

GaN 系可視域トポロジカルフォトリック結晶共振器の共振特性解析

Analysis of GaN-based topological photonic Resonator in the visible light region

上智大理工¹, 上智大学半導体研究所²

○本多 卓人¹, 菊池 昭彦^{1,2}

Sophia Univ.¹, Sophia Semiconductor Research Institute², °Takuto Honda¹, Akihiko Kikuchi^{1,2}

E-mail: kikuchi@sophia.ac.jp

はじめに: ハニカム格子型トポロジカルフォトリック結晶(PhC)のエッジ状態は、欠陥や急峻な曲げに対して高いロバスト性を持つ一方向光伝搬[1]や、フォトリックバンド端における固有モードの反転を利用したトポロジカルバルクレーザー[2]など、新しいデバイス応用に向けた研究が盛んに行われている。我々は、可視域トポロジカル PhC デバイスの実現に向けて GaN 系 PhC 構造の作製を行ってきた[3][4][5]。本研究では、メンブレン型 GaN 系可視域トポロジカル PhC を用いたリング共振器構造について 3 次元 FDTD 解析を行い、先行研究で実験的に観測した環状発光[5]に類似した電界分布の再現、および共振モードの Q 値の構造依存性を評価した結果を報告する。

解析結果: Fig. 1 に共振器構造の模式図を示す。6 つの正三角形空孔からなる六角形状のクラスタを最小単位とし、クラスタ中心間距離 a_0 を 350nm、GaN 膜厚を 175nm とした。三角形中心からクラスタ中心までの距離 $R_{\text{topo}}=1.05 \times a_0/3$ であるトポロジカル PhC を一辺 3~8 クラスタの六角形状 (L3~L8 共振器) に並べ、その周囲をトリビアル PhC ($R_{\text{triv}}=0.93 \times a_0/3$) で囲み、一辺 14 クラスタからなる正六角形状の共振器構造を設計した。この PhC のグローバルバンドギャップは 521.9 ~ 540.3nm であった。L3 共振器では、 R_{triv} を $0.91 \times a_0/3 \sim 0.99 \times a_0/3$ で変化させた構造についても解析を行った。Fig. 2 にバンドギャップ波長付近における L3~L8 共振器の Q 値と L4, L6, L8 キャビティの電界分布を示す。全てにおいてキャビティ周辺部に電界が局在するエッジモードを確認した。Fig. 3 は、 R_{triv} を変化させたときのエッジモードの Q 値の依存性と共振スペクトルの例 (挿入図) である。Q 値は、 $R_{\text{triv}}=0.94 \times a_0/3$ で最大となり、 R_{triv} の増加に伴い減少する傾向を示した。

参考文献: [1] S. Barik et al., New J. Phys., 18, 113013 (2016). [2] ZK Shao et al., Nature Nanotechnology., 15, 67-72 (2020). [3] K. Yoneta et al., Jpn. J. Appl. Phys., 61, SC1078 (2022). [4] Y. Takano et al., META 2023, 4A22-3 (2023). [5] U. Kurabe et al., 71st JASP Spring Meeting, 23a-11E-3 (2024)

謝辞: 本研究の一部は、JSPS 科研費 JP24K00950 の援助を受けて実施された。

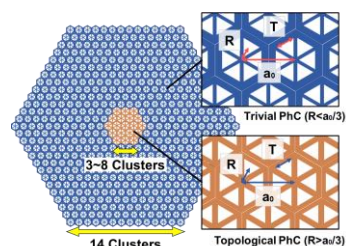


Fig. 1 Schematic diagram of the topological PhC resonator model used for 3D-FDTD analysis.

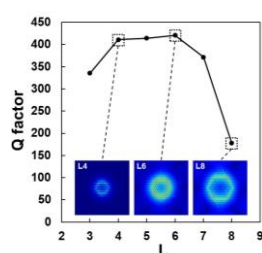


Fig. 2 Q factors for L3~L8 cavities of GaN based membrane topological PhC resonator. Insets are field distribution of resonant modes.

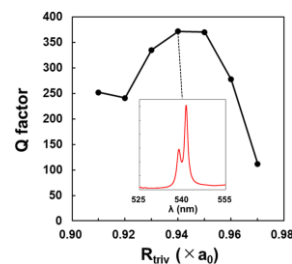


Fig. 3 Q factors of L3 cavity as a function of R_{triv} values of $(0.91 \sim 0.99) \times a_0/3$. Inset is resonant spectrum with maximum Q values.