

ドロップレット低減による Sm-Co/ α -Fe 積層型 ナノコンポジット厚膜磁石の磁気特性改善

牧原峻佑、藤昭徳、柳井武志、中野正基、福永博俊

(長崎大学大学院 工学研究科)

Improvement in magnetic properties of PLD-made Sm-Co/ α -Fe multi-layered nanocomposite film-magnets
due to suppression of droplets

S. Makihara, A. Tou, T. Yanai, M. Nakano, H. Fukunaga
(Nagasaki University)

はじめに

Sm-Co/ α -Fe ナノコンポジット磁石は高いキュリー温度、高い飽和磁化を有することから高温で使用される高性能磁石の候補として挙げられる⁽¹⁾。我々は、600~800 層の積層構造 (一層の厚み: 20~30nm) を有する等方性厚膜磁石を PLD 法を用いて作製し、室温において 100 kJ/m^3 、 150°C において 60 kJ/m^3 の $(BH)_{\text{max}}$ を有する磁石膜を報告した⁽²⁾。しかしながら、磁石膜にはドロップレットと呼ばれる微粒子が存在し、ナノオーダーの積層構造の妨げとなっていることが懸念される。

そこで本研究では、補助レーザを用いて Sm-Co/ α -Fe 積層型ナノコンポジット磁石膜のドロップレットを低減し、その磁気特性を改善した。

実験方法

積層型ナノコンポジット磁石の作製には、 $\text{Sm}_{1.9}\text{Co}_5$ 合金と α -Fe の複合ターゲット (面積比 1:1) を用いた。回転するターゲットに Nd:YAG レーザ (主レーザ: $\lambda=355 \text{ nm}$) を照射し、対向する Ta 基板にターゲット物質を堆積させた。その際、ターゲットから放出されたドロップレットが基板に到達するのを防ぐため、主レーザに同期させた補助レーザを飛行するドロップレットに照射し (遅延時間 t_d)、ドロップレットを再アブレーションした (Fig.1)。成膜後、膜表面の SEM 観察及び平均表面粗さ R_a の測定により、ドロップレットの増減を定性的に評価した。

なお、成膜直後の Sm-Co 層は非晶質状態にあったので、パルス熱処理により磁気的に硬化させた。

実験結果及び考察

Fig.2 に補助レーザの遅延時間 t_d に対する R_a の変化を示す。補助レーザを用いることで膜表面の平均粗さが小さくなることが了解される。このことは SEM 観察画像からも確認される。

Fig.3 に角型比を示している。補助レーザを使用することで角型比が向上している。これは、ドロップレットの抑制したことで、Sm-Co 層および α -Fe 層間の交換結合が有効に機能するようになったためと考えられる。

その結果、 $(BH)_{\text{max}}$ は補助レーザを使用しないものに比べて約 10% 向上し、 $H_c=357 \text{ kA/m}$ 、 $J_r=1.06 \text{ T}$ 、 $(BH)_{\text{max}}=110 \text{ kJ/m}^3$ の特性が得られた。

参考文献

- (1) H. Fukunaga et al., IEEE Trans. Magn. **49**, 3240 (2013).
- (2) H. Fukunaga et al., IEEE Trans. Magn. **50**, 2101504 (2014).

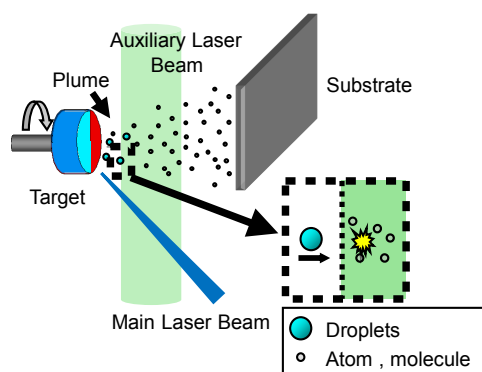


Fig.1 Experimental setup.

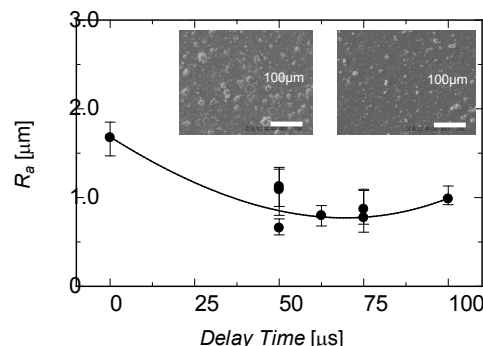


Fig.2 Average surface roughness R_a of Sm-Co/ α -Fe multi-layered films as a function of delay time of auxiliary laser.

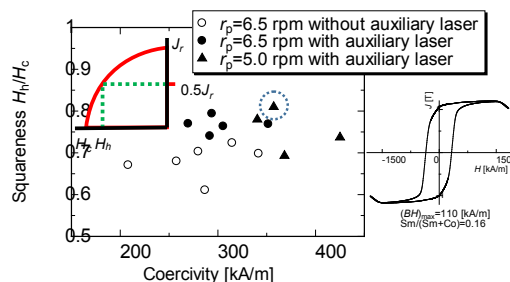


Fig.3 Squareness of demagnetization curve as a function of coercivity, together with hysteresis loop for the film shown by the dotted circle. The squareness is given by H_w/H_c which are defined in the inset.