲットして注目されており、精力的な研究が世界中で行われている。我々のグループでは、無機化合物を対象に、様々な組成・構造を有するナノシートを精密合成、高次集積し、ナノ構造特有の機能性を活用した次世代電子材料の開発と共に、資源・エネルギー・環境問題の解決に寄与する新しい物質創製を目指した研究を推進している。本年度は、無機ナノシートをベースとした革新的電子材料の開発やエネルギー高度利用技術の創成を目指した研究を進めた。

成果の概要

1）新規ナノシートの精密合成

２次元ナノシートは、高電子・イオン移動度、柔軟性、透明性、高耐熱性など、従来のバルク材料・薄膜とは異なる機能の発現が期待され、エレクトロニクス、環境・エネルギーなど多様な分野の未来を先導するシーズ技術としてのポテンシャルを有する。しかしながら、従来のナノシートの合成には、層状化合物の剥離というトップダウン手法が利用されており、多彩な機能を有し、応用上重要である非層状無機化合物には適用できず、得られる材料、機能のライブラリーは限定されていた。本課題では、革新的電子材料の開発やエネルギー高度利用技術に向けた新しい試みとして、非層状ナノシートのボトムアップ合成に挑戦した。２元系単純酸化物については、界面活性剤を利用した鋳型合成法を開発し、CeO_2、アモルファスシリカなどの非層状酸化物のナノシート合成に成功した。さらに、ナノシート鋳型法、ワンポット合成法などを開発し、これらのボトムアップ合成技術などを広く酸化物、金属系に適用することで、$BaTiO_3$、Pdなどのナノシート合成に成功した。

2）エネルギー高度利用技術の開発

ナノシート技術では、異なる機能のナノシートをブロックにして人工超格子を作製することで、ナノからメソスケールで次元、構造、階層、空間を設計・制御した高次機能材料を構築することが可能となる。こうした特徴は、階層構造やヘテロ接合が機能発現の鍵である電子デバイス、環境・エネルギー材料の開発に有効になるものと考えられる。本年度は、無機ナノシートをベースとした蓄電デバイス、省エネルギー技術の開発を進めた。

蓄電デバイスの開発に向けては、独自に開発した高誘電性ナノシートの蓄電キャパシタ応用を検討した。分子レベルの厚さ(1.5－3 nm)で高い誘電率と高い絶縁性を兼ね備えたナノシート（$Ca_2Na_{m-3}Nb_mO_{3m+1}$）を開発し、ナノシートの積層素子で現行の誘電体キャパシタの性能限界を突破する世界最高のエネルギー密度（174－272 J/cm^3）を実現した。本研究で開発した誘電体キャパシタは、短い充電時間（数秒）、高い出力密度、長寿命、高温安定性などの優れた特性を併せ持っており、新しい全固体蓄電デバイスへの応用が期待される。

また、高い近赤外反射性能をもつ新しい透明導電体ナノシート（$Cs_{2.7}W_{11}O_{35-d}$）を発見し、これをガラス上にコートすることで、世界最高性能の近赤外反射率53%と遮熱効果を示す日射遮蔽膜の開発に成功した。本研究で開発した日射遮蔽膜は、優れた遮熱効果と可視光透過性を併せ持っており、建築物、自動車の窓ガラスに適用することにより、冷房負荷削減、空調の省エネルギー化を実現するキー技術としての発展が期待される。

発表論文等

Ⅰ．論文（査読のある学術誌等）

a．査読付き論文

[1] S. Ando, E. Yamamoto, M. Kobayashi, A. Kumatani, M. Osada, "Facile synthesis of Pd nanosheets and implications for superior catalytic activity", *ACS Nano*, 18, 461-469 (2023/11).

[2] M. Osada, "Emerging ceramic nanosheets: From tailored synthesis to electronic applications", *J. Ceram. Soc. Jpn.*, 131, 851-862 (2023/11).

[3] J. Liu, S-Z. Kure-Chu, Y. Sakurai, X. Chen, M. Osada, "Understanding the fast formation mechanism of hard nanoporous alumina films on aluminum in acidic solutions containing nitric acid", *Mater. Chem. Phys.*, 309, 128271 (2023/11).

[4] X. Chen, S-Z. Kure-Chu, J. Liu, T. Matsubara, Y. Sakurai, T. Hihara, S-H. Lee, M. Osada, M. Okido, "Tuning the structures and conductivity of nanoporous TiO_2-TiO films through anodizing electrolytes as LIB anodes with ultra-high capacity and excellent cycling performance", *J. Energy Storage*, 73, 109231 (2023/11).

[5] Z. Zhu, T. Yasui, X. Zhao, Q. Liu, S. Morita, Y. Li, A. Yonezu, K. Nagashima, T. Takahashi, M. Osada, R. Matsuda, T. Yanagida, Y. Baba, "Engineering interface defects and interdiffusion at the degenerate conductive In_2O_3/Al_2O_3 interfaces for stable electrodes in a saline solution", *ACS Appl. Mater. Interfaces*, 15, 36866-36876 (2023/07).

[6] L. Nurdiwijayanto, K. Hayashi, N. Sakai, Y. Ebina, D-M. Tang, S. Ueda, M. Osada, K. Tsukagoshi, T. Sasaki, T. Taniguchi, "Thermal and chemical phase engineering of two-dimensional ruthenate", *ACS Nano*, 13, 12305-12315 (2023/06)

[7] H. Tsunematsu, Y. Shi, E. Yamamoto, M. Kobayashi, T. Yoshida, M. Osada "Gigantic thermal shielding in 2D oxide nanosheets", *ACS Nano*, 17, 11396-11405 (2023/05)

[8] M. Kobayashi, T. Tasaka, E. Yamamoto, M. Osada, "2D bismuth oxyfluorides: a new member of cationic nanosheets", *Chem. Lett.*, 52, 449-451 (2023/05)

[9] E. Yamamoto, K. Fujihara, Y. Takezaki, K. Ito, Y. Shi, M. Kobayashi, M. Osada, "Free-standing molecularly thin amorphous silica nanosheets", *Small*, 19, 2370159 (2023/06)

[10] J-H. Kim, V. V. Kulish, S. Wu, P. Wu, Y. Shi, M. Osada, H.-W. Kim, S.-S. Kim, Layer-dependent stability of 2D

mica nanosheets, *Sci. Rep*, 13, 7880 (2023/05)

[11] H-J. Kim, S. Morita, K-N. Byun, Y. Shi, T. Taniguchi, E. Yamamoto, M. Kobayashi, Y. Ebina, T. Sasaki, M. Osada, "Ultrahigh energy storage in 2D high- κ perovskites", *Nano Lett*., 23, 3788-3795 (2023/05)

[12] H. Sugimoto, M. Kobayashi, E. Yamamoto, M. Osada, "Pseudo-topotactic transformation from oxide nanosheets to amorphous nanosheets", *Chem. Lett*., 52, 322-324 (2023/05)

[13] B-K. Num, Y. Shi, E. Yamamoto, M. Kobayashi, M. Osada, "Composite design of 2D inorganic nanosheets for flexible energy storage capacitors", *J. Ceram. Soc. Jpn.*, 131, 77-82 (2023). (2023/04)

[14] Y. Shi, .E. Yamamoto, .M. Kobayashi, M. Osada, "Automated one-drop assembly for facile 2D film deposition", *ACS Appl. Mater. Interfaces*, 15, 22737-22743 (2023/04)

[15] K. Hagiwara, K-N. Byun, S. Morita, E. Yamamoto, M. Kobayashi, X. Liu, M. Osada, "Molecularly thin BaTiO3 nanosheets with stable ferroelectric response, *Adv. Electron. Mater.,* 9, 2201239 (2023/04)

[16] Hirofumi Tsunematsu, Keita Nishibashi, Eisuke Yamamoto, Makoto Kobayashi, Tomohiro Yoshida and Minoru Osada" Hetero-assembly design of 2D oxide nanosheets for tailored thermal shielding materials", *Appl. Phys. Express*, 17, 015002 (2024/01)

[17] T. Yasunaga, M. Kobayashi, K. Oqmhula, H. Qi, T. Ichibha, K. Hongo, S. Yamamoto, R. Maezono, M. Mitsuishi, M. Osada, H. Kato, M. Kakihana, "Multiemission of Ce^{3+} from a single crystallographic site induced by disordering of ions", *Inorg. Chem*., 63, 1288-1295 (2024/01).

[18] F. Li, K. Yoshida, N. V. Chuc, M. Osada, H. Abe, "Understanding the role of solvents in bottom-up synthesis of multi-element hydroxides", *RSC Adv*., 14, 75-82 (2024/01)

[19] L. Li, Q. Dai, Y. Li, M. Pei, M. Osada, Y. Li, "Autonomous light intensity adaptation in an energy-efficient retinomorphic organic ferroelectric neuristor", *Adv. Opt. Mater*., 12, 2303172 (2024/3).

[20] S. Yoshino, T. Kurutach, Q. Liu, T. Yamanaka, S. Nozawa, M. Kobayashi, H. Kumagai, H. Kato, "Z-scheme water splitting utilizing $CuLi_{1/3}Ti_{2/3}O_2$ as a hydrogen-evolving photocatalyst with photo-response up to 600 nm", *Sustainable Energy Fuels*, 8(6), 1260-1268 (2024/02)

Ⅱ．著書

[1] 2023/7/31, ゾルーゲル法技術の最新動向, 長田　実、山本瑛祐, 共著, II第9章　ナノシートの合成と集積化による高機能材料の創成, pp. 96-105 シーエムシー出版

[2] 2023/7/31, ゾルーゲル法技術の最新動向, 小林　亮、長田　実, 共著, IV第6章　複合アニオンナノシートコロイド, pp. 409-418 シーエムシー出版

[3] 2023/7/31, ゾル-ゲル法の最新動向, 垣花眞人, 小林亮, 加藤英樹, 冨田恒之, 佐藤泰史, 共著, III第4章無機クラスターを活用した水溶液プロセスによる蛍光体の合成, pp. 177-188, シーエムシー出版

[4] 2023/12/25, シリカ粒子の作製と活用動向, 山本　瑛祐、黒田　一幸, 共著, II第2章　単分散メソポーラスシリカナノ粒子の作製とコロイド結晶の構築, シーエムシー出版

Ⅲ．解説等

[1] 2023/10/1, 長田　実, 原子膜高誘電体・強誘電体の開発, ファインケミカル, 52, 5-13

[2] 2023/8/1, 長田　実, トピックス「液滴 1 滴、 1 分でナノシート膜の自動製膜」, セラミックス, 58, 560

[3] 2023/7/1, 山本瑛祐、長田　実, 界面活性剤を用いた非層状系ナノシート合成の新展開, セラミックス, 58, 441-444,

[4] 2023/6/1, 長田　実, ようこそラメラ・ワールドへ, セラミックス, 58, 346-348

[5] 2024/2/1, 長田　実, 無機ナノシートの精密合成と機能材料への応用, 科学と工業, 98, 35-41, 日本工研協会

[6] 2024/2/10, 長田　実、常松裕史, ナノシートでつくる高性能日射遮蔽膜, クリーンエネルギー , 33, 47-50, 日本工業出版

[7] 2024/2/20, 長田　実, ナノ材料でつくる高性能誘電体キャパシタ, 自動車技術, 78, 114-115, 自動車技術会

Ⅳ. 国際学会・口頭発表等

a. 招待講演

[1] Minoru Osada, Two-dimensional oxides: new flatland beyond Graphene, International Conference on Advanced Nano-Micro Materials (ICANM2), 2023/5/15, Frontier Applied Sciences Research Building, Hokkaido University, Hokkaido University

[2] Minoru Osada, Emerging 2D Oxides, Taiwan Consortium of Emergent Crystalline Materials (TCECM2023), 2023/5/19, Shangari-La hotel, Tainan, Taiwan Consortium of Emergent Crystalline Materials

[3] Minoru Osada, Emerging 2D Materials: From Tailored Synthesis to Device Application, JSPS日中韓フォーサイト事業, , 2023/8/31, グランドハイアット済州, JSPS

[4] Minoru Osada, Emerging Inorganic Nanosheets: From Tailored Synthesis to Electronic/Energy Applications, The 66th Fullerenes-Nanotubes-Graphene General Symposium, 2024/3/7, Nagoya University, The Fullerenes, Nanotubes, Graphene Research Society

[5] Eisuke Yamamoto, Minoru Osada, Solid-state Surfactants Templating Method: Synthetic Approach for Designed Inorganic Nanosheets, The 3rd International Symposium on Design & Engineering by Joint Inverse Innovation for Materials Architecture (DEJI2MA-3), I-8, 2023/10/20, Waseda University, Japan, Design & Engineering by Joint Inverse Innovation for Materials Architecture (DEJI2MA)

[6] Makoto Kobayashi, Eisuke Yamamoto, Minoru Osada, Band Engineering of Inorganic Nanosheets by Element substitutions, The 1st International LEIPS workshop, 2023/6/20, Online

b. 一般講演（ポスター発表を含む）

[1] Minoru Osada, Emerging 2D Oxides: From Tailored Synthesis to Device Integration, International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2023 (ICMaSS 2023), 2023/12/1, Nagoya University, IMaSS, Nagoya University

[2] Makoto Kobayashi, Naoki Hagishima, Hikaru Sugimoto, Eisuke Yamamoto, Minoru Osada, Synthesis and Characterization of Titanium Oxynitride Nanosheets, International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2023 (ICMaSS2023), A2-II-3, 2023/12/2, Nagoya University, Japan, IMaSS

[3] Eisuke Yamamoto, Daiki Kurimoto, Kentaro Ito, Makoto Kobayashi, Minoru Osada, Tailored synthesis of amorphous 2D oxide/oxyhydroxide nanosheets, International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2023 (ICMaSS2023), A2-I-3, 2023/12/2, Nagoya University, Japan, IMaSS

[4] Yan Li, Masanari Shimada, Eisuke Yamamoto, Makoto Kobayashi, Minoru Osada, SPM-based Characterization of Individual Perovskite Nanosheets, International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2023 (ICMaSS2023), A2-P-1, 2023/12/2, Nagoya University, Japan, IMaSS, ポスター発表

[5] Hong Li, Yue Shi, Eisuke Yamamoto, Makoto Kobayashi, Minoru Osada, Ultrafast assembly for 2D nanosheets using modified drop casting, International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2023 (ICMaSS2023), A2-P-2, 2023/12/2, Nagoya University, Japan, IMaSS, ポスター発表

[6] Sumiya Ando, Eisuke Yamamoto, Makoto Kobayashi, Akichika Kumatani, Minoru Osada, Facile Synthesis of Pd Nanosheets and Mechanism of Boosted Catalytic Activity, International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2023 (ICMaSS2023), A2-P-3, 2023/12/2, Nagoya University, Japan, IMaSS, ポスター発表

[7] Hirofumi Tsunematsu, Yue Shi, Eisuke Yamamoto, Makoto Kobayashi, Tomohiro Yoshida, Minoru Osada, Controlled Synthesis of 2D Conducting Nanosheets toward Thermal Shielding Applications, International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2023 (ICMaSS2023), A2-P-7, 2023/12/2, Nagoya University, Japan, IMaSS, ポスター発表

[8] Keita Nishibashi, Eisuke Yamamoto, Makoto Kobayashi, Minoru Osada, Controlled ferroelectric properties in $RbBi_{2-x}La_xTi_2NbO_{10}$ and their exfoliated 2D nanosheets, International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2023 (ICMaSS2023), A2-P-8, 2023/12/2, Nagoya University, Japan, IMaSS, ポスター発表

[9] Kentaro Ito, Eisuke Yamamoto, Makoto Kobayashi, Minoru Osada, Controlled gadolinium doping for

ceria nanosheets utilizing solid surfactant crystals, International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2023 (ICMaSS2023), A2-P-9, 2023/12/2, Nagoya University, Japan, IMaSS, ポスター発表

[10] Minoru Osada, Makoto Kobayashi, Eisuke Yamamoto, Emerging Inorganic Nanosheets: From Tailored Synthesis to Applications, The 3rd International Symposium on Design & Engineering by Joint Inverse Innovation for Materials Architecture (DEJI2MA-3), NGY 1, 2023/10/20, Waseda University, Japan, Design & Engineering by Joint Inverse Innovation for Materials Architecture (DEJI2MA), ポスター発表

[11] Eisuke Yamamoto, Yuma Takezaki, Makoto Kobayashi, Minoru Osada, Molecularly Thin Amorphous Silica Nanosheets with Controlled Thickness, The 3rd International Symposium on Design & Engineering by Joint Inverse Innovation for Materials Architecture (DEJI2MA-3), NGY 2, 2023/10/20, Waseda University, Japan, Design & Engineering by Joint Inverse Innovation for Materials Architecture (DEJI2MA), ポスター発表

[12] Hirofumi Tsunematsu, Yue Shi, Eisuke Yamamoto, Makoto Kobayashi, Tomohiro Yoshida, Minoru Osada, Fabrication of Transparent Conducting Nanosheets toward Thermal Shielding Applications, The 3rd International Symposium on Design & Engineering by Joint Inverse Innovation for Materials Architecture (DEJI2MA-3), NGY 3, 2023/10/20, Waseda University, Japan, Design & Engineering by Joint Inverse Innovation for Materials Architecture (DEJI2MA), ポスター発表

[13] Sumiya Ando, Eisuke Yamamoto, Makoto Kobayashi, Akichika Kumagai, Minoru Osada, A noble synthesis method of palladium nanosheets and mechanism of boosted catalytic activity, The 3rd International Symposium on Design & Engineering by Joint Inverse Innovation for Materials Architecture (DEJI2MA-3), NGY 4, 2023/10/20, Waseda University, Japan, Design & Engineering by Joint Inverse Innovation for Materials Architecture (DEJI2MA), ポスター発表

[14] Kentaro Ito, Eisuke Yamamoto, Makoto Kobayashi, Minoru Osada, Rational approach for controlled Gd doping into ceria nanosheet, The 3rd International Symposium on Design & Engineering by Joint Inverse Innovation for Materials Architecture (DEJI2MA-3), NGY 5, 2023/10/20, Waseda University, Japan, Design & Engineering by Joint Inverse Innovation for Materials Architecture (DEJI2MA), ポスター発表

[15] Shu Morita, Eisuke Yamamoto, Makoto Kobayashi, Daisuke Urushihara, Toru Asaka, Minoru Osada, Atomic Layer Engineering of D-J type perovskites $Cs(Bi_2Sr_{m-3})(Ti_{m-1}Nb)O_{3m+1}$, The 3rd International Symposium on Design & Engineering by Joint Inverse Innovation for Materials Architecture (DEJI2MA-3), NGY 10, 2023/10/20, Waseda University, Japan, Design & Engineering by Joint Inverse Innovation for Materials Architecture (DEJI2MA), ポスター発表

[16] Keita Nishibashi, Eisuke Yamamoto, Makoto Kobayashi, Minoru Osada, Characterization of $RbBi_{2-x}La_xTi_2NbO_{10}$ and synthesis of 2D nanosheets, The 3rd International Symposium on Design & Engineering by Joint Inverse Innovation for Materials Architecture (DEJI2MA-3), NGY 11, 2023/10/20, Waseda University, Japan, Design & Engineering by Joint Inverse Innovation for Materials Architecture (DEJI2MA), ポスター発表

[17] Fei Li, Minoru Osada, Hiroya Abe, Synthesis of Multi Element (Hydr)Oxide Nanoparticles and Their Applications, The 3rd International Symposium on Design & Engineering by Joint Inverse Innovation for Materials Architecture (DEJI2MA-3), OSK 3, 2023/10/20, Waseda University, Japan, Design & Engineering by Joint Inverse Innovation for Materials Architecture (DEJI2MA), ポスター発表

[18] Eisuke Yamamoto, Daiki Kurimoto, Kentaro Ito, Makoto Kobayashi, Minoru Osada, Tailored Synthesis of Non-Layered Oxide Nanosheets Utilizing Solid-State Surfactants, JSPS日中韓フォーサイト事業, 2023/9/1, グランドハイアット済州, JSPS, ポスター発表

[19] Keita Nishibashi, Eisuke Yamamoto, Makoto Kobayashi, Minoru Osada, Characterization and Exfoliation of Layered Perovskite $RbBi_{2-x}La_xTi_2NbO_{10}$, JSPS日中韓フォーサイト事業, 2023/9/1, グランドハイアット済州, JSPS, ポスター発表

[20] Kentaro Ito, Eisuke Yamamoto, Makoto Kobayashi, Minoru Osada, Tailored Synthesis of $Ce_{1-x}Gd_xO_{1-\delta}$ Nanosheets with Controlled Gadolinium Content, JSPS日中韓フォーサイト事業, 2023/9/1, グランドハイアット済州, JSPS, ポスター発表

[21] Shu Morita, Eisuke Yamamoto, Makoto Kobayashi, Daisuke Urushihara, Toru Asaka, Minoru Osada, Atomic Layer Engineering of 2D Ferroelectric Perovskites, JSPS日中韓フォーサイト事業, 2023/9/1, グランドハイアット済州, JSPS, ポスター発表

[22] Sumiya Ando, Eisuke Yamamoto, Makoto Kobayashi, Akichika Kumatani, Minoru Osada, Tailored Synthesis of Palladium Nanosheets and Mechanism of Boosted Catalytic Activity, JSPS日中韓フォーサイト事業, 2023/9/1, グランドハイアット済州, JSPS, ポスター発表

[23] Eisuke Yamamoto, Daiki Kurimoto, Kentaro Ito, Makoto Kobayashi, Minoru Osada, Tailored Synthesis of Non-Layered Oxide Nanosheets Utilizing Solid-State Surfactants, 2023 Taiwan-Japan Symposium on Reaction Control (2023 TJSReC), 2023/7/28, National Chiao Tung University, Hsinchu, Taiwan, ポスター発表

[24] Kentaro Ito, Eisuke Yamamoto, Makoto Kobayashi, Minoru Osada, Precise Design of the Layered Surfactant Crystals for Tailored Synthesis of Gadolinium-doped Nanosheets, EUROCLAY 2023 International Conference of European Clay Groups Association, 2023/7/27, Bari, Italy

[25] Eisuke Yamamoto, Yuma Takezaki, Makoto Kobayashi, Minoru Osada, Design of the Molecularly Thin Amorphous Silica Nanosheets Utilizing Solid-State Layered Surfactant, EUROCLAY 2023 International Conference of European Clay Groups Association, 2023/7/27, Bari, Italy

[26] Hideki Kato, Tanya Kurutach, Qingshan Liu, Toshiki Yamanaka, Shunya Yoshino, Makoto Kobayashi, Redox-mediated Z-scheme water splitting utilizing $CuLi_{1/3}Ti_{2/3}O_2$ as H_2-evolving photocatalyst, The 31st International Conference on Photochemistry (ICP2023), 2023/7/28, Sapporo, Japan.,

Ⅴ．国内学会・口頭発表等

a．招待講演

[1] 長田　実, ２次元ナノシートが拓くニューセラミックス, センシング技術応用研究会, 日本セラミックス協会　コーティング研究体, 大阪産業創造館, 2023/4/26

[2] 長田　実, 原子膜集積による界面制御とマルチマテリアル化, 日本セラミックス協会　コーティング研究体2023年度第１回研究会, 日本セラミックス協会　コーティング研究体,秋保温泉 秋保グランドホテル, 2023/9/29

[3] 長田　実, 無機２次元物質の精密合成と電子材料応用, 日本化学会第104春季年会(2024), 日本化学会, 日本大学理工学部　船橋キャンパス, 2024/3/18

[4] 長田　実, 無機ナノシートでつくる未来材料, 日本化学会第104春季年会(2024), 日本化学会, 日本大学理工学部　船橋キャンパス, 2024/3/19

[5] 長田　実, 無機フラットランド, 第71回応用物理学会春季学術講演会, 応用物理学会, 東京都市大学 世田谷キャンパス, 2024/3/24

[6] 山本　瑛祐，長田　実, 界面活性剤結晶の二次元空間でつくる新しい元素ブロック, 第7回元素ブロック研究会, 日本セラミックス協会, 早稲田大学, 2023/7/22

[7] 山本　瑛祐，長田　実, 固体界面活性剤鋳型法による新しい二次元材料合成, 第20回酸化グラフェンナノシートシンポジウム, 酸化グラフェンナノシート研究会, TKPカンファレンスセンター松山2階カンファレンスルーム2B, 2023/12/8

[8] 山本　瑛祐，長田　実, 固体界面活性剤を活用した新規ナノシート合成, 令和5年度ハイブリッド材料シンポジウム, 日本セラミックス協会, 大阪公立大学, 2023/12/13

[9] 小林　亮，長田　実　, 複合アニオンナノシートの合成と電子構造評価, 日本結晶成長学会　新技術・新材料分科会　第3回研究会, 日本結晶成長学会　新技術・新材料分科会, 東北大学東京オフィス, 2024/3/7

[10] 山本　瑛祐, 界面活性剤を用いた低次元無機ナノ構造体の精密設計, 日本セラミックス協会2024年年会, 日本セラミックス協会, 熊本大学黒髪キャンパス, 1G22A, 2024/3/14

b．一般講演（ポスター発表を含む）

[1] 長田　実, 無機原子膜が拓く未来材料技術, 国際・産学連携インヴァースイノベーション材料創出プロジェクト令和５年度 公開討論会, 国際・産学連携インヴァースイノベーション材料創出プロジェク

ト, 名古屋大学東山キャンパス, 2024/3/9

[2] 山田　諭, 山本　瑛祐, 小林　亮, 長田　実, アモルファスジルコニアナノシートのボトムアップ合成及び特性評価, 2023年度 日本セラミックス協会東海支部 学術研究発表会, 日本セラミックス協会東海支部, 名古屋工業大学, B10, 2023/12/2

[3] 萩島　直樹, 小林　亮, 山本　瑛祐, 長田　実, $Cs_2Ti_5O_{11}$を出発物質とした酸窒化チタンナノシートの合成と電子構造評価, 2023年度 日本セラミックス協会東海支部 学術研究発表会, 日本セラミックス協会東海支部, 名古屋工業大学, D5, 2023/12/2

[4] 島田　将成, Yan Li, 山本　瑛祐, 小林　亮, 長田　実, Dion-Jacobson型層状ペロブスカイト$CsPb_2Nb_3O_{10}$およびその剥離ナノシートの強誘電特性評価, 2023年度 日本セラミックス協会東海支部学術研究発表会, 日本セラミックス協会東海支部, 名古屋工業大学, D8, 2023/12/2

[5] 大藪　一星, 小林　亮, 山本　瑛祐, 長田　実, 酸窒化物ペロブスカイトナノシート$(Ca_{1-x}Sr_x)_2Nb_3O_{10-y}N_y$の合成と電子構造評価, 2023年度 日本セラミックス協会東海支部 学術研究発表会, 日本セラミックス協会東海支部, 名古屋工業大学, D3, 2023/12/2

[6] 西橋　慧太, 山本　瑛祐, 小林　亮, 長田　実, Dion-Jacobson 型層状ペロブスカイト強誘電体$RbBi_2Ti_2NbO_{10}$の特性制御と剥離 ナノシート化, 日本電子材料技術協会2023年度第60回秋期大会, 日本電子材料技術研究会, 名古屋大学, A-09, 2023/11/23

[7] 伊東　健太郎, 山本　瑛祐, 小林　亮, 長田　実, 単結晶性 Gd ドープセリアナノシートの合成とドープ量制御, 日本電子材料技術協会2023年度第60回秋期大会, 日本電子材料技術研究会, 名古屋大学, A-05, 2023/11/23

[8] 山本　瑛祐, 竹崎　佑麻, 小林　亮, 長田　実, 固体界面活性剤を利用したアモルファスシリカナノシートの精密設計, 第42回無機高分子研究討論会, 高分子学会無機高分子研究会, 東京理科大学神楽坂キャンパス, 2023/11/16

[9] 安藤　純也, 山本　瑛祐, 小林　亮, 熊谷　明哉, 長田　実, パラジウムナノシートの新規合成と触媒特性, 第13回CSJ化学フェスタ(2023), 日本化学会, タワーホール船堀, C2-26, 2023/10/18

[10] 伊東　健太郎, 山本　瑛祐, 小林　亮, 長田　実, 固体界面活性剤を利用した単結晶性Gdドープセリアナノシートの合成, 第13回CSJ化学フェスタ(2023), 日本化学会, タワーホール船堀, P6-010, 2023/10/18, ポスター発表

[11] 安藤　純也, 山本　瑛祐, 小林　亮, 熊谷　明哉, 長田　実, パラジウムナノシートの新規合成と触媒特性, 第13回CSJ化学フェスタ(2023), 日本化学会, タワーホール船堀, P1-016, 2023/10/17, ポスター発表

[12] 西橋　慧太, 山本　瑛祐, 小林　亮, 長田　実, Dion-Jacobson型層状ペロブスカイト$RbBi_{2-x}La_xTi_2NbO_{10}$の合成と特性制御, 第13回CSJ化学フェスタ(2023), 日本化学会, タワーホール船堀, P3-102, 2023/10/17, ポスター発表

[13] 常松　裕史, 施　越, 山本　瑛祐, 小林　亮, 吉田　智大, 長田　実, 還元型酸化タングステンナノシートの合成と近赤外反射膜への応用, 日本セラミックス協会 第36回秋季シンポジウム, 日本セラミックス協会, 京都工芸繊維大学, 2T25, 2023/9/7

[14] 竹崎　佑麻, 山本　瑛祐, 小林　亮, 長田　実, 固体界面活性剤を鋳型としたアモルファスシリカナノシートの分子層制御, 日本セラミックス協会 第36回秋季シンポジウム, 日本セラミックス協会, 京都工芸繊維大学, 2K10, 2023/9/7

[15] 竹内　希, 山本　瑛祐, 小林　亮, 長田　実, 単結晶セリアナノシートの精密合成・集積およびイオン伝導性評価, 日本セラミックス協会 第36回秋季シンポジウム, 日本セラミックス協会, 京都工芸繊維大学, 2K08, 2023/9/7

[16] 伊東　健太郎, 山本　瑛祐, 小林　亮, 長田　実, 単結晶性ガドリニウムドープセリアナノシートの精密合成, 日本セラミックス協会 第36回秋季シンポジウム, 日本セラミックス協会, 京都工芸繊維大学, 1L18, 2023/9/6

[17] 西橋　慧太, 山本　瑛祐, 小林　亮, 長田　実, Dion-Jacobson 型層状ペロブスカイト$RbBi_{2-x}La_xTi_2NbO_{10}$の特性評価と剥離ナノシート化, 日本セラミックス協会 第36回秋季シンポジウム, 日本セラミックス

協会, 京都工芸繊維大学, 1L19, 2023/9/6

[18] 森田　秀，山本　瑛祐，小林　亮，漆原　大典，浅香　透，長田　実, Dion-Jacobson 型層状ペロブスカイト$Cs(Bi_2Sr_{m-3})(Ti_{m-1}Nb)O_{3m+1}$の特性評価と剥離ナノシート化, 日本セラミックス協会 第36回秋季シンポジウム, 日本セラミックス協会, 京都工芸繊維大学, 1F23, 2023/9/6

[19] 山梨　真寛，小林　亮，山本　瑛祐，長田　実, 層状ペロブスカイト$A(Ca_{1-x}Sr_x)(Nb_{1-y}Ta_y)_2O_6F$ (A = Cs, Rb)の剥離ナノシート化および電子構造評価, 日本セラミックス協会 第36回秋季シンポジウム, 日本セラミックス協会, 京都工芸繊維大学, 1B27, 2023/9/6

[20] 木内　泰成，冨田　恒之，佐藤　泰史，小林　亮，殷　シュウ，垣花　眞人, Bond Valence Sumを利用したCe^{3+}賦活新規蛍光体の開発, 日本セラミックス協会 第36回秋季シンポジウム, 日本セラミックス協会, 京都工芸繊維大学, 1T03, 2023/9/6

[21] 岡崎　晴雅, 冨田　恒之, 磯村　雅夫, 金子　哲也, モハマド　シャヒドゥザマン, 小林　亮, 趙　成訓, 垣花　眞人, 材料コスト低減に向けたペロブスカイト太陽電池のサンドイッチプロセス, 日本セラミックス協会 第36回秋季シンポジウム, 日本セラミックス協会, 京都工芸繊維大学, 1L05, 2023/9/6

[22] 佐藤　来希，冨田　恒之，磯村　雅夫，金子　哲也，モハマド　シャヒドゥザマン，小林　亮，趙　成訓，垣花　眞人, グリコール酸チタン錯体を用いたBrookite型TiO_2合成とペロブスカイト太陽電池の電子輸送層への応用, 日本セラミックス協会 第36回秋季シンポジウム, 日本セラミックス協会, 京都工芸繊維大学, 1L04, 2023/9/6

[23] 寺島　那哉, 冨田　恒之, 佐藤　泰史, 小林　亮, 殷　シュウ, 垣花　眞人, 酸化物アップコンバージョン蛍光体の発光強度と発光波長に対するGd置換の影響, 日本セラミックス協会 第36回秋季シンポジウム, 日本セラミックス協会, 京都工芸繊維大学, 3PT03am, 2023/9/6, ポスター発表

[24] 森田　秀，山本　瑛祐，小林　亮，漆原　大典，浅香　透，長田　実, Dion-Jacobson型ペロブスカイト強誘電体の原子層制御, 第64回東海若手セラミスト懇話会2023年夏期セミナー , 日本セラミックス協会東海支部, ホテル＆リゾーツ 伊勢志摩, P43-(C), 2023/6/15, ポスター発表

[25] 西橋　慧太，山本　瑛祐，小林　亮，長田　実, Dion-Jacobson型層状ペロブスカイト$RbBi_2Ti_2NbO_{10}$のサイトエンジニアリング, 第64回東海若手セラミスト懇話会2023年夏期セミナー , 日本セラミックス協会東海支部, ホテル＆リゾーツ 伊勢志摩, P-41(D), 2023/6/15, ポスター発表

[26] 伊東　健太郎，山本　瑛祐，小林　亮，長田　実, $Ce_{1-x}Gd_xO_{2-\delta}$ナノシートの精密合成, 第64回東海若手セラミスト懇話会2023年夏期セミナー , 日本セラミックス協会東海支部, ホテル＆リゾーツ 伊勢志摩, P-44(D), 2023/6/15, ポスター発表

[27] 小林　亮，萩島　直樹，山本　瑛祐，長田　実, 酸窒化チタンナノシートの合成と光電子分光法による電子構造評価, 国際・産学連携インヴァースイノベーション材料創出プロジェクト令和５年度 公開討論会, 国際・産学連携インヴァースイノベーション材料創出プロジェクト, 名古屋大学東山キャンパス, 2024/3/9

[28] 山本瑛祐，伊東健太郎，小林　亮，長田　実, 単結晶性セリアナノシート合成とガドリニウムドープ, 国際・産学連携インヴァースイノベーション材料創出プロジェクト令和５年度 公開討論会, 国際・産学連携インヴァースイノベーション材料創出プロジェクト, 名古屋大学東山キャンパス, 2024/3/9

[29] Rubén Cantón Vitoria, Minoru Osada, Covalent functionalization of MXenes with photoactive molecules, 国際・産学連携インヴァースイノベーション材料創出プロジェクト令和５年度 公開討論会, 国際・産学連携インヴァースイノベーション材料創出プロジェクト, 名古屋大学東山キャンパス, 2024/3/9

[30] 常松　裕史，山本　瑛祐，小林　亮，吉田　智大，長田　実, 酸化タングステンナノシートの精密合成と日射遮蔽膜への応用, 国際・産学連携インヴァースイノベーション材料創出プロジェクト令和５年度 公開討論会, 国際・産学連携インヴァースイノベーション材料創出プロジェクト, 名古屋大学東山キャンパス, 2024/3/9

[31] 安藤　純也，山本　瑛祐，小林　亮，熊谷　明哉，長田　実, パラジウムナノシートの精密合成と触媒特性, 国際・産学連携インヴァースイノベーション材料創出プロジェクト令和５年度 公開討論会, 国際・産学連携インヴァースイノベーション材料創出プロジェクト, 名古屋大学東山キャンパス, 2024/3/9

[32] 森田　秀，山本　瑛祐，小林　亮，漆原　大典，浅香　透，長田　実, 原子層制御合成によるDion-Jacobson型ペロブスカイト強誘電体の開発　, 国際・産学連携インヴァースイノベーション材料創出プロジェクト令和５年度 公開討論会, 国際・産学連携インヴァースイノベーション材料創出プロジェクト, 名古屋大学東山キャンパス, 2024/3/9

[33] 島田　将成，Yan Li，山本　瑛祐，小林　亮，長田　実, Pb 内包層状ペロブスカイトおよびその剥離ナノシートの強誘電特性, 国際・産学連携インヴァースイノベーション材料創出プロジェクト令和５年度 公開討論会, 国際・産学連携インヴァースイノベーション材料創出プロジェクト, 名古屋大学東山キャンパス, 2024/3/9

[34] 西橋　慧太, 山本　瑛祐, 小林　亮, 長田　実, 層状ペロブスカイト$RbBi_{2-x}La_xTi_2NbO_{10}$の構造物性相関, 国際・産学連携インヴァースイノベーション材料創出プロジェクト令和５年度 公開討論会, 国際・産学連携インヴァースイノベーション材料創出プロジェクト, 名古屋大学東山キャンパス, 2024/3/9

[35] 竹崎　佑麻，山本　瑛祐，小林　亮，長田　実, 固体界面活性剤を鋳型としたアモルファス シリカナノシートの精密合成, 国際・産学連携インヴァースイノベーション材料創出プロジェクト令和５年度 公開討論会, 国際・産学連携インヴァースイノベーション材料創出プロジェクト, 名古屋大学東山キャンパス, 2024/3/9

[36] 西橋　慧太，山本　瑛祐，小林　亮，長田　実, 層状ペロブスカイト$CsSr_{n-1}Nb_3Ti_{n-3}O_{3n+1}$の合成と特性評価, 日本セラミックス協会2024年年会, 日本セラミックス協会, 熊本大学黒髪キャンパス, 1P14, 2024/3/14

[37] 伊東　健太郎，山本　瑛祐，小林　亮，長田　実, 単結晶性 Gd ドープセリアナノシートの合成と特性評価, 日本セラミックス協会2024年年会, 日本セラミックス協会, 熊本大学黒髪キャンパス, 1P149, 2024/3/14

[38] 岡崎　晴雅, 冨田　恒之, 磯村　雅夫, 金子　哲也, モハマド　シャヒドゥザマン, 小林　亮, 趙　成訓, 垣花　眞人, 無機材料を用いたペロブスカイト太陽電池の電子・正孔輸送層の開発, 日本セラミックス協会2024年年会, 日本セラミックス協会, 熊本大学黒髪キャンパス, 1P129, 2024/3/14

[39] 李 飛, 吉田 加菜子, 長田 実, 阿部 浩也, Role of Solvents in Bottom-Up Synthesis of Multi-Element Hydroxides, 日本セラミックス協会2024年年会, 日本セラミックス協会, 熊本大学黒髪キャンパス, 3B09, 2024/3/16

[40] 山本瑛祐, 栗本大輝, 伊東健太郎, 小林 亮, 長田 実, 界面活性剤結晶を活用したアモルファスナノシートの精密合成, 日本化学会第104春季年会(2024), 日本化学会, 日本大学理工学部　船橋キャンパス, A1444-1vn-04, 2024/3/18

[41] 宮下　智臣, 吉野　隼矢, 小林　亮, 加藤　英樹, Zスキーム型水分解の高活性化を目指したFe_2O_3へのIr系助触媒担持, 第133回触媒討論会, 触媒学会, 横浜国立大学常盤台キャンパス, 2P22, 2024/3/19

Ⅵ. 特許等（出願、公開、登録）

b．特開（公開特許）

[1] 常松裕史、長田実, 分子膜、分子膜集積体、赤外線遮蔽膜、および構造体, 特開2023-67261, 2023/5/13, 住友金属鉱山株式会社、国立大学法人東海国立大学機構

[2] 長田実、海老名保男、佐々木高義, キャパシタ型蓄電デバイス, JP2023087747A, 2023/6/26, 国立研究開発法人物質・材料研究機構

Ⅶ. その他研究業績（撰文、雑誌記事、テレビ報道等を含む）

[1] 長田　実, 日刊工業新聞, 名大、高品質ナノシート基板作製で新手法, 2023/4/10

[2] 長田　実, 日刊工業新聞, 経営ひと言／名古屋大学・長田実教授　誰でも何度でも, 2023/4/12

[3] 長田　実, 日経Tech Foresight, 名古屋大学、ナノシートを1分で成膜　工業利用に期待, 2023/4/24

[4] 長田　実, 日刊工業新聞, 名大と物材機構、エネルギー密度10倍のキャパシター , 2023/5/22

[5] 長田　実, 日経Tech Foresight, 名大など、ナノシートでキャパシター　固体蓄電素子に, 2023/5/25

[6] 長田　実, 日経産業新聞, 近赤外光、5割遮蔽のシート材　名大、建物や車の空調コスト減, 2023/6/5

[7] 長田　実, 日経Tech Foresight, 名大、世界最高性能の日射遮蔽膜　建築物の省エネに, 2023/6/5

[8] 長田　実, 日本経済新聞, 太陽光5割遮蔽するシート　車や建物向け, 2023/6/7
[9] 長田　実, 日経産業新聞, 短時間で充放電のキャパシタ、名大、容量10倍で実用レベル, 2023/6/21
[10] 長田　実, 日本経済新聞, EV向け蓄電装置、薄膜材料で実用レベルに　名古屋大学, 2023/6/23
[11] 長田　実, 日刊工業新聞, パラジウム製ナノシート、フラスコで簡便に合成, 2023/11/17
[12] 長田　実, 日経Tech Foresight, 名大など、Pdナノシートの簡易合成　触媒の貴金属量削減, 2023/11/28
[13] 長田　実, 化学工業日報, 名大、パラジウムナノシート、良質で簡便に作製, 2023/12/13
[14] 長田　実, YAHOOニュース, 次世代電子部品の生産技術に、名大が高品質ナノシート基板作製で新手法, 2023/4/11
[15] 長田　実, ASCII, 世界最高性能の誘電体蓄電器を開発、全固体電池へ前進＝名大など, 2023/5/11
[16] 長田　実, ニュースイッチ（日刊工業新聞）, エネルギー密度10倍、名大と物材機構がスゴい「キャパシター」開発, 2023/5/23
[17] 長田　実, YAHOOニュース, エネルギー密度10倍、名大と物材機構がスゴい「キャパシター」開発, 2023/5/23
[18] 長田　実, マイナビニュース, ナノシートによる世界最高のエネルギー密度の誘電体キャパシタを開発, 2023/5/23
[19] 長田　実, マイナビニュース, 名大、高い透明性と近赤外反射率53％を併せ持つ日射遮蔽膜を開発, 2023/5/23
[20] 長田　実, ASCII, 日射遮蔽膜で世界最高性能、近赤外光カットで省エネ＝名大, 2023/5/24
[21] 長田　実, JSTニュース, 究極に薄いナノシートやデバイスを開発, 2023/9/1
[22] 長田　実, ASCII, パラジウムナノシートを簡便に合成する新プロセス＝名大, 2023/11/16
[23] 長田　実, Science Japan, Molecularly thin nanosheets and devices, 2023/11/21
[24] 長田　実, Nature Reviews Materials, Clean palladium nanosheets, 2023/11/22
[25] 長田　実, Phys.Org., High-quality 2D films could be one-drop away, 2023/5/19
[26] 長田　実, AZO Nano, Making Nanosheets in One Minute, 2023/5/22
[27] 長田　実, ScienceMag, Nanosheet technology developed to boost energy storage dielectric capacitors, 2023/6/4
[28] 長田　実, AZO Nano, Easy Pd Nanosheet Synthesis for Green Energy Revolution, 2023/12/13
[29] 長田　実, Mining, Discovery may reduce use of palladium in hydrogen production, 2023/12/22
[30] 長田　実, Phys.Org., The 'one-pot' nanosheet method catalyzing a green energy revolution, 2023/12/22
[31] 長田　実, Nano werk, The one-pot nanosheet method catalyzing a green energy revolution, 2023/12/21
[32] 長田　実, 現代化学, 安全で簡単なPdナノシート合成法, 2024/2/1
[33] 長田　実, SciTechDaily, One-Pot Wonder: The New Nanosheet Method Catalyzing a Green Energy Revolution, 2024/2/9
[34] 長田　実, Today Headline, The New Nanosheet Method Catalyzing a Green Energy Revolution, 2024/2/9
[35] 長田　実, 化学工業日報, 低次元ナノマテリアルでつくる未来材料, 2024/3/12

●自己組織化機能性ナノ材料

教授　田川　美穂　　研究員　Chandan Kumer　　技術員　田中　順子
客員教授　Sunita Srivastava

研究テーマ

DNA修飾金ナノ粒子超格子の結晶成長

研究の背景・目的

金属ナノ粒子はバルクとは異なる光学・電気・磁気的な性質を有しているが、これを周期的に配列させたナノ粒子超格子は更に集合体として新奇な性質を持つ。現在、ナノ粒子超格子を製作する手法として、DNAの選択的結合性・自己組織化を利用してボトムアップ的に様々な構造を作製する手法が注目されている。この技術を用いることで、粒子間距離を制御しつつ、多種多様なナノ粒子超格子を作製可能となるため、新規光学・電子・磁気材料への応用が期待されている。一方、本手法では、単結晶を大きく成長させることが難しく、単結晶構造解析や物性評価が困難であるという課題がある。本研究では、結晶性の良い単結晶を大きく成長させる方法として、従来から行われているバッチ法（試験管内でDNA修飾金ナノ粒子を結晶化させる方法）に代わり、油層の中に結晶化液滴を生成し、液滴内で結晶成長させる液滴法による結晶化法の確立に取り組んだ。これにより、壁面からの不均質核生成を抑制し、均一核生成からはじまる結晶成長により、DNA修飾金ナノ粒子超格子の高品質な単結晶を成長させられると期待できる。

成果の概要

結晶化液滴の生成は、二種類の方法で行った。一つは、マイクロ流体チップを用いて油層内にDNA修飾金ナノ粒子の結晶化溶液を生成する方法、もう一つは、振動させながら恒温した油層内にピペットでDNA修飾金ナノ粒子の結晶化溶液を滴下し、結晶化液滴を生成する方法である。何れの方法においても、光学顕微鏡による結晶形状観察により、直径20 μ m程度以下の液滴であれば一液滴に対し結晶が一つだけ生成することがわかった。結晶化液滴の大きさが大きくなるほど、結晶が複数個生成する傾向が見られた。Spring-8におけるX線小角散乱（SAXS）による構造解析より、結晶化液滴中で作製したDNA修飾金ナノ粒子超格子の単結晶は、従来のバッチ法で生成した結晶に比べ、結晶性が極めて高いことがわかった。特に、マイクロマウントに結晶一つを補足して行ったSAXS単結晶構造解析により、単一の結晶の結晶性をg因子（格子乱れの指標）で評価したところ、その差は顕著であった。本研究により、単一結晶が得られやすい結晶化液滴の凡そのサイズが判明したため、今後はその液滴サイズ内で単一の結晶を大きく成長させる手法を開発する。

発表論文等

Ⅰ．論文（査読のある学術誌等）

a．査読付き論文

[1] Zhou Huiqin, Miura Hitoshi, Dang Yifan, Fukami Yuma, Takemoto Hisaki, Harada Shunta, Tagawa Miho, Ujihara Toru, "Numerical Modeling of the Cellular Structure Formation Process in SiC Solution Growth for Suppression of Solvent Inclusions", CRYSTAL GROWTH & DESIGN 2023, 23,5, 3393-3401,2023/5/3

[2] Sato Rikuya, Kutsukake Kentaro, Harada Shunta, Tagawa Miho, Ujihara Toru, "Machine Learning for Semiconductor Process Simulation Described by Coupled Partial Differential Equations", ADVANCED THEORY AND SIMULATIONS　6 (9), 2023/7/16

[3] Hiromasa Niinomi*, Kazuhiro Gotoh, Naoki Takano, Miho Tagawa, Iori Morita, Akiko Onuma, Hiroshi Y. Yoshikawa, Ryuzo Kawamura, Tomoya Oshikiri, and Masaru Nakagawa, "Hiromasa Niinomi*, Kazuhiro Gotoh, Naoki Takano, Miho Tagawa, Iori Morita, Akiko Onuma, Hiroshi Y. Yoshikawa, Ryuzo Kawamura, Tomoya Oshikiri, and Masaru Nakagawa", J. Phys. Chem. Lett. 2024, 15, 6, 1564–1571

[4] Zhou, HQ; Miura, H; Fukami, Y; Dang, YF; Kutsukake, K; Harada, S; Tagawa, M; Ujihara, T "Effect of Solution Components on Solvent Inclusion in SiC Solution Growth ", CRYSTAL GROWTH & DESIGN 2024, 24, 4, 1806–1817

b．査読無論文

[1] Miho Tagawa, "Crystal structure control of nanoparticle superlattices using DNA and structural analysis by small angle X-ray scattering", JSAP review 2024, 240401, 2024/1/23

[2] 田川美穂，”DNAナノ粒子の結晶化と構造解析”，応用物理，92, 420-424, 2023/07/01

Ⅲ．解説等

[1] 2023/7/10. 田川美穂. DNAナノ粒子の結晶化と構造解析. 応用物理. 92, 7, 420-424. 応用物理学会

Ⅳ．国際学会・口頭発表等

b．一般講演（ポスター発表を含む）

[1] Shoko Kojima, Hayato Sumi, Noboru Ohta, Hiroshi Sekiguchi, Shunta Harada, Toru Ujihara, Katsuo Tsukamoto, Miho Tagawa, Effect of solution environment on the growth of DNA-functionalized nanoparticle crystals, ICCGE, Poster presentation-29,1頁, 2023/7/31, Naples, Italy

[2] Lidong Zhang, Maasa Yokomori, Hayato Sumi, Shoko Kojima, Noboru Ohta, Hiroshi Sekiguchi, Shunta Harada, Toru Ujihara, Katsuo Tsukamoto, Miho Tagawa, Effect of crystallization conditions for the enlargement of the size of DNA-functionalized nanoparticles crystals, ICCGE, Oral-03,1頁, 2023/8/2, Naples, Italy

[3] Lidong Zhang, Maasa Yokomori, Hayato Sumi, HsinYi Chou, Shoko Kojima, Noboru Ohta, Hiroshi Sekiguchi, Shunta Harada, Toru Ujihara, Katsuo Tsukamoto, Miho Tagawa., Effects of Sodium Chloride and Deuterium Oxide on Crystal Growth of DNA-Functionalized Nanoparticles, ICMaSS, A3-Ⅲ-4,1頁, 2023/12/2, Nagoya, Japan

[4] S. Kojima, L.D. Zhang, H. Sumi, N. Ohta, H. Sekiguchi, S. Harada, T. Ujihara, K. Tsukamoto, M. Tagawa. , Polyethylene Glycol Additive controlled crystallization of DNA-Functionalized Nanoparticles, ICMaSS, A3-Ⅲ-162,1頁, 2023/12/2, Nagoya, Japan

[5] Maasa Yokomori, Hayato Suzuki, Akiyoshi Nakamura, Yoko Yamanishi, Shigeo S. Sugano, Miho Tagawa, Designed DNA-gold nanoparticle crystals with molecular encapsulation and release properties, DNA29, #3-02, 2023/9/14, Sendai, Japan

[6] Ryuta Tetsuya, Naotomo Tottori, Azusa Takao, Maasa Yokomori, Miho Tagawa, Shigeo S. Sugano, Shinya Sakuma, and Yoko Yamanishi, Crystallization of DNA-functionalized nanoparticle in giant unilamellar vesicles, The 22nd International Conference on Solid-State Sensors, Actuators and Microsystems, Transducers 2023, W4P.019, 2023/6/6, Kyoto, Japan

Ⅴ．国内学会・口頭発表等

a．招待講演

[1] 田川 美穂・張 力東・鷲見 隼人・原田 俊太・宇治原 徹・(高輝度光科学研究センター) 太田 昇・関口 博史, DNA 自己集合を利用したナノ粒子のコロイド結晶成長とX 線小角散乱による構造解析, 日本セラミックス協会 第36 回秋季シンポジウム, 京都工芸繊維大学 松ヶ崎キャンパス, 2M08, 2023/9/7

[2] ○田川美穂１，張力東2，小島憧子2，鷲見隼人2，横森真麻３，太田昇４，関口博史４，原田俊太1，宇治原徹1, DNA修飾ナノ粒子の結晶化とX線小角散乱による構造解析, 令和5年（2023年）度 日本結晶学会年会および会員総会, 山口大常盤キャンパス, SB-III-03, 2023/10/29

b．一般講演（ポスター発表を含む）

[1] 小島憧子*、張力東、太田昇、関口博史、原田俊太、宇治原徹、塚本勝男、田川美穂, DNA修飾ナノ粒子の結晶成長における粒子間相互作用に対するPEG添加の影響, 令和5年（2023年）度 日本結晶成長学会, ウインクあいち, 04a-C09, 2023/12/4

[2] 張力東*、小島憧子、Karma Chandan、周幸儀、太田昇、関口博史、原田俊太、宇治原徹、塚本勝男、田川美穂, 溶液の組成がDNA修飾ナノ粒子結晶の品質およびサイズに与える影響, 令和5年（2023年）

度 日本結晶成長学会, ウインクあいち, 04a-B05, 2023/12/4

Ⅶ. その他研究業績（撰文、雑誌記事、テレビ報道等を含む）

[1] 田川美穂, NHK みんなでプラス, ジェンダーをこえて考えよう 広がる理系の“女性枠” 多様性が研究発展につながる！, 2023/4/27

●ラジカル化学グループ

准教授 熊谷 純	客員教授 原田 勝可	招へい教員 津田 泰志

研究テーマ

1）セメント・ジオポリマー安定化体のγ線照射による水素発生評価
2）光触媒を用いる実用的合成へ向けた反応機構解析
3）希土類含有層状複水酸化物の陰イオン種に応答する発光の機構解明
4）酸炭窒化ホウ素蛍光体薄膜の気相成長と光学特性制御
5）先端分野向けシリコン化合物とその薄膜の製造及び評価技術の開発
6）タングステンメッシュを用いた放射線防護材料の開発

研究の背景・目的

1）福島県の除去土壌に含まれる放射性物質の最終処分に向けて、放射性物質をセメントやジオポリマーで固化した安定化体からの放射線分解水素発生挙動を評価する。
2）光触媒を用いた光化学反応における反応中間体ラジカルを捕捉して、反応メカニズムを明らかにする。
3）陰イオン交換性を示すことが知られる層状複水酸化物(LDH)を水中からの有害陰イオンの除去や検知に利用するための発光材料としての特性を調べる
4）BCNOの化学気相析出（CVD）による薄膜プロセスを構築し、その構造や光学特性を明らかにする
5）産業的にも技術的にも岐路に立たされている半導体等の先端分野におけるシリコン化合物とその薄膜の製造及び評価技術の開発
6）東邦金属㈱で開発したタングステンメッシュ及びその製品の放射線遮蔽性能の評価と検証を目的とする。

成果の概要

1）高炉セメントは飛灰を含んで高温（90℃）になると、H_2発生収率が液体水の3倍にも及び、安定化体中での拡散も遅いが、ジオポリマーの場合は収率は液体水の半分程度で安定化体の外にH_2が出て来るのも早かった。
2）スピントラップ剤を用い，光照射下Pt/TiO_2による直鎖カルボン酸$C_nH_{2n+1}COOH$ (n = 1~3, 5~7, 11)の脱炭酸反応で生じるラジカルを捕捉し、そのアダクトをESR測定した。その結果，直鎖が短い場合，1・2級ラジカルのアダクトを観測できたが，直鎖が長くなるとほぼ2級ラジカルアダクトの割合が増加し，その濃度は直鎖が長い方が高くなった。
3）Tb^{3+}のESRを5.5～20 Kで調べた．その結果，Cl^--TbLHDはどの温度領域でもTb^{3+}の状態が最安定なのに対し，発光挙動の顕著なCO_3^{2-}-TbLHDでは15 K以下になるとTb^{3+}が還元された状態が最安定になることが確認された。
4）成膜温度がBCNOの結晶性や元素組成、化学結合状態、蛍光特性に及ぼす影響を調べた。成膜温度が高く、結晶性の比較的高いBCNO膜は蛍光しない一方、低結晶性のBCNO薄膜は390–580 nmで複数のバンドを持つ蛍光を示すことがわかった。
5）新規化合物の評価として電界発光測定を実施。素子構造、成膜技術を考案し試作。発光測定を実施。素子 構造(石英基板／透明電極／ HTL ／発光材料／ ETL ／電極)で発光が見られ、電界発光する可能性を見い出した。

6）測定結果を製品の基礎的な放射線遮蔽データとして蓄積。用途に最適な放射線遮蔽性能となるように製品を構成した。

発表論文等

Ⅳ．国際学会・口頭発表等

ａ．招待講演

[1] *Hirokazu Katsui, Kazuya Shimoda, Katsuyoshi Harada, Jun Kumagai, Mikinori Hotta, Composite and doped non-oxide ceramic films with tunable properties by laser chemical vapor deposition by laser chemical vapor deposition, MRM2023; IUMRS-ICA2023, F3-O403, 2023/12/11~15, Kyoto International Conference Center, The Materials Research Society of Japan (MRS-Japan)

ｂ．一般講演（ポスター発表を含む）

[1] Jun Kumagai, Keisuke Hosomi, Miho Ogiso, George Hasegawa, Shinya Hasegawa, Kumi Negishi and Masaya Ida, Temperature dependence on molecular hydrogen yields by radiolysis of cement constituent inorganic hydrates, ICMaSS 2023, A8-P-8, 2023/12/1-3, 名古屋大学, IMaSS, ポスター発表

[2] Gunik Lee, Hisao Yoshida and Jun Kumagai, Intermediate radicals for photocatalytic reactions of carboxylic acids with Pt/TiO_2, ICMaSS 2023, A3-P-17, 2023/12/1-3, 名古屋大学, IMaSS, ポスター発表

[3] Hirokazu Katsui, Katsuyoshi Harada, Jun Kumagai, Zheng Liu and Mikinori Hotta, Thin-film preparation of boron carbon oxynitride phosphor by chemical vapor deposition, ICMaSS 2023, A3-P-22 , 2023/12/1-3, 名古屋大学, IMaSS, ポスター発表

[4] Ryo Sasai, Kaoru Oota, Kohei Makishima, Takuya Fujimura, Chikako Moriyoshi and Jun Kumagai, Luminescence Properties of Tb-Doped Layered Double Hydroxide with Various Anion Species, ICMaSS 2023, A2-P-10, 2023/12/1-3, 名古屋大学, IMaSS, ポスター発表

Ⅴ．国内学会・口頭発表等

ｂ．一般講演（ポスター発表を含む）

[1] 熊谷　純・根岸久美・井田雅也, セメント硬化体構成結晶の放射線分解水素生成収率と照射温度依存性, 第12回環境放射能除染, 一般社団法人 環境放射能とその除染・中間貯蔵および環境再生のための学会, とうほう・みんなの文化センター (福島県福島市) と Zoom システムによるハイブリッド開催, S6-3, pp.37, 2023/8/30-31

[2] 近藤 隆 、熊谷 純 、平山 亮一 、橋爪 博司 、田中 宏昌 、石川 健治 、堀 勝, 放射線および低温大気圧プラズマによるアミノ酸溶液におけるフリーラジカル生成, 日本放射線影響学会第66回大会, 日本放射線影響学会, グランドニッコー東京　台場, PS-1097, pp.208, 2023/11/6-8, ポスター発表

[3] LEE, Gunik・ZOU, Kexin・吉田 寿雄・熊谷 純, スピントラップ法によるPt/TiO_2光触媒カルボン酸脱炭酸反応の解析, 第133回触媒討論会, 一般社団法人 触媒学会, 横浜国立大学 常盤台キャン パス 経済学部・経営学部講 義棟, 2P30, 2024/3/18-19, ポスター発表

ｃ．組織委員、実行委員等

[1] 熊谷　純, 第66回放射線化学討論会実行委員長, 日本放射線化学会, 名古屋大学, 2023/9/27-28

6.4 システム創成部門

6.4.1 変換システム部

以下に、令和5年度の成果を教員または研究グループごとにまとめた。

●環境・エネルギー工学グループ

教授　成瀬　一郎	准教授　植木　保昭

研究テーマ

地球・地域環境調和型高効率エネルギー変換技術の開発

研究の背景・目的

国内外のエネルギー・環境問題を解決するために、地球規模での環境調和型高効率エネルギー変換技術の開発および地域社会に貢献しうる環境調和型高効率エネルギー変換技術の開発に関して集中的に研究を遂行する。また、地球規模および地域規模のこれらの研究により得られた成果に基づいて、エネルギー・環境工学の体系化に尽力する他、エネルギー変換技術に関する国際協力や地域や産官界との連携をさらに強化し、環境調和型でかつ持続発展可能なエネルギー社会システムの創成に努力したい。

成果の概要

バッチ式縦型管状炉を用いて、バイオマスチャーのガス化特性に及ぼす温度（750～1300℃）とガス化剤（CO_2、H_2O、CO_2-H_2O混合ガス）の影響を実験的に検討した。その結果、各雰囲気におけるガス化挙動は、化学反応律速とガス拡散律速の2つの領域に分類できることが判明した。また、化学反応律速領域においては相加メカニズム（additive mechanism）から競合メカニズム（competitive mechanism）への機構遷移現象が観察された。CO_2-H_2O混合ガスの結果は、競合メカニズムにおいて、チャー -CO_2反応とチャー -H_2O反応の両方が阻害されることを示した。

プラスチック廃棄物から得られる熱分解ガスとオイルからの固体炭素および水素の生成に関して実験的に検討した。リサイクルが難しい 3 種類のプラスチック廃棄物（海洋プラスチックごみ、家庭用混合プラスチック、化粧品包装）を2段階で熱処理した。原料を600℃で熱分解によりガスとオイルに分解し、熱分解ガスとオイルの一部を1300℃で別々に熱分解して水素と固体炭素に変換した。熱分解ガスとオイル分の両方の熱分解により、主に固体炭素とH_2リッチガスが生成した。熱分解プロセスに熱分解オイルを組み込むと、固体炭素と水素の生産量が増加する可能性があることを見出した。さらに、このプラスチック由来の固体炭素の実用化価値を高めるため、得られた固体炭素を強化材として高分子複合発泡体の開発に活用することを検討した。固体炭素強化複合発泡体は、優れた耐摩耗性、圧縮強度および動的衝撃特性を示した。

研究テーマ

持続発展可能な環境調和型創エネルギー・省エネルギー技術の開発

研究の背景・目的

地球温暖化の原因とされるCO_2の排出量の削減が叫ばれ、多方面において様々な努力がなされている。日本国内の鉄鋼業では石炭を還元材や熱源として大量に使用されているため、多量のCO_2を排出しているのが現状であり、とくに、製鉄所での主なCO_2排出源である高炉等の鉄鋼製錬プロセスにおけるCO_2削減が急務になっている。また、火力発電やセメント製造においても主に石炭等の化石燃料を使用しており、鉄鋼業と同様、CO_2の大幅削減といった課題に取り組んでいる。そこで、火力発電、セメントおよび鉄鋼といった重厚長大産業の持続発展可能な環境調和型社会への貢献を目的に、環境調和型創エネルギー・省エネルギー技術の開発に関する研究を遂行している。

成果の概要

鉄鉱石焼結プラントでは、窒素酸化物（NOx）の排出を削減する必要がある。そこで本研究では、NOx低減実験を1073～1373KでCO/CO_2比0.03～0.10で実施し、NOx低減前後のカルシウムフェライト（$CaO・Fe_2O_3$）の相組成を実験的に検討した。NOx低減に顕著な効果を持つ$CaO・FeO・Fe_2O_3$（CWF）はCO/CO_2比0.03～0.10で生成した。NOx還元前後のカルシウムフェライトの相組成から、CWFによりNOx量が低減され、CWFからは$CaO・Fe_2O_3$、$2CaO・Fe_2O_3$、Fe_3O_4が生成されることが判明した。コークス燃焼試験中のNOx還元挙動も調査したところ、鉄鉱石と生石灰の混合物をコークスの周囲にコーティングすることにより、コークス燃焼中のNOx生成が減少した。この現象はコークス表面上の鉄鉱石と生石灰の混合物からのカルシウムフェライト還元物の形成に起因する。

CO_2またはH_2Oガス化反応中のコークスの粉化挙動を解明することを目的とし、異なるコークス反応指数（CRI）を持つコークスのガス化実験を1000℃のCO_2およびH_2O雰囲気中で実施した。反応率20％でのガス化後の収縮率はH_2Oガス化よりもCO_2ガス化の方が高かった。また、CRIが増加するにつれて収縮率も増加しており、同じ反応率でもCRIが増加すると表面反応の割合が内部反応の割合よりも大きくなることが分かった。また、ガス化反応による気孔率の増加値は、CRIの増加とともに減少した。さらに、同じCRIのコークスの1000℃におけるCO_2またはH_2Oガス化による粉化挙動は同じ反応率では明らかな差異を示さなかった。

発表論文等

Ⅰ．論文（査読のある学術誌等）

ａ．査読付き論文

[1] Yuxin Wang, Ryo Yoshiie, Yasuaki Ueki, Ichiro Naruse, Effect of temperature on behavior and mechanism of biochar gasification in the mixed CO_2 and H_2O atmosphere, Journal of the Energy Institute, Vol.108, 2023, 101238. 2023/3/15

[2] Kazuaki KATAYAMA, Yasuaki UEKI, Ryo YOSHIIE, Ichiro NARUSE, Junji NAGATA, Kenichi HIGUCHI, Reduction of Nitrogen Oxides by Calcium Ferrites in an Iron Ore Sintering Plant, ISIJ International, Vol.63, No.10, 2023, 1647–1657. 2023/10/17

[3] Zhenjie ZHENG, Yasuaki UEKI, Ryo YOSHIIE, Ichiro NARUSE, Degradation Behaviors of Coke in CO_2 and H_2O Gasification Reactions at Low Temperatures, ISIJ International, Vol.63, No.11, 2023, 1810–1816. 2023/11/15

[4] Yuxin Wang, Boon Peng Chang, Andrei Veksha, Aleksandr Kashcheev, Alfred ling Yoong Tok, Vitali Lipik, Ryo Yoshiie, Yasuaki Ueki, Ichiro Naruse, Grzegorz Lisak, Processing plastic waste via pyrolysis-thermolysis into hydrogen and solid carbon additive to ethylene-vinyl acetate foam for cushioning applications, Journal of Hazardous Materials, Vol.464, 2024, 132996. 2023/11/17

[5] Andrei Veksha, Yuxin Wang, Jun Wei Foo, Ichiro Naruse, Grzegorz Lisak, Defossilization and decarbonization of hydrogen production using plastic waste: Temperature and feedstock effects during thermolysis stage, Journal of Hazardous Materials, Volume 452, 2023, 131270. 2023/3/22

Ⅲ．解説等

[1] 2023/9/20, 植木保昭, 2022年における重要なエネルギー関係事項　固体の燃焼, えねるみくす, 102巻、5号、661-662ページ, 日本エネルギー学会

[2] 2023/9/1, 成瀬一郎, エネルギーと環境の未来を見据えて, 環境施設, No.173　pp2-8, 2023, 工業出版社

Ⅳ．国際学会・口頭発表等

ａ．招待講演

[1] Ichiro NARUSE, Control of Ash Deposition in Pulverized Coal Combustion Boilers, 2022-2023 China-Japan High-level Expert Symposium on Coal Combustion and Low Carbon Utilization, 7/28（2023）, Online, Sakura

Science Exchange Program

b．一般講演（ポスター発表を含む）

[1] Zhenjie Zheng, Yasuaki Ueki, Ryo Yoshiie, Ichiro Naruse, Pulverization and ash behaviors during CO_2 and H_2O gasification reactions of coke at low temperatures, The 7th Asian Conference on Innovative Energy and Environmental Chemical Engineering 2023, GAS-03, 12/4-7(2023), Gangneung, Korea., Korean Institute of Chemical Engineers (KIChE)

[2] Ryo Yoshiie, Haruki Yoshida, Yasuaki Ueki, Ichiro Naruse, Tar emission behaviors from pyrolysis and steam gasification of woody biomass, International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2023, A4-1-2, 12/1-3(2023), Nagoya, Japan, Institute of Materials and Systems for Sustainability, Nagoya University

[3] Yuxin Wang, Andrei Veksha, Grzegorz Lisak, Ryo Yoshiie, Yasuaki Ueki, Ichiro Naruse, Two-stage thermal process for plastic waste valorization: Effects of further thermolysis of pyrolysis oil on product characteristics, International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2023, A4-2-2, 12/1-3(2023), Nagoya, Japan, Institute of Materials and Systems for Sustainability, Nagoya University

[4] Yasuaki Ueki, Ryo Yoshiie, Ichiro Naruse, Workshop of Division of Systems Research: Resilient Society and System Technology -Effective utilization of unused coal material volume in the steelmaking process-, International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2023, A9, 12/1-3(2023), Nagoya, Japan, Institute of Materials and Systems for Sustainability, Nagoya University

[5] K. Katayama, Y. Ueki, R. Yoshiie, I. Naruse, J. Nagata, K. Higuchi, Lime Coating Coke (LCC) for Reduction of Nitrogen Oxides in Iron Ore Sintering Plants, International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2023, A4-3-2, 12/1-3(2023), Nagoya, Japan, Institute of Materials and Systems for Sustainability, Nagoya University

[6] Zheng Zhenjie, Yasuaki Ueki, Ryo Yoshiie, Ichiro Naruse, Degradation and ash behavior in same reaction ratio during CO_2 and H_2O gasification reaction of coke, International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2023, A4-3-3, 12/1-3(2023), Nagoya, Japan, Institute of Materials and Systems for Sustainability, Nagoya University

[7] Riku Ito, Yasuaki Ueki, Ryo Yoshiie, Ichiro Naruse, Satoru Nakagawahara, Kosuke Inoguchi, Dai Matuura, Fluidity deterioration in the fluidized roasting furnace during the zinc smelting process, International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2023, A4-P-1, 12/1-3(2023), Nagoya, Japan, Institute of Materials and Systems for Sustainability, Nagoya University, ポスター発表

[8] Daichi Tanaka, Ryo Yoshiie, Ichiro Naruse, Yasuaki Ueki, Masato Endo, Takuya Kawai, Yoshinori Sugie, Co-combustion of digested sludge and ammonia in fluidized bed, International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2023, A4-P-3, 12/1-3(2023), Nagoya, Japan, Institute of Materials and Systems for Sustainability, Nagoya University, ポスター発表

[9] Takumi Okada, Ryo Yoshiie, Yasuaki Ueki, Ichiro Naruse, Formation behaviors of tar and soot in CO_2 gasification of woody biomass, International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2023, A4-P-5, 12/1-3(2023), Nagoya, Japan, Institute of Materials and Systems for Sustainability, Nagoya University, ポスター発表

[10] Yosuke Awata, Yasuaki Ueki, Ryo Yoshiie, Ichiro Naruse, Control of ash adhesion in municipal waste treatment furnaces, International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2023, A4-P-6, 12/1-3(2023), Nagoya, Japan, Institute of Materials and Systems for Sustainability, Nagoya University, ポスター発表

[11] Takumi Hara, Ryo Yoshiie, Yasuaki Ueki, Ichiro Naruse, Chikako Wada, Hirohito Okuhara, Shunichiro Ueno, Melting and deposition behavior of corrosive components on biomass combustion, International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2023, A4-P-7, 12/1-3(2023), Nagoya, Japan, Institute of Materials and Systems for Sustainability, Nagoya University, ポスター発表

[12] Ryo Suezawa, Ryo Yoshiie, Ichiro Naruse, Yasuaki Ueki, Takanori Oka, Formation behavior of silica particles from biomass in the combustion field, International Conference on Materials and Systems for Sustainability

2023, A4-P-8, 12/1-3(2023), Nagoya, Japan, Institute of Materials and Systems for Sustainability, Nagoya University, ポスター発表

[13] Seinosuke Shigeyoshi, Yasuaki Ueki, Ichiro Naruse, Ryo Yoshiie, Mitsuyuki Nakajima, Yoshihiro Endo, Tetsu Yanagawa, Effect of char particle size on gasification behavior of biomass char, International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2023, A4-P-9, 12/1-3(2023), Nagoya, Japan, Institute of Materials and Systems for Sustainability, Nagoya University, ポスター発表

[14] Yasuaki Ueki, Kohei Kada, Ryo Yoshiie, Ichiro Naruse, Reduction characteristics of iron oxide by waste plastic and woody biomass, International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2023, A4-P-10, 12/1-3(2023), Nagoya, Japan, Institute of Materials and Systems for Sustainability, Nagoya University, ポスター発表

[15] Shohei Matsunari, Yasuaki Ueki, Ryo Yoshiie, Ichiro Naruse, Understanding of combustion behavior of various types of biomass particles by thermogravimetric analysis, International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2023, A4-P-11, 12/1-3(2023), Nagoya, Japan, Institute of Materials and Systems for Sustainability, Nagoya University, ポスター発表

[16] Hui Zhang, Rui Onogi, Ryo Yoshiie, Yasuaki Ueki, Ichiro Naruse, Electrochemical characteristics of solid oxide fuel cells fed with CO-rich fuel gases, International Workshop on Environmental Engineering 2023, E304, 7/25-28(2023), Shimane, Japan, The Japan Society of Mechanical Engineers

[17] Ryo Yoshiie, Haruki Yoshida, Yasuaki Ueki, Ichiro Naruse, Tar emission behaviors from steam gasification of woody biomass, International Workshop on Environmental Engineering 2023, E309, 7/25-28(2023), Shimane, Japan, The Japan Society of Mechanical Engineers

[18] Yuxin Wang, Ryo Yoshiie, Yasuaki Ueki, Ichiro Naruse, Effect of ash on biomass char gasification reactivity by H_2O and CO_2, The 47th International Technical Conference on Clean Energy, 14, 7/23-27(2023), Clearwater, Florida, USA, Clearwater Clean Energy Conference

[19] Ryo Yoshiie, Kazutaka Tsukamoto, Yasuaki Ueki, Ichiro Naruse, Taichi Usuki, Tomohiro Denda, Effects of gas compositions on NOx formation during char combustion in waste incineration, 14th Asia-Pacific Conference on Combustion, 159, 5/14-18(2023), Kaohsiung, Taiwan, The Institution of Engineers

Ⅴ．国内学会・口頭発表等

a．招待講演

[1] 成瀬一郎, 高効率エネルギー回収・利用システム開発 ～リサイクル困難な廃プラスチックからの高効率なエネルギー回収と冷熱利用～ , 第45回新産業技術促進検討会シンポジウム・NEDO『革新的プラスチック資源循環プロセス技術開発』プロジェクト　進捗報告会, NEDO, 東京, 8/2（2023）

[2] 成瀬一郎, 資源・エネルギー・環境論, 日本エネルギー学会西部支部第7回学生・若手研究者発表会, 日本エネルギー学会, 九州大学, , 11/6（2023）

[3] 成瀬一郎, くろもの粒子との関わり , 第60回粉体に関する討論会, 粉体工学会, 東京, 11/10（2023）

[4] 成瀬一郎, 資源・エネルギー・環境論～環境制約から資源制約へ～ , 第49回技術士全国大会, 技術士会, 名古屋, 11/18（2023）

b．一般講演（ポスター発表を含む）

[1] 植木保昭, 製鉄プロセスへの廃棄物および木質バイオマスの有効利用について, 製鉄科学技術コンソーシアム　第1回産学連携研究委員会, 製鉄科学技術コンソーシアム, 東北大学, 6/29-30（2023）

[2] 田中大地、義家亮、成瀬一郎、植木保昭、遠藤正人、河合卓也, 流動層における消化汚泥とアンモニアの混焼, 日本機械学会第33回環境工学総合シンポジウム2023, 日本機械学会, くにびきメッセ, 7/25（2023）

[3] 岡田拓己、義家亮、植木保昭、成瀬一郎, 木質バイオマスのCO_2ガス化時のタール及びすすの生成挙動, 第32回日本エネルギー学会大会, 日本エネルギー学会, 福岡大学, 8/8-9（2023）

[4] 粟田洋祐、義家亮、植木保昭、成瀬一郎, 一般廃棄物処理炉内における灰付着制御, 第32回日本エネルギー学会大会, 日本エネルギー学会, 福岡大学, 8/8-9（2023）

[5] 伊藤理究，植木保昭，義家亮，成瀬一郎，中川原聡，井野口康祐，松浦大, 亜鉛製錬プロセスにおける流動焙焼炉内の流動性悪化, 化学工学会第54回秋季大会, 化学工学会, 福岡大学, 9/11-13（2023）

[6] 原拓海，植木保昭，義家亮，成瀬一郎，和田知歌子，奥原洋人，上野俊一朗, バイオマス燃焼における腐食成分の付着挙動および制御技術, 化学工学会第54回秋季大会, 化学工学会, 福岡大学, 9/11-13（2023）

[7] 加田航平, 植木保昭, 義家亮, 成瀬一郎, 廃プラスチックおよび木質バイオマスによる酸化鉄の還元特性, 第34回廃棄物資源循環学会研究発表会, 廃棄物資源循環学会, 大阪工業大学, 9/11-12（2023）

[8] 向本舜, 植木保昭, 義家亮, 成瀬一郎、永津伸治, 産業廃棄物によるエネルギーリカバリ時の灰付着制御, 第34回廃棄物資源循環学会研究発表会, 廃棄物資源循環学会, 大阪工業大学, 9/11-12（2023）

[9] 長江隼介，成瀬一郎, 義家亮, 植木保昭, カルシウムフェライト系化合物による窒素酸化物の還元促進, 日本鉄鋼協会第186回秋季講演大会, 日本鉄鋼協会, 富山大学, 9/20-22（2023）

[10] 植木保昭，成瀬一郎，山本賢太郎，義家亮，守田祐哉, 微粉炭による鉄鉱石粉の還元特性に及ぼす雰囲気ガスおよび混合割合の影響, 日本鉄鋼協会第186回秋季講演大会, 日本鉄鋼協会, 富山大学, 9/20-22（2023）

[11] 末澤諒、義家亮、成瀬一郎、植木保昭、岡高憲, 燃焼場におけるバイオマス中シリカ粒子の生成挙動, 日本エネルギー学会第60回石炭科学会議, 日本エネルギー学会, 京都リサーチパーク, 10/31-11/1(2023)

[12] 鄭振傑，植木保昭，義家亮，成瀬一郎, コークスのガス化反応過程における粉化挙動に及ぼす温度の影響, 日本エネルギー学会第60回石炭科学会議, 日本エネルギー学会, 京都リサーチパーク, 10/31-11/1(2023)

[13] 長谷川 翔一，義家 亮，植木 保昭，成瀬 一郎, 木質バイオマスガス化反応に及ぼすガス化剤の影響, 日本燃焼学会第61回 燃焼シンポジウム, 日本燃焼学会, 秋田県秋田市, 11/15-17（2023）

[14] 伊藤典紘、成瀬一郎、義家亮、植木保昭, 木質バイオマスのCO_2ガス化挙動におけるCO_2濃度依存性, 日本エネルギー学会第19回バイオマス科学会議, 日本エネルギー学会, 秋田県秋田市, 12/7-9(2023)

[15] 重吉晟之介、植木保昭、成瀬一郎、義家亮 、中島充幸、遠藤好弘、梁川哲, 木質バイオマスチャーのガス化挙動に及ぼすチャー粒径の影響, 日本エネルギー学会第19回バイオマス科学会議, 日本エネルギー学会, 秋田県秋田市, 12/7-9(2023)

[16] 竹内壮志，成瀬一郎，義家亮，植木保昭, 各種熱硬化性樹脂の水蒸気ガス化挙動の解明, 日本機械学会東海学生会 (TEC24) 第 55 回学生員卒業研究発表講演会, 日本機械学会, 大同大学, 3/4（2024）

[17] 植木保昭、鄭振傑、義家亮、成瀬一郎, コークスの水蒸気ガス化反応における粉化挙動, 日本鉄鋼協会第187回春季講演大会, 日本鉄鋼協会, 東京理科大学, 3/13-15（2024）

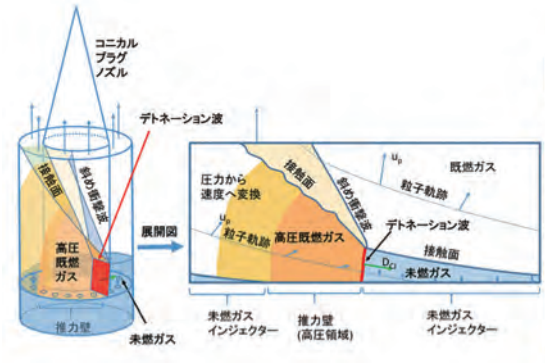
●推進エネルギーシステム工学グループ

教授　笠原　次郎	特任教授　松山　行一	助教　伊東山　登
客員准教授　川﨑　央		

研究テーマ

デトネーションの基礎研究及び、その航空宇宙推進機へのシステム応用研究

研究の背景・目的



回転デトネーションエンジン概要図



回転デトネーションエンジン滑走試験

上左図のようにデトネーション波を連続的に燃焼器内に維持できれば、この波は通常の燃焼（デフラグレーション）の1000倍以上(2 km/s)で伝播できるため、燃焼器が短縮され、燃料・酸化剤の混合も極度に促進される。さらに、注目点は、衝撃波による圧縮を伴う燃焼波であるため、従来の流体系の推進システムに不可欠の圧縮機-タービン機構や、ポンプ-タービン機構を使用することなしに、高熱効率の推進エンジンを成立させ得て、その結果、エンジンの機体への統合が容易になり、航空宇宙機の軽量・高性能化が実現できる。そこで、本研究グループでは、このような単純高性能なエンジンの原理解明研究を実施しつつ、滑走実証（上右図）・飛行実証（下右図）を行うことで推進性能をシステムとして確認し、推進工学分野の新しい学術を切り拓く。

成果の概要

本年度の成果の概要は以下の通りである。

(1)　2024年夏・秋打ち上げ観測ロケットS-520-34号機実験用液体推進剤デトネーションエンジンが完成。微粒化・気化過程を含む液体推進剤（エタノール-N_2O ）に対し、フライト条件でのデトネーション伝播に成功。最大１５秒の試験に成功し、理想的な推力を得た．米国航空宇宙学会Year in Review 2023掲載。

(2)　液体推進剤デトネーションエンジンのBBM作動特性実験を実施し、フライトとほぼ同じコンポーネントにて、燃焼作動させ、全システムとしての安定作動を確認した。

(3)　観測ロケットS-520-34号機用デトネーションエンジンシステム2（DES2）のPFMが完成した。

2024年2月に室蘭工業大学白老試験場にてDES2-PFM単体燃焼試験を予定。

(4)　H3用リテンションスラスタ軌道上実証に向け水素-酸素RDEで比推力436秒を達成。C* 性能、振動計計測に関して詳細解析を実施。ヘリカル壁の回転デトネーションエンジンにて、デトネーション



液体推進剤デトネーション
エンジンシステムPFM

の回転伝播方向の制御に成功（２５回連続再現）。単一の点火器で２つの回転デトネーションエンジンを5ms以内に同時点火に成功。

発表論文等

Ⅰ．論文（査読のある学術誌等）

ａ．査読付き論文

[1] H. Watanabe, A, Matsuo, A. Chinnayya, N. Itouyama, A. Kawasaki, K. Matsuoka, J. Kasahara, Lagrangian dispersion and averaging behind two-dimensional gaseous detonation front, Journal of Fluid Mechanics, vol. 968, A28, 2023.

[2] T. Sada, A. Matsuo, E. Shima, A. Kawasaki, K. Matsuoka, J. Kasahara, Numerical investigation of the effects of injector configuration on flow structures in annular and cylindrical rotating detonation combustors, Sci. Technol. Energ. Mater., Vol. 84, No. 2, 2023, pp. 17-23.

[3] N. Itouyama, A. Wada, H. Matsunaga, J. Kasahara, and H. Habu, Screening of effective catalysts for the ignition of high-energy ionic liquid propellants: Narrowing down of candidate catalysts and their investigation based on thermal analysis, Science and Technology of Energetic Materials, Vol. 84, No. 3/4, 2023, pp. 33-39.

[4] T. Sato, K. Matsuoka, A. Kawasaki, N. Itouyama, H. Watanabe, J. Kasahara, Experimental Demonstration on Detonation Initiation by Laser Ignition and Shock Focusing in Elliptical Cavity, Shock Waves (Accepted for publication on October 8th 2023).

[5] N. Itouyama, X. Huang, R. Mével, K. Matsuoka, J. Kasahara, and H. Habu, Assessment of the Sensitivity to Detonation of the Gaseous Pyrolytic Products Formed during the Thermal Decomposition of Ammonium Dinitramide and its related Ionic Liquids, Shock Waves (Accepted for publication on January 3rd 2024).

Ⅳ．国際学会・口頭発表等

ａ．招待講演

[1] J. Kasahara, Space Flight Experiments of Detonation Engine System By Using Sounding Rocket S-520, the 74th International Astronautical Congress, keynote lecture (9 Disruptive Propulsion Concepts for Enabling New Missions, C4 IAF Space Propulsion Symposium), 2-6 October, 2023, Baku, Azerbaijan, IAF

[2] J. Kasahara, Detonation-Engine-System Space Flight Experiments and Future Roadmap, the 34th International Symposium on Shock Waves, Keynote Speaker, 12023.7.16-19, Daegu, Korea, International Shock Wave Institute

[3] J. Kasahara, 3. J. Kasahara, Detonation-Engine-System Space Flight Experiments and Fundamental Researches, ISPlasma2024/IC-PLANTS2024/APSPT-13, Plenary Lecture, 2024.3.3-7, Nagoya, Japan

ｂ．一般講演（ポスター発表を含む）

[1] N. Itouyama, K. Matsuyama, K. Matsuoka, T. Sato, K. Nakata, S. Sawada, Y. Kudo, K. Nakajima, Y. Suzuki, J. Kasahara, A. Kawasaki, M. Namera, D. Nakata, H. Eguchi, M. Uchiumi, A. Matsuo, I. Funaki, Overview for the research and development of Rotating Detonation Engine Systems using a liquid-liquid propellant combination, AIAA SciTech 2024, AIAA-2024-1255, 8-12 Jan. 2024, Orlando, FL, USA, AIAA

[2] A. Kawasaki, K. Nakata, T. Sato, S. Sawada, Y. Kudo, Y. Suzuki, N. Itouyama, K. Matsuoka, K. Matsuyama, J. Kasahara, D. Nakata, M. Namera, H. Eguchi, M. Uchiumi, A. Matsuo, I. Funaki, S. Nakamura, K. Higashino, H. Hirashima, A Bread Board Model Testing for In-Space Flight Demonstration of a Liquid-Propellant Detonation Engine System, AIAA SciTech 2024, AIAA-2024-0817, 8-12 Jan. 2024, Orlando, FL, USA, AIAA

[3] T. Sato, K. Nakata, S. Sawada, Y. Suzuki, Y. Kudo, K. Nakajima, N. Itouyama, K. Matsuoka, J. Kasahara, A. Kawasaki, M. Namera, H. Eguchi, D. Nakata, M. Uchiumi, A. Matsuo, I. Funaki, H. Tanno, Operation Characteristics of Cylindrical Rotating Detonation Engine Using Liquid Ethanol and Liquid Nitrous Oxide, AIAA SciTech 2024, AIAA-2024-1254, 8-12 Jan. 2024, Orlando, FL, USA, AIAA

[4] S. Sawada, N. Itouyama, K. Matsuoka, J. Kasahara, J. Braun, G. Paniagua, A. Kawasaki, H. Watanabe, K.

Higashino, A. Matsuo, I. Funaki, The Rotating Detonation Engines with The Helical Combustion Chambers, AIAA SciTech 2024, AIAA-2024-1833, 8-12 Jan. 2024, Orlando, FL, USA, AIAA

[5] R. Sakata, M. Inada, N. Itouyama, K. Matsuoka, J. Kasahara, A. Kawasaki, A. Matsuo, I. Funaki, Experimental research for clustering with the coupled cylindrical rotating detonation engine, AIAA SciTech 2024, AIAA-2024-2598, 8-12 Jan. 2024, Orlando, FL, USA, AIAA

[6] T. Sada, A. Matsuo, E. Shima, A. Kawasaki, N. Itouyama, K. Matsuoka, J. Kasahara, Numerical Investigation on Throatless Diverging Rotating Detonation Engines, AIAA SciTech 2024, AIAA-2024-1831, 8-12 Jan. 2024, Orlando, FL, USA, AIAA

[7] M. Miyashita, A. Matsu, E. Shima, A. Kawasaki, N. Itouyama, K. Matsuoka, J. Kasahara, Combustion Characteristics of Reflective Shuttling Detonation Combustor with Different Equivalence Ratio, AIAA SciTech 2024, AIAA-2024-2611, 8-12 Jan. 2024, Orlando, FL, USA, AIAA

[8] T. Sada, A. Matsuo, E. Shima, N. Itouyama, A. Kawasaki, K. Matsuoka, J. Kasahara, Numerical Analysis of the Effect of Combustor Length on Cylindrical Rotating Detonation Engine with Diverging Channel, 29th International Colloquium on the Dynamics of Explosions and Reactive Systems (ICDERS 2023), No. 178, 23-28 July 2023, SNU Siheung, KOREA, IDERS

[9] K. Nakata, T. Kimura, K. Ishihara, N. Itouyama, K. Matsuoka, J. Kasahara, A. Kawasaki, H. Watanabe, A. Matsuo, I. Funaki, K. Higashino, V. Athmanathan, J. Braun, T. Meyer, G. Paniagua, Operation Characteristics of a Throatless Rotating Detonation Engine with Diverging Channel, 29th International Colloquium on the Dynamics of Explosions and Reactive Systems (ICDERS 2023), No. 189, 23-28 July 2023, SNU Siheung, KOREA, IDERS

[10] M. Miyashita, A. Matsuo, E. Shima, N. Itouyama, A. Kawasaki, K. Matsuoka, J. Kasahara, Study on the Effect of Combustor Scale in Annular RDEs, 29th International Colloquium on the Dynamics of Explosions and Reactive Systems (ICDERS 2023), No. 179, 23-28 July 2023, SNU Siheung, KOREA, IDERS

[11] H. Watanabe, A. Matsuo, A. Chinnayya, N. Itouyama, K. Matsuoka, J. Kasahara, Viscous and Thermal Boundary Layers in Detonation Driving Zone, 29th International Colloquium on the Dynamics of Explosions and Reactive Systems (ICDERS 2023), No. 182, 23-28 July 2023, SNU Siheung, KOREA, IDERS

[12] T. Sato, K. Ishihara, K. Nakata, T. Kimura, Y. Kikuchi, K. Nakajima, S. Sawada, M. Inada, R. Sakata, Y. Suzuki, Y. Oda, B. Itouyama, K. Matsuoka, J. Kasahara, A. Kawasaki, H. Watanabe, H. Okano, T. Tada, F. Fujiura, M. Namera, R. Nakazawa, H. Eguchi, D. Nakata, M. Uchiumi, A. Matsuo, I. Funaki, Experimental Study on Propagation Mode of Cylindrical Rotating Detonation Engine with Liquid Ethanol-Liquid Nitrous Oxide, 29th International Colloquium on the Dynamics of Explosions and Reactive Systems (ICDERS 2023), No. 145, 23-28 July 2023, SNU Siheung, KOREA, IDERS

[13] K. Nakajima, K. Matsuoka, N. Itouyama, J. Kasahara, A. Kawasaki, A. Matsuo, Effect of Injector Expansion Angle on a Rotating Detonation Engine Performance, 29th International Colloquium on the Dynamics of Explosions and Reactive Systems (ICDERS 2023), No. 183, 23-28 July 2023, SNU Siheung, KOREA, IDERS

[14] H. Watanabe, A. Matsuo, A. Chinnayya, N. Itouyama, K. Matsuoka, J. Kasahara, Effect of Injector Expansion Angle on a Rotating Detonation Engine Performance, 29th International Colloquium on the Dynamics of Explosions and Reactive Systems (ICDERS 2023), No. 196, 23-28 July 2023, SNU Siheung, KOREA, IDERS

[15] T. Sato, K. Matsuoka, A. Kawasaki, N. Itouyama, H. Watanabe, J. Kasahara, Experimental Study on the Combination of Laser Ignition and Shock Focusing Method for Detonation Initiation, 29th International Colloquium on the Dynamics of Explosions and Reactive Systems (ICDERS 2023), No. 96, 23-28 July 2023, SNU Siheung, KOREA, IDERS

[16] N. Itouyama, K. Ishihara, T. Sato, K. Nakata, K. Nakajima, K. Matsuyama, K. Matsuoka, A. Kawasaki, J. Kasahara, A. Matsuo, I. Funaki, D. Nakata, H. Eguchi, M. Uchiumi, The challenge of in-space demonstration of a cylindrical rotating detonation engine using liquid propellants by a sounding rocket S-520 launching, 34th International Symposium on Space Technology and Science (ISTS), 3-9 Jun 2023, Kurume City Plaza, Kurume, Fukuoka, Japan, JSASS

Ⅴ．国内学会・口頭発表等

a．招待講演

[1] 笠原次郎, デトネーションエンジンの観測ロケット宇宙飛行燃焼実験とその将来応用展望, 第61回燃焼シンポジウム, 日本燃焼学会, 秋田アトリオン, 基調講演, 2023.11.15-17

b．一般講演（ポスター発表を含む）

[1] 田原 淳一, 松尾 亜紀子, 嶋 英志, 伊東山 登, 川埼 央, 松岡 健, 笠原 次郎, 二重円筒回転デトネーション燃焼器の排気噴流と超音速流の干渉に関する数値解析, 第63回航空原動機・宇宙推進講演会/北部支部2024年講演会/第5回再使用型宇宙輸送系シンポジウム, 日本航空宇宙学会, 札幌, 2D14, 2024年3月

[2] 松岡 健, 中島 滉介, 佐和田 拓史, 伊東山 登, 笠原 次郎, 川﨑 央, 松尾 亜紀子, 燃焼器底部拡大角が回転デトネーション波伝播構造に与える影響, 第63回航空原動機・宇宙推進講演会/北部支部2024年講演会/第6回再使用型宇宙輸送系シンポジウム, 日本航空宇宙学会, 札幌, 2D19, 2024年3月

[3] 佐藤 寛, 中田 耕太郎, 澤田 悟, 中島 滉介, 鈴木 大登, 伊東山 登, 松岡 健, 松山 行一, 笠原次郎, 川﨑 央, 中田大将, 奈女良 実央, 江口 光, 内海 政春, 松尾 亜紀子, 船木一幸, 中村 秀一, 東野 和幸, 平嶋 秀俊, 液体推進剤を用いた回転デトネーションエンジンの宇宙実証に向けた研究, 第63回航空原動機・宇宙推進講演会/北部支部2024年講演会/第7回再使用型宇宙輸送系シンポジウム, 日本航空宇宙学会, 札幌, 2D20, 2024年3月

[4] 宮下萌乃, 松尾 亜紀子, 嶋 英志, 伊東山 登, 川埼 央, 松岡 健, 笠原 次郎, 反射往復型デトネーション燃焼器における排気流の特性解明, 第63回航空原動機・宇宙推進講演会/北部支部2024年講演会/第8回再使用型宇宙輸送系シンポジウム, 日本航空宇宙学会, 札幌, 3D02, 2024年3月

[5] 川崎 央, 中田 耕太郎, 佐藤 寛, 澤田 悟, 工藤 祐介, 鈴木 大登, 伊東山 登, 松岡 健, 松山 行一, 笠原 次郎, 中田 大将, 奈女良 実央, 江口 光, 内海 政春, 松尾 亜紀子, 船木 一幸, 中村 秀一, 東野 和幸, 平嶋 秀俊, 液体推進剤デトネーションエンジンシステムの宇宙作動実証に向けたBBM試験, 第63回航空原動機・宇宙推進講演会/北部支部2024年講演会/第9回再使用型宇宙輸送系シンポジウム, 日本航空宇宙学会, 札幌, 3D04, 2024年3月

[6] 井上 晴菜, 川崎 央, 永岡 祐, 伊東山 登, 松岡 健, 笠原 次郎,松尾 亜紀子, 船木 一幸, 反射往復デトネーション燃焼器における不均一混合気中を伝播するデトネーション波の挙動に関する可視化実験, 第63回航空原動機・宇宙推進講演会/北部支部2024年講演会/第10回再使用型宇宙輸送系シンポジウム, 日本航空宇宙学会, 札幌, 3D06, 2024年3月

[7] 佐田 拓己, 松尾 亜紀子, 嶋 英志, 伊東山 登, 川崎 央, 松岡 健, 笠原 次郎, 異なる拡大流路を持つ単円筒回転デトネーションエンジンの数値解析, 2023年度衝撃波シンポジウム, 衝撃波研究会, 北九州, 2C2-1, 2024年3月

[8] 永岡祐, 松岡健, 伊東山登, 川﨑央, 渡部広吾輝, 笠原次郎, 松尾亜紀子, 反射往復デトネーション燃焼器のシュリーレン光学可視化研究, 2024年度衝撃波シンポジウム, 衝撃波研究会, 北九州, 2C3-3, 2024年3月

[9] 角田将淳, 鈴木颯太, 伊東山登, 松岡健, 笠原次郎, スクラムジェットエンジン用デトネーショントーチの実験的研究, 2025年度衝撃波シンポジウム, 衝撃波研究会, 北九州, 2C3-1, 2024年3月

[10] 須藤直太郎, 小山雄太郎, 松岡健, 伊東山登, 川﨑央, 渡部広吾輝, 笠原次郎, 予混合回転デトネーション燃焼機システムの研究開発, 2026年度衝撃波シンポジウム, 衝撃波研究会, 北九州, 2C1-1, 2024年3月

[11] 小山雄太郎, 須藤直太郎, 松岡健, 伊東山登, 川﨑央, 渡部広吾輝, 笠原次郎, 予混合回転デトネーシエンジン作動に向けた多孔質インジェクタの基礎研究, 2027年度衝撃波シンポジウム, 衝撃波研究会, 北九州, 2C1-3, 2024年3月

[12] 西田響, 伊東山登, 中田耕太郎, 川﨑央, 松岡健, 可燃性固体内壁を有する単円筒回転デトネーションエンジンの作動特性, 2028年度衝撃波シンポジウム, 衝撃波研究会, 北九州, 2C1-4, 2024年3月

[13] 笠原 次郎, 松山 行一, 松岡 健, 川﨑 央, 伊東山 登, 澤田 悟, 中田 耕太郎, 佐藤 寛, 松尾 亜紀子, 船木 一幸, 中田 大将, 内海 政春, 江口 光, 羽生 宏人, 荒川 聡, 増田 純一, 前原 健次, 臼杵 智章, 山田 和彦, 中尾 達郎, 観測ロケット S-520 を用いた軽量・長秒作動デトネーションキックモーターシステム飛行

実証実験, 第6回 観測ロケットシンポジウム, 宇宙科学研究所, 相模原, 2024年2月

[14] 松岡 健, 笠原 次郎, 松山 行一, 川﨑 央, 伊東山 登, 井出 雄一郎, 中田 耕太郎, 佐藤 寛, 澤田 悟, 中島 滉介, 鈴木 大登, 工藤 祐介, 松尾 亜紀子, 船木 一幸, 中田 大将, 内海 政春, 江口 光, 羽生 宏人, 荒川 聡, 増田 純一, 前原 健次, 臼杵 智章, 山田 和彦, 中尾 達郎, 観測ロケット S-520-34号機による液体推進剤回転デトネーションエンジンシステム飛行実証実験, 第7回 観測ロケットシンポジウム, 宇宙科学研究所, 相模原, 2024年2月

[15] 笠原 次郎, 松山 行一, 松岡 健, 川崎 央, 伊東山 登, 佐藤 寛, 中田 耕太郎, 平嶋 秀俊, 安井 正明, 東野 和幸, 松尾 亜紀子, 船木 一幸, 中田 大将, 内海 政春, 江口 光, 羽生 宏人, 丹野 英幸, 山田 和彦, 観測ロケットS-520-34号機による液体推進剤デトネーションエンジンシステムの飛行実験の開発状況, 令和5年度宇宙輸送シンポジウム, 宇宙科学研究所, 相模原, 2024年2月

[16] 宮下 萌乃, 松尾 亜紀子, 嶋 英志, 伊東山 登, 川﨑 央, 松岡 健, 笠原 次郎, 回転デトネーションエンジンにおける伝播モードの特性に関する数値解析, 第61回燃焼シンポジウム, 日本燃焼学会, 秋田アトリオン, C213, 2023.11.15-17

[17] 佐田 拓己, 松尾 亜紀子, 嶋 英志, 伊東山 登, 川﨑 央, 松岡 健, 笠原 次郎, 回転デトネーションエンジンにおける拡大角の効果に関する数値解析, 第61回燃焼シンポジウム, 日本燃焼学会, 秋田アトリオン, C214, 2023.11.15-17

[18] 織田 悠輔, 澤田 悟, 伊東山 登, 川﨑 央, 松岡 健, 笠原 次郎, 松尾 亜紀子, 船木 一幸, 曲がり円管型回転デトネーションエンジンの推力特性に関する研究, 第61回燃焼シンポジウム, 日本燃焼学会, 秋田アトリオン, C215, 2023.11.15-17

[19] 中島 滉介, 佐和田 拓史, 松岡 健, 伊東山 登, 笠原 次郎, 川﨑 央, 松尾亜紀子, インジェクタ拡大角が回転デトネーションエンジンの伝播構造および推進性能に与える影響, 第61回燃焼シンポジウム, 日本燃焼学会, 秋田アトリオン, C223, 2023.11.15-17

[20] 高木 淳, 佐藤 寛, 大山 竜生, 松岡 健, 伊東山 登, 笠原 次郎, 川﨑 央, ピントルインジェクタを用いた回転デトネーションエンジンの作動特性および推進性能に関する実験的研究, 第61回燃焼シンポジウム, 日本燃焼学会, 秋田アトリオン, C224, 2023.11.15-17

[21] 佐和田 拓史, 中島 滉介, 松岡 健, 伊東山 登, 笠原 次郎, 川崎 央, 松尾亜紀子, 推進剤種およびその供給条件が回転デトネーションエンジン作動に与える影響に関する実験的研究, 第61回燃焼シンポジウム, 日本燃焼学会, 秋田アトリオン, C314, 2023.11.15-17

[22] 鈴木 大登, 長谷川 凌大, 伊東山 登, 川﨑 央, 松岡 健, 笠原 次郎, 電気浸透流ポンプを用いた推力可変超小型一液式スラスタの実験研究, 第67回宇宙科学技術連合講演会, 日本航空宇宙学会, 富山県富山市, 1L07, 2023年10月17日-20日

[23] 佐藤 朋之, 松岡 健, 伊東山 登, 笠原 次郎, 川﨑 央, 渡部 広吾輝, レーザー点火と衝撃波収束によるデトネーション開始手法に関する実験研究, 第55回流体力学講演会/第41回航空宇宙数値シミュレーション技術シンポジウム, 日本航空宇宙学会, 東京都渋谷区, 1B02, 2023年7月12-14日

[24] 佐和田 拓史, 松岡 健, 川崎 央, 伊東山 登, 笠原 次郎, ガスパージ法が回転デトネーションエンジン作動に与える影響, 第55回流体力学講演会/第41回航空宇宙数値シミュレーション技術シンポジウム, 日本航空宇宙学会, 東京都渋谷区, 1B10, 2023年7月12-14日

[25] 織田 悠輔, 澤田 悟, 伊東山 登, 松岡 健, 笠原 次郎, 川﨑 央, 松尾 亜紀子, 船木 一幸, 曲率を有する円筒回転デトネーションエンジンの推力ベクトル特性に関する研究, 第55回流体力学講演会/第41回航空宇宙数値シミュレーション技術シンポジウム, 日本航空宇宙学会, 東京都渋谷区, 1B12, 2023年7月12-14日

[26] 鈴木 大登, 中田 耕太郎, 佐藤 寛, 伊東山 登, 松岡 健, 笠原 次郎, 川崎 央, 松尾 亜紀子, 船木 一幸, 単円筒回転デトネーションエンジンのスロットリング作動による推力性能評価に関する実験研究, 第55回流体力学講演会/第41回航空宇宙数値シミュレーション技術シンポジウム, 日本航空宇宙学会, 東京都渋谷区, 1B14, 2023年7月12-14日

6.4.2 ネットワークシステム部

以下に、令和5年度の成果を教員または研究グループごとにまとめた。

●無線通信システムグループ

教授 片山 正昭	准教授 岡田 啓	助教 ベンナイラ シャドリア

研究テーマ

無線通信システムを基本とした通信システムについて、要素技術に関する基礎理論から、応用システムの提案・解析・試作実験・性能評価までの幅広い研究を行っている。

環境調和社会と高度生産システム実現のための無線遠隔制御

- 産業用ロボットの遠隔制御のための通信技術
- 協調動作する複数機器の一括制御のための無線・電力線・可視光通信技術
- 制御と通信の融合による新しい学問分野の創出

IoT時代に向けたスマートな無線ネットワーク

- 山間部における自営無線ネットワーク構築
- 無人航空機を用いた情報収集ネットワーク

可視光通信・光無線通信システム

- 長距離高速光無線通信システム
- 光無線通信技術による情報収集システム
- デジタルサイネージを用いた可視光情報伝送システム
- 水中光無線通信システム・光無線通信による複数機器制御システム

各種先端無線通信システム

- 地上ネットワークと共存するIoT衛星通信システム
- B5G/6Gに向けた端末協調無線通信システム

研究の背景・目的

地球環境負荷を低減した環境調和型社会を実現するためには、社会全体をひとつのシステムとして捉え、その全体において環境負荷を制御することが必要である。このような、大規模・複雑なシステムの各要素をつなぎ、環境情報や制御情報の伝達を行うためには情報通信技術は不可欠である。とりわけ無線通信は、自動車・鉄道・航空機・船舶等の交通機関を対象とするような通信はもちろん、広範な地域における情報収集や制御を行う上でも基盤的な技術である。そこで名古屋大学における無線通信研究グループとして、電波、光、超音波等のあらゆる無線通信システムにおける、ネットワーク構築、トラヒック・アクセス制御、誤り制御、符号化、変復調、信号伝搬や雑音理論などの要素技術の基礎研究を深め、さらにその成果の、実用システムの実現にむけた応用研究を行っている。

成果の概要

無線通信分野の研究室として幅広い活動を行っている。国内外の学会における招待講演、論文発表数、受賞数や委員会での活動等からみても、国内外において最も活発な研究グループのひとつを形成できていると自負している。人材供給の面でも国内外の無線通信関連企業の多くに研究者・技術者を送り出してきている。制御通信の分野では、電子情報通信学会高信頼制御通信研究専門委員会の顧問（片山）として当該分野を牽引している。また２０２０年度より、新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)「革新的ロボット研究開発基盤構築事業」に参画し、６軸産業用ロボットの遠隔制御における通信性能評価・性能向上・制御との連携に関する研究を行っている。無線ネットワークの分野では電子情報通信学会センサネットワークとモバイルインテリジェンス研究専門委員会の顧問（岡田）、IEEE 802.11無線LANワーキンググループ投票メン

バー（岡田）として活動している。この他、琉球大学と衛星・UAV搭載無線通信システムに関する共同研究、静岡大学や名城大学、岡山理科大学と可視光通信システムに関する共同研究を行っている。

発表論文等

Ⅰ．論文（査読のある学術誌等）

a．査読付き論文

[1] R. Huang, M. Kinoshita, T. Yamazato, H. Okada, K. Kamakura, S. Arai, T. Yendo, T. Fujii, Simultaneous Visible Light Communication and Ranging Using High-Speed Stereo Cameras Based on Bicubic Interpolation Considering Multi-Level Pulse-Width Modulation, IEICE Transactions on Fundamentals, vol.E106-A, no.7, pp.990-997, 2023/7

[2] 岡田啓，熊澤完介，松井宗大，立神光洋，五藤大介，糸川喜代彦，山下史洋，片山正昭, 衛星IoTシステムにおける利用可能チャネルの偏りを考慮したSlotted ALOHA方式の送信制御, 電子情報通信学会論文誌, vol.J106-B, no.7, pp.413-423, 2023/7

[3] R. Tanahashi, C. Ben Naila, H. Okada, M. Katayama, Valueput Improvement of a Sensor Network with ACK-based Protocols, IEICE Communications Express, vol.12, no.7, pp.356-361, 2023/7

[4] R. Huang, T. Yamazato, M. Kinoshita, H. Okada, S. Arai, K. Kamakura, T. Yendo, T. Fujii, High-Speed Image Sensor Communication Using High Dynamic Range Combining, IEICE Communications Express, vol.12, no.9, pp.493-498, 2023/9

[5] M. Miao, C. Ben Naila, H. Okada, M. Katayama, Design and Analysis of A Multi-Rate Multiple-Access Differential Chaos Shift Keying System, IEICE Transactions on Communications, vol.E106-B, no.10, pp.873-880, 2023/10

[6] T. Okuda, H. Okada, C. Ben Naila, M. Katayama, Experimental Evaluation of 920 MHz Band Air-to-Ground Radio Wave Propagation in Mountainous Areas, IEICE Transactions on Communications, vol.E106-B, no.10, pp.949-958, 2023/10

[7] H. Asano, H. Okada, C. Ben Naila, M. Katayama, Communication-Aware Flight Algorithms for UAV-Based Delay-Tolerant Networks, IEICE Transactions on Communications, vol.E106-B, no.11, pp.1122-1132, 2023/11

[8] K. Kumazawa, H. Okada, M. Matsui, K. Tategami, D. Goto, K.Itokawa, F. Yamashita, M. Katayama, Transmission Control Considering Different Available Channels for CRDSA/IRSA in Satellite IoT Systems, IEEE Access, vol.11, pp.135377-135384, 2023/11

Ⅳ．国際学会・口頭発表等

b．一般講演（ポスター発表を含む）

[1] H. Ando, C. Ben Naila, H. Okada, M. Katayama, Mitigation of Vessel Motion Effects for MIMO Underwater Optical Wireless Communication System using Spatial Coding, IEEE International Conference on Communications (ICC), DOI: 10.1109/ICCWorkshops57953.2023.10283748, 2023年5月, Rome, Italy, IEEE

[2] T. Ishida, C. Ben Naila, H. Okada, M. Katayama, Performance Analysis of Intelligent Reflecting Surface Assisted-FSO System over Turbulent Channels with Pointing Errors, IEEE Vehicular Technology Conference (VTC), DOI: 10.1109/VTC2023-Spring57618.2023.10199311, 2023年6月, Florence, Italy, IEEE

[3] T. Ishida, C. Ben Naila, H. Okada, M. Katayama, Performance of Intelligent Reflecting Surface Based-FSO Link under Strong Turbulence and Spatial Jitter, IEEE Symposium on Computers and Communications (ISCC) Workshop on Optical Wireless Communications, DOI: 10.1109/ISCC58397.2023.10218315, 2023年7月, Gammarth, Tunisia, IEEE

[4] X. Zhu, C. Ben Naila, H. Okada, M. Katayama, High Speed Optical Wireless Uplink using Multiuser MIMO with Angle Diversity, IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communication (PIMRC), DOI: 10.1109/PIMRC56721.2023.10293788, 2023年9月, Toronto, ON, Canada, IEEE

[5] F. Sasaki, C. Ben Naila, H. Okada, M. Katayama, Robust Video Transmission for Robot Teleoperation over Networks with Packet Loss, Annual Conferene of the IEEE Industrial Electronics Society (IECON), DOI:

10.1109/IECON51785.2023.10312023, 2023年10月, Singapore, Singapore, IEEE

[6] Y. Takagi, C. Ben Naila, H. Okada, M. Katayama, Interpolation of Missing Data for Wireless Operation of Industrial Robot, Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (IECON), DOI: 10.1109/IECON51785.2023.10312364, 2023年10月, Singapore, Singapore, IEEE

[7] H. Okada, T. Hayashi, K. Kobayashi, T. Wada, C. Ben Naila, M. Katayama, Visible Light Communication Systems Using a High-speed Display and Rolling-shutter Camera, Asia-Pacific Conference on Communications (APCC) , pp.244-249, 2023年11月, Sydney, Australia, IEEE

[8] C.S. Lee, H. Okada, T. Wada, C. Ben Naila, M. Katayama, Validation of Hidden Screen-Camera Communication Systems Using Adversarial Examples on CNN Depth Estimation Model through Simulation, International Conference on Materials and Systems for Sustainability (ICMaSS), A6-III-5, 2023年12月, Nagoya, Japan, IMaSS

[9] T. Ishida, C. Ben Naila, H. Okada, M. Katayama, Performance Analysis of Intelligent Reflecting Surface Assisted Dual Hop FSO-UOWC System, International Conference on Materials and Systems for Sustainability (ICMaSS), A6-II-5, 2023年12月, Nagoya, Japan, IMaSS

[10] Y. Takagi, C. Ben Naila, H. Okada, M. Katayama, Operability Improvement by interpolation of Missing Data in Industrial Robot Wireless Operation, International Conference on Materials and Systems for Sustainability (ICMaSS), A6-II-3, 2023年12月, Nagoya, Japan, IMaSS

[11] S. Kawabe, T. Okuda, H Okada, C. Ben Naila, M Katayama, Verification of the Effects of MIMO on Air-to-Air Wireless LAN Communications between Drones, International Conference on Materials and Systems for Sustainability (ICMaSS), A6-I-3, 2023年12月, Nagoya, Japan, IMaSS

[12] D. Ishikawa, C. Ben Naila, H. Okada, M. Katayama, Investigation for LDPC Codes for Outdoor Long-Distance High-Speed Imaging MIMO System, International Conference on Materials and Systems for Sustainability (ICMaSS), A6-III-1, 2023年12月, Nagoya, Japan, IMaSS

[13] F. Sasaki, C. Ben Naila, H. Okada, M. Katayama, Video transmission for robot teleoperation with automatic image quality control considering packet loss and communication bandwidth limitation, International Conference on Materials and Systems for Sustainability (ICMaSS), A6-II-4, 2023年12月, Nagoya, Japan, IMaSS

[14] Y. Iyoda, K. Kobayashi, H. Okada, Chedlia Ben Naila, M. Katayama, A study on robustness against symbol misalignment and inter-symbol interference on a CNN-based demodulation method for image sensor-based visible light communication, International Conference on Materials and Systems for Sustainability (ICMaSS), A6-III-4, 2023年12月, Nagoya, Japan, IMaSS

[15] H. Okada, C. Ben Naila, M. Katayama, Wireless Communication Systems for Sustainable Society, International Conference on Materials and Systems for Sustainability (ICMaSS), A9, 2023年12月, Nagoya, Japan, IMaSS

[16] K. Tachi, C. Ben Naila, H. Okada, M. Katayama, Tracking Control for Multi-UAV System with Packet Loss and Communication Range Limitation, International Conference on Materials and Systems for Sustainability (ICMaSS), A6-II-1, 2023年12月, Nagoya, Japan, IMaSS

[17] S. Kawabe, H Okada, C. Ben Naila, M Katayama, An experimental evaluation of air-to-air MIMO transmission in wireless LAN relay systems using drones, International Conference on Information Networking (ICOIN), pp.563-567, 2024年1月, Ho Chi Minh, Vietnam, KIISE

[18] D. Ishikawa, C. Ben Naila, H. Okada, M. Katayama, Performance Analysis of LDPC coded Outdoor Long-Distance Imaging MIMO System, International Conference on Computing, Networking and Communications (ICNC), pp.1139-1143, 2024年2月, Kailua-Kona, Hawaii, USA, IEEE

Ⅴ．国内学会・口頭発表等

a．招待講演

[1] 片山正昭, [招待講演] 信頼できない通信回線で高信頼遠隔制御を実現するには, 日本機械学会2023年度年次大会, 電子情報通信学会, 東京、八王子, F182-3, 2023年9月

[2] 岡田啓,［招待講演］ドローンを用いた無線ネットワークの研究・開発, 電子情報通信学会技術研究報告, 電子情報通信学会, 東京, SRW2023-56, pp.53-58, 2024年3月

[3] 片山正昭, [特別招待講演] スマート無線と高信頼制御通信 ～ 研究の歩みと新たな挑戦 ～, 電子情報通信学会技術研究報告, 電子情報通信学会, 大阪, RCC2023-99, pp.266-266, 2024年3月

b．一般講演（ポスター発表を含む）

[1] イチャンソク, 岡田啓, 和田忠浩, ベンナイラシャドリア, 片山正昭, 単眼深度推定モデルの敵対的サンプルを用いたスクリーンカメラ通信のシミュレーションによる検証, 電子情報通信学会技術研究報告, 電子情報通信学会, 東京, WBS2023-6, pp.29-34 , 2023年5月

[2] 河辺志温, 岡田啓, ベンナイラシャドリア, 片山正昭, ドローンを用いた無線LAN中継システムにおけるMIMOによる性能向上の実験的検証, 電子情報通信学会技術研究報告, 電子情報通信学会, 北海道, RCS2023-31, pp.19-24, 2023年6月, ポスター発表

[3] 城海斗，ベンナイラシャドリア，岡田啓，片山 正昭, パケット損失のある複数UAVシステムのための軌跡に基づく追従制御手法, 電子情報通信学会技術研究報告, 電子情報通信学会, 大阪, RCC2023-19, pp.20-25, 2023年7月

[4] X. Zhu, C. Ben Naila, H. Okada, M. Katayama, Angle Diversity for Transmitter and Receive Arrays of Optical Multi-User Multi-Input Multi-Output System, IEICE Technical Report, 電子情報通信学会, 新潟, WBS2023-26, pp.67-71, 2023年7月

[5] 伊与田友貴, 小林健太郎, 岡田啓, ベン ナイラ シャドリア, 片山正昭, イメージセンサ可視光通信におけるCNNに基づく復調方式のシンボル間干渉に対するロバストネスに関する一検討, 電子情報通信学会技術研究報告, 電子情報通信学会, 東京、八丈島, CS2023-47, pp.103-108, 2023年7月

[6] 江原大貴, 唐 正強, 木下 雅之, 山里 敬也, 岡田 啓, 鎌倉 浩嗣, 荒井伸太郎, 圓道 知博, 藤井 俊彰, 擬似ランダム系列を掛け合わせたウォルシュ・アダマール符号がイベントカメラを用いた可視光通信に与える影響, 電子情報通信学会技術研究報告, 電子情報通信学会, 東京、八丈島, CS2023-22, pp.14-17, 2023年7月

[7] 石田匠, ベンナイラシャドリア，岡田啓，片山正昭, 大気揺らぎとポインティングエラーを伴う自由空間光通信における知能反射面位置と通信性能の関係, 電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, 電子情報通信学会, 豊橋, J1-1, 2023年8月

[8] 熊澤完介，岡田啓，松井宗大，立神光洋，五藤大介，糸川喜代彦，山下史洋，片山正昭, 衛星IoTシステムにおける利用可能チャネルの偏りと端末間の公平性を考慮したCRDSA/IRSA方式の送信制御, 電子情報通信学会技術研究報告, 電子情報通信学会, 長野, SAT2023-33, pp.1-6, 2023年8月

[9] 石田匠，ベンナイラシャドリア，岡田啓，片山正昭, ポインティングエラーを考慮した知能反射面を用いた自由空間光通信に関する性能評価, 電子情報通信学会 通信ソサイエティ大会, 電子情報通信学会, 名古屋, B-8-19, p.114, 2023年9月

[10] 高城洋介, ベンナイラシャドリア, 岡田啓, 片山正昭, 産業用ロボット無線操作における損失データの補間による作業品質の改善, 電子情報通信学会 通信ソサイエティ大会, 電子情報通信学会, 名古屋, B-15-23, p.348, 2023年9月

[11] X. Zhu, C. Ben Naila, H. Okada, M. Katayama, Performance Enhancement of Multiuser MIMO System with Angle Diversity in the Receive Array, Communications Society Conference of IEICE, 電子情報通信学会, 名古屋, B-10-9, p.133, 2023年9月

[12] 黄瑞怡，山里敬也，木下雅之，岡田啓，鎌倉浩嗣，荒井伸太郎，圓道知博，藤井俊彰, ハイダイナミックレンジ合成による高速イメージセンサー通信, 電子情報通信学会 基礎・境界ソサイエティ大会, 電子情報通信学会, 名古屋, A-9-7, p.70, 2023年9月

[13] 江原大貴，唐正強，木下雅之，山里敬也，岡田啓，鎌倉浩嗣，荒井伸太郎，圓道知博，藤井俊彰, 受信機移動環境下におけるイベントカメラを用いた複数LEDの追跡, 電子情報通信学会 基礎・境界ソサイエティ大会, 電子情報通信学会, 名古屋, A-9-8, p.71, 2023年9月

[14] 大河知恵里, 岡田啓, ベン ナイラ シャドリア, 片山正昭, 高速表示ディスプレイとローリングシャッタカメラを用いた可視光通信システムにおけるデータレート向上の検討, 革新的無線通信技術に関する横断型研究会(MIKA), 電子情報通信学会, 沖縄, 2023年10月, ポスター発表

[15] 伊与田友貴, 小林健太郎, 岡田啓, ベン ナイラ シャドリア, 片山正昭, イメージセンサ可視光通信におけるCNN型復調方式の単色背景画像に対する実験的性能評価, 電子情報通信学会技術研究報告, 電子情報通信学会, 沖縄, WBS2023-39, pp.59-64, 2023年12月
[16] 石田匠，ベンナイラシャドリア，岡田啓，片山正昭, AUVの移動を考慮した水中光無線通信システムの性能解析, 電子情報通信学会技術研究報告, 電子情報通信学会, 東京, ＵＷＴ, 2024年1月
[17] イチャンソク, 岡田啓, 和田忠浩, ベンナイラシャドリア, 片山正昭, 単眼深度推定モデルの敵対的サンプルを用いたディスプレイーカメラ可視光通信の評価実験, 電子情報通信学会技術研究報告, 電子情報通信学会, 福岡, SeMI2023-75, pp.25-30, 2024年2月
[18] 大脇孝明，熊澤完介，岡田啓，立神光洋，五藤大介，松井宗大，糸川喜代彦，山下史洋，片山正昭, LEO衛星の移動を考慮した衛星IoTシステムのスループット評価, 電子情報通信学会 総合大会, 電子情報通信学会, 広島, B-3-04, 2024年3月
[19] 伊与田友貴, 小林健太郎, 岡田啓, ベン ナイラ シャドリア, 片山正昭, イメージセンサ可視光通信におけるCNN型復調方式の実画像パラメータを考慮した性能向上, 電子情報通信学会 総合大会, 電子情報通信学会, 広島, A-9-7, 2024年3月
[20] 李逸澈, 岡田啓, ベンナイラシャドリア, 片山正昭, ミリ波端末協調無線通信システムにおける協調端末数の評価, 電子情報通信学会 総合大会, 電子情報通信学会, 広島, B-5A-90, 2024年3月
[21] 内藤正崇，和田忠浩，椋本介士，岡田啓, 仮想画像に基づく画像分類器を用いる可視光通信システムの通信性能の評価, 電子情報通信学会技術研究報告, 電子情報通信学会, 大阪, WBS2023-66, pp.20-25, 2024年3月
[22] 熊澤 完介，岡田 啓，立神 光洋，五藤 大介，松井 宗大，糸川喜代彦，山下 史洋，片山 正昭, 衛星IoTシステムにおける利用可能チャネルの偏りを考慮したCRDSA/IRSA方式の適応送信制御, 電子情報通信学会技術研究報告, 電子情報通信学会, 東京, RCS2023-268, pp.83-88, 2024年3月

Ⅵ．特許等（出願、公開、登録）

ｂ．特開（公開特許）

[1] 松井宗大，山下史洋，糸川喜代彦，五藤大介，立神光洋，岡田啓，熊澤完介, 無線通信システム、無線通信方法及び無線通信制御装置, 特開2023-180524, 2023/12/21, 日本電信電話株式会社，国立大学法人東海国立大学機構
[2] 松井宗大，山下史洋，糸川喜代彦，五藤大介，立神光洋，岡田啓，熊澤完介, 無線通信方法、無線通信システム、及び無線端末, 特開2023-114863, 2023/8/18, 日本電信電話株式会社，国立大学法人東海国立大学機構

●エネルギーシステムグループ

教授　加藤　丈佳	助教　占部　千由	外国人客員教員　Hassan Bevrani

研究テーマ

持続可能社会に向けた電気エネルギーシステム・電力機器の高度化技術に関する研究

研究の背景・目的

太陽光発電をはじめとする再生可能エネルギー発電が大量導入された将来の電力システムを安定かつ効率的に運用するための基礎技術として、再エネ発電の出力把握・予測技術の高精度化・高信頼化、電力システムの計画・運用技術の高度化に関する研究を行うとともに、これに貢献する電力需要の能動化、分散電源の制御技術を開発する。その成果を踏まえ、各分野と連携して、システム開発とハード開発の両面から、持続的社会に資する電力・エネルギーシステムの実現に必要なデバイス、機器の開発目標の設定を目指す。

成果の概要

１．系統蓄電池による新しい周波数制御方式に関する基礎研究

導入拡大する再生可能エネルギー電源の出力変動に対応するため、出力応答速度の速い系統用蓄電池（BESS）の負荷周波数制御（LFC）やガバナフリー制御（GF）利用が検討されている。本件研究では、BESSのGF利用は、LFC利用と比較して周波数変動Δfは抑制されるものの、LFC調整力として必要な火力機のkW容量は増加することを示すとともに、その対策として、周波数変動に対するBESSのGF出力応動が火力機よりも速いことに着目し、BESSのGF出力情報をLFCにフィードバックすることで火力機のLFC出力を抑制する制御方式を提案した。計算機シミュレーションの結果、周波数偏差はやや増加するものの、火力機のLFC出力を抑制し、LFC調整力として必要な火力機のkW容量やkWh容量を抑制できることを確認した。今後は、周波数変動の継続状況に応じてBESSのGF出力のフィードバックゲインを変える等、今回の制御の改善案について更なる検討を進める予定である。

２．SOFによるGFMインバータ電源の制御パラメータ設定手法の構築

太陽光発電や蓄電池はインバータを介して電力系統に接続するインバータ電源は従来の同期発電機のような慣性力を持たないため、これらが大量導入される将来の電力システムでは、擬似的な慣性力を持たせる制御を適用したグリッドフォーミング（GFM）インバータ電源の導入が期待されている。本研究では、疑似慣性力制御を有するインバータ電源の制御手法の実用性向上に向け、導入条件が異なる様々な地点に適したパラメータ設定を容易にするため、動的制御器の設計問題を静的出力フィードバック問題(SOF: Static Output Feedback)に帰着させる手法の開発を行った。GFMインバータ電源の制御手法を静的制御部と動的制御部とに分離し、動的制御特性を制御対象の本来の動特性に組み込むことで新たな動特性を持つ制御対象モデルを構築し、積分項を含まない静的制御器のみによって制御するSOF問題に帰着し、ゲイン設定の容易化を図り、制御モデルの微分方程式をLMI（線形行列不等式）問題に帰着して各ゲインを設定した。MATLAB Simulinkを用いた簡単な計算機シミュレーションにより、従来手法によってゲイン設定した場合と比較して、提案手法で設定したゲインを用いる場合、安定したステップ応答が得られ、提案手法の有用性が確認できた。

３．道路交通センサスに基づくEV充電需要の評価

電気自動車（EV）がカーボンニュートラルに資するためには、再エネ電源の電力供給が余剰となる時間帯に充電することが望ましい。本研究では、当日・翌日の余剰電力に応じて所定の充電促進時間帯に駐車中のEVの充電時間帯がシフトするような経済的インセンティブが適用される状況を想定し、道路交通センサスのオーナーインタビュー自動車起終点（OD）調査に基づくエリア別・時間帯別のEV充電需要を計算するモデルを用いて、中部5県の260市区町村を対象として、再エネ発電電力に対応した充電電力創出の可能性について検討した。簡易的な電力需給解析モデルを用いて、中部エリアを対象として再エネ余剰電力による充電割合を計算した結果、日々同様の充電行動を行う場合の39%に対し、余剰電力の予測に基づく充電促進時間帯の適用によって48%に増加することを示した。また、当日・翌日の日積算日射量に応じて充電促進時間帯を設定する場合でも再エネ余剰電力による充電割合は49%となることを示し、EV充電事業者における事業性の観点から有用な方法であることを示した。

４．配電エリア単位における余剰電力低減のための太陽光発電の導入分布

2050年カーボンニュートラルに資する太陽光発電(PV)の導入拡大に伴う電力需給の時間的・空間的ミスマッチにより、配電エリア単位の余剰電力の増加が懸念される。本研究ではメッシュ統計データ等に基づき、配電エリア単位で将来の年間8760時間の電力・燃料需要およびPV出力を計算し、いくつかの市域を対象として、PV導入分布の調整による余剰電力の低減を評価し、その上で必要となる電力・燃料輸送インフラ整備のあり方について検討した。

その結果、土地利用に関する制約のみを考慮して、設置形態ごとに全配電エリアについて一律の活用率を設定し、中部地域全体で45GWのPV導入となるように各配電エリアのPV導入量を決定する場合（Case-0）に

対し、市域全体のPV導入量はCase-0と同じであるが配電エリアごとの需給バランスを改善するように設置形態ごとに配電エリア単位で異なる活用率を設定する場合（Case-1）、農地系PVの導入量が大きな配電エリアでは上位系統に逆潮流できない余剰電力を約60%削減できることなどを示した。

発表論文等

Ⅰ．論文（査読のある学術誌等）

a．査読付き論文

[1] Noha Harag, Chiyori T. Urabe, Takeyoshi Kato, Optimal Allocation of Curtailment Levels of PV Power Output in Different Regions in Consideration of Reduction of Aggregated Fluctuations, IEEE Access, Vol.11, pp.76020-76033, 2023/7/27

[2] 中村美友，今中政輝，杉本重幸，加藤丈佳，原田耕佑，小西充峻，PV出力予測誤差による小売電気事業者インバランス削減のための蓄電池利用の経済性, 電気学会論文誌B（電力・エネルギー部門誌），Vol.143，No.8，pp.483-491，2023/8/1

[3] 志村征輝，今中政輝，加藤丈佳，服部学，カーボンニュートラルに必要な太陽光発電の市区町村への配分とその課題，電気学会論文誌B（電力・エネルギー部門誌），Vol.143，No.12，pp.605-614，2023/12/1

b．査読無論文

[1] 渡邉雅俊，占部千由，加藤丈佳，再エネ電力によるEV充電増加のための余剰電力に応じた充電促進時間帯の導入効果，電力技術/電力系統技術合同研究会，PE-23-179/PSE-23-171，pp.97-104，2023/9/26

[2] 中村美友，占部千由，加藤丈佳，原田耕佑，有賀暢幸，小西充峻，電力コストおよびEV電欠リスク削減のための事業所におけるEV利用スケジューリング，電力技術/電力系統技術合同研究会，PE-23-180/PSE-23-172，pp.105-111，2023/9/26

[3] 加藤丈佳，志村征輝，山内貴翔，占部千由，FIT太陽光発電の導入・認定地点における土地利用形態に関する調査，日本太陽エネルギー学会2023年度（令和5年度）研究発表会，CD-ROM，33，2023/11/17

Ⅳ．国際学会・口頭発表等

b．一般講演（ポスター発表を含む）

[1] N. Harag, C. Urabe, T. Kato, Optimal Allocation of Curtailment Level of PV Power Output in Different Regions in Consideration of the Reduction in Aggregated PV Power, 21th International Conference on Renewable Energy and Power Quality (ICREPQ'23), 265, 2023/5/25, Madrid, SPAIN, European Association for the Development of Renewable Energy, Environment and Power Quality (EA4EPQ)

[2] M. Shimura, T. Yamauchi, C. T. Urabe, T. Kato, Trend Analysis of Land Use of Installation Site for FIT-approved Photovoltaic Power Generation, The International Council on Electrical Engineering (ICEE) Conference 2023, ICEE23JY-263, 2023/7/4, Hong Kong, The Hong Kong Instituion of Enegineers

[3] M. Watanabe, C. T. Urabe, T. Kato, A Study on Installation Requirement of EV Charging Facilities Depending on Charging Demand Profiles in Municipalities, The International Council on Electrical Engineering (ICEE) Conference 2023, ICEE23JY-267, 2023/7/4, Hong Kong, The Hong Kong Instituion of Enegineers

[4] T. Kato, Public Data-Driven Modeling of Residual Electricity Load Due to High Penetration of Photovoltaic Power Generation in Various Distribution Networks, The 22nd World Congress of the International Federation of Automatic Control (IFAC World Congress 2023), MoA15.6, 2023/7/10, Yokohama, IFAC Japan NMO, Japan Association of Automatic Control (JAAC)

[5] S, Rehimi, H. Bevrani, C. T. Urabe, T. Kato, Transient Response Enhancement in an AC Microgrid Using a Simple Two-Stage Controller, 2023 10th International Conference on Power and Energy Systems Engineering (CPESE2023), SE06432, 2023/9/9, Nagoya, CPESE

[6] M. Watanabe, C. T. Urabe, T. Kato, Effects of Introducing Charging Promotion Time Zone According to Surplus

Power to Increase EV Charging with Renewable Energy, International Conference on Materials and Systems for Sustainablitiy (ICMaSS2023), 94, 2023/12/2, Nagoya, ICMaSS

[7] M. Shimura, T. Yamauchi, C. T. Urabe, T. Kato, PV Allocation in each Distribution Area Based on Mesh Data, International Conference on Materials and Systems for Sustainablitiy (ICMaSS2023), 106, 2023/12/2, Nagoya, ICMaSS

[8] H. Sudo, C. T. Urabe, T. Kato, Proposal of PV-hydrogen Cooperative Control Method to Utilize PV surplus power, International Conference on Materials and Systems for Sustainablitiy (ICMaSS2023), 153, 2023/12/2, Nagoya, ICMaSS, ポスター発表

[9] K. Takahashi, C. T. Urabe, T. Kato, F. Uno, Foreseeing of next-day Large Forecast Error of Solar Irradiance by Parameter Ensemble Forecasting using WRF, International Conference on Materials and Systems for Sustainablitiy (ICMaSS2023), 184, 2023/12/2, Nagoya, ICMaSS, ポスター発表

[10] S. Rehimi, H. Bevrani, C. T. Urabe, T. Kato, Dual Mode Grid Forming-Following Converters, International Conference on Materials and Systems for Sustainablitiy (ICMaSS2023), 208, 2023/12/2, Nagoya, ICMaSS

[11] T. Ise, C. T. Urabe, T. Kato, R. Yamaguchi, S. Sakaeda, Difference of Frequency Deviation and Change in SOC of Grid Battery Energy Storage System by its Use in LFC or GF, International Conference on Materials and Systems for Sustainablitiy (ICMaSS2023), 96, 2023/12/3, Nagoya, ICMaSS

[12] S. Atsumi, C. T. Urabe, T. Kato, Analysis of Characteristics of Short-Term Fluctuations in Solar Irradiance Given Forecasted Solar Irradiance Estimate Required Secondary Reserves, International Conference on Materials and Systems for Sustainablitiy (ICMaSS2023), 158, 2023/12/3, Nagoya, ICMaSS

Ⅴ．国内学会・口頭発表等

ｂ．一般講演（ポスター発表を含む）

[1] 伊勢貴洋，占部千由，加藤丈佳，山口遼，栄田真吾, 系統用蓄電池のLFC/GF利用における周波数変動抑制効果とSOC時間変化の違い, 令和5年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, 電気学会東海支部，電子情報通信学会東海支部他, 豊橋技術科学大学, A1-3, 2023/8/28

[2] 内田文也，片岡良彦，須藤飛竜，占部千由，加藤丈佳, PV余剰電力活用のためのPV-水素製造協調制御方法の提案, 令和5年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, 電気学会東海支部，電子情報通信学会東海支部他, 豊橋技術科学大学, A1-4, 2023/8/28

[3] 渥美信哉，占部千由，加藤丈佳, 2次調整力必要量推定のための日射量予測値に対する短周期変動特性の解析, 令和5年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, 電気学会東海支部，電子情報通信学会東海支部他, 豊橋技術科学大学, A2-3, 2023/8/28

[4] 志村征輝，占部千由，加藤丈佳, メッシュデータに基づいた配電エリア単位における将来の太陽光発電の導入分布想定, 令和5年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, 電気学会東海支部，電子情報通信学会東海支部他, 豊橋技術科学大学, A2-4, 2023/8/28

[5] 伊勢貴洋，占部千由，加藤丈佳，山口遼，中地芳紀, 系統用蓄電池のLFC/GF利用におけるSOC時間変化の違い, 令和5年電気学会電力・エネルギー部門大会, 電気学会電力・エネルギー部門, 愛知工業大学, 154, 2023/9/6

[6] 加藤丈佳，石井勇気，占部千由，中川雅也，藤田悠，小林浩, 2台のPV用PCSによる自立運転に関する実験的検討, 令和5年電気学会電力・エネルギー部門大会, 電気学会電力・エネルギー部門, 愛知工業大学, 174, 2023/9/6

[7] 渡邉雅俊，占部千由，加藤丈佳, EV普及率と民生電化シフト率に応じた再エネ電力で賄える充電需要の評価, 令和5年電気学会電力・エネルギー部門大会, 電気学会電力・エネルギー部門, 愛知工業大学, 180, 2023/9/6

[8] 渡邉雅俊，占部千由，加藤丈佳, 再エネ電力によるEV充電増加のための余剰電力に応じた充電促進時間帯の導入効果, 電力技術/電力系統技術合同研究会, 一般社団法人電気学会, 熊本大学, PE-23-179/PSE-23-171, 2023/9/26

[9] 中村美友，占部千由，加藤丈佳，原田耕佑，有賀暢幸，小西従峻, 電力コストおよびEV電欠リスク

削減のための事業所におけるEV利用スケジューリング, 電力技術/電力系統技術合同研究会, 一般社団法人電気学会, 熊本大学, PE-23-180/PSE-23-172, 2023/9/26
[10] 加藤丈佳，志村征輝，山内貴翔，占部千由, FIT太陽光発電の導入・認定地点における土地利用形態に関する調査, 2023年度（令和5年度）日本太陽エネルギー学会研究発表会, 一般社団法人日本太陽エネルギー学会, 泉佐野市エブノ泉の森ホール, 33, 2023/11/17
[11] 占部千由，加藤丈佳, 複数地点の太陽光発電を対象としたエリア規模における短周期変動抑制制御, エネルギー・資源学会 第40回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス, 一般社団法人エネルギー・資源学会, 東京大学生産技術研究所, 19-1, 2024/1/31
[12] 渡邉雅俊，占部千由，加藤丈佳, EV充電器出力が充電促進時間帯による負荷平準化に与える影響, エネルギー・資源学会 第40回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス, 一般社団法人エネルギー・資源学会, 東京大学生産技術研究所, 19-2, 2024/1/31
[13] 志村征輝，占部千由，加藤丈佳, 再エネ主力電源時の地域エネルギー需給バランスを考慮した電力システム増強に関する一検討, エネルギー・資源学会 第40回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス, 一般社団法人エネルギー・資源学会, 東京大学生産技術研究所, 19-3, 2024/1/31
[14] 伊勢貴洋，占部千由，加藤丈佳，山口遼，栄田真吾, 蓄電池のガバナフリー利用を考慮した負荷周波数制御方式の基礎検討, 令和6年度電気学会全国大会, 一般社団法人電気学会, 徳島大学, 6-086, 2024/3/16
[15] 須藤飛竜，占部千由，加藤丈佳, 複数太陽光発電の余剰電力による水電解水素製造のための協調制御手法の提案, 令和6年度電気学会全国大会, 一般社団法人電気学会, 徳島大学, 6-181, 2024/3/14
[16] 山内貴翔，占部千由，加藤丈佳, 衛星画像の目視判別による太陽光発電パネル設置形態の調査, 令和6年度電気学会全国大会, 一般社団法人電気学会, 徳島大学, 7-001, 2024/3/15

Ⅶ. その他研究業績

[1] 加藤丈佳, (一社）日本太陽エネルギー学会, 研究室紹介, Vol.49,No.5,277,2023

●交通システムグループ

教授	山本　俊行	准教授	三輪　富生	非常勤研究員	叶　　兰杭
非常勤研究員	邬　　寧				

研究テーマ

持続可能な開発に向けた交通システムのデザイン

研究の背景・目的

20世紀後半のわが国は、自動車の普及とそれに伴う都市の郊外化によって、快適な移動と生活環境を実現しようとしてきた。しかしながら、過度な自動車依存は交通渋滞を引き起こし、近年では、環境負荷、エネルギー消費などの観点からも自動車依存からの脱却が求められている。そのため、環境負荷が低くエネルギー効率が優れている公共交通機関への転換を促進する様々な施策が実施されている。しかしながら、施策に対する人々の受容性が低く、交通行動を大きく変えるには至っていないため、十分な効果が得られていない。

このような状況の下で、本研究では、持続可能な都市交通システムの実現を目指し、環境負荷とエネルギー消費に対する制約を明示的に考慮した都市交通システムのあるべき将来像の提案、および、人々の交通行動に関するよりよい理解とそれに基づく個々の交通施策の提案とその定量的評価を行っている。

成果の概要

1．再生可能エネルギーを活用した水素ステーションの持続的で経済的な開発のための学際的アプローチに

よるリスク評価

本研究は、不確実性を考慮した様々な観点からのリスク評価と市民の受容性分析から、社会的、経済的、環境的にも持続可能な再生可能エネルギーを活用した水素ステーションの設置や運営方法の提案を目指すものである。本年度は、人々が水素ステーションの事故リスクをどのように認識しているかを明らかにし、認知と現実のギャップを把握した。日本、スペイン、ノルウェーでウェブ調査を実施し、水素の生産、輸送、貯蔵、および供給に対する一般市民のリスク認知を観測した。調査結果より、国によって水素ステーションに対するリスク認識が異なること、また、水素輸送のリスクを過大評価する一方で生産過程のリスクを過小評価していることを示した。

２．未来のモビリティ・街づくりのための統合ソリューションとして必要なプラットフォームの構築

自然災害の多い我が国では大きな災害が発生すると交通網の寸断などにより集落の孤立や物資配送の停滞が起きる。そのため平常時、災害時、イベントの渋滞など様々な状態で交通予測を行うデジタルツインシステムの開発が有用である。本研究ではCCTVカメラやETC2.0、携帯電話位置情報等の様々な常時観測データを統合し、平常時から非常時までを予測可能なデジタルツイン構築を目指す。本年度は、大学キャンパスに設置したカメラから人を検出し、集計した人流データを用いて、過去にWebアンケート調査を実施した際のOD交通量を更新する手法を構築した。カメラで人を検出する際に、方向を考慮して人流データを集計することで、高精度にOD交通量を更新することを実現した。

３．スマートモビリティサービスの普及と交通需要の予測に関する研究

自動運転車などを活用したスマートモビリティサービスは、現在の交通サービスと比較して利便性が大幅に高まる。このため、従来はサービスレベルの低さから取りやめていた移動が、スマートモビリティの普及とともに顕在化すると考えられ、そのような新たな交通需要を考慮した移動サービスの設計が必要となる。本研究では、アンケート調査やGPS移動軌跡データを活用し、潜在交通需要の予測およびスマートモビリティが顕在化する交通需要の予測を行った。特に、東海地方および北陸地方を対象とした大規模なWebアンケート調査を実施し、コンジョイント分析を通じて地域特性と主観的な生活利便性との関係を分析した。さらに、人口減少に伴う生活環境の悪化を予測し、生活利便性を維持するために必要なスマートモビリティのサービス水準について分析を行った。

４．自動運転車による交通流の協調制御システムの検討

コネクティッド自動運転車は、路車間通信および車車間通信によって協調的な挙動を取ることが可能であり、これにより効率的な交通流の実現に向けた車両制御が可能となると考えられる。本研究では、交差点における信号制御によらない交通流制御モデルを強化学習により構築し、従来の信号制御より効率的な交通流が実現できることを示した。さらに、この分析において経路レベルでの制御によりさらに効率的な交通流が実現できることが示唆されたことから、強化学習によって経路割り当てシステムを構築した。この結果、終点までの道路網における交通状況や車両位置等の情報から、交差点における効率的な交通流を実現しうる経路配分が可能であることを示した。

発表論文等

Ⅰ．論文（査読のある学術誌等）

ａ．査読付き論文

[1] Liu, S., Yamamoto, T. and Yao, E.: Joint modeling of mode choice and travel distance with intra-household interactions, Transportation. Vol. 50(5), pp. 1527-1552, Oct. 2023.

[2] Huan, N., Yamamoto, T. and Yao, E.: Seamless air-HSR intermodal solution: behavioural model-based scheduling of airline timetable and airfare, Transportation Research Part A, Vol. 176, October 2023, 103821

[3] Idziorek, K., Abramson, D., Kitagawa, N., Yamamoto, T. and Chen, C. Factors influencing willingness to share resources post-disaster: A cross-cultural comparison between U.S. and Japanese communities, Natural Hazards

Review, Vol. 24(4), Nov. 2023.

[4] Zhou, Y., Sato, H. and Yamamoto, T. Resourcing Idle Privately Owned Autonomous Electric Vehicles: System Design and Simulation for Ride-sharing in Residential Areas of the Aging in Japan, Transport Policy. Vol. 143, Nov. 2023, pp. 46-57.

[5] Miwa, T., Wang, J. and Morikawa, T., Are seniors in mountainous areas able to realize their desired trips? A novel approach to estimate trip demand, Transportation Research Part A, Vol.175, 103776, 2023/7/17

[6] Liang, J., Miwa, T. and Morikawa, T., Preference and Expectation of Japanese Employees toward Telecommuting Frequency in the Post-pandemic Era, Sustainability, Vol.15(16), 12611, 2023/8/21

[7] Wang, J., Miwa, T. and Morikawa, T., A Demand Truncation and Migration Poisson Model for Real Demand Inference in Free-Floating Bike-Sharing System, IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, Vol. 24(10), pp. 10525-10536, 2023/5/24

[8] 田島怜路, 三輪富生, 鶴見直樹, 森川高行, プローブカーデータのマップマッチングによるリンク旅行時間情報の蓄積, 土木学会論文集, Vol.79(10), 23-00044, 2023/10/20

[9] Liu, K., Feng, T., Yamamoto, T., Song, Z.: Electrification pathways for public transport systems. Transportation Research Part D, Vol. 126, Jan. 2024, 103997.

[10] Zhu, Y., Jiang, M. and Yamamoto, T. Glocal map-matching algorithm for high-frequency and large-scale GPS data, Journal of Intelligent Transportation Systems. Vol. 28(1), pp. 1-15, 2024.

[11] Huan, N., Yamamoto, T., Sato, H., Tzioutzios, D., Sala, R., Goncalves, L., Kosman, W., and Stolecka-Antczak, K.: Risk Assessment for Hydrogen Fuelling Stations: Public Perception Versus Reality. Chemical Engineering Transactions, 105, 139-144, Nov. 2023.

[12] Liu, S., Yamamoto, T. and Nakamura, T.: Longitudinal analysis of public transport usage by older people using a latent Markov model, Transportation Letters, Vol. 16(2), pp. 157-165, 2024

[13] Zhu, Y., Jiang, M., Yamamoto, T., Ding, N., Shinkai, H., Aoki, H., Shimazaki, K.: A framework for combining lateral and longitudinal accelerations to assess driver's driving style using unsupervised approach. IEEE Intelligent Transportation Systems Transactions. Vol. 25 (1), 638-656, Jan. 2024

[14] Zhang, S., Heine, E., Yamamoto, T., Sato, H., Gao, J.: The influence of life events on the attitude-behavior relationship among household couples: A longitudinal study. Cities, Vol. 144, Jan. 2024, 104661.

[15] Hanni, U., Yamamoto, T., Nakamura, T.: Analysis of electric vehicle charging intention in Japan. Sustainability, Vol. 16(3), Jan. 2024, 1177.

[16] 山中惇矢，山本俊行，小林栄介，伴和徳：ネットワークカメラによる人流データを活用した建物間のOD交通量更新手法の構築，交通工学論文集（特集号）, Vol. 10(1), pp. A_250-A_258, Feb. 2024

Ⅳ．国際学会・口頭発表等

ａ．招待講演

[1] Zhu, Y., Jiang, M., Yamamoto, T, Older drivers' driving behavior analysis using naturalistic driving data, The 7th IEEE international Conference on Transportation Information and Safety, August 4-6, 2023, Xi'an, China, IEEE Intelligent Transportation Systems Society Intelligent Waterborne Transportation Systems

[2] Yang, J., Miwa, T. and Yamazaki, M., Incorporating Vehicle Crash Risk into Navigation Route Guidance Problem for Elderly Drivers Using a Stated Preference Survey Data, International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2023, December 1-3, 2023., Nagoya, Japan, Institute of Materials and Systems for Sustainability, Nagoya University

[3] Ho, C. and Yamamoto, T., Enabling sustainable transportation through the Mobility as a Service framework, International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2023, December 1-3, 2023., Nagoya, Japan, Institute of Materials and Systems for Sustainability, Nagoya University

ｂ．一般講演（ポスター発表を含む）

[1] Hanni, U., Yamamoto, T., Nakamura, T., Analysis of the consumers' EV charging behavior at different locations in Japan, The 16th World Conference on Transport Research, July 17-21, 2023., Montréal, Canada, World

Conference on Transport Research Society

[2] Gao, J., Yamamoto, T., Sato, H., Helbich, M., The relationship between residential dissonance and changes in travel satisfaction: Evidence from dual-earner household in Japan, BTR5: 5th Bridging Transport Researchers Conference, August 9-10, 2023., Online

[3] Yang, J., Miwa, T., Morikawa, T., Yamamoto, T, Ando, R., Examining Passenger Car Ownership of Different Sizes Incorporating Unknown Annual Income and Household Structure: Case Study of Nagoya Metropolitan Area, Japan, 15th International Conference of Eastern Asia Society for Transportation Studies, September 4-7, 2023., Shah Alam, Malaysia, Eastern Asia Society for Transportation Studies

[4] Wang, Y., Jiang, M., Yamamoto, T., Yang, J., Yamazaki, M., Potential and Barriers of Promoting Electric Vehicle Sharing Services for Tourists in Japan's Non-urban Destination, 15th International Conference of Eastern Asia Society for Transportation Studies, September 4-7, 2023., Shah Alam, Malaysia, Eastern Asia Society for Transportation Studies

[5] Zhu, Y., Jiang, M., Yamamoto, T, Classification of driving style in relation to risk level based on G-G diagram, The 2023 IEEE 26th International Conference on Intelligent Transportation Systems, Sep. 24-28, 2023., Bilbao, Spain, IEEE Intelligent Transportation Systems Society

[6] Huan, N., Yamamoto, T., Sato, H., Dimitrios, T., Sala, R., Lila, G., Kosman, W., Stolecka-Antczak, K., Risk assessment for hydrogen fuelling station: Public perception versus reality, 2nd International Conference on Energy, Environment & Digital Transition, 22-25 October, 2023., Palermo, Italy, The Italian Association of Chemical Engineering

[7] Paltrinieri, N., Yamamoto, T., Rusin, A., Sala, R., Liu, Y., Sato, H., Gokcek, M., Towards a sustainability framework for hydrogen refuelling stations: A risk-based multidisciplinary approach, 2nd International Conference on Energy, Environment & Digital Transition, 22-25 October, 2023., Palermo, Italy, The Italian Association of Chemical Engineering

[8] Gao, J., Yamamoto, T., Sato, H., Helbich, M., The relationship between residential dissonance and changes in travel satisfaction: Evidence from dual-earner household in Japan, The 27th International Conference of Hong Kong Society for Transportation Studies, Dec. 11-12, 2023., Hong Kong, Hong Kong Society for Transportation Studies

[9] Liang, J. and Miwa, T., Activity Time Allocation Patterns in a Telecommuting Era, International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2023, December 1-3, 2023., Nagoya, Japan, Institute of Materials and Systems for Sustainability, Nagoya University

[10] Katagiri, S., Miwa, T. and Morikawa, T., Development of A route allocation model with reducing traffic congestion at an intersection, International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2023, December 1-3, 2023., Nagoya, Japan, Institute of Materials and Systems for Sustainability, Nagoya University

[11] Wang, J., Miwa, T. and Morikawa, T., Timetable Optimization for A Single Bus Line Considering Potential Passengers' Heterogeneous and Uncertain Bus Usage Time Window, International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2023, December 1-3, 2023., Nagoya, Japan, Institute of Materials and Systems for Sustainability, Nagoya University

[12] Huan N., Yamamoto T., Sato H., Yin H., State of Play of Public Attitudes Towards Hydrogen Infrastructure in Japan and Europe, International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2023, December 1-3, 2023., Nagoya, Japan, Institute of Materials and Systems for Sustainability, Nagoya University

[13] Ye, L., Yamamoto, T., Integrating Personal Rapid Transit into Existing Traffic Systems: Feasibility, Simulation and Optimization, International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2023, December 1-3, 2023., Nagoya, Japan, Institute of Materials and Systems for Sustainability, Nagoya University

[14] Sala, R., Gonçalves, L., Huan, N., Sato, H., Yamamoto, T., Yin, H., Tzioutzios, D., Public acceptance of hydrogen technologies in Spain: The role of trust, perceived benefits and emotions, The European Hydrogen Energy Conference 2024, Mar. 6-8, 2024, Bilbao, Spain, Spanish Hydrogen Association

Ⅴ．国内学会・口頭発表等

ｂ．一般講演（ポスター発表を含む）

[1] Mecklosky, B.D., Yamamoto, T., Huan, N., Ban, K., Development of link performance functions in high pedestrian-vehicle interaction environments, 第67回土木計画学研究発表会, 土木学会土木計画学研究委員会, 福岡市, Jun. 3-4, 2023.

[2] Mengqing, N., Jiang, M., Sato, H., Yamamoto, T., Risk factor analysis of bicycle accidents at intersections, 第67回土木計画学研究発表会, 土木学会土木計画学研究委員会, 福岡市, Jun. 3-4, 2023.

[3] 沖山健太, 山本俊行, 伊藤秀行, 災害時における効率的な応急給水方法に関する研究：弥富市のケース, 第67回土木計画学研究発表会, 土木学会土木計画学研究委員会, 福岡市, Jun. 3-4, 2023.

[4] 長縄陸，中村俊之，山本俊行, Wi-Fiパケットセンサを活用した中部国際空港利用者の行動分析, 第67回土木計画学研究発表会, 土木学会土木計画学研究委員会, 福岡市, Jun. 3-4, 2023.

[5] 伴和徳，小林栄介，樹下晶弘，三輪富生，山本俊行, 市販ネットワークカメラを用いた多地点での歩行者と自転車の人流観測, 第67回土木計画学研究発表会, 土木学会土木計画学研究委員会, 福岡市, Jun. 3-4, 2023.

[6] 山中惇矢，山本俊行，小林栄介，伴和徳, ネットワークカメラによる人流データを活用した建物間のOD交通量更新手法の構築, 第43回交通工学研究発表会, 交通工学研究会, 東京, Aug. 8-9, 2023.

[7] 伴和徳，西澤智恵子．小林栄介，脇坂龍．山本俊行．小嶋理江．青木宏文．山口拓真．奥田裕之．鈴木達也, 歩車混在空間のデジタルツイン検証プラットフォームの提案, 自動車技術会2023年秋季大会, 自動車技術会, 名古屋市, Oct. 11-13, 2023.

[8] 山中惇矢，山本俊行，小林栄介，伴和徳, ネットワークカメラによる人流データを活用した建物間のOD交通量更新手法の構築及び同手法の活用法, 第68回土木計画学研究発表会, 土木学会土木計画学研究委員会, 八王子市, Nov. 24-26, 2023

[9] 野田琉太, 三輪富生, 佐藤仁美, 森川高行, 長久手市における市民共助の取り組みへの参加意向の分析, 第67回土木計画学研究発表会, 土木学会土木計画学研究委員会, 福岡市, Jun. 3-4, 2023.

[10] 五藤大貴，三輪富生，森川高行, 手動運転車との相互影響を考慮した自動運転車の普及予測, 第67回土木計画学研究発表会, 土木学会土木計画学研究委員会, 福岡市, Jun. 3-4, 2023.

[11] 三輪富生, 森川高行, 後藤裕平, 筑波聡, 本小輝晃, 自動運転地域交通システムの公共財化に関する考察, 第68回土木計画学研究発表会, 土木学会土木計画学研究委員会, 八王子市, Nov. 24-26, 2023

[12] 西嶋晃佑，片桐紳太郎，三輪富生，田代むつみ，森川高行, 深層強化学習を用いた無信号交差点における協調制御に関する基礎的研究, 第68回土木計画学研究発表会, 土木学会土木計画学研究委員会, 八王子市, Nov. 24-26, 2023

[13] 中垣弦一郎，鶴見直樹，三輪富生, 中京都市圏におけるエアタクシーの需要量と離着陸場配置に関する研究, 第68回土木計画学研究発表会, 土木学会土木計画学研究委員会, 八王子市, Nov. 24-26, 2023

[14] 剣持千歩，中村俊之，三輪富生, 地域で共存するオンデマンド交通サービスの 実証と可能性, 第68回土木計画学研究発表会, 土木学会土木計画学研究委員会, 八王子市, Nov. 24-26, 2023

[15] 片桐紳太郎，三輪富生，森川高行, 強化学習による交差点混雑に着目した協調的経路配分システムの基礎的検討, 第68回土木計画学研究発表会, 土木学会土木計画学研究委員会, 八王子市, Nov. 24-26, 2023

[16] 大地本晴也, 古田匠, 三輪富生, 判和徳, 小林栄介, メッシュシステムを用いた交通シミュレータの開発, 令和5年度土木学会中部支部研究発表会, 土木学会中部支部, 名古屋市, Mar. 1, 2024

Ⅵ．特許等（出願、公開、登録）

ａ．特願（出願特許）

[1] 姜美蘭，ZHU Yuanfang，山本俊行, 情報処理装置、情報処理方法、および、コンピュータプログラム, 特願2024-009446, 2024/1/25, 国立大学法人東海国立大学機構

6.4.3 循環システム部

以下に、令和5年度の成果を教員または研究グループごとにまとめた。

●自然共生型社会を目指した再生可能エネルギーと環境エコロジー・システムの評価に関する研究グループ

教授　林　希一郎	客員教授　岡澤　宏	研究機関研究員　長島　匠

研究テーマ

1）再生可能エネルギーに関わるシステム分析、空間分析
2）UAV等を用いた森林バイオマス、生態系サービスの空間評価に関する研究
3）資源占有の時間フットプリント評価手法(RTF)の開発
4）AIを用いたエネルギー・環境統合型空間評価に関する研究

研究の背景・目的

1）再生可能エネルギーの導入ポテンシャル推計等に関するシステム分析や空間分析を進めている。本年度は、太陽光パネルの普及に関わる要因分析、太陽光パネルの将来普及状況に関する分析を行うことを目的に研究を行った。
2）航空機レーザー測量データ、現地フィールド調査、UAV(ドローン)等を活用し、炭素ストック等の推計手法の開発を進めている。本年度は、LiDARデータを用いた森林情報の取得可能性について検討を行った。また、衛星加工データ（AW3D30）の活用可能性等の検討を行うことを目的に研究を進めた。
3）LCA(ライフサイクルアセスメント)等の手法をベースとしつつ環境容量を踏まえた資源占有の時間フットプリント(RTF)評価手法の開発を進めている。本年度は、小水力発電、風力発電、太陽光発電などの複数の再エネ候補の比較評価にRTFを適用する方法について研究を進めた。
4）AI(人工知能)を活用したエネルギー・環境評価プラットフォームを開発しているBC3（バスク気候変動センター、スペイン）と協力し、エネルギー・環境評価の統合型プラットフォーム（k.LAB）上に日本のデータを整備し、分析を進めている。本年度は、改正温対法に対応した風力発電促進区域設定モデルの事例研究等を進めることを目的とした。

成果の概要

1）昨年度までに、航空機レーザー測量データ、衛星データ等を活用し、屋根等の傾斜、方位、日射量等を考慮した太陽光発電パネル導入ポテンシャル推計手法を開発した。本年度は、太陽光発電パネルの普及要因の統計分析を行った。説明変数として、深層学習を活用した太陽光発電パネルの自動検出データ、屋根設置型太陽光発電パネルの将来ポテンシャル推計値及び各種統計データを用いた統計分析を行い、その成果について論文を投稿した。また、太陽光発電パネルの将来の普及状況について、愛知県を事例とした研究を進めた。さらに小水力発電、地熱発電の適地選定モデルの開発を目指し、必要な環境・社会・災害リスク要因の整理を行った。
2）大阪大学、中部大学等と協力し、愛知県内等の森林を対象として、航空機レーザ測量データ、UAVデータ、衛星データ(AW3D2.5m及びAW3D30)等を用いて、森林バイオマスの推計手法の開発を進めている。本年度は、iPhone proに内蔵されているLiDARを活用し、森林現地調査の代替可能性を検討した。また、ハンディ―ライダーによる森林パッチの測定可能性を検討した。さらに、名古屋市内の緑地に着目し、生態系サービスの中の文化的サービスの評価手法を開発し、論文発表を行った。
3）国立環境研究所と共同でRTFの事例分析を行っている。本年度は、中国福健省にて、小水力発電、風力発電及び太陽光発電などの再エネ比較評価手法の研究を行った。また、生態系サービス、特に供給サービスに対してRTF評価の適用に関する研究を進め、論文発表を行った。
4）スペインのBC3との部局間学術協定をもとに、国際共同研究を進めた。エネルギー・環境空間評価統合

プラットフォームであるk.LABを活用し、改正温対法の要求事項に準拠した再エネ促進区域選定モデル（風力版）を開発してきた。この成果を論文にまとめ発表した。また、当該モデルを用いて自治体における再エネ適地選定モデルに関する事例研究を進めた。併せて、k.LAB Japanの陸上風力モデルを小水力発電や地熱発電へ拡張することを目標に関連データの収集整理を進めた。

発表論文等

Ⅰ．論文（査読のある学術誌等）

ａ．査読付き論文

[1] Yiyao Wang, Kiichiro Hayashi, Explaining demographic-destination preferences for cultural ecosystem services: A set-theoretic configurational approach. Heliyon 10 (2024) e25054. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e25054

[2] Phub Dem, Kiichiro Hayashi, Minoru Fujii, Resources time footprint for assessment of human influence on ecosystem service from a sustainability standpoint. Jouanral of Clener Production, Volume 436, 10 January 2024, 140612 https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.140612

[3] 長島匠，林 希一郎, Stefano Balbi, Web -GIS GIS 型AI プラットフォームを用いた日本の陸上風力発電促進区候補選定モデルの開発. 環境アセスメント学会誌, 22 (1), 63-72. https://doi.org/10.20714/jsia.22.1_63

Ⅳ．国際学会・口頭発表等

ｂ．一般講演（ポスター発表を含む）

[1] Sarvesh Maskey, Hiromu Okazawa, Makoto Ooba, Shogo Nakamura, Seiji Hayashi and Kiichiro Hayashi, Meteorological influences in seasonal reference evapotranspiration in cold region watershed of Fukushima, Japan., ICMaSS2023, A8-P-10, p183, Dec-23, Nagoya, Japan, ポスター発表

[2] Jiro Kasahara, Kiichiro Hayashi,Hiraku Okada, Chedlia Ben Naila, Masaaki Katayama, Takeyoshi Kato, Chiyori T. Urabe,Kenta Okiyama, Toshiyuki Yamamoto, Hideyuki Itoh, Yasuaki Ueki, Ryo Yoshiie, Ichiro Naruse, Noboru Itouyama, Workshop of Division of Systems Research: Resilient Society and System Technology, ICMaSS2023, A9, p295., Dec-23, Nagoya, Japan

[3] Takumi Nagashima, Manabu Utagawa, Kiichiro Hayashi, Study on future energy supply and demand in the region and economic effects using the k.LAB renewable energy supply model ~Case Study on Sado Island, Japan~, ICMaSS2023, A8-II-4, p183, Dec-23, Nagoya, Japan

[4] Phub Dem, Kiichro Hayashi, Minoru Fujii, Impact of Methodological Variation on Indicator-based Ecosystem Service Sustainability Assessment, ICMaSS2023, A8-II-3,p182, Dec-23, Nagoya, Japan

[5] Hiromu Okazawa, Ayako Sekiyama, Sarvesh Maskey, Kiseki Kurashina, Kiichiro Hayashi, Effect of red bands and red-edge bands on the normalised vegetation index in plots with multiple land uses, ICMaSS2023, A8-III-2, p181., Dec-23, Nagoya, Japan

[6] Linwei Tao, Kiichiro Hayashi, Hiroto Shiraki, Exploring the determinants of rooftop photovoltaic spatial distribution on a regional scale with customized dataset: A case study in Nagoya, Japan, ICMaSS2023, A8-II-2, p176, Dec-23, Nagoya, Japan

[7] Yuri Yamazaki, Kiichiro Hayashi, Hiromu Okazawa, Ferdinando Villa, Stefano Balbi, Takumi Nagashima, Study on Zoning Decision of Small Hydropower Model in K.lab, ICMaSS2023, A8-I-3, p167., Dec-23, Nagoya, Japan

[8] Takashi Machimura, Roshni Sahu, Kiichiro Hayashi, An Automated Initial Vegetation Generator Using a Satellite Derived DSM for Forest Biomass Growth Simulation at a Landscape Scale, ICMaSS2023, A8-I-2, p166., Dec-23, Nagoya, Japan

[9] Kiichiro Hayashi,Hiromu Okazawa, Yuri Yamazaki, Takashi Machimura, Ferdinando Villa, StefanoBalbi, Satoru Sugita, Takumi Nagashima, K.LAB Japan models on energy and environmental assessment, ICMaSS2023, A8-I-4, p168., Dec-23, Nagoya, Japan

[10] Kiichiro Hayashi, Stefano Balbil,Takumi Nagashima, Development of web-based wind power potential site

selection model in Japan, IAIA23, May-23, Kuching, Malaysia., IAIA

[11] Xiaoxun Huang, Kiichiro Hayashi, Minoru Fujii, Ferdinando Villa, Yuri Yamazaki, Hiromu Okazawa, Site selection for small hydropower plant based on resources time footprint, IAIA23, May-23, Kuching, Malaysia., IAIA

Ⅴ．国内学会・口頭発表等

ｂ．一般講演（ポスター発表を含む）

[1] 林希一郎, AIを活用した自律型webGISツールを用いた再エネ適地選定評価モデル, 環境アセスメント学会2023 年度第22回大会, 環境アセスメント学会, 千葉大学, 要旨集p142., 2023/9/1

[2] 長島匠、林希一郎、山崎由理, 日本の小水力発電立地選定評価モデルの開発へ向けた環境・社会的要件の検討, 環境アセスメント学会2023 年度第22回大会, 環境アセスメント学会, 千葉大学, 要旨集,p132-133., 2023/9/1

[3] 林希一郎, Stefano Balbi, 長島匠, Web-GIS型エネルギー・環境評価ツールを用いたARIE/kLAB Japanモデルの紹介, The 26th CEReS Environmental Remote Sensing Symposium, 千葉大学環境リモートセンシング研究センター , 千葉大学, 2024/2/15, ポスター発表

[4] Dawa Ram SHINGDAN, Kiichiro Hayashi, Xiaoxun Haung, Renewable Energy site selection using GIS-multi-criteria-evaluation considering Ecosystem Services supply---A case study in Thimphu, Bhutan---, 日本環境共生学会第24回（2021年度）学術大会, 日本環境共生学会, 愛知学院大学, 発表論文集, p4-5., 2023/9/1

●エコ・エネルギー工学グループ

准教授　小島　義弘

研究テーマ

超音波を利用した物質変換およびエネルギー変換プロセスに関する研究

研究の背景・目的

液体中へ強力超音波を照射した際に発現するキャビテーションを介して、1)微細気泡の発生、2)マイクロジェット、衝撃波の発生（超音波物理作用）、3)数μm領域の局所高温・高圧場の形成（超音波化学作用）、さらには液体表面から4)数μmの微細液滴生成（超音波ミスト）が誘発される。本研究グループでは、以上のような特徴を有する超音波プロセスの高効率化に関する基礎研究とその応用研究に取り組んでいる。今年度は、金属微粒子合成およびエネルギー変換プロセスに関連した研究の成果について以下に報告する。

成果の概要

1．貴金属水溶液にアルコールのような有機化合物を添加し超音波照射すると、キャビテーションを介して還元作用（超音波還元作用）が発現するため、常温で貴金属ナノ粒子の合成が可能である。本研究では､超音波還元作用を応用して可視応答性光触媒である酸化タングステン（WO_3）粒子にパラジウム（Pd）ナノ粒子を担持したPd/WO_3複合触媒粒子を合成するプロセスにおいて、プロセス強化の観点から、原料であるPb水溶液を分割して少量ずつ段階的に添加しながら超音波還元処理する方法（split法）を提案し、その有効性についてPd/WO_3複合粒子の光触媒活性能から検討した。その結果、分割なし（no split）で一度にPd水溶液を添加して超音波還元処理で合成するよりも、同一濃度のPd水溶液を総量が同じであっても分割添加して合成した方が、光触媒活性が高いPd/WO_3複合粒子が得られた。また、分割回数の増加とともに光触媒活性が向上し、以上の結果から、split法の有効性を確認した。

2．マイクロガスタービンシステムを構成する小型圧縮機の空気吸込み流れを超音波噴霧法により発生する

水ミストで冷却し、圧縮機仕事の低減を図ることで、タービンシステムの高効率化が期待できる。これまで、小型圧縮機の空気吸い込み位置に設置するダクト内の超音波ミストの偏在化の緩和を図るため、そのダクト内にボルテックスジェネレータ(VG)を設置し、その効果を検討したところ、VG設置なしの場合と比較して、平均温度低下量が大きくなり、空気冷却効果の向上に寄与することを明らかにしている。今年度は、VGを設置した矩形ダクトの断面のアスペクト比および超音波ミスト発生振動子の設置位置の影響を調べた結果、アスペクト比および振動子の設置位置に応じて平均温度低下量や温度低下量の標準偏差に違いが認められ、空気冷却効果や冷却不均一性の改善に資する装置設計指針が得られた。なお、本研究成果は、名工大長谷川豊教授との共同研究で得られたものである。

発表論文等

Ⅳ．国際学会・口頭発表等

ｂ．一般講演（ポスター発表を含む）

[1] Kei Sato, Hironaga Yamashita, Yoshihiro Kojima, Synthesis of porous photocatalysts for wastewater treatment by ultrasonic spray pyrolysis method with polymeric particulate templates, International Conference on Materials and Systems for Sustainability 203, A8-P-7(0164), 2023/12/2, Nagoya, Japan, Nagoya University, ポスター発表

[2] Yumi Asano, Yutaka Hasegawa, Yoshihiro Kojima, Tatsuo Ushijima, Experimental Study on Enhancement of Water Mist Cooling in Duct Air Flow, International Conference on Materials and Systems for Sustainability 203, A4-P-4(0050), 2023/12/2, Nagoya, Japan, Nagoya University, ポスター発表

Ⅴ．国内学会・口頭発表等

ｂ．一般講演（ポスター発表を含む）

[1] Kei Sato, Hironaga Yamashita, Yoshihiro Kojima, Synthesis of Pd/WO_3 photocatalyst by the sonochemical reduction method in a split manner, The 44th Symposium on Ultrasonic Electronics (USE 2023), 超音波エレクトロニクス協会USEシンポジウム運営委員会, Toyama, 3P4-2(S3923), 2023/11/15, ポスター発表

[2] 佐藤圭，小島義弘, 超音波支援による可視光応答性Pd/ＷO3複合触媒の合成, 2023年度　第32回　ソノケミストリー討論会, 日本ソノケミストリー学会, 金沢, P04，p.35-36, 2023/12/7, ポスター発表

6.5 寄附研究部門

6.5.1 エネルギーシステム（中部電力）寄附研究部門

以下に、令和5年度の成果を教員または研究グループごとにまとめた。

特任教授　岩田　幹正　　特任助教　Danish Mir Sayed Shah

研究テーマ

2050年カーボンニュートラルに向けた次世代の安全・安心な送配電システムの構築に関する研究

研究の背景・目的

本寄附研究部門は中部電力株式会社の寄附により1996年4月に創設された。本部門に対しては、社会のニーズ・アクティビティーと、大学での基礎研究の蓄積・人材の集積などの研究環境との強い連携の下で、社会の要請に応えた機動的、弾力的な研究の実施が期待されている。現代社会を将来に亘り持続的に発展させるために、電気エネルギーシステムの果たす役割はますます重要さを増しており、将来のエネルギーシステムの構成・運用・制御・保守、それらの要素技術の開発・評価・最適化、エネルギー・環境問題に関する新技術適用の社会的合意形成など多くの研究課題が存在する。

2022年度から開始した第8期では、これまでの7期にわたる活動を発展・展開しつつ、2050年カーボンニュートラルの実現を視野に入れて、再生可能エネルギー大量導入時の電力系統解析技術の開発，直流電力系統における電力機器の故障電流対策技術の開発などを行い、次世代の安全・安心な送配電システムの構築を目指した研究を実施する。さらに、これらの研究成果の投稿・発表やシンポジウム・市民公開講座・国際会議の開催などを通して社会への情報発信を行うとともに、学生や若手技術者を対象とした企業・設備見学会、電力・エネルギー技術に関する講義や演習を通して次世代の人材育成を進める。

成果の概要

上記の第8期の研究目的に沿って、名古屋大学 大学院工学研究科 電気工学専攻 横水康伸研究室とも協力して下記の研究を実施し、これらの研究成果から、主著、共著をあわせて国際会議や学会等での発表を24件行った。また、シンポジウム2件、市民公開講座1件、学生向け特別講演会1件、電気学会企画セッション1件、国際会議シンポジウム1件、変電所見学会2件も行った。

（1）再生可能エネルギー大量導入時の電力系統解析技術の開発

従来の交流（AC）系統に太陽光発電設備や蓄電池などの直流（DC）電源が接続されているときにAC側で短絡故障が発生した場合の短絡電流の過渡解析を行った。また、この解析を行う際にはDC側のインバータにおけるLCフィルタの故障を想定した。その結果、インバータのスイッチングに起因する高調波がAC側の電圧・電流に重畳し、ACの電流零点近傍の電流変化率di/dtが高くなる場合があることを定量的に明らかにできた。これにより、将来の電力系統では、従来の正弦波電流の遮断を想定しているAC遮断器の遮断性能に影響が及ぼす可能性があることを示すことができた。

（2）直流電力系統における電力機器の故障電流対策技術の開発

太陽光発電設備などのDC機器における故障により発生するアーク放電は、それを放置すると機器の損傷や火災に至ることがあるため早期に検出する必要がある。本研究では、DCアークの発生により負荷電流が微小変化することに着目して、その電流波形をWavelet変換解析することによりDC機器におけるアーク発生時刻を同定できる可能性を示すことができた。

また、現在制定が進められている高電圧直流（HVDC）電力機器のIEC規格においては、ACによる代替試験を行うことが検討されている。その代替試験の条件を検討するための基礎研究として、導体に多用される銅およびアルミニウムの円筒導体におけるAC通電時とDC通電時のそれぞれの抵抗などの数値解析を行った結果、DC通電時の導体表面の温度上昇を同じにするためのAC電流値を定量的に明らかにでき、将

来のIEC規格の改正に向けて有効な基礎データを得ることができた。

発表論文等

Ⅰ．論文（査読のある学術誌等）

a．査読付き論文

[1] Naoto Kodama, Yasunobu Yokomizu, Waku Takenaka, Mikimasa Iwata, M. S. S. Danish: "DC Arc Quenching Using Ablation of Polymer Narrow-Section Arranged around Fuse Element", IEEJ Transactions on Electrical and Electric Engineering, Vol. 18, pp. 1837-1844, 2023/11/1

b．査読無論文

[1] 西山直希, 岩田幹正, 横水康伸, 兒玉直人：「低電圧DCシリーズアークの検出手法へのWavelet変換の試適用」, 電気学会 放電・プラズマ・パルスパワー /静止器/開閉保護合同研究会, EPP-23-049/SA-23-033/SP-23-001, pp. 1-5, 2023/7/19

[2] 長谷川海渡, 横水康伸, 岩田幹正, 兒玉直人：「減衰振動電流の生成によるDC限流遮断－SiC-MOSFET素子を用いた低電圧DC遮断とその基礎検討－」, 電気学会 放電・プラズマ・パルスパワー /静止器/開閉保護合同研究会, EPP-23-050/SA-23-034/SP-23-002, pp. 7-11, 2023/7/19

[3] 西山直希, 岩田幹正, 横水康伸, 兒玉直人：「異なる電流条件における低電圧シリーズアークのWavelet変換解析－DC 設備における故障アーク検出技術の開発に向けて－」, 令和5年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, B1-1, 2023/8/28

[4] 清水翔太, 横水康伸, 兒玉直人, 内山隼輔, 岩田幹正, 酒井智康, 塚原正浩, 宮本淳史：「直流限流遮断におけるアークコラム電圧の上昇に関する基礎検討－コラム抵抗増加の出現域と高分子材による早期化－」, 令和5年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, B1-3, 2023/8/28

[5] 重村優介, 横水康伸, 岩田幹正, 兒玉直人：「電流の時間変化に伴う銅円柱導体内の電流密度分布解析－電力DC機器の短絡性能の検証方法の開発に向けて－」, 令和5年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, B1-4, 2023/8/28

[6] 長谷川海渡, 横水康伸, 岩田幹正, 兒玉直人：「SiC-MOSFET を用いたモデル低電圧DC 遮断器による限流遮断プロセスの測定－電源電圧100～400V－」, 令和5年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, B1-6, 2023/8/28

[7] 中村哉太, 兒玉直人, 竹中湧, 横水康伸, 岩田幹正：「限流ヒューズ内に残留する高温Cu/SiO2 混合蒸気の換算衝突電離係数および換算電子付着係数」, 令和5年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, B1-7, 2023/8/28

[8] 岩田幹正：「カーボンニュートラル社会における将来の電力システムについて（総論）」, 令和5年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, I5-1, 2023/8/29

[9] 兒玉直人, 中村哉太, 横水康伸, 竹中湧, 岩田幹正：「限流ヒューズ内で生成される高温Cu/SiO2混合蒸気の臨界換算電界」, 令和5年電気学会電力・エネルギー部門大会, No. 258, pp. 9_6_7 - 9_6_8, 2023/9/6

[10] 重村優介, 横水康伸, 岩田幹正, 兒玉直人：「アルミニウムの円柱導体における表面温度上昇の解析－電力DC機器の短絡性能の検証方法の開発に向けて－」, 令和5年電気学会電力・エネルギー部門大会, No. 262, pp. 9_6_15 - 9_6_16, 2023/9/6

[11] Waku Takenaka, Naoto Kodama, Yasunobu Yokomizu, Mikimasa Iwata, M. S. S. Danish: "Estimation of Quenching Medium Vapor Concentration in Arc during DC Interruption using Silicone Polymer and Silica-sand", 23rd International Conference on Gas Discharges and their Applications (GD2023), pp. 192-195, 2023/9/11

[12] Naoto Kodama, Yasunobu Yokomizu, Waku Takenaka, Mikimasa Iwata, M. S. S. Danish: "High DC Arc Quenching Process using Si3N4 or BN Powder Mixed with Flattery Silica-Sand – Si3N4 or BN 30 wt.% Admixing", 23rd International Conference on Gas Discharges and their Applications (GD2023), pp. 204-207, 2023/9/11

[13] 兒玉直人，中村哉太，横水康伸，竹中湧，岩田幹正：「ヒューズ内で発生する高温Cu/SiO2混合ガスに対する臨界換算電界の決定要因－温度3000-5000 K－」，電気学会 放電・プラズマ・パルスパワー / 開閉保護 / 高電圧合同研究会，EPP-23-087/SP-23-029/HV-23-058，2023/11/6

[14] 竹中湧，兒玉直人，横水康伸，岩田幹正：「珪砂とsilicone樹脂を併用した直流遮断過程で生成されるアークに対する消弧材蒸気濃度の推定－異なる樹脂塗布量に対する検討－」，電気学会 放電・プラズマ・パルスパワー / 開閉保護 / 高電圧合同研究会，EPP-23-093/SP-23-035/HV-23-064，2023/11/7

[15] 長谷川海渡，横水康伸，岩田幹正，兒玉直人：「SiC-MOSFETを用いたモデル低電圧DC遮断器による限流遮断プロセス－電源電圧100～400 V下での測定－」，電気学会 放電・プラズマ・パルスパワー / 開閉保護 / 高電圧合同研究会，EPP-23-095/SP-23-037/HV-23-066，2023/11/7

[16] Waku Takenaka, Naoto Kodama, Yasunobu Yokomizu, Mikimasa Iwata: "Estimation of Silicone Vapor Concentration in Arc Generated during DC Interruption using Silica-Sand with Silicone Polymer", International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2023 (ICMaSS2023), A5-I-1, 2023/12/2

[17] 中村哉太，兒玉直人，竹中湧，横水康伸，岩田幹正：「モデルDC限流ヒューズ内で生じる高温Cu/SiO2混合蒸気アークにおける抵抗率の過渡推移–光学観測に基づく推定–」，令和6年電気学会全国大会，6-028，2024/3/16

[18] 竹中湧，兒玉直人，横水康伸，岩田幹正：「Cu蒸気アークへのsilicone樹脂分解蒸気の混合によるアーク径の高速収縮—塗布量5mg条件—」，令和6年電気学会全国大会，6-030，2024/3/16

[19] 兒玉直人，横水康伸，五十嵐拓哉，岩田幹正：「高温空気への多量の銅蒸気混入時における換算衝突電離係数 -圧力0.1MPa, 温度3000K-」，令和6年電気学会全国大会，6-031，2024/3/16

[20] 長谷川海渡，横水康伸，岩田幹正，兒玉直人：「SiC-MOSFETを用いた低電圧DC遮断プロセスにおける接合部での発生熱と温度上昇に関する考察」，令和6年電気学会全国大会，6-034，2024/3/16

[21] 重村優介，横水康伸，岩田幹正，兒玉直人：「AC電流密度ベクトルの解析による円筒導体の電気抵抗の導出－電力DC機器のACによる代替試験の開発に向けて－」，令和6年電気学会全国大会，6-037，2024/3/16

[22] 西山直希, 岩田幹正, 横水康伸, 兒玉直人，酒井智康，塚原正浩，宮本淳史：「異なる電圧条件における低電圧DC短ギャップアーク検出のためのWavelet解析」，令和6年電気学会全国大会，6-038，2024/3/16

[23] 清水翔太，横水康伸，兒玉直人，岩田幹正，内山隼輔，酒井智康，塚原正浩，宮本淳史：「低電圧DC限流遮断プロセスにおけるアーク抵抗増加の出現域と高分子材配置による早期化」，令和6年電気学会全国大会，6-040，2024/3/16

Ⅳ．国際学会・口頭発表等

ｂ．一般講演（ポスター発表を含む）

[1] Waku Takenaka, Naoto Kodama, Yasunobu Yokomizu, Mikimasa Iwata, M. S. S. Danish, Estimation of Quenching Medium Vapor Concentration in Arc during DC Interruption using Silicone Polymer and Silica-sand, 23rd International Conference on Gas Discharges and their Applications (GD2023), pp. 192-195, 2023年9月11日, University of Greifswald (Germany), Leibniz Institute for Plasma Science and Technology e.V. (INP)

[2] Naoto Kodama, Yasunobu Yokomizu, Waku Takenaka, Mikimasa Iwata, M. S. S. Danish, High DC Arc Quenching Process using Si3N4 or BN Powder Mixed with Flattery Silica-Sand – Si3N4 or BN 30 wt.% Admixing, 23rd International Conference on Gas Discharges and their Applications (GD2023), pp. 204-207, 2023年9月11日, University of Greifswald (Germany), Leibniz Institute for Plasma Science and Technology e.V. (INP)

[3] Waku Takenaka, Naoto Kodama, Yasunobu Yokomizu, Mikimasa Iwata, Estimation of Silicone Vapor Concentration in Arc Generated during DC Interruption using Silica-Sand with Silicone Polymer, International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2023 (ICMaSS2023), A5-I-1, 2023 年 12 月 2 日, Nagoya University (Japan), IMaSS

Ⅴ．国内学会・口頭発表等

b．一般講演（ポスター発表を含む）

[1] 西山直希, 岩田幹正, 横水康伸, 兒玉直人, 低電圧DCシリーズアークの検出手法へのWavelet変換の試適用, 電気学会 放電・プラズマ・パルスパワー /静止器/開閉保護合同研究会, 電気学会, 金沢大学, EPP-23-049/SA-23-033/SP-23-001, pp. 1-5, 2023/7/19

[2] 長谷川海渡, 横水康伸, 岩田幹正, 兒玉直人, 減衰振動電流の生成によるDC限流遮断－SiC-MOSFET素子を用いた低電圧DC遮断とその基礎検討－, 電気学会 放電・プラズマ・パルスパワー /静止器/開閉保護合同研究会, 電気学会, 金沢大学, EPP-23-050/SA-23-034/SP-23-002, pp.7-11, 2023/7/19

[3] 西山直希, 岩田幹正, 横水康伸, 兒玉直人, 異なる電流条件における低電圧シリーズアークのWavelet変換解析－DC 設備における故障アーク検出技術の開発に向けて－, 令和5年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, 電気学会, 豊橋技術科学大学, B1-1, 2023/8/28

[4] 清水翔太, 横水康伸, 兒玉直人, 内山隼輔, 岩田幹正, 酒井智康, 塚原正浩, 宮本淳史, 直流限流遮断におけるアークコラム電圧の上昇に関する基礎検討－コラム抵抗増加の出現域と高分子材による早期化－, 令和5年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, 電気学会, 豊橋技術科学大学, B1-3, 2023/8/28

[5] 重村優介, 横水康伸, 岩田幹正, 兒玉直人, 電流の時間変化に伴う銅円柱導体内の電流密度分布解析－電力DC機器の短絡性能の検証方法の開発に向けて－, 令和5年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, 電気学会, 豊橋技術科学大学, B1-4, 2023/8/28

[6] 長谷川海渡, 横水康伸, 岩田幹正, 兒玉直人, SiC-MOSFET を用いたモデル低電圧DC 遮断器による限流遮断プロセスの測定－電源電圧100～400V－, 令和5年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, 電気学会, 豊橋技術科学大学, B1-6, 2023/8/28

[7] 中村哉太, 兒玉直人, 竹中湧, 横水康伸, 岩田幹正, 限流ヒューズ内に残留する高温Cu/SiO2 混合蒸気の換算衝突電離係数および換算電子付着係数, 令和5年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, 電気学会, 豊橋技術科学大学, B1-7, 2023/8/28

[8] 兒玉直人, 中村哉太, 横水康伸, 竹中湧, 岩田幹正, 限流ヒューズ内で生成される高温Cu/SiO2混合蒸気の臨界換算電界, 令和5年電気学会電力・エネルギー部門大会, 電気学会, 愛知工業大学, No. 258, pp. 9_6_7 - 9_6_8, 2023/9/6

[9] 重村優介, 横水康伸, 岩田幹正, 兒玉直人, アルミニウムの円柱導体における表面温度上昇の解析－電力DC機器の短絡性能の検証方法の開発に向けて－, 令和5年電気学会電力・エネルギー部門大会, 電気学会, 愛知工業大学, No. 262, pp. 9_6_15 - 9_6_16, 2023/9/6

[10] 兒玉直人, 中村哉太, 横水康伸, 竹中湧, 岩田幹正, ヒューズ内で発生する高温Cu/SiO2混合ガスに対する臨界換算電界の決定要因－温度3000-5000 K－, 電気学会 放電・プラズマ・パルスパワー /開閉保護/高電圧合同研究会, 電気学会, 姫路市市民会館, EPP-23-087/SP-23-029/HV-23-058, 2023/11/6

[11] 竹中湧, 兒玉直人, 横水康伸, 岩田幹正, 珪砂とsilicone樹脂を併用した直流遮断過程で生成されるアークに対する消弧材蒸気濃度の推定－異なる樹脂塗布量に対する検討－, 電気学会 放電・プラズマ・パルスパワー /開閉保護/高電圧合同研究会, 電気学会, 姫路市市民会館, EPP-23-093/SP-23-035/HV-23-064, 2023/11/7

[12] 長谷川海渡, 横水康伸, 岩田幹正, 兒玉直人, SiC-MOSFETを用いたモデル低電圧DC遮断器による限流遮断プロセス－電源電圧100～400 V下での測定－, 電気学会 放電・プラズマ・パルスパワー /開閉保護/高電圧合同研究会, 電気学会, 姫路市市民会館, EPP-23-095/SP-23-037/HV-23-066, 2023/11/7

[13] 中村哉太, 兒玉直人, 竹中湧, 横水康伸, 岩田幹正, モデルDC限流ヒューズ内で生じる高温Cu/SiO2混合蒸気アークにおける抵抗率の過渡推移–光学観測に基づく推定–, 令和6年電気学会全国大会, 電気学会, 徳島大学, 6-028, 2024/3/16

[14] 竹中湧, 兒玉直人, 横水康伸, 岩田幹正, Cu蒸気アークへのsilicone樹脂分解蒸気の混合によるアーク径の高速収縮—塗布量5mg条件—, 令和6年電気学会全国大会, 電気学会, 徳島大学, 6-030, 2024/3/16

[15] 兒玉直人, 横水康伸, 五十嵐拓哉, 岩田幹正, 高温空気への多量の銅蒸気混入時における換算衝突電

離係数 - 圧力 0.1MPa, 温度 3000K-, 令和 6 年電気学会全国大会, 電気学会, 徳島大学, 6-031, 2024/3/16

[16] 長谷川海渡，横水康伸，岩田幹正，兒玉直人, SiC-MOSFET を用いた低電圧 DC 遮断プロセスにおける接合部での発生熱と温度上昇に関する考察, 令和 6 年電気学会全国大会, 電気学会, 徳島大学, 6-034, 2024/3/16

[17] 重村優介，横水康伸，岩田幹正，兒玉直人, AC 電流密度ベクトルの解析による円筒導体の電気抵抗の導出－電力 DC 機器の AC による代替試験の開発に向けて－, 令和 6 年電気学会全国大会, 電気学会, 徳島大学, 6-037, 2024/3/16

[18] 西山直希, 岩田幹正, 横水康伸, 兒玉直人，酒井智康，塚原正浩，宮本淳史, 異なる電圧条件における低電圧 DC 短ギャップアーク検出のための Wavelet 解析, 令和 6 年電気学会全国大会, 電気学会, 徳島大学, 6-038, 2024/3/16

[19] 清水翔太，横水康伸，兒玉直人，岩田幹正，内山隼輔，酒井智康，塚原正浩，宮本淳史, 低電圧 DC 限流遮断プロセスにおけるアーク抵抗増加の出現域と高分子材配置による早期化, 令和 6 年電気学会全国大会, 電気学会, 徳島大学, 6-040, 2024/3/16

d．座長

[1] 岩田幹正, カーボンニュートラル社会における将来の電力システムについて（総論）, 令和 5 年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, 電気学会, 豊橋技術科学大学, I5-1, 2023/8/29

Ⅶ. その他研究業績（撰文、雑誌記事、テレビ報道等を含む）

[1] 岩田幹正, IMaSS News Vol.16, 第 3 回エネルギーシステムシンポジウム「カーボンニュートラルの実現に向けた再生可能エネルギーの最新動向と今後の展開」, 2023/9/29

[2] 岩田幹正, IMaSS News Vol.16, 第 2 回市民公開講座 / 第 19 回名古屋大学ホームカミングデイ「カーボンニュートラルの実現に向けた今後の再生可能エネルギーの動向」, 2023/10/21

[3] 岩田幹正, IMaSS News Vol.16, インタビュー , R6 年　3 月

[4] 岩田幹正, あいちサイエンスフェスティバル 2023 実施報告書

6.5.2　トヨタ先端パワーエレクトロニクス寄附研究部門

以下に、令和 5 年度の成果を教員または研究グループごとにまとめた。

特任教授　森　勇介	特任教授　塩崎　宏司	特任教授　小笠原悟司
特任准教授　高木　健一	研究員　城山　吉隆	客員教授　手嶋　茂晴
客員准教授　大沼　喜也	招へい教員　金澤　康樹	招へい教員　楠本　将大

研究テーマ

GaN エレクトロニクスの車載応用研究：All GaN ビークルプラットフォーム開発と走行実証

研究の背景・目的

カーボンニュートラル社会の実現に向けて、省エネルギー半導体として窒化ガリウム（GaN）が期待されている。本研究では、GaN パワー半導体デバイスの車載応用として、縦型 GaN パワーデバイスによるトラクションインバータと低損失モータ制御研究を行う。

成果の概要

本年度は、GaN パワーデバイスを用いたインバータの実用化に向けて、縦型 GaN パワーデバイスを用いた出力 10kW のインバータを試作し、縦型 GaN パワーデバイスでは、世界で初めてモータ動作を確認することができた。インバータの更なる大出力化に対して、多並列化回路技術や多並列化に対応した実装技術の研

究開発を行ってきた。また、GaNインバータによる低損失モータ制御の研究として、３レベルインバータを設計するとともに、電磁界シミュレーションにより損失シミュレーションを行い、インバータのマルチレベル化によりモータ低損失制御ができることを確認した。

発表論文等

Ⅰ．論文（査読のある学術誌等）

ａ．査読付き論文

[1] Takashi Sawada, Hiroshi Tadano, Koji Shiozaki, Takanori Isobe, Continuous Operation of a Half-Bridge with Multi-Parallel GaN Power Devices for Increased Current Capability, IEEJ Journal of Industry Applications, Vol 12-4, pp 695-700, 2023

Ⅱ．著書

[1] 2023/8/1, 月刊EMC2023年8月号, 小笠原　悟司, 共著, インバータのEMI発生メカニズムとその対策 , 科学情報出版

6.6 産学協同研究部門

6.6.1 産総研・名大 窒化物半導体先進デバイスオープンイノベーションラボラトリ

以下に、令和5年度の成果を教員または研究グループごとにまとめた。

ラボ長・名古屋大学教授	宇治原 徹	桂冠フェロー・名古屋大学教授	天野 浩	副ラボ長	阿澄 玲子
副ラボ長	澤田 真和	ラボチーム長・特任教授	王 学論	ラボチーム長・特任教授	山田 永
ラボ研究主幹	山田 寿一	客員研究員・名古屋大学教授	宮﨑 誠一	主任研究員	井手 利英
主任研究員	鍛冶 良作	主任研究員	榊田 創	主任研究員	清水 鉄司
主任研究員	熊谷 直人	研究員	後藤 高寛		

研究テーマ

窒化物半導体を用いた先進デバイスの開発と実用化に関する研究開発

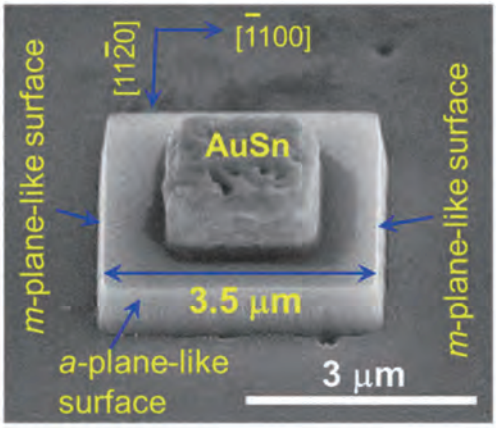
研究の背景・目的

低炭素化社会の実現に向けて、パワーエレクトロニクスや光デバイス、高周波デバイスの分野においてGaN材料が注目されている。産総研・名大 窒化物半導体先進デバイスオープンイノベーションラボラトリでは、GaN材料の優れた特長を生かしたパワーデバイスや光デバイス、高周波デバイスの開発とその実用化に向けての橋渡しを目的としている。特に、高度な結晶成長技術を基盤とした高品質窒化物材料の開発、AI を用いた結晶成長プロセスの条件最適化、VR/ARへの応用を目指した高指向性マイクロLEDの作製技術の開発、回路設計・評価技術の開発などを進めている。

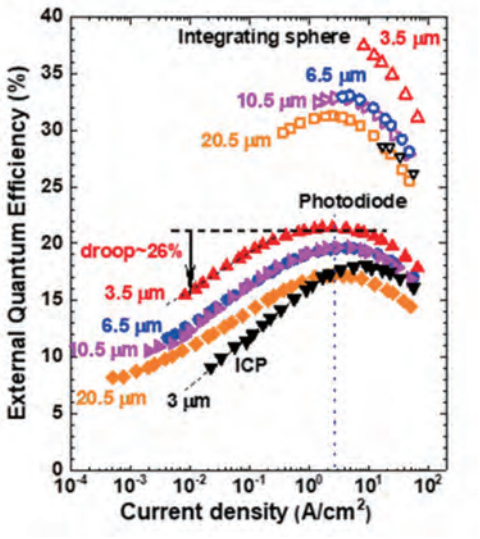
成果の概要

今年度は特に、半導体材料の超低損傷加工が可能な中性粒子ビームエッチング技術を用いて、サイズ20.5μm角～3.5μm角のGaN青色マイクロLEDの作製に成功した（2023年10月にNature Communications誌に掲載、東北大学、台湾國立陽明交通大學との共同研究）。

マイクロLEDディスプレイは次世代VR/AR端末のための高輝度・高解像度・省電力のディスプレイとして期待されているが、その実現のためには、サイズ3μm以下の高効率GaNマイクロLEDが必要である。従来のマイクロLEDは、一般にプラズマエッチングによりLEDウェハを加工することで作製される。この場合、プラズマ照射によりマイクロLEDの端面に非発光センターとして働く欠陥が高い密度で導入される。このため、マイクロLEDのサイズが10μmになると、発光効率がサイズの縮小とともに急激に低下する。



中性粒子ビームエッチング技術を用いて作成した3.5μm角マイクロLEDのSEM写真



発行効率の電流密度依存性

本手法によって作製した3.5μm角のマイクロLEDは、電流密度3A/cm²において、世界最高となる37.5%の最大外部量子効率を示した。また、低電流密度領域（1A/cm²～0.01A/cm²）での発光効率低下はLEDのサイズが小さいほど少ない（3.5μm角LED ～26%）ことが判明し、端面非発光再結合による効率低下が全くないことが確認された。

本技術は端面非発光再結合による発光効率低下のない3μm台マイクロLEDを作製できる唯一の技術であり、次世代型VR/ARディスプレイの実現に大きく寄与するものと考えている。

発表論文等

Ⅰ．論文（査読のある学術誌等）

a．査読付き論文

[1] 王　学論, 趙　茜茜, 高橋　言緒, 大堀　大介, 寒川　誠二， 3.5 x.3.5 μm2 GaN blue micro-LEDs with negligible sidewall surface nonradiative recombination ,NATURE PORTFOLIO,Nature Communications,14巻　7569-1～7569－8頁, 2023/11

[2] 大堀大介, 石原崇寛 ,王 学論 , 遠藤和彦, Tsou-Hwa Hsieh, Yiming Li, 名取伸浩, 松井和真, 寒川誠二, Hydrogen Iodide (HI) Neutral Beam Etching Characteristics of InGaN and GaN for Micro-LED Fabrication, IOP PUBLISHING LTD ,NANOTECHNOLOGY , 34巻　365302-1 頁～ 365302-8 頁 , 2023/6

Ⅳ．国際学会・口頭発表等

a．招待講演

[1] 王　学論 , 大堀　大介 , 寒川　誠二, High-efficiency GaN micro-LEDs fabricated by neutral beam etching , International Congress and Expo on Optics, Photonics and Lasers (EUROPL-2023), 2023/6/29, パリ, Singature conferences

[2] 山田 永, 熊谷 直人, 清水 鉄司, 王 学論, Jaeho Kim , 榊田 創, Ammonia-free Nitride Semiconductors by using Plasma-enhanced MOCVD, Global Plasma Forum in Aomori, 2023/10/16, 青森, GPF-Aomori

b．一般講演（ポスター発表を含む）

[1] 王　学論 , 趙　茜茜 ,　高橋　言緒 ,大堀　大介 ,　寒川　誠二, Demonstration of 3.5x3.5 μm2 GaN blue micro-LED with negligible sidewall surface nonradiative recombination, 14th International Conference on Nitride Semiconductors (ICNS-14) , 2023/11/17, 福岡, Prof. H. Fujioka（東京大学）

[2] 大堀　大介, 王　学論, Yiming Li, 寒川誠二, HI Neutral Beam Etching Characteristics of InGaN for micro-LED, The 23rd IEEE International Conference on Nanotechnology (IEEE-NANO 2023), 2023/7/5, Jeju（韓国）, IEEE

[3] 児島　一聡 , 中島　昭 , 山田　永 , 原田　信介, Homo-epitaxial growth on 4H-SiC vicinal off angle substrates for GaN/SiC hybrid devices , ICSCRM2023, 2023/9/22, ソレント　イタリア, ICSCRM2023 Organizing Committee

[4] 山 田 永, Growth of high purity CVD-grown h-BN using B2H6 and NH3 , The International Conference on Crystal Growth and Epitaxy-ICCGE-20, 2023/7/30, Naples, Italy, ICCGE-20 organizer

[5] 山田　永, 熊谷　直人,　山田　寿一, MOCVD of AlGaN-MQWs Grown on Stain Relaxed Superlattice DBR Buffer Layers, The 14th International Conference on Nitride Semiconductors (ICNS-14) , 2023/11/12, the Hilton Fukuoka Sea Hawk , ICNS-14 organizer

[6] 後藤　高寛, 熊谷　直人 , 清水　鉄司 , 山田　永 , 井手　利英 , 前田　辰郎 , Impact of InN growth directly on sapphire with nitrogen plasma passivation technique, 14th International Conference on Nitride Semiconductors 2023 , 2023/11/12, Hilton Fukuoka Sea Hawk, The Japan Society of Applied Physics, ポスター発表

Ⅴ．国内学会・口頭発表等

a．招待講演

[1] 熊谷　直人, 榊田　創 , 清水　鉄司 , 山田　永 , 山田　寿一 , 王　学論 , 阿澄　玲子 , 窒化物半導体結

晶成長に向けた新しいプラズマMOCVDの開発 , 第80回CVD研究会 , CVD研究会, 名城大学天白キャンパス, 2023/12/15

b．一般講演（ポスター発表を含む）

[1] 榊田　創 , 清水　鉄司 , 加藤　進 , 王　学論 , 熊谷　直人 , 竹田　圭吾 , 近藤　博基 , 低温プラズマの高密度窒素系活性種計測に関する研究, 名古屋大学低温プラズマ科学研究センター2022年度共同利用・共同研究拠点 研究会（成果報告会）, 名古屋大学低温プラズマ科学研究センター , オンライン, 2023/8/30

[2] 後藤　高寛, 熊谷　直人 , 清水　鉄司 , 山田　永 , 井手　利英 , 前田　辰郎 , InN成長におけるサファイア基板表面への窒素プラズマ処理の効果, 第84回応用物理学会秋季学術講演会, 応用物理学会, 熊本城ホール, 2023/9/19

[3] 園田 勉, 高橋 言緒 , 角岡 洋介 , 高石 将輝 , 関　翔太 , 沓掛 健太朗 , 井手 利英 , 清水 三聡 , 宇治原 徹 , GaN気相成長における結晶表面状態予測のための機械学習用特徴量抽出 , 第84回応用物理学会秋季学術講演会 , 公益社団法人応用物理学会 , 熊本市 , 2023/9/20

[4] 関　翔太, 橋爪 優香 , 高石 将輝 , 角岡 洋介 , 沓掛 健太朗 , 園田 勉 , 高橋 言緒 , 井手 利英 , 清水 三聡 , 宇治原 徹, GaN気相成長における結晶表面状態予測のためのデジタルツインの構築 , 第84回応用物理学会秋季学術講演会, 公益社団法人応用物理学会, 熊本市 , 2023/9/20

[5] 王学論、趙 茜茜、高橋 言緒、大堀大介、寒川誠二, 端面非発光再結合による発光効率低下のない3.5x3.5 μm2 GaN青色マイクロLED , 第74回応用物理学会春季学術講演会, 公益社団法人応用物理学会, 東京都市大学, 2024/3/23

[6] 井手 利英、清水 三聡、高田 徳幸, MHz動作GaNワイヤレス給電向け2次整流回路の検討, 第74回応用物理学会春季学術講演会, 公益社団法人応用物理学会, 東京都市大学, 2024/3/22, ポスター発表

6.6.2　ミライズテクノロジーズ先端パワーエレクトロニクス産学協同研究部門

以下に、令和5年度の成果を教員または研究グループごとにまとめた。

特任教授　恩田　正一	特任教授　長里　喜隆	特任准教授　小島　　淳
特任助教授　喜田　弘文		

研究テーマ

1）産業応用を見据えたGaNウエハおよびデバイスの低コスト化技術の研究
2）GaNウエハおよびエピタキシャル層の品質向上

研究の背景・目的

1）次世代半導体材料として有望なGaNであるが、産業応用において特に自動車用途においては、低コスト化と信頼性確保が大きな課題である。GaNはデバイスのみならず、GaNの自立基板が依然として高価である。我々は低コスト加工技術、信頼性評価についての研究開発を実施してきた。
2）縦型GaNパワーデバイスを実現するには、高品質なGaN自立基板とエピタキシャル層が必要であり、その品質評価も重要となる。我々はGaN基板の転位・欠陥に着目し研究開発を行ってきた。

成果の概要

1）本研究はGaN基板リサイクルプロセス(図1)を実証したものである。まず、レーザースライスによりGaN基板から剥離した厚さ50 μmのチップ上での電特評価により、デバイス動作にレーザースライスの影響がないことを確認した。更に、リサイクルプロセスを1巡したGaN基板上にデバイスを作製して

電特評価を行い、デバイスが動作することを確かめた。これにより、GaN基板がリサイクルできることを実証した。

2）GaNデバイスではShockley-Read-Hall(SRH)再結合中心とした点欠陥はあまり調査されていないため、GaNにプロトン(H+)を照射し点欠陥を意図的に導入、点欠陥の電荷状態や形成エネルギーを評価した。プロトン照射ドーズ量を増やすと、空孔が形成され、SRH寿命が低下している(実効ドーピング濃度が減少している)結果が得られたとともに、p–/n+接合のSRH寿命は、p+/n–接合も短く、実行キャリア濃度の低下量も大きいことがわかった。これらからp型およびn型GaN層それぞれで、点欠陥の電荷状態や形成エネルギーの違いを示唆する結果が得られた。

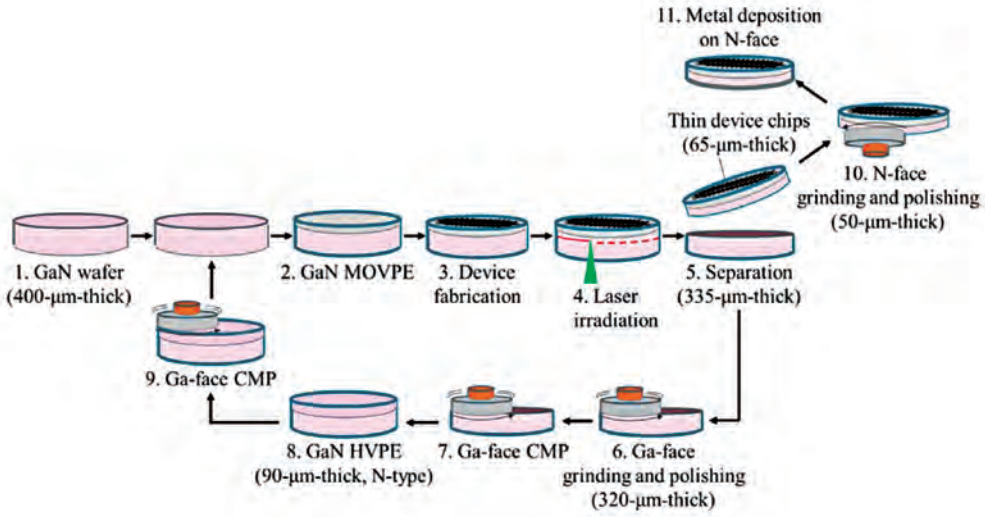


図1

発表論文等

Ⅰ．論文（査読のある学術誌等）

a．査読付き論文

[1] Demonstration of recycling process for GaN substrates using laser slicing technique towards cost reduction of GaN vertical power MOSFETs

Ⅳ．国際学会・口頭発表等

b．一般講演（ポスター発表を含む）

[1] Tetsuo Narita, Masakazu Kanechika, Kazuyoshi Tomita, Yoshitaka Nagasato, Takeshi Kondo, Tsutomu Uesugi, Satoshi Ikeda, Masayoshi Kosaki, Tohru Oka, Jun Suda, Proton irradiation-induced point defects acting as Shockley-Read-Hall recombination centers in homoepitaxial GaN p+/n- and p-/n+ junctions, 32nd International Conference on Defects in Semiconductors, p 112, September 10–15th, 2023, Rehoboth Beach, Delaware, USA

[2] Tetsuo Narita, Masakazu Kanechika, Kazuyoshi Tomita, Yoshitaka Nagasato, Takeshi Kondo, Tsutomu Uesugi, Satoshi Ikeda, Masayoshi Kosaki, Tohru Oka, Jun Suda, Characterization of Shockley-Read-Hall recombination centers created by proton irradiation into GaN p+/n- and p-/n+ junctions, SPIE Photonics West, PC12886-11, 27 January - 1 February,2024, San Francisco, California, USA

Ⅴ．国内学会・口頭発表等

a．招待講演

[1] 田中敦之，油井俊樹，荒谷知己，原佳佑，渡邉浩崇,，金村高司，長里喜隆，長屋正武，本田善央，分島彰男，安藤裕二,，恩田正一,，須田淳,，天野浩，GaN基板・デバイスのレーザスライス，先進パワー半導体分科会第10回講演会，応用物理学会，石川県金沢市，招待講演：Ⅲ-2, 2023/11/30-12/1

b．一般講演（ポスター発表を含む）

[1] 佐野雅季、小島淳、恩田正一、依田孝、大場孝之、押山淳、白石賢二, 4H-SiC中における規定面転位（BPD）の第一原理計算を用いた原子構造・電子構造解析, 先進パワー半導体分科会第10回講演会, 応用物理学会, 石川県金沢市, 講演番号：IA-6, 2023/11/30-12/1, ポスター発表

[2] 庄司 智幸, 成田 哲生, 長里 喜隆, 兼近 将一, 近藤 健, 上杉 勉, 冨田 一義, 池田 智史, 森 朋彦, 山口 聡, 木本 康司, 小島 淳, 須田 淳 , 無転位 GaN p-n 接合における逆バイアスリーク電流シミュレーショ ン解析, 先進パワー半導体分科会 第11回個別討論会, 応用物理学会, 東京都港区,【第二部】GaN の話題提供と討論, 2023/5/19

[3] 渡辺 弘紀, 成田 哲生, 兼近 将一, 冨田 一義, 小島 淳,須田 淳,五十嵐 信行, DPC STEMによるGaN p-n接合電界幅の測定, 日本顕微鏡学会　第79回学術講演会, 日本顕微鏡学会, 島根県松江市, 2pmE_M-1-05, 2023/6/26～6/28

Ⅵ．特許等（出願、公開、登録）

b．特開（公開特許）

[1] 笹岡　千秋,小島　淳,大原　淳士,石田　崇,長里　喜隆,河口　大祐,恩田　正一, 半導体装置の製造方法および半導体ウェハ, 2023-075615, 2023/5/31, 東海国立大学機構,デンソー ,トヨタ自動車,ミライズテクノロジーズ,浜松ホトニクス

[2] 笹岡　千秋,小島　淳,恩田　正一,長屋　正武,渡辺　弘紀,大原　淳士,河口　大祐,原　佳祐,,, 半導体チップおよびその製造方法, 2023-056752, 2023/4/20, 東海国立大学機構,デンソー ,トヨタ自動車,ミライズテクノロジーズ,浜松ホトニクス

[3] 恩田　正一,小島　淳,笹岡　千秋,原一都,小澤基,山本栄蔵,,,,, 窒化ガリウム層製造装置および窒化ガリウム層の製造方法, 2023-091381, 2023/6/30, 東海国立大学機構,ミライズテクノロジーズ,デンソー , トヨタ自動車,

[4] 恩田　正一,小島　淳,笹岡　千秋,原一都,小澤基,山本栄蔵,,,,, 窒化ガリウム層製造装置および窒化ガリウム層の製造方法, 2023-091382, 2023/6/30, 東海国立大学機構,デンソー ,トヨタ自動車,ミライズテクノロジーズ,

[5] 笹岡　千秋,小島　淳,恩田　正一,長屋　正武,中林　正助,河口　大祐,油井　俊樹,,,, 窒化ガリウム基板の製造方法, 2023-108897, 2023/8/7, 東海国立大学機構,デンソー ,トヨタ自動車,ミライズテクノロジーズ,浜松ホトニクス

[6] 笹岡　千秋,小島　淳,恩田　正一,中林　正助,大原　淳士,長屋　正武,河口　大祐,油井　俊樹,原　佳祐,杉浦　隆二, 半導体素子の製造方法、及び、半導体ウエハ加工装置, 2023-104763, 2023/7/28, 東海国立大学機構,トヨタ自動車,デンソー ,ミライズテクノロジーズ,浜松ホトニクス

[7] 笹岡　千秋,恩田　正一,小島　淳,大原　淳士,長屋　正武,中林　正助,河口　大祐,,,, 半導体装置の製造方法及び半導体基板の加工装置, 2023-122394, 2023/9/1, 東海国立大学機構,デンソー ,トヨタ自動車,浜松ホトニクス,ミライズテクノロジーズ

[8] 笹岡　千秋,恩田　正一,小島　淳,中林正助,長屋正武,河口大祐,杉浦隆二,油井俊樹,原佳祐,荒谷知巳, 半導体装置の製造方法, 2023-154555, 2023/10/20, 東海国立大学機構,デンソー ,ミライズテクノロジーズ,トヨタ自動車,浜松ホトニクス

[9] 中林 正助 , 長屋 正武 , 大原 淳士 , 恩田 正一 , 笹岡 千秋 , 小島 淳 , 河口 大祐 , 杉浦 隆二 , 油井 俊樹 , 原佳祐, 変質層形成装置、及び、半導体装置の製造方法, 2023-34335, 2023/3/13, デンソー , トヨタ自動車, ミライズテクノロジーズ,東海国立大学機構, 浜松ホトニクス

6.6.3 豊田合成GaN先端デバイス応用産学協同研究部門

以下に、令和5年度の成果を教員または研究グループごとにまとめた。

特任教授　岡　　徹	特任准教授　牛田　泰久	特任助教　角谷　健吾
客員教授　福島　英沖	技術補佐員　仙田　克己	

研究テーマ

GaNデバイスの応用用途探索および基礎研究

研究の背景・目的

GaN系半導体材料は、その特徴から多くの応用用途への発展が期待されている。2014年ノーベル賞に代表されるように、LEDとしての普及が進み、続いて通信向けHEMTの普及が加速している。一方で、Si半導体応用技術の成熟もめざましく、半導体材料における、応用分野毎の棲み分けがなされようとしている。我々は、Ga N半導体の可能性を見極めるために、特徴を生かした応用用途を企画し、PoCを行うことで、真の技術課題および期待される市場規模を把握する。

成果の概要

「ワイヤレス電力伝送システム技術研究」において、マイクロ波方式給電システムの開発を行なった。昨年度に引き続き、2.45GHzおよび5.8GHzに加え、24GHz周波数帯を用い、社会実証の検証を進めた。想定されるアプリケーション別マイクロ波給電において、高周波化の長所・短所を層別し、開発するべき技術を明確にした。中でも、高周波かつ高出力時の整流素子の開発では、公開されている他データに比ベトップレベルと言える素子を具現化した。本技術を社会実装に向けた次のステップへ移行した。また、電界方式、磁界方式との新たな特性比較をおこない、特徴を明確化した。今後、提案価値と技術レベルの一致を目標に継続した開発を実施する。
電気回路シミュレーションを活用した「GaNパワーデバイスの出口発掘」を昨年より継続実施した。

発表論文等

Ⅰ．論文（査読のある学術誌等）

ａ．査読付き論文

[1] T. Narita, M. Kanechika, K. Tomita, Y. Nagasato, T. Kondo, T. Uesugi, S. Ikeda, M. Kosaki, T. Oka, and J. Suda, “Effects of proton irradiation-induced point defects on Shockley–Read–Hall recombination lifetimes in homoepitaxial GaN p–n junctions,” Appl. Phys. Lett., vol. 122, 113505, 2023.

Ⅱ．著書

[1] 2023/10/10, OPTRONICS10月号, 牛田泰久, 共著, 特集の内1章:, オプトロニクス社

Ⅳ．国際学会・口頭発表等

ｂ．一般講演（ポスター発表を含む）

[1] T. Narita, M. Kanechika, K. Tomita, Y. Nagasato, T. Kondo, T. Uesugi, S. Ikeda, M. Kosaki, T. Oka, and J. Suda, Proton irradiation-induced point defects acting as Shockley–Read–Hall recombination centers in homoepitaxial GaN p+/n– and p–/n+ junctions, 32nd International Conference on Defects in Semiconductors, September 10-15, 2023, Delaware, USA

[2] M. Inagaki, T. Oka, N. Tanaka, K. Hasegawa, T. Izumi, T. Ina, G. Nishio, T. Niwa and J. Suda, Mg concentration dependence of threshold voltage shift under sub-Eg light illumination and positive bias stress in vertical GaN trench MOSFETs, 14th international conference on nitride semiconductors, ThP-ED-31, November 12-17, 2023, Fukuoka, Japan, ポスター発表

[3] T. Warnakulasooriya, S. Choi, Y. Yonezawa, D. Arai, M. Yamamoto, Y. Ushida, and T. Oka, Analysis of switching and reverse recovery losses for wide bandgap devices in a totem-pole bridgeless PFC rectifier, International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2023, A5-I-4, December 1-3, 2023, Nagoya, Japan

[4] K. Roque, T. Warnakulasooriya, S. Choi, Y. Yonezawa, D. Arai, M. Yamamoto, Y. Ushida, and T. Oka, Theoretical loss analysis of vertical GaN MOSFETs in a totem-pole bridgeless PFC considering parameter variation, International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2023, S2-II-3, December 1-3, 2023, Nagoya, Japan

d．座長

[1] T. Oka and M. Akazawa, MOS Interface / MOSFETs, 14th international conference on nitride semiconductors, ED5:, November 12-17, 2023, Fukuoka, Japan

Ⅴ．国内学会・口頭発表等

a．招待講演

[1] 岡 徹, 縦型GaNパワーデバイス開発の進展と今後の展望, Synopsys Power Device DTCO Workshop 2023, 日本シノプシス, 淡路, 2023/7/7-8

b．一般講演（ポスター発表を含む）

[1] 稲垣 光希, 岡 徹, 田中 成明, 長谷川 一也, 泉 貴富, 伊奈 務, 西尾 剛, 丹羽 隆樹, 須田 淳, 縦型GaNトレンチMOSFETのサブバンドギャップ光および正バイアスストレスによるしきい値電圧変動のMg濃度依存性, 先進パワー半導体第１０回講演会, 応用物理学会, 金沢, IIB-14, 2023/11/29-30, ポスター発表

6.6.4 旭化成次世代デバイス産学協同研究部門

以下に、令和5年度の成果を教員または研究グループごとにまとめた。

特任准教授　吉川　　陽	特任助教　張　　梓懿

研究テーマ

窒化物半導体による紫外発光素子に関する研究開発

研究の背景・目的

単結晶窒化アルミニム基板の特徴を生かした新規デバイスの探索研究および応用技術の開発を推進し、新規事業の創出をする。

成果の概要

当グループでは旭化成株式会社と共同で、2022年に室温で連続発振する世界最短波長の深紫外線レーザダイオードの連続発振を報告した。一方で、発振後はデバイスの初期劣化が問題とされてきた。今回、デバイスの電気特性および発光特性を劣化前後で詳細に調査したことにより、劣化機構の一端を明らかにした。また薄膜成長においても界面の急峻性を高めることに成功し、キャリア注入効率を改善し、デバイス特性の向上につながった。これらの結果により、実用化への過程が明確にされた。

また、本年度に旭化成株式会社と共同で、ドーピングを用いない高Al組成AlGaN縦型p-n接合を実証し、耐圧7.3MV/cmを示した。これまで高Al組成AlGaNは導電性を得ることが難しいとされてきたが、深紫外レーザダイオードの開発で培った組成傾斜によるキャリア誘起手法によってp-n接合を実現した。本成果は名古屋大学と旭化成からプレスリリースを実施し、各メディアに取り上げられるなど注目をされている。

発表論文等

Ⅰ．論文（査読のある学術誌等）

a．査読付き論文

[1] Revisiting the substitutional Mg acceptor binding energy of AlN Ryota Ishii, Akira Yoshikawa, Mitsuru Funato, and Yoichi Kawakami Physical Review B 108, 035205 (2023).

[2] Using low-temperature growth to resolve the composition pulling effect of UV-C LEDs. Akira Yoshikawa, Ziyi Zhang, Maki Kushimoto, Koji Aoto, Chiaki Sasaoka, and Hiroshi Amano. Applied Physics Letters 123, 221105 (2023).

[3] Al compositional pulling effect and its impact on carrier injection efficiency of deep UV laser diodes. Ziyi Zhang, Akira Yoshikawa, Maki Kushimoto, Koji Aoto, Chiaki Sasaoka, and Hiroshi Amano. Applied Physics Letters accepted

[4] Study on degradation of deep-ultraviolet laser diode Ziyi Zhang, Akira Yoshikawa, Maki Kushimoto, Koji Aoto, Chiaki Sasaoka, and Hiroshi Amano. PSS(a) submitted

[5] Pseudomorphic growth of a thin-GaN layer on the AlN single-crystal substrate using metal organic vapor phase epitaxy. Akira Yoshikawa, Takaharu, Nagatomi, Kazuhiro, Nagase, Leo J. Schowalter. Applied Physics Letters, submitted

[6] Demonstration of AlN-based Vertical p-n Diodes with Dopant-free Distributed Polarization Doping. Takeru Kumabe, Akira Yoshikawa, Seiya Kawasaki, Maki Kushimoto, Yoshio Honda, Manabu Arai, Jun Suda, and Hiroshi Amano. IEEE submitted

Ⅲ．解説等

[1] 2023/5/1, 張梓懿, 深紫外レーザーダイオード　室温連続発振の達成, 電気情報通信学会誌, 電気情報通信学会誌

Ⅳ．国際学会・口頭発表等

a．招待講演

[1] M. Kushimoto, Z. Zhang, A. Yoshikawa, K. Aoto,Y. Honda, L. J. Schowalter, C. Sasaoka, and H. Amano, Demonstration of Continuous Wave Deep UV Laser Diode on Single Crystal AlN Substrate, EM-NANO 2023, 2023/3/29, 石川県金沢市（石川県地場産業振興センター）, EM-NANO 2023

[2] Maki Kushimoto, Breakthrough technologies to realize room-temperature continuous-wave deep-ultraviolet laser diodes, DPG Spring Meeting, 2023/3/16, Technical University Dresden, Germany, DPG Spring Meeting

[3] M. Kushimoto, Z. Zhang, A. Yoshikawa, K. Aoto,Y. Honda, L. J. Schowalter, C. Sasaoka, and H. Amano, Recent Progress of Deep Ultraviolet Laser Diodes on AlN substrate, ICNS-14, 2023/11/13, Hilton Fukuoka Sea Hawk, ICNS-14, ポスター発表

[4] M. Kushimoto, CW operation of UV-C laser diodes, The 6th International Workshop on Ultraviolet Materials and Devices, 2023/6/6, Metz, France, The 6th International Workshop on Ultraviolet Materials and Devices

[5] M. Kushimoto, Z. Zhang, A. Yoshikawa, K. Aoto,Y. Honda, L. J. Schowalter, C. Sasaoka, and H. Amano, Development of Room Temperature Continuous-Wave Deep Ultraviolet Laser Diodes, International Display Workshops '23, 2023/12/16, TOKI MESSE Niigata Convention Center Niigata, Japan, International Display Workshops '23

b．一般講演（ポスター発表を含む）

[1] Z. Zhang, A. Yoshikawa, M. Kushimoto, K. Aoto, Y. Honda, L. J. Schowalter, C. Sasaoka, and H. Amano, Study of degradetion of deep ultra violet laser diode, ICNS-14, 2023/11/14, Hilton Fukuoka Sea Hawk, ICNS-14, ポスター発表

[2] A. Yoshikawa, Z. Zhang, M. Kushimoto, K. Aoto, C. Sasaoka, and H. Amano, Realization of AlN electron blocking layer with abrupt interface and its subsequent improvement in UV-C light-emitting device characteristics, ICNS-14, 2023/11/16, Hilton Fukuoka Sea Hawk, ICNS-14

Ⅴ．国内学会・口頭発表等

ａ．招待講演

[1] 久志本真希, 単結晶AlN基板上AlGaNを用いた270nm帯CW半導体レーザー, 第１２５委員会 ５月研究会, 第１２５委員会, オンライン, 2023/5/26

[2] 久志本真希, 未踏波長帯域深紫外レーザーダイオード, 2023年 第70回応用物理学会春季学術講演会, 応用物理学会, 上智大学四谷キャンパス, 2023/3/16

[3] 吉川陽, 深紫外レーザーダイオードの現状, 2023年度結晶・評価WG研究会（第1回）, GaNコンソーシアム, 名古屋大学, 2023/12/18

Ⅵ．特許等（出願、公開、登録）

ｂ．特開（公開特許）

[1] 吉川　陽；張　梓懿；久志本　真希；笹岡　千秋；天野　浩, 発光素子の製造方法および発光素子, 特開2023-141196, 2023/10/5, 旭化成株式会社；国立大学法人東海国立大学機構

[2] 吉川　陽；張　梓懿；久志本　真希；笹岡　千秋；天野　浩, レーザダイオード, 特開2023-125769, 2023/9/7, 旭化成株式会社；国立大学法人東海国立大学機構

ｃ．特許（登録特許）

[1] 張　梓懿；久志本　真希；天野　浩, レーザダイオード, 特許第7302832号, 2023/6/26, 旭化成株式会社；国立大学法人東海国立大学機構

6.6.5　豊田中研GaNパワーデバイス産学協同研究部門

以下に、令和5年度の成果を教員または研究グループごとにまとめた。

特任教授　冨田　一義	特任教授　兼近　将一

研究テーマ

GaNパワーデバイス用のエピタキシャル成長技術および作製プロセスと設計技術の研究

研究の背景・目的

窒化ガリウム（GaN）はその優れた物性から次世代の省エネルギーデバイスへの応用が期待されている。我々の研究部門は、2019年4月に新たに設置され、将来のHEV、BEV、PHEV、FCEV用電動化システムの高効率化・大電力化・高周波化の実現に向け、GaNパワーデバイスを実用化する上での様々な課題の解決に向けて取り組んでいる。具体的には、不純物や点欠陥を高精度に制御するエピタキシャル成長技術、デバイス作製プロセス技術や超低損失化を実現するデバイス設計技術などの確立を目指して研究を進めている。

成果の概要

GaN MOSデバイスにおいて、AlSiOゲート絶縁膜とp型GaNボディ層との間に、2～3 nmのAlN界面層を挿入させることにより、c面ではチャネル移動度200 cm^2/Vs以上、m面でも150 cm^2/Vsが実証できた。なお、m面では、自発分極の抑制により高移動度とノーマリーオフ（しきい値電圧1.3 V）を両立できている。（文科省「革新的パワーエレクトロニクス」創出基盤技術研究開発事業の研究成果）

発表論文等

Ⅰ．論文（査読のある学術誌等）

ａ．査読付き論文

[1] Kenji Ito, Shiro Iwasaki, Kazuyoshi Tomita, Emi Kano, Nobuyuki Ikarashi, Keita Kataoka, Daigo Kikuta, and Tetsuo Narita, Over 200 cm^2 V^{-1} s^{-1} of electron inversion channel mobility for AlSiO/GaN MOSFET with nitrided interface, Appl. Phys. Express, Vol.16, 074002, 2023/7/17

[2] Masakazu Kanechika, Takumi Hirata, Tomoya Tokozumi, Tetsu Kachi, and Jun Suda, Improvement of AlSiO/GaN interface by a novel post deposition annealing using ultra high pressure, Appl. Phys. Express, Vol.17, 016502, 2023/12/27

[3] Keita Kataoka, Tetsuo Narita, Kazuyoshi Tomita, Shinji Yamada, and Tetsu Kachi, Depth Analyses of Mg-Acceptor and Si-Donor Concentrations in GaN by Combining Stepwise Etching and Photoluminescence, physica status solidi (b), 2024, 2300528, 2024/1/7

[4] Tetsuo Narita, Kenji Ito, Hiroko Iguchi, Shiro Iwasaki, Kazuyoshi Tomita, and Daigo Kikuta, Extraction of gap states in AlSiO/AlN/GaN metal-oxide-semiconductor field-effect transistors using the multi-terminal capacitance–voltage method, Appl. Phys. Lett. Vol.124, 103504, 2024/3/4

Ⅱ．著書

[1] 2023/6/1, 自動車工学シリーズ4 電動化技術, 梅野孝治　編著（兼近将一他　共著）, 共著, 第3章 3.3.2 執筆, 朝倉書店

Ⅳ．国際学会・口頭発表等

a．招待講演

[1] Masakazu Kanechika, Kenji Ito, Tetsuo Narita, Kazuyoshi Tomita, Shiro Iwasaki, Daigo Kikuta, and Tetsu Kachi, A High Channel Mobility and a Normally-off Operation of m-plane GaN Trench MOSFET Using an AlSiO/AlN Gate Stack Deposited by ALD, 14th International Conference on Nitride Semiconductors (ICNS-14), ED4-1, 2023/11/14, Hilton Fukuoka Sea Hawk, Fukuoka, Japan, The Japan Society of Applied Physics, Consortium for GaN Research and Applications

[2] Tetsuo Narita, Kenji Ito, Keita Kataoka, Kazuyoshi Tomita, Hiroko Iguchi, Shiro Iwasaki, Emi Kano, Nobuyuki Ikarashi, Masahiro Horita, and Daigo Kikuta, Establishment of reliability and high performance for an AlSiO/GaN MOSFET formed by ALD and post-deposition annealing, International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2023　(ICMaSS 2023), S2-Ⅰ-1, 2023/12/2, Nagoya University, Nagoya, Japan, Organizing committee of ICMaSS2023, Nagoya University

[3] Tetsuo Narita, Masakazu Kanechika, Kazuyoshi Tomita, Yoshitaka Nagasato, Takeshi Kondo, Tsutomu Uesugi, Satoshi Ikeda, Masayoshi Kosaki, Tohru Oka, and Jun Suda, Characterization of Shockley-Read-Hall recombination centers created by proton irradiation into GaN p+/n- and p-/n+ junctions, SPIE Photonics West Opto2024, PW24O-OE107-2, 2024/1/30, SPIE Photonics West Opto2024, San Francisco, CA, USA, SPIE (The International Society for Optical Engineering)

b．一般講演（ポスター発表を含む）

[1] Tetsuo Narita, Masakazu Kanechika, Kazuyoshi Tomita, Yoshitaka Nagasato, Takeshi Kondo, Tsutomu Uesugi, Satoshi Ikeda, Masayoshi Kosaki, Tohru Oka, and Jun Suda, Proton irradiation-induced point defects acting as Shockley-Read-Hall recombination centers in homoepitaxial GaN p+/n– and p–/n+ junctions, The 32nd International Conference on Defects in Semiconductors (ICDS-32), Recombination at defects (II), No.3 , 2023/9/14, Rehoboth Beach, Delaware, USA, ICDS-32

[2] Keita Kataoka, Tetsuo Narita, Kazuyoshi Tomita, Shinji Yamada, and Tetsu Kachi, Depth profiling of Mg acceptor concentration by stepwise etching and photoluminescence for Mg ion implanted GaN annealed at 1300℃, 14th International Conference on Nitride Semiconductors (ICNS-14), CH6-7, 2023/11/14, Hilton Fukuoka Sea Hawk, Fukuoka, Japan, The Japan Society of Applied Physics, Consortium for GaN Research and Applications

[3] Tetsuo Narita, Kenji Ito, Shiro Iwasaki, Kazuyoshi Tomita, Emi Kano, Nobuyuki Ikarashi, and Daigo Kikuta, Over 200 cm^2 V^{-1} s^{-1} of electron inversion channel mobility for AlSiO/AlN/p-type GaN MOSFETs, 14th International Conference on Nitride Semiconductors (ICNS-14), ED5-2, 2023/11/14, Hilton Fukuoka Sea Hawk,

Fukuoka, Japan, The Japan Society of Applied Physics, Consortium for GaN Research and Applications

[4] Takumi Hirata, Masakazu Kanechika, Tomoya Tokozumi, Tetsu Kachi, and Jun Suda, Improvement of AlSiO/n-GaN MOS characteristics by ultra-high pressure post-deposition annealing, 14th International Conference on Nitride Semiconductors (ICNS-14), ED5-5, 2023/11/14, Hilton Fukuoka Sea Hawk, Fukuoka, Japan, The Japan Society of Applied Physics, Consortium for GaN Research and Applications

[5] Kenji Ito, Tetsuo Narita, Hiroko Iguchi, Shiro Iwasaki, Daigo Kikuta, Emi Kano, Nobuyuki Ikarashi, Kazuyoshi Tomita, Masahiro Horita, and Jun Suda, Polarization Engineering in AlSiO/p-type GaN MOSFETs Using AlN Interlayers Formed by Plasma-Enhanced Atomic Layer Deposition, 69th IEEE International Electron Devices Meeting (IEEE IEDM 2023), Session 26-2, 2023/12/12, Hilton San Francisco Union Square, San Francisco, CA, USA, IEEE

Ⅴ．国内学会・口頭発表等

ａ．招待講演

[1] 成田哲生、冨田一義、徳田豊、堀田昌宏、山田真嗣、五十嵐信行、加地徹, GaNパワー半導体プロセスにおけるMOVPE成長特有の不純物の理解と制御, 第159回結晶工学分科会研究会, 応用物理学会応用電子物性分科会/結晶工学分科会, ウインクあいち、愛知, 6/13－4, 2023/6/13

[2] 伊藤健治、成田哲生、井口紘子、岩崎四郎、菊田大悟、狩野絵美、五十嵐信行、冨田一義、堀田昌宏、須田淳, プラズマ支援原子層堆積法で形成したAlN 界面層を用いたAlSiO/p-GaN MOSFET の分極制御, 応用物理学会シリコンテクノロジー分科会第247回研究集会/電子情報通信学会シリコン材料デバイス分科会先端デバイスプロセス技術（IEDM特集）, 応用物理学会/電子情報通信学会 (IEICE)共催, 金沢工業大学虎ノ門キャンパス、東京, No.3, 2024/1/31

ｂ．一般講演（ポスター発表を含む）

[1] 庄司智幸、成田哲生、長里喜隆、兼近将一、近藤健、上杉勉、冨田一義、池田智史、森朋彦、山口聡、木本康司、小島淳、須田淳, 無転位GaN p-n 接合における逆バイアスリーク電流シミュレーショ ン解析, 応用物理学会 先進パワー半導体分科会 第11回個別討論会, 応用物理学会 (JSAP), 機械振興会館、東京, 第二部　3番, 2023/5/19

[2] 渡辺弘紀、成田哲生、兼近将一、冨田一義、小島淳、須田淳、五十嵐信行, DPC STEMによるGaN p-n接合電界幅の測定, 日本顕微鏡学会第79回学術講演会, 日本顕微鏡学会, くにびきメッセ、島根, 2pmE_M-1-05, 2023/6/27

[3] 兼近将一、山口聡、北住幸介、岸田佳大、伊勢川和久、木本康司, 放射光を用いた反射法X線トポグラフィによるGaN結晶の評価, 第20回SPring-8産業利用報告会, サンビーム、兵庫県、豊田中研、JASRI、SP8利用推進協議会, 神戸国際会議場、兵庫, S-10/P35, 2024/9/8

[4] 平田拓巳、兼近 将一、加地 徹、須田淳, AlSiO/n GaN MOS構造の容量電圧特性における超高圧アニール時間依存性, 第84回応用物理学会秋季学術講演会, 応用物理学会 (JSAP), 熊本城ホール、熊本, 22p-B201-6, 2023/9/22

[5] 伊藤健治、成田哲生、井口紘子、岩崎四郎、片岡恵太、菊田大悟、狩野絵美、五十嵐信行、冨田一義、堀田昌宏、須田淳, プラズマ支援原子層堆積法で形成したAlN界面層を用いたAlSiO/p-GaN MOSFETの分極制御, 電気学会ナノエレクトロニクス機能化・応用技術調査専門委員会, 電気学会, 早稲田大学、東京, No.1, 2024/3/8

[6] 成田哲生、伊藤健治、井口紘子、岩崎四郎、冨田一義、菊田大悟, 多端子C–V法を用いたAlSiO/AlN/p型GaN-MOSFETの禁制帯準位の評価, 第71回応用物理学会春季学術講演会, 応用物理学会 (JSAP), 東京都市大学世田谷キャンパス, 東京, 24a-52A-9, 2024/3/24

6.6.6 三菱ケミカルGaN基板デバイス産学協同研究部門

以下に、令和5年度の成果を教員または研究グループごとにまとめた。

特任教授　磯　　憲司	特任助教　廣澤　拓哉	産学連携研究員　池田　宏隆

研究テーマ

高性能デバイス用GaN基板に求められる品質及び特性に関する研究

研究の背景・目的

窒化ガリウム（GaN）の優れた物性を活用した新規デバイス構造の土台となる高品位GaN基板について、以下の内容で研究を取り進める。

・基板品質（結晶欠陥、不純物等）とデバイス特性との相関調査及びメカニズム解明
・高性能デバイス用GaN基板に求められる品質及び特性の明確化

成果の概要

結晶成長方法、成長条件、補償不純物等を変化させて作製した種々の半絶縁性基板上に同一エピ構造／同一プロセスでデバイスを作製し、基板品質（結晶欠陥、不純物等）や抵抗率がデバイス特性に与える影響を昨年度に引き続き確認した。

今年度は補償不純物の種類（Fe、C、Mn）、および、転位密度（1E4cm-2、5E5cm-2）がHEMT高周波動作に与える影響を調査した。全てのデバイスで高周波動作を確認した。転位密度がHEMTデバイス特性に与える影響は引き続き検討中である。

GaN基板の評価解析技術についても開発を取り進め、デバイス用途に応じてGaN基板に求められる品質及び特性を明確にすべく鋭意検討を行う計画である。

発表論文等

Ⅰ．論文（査読のある学術誌等）

ａ．査読付き論文

[1] Woong Kwon, Seiya Kawasaki, Hirotaka Watanabe, Atsushi Tanaka, Yoshio Honda, Hirotaka Ikeda, Kenji Iso, Hiroshi Amano, Revease Leakage Mechanism of Dislocation-Free GaN Vertical p-n Diodes, IEEE Electron Device Letters　44巻 (7) 頁：1172 - 1175　2023年7月

[2] Daiki Tanaka, Kenji Iso, Jun Suda, Comparative study of electrical properties of semi-insulating GaN substrates grown by hydride vapor phase epitaxy and doped with Fe, C, or Mn, Journal of applied physics　133巻　頁：055701　2023年2月

[3] Takafumi Odani, Kenji Iso, Yuichi Oshima, Hirotaka Ikeda, Tae Mochizuki, and Satoru Izumisawa, Physica Status Solidi B　2300584　2024年3月

Ⅳ．国際学会・口頭発表等

ａ．招待講演

[1] Kenji Iso, Present and future prospects of GaN substrate, Japan-US research collaboration week, Jul-23, Stanford univ. CA, US, JST, Stanford univ.

ｂ．一般講演（ポスター発表を含む）

[1] Daiki Tanaka1, Kenji Iso1,2, Jun Suda1, Guidelines for selecting appropriate dopants and concentrations for semi-insulating GaN substrates, International conference on nitride symposium, CH17-4, 2023/11/17, 福岡, International conference on nitride symposium

Ⅴ．国内学会・口頭発表等

ｂ．一般講演（ポスター発表を含む）

[1] 田中 大貴1，磯 憲司2,3，須田 淳1,3, HVPE法で作製したFe, C, Mn ドープ 半絶縁性GaN基板の電気的特性評価, 応用物理学会秋季学術講演会, 応用物理学会, 熊本, 22a-B201-5, 2023/9/1

6.6.7 Photo electron Soul GaN電子ビームデバイス産学協同研究部門

以下に、令和5年度の成果を教員または研究グループごとにまとめた。

特任講師　鹿野　悠	特任助教　佐藤　大樹

研究テーマ

GaN の新たなアプリケーションである「GaN 電子ビームデバイス」の研究開発

研究の背景・目的

本研究グループは、GaNの可能性を更に拡張することを主眼においている。具体的には、これまでにGaN系半導体材料は光源やパワーデバイスで社会実装が進められてきた中で、本研究開発は新規アプリケーションとして「電子ビーム源としてのGaN系半導体材料」の社会実装を進めているものである。これにより、産業用電子ビームにおいて、およそ50年ぶりの本格的な技術刷新（GaN系半導体フォトカソード電子ビーム）につなげる。

成果の概要

GaN系半導体材料につき、理論計算/シミュレーション等を活用した設計/試作/評価、そして次設計へのフィードバックループにより、アプリケーション先（例：電子顕微鏡、電子ビーム加工装置等）の要求仕様を満たす電子ビーム生成、およびアプリケーションの研究開発を進めている。

令和5年度においては、主な想定アプリケーション先として前年度から引き続き電子顕微鏡分野を設定し、研究開発の深耕を進めた。代表的な成果として、GaN系半導体フォトカソードの性能向上（高耐久化、高量子効率化 等）の他、走査型顕微鏡におけるGaN系半導体フォトカソード電子ビームならではのアプリケーション実証（半導体デバイスのテスト等）を達成した。一連の成果は、GaN系半導体フォトカソードの社会実装がより一層進展することに貢献するものである。

発表論文等

Ⅰ．論文（査読のある学術誌等）

ａ．査読付き論文

[1] Investigation on Applying an InGaN Photocathode with Negative Electron Affinity for Electric Propulsion Yusuke INOUE, Tomohiro NISHITANI, Anna HONDA, Daiki SATO, Haruka SHIKANO, Atsushi KOIZUMI, Yoshio HONDA, Daisuke ICHIHARA, Akihiro SASOH, TRANSACTIONS OF THE JAPAN SOCIETY FOR AERONAUTICAL AND SPACE SCIENCES (Trans. Japan Soc. Aero. Space Sci.), Volume 66 Issue 1 Pages 10-13 (2023); DOI https://doi.org/10.2322/tjsass.66.10

Ⅳ．国際学会・口頭発表等

ｂ．一般講演（ポスター発表を含む）

[1] T. Nishitani, Y. Arakawa, K. Niimi, Y. Otsuka, D. Sato, A. Koizumi, H. Shikano, H. Iijima, Y. Honda, H. Amano, Photoelectron beam from semiconductor photocathodes leading to new inspection technologies, SPIE. ADVANCED LITHOGRAPHY+ PATTERNING 2023, Paper 12955-110, 2024/2/28, San Jose, California,

United States, The international society for optics and photonics (SPIE), ポスター発表

[2] D. Sato, Y. Arakawa, K. Niimi, K. Fukuroi, Y. Tajiri, A. Koizumi, H. Shikano, H. Iijima, T. Nishitani, Y. Honda, H. Amano, Local voltage contrast changes in MOSFET using scanning electron microscopy with photoelectron beam technology, SPIE. ADVANCED LITHOGRAPHY+ PATTERNING 2024, Paper 12955-78, 2024/2/28, San Jose, California, United States, The international society for optics and photonics (SPIE), ポスター発表

[3] Y. Arakawa, K. Niimi, Y. Otsuka, D. Sato, A. Koizumi, H. Shikano, H. Iijima, T. Nishitani, Y. Honda, H. Amano, SEM imaging of high aspect ratio trench by selectively controlling the electron beam irradiation using photocathode, SPIE. ADVANCED LITHOGRAPHY+ PATTERNING 2025, Paper 12955-111, 2024/2/28, San Jose, California, United States, The international society for optics and photonics (SPIE), ポスター発表

6.6.8 UJ-Crystal超高品質SiC半導体産学協同研究部門

以下に、令和5年度の成果を教員または研究グループごとにまとめた。

特任教授 古庄 智明	**特任准教授** 村山 健太

研究テーマ

溶液成長法による超高品質SiCウェーハの社会実装を目指した開発

研究の背景・目的

脱炭素社会実現のため、電力の有効利用が強く求められており、このためパワー半導体デバイスは非常に大きな注目を集めている。パワー半導体デバイスはEVや鉄道、エレベーター等の大電力を必要とするモーターの制御に用いられる。現在は主にSi（シリコン）を用いたパワー半導体デバイスが用いられているが、大電力を扱う際、Siの物性値に起因し、大半が熱エネルギーとして放出され、変換効率の低下を招いている。SiC（シリコンカーバイド）はSiよりバンドギャップ、熱伝導率等の物性値が優れているため、変換効率の低下を大幅な抑制が可能となる。このため、SiCを用いることで省エネ性に優れたパワー半導体デバイスの実現が可能となる。

社会実装のためには、SiCウェーハの低コスト化、高品質化が必須である。我々は従来のSiCの製法である昇華法とは異なり、溶液成長法を用いて低コスト、超高品質SiCウェーハの社会実装を目指した開発を行っている。溶液成長法は熱平衡に近い状態での結晶成長が可能であるため、熱歪による結晶欠陥の発生の抑制が可能である。また、Siの結晶成長の様に液体を用いた結晶成長方法であるため、Siの結晶成長技術を応用した長尺成長が可能である。このため、低コストウェーハの実現が可能である。

これまで、名古屋大学宇治原研究室にて、SiCの溶液成長法についての技術開発を行い、超高品質化技術の目途が得られたので、この超高品質SiCの社会実装が本研究グループの使命である。

成果の概要

SiCウェーハの社会実装のためには、低コストで高性能なSiCデバイスを実現できるウェーハが必要である。このためには、超高品質、かつ大口径SiCウェーハの開発が必要となる。現在のSiCウェーハの主流は6インチであるが、昨今8インチウェーハについての発表が相次いでおり、2025年から2030年にかけて8インチウェーハが主流になると予想される。

宇治原研究室では過去に3インチ、6インチの開発を行ってきており、機械学習を用いて、直径3インチから6インチへの口径拡大を約1年という従来法の1/10程度の開発期間で実現した。今年度、我々は宇治原研究室と協力し、8インチ結晶を実現すべく、6インチの結晶成長条件の結果を8インチの結晶成長条件に再現する機械学習を行い、得られた結晶成長条件での結晶成長を行った。また、この条件から温度分布を見直

した条件での結晶成長を行い、直径207mm、厚さ10mmという8インチウェーハが実現できるSiCインゴットを得ることに成功した。

○ Research Theme

Development of ultra-high quality SiC wafers by solution growth method for social application

○ Research Background and Objectives

In order to realize a low-carbon society, there is a strong demand for the effective use of electric power, and power semiconductor devices are therefore attracting tremendous attention. Power semiconductor devices are used to control motors that require large amounts of power, such as EVs, trains, and elevators. Currently, power semiconductor devices are mainly made of silicon (Si), but when handling large amounts of power, most of the energy is released as thermal energy due to the physical properties of Si, resulting in a decrease in conversion efficiency. This makes it possible to significantly suppress the decrease in conversion efficiency. Therefore, silicon carbide（SiC）can be used as a power semiconductor device with excellent energy-saving performance.

For social implementation, it is essential to reduce the cost and improve the quality of SiC wafers. Unlike the sublimation method, which is a conventional SiC manufacturing method, we are developing a solution-growth method to produce low-cost, ultra-high-quality SiC wafers for social implementation. The solution-growth method enables crystal growth in a state close to thermal equilibrium, thus suppressing the generation of crystal defects caused by thermal strain. In addition, because the solution growth method uses a liquid like Si, it is possible to grow long wafers by applying Si crystal growth technology. Therefore, low-cost wafers can be realized.

The mission of this research group is to implement this ultra-high quality SiC in the society.

○ results (esp. of a study)

For social implementation of SiC wafers, wafers that can realize low-cost, high-performance SiC devices are needed. For this purpose, it is necessary to develop ultra-high quality and large-diameter SiC wafers. Currently, 6-inch SiC wafers are the mainstream, but recently there has been a series of announcements about 8-inch wafers, and 8-inch wafers are expected to become the mainstream between 2025 and 2030.

Ujihara Laboratory has developed 3-inch and 6-inch wafers in the past, and has achieved diameter expansion from 3-inch to 6-inch using machine learning in about one year, about 1/10 of the development time required by conventional methods. This year, in cooperation with Ujihara Laboratory, we performed machine learning to reproduce the results of 6-inch crystal growth conditions into 8-inch crystal growth conditions in order to realize 8-inch crystals, and grew crystals under the obtained crystal growth conditions. We also performed crystal growth under conditions with a revised temperature distribution, and succeeded in obtaining SiC ingots with a diameter of 207 mm and a thickness of 10 mm, which is enough to realize an 8-inch wafer.

発表論文等

Ⅳ．国際学会・口頭発表等

ｂ．一般講演（ポスター発表を含む）

[1] 古庄智明, 機械学習を適用した溶液成長法による8インチSiCの結晶成長, 先進パワー半導体分科会第10回講演会, 応用物理学会　先進パワー半導体分科会事務局, ANAクラウンプラザホテル金沢, IIB-4, 2023年12月1日, ポスター発表

6.7 超高圧電子顕微鏡施設

以下に、令和5年度の施設としての成果をまとめた。

教授 武藤 俊介	教授 斉藤 晃	教授 五十嵐信行
教授 山本 剛久	准教授 成田 哲博	准教授 桒原 真人
准教授 長尾 全寛	講師 大塚 真弘	技術職員 山本 悠太
技術職員 樋口 公孝	事務補佐員 西浦 結香	特任准教授 荒井 重勇
技術補佐員 中野美恵子	技術補佐員 中尾 知代	技術補佐員 依田香保留
研究員 大住 克史	研究員 臼倉 治郎	研究員 田中 信夫

研究テーマ

当施設は、全国共同利用施設として学内はもとより広く国内外の研究者に対して、先端電子顕微鏡装置群の供用および依頼分析などの要望に応えている。現在、文部科学省先端研究基盤共用促進事業（共用プラットフォーム形成支援プログラム）の事業を通して我が国の材料開発の最先端に貢献している。

活動の詳細は、毎年発行の年報「名古屋大学　電子光学研究のあゆみ」を参照されたい。

発表論文等

Ⅰ．論文（査読のある学術誌等）

a．査読付き論文

[1] Takeshi Nagata, Akira Oda, Yuta Yamamoto, Risa Ichihashi, Kyoichi Sawabeab, Atsushi Satsuma, High Pt-mass activity of PtIV 1 / β -MnO2 surface for low-temperature oxidation of CO under O2-rich conditions, Catal. Sci. Technol., 2022. 12. 2749

[2] Akira Oda, Risa Ichihashi, Yuta Yamamoto, Kyoichi Sawabe, Atsushi Satsuma, Self-organized defect-rich RuMOx epitaxial layers (M = Mn, Fe, Co, Ni, Cu) for catalytic applications, J. Mater. Chem. A. 2023, 11, 23854

[3] Takashi Hibino,Kazuyo Kobayashi, Masahiro Nagao, Dongwen Zhou, Siyuan Chen, Yuta Yamamoto, Alternating Current Electrolysis for Individual Synthesis of Methanol and Ethane from Methane in a Thermo-electrochemical Cell, ACS Catal. 2023, 13, 8890-8901

[4] Akira Oda, Takahisa Fujita, Yuta Yamamoto, Kyoichi Sawabe, Atsushi Satsuma, Breaking the Structure－Activity Relationship in Toluene Hydrogenation Catalysis by Designing Heteroatom Ensembles Based on a Single-Atom Alloying Approach, ACS Catal. 2023, 13, 10026-10040

Ⅳ．国際学会・口頭発表等

b．一般講演（ポスター発表を含む）

[1] Takeshi Nagata, Akira Oda, Yuta Yamamoto, Risa Ichihashi, Kyoichi Sawabe, Atsushi Satsuma, Low-Temperature Oxidation of CO over β -MnO2 Supported Pt Single Atom Catalyst, The 19th Korea-Japan Symposium on Catalysis (KJSC), GO(A01), 2023/5/15-17, The Korea Science and Technology Center, Seoul, Korea, 一般残団法人触媒学会

[2] Rongshi Zhang, Shin Kajita, Hirohiko Tanaka, Dogyun Hwangbo, Yuta Yamamoto, Noriyasu Ohno, Field emission current from protrusion structure formed by helium plasma with various impurity gases, ISDEIV2023, DOI: 10.23919/ISDEIV55268.2023.10200357, 2023/6/25-30, 沖 縄, Local Organizing Committee of ISDEIV2023

[3] R. Zhang, S. Kajita, H. Tanaka, Y. Yamamoto, N. Ohno, Growth of micro-pillars on tungsten by helium plasma exposure with impurity gases, Global Plasma Forum in Aomori from 15 to 18 October 2023, P-7, 2023/10/15-18, 青森, GPF-Aomori実行委員会, ポスター発表

[4] Kimitaka Higuchi, Kyoka Kusano, Ayane Kitahara, Atsushi Takano, Three-dimensional observation of

microphase-separated structures from block copolymers by TEM tomography and FIB-SEM tomography, ICMASS2023, S1-P-10: (0072), 2023/11/30-12/3, 名古屋, Organizing committee of ICMaSS2023, Nagoya University, ポスター発表

[5] K. Higuchi, K. Kusano, A. Kitahara, A. Takano, Three-dimensional observation of microphase-separated structures from block copolymers by TEM tomography and FIB-SEM tomography , International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2023, S1-P-10: (0072), 2023.12.1-3, 名古屋大学, 未来材料・システム研究所, ポスター発表

[6] Yan Li, Shihao Zhang, Eita Tochigi, Kimitaka Higuchi, Yin Zhang, Shigeo Arai, Ting Zhu, Shigenobu Ogata and Atsutomo Nakamura, The configuration and evolution of nanoindentation-induced dislocations in single crystal ZnO, International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2023, S1-Ⅲ-4: (0029), 2023.12.1-3, 名古屋大学, 未来材料・システム研究所, ポスター発表

Ⅴ．国内学会・口頭発表等

ｂ．一般講演（ポスター発表を含む）

[1] 水野裕貴，山本悠太，山口　毅，安田啓司, 超音波合成した白金-金ナノ粒子に及ぼす界面活性剤とウルトラファインバブルの影響, 2023年度　第32回　ソノケミストリー討論会, 日本ソノケミストリー学会, 金沢大学, P03, 2023/12/6-7, ポスター発表

[2] 木村友哉、織田晃、山本悠太、沢邊恭一、薩摩篤, エタンからエタノールへの選択酸化反応における Pt/r-TiO2 の構造－活性相関, 第53回石油・石油化学討論会, 公益社団法人石油学会, 大阪科学技術センター , 2C18, 2023/10/26-27

[3] 市橋晃生、織田晃、山本悠太、沢邊恭一、薩摩篤, 水素キャリア触媒の寿命-活性トレードオフ関係からの脱却と省貴金属化に資するPt単原子合金触媒の設計, 第53回石油・石油化学討論会, 公益社団法人石油学会, 大阪科学技術センター , 2A01, 2023/10/26-27

[4] 北原 綾音，樋口 公孝，鈴木 次郎，髙野 敦志，松下 裕秀, ABC トリブロック共重合体ブレンドからの Double Primitive 構造の構築と 3 次元構造解析, 2023年度高分子基礎物性研究会・高分子計算機科学研究会・高分子ナノテクノロジー研究会 合同討論会, 高分子学会, 三重大学, 講演番号20, 2023.12.22

[5] 草野 杏佳，織戸 烈，樋口 公孝，鈴木 次郎，髙野 敦志，松下 裕秀, ABAC テトラブロック共重合体におけるホモポリマーブレンドによるらせん状ミクロ相分離構造のモルフォロジー制御, 2023年度高分子基礎物性研究会・高分子計算機科学研究会・高分子ナノテクノロジー研究会 合同討論会, 高分子学会, 三重大学, 講演番号21, 2023.12.22

令和5年度

活動報告書

名古屋大学
未来材料・システム研究所

〒464-8601　愛知県名古屋市千種区不老町
TEL：052-789-5262　FAX：052-747-6313

https://www.imass.nagoya-u.ac.jp

MAKE NEW STANDARDS.
東海国立大学機構

名古屋大学
NAGOYA UNIVERSITY