

# DMI を有する SpinRAM のシミュレーション解析

高松 駿一<sup>1</sup>、山田 啓介<sup>2</sup>、仲谷 栄伸<sup>1</sup>

<sup>1</sup>電気通信大学 情報理工学研究所、<sup>2</sup>岐阜大学 工学部

Simulation Analysis of SpinRAM with Dzyaloshinskii-Moriya interaction

Shun-ichi Takamatsu<sup>1</sup>, Keisuke Yamada<sup>2</sup>, Yoshinobu Nakatani<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Graduate school of Informatics and Engineering, University of Electro-Communications

<sup>2</sup>Faculty of Engineering, Gifu University

## はじめに

磁気抵抗メモリ的一种である SpinRAM は、メモリセルサイズを小さくすると書き込み電流を小さくできるため、大容量メモリや省電力化の実現が期待されている。しかし、メモリセルサイズが小さくなると、熱安定性が保たれない問題がある。この問題を解決する方法として、近年注目されている Dzyaloshinskii-Moriya 効果(DMI)の適応が考えられる<sup>[1][2]</sup>。DMI 効果により磁性体の磁化構造が変化するために、SpinRAM の記録層に DMI を考慮した場合、磁化反転機構が変化し、反転電流や熱安定性が変化することが考えられる。しかしながら、DMI によって熱安定性を保ったまま反転電流が減少するかは不明である。本研究では DMI 効果による反転電流の変化を、マイクロマグネティックシミュレーションを用いて検討した。

## 計算条件

シミュレーションでは、SpinRAM の記録層として円盤ディスクを用いた。シミュレーションで用いた材料定数は、飽和磁化 600 emu/cm<sup>3</sup>、磁気回転比 17.6 Mrad/(s · Oe)、交換スティッフネス定数 1.0 μerg/cm、損失定数 0.01 とした。円盤ディスク径(D)は直径 15~60 nm、膜厚 2 nm とした。スピン電流のパルス幅( $t_p$ )は 0.1~10ns とした。シミュレーションでは、まず円盤ディスク状の磁性体に対し、熱安定性指数( $\Delta$ )が 60<sup>[4]</sup>となる磁気異方性定数と DMI 定数による値の組み合わせ (DMI 定数は 0.0 erg/cm<sup>2</sup> から 1.0 erg/cm<sup>2</sup> の間で 0.2 erg/cm<sup>2</sup> 刻み)を求めた。次に、得られた組み合わせを使って、円盤ディスク面に面直方向(z 方向)へスピン電流を加え、各条件に対するディスクの反転電流( $j_{sw}$ )を求め、DMI 定数と円盤ディスク径の依存性を調べた。

## 結果

図 1 の(a)-(c)に、DMI 定数、パルス幅、ディスクサイズによる反転電流の変化を示す。 $D=15,30$ nm では短パルスの場合に、DMI 効果により反転電流が減少した(図 1 (a), (b))。反転電流は  $D=15$ nm よりも  $D=30$ nm の方が減少し、最も効果が見られたのは  $t_p = 0.1$ ns のときで、33~48%減少した。 $D=60$ nm の場合は、DMI 効果によって反転電流が増加した(図 1. (c))。また、いずれのディスクサイズでも、長パルスの場合、DMI 定数の増加とともに反転電流は増加した。

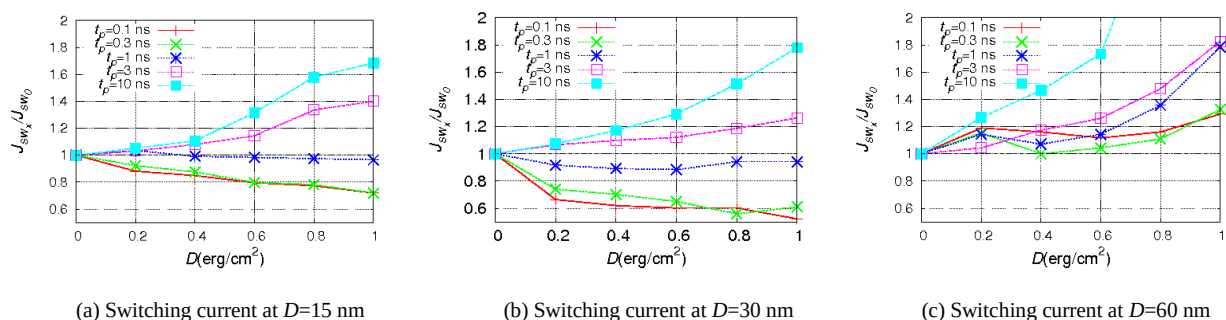


Figure1. Effect of DMI, pulse length, and the diameter of the disc on the switching current

## 参考文献

- [1] T. Moriya, Phys. Rev. **120**, 91 (1960) [2] I. E. Dzialoshinskii, Sov. Phys. **5**, 1259 (1957)  
 [3] S. Rohart and A. Thiaville, Phys. Rev. **88**, 184422(2013) [4] K. Yamada et al., Appl. Phys. Lett. **106**, 042402(2015)