

# 交番磁気力顕微鏡を用いたパーマロイ・パターンド薄膜の磁壁移動イメージングにおける面内磁場強度依存性

成田 裕<sup>1</sup>、大阪 飛翔<sup>1</sup>、園部 博<sup>1</sup>、Jong-Ching Wu<sup>2</sup>、齊藤 準<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>秋田大理工、<sup>2</sup>National Changhua University of Education)

Magnetic imaging of domain wall movement of permalloy patterned thin films by alternating magnetic force microscopy and dependence of in-plane magnetic field intensity

Y. Narita<sup>1</sup>, T. Osaka<sup>1</sup>, H. Sonobe<sup>1</sup>, J.C. Wu<sup>2</sup>, H. Saito<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>Akita Univ., <sup>2</sup>National Changhua University of Education)

**はじめに** ソフト磁性材料の性能向上には、磁区構造を交流磁場下で観察し制御することが重要となる。しかしながら、磁気力顕微鏡(MFM)においては強磁性探針からの漏洩磁場により試料の磁区構造が変化しやすく、磁区構造の観察は無磁場下でも容易ではなかった。我々は昨年、ソフト磁性薄膜の交流磁場下での磁区構造観察を目的として、試料表面近傍で交流磁場を検出可能な交番磁気力顕微鏡(Alternating Magnetic Force Microscopy; A-MFM)に、残留磁場がゼロの超常磁性探針を用いる磁壁移動のイメージング法を提案し、交流磁場下でパーマロイ・パターンド薄膜を観察して、磁壁の移動範囲やピンポイントが容易に検出できることを報告した。本研究では、薄膜に印加する面内磁場成分を制御することで、磁壁を静止状態から移動範囲が変化するまで連続的に観察した結果を報告する。

**実験方法** A-MFM は探針の共振周波数と異なる非共振の探針試料間の交番磁気力が誘起する探針振動の周波数変調を利用して磁場をロックイン検出する手法である。ソフト磁性薄膜の磁壁移動イメージングでは、超常磁性探針の磁気モーメントの大きさを外部交流磁場源の磁場方向に周期的に変化させた状態で、磁壁移動により磁壁から発生する磁場が探針に周期的に加わることで発生する交番磁気力を利用して、探針位置における磁壁移動の有無を検出する。A-MFM 観察には、自作した Co-GdOx 超常磁性探針 (磁性膜厚 100 nm) を用い、パーマロイ・パターンド薄膜 (4 μm 角、膜厚 75 nm、Ta キャップ層 2nm) を大気中で観察した。外部交流磁場源としてフェライトコアを用い、試作した三点支持台上に設置して試料と探針に印加する交流磁場の方向を、試料の膜面垂直方向を中心としてわずかに変化させた。交流磁場の周波数は 89 Hz であり、振幅を 50~400 Oe で変化させた。A-MFM 像はロックイン信号 ( $X + iY = R \exp(i\theta)$ ) から選択して取得した。

**実験結果** Fig.1(a)にパーマロイ・パターンド薄膜の面内磁場がゼロで磁壁が静止している状態での A-MFM 磁場像 (ロックイン  $X$  信号)、図(b)に磁場強度像 ( $R$  信号) を示す。ここで磁場の検出方向は膜面垂直方向で

あり垂直磁場を検出している。図(b)より磁壁の中心部の垂直磁場はゼロであり、図(a)により磁壁の両側で反対方向の垂直磁場が検出されることから、磁壁は図(c)に模式図を示したネール磁壁であることがわかる。Fig.2(a)に面内交流磁場を図の $\pm y$ 方向に 0.8 Oe 印加した場合に得られた A-MFM 磁場像 ( $X$  信号) を示す。磁壁が移動する範囲内でのみ、探針は磁壁からの磁場を検出するので、磁壁の移動範囲を反映した像が得られる。図(b)、(c)に図(a)より識別した磁壁の最大移動位置の模式図を示す。面内磁場方向に平行な磁区の面積が増加するように磁壁が移動し、その最大移動位置では 90°磁壁以外に 180°磁壁も発生していることがわかる。学会ではこれらの詳細と共に、A-MFM 像に及ぼす交流磁場波形の影響についても報告する。

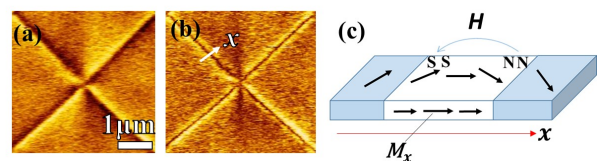


Fig.1 A-MFM images of lock-in  $X$  signal [(a)] and lock-in  $R$  signal [(b)] without in-plane magnetic field and schematic figure of magnetic field distribution from Neel wall [(c)].

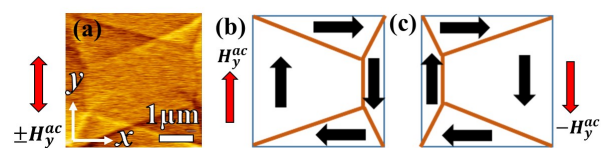


Fig.2 A-MFM images of lock-in  $X$  signal under in-plane magnetic field [(a)] and schematic figures of domain wall position with maximum domain wall movement. [(b), (c)]