

PHAM NAM HAI

東京工業大学工学院
准教授

トポロジカル表面状態を用いるスピン軌道トルク磁気メモリの創製

§ 1. 研究成果の概要

1. 室温無磁場で基底状態のスキルミオンの発生に成功

超大容量データ転送に対応できるスピン軌道トルク-磁壁駆動型磁性細線メモリおよびスキルミオンメモリの実現には、スピン軌道トルクだけでなく、トポロジカル絶縁体と磁性材料の界面に発生する Dzyaloshinskii-Moriya 相互作用(DMI)およびそれに起因するスキルミオンの発生が必要不可欠である。我々は、BiSb トポロジカル絶縁体/MnGa 垂直磁化膜の界面において、巨大な DMI 相互作用の確認およびそれに起因した室温無磁場で基底状態のスキルミオンの発生に成功した。

2. 巨大な一方向性スピンホール磁気抵抗効果の実証

一方向性スピンホール磁気抵抗効果(USMR)は非磁性体・磁性体の接合において、非磁性体のスピンホール効果によって、接合抵抗が磁性体の 180° 磁化反転に応じて変化する現象である。この現象を利用すれば、下記の図 1 に示すように 2 層だけの極めて簡易な構造の面内型スピン軌道トルク磁気抵抗メモリの実現が期待できる。しかし、従来研究されてきた重金属・磁性金属の接合においては USMR による接合の抵抗変化が 0.001% 台と極めて微小であるため、デバイス応用に必要な 1% 以上の抵抗変化の実現が難しいと考えられてきた。我々は BiSb トポロジカル絶縁体と GaMnAs 強磁性半導体接合を用いて、1.1% と巨大な一方向性スピンホール磁気抵抗効果を実証した。さらに巨大な一方向性磁気抵抗効果の起源が強磁性半導体中のマグノン励起・吸収とスピン無秩序散乱によって生じることを明らかにした。

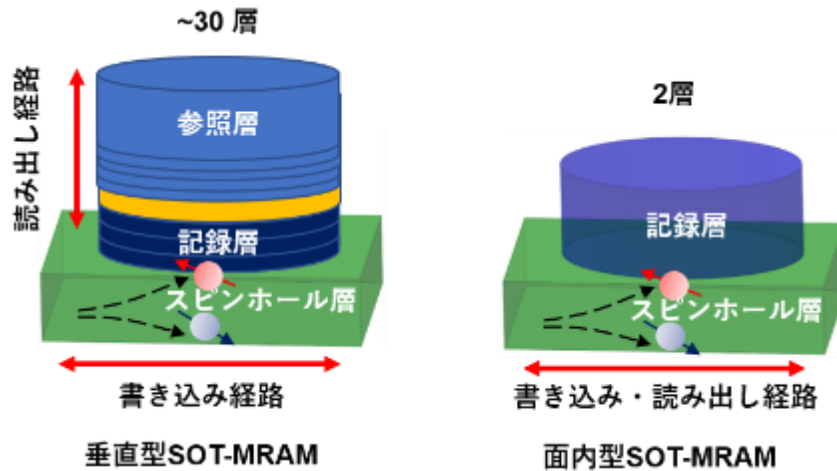


図1 従来の垂直型 SOT-MRAM の構造(左)と本研究の面内型 SOT-MRAM の構造(右)

3. 新型スピントールマイクロ波発信器の提案と動作解析

BiSbトポロジカル絶縁体は優秀なスピントール材料であるため、SOT-MRAMのみならず、スピントール型マイクロ波発信器にも適用できる。スピントールを用いるマイクロ波発振器はサイズが数10nm と極めて小さく、人工知能やマイクロ波アシスト磁気記録に欠かせないデバイスである。しかし、従来のスピントール偏極電流を用いたマイクロ波発振器(Spin torque nano oscillator; STNO)は駆動電流が大きく、信頼性に問題があった。一方、スピントール効果によるスピントール軌道トルクを用いると、駆動電流が一桁以上小さく抑えることができると知られている。しかし、スピントール型マイクロ波発振器は発振には磁場印加が必要だった。そこで、我々は、バイアス磁場印加が要らない新しいスピントール型マイクロ波発振器(Spin Hall nano oscillator; SHNO)を提案し、その動作解析を行った。これにより、磁場印加が不要かつ超低電流駆動できる信頼性が高いマイクロ波発振器が実現できる。

【代表的な原著論文】

1. Nguyen Huynh Duy Khang and Pham Nam Hai, “Giant unidirectional spin Hall magnetoresistance in topological insulator - ferromagnetic semiconductor heterostructures”, Journal of Applied Physics, Vol. 126, pp. 233903/1-9, 2019.
2. Nguyen Huynh Duy Khang, Tuo Fan, Pham Nam Hai, “Zero-field topological Hall effect as evidence of ground-state skyrmions at room temperature in BiSb/MnGa bilayers”, AIP Advances, Vol. 9, pp. 125309/1-6, 2019.

§ 2. 研究実施体制

(1) PHAM グループ(東京工業大学)

- ① 研究代表者: PHAM NAM HAI (東京工業大学工学院、准教授)
- ② 研究項目
 - ・ BiSb の成膜技術および垂直磁気異方性を示す磁性体との接合の作製技術の確立
 - ・ 超高速と超低消費電力の SOT-MRAM に向けたデバイスの試作、カイラル磁壁・スキルミオン用の BiSb/磁性体接合の開発

(2) 宮本グループ(日本放送協会)

- ① 主たる共同研究者: 宮本 泰敬 (日本放送協会放送技術研究所、主任研究員/公益社団法人日本磁気学会総務、特任理事)
- ② 研究項目
 - ・ カイラル磁壁・スキルミオン評価用磁性細線の試作

(3) 小林グループ(東京大学)

- ① 主たる共同研究者: 小林 正起 (東京大学工学系研究科、准教授)
- ② 研究項目
 - ・ スピン角度分解光電子分光法による BiSb(012)の表面状態および BiSb(012)/垂直磁化膜接合界面の観察