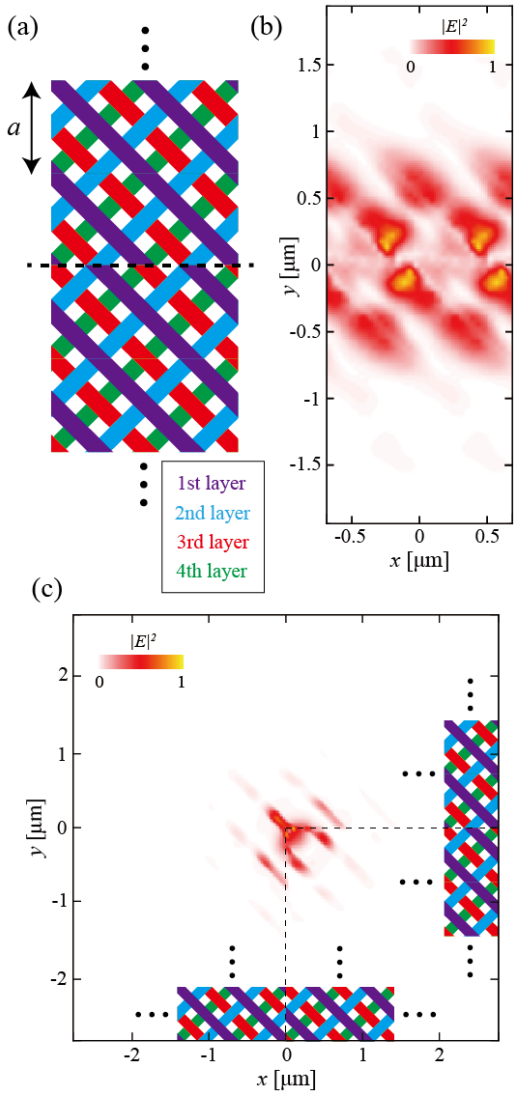
３次元 Woodpile 型フォトニック結晶における Hinge 状態の検討

Numerical Investigation of a Hinge State in a Three-Dimensional Woodpile Photonic Crystal

京工繊大 [1], 関西学院大 [2], 東大先端研 [3], 東大生研 [4]　○高橋 駿 [1], 若林 克法 [2], 岩本 敏 [3, 4]
Kyoto Inst. of Tech.[1], Kwansei Gakuin Univ.[2], RCAST, Univ. of Tokyo[3], IIS, Univ. of Tokyo[4]
○Shun Takahashi[1], Katsunori Wakabayashi[2], Satoshi Iwamoto[3, 4]
E-mail: shuntaka@kit.ac.jp

高次トポロジカル状態は、単位胞内の分極の期待値を表すワニエ中心によって特徴づけられるため、従来のトポロジカル数である Chern 数に依らない[1]。これまでに３次元系における１次元 Hinge 状態および０次元コーナー状態が弾性波などに対して報告されており[2, 3]、ロバストな３次元トポロジカル光集積回路への応用が期待されている。我々も単純立方格子からなる３次元構造で Hinge 状態を議論してきたが、バンドギャップが小さいために、バルク状態や２次元表面状態との周波数の重なりが避けられなかった[4]。本研究では、バンドギャップの大きいダイヤモンド構造を簡素化した Woodpile 構造に注目し、Zak 位相を利用した Hinge 状態を数値計算により検討した。

対象とした構造は、周期 a の面心立方格子（FCC）における Woodpile 型 4 層構造で、屈折率 3.6、ロッド幅 $0.28/\sqrt{2}a$、層厚 $0.25a$ である。この単位胞の取り方を、FCC の 2 つの基本格子ベクトル$(x + y)/2$, $(z + x)/2$ の半分ずつシフトさせた構造では、バンド反転が起こり、各方向の Zak 位相が π 変化することが期待される。なお、シフトさせた構造は元の構造において、奇数または偶数番目の層を入れ換えた構造と等価である。これら 2 つの構造の２次元接合面（Fig. (a)）に表面状態が現れた（Fig. (b)）ほか、x-y 面内に直角な境界が形成されるように配置すると、コーナー部分で光の局在を確認し、Hinge 状態を得た（Fig. (c)）。また、分散曲線の計算から、Hinge 状態とバルク状態および表面状態との周波数の重なりが、単純立方格子の場合と比較して大幅に低減されることも判明した。



Figs. (a) Schematic diagram of the interface between the two woodpile structures, (b) Field distribution of one of the surface states, (c) Field distribution of the Hinge state.

謝辞: 本研究は JSPS 科研費 15H05700, 17H06138, 18H01154, 18K18857 および JST-CREST JPMJCR19T1 により遂行された。
参考文献: [1] 江澤雅彦, 日本物理学会誌, **75**, 289 (2020), [2] X. Zhang, *et al.*, Nat. Commun. **10**, 5331 (2019), [3] M. Weiner, *et al.*, Sci. Adv. **6**, eaay4166 (2020), [4] 高橋駿, 他, 第 80 回応用物理学会秋季学術講演会 20p-E207-9 (2019).

© 2020年 応用物理学会