

基板温度が Nd-Fe-B 薄膜の構造に及ぼす影響

鈴木中・野口陽平・大竹充・二本正昭・桐野文良*・稲葉信幸**

(中央大, *東京藝大, **山形大)

Influence of Substrate Temperature on the Structure of Nd-Fe-B Alloy Thin Film

Ataru Suzuki, Youhei Noguchi, Mitsuru Ohtake, Masaaki Futamoto, Fumiyoshi Kirino*, and Nobuyuki Inaba**

(Chuo Univ., *Tokyo Univ. Arts, **Yamagata Univ.)

はじめに Nd₂Fe₁₄B 合金は(BH)_{max} が極めて高い磁性材料であり、その薄膜はマイクロモータや MEMS などへの応用に向けて研究されている。これまで、ガラス基板、金属基板や単結晶基板を用いて Nd₂Fe₁₄B 薄膜が形成され、構造や磁気特性が調べられている¹⁻⁴⁾。薄膜構造は形成温度により敏感に影響されることが考えられる。本研究では、単結晶基板上にヘテロエピタキシャル成長させた Fe 下地層上に温度を変えた条件で Nd-Fe-B 膜を形成し、基板温度が磁性膜構造に及ぼす影響を系統的に調べた。

実験方法 表面構造のその場観察が可能な反射高速電子回折 (RHEED) 装置付きの超高真空 RF マグネトロンスパッタリング装置を用いて、膜形成を行った。単結晶基板として MgO(001)を用い、その上に 20 nm 厚の Fe(001)下地層を形成した。下地層上に室温から 600 °C の一定基板温度で、20 nm 厚の Nd-Fe-B 膜を形成した。ターゲットとして直径 3 インチの Nd₁₂Fe₈₂B₆ (at. %) 合金を用い、ターゲット-基板間距離を 150 mm, Ar ガス圧を 0.67 Pa, RF 電力を 40 W とした。このとき、製膜速度は 0.02 nm/s であった。構造評価には RHEED および XRD を用いた。

実験結果 Fig. 1(a)および(b)に、それぞれ、基板温度 400 および 600 °C で形成した Nd-Fe-B 膜の RHEED パターンを示す。400 °C の場合、ハロー状の回折パターンが観察されており、アモルファス構造を持つ膜が形成されていることが確認できる。基板温度を 600 °C まで上昇させると、鮮明な回折パターンが観察されている。このことから、結晶化が起こりエピタキシャル膜が形成されていることが分かる。RHEED 解析により結晶方位関係を Nd-Fe-B(001)[100] || Fe(001)[110]と決定した。Fig. 2 に 400 および 600 °C で形成した膜の面内および面外 XRD パターンをそれぞれ示す。400 °C で形成した膜に対しては、アモルファス構造を持っているため、Nd-Fe-B 結晶からの XRD 反射を確認できなかった。一方、600 °C で形成した膜の面外パターンにおいては、MgO(002)、Fe(002)反射に加え、Nd-Fe-B(004)反射が明瞭に観察されている。また、面内パターンにおいても、MgO(200)、Fe(110)反射に加え、Nd-Fe-B(400)反射が認められ、RHEED により決定した方位関係を確認できる。

参考文献 1) T. Okumoto, K. Yamasawa, X. Liu, M. Mastumoto, and A. Morisako: *IEEE Trans. Magn.*, **41**, 3139 (2005). 2) M. Nakano, H. Takeda, T. Yanai, M. Itakura, F. Yamashita, and H. Fukunaga: *J. Phys.: Conf. Ser.*, **200**, 082021 (2010). 3) D. Ogawa, K. Koike, S. Mizukami, M. Oogane, Y. Ando, T. Miyazaki, and H. Kato: *J. Magn. Soc. Jpn.*, **36**, 5 (2012). 4) T. Sato, H. Kato, T. Shima, T. K. Takahashi, and K. Hono: *J. Magn. Magn. Mater.*, **323**, 163 (2011).

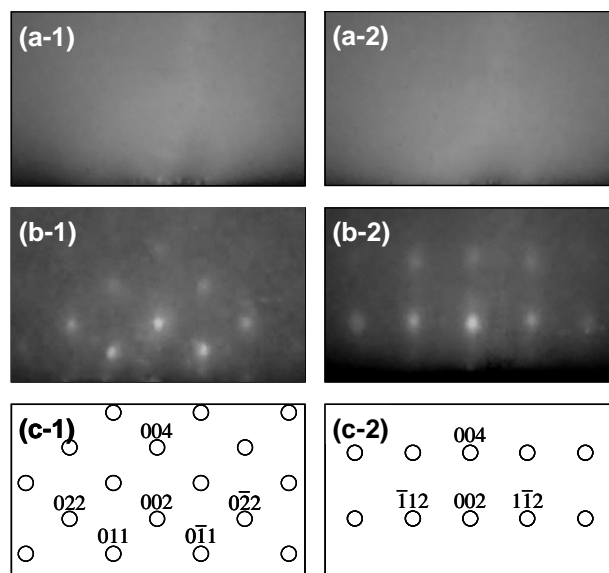


Fig. 1 [(a), (b)] RHEED patterns observed for Nd-Fe-B films deposited on Fe(001) underlayers at (a) 400 and (b) 600 °C. (c) Schematic diagrams of RHEED patterns simulated for a tetragonal Nd-Fe-B(001) crystal. The incident electron beam is parallel to [(a-1), (b-1)] Fe[110] (|| MgO[100]), [(a-2), (b-2)] Fe[100] (|| MgO[110]), (c-1) Nd-Fe-B[100], or (c-2) Nd-Fe-B[110].

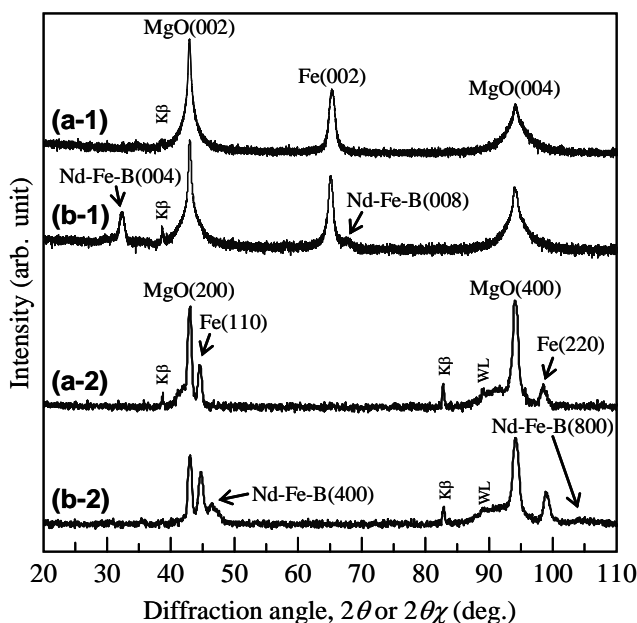


Fig. 2 [(a-1), (b-1)] Out-of-plane and [(a-2), (b-2)] in-plane XRD patterns of Nd-Fe-B films deposited on Fe(001) underlayers at (a) 400 and (b) 600 °C.