

# Co/Pd 多層膜のスピントランスミット磁化反転臨界電流の層厚比依存性

趙望臻、木村匠、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)

Dependence of critical current of spin transfer torque magnetization switching on the layer thickness ratio of Co/Pd multilayers

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

## 1. はじめに

スピントランスミット磁化反転は、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 ( $T_C$ ) の低  $T_C$  層と高  $T_C$  層を交換結合させた積層型垂直磁化メモリ層に注目している[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]。今回は高  $T_C$  層である Co/Pd 多層膜へのスピントランスミット磁化反転を検討し、その臨界反転電流密度の層厚比依存性を調べたので報告する。

## 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)/Cu<sub>70</sub>Ta<sub>30</sub> (150)/Pt (5)/[Pt (1.0)/Co (0.6)]<sub>6</sub>/Cu (2.5)/[Co ( $t_{Co}$ )/Pd ( $t_{Pd}$ )]<sub>3</sub>/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 140 - 200 nmφ 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、スピントランスミット磁化反転はパルス幅 10 μsec ~ 10 msec のパルス電流を印加後、100 μA の読み出し電流で接合抵抗を測定することで評価した。

## 3. 実験結果

Fig. 1 は Co (0.3 nm)/Pd (1.2 nm) 層へのスピントランスミット磁化反転の臨界電流密度のパルス幅依存性である。素子直径は 140 nmφ であり、Fig. 1 には反平行状態(AP)から平行状態(P)への電流密度 ( $J_{AP-P}$ )、P から AP への電流密度 ( $J_{P-AP}$ ) 及びそれらの平均電流密度  $J_{ave}$  を示している。臨界電流密度はパルス幅  $\tau$  の増大により減少しているが、これから  $\tau = 1$  nsec の電流密度  $J_{c0}$ 、熱安定性指標  $\Delta = K_u V / k_B T$  を見積もった。Fig. 2 は様々な素子直径の Co/Pd の  $J_{av}$  のパルス幅依存性より見積もった  $J_{c0}$  と  $\Delta$  の層厚比  $t_{Pd}/t_{Co}$  依存性である。 $t_{Pd}/t_{Co} \leq 2$  では、 $J_{c0}$  は  $t_{Pd}/t_{Co}$  の増加とともに増加している。Co/Pd 多層膜では  $t_{Pd}/t_{Co}$  の増大によりダンピング定数  $\alpha$  が増加することから[3]、この領域での  $J_{c0}$  の増加は Co/Pd の  $\alpha$  の増加を反映している可能性がある。一方、 $t_{Pd}/t_{Co}$  がさらに増加すると  $J_{c0}$  が減少する傾向が見られ、Co/Pd の  $J_{c0}$  が  $\alpha$  の変化のみでは説明できないと考えられる。一方、Fig. 2 から  $\Delta$  の  $t_{Pd}/t_{Co}$  依存性は小さいと考えられる。

## 4. 参考文献

- [1] Machida et al., IEEE Trans. Magn., **53**, 2002205 (2017).  
[2] W. Zhao et al., IEEE Trans. Magn., DOI: 10.1109/TMAG.2018.2828138 (2018).  
[3] T. Kato et al., IEEE Trans. Magn., **48**, 3288 (2012).

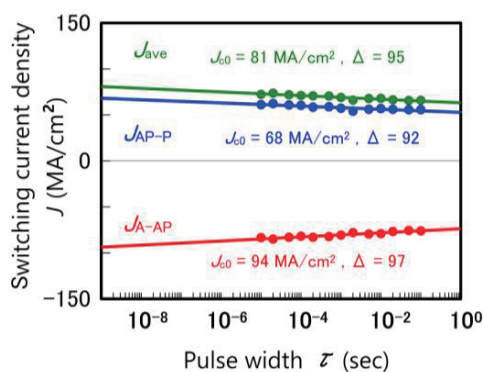


Fig. 1 Pulse width dependence of the STT switching current densities of the Co/Pd multilayer with a pillar diameter of 140 nmφ.

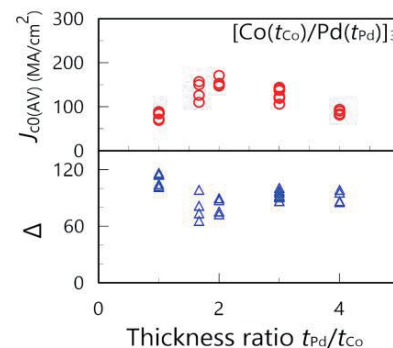


Fig. 2 Dependence of  $J_{c0(av)}$  and  $\Delta$  on the thickness ratio  $t_{Pd}/t_{Co}$  of the [Co ( $t_{Co}$ )/Pd ( $t_{Pd}$ )]<sub>3</sub> ML. The data taken from the CPP-GMR nano-pillars with various pillar diameters are plotted.