

2次元フォトリック結晶ナノ共振器の輻射場による GaN 中 Eu イオンの発光遷移確率の増大

Enhanced radiative transition rate of Eu ions doped in GaN

modulated by radiation fields in two-dimensional photonic crystal nanocavities

阪大院工, °岩谷 孟学, 村上 雅人, 市川 修平, 館林 潤, 藤原 康文

Osaka Univ., °Takenori Iwaya, Masato Murakami, Shuhei Ichikawa,
Jun Tatebayashi, Yasufumi Fujiwara

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

【はじめに】我々はこれまでに、有機金属気相成長(OMVPE)法により Eu 添加 GaN (GaN:Eu)を活性層とした、高輝度な GaN 系赤色発光ダイオードの作製に成功している[1]。しかしながら、発光素子のさらなる高輝度化にむけては、4f 殻内遷移特有の低い発光遷移確率が課題となっている[2]。本研究では、GaN:Eu に2次元フォトリック結晶ナノ共振器(Hexagonal-defect 型の H3 共振器構造)を導入し、Eu イオン周りの輻射場変調を試みた。その結果、Eu 発光遷移確率を大幅に増大させることに成功したので報告する。

【実験方法・結果】試料は c 面サファイア基板の上に OMVPE 法により作製した。犠牲層の AlInN 層上に活性層の GaN:Eu 層を成長し、電子ビームリソグラフィによりフォトリック結晶のパターンを形成した。その際、空気孔の形状は GaN の結晶構造を考慮して六角形とした。続いて反応性イオンエッチングを施し、熱硝酸で犠牲層を除去することでフォトリック結晶構造を作製した。試料の走査型電子顕微鏡(SEM)像を Fig.1 に示す。設計通り、六角形の空気孔と、H3 共振器構造が明瞭に観察された。

作製した試料に対して顕微フォトルミネッセンス(PL)測定を行った。励起光源には HeCd レーザ(波長 325 nm)を用い、室温下で測定を行った。H3 共振器ならびに GaN:Eu 薄膜(共振器構造無し)の発光スペクトルを Fig.2 に示す。フォトリック結晶の格子定数が 217.5 nm, 六角形孔の外接円半径が 75 nm の試料において、H3 共振器のキャビティモードと Eu 発光の強いカップリングが確認された。Eu 発光波長域の 620.3 nm において、ピーク強度 21 倍の発光増強が観測された。続いて、各試料に対する時間分解 PL 測定を行い、その結果を Fig.3 に示す。PL 強度の減衰から、Eu 薄膜の PL 寿命は 165 μ s と見積もられた一方で、H3 共振器とカップリングした Eu の PL 寿命は 90 μ s まで短寿命化した。H3 共振器の導入により発光強度は増大したことから、この PL 寿命の短寿命化は、輻射寿命の短寿命化を反映したものと考えられる。このことは、フォトリック結晶ナノ共振器におけるパーセル効果により、GaN 中の Eu イオンの発光遷移確率増大が可能であることを示しており、微小共振器を有する GaN:Eu 赤色発光素子のさらなる発展が期待できる。

【参考文献】[1] A. Nishikawa, Y. Fujiwara, *et al.*, *Appl. Phys. Express* **2**, 071004 (2009). [2] D. Timmerman, Y. Fujiwara, *et al.*, *Phys. Rev. Appl.* **13**, 014044 (2020).

【謝辞】本研究の一部は、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 JPMXP09F20OS0026 および JPMXP09S20OS0021 の助成を受けたものです。

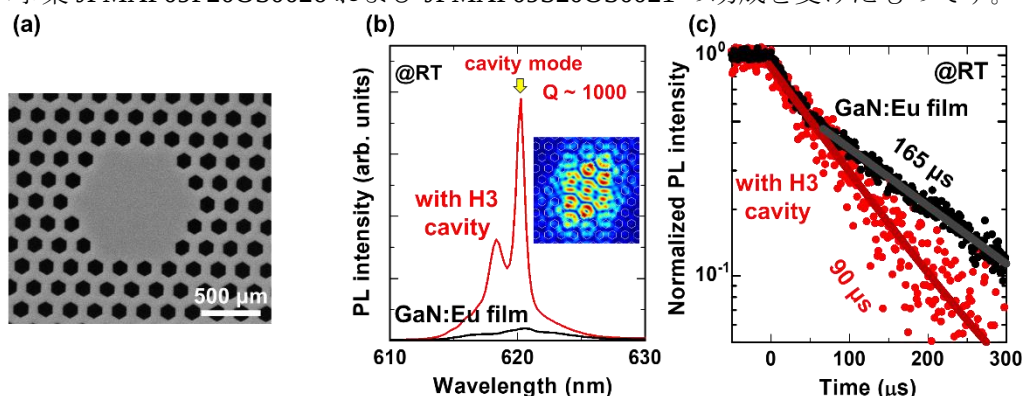


Fig. 1: (a) SEM image of a photonic crystal (H3) cavity embedded in GaN:Eu film. (b) PL spectra of H3 cavity and GaN:Eu film. (c) Time-resolved PL decay curves of H3 cavity and GaN:Eu film.