

2024 年度年次報告書

新原理デバイス創成のためのナノマテリアル

2024 年度採択研究代表者

竹内 祐太朗

物質・材料研究機構 磁性・スピントロニクス材料研究センター
研究員

超薄膜トポロジカル反強磁性体ナノデバイスの機能性開拓

研究成果の概要

【目的】

トポロジカル反強磁性体をコア材料としたデバイス応用への研究が飛躍的に活発になっている。大きな異常ホール効果など通常の反強磁性体には観られない量子物性を示すためである。本研究課題ではトポロジカル反強磁性体薄膜に電流を印加することで誘起されるスピン回転現象をナノメートルスケールのデバイスにおいて能動的に活用する。従来にはない機能性を有する不揮発性メモリや発振素子などをはじめとした、新しい動作原理によるデバイスの創製を目的とする。

【結果と考察】

六方晶のトポロジカル反強磁性体 $D0_{19}\text{-Mn}_3\text{Sn}$ の薄膜を有するホール素子において電流誘起高速反転の実証および系統的な反転特性を得るための測定系の構築を行った。デバイス抵抗の低減や導波路の設計等により、広い範囲でパルス幅を変化させながら電流誘起反転測定を行うことが可能となった。高速反転の詳細を解明するためのデータが得られつつある。また、トポロジカル反強磁性体のスピンダイナミクス数値計算も並行して実施した。強磁性体デバイスとの比較検討を行い、反強磁性体の高速性・高効率性のメカニズムも解明間近である。この他にも Mn_3Sn エピタキシャル薄膜の磁気相図およびネール温度の組成依存性を調べ、様々な温度領域における物性の変化を明らかにするとともに、デバイス特性の改良に向けた指針を得ることに成功した。

【今後の展望】

今回確立した電流誘起高速反転の測定系を今後は Mn_3Sn 以外の様々なトポロジカル反強磁性体を用いたナノデバイスの評価に利用する予定である。本研究で使用する薄膜作製装置はすでに種々の材料を成膜できるようにセットアップが完了しており、測定だけでなく新規材料による機能性強化も目指す。

【代表的な原著論文情報】

- 1) K. Gas, J.-Y. Yoon, Y. Sato, H. Kubota, P. Dłużewski, S. Kret, J. Z. Domagala, Y. K. Edathumkandy, Y. Takeuchi, S. Kanai, H. Ohno, M. Sawicki, and S. Fukami, “Magnetic phase diagram of $\text{Mn}_{3+x}\text{Sn}_{1-x}$ epitaxial thin films: Extending the anomalous Hall effect to low temperatures via intrinsic alloying,” *APL Materials* **13**, 041105 (2025).