

BiSb トポロジカル絶縁体のスピンホール効果の Sb 組成比依存性

Sb concentration dependence of spin Hall effect in BiSb topological insulator

東工大¹, NHK 技研² ◯市村 雅貴¹, Nguyen Huynh Duy Khang¹, 高橋 真央², 宮本 泰敬², ファム ナムハイ¹

Tokyo Tech.¹, NHK STRL² ◯Masataka Ichimura¹, Nguyen Huynh Duy Khang¹,

Mao Takahashi², Yasuyoshi Miyamoto², Pham Nam Hai¹

E-mail: ichimura.m.ac@m.titech.ac.jp

近年、省エネルギー、あるいはデバイスの素早い起動が可能といった観点から磁性を用いた磁気抵抗ランダムアクセスメモリ(MRAM)が次世代不揮発性記憶素子として有力視されている。特に、スピンホール効果を生じる材料によりスピン流を注入し磁化を反転させることによって記録を行うスピン軌道トルク(SOT)-MRAM が有望である。スピンホール効果を生じる材料の候補としては高い電気伝導率と巨大なスピンホール角を両立している BiSb が注目されている[1]。BiSb は Sb 組成比によって半金属からトポロジカル絶縁体に性質が変化するが、トポロジカル絶縁体領域において Sb 組成比によってスピンホール角がどのように変化するかという研究はほとんど行われていない。本研究では、表面熱酸化 Si 基板上に、CoTb フェリ磁性体層と様々な Sb 組成比の $\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x$ 層の積層構造の試料を作製し、 $\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x$ 層のスピンホール角の Sb 組成比を評価した。我々はまず、イオンビームスパッタリング法を用いて(Co 0.3 nm/ Tb 0.6 nm)₃ からなる CoTb フェリ磁性層を製膜した。キャップとして Pt 1 nm 層を積層した後に、分子線エピタキシャル結晶成長法を用いて BiSb 10 nm 上部層を製膜した。光リソグラフィーおよびイオンミリングを用いて、 $60\ \mu\text{m} \times 20\ \mu\text{m}$ ホール素子に加工し、第2次高調波法を用いて BiSb の有効スピンホール角を評価した。図1に CoTb / Pt / BiSb ($x = 17\%$) のホールバー素子において、2 mA の交流電流を印加した時の2次高調波ホール抵抗の代表的な波形を示す。図2にこれらのデータから見積もった有効スピンホール角 θ_{SH} の Sb 組成比依存性を示す。バルクのトポロジカル絶縁体領域($7\% < x < 22\%$)では θ_{SH} が $x = 15\%$ 付近にピークを迎える一方、バルクの半金属領域の $x = 5\%$ および $x = 25\%$ では、 θ_{SH} が急激に減少し、1 以下になる。この特徴は BiSb のバンドギャップ値の Sb 組成比依存性とほぼ一致し、BiSb で観測された巨大なスピンホール効果がトポロジカル表面状態に起因していることを示している。

Ref. [1] N. H. D. Khang *et al.*, Nat. Mater. 17, 808–813 (2018).

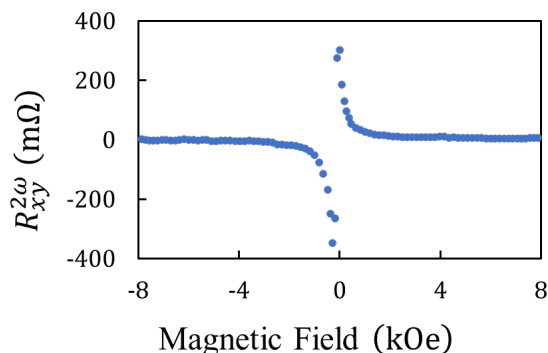


Fig. 1. Second harmonic Hall resistance as a function of in-plane magnetic field for a $60\ \mu\text{m} \times 20\ \mu\text{m}$ Hall device of CoTb / Pt / BiSb ($x = 17\%$) under a bias current of 2 mA.

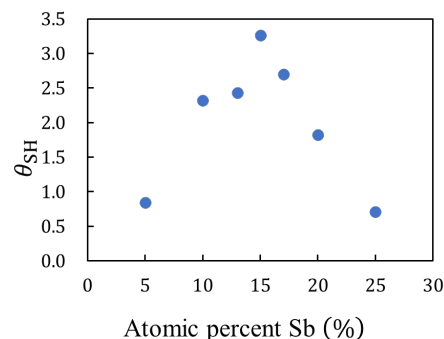


Fig. 2. Effective spin Hall angle of BiSb as a function of Sb concentration.