光渦の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 of optical vortices

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

°H. Kagami¹, T. Amemiya^{1,2}, S. Okada¹, Y. Wang¹, 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[®]

¹ Department of Electrical and Electronic Engineering, Tokyo Institute of Technology ² Institute of Innovative Research (IIR), Tokyo Institute of Technology

³ International Center for Materials Nanoarchitectonics (WPI-MANA), National Institute for Materials Science

E-mail: <u>kagami.h.aa@m.titech.ac.jp</u>

はじめに

光通信において広く利用されている光回路は、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、我々は円偏光の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、光渦状態の円偏光を高効率に垂直結合さ せるキャビティの理論解析を行ったので、以下に詳 細を述べる。

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、簡単のために、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、C₆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 セル内の誘電体を全て取り除き、隣接 するセル内部の *R/L* を 275/250 nm に設定しバンド ギャップを持たない構造とすることで、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。

まず、Fig. 1 の Port 2 から TE-like モードを入射モ ードとして伝搬させた際の、波長 1560 nm における キャビティ近傍での H_z 分布解析結果を Fig. 2(a)に示 す。キャビティ内部の欠陥部分での分布は z 方向に 進むチャージ数+1 の右円偏光を、z 平面で切り出し た際の H_z 分布 (Fig. 2(b)参照) と類似しており、波 長 1560 nm においてよく結合することが予想できる。

次にキャビティへ垂直入射した場合の解析では、 素子の1.5 µm上部からガウシアンビームをビームウ ェスト径1µmで、Fig.1のキャビティ内部の欠陥を 中心とする領域に光が入射されるように設定した。 光源直下に螺旋板を配置することで入射光を光渦に 変換し、チャージ数-1の左円偏光およびチャージ数 +1の右円偏光の2種類について解析を行った。

キャビティがある場合とない場合において、チャ ージ数 +1 の右円偏光を入射した際の Port 1 におけ る出力強度の波長依存性を Fig.3 に示す。波長 1550-1600 nm の領域において結合効率が向上し、特に波



Fig. 2. (a) Calculated out-of-plane magnetic distribution (Hz) at a wavelength of 1560 nm. (b) Hz distribution when right-handed circularly polarized light with a charge number of +1 is observed in the *z* plane.



Fig. 3. Calculated output intensity at port 1 when light was incident to the device as shown in Fig. 1.

長 1560 nm においてキャビティがない場合に対して 47 倍となる最大の結合効率が得られることから、キ ャビティの H_z分布と結合効率の関係が示された。

謝辞

本研究は、JST CREST (JPMJCR18T4, JPMJCR15N6), JSPS 科研費 (#19H02193, #20H02200, #21J14822), 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] 各務他, 第 68 回応物春季講演会, 19p-Z10-11 (2021).