

エピタキシャル NiO 薄膜の物性および構造に及ぼす エキシマ真空紫外光照射の影響

Effect of excimer VUV-light on structure and properties of epitaxial NiO thin films

東工大物質理工¹, 神奈川県産技総研²

○(M2) 金子 健太¹, 庄司 拓貴¹, 大賀 友瑛¹, 金子 智^{2,1}, 吉本 護¹, 松田 晃史¹

Tokyo Tech¹, KISTEC²

○Kenta Kaneko¹, H. Shoji¹, T. Oga¹, S. Kaneko^{2,1}, M. Yoshimoto¹, A. Matsuda¹

E-mail: kaneko.k.am@m.titech.ac.jp

【緒言】酸化ニッケル(NiO)は、岩塩型構造をとり反強磁性を示す、ニッケル欠損型の p 型ワイドギャップ半導体($E_g \sim 3.7$ eV)として知られている。そのエピタキシャル薄膜は、スピントロニクスやオプトエレクトロニクスといった積層デバイス応用に関して、キャリア移動度や構造異方性に基づく物性制御において重要である。これまで NiO は太陽電池のホール輸送層や、紫外線検出デバイス^[1,2]としての応用を目指した Li^+ など異原子価ドーピングによる導電性制御が研究されており、我々も室温高濃度ドーピングを報告してきた^[3]。また、ドーパントフリーの多結晶 NiO 薄膜について、低圧水銀ランプを用いた UV/O_3 処理による導電性向上と化学状態の変化が報告されている^[4]。堆積後の酸化物薄膜に対して、低温かつ低コストでの物性制御が示されたが、導電性向上と構造変化の関係についてはさらに知見が必要である。一方で、従来の水銀ランプと比較して、光子エネルギーの大きい単色(172 nm)の真空紫外(VUV)光が得られる Xe_2 エキシマランプを用いることにより、 O_3 や $\text{O}^1(\text{D})$ などの酸素活性種の効率的な生成が可能となる。さらに、エピタキシャル薄膜を用いて構造解析および物性評価を行うことにより、VUV 光照射や $\text{O}_3/\text{O}^1(\text{D})$ の効果について詳細な知見を得ることが期待できる。本研究では、異原子価ドーピングによらない酸化物半導体の物性制御を見出すことを目的として、エピタキシャル NiO 薄膜に対する VUV 光照射による、構造と物性変化の関係について検討した。

【実験・結果】まず NiO 薄膜を、KrF エキシマレーザー(波長 248 nm, パルス幅 ~ 20 ns)を用いた PLD 法により $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ (0001)などの単結晶基板上に堆積した。続いて、得られた薄膜に対して Xe_2 エキシマランプ(浜松ホトニクス, EX-mini L12530-01)を用いた VUV 光照射を大気中で行った。照射前後の結晶性を XRD 測定により、また VUV 光照射による抵抗率変化を 4 探針法によって測定した。Fig. 1 は室温で堆積した NiO/ $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ (0001) 薄膜に対する VUV 光照射前後の XRD および RHEED パターンである。堆積直後に得られた NiO (111) エピタキシャル構造は、VUV 光照射後においても維持されていることが分かった。Fig. 2 は NiO (111) エピタキシャル薄膜に対する VUV 光照射による導電率(上)および、(111)面間隔の変化(下)を示している。120 分の VUV 光照射により 3 桁程度の顕著な導電性の向上が得られた。また、導電率変化に対応する面間隔の縮小も確認され、VUV 光が生成した酸素活性種による Ni イオンの価数変化を示唆すると考えられる。講演では、詳細な構造・物性変化や成膜・照射条件の影響についても発表する。

[1] J. H. Park et al., *Adv. Mater.* **27**, 4013-4019 (2015).

[2] M. R. Hasan et al., *APL Mater.* **3**, 106101 (2015).

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

[4] G. H. Aydogdu et al., *J. Appl. Phys.* **108**, 113702 (2010).

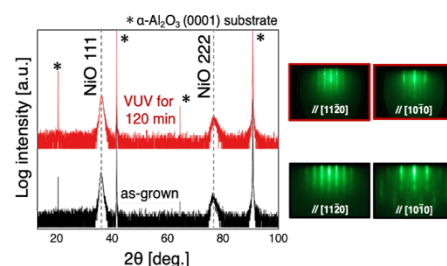


Fig. 1 XRD and RHEED patterns of NiO thin films on $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ (0001) substrates as-grown and after VUV light irradiation.

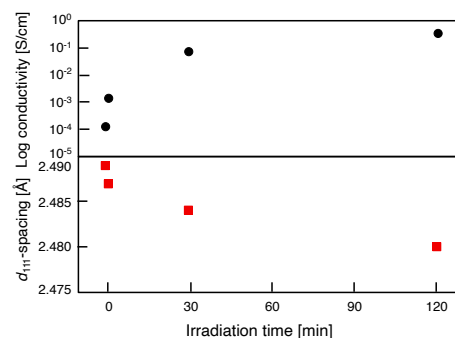


Fig. 2 Conductivity and d_{111} -spacing of the NiO (111) epitaxial thin film as a function of VUV light irradiation time.