Si系トポロジカルエッジ伝送路における光渦状態の制御

Optical vortex mode control in Si-based topological edge state waveguide 雨宮 智宏^{1,2}, 各務 響², 齋藤 孝一², 田中 真琴², 増田 佳祐², 西山 伸彦^{1,2}, 胡 暁³, 荒井 滋久^{1,2} ^oH. Kagami¹, T. Amemiya^{1,2}, K. Saito¹, M. Tanaka¹, K. Masuda¹, N. Nishiyama^{1,2}, X. Hu³, and S. Arai^{1,2} 東京工業大学 科学技術創成研究院 未来産業技術研究所¹ 工学院 電気電子系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

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

C₆対称性を有する誘電体が蜂の巣格子状に配列されたフォトニック構造においては、Z₂トポロジーが存在し[1,2]、これを利用することで、特殊な光伝搬が可能なトポロジカルエッジ伝送路を実現することができる。当研究グループでは、上記伝送路を用いることで、パッシブな光渦合分波器の実現を目指している。

今回、Si 系トポロジカルエッジ伝送路において適切な設計を行うことで、*l*=-2から*l*=+2までのチャージ数を持った光渦を一意的に伝送可能であることを示したので、ご報告する。

2. トポロジカルエッジ伝送路における光渦の制御

素子の概要を Fig. 1(a)に示す。本素子は SOI ウェ ハ (Si 膜厚 220 nm) 上に C₆対称性を有するナノホ ールを蜂の巣格子状に配置した構造となっている。 (単位セル内の構造は Fig. 1(b)を参照)。

本研究では、特定のチャージ数を持った光渦を選 択的に伝送するために、Γ点において自明なフォト ニック結晶(PhC)とトポロジカルな PhC のバンド エッジが対象波長に近接するよう、ナノホールを設 計した。例えば、Fig. 2(a)のようなバンド図を設計 した場合、トポロジカルエッジ状態においては p 波 電磁モードの遷移が支配的となることから、*l* = ±1 のチャージ数をもった光渦の伝搬が許容される。同 様に、*d* 波電磁モードが支配的である場合は、*l* = ±2 のチャージ数をもった光渦の伝搬が可能となる (Fig. 2(b)参照)。

Fig. 2 で設計された PhC を用いて、トポロジカル エッジ伝送路近傍の磁界分布(H_y)を3次元 FDTD 法により計算した(Fig. 3 参照)。伝送路周囲の単 位セルのモード分布を拡大すると、各伝送路におい て特定のチャージ数をもった光渦が伝搬しているこ とが見て取れた。併せて、自由空間へ放射させた電 界モード分布も Fig. 3 に示す。本解析結果からも、 同様の現象を確認することができた。

謝辞

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

参考文献

- [1] L.-H. Wu and X. Hu, Phys. Rev. Lett. 114, 223901 (2015).
- [2] T. Ozawa et al., arXiv:1802.04173 (2018).











Fig. 3. Calculated magnetic field H_y for each topological edge state waveguide. (a) l = +1 (b) l = +2.