

MEMS 応用を鑑みガラス基板上に成膜した Pr-Fe-B 系磁石膜の諸特性

廣瀧 敬士* 柳井 武志 中野 正基 福永 博俊 (長崎大学)

Various properties of Pr-Fe-B thick films deposited on glass substrate for the application of MEMS

Keishi Hirotsaki *, Takeshi Yanai, Masaki Nakano, Hirotooshi Fukunaga (Nagasaki University)

はじめに

MEMS(Micro-electromechanical system)技術への磁石膜の応用を考慮し、金属基板以外のガラス基板⁽¹⁾や Si 基板⁽²⁾への異方性 Nd-Fe-B 系磁石膜の成膜が報告されている。それらの試料は、磁気特性は優れているものの、(1)厚みが 20 μm 程度にとどまっており、十分な磁界を外部へ供給するには更なる厚膜化が望まれる、(2)微細加工において支障を生じる「Ta 下地層の利用」を極力避けたい等の要望が指摘されている。本研究では、成膜速度が数 10 $\mu\text{m}/\text{h}$ 以上の PLD(Pulse Laser Deposition)法を用い、下地層施さないガラス基板上に Pr 含有量を制御した等方性 Pr-Fe-B 系磁石膜を成膜し、100 μm までの厚膜化と微細加工への応用を検討した。

実験方法

約 6.5 rpm で回転させた $\text{Pr}_x\text{Fe}_{14}\text{B}$ ($x=1.6\sim 2.4$)合金ターゲットに、波長 355 nm の Nd:YAG レーザを照射し、ターゲット-ガラス基板間の距離を 10 mm として成膜した試料は非晶質であったため、熱処理時間 3.8~4.1 s 程度でパルスアニーリングを施し等方性 Pr-Fe-B 系磁石膜を作製した。熱処理後の試料に、印加磁界 7 T のパルス着磁を行い、最大印加磁界 2.5 T のもと VSM で磁気特性を評価した。膜厚はマイクロメータで、組成は SEM-EDX で Pr と Fe の含有量を測定した。微細構造は透過電子顕微鏡で観察した。

実験結果

ターゲットの Pr 含有量を変化させ、ガラス基板上に直接成膜した磁石膜の Pr 含有量を 12.5 at.%以上にするこで、試料の破壊(剥離や基板の破壊)を抑制できることを確認した。膜厚 30 μm 以上、Pr 含有量 12.5 at.%以上の試料に関し、磁気特性の Pr 含有量を評価した結果を Fig.1 に示す。Pr 含有量の増加に伴い残留磁気分極は低下し、保磁力は向上する。これは、Pr 含有量の増加に伴い、Pr を含む非磁性成分が粒界層に析出し、残留磁気分極(飽和磁気分極)を下げる一方で、粒界の交換結合を低減させ保磁力が向上したものと考えられる。Fig.2 に膜厚 100 μm 以上の試料において、最も優れた磁気特性を有する J-H ループを示す。試料の Pr 含有量 14.6 at.%において、最大値 $(BH)_{\text{max}}:70 \text{ kJ}/\text{m}^3$ を確認した。本学会発表では、XRD や TEM による結晶構造ならびに微細構造の観察と微細加工を施した結果についても併せて報告する。

参考文献

- (1) 上原, 日本応用磁気学会誌, **28**,1043-1048(2004).
- (2) Chao Zhi *et al.*, *Int. J. Automation Technplogy*, **7**, 196(2013).

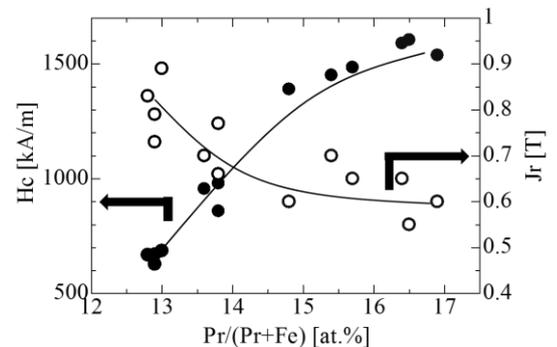
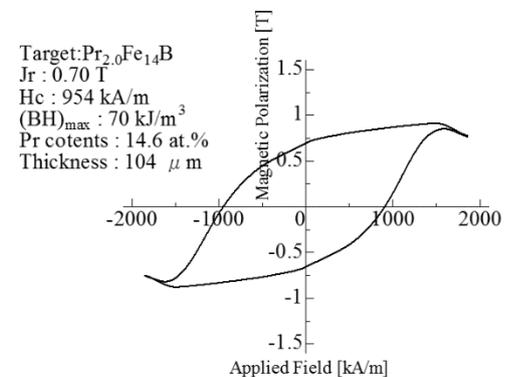
Fig.1 J_r and H_c as a function of Pr contents (Glass substrate)

Fig.2 J-H loop of Pr-Fe-B film on glass substrate