

DMI を有する AFC 構造の磁化反転シミュレーション

浅川 宏輝、仲谷 栄伸

電気通信大学、情報理工学研究科

Micromagnetic simulation of AFC structure with DMI

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により情報を書き換える STT-MRAM[1]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、以前本研究室では、スピン注入磁化反転において、DMI[2]により反転電流密度が減少することを示した。[3]また、強磁性体同士を反強磁性結合させた構造 (AFC 構造) において、単層構造に対して反転電流密度が減少することを示した。[4]そこで、AFC 構造において DMI を加えた場合、更に反転電流密度が減少する可能性を考えた。本研究では、DMI を有する AFC 構造での磁化反転シミュレーションを行い、反転電流密度の変化を調査した。

計算条件

材料定数は、飽和磁化 $M_s = 600 \text{ emu/cm}^3$ 、交換スティッフネス定数 $A = 1.0 \text{ } \mu\text{erg/cm}$ 、層間交換定数 $A_{\text{inter}} = -1.0 \text{ } \mu\text{erg/cm}$ 、損失定数 $\alpha = 0.01$ 、スピン分極率 $P = 1.0$ とした。異方性定数 K_u は DMI 値毎に $\Delta = 60$ となる値を求めて用いた。また、自由層の直径 $d = 30 \text{ nm}$ 、厚さ $h_1 = 2 \text{ nm}$ 、 $h_2 = 0 \sim 1.5 \text{ nm}$ とした。DMI は h_2 へ加え、 $D = 0.0 \sim 3.0 \text{ erg/cm}^2$ とし、磁化反転シミュレーションを行い、反転電流密度を求めた。

実験結果

まず、パルス幅 $t_p = 1.0 \text{ ns}$ 、 $\alpha = 0.0001$ における、 h_2 と DMI による最小反転電流密度の変化を図 1 に示す。図 1 より、単層 (SL) と AFC の両方で $D > 0$ において、反転電流密度が減少することがわかった。また、SL と AFC で反転電流密度が最小となる DMI の値が異なることがわかる。ここで、最も反転電流密度が減少する DMI の値を D_{opt} とする。次に、 $D = D_{\text{opt}}$ において、SL と AFC の α による最小反転電流密度の変化を図 2 に示す。各線は h_2 の厚さ毎の最小反転電流密度を表し、細線が $D = 0.0 \text{ erg/cm}^2$ 、太線が $D = D_{\text{opt}}$ の場合を表す。図 2 より、 α が小さい時、DMI を有する AFC で最小反転電流密度が減少し、SL の場合と比較して最大で 48% 減少することがわかった。

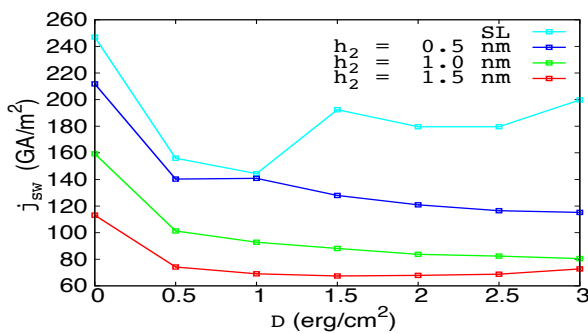


Fig. 1 Effect of DMI and h_2 on the switching current ($\alpha = 0.0001$).

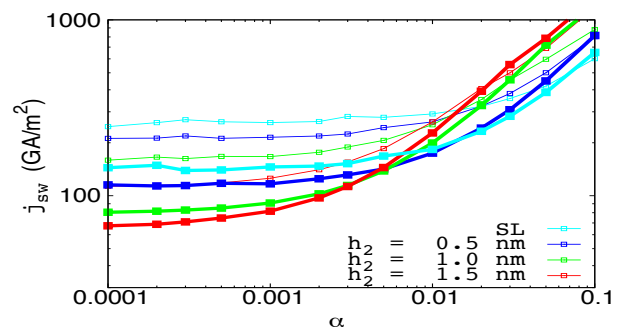


Fig. 2 Effect of α and h_2 on j_{sw} . $t_p = 1.0 \text{ ns}$
Thin line: $D = 0.0 \text{ erg/cm}^2$ Thick line: $D = D_{\text{opt}}$

参考文献

- [1] L. Thomas, *et al.*, IEEE International Electron Device Meeting pp. 27.3.1-4 (2018).
- [2] S.Rohart, A.Thiaville, APS Physics **88**, 184422 (2013).
- [3] S. Takamatsu, *et al.*, "Reducing the switching current with a Dzyaloshinskii-Moriya interaction in nanomagnets with perpendicular anisotropy", 2018 Digests of the INTERMAG CONFERENCE, Apr., 2018, AR-06.
- [4] K. Yamada, K. Kubota, Y. Nakatani, *J. Appl. Phys.*, **127**.133906 (2020).