

熱輸送のスペクトル学的理解と機能的制御  
2018年度採択研究者

2020年度 年次報告書
-----------------

寺門 信明

東北大学 大学院工学研究科  
助教

スピン熱伝導を利用した熱伝導可変材料の創出

## § 1. 研究成果の概要

スピン熱伝導物質を利用した熱の動的制御デバイスの創出を目指している。この物質は、マグノン由来の高熱伝導性とフォノン由来の低熱伝導性の二面性を持ち合わせているため、キャリア制御によってマグノンの寄与を抑制できれば、理想的には  $100 \text{ W}/(\text{m K})$  の高熱伝導を  $1/50$  に相当する  $2 \text{ W}/(\text{m K})$  にまで電氣的に低減させることが可能である。

正孔がマグノンの進行を阻害することに注目して、絶縁体/スピン熱伝導物質 ( $\text{La}_5\text{Ca}_9\text{Cu}_{24}\text{O}_{41}$  多結晶膜) 界面における正孔濃度の電氣的制御を試みてきたが、マグノン熱伝導の抑制に十分な正孔量が得られていなかった。そこで 2019 年度は強電界印加が可能な物質としてイオン液体を採用し、電気二重層の形成による高濃度な正孔ドーピングを期待した。その結果、マグノンの電氣的な破壊と熱伝導の抑制を実証したが、薄膜のランダム配向性のために制御幅が僅少であることと機構解明が困難なことが課題であった。

2020 年度は、上記課題の解決のために、配向膜、単結晶ナノシート、及び単結晶の研磨面の作製技術を向上させ、イオン液体との接触と電圧印加効果の調査を開始した。しかし、電圧印加効果の発現のためには、当初予想したマグノン熱伝導面 (ca 面) とイオン液体の接触ではなく、スピン梯子に垂直な面 (ab または bc 面) とイオン液体の接触が必要であることを示唆する結果を得た。単結晶 ab または bc 面へのイオン液体やその構成要素の浸透の可能性を明らかにし、マグノン及び熱伝導の可逆的制御を目指す。

### 【代表的な原著論文情報】

- 1) Dynamic control of heat flow using a spin-chain ladder cuprate film and an ionic liquid  
Nobuaki Terakado, Yoshinori Nara, Yuki Machida, Yoshihiro Takahashi, Takumi Fujiwara  
Scientific Reports 10, 14468 (2020).
- 2) 渡辺祥太, 寺門信明, 高橋儀宏, 藤原 巧, 基板加熱またはポストアニールによるマグノン熱伝導薄膜の構造配向化, 第 68 回応用物理学会春季学術講演会(オンライン, 2021 年 3 月).
- 3) 木下大也, 寺門信明, 高橋儀宏, 藤原 巧, 熱流の電界制御に向けたマグノン熱伝導性ナノシートの創製と形成機構解明, 第 68 回応用物理学会春季学術講演会(オンライン, 2021 年 3 月).