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の動的観察

大阪　飛翔[1]，Jong-Ching Wu[2]，齊藤　準[1]
（秋田大学，National Changhua University of Education）

Dynamic observation of domain wall movement of patterned permalloy thin films by alternating magnetic force microscopy

T. Osaka[1], J. C. Wu[2], H. Saito[1]
([1]Akita Univ., [2]National Changhua University of Education)

はじめに　磁性材料の性能向上には磁区構造を観察し制御することが重要となる。近年，ソフト磁性薄膜では使用する磁気デバイスの微細化・高周波化により，磁区観察には高い空間分解能および時間分解能が求められている。ここで直流磁場を検出する従来の磁気力顕微鏡(MFM)は，強磁性探針から発生する漏洩磁場によりソフト磁性薄膜の磁壁位置を乱すので磁区観察に難がある。そこで本研究ではソフト磁性薄膜の磁区観察を MFM で実現することを目的として，研究グループが開発した交流磁場を検出できる交番磁気力顕微鏡[1)] (A-MFM)と残留磁化がない超常磁性探針を用いてパーマロイ・パターンド薄膜の磁区観察を試みた結果を報告する。

実験方法　熱酸化 Si 基板上に作製したパーマロイ・パターンド薄膜（Ta キャップ層 2 nm）について，MFM 観察,A-MFM 観察を大気中で行った。A-MFM 観察ではフェライトコアを試料ステージ直下に配置し，膜面垂直方向に交流磁場($H_z^{ac} = H_{z0}^{ac}\cos(\omega t)$; $H_{z0}^{ac} = 0 \sim 250$ Oe, $\omega/2\pi = 89$ Hz)を印加した。MFM 観察には市販の CoCrPt 探針を，A-MFM 観察には自作した Co-GdO_x 系超常磁性探針を用いた。観察条件として，交流磁場強度，探針試料間距離，探針走査方向を種々変化させた。

実験結果　Fig.1 に一例として 4×4 μm 角のパーマロイ･パターンド薄膜の MFM 像および A-MFM 像を示す。Fig.1(a)の MFM 像では，90°磁壁からなる還流磁区が観察されるが，磁壁は曲線状であり探針磁場の影響による湾曲が懸念される。図(b)～(d)の A-MFM 像では，90°磁壁の移動が最大位置として観察され,磁壁の移動は磁壁の湾曲なく起こり，移動幅は交流磁場の増加に伴い増加した。ここでフェライトコアからの交流磁場は試料面に概ね垂直であるが，わずかに残る弱い図中の上下方向の面内磁場により磁壁が移動しているものと推察される。

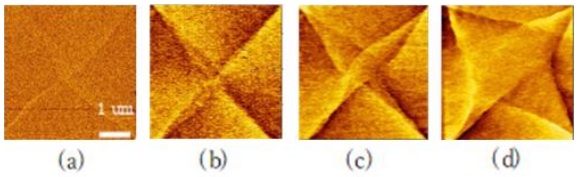

Fig.1 MFM image of permalloy patterned thin film (a) and A-MFM image (b)-(d) {(a) H_{ac0} =0 Oe, (b) H_{ac0} =50 Oe, (c) H_{ac0} =100 Oe, (d) H_{ac0} =250 Oe }.

Fig.2 (a)，(b)に磁壁の最大移動位置の模式図を示す。A-MFM 像の像コントラストのシミュレーションによる解析により磁壁の最大移動位置は一方で暗く，他方で明るいことがわかった。この結果から磁壁は図の左右方向に移動していることがわかった。Fig.2 (a)，(b)の紫色の点は磁壁が交流磁場を印加しても移動せずに拘束されており，磁壁のピニングポイントと推察される。本手法はソフト磁性薄膜の磁壁を動的に観察するので，従来の静的観察と比較して，磁壁位置を少ない画素数で検出でき，その後に倍率を上げて観察することが容易である。また，交流磁場による磁壁の移動距離を一度の観察で測定することができ，磁壁のピニングポイントの評価も可能であることから，ソフト磁性薄膜の磁区構造や磁壁移動の評価に有用と考えている。講演では本手法の詳細について報告する。

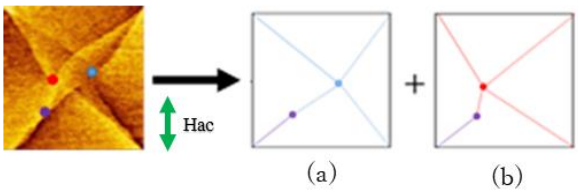

Fig.2 Schematic figure of domain wall movement. (a) Maximum movement position on the right side of the domain wall and (b) maximum movement position on the left side of the domain wall.

参考文献　1) W. Lu, H. Saito et al., Appl. Phys. Lett., 96, 143104 (2010)