

課題番号 : F-17-IT-0011
 利用形態 : 機器利用
 利用課題名(日本語) : BiSbを用いる磁化反転技術の研究開発
 Program Title (English) : Magnetization switching method using BiSb
 利用者名(日本語) : Nguyen Huynh Duy Khang¹⁾, ファムナムハイ¹⁾
 Username (English) : Nguyen Huynh Duy Khang¹⁾, Pham Nam Hai¹⁾
 所属名(日本語) : 1) 東京工業大学 工学院 電気電子系
 Affiliation (English) : 1) Department of Electrical and Electronic Engineering, Tokyo Tech.
 キーワード/Keyword : トポロジカル絶縁体、スピンホール効果、スピン軌道トルク、成膜・膜堆積

1. 概要(Summary)

MRAM磁化反転の高効率化の解決策として、スピンホール効果による磁化反転が提案されている。スピンホール効果を示す材料は重金属とトポロジカル絶縁体(TI)がある。本研究では BiSb 合金に注目し、BiSb 合金/垂直磁化膜へテロ接合を作成し、BiSbのスピンホール効果を評価するとともに、BiSbのスピンホール効果による磁化反転を実証する。

2. 実験(Experimental)

【利用した主な装置】

高真空蒸着装置

【実験方法】

Molecular Beam Epitaxy 法により MnGa/BiSb のヘテロ接合を製膜した。次にフォトリソグラフィと高真空蒸着装置を使って、幅50 μm のホール素子を作成した。素子に電流を印加しながら、異常ホール効果測定による磁気特性を評価しBiSbのスピンホール効果を測定した。また、パルス電流印加によるMnGaの磁化反転を行った。

3. 結果と考察(Results and Discussion)

Fig. 1に示すように、本研究のBiSbが従来に研究されてきた重金属 (Ta, W, Pt) より二桁、他のTIよりも一桁高い超巨大なスピンホール角を示すだけでなく、その電気伝導率も高いことから、性能指標としてスピンホール伝導率が $1.3 \times 10^7 \text{ Ohm}^{-1}\text{m}^{-1}$ にも達する。この性能は次世代のスピン軌道トルク磁気抵抗メモリにも十分に適用できるであり、BiSbの性能が実用的なレベルに達したといえる。

また、Fig. 2(a)(b)に示すように、100msのパルス電流を印加することによって、約 $1.5 \times 10^6 \text{ Acm}^{-2}$ と従来よりも二桁少ない電流密度でMnGaの磁化反転に成功した。また、磁化反転の向きが面内磁場に依存することから、BiSbのスピンホール効果に起因するスピン軌道トルクであることが分かった。

4. その他・特記事項(Others)

なし

	θ_{SH}	σ ($\Omega^{-1}\text{m}^{-1}$)	$\frac{\sigma_{\text{SH}}}{2e}$ ($\frac{\hbar}{2e}\Omega^{-1}\text{m}^{-1}$)
β -Ta (ref. 1)	0.15	5.3×10^5	0.8×10^5
β -W (ref. 2)	0.4	4.7×10^5	1.9×10^5
Pt (ref. 3)	0.08	4.2×10^6	3.4×10^5
Bi_2Se_3 (ref. 4)	2-3.5	5.7×10^4	$1.1\text{-}2.0 \times 10^5$
$\text{Bi}_x\text{Se}_{1-x}$ (ref. 5)	18.8	7.8×10^3	$1.1\text{-}2.0 \times 10^5$
$\text{Bi}_{0.9}\text{Sb}_{0.1}$ (this work)	52	2.5×10^5	1.3×10^7

Fig. 1 Comparison between BiSb (this work) and other spin Hall materials.

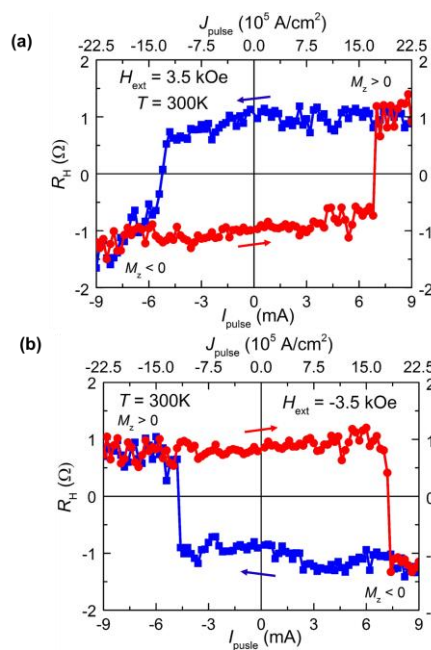


Fig. 2 SOT-switching in MnGa/BiSb bi-layer with an in-plane magnetic field of (a) 3.5 kOe and (b)-3.5 kOe.

5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

- (1) N. H. D. Khang, Y. Ueda, K. Yao, P. N. Hai, J. Appl. Phys. 122, pp. 143903, Oct. (2017).
- (2) N. H. D. Khang, Y. Ueda, P. N. Hai, Junjirou Kanamori Memorial International Symposium – New Horizon of Magnetism, P83, Sep. 27 (2017).
- (3) N. H. D. Khang, Y. Ueda, P. N. Hai, Spintech IX, A65, Jun. 4 (2017).
- (4) N. H. D. Khang, Y. Ueda, P. N. Hai, JSAP Spring meeting, 17p-D104-3, Mar. 17 (2018).

6. 関連特許(Patent)

特許出願済み