

交番磁気力顕微鏡用高分解能ソフト磁性探針の開発

— 高磁歪・Fe系非晶質磁性薄膜の極薄化 —

赤石 悠輔, M. Makarova, K. Srinivasa Rao, 吉村 哲, 齊藤 準

(秋田大学)

Development of high resolution soft magnetic tips for alternating magnetic force microscopy:

thin Fe-based amorphous films with high magnetostriction

Y. Akaishi, M. Makarova, K. Srinivasa Rao, S. Yoshimura, H. Saito

(Akita Univ.)

はじめに 近年、磁気力顕微鏡においては高密度磁気記録媒体等の進展により空間分解能の向上が強く求められている。我々は分解能の向上に有効となる試料表面近傍での磁場検出を実現した、交番磁気力顕微鏡 (Alternating Magnetic Force Microscopy; A-MFM)を開発して、垂直磁気記録媒体の磁区観察を行い、高い飽和磁化と低い飽和磁場を有する FeCoSiB 非晶質薄膜(25 nm)を Si 探針母材に成膜したソフト磁性探針を用いることで、5 nm 程度の高い空間分解能を得ている¹⁾。FeCoSiB 非晶質合金は飽和磁歪定数 λ_s が 10^{-5} オーダーと大きいにも関わらず高い空間分解能が得られているが、そのメカニズムは現在のところ不明である。

本研究では、Fe系非晶質合金探針の空間分解能をさらに向上させることを目的として、FeCoSiB 非晶質合金探針、および FeCoSiB 非晶質合金と同等の磁歪を示し、さらに耐蝕性が優れる FeCoB 非晶質合金探針を、磁性膜厚を減少させて作製し、熱処理ならびに磁場中熱処理を施す。得られた結果を低磁歪の CoZrNb 非晶質合金 (λ_s は 10^{-7} 以下)を成膜した探針の場合と比較することで、高分解能化のメカニズムを検討する。

方法 先端がピラミッド形状の Si 探針母材にターゲット組成が Fe₅₆Co₂₄Si₁₀B₁₀, Co₈₀Zr₁₅Nb₅ の磁性膜をそれぞれ 6, 8, 15, 25 nm の膜厚でスパッタリング法を用いて成膜し、非晶質ソフト磁性探針を作製した。熱処理は磁場印加機構を持った熱処理装置を使用した。A-MFM は市販の走査型プローブ顕微鏡(L-Trace II, 日立ハイテクサイエンス製)に、小型フェライトコア (交流磁場源)、PLL (周波数復調器)、ロックインアンプを加えて構成した。観察試料には CoCrPt-SiO₂ 垂直磁気記録媒体 (記録密度 500 kfc) を用い、探針試料間距離 2~3 nm で直流磁場観察を行った。探針に印加する交流磁場の周波数は 89 Hz とし、振幅を 50~200 Oe の範囲で変化させた。

結果 Fig.1 に一例として熱処理前の磁性膜厚が 8 nm の FeCoSiB 探針に、交流磁場振幅 200 Oe を印加して観察した CoCrPt-SiO₂ 垂直磁気記録媒体の直流磁場像とその空間周波数スペクトルを示す。Fig.2 に熱処理前の FeCoSiB 探針および CoZrNb 探針に対して、直流磁場像の空間周波数スペクトルから評価した磁気記録ビットの信号強度の磁性膜厚依存性を示す。FeCoSiB 探針では、磁性膜厚を 6 nm まで薄くしても信号強度が減衰しないが、低磁歪 CoZrNb 探針では膜厚の低減に伴い、記録ビットの信号強度が大きく減少し、膜厚 8 nm の探針では膜厚 25 nm の探針と比較し、測定感度が 10 分の 1 以下になった。Fig.1 から空間分解能を最小検出波長の半値で評価すると、3 nm 程度であった。本探針で高い信号強度が得られた原因として、交流磁場印加により発生する磁歪による応力が探針先端に集中し、先端部の磁化状態を周期的に変化させていることを考えている。膜厚を減少させて先端を先鋭化させても検出感度が低下しない探針は、空間分解能の向上に有効となる。

講演では、Fe系高磁歪非晶質合金探針の高分解能に及ぼす熱処理効果についても報告し、高分解能化のメカニズムを提案する予定である。

参考文献 1) K. S. Rao 他, 第 39 回日本磁気学会学術講演概要集, 8pD-3 (2015).

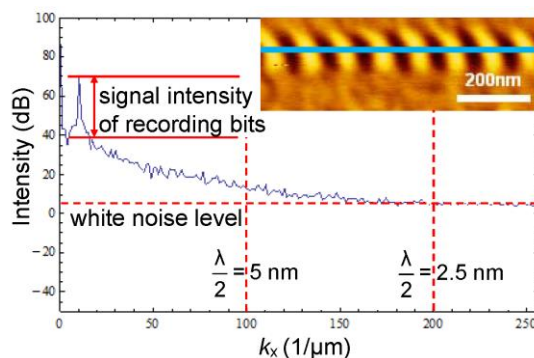


Fig. 1 A-MFM image of CoCrPt-SiO₂ perpendicular magnetic recording medium obtained using the tip coated with 8 nm thick FeCoSiB soft magnetic film (inset). Power spectrum of the line profile.

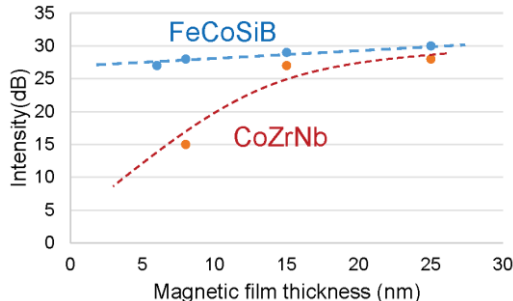


Fig.2 Dependence of A-MFM signal intensity on the thickness of coating magnetic film for the soft magnetic MFM tips.