

非対称 L3 ナノ共振器の機械学習による高 Q 値化

Designing L3 nanocavity with machine learning by asymmetrically shifting the air holes

大阪府大院工¹, 京大院工² ○(B4) 福田 明星¹, 浅野 卓², 川勝 太郎¹, 野田 進², 高橋 和¹

Osaka Pref. Univ.¹, Kyoto Univ.², °A. Fukuda¹, T. Asano², T. Kawakatsu¹, S. Noda², Y. Takahashi¹

E-mail: a-fukuda-11g@pe.osakafu-u.ac.jp

【概要】 2次元フォトニック結晶ナノ共振器の応用において Q 値は重要な性能指数である。これに関して近年、機械学習を活用することで、従来放置されていた多くの構造パラメータの最適化が可能になり、飛躍的な設計 Q 値の向上が実現しつつある [1,2]。これらの検討においては、対称性に基づく放射損失の抑制を重視した最適化を行ってきたが、構造自由度の高さという観点からは非対称な構造も興味深い。また、作製揺らぎのため実際の構造で対称性を完全に保つことはできないため、対称な共振器設計が実験的にも優位であるかどうかは自明ではない。さらに実際の応用において共振器に導波路等が付加されると対称性が損なわれるため、非対称な構造に対して機械学習による最適化が可能かどうかを検討することは重要である。今回、L3 ナノ共振器を対象として非対称構造の学習と、それに基づく高 Q 値化を試みたので報告する。

【結果】 図 1(a)に初期構造（空気孔を3つ埋めた L3 共振器，初期 Q 値 7,500）を示す。非対称構造の学習データセットを準備するため、初期構造中の点線で囲まれた領域の空気孔の x, y 座標を一様乱数によりシフトさせた 1000 個の共振器構造を生成し、FDTD 計算により Q 値を求めた。シフト量の最大値は格子定数 a の 0.1 倍とした。このデータセットをニューラルネットワーク (NN) に学習させ、学習済み NN が予測した構造パラメータ空間における Q 値の勾配を用いて構造最適化を行った。最適化の結果をデータセットに追加し、学習と最適化を数回繰り返したところ、 Q 値 13 万を持つ構造が得られた。その構造を図 1(b)に示す。空気孔が非対称にシフトされているにもかかわらず Q 値が向上していることが分かる。図 2(a),(b)に初期構造と NN によって設計された構造に対して漏れ成分を可視化した結果を示す [3]。初期構造では E_y 成分の漏れは対称性によって抑制されているが、 E_x 成分の漏れが大きい。これに対して設計構造では E_y 成分の漏れが増加しているものの、両成分の和は減少しており、その結果 Q 値が向上している。詳細は当日報告する。

【謝辞】 本研究は JSPS 科研費 18H01479, 19H02629 により支援された。**【参考文献】** [1] T. Asano and S. Noda, *Opt. Express* **26**, 32704 (2018). [2] T. Asano and S. Noda, *Nanoph.* **8**, 0380 (2019). [3] T. Nakamura, *et al.*, *Opt. Express* **24**, 9541 (2016).

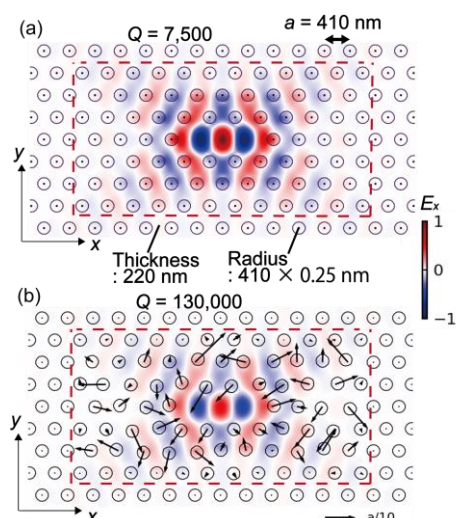


Fig. 1. L3 cavity and the electric field distribution. (a) Base cavity structure. (b) Designed cavity structure. Displacements of holes are indicated by arrows.

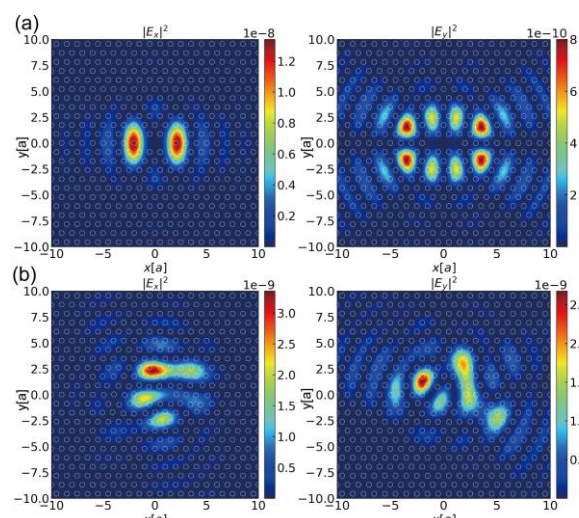


Fig. 2. Real-space distributions of leaky components of $|E_x|^2$ and $|E_y|^2$. (a) Base cavity structure. (b) Designed cavity structure.