

ニューラルネットワークを用いたナノスロットナノレーザの高 Q 値化 Improvement of Q factor of Photonic Crystal Nanolaser with a Nanoslot using Neural Network

横国大院工 ○阿部遼太郎, 武田太一, 白鳥遼, 馬場俊彦

Yokohama Nat'l Univ., ○R. Abe, T. Takeda, R. Shiratori, T. Baba

E-mail: abe-ryotaro-fk@ynu.jp

我々は, GaInAsP 半導体スラブにフォトニック結晶 (PC) を形成させた PC ナノレーザを開発してきた¹⁾. また, 共振器中央にナノスロットを設け, バイオセンサに応用してきた²⁾. ナノスロットは感度や分解能の点で有利であるが, ナノレーザの性能指標となる共振器 Q 値を低くするという欠点があった. 大型 PC 共振器の Q 値向上については, ニューラルネットワーク (NNW) を用いた最適設計が報告されている³⁾. 本研究でも, 前回, 機械学習により極小 H0 型 PC 共振器の構造を探索し, 高 Q 値を計算してきた^{4,5)}. そこで今回, ナノスロットナノレーザの構造の高 Q 値化を検討した.

今回の最適化には, 全結合型の NNW (隠れ層 9, ニューロン数 306) を採用した. このとき, ハイパーパラメータの設定には, ベイズ最適化を適用した. また, Q 値計算には FDTD 法 (Lumerical, FDTD Solutions) を用いた. バイオセンシング応用では, 溶液に浸漬した状態で動作させるので, この計算でも背景屈折率を 1.321 に設定した. また, スラブ厚は実際に製作する基板を考慮し, 180 nm に設定した. 円孔の xy シフト量 (入力データ) に対して, 600 個の Q 値 (出力データ) を収集し, NNW を構築, 構造を最適化した. 最適化前 (黒線) と後 (赤線) の構造の比較を図 2 に, そのときの共振モード分布を図 3 に示す. 構造の変化はきわめてわずかである. 比較的薄いスラブ厚, 溶液中という屈折率コントラストが低い構造にもかかわらず, Q 値は初期構造の 6.3 倍となる 103,100 まで向上した. この値は, プラズマ吸収損失などで制限される実際のレーザデバイスにおいては, 十分に高い値といえる.

なお, 本研究は科研費基盤 (S) の支援を得て行われている.

参考文献 1) S. Kita et al., *IEEE*, **17** (2011) 1632. 2) S. Kita et al., *Opt. Express*, **19** (2011) 17683. 3) T. Asano et al., *Opt. Express*, **26** (2018) 32704. 4) 阿部ら, 応物春季, 11p-W631-15 (2019). 5) 武田ら, 応物春季, 10a-W321-6 (2019).

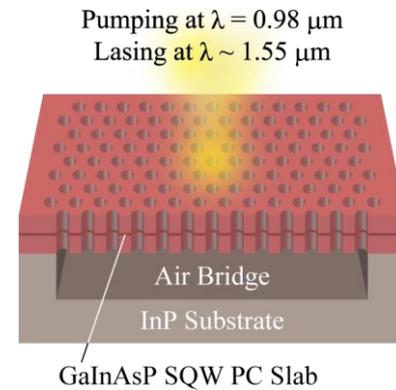


図 1 GaInAsP PC ナノレーザ.

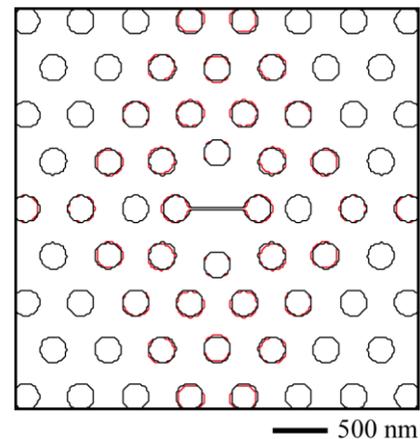


図 2 最適化前 (黒線) と後 (赤線) の構造の比較.

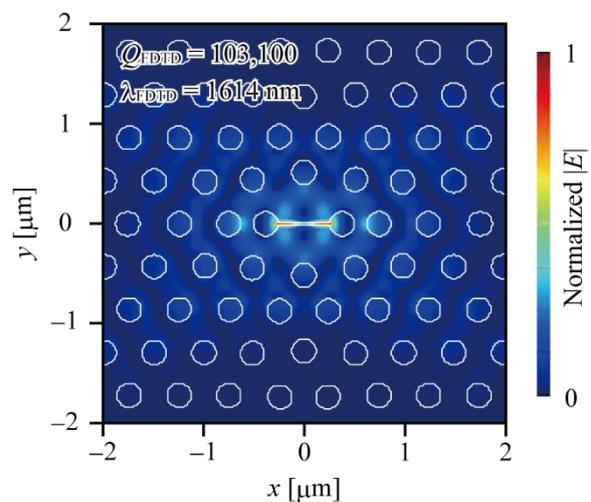


図 3 最適構造の共振モード分布.