

シミュレーションによるジャロシンスキー・守谷相互作用の簡易測定法の検討

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 simple measurement method of Dzyaloshinskii-Moriya interaction by using 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[3]。他の DMI 値を測定する方法としては、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、簡易に DMI 値を測定する方法を検討するために、DMI が働く垂直磁化膜を持つ円盤ディスク中の外部磁界による磁化反転シミュレーションを行った。反転磁界の円盤ディスク径と DMI 値依存性を調べることで、容易に DMI 値を求める方法を調査した。

計算条件

材料定数は、CoFeB の値を用い、飽和磁化 1.5 Kemu/cm^3 、磁気異方性定数 14 Merg/cm^3 、磁気回転比 $17.6 \text{ Mrad/(s} \cdot \text{Oe)}$ 、交換スティフネス定数 $3.1 \mu \text{ erg/cm}$ 、損失定数 1.0 とした[4]。シミュレーション内容は、円盤ディスク状の磁性体に対し、DMI の値を 0 から 1.0 erg/cm^2 の間で変化させ、それぞれ円盤ディスク面に平行な方向(x 方向)と面直方向(z 方向)へ外部磁界(H_x, H_z)を加えた。磁気モーメントが x, z 方向にそれぞれ反転したときの外部磁界の大きさ(H_x^{sw}, H_z^{sw})を求め、その値を比較した。比較して求めた値が DMI 値と円盤ディスク径にどのように依存するかを調べた。円盤ディスク径(D)は直径 $16 \sim 100 \text{ nm}$ 、膜厚 1 nm とした。

結果

図 1,2 にそれぞれ DMI= $0, 1.0 \text{ erg/cm}^2$ の x, z 方向の反転磁界のグラフを示している。図 3 は DMI= $0 \sim 1.0 \text{ erg/cm}^2$ を変化させ、 x 方向と z 方向の反転磁界の差分($\Delta H^{sw} = H_x^{sw} - H_z^{sw}$)を取ったグラフである。図 3 の結果より、DMI の値が 0 erg/cm^2 の場合、 ΔH^{sw} はサイズに依らず差分が小さいが、DMI の値が大きくなると ΔH^{sw} が大きくなる。DMI= 1.0 erg/cm^2 の場合、サイズ径が約 20 nm の時に ΔH^{sw} が最大になることもわかった。この結果より、 H_x^{sw}, H_z^{sw} を測定し、その差分を測ることで DMI 値を簡易的に測定できることがわかった。またサイズ径に依存した ΔH^{sw} を測ることで、より正確な DMI 値を求めることができることがわかった。

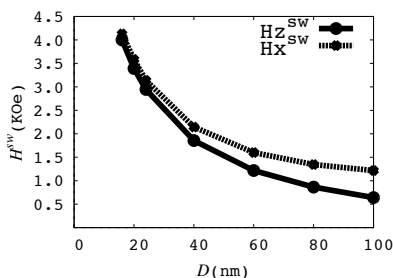


Fig.1 Switching field at DMI= 0 erg/cm^2

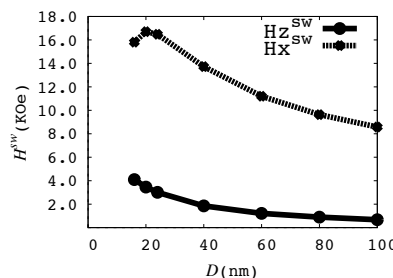


Fig.2 Switching field at DMI= 1.0 erg/cm^2

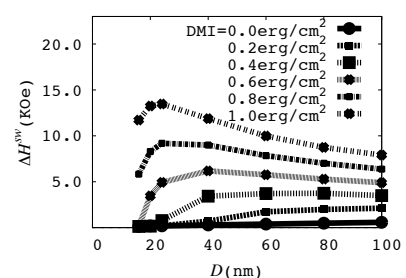


Fig.3 Difference of Switching field x and z

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).