

リン添加白金を利用した低消費電力スピントルク磁化反転 Evaluation of Spin-Orbit Torque-Driven Magnetization Switching Using Phosphorus-Ion-Implanted Platinum

九州工業大¹, 豊田工業大², 山口大³, [○](M1)新宅 千輝¹, マシュウ アルン ジャコブ¹,
(M2)岩本 輝久¹, モハマディ モジタバ², 栗野 博之², 浅田 裕法³, 福岡 康裕¹
Kyushu Inst. Tech.¹, Toyota Tech. Inst.², Yamaguchi Univ.³, [○]K. Shintaku¹, A. J. Mathew¹,
A. Iwamoto¹, M. Mohamadi², H. Awano², H. Asada³, Y. Fukuma¹

E-mail: kshintaku@fukuma-lab.info

次世代の磁気ランダムアクセスメモリ (MRAM) の実現に向けて、スピンホール効果(SHE)等から生成されたスピン流を利用したスピントルク(SOT)磁化反転が注目されている。SOT の大きさは、電流をスピン流へと変換する指標であるスピンホール角 θ_{SHE} に強く依存する。最近、リンイオンを注入した白金 Pt(P)ではスピンホール角 θ_{SHE} が従来の Pt の 0.034 から 1.17 に約 34 倍に増大することが報告されている[1]。本研究では、この Pt(P)からの SOT を利用してフェリ磁性体 $\text{Gd}_{26}\text{Fe}_{74}$ (GdFe)の磁化反転実験を行った[2]。試料は Si/SiO₂ 基板上に Pt(10 nm)をスパッタ成膜し、加速電圧 30 keV で P イオンを照射密度 $d = 5 \times 10^{16}$ ions/cm² と $d = 10 \times 10^{16}$ ions/cm² を注入後 Pt(1 nm)/GdFe(20 nm)/SiN(10 nm)をスパッタ成膜し、横 10 μm 、縦 10 μm のホールバー形状へ加工した。

第二高調波ホール測定から θ_{SHE} を見積ると、 $d = 0$ で $\theta_{\text{SHE}} = 0.06$ 、 $d = 5 \times 10^{16}$ ions/cm² で $\theta_{\text{SHE}} = 0.19$ 、 $d = 10 \times 10^{16}$ ions/cm² で $\theta_{\text{SHE}} = 0.43$ であった。次に、SOT 磁化反転実験ではまず磁化を面直方向 $\pm z$ に初期化し、面内アシスト磁場 $H_x = \pm 50$ mT を印加した状態で書き込み電流を掃引しつつ読み出し電流 1 mA で異常ホール電圧 V_{Hall} を測定した。 V_{Hall} が符号反転する点を臨界電流密度 J_{sw} と定義した。さらに、書き込み電流のパルス幅を $t_{\text{pw}} = 500$ μs から 500 ns に変化させ、 J_{sw} のパルス幅依存性を調べた。図 1 に示すように、得られた臨界電流密度 J_{sw} を熱活性モデルでフィッティングした結果、ゼロ温度電流密度 J_0 は 75%低減し、熱安定性係数 Δ は 2%の変化にとどまった。

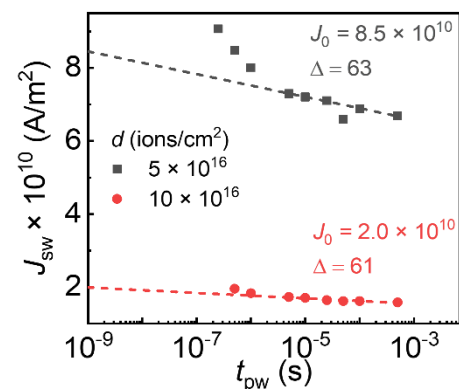


Figure 1: J_{sw} as a function of pulse width t_{pw} for different d .

参考文献

- [1] U. Shashank et.al, *NPG Asia Mater.* **17**, 15 (2025).
- [2] K. Shintaku, et. Al, arXiv:2504.11796 (2025)