

高効率な垂直結合に向けたトポロジカル欠陥キャビティの特性解析

Characteristic analysis of topological defect cavities for highly efficient vertical coupling

各務 響¹, 雨宮 智宏^{1,2}, 岡田 祥¹, 西山 伸彦^{1,2}, 胡 曉³

[○]H. Kagami¹, T. Amemiya^{1,2}, S. Okada¹, N. Nishiyama^{1,2}, and X. Hu³

東京工業大学 工学院 電気電子系¹ 科学技術創成研究院 未来産業技術研究所²

物質材料研究機構 国際ナノアーキテクトニクス研究拠点³

¹Department of Electrical and Electronic Engineering, Tokyo Institute of Technology

²Institute of Innovative Research (IIR), Tokyo Institute of Technology

³WPI-MANA, National Institute for Materials Science

E-mail: kagami.h.aa@m.titech.ac.jp

1. はじめに

光通信において広く利用されている平面光回路において、トポロジカルエッジ状態を生じさせる自明なフォトニック構造とトポロジカルなフォトニック構造[1]を内部に配置することで、光渦との親和性を持つことが可能となる。(TPICs: Topological Photonic Integrated Circuits)。

前回、我々は高効率な垂直結合に向けたキャビティを有するトポロジカル伝送路を提案した[2]。今回、提案したキャビティの動作波長を制御する設計手法について理論解析を行ったので、ご報告する。

2. トポロジカル欠陥キャビティの解析結果

解析で用いた素子構造を Fig. 1 に示す。本研究では、膜厚 220 nm の Si コア層を空気クラッドで挟んだエアブリッジ構造を仮定し、 C_6 対称性を有する三角ナノホールを蜂の巣格子状 (格子間隔 $a_0 = 825$ nm) に配置することでトポロジカル伝送路を構成した。バンド解析により、自明およびトポロジカルなフォトニック構造の R/L は、それぞれ 250/250 nm, 290/250 nm とした。このトポロジカル伝送路近傍の 1 セル内の三角ナノホールを全て取り除くことで、垂直入射時の結合効率を向上させるキャビティ構造を導入する。この構造は波長 1520 nm において垂直結合効率が最大となるが、Fig. 2 のように導入した欠陥構造の中心と、欠陥構造に隣接した蜂の巣格子内にある 6 個のナノホールの中心との距離 a を等しく変化させることで、最大の垂直結合効率が得られる波長を変化する。

FDTD 解析において、素子の 1.5 μm 上部にフォーカルレンズを配置し、ビームウェスト径 1 μm で、Fig. 1 のキャビティ構造を中心とする領域に光が入射されるように設定した。また、入射光は平面波とし、偏光は左右円偏光の 2 種類で変化させた。

右円偏光を入射させた際の距離 a における、port 1 の出力強度の解析結果を Fig. 3(a) に示す。併せて、本解析結果から求められた動作波長および Q 値の距離 a ごとの値を示す (Fig. 3(b) 参照)。距離 a が 880 nm までは、動作波長に大きな変化は認められず、Q 値が 1.2 倍程度に向上する。その後、 a を増大させるにつれて、動作波長が長波長側へとシフトしていくことが見て取れた。また、左円偏光を入射した場合は、port 2 に対して、port 1 に対する右円偏光と同様の動作をすることも確認した。

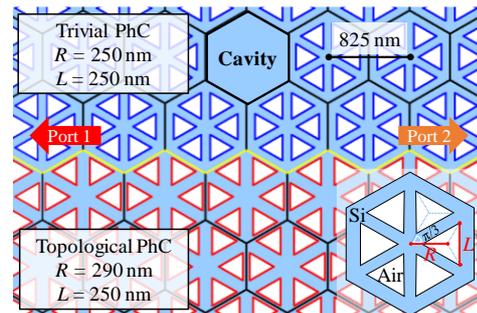


Fig. 1. Schematic image of proposed device.

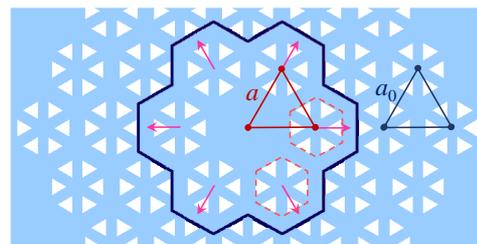


Fig. 2. Modified defect structure for controlling the operating wavelength.

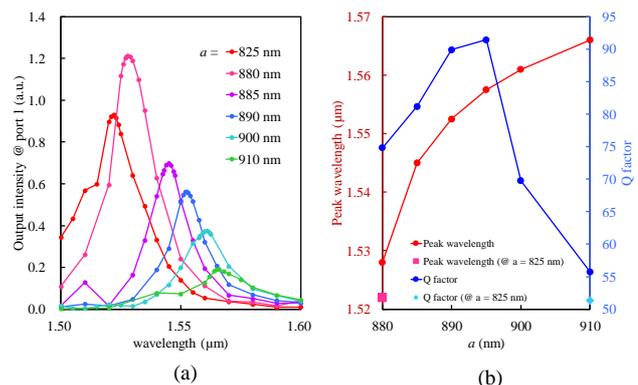


Fig. 3. (a) Calculated output intensity at port 1 when a right circularly polarized light is incident on the device. (b) Operating wavelength and Q factor as a function of the parameter a .

謝辞

本研究は、JST CREST (JPMJCR18T4, JPMJCR15N6), JSPS 科研費 (#17H03247, #19H02193), MIC/SCOPE (#182103111) の援助により行われた。

参考文献

- [1] L. Wu and X. Hu, Phys. Rev. Lett. 114, 223901 (2015).
 [2] 雨宮他, 第 81 回応用物理学会秋季講演会, 10p-Z18-10 (2020).