MgO 単結晶基板上に形成した Fe-Si 合金薄膜の構造解析

相田拓也・川井哲郎・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)

Structure Analysis of Fe-Si Alloy Thin Films Formed on MgO Single-Crystal Substrates

Takuya Aida, Tetsuroh Kawai, Mitsuru Ohtake, Masaaki Futamoto, Fumiyoshi Kirino^{*}, and Nobuyuki Inaba^{**} (Chuo Univ., ^{*}Tokyo Univ. Arts, ^{**}Yamagata Univ.)

はじめに Fe-Si合金は高い透磁率を持つ代表的な軟磁性材料であり、電磁鋼板から薄膜デバイスまで、幅広い分野で用いられている.Fe-Si薄膜の構造と磁気特性はSi/Fe組成や形成条件により変化することが報告されている^{1,2)}.薄膜応用デバイスの可能性検討では、膜の結晶方位が基板方位により制御されたエピタキシャル膜を用いて、特性解析を行うことが有効である.本研究では、MgO(100)、(110)、(111)基板上にFe-Si膜を形成し、基板温度、Si/Fe組成、および、基板結晶方位が構造と磁気特性に及ぼす影響について、系統的に調べた.

実験方法 膜形成には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た. MgO 基板上にRTから 600 °Cの間の一定基板温度で 40 nm 厚のFe_{100-x} Si_x (at. %) 膜を形成した. Si組成xを 0 か ら 10 の間で変化させた.構造評価にはRHEED, XRD, AFMを,磁化曲線測定にはVSMを用いた.

実験結果 Fig. 1 にMgO(100)基板上に形成したFe₉₄Si₆ 膜のRHEEDパターンを示す. いずれの基板温度におい ても, Fig. 1(d)中の指数で示すように, bcc(100)単結晶 表面の形成を示す回折パターンが観察されており, エ ピタキシャル膜が得られていることが分かる. RHEED 解析から決定した結晶方位関係は

$Fe_{94}Si_6(100)[011]_{bcc} \parallel MgO(100)[001]$

である. Fig. 2(a-1)-(d-1)に面外 XRD パターンを示す. bcc 構造を持つ Fe₉₄Si₆ 膜からの鮮明な反射を確認で きる. Fe₉₄Si₆(200)反射に対して測定を行ったロッキン グカーブを Fig. 2(a-2)-(d-2)に示す. 基板温度の上昇 に伴い, *A*θ₅₀値が減少しており, 歪が緩和されている ことが分かる. Fig. 3 に AFM 像を示す. 基板温度が 600 ℃ まで上昇すると, 基板表面に到達した原子の 表面拡散が促進され, ファセットが発達した島状表 面が形成されていることが分かる. 当日は, Si/Fe 組 成や基板結晶方位の依存性についても報告する.

参考文献

1) M. Takahashi, S. Suwabe, T. Narita, and T. Wakiyama: *J. Magn. Soc. Jpn.*, **10**, 307 (1986). 2) S. Yaegashi, T. Kurihara, and K. Satoh: *J. Magn. Soc. Jpn.*, **20**, 437 (1996).







Fig. 2 (a-1)–(d-1) Out-of-plane XRD patterns of $Fe_{94}Si_6$ films deposited on MgO(100) substrates at (a-1) RT, (b-1) 200 °C, (c-1) 400 °C, and (d-1) 600 °C. (a-2)–(d-2) Rocking curves measured by fixing the diffraction angles at the peak angles of $Fe_{94}Si_6(200)$ reflections in (a-1)–(d-1), respectively. The intensity is shown (a-1)–(d-1) in a logarithmic scale or (a-2)–(d-2) (d-2) in a linear scale.



Fig. 3 AFM images observed for $Fe_{94}Si_6$ films deposited on MgO(100) substrates at (a) RT, (b) 200 °C, (c) 400 °C, and (d) 600 °C.