

# 様々な記録素子形状における磁性細線中への磁区形成シミュレーション

川那真弓、奥田光伸、石井紀彦、宮本泰敬  
(NHK 放送技術研究所)

Micromagnetics simulation of magnetic domain formation in magnetic nanowire in various recording element shapes

M. Kawana, M. Okuda, N. Ishii, Y. Miyamoto  
(NHK Science & Technology Research Labs.)

## はじめに

我々はスピントランスファー効果による磁壁の電流駆動現象<sup>1)</sup>を利用した小型かつ高速な記録装置の実現を目指し、これまでに既存の HDD 用磁気ヘッドを磁性細線上に接触固定して磁性細線中の磁区形成(記録)・駆動・磁区検出(再生)を一連の動作で実証した<sup>2)</sup>。しかしながら、磁区形成時に HDD 用ヘッドを利用した場合には、記録ヘッドと細線との接触状態によって記録条件が著しく変化し、再現性に問題があった。一方、電流磁界を利用して磁区形成する方法があり、この方法では通常、1つの記録素子からの電流磁界によって磁区を形成するが、記録素子に流す電流量や細線・記録素子間距離によって磁区幅が変化し、微小磁区を形成することは難しいと考えられる。そこで今回、様々な形状の記録素子をモデル化し、記録素子から発生した電流磁界による磁性細線中への磁区形成過程について、マイクロマグネティックシミュレーションを行った。その結果、直線状の記録素子を磁性細線の上側に2つ反平行配置した場合に、電流磁界を効率的に利用でき、乱れの小さい磁区を安定形成できる結果が得られたので報告する。

## シミュレーション方法

磁性細線は、長さ  $1.6 \mu\text{m}$ 、幅  $120 \text{ nm}$ 、膜厚  $12 \text{ nm}$  で飽和磁化  $0.25 \text{ T}$ 、異方性磁界  $7.06 \times 10^5 \text{ A/m}$  とした。Fig. 1 に磁性細線と電流磁界を発生する記録素子の計算モデルを示す。磁性細線の上側に直交させるように長さ  $1.6 \mu\text{m}$  の記録素子を配置し、磁性細線・記録素子間の  $z$  方向距離は  $5 \text{ nm}$  とした。細線の初期磁化方向は  $z$  方向上向きとし、記録素子に  $0.1 \text{ A}$  の電流を印加した場合について、LLG 方程式を用いて磁性細線への磁区形成過程を計算した。細線メッシュサイズは  $4 \text{ nm}$  一定とした。

## シミュレーション結果と考察

Fig. 2(a)に記録素子1のみに+y方向に電流を印加した場合の+z方向から見た磁性細線の磁化状態(電流印加後  $0.1 \text{ ns}$ )を示す。電流磁界によって記録素子1の+x側の磁性細線に下向き磁区が形成されるが、記録素子からの電流磁界が空間的な分布を持つため、素子から離れた磁壁は揺らぎが大きいことがわかった。次に、記録素子2を素子1の-x方向側に平行に  $100 \text{ nm}$  離して位置させ、記録素子2に+y方向、素子1に-y方向の電流を印加した場合の電流印加  $0.1 \text{ ns}$  後の磁化状態を Fig. 2(b)に示す。2つの記録素子に電流をそれぞれ逆方向に印加することで、素子に挟まれた磁性細線領域で乱れの小さい磁区が形成された。磁壁乱れが小さくなった理由は、記録素子から発生する同心円状の磁界によって、それぞれの磁壁が2つの記録素子直下で安定化するためであると考えられる。

記録素子1、2のx方向距離を  $40 \text{ nm}$  と短くし、記録素子2に+y方向、素子1に-y方向の電流を印加した場合の電流印加  $0.1 \text{ ns}$  後の磁化状態を Fig. 3に示す。距離を短くした場合にも素子間に下向き磁区が安定形成できることがわかった。このことから、2つの記録素子間距離と電流量を調整することで、磁性細線中に乱れの小さい磁区を形成できると考えられる。

## 参考文献

- 1) H. Tanigawa *et al.*: *Appl. Phys. Express*, **2**, 053002 (2009).
- 2) M. Okuda *et al.*: *IEEE Trans. Magn.*, **52**, (7), 3401204 (2016)

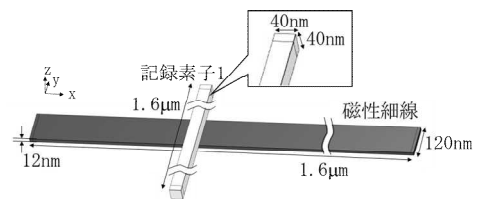


Fig. 1 Simulation model for magnetic nanowire with one recording head.



Fig.2 Simulation results of domain formation in specimen nanowires with (a) recording head 1, and (b) with recording heads 1 & 2 with a separation distance of  $100 \text{ nm}$ , respectively.



Fig.3 Simulation result of domain formation in specimen nanowire with recording heads 1 & 2 with a separation distance of  $40 \text{ nm}$ .