

アモルファス GdFeCo 膜におけるスピン軌道トルク

川上圭祐, 大島大輝, 加藤剛志, 岩田聡
(名古屋大学)

Spin orbit torques in amorphous GdFeCo films

K. Kawakami, D. Oshima, T. Kato, S. Iwata
(Nagoya Univ)

はじめに

Gbit を超える MRAM 開発およびその低消費電力化において, 磁性薄膜の高効率な磁化反転手法の開発が求められている. スピンホール効果による純スピン流を利用した磁化反転は, スピントランスファートルク磁化反転に比べて低消費電力化の可能性がある, また書き込みマージンの確保が容易であるなどの利点があると指摘されている¹⁾. GdFeCo は, Gd と遷移金属の磁気モーメントが反平行に結合したフェリ磁性体であり, 組成により磁気特性を制御することが可能な材料であるが, 本研究では, 組成の異なる GdFeCo 膜に隣接 Ta 層で生じたスピン流によるスピン軌道トルクについて調べたので報告する.

実験方法

超高真空マグネトロンスパッタ装置により, 熱酸化膜付き Si 基板上に Ta (20 nm) / Gd_x(Fe₉₀Co₁₀)_{100-x} (5 nm) / SiN (3 nm) を成膜した. 素子の加工には, 電子ビームリソグラフィと Ar⁺イオンエッチングを用い, 幅 1 ~ 8 μm のホールクロス構造を作製した. スピンホール磁化反転はパルス幅 10 μsec のパルス電流 I_{pulse} を通電後, 読み出し電流 I_{read} で異常ホール (AHE) 電圧を測定することにより確認した. また, パルス電流と平行に磁界 H_{ext} を加えた. スピン軌道トルクは周波数 80 Hz の交流電流 J_c を流すことによる磁化の傾きの変化を, AHE の高調波電圧を検出することで見積もった. 交流電流と平行および垂直方向に磁界 H_{ext} を加えることによって, ダンピングライクトルクおよびフィールドライクトルクによる磁界 H_{DL} , H_{FL} を得た.

実験結果

Fig. 1 は, Gd 組成 21, 23, 26 at.% の GdFeCo 膜におけるスピンホール磁化反転の臨界電流密度 J_{sw} の外部磁界 H_{ext} 依存性を示している. AHE の符号から, Gd26 at.% 以下は TM-rich, Gd28 at.% は RE-rich であることを確認した. J_{sw} の H_{ext} 依存性は Gd₂₁(FeCo)₇₉ が最も大きく, 正味磁化が大きいほど H_{ext} 依存性が大きくなる傾向が見られた. なお, J_{sw} を $H_{\text{ext}} = 0$ Oe へ外挿した値は Gd 組成に大きく依存せず, 10 MA/cm² 程度となった. Fig. 2 は Gd_x(FeCo)_{100-x} 膜の飽和磁化 M_s と $J_c = 2$ MA/cm² における H_{DL} , およびこれらから求められるスピンホール角 J_s / J_c の Gd 組成依存性を示している. H_{DL} は GdFeCo の補償組成付近で大きくなるが, AHE と異なり, H_{DL} の符号は TM-rich, RE-rich で変化がない. また, J_s / J_c は全ての組成でおよそ 0.1 程度となることが分かった.

参考文献

1) L. Liu *et al.*, Science, **336**, 555 (2012).

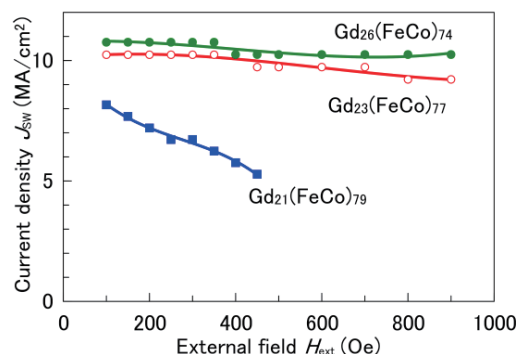


Fig. 1 External field H_{ext} dependence of switching current density J_{sw} of Gd_x(Fe₉₀Co₁₀)_{100-x}.

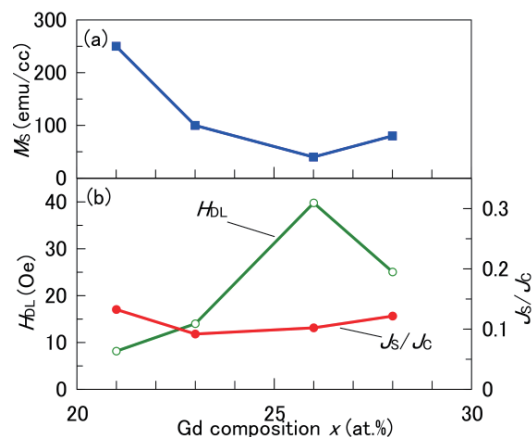


Fig. 2 Gd composition dependence of (a) net magnetization M_s , (b) damping-like field H_{DL} , and spin Hall angle J_s / J_c in Gd_x(Fe₉₀Co₁₀)_{100-x}