

マクロステップを有する *c* 面 AlGaN 量子井戸 発光ダイオード構造の発光特性

Optical characteristics of *c*-plane AlGaN multiple-quantum-well light-emitting diode structure with macro-steps

東北大多元研¹, 創光科学(株)², 名大未来材料システム研³,
名大赤崎記念研⁴, 名大 VBL⁵, 名城大理工⁶

◦小島一信¹, 長澤陽祐², 平野光², 一本松正道², 本田善央³, 天野浩^{3,4,5}, 赤崎勇⁶, 秩父重英^{1,3}
IMRAM-Tohoku Univ.¹, UV craftory Co., Ltd.² IMaSS-Nagoya Univ.³,
ARC-Nagoya Univ.⁴, VBL-Nagoya Univ.⁵, Meijo Univ.⁶
◦K. Kojima¹, Y. Nagasawa², A. Hirano², M. Ipponmatsu²,
Y. Honda³, H. Amano^{3,4,5}, I. Akasaki⁶, and S. F. Chichibu^{1,3}

E-mail: kkojima@m.tohoku.ac.jp

【はじめに】近年、紫外線波長領域の高効率固体光源の開発が盛んに行われている。特に、265 nm は殺菌能力が高いため重要な波長と言える。このような現状の中、280-300 nm 帯における AlGaN 発光ダイオード(LED)の外部量子効率(EQE)は、樹脂封止等がない構造にて最大 6%程度を達している[1,2]。また、同構造を樹脂封止した場合、光取り出し効率が改善し、EQE は最大 10% 近くの値が報告されている[2,3]。しかし、265 nm 帯の LED 構造においては、樹脂封止がない場合の EQE が最大でも 3%程度にとどまっておき、さらなる改善が望まれている。そこで、このような発光波長の短波化に伴う、AlGaN LED 構造の EQE 低下要因を調べるために、その発光特性を評価した結果について報告する。

【試料構造と実験概要】図 1 に、本研究にて評価した試料(樹脂封止なし)の構造概略図を示す。基板は *m* 軸方向に 1.0° 傾斜した *c* 面サファイアである。発光層は 3 周期の AlGaN/AlGaN 量子井戸であり、AlN 層から引き継いだ特徴的なマクロステップを有する[3]。井戸層幅は 3±1 nm、また、貫通転位密度は 5×10⁸ cm⁻² である。試料の評価は、繰り返し周波数 8 MHz のパルス光 (244 nm ~ 266 nm、20 nJ/cm²/pulse) を励起光に用いた、時間分解フォトルミネセンス (PL) による評価を行った。PL は、AlGaN:Mg 層側から検出した。

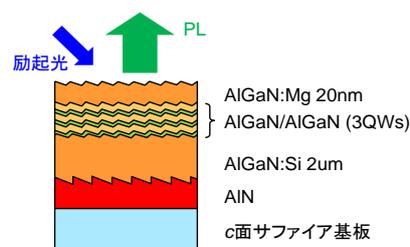


図 1 試料の層構造概略。

【結果】図 2 は、室温における発光ピーク波長が 300 nm および 265 nm の LED 構造(以後、それぞれ LED300 および LED265 と表記する)の、PL 積分強度の時間発展をあらわす。両者を比べると、LED300 の方が LED265 よりも発光の減衰が遅いことが分かる。発光の減衰曲線を、二つの異なる寿命を持つ exp 型関数でフィッティングしたところ、速い寿命が LED300 と LED265 とでそれぞれ 0.682 ns および 0.164 ns と見積もられた。これは、測定温度が室温であることを考えると、LED300 に比べ LED265 はより強く非輻射再結合過程に支配されていることを示唆するものと考えられる。ところで、AlGaN における主要な内因性の非輻射再結合中心 (NRC) はカチオン空孔複合体であること[4,5]、また、同じ成長条件では AlN モル分率の増加に従いカチオン空孔濃度が増加すること[4]が分かっている。したがって、LED265 では LED300 より井戸層・障壁層ともに AlN モル分率が高いためカチオン空孔濃度が高く、それらが NRC として振舞うことで内部量子効率を低下させている可能性が高い。詳細は当日議論する。

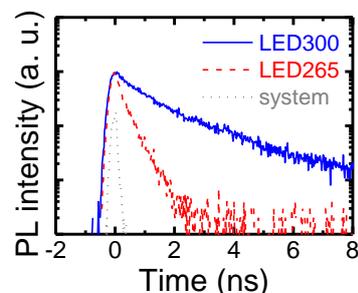


図 2 PL 積分強度の時間発展。
点線は測定系の応答関数。

【謝辞】本研究の一部は、ダイナミック・アライアンスおよび科研費(若手研究(A) 26706003、新学術領域・特異構造の結晶科学 16H06427)により実施された。

【参考文献】 [1] Pernot, *et al.*, *pss* (a) **208**, 1594 (2011), [2] Shatalov, *et al.*, *Semicond. Sci. Technol.* **29**, 084007 (2014), [3] Kaneda, *et al.*, *PCT/JP2015/060588* (2015), [4] Uedono, *et al.*, *JAP* **111**, 013512 (2012), [5] Chichibu, *et al.*, *JAP* **113**, 213506 (2013).

【参考文献】 [1] Pernot, *et al.*, *pss* (a) **208**, 1594 (2011), [2] Shatalov, *et al.*, *Semicond. Sci. Technol.* **29**, 084007 (2014), [3] Kaneda, *et al.*, *PCT/JP2015/060588* (2015), [4] Uedono, *et al.*, *JAP* **111**, 013512 (2012), [5] Chichibu, *et al.*, *JAP* **113**, 213506 (2013).