

マルチターゲット利用レーザー蒸着法により作製した Pr-Fe-B 系ナノコンポジット磁石膜の微細構造ならびに磁気特性

山下 昂洋* 黒崎 陽 柳井 武志 中野 正基 福永 博俊 (長崎大学)

Microstructure and magnetic properties of Pr-Fe-B nano-composite film magnets prepared using laser deposition technique with a multi-target

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

1. はじめに

Pr₂Fe₁₄B 磁性相は、室温での飽和磁気分極値(1.56 T)が Nd₂Fe₁₄B 磁性相の値(1.61 T)に比べ劣るものの、その結晶磁気異方性定数 ($K_u=6.8 \text{ J/m}^3$) が、Nd₂Fe₁₄B 磁性相($K_u=4.5 \text{ J/m}^3$)に比べ 1.5 倍程度の値を有するため⁽¹⁾、ナノコンポジット磁石のハード相として期待され、いくつかの報告がなされてきた⁽²⁾。

本研究では、上記の Pr-Fe-B と高飽和磁気分極を有する Fe-Co のマルチターゲットを用いたナノコンポジット磁石膜を作製し、その微細構造ならびに磁気特性を評価したので報告する。

2. 実験方法

真空度 $2\sim 6\times 10^{-5}$ Torr のチャンパー内で約 6.5 rpm で回転させた Pr_xFe₁₄B($x=2.2, 2.4$) ターゲットに Fe₆₆Co₃₄ ターゲットを表面積の割合として 10% マスクしたマルチターゲットの表面に、 10 J/cm^2 以上の高エネルギー密度の Nd:YAG レーザ(波長:355 nm)を 30 もしくは 60 分照射し、Pr-Fe-B/Fe-Co ナノコンポジット磁石膜を成膜した。成膜後の試料は、Pr-Fe-B 層がアモルファス構造であったため、結晶粒の微細化に有効であるパルス熱処理を用い、結晶化させた。具体的な熱処理条件として、 $2\sim 6\times 10^4 \text{ Pa}$ の高真空中に試料を設置し、定格出力 8 kW の赤外線出力で 2.0~2.2 s 程度の著しく短い時間により熱処理を施した。試料の微細構造観察ならびに元素マッピングには、透過電子顕微鏡(日本電子製: JEM-ARM200F ならびに JEM-2100F)を用いた。

3. 実験結果

図 1 は、Pr₂Fe₁₄B 相をハード相、ソフト相に Fe-Co 系磁性膜を採用した Pr-Fe-B/Fe-Co ナノコンポジット磁石膜に関して、保磁力ならびに残留磁気分極値の Pr 含有量依存性を示している。図には比較のため、我々が過去に報告した Pr-Fe-B/ α -Fe ナノコンポジット磁石膜の磁気特性も併せて示している⁽³⁾。特に Pr 含有量が 8~9 at.% 付近の両試料を比較すると、

Fe-Co 系磁性膜をソフト相に用いた試料は、既報の試料に比べ残留磁気分極値の向上を確認した。

更に本研究では、熱処理後ならびに成膜直後の試料に対して透過型電子顕微鏡により断面を観察した。成膜直後の試料を観察すると、Pr-Fe-B 相と Fe-Co 相が積層周期 30 nm 程度の積層型構造を有していたものの、熱処理を施すことにより、結晶粒径は 10~30 nm 程度の分散型ナノコンポジット磁石膜に変化することが確認された。本発表では上述の熱処理を通じて微細構造が変化する原因に関し、微細構造観察ならびに元素マッピングの結果も踏まえて報告する。

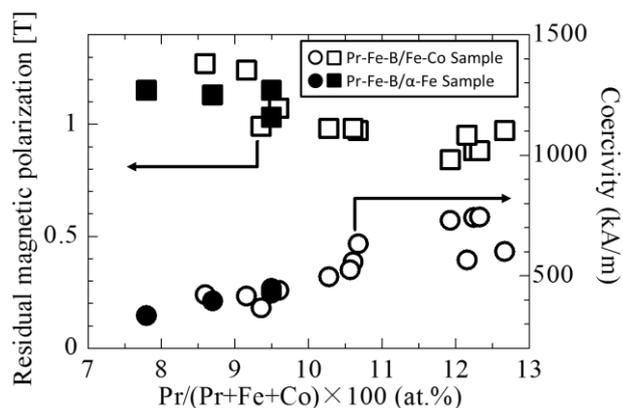


図 1 Pr-Fe-B/ α -Fe ならびに Pr-Fe-B/Fe-Co ナノコンポジット磁石膜における磁気特性の Pr 含有量依存性

Fig. 1 Magnetic properties as a function of Pr contents in Pr-Fe-B/ α -Fe together with Pr-Fe-B/Fe-Co film magnets.

謝辞 本実験での微細構造観察は、日本電子株式会社所属の森山和彦様ならびに鈴木敏之様に行って頂きました。紙面をお借りして、感謝申し上げます。

参考文献

- 1) S. Hirose *et al.*, *Journal of Applied Physics*, Vol. **59**, pp. 873-879 (1986).
- 2) F. Yamashita, *et al.*, *Journal of Applied Physics*, Vol. **109**, No.7, pp. 07A701-1~3(2011).
- 3) A. Yamashita *et al.*, *Japanese Journal of Applied Physics*, Vol. **55**, No.7A3. (2016) (in press) .