

n-GaN ホモエピ薄膜上への p-NiO スパッタ堆積と UV 光吸収太陽電池及び LED の試作

UV light absorbing and emitting diodes consisting of a p-type NiO film
deposited on an n-type GaN homoepitaxial layer

東北大学 多元研¹⁾, 東京理科大学 理工/総研²⁾

○王澤樺²⁾, 中井洋志²⁾, 杉山睦²⁾, 秩父重英¹⁾

IMRAM, Tohoku Univ.¹⁾, Faculty of Science & Technology / RIST, Tokyo Univ. of Science²⁾

○Z. Wang²⁾, H. Nakai²⁾, M. Sugiyama²⁾, S. F. Chichibu¹⁾

E-mail: optoelec@rs.noda.tus.ac.jp

【はじめに】低抵抗 p 型ワイドバンドギャップ半導体の形成は困難なため、UV-LED の高効率化を阻害する一因となっている。NiO は、アクセプタとなる内因性の Ni 空孔や外因性の Li、K、Cu 等の濃度を制御することにより、抵抗率を絶縁体から超電導レベルまで制御できるため、p 型透明導電膜(TCF)材料として有望である。また、NiO の伝導帯及び価電子帯エネルギーは GaN のそれらより高く、p-NiO/n-GaN は TYPE-II バンドアライメントを形成する可能性があり、受光デバイス実現には有利である。本研究では、NiO を p 型 TCF に用いた GaN 系光デバイス探索の一環として、高品質ホモエピ n-GaN 上に RF スパッタ法で多結晶 p-NiO を堆積し、ヘテロ接合ダイオードの評価を行った。

【実験方法】三菱ケミカル製 HVPE 自立 GaN 基板の上に、MOVPE 装置[1]を用いて GaN をホモエピ成長させ、RF スパッタ法[2]により無添加 NiO 膜を約 30nm 堆積した[3]。NiO のキャリア濃度はスパッタ時の Ar-O₂ ガス圧比を調整し、GaN のそれ($n=1.0 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$)より一桁高く($p=1.0 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$)なるように設計した。評価には、光透過測定、光電子収率分光法(PYS)測定、電流電圧測定、QE 測定、PL 測定、EL 測定を用いた。

【結果及び考察】図 1 に、NiO/GaN の PYS 測定等より見積もられた価電子帯エネルギーと、各層のフェルミ準位を考慮して描いたバンドダイアグラムを示す。接合の順方向オン電圧は 3.2V 程度であり、TYPE-II ヘテロ接合が価電子帯側からオンしたと考えれば妥当である。図 2 に、室温における NiO/GaN の EL スペクトルと、GaN 薄膜のみと NiO/GaN 構造の PL スペクトルを示す。EL スペクトルは、約 3.26eV の UV 発光、約 2.3eV の黄色発光(YL)帯、及び約 2.8eV の青色発光(BL)帯から成り、青白色の発光が目視できた。今回スパッタ堆積した p-NiO 膜は欠陥密度の高い多結晶薄膜であり、単膜では PL を呈さない。従って、ダイオードの発光は n-GaN 層に由来するものと考えられる(UV 発光は Mg 由来、BL と YL は炭素由来)。この結果は、p-NiO から n-GaN に正孔が注入された事を示唆しており、NiO が p 型 TCF 材料として有望であることを示している。

【謝辞】本研究の一部は、MEXT 物質・デバイス領域共同研究拠点及び科研費(新領域・特異構造 JP16H06427、基盤(C)JP16K06274)、東京理科大総研 太陽光発電技術研究部門、及び重点課題特別研究推進費の助成を受けた。

【参考文献】[1]秩父他 APL **92** (2008) 091912. [2]杉山, 中井, 杉本, 山田, 秩父 JJAP **55** (2016) 088003. [3]中井, 杉山, 秩父 APL **110** (2017) 181102.

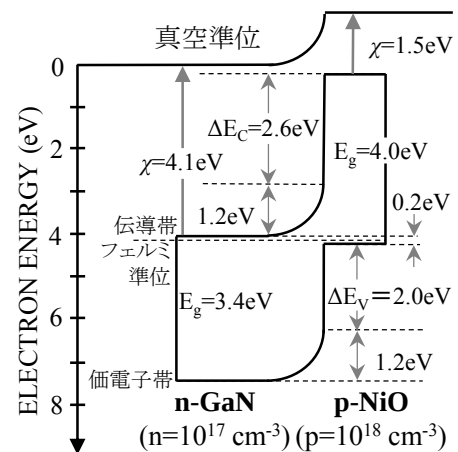


図 1 NiO/GaN のバンドダイアグラム

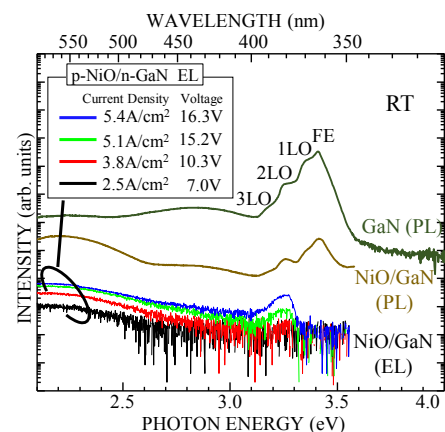


図 2 NiO/GaN の室温における EL、PL スペクトル