

Co-GdO_x系超常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高空間分解能・磁場エネルギーイメージング

Pawan Kumar, 鈴木 雄大, Yongze Cao, 吉村 哲, 齊藤 準
(秋田大学)

High-resolution magnetic field energy imaging of the magnetic recording head

by A-MFM with Co-GdO_x superparamagnetic tip

P. Kumar, Y. Suzuki, Y. Cao, S. Yoshimura, H. Saito

(Akita Univ.)

はじめに 高密度磁気記録技術の進展に伴い、垂直磁気記録ヘッドでは書込磁場の高強度・高収束化が図られており、磁気ヘッドの更なる性能向上には発生磁場を高い空間分解能で計測・評価することが重要となる。筆者らの研究グループでは、磁気力顕微鏡の分野で試料表面近傍の磁場の計測を実現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) を開発し、さらに高保磁力の FePt 系ハード磁性探針を開発することで、磁気ヘッドからの強い交流磁場の高分解能計測を実現している¹⁾。本報告では、更なる空間分解能向上に向けて、磁性探針として新たに超常磁性探針を使用することで可能となる磁場エネルギーのイメージングを、垂直磁気記録ヘッドに応用することで、理論的考察²⁾ から予測される高分解能イメージングの可能性を検討した結果³⁾ について報告する。

結果 Fig. 1 に Co-GdO_x 系超常磁性 (SP) 探針 (磁性膜厚 100 nm) 及び FePt-MgO 系ハード磁性 (HM) 探針 (磁性膜厚 20 nm) を用いて A-MFM により計測した垂直磁気記録ヘッドの磁場エネルギー像(a)及び垂直磁場像(b), および磁場エネルギー像のラインプロファイル(c) とその空間スペクトル(e), 垂直磁場像のラインプロファイル(d)とその空間スペクトル(f)を示す。HM 探針は観察前に探針磁化が試料面に垂直になるように着磁した。

磁場エネルギー像と垂直磁場像を比較すると、磁場エネルギー像では図(a), (c)のように主磁極付近で空間対称性のよい急峻な信号が得られているのに対して、垂直磁場像では図(b), (d)のように主磁極付近の信号がブロードであり、空間対称性が劣っている。空間分解能を空間スペクトルにより信号がノイズレベルと等しくなる波長の半波長で評価すると、磁場エネルギー像では図(e)のように 13 nm であるのに対して、垂直磁場像では図(f)のように 17 nm であった。磁場エネルギー像では SP 探針の磁性膜厚が垂直磁場像の HM 探針の磁性膜厚より 5 倍大きいにもかかわらず、高い空間分解能が得られている。空間スペクトルの信号強度とノイズの比 (ダイナミックレンジ) から信号強度を見積ると、垂直磁場像では 70 dB 程度、磁場エネルギー像では 50 dB 程度であり、垂直磁場像は信号強度が大きいにもかかわらず空間分解能が低いことがわかる。

磁場エネルギー像で高分解能が得られる理由として、1) 磁場エネルギーは磁場と比較して探針試料間距離による信号の減衰が大きな短距離的な相互作用となっており、2) SP 探針では探針先端の試料面に近い磁性結晶粒の磁気モーメントが主に磁気力に寄与しており、探針の有効磁気体積が小さいことが考えられる²⁾。

一方、HM 探針は探針表面の表面磁極が主に磁場を検出しているため、探針先端の形状や空間的非対称性により磁気力信号が歪む問題がある。講演では SP 探針と HM 探針の像コントラストの違いも議論する。

謝辞 磁気記録ヘッドの磁場エネルギーイメージングに関する議論に対して、(株)日立ハイテクファイナシステムズ様に感謝いたします。

参考文献 1) W. Lu et al., Appl. Phys. Lett. 96,143104(2010), 2) P. Kumar 他 第 42 回日本磁気学会学術講演概要集, 3) P. Kumar et al., Appl. Phys. Lett. 111,183105(2017)

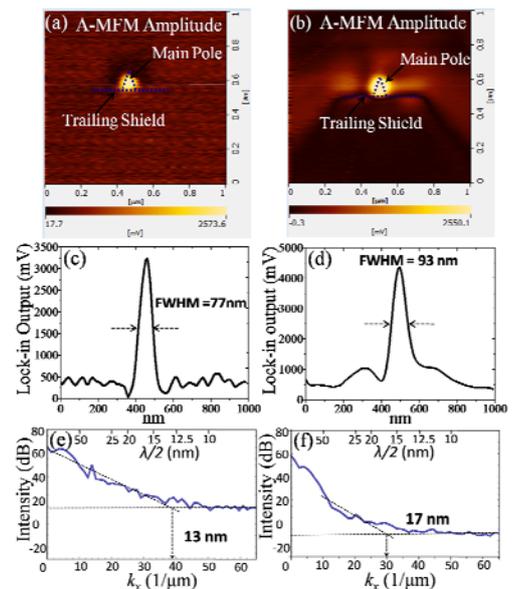


Fig.1 A-MFM images, their line profiles and power spectra by using superparamagnetic Co-GdO_x tip and hard magnetic FePt-MgO tip.