

InP 系フォトニック結晶レーザーの光出力のスケラビリティの検討

Investigation of power scalability in InP-based photonic-crystal surface-emitting lasers

住友電工¹, 京大院工² ◯伊藤 友樹^{1,2}, 青木 健志^{1,2}, 藤井 康祐^{1,2}, 田中 礼¹, 小笠原 誠¹,
澤田 祐甫¹, 町長 賢一¹, 木村 峻¹, 吉永 弘幸^{1,2}, 藤原 直樹^{1,2}, 八木 英樹¹, 柳沢 昌輝¹,
吉田 昌宏², 井上 卓也², メーナカデゾイサ², 石崎 賢司², 野田 進²

Sumitomo Electric Industries¹, Kyoto Univ.², ◯Y. Itoh^{1,2}, T. Aoki^{1,2}, K. Fujii^{1,2}, R. Tanaka¹, M. Ogasawara¹,
Y. Sawada¹, K. Machinaga¹, S. Kimura¹, H. Yoshinaga^{1,2}, N. Fujiwara^{1,2}, H. Yagi¹, M. Yanagisawa¹,
M. Yoshida², T. Inoue², M. D. Zoysa², K. Ishizaki² and S. Noda²

E-mail: itoh-yuhki@sei.co.jp, snoda@kuee.kyoto-u.ac.jp

【はじめに】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 (PC) の特異点 (Γ 点) における 2 次元共振作用を利用した面発光型の半導体レーザーであり、原理的に、高出力・高ビーム品質なレーザー発振が可能である^[1]。我々は、この特徴を活かした通信およびセンシング用光源として、InP 材料系の PCSEL を検討している^[2]。これまでに、1.3~1.5 μm 帯の InP 系 PCSEL において、二重格子 PC と金属ミラー電極の採用により室温 CW 駆動における高出力 (>330 mW)かつ単一モード動作を実証してきた^[2,3]。今回、PCSEL の特徴のひとつである出力のスケラビリティについて、1.5 μm 帯 InP 系 PCSEL で検討した。

【構造と特性】我々の PCSEL は、ドライエッチングにより PC を形成した後に、その上部に活性層を再成長することで、活性層へのエッチングダメージを回避している。また、100 nm 以下の InP スペーサー層を PC 上に再成長し、空孔深さを維持した状態で平坦化を行うことにより高アスペクト比(>5)の深い空孔を活性層近傍に形成できる。その結果、活性層と PC 層内の光閉じ込めを高めることが可能となっている。PC には楕円/円の二重格子 PC を採用し、垂直方向の発光効率を高めるとともに、出射面に対し反対方向へ放射される光を、出射面へ戻すための金属ミラー電極を導入している。今回、p 電極直径(L) 100~300 μm のデバイスを作製した。複数の異なるバンドの特異点での多モード発振や、同じバンドにおける高次モード発振の抑制のため、各デバイスサイズに対して、PC 構造を最適化し、光結合係数と放射係数を調整した。作製した PCSEL の 25°C、CW 駆動時の電流-光出力特性を Fig. 1 に、デバイス面積(S)としきい値電流 (I_{th})・最大光出力 (P_{max}) の関係を Fig. 2 に示す。すべてのデバイスサイズで発振が得られ、デバイス面積に対して、しきい値電流と最大光出力が線形に増加した。 $L = 300 \mu\text{m}$ のしきい値電流は 490 mA、光出力は 511 mW であった。また、Fig. 1 の図中に示すように、0.58°の狭小な円形ビームを観測した ($L = 300 \mu\text{m}$)。各デバイスの最大出力時の光スペクトルを Fig. 3 に示す。すべてのデバイスで安定的な単一モード発振が得られており、60 dB 以上の高い副モード抑圧比を観測した。

【謝辞】本研究の一部は、内閣府 SIP プログラム・BRIDGE プログラム、科研費(22H04915)の支援を受けた。

【参考文献】 [1] S. Noda et al., Adv. Opt. Photonics 15 (2023) 977. [2] Y. Itoh et al., Optics Express 32 (2024) 12520.

[3] T. Aoki et al., Appl. Phys. Express 17 (2024) 042004.

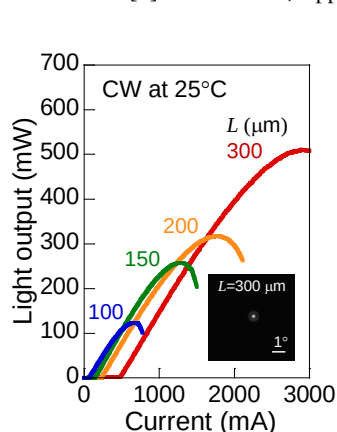


Fig. 1. Light output – current characteristics under CW condition at 25°C with far-field pattern for $L = 300 \mu\text{m}$.

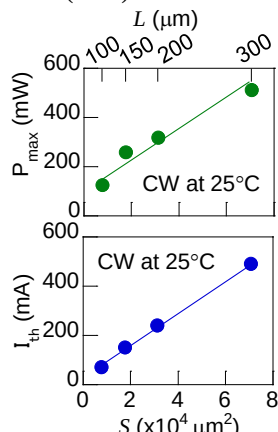


Fig. 2. Dependences of I_{th} and P_{max} on device area (S) at 25°C

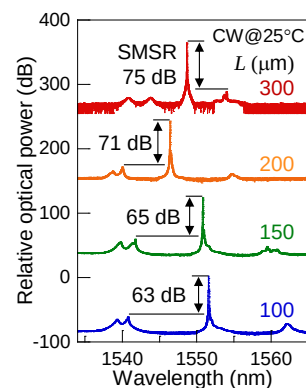


Fig. 3. Lasing spectra under CW conditions at 25°C.