

## 機械学習を用いて設計した L3 ナノ共振器の作製・評価 (2)

## Fabrication and Characterization of L3 Nanocavities Designed Based on Machine Learning (2)

京大院工<sup>1</sup> ○柴田 武志<sup>1</sup>, 浅野 卓<sup>1</sup>, 野田 進<sup>1</sup>Kyoto Univ.<sup>1</sup>, ○T. Shibata<sup>1</sup>, T. Asano<sup>1</sup>, S. Noda<sup>1</sup>

E-mail: shibata.takeshi@qoe.kuee.kyoto-u.ac.jp, tasano@kuee.kyoto-u.ac.jp, snoda@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 $Q$ 値化に、理論と実験の両面から取り組んできた。特にマルチヘテロ共振器に関して、10億を超える理論 $Q$ 値と1100万を超える実験 $Q$ 値を実現している<sup>1)</sup>。一方、L3共振器は空気孔を3個埋めた共振器であり、マルチヘテロ共振器と比較して、フットプリントおよびモード体積が小さいという特長をもつ。L3共振器に関してはこれまで、漏れ分布可視化に基づく共振器周辺の孔位置の調整により、理論 $Q$ 値420万、実験 $Q$ 値210万が達成されている<sup>2),3)</sup>。さらに我々は機械学習に基づく繰り返し探索によりL3共振器において理論 $Q$ 値2900万を達成し<sup>4),5)</sup>、前回、この構造をSOI基板を用いて作製した結果について報告した<sup>6)</sup>。今回、さらなる詳細な評価を行ったので報告する。

**[実験]** 検討した共振器構造<sup>4),5)</sup>を図1(a)に示す。この共振器の理論 $Q$ 値は、空気孔半径が102.5 nmでかつ構造揺らぎがない場合は2900万であるが、実際に作製すると孔半径・位置の揺らぎが生じるとともに、平均的孔半径もプロセス条件によって変動し得る。このことを考慮して、電子ビーム描画時の孔半径を異なる値に設定して複数の共振器を作製し、これらの実験 $Q$ 値を評価した。作製直後の共振器群の実験 $Q$ 値の孔半径依存性を図1(b)の白丸に示す。同図から $Q$ 値は特定の孔半径付近にピークをもつ単峰性の分布となっていることが分かる。この実験結果の妥当性を確かめるため、空気孔の半径・位置に揺らぎ(標準偏差0.41 nm)を考慮し、さらに平均的孔半径を変動させたとき、理論 $Q$ 値がどのように変化するかを計算した(図1(b)赤線)。この理論 $Q$ 値は孔半径が102.5 nmのときに最大となる単峰性の曲線となり、その半値全幅5 nm程度も実験結果とよく一致している。さらに、作製後の共振器について、共振器表面の酸化・酸化膜除去によって孔半径を1 nm程度拡大させる調整を行った後に、再度 $Q$ 値の評価を行った(図1(b)の黒丸)。この調整によって、初期孔半径がピークの左側にある共振器群の $Q$ 値は増大し、初期孔半径がピークの右側にある共振器群の $Q$ 値は低下した。またこの調整によりL3共振器における最高実験 $Q$ 値285万を達成することができた。詳細は当日報告する。**[文献]** 1) T. Asano, Y. Ochi, Y. Takahashi, K. Kishimoto, and S. Noda, *Opt. Exp.* **25**, 1769 (2017). 2) T. Nakamura, Y. Takahashi, Y. Tanaka, T. Asano, and S. Noda, *Opt. Exp.* **24**, 9541 (2016). 3) K. Maeno, Y. Takahashi, T. Nakamura, T. Asano, and S. Noda, *Opt. Exp.* **25**, 367 (2017). 4) T. Asano, and S. Noda, *Nanoph.* **8**, 0380 (2019). 5) 浅野卓, 野田進, 秋季応物 20a-B01-7 (2019). 6) 柴田武志, 浅野卓, 野田進, 春季応物 14a-B415-3 (2020). **[謝辞]** 本研究の一部はNEDOの委託JPNP13004を受けて行われ、科研費19H02629の支援を受けた。

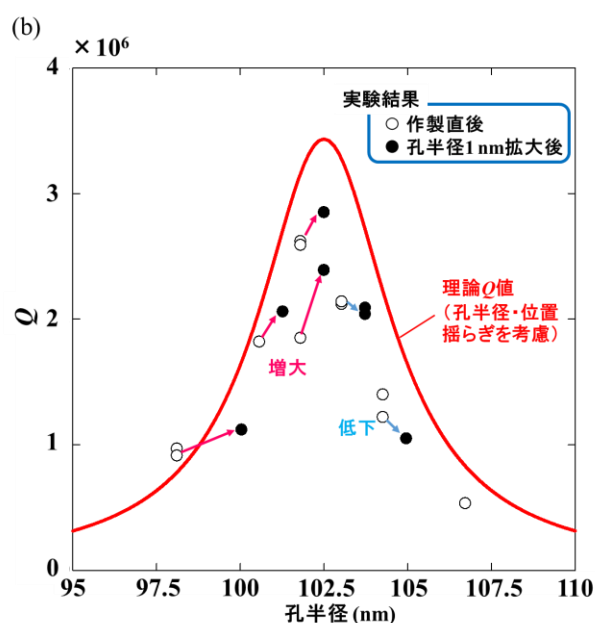
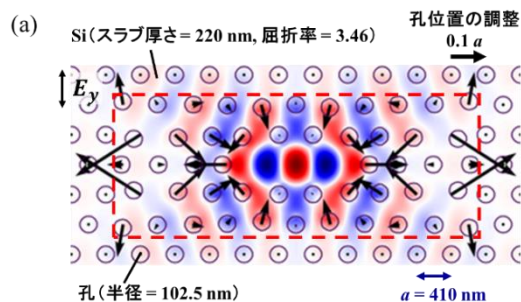


図 1: (a) 機械学習を用いて設計した L3 共振器構造 (b) 検討した L3 共振器の実験結果と理論計算結果