

ソフト磁性探針を用いた交番磁気力顕微鏡による 垂直磁気記録媒体の 5 nm 分解能・直流磁場イメージング

K. Srinivasa Rao, 江川元太, 木下幸則, 吉村哲, 齊藤準
(秋田大学)

5 nm-resolution imaging of perpendicular magnetic recording media
by alternating magnetic force with a soft magnetic tip

K. Srinivasa Rao, G. Egawa, Y. Kinoshita, S. Yoshimura, H. Saito
(Akita Univ.)

はじめに 近年、磁気記録媒体の高密度化に伴い、磁気力顕微鏡 (MFM) には空間分解能の向上が強く求められている。我々は空間分解能向上に有効となる試料表面近傍の磁場計測が可能な交番磁気力顕微鏡 (Alternating magnetic force microscope : A-MFM)¹⁾を開発し、媒体の直流磁場計測の高分解能化を進めている。A-MFM を用いた直流磁場計測では、加振させたソフト磁性探針に、探針の共振周波数と異なる周波数の交流磁場を印加することで探針試料間に発生する非共振の交番磁気力が、探針振動に周波数変調を引き起こす現象を利用する。A-MFM の高分解能化には計測感度が高く先鋭なソフト磁性探針の開発が重要となる。昨年、我々は新たに提案した交流磁場応答性による探針性能評価法²⁾を用いて、探針用のソフト磁性材料の探索を行い、FeCoB 系非晶質ソフト磁性探針が 100 Oe 以下の低い飽和磁場と高い計測感度を示すことを見出した³⁾。同時にこの探針を励磁するための小型のフェライトコアを開発した。さらに本研究では、先鋭な高分解能ソフト磁性探針の作製を、磁性膜を Si 探針母材の側面方向から均一に成膜できるスパッタリング装置を用いて検討した。この探針を用いて垂直磁気記録媒体を観察した結果、5 nm の空間分解能が安定して得られたので、その詳細を報告する。

方法 FeCoSiB 系非晶質ソフト磁性探針を、先端形状が異なる種々の Si 探針に磁性膜を成膜して作製した。A-MFM は市販の走査型プローブ顕微鏡(L-Trace II, 日立メテックインス製)に、交流磁場源として前述のフェライトコア、周波数復調器、ロックインアンプ等を加えてプロトタイプ機を開発した。フェライトコアの交流磁場は試料面に垂直方向に印加した。観察試料として CoCrPt-SiO₂ 垂直磁気記録媒体を用い、探針試料間距離約 2 - 3 nm として直流磁場観察を行った。探針に印加した交流磁場の振幅は 50 - 300 Oe, 周波数は 89 - 500 Hz の範囲で変化させた。

結果 Fig. 1 に、探針に交流磁場の周波数を 89 Hz として強度を 100 - 300 Oe の範囲で変化させて測定した、500 kfci の CoCrPt-SiO₂ 垂直磁気記録媒体の垂直磁場像 (フェライトコアの交流磁場信号($H_0^{ac} \cos(\omega t)$))に同期させた A-MFM 像 ($X = R \cos(\omega t)$)), および記録ビット部分のラインプロファイル, および空間スペクトラムを示す。ラインプロファイルは 1 ラインのものであり、空間スペクトラムは 7 本のラインプロファイルの空間スペクトラムを平均して求めた。FeCoSiB 非晶質探針は先端径が 10 nm 以下の標準的な Si 探針に磁性膜をベタ膜換算で 25 nm 成膜したものを用いた。垂直磁場像では交流磁場振幅が 100 Oe においても記録ビットが明瞭に観察されている。

A-MFM では検出信号の正負から垂直磁場方向が上向きか下向きかを識別できるが、ラインプロファイルに見るように、媒体の垂直磁場の方向が上向きから下向きに交互に変化している様子がノイズに乱されることなく明瞭に観察されていることがわかる。また空間スペクトルからも高い S/N 比で磁気力信号が検出されていることがわかる。空間分解能を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。講演では、空間分解能に及ぼす磁性探針の先端形状依存性や磁性膜厚依存性、およびさらに高い記録密度の垂直磁気記録媒体についての観察結果についても発表する。

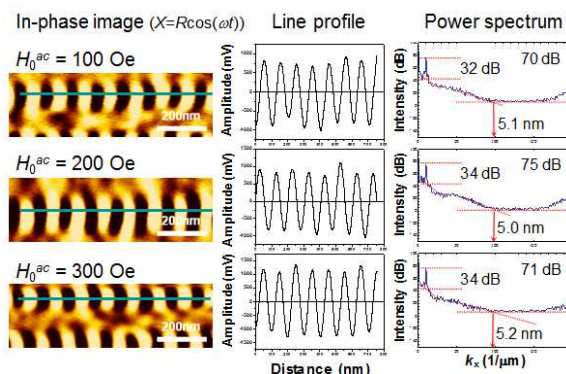


Fig. 1 In-phase image (perpendicular magnetic field image), line profile and power spectrum of a CoCrPt-SiO₂ perpendicular magnetic recording medium with different driven AC magnetic fields of tip.

参考文献 1) H. Saito et al., *J. Appl. Phys.*, 109, 07E330 (2011). 2) H. Qi 他, 第 38 回日本磁気学会学術講演概要集, 4pA-12 (2014). 3) 岡安 他, 第 38 回日本磁気学会学術講演概要集, 4pA-5 (2014).