

L1₀-FePt におけるスピン異常ホール効果

関剛斎^{1,2}、飯浜賢志³、谷口知大⁴、高梨弘毅^{1,2}

(¹ 東北大金研、² 東北大 CSRN、³ 東北大材料科学高等研、⁴ 産総研)

Spin anomalous Hall effect in L1₀-FePt

T. Seki^{1,2}, S. Iihama³, T. Taniguchi⁴ and K. Takanashi^{1,2}

(¹IMR, Tohoku Univ., ²CSRN, Tohoku Univ., ³WPI-AIMR, Tohoku Univ., ⁴AIST)

はじめに

スピン軌道相互作用は、スピントロニクスが新しい展開を見せるための重要なキーワードである。例えば、スピン軌道相互作用を起源とするスピンホール効果(SHE)を用いれば、電流($\mathbf{J}_c$)と直交方向にスピン角運動量の流れであるスピン流($\mathbf{J}_s$)を作り出すことができ、その $\mathbf{J}_s$ により隣接する強磁性体の磁化($\mathbf{M}$)にトルクを加えることも可能となる。SHE はこれまで非磁性体を中心に調べられてきたが、最近になって強磁性体における類似の電流-スピン流変換も報告されるようになってきた^{1,2)}。

強磁性体では、 $\mathbf{M}$ と $\mathbf{J}_c$ の外積方向に異常ホール効果(AHE)による電圧が生じる。強磁性体内では $\mathbf{J}_c$ が既にスピン偏極電流であり、AHE により生じる横方向電流もスピン偏極すると考えられる。縦伝導度に対する偏極率を β 、横伝導度に対する偏極率を ζ 、および異常ホール角を α_{AH} とした場合、AHE により生じる横方向スピン流は $\mathbf{J}_s \propto (\zeta - \beta) \alpha_{AH} [\mathbf{M}/M \times \mathbf{J}_c]$ で与えられる。これがスピン異常ホール効果(SAHE)である³⁾。本研究では、大きな AHE を示す L1₀-FePt 合金が大きな SAHE を示す可能性に着目し、L1₀-FePt のスピン異常ホール角および SAHE の対称性を調べ、さらに SAHE を用いた磁化反転を試みた。

実験結果

図1に模式的に示した L1₀-FePt | Cu | Ni₈₁Fe₁₉ の巨大磁気抵抗(GMR)膜において、電流を膜面内に流したときの Ni₈₁Fe₁₉ 層の磁化($\mathbf{m}$)に作用するトルクを評価することで、L1₀-FePt 層の SAHE による $\mathbf{J}_s$ を定量評価することができる。本研究では、スパッタ法を用いて SrTiO₃ (110)基板上に L1₀-FePt (30 nm) | Cu (3 nm) | Ni₈₁Fe₁₉ (20 nm) をエピタキシャル成長させた。ここで、L1₀-FePt 層は膜面内に一軸磁気異方性を有する面内磁化膜となっている。この薄膜試料に微細加工を施すことにより、FePt 層の磁化($\mathbf{p}$)と $\mathbf{J}_c$ が直交した素子(Orthogonal configuration-device)、および $\mathbf{p}$ と $\mathbf{J}_c$ が平行の素子(Parallel configuration-device)の二種類の素子を作製した。これらの素子について直流電流(I_{dc})を印加しながら強磁性共鳴スペクトルを測定したところ、 I_{dc} に依存した共鳴線幅の変調が観測され、L1₀-FePt のスピン異常ホール角が 0.25 ± 0.03 と見積もられた。この値はこれまでに CoFeB で報告されている値⁴⁾よりも大きい。さらに、Orthogonal configuration-device と Parallel configuration-device の結果を比較することで、観測された電流-スピン流変換は SAHE の対称性で説明できることが確認された。講演時には SAHE を用いた磁化反転についても議論する。

参考文献

- 1) B. F. Miao *et al.*, *Phys. Rev. Lett.* **111**, 066602 (2013).
- 2) T. Seki *et al.*, *Appl. Phys. Lett.* **107**, 092401 (2015).
- 3) T. Taniguchi *et al.*, *Phys. Rev. Applied* **3**, 044001 (2015).
- 4) S. Iihama *et al.*, *Nature electronics* **1**, 120-123 (2018).

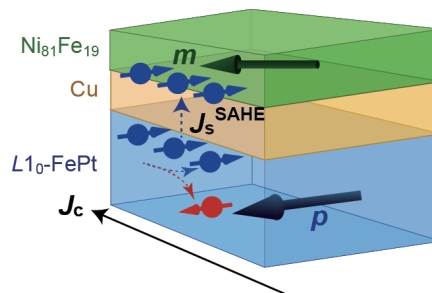


Fig. 1 Schematic illustration of current-in-plane giant magnetoresistance stack with L1₀-FePt | Cu | Ni₈₁Fe₁₉ for the evaluation of spin anomalous Hall effect.