

GaAs(100)単結晶基板上に形成した Co 薄膜の構造に及ぼす 膜厚と基板温度の影響

Influences of Film Thickness and Substrate Temperature

on the Structure of Co Thin Film Formed on GaAs(100) Single-Crystal Substrate

中央大理工¹, 山形大工² °皆川 成行¹, 大竹 充¹, 稲葉 信幸², 二本 正昭¹

Chuo Univ.¹, Yamagata Univ.²,

°Shigeyuki Minakawa¹, Mitsuru Ohtake¹, Nobuyuki Inaba², Masaaki Futamoto¹

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

強磁性層として bcc (A2) 構造を持つ Co 層を, 絶縁体層として MgO もしくは SrTiO₃ 層を用いた磁気トンネル接合で 1000%を超える TMR 比が得られる可能性が計算機シミュレーションにより示唆されており^{1,2)}, 近年, A2-Co 膜が注目されている. Co 結晶の安定構造は fcc (A1) および hcp (A3) 構造であり, A2 構造は準安定構造である. デバイスで用いるためには A2-Co 膜の構造特性を把握する必要がある. これまで, GaAs 単結晶基板上に Co 膜を室温で形成した場合, 膜形成初期過程で A2-Co 結晶膜が形成されることが報告されている^{3,4)}. 本研究では, 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て GaAs(100)基板上に 1~40 nm 厚の Co 膜を RT から 600 °C の間の一定基板温度で形成し, 膜厚および基板温度が構造に及ぼす影響について系統的に調べた. 構造評価には RHEED および XRD を, 磁化曲線測定には VSM を使用した.

Fig. 1(a-1)に基板温度 RT で形成した 1 nm 厚の Co 膜に対して観察を行った RHEED パターンを示す. このパターンは Fig. 1(b-1)に示した A2(100)単結晶表面に対応する回折図形と一致しており, 準安定 A2 構造を持つ Co(100)単結晶膜が得られていることが分かる. RHEED 解析により決定したエピタキシャル方位関係は Co(100)[001]_{A2} || GaAs(100)[001]_{B3} であった. Fig. 1(a-2)に膜厚が 10 nm の時に観察した Co 膜の RHEED パターンを示す. 膜厚の増加に伴い, A2 結晶に加え Fig. 1(b-2)の白丸で示す A1 結晶からの回折パターン⁵⁾が重畳して観察されている. このことは, 準安定な A2 相から安定な A1 相への変態が起きていることを示唆している. 同様な RHEED パターンは GaAs(100)基板上に形成した Ni 膜でも観察されることが報告されている⁵⁾. RHEED および XRD 解析により決定した A2 と A1 結晶の方位関係は Nishiyama-Wasserman 関係^{6,7)}と同様であった. 一方, 基板温度 600 °C で膜形成を行った場合, GaAs 基板を構成する Ga 原子の膜中への拡散を示唆する実験結果が得られた. Fig. 2(a)に基板温度 600 °C で形成した 1 nm 厚の膜に対して観察した RHEED パターンを示す. このパターンは Fig. 2(b)に示す CsCl 型結晶構造の B2 規則相(100)に対応している. 膜形成時の基板温度が上昇すると Ga 原子拡散により B2 規則構造の CoGa 結晶膜が形成されるものと解釈される. 当日は, Co 膜構造と磁気特性の関係についても議論する予定である.

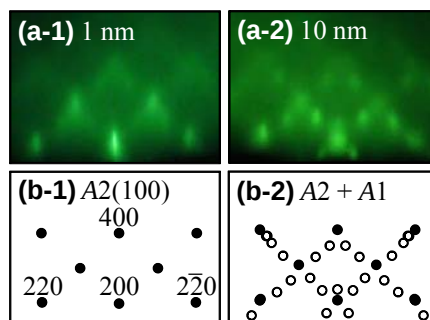


Fig. 1 (a) RHEED patterns of a Co film deposited on GaAs(100) substrate at RT and (b) the RHEED schematic diagrams. The film thicknesses are (a-1, b-1) 1 and (a-2, b-2) 10 nm.

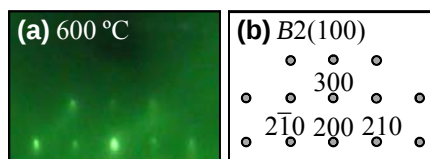


Fig. 2 (a) RHEED pattern of a 1-nm-thick Co film deposited on GaAs(100) substrate at 600 °C and (b) the RHEED schematic diagram.

- 1) X. -G. Zhang and W. H. Butler, *Phys. Rev. B* **70**, 172407 (2004). 2) I. I. Oleinik *et al.*, *Phys. Rev. B* **65**, 020401 (2001). 3) G. A. Prinz, *Phys. Rev. Lett.* **54**, 1051 (1985). 4) S. J. Blundell *et al.*, *J. Appl. Phys.* **73**, 5948 (1993). 5) M. Ohtake, M. Futamoto, and N. Inaba, JEMS 2013, SOFT_12:00–12:15. 6) G. Wasserman, *Arch. Eisenhuettenwes* **16**, 647 (1933). 7) Z. Nishiyama, *Sci. Rep. Tohoku Univ.* **23**, 638 (1934).