

MgO/Co/Pt 積層膜における電界アシストスピン軌道トルク磁化反転

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 orbit torque switching in MgO/Co/Pt trilayers

K.Kunishima, X.Zhou, D.Oshima, T.Kato, S.Iwata
(Nagoya University)

はじめに

次世代不揮発性メモリとして注目されている磁気ランダムアクセスメモリ(MRAM)には、書き込み時の消費電力が大きいという欠点があり、新たな磁化反転の手法として、スピン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ン流を生成するために、重金属膜に $10^6 \sim 10^7$ A/cm² 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、スピン軌道トルク(Spin-Orbit-Torque, SOT)磁化反転の反転電流密度を制御す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 MgO/Co/Pt 積層膜において、電界による磁気特性の制御と電界アシストスピン軌道トルク磁化反転について調べた。

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 μ m、6 μ 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) を形成した (Fig. 1)。なお、HfO₂ 成膜時の Ar 圧 P_{Ar,HfO_2} は 0.1 ~ 4 Pa とした。異常ホール効果は、膜面法線方向に 1 kOe の外部磁界を印加して測定した。SOT 磁化反転は、面内パルス電流 (パルス幅 10 μ s ~ 1 ms) を印加後にホール抵抗を測定することで行った。このとき、電流方向に外部磁界を 200 Oe 印加した。これらの測定時に、Al 電極にゲート電圧 $V_G = -20$ V ~ +20 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 $V_G = -20$ V, +20 V を印加した場合の SOT 磁化反転の結果である。電流パルス幅は 0.1 ms であり、反転電流密度 J_c は $V_G = +20$ V のとき 3.95×10^7 A/cm², $V_G = -20$ V のとき 3.66×10^7 A/cm² と 20 %/(V/nm) 程度の J_c の変化が確認された。Fig. 3 は SOT 磁化反転における、 J_c の変化率の電流パルス幅 τ 依存性を示している。 P_{Ar,HfO_2} が 0.4 Pa のものと 1 Pa のものについて J_c の変化率を比較したところ $P_{Ar,HfO_2} = 1$ Pa の方が大きいことが確認された。また、 $P_{Ar,HfO_2} = 0.4$ Pa, 1 Pa いずれも J_c の変化率は $\tau = 0.1$ ms で最大となった。

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).

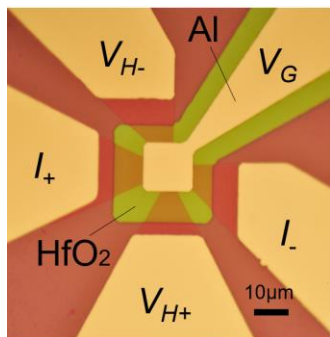


Fig. 1 Optical microscope image of the microfabricated MgO / Co / Pt trilayers.

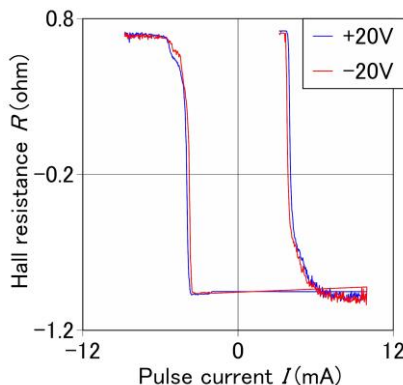


Fig.2 SOT switching of microfabricated MgO / Co / Pt measured under $V_G = \pm 20$ V (Current pulse width 0.1 ms, $P_{Ar,HfO_2} = 1$ Pa).

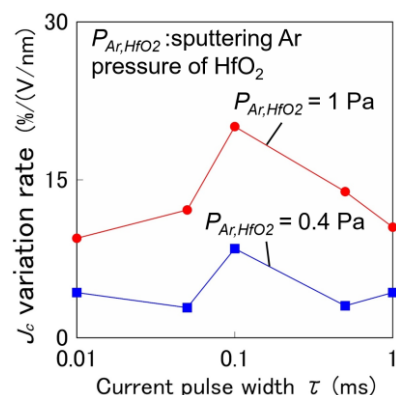


Fig.3 Pulse width dependence of J_c variation rate of SOT switching of MgO / Co / Pt trilayers ($P_{Ar,HfO_2} = 0.4$ and 1 Pa).