

課題番号 : F-18-TT-0011
利用形態 : 共同研究
利用課題名(日本語) : 両極性伝導体におけるスピンの自律モード発生と共鳴ホール効果
Program Title (English) : Resonant Hall effect by generation of a self-sustaining mode of spin current in ambipolar conductor
利用者名(日本語) : 酒井政道
Username (English) : M. Sakai
所属名(日本語) : 埼玉大学大学院理工学研究科物質科学部門
Affiliation (English) : Division of Material Science, Graduate School of Science and Engineering, Saitama University,
キーワード/Keyword : スピン流, スピン拡散長, 両極性伝導体, YH₂, TbFe、成膜・膜堆積

1. 概要 (Summary)

非磁性体に特有なスピンホール効果(SHE)は電荷蓄積を伴わないので、通常のホール電圧として検出できないが、磁性体電極を通じたスピン注入下で SHE を測定することによって、電荷蓄積の伴う異常ホール効果(AHE)として観測することは原理的に可能である。ただし、スピン拡散長と同程度以下のチャンネル長をもつホール素子が必要である。これまでに、YH₂チャンネル長約 10 μm の van der Pauw 型のホール素子を用いることによって、スピン注入下 AHE を観測した[参考文献 1]。しかし、van der Pauw 型では、原理上、電圧検出電極も電流注入電極と同様 TbFeCo 電極が用いられるため、観測された AHE が検出電極側で生じた何らかの現象由来という懸念がある。本研究では、van der Pauw 型の代わりに、Hall-bar 型素子を新規に製作し、電流注入電極のみに磁性体 TbFe を用い、電圧検出電極は、非磁性の Au を使用することによって、スピン偏極電流注入下でのホール効果を観測する。Hall-bar 型素子では、ソース電極からの距離が異なる3箇所でもホール電圧の測定ができるため、チャンネル部へ注入されたスピンの拡散長の下限值や上限値が評価できる。

2. 実験 (Experimental)

【利用した主な装置】 多機能薄膜作製装置

【実験方法】 スピン注入型 Hall-bar 素子は 17×9.6×0.65 mm の石英基板上に作製した。電流注入電極 Tb₃₃Fe₆₇ をスパッタ法、電圧検出電極 Au および両極性伝導体 YH₂(チャンネル長は約 90 μm) は EB 蒸着法を用いて成膜した。また、電極及びチャンネルパターンの形成はそれぞれ 2 層レジスト法および 1 層レジスト法を用いた。磁場(磁場範囲±1T)を試料面に対して垂直に印加した状態で、電流値 50 μA 以下、周波数 10 Hz の交流電流

を面内に流し、ホール抵抗を室温にて評価した。

3. 結果と考察 (Results and Discussion)

Fig. 1 に、室温ホール抵抗の磁場依存性を示す。明確なヒステリシスを伴う AHE 信号が観測される。この結果は、van der Pauw 型素子の結果と類似している。したがって、観測された AHE が純粋にスピン注入効果にもとづくことが確認できた。Fig. 1 の試料は Tb₃₃Fe₆₇ と YH₂ の間に 10 nm の Ti 膜を挿入している。この程度の Ti 膜を挿入する方が挿入する前に比べて AHE 効果が顕著である。今回の結果は、両極性伝導体 YH₂ における室温スピン拡散長の下限值が約 40 nm であることを示している。

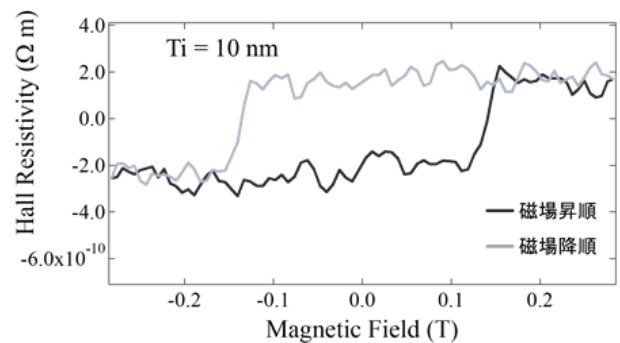


Fig. 1: Room temperature Hall resistivity in Tb₃₃Fe₆₇/Ti/YH₂.

4. その他・特記事項 (Others)

共同研究者 : 豊田工業大学 栗野博之教授

[参考文献] M. Sakai et al., Resonant Hall effect under generation of a self-sustaining mode of spin current in nonmagnetic bipolar conductors with identical characters between holes and electrons, Jpn. J. Appl. Phys. 57 (2018) pp. 033001-1-13.

5. 論文・学会発表 (Publication/Presentation)

(1) T. Sakai et al., Low-temperature synthesis of hydride semiconductor YH_{3-δ} using Pt capped Y films and its chemical thermodynamics analysis, Thin Solid Films, 669, 288-293 (2019).

6. 関連特許 (Patent)

なし