

赤色領域における III 族窒化物系 フォトニック結晶共振器の高 Q 値化 (>10,000)

Demonstration of high-Q (>10,000) III-nitride-based photonic crystal cavities in the red region

阪大院工¹, 阪大超高圧電顕センター²,

○岩谷 孟学¹, 市川 修平^{1,2}, Dolf Timmerman¹, 村上 雅人¹, 館林 潤¹, 藤原 康文¹

Osaka Univ.¹, Research Center for UHVEM, Osaka Univ.²,

○Takenori Iwaya¹, Shuhei Ichikawa^{1,2}, Dolf Timmerman¹, Masato Murakami¹,

Jun Tatebayashi¹, Yasufumi Fujiwara¹

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

【はじめに】III 族窒化物半導体を用いた 2 次元フォトニック結晶 (2D-PhC) ナノ共振器は、量子情報通信・バイオセンシング・低しきい値レーザなどの分野において広く注目を集めている。しかしながら、III 族窒化物半導体のウルツ鉱構造を反映した構造乱れ、光吸収、表面散乱などによって共振器 Q 値が制限され、可視光域における Q 値は 5500 以下に留まっている[1]。

我々はこれまでに、実験的に導入される作製誤差を、有限差分時間領域 (FDTD) 法を用いたシミュレーション内で再現することで、LN 型の共振器と比較して、HN 型の H3 共振器では作製誤差が生じた際にも高 Q 値を実現できる可能性を指摘し、実際に 7900 の高 Q 値を実現した[2,3]。

本研究では、さらなる高 Q 値化に向けて 2 次元的なフォトニック・ヘテロ構造を持つ共振器を設計・作製し、光学評価を行った。

【実験方法・結果】提案するヘテロ共振器を Fig.1 に示す。本共振器は Core, Trans, Clad 層から成り、空気孔の半径を $r_{\text{core}} > r_{\text{trans}} > r_{\text{clad}}$ と設計しフォトニックバンド構造を制御することで、Core 層に光が集中する共振器モードが生じる (Fig.2)。シミュレーションの結果、この共振器モードは 1.7×10^5 と高い設計 Q 値を示すことが分かった ($r_{\text{core}} = 0.34$, $r_{\text{trans}} = 0.32$, $r_{\text{clad}} = 0.30$)。

c 面サファイア基板上に、犠牲層の AlInN 層および Eu 添加 GaN (GaN:Eu) 層を有機金属気相成長法により成膜した。上記 FDTD シミュレーションによる設計に基づき、電子ビームリソグラフィにより PhC パターンを形成した。さらに反応性イオンエッチングを施し、熱硝酸で PhC 直下の犠牲層を除去することで共振器を作製した。

続いて、作製した試料に対して顕微フォトルミネッセンス測定を行った。励起光源には He-Cd レーザ (325 nm) を用い、室温下で測定を行った。ヘテロ共振器の発光スペクトルと、GaN:Eu 薄膜 (共振器無し) の発光スペクトルを Fig.3 に示す。共振器ピークが明瞭に観察され、可視光領域でこれまでに報告された Q 値を大きく上回る 10500 の Q 値が得られた。この結果から、ヘテロ共振器が III 族窒化物系 2D-PhC 共振器の高 Q 値化に有用であることが示された。高い Q 値を持つ共振器の実現により、超低しきい値レーザや単一光子源など新規デバイスの開発が期待される。

【参考文献】[1] R. Butté, *et al.*, *Nanophotonics* **9**, 569 (2020). [2] T. Iwaya, Y. Fujiwara, *et al.*, *Appl. Phys. Exp.* **14**, 122002 (2021). [3] 岩谷 孟学, 藤原 康文 他, 第 82 回応用物理学会秋季学術講演会 **10p-N101-13** (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。

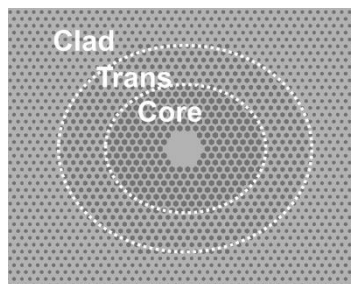


Fig. 1 Schematic of a hetero cavity.

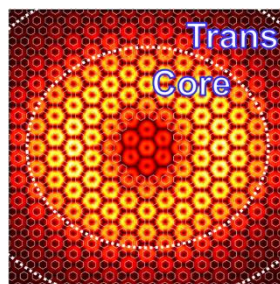


Fig. 2 Calculated distribution of the electric field for the cavity mode.

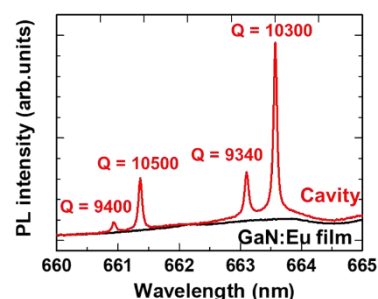


Fig. 3 PL spectra of hetero cavity and GaN:Eu film