

シミュレーションによるジャロシンスキー・守谷相互作用の測定法の検討

平野 安彦¹、山田 啓介²、仲谷 栄伸¹

¹電気通信大学 情報理工学研究所、²岐阜大学 工学部

Study on measurement method of Dzyaloshinskii-Moriya interaction by simulations

Yasuhiko Hirano¹, Keisuke Yamada², Yoshinobu Nakatani¹

¹Graduate school of Informatics and Engineering, University of Electro-Communications

²Faculty of Engineering, Gifu University

はじめに

近年、ジャロシンスキー・守谷相互作用(DMI)が働く強磁性体薄膜において、スカーミオンの生成[1]や特異な磁壁移動[2]などが観測されており、DMI が有効に作用する系での研究が注目されている。しかしながら、DMI の大きさを直接測る手法は、実験的に高度な測定方法を要する問題がある[3]。また他の DMI 値を測定する方法として、磁壁移動を用いる間接的な方法などがあるが、より簡易に DMI 値が測定できる方法が求められている。本研究では DMI 値を測定する方法として、垂直磁気異方性と DMI を持つ円盤状ディスクの反転磁界を用いる方法をマイクロマグネティックシミュレーションで検討した。

計算条件・手法

シミュレーションでは、CoFeB の材料定数を用いた：飽和磁化 1500 emu/cm^3 、交換スチフネス定数 $3.1 \mu \text{ erg/cm}$ 、磁気異方性定数 14 Merg/cm^3 、磁気回転比 $1.76 \times 10^7 \text{ rad/(s} \cdot \text{Oe)}$ 、損失定数 0.1 [4]。DMI 値は $0 \sim 3 \text{ erg/cm}^2$ の値とした。円盤状ディスク径は 50 nm 、膜厚 1 nm とした。磁界パルス幅 t_p は $0.1 \sim 3 \text{ ns}$ とした。シミュレーションでは、円盤状ディスクの初期磁化状態を面直上向きとし、面直下向きの外部磁界 (H^{EXT}) を t_p (s)間加え、磁化反転の有無を調べた。各条件に対し 1000 回の磁化反転シミュレーションを行い、反転確率を求めた。

結果

図 1 に $D = 0, 1, 2, 3 \text{ erg/cm}^2$, $t_p = 1 \text{ ns}$ の場合の、外部磁界による反転磁界の変化を示す。図より、DMI 値の増加と共に反転磁界が減少することがわかる。図 2(a)(b)に、 $D = 0, 1 \text{ erg/cm}^2$, $t_p = 0.1 \sim 3 \text{ ns}$ の場合の、規格化した磁界による反転確率の変化を示す。図より、パルス幅により反転磁界が変化することがわかる。また図 2(a),(b)の比較より、 $D = 0 \text{ erg/cm}^2$ では $t_p = 0.1 \sim 1.0 \text{ ns}$ での反転確率がほぼ一致するのに対し、 $D = 1 \text{ erg/cm}^2$ では $t_p = 0.1$ と 0.3 ns の反転確率が 0.1 以上の場合に限り一致するが、それ以上のパルス幅の結果は一致しないことがわかった。以上の結果より、パルス幅を変えて反転確率を求め、反転磁界を規格化した上で各パルス幅での重なりを調べることで DMI 値を測定できる可能性があることがわかった。

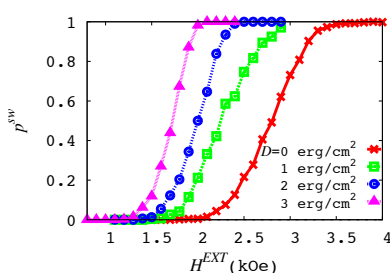


Fig 1. Effect of DMI and the magnetic field on the switching probability

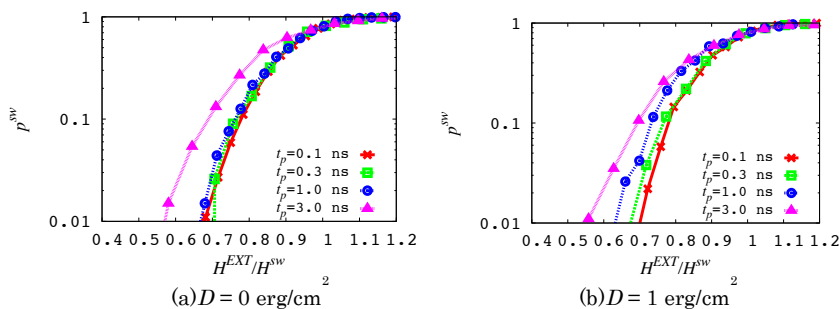


Fig 2. Effect of the pulse length and the normalized magnetic field on the switching probability

参考文献

- [1] X. Z. Yu, *et al.*, Nature. **465**, 901-904 (2010). [2] S. Emori, *et al.*, Nat. Mater. **12**, 611 (2013). [3] V. E. Dmitrienko, *et al.*, Nat. Phys. **2859**, 202-206 (2014). [4] S. Kanai, *et al.*, Appl. Phys. Lett. **101**, 122403 (2012).