

Tm 添加 GaN を活性層に用いた 超波長安定近赤外発光ダイオードの作製 Fabrication of near-infrared light-emitting diodes with ultra-stable emission wavelength using Tm-doped GaN

阪大院工 °吉岡 尚輝, 市川 修平, 館林 潤, 藤原 康文

Osaka Univ. °Naoki Yoshioka, Shuhei Ichikawa, Jun Tatebayashi, and Yasufumi Fujiwara

E-mail: naoki.yoshioka@mat.eng.osaka-u.ac.jp

[はじめに] 650-950 nm の近赤外波長域は生体の窓と呼ばれ、近赤外光が生体組織や水、脂肪を透過するため、バイオイメージングやパルスオキシメータなどの応用が期待されている。しかし、パルスオキシメータに用いられる近赤外発光ダイオード(NIR-LED)は GaAs 系半導体のバンド間遷移を利用しているため、注入電流や動作時の温度変化によって発光波長が大きく変化するという課題を有する。ここで、我々は上述の課題に対して Tm 添加 GaN(GaN:Tm)の発光に着目した。3 価の Tm イオンは、 $4f$ 殻内遷移(3H_4 - 3H_6)[1]に起因する波長 805 nm の近赤外発光を示し、使用環境に依存して発光波長が変化しないため、超狭帯域・超波長安定の発光素子が実現できる。本研究では、有機金属気相エピタキシャル(OMVPE)法によって、GaN:Tm を活性層に用いた LED を作製し、電流駆動条件下で近赤外発光を実現したので報告する。

[実験・結果] Fig. 1 に試料構造概略図を示す。(0001)サファイア基板上に、OMVPE 法により無添加 GaN(ud-GaN)を 1.8 μm 、活性層として GaN:Tm 層を 52 nm 成長した。活性層は 960°C(MT 試料)および 1030°C(HT 試料)で成長した。加えて、Tm(*i*-PrCp)₃ と NH₃ の寄生反応を抑制するために NH₃ 流量を 178.4 mmol/min (MT 試料)から 44.64 mmol/min (HT 試料)に減じて成長した。また、上記の HT 試料[Fig. 1(a)]と同じ成長条件下で、活性層の構造を GaN:Tm/ud-GaN(1.3 nm/13 nm)40 周期とした多層構造試料(HT-MLS 試料)[Fig. 1(b)]を作製した。これら作製した試料に対して、He-Cd レーザー(波長 325 nm)を励起光源とし、室温下でフォトルミネッセンス(PL)測定を行った。得られた PL スペクトルを Fig. 2 に示す。HT 試料は MT 試料の 3.3 倍の発光強度を示した。これは HT 試料の活性層成長時に成長温度を上げたことにより、ステップフロー成長が促進され、Tm 添加層の結晶性が向上したことが一因である。さらに HT-MLS 試料では、HT 試料の 4.8 倍の発光強度を示した。これは GaN:Tm 層上の ud-GaN 層が成長表面を回復させ、高品質な活性層を実現したためである。最も強い発光を示した HT-MLS 試料構造を活性層に採用した NIR-LED を作製した。Fig. 3 にエレクトロルミネッセンス(EL)発光強度の注入電流依存性および得られた EL スペクトルを示す。HT-MLS LED は電流注入条件下で明瞭な近赤外発光を示し、その発光波長は印加電流に依存せず一定であることが明らかになった。

[1] J. Takatsu, Y. Fujiwara, *et al.*, *J. Appl. Phys.* **123**, 161406 (2018).

[謝辞] 本研究は、JSPS 科研費 No. 18H05212、No. 19H04544 および JLEDS 研究助成の支援を受けたものです。

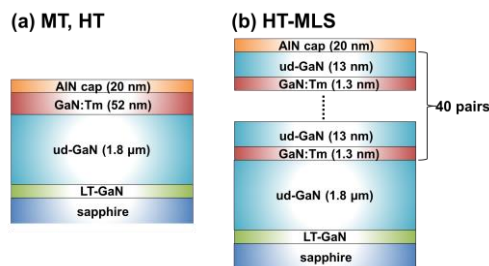


Fig. 1 Schematic of the sample structures. (a) MT- and HT-samples. (b) HT-MLS sample.

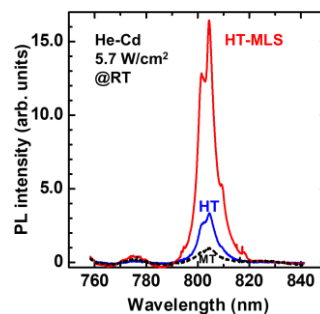


Fig. 2 NIR-PL spectra of the samples.

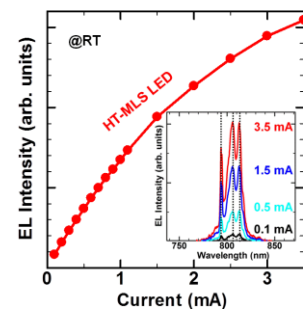


Fig. 3 Current dependence of EL intensity. The inset shows EL spectra for various current injection.