

パルス磁場印加・磁気力顕微鏡を用いた 磁気力顕微鏡探針の磁化曲線計測

工藤 開世, K. Srinivasa Rao, 吉村 哲, 齊藤 準

(秋田大学)

Measurement of magnetization curve of MFM tips by pulse magnetic field MFM

K. Kudo, K. Srinivasa Rao, S. Yoshimura, H. Saito

(Akita Univ.)

はじめに 磁性材料の特性向上には、巨視的な磁気特性に加えて、微視的な磁気特性の分布を知ることが重要となる。微視的な磁気特性の評価は、種々の磁気イメージング手法を用いて磁場中で磁区観察することにより広く行われている。ここで永久磁石等の保磁力の大きな磁性材料では強磁場が必要になる。本研究では、磁気力顕微鏡(MFM)にパルス磁石を組み込むことで、磁区観察後に任意の場所で局所的な磁化曲線を計測できる装置の開発を目的として、磁性探針と試料との相互作用により得られる MFM 信号の解釈に必要な、MFM 探針の磁化曲線の計測方法を最初に検討した。

方法 Fig.1 に実験装置の模式図を示す。MFM に観察試料を設置せずに、MFM 内の加振した MFM 探針にパルス磁場を印加した。パルス磁場の印加方向は、試料ホルダーの試料面に垂直方向である。パルス磁場印加に伴う探針振動の位相変化をロックインアンプで検出し、オシロスコープで信号を計測した。実験に用いた MFM 探針は、自作した FePt-MgO 系ハード磁性探針である。本探針はプラズマ酸化した Si 探針母材に FePt-MgO 薄膜をマグネトロンスパッタリング法により成膜後、熱処理して作製した。

結果 一例として、磁性膜厚が 30 nm の FePt-MgO 系ハード磁性探針について、Fig.2(a)にパルス磁場 H_z の時間変化を、Fig.2(b)にパルス磁場印加後の振動位相 θ の時間変化を示す。ここで z 方向はパルス磁場の印加方向とした。磁性探針は、測定前にパルス磁場の印加方向と逆向きに 60 kOe で着磁した。 θ は探針磁化 M_z と磁場 H_z の勾配と次式の関係がある。

$\theta(t) \propto M_z(t)(\partial^2 H_z(t)/\partial z^2)$ 図に見るように、 θ はパルス磁場印加後に負方向(斥力方向)に増加した後に、正(引力方向)に変化する。ここで θ がゼロになる磁場は M_z がゼロになる保磁力に対応している。

Fig.3(a)に θ の H_z に対する変化を示す。 θ に係わる前式の $(\partial^2 H_z(t)/\partial z^2)$ は、 $H_z(t)$ と同様にパルス磁石に流れる電流に比例して変化するので、 $(\partial^2 H_z(t)/\partial z^2) \propto H_z(t)$ の関係が成り立ち、 θ を H_z で除することにより、 $\theta(t)/H_z(t) \propto M_z(t)$ となり、 $\theta(t)/H_z(t)$ を評価することで、探針磁化 M_z の計測が可能になることがわかる。Fig.3(b)に θ/H_z のパルス磁場印加に伴う変化を示す。図に見るように、 θ/H_z 曲線はハード磁性材料に特徴的な磁化曲線の形状を示すことがわかる。一方、探針をパルス磁場と同方向に着磁した探針では、磁化値がほぼ一定となる θ/H_z 曲線も得られている。MFM 探針の磁化曲線を評価することはこれまででは容易ではなかったが、本手法を用いることにより MFM 探針の磁気特性を、成膜した磁性材料の平坦膜の磁気特性と比較することが可能となる。本手法は MFM 探針を開発する上で有用なツールになると考えられる。

学会では、上記の MFM 探針の磁化曲線測定法の詳細とともに、本手法により磁気特性を評価した MFM 探針を用いて、永久磁石試料の局所的な磁化曲線の計測をパルス磁場印加 MFM により検討した結果についても報告する予定である。

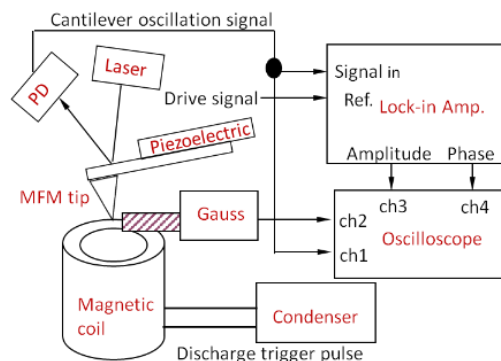


Fig.1 Schematic diagram of pulse magnetic field MFM

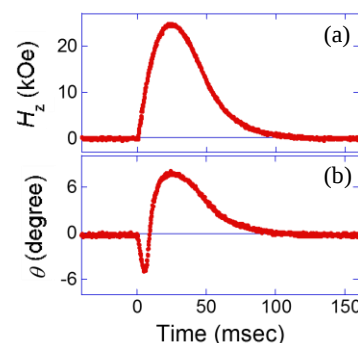


Fig.2 Time dependence of (a) applied pulse magnetic field and (b) MFM phase signal for FePt-MgO hard magnetic MFM tip.

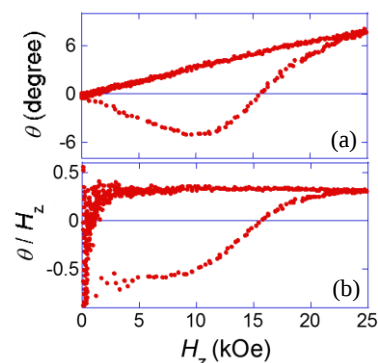


Fig.3 Magnetic field dependence of (a) MFM phase signal θ and (b) θ/H_z for FePt-MgO hard magnetic MFM tip.