

磁気記録ヘッドの強い交流磁場観察に適した高保磁力・磁気力 顕微鏡探針の開発とパルス磁場を用いた探針保磁力評価

鄭 富、江川元太、吉村 哲、鄭 仰東、木下幸則、齊藤 準

(秋田大学)

Fabrication of high-coercivity FePt-based MFM tips for magnetic imaging of strong AC magnetic field of for AC magnetic imaging of magnetic writing head and direct measurement of tip-coercivity by pulse magnetic field

F. Zheng, G. Egawa, S. Yoshimura, Y. Zheng, Y. Kinoshita, H. Saito

(Akita University)

はじめに 我々は以前、試料表面近傍での磁場計測を可能にする交番磁気力顕微鏡 (A-MFM) を開発した^{1),2)}。磁気記録ヘッド等の交流磁場計測には、交流磁場の印加により磁化状態が変化しないハード磁性探針を用い、探針にその共振周波数と異なる正弦波磁場を印加する事により発生する、正弦波磁場を変調源とした周波数変調 (FM) を利用する。しかしながら、現在開発が進められている強磁場を発生する磁気記録ヘッドの交流磁場観察を行うためには、これまで用いていた FePt ハード磁性探針の保磁力は 10 kOe 程度であるので、ハード磁性探針の高保磁力化が必要不可欠である。一方、高保磁力探針の開発においては、探針に成膜する薄膜試料の磁気特性評価に加え、Si 探針母材への成膜後の磁性探針自身の保磁力評価も重要となる。本研究では、FePt 探針の高保磁力化を目的として、1) FePt 合金の MgO 添加によるグラニューラー構造化、2) FePt 結晶粒の膜面内容易軸化のための低昇温速度・長時間熱処理、3) 規則化促進のための薄膜成膜中の VHF プラズマ照射³⁾、を検討した。また、探針の保磁力を MFM 信号のパルス磁場応答性から求める方法を提案し、作製した FePt 系探針の保磁力を評価した。

方法 各種の FePt 系合金の薄膜 (膜厚 40 nm)、およびそれらを成膜した探針を、マグネトロンスパッタリング法を用いて、前者は熱酸化膜付き Si 基板上に、後者は Si 探針母材上に、それぞれ室温で作製した。MgO 添加量は 0~35 vol.%, VHF プラズマ照射電力は 5~15 W の条件下で変化させて成膜した。規則化のための熱処理は、750 °C までの昇温速度を 0.1 °C/秒もしくは 5 °C/秒、750 °C の保持時間を 10 分もしくは 120 分、とした。薄膜の磁気特性評価には振動試料型磁束計 (VSM) と超伝導量子干渉素子 (SQUID) を用いた。探針の保磁力評価には、30 kOe のパルス磁場を印加できるコイルを組み込んだ大気雰囲気型走査型プローブ顕微鏡 (SPM) を用いた。

結果 Table.1 に、MgO 添加量、熱処理条件、VHF プラズマ照射電力、を変化させた FePt 系薄膜の保磁力を示す。最大 22.3 kOe (Table.1(E)) の保磁力が、MgO 添加量 35 vol.%, 熱処理時の遅い昇温速度と長い高温保持時間、VHF プラズマ照射電力 15 W の条件で得られた。保磁力向上の原因は、FePt 結晶粒の磁気的孤立化・膜面内配向化・高 $L1_0$ 規則化によるものと考えられる。Fig.1 に、探針に印加したパルス磁場、及びパルス磁場印加時の探針振動の位相の時間変化を示す。磁性探針は、着磁をパルス磁場を用いて探針長手方向に行った後に逆方向にパルス磁場を印加して位相変化を測定した。位相の符号が負 (斥力) から正 (引力) に変わる時の磁場が探針保磁力 (磁場方向の探針磁化成分がゼロになる磁場) に対応する。Table.2 に、薄膜の磁化測定による保磁力と、探針のパルス磁場を用いた評価法による保磁力を示す。薄膜と探針の保磁力には強い相関が見られ、保磁力が 20 kOe 以上の探針の作製に成功した事が判る。

参考文献 1) H. Saito et al., *J. Appl. Phys.*, 107, 09D309 (2010). 2) S. Yasui et al., Annual Conference of ICAUMS2012, 4pPS-118 3) S. Yoshimura et al., *J. Appl. Phys.*, 109, 07B751 (2011).

Table. 1 Fabricated condition of FePt-based films and coercivity of the films.

Sample	MgO addition	Annealing condition	VHF power	In-plane coercivity of FePt-based films
A	0	5 °C/sec, 10 min	0	14.4 kOe
B	12 vol. %	5 °C/sec, 10 min	0	14.9 kOe
C	35 vol. %	5 °C/sec, 10 min	0	15.4 kOe
D	35 vol. %	0.1 °C/sec, 120 min	0	19.0 kOe
E	35 vol. %	0.1 °C/sec, 120 min	5 W	19.3 kOe
F	35 vol. %	0.1 °C/sec, 120 min	10 W	21.0 kOe
G	35 vol. %	0.1 °C/sec, 120 min	15 W	22.3 kOe

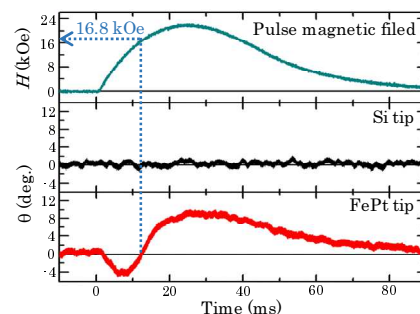


Fig. 1 Pulse magnetic field and phase change of different kinds of tips dependence on time.

Table. 2 Coercivity of films and tips.

Sample	In-plane coercivity of FePt-	Coercivity of tips
A	14.4 kOe	16.8 kOe
C	15.4 kOe	18.2 kOe
D	19.0 kOe	19.4 kOe
G	22.3 kOe	20.3 kOe