

## TbFeCo 細線中に生成したバブル磁区の電流下での挙動

田中雅章, 金沢大樹, 住友翔, 本多周太\*, 壬生攻, 栗野博之\*\*  
(名古屋工業大学, \*筑波大学, \*\*豊田工業大学)

Study on current-induced dynamics of bubble domains in TbFeCo wires

M. A. Tanaka, H. Kanazawa, S. Sumitomo, S. Honda\*, K. Mibu, H. Awano\*\*

(Nagoya Institute of Technology, \*University of Tsukuba, \*\*Toyota Technological Institute)

### はじめに

垂直磁気異方性を有する強磁性細線中の磁区を電流で移動させることで新たな強磁性デバイスへ応用する試みが行われている[1]. 細線の幅いっぱいに磁壁が形成されている場合, 細線上を磁区が移動する際に細線端部の凹凸が磁壁の動きをさまたげる場合がある. 垂直磁気異方性を有する強磁性体薄膜ではバブル磁区が形成でき, バブル磁区を用いることで細線の端の影響を受けない安定した電流駆動が期待できる. バブル磁区に電流を印加した際の挙動についての研究はこれまであまりない. 本研究では飽和磁化が異なる TbFeCo 細線上にバブル磁区を形成して飽和磁化の大きさと電流下での挙動を調べた.

### 実験方法

酸化膜付き Si 基板上に電子線描画装置を用いたリフトオフ法とスパッタリング法を用いて線幅 6~7  $\mu\text{m}$  程度の TbFeCo/Pt 構造の細線を作製した. TbFeCo として飽和磁化 90 emu/cc, 150 emu/cc とする組成を2つ選んだ. 細線全体の磁化を上向きに飽和させた後, 下向き磁場中で細線の中心をレーザーで加熱して細線上にバブル磁区を生成した. その様子を図 1(a)に示す. 無磁場中で細線に直流電流を流し, バブル磁区の様子をカー光学顕微鏡で観察した. また, 得られた結果を Landau-Lifshitz 方程式を用いたマイクロマグネティクス(MM)シミュレーションと比較した.

### 実験結果

図 1(b)に飽和磁化が 90 emu/cc と小さい試料に電流密度  $9.8 \times 10^{10} \text{ A/m}^2$  の電流を流したときのバブル磁区の様子を示す. バブル磁区はピン止めされてほとんど動かないまま電流方向に流れるように消失する. 飽和磁化が 150 emu/cc と大きい TbFeCo 細線に電流密度  $1.2 \times 10^{11} \text{ A/m}^2$  の電流を流した場合, 図 1(c)のように左端がピン止めされたまま右端が電流方向に成長している. 図 2 に MM シミュレーションによる結果を示す. 図 2(a)の初期状態から  $M_S=350 \text{ emu/cc}$  の場合には図 2(b)のように電流によりバブルが縮小しながら電流と逆方向に動く.  $M_S=450 \text{ emu/cc}$  の場合には図 2(c)のようにバブルは拡大しながら電流と逆方向に動く. 実験結果とシミュレーションでの移動方向の違いは, 上部の Pt 層によるスピンホール効果の影響によると考えられる[2]. 一方, 両者での飽和磁化の大きさとバブル磁区の形状変化の傾向は定性的に一致している. 飽和磁化が小さな試料では相対的に交換エネルギーが強く働きバブルを小さくする方に変化するが, 飽和磁化が大きな試料では相対的に静磁エネルギーが強く働きバブル磁区の周囲からの回り込み磁場がバブルの成長を助けていると考えられる.

[1] D. Chiba *et al.*, Appl. Phys. Express, **3**, 073004 (2010). [2] D. Bang *et al.*, Appl. Phys. Express, **5**, 125201 (2012).

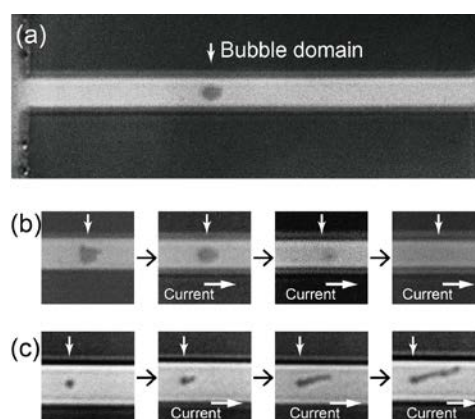


Fig. 1 (a) A Kerr image of a bubble domain in a TbFeCo wire. Current-induced dynamics of bubble domains in TbFeCo wires; (b)  $M_S = 90 \text{ emu/cc}$ . (c)  $M_S = 150 \text{ emu/cc}$ .

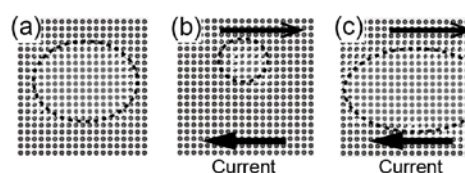


Fig. 2 Micromagnetic simulation of current-induced dynamics of bubble domains. (a) an initial state. (b)  $M_S = 350 \text{ emu/cc}$  in a current. (c)  $M_S = 450 \text{ emu/cc}$  in a current.