

[CoPd/Pd]/[Co/Pd]ハイブリッドメモリ層の熱アシスト STT 磁化反転

趙望臻, 加藤剛志, 大島大輝, 園部義明*, 高橋茂樹*, 岩田聡
(名古屋大学, *サムスン日本研究所)

Thermally assisted STT switching of hybrid memory layer using CoPd/Pd and Co/Pd multilayers

W. Zhao, T. Kato, D. Oshima, Y. Sonobe*, S. Takahashi*, S. Iwata
(Nagoya Univ., *Samsung R&D Institute Japan)

1. はじめに

スピントランスファートルク (STT) 磁化反転方式は Gbit 級磁気ランダムアクセスメモリ (MRAM) の書き込み手段として利用されているが, 10 Gbit 級の大容量の MRAM を実現するには, 高い熱安定性(Δ)と低い臨界電流密度(J_c)の両立が求められている。我々は低キュリー温度 (T_c) の CoPd/Pd 多層膜 (ML) と高 T_c の Co/Pd ML を用いたハイブリッドメモリを設計し, 熱アシストによる高効率な STT 磁化反転が実現できることを検証した [1-3]。今回, スピン偏極電流により磁化反転のトルクが加わる高 T_c 層の層厚比を変化させた $[\text{Co}(x) / \text{Pd}(1.6-x)]_1 / [\text{CoPd} / \text{Pd}]_2$ ($x = 0.4, 0.6, 0.8$) ハイブリッドメモリ層を用い, STT 磁化反転の Δ と J_c の温度依存性を調べた。さらに, ハイブリッドメモリ層の実効磁気異方性定数(K_{eff})の温度依存性などと STT 磁化反転との関係を検討した。

2. 実験方法

熱酸化膜付 Si 基板上にマグネトロンスパッタ法により, Si Sub/ Ta(10) / Cu₇₀Ta₃₀(150) / Pt(5) / [Pt(1.0) / Co(0.6)]₆ ML / Cu(2.5) / [Co(x) / Pd(1.6-x)]₁ ML / [Co₄₈Pd₅₂(0.4) / Pd(1.2)]₂ ML / Cu(5) / Ta(5) (層厚の単位は nm) という GMR 構造を作製した。光露光, EB 露光及び Ar⁺イオンエッチングにより, GMR 膜を微細加工し, 接合部の直径が 120 nm から 300 nm までの CPP-GMR 接合を作製した。STT 磁化反転は CPP-GMR 接合に電流パルス(パルス幅 $\tau = 10 \mu\text{s} - 100 \text{ms}$)を印加した後の抵抗値を測定することで観測した。パルス幅依存性を $\tau = 1 \text{ns}$ まで外挿し, 臨界反転電流密度 J_{c0} , および Δ を見積もった。試料を加熱ステージに置いて測定することで, J_{c0} , Δ の温度依存性を調べた。また, ハイブリッドメモリ層のみの Si Sub/ Ta(5) / [Co(x) / Pd(1.6-x)]₁ ML / [Co₄₈Pd₅₂(0.4) / Pd(1.2)]₂ ML / Ta(2) を作製し, 実効垂直磁気異方性 K_{eff} を測定した。

3. 実験結果

Fig. 1 は $x = 0.4, 0.6, 0.8$ のハイブリッドメモリ層の J_{c0} , Δ の温度依存性を示している。 J_{c0} と Δ はともに温度上昇により減少し, 熱アシスト STT 磁化反転が確認される。 $x = 0.4, 0.6$ に対し, $x = 0.8$ では J_{c0} が大きく減少している。一方, $x = 0.8$ の Δ は他の試料に対し, 大きく減少していない。Fig. 2 はハイブリッドメモリ層の K_{eff} の温度依存性を示している。 x の増加により磁化が増大するため, K_{eff} と Δ の温度依存性の差異は STT 磁化反転の反転核の大きさの差に起因すると考えられる。 $x = 0.8$ の Δ が他の試料に対し大きく減少していないのに対し, J_{c0} は大きく減少している。この原因として, $x = 0.8$ は $x = 0.4, 0.6$ に対し, ダンピング定数が小さいためと考えられる [4]。これらの結果から, 界面に低ダンピング, 高 T_c 材料を用いることが, 室温での J_{c0} 低減に寄与したと考えられる。また, 高温では, 低 T_c の CoPd/Pd 多層膜の磁化が消失することで, Δ が減少し, J_{c0} が低下するという熱アシスト効果が観測されている。

4. 参考文献

- [1] Machida et al., IEEE Trans. Magn., **53**, 2002205 (2017).
- [2] W. Zhao et al., IEEE Trans. Magn., **54**, 3450405 (2018).
- [3] W. Zhao et al., J. Magn. Magn. Mater., **493**, 165749 (2020).
- [4] T. Kimura et al., Jpn. J. Appl. Phys., **57**, 09TD01 (2018).

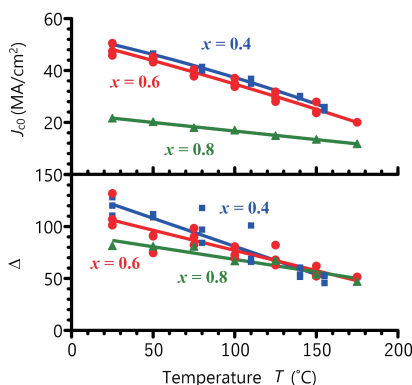


Fig. 1 Temperature dependence of intrinsic critical current density J_{c0} and thermal stability factor Δ of the hybrid memory layer of $[\text{Co}(x)/\text{Pd}(1.6-x)]_1 / [\text{CoPd}/\text{Pd}]_2$

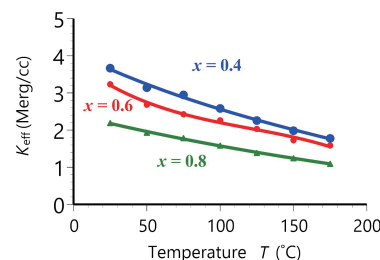


Fig. 2 Temperature dependence of effective anisotropy K_{eff} of $[\text{Co}(x)/\text{Pd}(1.6-x)]_1 / [\text{CoPd}/\text{Pd}]_2$.