

【基盤研究(S)】

大区分D



研究課題名 フェリ磁性スピントロニクス of 学理構築とデバイス展開

京都大学・化学研究所・教授

おの てるお
小野 輝男

研究課題番号： 20H05665 研究者番号： 90296749

キーワード： スピントロニクス

【研究の背景・目的】

スピンと電荷の2つの自由度を利用するスピントロニクスは、巨大磁気抵抗効果がハードディスクの読み取りヘッドに利用され、トンネル磁気抵抗効果を利用した不揮発性磁気メモリが開発されるなど、基礎現象の発見がイノベーションに直結する魅力的な研究分野である。

これまでスピントロニクスは強磁性体の磁化を制御することで発展してきたが、強磁性体の2つの特徴である漏れ磁場とギガヘルツ程度の共鳴周波数がスピントロニクスのさらなる発展の障害となっている。漏れ磁場による相互作用は磁気メモリ等の高密度化の障害となり、ギガヘルツの共鳴周波数のためにデバイス動作速度はナノ秒程度に限定されてしまう。このボトルネックを解決するために、漏れ磁場がなく共鳴周波数がテラヘルツ領域にある反強磁性体が注目されている。しかし、反強磁性体は磁場への応答が極めて小さく、研究手段と応用が限定されてしまう。

フェリ磁性体は、2種類の磁気モーメントが反強磁性的に結合しながらも正味の磁化を有する物質である。磁化の大きさは組成や温度で調整可能で、2種類の磁気モーメントが完全に打ち消し合い反強磁性体のように磁化がゼロとなる状況も実現可能である。

研究代表者らは、フェリ磁性 GdFeCo 合金が「磁化を持つ反強磁性体として振る舞う」ことを最近見いだした。本研究では、フェリ磁性体の「磁化を持つ反強磁性体」としての振る舞いの普遍性と多様性を明らかにすることで、「フェリ磁性スピントロニクス」という新しい学理を構築し、デバイス応用へ展開することを目的とする。

【研究の方法】

本研究課題の核心をなす学術的「問い」は、フェリ磁性体の新しい側面「磁化を持つ反強磁性体としての振る舞い」は「普遍的なものか?」、そして「革新的デバイス応用へつながるか?」である。

上述の学術的「問い」に答えるために、本研究では、(1)フェリ磁性体の磁化を持つ反強磁性体としての振る舞いの普遍性と多様性を明らかにするとともに、(1)その特徴を活かしたデバイス応用への展開を図ることで、フェリ磁性スピントロニクスの基盤を構築する。具体的には、以下の研究実施項目を設定し遂行する。

(1)フェリ磁性体の磁化を持つ反強磁性体として振る舞いの普遍性と多様性の解明

(1-1) 角運動量補償温度での磁壁移動速度増大の確認

(1-2) 角運動量補償温度、磁化補償温度、キュリー温度の関係の普遍性

(1-3) フェリ磁性体のスピندانピング

(1-4) 組成変調によるジャロシンスキー守谷相互作用誘起

(2) 磁化を持つ反強磁性体の特徴を活かしたデバイス応用への展開

(2-1) スキルミオンデバイスへの展開

(2-2) テラヘルツスピントロニクスへの展開

(2-3) 反強磁性スピン波の偏光制御とスピン波磁壁移動

【期待される成果と意義】

フェリ磁性体特有のスピンダイナミクス（強磁性体のように磁場で誘起できるが、その周波数は反強磁性体と同様のテラヘルツ領域）の普遍性と多様性が明らかとなる。さらに、その特徴を活かしたフェリ磁性スピントロニクスデバイスの基盤技術が構築される。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- Takaya Okuno et al., “Spin-transfer torques for domain wall motion in antiferromagnetically coupled ferrimagnets”, Nature Electronics 2, 389 (2019).
- Duck-Ho Kim et al., “Bulk Dzyaloshinskii–Moriya interaction in amorphous ferrimagnetic alloys”, Nature Materials 18, 685 (2019).
- Yuushou Hirata et al., “Vanishing skyrmion Hall effect at the angular momentum compensation temperature of a ferrimagnet”, Nature Nanotechnology 14, 232 (2019).
- K.-J. Kim et al., “Fast Domain Wall Motion in the Vicinity of the Angular Momentum Compensation Temperature of Ferrimagnets”, Nature Materials 16, 1187 (2017).

【研究期間と研究経費】

令和2年度－6年度 153,200千円

【ホームページ等】

<https://www.scl.kyoto-u.ac.jp/~onoweb/>