

機械学習を活用した構造揺らぎに強いナノ共振器構造の探索

High- Q nanocavities robust to structural fluctuations, optimized by using machine learning

京大院工 ○浅野 卓, 野田 進

Kyoto Univ. °T. Asano, S. Noda

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

[序]我々は Si スラブを用いた 2 次元フォトニック結晶ナノ共振器の高 Q 値化に取り組んでおり、 Q 値 1100 万という世界最高の実験値を達成しているが、さらなる Q 値の増大のためには吸収損失の低減と放射・散乱損失の低減が重要である。前回、多数(1000 個)のランダムに生成した共振器構造を用意し、ニューラルネットワーク(NNW)に構造と Q 値の関係を学習させ、これを用いて最適化を行ったところ理論 Q 値 16 億の構造を得たことを報告した²⁾。今回これを活用し、構造揺らぎの影響がより小さい構造を探索したので報告する。[結果] 図 1 は前回報告した NNW を用いた最適化²⁾で得られた構造であり、マルチヘテロ構造(基本格子定数 $a=410\text{nm}$, 格子定数ステップ 3nm , Si スラブ厚さ $t=220\text{nm}$, 空気孔半径 $r=0.268a$)に対して、nm レベルの孔位置シフトを加えた構造である。この孔位置シフトパターンはそのままに、板厚み t および孔半径 r を変化させ、構造揺らぎがないときの理論 Q 値(Q_{nofluc})を計算した結果を図 2 のカラープロットで示す。また、それぞれの構造に対して標準偏差(σ)が $a/1000$ の孔半径・位置揺らぎを加えた構造の Q 値を 100 種類の揺らぎパターンに対して計算し、これを平均した Q 値(Q_{fluc})を赤字で示す。初期構造である $r=0.27a$, $t=220\text{nm}$ から厚み t を 240nm に増加させると、 Q_{nofluc} は 20 億以上まで増加するが、 Q_{fluc} は 1030 万から 981 万に低下する。これは、同じだけ孔の半径・位置が揺らいだとしても、対応する誘電体の体積変化は板が厚いほど大きくなるためと考えられる。これに対して孔径を小さく、板厚を薄くすると、 Q_{nofluc} は低下するが、数億以上の値は保たれており、逆に孔が揺らいだときの誘電体の体積変化は減少するため Q_{fluc} は増加する。ここでさらに、 $t=180\text{nm}$, $r=0.25a$ の構造に対して 1000 パターンの対称ランダム構造を準備して、NNW による構造と Q 値の関係の学習を行い、その NNW をもちいて構造最適化を行ったところ、 $Q_{\text{nofluc}}=7.4$ 億、 $Q_{\text{fluc}}=1200$ 万という構造が得られた。上述の初期構造の Q_{fluc} は 1030 万であるので、より構造揺らぎに強い構造が得られたことが示唆される。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) 浅野, 野田, 18 春応物, 20p-C301-5. [謝辞] 本研究の一部は国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) の委託を受けて行われた。

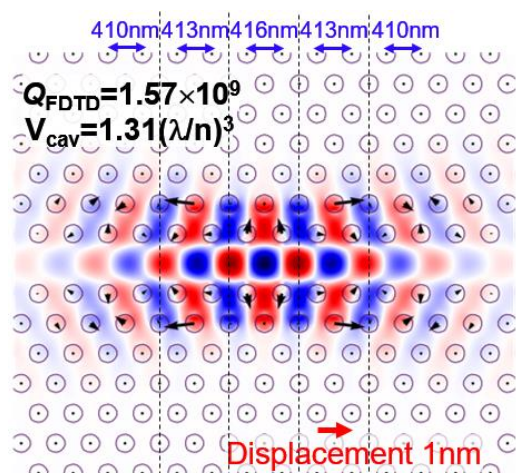


図 1: ランダムに生成された多数の共振器構造と Q 値の関係を学習した畳み込みニューラルネットワークを用いて最適化された共振器構造

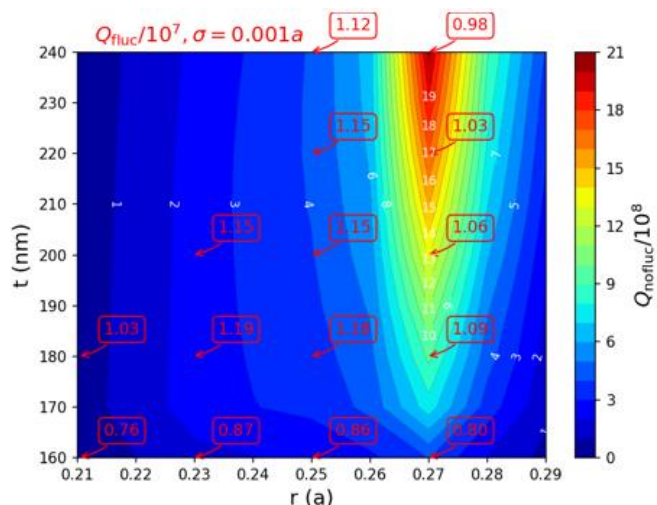


図 2: 図 1 の共振器構造の揺らぎのないときの Q 値(Q_{nofluc})および標準偏差が格子定数(a)の $1/1000$ の孔半径位置揺らぎが加わったときの平均 Q 値(Q_{fluc})のスラブ厚(t)および孔半径 r 依存性。