

課題番号 : F-17-OS-0023  
 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 添加赤色発光ダイオードの発光強度増大  
 Program Title (English) : Enhancement of light emission from GaN:Eu LEDs by surface plasmon polariton  
 利用者名(日本語) : 舘林潤、山田智也、藤原康文  
 Username (English) : J. Tatebayashi , T. Yamada and Y. Fujiwara  
 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) : Graduate School of Engineering, Osaka University  
 キーワード/Keyword : 希土類添加半導体、表面プラズモン共鳴、リソグラフィ・露光・描画装置

### 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。現在、Eu 添加 GaN LED の光出力は当初の目標であった 1 mW を達成したが、更なる光出力増大を目指している。これまでの Eu イオンの発光メカニズムの解明により Eu の発光遷移確率が Eu 発光の律速過程であることが判明した[1]。そこで本研究では局在型及び伝搬型表面プラズモンモードと結合させることで、Eu 発光遷移確率の増大と GaN:Eu の発光強度増大を試みた。

### 2. 実験 (Experimental)

#### 【利用した主な装置】

超高精細電子ビームリソグラフィー装置  
 電子ビームリソグラフィー装置  
 リアクティブイオンエッチング装置  
 LED 描画システム

#### 【実験方法】

GaN:Eu LED の表面に EB 蒸着法を用いて Ag 或は Au 薄膜を堆積させ、RTA 装置を用いて 200°C の窒素雰囲気下で 30 分間アニールを行うことで LED 表面に Ag 或は Au ナノ粒子を形成した。構造観察を走査型電子顕微鏡を用いて行った。一方、伝搬型プラズモン作製には微細周期構造の Ag 或は Au 薄膜が必要となるため、電子線描画装置を用いてパターン形成を行った。

### 3. 結果と考察 (Results and Discussion)

Fig. 1 に 300K でのそれぞれの試料の PL スペクトルを示す。PL 発光強度は Ag ナノ粒子の粒径が増加するにつれ増大し、最大で 3.4 倍の増大に成功した。次に PL 発光強度が最も増加した Ag 20 nm を蒸着した試料と Ag ナノ粒子を有さない試料の時間分解 PL 測定を行った。得られた結果から Eu 発光寿命を算出すると、Ag ナノ粒子を有する試料は 204  $\mu$ s と Ag ナノ粒子を有さない試料(263  $\mu$ s)と比較して短くなっており、発光遷移確率を 1.3 倍増大させることに成功した[2,3]。最後に作製した試料に電極を蒸着し、電流注入におい

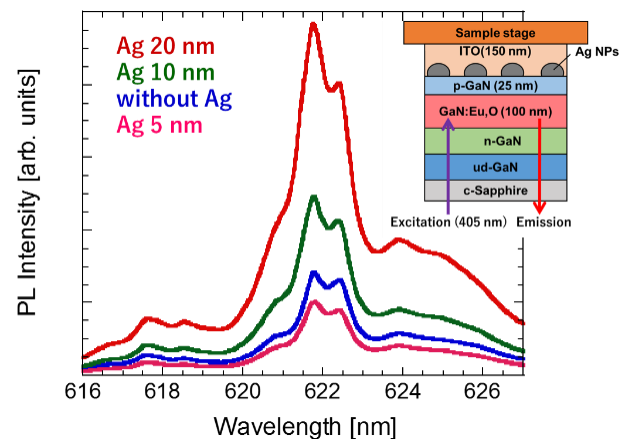


Fig. 1 PL spectra at room temperature of LED structures with different sizes of Ag nanoparticles

て Ag ナノ粒子を有する LED の評価を行った。Ag ナノ粒子の有無によって LED の電気的特性に大きな変化は無い一方、発光強度は Ag ナノ粒子を形成することにより約 2.1 倍増加させることに成功し、今回作製した LED が電流注入においても発光強度増大に有効であるということが明らかになった。

### 4. その他・特記事項 (Others)

関連する課題番号: S-17-OS-0032

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

- [1] T. Inaba, T. Kojima, G. Yamashita, M. Ashida, and Y. Fujiwara, International Conference on Defects in Semiconductors (ICDS), TuP-64, Matsue, Japan, July 31-August 4 (2017).
- [2] 山田智也, 稲葉智弘, 舘林潤, 藤原康文, 第 78 回応用物理学会秋季学術講演会, 8a-A414-4 (2017).
- [3] T. Yamada, T. Inaba, T. Kojima, and Y. Fujiwara, International Conference on Defects in Semiconductors (ICDS), ThB3-3, Matsue, Japan, July 31-August 4 (2017).

### 6. 関連特許 (Patent)

なし。