

1mmΦ フォトニック結晶レーザーの CW10W 級高ビーム品質動作の実現

10W-class high-beam-quality operation of 1mmΦ PCSELs under CW condition

京大院工, °勝野 峻平, 吉田 昌宏, De Zoysa Menaka, 石崎 賢司, 井上 卓也, 野田 進

Kyoto Univ., °S. Katsuno, M. Yoshida, M. De Zoysa, K. Ishizaki, T. Inoue, and S. Noda

E-mail: s.katsuno@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)は活性層近傍に設けた 2 次元フォトニック結晶のバンド端共振効果を活用した面発光型半導体レーザーである。我々は、PCSEL の大面積・高輝度動作に適した二重格子フォトニック結晶共振器を提案し[1], 500μmΦ~1mmΦ の大面積デバイスにおいて、パルス駆動を中心に高輝度動作を報告してきた[1,2]。さらに、このような大面積 PCSEL の CW 駆動における安定した高輝度動作実現に向けた検討も進め、動作時の発熱により生じる面内温度分布がビーム品質に影響を与えることを明らかにし[3], 面内温度分布を補償するために、フォトニック結晶に意図的な面内分布を与える手法の有効性を報告した[3]。今回、デバイス面内の電流注入分布を適切に制御することによって、温度分布を平坦化するという新たな手法について検討し、本手法にて簡便に高ビーム品質動作が可能であることを見出したので報告する。

[実験] CW 駆動において、面内均一な電流注入により、発熱が生じる場合、横方向に熱が拡散しながら放熱されるため、中央部の温度が周囲よりも高くなる。このような温度分布により、バンド端共振周波数が一様で無くなり、ビーム品質の劣化等を引き起こすと考えられる。そこで今回、図 1 に示すように、敢えて中央部を凹ませた電流分布（中央部が端の 6 割程度）とすることで、面内の発熱分布を調整し、温度分布を平坦化することを検討した。以上の方針のもと、別途報告する格子点構造の検討において作製した二重格子構造[4,5]のうち 1mmΦ デバイスにおいて良好な特性が期待される構造を導入したデバイスを作製し、CW 駆動による評価を行った、まず図 2 に、サーモグラフィカメラを用いて、CW 駆動時のデバイス表面の温度分布を観測した結果を示す。同図のように、発振領域である 1mmΦ において、およそ平坦な温度分布を実現出来ていることが分かる。続いて、電流-光出力特性および遠視野像の測定結果を図 3 に示す。同図のように、~3.2A(~4kA/cm²)で発振が得られ、最大で 10W の光出力を得た。

8A 程度に見られる膨らみは、基本モードに加え 1 次の高次モードが併せて発振するためである。これは、周囲により多くの電流を注入しているために、発振開始時に 1 次の高次モードが混在するためである。12A 以上において、高次モードがほぼカットオフされ、同図の遠視野像に示すように、~0.15°程度 (1/e² 幅)という極めて狭い拡がり角が得られた。別途評価したビーム品質は $M^2 \leq \sim 2$ であり、CW 駆動における 10W 級高出力・高ビーム品質動作に成功したと言える。**[謝辞]** 本研究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] M. Yoshida, *et al.*, *Nat. Mater.* **18**, 121 (2019), [2] 吉田他, 2019 年秋応物, 20a-E207-3, [3] 勝野他, 2020 年秋応物, 11p-Z18-8 (2020). [4] 井上他, 本応物, [5] 吉田他, 本応物。

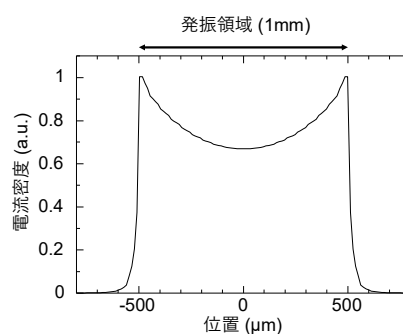


図 1. デバイスに与えた電流密度分布。

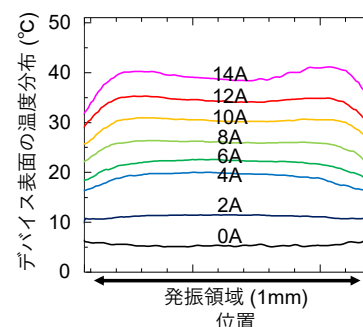


図 2. サーモグラフィカメラにより観察したデバイス表面の温度(CW 駆動, 水冷 5°C)。

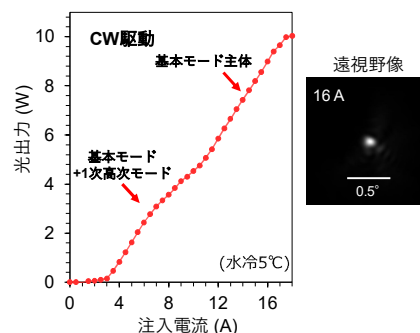


図 3. CW 駆動時の I-L 特性と遠視野像. なお, 8A 前後に生じている膨らみは、基本モード+1 次高次モードによるもので、12A 以上では、基本モードが単一の発振への遷移が生じている。