

## Eu 添加 GaN における Eu 発光量子効率の素子サイズ依存性

## Size dependence of quantum efficiency for Eu emission in Eu-doped GaN

阪大院工<sup>1</sup>, 阪大電顕センター<sup>2</sup>, 阪大基礎工<sup>3</sup>, <sup>○</sup>石原 聡啓<sup>1</sup>, 市川 修平<sup>1,2</sup>,Dolf Timmerman<sup>1</sup>, 岩谷孟学<sup>1</sup>, 芦田 昌明<sup>3</sup>, 館林 潤<sup>1</sup>, 藤原 康文<sup>1</sup>Graduate School of Engineering, Osaka Univ.<sup>1</sup>,Research Center for UHVEM, Osaka Univ.<sup>2</sup>,Graduate School of Engineering Science, Osaka Univ.<sup>3</sup><sup>○</sup>T. Ishihara<sup>1</sup>, S. Ichikawa<sup>1,2</sup>, D. Timmerman<sup>1</sup>, T. Iwaya<sup>1</sup>, M. Ashida<sup>3</sup>,J. Tatebayashi<sup>1</sup>, Y. Fujiwara<sup>1</sup>

E-mail: toshihiro.ishihara@mat.eng.osaka-u.ac.jp

【はじめに】次世代のディスプレイ技術として近年「マイクロ LED」が注目されている。マイクロ LED 実現のためには各発光素子の微細化が必要不可欠であるが、現行の GaN 系 LED はサイズの減少に伴う表面再結合の顕在化により、発光効率が大幅に低下することが報告されている[1]。上述の課題に対し、我々は希土類添加半導体に注目している。希土類添加半導体における発光メカニズムは通常の半導体とは異なり、希土類イオン由来の欠陥準位へのキャリア捕獲を利用した発光であるため、表面再結合による効率低下を抑制できる可能性がある。我々はこれまでに、有機金属気相エピタキシャル(OMVPE)法により、希土類元素の Eu を添加した GaN (GaN:Eu)を活性層に用いた赤色発光ダイオードの室温動作に成功している[2]。本研究では、GaN:Eu 薄膜に対して微細加工を施し、Eu 発光に関する量子効率のサイズ依存性を評価したので報告する。

【実験・結果】(0001)サファイア上に、OMVPE 法により無添加 GaN 層を 2 μm 成長した後、活性層として GaN:Eu 層を 270 nm 程度成長した。その後、電子ビームリソグラフィによりパターンニングを行い、反応性イオンエッチングにより GaN:Eu 膜を 1~100 μm 四方の周期構造に加工した。作製後の試料は走査型電子顕微鏡(SEM)により観察した。1 μm 四方の周期構造に加工した試料の表面 SEM 像を Fig. 1 に示す。

作製した試料に対して積分球を用い、フォトルミネッセンスによる量子効率(PLQE)測定を行った。励起光源には、光パラメトリック増幅器により波長変換した Yb:KGW レーザー(波長 350 nm、繰り返し周波数 1 kHz、パルス幅 200 fs)を使用した。測定結果を Fig. 2 に示す。サイズの減少に伴って PLQE が増加する結果となった。そこで、有限時間差分領域法を用いて光取り出し効率(LEE)のサイズ依存性を計算し、PLQE を除することで内部量子効率(IQE)を算出した。微細化に伴う表面再結合によって、わずかに IQE は低下するものの、1 μm 四方にまで微細化した試料においても、素子サイズの十分大きな試料における最大 IQE に対して 77%程度の IQE を維持している。一方で、これまでに報告されている InGaN 青色 LED では、同程度の素子サイズで最大効率に対して約 18%にまで IQE が低下することが指摘されている[3]。これらは、GaN:Eu は表面再結合の影響が比較的小さく、マイクロ LED 応用に適した材料であることを示す結果である。

[1] F. Olivier *et al.*, *J. Lumin.* **191**, 112 (2017). [2] A. Nishikawa, Y. Fujiwara, *et al.*, *Appl. Phys. Express* **2**, 071004 (2009). [3] F. Jiang *et al.*, *Phys. Stat. Sol. RRL* **15**, 2000487 (2021).

【謝辞】本研究は、JSPS 科研費 No. 18H05212、文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム事業(課題番号 JPMXP09F20OS0026 および JPMXP09S20OS0021)の支援を受けたものです。

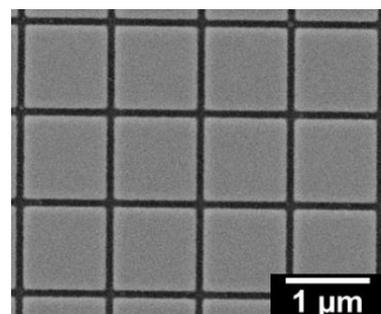


Fig. 1 SEM image of a GaN:Eu layer with a 1 μm-square structure.

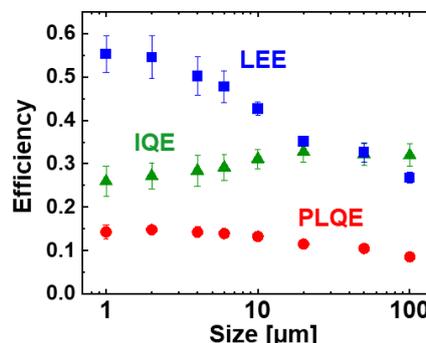


Fig. 2 PLQE, LEE and IQE of GaN:Eu as a function of structure size.