

高保磁力 FePt 系探針の側面方向成膜による先端先鋭化と交番磁気力顕微鏡による磁気記録ヘッドの 5 nm 分解能・交流磁場イメージング

水谷広志, K. Srinivasa Rao, 郑 富, 吉村 哲, 江川元太, 木下幸則, 齊藤 準
(秋田大学)

Effective directional sputtering deposition of FePt sharp end tips for 5nm resolution imaging of writing head by alternating magnetic force microscopy

H. Mizutani, K. Srinivasa Rao, F. Zheng, S. Yoshimura, G. Egawa, Y. Kinoshita, H. Saito
(Akita University)

はじめに 我々はこれまで試料表面近傍での磁場観察が可能な交番磁気力顕微鏡(A-MFM)を開発し、ハード磁性探針を用いて磁気記録ヘッド等の交流磁場観察を行ってきた^{1),2)}。A-MFMを用いた交流磁場計測は、ハード磁性探針にその共振周波数と異なる正弦波磁場を印加することで探針振動に発生する周波数変調(FM)を利用して行う。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高い空間分解能で行うためには、これまで開発した保磁力が 10 kOe 程度の FePt ハード探針に対して、更なる高保磁力化および先端先鋭化が必要不可欠である。昨年我々は、FePt 薄膜の高保磁力化のために、1) MgO 添加によるグラニューラ構造化、2) FePt 結晶粒の膜面内容易軸化のための低速昇温・長時間熱処理、3) 規則化促進のための成膜中 VHF プラズマ照射、を検討し、20 kOe 以上の膜面内保磁力を有する薄膜を得た³⁾。本研究では、先端先鋭探針を開発するために、専用の磁性探針製造装置を立ち上げ、本薄膜材料を用いて作製した探針を用いて、磁気記録ヘッドを観察し交流磁場勾配像の空間分解能を評価した。

方法 FePt 系探針は、市販のピラミッド形状(先端径 10 nm)もしくは円錐形状(先端径 5 nm)の Si 探針に、イオンガンにより 4 nm 程度の表面酸化膜(FePt 系薄膜の規則化熱処理時の Si 探針母材との合金化を防止する拡散防止層)を形成し、大気に曝すことなく FePt と MgO の同時スパッタリング法で成膜して作製した。磁性膜厚は 15 - 30 nm, MgO 添加量は 35 vol.%, 規則化のための熱処理は、昇温速度を 0.1°C/秒, 700°Cでの保持時間を 120 分, とした。A-MFM は市販の大気中で観察可能な走査型プローブ顕微鏡(L-Trace II, 日立/メテックイェンス製)に、周波数復調器(PLL 回路)およびロックインアンプを追加して構成した。交流磁場計測は、最初に表面凹凸を計測した後、探針を表面凹凸に応じて 4 nm リフトさせて行った。磁気記録ヘッドの励磁電流は、30 mA, 211 Hz とした。

結果 Fig.1 に、(a) 磁性探針製造装置の模式図、(b) 本装置を用いて Si 探針表面の酸化および 30 nm の FePt-MgO 薄膜の成膜を施した探針の SEM 像、を示す。比較の為、(c) 試料とターゲットが対向する一般的な成膜装置を用いて作製した探針の SEM 像も示す。一般的な装置を用いた場合に比べ、1) 探針母材の先端先鋭を損なうことなく磁性薄膜を成膜できること、図では示していないが、磁性薄膜を非常に薄くしても Si 探針表面の薄膜被覆率が高いことから、2) 探針母材に均一に成膜できること、が確認された。その要因は、(a)の模式図に示すように、1) 探針へのスパッタリングが全て一定角度の側面方向からであり、かつ探針が成膜中に回転していること、2) 拡散防止層形成・磁性薄膜成膜の連続プロセスが可能であること、によるものと考えられる。

Fig.2 に、磁気記録ヘッドを、本装置で作製した FePt 系探針を用いて観察した、(a) 表面形状像、(b) 磁場強度像、(c) 磁場極性像、それらのラインプロファイル(d), (e), (f)を示す。探針は、円錐形状 Si 探針に FePt-MgO 薄膜を 15 nm 成膜したものをを用いた。観察前に、探針の磁化が試料面垂直になるように着磁した。強度像から主磁極で強い交流磁場の発生が観察でき、極性像における 180°の位相変化から主磁極周辺での垂直磁場の極性変化が明瞭に観察できる。空間分解能を、主磁極付近のラインプロファイルの空間スペクトラムから磁気力信号がホワイトノイズレベルと等しくなる最小波長の半値と定義して求めると 5 nm 程度であった。

参考文献 1) H. Saito et al., *J. Appl. Phys.*, 107, 09D309 (2010). 2) S. Yasui et al., ICAUMS2012, 4pPS-118 (2012). 3) F. Zheng 他, 第 38 回日本磁気学会学術講演概要集, 4pA-3 (2014).

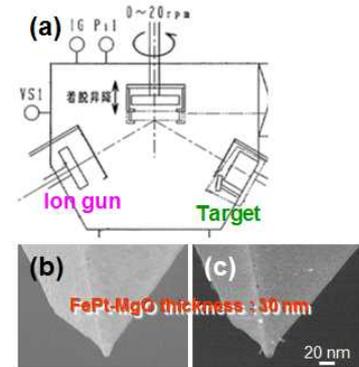


Fig. 1 (a) Schematic figure of a sputtering system for MFM tip fabrication, SEM images of FePt-MgO tips fabricated by the sputtering system (b) and typical sputtering system (c).

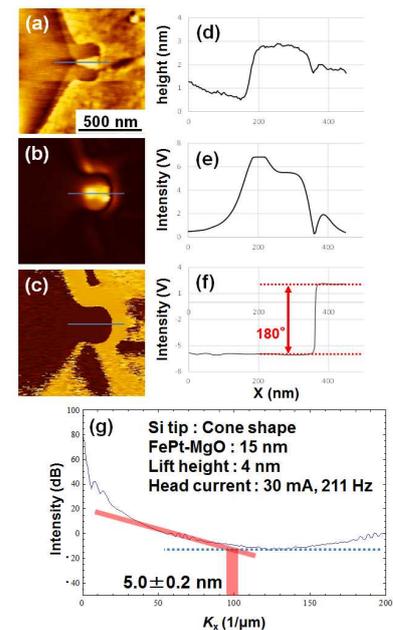


Fig. 2 Topographic image (a), amplitude image (b), and phase image (c) of the AC magnetic field, and their line profiles (d), (e), and (f). The power spectrum of amplitude image (g).