

ナノ構造及び共振器導入による Eu 添加窒化物半導体の高輝度化

Enhancement of Eu luminescence in GaN:Eu via introduction of nanostructures and nanocavities

阪大院工 ○館林 潤, Dolf Timmerman, 市川 修平, 藤原 康文

Osaka Univ. ○J. Tatebayashi, D. Timmerman, S. Ichikawa and Y. Fujiwara

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

発光ダイオード (Light Emitting Diode: LED) はディスプレイや照明等、「省エネ」や「CO₂削減」などに貢献する「エコデバイス」として注目されている。更に近年では、「超スマート社会」の到来に向けて、携帯端末に搭載可能な超小型 LED プロジェクターやヘッドマウントディスプレイに応用可能な超小型・高精細マイクロ LED ディスプレイに対する社会的要請が高く、その実現に向けた様々な取り組みがなされている。我々は「半導体イントラセンダー・フォトンクス」の開拓を目指し、希土類蛍光体を添加した半導体に着目している。これは、従来の伝導帯一価電子帯間の電子-正孔の再結合を利用したバンド間遷移による発光とは全く異なり、希土類イオンの 4f 殻内遷移を利用した発光を用いており、非常に高い色純度と波長の温度安定性が特色である。これまでに、赤色蛍光体材料である Eu を添加した窒化物半導体 (GaN:Eu) を活性層とした赤色 LED を作製しその室温動作に成功している[1]。近年発光強度は 20mA 駆動時で 1mW を超えており、実用化に向けて遜色のない値になっている[2]。現在、更なる高輝度化及び希土類添加半導体では世界初となるレーザ発振実現に向け研究を進めている。

高輝度化及びレーザ発振を目指すアプローチとして大きく分けて 2 種類ある。一つは、イントラシジック制御、もう一つはエクストリシジック制御である。前者は、(i)Eu 濃度の向上、(ii)Eu 近傍に空孔や他の原子を共添加することによるエネルギー輸送の効率、及び(iii)活性層などのデバイス設計の最適化などが挙げられる。一方、後者はフォトン場を制御することによる発光寿命の改善である。一般的に、希土類原子の発光においては非常に長い発光寿命 (Eu の場合数百 μ s) が発光強度を制限する要因となっており[3]、フォトン場制御を可能にするナノ共振器構造を導入することにより希土類の発光遷移確率を増大させることが出来れば、フェルミの黄金律に従い希土類の発光効率を大幅に改善することが可能である。本講演では、ナノ共振器構造の一例としてマイクロディスク構造について注目し、その作製方法から光学特性を議論する。また、金属ナノ粒子 (銀及び金) を表面に形成することにより局在型表面プラズモン共鳴を誘起することによっても LED の高輝度化が可能であり[4]、併せて紹介する。

【謝辞】本研究は科研費「特別推進研究 (No.18H05212)」の支援を受けた。

【参考文献】 [1] A. Nishikawa *et al.*, Appl. Phys. Exp. **2**, 071004 (2009). [2] B. Mitchell *et al.*, J. Appl. Phys. **123**, 160901 (2018). [3] T. Inaba *et al.*, J. Appl. Phys. **123**, 161419 (2018). [4] J. Tatebayashi *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **58**, SCCC09 (2019).

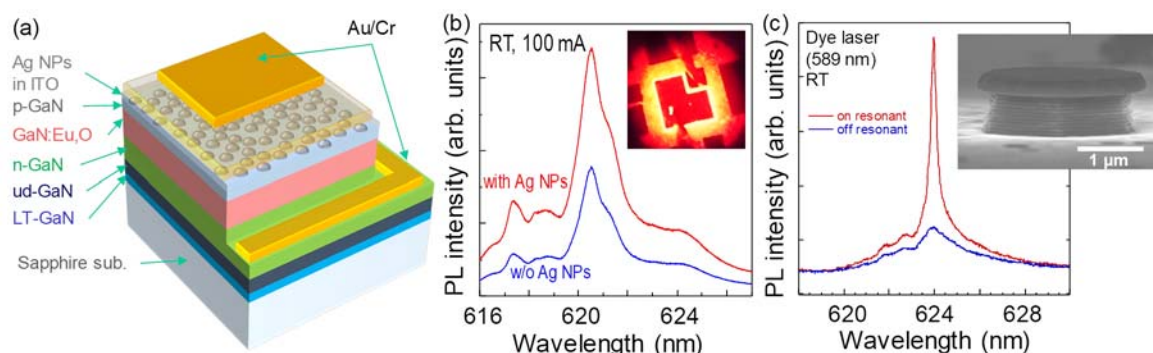


Figure (a) Schematic illustration of localized surface-plasmon(LSP)-enhanced LEDs utilizing Ag nanoparticles (NPs) and (b) PL spectra of LEDs with and without Ag NP. An inset shows the microscopic image of the LSP-enhanced red LEDs. (c) PL spectra of GaN:Eu in the microdisk microcavities under on- and off-resonant excitations. An inset shows the SEM image of fabricated GaN:Eu-based microdisk microcavities.