

Tb 添加 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 発光ダイオードにおける 発光特性と電気的特性の Al 原料供給量依存性

Optical and electrical characteristics of $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}:\text{Tb}$ -based light-emitting diodes

阪大院工¹, 阪大電顕センター²

○山崎 舜介¹, 市川 修平^{1,2}, 岩谷 孟学¹, 舘林 潤¹, 藤原 康文¹

Graduate School of Engineering, Osaka Univ.¹,

Research Center for UHVEM, Osaka Univ.²,

°Shunsuke Yamazaki¹, Shuhei Ichikawa^{1,2}, Takenori Iwaya¹, Jun Tatebayashi¹, Yasufumi Fujiwara¹

E-mail: shunsuke.yamazaki@mat.eng.osaka-u.ac.jp

[はじめに] 現在、緑色発光ダイオード (LED) として主に用いられている $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 系 LED は、注入電流量や動作時の温度変化によって発光波長が変化する課題を有している。これらの課題に対して、我々は Tb 添加を施した窒化物半導体に注目した。Tb³⁺イオンをはじめとする希土類イオンは、4f 殻内遷移に起因する発光を示し、狭い発光線幅と極めて安定な発光波長を実現できる。これまでに我々は、緑色領域において 4f 殻内遷移を生じる Tb を、有機金属気相エピタキシャル (OMVPE) 法により $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ に in-situ 添加した $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}:\text{Tb}$ 層を活性層に用いて LED を作製し、室温において Tb³⁺イオンからの発光を観測している。本研究では、さらなる LED の高出力化に向けて、 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}:\text{Tb}$ 層成長時の III 族原料の供給比を変化させることで、異なる Al 組成を有する LED 試料を作製し、Al 組成が LED の電気的・光学的特性に及ぼす影響を評価した。

[実験・結果] サファイア基板上に、OMVPE 法により無添加 GaN 層を約 1.5 μm 成長した後、緩和層として AlN/AlGaIn 超格子を約 230 nm、n- AlGaIn 層を約 500 nm、 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}:\text{Tb}$ 層を約 320 nm、p- AlGaIn 層を約 55 nm、p-GaN 層を約 20 nm、p⁺-GaN 層を約 15 nm 連続的に成長した。

活性層である $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}:\text{Tb}$ 層は、一定の V/III 比 (2516) のもと、Al 原料である TMAI 流量を 6.8–15.6 $\mu\text{mol}/\text{min}$ 、Ga 原料である TMGa 流量を 19.9–28.7 $\mu\text{mol}/\text{min}$ の条件で変化させて成長を行った。電圧-電流曲線 (Fig. 1) より、全ての LED において良好な整流性を示し、Al 原料流量の増加に伴う高抵抗化が観察された。また、室温におけるエレクトロルミネッセンス測定の結果から、同一の電流注入条件下においては、Al 原料流量の増加に対して Tb³⁺イオンからの発光強度は単調に増大することが明らかとなった (Figs. 2, 3)。これは、Al 組成の増加に伴い、 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 母体から Tb³⁺イオンへのエネルギー輸送効率が向上した結果と考えられる [2]。

【謝辞】本研究の一部は、JSPS 科研費 No. 18H05212 および No. 22K14614 の助成を受けたものです。

[1] 駒井 亮太, 藤原 康文 他, 第 69 回応用物理学会春季学術講演会 22p-D316-8 (2022).

[2] R. Komai, Y. Fujiwara et. al., *J. Appl. Phys.* **131**, 073102 (2022).

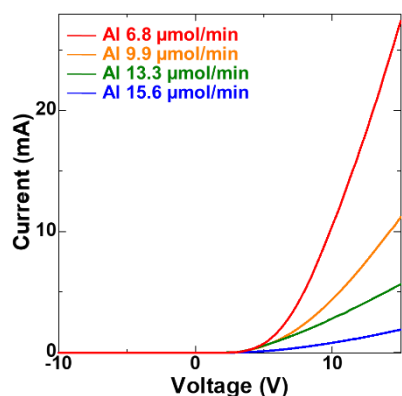


Fig. 1 I-V characteristics of $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}:\text{Tb}$ -based LEDs.

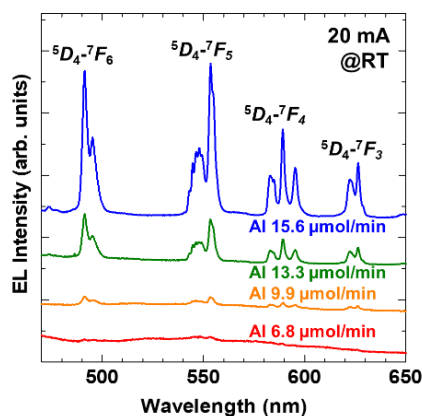


Fig. 2 EL spectra for $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}:\text{Tb}$ -based LEDs (@ 20 mA).

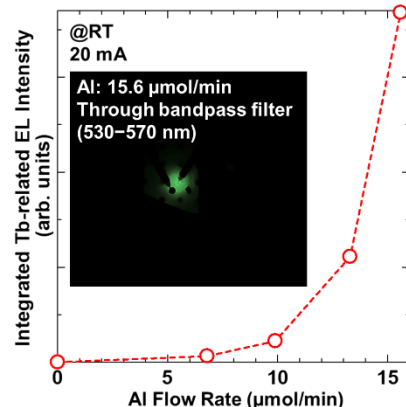


Fig. 3 Integrated Tb³⁺-related EL intensity as a function of Al flow rate (@ 20 mA). The inset shows a microscopic image of the driven LED grown with Al flow rate of 15.6 $\mu\text{mol}/\text{min}$.