

エピタキシャル Sm-Ni 合金薄膜の形成と構造解析

Preparation and Structural Characterization of Sm-Ni Alloy Epitaxial Thin Films

中央大理工¹, 東京藝大² ○堀田 裕介¹, 柳川 貴人¹, 大竹 充¹, 桐野 文良², 二本 正昭¹Chuo Univ.¹, Tokyo Univ. Arts²○Yusuke Hotta¹, Takato Yanagawa¹, Mitsuru Ohtake¹, Fumiyoshi Kirino², Masaaki Futamoto¹

E-mail: hotta@futamoto.elect.chuo-u.ac.jp

希土類金属 (R) と $3d$ 強磁性遷移金属 (T) からなる RT_5 型規則合金は高い K_u を示すものが多く, そのため, その薄膜は記録媒体などへの応用に向けて研究されている. 合金材料の構造と磁気特性の関係を調べるためには, 結晶配向が制御されたエピタキシャル膜を用いるのが有効である. SmCo_5 ¹⁾, PrCo_5 ²⁾, NdCo_5 ³⁾ などの RCo_5 系規則合金のエピタキシャル膜についての報告は多く存在するが, T として Co 以外の $3d$ 強磁性遷移金属を用いた RT_5 膜の形成例は少ない. Ni や Fe を用いた RT_5 膜を形成できれば, 磁気特性の制御範囲を拡大することができる. 本研究では, エピタキシャル SmNi_5 規則合金膜形成を目的として単結晶基板上に Sm-Ni 膜の形成を試み, その構造解析を行った. 試料作製には超高真空分子線エピタキシー装置を用いた. $\text{MgO}(111)$ 基板上にヘテロエピタキシャル成長させた $\text{Cu}(111)$ 下地層上に, RT から 500°C の間の一定基板温度で, 20 nm 厚の $\text{Sm}_{17}\text{Ni}_{83}$ (at. %) 膜を形成した. 構造評価には RHEED および XRD を, 磁化曲線測定には VSM を用いた.

Fig. 1(a)–(c)に基板温度 500°C において Sm-Ni 膜形成中に観察した RHEED パターンを示す. 形成初期段階から製膜後まで Fig. 1(d)に示す $RT_5(0001)$ 表面に対応する規則的な回折パターンが観察され, 規則合金膜が形成されていることが確認された. この SmNi_5 規則合金膜は, RHEED スポット配置から膜面垂直方向で互いに 30° 回転した方位関係を持つ 2 つのバリエント (Fig. 2, Type A, Type B) から構成されていることが分かった. 極点図形 XRD 測定により評価したタイプ A と B のバリエントの体積比は $A:B = 75:25$ であった. Fig. 3 に XRD スペクトルを示す. 面外スペクトルでは, $\text{SmNi}_5(0002)$ 基本反射に加え, $\text{SmNi}_5(0001)$ 超格子反射も観察されており, RHEED 解析結果と同様に, 規則相が形成されていることを示している. 一方, 面内スペクトルでは, バリエントに対応する $\text{SmNi}_5(2\bar{2}00)$ および $(11\bar{2}0)$ 反射が認められる. XRD 反射から算出した SmNi_5 膜の格子定数は $(a, c) = (0.495\text{ nm}, 0.399\text{ nm})$ であった. 当日は, 基板温度が膜構造に及ぼす影響についても報告する.

- 1) E. E. Fullerton *et al.*, *Appl. Phys. Lett.* **71** (1997) 1579.
- 2) A. K. Patra *et al.*, *Phys. Rev. B* **75** (2007) 184417.
- 3) M. Seifert *et al.*, *J. Appl. Phys.* **106** (2009) 073915.

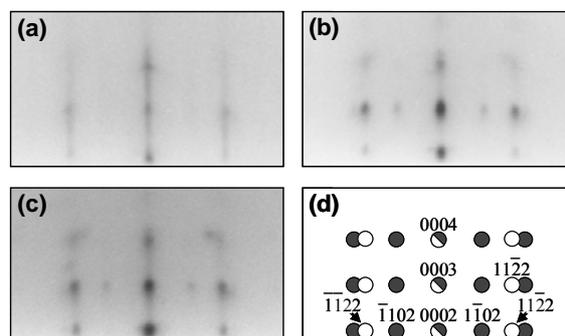


Fig. 1 (a)–(c) RHEED patterns observed during Sm-Ni deposition on $\text{Cu}(111)$ underlayer at 500°C . The Sm-Ni film thicknesses are (a) 2, (b) 10, and (c) 20 nm. (d) Schematic diagram of RHEED pattern simulated for $RT_5(0001)$ surface. Open and filled circles respectively correspond to the types A and B explained in Fig. 2.

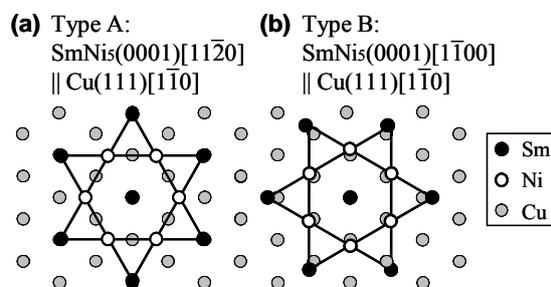


Fig. 2 Epitaxial orientation relationships between $\text{SmNi}_5(0001)$ film and $\text{Cu}(111)$ underlayer: (a) $\text{SmNi}_5[1120] \parallel \text{Cu}[110]$ and (b) $\text{SmNi}_5[1100] \parallel \text{Cu}[110]$.

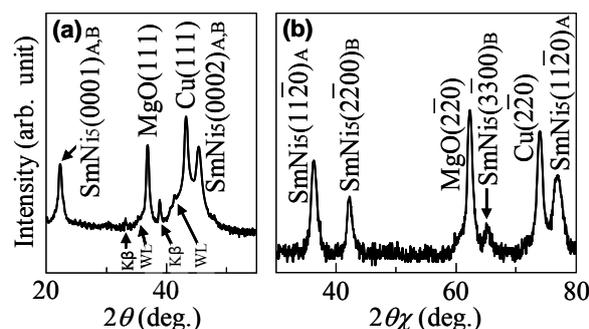


Fig. 3 (a) Out-of-plane and (b) in-plane XRD spectra of an Sm-Ni film deposited on $\text{Cu}(111)$ underlayer at 500°C .