

岩塩型 $\text{Ni}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}$ 薄膜の室温エピタキシャル成長と特性評価

Room Temperature Epitaxial Growth and Properties of Rock Salt Type $\text{Ni}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}$ Thin Films

東工大物質理工¹, (株)豊島製作所², 神奈川県産技総研³, 物材機構⁴

○池谷 侑紀¹, 土嶺 信男², 金子 智^{3,1}, Seo Okkyun⁴, 坂田 修身^{4,1}, 松田 晃史¹, 吉本 護¹

Tokyo Tech. Materials¹, TOSHIMA Manu.², KISTEC³, NIMS⁴

○Y.Ikeya¹, N.Tsuchimine², S.Kaneko^{3,1}, O.Seo⁴, O.Sakata^{4,1}, 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 p 型ワイドギャップ半導体 ($E_g = 3.6 \text{ eV}$) として知られており、(111)面内でのスピン配列に起因する酸素原子を介した超交換相互作用により反強磁性を示すなど、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が考えられる。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添加した場合、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、一般に機能性セラミックス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のために低温成長が有用^[1]であり、今回のような二元系酸化物薄膜の作製において Ni と Fe の濃度比を調整する上でも重要なプロセスとなっている。本研究では、室温合成した $\text{Ni}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}$ エピタキシャル薄膜 ($x = 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7$) に関して、Fe の含有量が構造や物性に与える影響について検討した。

【実験】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。薄膜成長には原子ステップを有する超平坦 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3(0001)$ 基板^[2]および $\text{NiO-Fe}_2\text{O}_3$ 系複合酸化物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)、酸素圧を 10^{-5} Pa で堆積した。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)、導電特性を直流四端子法により測定した。

【結果】XRD および RHEED の結果から、作製した薄膜は NiFe_2O_4 など異相の明瞭な偏析はみられず、いずれの組成でも岩塩型構造の (111) 配向と面内異方性が見られ、 $\text{Ni}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}$ 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、Fe 成分の増大に従い、面間隔 (d_{111}) の縮小傾向 (Fig.1) や、電気抵抗率の低減が見られた (Fig.2) ことから、 Fe^{2+} よりイオン半径の小さい Fe^{3+} の存在比増加に伴うキャリアの注入による導電性向上が考えられるが、低堆積酸素圧条件での成膜であるため、酸素欠損による構造や物性への影響も考えられる。当日は、室温作製したサンプルを大気中や真空中の熱処理による Fe の状態変化や、構造、物性に与える影響についても発表する。

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

[2] M. Yoshimoto et al., *Appl. Phys. Lett.*, **67**, pp.2615(1995)

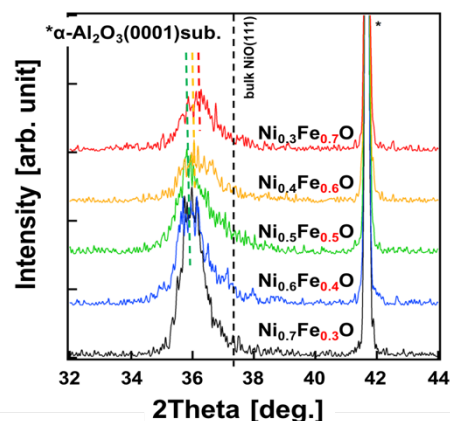


Fig.1 XRD $2\theta/\omega$ profiles of $\text{Ni}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}$ thin films grown on $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3(0001)$ at room temperature.

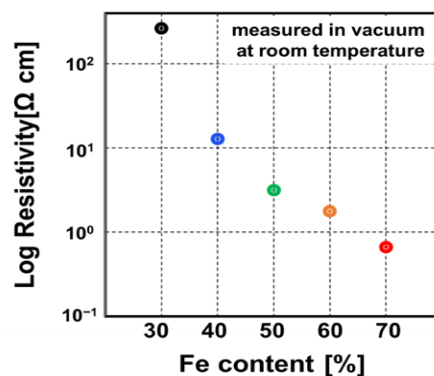


Fig.2 Fe content dependent electrical resistivity of $\text{Ni}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}$ thin films grown on $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3(0001)$ substrate at room temperature.