非対称L3ナノ共振器の機械学習による高Q値化(II) ~実験Q値16万の達成~

Designing L3 nanocavity with machine learning by asymmetrically shifting the air holes (II) ~Demonstration of experimental *Q* value of 160,000~ 大阪府大院工¹,京大院工² ^O(B4) 福田 明星¹,藤本 正直¹,高橋 和¹,浅野 卓²,野田 進² Osaka Pref. Univ.¹, Kyoto Univ.², ^oA. Fukuda¹, T. Asano², M. Fujimoto¹, S. Noda², Y. Takahashi¹ E-mail: a-fukuda-11g@pe.osakafu-u.ac.jp

【概要】近年,機械学習を活用して,2次元フォトニック結晶ナノ共振器の空気孔位置を最適化する手法が注目されている[1].高Q値を達成するには,回転対称性に基づく放射損失抑制を重視することが有効である [2,3].一方で,フォトニック結晶に構造非対称性を導入すると,偏光や放射パターンなど,Q値以外の光学特性を制御できることなどから[4,5]、様々な光特性を同時に最適化する手法を開発することは重要と言える.



Fig. 1. Designed L3 cavity and the electric field distribution. Displacements of holes are indicated by arrows.

図1のように、空気孔位置が共振器中央に対して回転 対称性を有さない構造は、対称構造と比べて設計自由度

が高い.この自由度の高さは、Q 値を含む複数の性能指数をバランスよく最適化する場合や空気 孔揺らぎに対して堅牢な構造を探求する際に、有利に作用する可能性がある.しかし、高い構造 自由度を活かした設計はこれまで困難であった.我々は前回、機械学習を活用した設計により、 非対称に空気孔をシフトした L3 共振器において(図1,矢印がシフト量を表す)20万を越える設 計Q値を報告した[6].これは、高感度センサなど多くの応用研究にとって十分に高いQ値であ る.今回、図1に示す L3 共振器を SOI 基板に作製して光学特性を評価したので報告する.

【実験方法・結果】 図2は作製したナノ共振器のSEM像である.空気孔は良好な円形を保ちつ つ,非対称に配置されている(赤線で囲った領域は図1と対応).基本格子定数は410 nm,空気 孔半径は95.2 nm,厚みは222.6 nm,エアブリッジ構造を有している.共振器を励起する導波路は, 共振器からy方向に8列離れた位置に形成してある.励起導波路との結合を考慮した設計Q値は 15万である.図3は、この共振器の共振スペクトルである.白抜き丸が実験データ、赤線はフィ ッテイング曲線である.共振波長は1602.59 nm,半値幅は9.74 pmである.半値幅から見積もら れるQ値は16.4万である.設計Q値と同等の実験Q値が得られたことで、非対称ナノ共振器の 設計自由度を活かした研究が可能であることが分かった.現在、本構造の作製揺らぎ耐性につい て調べている.偏光特性、放射イメージなど、その他の光学特性については当日報告する.

【謝辞】本研究は JSPS 科研費 21H01373, 19H02629 により支援された.【参考文献】[1] T. Asano and S. Noda, *Nanophotonics* 8, 2243 (2019). [2] T. Shibata, *et. al.*, *APL Photonics* 6, 036113 (2021). [3] T. Kawakatsu, *et. al.*, *Opt. Express* 29, 17053 (2021). [4] Y. Tanaka, *et. al.*, JJAP 45, No. 8A, 6096 (2006). [5] Y. Tanaka, *et. al.*, IEEE J. Sel. Top. Quant. Electron., 16, 70 (2010). [6] 福田明星, 他, 春季応用物理学会 2021, 19p-Z10-8.



Fig. 2. SEM image for L3 nanocavity with the air holes asymmetrically shifted.



Fig. 3. Resonance spectrum for the asymmetrically-shifted L3 nanocavity.