

# 微小共振器によるEu添加GaN赤色LEDの発光増強

Enhanced Light Output from Eu-doped GaN Red LED by a Microcavity

H29海自13

派遣先 第11回半導体発光ダイオード国際会議(カナダ・バンフ)

期 間 平成29年10月7日～平成29年10月14日(8日間)

申請者 大阪大学 工学研究科 マテリアル生産科学専攻

博士後期課程3年 稲 葉 智 宏

## 海外における研究活動状況

### 研究目的

$\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ はIn組成を制御することで紫外～赤外までのLEDを作製可能である。しかし、In組成が大きくなるにつれて発光効率が減少するため $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ を用いた赤色LEDは作製が困難である。そこで、我々は添加母体に依存せず、赤色発光を示すEuをGaNに添加したEu添加GaN(GaN:Eu)を用いて赤色LEDを作製してきた。今回はGaN:Eu赤色LEDの発光強度を微小共振器構造により増強することが研究目的である。

### 海外における研究活動報告

#### 会議の概要

今回参加した11<sup>th</sup> International symposium on semiconductor light emitting devices (11<sup>th</sup> ISSLED)は、世界中の主に窒化物半導体を用いたLED研究者が一堂に会する学会であり、最新の研究成果を持ち寄り相互の情報交換を行うとともに、研究者間の相互親睦を深め、結果としてLEDに関する研究領域の更なる進展・拡大に資することを目的としている。今回の11<sup>th</sup> ISSLEDは、2017年10月8日から12日にかけてカナダのバンフにて開催され、窒化物半導

体を中心とした光物性、紫外・可視LED、ナノ構造LED、などを対象とした4件のPlenary Talk、32件のInvited Talk、104件の投稿論文の発表が行われた。参加者は大学や研究機関を中心として、日本、アメリカ、フランス、ドイツ、中国、韓国、台湾などの各国から集まった。

#### 発表概要

現在の可視光LEDは青・緑色が窒化ガリウム(GaN)系材料、赤色が砒化ガリウム(GaAs)系材料で作製されている。GaN系で赤色LEDが作製できれば小型、高精細LEDディスプレイの製造工程の簡素化、有害物質を含まない赤色LEDへの応用等が期待できる。GaN系材料はInGaNの組成制御によって紫外から赤外までの発光が理論上は可能であるが、相分離、ピエゾ電界等、材料特性の観点から発光波長の制御が困難である。そこで添加母体に無依存に発光波長が決まる希土類イオンの中で、赤色発光を示す $\text{Eu}^{3+}$ に着目した。我々は $\text{Eu}^{3+}$ をGaNに添加することでGaN系赤色LEDの作製に世界に先駆けて成功しているが、現在の発光強度は1.26 mWであり、更なる発光強度の増大に取り組んでいる。

Eu添加GaN赤色LEDの発光強度を増大させる手法の一つとして、LEDからの光取り出し効

率の向上が考えられる。通常、Euは等方的に発光するため全反射条件を満たす発光成分はLED内部を伝搬し、電極等による損失を受けるため光取り出し効率が下がる。そこで、Euの発光方向を垂直方向に制御し伝搬成分を減らすことで、光取り出し効率が向上すると考えられる。発光方向を制御する方法として、微小共振器の利用が考えられる。今回はEu添加GaN赤色LEDに微小共振器構造を組み込むことで、発光強度増大を試みた。

微小共振器構造を有するLEDを作製するためには、導電性を有する高反射率分布型ブラッグ反射鏡 (Distributed Bragg Reflector: DBR) が必要となる。GaNと格子整合するAlInNを用いることで高反射率DBRを作製可能であるが、GaNとAlInNには大きなバンドオフセットがあり、導電性と高反射率の両立は困難であった。今回は、GaN/AlInN界面のドーパント添加量を最適化することで、高い導電性を有する高反射率DBRの作製に成功した。そのDBRを用いて微小共振器を作製することで通常の構造のEu添加GaN赤色LEDと比較して、発光強度は4.6倍に増大した。微小共振器により光取り出し効率と発光遷移確率の向上が考えられるが、発光遷移確率はほとんど変化がなかったことから、光取り出し効率が大幅に増大していることが確認された。今回の試料は加工プロセス

の最適化がされていないために発光強度の絶対値は大きくなかったが、本手法を用いることで、大幅な発光強度増大を達成可能であることがわかった。

Welcome receptionやCoffee breakは立食形式であったため、様々な参加者と交流を深める機会に恵まれ、現在の研究テーマの専門家に貴重な意見をいただくことができ、今後の研究の指針を考えるうえで非常に参考になった。また、参加前は英語でのコミュニケーションに対する不安があったが、苦戦しながらも海外の研究者に意見を求めていく中で、言語の壁は思っていたほど高くないと感じ自信をつけることができた。今後も積極的に国際交流を図り、自身の視野や考え方の幅を広めていきたいと思った。

最後に、本国際会議に参加するに当たり、惜しみない支援をしていただいた財団法人村田学術振興財団様に心より感謝いたします。

**この派遣の研究成果等を発表した  
著書、論文、報告書の書名・講演題目**

[講演題目]

Enhanced light output from Eu-doped GaN red LED by a microcavity

Tomohiro Inaba, Keishi Shiomi, Takanori Kojima and Yasufumi Fujiwara