

14p-L-13

(Ni,Mg)O 固溶系 (111) エピタキシャル薄膜の室温成長と機能化

Room-temperature PLD growth and functionalization of nickel and magnesium oxide

solid solution (111) epitaxial thin films

東工大物創¹, 豊島製作所², 並木精密宝石³, 東北大金研⁴, 東工大・弁理士⁵○山内 涼輔¹, 加藤 侑志¹, 荒井 秀樹¹, 土嶺 信男², 小林 晋², 小山 浩司³, 木口 賢紀⁴, 吉本 護^{1, 5}Tokyo Inst. of Tech.¹, TOSHIMA Manufacturing Co.,² NAMIKI Precision Jewel Co.,³ Tohoku Univ.⁴, Patent Attorney⁵○R. Yamauchi¹, Y. Kato¹, H. Arai¹, N. Tsuchimine², S. Kobayashi², K. Koyama³, T. Kiguchi⁴, M. Yoshimoto^{1,5}

E-mail: yamauchi.r.ab@m.titech.ac.jp

【はじめに】これまで我々は、PLD(pulsed laser deposition)法によって、直線状の原子ステップと原子レベルで平坦なテラスを有するサファイア基板 [$\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3(0001)$] [1] 上に種々の酸化物薄膜の室温エピタキシャル成長を検討してきた。その中で、 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3(0001)$ 上に (111) 配向の(Ni,Mg)O 固溶系エピタキシャル薄膜が室温で作製できることを報告した[2]。NiO は、Ni 原子層と O 原子層とが(111)成長方向に交互に積層することが知られている。一方、MgO も NiO と同じ岩塩型構造を有しているため、(Ni,Mg)O 固溶系薄膜は(111)配向の場合、Ni サイトの一部を Mg に置換したエピタキシャル薄膜が得られると考えられる。また、NiO は一般的に反強磁性だが、それは超交換相互作用により、O 層を介してスピンの逆向きを介して安定化していることに起因する。したがって、Ni サイトに Mg が一部置換した場合、超交換相互作用に変化が生じる可能性が考えられる。本研究では、(Ni,Mg)O 固溶系エピタキシャル薄膜を磁場中で室温成膜することで、基板表面上での薄膜前駆体成分のマイグレーションに何らかの影響を与え、結晶核生成や結晶成長に変化が生じる可能性を検討した。また、成膜後に水素雰囲気下でアニール処理することで、絶縁体 MgO マトリックス内に強磁性 Ni 金属ナノ粒子を選択的に還元析出させることも試み、新規磁性薄膜の創製を検討した。

【実験・結果】本研究では PLD 法により成膜を行った。基板には、熱処理によって高さ 0.2nm の原子ステップとテラス幅約 200nm の平坦テラスを発現させた超平坦サファイア基板 [$\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3(0001)$] [1] を使い、ターゲットには NiO を 10mol% または 50mol% 含む(Ni,Mg)O 固溶体セラミックスを使用した。磁場中の室温成膜については、サファイア基板の裏に残留磁束密度 1800G のネオジウム磁石を設置して行った。表面結晶性の観察を、磁場なしで室温成膜した際は in situ RHEED で、磁場中で室温成膜した際は ex situ RHEED で行った。また、薄膜の結晶構造を ex situ XRD、表面形態を大気中 AFM により測定した。RHEED と XRD の結果から、室温成膜した(Ni,Mg)O 薄膜は(111)配向でエピタキシャル成長していることが確認された。Fig.1 に磁場なし(a)および磁場中(b)で $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3(0001)$ 上に室温成膜した(Ni_{0.1}Mg_{0.9})O 薄膜の初期成長時の AFM 像を示す。被覆率は約 15%である。磁場中成膜の方が平均粒径は小さく、粒子数が多い傾向が示唆された。当日は、組成変調の影響および水素雰囲気下でのアニールの結果も報告する。

参考文献

[1] M. Yoshimoto et al., Appl. Phys. Lett. 67 (1995) 2615, 特許第 3015261 (JST)

[2] 荒井秀樹 ほか、2010 年春季 第 57 回応用物理学関係連合講演会講演予稿集 06-262

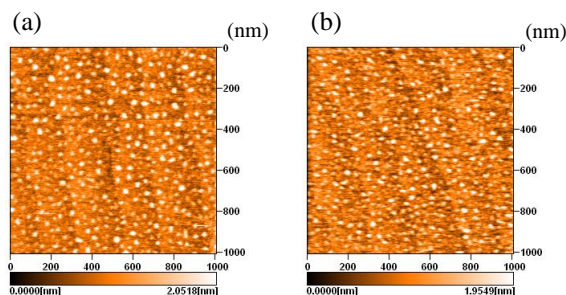


Fig.1 AFM images ($1 \times 1 \mu\text{m}^2$) of (Ni_{0.1}Mg_{0.9})O deposited at room temperature (a) without and (b) with magnet field