

Nd ドープ GaN フォトニック結晶 L3 共振器の近赤外発光特性

Near Infrared Luminescence Properties of Nd-doped GaN Photonic Crystal L3 Cavity

量研¹, 山形大² ◯佐藤 真一郎¹, 大音 隆男², 大島 武¹

QST¹, Yamagata Univ.², ◯Shin-ichiro Sato¹, Takao Oto², Takeshi Ohshima¹

E-mail: sato.shinichiro2@qst.go.jp

量子技術のひとつである量子暗号・通信の実現には、光子 1 個をオンデマンドで生成する技術、すなわち単一光子源の開発が必要である。窒化ガリウム(GaN)半導体にドーパしたネオジム(Nd)は室温でも安定して近赤外・狭線幅の発光を示す上、電子デバイス化することで電流注入発光が得られるため(J.H. Kim, P.H. Holloway, Adv. Mater. 17 (2005) 91-96.)、室温動作する電気駆動型近赤外単一光子源への応用が期待できる。しかし、その実現には単一 Nd 発光の自然放出レートの改善が課題となる。そこで本研究では、Nd をイオン注入した GaN 上にフォトニック結晶(PhC)共振器を形成し、パーセル効果によって Nd-4f 殻内遷移発光の自然放出レートを向上させることを試みた。

Si 基板上 GaN エピ膜に 100 keV-Nd をイオン注入し (注入量 $1 \times 10^{14} \text{ cm}^{-2}$ 、オフ角 7 度)、高温熱処理 (1200 °C、2 分、N₂ フロー) によって光学的に活性化させた後、PhC L3 共振器構造を形成した (図 1(a))。最適な L3 共振器の設計パラメータ (ホール間隔 a 、ホール半径 r) は光学シミュレーションにより決定した。レーザー走査型蛍光顕微鏡で Nd 起因の発光 2 次元分布を調べた結果 (図 1(b))、L3 共振器中央部で高い発光強度が得られ、フォトルミネセンス測定の結果から、 ${}^4F_{3/2} \rightarrow {}^4I_{9/2}$ 遷移による 916 nm ピークが増強していることが判明した (図 1(c))。以上から、パーセル効果により自然放出レートの増加が起こっていることが示唆される。発表では、L3 共振器の設計パラメータによる共振周波数の変化や、Nd 発光遷移寿命の変化、Q 値の算出について議論する。

本研究は、JST 創発的研究支援事業(JPMJFR203G)、JSPS 科研費(JP18H01483)の助成を受けた。また、本研究の一部は、文部科学省「ナノテクノロジープラットフォーム」事業(JPMXP09F21NMD002)の支援を受け、NIMS 微細加工 PF において実施した。

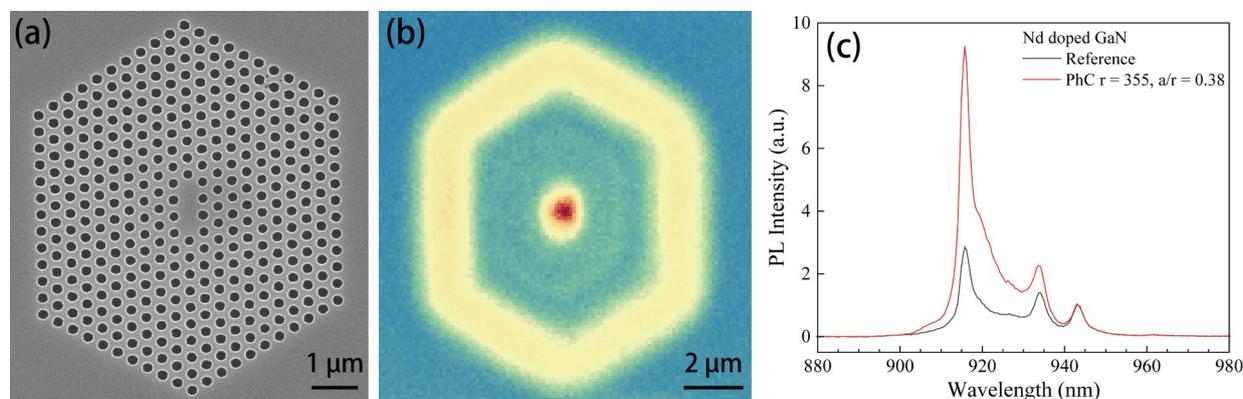


Fig.1 (a) Representative SEM image of PhC L3 cavity ($r = 360 \text{ nm}$, $a/r = 0.33$). (b) CFM image of Nd-implanted PhC L3 cavity ($r = 355 \text{ nm}$, $a/r = 0.38$). (c) Red: PL spectrum of Nd ions at the center region in (b), black: PL of non-resonant Nd ions. The ordinate is normalized by the value at 943 nm.