

「微小エネルギーを利用した革新的な環境発電技術の創出」  
平成 27 年度採択研究代表者

H27 年度  
実績報告書

勝藤 拓郎

学校法人 早稲田大学 理工学術院  
教授

新規軌道 / 電荷整列物質の開発とフォノン熱伝導度の低減

## § 1. 研究実施体制

### (1) 勝藤グループ

研究代表者: 勝藤拓郎 (早稲田大学理工学術院、教授)

研究項目

- ・ t<sub>2g</sub>軌道の軌道自由度を持った 3d 遷移金属酸化物の開発
- ・ パルスレーザーを用いた超格子薄膜の熱物性測定

### (2) 溝川グループ

主たる共同研究者: 溝川 貴司 (早稲田大学理工学術院、教授)

研究項目

- ・ マクロ・ナノスケールでの分光測定による軌道/電荷揺らぎの解明

### (3) 上野グループ

主たる共同研究者: 上野 和紀 (東京大学大学院総合文化研究科、准教授)

研究項目

- ・ バルク単結晶へのナノ構造導入
- ・ 電荷軌道整列物質の超格子薄膜の作製

### (4) 奥田グループ

主たる共同研究者: 奥田 哲治 (鹿児島大学学術研究院理工学域工学系・准教授)

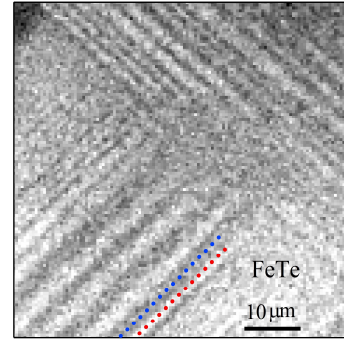
研究項目

- ・ マクロ・ナノ構造制御された軌道・電荷整列物質の熱電特性評価

## § 2 . 研究実施の概要

効率の高い熱発電に向けて、低熱伝導性かつ高電気伝導性の素子の必要性が高まっている。このような素子の作製においては、固体中の音響フォノンによる熱輸送を低減することが不可欠であるが、我々は、「軌道と電荷の揺らぎ」というこれまで注目されていなかった物性を利用して、フォノン熱伝導の劇的な低減を達成することを目指している。

H27年度は、測定手法の整備と新物質開発に重点をおいて研究を行った。まず、軌道/電荷揺らぎに由来するナノスケールの電子状態の不均一を観測する手法として、ナノARPES(角度分解光電子分光)、ナノXAS(x線吸収分光)を様々な軌道整列物質に適用して、その有効性を確かめた。右図に鉄カルコゲナイドの軌道整列に関連する、数 $\mu\text{m}$ 周期のストライプ状の不均一性の観測結果を示す。



また、これまで室温以下でのみ測定を行ってきた熱電測定を、室温以上に拡張した。その結果、軌道整列物質では転移温度以上でもゼーベック係数の符号が反転するようなドラスティックな電子状態の変化が起こることが明らかになった。

さらに、薄膜の熱伝導度を基板の影響を受けずに測定する手法を開発した。具体的には、薄膜表面にポンプ光を照射し、その後のプローブ光の反射率変化をpsスケールで測定することによって薄膜内での熱伝導度を求める手法である。SrTiO<sub>3</sub>基板上の80nmの遷移金属酸化物薄膜の測定を行い、シミュレーションとの比較から、薄膜の熱伝導度が精度よく求まることが明らかになった。

物質開発としては、これまでに我々が研究してきたV酸化物、Ti酸化物において、組成や酸素欠損を制御した単結晶の作製に成功し、その基礎物性を明らかにした。

R. Koborinai, S. E. Dissanayake, M. Reehuis, M. Matsuda, T. Kajita, H. Kuwahara, S.-H. Lee, and T. Katsufuji, "Orbital Glass State of the Nearly Metallic Spinel Cobalt Vanadate", *Phys. Rev. Lett.* 116, 037201 (5pages) (2016).

Takashi Mizokawa, Markus Bendele, Alexei Barinov, Antonella Iadecola, Bobby Joseph, Takashi Noji, Yoji Koike, and Naurang L. Saini, "Mesoscopic Stripes in Antiferromagnetic Fe Chalcogenide Probed by Scanning Photoelectron Spectromicroscopy", *J. Phys. Soc. Jpn.* Vol. 85, No.3, 033702(4 pages) (2016).