

トポロジカル材料科学に基づく革新的機能を
有する材料・デバイスの創出
2018年度採択研究代表者

2022年度
年次報告書

フナム ハイ

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

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)

宮本 泰敬 (日本放送協会 放送技術研究所 主任研究員)

研究成果の概要

東工大グループと NHK グループは、BiSb トポロジカル絶縁体を用いて、垂直磁気異方性を持つ磁性薄膜を低電流密度かつナノ秒オーダーの超高速で磁化反転させることに成功した。まず、垂直磁気異方性の大きな(Pt/Co)多層膜とBiSbトポロジカル絶縁体との接合を、スパッタリング法を用いて表面熱酸化 Si 基板上に製膜した。次に、1,000 nm×800 nm のホールバー素子を作製し、1～4 ナノ秒幅のパルス電流を掃引した時の磁化反転を実証した。面内に印加したバイアス磁場の向きを逆にすると、磁化反転の向きが逆になったことから、SOT 方式による超高速磁化反転が確認された。さらに、磁化反転に必要な電流密度の大小の指標として、絶対零度における閾値電流密度 J_0 を評価した。その結果、 $J_0=2.5\times 10^6$ A/cm² が得られ、この値は従来研究されてきた重金属の J_0 より 2 桁小さい。これらの結果により、超高速磁化反転に必要な電流密度を劇的に低減することに成功したことから、超高速 SOT-MRAM の開発加速が期待できる。

また、東工大グループと米ウエスタンデジタル社は、BiSb トポロジカル絶縁体の逆スピンホール効果の評価を行った。まず、下部電極/CoFe/MgO/BiSb/上部電極のヘテロ接合を作製した。次に、面直方向に電流を印加すると、CoFe から BiSb へスピン偏極電流が注入される。この時、BiSb の逆スピンホール効果によって、BiSb の面内方向に起電力が生じる。この起電力を測定することで、BiSb のスピンホール角を評価した。その結果、BiSb の巨大なスピンホール角～61 を確認した。この値は分子線エピタキシャル結晶成長法によって成膜した単結晶 BiSb/MnGa ヘテロ接合同様である。また、このデバイス構造は 4 Tb/inch² 以上の超高密度磁気記録の次世代磁気センサーとして、有望であることを実証した。

【代表的な原著論文情報】

- 1) Ho Hoang Huy, Julian Sasaki, Nguyen Huynh Duy Khang, Pham Nam Hai, Q. Le, B. York, C. Hwang, X. Liu, M. Gribelyuk, X. Xu, S. Le, M. Ho, H. Takano. “Large inverse spin Hall effect in BiSb topological insulator for 4 Tb/in² magnetic recording technology”, Applied Physics Letters, Vol. 122, pp. 052401, Jan. 2023.
- 2) Nguyen Huynh Duy Khang, Takanori Shirokura, Tuo Fan, Mao Takahashi, Naoki Nakatani, Daisuke Kato, Yasuyoshi Miyamoto, Pham Nam Hai. “Nanosecond ultralow power spin orbit torque magnetization switching driven by BiSb topological insulator”, Applied Physics Letters, Vol. 120, pp. 152401, Apr. 2022.