

PLD 法により Si 基板上へ成膜した Fe-Co 膜の諸特性

山下 昂洋, 柳井 武志, 中野 正基, 福永 博俊 (長崎大学)

Characteristics of Fe-Co films deposited on Si substrates by PLD method

A. Yamashita, T. Yanai, M. Nakano, and H. Fukunaga (Nagasaki University)

1. はじめに

我々は、数 10 $\mu\text{m}/\text{h}$ の成膜速度を有する PLD(Pulsed Laser Deposition)法を用い Nd-Fe-B 系厚膜磁石等を作製⁽¹⁾すると共に、小型の電子デバイスへの搭載を進めてきた。加えて、その手法でのレーザービームのスポットサイズ(エネルギー密度)が、ターゲットより数 μm 径の粗大粒として飛び出す「ドロプレット」の数や大きさ、ひいては試料の組成や磁気特性に著しく影響を及ぼすことを報告した⁽²⁾。

本研究では、上記のレーザービームのスポットサイズが磁性材料の成膜に及ぼす影響に関して、高飽和磁化材料として知られ、電着法やスパッタリング法での作製が報告されている $\text{Fe}_{70}\text{Co}_{30}$ 磁性膜⁽³⁾⁻⁽⁵⁾に着目した。本稿では、基礎的な実験として、レーザービームのスポットサイズを変化させ、Fe-Co 膜を成膜した際の組成、表面形態ならびに磁気特性を評価したので報告する。

2. 実験方法

6.5 rpm で回転させた $\text{Fe}_{66}\text{Co}_{34}$ 合金ターゲットに波長 355 nm の Nd-YAG パルスレーザーを周波数 30 Hz で照射し、対面に設置した 5 mm 角の(100)単結晶 Si 基板に堆積させた。その際、レーザービームのスポットサイズを変化させるため、集光レンズの位置を変更し、下式で定義する $DF\ rate$ ⁽²⁾ を 0~0.3 と変更して実験を行った。

$$DF\ rate = (TD - FD) / FD$$

ここで、 TD はターゲットから集光レンズまでの距離、 FD は集光レンズの集光距離を意味する。

本稿で示す全ての磁気特性は成膜直後のものであり VSM で測定した。組成分析には SEM-EDX を用いた。

3. 実験結果

$DF\ rate$ を変化させ作製した試料の組成を Fig.1 に示す。ターゲット表面上でのレーザービーム径を低減させ、最終的に「Just Focus ($DF\ rate=0$)」にした際、試料の組成はターゲット組成に比べ Fe-rich になる。この結果は、Nd-Fe-B ターゲットでの傾向と一致する⁽²⁾。試料の表面形態の観察とあわせて考えると、比較的大きなレーザービームサイズとなる 0.15 から 0.3 の範囲の $DF\ rate$ では組成転写性が優れる理由として、ターゲット組成を保持したドロプレットが基板上に堆積されたためと推察される。一方、 $DF\ rate=0$ の条件で作製した試料は、ドロプレットの量が著しく減少することで、表面平滑性が向上することが確認された。更に本実験では、 $\text{Fe}_{66}\text{Co}_{34}$ 組成のターゲットを用いたため、上述した「レーザービーム径を絞った際、Fe 原子が基板方向に直進性を持って堆積される $DF\ rate=0$ の条件」において $\text{Fe}_{70}\text{Co}_{30}$ 程度の組成も得ることができた。Fig. 2 はさまざまな $DF\ rate$ の条件のもと作製した試料の磁気特性である。

本実験では、左軸で示す印加磁界 1400 kA/m 時の磁化は 2.2 T を超える高い値を示しており、最大印加磁界 16 kA/m の、下で評価した保磁力は、 $DF\ rate$ の低下に伴い減少することが確認された。

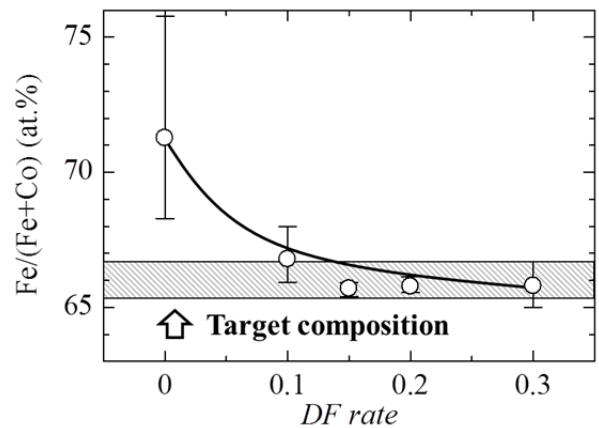


Fig.1 Average compositions of each sample as a function of $DF\ rate$ in the usage of a $\text{Fe}_{66}\text{Co}_{34}$ target.

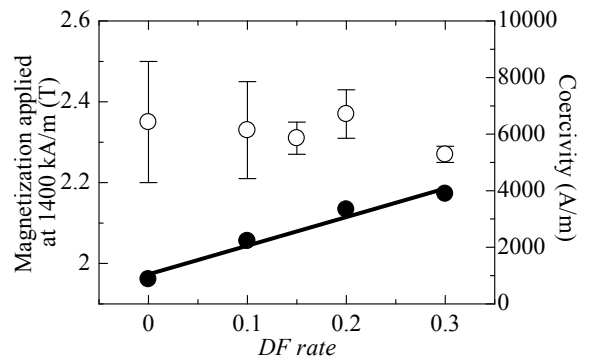


Fig.2 Maximum magnetization and coercivity at applied magnetic field of 1400 and 16 kA/m, respectively, of as-deposited samples as a function of $DF\ rates$.

参考文献

- (1) M. Nakano *et al.*, *IEEE Trans. Mag.* **43**, 2672(2007).
- (2) H. Fukunaga *et al.*, *J. Appl. Phys.* **109**, 0A758-1(2011).
- (3) X. Liu *et al.*, *J. Appl. Phys.* **103**, 07E726-1(2011).
- (4) Y. P. Wu *et al.*, *IEEE Trans. Mag.* **50**, 100204(2014).
- (5) T. Yanai *et al.*, *Journal of the Korean Physical Society*, **62**, No.12, 1966(2013).