

# Co/Ni 多層膜におけるスカーミオン安定性の検討

穂積 繁、山田 啓介、仲谷 栄伸  
(電気通信大学 情報理工学研究科)

Study of the Skyrmion stability in ultrathin Co/Ni multilayers

S. Hozumi, K. Yamada, and Y. Nakatani

(Graduate School of Informatics and Engineering, University of Electro-Communications)

## はじめに

近年、強磁性薄膜中におけるジャロシンスキー・守谷相互作用(DMI)効果を起源とするねじれた磁化構造で、スカーミオンと呼ばれる特徴的な構造が注目されている[1-4]。スカーミオンは、直径が数十から数百ナノメートルと小さく、低電流で駆動が可能などの特徴があるため、スカーミオンを利用したメモリが期待されている[3]。スカーミオンをメモリとして使用するには、記録した情報(=スカーミオン構造)を保持しなければならず、スカーミオン構造が安定的に存在できる条件を調べる必要がある。本研究では、DMI効果が有効的に働く強磁性体薄膜のCo/Ni多層膜に注目し、マイクロマグネティックシミュレーションを用いて、スカーミオン構造が安定的に存在する条件について調査した。

## 実験方法

Co/Niの材料定数は、飽和磁化  $M_s = 837 \text{ emu/cm}^3$ 、交換スティフネス定数  $A = 1.0 \text{ } \mu\text{erg/cm}$  とし、垂直磁気異方性定数  $K_u$  を  $4.0 \sim 6.0 \text{ Merg/cm}^3$ 、DMI定数  $D$  を  $0.0 \sim 2.0 \text{ erg/cm}^2$  と変化させた[5]。計算領域は、膜厚  $1.2 \text{ nm}$ 、幅  $200 \text{ nm}$ 、長さ  $200 \text{ nm}$  の直方体とした。具体的な実験方法は、計算領域にスカーミオンを初期状態として与え、それぞれの条件下におけるスカーミオンの有無やスカーミオン構造について調べた。

## 実験結果

Fig. 1に  $K_u$  と  $D$  を変化させた時のスカーミオン状態について図示する。 $K_u \leq 4.3 \text{ Merg/cm}^3$  の場合は、面内磁化構造になるため、スカーミオンは現れない。 $K_u = 5 \text{ Merg/cm}^3$  の場合、 $D \geq 1.1 \text{ erg/cm}^2$  では多磁区構造となり、 $D \leq 0.4 \text{ erg/cm}^2$  ではスカーミオンが消滅した。 $0.5 \leq D \leq 1.0 \text{ erg/cm}^2$  では、スカーミオン構造が安定して存在し、スカーミオンの直径は  $D$  の増加と共に大きくなった。 $K_u \geq 4.4 \text{ Merg/cm}^3$  の条件では、スカーミオン構造が安定して存在する条件は、 $K_u$  の増加と共に  $D$  の値も増加する必要があることがわかった。

Fig. 2は、Fig. 1におけるスカーミオン存在時とスカーミオンを消滅させた際のエネルギー差を示した図である。赤色(青色)は、スカーミオン存在時のエネルギーの方が高い(低い)条件を示している。白色は、エネルギー差がない条件である。例えば、両者のエネルギー差がない条件がメモリに適した条件と考えると、白色の領域(Fig. 1より直径  $100 \text{ nm}$ )の条件がメモリに適した条件と考えられる。

講演ではスカーミオン生成・消滅時のエネルギーバリアと熱安定性についても報告する予定である。

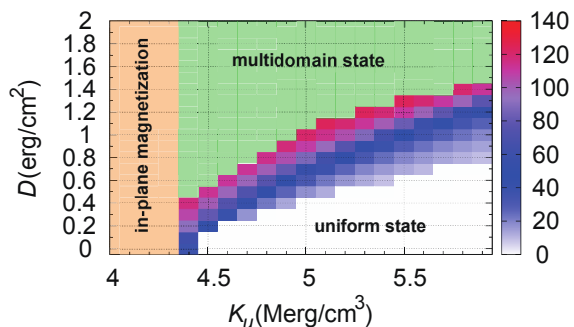


Fig. 1 垂直磁気異方性、DMI定数及びスカーミオンの直径の関係

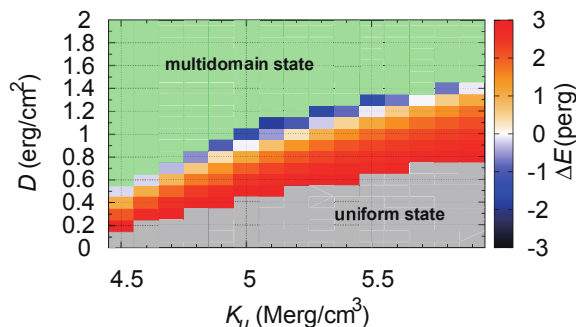


Fig. 2 スカーミオン存在時と消滅時のエネルギー差

## 参考文献

- [1] T. H. R. Skyrme, Proc. Roy. Soc. Lond. A **31**, 556 (1962). [2] X. Z. Yu, *et al.*, Nature. **465**, 901-904 (2010).  
 [3] J. Iwasaki, *et al.*, Nat. Nanotechnol. **8**, 742-747 (2013). [4] S. Rohart, *et al.*, Phys. Rev. B **88**, 184422 (2013).  
 [5] R. Hiramatsu, *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **53**, 108001 (2014).