



研究課題名 ナノ超構造がもたらす熱・スピン機能変革

名古屋大学・未来材料・システム研究所・教授

みずぐち まさき
水口 将輝

研究課題番号： 21H05016

研究者番号： 50397759

研究期間： 令和3年度～令和7年度 研究経費（期間全体の直接経費）： 148,900千円

キーワード： スピントロニクス、熱磁気効果

【研究の背景・目的】

熱とスピンの相関を扱う「スピンカロリトロニクス」とよばれる新しい研究分野が注目を集めている。この研究は、スピン角運動量の流れとして定義される「スピン流」と熱の相互作用を扱うものであり、興味深い物理が豊富にあるのに加え、スピンの概念を取り入れることによる新しい熱電変換素子や冷却素子などへの応用展開が期待されている。しかしながら、熱とスピンの相関機能のベースとなるさまざまな熱磁気現象をどのように制御し、その効果を最大化するのか、という根本的な問いに対する指導原理は確立されていない。

研究代表者らは、規則合金材料を中心として磁化や磁気異方性、スピン流と熱磁気現象の関係に着目し、そのマイクロな物理現象を探求する研究を行ってきた。その結果、熱磁気効果の一つである異常ネルンスト効果(図1に模式図)が、ゼーベック効果のような既存の熱電変換現象に対して高い優位性を示すため、熱電変換素子への応用の可能性があることを見いだした。本研究では、ナノメートルサイズの磁性超構造を作製し、熱とスピンの相関現象に関連する革新的な物理を解明し、その機能を極限まで引き出すことを目的とする。

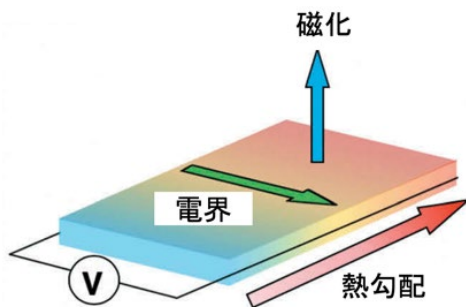


図1 異常ネルンスト効果の模式図

【研究の方法】

本研究では、「どのような磁気構造や物理パラメータが異常ネルンスト効果のような熱磁気効果の特性を決定づけ、さらにそれを制御し最大化する本質的な要因になるのか？」という核心的な問いに対する回答を目指す。研究対象として、超薄層や多層構造、ポーラス(多孔質)構造、ナノドット構造、グラニューラ構造などに代表されるナノ超構造を基軸に据えてそ

れらを創製し、その熱磁気効果とさまざまな物理パラメータとの関係を探求する。これらを通して、熱磁気効果の制御と最大化のための指導原理を確立する。

そのために、以下の研究実施項目を設定し、遂行する。

- (1) 磁性ナノ超構造のデザインと創製
多層膜構造、ポーラス構造、ナノドット構造、グラニューラ構造などについてマテリアルデザインを行い、結晶性、スケール、界面構造などを精緻に制御した強磁性ナノ超構造薄膜を作製する。
- (2) 磁性ナノ超構造の結晶/磁気構造および熱・スピン機能の解明
(1)で作製した磁性ナノ超構造について、結晶性や原子構造、磁気構造を高分解能計測により詳細に解明する。並行して、熱磁気効果の測定を行い、構造に応じた熱・スピン相関機能特性を解明する。
- (3) 磁性ナノ超構造の熱・スピン機能の高機能化/多機能化
(1)で創製された磁性ナノ超構造について、(2)で解明された構造パラメータと熱磁気機能の相関を基にし、熱磁気効果を最大化するための基軸を探索する。同時に、熱磁気機能を外場で制御することにより、機能の多機能化を実現する。

【期待される成果と意義】

熱磁気効果に係る物理の理解を深化させると同時に、最適化された磁性ナノ超構造を活用した新規熱電発電素子への応用性の実証される。これにより、異常ネルンスト効果のような熱磁気効果を用いた高効率な熱電変換素子への応用が期待される。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- ・ M. Mizuguchi and S. Nakatsuji, "Energy harvesting materials based on the anomalous Nernst effect", *Science and Technology of Advanced Materials* **20**, 262-275 (2019).
- ・ P. Sheng, T. Fujita, and M. Mizuguchi, "Anomalous Nernst effect in $\text{Co}_x(\text{MgO})_{1-x}$ granular thin films", *Applied Physics Letters* **116**, 142403-1-5 (2020).

【ホームページ等】

<https://mizuguchi-gr.jp/>