

「超空間制御に基づく高度な特性を有する革新的機能素材等の創製」
平成27年度採択研究代表者

H28 年度
実績報告書

水口 将輝

東北大学金属材料研究所
准教授

ナノ超空間を利用した熱・スピン・電界交差相関による高効率エネルギー変換材料の
創製

§ 1. 研究実施体制

(1)「水口」グループ

- ① 研究代表者:水口 将輝 (東北大学金属材料研究所、准教授)
- ② 研究項目
 - ・金属系磁性ナノドット構造の創製と機能評価
 - ・パターンド三次元構造の創製と機能評価

(2)「中村」グループ

- ① 主たる共同研究者:中村 芳明 (大阪大学大学院基礎工学研究科、教授)
- ② 研究項目
 - ・新規熱電ナノ材料の形成技術開発
 - ・熱電ナノ材料性能向上の検証・予測

(3)「藤田」グループ

- ① 主たる共同研究者:藤田 武志 (東北大学原子分子材料科学高等研究機構、准教授)
- ② 研究項目
 - ・ナノポーラス材料を応用した材料創製
 - ・電子顕微鏡観察

(4)「大江」グループ

- ① 主たる共同研究者:大江 純一郎 (東邦大学理学部、准教授)
- ② 研究項目
 - ・磁気・電気・熱エネルギー変換の基本原理探索、理論構築
 - ・熱電デバイス設計ツールの開発

§ 2. 研究実施の概要

地球温暖化に代表される環境面における大規模な変動や、世界人口の爆発的な増加は、今般のエネルギー消費を飛躍的に増大させる一因となっている。そのため、クリーンで経済的なエネルギーシステムの構築が喫緊の課題とされており、特に、エネルギーの変換効率や輸送現象において高い性能を持ったエネルギー材料創成のブレークスルーが必要不可欠である。このような背景の下、空間空隙を巧みに利用した超空間を、積極的にエネルギー変換に活用する施策が注目されている。そこで、本研究では、ナノ超空間と全く新しいエネルギー変換手法の 2 つの基軸を組み合わせることにより、革新的に高効率なエネルギー変換材料の創製を目指している。

平成 28 年度に実施した主な研究の概要は以下のとおりである。

空間を利用した高い熱電変換効率を有する新規熱電素子の開発を目指し、様々な金属磁性体の三次元規則配列構造の創製を行った。その熱磁気効果を測定した結果、配列構造をとらない構造と比較して、その出力電圧が大きくなっていることが分かった。この結果は、素子形状を最適化することにより、高効率な熱電素子を開発できる可能性を示す結果である。

また、熱磁気効果の電界制御方法の確立を目指した。図のような素子構造を作製して、マンガン酸化物 ($\text{La}_{0.7}\text{Ca}_{0.3}\text{MnO}_3$) 薄膜結晶におけるゲート電圧による熱磁気効果の電界制御を試みた結果、印加するゲート電圧に応じてネルンスト効果の大きさを広範囲に制御できることが分かった。この結果は、強磁性酸化物薄膜を用いて電圧を印加することにより、熱磁気効果を制御することが可能であることを実証する結果であり、高効率な熱電変換デバイス創成への道筋が示された。

さらに、スピン波スピン流による異常ネルンスト電圧の増加効果について、実験と理論の双方から解析を進めた結果、試料の磁気異方性の大きさと熱励起スピン波の密度が強い相関関係を持っていることが明らかになった。この結果は、スピン流を用いた高効率熱電変換素子の設計指針を与える結果である。

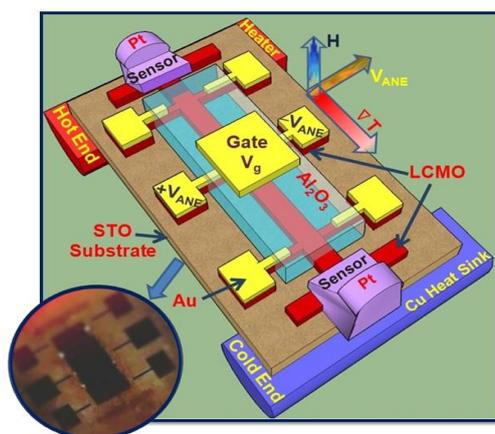


図: $\text{La}_{0.7}\text{Ca}_{0.3}\text{MnO}_3$ 薄膜を用いた熱磁気効果の電界制御素子の模式図。