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の特性解析

Topological waveguide with cavity structure for highly efficient vertical coupling

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

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

物質材料機構 国際ナノアーキテクトニクス研究拠点3

^OT. Amemiya^{1,2}, H. Kagami¹, S. Okada¹, N. Nishiyama^{1,2}, and X. Hu³
¹ Department of Electrical and Electronic Engineering, Tokyo Institute of Technology
² Institute of Innovative Research (IIR), Tokyo Institute of Technology

³ WPI-MANA, National Institute for Materials Science

E-mail: <u>amemiya.t.ab@m.titech.ac.jp</u>

1. はじめに

トポロジカル絶縁体やワイル半金属などにおける 電子系のトポロジーをフォトンの系にトレースする 試みは、トポロジカルフォトニクスと呼ばれ、近年 急速に進展している[1]。そのような中、我々は、従 来型の光回路の一部をトポロジカルフォトニクス系 に置き換えることで、光回路内において光渦伝搬を はじめとした各種制御を行うことを目指している (TPICs: Topological Photonic Integrated Circuits)。

TPICsにおいて重要な要素の一つは、トポロジカル

フォトニクス系への高効率な結合を、水平・垂直の 両方向に対して実現することである。今回、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、その理論解析を行ったので、以 下に詳細を述べる。

2. キャビティを有するトポロジカル伝送路の提 案と解析結果

提案する素子構造を Fig.1 に示す。本研究では、簡単のために、膜厚 300 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 775 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 225/265 nm, 270/265 nm とした。また、垂直入射時の結合効率を向上させるために、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いたキャビティ構造を導入した。

解析においては、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1µm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。

Fig. 2 に、右円偏光入射時における port 1 の出力強 度の解析結果を示す(比較のために、キャビティが ない通常のトポロジカル伝送路の解析結果も併せて 示す)。これにより、キャビティの有無に伴って垂 直結合効率に大幅な改善が見られ、トポロジカルエ ッジ状態が生じるバンド内において、最大で 2048% (波長 1540 nm)の出力強度の向上が確認された。

トポロジカルエッジ状態が生じるバンド内の各波

長におけるモード分布を Fig.3 に示す。ここで、エッジ状態が生じるバンドの中心において、zigzag 導波路で顕著に見られるスピン-スピン散乱によるエッジ状態の消失[2]が確認され、このときは伝送路への結合は完全に遮断されている。

<u>謝辞</u>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

T. Ozawa *et al.*, Rev. Modern Phys. **91**, 015006 (2019).
N. Parappurath *et al.*, Sci. Adv. **6**, 10, eaaw4137 (2020)



Fig. 1 Schematic image of proposed device.



Fig. 2 Output power of port 1 as a function of wavelength of vertical incident light.



Fig. 3 Mode distribution at each wavelength.