

深紫外 LED の発光出力向上に向けた多結晶スパッタリング MgZnO 透明電極 Sputtered polycrystalline MgZnO as transparent electrode in deep ultraviolet light emitting diode for significant emission improvement

名大院工¹, 豊田合成², 名大未来材料・システム研究所³, 名大赤崎記念研究センター⁴, 名大 VBL⁵

○(M2)松原 太一¹, 永田 賢吾^{1,2}, 久志本 真希¹, 本田 善央³, 天野 浩^{3,4,5}

Graduate School of Engineering Nagoya Univ.¹, Toyoda Gosei Co., Ltd.²,

IMaSS, Nagoya Univ.³, Akasaki RC, Nagoya Univ.⁴, VBL, Nagoya Univ.⁵

○(M2)T. Matsubara¹, K. Nagata^{1,2}, M. Kushimoto¹, Y. Honda³, and H. Amano^{3,4,5}

E-mail: matsubara.taichi@i.mbox.nagoya-u.ac.jp

【研究背景】Ⅲ族窒化物半導体である AlGaIn を用いた深紫外線発光ダイオード(DUV-LED)は、殺菌などの分野で応用が期待されている。しかし、p コンタクト層に使用される GaN が光吸収層となるため、光取り出し効率(LEE)が非常に低い。LEE の改善には GaN フリーの構造が必要である。以前、我々の研究グループでは GaN フリーの AlGaIn ホモトンネル接合(TJ)DUV-LED の低電圧駆動^[1]を報告した。しかし、TJ 上部の合金化した Ti/Al 電極が光を吸収し発光出力が低下する課題があった。そこで、発光出力改善のため、深紫外光透過可能な透明電極材料 MgZnO^[2]に着目した。本報告では、MgZnO に Al を蒸着した高反射率の電極構造を TJLED 上に積層することで LEE を向上し、発光出力の改善に取り組んだ。

【実験手法】MOVPE 法を用いて、Fig. 1 に示す TJLED 構造を c 面 Sapphire 上に積層した。MgZnO はアノード側に RF マグネトロンスパッタリングを用いて成膜した。MgZnO の成膜には MgO と ZnO の組成比 1 : 2、純度 4N の焼結体 2 インチターゲットを使用した。MgZnO の成膜条件は、深紫外で最も透過率が高く、低抵抗であった RF パワー 100 W、成膜温度 200 °C を選択した。MgZnO のパターニングはフォトリソグラフィーを用いた。MgZnO の成膜後、比抵抗低減^[3]のため窒素雰囲気下 850 °C で 5 分間のアニールを行った。MgZnO 上部に Al/Ti/Pt/Au/Al を蒸着し、高反射率の電極構造を形成した。比較のため、アノード側に Ti/Al を蒸着し合金化した TJLED と、EBL 上に p-AlGaIn, p-GaN を順に成膜し IZO を堆積した PNLED を用意した。

【結果と考察】Fig. 2 に作製した各 LED の I-V 特性を示す。TJLED は TJ 層での電圧オフセットにより、順方向電圧は PNLED と比較し増加した。一方、Ti/Al と MgZnO/Al を積層した各 TJLED では、同程度の順方向電圧が得られた。これは、MgZnO/n-AlGaIn 界面でコンタクトが取れていることを示唆している。Fig. 3 に I-L 特性を示す。発光波長は 284 nm であった。MgZnO/Al を積層した TJLED の出力は 46.6 mW @63 A/cm² であり、他の構造と比較し大幅に発光出力が増加した。発光波長 284 nm における電極での反射率を紫外可視分光光度計にて測定したところ、PNLED は光吸収層により 0%に近い値であり、TJLED は Ti/Al が 16.5%に対して、MgZnO/Al は 69.3%であった。以上より、TJLED のアノード電極として MgZnO と Al 反射膜を用いることでアノード電極の反射率の向上が可能となり、LEE の改善による発光効率の増大に成功した。

謝辞 実験遂行に当たり技術サポートをいただいた出光興産(株)の方々に感謝いたします。また、本研究は、JST aXis, JPMJAS2011 の支援を受けたものです。

参考文献 : [1] K. Nagata *et al.*, 第 68 回春季応用物理学会, 16p-Z27-1 (2021) [2] X. Wang *et al.*, Appl. Phys. Lett. **107**, 022111(2015). [3] M. Kushimoto *et al.*, Phys. Stat. Solidi A **217**, 1900955 (2020).

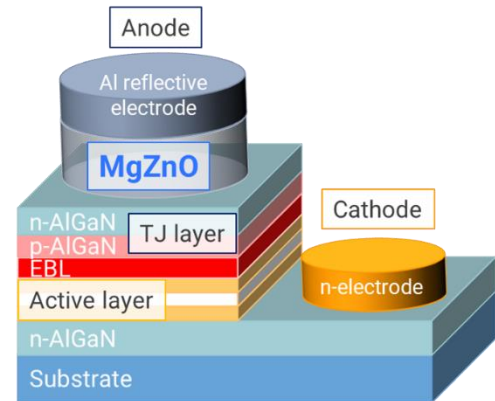


Fig. 1 Schematic image of TJLED with MgZnO and Al reflective electrode on top of TJ layer

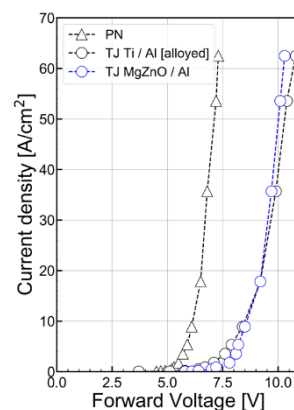


Fig. 2 Forward voltage – current density characteristics of each structure.

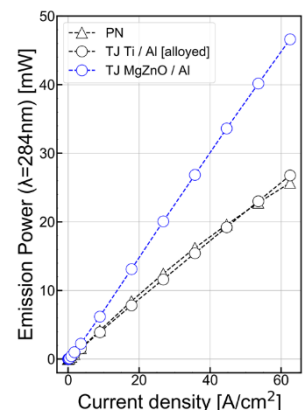


Fig. 3 Current density – output power at $\lambda = 284\text{nm}$ characteristics of each structure.