

スキルミオン構造を利用した STT-MRAM シミュレーション

浅川 宏輝、仲谷 栄伸

電気通信大学、情報理工学研究科

Simulation of STT-MRAM with skyrmion structure

Hiroki Asakawa, Yoshinobu Nakatani

Graduate School of Informatics and Engineering, The University of Electro-Communications

はじめに

スピン注入磁化反転[1]により情報を書き換える STT-MRAM[2]は、高密度化のために反転電流の低減が必要とされている。その問題に対し、磁化反転中にスキルミオン[3][4]が出現した場合、反転メカニズムの変化による反転電流低減の可能性を考えた。本研究では、DMI[5]を有する STT-MRAM の磁化反転シミュレーションを行い、反転途中のスキルミオンの出現の有無や反転電流の変化を調べた。

計算条件

材料定数は CoFeB の値を用い、飽和磁化 $M_s = 600 \text{ emu/cm}^3$ 、磁気異方性定数 $K_u = 3.5 \text{ Merg/cm}^3$ 、交換スティッフネス定数 $A = 1.0 \text{ } \mu\text{erg/cm}$ 、損失定数 $\alpha = 0.01$ 、スピン分極率 $P = 1.0$ 、磁気回転比 $\gamma = -1.76 \times 10^7 \text{ rad/(s}\cdot\text{Oe)}$ 、gyromagnetic splitting factor $g = 2.0 \times 1.001159657$ 、ボーア磁子 $\mu_B = 9.27408 \times 10^{-24} \text{ J/T}$ 、電気素量 $e = 1.602189 \times 10^{-19} \text{ C}$ とした。また、自由層の直径 $d = 30 \text{ nm}$ 、厚さ $dz = 2 \text{ nm}$ とし、磁化反転シミュレーションを行った。

実験結果

まず、パルス幅 $t_p = 1.0 \text{ ns}$ における、DMI による最小反転電流密度の変化を図 1 に示す。緑線は各 DMI 値における反転途中の最大のスキルミオンナンバー、赤線は最小反転電流密度を表す。図 1 から、スキルミオンナンバーは 0.8 程度を示し、反転途中にスキルミオンが出現していることを確認した。その際、反転電流は最大で 56% 低減されることがわかった。次に、パルス幅 $t_p = 10.0 \text{ ns}$ における、DMI による最小反転電流密度の変化を図 2 に示す。図 2 から、スキルミオンナンバーは 0.2 程度を示し、反転途中にスキルミオンが出現していないことを確認した。このとき、反転電流は増大することがわかった。これらのことから、短パルスにおいて DMI が 0 より大きい場合、反転電流が低減され、その際は反転途中にスキルミオンが出現しているということがわかった。

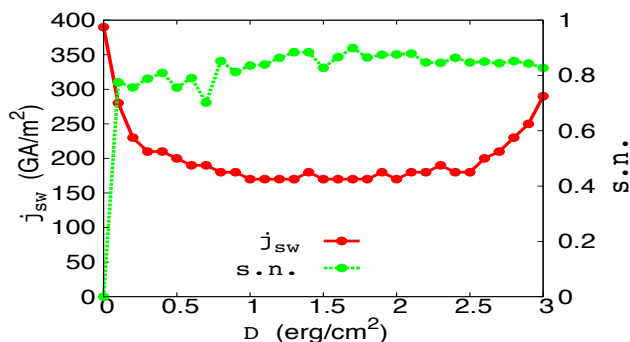


Fig. 1 switching current density and skyrmion number at $t_p = 1.0 \text{ ns}$

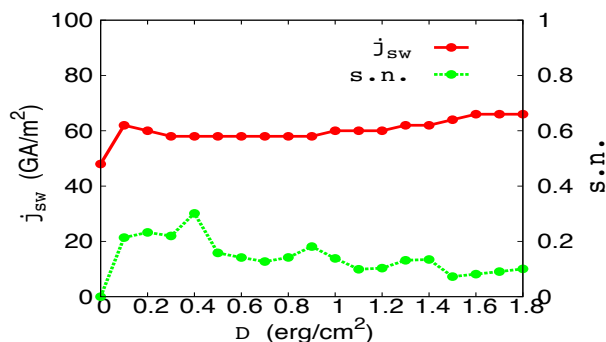


Fig. 2 switching current density and skyrmion number at $t_p = 10.0 \text{ ns}$

参考文献

- [1] J. C. Slonczewski, *J. of Magn. Magn. Mater.*, **159**, 1 (1996).
- [2] L. Thomas, *et al.*, IEEE International Electron Device Meeting pp. 27.3.1-4 (2018).
- [3] I. Dzyaloshinsky, *J. Phys. Chem. Solids*, **4**, 241 (1958).
- [4] T. Moriya, *Phys. Rev.*, **120**, 91 (1960).
- [5] S. Rohart, A. Thiaville, *APS Physics* **88**, 184422 (2013).