

Nd₂Fe₁₄B/Mo/Fe 積層膜の異方的磁気特性

小林奎太, 小池邦博, 小川大介,
大兼幹彦*, 安藤康夫*, 板倉賢**, 稲葉信幸, 加藤宏朗
(山形大, *東北大, **九州大)

Anisotropic magnetic property of Nd₂Fe₁₄B/Mo/Fe multilayer films

Keita Kobayashi, Kunihiro Koike, Daisuke Ogawa,
Mikihiko Oogane*, Yasuo Ando*, Masaru Itakura**, Inaba Nobuyuki, and Hiroaki Kato
(Yamagata Univ., *Tohoku Univ., **Kyushu Univ.)

はじめに

永久磁石の $(BH)_{\max}$ を増大させる手法として、ナノサイズ微粒子の磁氣的ハード相とソフト相とを交換結合させたナノコンポジット磁石が知られているが、未だに理論値を超える磁石の作製が困難である。これまでに、Toga等によってNd₂Fe₁₄B/ α -Fe界面異方性の存在が第一原理計算によって予測され[1], Ogawa等は、Nd₂Fe₁₄B(001)/ α -Fe界面では正の交換結合が作用し[2], Nd₂Fe₁₄B(100)/ α -Fe界面では負の交換結合が作用することを実証した[3]. 本研究では、高性能化の妨げとなる負の交換結合界面を回避させたNd-Fe-B/Fe積層膜の形成を目指し、その磁気特性に与えるMo中間層の効果について検討した。

実験方法

積層膜はUHVスパッタ装置を用いてMgO(100)単結晶基板上に作製した。膜構成は、Mo(20nm)/[Nd-Fe-B(30nm)/Mo($t_{\text{Mo}}=0, 1\text{nm}$)/Fe(5nm)/Mo($t_{\text{Mo}}=0, 1\text{nm}$)]₅/Mo(10nm)のとした。Mo下地層を基板温度 $T_s=300^\circ\text{C}$ で堆積した後、 $T_s=700^\circ\text{C}$ とし、さらに $T_s=300^\circ\text{C}$ とした状態で、[Nd-Fe-B/Fe]及び、[Nd-Fe-B/Mo/Fe/Mo]を一周期として、これを5周期繰り返した。最後に室温にてMo保護層を堆積した。これらの積層膜をUHV環境において、 $400^\circ\text{C} \leq T_a \leq 700^\circ\text{C}$ の範囲でアニールした。磁化曲線はVSMを用いて測定し、結晶構造と配向状態はXRDで、膜厚はXRRで評価した。またAFMによって膜表面形態を観察した。

実験結果

650°CでアニールしたNd-Fe-B/Mo($t_{\text{Mo}}=0, 1\text{nm}$)/Fe積層膜の磁化曲線は、 $t_{\text{Mo}}=0\text{nm}$ では面内(IP), 面直(OOP)共に5~6kOeの保磁力 H_c をもつ等方的な磁気特性が示された。一方、 $t_{\text{Mo}}=1\text{nm}$ の積層膜では、面直方向に良好な角形性があり、その H_c が6kOeなのに対して、面内方向角形性が低下し、 H_c は2.5kOeと異方的な磁気特性が示された。これはMo中間層の導入によって、アニール中のNd-Fe-B層とFe層間の原子拡散が抑制され、且つNd-Fe-B層とFe層間の交換相互作用が保たれた状態で磁氣的な異方性が生じたことが示唆される。

謝辞：本研究の一部はJST産学共創基礎基盤研究プログラム「革新的次世代高性能磁石創製の指針構築」およびJSPS科学研究費 基盤研究(B) No. 16H04488の支援を受けた。

参考文献

- 1) Y. Toga, H. Moriya, H. Tsuchiura, and A. Sakuma, J. Phys.: Conf. Series 266 (2011) 012046..
- 2) D. Ogawa, K. Koike, S. Mizukami, M. Oogane, Y. Ando, T. Miyazaki, and H. Kato, J. Magn. Soc. Jpn. 36, (2012) 5.
- 3) D. Ogawa, K. Koike, S. Mizukami, T. Miyazaki, M. Oogane, Y. Ando, and H. Kato, Appl. Phys. Lett., 107, (2015) 102406.