

μm スポットレーザ光による局所磁気履歴計測が可能な 磁区観察顕微鏡

小田切 雄介、柳沢 栄二、目黒 栄、斉藤 伸* (ネオアーク株式会社、*東北大学)

Magnetic domain microscope with micrometer-spot laser for measurement of local magnetization hysteresis

Y. Odagiri, E. Yanagisawa, S. Meguro, S. Saito* (Neoark Corporation, *Tohoku University)

はじめに 現在、STT-MRAM に代表されるスピントロニクスデバイスの開発が鋭意進められている。これらの磁気デバイスでは試料内の局所領域の磁気特性がデバイスの性能へ顕著に影響するため、磁区構造と各所での磁気特性との対応関係を把握することが重要である。磁気光学 Kerr 効果を用いた一括撮像型の顕微鏡は磁区構造の磁界履歴を動画像として取得できるため、微細加工試料の磁気特性把握のために活用されている。Kerr 効果顕微鏡では、取得された磁区像の動画像の所望の領域に対応する画素を選択し、その輝度値を抽出することで局所領域の磁気履歴曲線を得ることが可能である [1]。しかし輝度値は撮像と画像処理の過程で様々な光量変動やノイズの影響を受けるため、信号品位の高い磁気履歴曲線を得ることが難しかった。そこで我々は、磁区観察顕微鏡にレーザ光学系を組み込むことで、高コントラストの磁区像の観察を行いつつ、高品位な磁気履歴曲線の測定を可能とする装置開発を行ったので報告する。

装置原理 磁区観察と局所磁気履歴曲線取得を両立させる鍵は、対物レンズ近傍での入射光の焦点を如何にして真円・均一強度・微小径に結ぶかにかかっている。磁区観察光学系では、ケラー照明を実現するため後側焦点位置で焦点を結ばせる (Fig. 1(a))。一方レーザ光学系では、試料表面で極力小径の焦点を結ばせる必要がある (Fig. 1(b))。これらを同時に実現すべく、磁区観察光学系とは別軸でレーザ光学系を設けることとした (Fig. 2)。レーザ光学系では、ファイバーガイドを採用しスポット径の真円化を図ると共に、コリメート光路部のレーザビーム径を 1.5 mm まで広げ、リレーレンズを通さずにレーザ光を対物レンズに直接入射する設計とした。この結果、50 倍対物レンジ使用時に、試料面でのスポット径を 1 μm (極カー観察)、あるいは 3 μm (縦カー観察) まで縮小している。また高品位の偏光変化情報の獲得のためレーザ光には強度変調を施し、偏光差動法とロックイン法を併用して信号検出した。この結果、1 mdeg の偏光回転角でも検出できることを確認し、磁気履歴曲線は従来の輝度抽出法より 22 dB の S/N の改善が図られた。その他、無限遠光学系の光路短縮のため、検光子、フォトダイオードおよび電圧-電圧変換回路を一つにまとめた小型ディテクタを採用し、観察方向切り替え機構の簡略化を行う等、工夫をしている。

観察例 Fig. 3 (a) に零磁界下の NiFe 十字パターン薄膜の磁区像を、(b) (c) にはパターン上に矢印で示した 2 点について、波長 650 nm のレーザ光で計測した局所磁気履歴曲線を示す。(b) (c) では、磁化回転と磁壁移動が重複した複雑な磁化過程が観測されており、特に (b) では印加磁界減少時に磁壁のピンニング外れることがスムーズな磁化過程を阻害していることがわかる。本装置による計測は、磁区動画像と対応させることにより、不均一磁化過程の起源究明の一助となることが大いに期待できる。

参考文献 1) S. Meguro et al., 29th Annl. Conf. Magn. Soc. Jpn., 22pB-5, (2005).

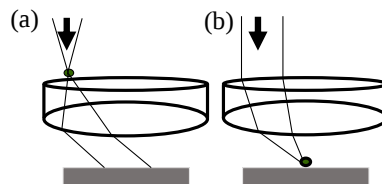


Fig. 1 Focusing for (a) magnetic domain microscope with white light and (b) optical system with a laser.

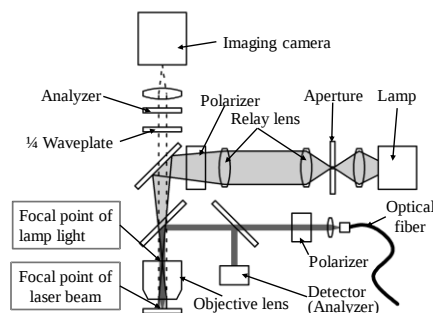


Fig. 2 Schematic of the newly developed magnetic domain microscope with micrometer-spot laser.

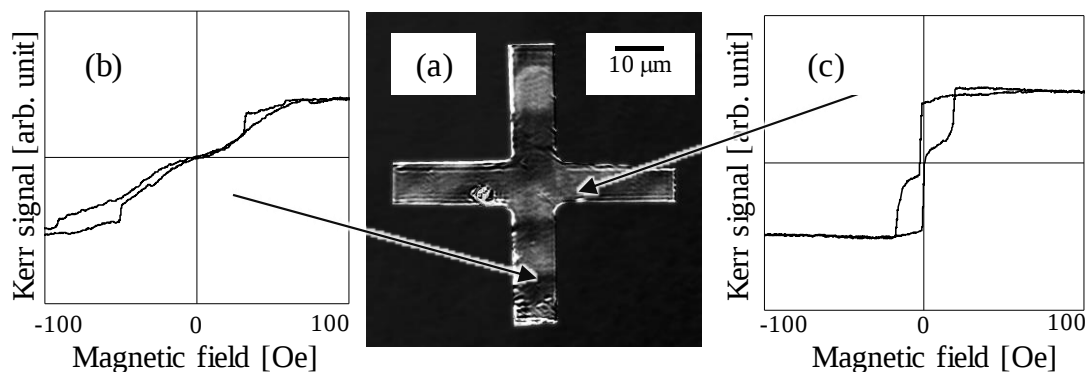


Fig. 3 (a) Magnetic domain image and (b) (c) magnetization curves of the NiFe patterned thin film.