

AlGaIn ホモ接合トンネルジャンクション深紫外 LED の低電圧駆動

Low voltage operation of AlGaIn homo tunnel junction deep UV LED

名大院工¹, 豊田合成², TS オプト³, 名大未来材料・システム研究所⁴, 名城大⁵, 名大赤崎記念研究センター⁶,名大 VBL⁷, ○永田 賢吾^{1, 2, 3}, 牧野 浩明², 三輪 浩士^{2, 3}, 松井 慎一^{2, 3},坊山 晋也^{2, 3}, 齋藤 義樹^{2, 3}, 久志本 真希¹, 本田 善央⁴, 竹内 哲也⁵, 天野 浩^{4, 6, 7}Dept. of Electronics Nagoya Univ.¹, Toyoda Gosei Co., Ltd.², TS Opto Co., Ltd.³, IMASS, Nagoya Univ.⁴,Meijo Univ.⁵, ARC, Nagoya Univ.⁶, VBL, Nagoya Univ.⁷,°Kengo Nagata^{1, 2, 3}, Hiroaki Makino³, Hiroshi Miwa^{2, 3}, Shinichi matsui^{2, 3}, Shinya Boyama^{2, 3}, Yoshiki Saito^{2, 3}, MakiKushimoto¹, Yoshio Honda⁴, Tetsuya Takeuchi⁵, Hiroshi Amano^{4, 6, 7}

E-mail: nagata.kengo@c.mbox.nagoya-u.ac.jp

Ⅲ族窒化物半導体を用いた深紫外線 (DUV) LED は、殺菌など幅広い用途への応用が期待されている。しかし、その発光効率は青色 LED と比較すると低く、その改善が望まれている。市販の DUV LED は p コンタクト層に GaN を用いているため、発光層から放出された光の大部分が GaN で吸収され、高い効率が得られていない。光取り出し効率向上のために、GaN を用いない AlGaIn ホモトンネル接合 (TJ) DUV LED が報告されているが、動作電圧が 14V~50V と高かった^{1, 2, 3)}。今回、我々は TJ 部の C 濃度抑制、高 Si ドーピング を行い、AlGaIn ホモ TJ DUV LED を作製した。LED 構造は MOVPE 法により、AlN (3 μm)、n-AlGaIn (1.3 μm)、AlGaIn 多重量子井戸層、電子ブロック層 (EBL)、p-Al_{0.5}Ga_{0.5}N (50 nm) の順に成長させた。続けて、TJ LED は、TJ 層: p⁺-Al_{0.5}Ga_{0.5}N (50 nm)、n⁺-Al_{0.6}Ga_{0.4}N (40 nm)、Top n-Al_{0.6}Ga_{0.4}N (300 nm) (Table 1: 異なる成長条件で 4 試料作製)、比較のため PN 接合 LED は、EBL/p-Al_{0.5}Ga_{0.5}N 上に p⁺GaN (20 nm) をそれぞれ成長させた。LED チップ面積と発光面積は、それぞれ 1.0 mm²、0.56 mm² であり、n 電極は V/Al/Ti/Pt/Au、p 電極は IZO を堆積させた。作製した TJ LED の特性は、Po = 31.4 mW、Vf = 10.4 V@63 A/cm²、波長 283 nm (Fig. 2) と、従来と比べ低い動作電圧が得られた。Top n-AlGaIn、n⁺-AlGaIn の“キャリア濃度が高くなったことによる TJ 層の空乏層幅縮小”と、n⁺-AlGaIn での“Ⅲ族空孔-Si の複合欠陥などの欠陥準位を伝導すること”、がトンネリング確率を高め、低電圧駆動に寄与していると考えられる。これらの詳細について、当日報告する。

1) C. Kuhn *et al.*, Photonics Research 7, B7 (2019).2) V. Fan Arcara *et al.*, J. Appl. Phys. 126, 224503 (2019).3) E. A. Clinton, *et al.*, Appl. Phys. Lett. 115, 082104 (2019).

Table. 1 Summary of evaluated parameters for all samples.

Sample	n ⁺ -AlGaIn		Top n-AlGaIn	
	[Si] (cm ⁻³)	[C] (cm ⁻³)	[Si] (cm ⁻³)	[C] (cm ⁻³)
#1	6.2×10 ¹⁹	1.8×10 ¹⁸	2.2×10 ¹⁹	3.0×10 ¹⁸
#2	1.3×10 ²⁰	1.8×10 ¹⁸	2.2×10 ¹⁹	3.0×10 ¹⁸
#3	6.3×10 ¹⁹	6.5×10 ¹⁷	2.6×10 ¹⁹	3.1×10 ¹⁷
#4	1.3×10 ²⁰	6.5×10 ¹⁷	2.6×10 ¹⁹	3.1×10 ¹⁷

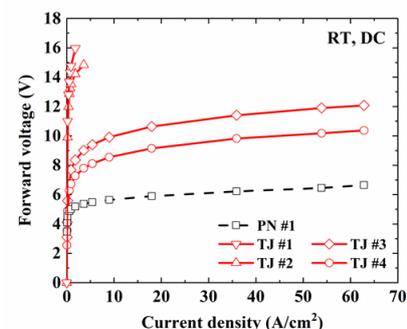


Fig.2 Forward voltage - current density characteristics of PN and TJ structures.