

ソフト磁性探針を用いた交番磁気力顕微鏡による 磁気記録ヘッドの交流磁場イメージング

伊集院寛仁、滝口史典、江川元太、木下幸則、吉村 哲、齊藤 準
(秋田大学)

AC magnetic field imaging of magnetic writing heads by alternating magnetic force microscopy
using a soft magnetic tip

Hirohito Ijuin, F. Takiguchi, G. Egawa, Y. Kinoshita, S. Yoshimura and H. Saito
(Akita University)

はじめに 磁気記録ヘッドの性能評価には、発生する交流磁場を高い周波数まで画像化することが有用である。我々は先に開発した交番磁気力顕微鏡 (A-MFM) および 10 kOe 以上の保磁力を有する FePt ハード磁性探針を用いることで、磁気記録ヘッドの垂直磁場のヘッド表面近傍での高分解能観察 (空間分解能 10 nm 以下) に成功している [1]。本研究では、さらに高い周波数の磁場を計測するために、高周波磁場応答に有利であり、より大きな飽和磁化を有するソフト磁性探針に着目し、A-MFM の磁気記録ヘッド検査装置への展開を視野に入れて、MHz 帯までの磁場観察を目的として、垂直磁気記録ヘッドを FeCo ソフト磁性探針により観察した。

実験方法 A-MFM は探針の共振周波数と異なる非共振の磁気力が誘起する探針振動の周波数変調現象を利用している。ここでソフト磁性探針が交流磁場 $H_0^{ac} \cos(\omega_m t)$ により同期して磁化される場合、磁気力による探針の実効的なバネ定数の変化は以下となる。

$$\left(\frac{\partial F_m}{\partial z}\right) = \Delta k_{eff} = \left(M_0^{ac} \cos(\omega_m t)\right) \left(\frac{\partial^2 H_0^{ac} \cos(\omega_m t)}{\partial z^2}\right) \cong (q_{ip}/2) \left(\frac{\partial H_0^{ac}}{\partial z}\right) (1 + \cos(2\omega_m t)) \quad (1)$$

本研究では、探針を 2 次共振周波数 (周波数 $f_{r2} = \omega_{r2}/(2\pi)$) で機械励振し、磁気記録ヘッドの非共振交流磁場 (周波数 f_m) を、探針の 1 次共振周波数 (周波数 f_{r1}) との関係において、 $f_{r2} - 2f_m = f_{r1}$ を満たすように調整することで、磁気記録ヘッドの交流磁場により探針の 1 次共振周波数の振動を誘起し、その振動強度をロックインアンプで計測した。ここで、 $f_{r2} = 408.5$ Hz, $f_{r1} = 69.1$ Hz, $f_m = 169.7$ Hz であった。実験には市販の走査型プローブ顕微鏡 (JEOL・JSPM-5400) を使い、大気雰囲気中で行った。用いた FeCo ソフト磁性探針は Si 探針に FeCo 薄膜を 30 nm 成膜して自作した。ヘッド電流は 40 mA_{p-p} とし、リフト高さは約 10 nm とした。

実験結果 Fig.1 (a), (b) に観察した交流磁場の振幅像とそのラインプロファイルを示す。図より明瞭な交流磁場像が観察されていることがわかる。ソフト磁性探針を用いた場合、探針磁化が交流磁場に同期して変化していると考えられるが、(1) 式の探針磁化と磁場勾配の積は、発生磁場の方向で最大となり、そのときの強度がロックイン検出されるので、磁場方向によらずに磁場の大きさが計測されることになる。図に見るように、強い磁場は主磁極内部で発生していることがわかる。このことは、主磁極内部で強い垂直磁場が発生していることによるものと推察される。一方、ヘッドギャップにおいては、強度はゼロにならないが、これは面内磁場を主に計測しているものと推察される。本手法では、試料表面近傍での磁場計測が可能であるので、講演では磁場強度の探針-試料間距離の距離依存性の結果を報告する。あわせて、(1) 式の実効バネ定数の直流変化項による探針振動の位相変化を用いた従来手法 [2] や、ハード磁性探針を用いた A-MFM との比較を行い、本手法の特徴を明らかにする。

参考文献

[1] H. Saito, W. Lu, K. Hatakeyama, G. Egawa and S. Yoshimura, J. Appl. Phys. 107, 09D309(2010)

[2] 張 開鋒 他, 第 60 回応用物理学会春季学術講演会 講演予稿集, 30a-A8-5 (2013 春)

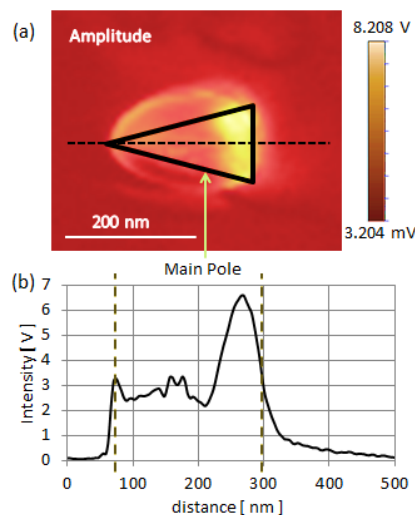


Fig.1 Amplitude image of AC magnetic field [(a)] and its line-profile [(b)] for a perpendicular magnetic writing head.