

# 1 Tbit/in<sup>2</sup> 級ビットパターン媒体における磁性ドット間に働く 静磁気相互作用に関する研究

## Study on magnetostatic interaction between dots in bit-patterned media with 1 Tbit/in<sup>2</sup>

近藤 祐治<sup>a</sup>, 有明 順<sup>a</sup>, 千葉 隆<sup>a</sup>, 田口 香<sup>a</sup>, 鈴木 基寛<sup>b</sup>, 河村 直己<sup>b</sup>  
Yuji Kondo<sup>a</sup>, Jun Ariake<sup>a</sup>, Takashi Chiba<sup>a</sup>, Kaori Taguchi<sup>a</sup>, Motohiro Suzuki<sup>b</sup>, Naomi Kawamura<sup>b</sup>

<sup>a</sup>秋田県産業技術総合研究センター, <sup>b</sup>高輝度光科学研究センター  
<sup>a</sup>Akita Pref. R&D center, <sup>b</sup>JASRI

25 nm 径ドットをドットピッチ 40~100 nm と変化させて CoPt ドットアレイを作製し、顕微磁気円二色性を用いて磁化特性を調べた。ドットピッチが小さくなるにつれて反転磁界分散が大きくなった。これは、シミュレーションの結果と比較することにより静磁気相互作用の影響であることがわかった。また、今回の試料では、材料特性や加工精度に起因するような静磁気相互作用の他の要因による影響も大きいことが示唆され、今後はさらに反転磁界分散を低減する必要があることがわかった。

We prepared CoPt dot arrays with a diameter of 25 nm and periods of 40 ~ 100 nm and examined the magnetic properties by micro-X-ray magnetic circular dichroism. As the dot period becomes small, the switching field distribution (SFD) increases. This change in SFD was found to be caused by the magnetostatic interaction. Furthermore, it was suggested that the influence of factor except the magnetostatic interaction, such as magnetic properties of film and patterning accuracies, cannot ignore, too. Further reduction of the SFD will be necessary in the future.

キーワード：ビットパターン媒体, 顕微 X 線磁気円二色性, ドット反転磁界分散, 静磁気相互作用

**背景と研究目的：**ハードディスクに代表される磁気記録装置の次世代方式として、ビットパターン媒体 (BPM) が有力視されている。このパターン媒体の特徴は、人工的に磁性ドットを周期的に配列して、その一つのドットに1ビットを記録することにより、熱安定性の確保と記録磁界の低減を両立でき、1 Tbit/in<sup>2</sup>以上の面記録密度が達成できると期待されている。そこで、我々は 1 Tbit/in<sup>2</sup> 級の面記録密度に相当する磁性ドットの作製法を検討してきた。その結果、磁氣的ダメージを抑制するために、低エネルギー、軽元素である Ar イオンを用いたエッチングが非常に有効であることがわかった[1]。さらに、実用レベルである 1 Tbit/in<sup>2</sup> 面記録密度に相当する 25 nm ピッチ級 BPM の設計指針の確立を目指して、25 nm ピッチ級 CoPt 磁性ドットアレイの作製を行ってきた。BPM では、熱磁気安定性を確保するためには磁性ドットの体積を大きくした方が有利であるが、記録密度を上げるためにはドットピッチを狭くしなければならない。つまり、ドット径とドットドット間距離は BPM 設計上、非常に重要なパラメーターとなる。本課題では、25 nm ピッチ級磁性ドットアレイのドットドット間距離を変化させたときの静磁気相互作用の影響を調べることを目的とした。

**実験：**磁性ドットアレイの作製は、最初に Si 基板にスパッタ成膜された 13 nm 厚の CoPt 垂直磁化膜上にレジスト塗布し、電子線描画によりパターンニングして、次いでそのレジストパターンをマスクとして Ar イオンミリングにより CoPt 膜磁性ドットを形成した。電子線描画に用いた電子線エネルギーは 50 keV、ビーム電流は 50 pA とした。また、Ar イオンミリングのエネ

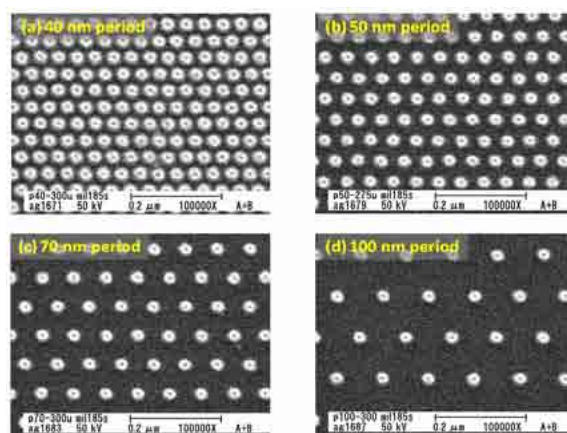


Fig. 1. Scanning electron microscope image of CoPt dot arrays with a dot diameter of 25 nm and periods of 40 ~ 100 nm.

ルギーは 200 eV, ビーム電流は 60 mA とした. 作製したドットパターンは, Fig. 1 に示すようにドット径 25 nm と固定してドットピッチを 40 ~ 100 nm と変化させた. パターニング領域は  $15 \times 15 \mu\text{m}^2$  角である.

XMCD 測定は BL39XU の Kirkpatrick-Baez ミラーを備えた micro-XMCD システム[2]を用い, Pt  $L_3$  端での蛍光法により行った. X 線ビーム径は  $2.3 \text{ (H)} \times 3.4 \text{ (V)} \mu\text{m}^2$  であった. 磁場はマイクロビーム用電磁石により, 試料面に対して垂直方向に最大 12 kOe (ポールピースギャップ 6 mm) を印加した.

**結果と考察:** Fig. 2 に元素選択磁化(ESMH)曲線を示す. ここで, Fig. 2 の縦軸は Pt の蛍光強度で規格化しているため, Pt 原子あたりの磁気モーメントに相当する. 飽和磁化( $M_s$ )および保磁力( $H_c$ )の大きさはドットピッチに関係なく一定であり, 狭ピッチにしても磁氣的ダメー

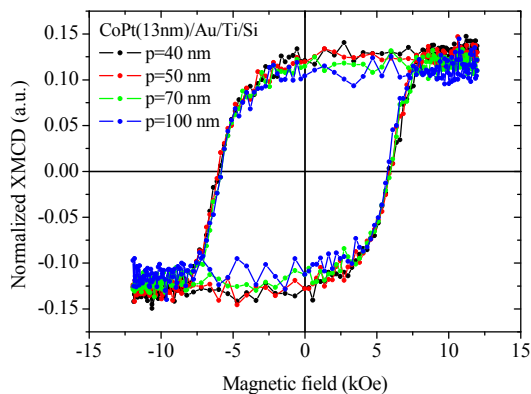


Fig. 2. ESMH curves of CoPt dot arrays with a dot diameter of 25 nm and periods of 40 ~ 100 nm.

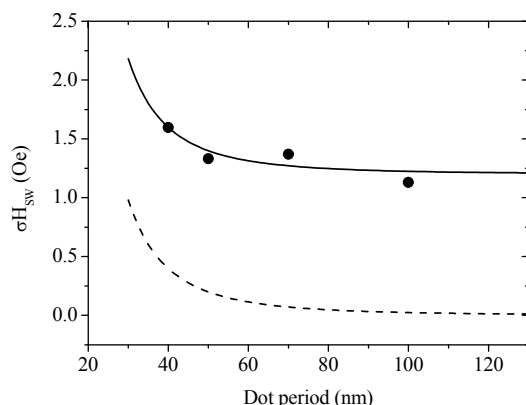


Fig. 3. Dot period dependences of switching field distribution (SFD). The solid circles are SFD's estimated from ESMH curved in Fig. 2. The dashed line is the simulation result of the SFD caused by magnetostatic interaction. The solid line added 1.2 kOe to the dashed line.

ジがほとんどないことが確認できた. 次に  $H_c$  付近で ESMH 曲線の微分係数を求め, その微分係数をガウス関数フィッティングすることで標準偏差  $\sigma$  を算出し, これを反転磁界分布(SFD)とした. Fig. 3 に SFD のドットピッチ依存性を黒丸で示す. 一方, SFD の要因の一つである静磁気相互作用の影響を見積もるために, 周囲のドット表面および裏面の磁荷が中心のドットに及ぼす減磁界を計算した. その結果を Fig. 3 に破線で示す. この結果から, 実験で求めた SFD は静磁気相互作用の影響と比べて圧倒的に大きいことがわかった. そこで, この破線で示した結果に 1.2 kOe を足したところ (実線), 実験から求めた SFD と良く一致することがわかった. つまり, 今回の試料において, 静磁気相互作用の影響の他にそれ以外の要因による SFD が 1.2 kOe あると考えられる. その要因として, 材料の磁気異方性エネルギー分散, 加工精度に起因するドットサイズ分散や形状分散などが挙げられる. また, Fig.3 からは 40 nm 以下のドットピッチになると, 静磁気相互作用の影響も無視できなくなることがわかる. そこで, 1 Tbit/in<sup>2</sup> 以上の BPM を実現するためには, 上述の材料物性や加工精度に起因する SFD の他に静磁気相互作用の影響を低減することが必須である.

**今後の予定:** ドットの反転磁界分散(SFD)を低減する手法として, シミュレーションを用いた磁気記録特性の研究から, 交換結合型ドット媒体や斜方異方性型ドット媒体が提案されている. そこで, 実験的にこれらの媒体の有用性を示していく予定である.

**謝辞:** 本研究は文部科学省科学研究費補助金 (若手研究 (B) 課題番号 19760243) の補助を受けて実施されたものである.

#### 参考文献

- 1) Y. Kondo, T. Chiba, J. Ariake, K. Taguchi, M. Suzuki, M. Takagaki, N. Kawamura, B. M. Zulfakri, S. Hosaka, N. Honda, *J. Magn. Magn. Mater.*, **320** (2008) 3157.
- 2) M. Suzuki, M. Takagaki, Y. Kondo, N. Kawamura, J. Ariake, T. Chiba, H. Mimura, T. Ishikawa, *Proceedings of the International Conference on Synchrotron Radiation Instrumentation, AIP Conference Series*, **879** (2007) 1699.