

パルス電流を用いたパックマンディスクにおける Vortex Core の極性反転

山田啓介, 佐藤知徳, 仲谷栄伸
電通大情報理工

Switching of the Magnetic Vortex Core in a Pac-man Disk using a Single Current Pulse
Keisuke Yamada, Tomonori Sato, and Yoshinobu Nakatani,
Graduate School of Informatics and Engineering, The University of Electro-Communications,

はじめに

磁気渦構造は、ソフト磁性体で作られた直径数百 nm～数 μm 程度の磁気ディスクに現れる特徴的な磁区構造である。磁気渦構造は、還流磁区構造(右/左巻き)や Vortex Core(渦コア)と呼ばれる中心部の吹き出し磁化(上/下向き)を持ち、それぞれ二成分の要素が独自にあることから、この特性を利用した不揮発性の記録素子が期待されている[1]。近年、渦コアの向きを交流・パルス・回転磁場/電流を用いて効率よく反転させる研究が盛んに行われてる[2,3]。今までに我々は、磁気ディスクにノッチ構造を持つパックマンディスク(PM)と呼ばれる磁気ディスクに注目し[4]、パルス磁場を用いて渦コアの反転エネルギーを減少させることを示した[5]。今回我々は、渦コア反転の制御性を高める方法を調べるため、ナノ秒オーダーのパルス電流を用いてパックマンディスク中の渦コア反転についてマイクロマグネティックシミュレーションより調べた。

結果

渦コアの樽型形状を再現するために、シミュレーションでは3次元モデルを用いた。ディスクを $2 \times 2 \times 2.5 \text{ nm}^3$ の立方体セルで分割し、各セル内の磁気モーメントの運動は Landau-Lifshitz-Gilbert 方程式を解いて求めた。計算に用いたディスクは、直径 $D=200 \text{ nm}$ 、膜厚 $h=40 \text{ nm}$ 、ノッチサイズは、円周外側からの深さ d とノッチ角度 θ で定義した(図 1(a))。今回の計算では、ディスクや電極を流れる電流分布も考慮した。物質定数は、パーマロイ材の値を用いた[3,5]。パルス電流強度とパルス幅による反転の有無について調べた結果を図 1(b)に示す。渦コア反転に必要な閾反転電流密度($j_c = 1.1 \times 10^{12} \text{ A/m}^2$)は、同じ直径、膜厚を持つ円ディスクに比べて 75 %減少した。渦コア反転が起こる際に生成されるコアの向きは、コアの移動によって誘起されるキネティック磁場[3]の方向で決まることがわかった。また、渦コアの向きは、適切なパルス長と電流密度を持つパルス電流の印加方向により、一意に決めることが可能であることを示した。

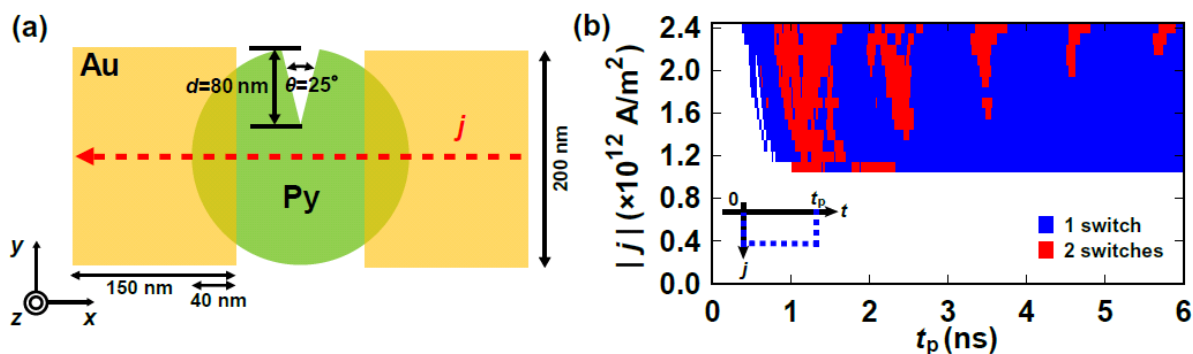


Figure 1 (a) Simulation model of the PM disk. (b) Diagram of the core switching as a function of the current pulse duration and amplitude in the PM disk.

参考文献

- [1] T. Shinjo, *et al.*, *Science* **289**, 930 (2000). [2] B. Van Waeyenberge, *et al.*, *Nature* **444**, 461 (2006).
[3] K. Yamada, *et al.*, *Nature Mat.* **6**, 270 (2007). [4] M. H. Park, *et al.*, *Appl. Phys. Lett.* **83**, 329 (2003).
[5] T. Sato, *et al.*, *Appl. Phys. Express.* **7**, 033303 (2014).