Nd-Fe-B 薄膜および Nd-Fe-B/Nd 薄膜の磁気粘性測定

後藤龍太，岡本聡，菊池伸明，北上修
（東北大学　多元物質科学研究所）

Magnetic viscosity measurements of Nd-Fe-B and Nd-Fe-B/Nd thin films

R. Goto, S. Okamoto, N. Kikuchi, and O. Kitakami
(IMRAM, Tohoku Univ.)

諸言

Nd-Fe-B 系焼結磁石は，Dy 等の希少な重希土類元素を添加し，保磁力を高めることで，耐熱性を高め，ハイブリッド自動車などの駆動用モーターに応用されている．重希土類の添加量削減と高い磁気特性を同時に実現するためには，Nd-Fe-B 系磁石の磁化反転挙動の理解が不可欠である．有限温度下における磁化反転は熱活性プロセスに従い，その反転確率を決めるパラメータがエネルギー障壁（$E_b(H)$）である．エネルギー障壁は，磁場の関数$(1-(H/H_0))^n$として与えられ，そのベキ乗数 n は一斉回転において 2，磁壁ピニング(weak pinning) において，1 となることが知られている．ここで，H_0 は熱揺らぎの影響がない場合の保磁力である．したがって，反転過程のエネルギー障壁の関数形を実験的に評価できれば，磁化過程機構における重要な知見が得られるものと期待している．本研究では，Nd-Fe-B 系薄膜の磁気粘性測定から揺らぎ場（H_f）を求め，また，保磁力の時間依存性との比較により E_b の関数形に関する考察を行った．

実験方法

c 軸が基板面直方向に配向した Nd-Fe-B 薄膜は, 超高真空マグネトロンスパッタ装置を用いて Mg(001)単結晶基板上に作製した. Nd-Fe-B 薄膜は, 3 元同時スパッタリングにより作製し, 設計組成は $Nd_{12.5}Fe_{78.4}B_{9.1}$ (at%)とし，試料の構造は，MgO sub./Mo(30)/ Nd(0.25)/Nd-Fe-B(50)/(Nd(t_{Nd}))/Mo(10)（単位：nm）とした．t_{Nd} は Nd 層の膜厚で，t_{Nd} = 0（Nd-Fe-B 薄膜）または 1 nm（Nd-Fe-B/Nd 薄膜）とした．磁気粘性計測は異常ホール効果により行い，各磁場における測定は試料を完全に飽和させるため，4 T で着磁した後，所定の磁場で 3600 秒保持することにより行った．

実験結果

Nd-Fe-B(/Nd)薄膜は，ともに高い角型性を示し，保磁力は，t_{Nd} = 0 nm および t_{Nd} = 1nm でそれぞれ 0.5 T および 1.0 T であった．Nd-Fe-B 薄膜試料の磁気粘性測定結果の例を Fig. 1 に示す．磁気粘性曲線の傾きより，H_f を求めた[1]ところ，概ね 7 mT 程度であった．磁気粘性曲線の M/M_s=0 との交点から，H_c の時間依存性を得た．これを熱揺らぎの解析式である Sharrock モデル[2]を用いたフィッティング結果と比較することにより，E_b の磁場依存性におけるベキ乗数 n の値を評価した．その結果，t_{Nd} = 0 nm では，$n = 1.2^{+0.40}_{-0.20}$，　t_{Nd} = 1 nm では，$n = 1.2^{+0.50}_{-0.30}$ となった．このことは，Nd 被覆の有無により関数形がほぼ変化しないことを示しており, Nd 被覆の結果, 保磁力が増大した場合でも，反転過程自体は同様の機構である可能性を示唆するものである．

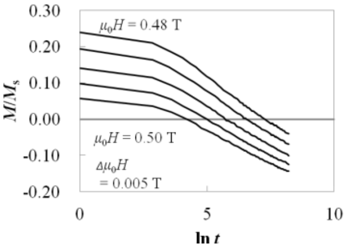

Fig.1 An example of magnetic viscosity measurements for a Nd-Fe-B film.

参考文献

1) El-Hilo *et al.*, J. Magn. Magn. Mater. **248** (2002) 360.
2) M. P. Sharrock, IEEE Trans. Magn. **26** (1990) 193.

謝辞

本研究の一部は，文部科学省の委託事業である元素戦略磁性材料研究拠点および文部科学省科学研究費補助金（No. 24360261）により行われた．