

# 円形空孔を組み合わせたシリコンフォトニック結晶スラブ導波路の設計

## Design of silicon photonic slab waveguide based on combination of air-holes

上智大理工<sup>1</sup>, 上智ナノテクセンター<sup>2</sup> ○(M1)石井 空良<sup>1</sup>, 菊池 昭彦<sup>1,2</sup>

Sophia Univ.<sup>1</sup>, Sophia Nanotech Research Center<sup>2</sup>, °Sora Ishii<sup>1</sup>, Akihiko Kikuchi<sup>1,2</sup>

E-mail: kikuchi@sophia.ac.jp

**はじめに:** トポロジカルエッジ状態を有する構造が損失なしに電磁波を伝搬することが示され<sup>[1]</sup>, 誘電体円柱からなる六角形クラスタの三角格子配列フォトニック結晶 2次元スラブ導波路においてトポロジカルエッジ状態が発現することが Hu らによって報告された<sup>[2]</sup>。この成果は、シリコンフォトニック結晶などの実用的な光デバイス応用の可能性を示しており重要な意味を持つ。しかしながら、実際に光波長域でスラブ導波路デバイスを構成する場合、誘電体円柱構造では面外への散乱が生じ、金属による閉込めは損失が大きくデバイス応用が難しい。一方、円形空孔フォトニック結晶を用いるとグローバルギャップが開かず、正三角形の空孔を用いた GaAs スラブ導波路の理論計算が報告された<sup>[3]</sup>。本研究では、これらの先行研究に基づき、実際の導波路デバイスの作製が容易な構造を用いたトポロジカルフォトニック結晶の設計について検討を行った。

**実験:** Fig.1 に示すように、三角形を3つの円の重なりで近似した空孔からなる六角形クラスタの三角格子配列フォトニック結晶を設計した。3つの円は一边  $T$  の正三角形に内接するように配置し、円の中心は3つの円の重なりが正三角形の重心にくるように設計した。この構造は電子線描画やエッチング加工において製造が比較的容易であると予想されるため、比  $R/a$  をパラメータとしてフォトニックバンド計算を有限差分時間領域法(FDTD)で行った。

**結果と考察:** Fig.2(a)~(c)にそのフォトニックバンド図を示す。また、Fig.2(b)の挿入図は第一ブリルアンゾーンを示す。Fig.2(a)および(c)の挿入図に示すように、比  $R/a$  を変化させることによってこのシステムを摂動させ、収縮または拡張した状態のクラスタが得られる。 $a=650$  nm,  $T=0.4a$  とした場合、比  $R/a$  が 0.34 の時にディラックコーン状態が形成され、0.32 と 0.36 のときに  $\Gamma$  点で波長  $1.5\mu\text{m}$  の光を含むバンドギャップが開いた。今後は、これらの構造を接合した境界においてトポロジカルエッジ状態が発生する可能性や実際のトポロジカルフォトニック導波路の作製を行う予定である。

**謝辞:** 本研究の一部は、JSPS 科研費 JP16K14260 および JP17H02747 の援助を受けて行われた。

**参考文献:** [1] Hafezi, Mohammad, et al. Nature Photonics 7.12 (2013): 1001-1005. [2] Xiao Hu, et al. Physical review letters 114.22 (2015): 223901. [3] Barik, et al. New Journal of Physics 18.11 (2016): 113013

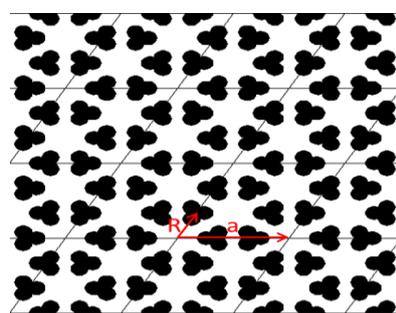


Fig.1 Scheme of our proposed photonic crystal.

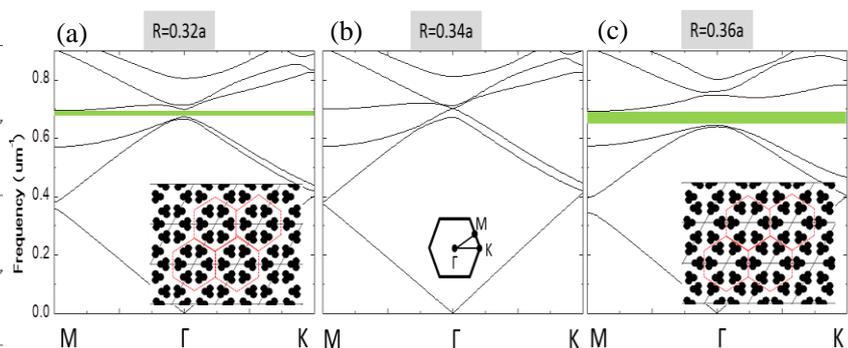


Fig.2 Dispersion relations for the 2D photonic crystals with  $\epsilon_d = 11.56$ ,  $\epsilon_A = 1$  (a) Shrunk cluster ( $R=0.32a$ ), (b) Dirac cone ( $R=0.34a$ ), (c) Expanded cluster ( $R=0.36a$ )