

分割電極フォトニック結晶レーザーの連続駆動時における

ビーム形状と電流分布の関係の機械学習の検討

Investigation of machine-learning of beam pattern vs current-injection distribution in PCSEL with separate electrodes under continuous wave operation

中川祐一朗, 片桐光陽, De Zoysa Menaka, 井上卓也, 勝野俊平, 吉田昌宏, 石崎賢司, 初田蘭子, 野田進 (京大院工)

Yuichiro Nakagawa, Mitsuharu Katagiri, Menaka De Zoysa, Takuya Inoue, Shunpei Katsumo,

Masahiro Yoshida, Kenji Ishizaki, Ranko Hatsuta, Susumu Noda (Kyoto Univ.)

E-mail: nakagawa.yuichiro@nano.kuee.kyoto-u.ac.jp, snoda@kuee.kyoto-u.ac.jp

[序] フォトニック結晶レーザー (PCSEL) は、2次元フォトニック結晶の特異点 (Γ 点) における共振効果を利用した大面積コヒーレント半導体レーザーである。これまで我々は、本レーザーに分割電極を形成し、電流注入分布を制御し、発振状態を制御することによる、ビーム形状の制御可能性¹⁾を示してきた。また、機械学習法を活用し、分割電極 PCSEL のパルス駆動において、電流注入分布とビーム形状との関係の学習も行ってきた²⁾。その次の段階として、キャリア・光・温度のマルチフィジックスの作用が絡む連続波駆動 (CW) 時における、分割電極 PCSEL の電流注入分布とビーム形状との関係の機械学習について検討している。今回は、数値解析により CW 電流分布に対応するビーム形状を計算し、それらの関係を学習させた結果を報告する。

[結果] CW 数値解析に採用した分割電極 PCSEL の模式図を図1に示す。ここで、フォトニック結晶共振器として、同図のような楕円と真円からなる2重格子フォトニック結晶構造を採用した³⁾。また、分割電極は4×4とし、単一領域の電極サイズは100 μ m、領域間距離は30 μ mとした。この間隔は、領域同士が同期して発振できるように設定している⁴⁾。また、解析において、発熱・放熱の影響も考慮し、結合波理論過渡応答解析法⁵⁾により、与えた CW 電流分布に対して、ビーム形状 (遠視野) の計算を行った。ここで、4×4 領域に流す総電流を2.5Aとし、合計約6千通りの電流分布に対して、ビーム形状の計算を行い、そのデータをもとに機械学習を試みた。ここでは、指定

されたビーム形状を得るために必要な電流分布を予測することを念頭におき、学習ネットワークにおいて、入力をビーム形状とし、出力を CW 電流分布とした。図2に示すように、モデルは、入力層、畳み込み層、プーリング、全結合層、出力層からなる畳み込みニューラルネットワーク (CNN) とした。学習後のモデルを用いて、未知のビーム形状を得るために必要な電流分布を予測した結果、また、予測結果を基に、もう一度、3次元結合波理論を用いて計算したビーム形状を図3に示す。同図より、複雑なビーム形状までよく再現するような予測ができてることが分かる。図3(e)には、人工的に作成したガウスビーム形状を実現するための予測結果を示しており、ガウスビームが非常に良く再現できるような予測に成功していることがわかる。この場合、電流注入分布において、中心部分の電流が、周囲より低くなっており、共振器面内の温度分布が平坦化するようになっていると考えられる⁶⁾。将来、本手法を発展させることで、CW 動作時に、狙ったビーム形状が実現・維持できるようなオンデマンド制御が可能になると期待される。本研究の一部は、戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) の援助を受けた。**[文献]** [1] Menaka 他, 2020 年秋応物, 10p-Z18-8. [2] 中川他, 2021 年春応物, 19p-Z10-7. [3] M. Yoshida et. al, *Journal of Physics: Photonics*, 3, 022006, 2021. [4] 深谷他, 2020 年春応物, 14p-B415-13. [5] 勝野他, 2020 年春応物, 13p-PA7-9. [6] 勝野他, 2021 年春応物, 17p-Z31-12.

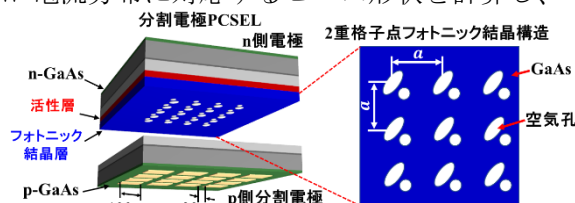


図1: 分割電極 PCSEL の模式図

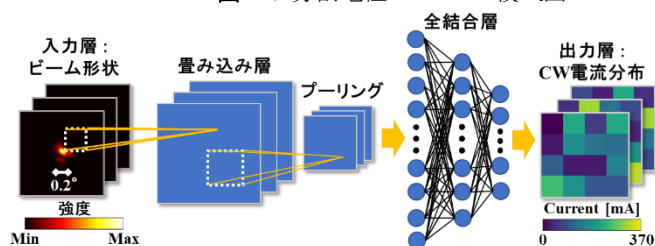


図2: ビーム形状と電流分布の関係を予測するための CNN

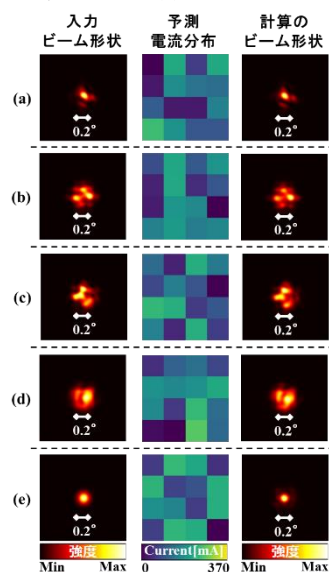


図3: 未知のビーム形状に対する予測結果と予測結果を基にした計算結果の比較