

GaAs(111)A 上へ成長した $\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x$ スピンホール薄膜の電気伝導特性

Electrical properties of $\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x$ spin Hall thin films grown on GaAs(111)A substrates

東工大 °八尾 健一郎、植田 裕吾、ゲイン フン ユイ カン、ファム ナム ハイ

Tokyo Inst. Tech. °Kenichiro Yao, Yugo Ueda, Nguyen Huynh Duy Khang, Pham Nam Hai

E-mail: yao.k.ac@m.titech.ac.jp

近年トポロジカル絶縁体の巨大スピンホール効果を用いた磁化反転技術の研究が報告されている [1,2]。これらの材料では 1 を超える巨大なスピンホール角が示されておりスピン源として用いることで MRAM における高効率な磁化反転が期待できる。しかし、トポロジカル絶縁体は電気伝導率が $10^4 \Omega^{-1}\text{m}^{-1}$ 台と低いいため強磁性金属の自由層に純スピン流を注入しにくい欠点がある。我々はバンドギャップが小さく、キャリア移動度が高い $\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x$ 合金を用いることで高い電気伝導率と巨大なスピンホール角が両立できると考えている。 $\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x$ は $0.07 < x < 0.22$ においてバンドギャップが開きトポロジカル絶縁体の性質を示す。我々は分子線エピタキシー結晶成長技術を用いて、様々な組成の $\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x(001)$ 薄膜の GaAs(111) A 基板上へのエピタキシャル成長に成功した [3]。今回は、膜厚と混合比が異なる $\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x(001)$ 薄膜の電気伝導特性の評価を行った。電気伝導率測定から伝導率は $10^5 \sim 10^6 \Omega^{-1}\text{m}^{-1}$ 台と他の Bi 系のトポロジカル絶縁体よりも 1~2 桁高いことを確認した。また、抵抗率の温度依存性の測定から 90 nm 程度以下のサンプルにおいて量子サイズ効果によりバンドギャップが拡大し $0 \leq x < 0.35$ において絶縁体となり、 $x > 0.35$ では半金属的な変化となることを確認した。図 1(a) に抵抗率の温度依存性から見積もった 90 nm 程度の $\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x$ 薄膜のバンドギャップを示す。バンドギャップは $0 \leq x < 0.35$ の広い領域に渡って存在し、量子効果によりバルクのバンドギャップ(実線)よりも大きいことが分かった。しかし、 $0 \leq x < 0.35$ の領域でも膜厚を 10 nm 程度まで薄くすると、 $\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x$ の金属的な表面状態による伝導が支配的となり抵抗率温度依存性が金属的な変化を示すことも確認した。例として図 1(b) に 10~92 nm の $\text{Bi}_{0.89}\text{Sb}_{0.11}$ 薄膜の抵抗率の温度依存性を示す。これらの結果は $\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x(001)$ がスピンホール材料として高いポテンシャルを持つことを示唆している。

[1] A. H. Mellnik *et al.*, Nature 511 (2014) 13534. [2] Y. Fan *et al.*, Nat. Mater. 13(2014), 3973. [3] Y. Ueda, P. N. Hai, 63th JSAP Spring meeting, 21a-W241-5 (2016).

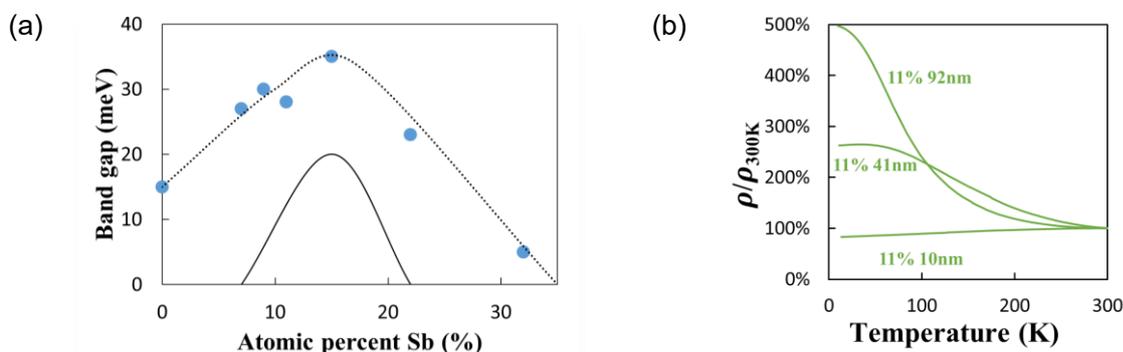


Fig.1 (a) $\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x$ band gap of samples with thickness about 90 nm as a function of Sb concentration. Solid curve shows the intrinsic bulk band gap of $\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x$. (b) Temperature dependence of resistivity of 92 nm, 41 nm, and 10 nm-thick $\text{Bi}_{0.89}\text{Sb}_{0.11}$ thin films.