

磁性細線に形成された楕円形状磁気スキルミオンの 電流駆動の磁気シミュレーション

海谷 侑希¹、本多 周太¹、伊藤 博介¹、大澤 友克²
(¹関西大学, ²沼津高専)

Micromagnetic approach to current-induced domain motion of an elliptical skyrmion
produced in perpendicularly magnetized nanowires
Yuki Kaiya¹, Syuta Honda¹, Hiroyoshi Itoh¹, and Tomokatsu Ohsawa²
(¹Kansai University, ²National Institute of Technology, Numazu College)

はじめに

強磁性細線中に形成された磁区を電流によって駆動させることは磁壁移動型メモリや演算素子への応用に期待されている。Pt、Rhなどの重金属上に積層された強磁性細線においては、ジャロシンスキー守谷相互作用(DMI)により安定化された磁気スキルミオンの電流駆動がバイナリビットとして利用される。最近、強磁性薄膜に形成された楕円形状のスキルミオン格子が観測された¹⁾。細線において楕円形状スキルミオンを利用できれば、集積度の減少なしに磁区の領域を増加でき、円形状よりも磁区の読み出しで有利になると考えられる。DMI下の細線においては、終端磁化の傾斜による細線内部の磁区の束縛²⁾の影響で楕円形状スキルミオンが形成される。しかし、細線に束縛された楕円形状スキルミオンの電流駆動特性は明らかではない。本研究では、磁気シミュレーションによって楕円形状スキルミオンを再現し、細線幅やDMI相互作用の強さとスキルミオン形状との関係やスキルミオンの電流駆動特性を明らかにする。またシミュレーションで得られた結果と、バブル磁区の電流駆動解析式であるシールの方程式から得られた解析結果と比較検討する。

シミュレーション方法

垂直磁気異方性を持つ厚さを2.5 nm、長さを375 nmとし、幅(W)を50 nm~80 nmのTbFeCo細線に形成されたスキルミオンの電流駆動をランダウ-リフシッツ-ギルバート方程式に基づいたマイクロマグネティックスシミュレーションによりシミュレーションする。シミュレーションでは、有効磁場としてダイポール-ダイポール長距離相互作用、交換エネルギーやDMIによる短距離相互作用、垂直磁気異方性による作用を考慮する。

シミュレーション結果

Fig. 1 (a)にW=80 nmの磁性細線にDMIと終端磁化による束縛によって安定化した磁気スキルミオンの構造を示す。形成されたスキルミオンの形状は楕円形状であった。初期の磁化状態として安定化させたスキルミオンの形状は楕円形状をとる。このスキルミオンを電流値 1.0×10^{11} A/m²で駆動させると、細線長手方向(x方向)におよそ16 nm、細線幅方向(y方向)におよそ4 nm移動し、その後、停止した(Fig. 1(b))。また、駆動中、スキルミオンサイズが縮小した。シミュレーションで得られたスキルミオン形状の変化と速度の関係をシールの方程式と比較する。y方向への移動はスキルミオンホール効果として知られている動きであり、シールの方程式から得られる速度と定性的に一致した。その大きさはシミュレーション結果の方が少なかった。この結果について終端の形状の影響を考慮して検討する。

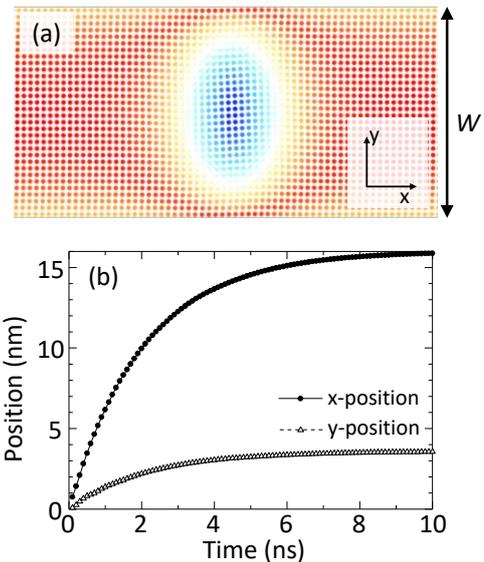


Fig. 1 (a) Initial magnetic states ($t = 0$) of elliptical skyrmion. (b) Center position of the elliptical skyrmion when spin polarized current flows in wire.

参考文献

- 1) J. Jena, B. Göbel, T. Ma, V. Kumar, *et. al.*: *nature commun.*, **11** 1115 (2020).
- 2) Y. Kaiya, S. Honda, H. Itoh, and T. Ohsawa: *T. Magn. Soc. Jpn. (Special Issue)*, **4** 23 (2020).