

IMaSS

Institute of Materials and Systems for Sustainability

NEWS

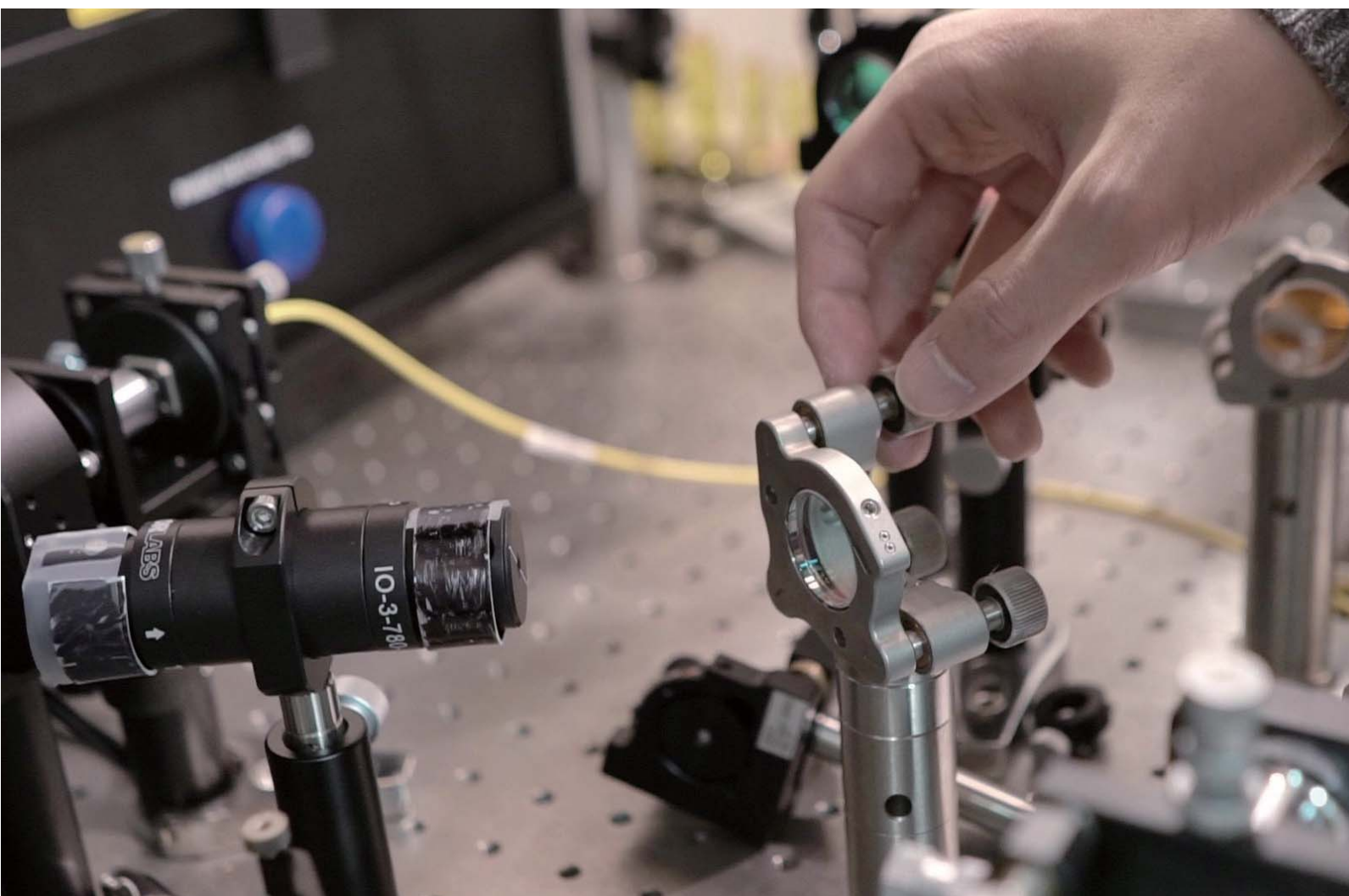


March
2021
Vol.10

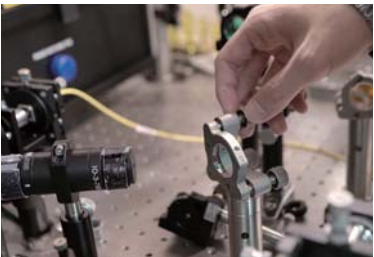
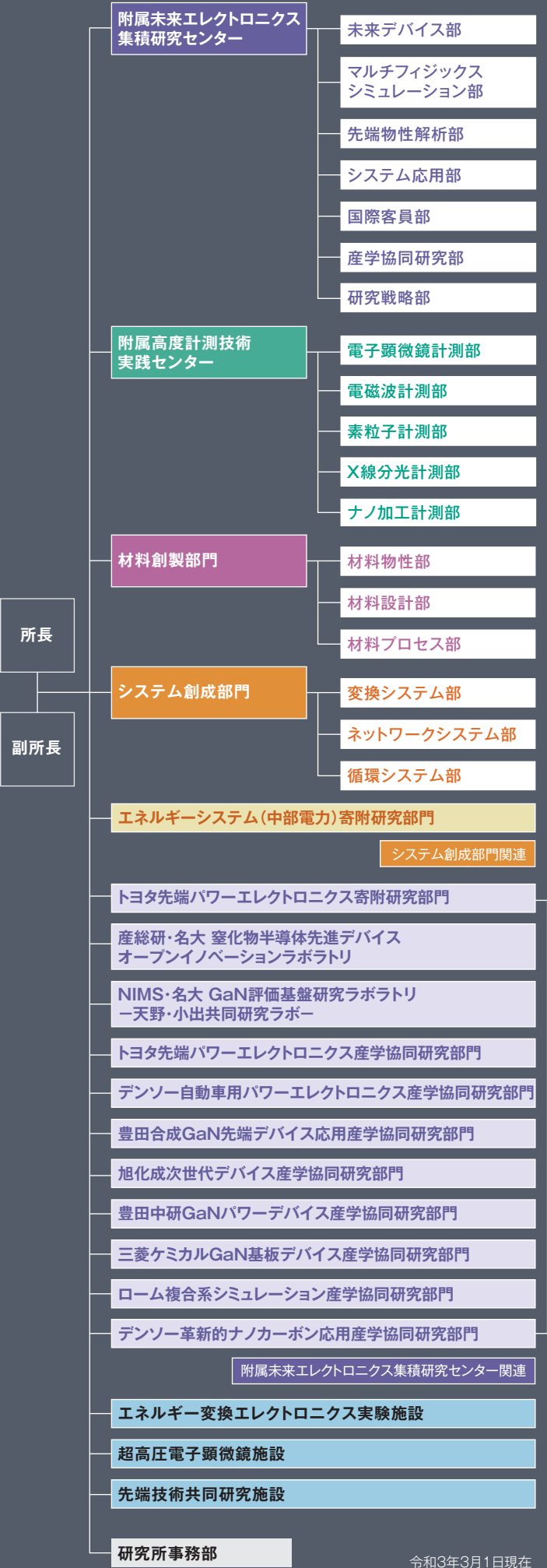
特集●齋藤研究室インタビュー

電子でナノをみる

革新的な計測技術の開発とともに



組 織 図



【表紙写真説明】
桑原准教授が開発した分析装置の
セッティングをしている。
(石田助教 総合研究実験棟にて)

CONTENTS

02	研究所組織図
03	特集 齋藤研究室インタビュー 電子でナノをみる 革新的な計測技術の開発とともに
09	研究報告
11	活動報告
13	新任のご挨拶
14	人事異動／受賞一覧
15	受賞一覧／科学研究費補助金／受託研究／受託事業 寄附金／共同研究(企業または大学等)

裏表紙 最近行われた行事

電子でナノをみる

革新的な計測技術の開発とともに

齋藤研究室を訪れると、木製の立体パズルや正十二面体のルービックキューブなどの、美しくも難解そうな立体パズルがいくつも置いてあります。これを解き明かすには、豊かな発想力、多彩な着眼点はもとより、細やかさと粘り強さが求められるのでしょうか。研究にも通じるところがあるように感じられ、「数学の美」の哲学にいざなわれるような気持ちになります。学生に授業をするときの導入にも使うことがあるそうです。

ここ齋藤研究室では、革新的な電子ビームをもちいて、まだ誰もみたことのないナノスケールの物理現象を映し出す装置の開発に取り組んでいます。革新的な電子ビームとはどんなものなのでしょう。どんな物理現象が映し出されるのでしょうか。

インタビュー／ 2020年12月
IMaSS広報委員会



齋藤研究室の(左から)矢野 力三 助教、齋藤 晃 教授、桑原 真人 准教授、石田 高史 助教



教授 齋藤 晃
SAITOH, Koh

宮城県生まれ。東北大学物理学専攻にて電子顕微鏡をもちいた準結晶の構造解析に関する研究で博士(理学)を取得。東北大学多元物質科学研究所での助手を経て、名古屋大学に着任。名古屋大学着任後は、種々の電子顕微鏡手法開発を進め、最近では電子らせん波など新しい電子ビームの基礎的研究およびその材料評価法への応用研究を行なっている。

●好きなこと・趣味/パズル・卓球・クラシック音楽・推理小説・最近は将棋

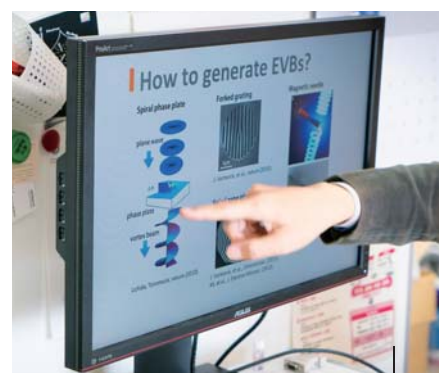
革新的な電子ビームで

まず、齋藤研究室ではどんな研究をされているのか教えてください。

齋藤 革新的な電子ビーム※1をもちいた材料評価法の開発をしています。そのひとつは、スピン偏極※2電子顕微鏡です。電子はコマのように自転していると考えられており、上向きに回転するアップスピンと下向きに回転するダウンスピンがあります。普通の電子ビームではそれらが半々の割合で混合しています。しかし我々の研究室で開発している電子銃(=電子ビームを出す装置)は、どちらか一方の向きの電子を90%の純度で出すことができ、偏極電子ビームをもちいた透過電子顕微鏡を世界で初めて実現しました。

世界初の実現ってすごいですね!

齋藤 この電子銃は、電子線の出し方がユニークなんです。桑原先生が研究されているのですが、半導体に光を当てるとその光のエネルギーを吸収して電子が飛び出る光電効果※3と呼ばれる現象を使っています。当てる光をパルス※4状にすると出てくる電子もパルス状になるパルス電子ビームを生成することにより、試料に照射したその瞬間の現象を



授業で「電子らせん波の作り方」を説明する際に使用するスライドの映像

観察することができるんです。

「革新的」のもうひとつは、電子らせん波です。電子は波としての性質をもちますが、その波面がらせん状になったものです。こちらは公転運動に相当していて、スピンと同様に電子顕微鏡法への応用は面白いアイデアだと考えています。

電子の波をらせん状に出せるんですか?

齋藤 出せます。電子らせん波の作り方には、厚さがらせん状に変化した膜や、格子が分岐したフォーク型回析格子を使う方法など、いくつかの方法があります。普通の波と違って、クルクル公転する成分があるので、例えばこのクルクルの成分を使ってモノを回せないか、というアイデアもあります。光ですと、光ピンセットっていうのがあって、光で物をつまんで、平行移動だけでなく回転する操作ができるんです。我々が扱うのは電子線なので、もっと小さいものを回せないかと考えています。

電子の渦は未知の世界に繋がっているようですね。

齋藤 荷電粒子が渦みたいに回ると、電磁石のように磁気が発生するので、今注目の磁性体と相互作用するんじゃないかということで、いろいろな研究を進めています。他にも、物質のキラリティ※5の分別にこのビームを使えるのではないかと期待しています。材料開発にこのキラリティの分別は重要なんです。

評価の方法はさまざま

電子でモノを評価するという方法にはどのようなものがありますか?

齋藤 主に3通りに分かれます。①イメージング。光学顕微鏡

基礎知識

※1 電子ビーム

EB (electron beam) といい、真空中に放射された高速度の電子の流れのこと。蛍光灯やテレビのブラウン管、X線管などは電子線を使った装置。

※2 スピン偏極

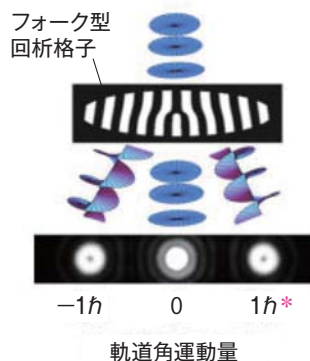
電子が有する自転のような性質で、電子スピンは磁石の源でもある。スピンの状態には上向き(アップ/右巻き)と下向き(ダウン/左巻き)という2つの状態があり、どちらかの向きに偏ることをスピン偏極という。

※3 光電効果

物質に光が当たると、中の電子が飛び出てくる現象。物質中の電子は原子核の引力で束縛されていて、普通は外へ出てこれない。外へ出るためには、束縛を切るためのエネルギーが必要。光電効果では、光のエネルギーでこの束縛が切れる。

■電子らせん波のイメージング応用

- 特徴・らせん状に回転しながら進行
・右ねじの法則により磁場が発生
・強度分布がドーナツ型



透過型電子顕微鏡

生成方法・透過型電子顕微鏡内で平面波を特殊な回折格子に入射することで回折波として生成

電子らせん波を磁性体に照射したときの変化を検出することでナノスケールの磁性情報を取得 * $\hbar$ = ディラック定数 (換算プランク定数)

の光を電子に、光学レンズを磁場レンズにしたもの。②回折※6を使う方法。試料から散乱された電子の波がスクリーン状につくる特徴的なパターン(回折図形)から原子の並び方を推察する方法。③エネルギー分光をする方法。電子線のエネルギーが試料に当たっていろいろな相互作用をしたときの失われるエネルギーを分析することで、それがどんな性質を持っているかがわかるんです。

モノ自体の研究もあれば、モノを明らかにする技術もあるんですね。

齋藤 電子顕微鏡に携わっている人の多くは、材料(モノ自体の研究)をやっていますね。材料を見たくて、材料を知りたくて、そのツールとして研究している人が多いです。私は、電子顕微鏡の手法の人間で、あまりモノ自体の研究はやっていません。その手法の性能評価のための適用例としてモ

ノを観ています。

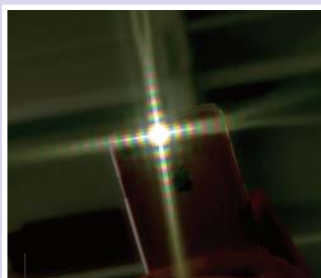
初歩的な話ですが、電子ってどうやって出すんですか？

齋藤 いろんな出し方があります。簡単なのは、物体を2000℃くらいに温めると、熱電子が飛び出てくるんです。タングステン、ランタン化合物を使うことが多いですね。ただ、熱電子だと、エネルギーがばらつくんです。すごくとんがった針にめちゃめちゃ高い電圧をかけると、電子が引っ張られて出てきます。これだと温めなくても良いので、エネルギーのばらつきが小さくなります。そんな方法があります。

電子を出すのって、すごく大変なことなんですね。

齋藤 そうです。そこだけでもひとつの研究分野になるくらいです。前述のものすごくとんがった針の電子源は、日本で研究されたものが世界中に普及しました。桑原先生のスピン偏極パルス電子源も世界中に広まればと思います。

「回折」の説明グッズ



オーガンジーのような薄い網目状の布を通して点状の光を見ると、十字の模様が現れる。よく見ると十字に沿って虹が繰り返して並んでいる。布を平行移動しても模様は変わらないが、布を回すと光の十字も一緒に回る。これは結晶の回折と同じで、布目で散乱した光の波が特定の方向に強め合うため。虹が現れるのは、波長によって強め合いの方向が異なるためである。光の回折図形から布目の模様を決めるのが回折をもちいた結晶構造解析だ。



メガネを通った光が天井に映るとドラえもんが見える。

花火屋さんで見つけたメガネ。メガネの板を通過した光は、特定の方向に強め合ってドラえもんを描く。逆に言えば、メガネの板にドラえもんが現れるような「原子配列」が刻まれている。(齋藤教授の授業で使用するグッズの一つ) この眼鏡をかけて花火を見ると、ひとつひとつの輝点が全部ドラえもんになる。(@_@)

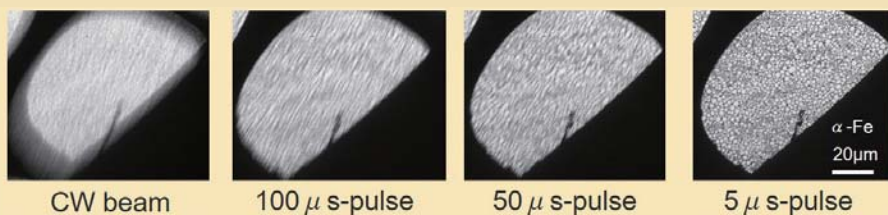
※4 パルス

短時間に急峻な変化をする信号の総称。極めて短い時間流れる電流や電波。

※5 キラリティ

「掌性」ともいい、ある物体が、その鏡像と重ね合わせることができない性質。左右の違いのある形をキララといい、人間の手はキララの代表例。分子のなかには分子式が同じだが立体構造が互いに鏡像の関係になっているものがあり、化学的性質がまったく異なるものがある。例えばサリドマイドは、右手系(R体)は睡眠薬として働くが、左手系(S体)は強力な催奇形性を有する化合物。こういった物質のキラリティを、速く正確に分離させる方法の開発は重要。ちなみに、名大の岡本佳男名誉教授(元エコトピア科学研究所 客員教授)は分離反応させる基礎開発への多大な貢献により「日本国際賞」を、野依良治特別教授は反応開発で世界を牽引し「ノーベル賞」を受賞された。

1kHzで揺れ動く試料にパルス電子線をもちいた場合のTEM像



M. Kuwahara et al., Microscopy 62, 607-614 (2013)

小さくて高速で動くものを観察



「コヒーレント※7超短パルス※8電子線をもちいた超時間分解電子顕微鏡の実現」をwebに公開されています。

<http://sirius.imass.nagoya-u.ac.jp/trTEM/activities/index.html#about>

桑原 はい、最先端の分析機器を作っています。これまでの電子顕微鏡でも、原子のような小さなものまで見えるんですが、速く動くものは画像がぼけてしまうから見えません。でもこの分析機器を搭載した顕微鏡は、超高速で連続に、動く一瞬一瞬を撮ることができるんです。それにより、例えばA地点からB地点までどのように動いたのかとか、デバイスの中でどう劣化したのかとかがわかるし、生物試料や高分子材料も撮ることが可能なんです。

生物試料などは、電子線を当てると壊れてしまうのでは？

桑原 電子線はエネルギーが高いから、当てると結合が切れて壊れちゃうんですけど、この顕微鏡だと壊れる前の状態を撮ることができるんです。しかも、動いても大丈夫なので、意外に手間のかかる試料の固定をしなくてもよいため、簡便性が上がるし、産業的にはスループットが高いのかなと思います。

見えないほど小さくて動いているものを捉えるって、目の前に広がる宇宙の素粒子の話をしているような気がしてきました(笑)。

准教授 桑原 真人

KUWAHARA, Makoto

徳島県生まれ。名古屋大学素粒子宇宙物理学専攻にて素粒子実験用偏極電子源に関する研究で博士(理学)を取得。東北大学電気通信研究所でポスドクを経て、名古屋大学に着任。名古屋大学着任後は、電子顕微鏡を用いた新規分析手法の創出と先進材料への応用を行なっている。

●好きなこと・趣味/ドライブ・旅行・映画



桑原 学生時代、名大の時は理学部物理で、加速器を使って素粒子の研究をすること(中西研)にいたから、そういう話し方になるのでしょうか(笑)。量子情報の分野にも興味があって、その後ポスドクの2年間は

東北大で量子中継器や量子通信をやっていたんですが、ここの研究室の前身の田中信夫先生と中西先生が共同研究をするというきっかけがあり、今の研究室にきました。それでこの分野に変わったんですが、これまでやって来た経験は何も無駄になっていません。

どういっところに経験が活かされているんでしょう。

桑原 顕微鏡って観る対象にフォーカスされる人がほとんどなんですが、私は装置側を新しくすることをメインにしています。今作っている新しい装置は、素粒子実験の時の経験が活かされているかなと思いますし、電子って量子性があるんですが、仙台(東北大)でやっていた量子情報の研究の経験も活かしていて、すべて繋がっているんです。

素晴らしいですね!子供の頃から研究者になりたいと?

桑原 小学生の頃は発明家になりたいと思っていましたね。図書館に置いてあった「ナントカの秘密」みたいな科学のシリーズ本が好きで、その影響かもしれません。将来のことはあまり考えてなくて、数学と物理・化学は好きでしたけど、研究者にと思ったのは大学院に入ってからですかね。

今作られている顕微鏡の開発は、経験に裏付けられた発明だと思いますが、どういったところでひらめくことが多いですか?

桑原 ひらめきや思い付きはしょっちゅうあるわけではないですが、お風呂に入って頭を洗いながら何が足りないのかな、これがあつたらできるのにな、そこをどうしたらいいのかなっていうことを、ボーっとしながら考えてる時に思いつくことが多いですね(笑)。

高校生に伝えたいことは?

桑原 自分の頭で解決して、社会に出たときにちゃんと力になる、論理的に考えて物事を解決する力をつけて欲しいですね。それを手助けする高度な知識を得るところが大学かなと思います。その力はなくても生きていけるんですけど、高度な知識は、その人の幅を広げるし、これから生きていく力にもなるし、自分の糧にも武器にもなりますからね。

※6 回折

進行する波動が障害物の背後など、影の領域に回り込んで伝わる現象。物かげにいても音が聞こえるなど。障害物に対して波長が大きいほど回折角は大きい。

※7 コヒーレント

波動が互いに干渉しあう性質を持つことを表す言葉で、二つまたは複数の波の振幅と位相の間に、一定の関係があることを意味する。音楽で言うリズムのようなイメージだろうか。レーザー光はかなりコヒーレント性の高い光であり、コヒーレント光と言われることもある。

※8 超短パルス

数フェムト秒～数ピコ秒の超短い時間の中で急激な振幅(波)をもつ信号のこと。1フェムト秒=1fs=1×10⁻¹⁵秒=1000兆分の1秒 1ピコ秒=1ps=1×10⁻¹²秒=1兆分の1秒 ちなみに、1秒間に約30万km(地球7周半の距離)も進む速さの光でさえ、1フェムト秒の間に(光が)進む距離は約0.3μm程度。

やっぱりオリジナルの装置を作りたい

石田助教も、電子顕微鏡の装置開発をされているんですか？

石田 はい、桑原先生と同じように、ナノレベルの、原子サイズの目では追えないくらい速く動く物体とか物質、そういう現象を捉えようと研究をしています。特に今は磁性体の運動とか、スキルミオンと呼ばれるような新しい磁気構造の運動だったり、生体試料が壊れる直前～瞬間の様子などを捉えたいと、それをモチベーションとしています。

磁性材料って見えるものなんですか？

石田 磁性材料は原子や分子のような形としてではなく、それらが集まってできた構造なので少し大きめのスケールになるのですが、電子は荷電粒子なので、そこに何かの磁場がかかっている(磁界がある)と、力を受けて電子が曲がるんです。その曲がりの角度を検出してやると、どれくらいの磁場なのかがわかるということです。

そんなことができるんですね。

石田 今はその様子を直接見ることができる顕微鏡もできたんですが、大変高価なので、宇宙の謎を解くための高エネルギー加速器の検出器を応用して、高感度で電子を検出できる別の方法の開発を続けているところです。

今の道に携わられるようになったきっかけを教えてください。

石田 子供の頃は野球やサッカーが好きで、大学に進学したときも地元の企業に就職するのかなと思っていたんですが、大学院1年の時に、実験で初めて金の原子が1個1個並んでいる像、原子分解能で捉えた像を撮らせていただいて、「こんなのが撮れるんだ」「原子って本当に見えるんだ」って感動して。ぜひこの電子顕微鏡の分野で研究を続けたいなって、それが決め手になったと思います。

観ること中心ではなく、装置開発の研究を選んだ理由は？

石田 やっぱり誰も見ていない世界を見たいじゃないですか。そういう意味で、買ってきた装置だと、結局誰か同じようなことをやっているから、オリジナルな装置を作らないと新しい研究はできないと思っています。今開発中の検出器は試作品なので、うまくいけば今回の問題をいろいろ洗い



助教 石田 高史
ISHIDA, Takafumi

愛知県名古屋市出身。2007年名城大学理工学部卒、同大学院修了。名古屋大学大学院電子情報システム専攻にて位相差走査電子顕微鏡法の開発で学位(博士(工学))を取得。名古屋大学エコトピア科学研究所博士研究員を経て2015年より名古屋大学未来材料システム研究所の助教に就任。

●好きなこと・趣味／スポーツ観戦(球技全般)、映画・ドラマ鑑賞などインドア系がメイン、たまにドライブも。野球がシーズンオフのため最近はおっぱらYouTubeやNetflixで動画を観るかドライブ。

出して、次はもう少し大きいものを作ろうと思っています。

「すごい物質」探しへの情熱

矢野助教はどのような研究をされているのでしょうか？

矢野 一言でいうと「すごい物質」探しです。私が今注目しているのは、物質の「表面・界面※9」と物質そのもの(内側、表面以外の部分)では、まったく異なる特性が現れるという「トポロジカル物質※10」です。ここ数年で数多くの種類が理論提案され、その特殊な性質が次々と確認されてきました。例えば、物質そのものは絶縁体なのに表面だけには高速応答する電子がいる金属の性質を持つトポロジカル絶縁体があります。この電子は磁石や磁場にも敏感に反応するので、高感度な磁気センサーや、微小磁気で動く極低消費電力デバイスへの応用なども期待されています。

物質の表面だけにそんな電子がいるんですか？

矢野 そうなんです。でも実はこの表面電子はさらにパワー

助教 矢野 力三
YANO, Rikizo

神奈川県川崎市で生まれ育ち、小さい頃からロボットや電子工作に興味を持つ。中高では部活で囲碁や卓球に没頭し、大学でも慶應義塾体育会卓球部に在籍し文武両立を目指す。物質研究の重要性を多方面で痛感し、大学院は東京工業大学物質科学創造専攻に進学し博士(理学)を取得。その後ポスドクとして産業技術総合研究所、名古屋大学で接合研究を行い、20年4月から現職に就任。

●好きなこと・趣味／卓球、囲碁、けん玉、結晶作り



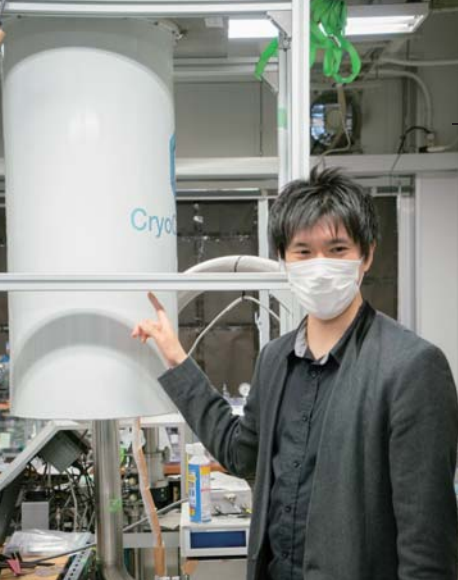
※9 界面

物質と物質が隣り合っているちょうど境のところ。接合した境界部分。

※10 トポロジカル物質

“穴の数”で分類する数学のトポロジーを使って発見された物質群で、多くの種類が見つかっている。物質の中身(バルク)を調べるとその表面や界面での強固な性質がわかるというもの。代表例はトポロジカル絶縁体で、中身は絶縁体だがその表面には高速に動くディラック電子(あたかも質量がないような粒子として物質中を高速に移動する電子)が存在し、次世代半導体材料として注目を集めている。

極低温低ノイズ測定装置



齋藤教授が子供の頃から親しんでいるルービックキューブや立体パズル。研究室公開の時に、このようなグッズや多面体の折り紙、知恵の輪などで来訪者に楽しんでもらっている。

ニールシートの屋根がかかるようにするというものを適当な材料で作っていました(笑)。でも必ず「もっといい材料がないからそれ以上はできない」という壁が来るんです。それで、材料

の研究をしたいと思ったんです。

解明への道筋

仮説を科学の力で実証する、解き明かす道筋に光を当てる研究に、パズルや知恵の輪のイメージが重なる気がします。いつ頃から親しまれているんですか？

齋藤 ルービックキューブとの出会いとしては、小5の頃。ブームに乗って、田舎なんですけど結構早い時期に手に入れて解法を覚えて、少し優越感を覚えたんですね。熱が冷めた大学院生の頃、偶然見つけたカタログに十二面体のものが写ってて、これは動くのか!?!と。で、それが欲しくて、ブログにカタログと共に「WANTED!」と書いたら、海外からメールが来て。詐欺かもしれないと思いながら恐る恐る送金し手に入れました。六面体のやり方が応用できるんです。「これがうまくいった」っていうのをメモして、虎の巻と組み合わせて。でも凝り性じゃないとできないですね(笑)。結局好きなんです、こういうことが。

知りたい、解明したい、研究対象が「電子(素粒子)のふるまい」ということですね。

齋藤 電子も素粒子のひとつなんですけれど、そこら中であって、取り出す技術も確立しています。しかも、ある方程式に従ってみごとに思うとおりにふるまう(動く)んです。仕掛けた通りのことをやってくれるので、それを使って、結晶とか材料の構造を調べて、次のステップとして顕微鏡への応用に行っています。

でも、まだ電子の基礎的な性質で知らない部分があるんじゃないかと、そういうことを調べています。それはすぐには材料の開発には直結しないかもしれませんが、何が起るかわからないから。

アップするかもしれないんです。トポロジカル物質と超伝導体※11を組み合わせると、接合部分である界面に「マヨラナ粒子※12」というまだ見つかっていない粒子と同じ状態が現れるとされています。未発見粒子状態を観測すること自体もすごいですが、このマヨラナ粒子は「量子コンピューター」への応用も期待されています。もしかしたら、スーパーコンピューターの「富岳」でも、数万年かかる計算が数分でできてしまうかもしれません。私はそんなマヨラナ粒子の確証や種々のトポロジカル物質のまだ隠された性質を明らかにする研究を、昨年4月から齋藤研究室で本格的にしています。

そういった「すごい物質」が見つかったら、どんなことに結び付くと期待されるんですか？

矢野 そんなすごい物質が見つかったら世界が変わりますね。今私たちの身の回りにある便利なものは、全てそういうすごい物質が実現したおかげによるものです。例えば、ガラスやビニール袋の様に透明なものは普通電気を流しません。ですが透明なのに電気を流す物質ができたから、スマートフォンのタッチパネルのようなものができたわけです。私たちは普通を打ち破る「すごい物質」のおかげで快適で便利な生活ができるのです。だから逆に「すごい物質ができれば新しい世界がやってくる」と信じて、私は研究しています。時には一見すると普通にみえる物質でも別の物質と組み合わせるとすごい物質・性質になることもあります。半導体を組み合わせてできた太陽電池や上の例のマヨラナ粒子の様に。

「すごい物質」への熱い思いはいつ頃から持っているんですか？

矢野 小さい頃からモノ作りが好きで、空き缶ロボットの両腕に扇風機をつけて「走る扇風機」とか、ゴミを捨てるの面倒だから「ゴミ箱が来い!」と思ってゴミ箱に足を付けるとか、雨が降ってきたら自動で感知して洗濯物干しの上にビ

聞き手・文／IMaSS広報委員会 三輪富生、小西雅代

※11 超伝導体

物質によって異なるある温度より冷却したときに、電気抵抗が急激にゼロになる量子現象を示す物質。これをつかって、損失ゼロで電気を流す、強力な磁場を作り出すのが可能という実用的特徴がある。

※12 マヨラナ粒子

「粒子=反粒子」と自分自身が反粒子として定義され、近年、このマヨラナ粒子と同じ状態が物質中(特殊な超伝導状態中)に現れることが理論で示された。もしも存在が確定されれば、マヨラナ粒子を入れ替えるだけで状態が制御できることから、今までにない組紐タイプの量子コンピューターができる。そのため「使える素粒子」として期待が高まっており、基礎物理と応用両面から重要視され、世界中でその挑戦が続いている。

研究報告●

01

専門知識と機械学習を融合した最適化手法 ～最適な成膜条件により生産効率を約2倍に～

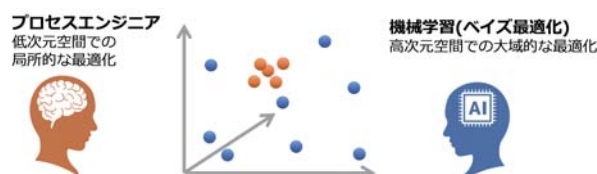
IMaSS未来エレクトロニクス集積研究センター宇治原研究室の長田圭一(当時大学院生)、宇治原徹教授、理化学研究所革新知能統合研究センターの杓掛健太郎研究員およびグローバルウェーブ・ジャパン株式会社の共同研究グループは、逐次最適化のための機械学習手法であるベイズ最適化を、化学気相成長法(CVD法)によるエピタキシャルSi膜の成長プロセス条件の最適化へ応用することにより、成膜品質を維持しながら、成長速度を約2倍に高めることに成功しました。

材料分野の製造現場では、製造プロセスの条件検討が欠かせませんが、目的とする材料特性値そのものに加えて、限られた実験回数や特性評価に要する時間・コスト、装置エラーが発生する条件など、考慮すべき要素が多くあります。本研究で開発した最適化手法は、ベイズ最適化をベースに、考慮すべき要素に基づいた複数の制約を、状況に応じて適応的に用いる方法で

す。さらに、ベイズ最適化による大域的な最適化と、プロセスエンジニアの専門的な知識・経験を生かした局所的な最適化を組み合わせることで、3か月の非常に短い開発期間の中でも12個という多数のプロセス条件パラメータの最良な組み合わせを見出すことに成功しました。この最適化手法は、本研究対象のCVD法に限らず、様々な材料プロセスに応用可能で、製造プロセス開発の有効化・効率化に貢献する方法です。

本研究成果は、2020年8月13日付科学雑誌Materials Today Communicationsオンライン版に掲載されました。(2020年9月10日 2020年 第81回応用物理学会秋季学術講演会にて発表)

DOI : 10.1016/j.mtcomm.2020.101538



▶ http://www.nagoya-u.ac.jp/about-nu/public-relations/researchinfo/upload_images/20200909_imass1.pdf

研究報告●

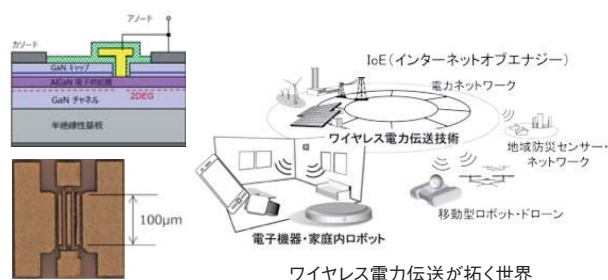
02

内閣府の戦略的イノベーション創造プログラム 天野浩教授が代表の産官学の研究チームで ワイヤレス電力伝送に向けた基盤技術開発が進む

IMaSS未来エレクトロニクス集積研究センター長の天野浩教授を代表とする産官学(大学5機関、国研1機関、企業6機関)からなる研究チームは、内閣府が創設した戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)第2期の課題「IoT社会のエネルギーシステム」における研究開発項目「エネルギー伝送システムへの応用を見据えた基盤技術」の委託を受け、ワイヤレス電力伝送(WPT)システムへの応用を見据えたGaNパワーデバイスおよび回路システムによるワイヤレス電力伝送基盤技術の研究開発を2018年度から進めています。この度、本プロジェクトの成果として、マイクロ波電力の受電に適したノーマリオフ型HEMTを基本とするGaN整流素子の作製プロセスを確立し、整流動作を確認しました。また、本プロジェクトに参画している金沢工業大学は高い電力変換効率のレクテナを開発しました。これらの成果について、2020年9月24日の電子情報通信学会マイクロ波研究会(オンライン開催)および2020年10月7日の電子情報通信学会無線電力伝送研究会(オンライン開催)で発表しました。今後、整流素子の性能向上と大電力化を進め、同時発表のマイクロ波整流回路技術と組み合わせることでGaNに

よる10ワットクラスのマイクロ波帯ワイヤレス電力伝送システムの実証を目指します。

ワイヤレス電力伝送(WPT)技術は非接触の充電器として利用されています。この技術が一般的になり、電力を送る距離が延びると、室内にある多くの機器やセンサーの電源コードや電池交換が不要になり、屋外の移動型ロボットや自動輸送機器に搭載するバッテリーを小さくできるなど、電子機器、電気機器の使い勝手が良くなることが期待されます。この技術は、いつでも、どこでも、必要な時に電気エネルギーを得られる「IoT(インターネットオブエナジー)」という概念を実現する基盤技術です。



ワイヤレス電力伝送に適した
GaN整流素子

▶ http://www.nagoya-u.ac.jp/about-nu/public-relations/researchinfo/upload_images/20200923_imass1-2.pdf

研究報告

03

振動発電素子の微視的な仕組みを解明 ～自ら発電するデバイスが身近に～

JST戦略的創造研究推進事業において、静岡大学工学部の橋口原教授と東京大学生産技術研究所の年吉洋教授らの研究グループは、IMaSS未来エレクトロニクス集積研究センターの白石賢二教授、中西徹大学院生、長川健太研究員、洗平昌晃助教らと共同で、振動発電素子において非晶質シリカが負に帯電する微視的な仕組みを世界で初めて解明しました。

充電不要の自立電源を実現する技術として、外界の振動だけで動作する振動発電素子が期待されています。研究グループが以前開発した、非晶質シリカを負に帯電させることで動作するカリウムイオンエレクトレットが振動発電素子として期待されていますが、負に帯電する微視的な仕組みは未解明でした。

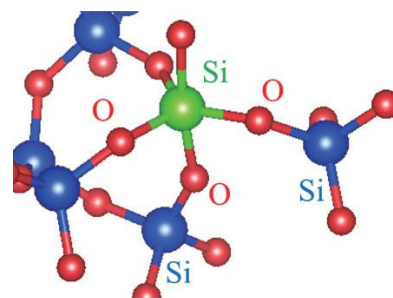
研究グループは、非晶質シリカ内にカリウム原子を挿入するとカリウム原子からケイ素原子に電子が供給され、ケイ素原子があたかもリン原子のように振る舞うことを量子力学に基づく計算から発見しました。そ

して、ケイ素原子は通常の4本ではなく5本の共有結合を酸素原子と形成して SiO_5 構造となり、この構造が負電荷を蓄積することを明らかにしました。

本成果により、振動発電素子の信頼性向上や長寿命化への設計指針が得られます。充電なしで動作するセンサーなどが身近になる他、モノのインターネット(IoT)の実現にも貢献が期待されます。

本成果は、2020年11月10日に Applied Physics Letter 誌に掲載されました。

DOI : <https://doi.org/10.1063/5.0029012>



▶ http://www.nagoya-u.ac.jp/about-nu/public-relations/researchinfo/upload_images/20201019_imass1.pdf

研究報告

04

GaNに格子整合する新たな窒化物半導体の合成に成功 ～高電子移動度トランジスタの可能性を広げる AIPN/GaN構造を実現～

IMaSS未来エレクトロニクス集積研究センターのMarkus Pristovsek(マーコス プリストフセク)特任教授らのグループは、窒化ガリウム結晶(GaN)に格子整合する新たな窒化物半導体AIPNの合成に成功しました。この半導体結晶により、現在、5G基地局などで使われている高電子移動度トランジスタの特性を超える、高速、高効率なトランジスタの実現が期待され、次世代移動通信システム(6G)開発への貢献が期待されます。

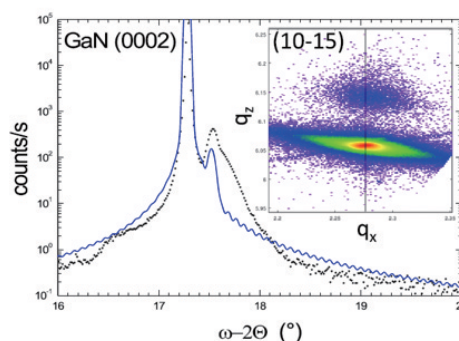
本研究では、(1) AIPN結晶のP組成の精密制御により、GaNとAIPNとの間に良質な界面が形成可能であることを実証しました。また、(2) この結晶ではP(リン)の含有率が低いため、AlN(窒化アルミニウム)と同様の強い自発分極が期待されます。

現在の5G基地局で使われている高電子移動度トランジスタでは、GaN基板結晶の上にAlGaN(窒化アルミニウムガリウム)結晶を形成した結晶が使われています。このAlGaN結晶に替えて、自発分極のより強い、例えば、AlNのような結晶を使うと、トランジスタの特性

向上が可能です。一方で、AlN結晶とGaN結晶とでは、原子の間隔が大きく異なるため、それらの界面で原子配列の乱れが起こり、特性向上の妨げとなります。そこで、本研究では、GaNと原子間隔がほぼ一致し、かつ、AlNと同様の強い自発分極を有する結晶の合成に取り組みました。

本研究成果は、2020年10月9日付けの物理系学術誌刊行センターの科学誌Applied Physics Express誌にてオンライン公開されました。

DOI : [10.35848/1882-0786/abbcca](https://doi.org/10.35848/1882-0786/abbcca)



▶ http://www.nagoya-u.ac.jp/about-nu/public-relations/researchinfo/upload_images/20201102_imass1.pdf

研究報告◎

05

2次元物質を用いた簡便薄膜作製法を開発 溶液1滴、30秒で機能性酸化物のナノコーティングを実現

IMaSS材料創製部門の^{おさだ}長田実教授、^{しえつ}施越大学院生、物質・材料研究機構の佐々木高義フェローらの研究グループは、酸化物ナノシートなどの2次元物質を、30秒程度の短時間で基板上に隙間なく単層で配列して、薄膜を作製する新技術を開発しました。

グラフェンや酸化物ナノシートなどに代表される2次元物質(ナノシート)は、高速電子伝導、高誘電性、高い触媒性などの様々な優れた機能を発現し、エレクトロニクス、環境、エネルギー技術など広範な分野での応用が進められています。ナノシートの多くは、水溶液中に分散したコロイドとして得られるため、優れた機能をフルに引き出してデバイス化するためには、ナノシートを様々な基板表面に秩序正しく配列させ、薄膜を作製することが重要となります。

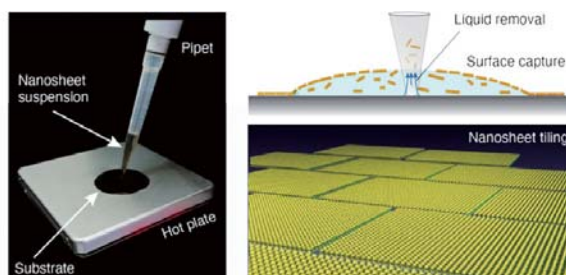
本研究では、マイクロピペットを使って、酸化物ナノシートのコロイド水溶液を基板に1滴滴下した後、それを吸引するという簡便な操作により、約30秒という極めて短時間でナノシートを稠密配列できることを見

出しました。さらにこの操作を反復することにより、ナノシートを1層ずつ精密に制御して積み重ね、多層膜や超格子膜を構築できることも確認しました。

今回の成果は、ナノシートの応用の鍵となる薄膜製造を簡便な操作、短時間プロセスで可能とするため、ナノシートを用いた実用デバイス製造や機能性酸化物のナノコーティングの重要な技術に発展するものと期待されます。

本研究成果は、2020年10月29日付 米国化学会誌ACS Nanoオンライン版に掲載されました。

DOI : 10.1021/acsnano.0c05434



▶ http://www.nagoya-u.ac.jp/about-nu/public-relations/researchinfo/upload_images/20201104_imass1.pdf

活動報告

蓄電固体界面科学 第2回公開シンポジウム

令和2年 9月28日(月) 13:00~17:30 オンライン配信

2019年7月に発足した科研費・新学術領域研究「蓄電固体界面科学」(領域代表:材料創製部門 入山恭寿)も1年が経過しました。この1年間の研究成果報告と今後の研究推進の紹介を、YouTubeを経由して全国に配信するハイブリッドシンポジウムという形で第2回公開シンポジウムを実施しました。

2019年ノーベル化学賞受賞者である吉野彰先生、蓄電固体材料分野を先導されている東京工業大学・菅野先生、日産自動車・萩原様の招待講演も企画し、大変好評をいただきました。

会場の東京国際フォーラムでは、蓄電固体のメンバー23名と招待講演の先生方3名の合計26名が参加し、オンライン配信視聴申し込みは389名にのぼり、総合計参加者は415名となりました。(入山恭寿)



第2回公開シンポジウム(オンサイト)での集合写真

第61回 電池討論会 / 全固体電池特別セッション

令和2年 11月19日(木)9:00~12:30、13:45~16:45 オンライン開催

第61回電池討論会(実行委員長: 材料創製部門 入山恭寿)が今回初めてオンラインで開催されました。1742名の皆様にご参加いただき、299件の講演がオンデマンド形式で行われました。2日目には「全固体電池特別セッション」が行われ、トヨタ、NEDO(SOLiD-EV、RISING2)、JST(ALCA-SPRING)、JSPS(富岳、新学術「蓄電固体界面科学」)と国内を代表する全固体電池に関わる機関・PJからご講演いただきました。計5000回以上の動画視聴があり、大変多くの方にご興味をもってくださいました。(入山恭寿)



電気学会 誘電・絶縁材料研究会 「量子化学計算、コンポジット材料、誘電・絶縁特性」

令和2年 12月16日(水) 10:00~16:00 会場: ウィンクあいち 中会議室1201号室

誘電・絶縁材料研究会は、「量子化学計算、コンポジット材料、誘電・絶縁特性」をテーマに、電気学会誘電・絶縁材料技術委員会と未来材料・システム研究所との共催行事としてウィンクあいち(名古屋市中村区名駅4丁目)の中会議室で開催されました。

誘電・絶縁材料研究会としては初の試みとなるハイブリッド方式(Webexを用いたオンライン開催および現地開

催の併用)となり、現地会場とオンラインで併せて10件の発表があり、活発な議論が同時双方向に行われました。参加者は43名に上り、異なるオンライン画面が2つの会場スクリーンに表示され、現地会場の様子がオンライン配信されました。

(エネルギーシステム寄附研究部門 杉本重幸)



研究会のハイブリッド開催における会場の様子(異なるオンライン画面を2つの会場スクリーンで表示)

第5回 エネルギーシステムシンポジウム 「パワエレ応用技術が拓く新たな電力システム」

令和2年 12月18日(金) 13:00~17:00 名古屋大学 ES総合館1階ESホールよりZoomウェビナーにてオンライン配信

今 回のシンポジウムは題記をテーマに、講演者や聴講者は Zoomウェビナーによりオンライン接続し、事務局側の挨拶や趣旨説明は ESホールの演台で行い、その様子を配信するハイブリッド形式で開催しました。

まず基調講演として、山本真義本学教授には次世代パワー半導体を用いたEV用・電力用機器の現状と将来の可能性について、馬場旬平准教授(東京大学)には電力システムを取り巻く状況から次世代洋上直流送電システムの開発事業についてご講演いただきました。続いて、望月良成氏(中部電力)には中部地区の直流連系設備の導入状況と将来の動向について、西村隆氏(三菱電機)には高出力密度パワーモジュールを実現する絶縁材料技術についてお話しいただきました。

参加者は137名に上り、対面形式が難しい中、今回の開催形式に好意的な感想も寄せられました。

(エネルギーシステム寄附研究部門 杉本重幸)



New greetings

新任のご挨拶



未来エレクトロニクス集積研究センター
マルチフィジックスシミュレーション部
特任助教
(令和2年9月1日~)

BUI, Thi Kieu My

Starting from September 1, 2020, I had the chance to work in IMaSS as Assistant Professor. I have been working in the field of computational materials science based on quantum theory. In particular, I have studied the structure and explored the diffusion mechanisms of rechargeable Li and Na batteries.

After joining IMaSS, I target to reveal the important processes in the epitaxial growth and establish my quantum theory of epitaxial growth. I aim to elucidate atomic structures of the surface steps of GaN surfaces, unveil atom-scale processes at step edges, and then provide a microscopic picture of the step-flow epitaxial growth of GaN.

I believe that my work will contribute to the knowledge of epitaxial growth for a sustainable society.

〔令和2年8月2日～令和3年1月1日〕 ※部局内異動は「転入・転出」、外部、非常勤からの採用は「採用」として表現

発令年月日	氏名	所属部門等名	職名	異動内容
令和2年 9月1日	BUI Thi kieu my	未来エレクトロニクス集積研究センターマルチフィジックスシミュレーション部	特任助教	配置換
11月1日	生川 満久	未来エレクトロニクス集積研究センター研究戦略部	研究員	採用
11月1日	角岡 洋介	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	採用
11月1日	青戸 孝至	エネルギー変換エレクトロニクス実験施設	研究員	採用
12月31日	原嶋 庸介	未来エレクトロニクス集積研究センターマルチフィジックスシミュレーション部	特任助教	退職

■外国人客員教員(特任教授・特任准教授 等)

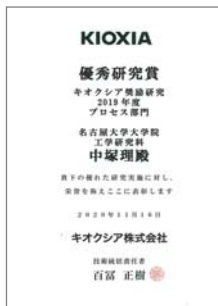
氏名	職名	現所属(本務)	雇用期間	受入教員
BEVRANI Hassan	特任教授	クルディスタン大学 教授	令和2年9月1日～令和2年9月30日	加藤 文佳 教授
BOCKOWSKI Michal Stanislaw	特任教授	ポーランド科学アカデミー高圧研究所 教授	令和3年1月1日～令和3年3月31日	天野 浩 教授

受賞日	賞名(研究題目)	受賞者
令和2年 7月31日	第12回ナノ構造エピタキシャル成長講演会発表奨励賞 (微傾斜m(101-0)面GaN-MOVPEにおける酸素混入のモデリング)	用正 大地(九州大学) 新宅 史哉(九州大学) 稲富 悠也(九州大学) 寒川 義裕(特任教授) 岩田 潤一(アドバンスソフト)
9月8日	第42回応用物理学会優秀論文賞 (波長 271.8 nm 深紫外レーザーダイオードの室温動作 A 271.8 nm deep-ultraviolet laser diode for room temperature operation)	張 梓懿(旭化成) 久志本 真希(助教) 酒井 忠慶(天野研,修士20年卒業) 杉山 直治(特任講師)
11月16日	キオクシア奨励研究2019年度プロセス部門優秀研究賞 (界面ナノ構造制御による超低抵抗金属/IV族半導体コンタクト形成技術)	中塚 理(教授)
11月26日	日本セラミックス協会第45回学術写真賞 (全固体電池内部のLi分布のオペランド観察)	野村 優貴(パナソニック) 井垣 恵美子(パナソニック) 山本 和生(JFCC)
12月9日	文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム 令和2年度 技術支援貢献賞	樋口 公孝(技術職員)

①



②



③



④



■IMaSSの教員が指導した学生の受賞

受賞日	賞名(研究題目)	受賞者
令和2年 9月1日	電気学会 優秀論文発表賞(A部門表彰) (凝集体を遠心分離したエポキシ/酸化チタンナノコンポジットのインパルス絶縁破壊特性)	澤田 亨(修士2019年卒業) 大竹 泰智(三菱電機) 田河 和真(D1) 梅本 貴弘(三菱電機) 加藤 文佳(教授) 馬淵 貴裕(三菱電機) 栗本 宗明(特任准教授) 武藤 浩隆(三菱電機)
9月11日	電気学会YOC優秀発表賞 (メリットオーダーに基づく負荷周波数制御におけるAR変化量を考慮した指令値配分手法)	斉田 賢(加藤・杉本研・M2)
9月11日	電気学会YOC奨励賞 (WRFの異なる物理スキームによる気象要素予測値のばらつきを用いた日射予測大外し予見)	舟見 翔太(加藤・杉本研・M2)
9月16日	日本磁気学会論文奨励賞 (MnGa Film with (001) Texture Fabricated on Thermally Oxidized Si Substrate Using CoGa Buffer Layer)	三輪 佳嗣(岩田研2020年博士課程前期修了)
9月18日	日本金属学会2020年秋期第167回講演大会優秀ポスター賞 (質量分析計搭載反応科学超高压電子顕微鏡によるRh/ZrO ₂ 系自動車排気ガス浄化モデル触媒のNO還元反応オペランド計測)	前出 淳志(武藤研究室M1) 荒井 重勇(特任准教授) 田中 展望(トヨタ自動車) 樋口 哲夫(日本電子) 菅沼 拓也(トヨタ自動車) 武藤 俊介(教授)

■ IMaSSの教員が指導した学生の受賞					
受賞日	賞名〈研究題目〉			受賞者	
令和2年	9月25日	2020年度日本環境共生学会 論文賞 〈1955年と現在の生態系サービス供給ポテンシャルの比較分析ー愛知県西部の事例ー〉		小林 航(2018年環境学研究科・修士修了) 林 希一郎(教授) 大場 真(国立環境研究所)	
	9月25日	2019年度日本環境共生学会 優秀発表賞(個人(院生)および学生の部) 〈住宅用太陽光発電における導入ポテンシャルの推計手法の研究〉		松元 俊樹(林研究室,工学研究科M2)	
	10月28日	日本エネルギー学会石炭科学会議優秀賞 〈微粉炭のガス化挙動に及ぼすチャラー構造の影響〉		根岸 孝征(成瀬研・M1) 植木 保昭(准教授) 義家 亮(工学研究科・准教授)	成瀬 一郎(教授) 中野 薫(日本製鉄株式会社)
	11月12日	Best Paper Award (PVSEC-30&GPVC2020) 〈Prediction of Irradiance Forecast Busts by Variation of Weather Elements of WRF Using Different Physical Schemes〉		舟見 翔太(加藤・杉本研・M2) 今中 政輝(特任助教) 栗本 宗明(特任准教授)	杉本 重幸(特任教授) 加藤 丈佳(教授) 宇野 史睦(日本大学)
	11月27日	第16回WPT研コンテスト優秀賞 〈電界&磁界ハイブリッド結合!!反射波も利用できる 走れ!オメガ・ヴィークル〉		山本 真義(教授) 大矢根 蒼(山本研D1)	蔵本 大樹(山本研B4) 大野 広道(技術補佐員)

研究種目名	研究代表者	研究課題名	研究期間	金額(千円)
研究活動スタート支援	伊東山 登	高エネルギー物質およびこれを基材とする低毒・高性能液体推進薬の爆轟特性の基礎解明	2020～2022年度	2,860
研究活動スタート支援	西尾 晃	宇宙線を用いた樹木診断法の開発	2020～2022年度	2,860

氏名	委託者	受託期間	研究課題
山本 真義	株式会社豊通テック	2020年10月1日～2021年3月31日	ツイスト熱電対のノイズ対策についての研究
成瀬 一郎	国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構	2020年8月6日～2021年3月31日	高効率エネルギー回収・利用システム開発
松永 正広	国立研究開発法人科学技術振興機構	2020年10月1日～2021年3月31日	伸縮性をもつ摩擦帯電型発電シートの事業化可能性検証
中西 和樹	国立大学法人京都大学	2020年9月24日～2021年3月31日	SARS-CoV-2濃縮精製カラムデバイス担体の作製
山本 真義	豊田合成株式会社	2020年10月23日～2021年3月31日	GaNパワーデバイスを組み込んだ回路モジュール試作における、カスコード接続等によるノーマリオフ動作を確保するための回路設計
長田 実	国立研究開発法人科学技術振興機構	2020年12月1日～2022年3月31日	ナノシート技術を用いた革新的誘電材料・デバイスの開発

氏名	寄附者名	氏名	寄附者名
長谷川 丈二	一般財団法人 イオン工学振興財団	原 信二	株式会社フィルネックス
高牟禮 光太郎	公益財団法人 豊秋奨学会	内山 知実	一般財団法人 日本国土開発未来研究財団

氏名	共同研究先	氏名	共同研究先
山本 真義	KOA株式会社	押山 淳	富士電機株式会社
山本 真義	ナプテスコ株式会社	成瀬 一郎	新和环境株式会社
山本 真義	株式会社村田製作所	内山 知実	フェイス株式会社
長田 実	住友金属鉱山株式会社	武藤 俊介	日本電子株式会社
笠原 次郎	国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構	原 信二	地方独立行政法人東京都立産業技術研究センター
成瀬 一郎	株式会社IHI	原田 俊太	株式会社Anamorphosis Networks
伊東山 登	国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構	中西 和樹	ティエムファクトリ株式会社
加藤 丈佳	トヨタ自動車株式会社	片山 正昭	技術研究組合産業用ロボット次世代基礎技術研究機構
山本 俊行	株式会社豊田中央研究所		

〈令和2年9月1日～令和2年12月18日〉

日付	場所	主催／共催	内容
令和2年 10月17日	オンライン開催	主催	第3回市民公開講座「大転換期を迎える電力・エネルギーと社会のあり方を考える」
11月20日	オンライン開催	主催	第29回CIRFEセミナー「Growth of bulk GaN by Ammonothermal method」
11月27日	オンライン開催	主催	第30回CIRFEセミナー「Ion implantation」
12月4日	オンライン開催	主催	第31回CIRFEセミナー「HVPE」
10月30日	ES総合館 ES033講義室	共催	第32回CIRFEセミナー「特許基礎セミナー」第一回
11月6日	ES総合館 ES033講義室	共催	第33回CIRFEセミナー「特許基礎セミナー」第二回
12月3日	オンライン開催	主催	第34回CIRFEセミナー「2020年米大統領選挙を徹底解析変わる米国の民主主義」
12月9日	オンライン開催	主催	第35回CIRFEセミナー「NANDフラッシュ技術」
12月16日	ウイंकあいち(愛知県産業労働センター)	共催	電気学会 誘電・絶縁材料研究会
12月18日	オンライン開催	主催	第5回エネルギーシステムシンポジウム「パワエレ応用技術が拓く新たな電力システム」



名古屋大学基金
NAGOYA UNIVERSITY
Foundation

「GONExTキャンペーン」のご案内

名古屋大学は、2019年に創立80周年を迎え、2020年には東海国立大学機構名古屋大学として新たな姿でスタートを切りました。また、2021年には本学の「創基」である、尾張藩仮病院・仮医学校の設立(1871年)から150周年を迎えます。この大きな区切りが続く3年間、皆様と共に歩んできたこれまでの伝統を背景に、世界トップレベルの教育研究を実現できるよう、名古屋大学では積極的な募金活動を展開しています。どうか「名古屋大学基金」に一層のご支援を賜りますよう、お願い申し上げます。

青色LED基金のご案内



青色LEDを作った窒化ガリウム(GaN)は、未来の暮らしを支える重要な鍵。研究開発にみなさまのご協力をお願いいたします。

ご寄附のお申込み、お問い合わせは、名古屋大学 未来材料・システム研究所 青色LED・未来材料研究支援事業事務局 へお願いいたします。
詳しくはホームページをご覧ください。

青色LED基金



<http://www.cirfekikin.imass.nagoya-u.ac.jp/>

