

Si系トポロジカルフォトンクス伝送路における導波モード解析

Mode analysis of Si-based topological edge state waveguide

各務 響¹, 兩宮 智宏^{1,2}, 齋藤 孝一¹, 田中 真琴¹, 増田 佳祐¹, 西山 伸彦^{1,2}, 胡 暁³, 荒井 滋久^{1,2}°H. 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 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³¹Department of Electrical and Electronic Engineering, Tokyo Institute of Technology²Institute of Innovative Research (IIR), Tokyo Institute of Technology³WPI-MANA, National Institute for Materials ScienceE-mail: kagami.h.aa@m.titech.ac.jp

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ンクス[1]と呼ばれ、近年急速に進展している。特に、 C_6 対称性を有する誘電体が蜂の巣格子状に配列された構造における Z_2 トポロジーの発現[2]は、特殊な光伝搬が可能なトポロジカルエッジ状態を実現できることから様々な応用が期待されている[3]。そのような中、我々は従来型の光回路にトポロジカルフォトンクス系を導入することを目指している。

今回、トポロジカルフォトンクス系において最も基本となる構成要素であるSi系トポロジカルエッジ伝送路の断面を含む導波モードを時間領域差分法(FDTD法)により解析したので、ご報告する。

2. Si系トポロジカルエッジ伝送路の解析

素子の概要をFig. 1(a)に示す。本素子はSOIウェハ上に C_6 対称性を有するナノホールを蜂の巣格子状(周期 $a = 800$ nm)に配置した構造となっている(素子断面はFig. 1(b)を参照)。

ナノホールの構造をFig. 2(a)に示す。本研究では蜂の巣格子の中心からナノホールの中心までの距離 r およびナノホール1辺の長さ l をパラメータとした。Fig. 2(b)に、計算された自明なフォトンクス結晶(PhC)とトポロジカルなPhCのバンド図を示す。このとき、 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が見て取れた。

Fig. 3(a)に、FDTD法によって計算されたトポロジカルエッジ伝送路(自明なPhCとトポロジカルなPhCの境界)近傍の磁界分布(H_y)を示す。電磁場はエッジに局在しており、このときFig. 3(b)に示すように、特に α, β ではポインティングベクトルは、ほぼ z 軸方向に平行であり、擬スピン状態で重みを付けた電磁エネルギー流の存在に起因する逆向きの流れがあると予想される。Fig. 3(c)に、 α, β での電界・磁界・エネルギー密度の断面モード分布を示す。それぞれのモード分布の解析結果から、上記を裏付ける現象を観測することができた。

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

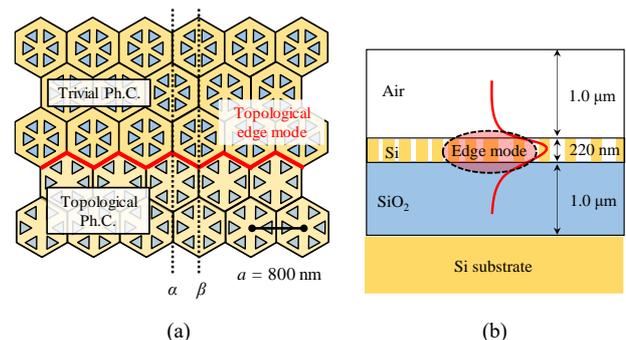


Fig. 1. (a) Si-based topological edge state waveguide we used in simulation. (b) Cross section of topological edge state waveguide.

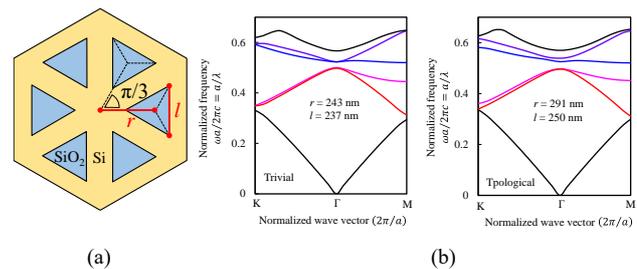


Fig. 2. (a) Schematic image of a unit cell. (b) Typical photonic bands for (left) trivial and (right) topological photonic crystals.

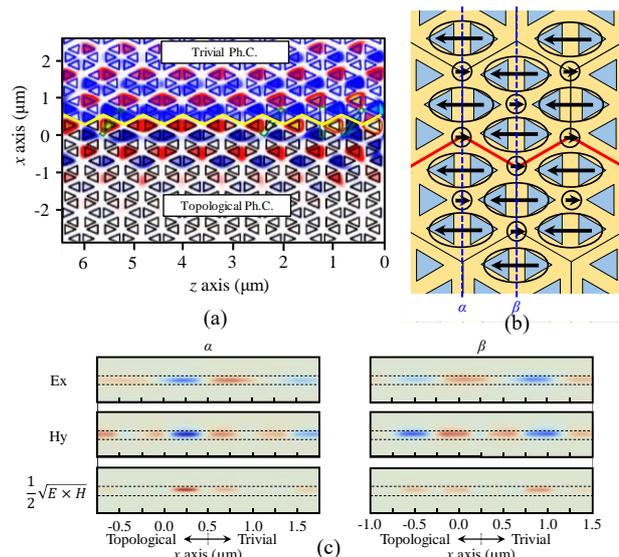


Fig. 3. (a) Calculated magnetic field H_y . (b) Schematic image of energy density vector. (c) Cross section of calculated energy density along (left) α and (right) β .

- [1] L. Lu *et al.*, *Nature Photon.* **8**, 821 (2014).
 [2] L.-H. Wu and X. Hu, *Phys. Rev. Lett.* **114**, 223901 (2015).
 [3] T. Ozawa *et al.*, arXiv:1802.04173 (2018).