

# フォトニック結晶レーザーの高輝度化に向けた電流注入分布制御

## Control of current injection profile for high-brightness photonic-crystal lasers

京大院工<sup>1</sup>, 三菱電機<sup>2</sup>, ◯榎 健太郎<sup>1,2</sup>, 吉田 昌宏<sup>1</sup>, De Zoysa Menaka<sup>1</sup>,

井上 卓也<sup>1</sup>, 石崎 賢司<sup>1</sup>, 初田 蘭子<sup>1</sup>, 野田 進<sup>1</sup>

Kyoto Univ.<sup>1</sup>, Mitsubishi Electric Corp.<sup>2</sup>, ◯Kentaro Enoki<sup>1,2</sup>, Masahiro Yoshida<sup>1</sup>, Menaka De Zoysa<sup>1</sup>,

Takuya Inoue<sup>1</sup>, Kenji Ishizaki<sup>1</sup>, Ranko Hatsuda<sup>1</sup>, Susumu Noda<sup>1</sup>

E-mail: Enoki.Kentaro@dh.MitsubishiElectric.co.jp, snoda@qoe.kuee.kyoto-u.ac.jp

フォトニック結晶レーザー [1,2] は、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、大面積コヒーレント半導体レーザーである。これまで、高輝度(=高出力・高ビーム品質)動作を可能とする二重格子フォトニック結晶構造を提案し、直径 500 $\mu\text{m}$  の発振領域をもつデバイスにおいて、パルス駆動で 10W を超える高ピーク出力・高ビーム品質動作を実現している [2]。さらに、連続(CW)駆動においても、7W に迫る高出力動作に成功している [2]。ここで、これまでのフォトニック結晶レーザーにおいては、デバイス全体に一律に電流を注入していたため、デバイス中央部に光が分布する基本モードに加えて、デバイス端部に光が分布する高次モードにも利得が与えられ、高注入時に高次モードでの発振が生じる可能性があった。今回我々は、フォトニック結晶レーザーのさらなる高輝度化に向けて、高注入時においても基本モードのみを選択的に励起出来るように、電流注入分布の制御を行うことを検討したので報告する。

図 1(a)に、デバイスの模式図を示す。フォトニック結晶構造としては、図 1(b)の SEM 像に示すような、直径 $\sim 500\mu\text{m}$ での高ビーム品質動作に適し、かつ 1 回の電子線描画とエッチングプロセスで形成可能な構造を用いた。図 1(c)には、電流注入分布の制御のために導入した p 側電極の顕微鏡写真を示す。基本モードの分布に合わせた電流の注入が出来るように、中央部が密な多重リング状の電極を形成した。作製した素子において、パルス駆動時のビーム品質 ( $M^2$ ) を測定した結果を図 2 に示す。2A の注入時に、 $M^2 \sim 1.2$  という極めて高いビーム品質が得られた。さらに、注入量を増加させ、8A とした場合においても、 $M^2 \sim 1.4$  という高いビーム品質が維持された。同時に作製した、電流を均一に注入したデバイスにおいては、2A で  $M^2 \sim 2.1$ 、8A で  $M^2 \sim 2.5$  であったことから、電流注入分布の制御が、高ビーム品質動作実現に有効であることが明らかとなったと言える。また、図 3 に示すように、注入分布を制御したデバイスにおいて、X, Y 両方向ともに、 $1/e^2$  幅および二次モーメント幅 ( $D4\sigma$ ) がそれぞれ  $0.19^\circ$ 、 $0.20^\circ$  と非常に狭い、ガウス分布に近い良好なビームプロファイルが得られた。以上の結果より、電流注入分布の制御により、フォトニック結晶レーザーのさらなる高輝度化が可能であると期待される。詳細は、当日報告する。【謝辞】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] K. Hirose, S. Noda, et al., *Nat. Photonics* **8**, 406 (2014). [2] M. Yoshida, S. Noda, et al., *Nat. Materials* **18**, 121 (2019).

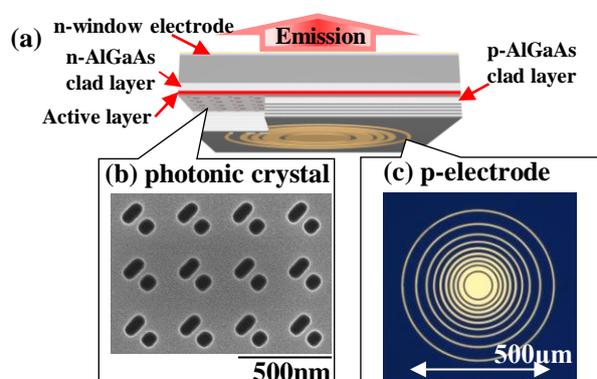


図1. (a) デバイスの模式図, (b) フォトニック結晶の SEM像, (c) p側電極(多重リング形状)の顕微鏡写真.

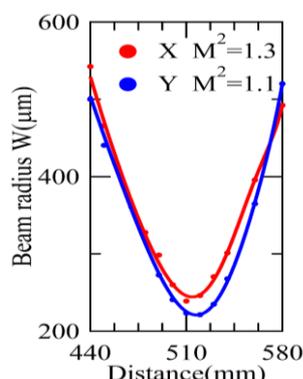


図2. ビーム品質 ( $M^2$ ) の測定結果 ( $I=2A$ ).

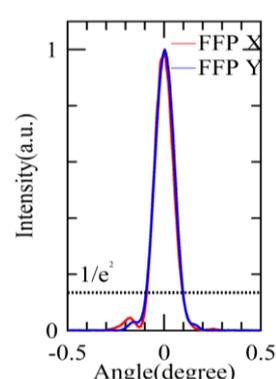


図3. 遠視野像のラインプロファイル ( $I=4A$ ).