## SiO2 埋め込み型ナノ共振器の機械学習による構造最適化

## Optimization of Q-factors of SiO<sub>2</sub>-embedded nanocavities based on machine learning

## 京大院工,<sup>O</sup>柴田武志,浅野卓,野田進 Kyoto Univ.,<sup>O</sup>T. Shibata, T. Asano, S. Noda

E-mail: shibata.takeshi@qoe.kuee.kyoto-u.ac.jp, tasano@kuee.kyoto-u.ac.jp

[序] 我々は2次元フォトニック結晶を用いた共振器の高0値化に、理論と実験の両面から取り組 んできた。特に光閉じ込めの強いエアブリッジ構造のヘテロ構造共振器においては、1100万を超 える世界最高の実験 Q 値を実現している <sup>D</sup>。一方、SiO<sub>2</sub> 埋め込み型の共振器は、屈折率差の低下 に伴い光閉じ込めは弱くなるものの、複雑な電気制御用配線の導入が可能であり、また汚染に強 いという特長をもつ。これまでに、弱い光閉じ込めを補償するべく、W1より幅の狭い導波路に段 数の多い格子定数変調を導入した SiO₂埋め込み型共振器が提案され、実験 Q 値 100 万 2が報告さ れている。今回、W1 導波路ベースの局所変調ヘテロ共振器<sup>3)</sup>を SiO<sub>2</sub> で埋め込んだ上で、弱い光 閉じ込めを機械学習を活用した最適化4.5により補償することで、高い配置の自由度と高い理論Q 値をもつ SiO2 埋め込み型共振器の設計を試みたので報告する。[結果]図1に構造最適化前の共振 器構造を示す。 基本格子定数が 410 nm のフォトニック結晶の赤枠内の領域の格子定数を同図のよ うに変調しており、ヘテロ構造導入による格子定数のずれが共振器の端で相殺されるようになっ ている <sup>3)</sup>。そのため、この共振器の構造変調は 5 列×15 格子の局所領域に留まっており、複数の共 振器をほぼ自由に配置できる。この構造について、Si以外の空間を SiO<sub>2</sub>(屈折率は 1.45)に設定し、 3次元 FDTD 法により Q 値を求めたところ、39 万が得られた。次に共振器周辺の 5 列×21 格子の 領域の孔の位置を機械学習によって微調整した。まずランダムに生成した1000個の共振器構造と その Q 値(FDTD)を学習データに用いて、構造から Q 値を高速に推定できるモデルを構築し、次 にこのモデルを用いて構造パラメータ空間を探索して 70 個の高 Q 値候補構造を出力させた。以 降、候補構造とその Q 値(FDTD)を学習データセットに追加しつつ、学習・探索・高 Q 値候補構造 の出力を繰り返し行った結果を図2に示す。上記の操作を繰り返して学習データが追加されるに 従って Q 値は徐々に向上し、設計 Q 値 603 万(FDTD)の構造が得られた。得られた構造は図 2 中 に示した共振器電磁界分布の2次元フーリエ変換像からも分かるように、ライトライン内の成分 が減少して損失が抑制された構造となっていることが分かる。詳細は当日報告する。[文献]1) T. Asano et al., Opt. Exp. 25, 1769 (2017). 2) B.S. Song et al., Opt. Lett. 36, 91 (2011). 3) Y. Takahashi et al., Opt. Exp. 17, 18093(2009). 4) T. Asano et al., Opt. Exp. 26, 341815 (2018). 5)浅野他本応物. [謝辞] 本研究の一部は NEDO の委託を受けて行われ、また科研費 19H02629 の支援を受けた。





図1:局所的に格子定数を変調した構造。孔及び Si板垂直方向にはSiO2が満たされている。

図2:機械学習による構造最適化結果。 挿入図は共振器電磁界分布(Ey)の2次元 フーリエ変換像。白線はライトライン。