

# 逆磁歪効果を用いた STT-MTJ のスイッチング電流削減

高村陽太<sup>1</sup>, 中川茂樹<sup>1</sup>, 菅原聡<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>東京工業大学大学院理工学研究科電子物理工学専攻, <sup>2</sup>東京工業大学像情報工学研究所)

Inverse-magnetostriction-induced switching current reduction for spin-transfer torque MTJs

Yota Takamura<sup>1</sup>, Shigeki Nakagawa<sup>1</sup>, and Satoshi Sugahara<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>Dept. of Physical Electronics, Tokyo Tech, <sup>2</sup>Imaging Science and Engineering Lab., Tokyo Tech)

## はじめに

スピントランスファトルク強磁性トンネル接合 (STT-MTJ; 以下, MTJ と略記) は, 磁気抵抗メモリ (STT-MRAM) や不揮発性を利用したロジックシステムなどの不揮発性メモリ素子として研究・開発が進められている. しかし, MTJ のスピン注入磁化反転 (CIMS) に必要な電流密度  $J_c$  は小さくなく, 垂直磁化膜を用いた新型 MTJ や, デバイスサイズの微細化などによって MTJ への書き込み電流の削減が試みられているが十分ではない.

$J_c$  の低減方法の一つとして, CIMS 時の磁化反転のエネルギーバリア  $\Delta$  を低減させる手法がある. Saito らは, 逆磁歪効果を利用することで磁化反転磁界を低減させる技術を磁場書換型 MTJ に応用することを提案した<sup>1)</sup>. このような圧力印加による逆磁歪効果は, CIMS における  $J_c$  低減にも有効であると考えられる. MTJ のフリー層に磁歪係数が大きな強磁性材料を用い, 圧電体等により圧力を印加すれば  $J_c$  を低減できる可能性がある. 近年の圧電材料の高性能化により, 集積回路の動作電圧程度で数百 MPa の圧力が駆動できる. 本研究では, 逆磁歪効果と CIMS に援用する手法を提案し, その効果を解析した.

## 計算方法

計算は, STT を含む LLG (Landau-Lifshits-Gilbert) 方程式<sup>2)</sup> を用いて行った. 逆磁歪効果は, 磁化の内部エネルギーに磁気弾性エネルギーを導入することで, LLG 方程式に組み込んだ. 温度は考慮せず, コヒーレントな磁化反転のみを対象とした.<sup>2)</sup>

MTJ の直径は 20nm, フリー層の厚さは 2 nm とした. フリー層の物性値は, 超磁歪材料である SmFe<sub>2</sub> のバルク値<sup>3)</sup> を参考にし, 単位体積当たりの飽和磁気モーメントを 0.6 T, 磁歪係数を -1258 とした. また, 垂直方向の結晶磁気異方性定数は  $\Delta$  が室温において  $56k_B T$  となるように  $0.53 \text{ MJ/m}^3$ , ダンピング定数  $\alpha$  は, 0.005 とした.

## 計算結果

図 1 にフリー層の面内に圧縮方向に圧力を印加した場合における磁化の内部エネルギーの角度依存性を示す. 圧力の印加により磁気異方性が変化する逆磁歪効果がよく再現された. また, 圧力を印加するにつれ  $\Delta$  が減少することが分かる. 図 2 に  $J_c$  の圧力依存性を示す. 圧力を強めると,  $J_c$  はほぼ線形に減少する. 特に 190MPa 程度の圧力を印加したとき,  $J_c$  は, 圧力を印加しない場合, コヒーレントモデルでも  $J_c$  に比べて 50% 程度の削減も可能であることがわかった. 有限温度では  $J_c$  ははるかに低減する. 当日は温度・エラーレート等も考慮し, 議論を行う.

## 参考文献

- 1) N. Saito, M. Yamada, and S. Nakagawa, J. Appl. Phys. **103**, 07A706 (2008).
- 2) J. Z. Sun, Phys. Rev. B **62**, 570 (2000).
- 3) H. Samata, N. Fujiwara, Y. Nagata, T. Uchida, and M. D. Lan, Jpn. J. Appl. Phys. **37**, 5544 (1998).

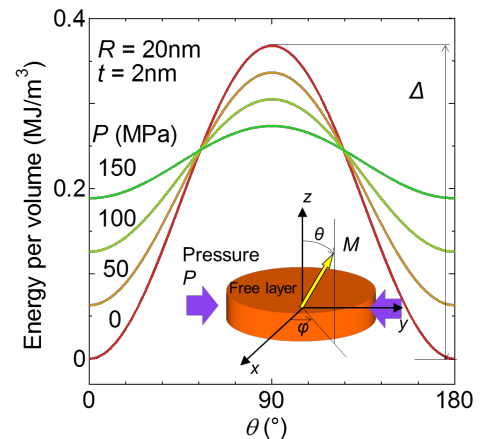


Fig. 1 Energy in magnetostrictive free layers

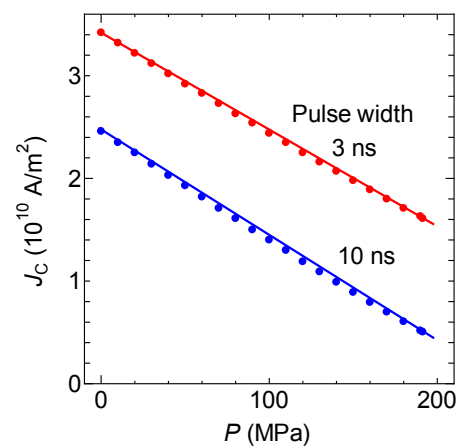


Fig. 2  $J_c$  versus  $P$