

課題番号 : F-16-OS-0052  
 利用形態 : 機器利用  
 利用課題名(日本語) : プラズモンによる Eu 添加 GaN 赤色発光ダイオードの発光強度増大  
 Program Title (English) : Emission enhancement of GaN:Eu red LEDs by surface plasmon effect  
 利用者名(日本語) : 児島貴徳, 山田智也  
 Username (English) : T. Kojima, T. Yamada  
 所属名(日本語) : 大阪大学大学院工学研究科マテリアル生産科学専攻  
 Affiliation (English) : Div. of Materials and Manufacturing Science, Grad. School of Eng., Osaka Univ.

## 1. 概要(Summary)

我々は有機金属気相エピタキシャル(OMVPE)法により Eu 添加 GaN (GaN:Eu)を用いた発光ダイオード(LED)を作製し、室温・電流注入下で Eu に起因する赤色発光を得ることに成功している[1]。更なる光出力増大の方法として、Eu 発光効率の向上を目指した。Eu 発光体の近傍に Ag を存在させることで、局在表面プラズモンとの結合が生じ、Eu の発光寿命が短くなることと光取り出し効率の向上が期待される [2]。局在表面プラズモンは粒径によって共鳴する波長が異なる。この粒径の最適値を、計算機実験による電磁界解析で求めたところ 200 nm であった。そこで、本報告では大阪大学ナノテクノロジー設備供用拠点の装置を用いて実際に上述の局在表面プラズモンを発現する金属(今回は、銀を用いた)の微小粒を作製した結果について述べる。

## 2. 実験(Experimental)

### 【利用した主な装置】

高精細電子線リソグラフィ装置 ELS-7700T

リアクティブイオンエッチング装置 RIE-10NOU

### 【実験方法】

試料は OMVPE 法により c 面サファイア基板上に Eu, O 共添加 GaN(100 nm)を活性層とする赤色 LED を作製した。成長後 SiO<sub>2</sub>(150 nm)を EB 蒸着した後、EB レジスト(ZEP520A)を塗布し、EB 描画で周期 400 nm、直径 200 nm の円孔三角格子パターンを描画し、現像した。そして SiO<sub>2</sub>と GaN にドライエッチングによって深さ 130 nm のパターンを転写した後、Ag と Au をそれぞれスパッタ、EB 蒸着で堆積させた。プラズモニク LED と通常の LED に対して、励起光として InGaN レーザー(405 nm)を用いて PL 測定、時間分解 PL 測定による比較を行った。

## 3. 結果と考察(Results and Discussion)

Fig. 1 に 300K でのプラズモニク LED と通常の LED

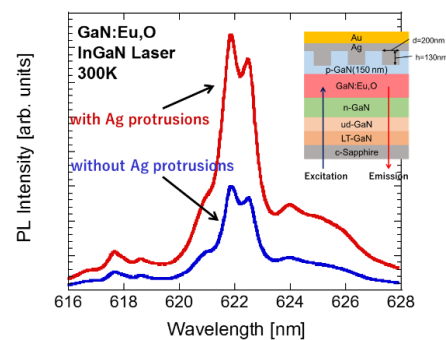


Fig. 1 PL spectrum of LED structure w/ and w/o silver nanostructures.

を比較した PL スペクトルを示す。Eu の発光強度は、プラズモニク LED は通常の LED に比べて 2.4 倍となった。また、10K での PL 強度における内部量子効率を 100% として、内部量子効率を見積もると、プラズモニク LED では 37%、通常の LED では 25% であり、約 1.5 倍増加した。10K での時間分解 PL の結果、発光寿命は、プラズモニク LED では 253  $\mu$ s、通常の LED では 294  $\mu$ s となり、プラズモニク結晶により発光寿命が 1.2 倍短くなった。発光寿命が短くなっていることから、局在表面プラズモンとの結合が示された。

## 4. その他・特記事項(Others)

[1] J-II.Hwang, R.Hashimoto, S. Saito, S. Nunoue, Appl. Phys. Express 7, 071003 (2014).

[2] A. Nishikawa, Y. Fujiwara, *et al.*, Appl. Phys. Express 2, 071004 (2009).

## 5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

(1) 山田智也, 稲葉智宏, 児島貴徳, 藤原康文, ”局在表面プラズモンによる Eu 添加 GaN 赤色 LED の発光強度増大”, 第 64 回応用物理学会春季学術講演会 15p-411-13, パシフィック横浜(神奈川県)(2017).

## 6. 関連特許(Patent)

なし