



北海道大学

電子科学研究所

Research Institute for  
Electronic Science  
Hokkaido University

セラミックス素材で役に立つモノを創ります

電子科学研究所

薄膜機能材料研究分野

太田・片山 研究室



研究室見学はこちらから



研究室の環境や研究内容について、詳しくはYouTube動画をご覧ください

## 研究室の目指していること

私たちの研究室では、従来、セラミックスとして扱われてきた機能性酸化物を素材として、パルスレーザー堆積法と呼ばれる超精密薄膜作製手法を用いて原子レベルで平坦な表面を有する高品質薄膜を作製し、機能性酸化物の持つ真のポテンシャルを最大限引き出し、世の中で役に立つデバイスの開発を目指しています。

### 太田裕道 教授

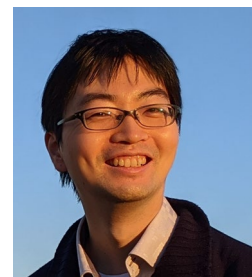
1. 耐熱性が高く、毒性がない「熱電変換材料」の開発
2. テレビで実用化「酸化物薄膜トランジスタ」の研究
3. 次世代「酸化物メモリデバイス」の開発

### 片山 司 准教授

1. 磁性・強誘電特性を持つ「マルチフェロイック材料」
2. 曲げても使える「フレキシブル酸化物薄膜」の作製



教授 太田裕道  
1971.9.21生 (50)  
出身：名古屋市



准教授 片山 司  
1988.6.10生 (33)  
出身：福井県



助教 ジョヘジュン  
1986.11.7生 (34)  
出身：韓国(カナダ国籍)

## 研究室の構成メンバー

教授 1、准教授 1、助教 1、秘書 1、ポスドク 1、博士課程 6、修士課程 3、工学部4年生 4

## 研究環境

北20条西10丁目にある電子科学研究所の3階に実験室と居室があります。実験室には、薄膜やデバイスを作るための薄膜作製装置や、作った薄膜の構造を調べるための原子間力顕微鏡やエックス線回折装置、電気特性、光学特性、熱伝導率を調べる装置があり、基本的な分析や解析はすべてできる環境が整っています。

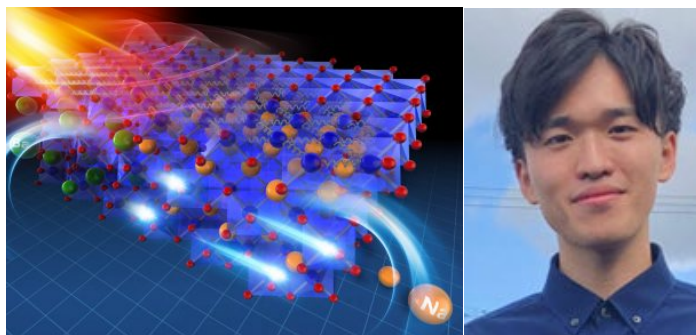
## 当研究室で身に着くこと

- [1] 英語で行う研究ミーティングを通じた、英語コミュニケーション力 (英語演習)
- [2] 国際学会・国内学会で積極的に研究成果を発表する説明力
- [3] 修士課程では2報以上、博士課程では3報以上の論文を出版し、自分の研究成果を世界にアピールする力

## 1. 熱電変換材料

熱を電力に変える「ゼーベック効果」と、電流で冷やす「ペルチェ効果」に代表される、金属や半導体などの導体が示す、熱 ⇄ 電気変換効果は、総称して「熱電効果」と呼ばれています。あまり知られていませんが、熱電効果は、熱源さえあれば電力を取り出せるという特長を利用した惑星探査機の動力源や、振動・騒音を発生しない冷却が可能という特長を利用した小型冷蔵庫として実用化されています。

私達の研究室では、金属酸化物の熱電特性を長年にわたって研究してきました。希少・毒性元素を含まず、化学的・熱的に安定な金属酸化物で高い変換性能を示すものが見つければ、例えば、工場や発電所、自動車などから排出される熱を電力に変換できるようになるからです。現在は、超精密な薄膜合成技術を武器として、極薄の金属酸化物が示す巨大な熱電効果の起源を解き明かし、真に実用的な変換性能を示す酸化物熱電材料の実現を目指しています。



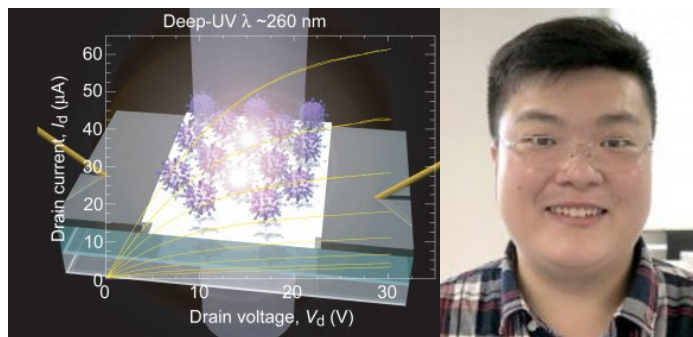
室温において過去最高の熱電変換性能指数 $ZT=0.11$ を示す層状コバルト酸化物を実現しました。

## 3. 電気化学材料・デバイス

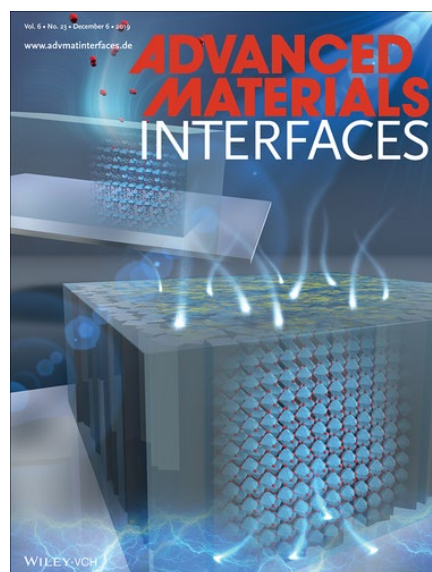
遷移金属酸化物の多くは、酸素過剰／欠損やプロトン化などの非化学量論組成とすることにより、その光・電気・磁気特性が大きく変化することが知られています。例えば、ブラウンミラライト型の結晶構造を有する $SrCoO_{2.5}$ は、磁石にならない絶縁体ですが、酸素中で加熱して酸化するか、電気化学的に酸化すると、ペロブスカイト型の結晶構造を有する $SrCoO_3$ に変化し、電気が良く流れる強磁性金属になることが知られています。このように、遷移金属酸化物をうまく利用することで、光透過率と電気伝導度、磁性と電気伝導度を切替え、記憶するデバイスが実現できると考えられます。遷移金属酸化物にとって、 $H^+$ イオン（プロトン）は強力な還元剤、 $OH^-$ イオンは強力な酸化剤として働くので、電気化学反応を利用すれば上記デバイスは実現可能ですが、電界液などの液体を用いなければならないという課題がありました。私達の研究室では、ナノ多孔質のナノ孔に自然に導入される水を電解液の代わりに使って、様々な機能性酸化物の光・電気・磁気特性を切替えることに成功しました。現在は実用的なデバイス実現に向けて研究を進めています。

## 2. 透明酸化物半導体

ITO（スズ添加酸化インジウム）に代表される透明導電性酸化物は、古くから液晶テレビや有機ELテレビの透明電極として利用されています。一般的には、スパッタリング法などでガラス基板上に作製されたセラミックスのような多結晶薄膜が用いられています。当研究室では、透明導電性酸化物を、透明酸化物半導体として利用可能にするための研究を行っています。具体的には、積層構造の作製を可能にし、高いキャリア移動度を実現するための高品質エピタキシャル薄膜の作製と、製造コストを下げ、実用化が可能な材料にするために、室温下で高品質アモルファス薄膜を作製する研究を行っています。高品質薄膜化することで、化合物半導体で実現されてきたダイオードやトランジスタが実現しました。当研究室では、こうした透明酸化物半導体薄膜の作製と物性計測について、基礎から応用まで、幅広く研究しています。



深紫外線を透過する透明な薄膜トランジスタの作製に成功しました。



電流と磁性で情報記憶する素子用の材料における電気化学酸化反応の可視化に成功しました。