

バレートポロジーに基づく円偏光生成器の検討

Study on a circular polarization generator based on the valley topology

東工大¹, 東大先端研², 無所属³, 慶應大⁴○ 林 文博¹, 張 成昆², 吉見 拓展³, 甲斐 航¹, 雨宮 智宏¹, 太田 泰友⁴, 岩本 敏², 中川 茂¹Tokyo Tech.¹, RCAST, Univ. Tokyo², Independent³, Keio Univ.⁴○ W. Lin¹, C. Zhang², H. Yoshimi³, W. Kai¹, T. Amemiya¹, Y. Ota⁴, S. Iwamoto², S. Nakagawa¹

Email: lin.w.ab@m.titech.ac.jp

周期構造の対称性に起因する幾何学位相により内部の波動関数/バンド構造が支配されるトポロジカルフォトニック結晶は、散乱に対し堅牢なエッジ光導波路等の画期的な新機能素子をもたらしている。同系における特異な現象として、特定の波数 (例えば Γ 点や K/K' 点) における円偏光状態の発現が知られており [1, 2], エッジモードの指向性励振 [3] 等への応用が報告されている。入射とは逆に円偏光の生成も原子物理分野をはじめ多くの応用先が期待できる。このような応用には素子面外へ放射可能なライトラインより上側のバンドを利用する必要があるが、同系の大きな利点である低損失な光導波を損なう。ライトラインの下側にあるモードは二重周期構造によりバンドを折り返すことで上側へと移すことが可能であり、同機構は近年ライトラインの帳に包まれた新奇光現象の観測に活用されている [4]。今回我々は、二重周期を利用してエッジ導波路と連続接続可能であり、かつバレーフォトニック結晶の K/K' 点バンド端で生じる円偏光状態を素子面外へ取り出し可能な構造を検討したので報告する。

考案素子は蜂の巣格子状に三角孔を設けた Si スラブ (220 nm 厚) を基本構造とする (図 1(a)). 単位胞に含まれる 2 つの三角孔が同一寸法 (同図②) の場合, K/K' 点でバンドが縮退しディラック点が見られる (フォトニックグラフェン構造). 一方, ①や③のように寸法が異なると縮退が解けてバンドギャップが生じ (バレーフォトニック結晶), バンド端で円偏光となる [2, 5]. このような構造に対し 1 周期おきに三角孔の寸法を変調 (同図④) することでライトライン下のバンドは折り返されてライトラインを超え, バンド端周波数で円偏光回折が期待される. 同構造とエッジ導波路の接続に単一モードを保ちつつ導波路幅を広げられるグラフェン領域 [6, 7] を導入し, この領域内に二重周期構造を埋め込んだ. FDTD 法で光伝搬を計算し (図 1(b)), 二重周期領域からの回折を求めたところ, K 点方向に強く局在し高い円偏光度を示すことが確認された (図 1(c)). 二重周期部の三角孔の大小関係を反転すると逆回りの円偏光回折が得られ, バレーフォトニック結晶の K 点バンド端に起因する円偏光であることが示唆される. バンド計算等を含めた詳細な解析は当日報告する。

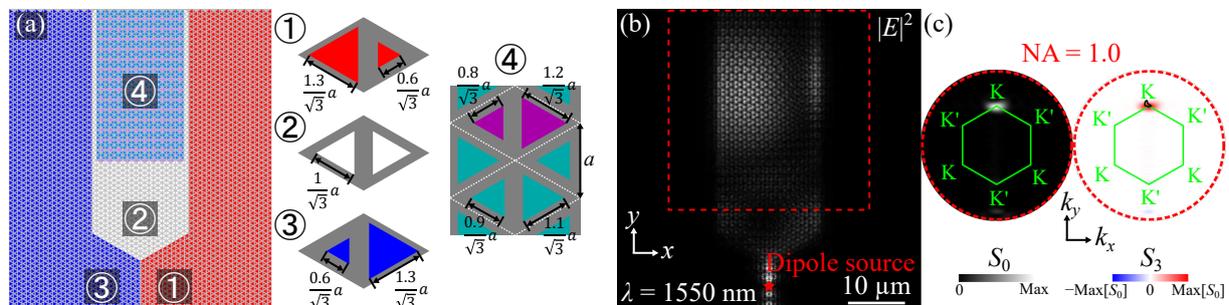


Fig. 1. (a) Proposed device structure. Lattice constant $a = 500$ nm. (b) Simulated electric field distribution in the device plane. (c) Computed far-field profiles of the intensity S_0 (left) and its circularly polarized component S_3 (right) radiated from the region indicated by the red-dashed square in (b). The black contour in the right panel indicates a region where $S_3/S_0 \geq 0.99$.

参考文献: [1] T. Yoda and M. Notomi, *Phys. Rev. Lett.* **125**, 053902 (2020). [2] C. Guo *et al.*, *Phys. Rev. Lett.* **124**, 106103 (2020). [3] S. Okada *et al.*, *Opt. Express* **31**, 35218 (2023). [4] M. Barsukova *et al.*, *Nat. Photonics* **18**, 580 (2024). [5] H. Yoshimi *et al.*, *PECS-XIII P-12* (2023). [6] Q. Chen *et al.*, *ACS Photonics* **8**, 1400 (2021). [7] C. Zhang *et al.*, *Opt. Mater. Express* **14**, 1756 (2024).

謝辞: 本研究は JST CREST(JPMJCR19T1), 科研費 (22H00298) の助成を受けたものです。