

パルスレーザー蒸着 (PLD) 装置の高度化および 金属薄膜における表面モフォロジーの評価

Upgrading Pulsed Laser Deposition System and Surface Morphology of Metal Film

○鈴木 雄太¹、小嗣 真人¹(1. 東理大基礎工)

○Yuta Suzuki¹, Masato Kotsugi¹ (1.Tokyo Univ. of Science)

E-mail: 8213044@ed.tus.ac.jp

我々はレアメタルフリー高機能磁性材料の実現を目指し、パルスレーザー蒸着 (PLD) 法を用いた Fe 系 $L1_0$ 型規則合金の作製に取り組んでいる。 $L1_0$ 相の規則度は磁気特性の向上に直結する^[1]ため、試料の組成や結晶構造を精密に制御することが要求される。PLD 法はほぼ完璧な layer by layer 成長が可能な手法である。しかし、金属蒸着においてはレートが安定しないなどの問題が知られており^[2]、精密な人工格子を安定して作成するのは困難であった。そこで我々は規則度・ラフネスの向上と再現性の確保のため PLD 装置の高度化を行ったので、改良の詳細と、作製した薄膜の表面モフォロジーについて報告する。

高度化事項として、(1) レーザー強度の自動調整、(2) 蒸着ターゲットの揺動および自動交換、(3) 真空チャンバー内シャッターの自動開閉を実装した (図 1)。蒸着レートの安定化にはレーザー強度の安定化が不可欠であるため、ビームスプリッターをレーザー光路に組み込み、レーザー強度の変動を自動的に補正する制御機構を実装した。シャッター開閉とターゲット交換にはサーボ及びステッピングモーターを用い、Arduino を用いてコントローラを作成した。汎用のデジタル I/O により PC とコントローラ間を接続し、LabVIEW を用いて (1)-(3) を統合的に制御するソフトウェアを作成した。本システムを用いて Si(001) 表面上に Fe を 5.7 nm(20ML 相当) 室温で蒸着し、SEM および AFM を用いて表面形状を観察した。

レーザー安定性を検証するためパルスエネルギーを 8 mJ に設定し、18000 ショット (30 分間) のパルスエネルギーを測定した。この平均値は 8.00 ± 0.11 (標準偏差) mJ であった。これより長時間に渡って安定したレーザーパルスを照射できることが示された。この条件下での Cu の蒸着レートは 78.3 ± 1.2 sec/ML であった。高度化以前の蒸着レート 188.9 ± 27.1 sec/ML に比べ、安定性が飛躍的に改善したことがわかる。この後数万ショットを経ても蒸着レートの変動は 1% 程度であることを確認した。レート安定化の要因として、レーザーパワーの安定化と、揺動によるターゲット表面荒さの改善が寄与したと推察している。さらに Fe 5.7 nm 薄膜を作製し表面モフォロジーを評価したところ (図 2)、ラフネスは 1 nm 程度でありドロップレットの付着は確認できなかった。以上の結果から、PLD 法を用いた金属蒸着技術として、蒸着レートの安定制御と平坦性の向上を実証することができた。

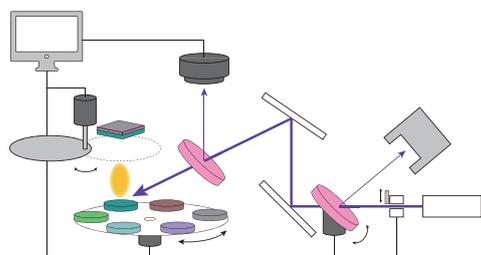


図 1 Schematic diagram of upgraded PLD system

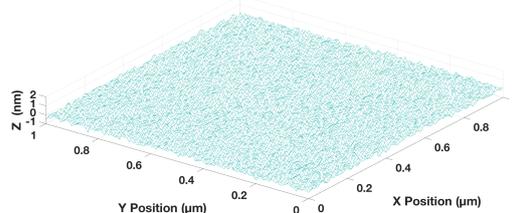


図 2 AFM image of Fe deposited on Si(001)

[1] T. Kojima, et al. Jpn. J. Appl. Phys. 51, 1-3 (2012), [2] 新庄輝也, 人工格子入門, 内田老鶴園 (2002)