

低キュリー温度 Co/Pd 系多層膜を用いたスピン注入磁化反転

木村匠, 董夏茵, 大島大輝, 加藤剛志, 園部義明*, 川戸良昭*, 岩田聡
(名大, *サムスン日本研究所)

Spin transfer torque magnetization switching of Co/Pd based multilayers with low Curie temperature

T. Kimura, X. Dong, D. Oshima, T. Kato, Y. Sonobe*, Y. Kawato*, S. Iwata
(Nagoya Univ., *Samsung R&D Institute Japan)

1. はじめに

スピン注入磁化反転は、大容量 MRAM を実現する技術として開発が進められているが、10 Gbit を超える容量の実現には、高い熱安定性と低い臨界電流を両立させる高効率な磁化反転手法の開発が求められる。我々は高効率な磁化反転を実現するメモリ層として、低いキュリー温度 (低 T_C) と高い垂直磁気異方性 (高 K_u) を有する層と高 T_C , 低 K_u の層を交換結合させた積層型メモリ層に注目した¹⁾。低 T_C 層として CoPd/Pd 多層膜, 高 T_C 層として Co/Pd 多層膜を用いた積層膜の磁化反転を検討し, 低 T_C 層の磁化反転が, 高 T_C 層の磁化方向との交換結合により制御できることを示してきた^{2),3)}。今回は T_C を制御可能な Co/Pd 系多層膜へのスピン注入磁化反転を検討した。

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/Cu (2.5)/[Co (0.3)/Pd (1.2)]₃/Cu (5)/Ta (2) (膜厚の単位は nm) を作製した。素子の微細加工には, フォトリソグラフィ, ECR プラズマ Ar イオンエッチング, および電子ビームリソグラフィを用い, 直径 200 nm ϕ の接合を有する CPP-GMR 素子を作製した。磁気抵抗特性は直流 4 端子法により評価し, スピン注入磁化反転はパルス幅 10 μ sec~10 msec のパルス電流を印加後, 1 mA の読み出し電流で接合抵抗を測定することで評価した。未加工膜の磁気特性は, 交番磁界勾配型磁力計 (AGM) により測定した。

3. 実験結果

Fig.1 (a) は Co/Pd をメモリ層とする CPP-GMR 素子の MR 曲線を, Fig.1 (b) は外部磁界 $H_{\text{ext}} = -3$ kOe を印加してスピン注入磁化反転を確認した I - R 曲線を示している。図(a)から, Co/Pt リファレンス層の保磁力が 3.5 kOe, Co/Pd メモリ層の保磁力が 5 kOe であることが分かった。接合の MR 比は約 0.2% であった。Fig. 1 (b)は, 外部磁界-7 kOe を印加して平行状態にし, 次に 3.5 kOe を印加して反平行状態にした後, 外部磁界を-3 kOe 印加してスピン注入磁化反転を観察した結果である。パルス電流のパルス幅は 10 μ sec である。 I - R 曲線より, $I = 18$ mA で反平行 (AP) から平行 (P) へ, また, $I = -20$ mA で P から AP へ磁化反転が起きていることがわかる。これから見積もられる反転電流密度はそれぞれ 6.0×10^7 A/cm², 6.7×10^7 A/cm² であった。反転電流密度の平均値のパルス幅依存性から Co/Pd 多層膜の熱安定性指数 Δ を見積もったところ, $\Delta = 70$ という値が得られた。これはスピン注入によりメモリ層が一斉反転する場合に期待される Δ に比べ非常に小さく, Co/Pd 内に反転核が生成し, 磁化反転が進行しているものと考えられる。

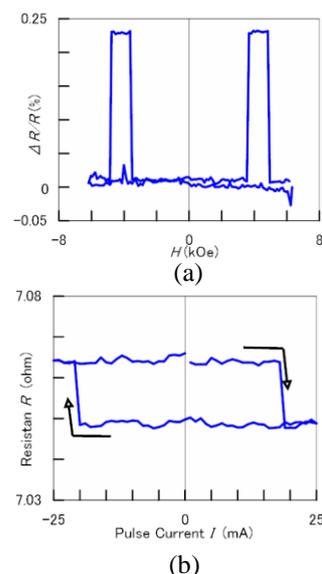


Fig. 1 (a) MR curve, and (b) I - R curve for the CPP-GMR junction with [Co/Pd]₃ memory layer. The I - R curve was taken at an external field of $H_{\text{ext}} = -3$ kOe.

- 1) Machida et al., DOI 10.1109/TMAG.2017.2711247, IEEE Trans. Magn. (2017).
- 2) 董ら, 第 40 回日本磁気学会学術講演会, 8pC-9 (2016).
- 3) X. Dong et al., 61st MMM conference, FT-03 (2016).