

SiN / GdFeCo / Ta 三層膜のスピン軌道トルクの Gd 組成依存性

川上圭祐, 門脇圭佑, 大島大輝, 加藤剛志, 岩田聡
(名古屋大)

Gd content dependence of spin orbit torques of SiN / GdFeCo / Ta trilayers

K. Kawakami, K. Kadowaki, T. Kato, D. Oshima, 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. スピン軌道トルク (SOT) を利用した磁化反転は, スピントランスファートルク (STT) 磁化反転に比べて高速化, 低消費電力化が可能であり, 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¹⁾. 本研究では, 組成の異なる GdFeCo 膜に隣接 Ta 層から印加されるスピン軌道トルクの Gd 組成依存性を調べたので報告する. 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るため, 組成によって正味磁化と FeCo の磁気モーメントを平行, 反平行とすることができる.

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. GdFeCo 膜の SOT は周波数 310 Hz の交流電流 I_{AC} をホールクロスに流すことで現れる異常 Hall 効果 (AHE) 電圧の高調波成分より見積もった²⁾. 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 τ_{DL} およびフィールドライクトルク τ_{FL} を磁界に換算したもの (それぞれ, H_{DL} , H_{FL}) を得た.

実験結果

Fig. 1 は SiN / GdFeCo / Ta 三層膜の正味磁化 M_{net} , H_{DL} , H_{FL} , τ_{DL} , τ_{FL} の Gd 組成依存性を示している. ここで, τ_{DL} , τ_{FL} は高調波法により得られる H_{DL} , H_{FL} に M_{net} を乗じることで見積もった. GdFeCo の補償組成は AHE の符号および M_{net} の Gd 組成から Gd 24.8 at.% 付近と見積もられる. Gd 組成が補償組成に近づくにつれ, $|H_{DL}|$, $|H_{FL}|$ は増加している. しかしながら, これに M_{net} を乗じた $|\tau_{DL}|$, $|\tau_{FL}|$ は Gd 組成 $22 \leq x \leq 28$ でおおむね一定値となっている. これはスピン Hall 効果により Ta 層より流入するスピン流の角運動量が M_{net} に移行しているためと考えられる. H_{FL} , τ_{FL} は補償組成で符号が反転している. このような傾向は H_{DL} , τ_{DL} には現れていない. τ_{DL} , τ_{FL} はそれぞれ, $\mathbf{m} \times \mathbf{m} \times \mathbf{s}$, $\mathbf{m} \times \mathbf{s}$ に比例する. ここで, $\mathbf{m}$ は磁気モーメント, $\mathbf{s}$ は流入するスピン流のスピン方向である. τ_{FL} は $\mathbf{m}$ の一次に比例し, 補償組成で符号が反転することから, スピン流は FeCo のモーメントにトルクを与えると考えられる.

参考文献

- 1) L. Liu *et al.*, Science, **336**, 555 (2012).
- 2) M. Hayashi *et al.*, Phys. Rev. B **89**, 114425 (2014).

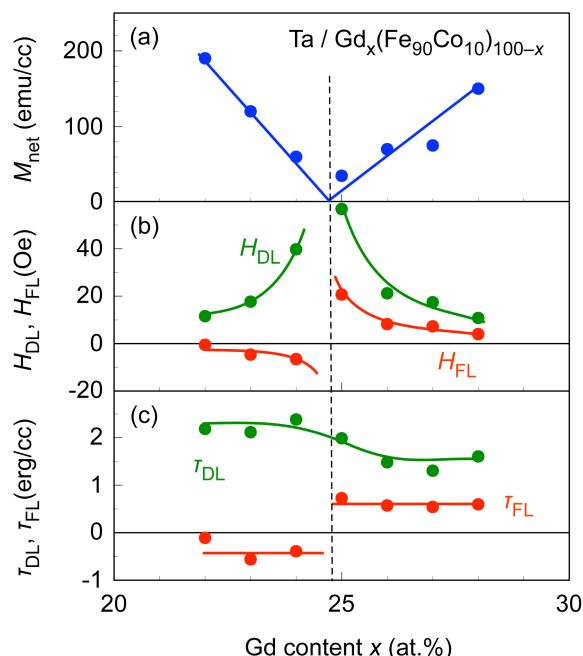


Fig. 1 Gd composition dependence of (a) net magnetization M_{net} , (b) damping- and field-like fields, H_{DL} and H_{FL} , respectively, and (c) damping- and field-like torques, τ_{DL} and τ_{FL} , respectively, in SiN / Gd_x(Fe₉₀Co₁₀)_{100-x} / Ta trilayers.