

高エネルギー密度 PLD 法により作製した Nd-Fe-B/ α -Fe 系

ナノ分散型磁石膜の特性と金属基板材料の関係

近藤 秀俊*, 山下 昂洋, 柳井 武志, 中野 正基, 福永 博俊
(長崎大学)

Relationship between metal substrates and properties of Nd-Fe-B/ α -Fe nano-dispersed film magnets
prepared using PLD with high laser energy density

Hidetoshi Kondo*, Akihiro Yamashita, Takeshi Yanai, Masaki, Nakano, Hirotohi Fukunaga
(Nagasaki University)

はじめに 工業、医療分野の発展に貢献が期待される「薄手永久磁石の開発」が報告される中^{(1),(2)}, 我々は紫外線波長の PLD(Pulsed Laser Deposition)法を用いた際の Nd-Fe-B ターゲット表面に照射するレーザービーム径を Focus し, 10 J/cm² 以上の高エネルギー密度下で成膜し熱処理を施す事で, Ta 基板上に等方性 Nd-Fe-B/ α -Fe 分散型ナノコンポジット磁石膜を作製できる結果を最近報告した⁽³⁾。この手法で作製した膜は, Fig.1 に示すように成膜直後の時点では Nd-Fe-B アモルファス相内に α -Fe が柱状に析出し, 熱処理後に α -Fe が分散配置するような微細構造に変化することが確認されている。上記の微細構造は Ta 基板上では確認できている。

本研究では, 上記の高エネルギー密度を利用する手法において, Ta 基板と同様, 融点が高い他の金属基板を準備し, それらの基板が成膜直後や熱処理後の微細構造に及ぼす影響について検討し, 磁気特性向上への知見を得ることを目的とした。

実験方法 約 6.5 rpm で回転させた Nd_{2.6}Fe₁₄B 合金ターゲットに, 波長 355 nm の Nd:YAG レーザーを照射し成膜する PLD (Pulsed Laser Deposition)法を用い, 高融点金属基板 (Ti, W, Nb, Mo) 上に Nd-Fe-B 系磁石膜を作製した。具体的には, ターゲットー基板間距離を 10 mm, レーザーパワーを 4 W, エネルギー密度 10 J/cm² 以上, 成膜時間 60 min に固定し成膜した。いずれの基板においても, 成膜直後は非晶質であったため, 2.0 s 程度のパルス熱処理を施し結晶化させた。その後, 印加磁界 7 T のパルス着磁を施し, 最大印加磁界 2.5 T のもと VSM で磁気特性を評価した。組成は SEM-EDX で Nd と Fe の含有量を測定し, 膜断面の微細構造は TEM (透過電子顕微鏡) を用い観察した。

実験結果 Ti, W, Nb 基板上の成膜後の試料は, 既報の Ta 基板上の試料 (Fig.1 参照) と同様な微細構造が観察され, 熱処理を施すことにより分散構造となる様子を確認した。Fig. 2 が示すように, この 3 つの基板の試料の磁気特性はばらつきはあるものの, Nd-Fe-B/ α -Fe 分散型ナノコンポジット磁石膜として, $(BH)_{\max}$ が平均 90 kJ/m³ 以上の値を示す事が明らかとなった。すなわち, 上述した微細構造を得るに当たり, 基板材料の影響はレーザーのエネルギー密度等の成膜条件に比べ小さいことが明らかとなった。一方, Mo 基板上の試料においては, 熱処理後の $(BH)_{\max}$ が他の基板上の試料に比べ低く, 磁石膜と基板の密着力も弱い事が観察され, 著しく異なる現象が観察された。これらの結果については, 各試料の組成なども含め, 議論する予定である。

参考文献

- (1) P. McGuinness *et al.*, *J. Magn. Magn. Mater.* 305, pp. 177-181, 2006.
- (2) N. M. Dempsey *et al.*, *Appl. Phys. Lett.*, vol. 90, 092509, 2007.
- (3) H. Kondo *et al.*, *INTERMAG Europe 2017*, HR-10

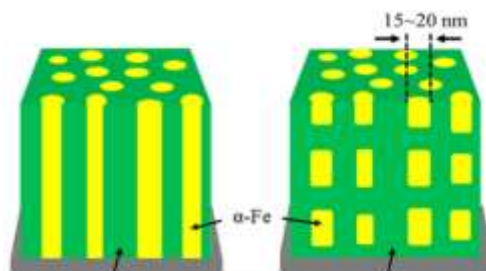


Fig.1 Schematic diagram of the cross-sectional microstructure.

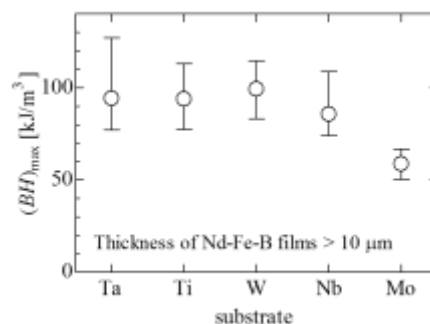


Fig.2 $(BH)_{\max}$ values of each film deposited on various metal substrates.