

# 素子サイズと参照層の膜厚が垂直磁気異方性 MTJ 素子の熱安定性に与える影響

田中智大、吉田親子、古屋篤史、上原裕二、清水香尙、  
藤崎淳、安宅正、設楽秀之、平原隆夫、大島弘敬\*  
(富士通株式会社、\*株式会社富士通研究所)

Effect of size and reference layer's thickness on thermal stability of p-MTJ

T. Tanaka, C. Yoshida, A. Furuya, Y. Uehara, K. Shimizu, J. Fujisaki, T. Ataka, H. Shitara, T. Hirahara H. Oshima\*  
(Fujitsu Limited, \*Fujitsu Laboratories Limited)

垂直磁気異方性を持つ磁気トンネル接合素子(p-MTJ)は磁気ランダムアクセスメモリ(MRAM)の候補としてこれまでに精力的に研究されている。MRAMの実用化における重要な指標の一つとしてMTJ素子に記録されるデータの熱安定性指数 $\Delta$ がある[1]。この $\Delta$ を計算する方法として、String法やNudged elastic band法を用いたマイクロマグネティックシミュレーションがあり、例えばChaves-O'Flynnらによる報告がある[2]。MTJ素子では参照層からの漏れ磁界がフリー層に与える影響は無視できないが、MTJ素子の多層構造をモデル化することで漏れ磁界の効果を考慮し $\Delta$ を評価する計算はほとんどなされていない。本発表では10層からなる二重MgOバリアMTJをモデルに用いたマイクロマグネティックシミュレーションを行い、参照層の厚さと素子サイズがフリー層の熱安定性に与える影響について調べた。

計算に用いたMTJ素子の構造をFig. 1に示す。CoPtの積層数 $n$ を変えることで参照層の膜厚を変化させた。エネルギー障壁はString法を用いて評価した[3]。String法とは2つの安定状態を結ぶ経路の内、最大エネルギーが最も小さくなる経路を探索する手法である。求められた経路を用いてP(AP)状態からAP(P)状態へのエネルギー障壁を計算し $\Delta$ を求めた。

Fig. 2(a)はMTJ素子の直径と参照層の膜厚を変えた場合のオフセット磁界 $H_{\text{offset}} = (H_{c,P \rightarrow AP} + H_{c,AP \rightarrow P})/2$ を表している。ここで $H_{c,P \rightarrow AP}$ ( $H_{c,AP \rightarrow P}$ )はP(AP)状態からAP(P)状態への反転時の保磁力である。参照層の膜厚と直径によってオフセット磁界が変化することがわかる。これはフリー層に加わる漏れ磁界が変化するためと考えられる。Fig. 2(b)、(c)にP(AP)状態からAP(P)状態への指数 $\Delta_{P \rightarrow AP}$ ( $\Delta_{AP \rightarrow P}$ )のサイズ依存性を示す。参照層の膜厚が厚い(薄い)ときは、 $\Delta_{AP \rightarrow P} > \Delta_{P \rightarrow AP}$  ( $\Delta_{AP \rightarrow P} < \Delta_{P \rightarrow AP}$ )となる。これはフリー層に加わる漏れ磁界により対称性が破れてP状態とAP状態の安定性が変化するためと考えられる。特に $n=10$ (2)の時に $\Delta_{P \rightarrow AP}$ はサイズ増加に従って飽和する傾向を示した。Fig. 2(d)は $\Delta = (\Delta_{P \rightarrow AP} + \Delta_{AP \rightarrow P})/2$ のサイズ依存性を表している。Fig. 2(b)、(c)では $\Delta_{P \rightarrow AP}$ は膜厚の影響によりサイズ依存性が大きく変化した、それらとは異なり $\Delta$ のサイズ依存性は膜厚にほとんどよらないことがわかる。

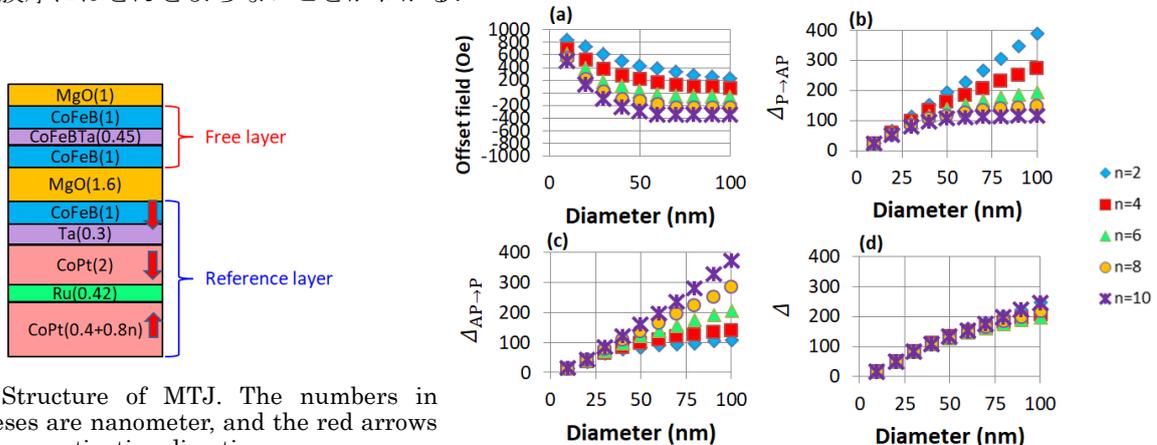


Fig. 1. Structure of MTJ. The numbers in parentheses are nanometer, and the red arrows indicate magnetization direction.

Fig. 2. (a) Offset field. (b)-(d) Index of the energy barrier.

- 1) H. Sato, S. Ikeda, and H. Ohno, Jpn. J. Appl. Phys. 56, 0802A6 (2017)
- 2) G. D. Chaves-O'Flynn, G. Wolf, J.Z. Sun, and A. D. Kent, Phys. Rev. Appl. 4, 024010 (2015)
- 3) W. E. W. Ren, and E. Vanden-Eijnden, J. Chem. Phys. 126, 164103 (2007)