

トポロジカルエッジ伝送路におけるカプラ構造の提案

Proposal of optical coupler in topological edge state waveguide

東京工業大学, 工学院電気電子系¹ 科学技術創成研究院²

○齋藤 孝一¹, 雨宮 智宏^{1,2}, 各務 響¹, 鄭 叙¹, 中村 なぎさ¹, 西山 伸彦^{1,2}, 胡 暁³, 荒井 滋久^{1,2}

○K. Saito¹, T. Amemiya^{1,2}, H. Kagami¹, X. Zheng¹, N. Nakamura¹, N. Nishiyama^{1,2}, and S. Arai^{1,2}

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: saito.k.bz@m.titech.ac.jp

1. はじめに

自明なフォトニック結晶 (PhC) とトポロジカルな PhC の界面に生じるトポロジカルエッジ状態は、導波路上において光の伝搬が可能となることから、様々な応用が期待される[1]。このようなトポロジカルエッジ伝送路において伝搬光を分岐する際には、PhC の列数を減らすことでモード漏れを発生させ、それを介して別のトポロジカルエッジ伝送路に光を結合させる必要がある。そのため、通常の光回路で用いられる Y スプリッタや方向性結合器に当たる画一的なデバイスの存在が強く望まれる。

今回、トポロジカルエッジ伝送路におけるカプラ構造の提案を行うとともに、時間領域差分法 (FDTD 法) により伝搬特性を解析したので、ご報告する。

2. トポロジカル結晶構造を用いたカプラの検討

本研究で用いた PhC の構造を Fig. 1(a)に示す。今回は、 Z_2 トポロジを有する構造として、 C_6 対称性を有する誘電体ピラー(屈折率 3.42)が、周期 a_0 の蜂の巣格子状に配置された構造を仮定した。本構造によって作られるバンド図を Fig. 1(b)に示す。本解析では、蜂の巣格子の中心からナノホール中心までの距離 R およびナノホール半径 r をパラメータとした (周期 a_0 は $1 \mu\text{m}$ に固定した)。ここで、構造 A および B の 2 つについては、 Γ 点において p 波と d 波の電磁モードがバンド反転を起こしていることから、各々、自明な PhC とトポロジカルな PhC と結論付けられる。また、構造 C については、 Γ 点において全ての電磁モードが縮退している。本研究では、これら 3 つを用いてトポロジカルエッジ伝送路におけるカプラを形成する。

Fig. 2 に、提案する素子の概要図を示す。二つのトポロジカル伝送路の間に 4 つの単位セルで構成されたナノカプラを配置した構造となっている。ナノカプラ領域に構造 A または構造 B を配置した場合、対応するトポロジカル伝送路においてエッジ状態が維持され、いずれかのポートの出力強度が増大する。また、ナノカプラ領域に構造 C を配置したときは、各トポロジカル伝送路に均等に出力が分配される。

Fig. 3 に FDTD 法によって計算されたトポロジカルカプラの電界分布 (E_y) を示す。モード分布および出力強度とともに、おおよそ上記の傾向を示すことが見て取れた。また、バンドギャップ中心を維持しつつ、構造 A から構造 B の間に当たるバンド構造を有する PhC をナノカプラに配置する

ことで、出力の分配比を一定レベルで調整可能となる。

謝辞 本研究は、JST CREST (JPMJCR18T4, JPMJCR15N6), JSPS 科研費 (#15H05763, #16H06082 #17H03247)の援助により行われた。

参考文献

[1] T. Ozawa *et al.*, arXiv:1802.04173 (2018).

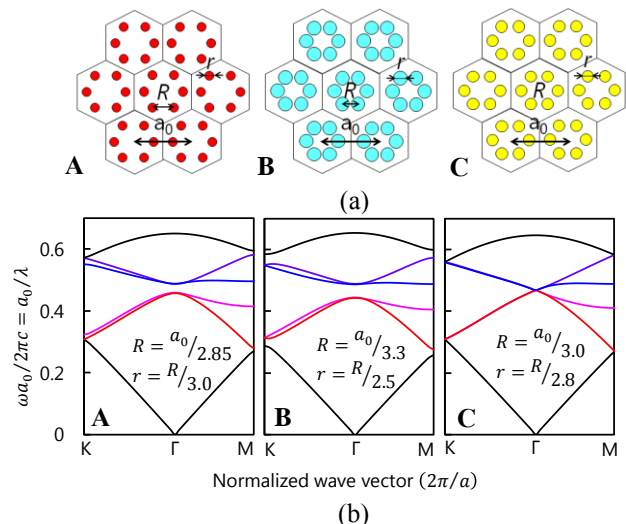


Fig. 1. (a) Schematic image of a unit cell. (b) band characteristic.



Fig. 2. Schematic image of topological 3 dB coupler.

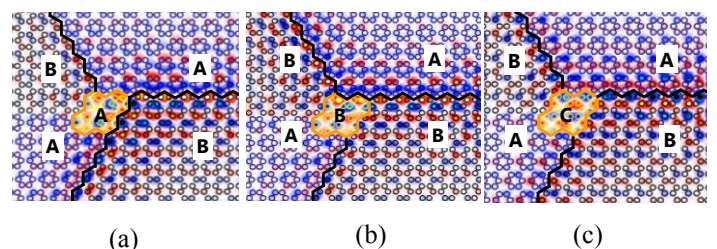


Fig. 3. Calculated electric field distribution.