

Cr(211)下地層上に形成した Ni-Fe 薄膜の Fe/Ni 組成と膜結晶構造

皆川成行・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)

Relationship between Fe/Ni Composition and Crystal Structure

in the Ni-Fe Thin Films Deposited on Cr(211) Underlayer

Shigeyuki Minakawa, Mitsuru Ohtake, Masaaki Futamoto, Fumiyoshi Kirino*, and Nobuyuki Inaba**

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

はじめに Ni, Fe, Ni-Fe 合金は代表的な軟磁性材料で, 安定結晶構造は fcc もしくは bcc 構造である. 材料の結晶構造が異なると磁気特性も変化する. 近年, バルク状態図には存在しない準安定な結晶構造を持つ磁性材料のデバイス応用が注目されている. これまで, Cr(211)や MgO(001)面上において, 準安定 hcp 構造をもつ Ni および Ni₈₀Fe₂₀ (at. %) 膜が形成されることが報告されているが^{1,2)}, 詳細な構造解析は殆ど行われていない^{3,4)}. 本研究では, Cr(211)下地層上に Ni, Ni-Fe, Fe 膜を形成し, 膜厚および Fe/Ni 組成が膜の結晶構造に及ぼす影響を系統的に調べた.

実験方法 試料の作製には 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(110)基板上に 10 nm 厚の Cr(211)_{bcc} 下地層を基板温度 300 °C でヘテロエピタキシャル成長させた. その後, 室温で Cr 下地層上に Ni, Ni-Fe もしくは, Fe 膜を形成した. 膜厚を 1 から 40 nm の間で変化させた. 構造評価には RHEED および XRD, 磁化曲線測定には VSM を用いた.

実験結果 Fig. 1(a-1)および(b-1)に 1 nm 厚の Ni および Ni₈₀Fe₂₀ 膜に対して観察を行った RHEED パターンを示す. hcp 結晶の形成を示す (Fig. 1(e)) 回折パターンが観察されており, 準安定 hcp 構造をもつ Ni および Ni₈₀Fe₂₀ 膜がヘテロエピタキシャル成長により形成されていることが分かる. RHEED 解析により, エピタキシャル方位関係を hcp(1 $\bar{1}$ 00)[0001] || bcc-Cr(211)[01 $\bar{1}$]と決定した. この方位関係は, Cr(211)下地層上にエピタキシャル成長した hcp-Co 膜の場合と同様であった⁵⁾. 膜厚の増加に伴い, Fig. 1(c)および(d)に示す RHEED 回折強度プロファイルのスポット Y に対するスポット Z の強度が増大しているのが確認される. 極点図形 XRD 解析を行ったところ (Fig. 2), hcp(0001)面が fcc(111)面と平行になった方位関係で, 相変態が生じていることが分かった. hcp および fcc 結晶の方位関係は fcc(2 $\bar{1}$ 1)[111] & fcc(2 $\bar{1}$ 1)[111] || hcp(1 $\bar{1}$ 00)[0001]であった. したがって, 膜厚の増加に伴い, Fig. 1(f)に示す fcc 結晶からの RHEED パターンが hcp 結晶からのパターンに重畳しているものと解釈される. Fig. 3 に 40 nm 厚の Ni および Ni₈₀Fe₂₀ 膜の面外 XRD パターンを示す. MgO 基板および Cr 下地層からの反射に加え, hcp 結晶からの反射を確認できる. fcc(211)は禁制反射のため, 観察されていない. 当日は, Fe および Fe リッチの Ni-Fe 合金膜の構造解析結果についても, 報告する.

参考文献 1) J. C. A. Huang *et al.*: *J. App. Phys.*, **83**, 7046 (1998). 2) W. Tian *et al.*: *App. Phys. Lett.*, **86**, 131915 (2005). 3) M. Ohtake *et al.*: *J. Phys.: Conf. Ser.*, **266**, 012122 (2011). 4) M. Ohtake *et al.*: *Jpn. J. Appl. Phys.*, **50**, 103001 (2011). 5) A. Nakamura and M. Futamoto: *Jpn. J. Appl. Phys.*, **32**, L1410 (1993).

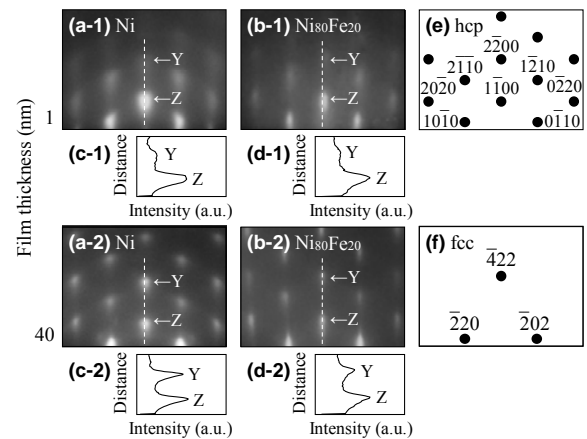


Fig. 1 (a, b) RHEED patterns observed for (a) Ni and (b) Ni₈₀Fe₂₀ films of (a-1, b-1) 1 and (a-2, b-2) 40 nm thicknesses deposited on Cr(211) underlayers at RT. (c, d) RHEED intensity profiles along the dotted lines in (a, b). (e, f) Schematic diagrams of RHEED patterns simulated for (e) hcp(1 $\bar{1}$ 00) and (f) fcc(2 $\bar{1}$ 1) crystals.

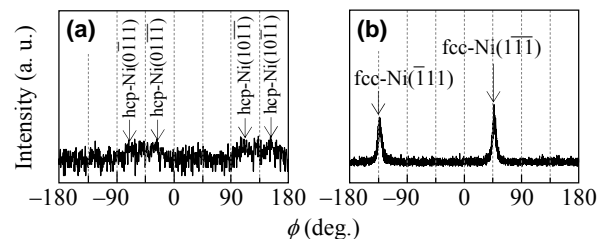


Fig. 2 ϕ -scan XRD patterns of (a) hcp-Ni{10 $\bar{1}$ 0} and (b) fcc-Ni{111} poles obtained from an Ni/Cr/MgO specimen.

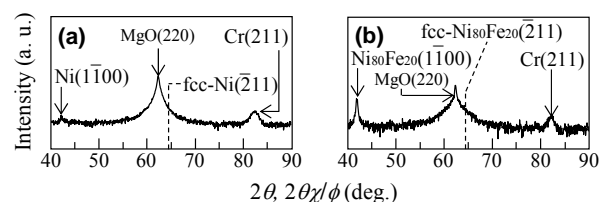


Fig. 3 Out-of-plane XRD patterns of (a) Ni/Cr/MgO(110) and (b) Ni₈₀Fe₂₀/Cr/MgO(110) specimens.