

交番磁気力顕微鏡を用いた磁気記録ヘッドの 高空間分解能・磁場エネルギーイメージング — 直流磁場と交流磁場の交差エネルギーによる信号強度の増大 —

今 裕史、園部 博、松村 透、齊藤 準
(秋田大理工)

High-resolution magnetic field energy imaging of magnetic recording heads by using energy cross term
of AC and DC magnetic field on alternating magnetic force microscopy

H. Kon, H. Sonobe, T. Matsumura, H. Saito
(Akita Univ.)

はじめに ハードディスクドライブの主要部品である磁気記録ヘッドにおいては高密度化のためにヘッド素子の小型化が進んでおり、磁気記録ヘッドから発生する交流磁場に対して高い空間分解能でのイメージングが求められている。我々はこれまで試料表面近傍の磁場の計測を可能にすることで空間分解能を大幅に向上させた交番磁気力顕微鏡 (Alternating Magnetic Force Microscopy; A-MFM) に高磁化率の Co-GdOx 系超常磁性探針を用いることで、磁気ヘッドから発生する交流磁場に対してその 2 乗値に対応する磁場エネルギーのイメージング手法を提案し、従来の磁場イメージングと比較して高い空間分解能を得ている¹⁾。本研究では、測定磁場の高周波化に向けて課題となる信号強度の増大のために、直流磁場と交流磁場の交差エネルギーを利用した高感度化を検討した。

実験方法 A-MFM 観察は自作した Co-GdOx 超常磁性探針 (磁性膜厚 100 nm) を用いて大気中で行った。観察試料には垂直磁気記録用の磁気記録ヘッドを用い、交流電流 I^{ac} および直流電流 I^{dc} を以下の範囲で印加した。 $I = I^{dc} + I^{ac} \cos(\omega t)$ ($I^{dc} : 0 \sim 5.0$ mA, $I^{ac} : 0 \sim 4.7$ mA, $\omega/2\pi = 89$ Hz) 電流印加により磁気力

$$F'_z = (\partial^2 / \partial z^2)(\mathbf{m}^{tip} \cdot \mathbf{H}) = (\partial^2 / \partial z^2)(\chi^{tip} \mathbf{H} \cdot \mathbf{H}) = \chi^{tip} (\partial^2 H^2 / \partial z^2)$$

($H^2 = (\mathbf{H}^{dc} + \mathbf{H}^{ac} \cos(\omega t)) \cdot (\mathbf{H}^{dc} + \mathbf{H}^{ac} \cos(\omega t))$) が発生する。本研究では、直流磁場と交流磁場の交差エネルギー像に対応する $F'_z(\omega t)$ 像 ($F'_z(\omega t) = 2\chi^{tip} (\partial^2 (H^{ac} H^{dc}) / \partial z^2) \cos(\omega t)$ (1))、交流磁場エネルギー像に対応する $F'_z(2\omega t)$ 像 ($F'_z(2\omega t) = \chi^{tip} / 2 (\partial^2 (H^{ac})^2 / \partial z^2) \cos(2\omega t)$ (2)) をイメージングし、その信号強度を比較した。

実験結果 Fig.1 に磁気記録ヘッドの主磁極付近の $F'_z(2\omega t)$ 像 ($I^{ac} = 4.7$ mA, $I^{dc} = 0$ mA) および $F'_z(\omega t)$ 像 ($I^{ac} = 4.7$ mA, $I^{dc} = 5.0$ mA) を示す。 $F'_z(\omega t)$ 像では $F'_z(2\omega t)$ 像と比較して信号強度が大きく、鮮明な像が得られた。Fig.2 に $F'_z(\omega t)$ 像と $F'_z(2\omega t)$ 像の主磁極中心部での信号強度の I^{ac} 依存性を示す。信号強度は概ね $F'_z(\omega t)$ 信号では I^{ac} に比例し、 $F'_z(2\omega t)$ 信号では I^{ac} の 2 乗に比例して変化しており、式(1)および (2)にしたがって変化していることがわかる。全ての I^{ac} の範囲で、直流電流 I^{dc} の印加により信号強度が増加しており、直流磁場と交流磁場の交差エネルギーを利用することで信号強度の増大が図られていることがわかる。講演ではこれらの詳細とともに周波数を増加させた結果について述べる。

参考文献: 1) P. Kumar et al., Appl. Phys. Lett., 111,183105(2017)

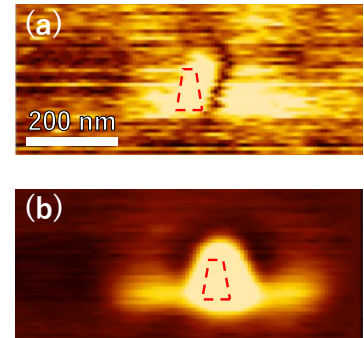


Fig.1 A-MFM images of AC magnetic field energy [(a)] and energy cross term of AC and DC magnetic field [(b)].

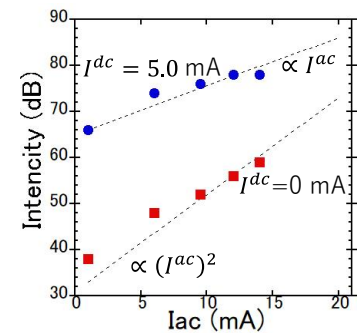


Fig.2 Dependences of AC current on A-MFM signal intensity at main pole with and without DC current.