

傾斜電界印加による反強磁性体磁壁移動シミュレーション

久保田 圭祐¹、山田 啓介²、仲谷 栄伸¹

¹電気通信大学 情報理工学研究科、²岐阜大学 工学部

Computer simulation of an Antiferromagnetic Domain Wall Motion by a Slope Electric Field

Keisuke Kubota¹, Keisuke Yamada², and Yoshinobu Nakatani¹

¹Graduate School of Informatics and Engineering, The University of Electro-Communications

² Faculty of Engineering, Gifu University

はじめに

近年、磁壁を利用したストレージの提案をうけ、磁壁移動に関する研究が盛んに行われている[1]。磁壁移動の手法として外部磁界による手法やスピン電流を注入する手法があるが、これらの手法では消費電力の低減が課題となっている。現在、消費電力低減化のための新たな手法として、電界による磁壁移動方式が提唱されており[2,3,4]、文献[4]では傾斜電界による強磁性細線での磁壁移動についての調査が行われた。しかし、強磁性体(FM)での磁壁移動では Walker Break Down(WBD)が起ると磁壁移動速度が遅くなる問題がある。一方、反強磁性体(AFM)での磁壁移動では WBD が発生しないためこの問題を解決できると期待される。本研究では AFM の磁性細線において傾斜電界による磁壁移動のマイクロマグネティックシミュレーションを行い、FM での磁壁移動に対する AFM での磁壁移動の優位性を調査した。

実験結果

計算で用いた FM と AFM の磁性細線は長さ方向 $x = 1000$ nm、膜厚方向 $z = 1.0$ nm、奥行き方向 y は無限大の薄膜とした。材料定数は飽和磁化 $10000/4\pi$ emu/cm³、異方性定数 0.2 Merg/cm³、交換スティフネス定数 0.16 μ erg/cm、反強磁性交換定数 $1/\pi$ Gerg/cm³、損失定数 0.01 とした[5]。電界効果は、異方性定数が変調する効果とした[4]。傾斜電界効果は、磁性細線長さ方向に対し異方性定数を線形に減少させることで実現し、線形減少量を ΔK_u (erg/cm⁴) と定義した。磁壁の初期位置は、細線中心 ($p = 0$ nm) とした。

図 1(a),(b)に時の FM と AFM の磁壁の時間変化を示す。図 1(a)から、AFM の方が FM より速度の立ち上がりが早いことが分かった。また、図 1(b)から FM では WBD が起きた一方、AFM では WBD が発生しないことが分かった。以上より、傾斜電界により磁壁が異方性減少方向(+x 方向)へ移動することが確認でき、AFM は FM より速度の立ち上がりが早いことが分かった。図 2 に、 ΔK_u による FM と AFM の磁壁速度の変化を示す。図から、AFM では線形減少量に対し磁壁移動速度が比例して増加することが分かる。一方、FM では徐々に速度が上がらなくなり、WBD 発生後は速度が減少することがわかる。以上の結果から、AFM の方が速度の立ち上がりにおいて FM より優位性があり、また $\Delta K_u > 1.5$ Gerg/cm⁴ では、AFM の方が速度面の優位性があることが分かった。

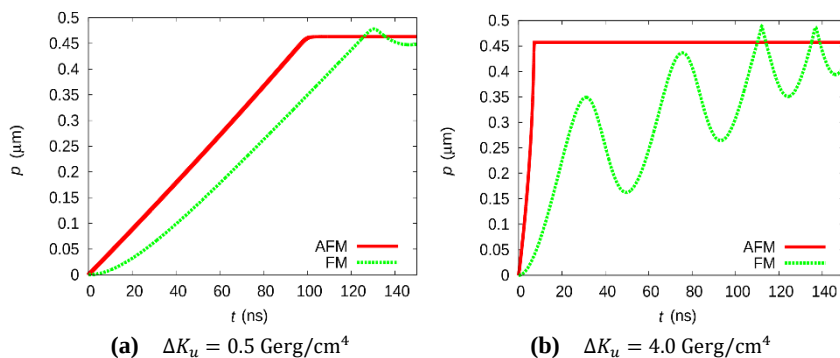


Fig. 1 Change in time of DW position by the slope electric field

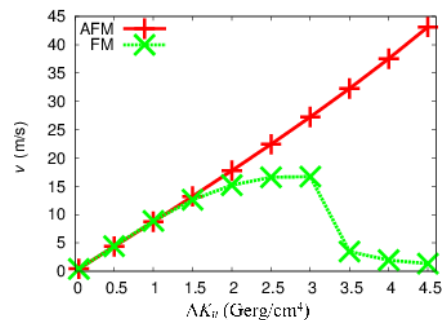


Fig. 2 Comparison of domain-wall velocity between AFM and FM

参考文献

- [1] S. S. P. Parkin, *et al.*, Science **320**, 190 (2008). [2] A. J. schellekens, *et al.*, Nat. Commun. **3**, 848 (2011). [3] D. Chiba, *et al.*, Nat. Commun. **3**, 888 (2012).
[4] K. Yamada, *et al.*, Appl. Phys. Lett. **108**, 202405(2016). [5] Y. Yamane, *et al.*, Phys. Rev. B **93**, 180408(R) (2016).