

# 交番磁気力顕微鏡におけるソフト磁性探針の性能評価と 磁気記録媒体の高分解能直流磁場観察

岡安慎介, F. Zheng, H. Qi, K. Srinivasa Rao, 江川元太, 木下幸則, 吉村哲, 齊藤準  
(秋田大学)

Alternating magnetic force microscopy: Performance evaluation of soft magnetic tips and high-resolution DC magnetic field imaging of magnetic recording media

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

**はじめに** 近年、磁気記録媒体の高密度化に伴い、MFMの高分解能化が強く求められている。我々は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)を開発し、媒体の直流磁場の高分解能観察を検討している<sup>1),2)</sup>。A-MFMを用いた直流磁場の計測では、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して探針試料間に発生させた非共振の交番磁気力が誘起する探針振動の周波数変調現象を利用する。これまで我々は高飽和磁化 Fe-Co 探針を用いて空間分解能 6 nm 程度を得た<sup>3)</sup>。さらなる高分解能化のためにはソフト磁性探針の性能向上が重要となる。本研究では、最近開発したソフト磁性探針の交流磁場応答性を利用した探針性能評価法<sup>4)</sup>を用いて、新たに作製した種々のソフト磁性探針を評価し、従来の Fe-Co 探針より優れた性能を示したソフト磁性探針を用いて垂直磁気記録媒体の高分解能観察を試みた結果を報告する。

**方法** 種々のソフト磁性探針を市販の Si 探針に、 $\text{Fe}_{60}\text{Co}_{25}\text{B}_{15}$ 、 $\text{Fe}_{56}\text{Co}_{24}\text{B}_{20}$ 、 $\text{Fe}_{70}\text{Co}_{30}$ 、 $\text{Co}_{80}\text{Zr}_5\text{Nb}_{15}$ 、 $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$  合金をそれぞれスパッタリング法で 30 nm 成膜して作製した。探針の性能評価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、交流磁場源として電磁石を加えて、磁性探針に交流磁場を印加することで生じる探針振動の周波数変調スペクトルの 2 次側帯波の強度  $I(2\omega_m)$  をスペクトラムアナライザーで測定することで行った。交流磁場の振幅は 30 - 1200 Oe, 周波数は 89 Hz とした。記録媒体の磁区観察は、 $\text{CoCrPt-SiO}_2$  垂直磁気記録媒体を用い、探針試料間距離約 2-3 nm としてタッピングリフトモードで行った。交流磁場の振幅は 50-300 Oe, 周波数は 89 Hz である。

**結果** Fig. 1 に、作製した種々のソフト磁性探針に対する探針振動の周波数変調スペクトルの 2 次側帯波強度  $I(2\omega_m)$  の交流磁場振幅  $H_0^{ac}$  依存性を示す。2 次側帯波は、交流磁場に追従して変化する探針磁化と交流磁場との相互作用により生じる。 $I(2\omega_m)$  は  $H_0^{ac}$  の増加に伴い、その 2 乗に比例して増加後、1 乗に比例して変化する。 $H_0^{ac}$  依存性が変化する磁場は、探針の飽和磁場を意味し、そのときの信号強度が探針の最大感度に対応する。図より、 $\text{Fe}_{60}\text{Co}_{25}\text{B}_{15}$  探針は  $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$  探針よりも小さい交流磁場で飽和に達し、 $\text{Fe}_{70}\text{Co}_{30}$  探針と同程度の高い検出感度を示すことから優れた探針性能を有することがわかる。尚、各種ソフト磁性探針の飽和磁場及び最大検出感度は、各種磁性薄膜の飽和磁場及び飽和磁化とよい相関が得られている。Fig.2(I)に、この  $\text{Fe}_{60}\text{Co}_{25}\text{B}_{15}$  探針を用いて A-MFM 観察した垂直磁気記録媒体(記録密度: 500 kfc/i)の記録ビットの空間スペクトル強度の  $H_0^{ac}$  依存性を示す。記録ビットのスペクトル強度は磁気像の記録ビット部のラインプロファイルの空間スペクトルから図中に示したように求めた。尚、(II)には比較のため Fig. 1 の  $\text{Fe}_{60}\text{Co}_{25}\text{B}_{15}$  探針の  $I(2\omega_m)$  評価結果も示した。図に見るように、記録ビット強度は  $H_0^{ac}$  の増加に伴い、比例して増加し、後に飽和して一定値となる。ここで飽和に達する  $H_0^{ac}$  値は、 $I(2\omega_m)$  の依存性が変化する  $H_0^{ac}$  値より大きくなるが、この結果はシミュレーション結果と一致した。以上より、 $I(2\omega_m)$  を用いた探針性能評価法は、探針の開発に有用である。講演では、分解能向上を図るため、磁性膜厚をさらに薄くした  $\text{Fe}_{60}\text{Co}_{25}\text{B}_{15}$  探針を用いた記録媒体の観察結果についても発表する。

**参考文献** 1) H. Saito et al., *J. Appl. Phys.*, **109**, 07E330 (2011). 2) 伊藤 他, 第 35 回日本磁気学会学術講演概要集, 27pD-2. 3) S. Okayasu et al., 2<sup>nd</sup> ICAUMS, 2pPS-109 (2012). 4) H. Qi et al., 第 38 回日本磁気学会学術講演会 講演予定.

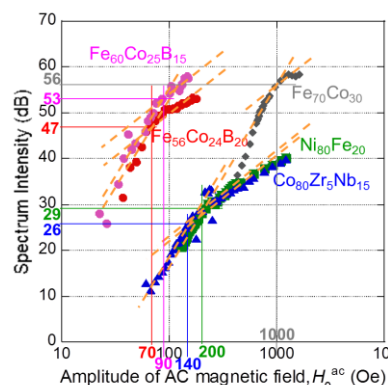


Fig.1 Dependence of AC magnetic field amplitude on the intensity of second harmonics of tip's frequency

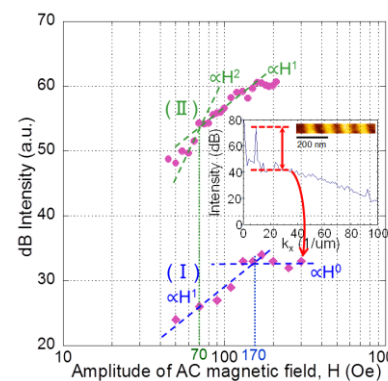


Fig.2 Dependence of AC-magnetic field amplitude on the intensity of spatial spectrum intensity of recording bits (I) and the second harmonics intensity of tip's frequency modulated oscillation (II) for  $\text{Fe}_{60}\text{Co}_{25}\text{B}_{15}$  tip.