

## 積層構造を有する(Nd,Y)-Fe-B 薄膜磁石の磁気特性

橋本龍司、鈴木健一、榎戸靖、崔京九  
(TDK 株式会社)

Magnetic properties of (Nd,Y)-Fe-B layered thin film magnets

R. Hashimoto, K. Suzuki, Y. Enokido, K. -K. Choi  
(TDK Corporation)

### はじめに

Nd-Fe-B 系磁石は極めて高い最大エネルギー積を有する磁性材料であり、ハイブリット自動車、家電、HDD など幅広い分野で使用されている。また、その薄膜磁石は MEMS やマイクロモータなどへの応用が期待されている<sup>1)</sup>。一方で、Nd-Fe-B 系磁石には希土元素である Dy および Tb、さらには Nd の使用量の低減が強く求められており、様々な研究が進めている<sup>2,3)</sup>。資源的に余裕のある Y で Nd の一部を代替できれば、希土類元素使用バランスの適正化に貢献できる。しかしながら Y-Fe-B 磁石の異方性磁場は Nd-Fe-B 磁石の 3 割程度であることから、保磁力の低下が問題となる。そこで本研究では、(Nd,Y)-Fe-B 薄膜磁石を作製し、Y の希土類元素比率と磁気特性の関係について検討した。

### 実験方法

多元の超高真空マグネトロンスパッタリング装置を用いて、(Nd,Y)-Fe-B 薄膜磁石を作製した。ターゲットとして Nd、Y、 $\text{Fe}_{90.7}\text{B}_{9.3}$  を準備し、成膜は  $\text{Fe}_{90.7}\text{B}_{9.3} \rightarrow \text{Nd} \rightarrow \text{Fe}_{90.7}\text{B}_{9.3} \rightarrow \text{Y}$  の順番で繰返しおこなった。薄膜磁石の組成比は各ターゲットのスパッタ時間によって調整し、仕込み組成を  $(\text{Nd}_x\text{Y}_{1-x})_{18.5}\text{Fe}_{73.9}\text{B}_{7.6}$ 、 $x = 0.4 \sim 1.0$  とした。また、薄膜磁石の厚みは 100nm とした。構造の解析には XRD および STEM を、磁気特性の評価には VSM を用いた。

### 実験結果

作製した薄膜磁石の結晶構造を XRD で確認したところ、メインピークは 2-14-1 相であることが確認された。また基板の面直方向に c 軸が配向した膜であることが分かった。

FIB により薄膜磁石を基板の面直方向に加工し、主相粒子を [1 -2 0] 方向から観察した STEM-HAADF 像を Fig.1 に示す。HAADF 像は原子番号が大きい元素ほど明るく見えるため、白いドットが Nd、灰色のドットが Y を示している。図から明らかのように、作製した薄膜磁石は Nd-Fe-B と Y-Fe-B の積層構造を有していた。この構造は  $\text{Fe}_{90.7}\text{B}_{9.3} \rightarrow \text{Nd} \rightarrow \text{Fe}_{90.7}\text{B}_{9.3} \rightarrow \text{Y}$  の順番で繰返しスパッタすることで得られており、Nd と Y の繰返しに起因した構造が形成されたと考えられる。また、層間に欠陥や転位が見られないことから、コヒーレント成長していると考えられる。

これらの薄膜磁石の磁気特性を VSM で評価したところ、Y の希土類元素比率が増えても、保磁力が低下しにくい傾向が見られた。当日はこの傾向などについて報告する。

### 参考文献

- 1) M. Nakano *et al.*, IEEE Trans. Magn. **51**, 2102604(2015).
- 2) 榎戸靖, 日本セラミックス協会 2015 年年会 2I26F
- 3) Y. Umeda *et al.*, AMTC5 56(2016).

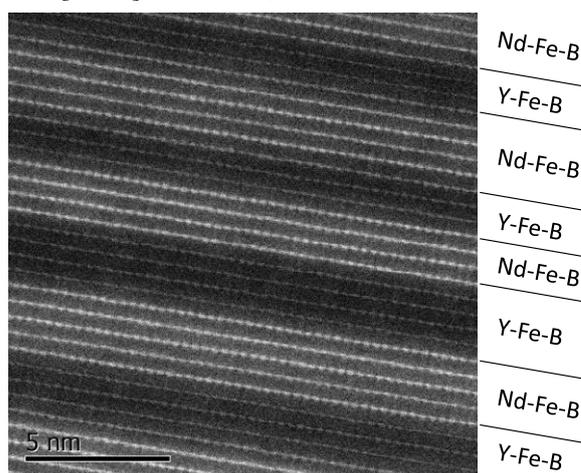


Fig.1 STEM-HAADF cross sectional image of a (Nd,Y)-Fe-B layered thin film magnet