

岩塩型 $\text{Ni}_{0.5}\text{Fe}_{0.5}\text{O}$ (111) 薄膜の室温エピタキシャル成長における PLD 成膜条件の影響と特性評価

Effect of PLD Deposition Conditions on Structure and Properties of Room Temperature Grown $\text{Ni}_{0.5}\text{Fe}_{0.5}\text{O}$ Epitaxial Thin Films

東工大物質理工¹, (株)豊島製作所², 神奈川県産総研³

○池谷侑紀¹, 藤元勇希¹, 土嶺信男², 金子智^{3,1}, 宇佐見喬政¹, 谷山智康¹, 松田晃史¹, 吉本護¹

Tokyo Tech. Materials¹, TOSHIMA Manu.², KISTEC³

○Y.Ikeya¹, Y.Fujimoto¹, N.Tsuchimine², S.Kaneko^{3,1}, T.Usami¹, T.Taniyama¹, A.Matsuda¹, M.Yoshimoto¹

E-mail: ikeya.y.aa@m.titech.ac.jp

【緒言】

酸化ニッケル (NiO) は岩塩型構造を有する反強磁性 p 型ワイドギャップ半導体 ($E_g = 3.6 \text{ eV}$) である。NiO ナノ構造材料は、リチウムイオン電池やエレクトロクロミックデバイスなどで関心を集め、高い配向性を有するエピタキシャル薄膜は交換バイアス層などとしてスピントロニクスなどの応用に貢献する。この NiO に対して、Fe のように Ni とは内殻磁性電子数の異なる遷移金属をドーピングした場合、電子キャリアの注入、格子歪、磁気量子数が異なる ($\text{Fe}^{3+}: m = 0$, $\text{Fe}^{2+}: m = -1$ ($\text{Ni}^{2+}: m = +2$)) ことによる反強磁性スピン秩序の崩壊など、半導体特性や磁性の制御などスピントロニクスへの新たな応用が期待できる。一方で、一般に機能性エピタキシャル薄膜の作製には高温成長が用いられるが、多元系セラミックス薄膜においては成分の再蒸発や析出による組成ずれの抑制や高濃度ドーピングを得るために低温成長が有用となる^[1]。さらに、薄膜合成時の酸素雰囲気や温度の違いにより構造や Fe の価数変化、物性変化などが生じるため、成膜条件の影響は重要な検討課題である。本研究では、Ni-Fe 二元系酸化物エピタキシャル薄膜における新機能発現を目的として、特に $\text{Ni}_{0.5}\text{Fe}_{0.5}\text{O}$ 薄膜の室温合成と基板や堆積酸素圧などの成膜条件が、Fe の価数や構造、および導電性と磁気特性に与える影響について検討した。

【実験・結果】

$\text{Ni}_{0.5}\text{Fe}_{0.5}\text{O}$ 薄膜は KrF エキシマーレーザー ($\lambda = 248 \text{ nm}$, $d = 20 \text{ ns}$) を用いたパルスレーザー堆積 (PLD) 法により作製した。薄膜成長には $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ (0001) 単結晶基板および $\text{NiO-Fe}_2\text{O}_3$ 系複合酸化物 (カチオン比 1:1) 焼結体ターゲットを使用し、基板温度を室温 (非加熱、約 20°C)、堆積酸素圧を変化 (10^{-5} – 10^0 Pa) させて堆積した。得られた薄膜について結晶配向性を X 線回折測定 (XRD) 及び反射型高速電子線回折 (RHEED) により評価し、表面形状を原子間力顕微鏡 (AFM) により観察、光学特性を紫外可視分光法 (UV-vis) により測定し、直流二端子法により I-V 測定を行った。作製した薄膜は NiFe_2O_4 などの偏析は見られず、いずれの酸素圧条件下でも岩塩型構造の (111) 配向 (Fig.1) と面内異方性が見られ、 $\text{Ni}_{0.5}\text{Fe}_{0.5}\text{O}$ (111) 薄膜が室温でエピタキシャル成長したことが分かった。また、堆積酸素圧の低減に従い面間隔 (d_{111}) が伸びており、これはよりイオン半径が大きい Fe^{2+} の存在比が増加したことによるものだと考えられる。さらに、低堆積酸素圧ほど導電性が向上したことから (Fig.2)、酸素欠損による構造や物性への影響も考えられる。導電率の温度特性や磁性に与える Fe の影響に関しても報告する。

[1] N. Shiraishi et al., *Jpn. J. Appl. Phys.*, **49**, 108001 (2010).

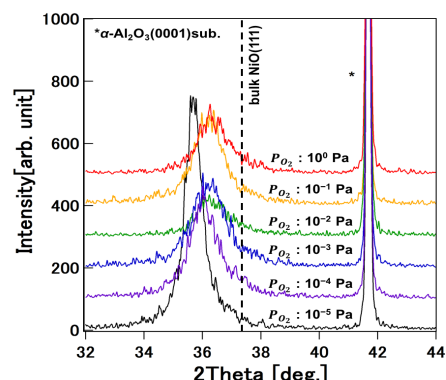


Fig.1 XRD $2\theta/\omega$ profiles ($32-44^\circ$ range) obtained for films grown on $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ (0001) at room temperature in $p\text{O}_2 = 10^{-5}-10^0$.

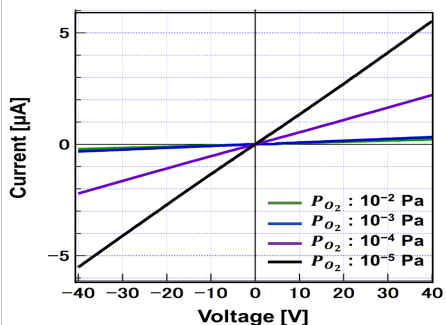


Fig.2 I-V curves of $\text{Ni}_{0.5}\text{Fe}_{0.5}\text{O}$ thin films grown on $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ (0001) substrate at room temperature in $p\text{O}_2 = 10^{-5}-10^0$.