

短パルス・多点同時出射可能な 1mm Φ 変調フォトニック結晶レーザーの設計

Design of 1mm Φ M-PCSEL with multi-dot beam pattern and short-pulse width

坂田諒一, 石崎賢司, 井上卓也, 八木雄大, 森田遼平, 田中聡記, De Zoysa Menaka, 野田進 (京大院工)

R. Sakata, K. Ishizaki, T. Inoue, Y. Yagi, R. Morita, S. Tanaka, M. De Zoysa, S. Noda (Kyoto Univ.)

E-mail: sakata@qoe.kuee.kyoto-u.ac.jp, snoda@kuee.kyoto-u.ac.jp

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、 M 点等) における大面積共振効果を用いた面発光型の半導体レーザーである[1]。これまで、 M 点動作 PCSEL において、格子点の位置や大きさを変調した、M-PCSEL を開発し、任意の 2 次元方向へのワット級の高出力かつ高品質ビームの出射や、多点ビームの同時出射 (図 1(a))、任意のビームパターンの出射等の、様々なビーム制御を実現することに成功してきた[1-3]。また、ごく最近では、M-PCSEL において、より大面積においても単一モード動作可能な二重格子構造の検討[4]を行い、さらに、可飽和吸収領域の導入をも行うことで、250 μm Φ デバイスの設計を行い、短パルス (<100ps)・高ピーク出力 (数 W 級) 多点同時出射動作の実証を行った[5,6]。今回、このような、短パルス動作可能な M-PCSEL のさらなる高ピーク出力動作の実現へ向けて、1mm Φ に発振面積を拡大したデバイスの設計を行ったので報告する。

図 1 に、検討した二重格子変調フォトニック結晶レーザーの模式図を示す。まず、可飽和吸収領域を含めて、1mm Φ に光が分布するように、二重格子の元の格子の変調前の $\text{FF}_{01}=8\%$ に対し、付加する格子の変調前の $\text{FF}_{02}=7\%$ と同程度の大きさとする事で、面内での回折効果を十分に弱めた。また、可飽和吸収領域は、高次モード発振および意図しない 1 次元発振を抑制しつつ、面全体で発振させるために、 Γ -X 方向 (図中 x 方向) に直線状に一定の周期で配置しつつ、直交する方向 (図中 y 方向) にも追加して配置した。一例として、出射角度 $\pm 54^\circ$ の場合について、x 方向に幅 40 μm 、周期 120 μm (また、y 方向に幅 20 μm) の可飽和吸収領域を導入し、3 次元結合波理論で解析した過渡応答特性を、図 2 に示す。同図より、注入電流 20A において、パルス幅 <50ps で、100W を超える高いピーク出力の発振が得られた。本手法においては、ナノ秒程度のパルス電流駆動によって 1 パルスのみ動作させることで、任意のタイミングで超短パルスを生じさせることが可能である。100W を超える高いピーク出力を活用することで、アイセーフを保ちつつ、より遠距離の測距や LiDAR への応用も期待される。詳細は当日報告する。

【謝辞】本研究の一部は、内閣府 SIP 第 3 期 (JPNP23023) および科研費 (22H04915, 24K01384) の支援を受けた。【文献】[1] S. Noda, *et al.*, *IEEE J. Sel. Topics Quantum Electron.* **23**, 4900107 (2017). [2] R. Sakata, S. Noda, *et al.*, *Nat. Commun.* **11**, 3487 (2020). [3] R. Sakata, S. Noda, *et al.*, *Appl. Phys. Lett.*, **122**, 130503 (2023). [4] 石崎, 坂田, 野田, 他, 2023 年秋季応物, 22p-A308-9. [5] 坂田, 野田, 他, 2023 年秋季応物, 22p-A308-14. [6] 石崎, 坂田, 野田, 他, 2024 年春季応物, 24a-11E-2.

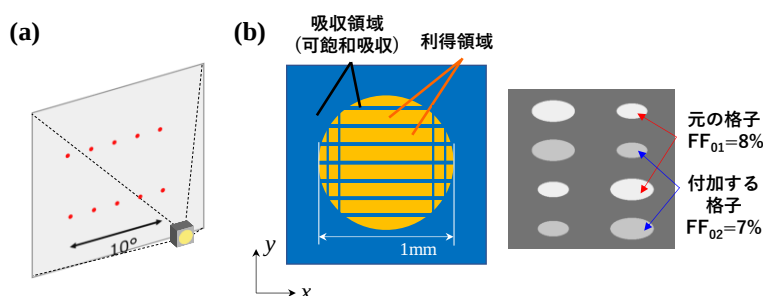


図1. (a) 1mm Φ 変調フォトニック結晶レーザー(M-PCSEL)の模式図。(b) 設計した構造の模式図。電極構造(左)において、青色の領域は可飽和吸収領域を、橙色は利得領域を表す。また、フォトニック結晶(右)においては、元の格子から $\Delta y=0.5a$ の位置に格子を付加し、元の格子と付加する格子の変調前の充填率を8%および7%とした。

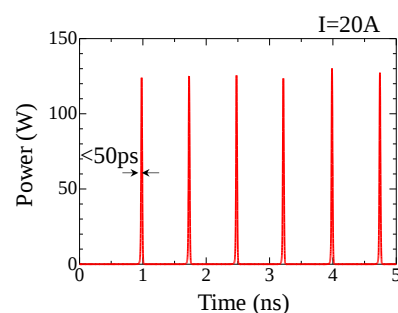


図2. 3次元結合波理論の過渡応答解析によって得られた時間光出力波形。20Aにおいて~120Wの高いピーク出力の短パルス(<50ps)が得られた。