半導体カイラルフォトニック結晶における ワイル点とトポロジカルエッジ状態

Weyl Points and Topological Edge States in Semiconductor Chiral Photonic Crystals

°高橋 駿 [1]、大野 修平 [2]、岩本 敏 [1,3]、初貝 安弘 [2]、荒川 泰彦 [1,3]

(1.東大ナノ量子機構、2.筑波大院数理、3.東大生研)

°Shun Takahashi[1], Shuhei Oono[2], Satoshi Iwamoto[1,3], Yasuhiro Hatsugai[2], Yasuhiko Arakawa[1,3]

(1. NanoQuine, Univ. of Tokyo, 2. Grad. Sch. Pure Appl. Sci., Univ. of Tsukuba, 3. IIS, Univ. of Tokyo)

E-mail: shuntaka@iis.u-tokyo.ac.jp

ワイル点は、グラフェンなどに現れる二次元運動量空間でのディラック点の概念を、三次元に拡張した縮退点であり、電子工学では高移動度デバイス、光工学では大体積シングルモードレーザなどへの応用が期待されている。特にワイル点近傍では、電場や磁場などの外的な操作なしで、トポロジカルエッジ状態が得られるため、外乱に強い電気・光伝送への応用も期待できる。これまでに、光に対しても理論・実験の両面でワイル点および対応するエッジ状態が研究されてきたが、構造の複雑さ[1]や、構造と完全導体との境界でのエッジ状態[2]のため、現実の系には適さないものが多かった。本研究では、我々が作製を報告してきた半導体カイラルフォトニック結晶[3]において、ライトラインより下にワイル点が形成されることを数値的に示した。

対象とした構造は、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させた 3 回対称回転積層型 woodpile 構造である（Fig. (a)）。このカイラルフォトニック結晶に対して局在基底を用いたバンド計算[4]を行ったところ、K 点において低次の第二・三バンドが三次元的に一点で縮退していることがわかった（Fig. (b)）。この点に対して波数 k_3 を変化させて縮退を解くと、トポロジカル数が有限値を示したため、この縮退点はワイル点であると言える。さらに、本構造と真空との境界を考慮して、$k_3 = 2\pi/3$ でバンド図を計算したところ、Fig. (c) のようにライトライン下のギャップ内にトポロジカルエッジ状態が得られた。同様のワイル点は、45°回転積層させた 4 回対称のカイラルフォトニック結晶でも確認された。

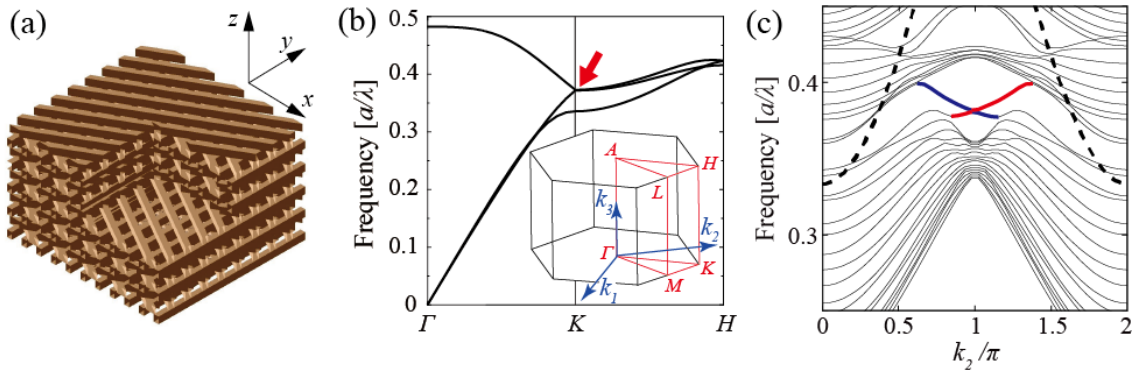

Fig. (a) Schematic of the studied structure. (b) Calculated band structure. The red arrow indicates the Weyl point. (c) Projected band structure at $k_3 = 2\pi/3$ for a finite size of the structure surrounded by vacuum. Dotted lines are the light lines.

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, 25107005, 16K13845, 16H06085 により遂行された。

参考文献: [1] L. Lu, *et al.*, Science **349**, 622 (2015), [2] M.-L. Chang, *et al.*, arXiv: 1607.02918 (2016), [3] 高橋駿, 他, 応用物理学会学術講演会, 春季第 63 回 21a-S621-11, [4] S. Oono, *et al.*, Phys. Rev. B **94**, 125125 (2016).