

フラッシュ焼結技法の高度化と新規材料開発

Advancement of flash sintering techniques and development of new functional materials

ナノ構造制御学、山本剛久

Materials research, Nanostructure Analysis and Design

【強電界を用いた新規焼結技術の高度化と材料開発】 多くのセラミックスは高温・長時間の拡散プロセスを用いる焼結法によって作製されている。この焼結プロセスを強電界下で革新的に短時間化させるフラッシュ焼結技法の高度化に取り組んでいる。フラッシュ焼結時には、物質拡散が大きく促進されるだけでなく、強電界印加に起因して点欠陥構成の変化も現れる。新規材料を創出できる新たなプロセス手法として材料創出へと展開している。

フラッシュ焼結技法の高度化

【実用化に向けたフラッシュ焼結技法の高度化】

フラッシュ焼結を用いると低温・短時間での緻密化を実現できる。ところが、焼結体の到達密度や結晶粒径などの微細組織の均一性など実用化に至るまでには種々の改良が必要である。本研究室では、電力を適切に制御する Shrinkage-rate controlled flash (SCF) 法などフラッシュ焼結技法の高度化を実現してきた。SCF法を用いると、例えば部分安定化ジルコニア多結晶体の場合には、昇温工程も含めた全焼結工程を約30分という短時間で終了させることができる。

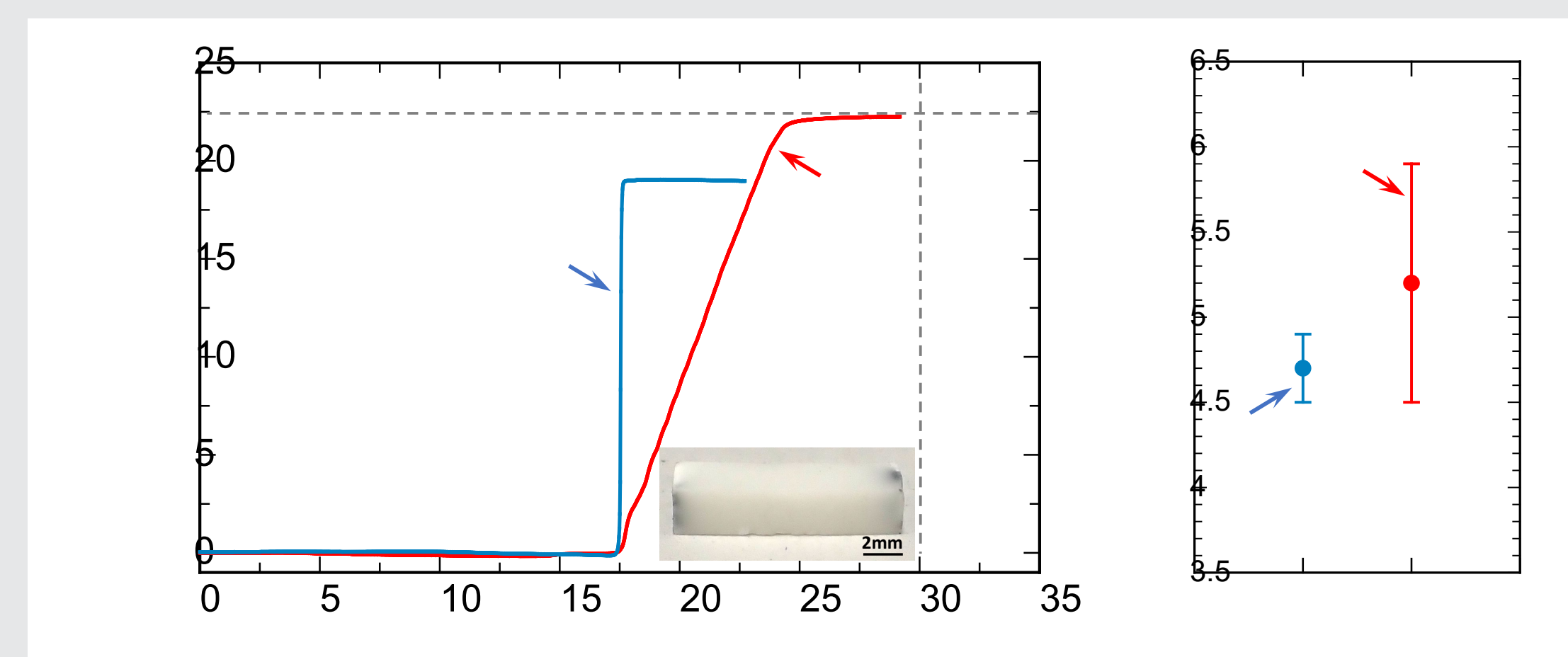
To improve conventional flash sintering method, we are developing various techniques to improve flash sintering technique, for example, “shrinkage-rate controlled flash (SCF)” method, in which the electric power dissipation is controlled appropriately to keep shrinkage-rate constant. SCF method can complete the entire sintering process, including the heating process, in a short time of about 30 min for partially stabilized zirconia polycrystal.

SCF 法

【shrinkage-rate controlled flash (SCF)】

SCF法では、フラッシュ現象時に生じる電力推移を、線収縮速度が一定となるように高度に制御する方法である。この方法を用いると、均一な組織を有し、かつ、機械的特性が保証できる部分安定化ジルコニア多結晶体を、昇温工程を含めた全焼結工程を約30分以内で作製することができる。

Using SCF method, partially stabilized zirconia polycrystals with uniform grained microstructure and guaranteed mechanical properties can be produced within about 30 min, including furnace ramp process.

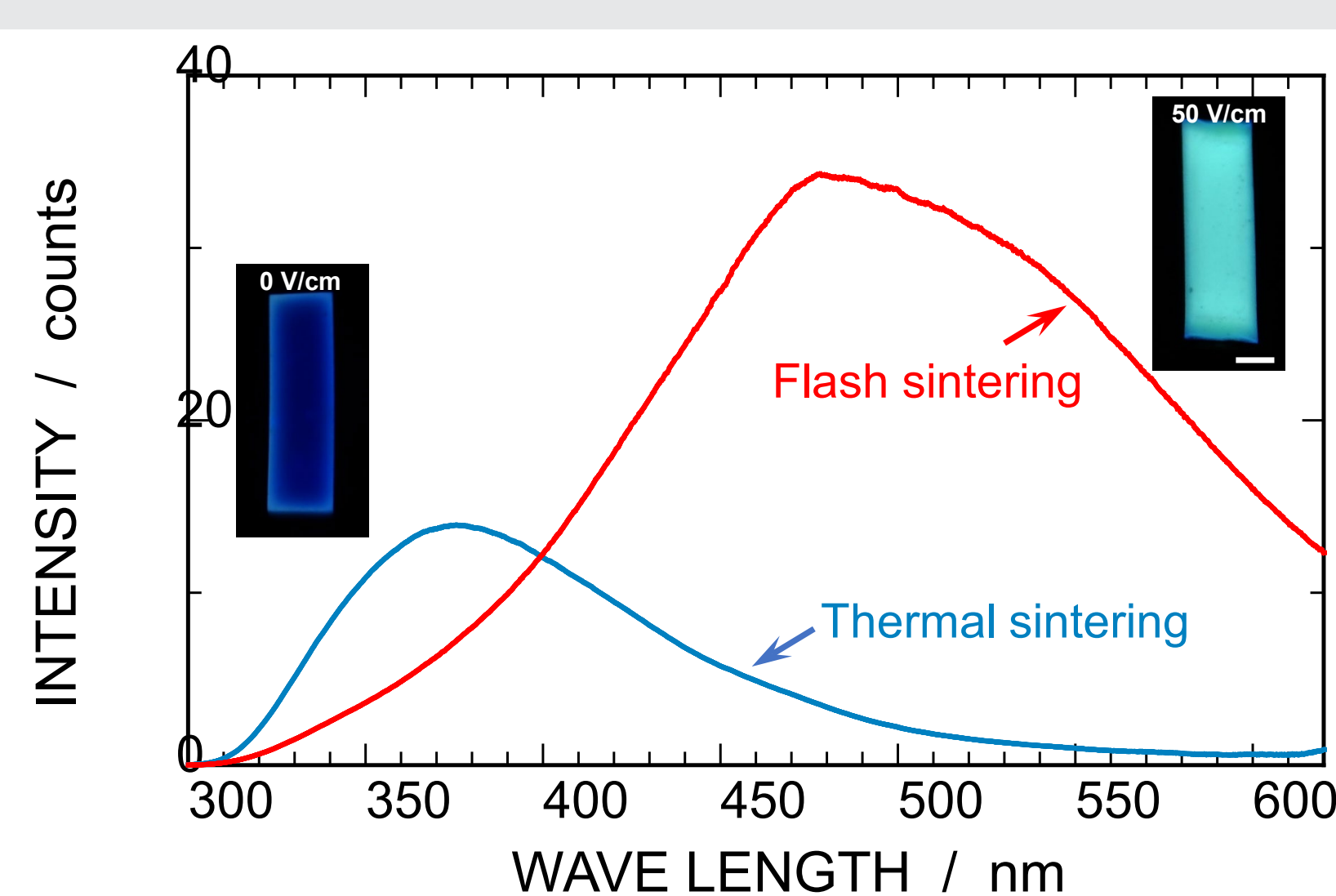


(a) Linear shrinkage behavior against time during SCF performed for partially stabilized zirconia polycrystal (3YSZ), and (b) Vickers K_{1C}

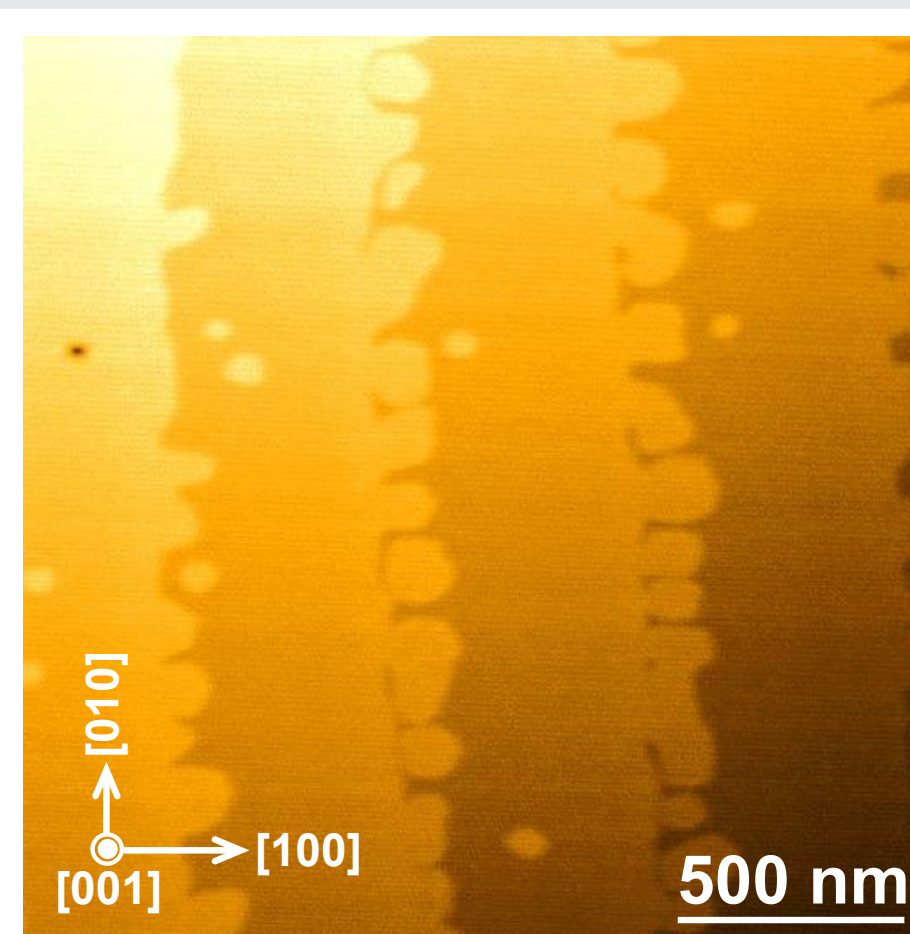
ナノ構造を制御した新たな材料創成

電界プロセスを用いると平衡状態では実現できない点欠陥の制御が実現できる。例えば、Ga₂O₃では、電界プロセスを用いることで、蛍光強度を大きく増加させることが可能となる。酸化物を大気中において窒化処理することも可能である。さらには、超高温処理、そこからの急冷処理、また、通電による放電現象を用いた非平衡状態下での物質探索など、電界処理は新たな材料創成技術として期待される。研究室では、作製された新規材料の機能特性と高分解能透過型電子顕微鏡法によるナノスケールでの微細構造・原子構造解析を高度に連携させて研究を進めている。

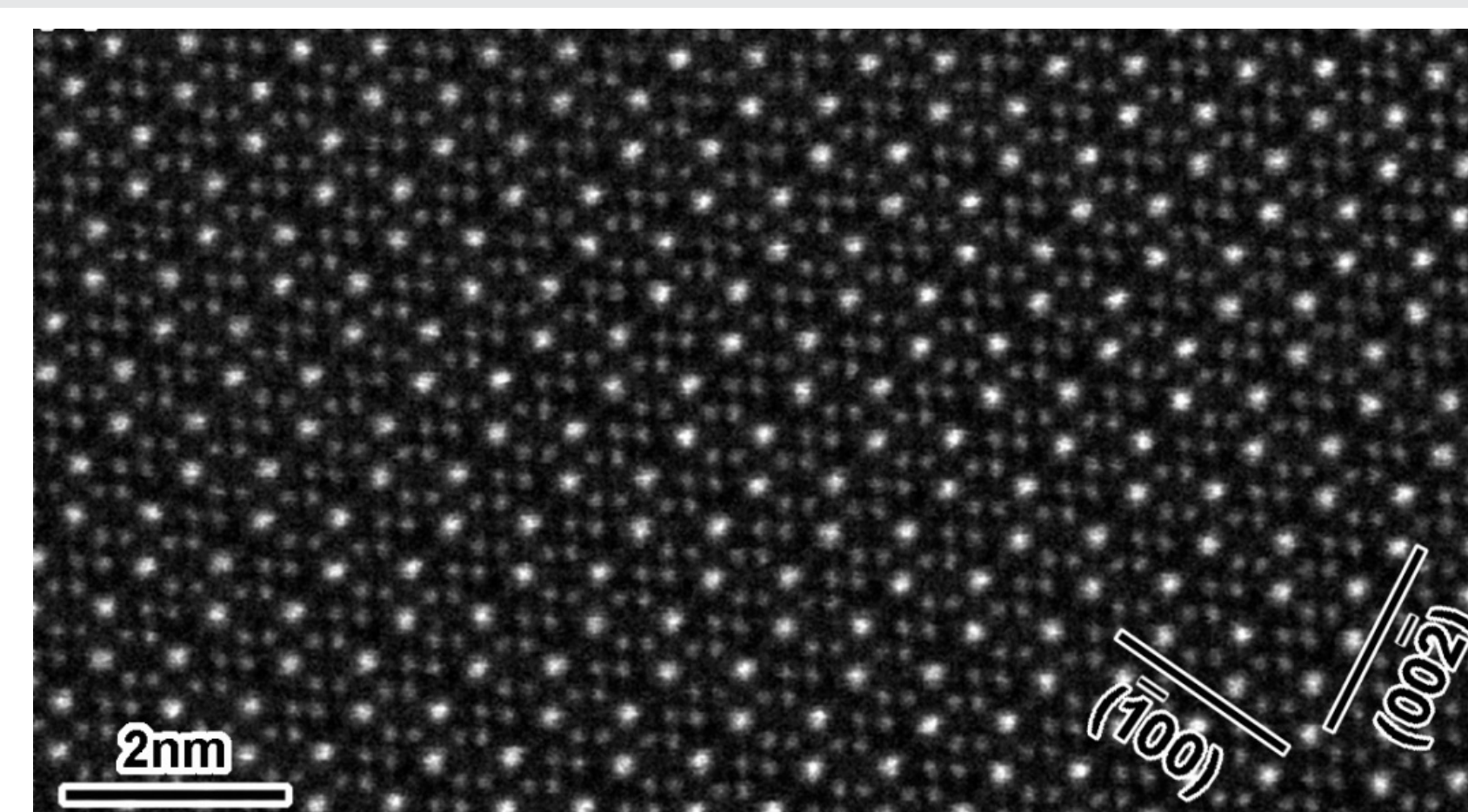
The electric field process can control point defect configuration that cannot be achieved in equilibrium state, for example, significant increase in photo luminescence intensity of Ga₂O₃, nitridation of oxides even in air. Further, the electric field process realizes ultra-high temperature treatment, high speed quenching, and material exploration under non-equilibrium conditions using electric discharge phenomena. The electric field process is expected to be a new material creation technology. We are conducting attractive researches by highly integrating the functional properties of the new materials fabricated with nanoscale microstructure and atomic structure analysis using high-resolution transmission electron microscopy.



Improvement of photoluminescence intensity by electric field treatment for Ga₂O₃



Instantons formation of surface step-terrace structure for oxide singly crystal by electric field treatment. Figure shows AFM topographic image taken from SrTiO₃ (001) surface after electric field treatment.



HAADF-STEM image of novel oxide showing high electrical conductivity that was produced by electric field treatment. In the image, atomic columns with brighter contrast corresponds to those of Ba cations and with darker contrast to those Ti cations.