

バンドチューニングによるトポロジカル伝送路の伝搬特性

Propagation Characteristics of Topological Transmission Lines by Band Tuning

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 曉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

トポロジカルフォトンクスにおいてもっとも良く知られる現象の一つは、トポロジーが異なる二つのフォトリック構造の界面に生じるトポロジカルエッジ状態[1]であり、これは光渦モードをもった光のみを伝搬させることを許容する。今回、2次元 FDTD 解析を用いて、トポロジカルエッジ伝送路に特定の光渦モード(次数: l)のみを伝搬させる方法を検討したので、以下に詳細を述べる。

2. 解析結果

本研究に用いた構造を Fig. 1 に示す。一般的に、トポロジカル伝送路を構成する場合、Trivial, Topological 構造のフォトリックバンドダイアグラムは Fig. 2(a) のようになるよう設計され[2], Topological 構造が Γ 点付近においてバンド反転を起こしていることから、電磁モード ($p_{\pm}, d_{\pm}$) の遷移割合が同一となる。ここで、両構造を Fig. 2(b) のように設計した場合、Trivial と Topological の $p_{\pm}$ モードが近づくため、 $p_{\pm}$ の電磁モードの遷移が $d_{\pm}$ の電磁モードの遷移に比べて支配的となり、バンドダイアグラムを Fig. 2(c) のように設計した場合、 $d_{\pm}$ の電磁モードの遷移が $p_{\pm}$ の電磁モードの遷移に比べて支配的となる。

本指針をもとにバンド解析を行った。解析においては、フォトリック構造を構成する誘電体の屈折率は 3.48、蜂の巣格子の周期 a_0 は 730 nm に固定し、蜂の巣格子の中心からナノホールを中心までの距離 R およびナノホール一辺の長さ L をパラメータとした。単位 nm で (R, L) のパラメータを Trivial (229, 305), Topological (256, 282) とすることで p -mode が、Trivial (216, 275), Topological (253, 307) とすることで d -mode が支配的な伝送路 ($\lambda = 1535$ nm) を構成できることを確認した。

上記のフォトリック構造を用いたトポロジカル導波路の伝搬特性を解析した。Fig. 3(a), (b) は、それぞれ Fig. 2(b), (c) に示したバンド図を調整したフォトリック構造からなる湾曲トポロジカル導波路における波長 1535 nm での伝搬モード分布 (H_z) である。その結果、それぞれの構造において、トポロジカル導波路を伝搬する光渦として、 $l = \pm 1$ と $l = \pm 2$ が選択されていることがわかる。この結果から、フォトリックバンドチューニングを行うことにより、各トポロジカル導波路において、各光渦に対応した光信号を伝搬させることが可能であることを確認した。

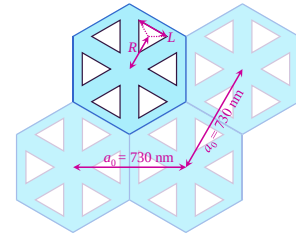


Fig. 1. Photonic structure with Z2 topology used in simulation.

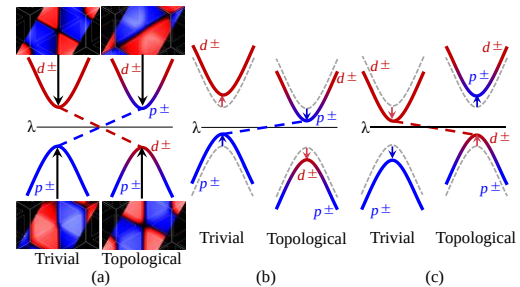


Fig. 2. (a) Schematic band diagram of two photonic structures used in typical topological waveguides (a), specific topological waveguides capable of propagating optical vortex modes with $l = \pm 1$ (b), and $l = \pm 2$ (c).

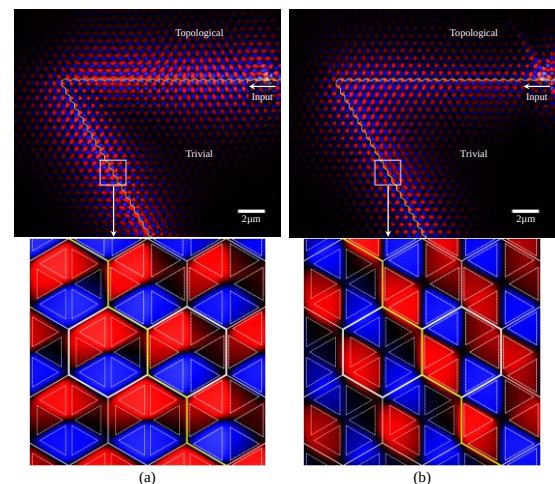


Fig. 3. Calculated mode distributions (H_z) in topological waveguides for (a) $l = \pm 1$ and (b) $l = \pm 2$.

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] S. Barik et al., New J. Phys. 18, 113013 (2016)