

# 磁性多層膜を有する微小ドットの磁気力顕微鏡による磁化状態操作

岩城圭亮、野村光、中谷亮一

(大阪大学大学院工学研究科マテリアル生産科学専攻)

Magnetization manipulation method for nanodots with magnetic multilayer by magnetic force microscopy

K. Iwaki, H. Hikaru, and R. Nakatani

(Department of Materials Science and Engineering, Graduate School of Engineering, Osaka University)

近年、磁性量子セルラーオートマタ(MQCA: magnetic quantum cellular automaton)をはじめとする微小磁性体を用いたデバイスは、次世代を担う情報処理デバイスの有力な候補として注目を集めている。MQCA等の基礎的研究では、各磁性体の磁化情報を任意に制御することが不可欠となる。我々はこれまでに、磁気力顕微鏡(MFM: magnetic force microscope)を利用し、磁性体の磁化状態を制御する手法を提案してきた[1]。しかしながら、これまでの手法では、基板表面に二次元的に配置された微小磁性体のみを磁化状態の制御対象としており、磁性多層膜を有する微小磁性ドットへの磁化状態制御手法は未だ確立されていない。そこで、本研究では、磁気力顕微鏡を用い、磁性多層膜からなる磁性ドットの各磁性層の磁化状態を制御する手法を確立することを目的とする。

磁気力顕微鏡には、日立ハイテクサイエンス社製の

MFM(SPA-300HV)へLabVIEW FPGA/Real Time OSを用いて開発した独自の制御装置を追加したものを用いた。また、磁気力探針には、市販のSI-MF40を用いた。磁化状態制御の対象として、電子線リソグラフィ法、イオンビームスパッタリング法、リフトオフ法を用い、Si基板上にNi-20at.%Fe(20 nm)/SiO<sub>2</sub>(40 nm)/Ni-20at.%Fe(20 nm)/Au(3 nm)からなる磁性ドットを作製した(Fig. 1)。この試料に対し、任意のx-y座標において、探針・基板表面間距離 $d_z$ を制御することで磁化状態制御を実施した。磁性ドットの磁化状態の初期化ならびに、磁化状態制御のための補助磁場として、外部磁場をy軸に沿って印加した[Fig. 1(b)]。磁性ドットの磁化状態の画像化には、磁性ドットの磁化への影響を十分に抑えるため、高さ一定モードMFMを用いた。

Figure 2 (a), (b)に、磁性状態制御前後の磁気力顕微鏡像を示す。Fig. 2 (a)で得られていた明瞭なコントラストが、Fig. 2 (b)では消失している。このことから、上部磁性層の磁化の向きと、下部磁性層の磁化の向きが反平行となり、互いに漏洩磁場を打ち消し合っていると考えられる。また、Fig. 2 (c)に磁化状態制御の際に取得された、MFMの位相遅れ信号の探針・基板表面間距離依存性を示す。Fig. 2 (c)から、上部の磁性層が反転した後も、下層の磁性層の磁化の向きは反転していないことがわかる。

以上の結果より、MFMを用いることで、磁性多層膜からなる磁性ドットの各磁性層の磁化を任意に制御できることが明らかとなった。本手法は、近い将来実現が期待されている、磁性多層膜からなる三次元MQCAに関する研究において欠かすことのできないツールとなる。

1) H. Nomura and R. Nakatani, *Appl. Phys. Express*, **4**, 013004 (2011).

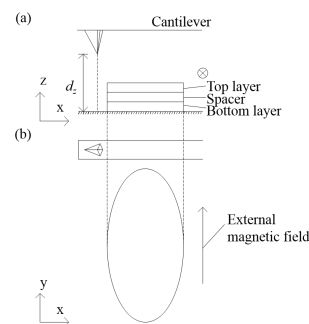


Fig.1 Schematic (a) front view and (b) top view of cantilever and nano dot.

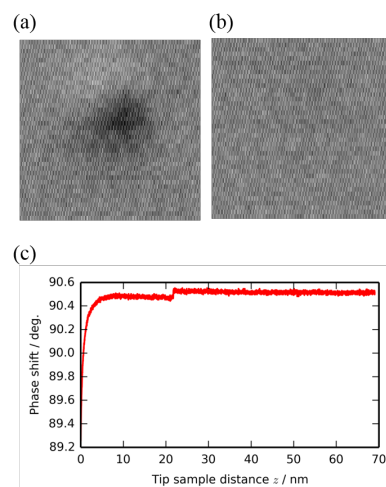


Fig. 2 MFM images of (a) initial state and (b) magnetization manipulation result of nano dot. (c) Force curve measurement result during the magnetization manipulation.