

# Si フォトニック結晶導波路を用いたフル C バンド低分散スローライト

## Si Photonic Crystal Waveguide For Full C-Band Low Dispersion Slow Light

横国大, °廣谷 圭祐, 馬場 俊彦

Yokohama Nat'l Univ., °Keisuke Hirotsu, Toshihiko Baba

E-mail: hirotsu-keisuke-fn@ynu.jp

フォトニック結晶導波路では、構造パラメータを調整することで分散が制御され、広帯域なスローライトが得られる<sup>1,2)</sup>。一方、最近、機械学習を用いたフォトニック構造の最適化の研究が行われている<sup>3-5)</sup>。本研究では、SiO<sub>2</sub>クラッド付き Si 格子シフト型フォトニック結晶導波路の格子シフト量を機械学習により探索することで、群屈折率  $n_g \approx 20$ 、中心波長  $\lambda = 1.55 \mu\text{m}$  での帯域  $\Delta\lambda = 35 \text{ nm}$  (つまりフル C バンド)、規格化遅延帯域積  $\text{NDBP} = 0.45$  の低分散構造が得られた。

図 1 に単一線欠陥を基本とする導波路構造を示す。格子定数  $a$ 、円孔直径  $2r$ 、線欠陥幅に加え、1 ~ 5 列目の円孔の横方向シフト、3, 4 列目の縦方向シフトを変数とし、Si スラブ厚は  $205 \text{ nm}$  と固定した。Lumerical FDTD Solutions を用いてフォトニックバンド計算を行い、6400 個のデータを収集して、全結合型ニューラルネットワークモデル (隠れ層数 2、各ニューロン数 77) を作成した。さらにこのモデルを粒子群最適化アルゴリズムと組み合わせ、 $n_g$  が高く、 $\Delta\lambda$  が広い構造を探索した。

最終的に得られたフォトニックバンドと各パラメータを図 2 に示す。破線は SiO<sub>2</sub> のライトラインである。実線は 15 点の計算プロットの 6 次多項式近似である。その傾斜から求めた  $n_g$  スペクトルを図 3 に示す。灰色領域に示すように  $n_g$  が  $\pm 10\%$  となる範囲で帯域  $\Delta\lambda$  を定義した結果、 $n_g \approx 20$ 、 $\Delta\lambda = 35 \text{ nm}$ 、 $\text{NDBP} = 0.45$  となった。これは以前に我々が報告した 3 列目のみをシフトさせたときの  $n_g \approx 20$ 、 $\Delta\lambda \approx 20 \text{ nm}$ 、 $\text{NDBP} = 0.258$ <sup>6)</sup> と比べて 1.7 倍、別のフル C バンド構造の  $n_g \approx 9$ 、 $\Delta\lambda = 42 \text{ nm}$ 、 $\text{NDBP} = 0.244$ <sup>7)</sup> と比べて 1.8 倍である。また、同様の探索はエアブリッジ構造に対しても行われているが<sup>8)</sup>、その最大値は  $\text{NDBP} = 0.38$  であり、本研究の値はそれと比べても大きい。このようなフル C バンド動作はスローライトの有用性を大いに高める。

なお、この成果は、国立研究開発法人新エネルギー・産業総合技術開発機構 (NEDO) の委託業務 JPNP13004 の結果得られたものである。

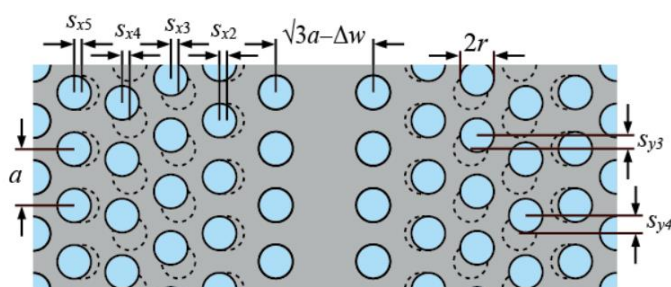


図 1 フォトニック結晶導波路の構造とパラメータ

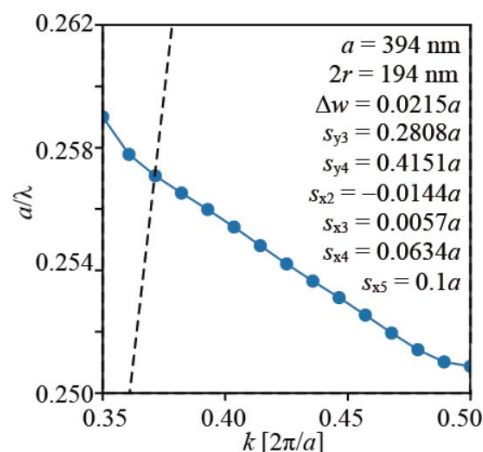


図 2 フォトニックバンド

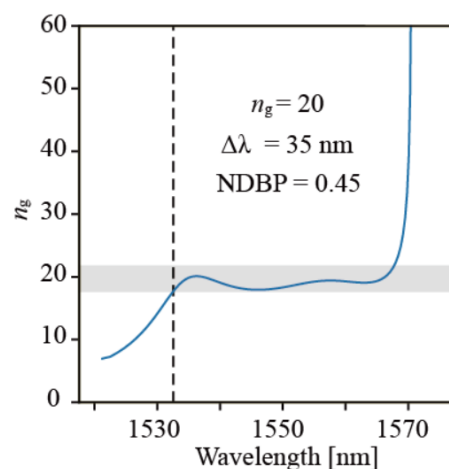


図 3  $n_g$  スペクトル

参考文献 1) J. Li et al, Opt. Express 16, 6227 (2008). 2) T. Tamura et al, J. Lightw. Technol. 33, 3034 (2015). 3) T. Asano et al, Nanophotonics 8, 2243 (2019). 4) R. Abe et al, Opt. Lett. 45, 319 (2020). 5) 白鳥ら, 春季応物, 10-a-W321-5 (2019). 6) Y. Hinakura et al. Photonics 3, 17 (2016). 7) Y. Terada et al, Opt. Lett 42, 4695 (2017). 8) D. Vercruyssen et al., IEEE J. Sel. Top. Quantum Electron. 26, 8301706(2019).