

【特別推進研究】

理工系（工学）



研究課題名 スピンオービトロニクスの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：15H05702 研究者番号：90296749

研究分野：総合理工

キーワード：スピndeデバイス

【研究の背景・目的】

ノーベル賞受賞となった巨大磁気抵抗効果の発見以降、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が急速に発展してきた。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、スピントロニクスは基礎現象の発見と理解がイノベーションに直結する魅力的な研究分野である。

研究代表者は、基盤研究(S)「新規スピンドायナミクスデバイスの研究(H23-27)」の当初目的を達成するのみならず、以下の研究開始時には予期されなかった成果をあげることができた。

- (1) スピンホールトルクによる磁壁駆動 (Appl. Phys. Exp. 7 (2014) 053006)
- (2) 電界による磁性制御・磁壁移動速度制御 (Nature Mater. 10 (2011) 853; Nat. Commun. 3 (2012) 888)
- (3) 磁気コア運動に伴うスピン起電力の検出 (Nat. Commun. 3 (2012) 845)
- (4) スピン流による反強磁性体の励起 (Appl. Phys. Lett. 106 (2015) 162406)

これらの現象の共通起源は「スピン軌道相互作用」である。そこで、スピン軌道相互作用を利用してスピントロニクスに軌道という新たな自由度を加えることが可能なのではないかという着想に至った。基盤研究(S)で見いだした新規現象をシーズとして、「スピンオービトロニクス」という新しい学理を構築し、革新的デバイスイノベーションへ展開することが本研究の目的である。

【研究の方法】

本研究の目的は、スピンと軌道の相互作用に基づく効果を積極的に利用して、新物質・新機能を創成するスピントロニクスという分野を開拓し、革新的デバイスのイノベーションへ展開することである。この目的達成のために、具体的研究テーマとして以下の2つを設定する。

- (1) スピン軌道相互作用を利用した物質探索
- (2) スピン軌道相互作用を利用した新規スピン操作手法の研究

本研究で注目する物理であるジャロシンスキー守谷相互作用、スピンホール効果、ラッシュバ効果などは、反転対称性のない系において発現するものである。したがって、原子層単位の高度な薄膜形成技術を基に、物質A/物質B/物質Cのような反転対称性のない積層構造やその超格子に注目した物質探索を

行う。このような原子層単位の構造体に対しては、第一原理計算による物性予言が可能と考えられ、物質デザインと実験を組み合わせることで研究を推進する。

【期待される成果と意義】

スピントロニクスという新分野の学理が構築される点が最も大きな意義である。さらに、将来の革新的デバイスに必用とされる新規物質と新規なスピン操作手法が確立されることによって、革新的デバイスイノベーションへの展開が期待される。これまで第一原理計算による物質デザインという概念は存在したものの、具体的成功例は極めて少ないと言わざるを得ない。本研究で、比較的単純な構造を対象とするスピントロニクスにおいて、第一原理計算による物質デザインの有用性を実証することは、他分野への波及効果を含めて、大きな意義があると考えている。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- D. Chiba, S. Fukami, K. Shimamura, N. Ishiwata, K. Kobayashi, T. Ono, “Electrical control of the ferromagnetic phase transition in cobalt at room temperature”, Nature Materials 10, 853 (2011).
- T. Moriyama, S. Takei, M. Nagata, Y. Yoshimura, N. Matsuzaki, T. Terashima, Y. Tserkovnyak, T. Ono, “Anti-damping spin transfer torque through epitaxial nickel oxide”, Appl. Phys. Lett. 106, 162406 (2015).

【研究期間と研究経費】

平成27年度～31年度 432,500千円

【ホームページ等】

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