

垂直磁化 GdFeCo 膜のスピンホール効果による磁化反転

松村智矢, 大島大輝, 加藤剛志, 岩田聡
(名古屋大学)

Spin Hall switching of perpendicular magnetized GdFeCo films
T. Matsumura, 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, 現在開発中のスピントランスポアトルク磁化反転に比べて低消費電力化の可能性があり, 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と指摘されている¹⁾. 本研究では, 希土類-遷移金属(RE-TM)合金である GdFeCo 膜について TM-rich および RE-rich 組成の垂直磁化膜でスピンホール効果による磁化反転を確認し, 磁化反転電流の印可磁界依存性, スピンホール角の大きさを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 substrate / Ta (10 nm) / Gd_x(Fe₉₀Co₁₀)_{100-x} (5 nm) / SiN (5 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 3 μm のホールクロス構造を作製した. スピンホール効果による磁化反転は電流端子にパルス幅 0.1 sec のパルス電流 I_{pulse} を通電後, 読み出し電流 $I_{\text{read}} = 80\mu\text{A}$ で Hall 電圧を測定することにより確認した. また, 測定時には印可電流と平行に磁界 H_{ext} を加えた.

実験結果

Fig. 1 は, Gd₂₁(FeCo)₇₉ 膜 (TM-rich) において所定のパルス電流 I_{pulse} を流した後にホール電圧 V_H を測定した結果を示している. なお, I_{pulse} と平行に $H_{\text{ext}} = 100$ Oe を印加している. $I_{\text{pulse}} = \pm 2.5$ mA 付近でスピンホール効果による磁化反転を反映したホール電圧の急峻な変化が観測されている. 正, 負の I_{pulse} から見積もった平均的反転電流密度 J_{sw} は, 6×10^6 A/cm² 程度となった. TM-rich と RE-rich では Hall 電圧の符号は反転するが, スピンホール磁化反転はどちらの組成においても $I_{\text{pulse}}, H_{\text{ext}}$ がともに正方向の時, 正味の磁化が膜面上向きから下向きに反転することが分かった. また, スピンホール効果による磁化反転の J_{sw} の H_{ext} 依存性は GdFeCo 膜の磁化が大きく, 異方性磁界が小さいものの方が大きいという結果を得た. Fig 2 は Gd₂₁(FeCo)₇₉ 膜に $I_{\text{DC}} = \pm 2.0$ mA を流しながら, I_{DC} と平行な磁界 H_{in} を増加させたときのホール抵抗 R_H の変化を表している. スピンホール効果により $I_{\text{DC}} = -2$ mA より, $+2$ mA の方が磁化が面内を向きやすくなっている. R_H の面内磁界 H_{in} 依存性から見積もったスピンホール角¹⁾はおおよそ 0.1 程度であり, TM-rich, RE-rich と同程度であることが分かった.

参考文献

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

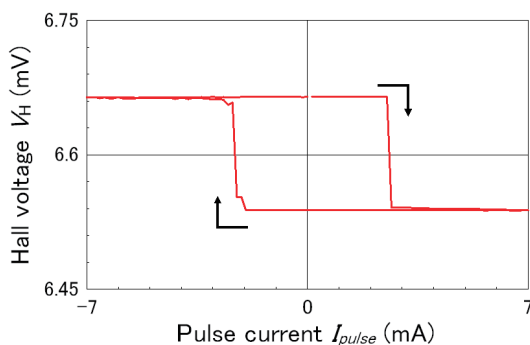


Fig. 1 Anomalous Hall voltage of Gd₂₁(Fe₉₀Co₁₀)₇₉ after the application of in-plane pulse current I_{pulse} , under an external field of $H_{\text{ext}} = 100$ Oe.

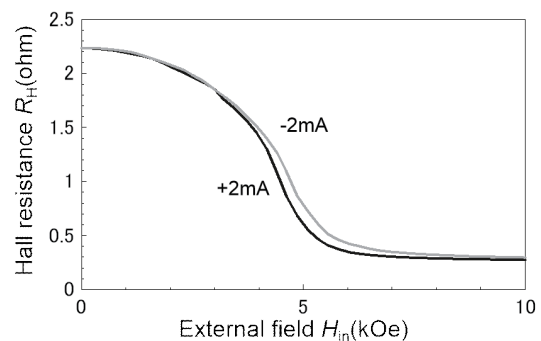


Fig. 2 In-plane field H_{in} dependence of Hall resistance R_H of Gd₂₁(Fe₉₀Co₁₀)₇₉ measured applying a DC current of $I_{\text{DC}} = \pm 2.0$ mA.