

MEMS 応用に向けた Si 基板上への厚膜磁石の成膜

押領司 学, 山下 昂洋, 柳井 武志, 中野 正基, 福永 博俊 (長崎大学)
松本 信子, 藤井 泰久 ((株) KRI)

Thick film magnets deposited on Si substrates for MEMS applications

Manabu Oryoshi, Akihiro Yamashita, Takeshi Yanai, Masaki Nakano, Hirotohi Fukunaga (Nagasaki University)

Nobuko Matsumoto, Yasuhisa Fujii(KRI corp.)

1. はじめに

電子機器の内部に使用される永久磁石の小型化が求められる中, MEMS(Micro-electromechanical system)への応用を鑑み, Si 基板上へ優れた磁気特性を持つ Nd-Fe-B 系磁石膜の成膜が検討されている。これまで, スパッタリング法を用い, Si 基板と Nd-Fe-B 層の間にバッファ層を利用する事により, 数 μm ~20 μm 厚の範囲の異方性 Nd-Fe-B 系磁石膜の成膜が報告されてきた⁽¹⁾⁽²⁾。我々は, Fe や Ta 等の金属基板上であるものの, 数 10 $\mu\text{m}/\text{h}$ の成膜速度を有する PLD(Pulsed Laser Deposition)法を用い, 10~1200 μm の広い膜厚の範囲で等方性 Nd-Fe-B 系厚膜磁石を成膜し, 数種類のデバイスに応用してきた⁽³⁾。更に我々は, 上記の PLD 法を用いて Si 基板上に Ta バッファ層を使用した Nd-Fe-B 系磁石膜の成膜を報告した⁽⁴⁾。しかしながら, 熱処理時における「基板と磁石膜の間での剥離・乖離」・「Si 基板の破壊」等の問題や, 磁石膜にダイシング加工を施すと, 機械的破損が生じることが確認された⁽⁴⁾。

本稿では, Nd-Fe-B 系厚膜磁石の組成に着目し, 上述の破壊の抑制や, 再現性に課題が残るものの, Si 基板上に 100 μm 厚程度までの厚膜化を実現した結果を報告する。

2. 実験方法

$\text{Nd}_x\text{Fe}_{14}\text{B}$ ($X=2.0, 2.6, 3.0$)合金ターゲットを回転させながら Nd-YAG パルスレーザーを照射することにより, ターゲットを構成する分子や原子, イオン等を解離・放出させ対面に設置した 5 mm 角の(100)単結晶 Si 基板上に堆積させた。レーザーパワーは 4 W で固定し, ターゲットと基板間の距離は 10mm とした。更に, 成膜直後の試料は軟磁気特性を示したため, PA(Pulse annealing)法を用いて保持時間 3.0 sec で熱処理を施し, 硬磁気特性を発現させた。磁気特性の測定は VSM, 膜組成を SEM-EDX を用い測定した。

3. 実験結果

本実験では, Ta バッファ層を施さず, Nd-Fe-B 系厚膜磁石を Si 基板上に直接成膜する手法を試みた。その際, Si 基板との熱膨張係数を考慮し, 様々な Nd 含有量を有する試料を準備し, 熱処理後の試料の破壊の様子を検討した。結果を Fig. 1 に示す。全ての試料の破壊は, 磁石膜の剥離ではなく, Si 基板自身の破壊であることを確認した。厚膜磁石の膜厚が 60 μm 以上の範囲では, ばらつきが見られるものの, それ以下の膜厚範囲においては, Nd 含有量を 15 at.%以上にする事により, その破壊を抑制できることが明らかとなった。この原因の一つとして, Nd 含有量の増加に伴い, Si 基板と厚膜磁石の熱膨張係数の差が小さくなったことが考えられるものの, 今後詳細な検討が必要である。得られた試料の中で, 膜厚: 約 113 μm , 保磁力: 1160 kA/m 程度, 残留磁

化: 0.5 T 程度の試料(Fig.2(a)参照)にダイシング加工を施したところ, Fig. 2(b)に示すように綺麗に切断でき, ダイシング後の磁気特性の劣化も小さいことを確認した。Ta バッファ層を用いない手法が, ダイシング等の試料の加工に有利であることが確認された。

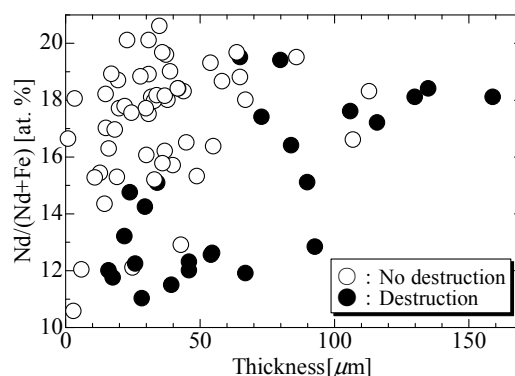


Fig.1 Relationship between Nd contents and thickness of Nd-Fe-B films deposited on Si substrates.

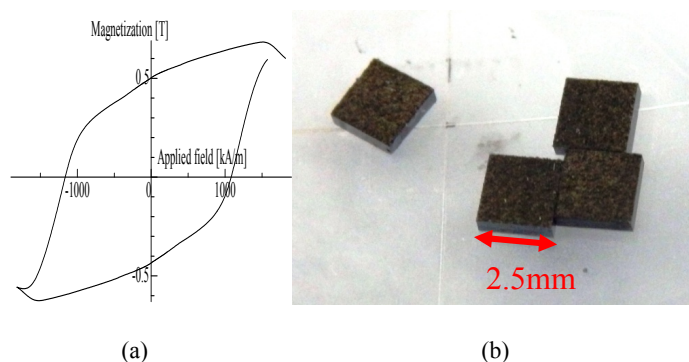


Fig. 2 M-H loop of a sample for dicing and four samples after dicing.

参考文献

- (1) Y. Zhang *et al.*, *Acta Materialia*, **60**, 3783(2012).
- (2) 小峠ら, 電気学会マグネティクス研究会資料, MAG-12-170(2012).
- (3) M. Nakano *et al.*, *IEEE Trans. Magn.*, **43**, 2672(2007).
- (4) 押領司ら, 電気学会マグネティクス研究会, **2-131**(2013).