

パルス磁界を用いたレーストラックメモリのシミュレーション解析

山口莉生、仲谷栄伸

(電気通信大学 情報理工学研究科)

Simulations of the racetrack memory using a field pulse

Riki Yamaguchi and Yoshinobu Nakatani

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

はじめに

近年、磁壁駆動型レーストラックメモリが提案され、磁壁駆動に関する研究が盛んに行われている¹⁾。磁壁駆動型レーストラックメモリでは、主に電流による磁壁駆動が注目されている¹⁾。しかし、大電流密度が必要という問題があり、外部磁界による磁壁駆動が研究されている²⁾。本研究では、Fig. 1に示すように、外部磁界による磁壁駆動として、3種類の幅異なるピンングサイトを用いた方法を提案する。ピンングサイトは垂直磁気異方性を下げた領域とし、幅が狭い順に P_1, P_2, P_3 とする。次に P_1, P_2, P_3 にピン留めされた磁壁の中で、特定の磁壁だけがデピンする正弦波パルス磁界をそれぞれ $H_{P_1}, H_{P_2}, H_{P_3}$ とする。提案した磁壁駆動では、 $H_{P_1}, H_{P_2}, H_{P_3}$ の符号と面直方向のDC磁界(H_{DC})の符号を変えて印加し、磁区の両端の磁壁を交互にシフトさせることで、磁壁を一方向に動かす。磁壁駆動の手順は次の通りである。① $H_z = H_{P_2} + H_{DC}$ を印加する。 P_2 の磁壁がデピンし、 P_3 まで移動後、停止する。② $H_z = -H_{P_1} - H_{DC}$ を印加する。 P_1 の磁壁がデピンし、 P_2 まで移動後、停止する。③ $H_z = H_{P_3} + H_{DC}$ を印加する。 P_3 の磁壁がデピンし、 P_1 まで移動後、停止する。④ $H_z = -H_{P_2} - H_{DC}$ を印加する。 P_2 の磁壁がデピンし、 P_3 まで移動後、停止する。⑤ $H_z = H_{P_1} + H_{DC}$ を印加する。 P_1 の磁壁がデピンし、 P_2 まで移動後、停止する。⑥ $H_z = -H_{P_3} - H_{DC}$ を印加する。 P_3 の磁壁がデピンし、 P_1 まで移動後、停止する。①～⑥を順番に繰り返すことで、磁壁を一方向に動かす。

本研究では、提案した磁壁駆動を実現するために、特定のピンングサイトにピン留めされた磁壁のみがデピンする磁界をシミュレーションにより調査した。

計算条件

シミュレーションは1次元のマイクロマグネティックモデルを用いた。材料定数はCo/Niの値を想定し、飽和磁化 $M_s = 660 \text{ emu/cm}^3$ 、磁気異方性定数 $K_u = 4.1 \text{ Merg/cm}^3$ 、交換スチフネス定数 $A = 1 \text{ } \mu\text{erg/cm}$ 、損失定数 $\alpha = 0.3$ とした³⁾。幅 $r_0 = 4, 8, 16 \text{ nm}$ の3通りで、 K_u を100%低下させたピンングサイトを作成した。ピンングサイトに磁壁がピン留めされた状態から、正弦波パルス磁界とDC磁界を組み合わせた磁界を印加し、パルス幅(t_p)を変えて、磁壁がデピンするパルス磁界の強さ(H_{depin})を調査した。

結果

Fig. 2にパルス幅による磁壁がデピンするパルス磁界の強さの変化を示す。Fig. 2より、ピンングサイトの幅によって、磁壁がデピンする t_p と H_{depin} が異なる範囲があることがわかった。 $t_p = 0.15 \text{ ns}$ の場合では、矢印の範囲のパルス磁界を印加すると、ピンングサイトから特定の磁壁のみをデピンさせることが可能であることがわかった。

講演では、提案した磁壁駆動を用いたレーストラックメモリについて報告する予定である。

参考文献

- 1) S. S. P. Parkin, *et. al.*, Science, **320**, 190 (2008).
- 2) F. Ummelen, *et. al.*, Sci. Rep., **7**, 833 (2017).
- 3) T. Koyama, *et. al.*, Appl. Phys. Exp., **1**, 101303 (2008).

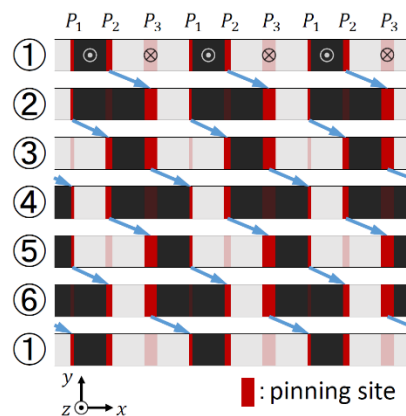


Fig. 1 Sequence of field-driven domain wall motion using 3 types of pinning sites.

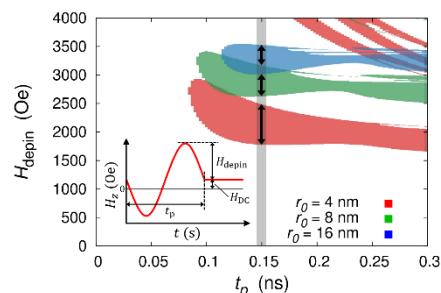


Fig. 2 Pulse width(t_p) dependence of pulse amplitude(H_{depin}) with various pinning site width(r_0). The colored part is the region where the domain wall is depinned.