

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 (2)

Low voltage operation of AlGaIn homojunction tunnel junction deep UV LED (2)

名大院工¹, 豊田合成², 名大未来材料・システム研究所³, 名城大⁴,○永田 賢吾^{1, 2}, 三輪 浩士², 松井 慎一², 坊山 晋也², 齋藤 義樹²,久志本 真希¹, 本田 善央³, 竹内 哲也⁴, 天野 浩³Dept. of Electronics Nagoya Univ.¹, Toyoda Gosei Co., Ltd.², IMaSS, Nagoya Univ.³, Meijo Univ.⁴,○Kengo Nagata^{1, 2}, Hiroshi Miwa², Shinichi matsui², Shinya Boyama², Yoshiki Saito²,Maki Kushimoto¹, Yoshio Honda³, Tetsuya Takeuchi⁴, Hiroshi Amano³

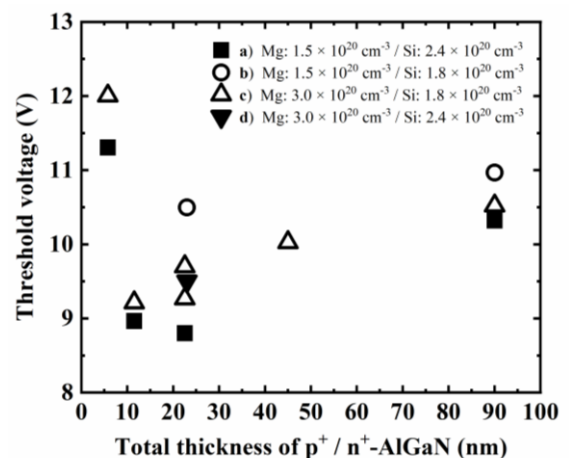
E-mail: nagata.kengo@c.mbox.nagoya-u.ac.jp

深紫外発光ダイオード (LED) は、細菌・ウイルスの殺菌、水・空気の浄化など幅広い分野で応用されており、更なる高性能化が求められている。我々は、AlGaIn ホモ接合トンネルジャンクション(TJ)深紫外 LED の高効率化を行っており、TJ 部の C 濃度抑制、高 Si ドーピングを行うことで、動作電圧低減に成功した[1]。この TJ LED の動作電圧は、電流密度 63 A/cm²において、10.8 V であった。しかし、その TJ LED の動作電圧はまだ高い。本研究では、AlGaIn ホモ接合 TJ 部の構造最適化を行い、更なる低電圧駆動を試みた。MOVPE 法によって、サファイア基板上に AlN、n-AlGaIn、MQWs、p-AlGaIn 電子ブロック、p-Al_{0.6}Ga_{0.4}N (50 nm)、TJ 部: p⁺-Al_{0.6}Ga_{0.4}N/n⁺-Al_{0.6}Ga_{0.4}N (各膜厚は Table 1 参照)、n-Al_{0.6}Ga_{0.4}N (270 nm) の順で積層した AlGaIn ホモ接合 TJ LED を作製した。TJ 部の p⁺-Al_{0.6}Ga_{0.4}N と n⁺-Al_{0.6}Ga_{0.4}N について、おのおのの Mg と Si 濃度、及び、膜厚を変更した。高 Si ドーピングした構造(サンプル a) と d))の動作電圧は、低 Si ドーピングした構造(サンプル b)と c))に比べて低い傾向があった(Fig. 1)。Si 濃度依存性の結果からも、n⁺-AlGaIn の Si 濃度が 2.4×10²⁰ cm⁻³までは、電圧減少を確認している(未記載、Mg 依存性も併せて当日報告)。本実験から得られた最も低い動作電圧は、最適化構造: サンプル a) [Mg]: 1.5×10²⁰ cm⁻³, [Si]: 2.4×10²⁰ cm⁻³, TJ 膜厚 23 nm、電流密度 63 A/cm²において、8.8V を示した。TJ LED の動作電圧は、TJ 部の合計膜厚が 10.5 nm まで、線形に低下することを確認した。これらの動作電圧低下は、n⁺-AlGaIn の直列抵抗から推測される電圧上昇がおおよそ 0.02V 以下であったことから、p⁺-AlGaIn の直列抵抗低減による効果だと考えられる。動作電圧は、TJ 部の合計膜厚が 11.5 nm 以下になると、急激に増加した。この要因は、バンドシュミレーション結果と比較し、当日議論したい。

[1] K. Nagata *et al.*, The 68th JSAP Spring Meeting, 16p-Z27-1(2021)

Table. 1. Summary of TJ layer structures grown by various Mg and Si concentrations

Total thickness (nm)	p ⁺ -AlGaIn thickness (nm)	n ⁺ -AlGaIn thickness (nm)
90	40	50
45	20	25
23	10	13
11.5	5.0	6.5
5.8	2.5	3.3

Fig. 1. Forward voltage versus total thickness of TJ layer with different doping in p⁺ / n⁺-AlGaIn layers.