

## RF-MBE 法を用いた Eu 添加 GaN ナノコラム LED デバイスの作製

Fabrication of nanocolumn LED with Eu-doped GaN active region grown by RF-MBE

豊橋技科大工<sup>1</sup>, EIIRIS<sup>2</sup>, 上智大理工<sup>3</sup>○松崎良相<sup>1</sup>, 関口寛人<sup>1</sup>, 今西智彦<sup>1</sup>, 尾崎耕平<sup>1</sup>, 山根啓輔<sup>1</sup>, 岡田浩<sup>2,1</sup>, 岸野克己<sup>3</sup>, 若原昭浩<sup>1,2</sup>Toyohashi Univ. Tech.<sup>1</sup>, EIIRIS<sup>2</sup>, Sophia Univ.<sup>3</sup>°R. Matsuzaki<sup>1</sup>, H. Sekiguchi<sup>1</sup>, T. Imanishi<sup>1</sup>, K. Ozaki<sup>1</sup>, K. Yamane<sup>1</sup>, H. Okada<sup>2,1</sup>, K. Kishino<sup>3</sup>, A. Wakahara<sup>1,2</sup>E-mail: [matsuzaki-r@int.ee.tut.ac.jp](mailto:matsuzaki-r@int.ee.tut.ac.jp), [sekiguchi@ee.tut.ac.jp](mailto:sekiguchi@ee.tut.ac.jp)

窒化物半導体中の希土類イオンは半値幅の狭い非常にシャープな発光スペクトルを示し、発光波長の温度依存性が小さいといった特長を持つため、環境温度に対して安定した発光デバイスへの応用が期待されている。これまでに Eu 添加 GaN 薄膜(GaN:Eu)を活性層とした赤色 LED が報告されているが、発光出力は不十分である[1]。発光出力の向上のためには発光中心となる Eu 濃度を増加させる必要があるが、Eu 濃度の増加に伴い多結晶化やクラック、濃度消光が顕在化し、薄膜では高濃度化が困難である [2]。一方で、ナノコラム結晶[3]は結晶中に転位を含まず、側面での歪緩和効果を有するため高濃度においても発光特性を維持することが期待できる。実際、薄膜と比較して濃度消光が抑制される結果が得られている[4]。本研究では、RF-MBE 法を用いて GaN:Eu 層を活性層としたナノコラム LED を作製し、整流特性を得て、室温下で赤色のシャープなスペクトルを観測したので報告する。

Fig. 1 に本報告で作製したナノコラム LED の構造図と断面 SEM 像を示す。n-Si(111)基板上に 860°Cにて意図的なドーピングをしていない n 型 GaN ナノコラムを 90 分間成長し、その後、活性層となる GaN:Eu ナノコラムを 640°Cにて 10 分間成長させた。また活性層の Eu 組成の設計値は 1%とした。最後に Mg をドーピングした p-GaN を 660°Cにて 90 分間成長させた。GaN:Eu 領域までは互いに独立したナノコラム形状が維持されており、それぞれの高さは 630nm, 80nm であった。また n-GaN は平均直径 50nm 程度であったが、GaN:Eu 層において直径 80nm へと急速に増加する様子が観測された。p-GaN 領域では Mg 添加と低温成長により横方向成長を促進され隣接したナノコラム同士が結合することで、表面において連続膜化された。表面に p-電極として Ni/Ag/Ni(5 nm/10 nm/5 nm)半透明電極を EB 蒸着させた。作製したナノコラム LED は Cu ヒートシンクにおき、プローバステーションを用いることで評価した。Fig. 2 にナノコラム LED の電圧-電流特性を示す。立ち上がり電圧 4.9V の整流特性が観測され、PN 接合が形成されていることが確認された。また直列抵抗を見積ったところ、140Ωであった。Fig. 3 にナノコラム LED の 1, 5, 10, 20mA を電流注入した際の EL スペクトルを示す。活性層中の Eu イオンの  ${}^5D_0-{}^7F_2$  内殻電子遷移に起因するシャープな発光が 620 nm 付近に観測され、発光出力は注入電流に伴い増加した。また電流注入に伴うピーク発光波長のシフト量を調べたところ、1~20mA の範囲において 0.2nm 以下であり、優れた波長安定性が確認できた。

【参考文献】[1] A. Nishikawa *et al.*, Appl. Phys. Express, **2**, 071004 (2009). [2] H. Bang *et al.*, Appl. Phys. Lett., **85**, 227 (2004). [3] Y. Yoshizawa *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys., **36**, L459 (1997). [4] H. Sekiguchi *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **55**, 05FG07 (2016).

【謝辞】本研究の一部は、科研費補助金#26420271, #24000013, 中部電気利用基礎研究財団および市原奨学財団の援助を受けた。

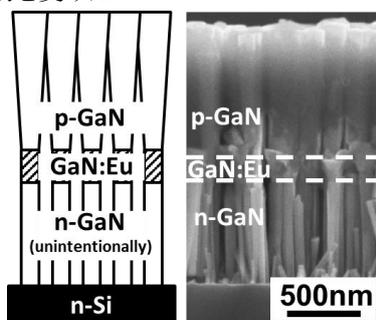


Fig. 1. Schematic diagram and cross-sectional SEM image of GaN:Eu nanocolumns LED

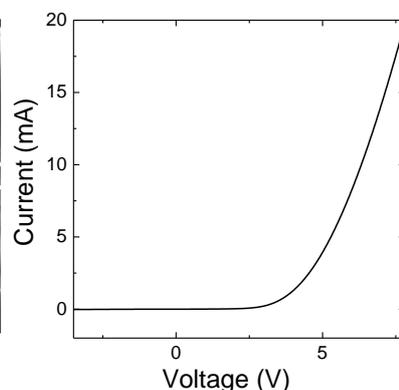


Fig. 2. V-I characteristic of GaN:Eu nanocolumns LED

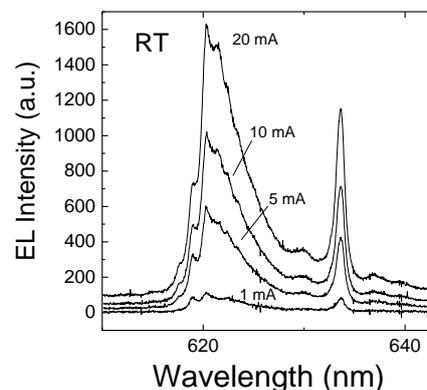


Fig. 3. EL spectra at 1, 5, 10, 20 mA of GaN:Eu nanocolumns LED