

低温 PLD 合成 $\text{Ni}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}$ (111) エピタキシャル薄膜の磁気抵抗評価

Magnetoresistance of low temperature PLD grown $\text{Ni}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}$ (111) epitaxial 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

○(M2) 篠崎 佳晴¹, 金子 健太¹, 土嶺 信男², 金子 智^{3,1}, 松田 晃史¹, 吉本 護¹

Tokyo Tech¹, TOSHIMA Manu.², KISTEC³

○Yoshiharu Shinozaki¹, K. Kaneko¹, N. Tsuchimine², S. Kaneko^{3,1}, A. Matsuda¹, M. Yoshimoto¹

E-mail: shinozaki.y.ac@m.titech.ac.jp

【緒言】酸化ニッケル(NiO)は岩塩型構造の p 型ワイドギャップ半導体(E_g 約 3.6 eV)である。NiO は〈111〉方位における超交換相互作用による Ni 層の反平行スピン配列から反強磁性を示し、そのエピタキシャル薄膜はスピントロニクスデバイスの交換バイアス層としても研究されてきた^[1]。これに対して、NiO エピタキシャル薄膜に磁気量子数が異なる Fe を 5~10 mol% 程度ドーブし、反強磁性スピン秩序の崩壊による強磁性の発現や、格子歪による異方性強磁性挙動など、磁性半導体やスピントロニクス応用に関する研究も報告されている^[2,3]。一方で我々は、これまでに高濃度の Fe ドープにより生じる岩塩型構造の変化に伴う構造・導電性制御について報告しており^[4]、その磁場応答や薄膜磁性の変化について更なる研究が必要であった。本研究では、Fe 高濃度領域の $\text{Ni}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}$ エピタキシャル薄膜に関して、構造と物性の相関を明らかにすることを目的として、Fe ドープ量が磁気抵抗効果に与える影響について検討した。

【実験・結果】 $\text{Ni}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}$ 薄膜は、KrF エキシマーレーザー($\lambda=248$ nm, $d=20$ ns)および $x \leq 0.7$ となる組成の $\text{NiO-Fe}_2\text{O}_3$ 系複合焼結体ターゲットを用いた、パルスレーザー堆積(PLD)法により $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ (0001)基板上に作製した。成膜は室温~573 K で行い、また結晶性向上のため 573 K で Ar 雰囲気下の赤外線急速アニール(RTA)を行った。AFM 観察より、薄膜の表面形状は微小結晶粒の凝集を示し、RMS 粗さ~0.7 nm と平坦であった。RHEED 観察及び Fig.1 の XRD 結果から $\text{Ni}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}$ 薄膜($x=0.5, 0.6, 0.7$)は、作製したいずれの組成でも岩塩型構造をベースとする(111)エピタキシャル薄膜と分かった。一方、Fe 濃度の増加に伴い回折ピークが高角側へシフトしており、四面体と歪んだ八面体配位の Fe 局所構造と Fe^{3+} による短い Fe-O 結合の増大が示唆された^[4]。Fig.2 に得られた $\text{Ni}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}$ エピタキシャル薄膜($x=0.5, 0.6, 0.7$)について、PPMS を用いた直流磁気抵抗(MR)測定を 300 K で行った結果を示す。いずれの薄膜も面直磁場印加により負の磁気抵抗効果を示し、 $\text{Ni}_{0.3}\text{Fe}_{0.7}\text{O}$ (111)薄膜では 9T において約-0.5%となった。既報に比べて変化率は小さかった一方^[5]、本研究において $x=0.7$ で MR が大きくなった要因として、四面体配位 Fe イオン増加の寄与が考えられる。本講演ではアニール条件による磁気抵抗効果への影響についても発表する。

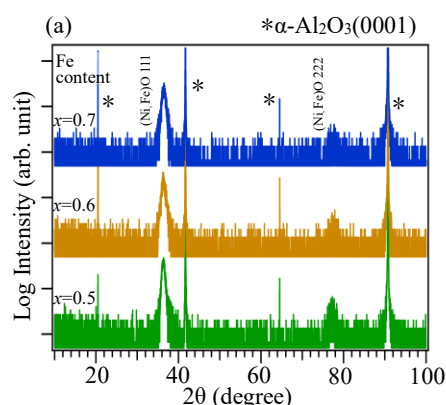


Fig.1 (a) XRD patterns, and (b) calculated d-spacing of 111 diffraction peaks of $\text{Ni}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}$ thin films after RTA at 573 K formed on $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ (0001) substrates.

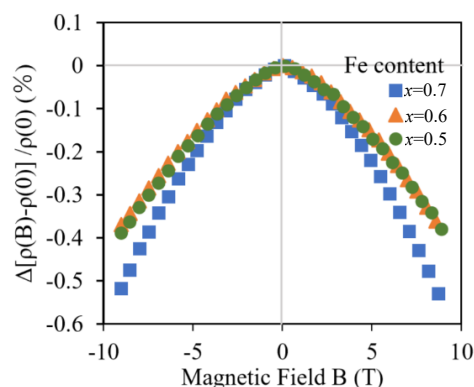
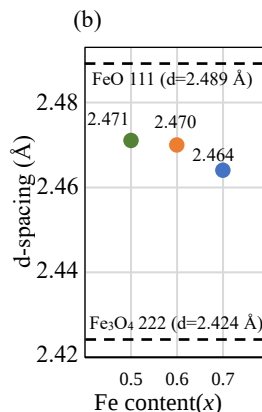


Fig.2 Magnetoresistance of the annealed $\text{Ni}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}$ (111) thin films measured at 300 K in perpendicular magnetic field.

[1] Ying Jie Wu et al., *J. Mater. Chem. C*, **7**, (2019) 6091-6098.

[2] Jianfei Wang et al., *Appl. Phys. Lett.* **87**, (2005) 202501.

[3] Yu-Jun Zhang et al., *AIP Advances* **5**, (2015) 077107.

[4] Okkyun Seo et al., *Sci. Rep.*, **9**, (2019) 4309.

[5] C Jin et al., *Appl. Phys.* **43**, (2010) 385001.