

Nd-Fe-B 薄膜磁石の作製および磁気特性

馬闌、王斯遠、劉小晰
(信州大学)

Fabrication and magnetic properties of Nd-Fe-B thin films

Chuang Ma, Siyuan Wang, Xiaoxi Liu
(Shinshu University)

はじめに

$\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ 化合物を主相とする Nd-Fe-B 磁石は鉄を主成分とし、比較的豊富に存在する希土類金属である Nd と微量な B を添加することによってその他の磁石より保磁力が大きく、価格面にもメリットがある。Nd-Fe-B 磁石は機械的強度に優れ、磁束密度が高く、非常に強い磁力を持つため、ハイブリッド自動車や電気自動車用のモータを初めとする省エネルギー機器などに使われている。本研究では、下地層に W/Ti 二層膜を用いて Nd-Fe-B 薄膜を作製し、その磁気特性、結晶構造の評価を行った。

実験方法

薄膜磁石形成には対向ターゲット式スパッタリング装置と DC マグネトロンスパッタリング装置を用いた。スパッタ時の真空到達圧力は 2.0×10^{-6} Torr 以下とした。スパッタ時の Ar ガス圧を 1.2 mTorr ~ 2.0 mTorr で 0.2 mTorr ずつ変化させる。W/Nd-Fe-B/W/Ti の薄膜を熱酸化シリコン (SiO_2/Si) 基板上に作製した。下地層形成時の基板温度を 300 °C に設定し、Ti を膜厚 5 nm で形成後、W を膜厚 20 nm で形成した。磁性層の Nd-Fe-B を基板温度 $T_s=100$ °C ~ 400 °C で 100 °C ずつ変化させ膜厚 50 nm で形成した。酸化防止膜として W を膜厚 20 nm で作製した。薄膜形成後に真空熱処理装置を用いて 800 °C で 5 分間真空中熱処理を施し、その時の到達圧力は 1.6×10^{-6} Torr 以下とした。

真空熱処理を施した試料を振動試料型磁力計 (VSM) で初磁化曲線およびヒステリシスループによる磁気特性を測定した。その時の最大印加磁場は 24 kOe とした。X 線回折装置 (XRD) を用いた試料の結晶構造の解析を行った。

実験結果

Fig.1 に基板加熱を 400 °C で、Nd-Fe-B 層を 25 nm と 50 nm をそれぞれ成膜した W/Nd-Fe-B/W/Ti 四層膜の M-H ループを示す。膜厚を増加させると、膜厚が 25 nm の試料の初期磁化曲線ではピンニング効果が見られたが、50 nm の試料では見られなかった。Fig.2 に膜厚を 50 nm とし、スパッタ温度を 100 °C、200 °C で作製した時の M-H ループを示す。これらの実験からは磁性層の膜厚が一定で、スパッタ温度を変化させると、温度の上昇に伴って垂直方向の保磁力がほぼ同じ値となったが、面内方向の保磁力が減少する。基板温度の上昇によって結晶配向が促進した。400 °C 付近で 50 nm を成膜した場合は垂直磁気異方性を有していることが分かる。

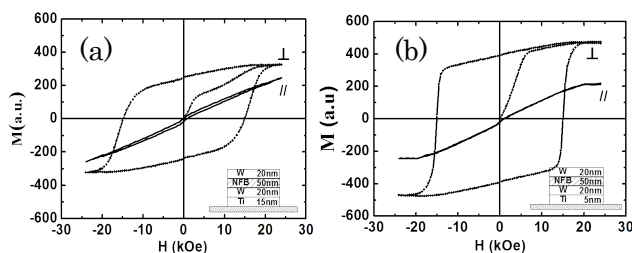


Fig.1 Hysteresis loop of Nd-Fe-B Film
with thickness of (a) 25 nm, (b) 50 nm

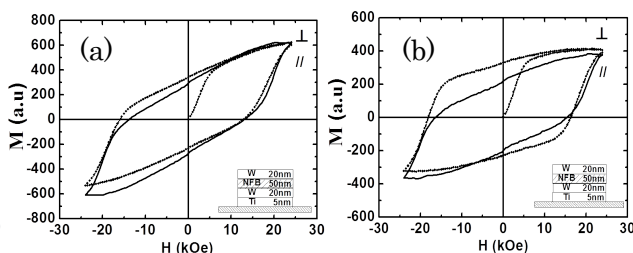


Fig.2 Hysteresis loop of Nd-Fe-B Film prepared of
substrate temperature of (a) $T_s=100$ °C, (b) $T_s=200$ °C