

垂直磁化 Co 超薄膜における電界アシストスピホール磁化反転

國島 和哉, 周 興, 大島 大輝, 加藤 剛志, 岩田 聡
(名古屋大学)

Electric-field-assisted spin Hall magnetization switching in perpendicularly magnetized Co ultra-thin films
K.Kunishima, X.Zhou, D.Oshima, T.Kato, S.Iwata
(Nagoya University)

はじめに

磁気ランダムアクセスメモリ(MRAM)は、不揮発性、高速のランダムアクセス、無限の書き換え耐性といった特長を持ち、次世代のメモリとして注目されている。現行の MRAM は消費電力が大きいという欠点があるため、新たな磁化反転の手法として、スピホール効果を用いた磁化反転が検討されている¹⁾。しかし、この手法でも純スピホール流を生成するために、重金属膜に $10^6 \sim 10^7 \text{ A/cm}^2$ 程度の大きな電流密度を必要とする。近年、磁性層に電界を印加することにより界面異方性を制御し、スピホール磁化反転の反転電流密度を低減できることが報告されている²⁾。ここでは、垂直磁気異方性を示す Co 超薄膜において、電界による磁気特性の制御と電界アシストスピホール磁化反転を調べた。

実験方法

超高真空マグネトロンスパッタリング装置を用いて、MgO (10 nm) / Co (0.4 nm) / Pt (3 nm) / SiN (5 nm) / (熱酸化膜付き Si 基板) を成膜した。電子線露光装置と Ar⁺イオンエッチング装置を用い、異常ホール効果測定用の幅 $3 \mu\text{m} \times 6 \mu\text{m}$ の十字パターンに加工した。その後、電圧を印加して測定を行うため、フォトリソグラフィとスパッタリングにより絶縁層パターン HfO₂ (100 nm) と電極パターン Al (100 nm) を作製した (Fig. 1)。異常ホール効果の測定は、膜面内方向に電流 $30 \mu\text{A}$ を流し測定した。スピホール磁化反転の測定は、電流と平行方向に外部磁界を 200 Oe 印加し、パルス幅 0.01 msec ~ 1 msec のパルス電流を印加した直後のホール電圧を測定することで行った。これらの測定時には、Al 電極にゲート電圧 $V_G = -20 \text{ V} \sim +20 \text{ V}$ を印加し、電界印加効果を調べた。

実験結果

Fig. 2 はゲート電圧 $V_G = -20 \text{ V}$, $+20 \text{ V}$ を印加した場合の異常ホールループである。保磁力は $V_G = +20 \text{ V}$ のとき 336 Oe, $V_G = -20 \text{ V}$ のとき 291 Oe と、0.3 %/V 程度の保磁力変化が確認された。Fig. 3 はスピホール磁化反転における、反転電流密度 J_s の電流パルス幅 τ 依存性を示している。反転電流密度は、電流パルス幅が大きくなるにつれて減少している。また、正の V_G 印加で J_s が増加、負の V_G で J_s が減少することは、保磁力の変化と対応しており、 $V_G = +20 \text{ V}$ から -20 V へ変化することで J_s が 0.5 MA/cm^2 程度減少することが確認された。

参考文献

- 1) L.Liu et al., Phys. Rev. Lett., **109**, 096602 (2012).
- 2) T. Inokuchi et al., Appl. Phys. Lett., **110**, 252404 (2017).

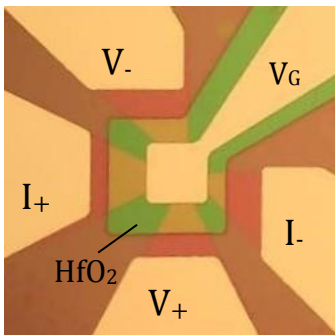


Fig. 1 Optical microscope image of the micro-fabricated Co ultrathin film.

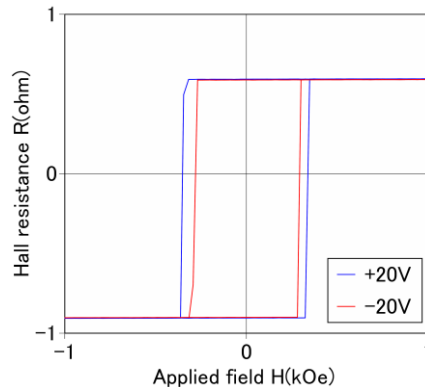


Fig.2 Hall loops of microfabricated MgO / Co / Pt measured under $V_G = \pm 20 \text{ V}$.

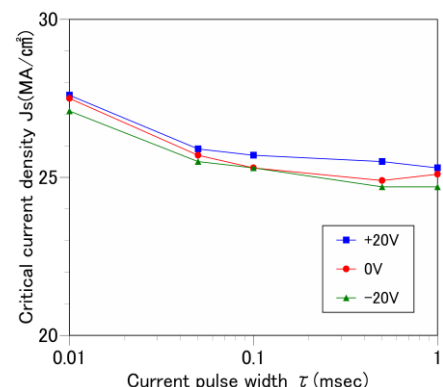


Fig.3 Pulse width dependence of critical current density of spin Hall switching of MgO / Co / Pt under $V_G = 0, \pm 20 \text{ V}$.