

希土類ドーピング NiO エピタキシャル薄膜の特性評価

Epitaxial growth and characterization of rare-earth doped NiO thin films

高野詩織¹, 福田大二¹, 塩尻大士¹, 土嶺信男², 金子 智^{3,1}, 松田晃史¹, 吉本 護¹

(1.東工大、2.(株)豊島製作所、3.神奈川県産技セ)

S.Takano¹, D. Fukuda¹, D. Shiojiri¹, N. Tsuchimine², S. Kaneko^{3,1}, A. Matsuda¹, M. Yoshimoto¹

(1. Tokyo Inst. of Tech., 2. TOSHIMA Manu. Co., Ltd., 3. Kanagawa Ind. Tech. Center)

E-mail: yoshimoto.m.aa@m.titech.ac.jp

【緒言】酸化ニッケル (NiO) は約 4 eV のバンドギャップを持つ p 型ワイドギャップ半導体である。NiO への Li⁺ など一価の軽元素イオンの置換ドーピングによりキャリアを導入して、導電性を制御する研究が報告されてきた^[1]。また、この機能性セラミックス材料はエピタキシャル成長をさせることにより、様々な電子・エネルギーデバイスに応用することができる。一方、NiO に希土類をドーピングした薄膜成長や特性制御に関する報告は少ない。ランタノイドは 6s 軌道による内殻 (4f, 5d) 軌道の遮蔽が不十分なため、Li⁺ ドーピングとは異なったバンド構造制御が期待できる。このことから、希土類ドーピング NiO では新たな電子・光学的機能が発現する可能性がある。本研究では、NiO エピタキシャル薄膜において軽希土類元素ドーピングが結晶成長、導電性及び光学特性に与える影響について検討した。

【実験・結果】高純度 NiO (99.9 %) および La 5 cation% を NiO にドーピングした La:NiO の焼結体ターゲットを用いたパルスレーザー堆積 (PLD) 法により薄膜を成長させた。基板には、高さ約 0.2 nm の原子ステップを持つ超平坦 α -Al₂O₃(0001) 基板を用いた^[2]。酸素分圧 2.0×10^{-7} — 1.0×10^{-2} Torr において、室温で NiO および La:NiO 薄膜を堆積した。得られた薄膜は、反射型高速電子線回折と X 線回折測定の結果から、いずれの酸素圧でも (111) エピタキシャル成長したことがわかった。Fig. 1 は各酸素圧で作製した NiO (111) および La:NiO (111) 薄膜における (111) 面間隔 $d_{\text{film}(111)}$ のバルク値 $d_{\text{bulk}(111)}$ (ICDD PDF 01-071-1179) に対する伸び率を示している。全ての酸素圧において、NiO と比較して La:NiO 格子が <111> 面直方位に伸びており、NiO に La がドーピングされていることが示唆された。また、Fig. 2 には四端子法で測定した薄膜の抵抗率 (室温) を示す。成膜酸素圧によらず NiO 薄膜に対して、La:NiO 薄膜が低い抵抗率を示した。La 5 cation% ドーピングにより格子歪が増えた一方、キャリア濃度が増加したことが考えられる。軽希土類ドーパントの化学種やドーピング量を変化させた NiO 薄膜について成長や、特性に与える影響についても報告する。

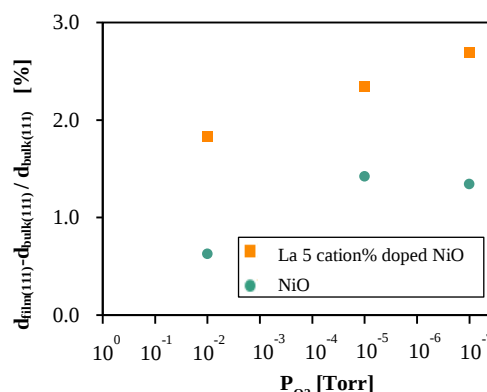


Fig.1. The extension rate of (111) spacing for NiO (111) and La:NiO (111) thin films, normalized by the bulk value.

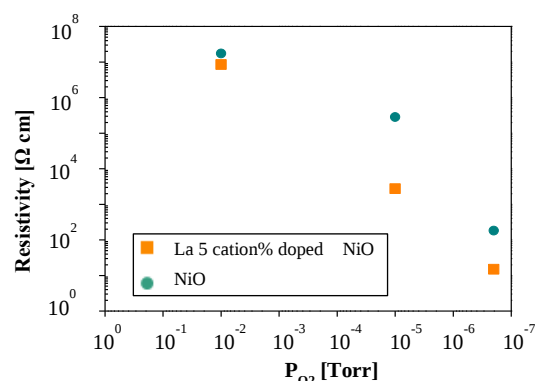


Fig.2. Sheet resistivity of epitaxially grown NiO (111) and La:NiO (111) (5 cation%) thin films.

[1] A. Matsuda *et al.*, Appl. Phys. Lett. **90** (2007) 182107

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