## 連続・疑似連続駆動分割電極 PCSEL の CMA-ES を活用した リアルタイムビーム形状制御

Real-time beam-pattern control of multiple-electrode PCSEL under CW/QCW condition based on CMA-ES method

京大院工<sup>0</sup>和泉孝紀, 行舎直起, De Zoysa Menaka, 小林宇翔, 井上卓也, 勝野峻平, 吉田昌宏, 石崎賢司, 初田蘭子, 野田進

Kyoto Univ. <sup>O</sup>Koki Izumi, Naoki Gyoja, Menaka De Zoysa, Takato Kobayashi, Takuya Inoue, Shumpei Katsuno, Masahiro Yoshida, Kenji Ishizaki, Ranko Hatsuta, Susumu Noda E-mail: koki-izumi@qoe.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(Г 点等)における共振効果を 利用した大面積コヒーレント動作が可能な半導体レーザーである。我々は、本レーザーに分割電極構造 を導入し、ビーム形状制御が可能であることを示しつつ、機械学習法を活用することで、電流注入分布と ビーム形状との関係について相関づけ、パルス駆動において狙ったビーム形状を実現するために必要な 電流注入分布の予測を行ってきた[1]。さらに、最近、CW・QCW 駆動が可能な分割電極 PCSEL(ME-PCSEL)を作製し、QCW 動作においてもビーム形状制御が可能であることを実証し[2]、加えて、機械学 習を活用した制御にも成功している[3]。今回、レーザー動作中に環境変動等によるビーム形状への影響 があった場合にそれをリアルタイムで補正することを目指して、共分散行列適応進化戦略(CMA-ES)を活 用した ME-PCSEL の QCW 動作でのリアルタイムのビーム形状制御を試みたので、報告する。

**[結果]** 裏面 p 側の電極を分割した ME-PCSEL を模式的に図 1 に示す。今回は、 $6 \times 6$  電極アレイから 成る ME-PCSEL を採用した。一領域の電極サイズは 150  $\mu$ m とし、領域間距離は 20  $\mu$ m とした。また、 フォトニック結晶共振器として、二重格子フォトニック結晶を採用した。CW・QCW 動作での放熱のために、

作製した ME-PCSEL をヒートシンクに実装した。このような ME-PCSEL をリアルタイムに制御するための系を模式的に図 2 に 示す。同図のように、パソコンから送信されるデジタル信号をマ イコン、FPGA、ドライバーボードを通してアナログ信号に変換 し、分割電極 PCSEL に入力することで、電流注入分布を制御 してビーム形状の制御が可能となる。今回、目標とするビーム 形状を実現するためのビット分布(電流分布)のリアルタイムの 探索には、CMA-ES を活用した[4]。具体的には、複数の初期 のビット分布を与えて、それぞれに対して得られるビーム形状を パソコンに保存し、目標ビーム形状との比較を行い、CMA-ES を活用して、次に与える(次世代の)ビット分布を決定する。この プロセスをリアルタイムで繰り返し行い、目標ビーム形状を得る ために与えるべきビット分布のリアルタイムの推測を行う。具体 例として、図 3 上部の左側に示すようなガウス型の目標ビーム 形状の実現に向けた推測を行った。同図に、推測したビット分 布によって得られる実際のビーム形状と目標ビーム形状の一致 度の世代ごとの推移を示す。また、同図に、推移中の代表的な ビーム形状も示している。同図より、世代が進むにつれ、一致 度が向上し、目標ビームに近い推測が得られていることが見て 取れる。今後、本手法により、レーザー動作中に環境変動等に よるビーム形状への影響があった場合でも、目標のビーム形状 が維持出来、リアルタイム補正が可能になると期待される。[詞 辞] 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)の支援を受けた。[文献][1] 中川他, 2021 年春応物, 19p-Z10-7. [2] 和泉他, 2022 年秋応物, 21a-A101-9. [3] 和泉 他,本応物. [4] N. Hansen, arXiv:1604.00772v1, (2016).





図 2: リアルタイム制御系の概要図. **日報ビーム形状** 1世代目 50世代目 99世代目

