

エンゼルフィッシュレーストラックにおける

反強磁性スキルミオンの電界駆動

濱田 海、仲谷 栄伸

電気通信大学 情報理工学研究科

Controlling antiferromagnetic skyrmion motion in an angelfish-type racetrack memory by electric field

K. Hamada and Y. Nakatani

(Univ. of Electro-Communications)

はじめに

スキルミオンは微小電流での移動が可能であるため、現在スキルミオンを利用したレーストラックメモリの研究が盛んに行われている[1,2]。レーストラックメモリでは、スキルミオンの存在しやすいポジションを作り、位置制御を行うことが必要である。先行研究ではレーストラックの垂直磁気異方性を三角形鎖状に低下させたエンゼルフィッシュレーストラック及び交流磁界を利用し、強磁性スキルミオンの位置制御が行われた[3]。しかし、強磁性スキルミオンはレーストラック上を直進しないため、論理回路のような複雑な構造を持つデバイスを構築できない可能性がある。対して、反強磁性スキルミオンはレーストラック上を直進することが報告されている[4]。本研究では、エンゼルフィッシュレーストラックにおいて反強磁性スキルミオンを用い、電界効果による移動方式を提案し、マイクロマグネティックシミュレーションを用いて有効性を調査した。

計算条件

材料定数はPtCoの値を用いた。飽和磁化 $M_s=580 \text{ emu/cm}^3$ 、交換スティフネス定数 $A=1.5 \text{ } \mu\text{erg/cm}$ 、DMI 定数 $D=3.4 \text{ erg/cm}^2$ 、損失定数 $\alpha=0.3$ 、異方性定数 $K_u=0.8 \text{ Merg/cm}^3$ とした[2]。細線トラックのサイズは $400(x) \times 200(y) \times 0.4(z) \text{ nm}^3$ とした。磁性細線の中央にスキルミオンを1つ配置し、パルス電界により細線全体の磁気異方性定数が変調するとして(ΔK_u)スキルミオンを移動させるシミュレーションを行った。さらに、 α 及び三角形鎖状領域の異方性定数 K_u^d を変化させ、スキルミオンの移動可能な条件を調査した。

計算結果

図1に $\alpha=0.3$ 、 $K_u^d=6.5 \text{ Merg/cm}^3$ 、最大変調率 $\Delta K_u=31\%$ における反強磁性スキルミオンの移動の様子を示す。図より、1周期分の電界パルスで、スキルミオンが直径を変化させながら隣の三角形領域に直進することがわかった。この結果より、提案手法により複雑な構造を持つデバイスを構築できる可能性を示した。図2に K_u^d と α における最適な電圧パルス長 t_p^{opt} の変化を示す。 K_u^d 及び α を小さくすると t_p^{opt} が小さくなることが分かった。図3に t_p^{opt} における K_u^d 及び α に対するスキルミオンが正確に移動可能な ΔK_u の範囲を示す。 K_u^d 及び α を小さくすると移動可能な ΔK_u の範囲が広がることが分かった。これらの結果より、 K_u^d 及び α を小さくすることにより、広い動作マージンでスキルミオンをより高速に移動出来ることが分かった。

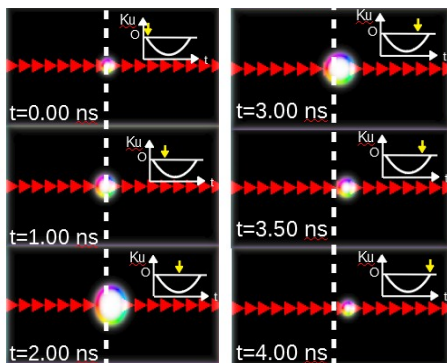


Fig.1 Time resolved AFM Skyrmion motion by electric field

参考文献

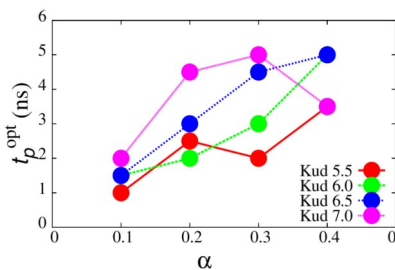


Fig.2 Effect of α and K_u^d on the optimal pulse length t_p^{opt}

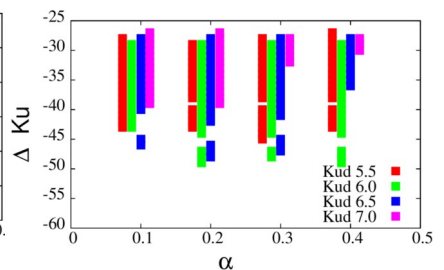


Fig.3 Conditions of Skyrmion motion by α and K_u^d

[1]T. H R. Skyrme, Proc. Roy. Soc. Lond. A. **31**, 556 (1962). [2]J. Sampaio, et, al., Nat. Nano. **8**, 839 (2013).

[3]K. Migita, et. al., Appl. Phys. Express **13**, 073003 (2020). [4]L. Shen, et. al., Phys. Rev. Lett. **121**, 167202 (2018).