

希土類-遷移金属フェリ磁性体/4f金属ヘテロ接合におけるスピン軌道トルク

笠谷雄一^{1,3}, 吉川大貴¹, 二川康宏², 塚本新¹
(¹日大理工, ²日大院理工, ³学振PD)

Spin-Orbit Torque in rare earth-transition metal Ferrimagnet/4f-metal Heterostructures

Y. Kasatani^{1,3}, H. Yoshikawa¹, Y. Futakawa² and A. Tsukamoto¹(¹College of Science and Technology, Nihon Univ., ²Graduate School of Science and Technology, Nihon Univ., ³JSPS Research Fellow)

1 はじめに

近年、強磁性体/重金属界面で生じるスピン軌道トルク (SOT) について、様々なスピントロニクス分野で盛んに研究が行われている。SOTはフェロ磁性体/5d重金属界面だけではなく、GdFeCo/Ptのような希土類-遷移金属 (RE-TM) フェリ磁性体/5d重金属接合¹⁾や、Gd/Co/Ptのような4f金属を用いた系²⁾においても測定されている。本研究では、我々は4f金属のスピン軌道相互作用に着目し、RE-TMフェリ磁性体/4f金属ヘテロ接合におけるSOTについて明らかにする。

2 実験方法

Si基板上に、Au(20 nm)/X(5 nm)/GdFeCo(10 nm)/SiN(100 nm) (X = Gd, Tb) からなるRE-TMフェリ磁性体/4f金属ヘテロ接合膜をRFスパッタリングにより作成した。電子線リソグラフィ装置を用いて、幅5 μm、長さ100 μmのホールバー形状に加工した。外部磁場を掃引しながら、信号発生器を用いて $V = V_{in} \sin 2\pi ft$ (大きさ V_{in} 、周波数 f) で振動する電圧を印加し、ロックインアンプを用いて電流と垂直に生じるホール電圧を測定した。ホール電圧の基本波成分および二次高調波成分の外部磁場依存性より、damping-like SOTの大きさと有効スピンホール角を求めた。(ハーモニクホール電圧測定)

3 結果および考察

Fig. 1にホール電圧の基本波成分 V_{1f} および二次高調波成分 V_{2f} の、膜面内で電流と平行に印加した外部磁場 H_{ext} 依存性を示す。Gd/GdFeCo、Tb/GdFeCoのそれぞれにおいて V_{1f} の符号は同じ、 V_{2f} の符号は互いに逆向きであることがわかった。この結果より、Gd/GdFeCoとTb/GdFeCoで生じるdamping-like SOTの向きは互いに逆向きであることが示唆される。

V_{1f} および V_{2f} の外部磁場依存性より求めた、Gd/GdFeCo、Tb/GdFeCoおよび参照試料として作成したPt/GdFeCoにおける有効スピンホール角 θ_{SH} をFig. 2に示す。Gd、Tbを接合した場合、スピン軌道相互作用が大きいとされるPtに比べて、有効スピンホール角が約10倍程度大きくなった。また、GdとTbで有効スピンホール角の符号が反転しているが、これはGd ($4f^7 5d^1$) では4f軌道がちょうど半閉殻であるのに対し、Tb ($4f^9$) では4f軌道にさらに2つ電子が加わるためであると考えられる。

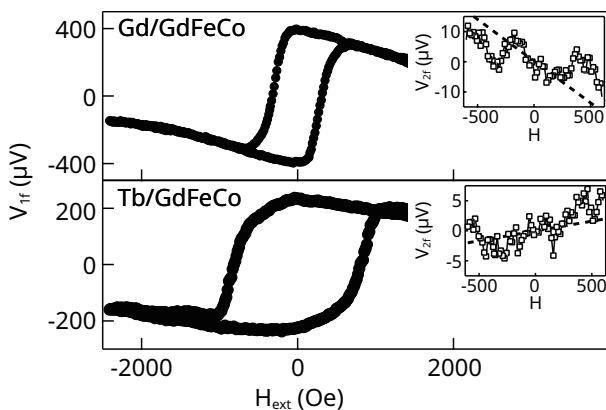


Fig. 1 In-plane magnetic field dependence of 1st and 2nd harmonic Hall voltage.

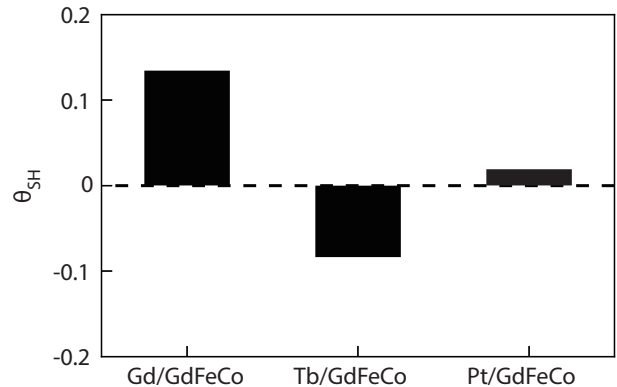


Fig. 2 Effective spin hall angle of Gd/GdFeCo, Tb/GdFeCo and Pt/GdFeCo (reference).

謝辞

本研究は、平成25-29年度文部科学省私立大学戦略的基盤形成支援事業 (S1311020) および平成30-32年度JSPS特別研究員奨励費の助成により行われた。

References

- 1) W. S. Ham, S. Kim, D.-H. Kim, K.-J. Kim, T. Okuno, H. Yoshikawa, A. Tsukamoto, T. Moriyama and T. Ono, *Appl. Phys. Lett.* **110**, 242405 (2017).
- 2) K. Ueda, C.-F. Pai, A.-J. Tan, M. Mann, and G. S. D. Beach, *Appl. Phys. Lett.* **108**, 232405 (2016).