

異なるカイラリティを有する半導体三次元フォトニック結晶の 界面におけるトポロジカルエッジ状態の検討

Topological Edge States at an Interface of Two Three-Dimensional Photonic Crystals having Opposite Chirality

◦高橋 駿¹、大野 修平²、初貝 安弘²、荒川 泰彦³、岩本 敏^{3,4}

(1. 京工繊大、2. 筑波大院数理、3. 東大ナノ量子機構、4. 東大生研)

◦Shun Takahashi¹, Shuhei Oono², Yasuhiro Hatsugai², Yasuhiko Arakawa³, Satoshi Iwamoto^{3,4}

(1. Kyoto Inst. of Tech., 2. Grad. Sch. Pure Appl. Sci., Univ. of Tsukuba,

3. NanoQuine, Univ. of Tokyo, 4. IIS, Univ. of Tokyo)

E-mail: shuntaka@kit.ac.jp

グラフェンなどにおけるディラック点の三次元拡張概念であるワイル点は、その縮退を電場や磁場などの外的な操作なしで解くことが可能であり、それによって形成されるトポロジカルエッジ状態は、無散逸で構造揺らぎに強い伝送応用に期待されている。一般に、ワイル点は PT 対称性の破れた系において、正負のトポロジカルチャージをもつペアとして出現する。特にカイラリティをもつ構造によって P 対称性を破った場合、そのカイラリティ（例えば、らせんの左巻き・右巻き）を変えることで、トポロジカルチャージの正負を逆転できる。本研究では、同じ平均屈折率でカイラリティのみが異なる2つの半導体三次元フォトニック結晶(3D PhC)の界面に注目し、トポロジカルエッジ状態が形成されることを数値計算により検討した。

対象とした構造は、 $a = 500$ nm 周期で面内にストライプ構造をもつ半導体薄膜を 60° 面内回転させながら積層した構造である (Fig. (a))。この PhC が有するワイル点の縮退を、波数 k_z を変化させて解くと、カイラリティの違いでそれぞれ ± 1 のトポロジカル数を示す[1]。そこで、これらの界面 (Fig. (b)) を含む構造について、 x 方向に $16a$ としたスーパーセルで平面波展開法によって $k_z = 2\pi/3$ でのバンド図を計算した。その結果、Fig. (c) のように4本のトポロジカルエッジ状態を得た。この内、赤実線で表した2本がスーパーセル中央の界面 (Fig. (b)) に、青点線で表した2本はスーパーセルの端面に局在した。ひとつの界面に2本のエッジ状態が現れたことは、トポロジカル数の変化分2と一致し、バルク-エッジ対応[2]を満たす。

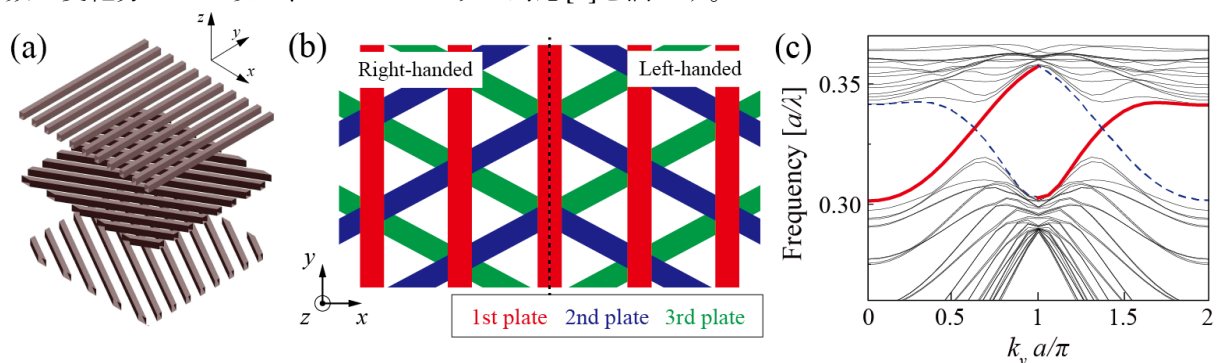


Fig. Schematics of the 3D PhC having a right-handed chirality (a), and the calculated structure composed of the two PhCs having opposite chirality (b). (c) Projected band structure at $k_z = 2\pi/3$ for (b). The red lines are the topological edge states at the central interface in (b). The blue dotted lines are also topological edge states at the opposite side of the supercell.

謝辞: 本研究は JSPS 科研費特別推進研究 15H05700, 新学術領域研究 15H05868 および 26247064, 16K13845, 16H06085, 17H06138, 18K18857 により遂行された。

参考文献: [1] S. Takahashi, *et al.*, JPSJ **87**, 123401 (2018), [2] Y. Hatsugai, PRL **71**, 3697 (1993).