

1.55 μm 帯量子ドット DFB レーザの低閾値化Low Threshold 1.55 μm -Band Quantum Dot DFB Laser

情通機構¹, 早大理工² ○松本 敦¹, 中島 慎也¹, 勝原 龍海², 矢吹 諒太², 梅沢 俊匡¹,
松島 裕一², 宇高 勝之², 赤羽 浩一¹

NICT¹, Waseda Univ.², °A. Matsumoto¹, S. Nakajima¹, R. Katsuhara², R. Yabuki², T. Umezawa¹,

Y. Matsushima², K. Utaka², and K. Akahane¹

E-mail: a-matsumoto@nict.go.jp

【研究背景】 データセンタや B5G/6G 無線ネットワークを利用した新たなサービス等による更なる通信トラフィック増加が見込まれる状況で、低コスト・低消費電力で、高速大容量通信可能な光集積回路に注目が集まっている[1]。そのような背景の下、量子ドット (QD: Quantum Dot) 構造を有する光デバイスは LD (laser diode) や半導体光増幅器だけでなく、モノリシック・異種材料光集積回路への応用に関しても非常に期待される。我々はこれまでに 1.55 μm 帯の QD-DFB-LD の室温単一モード CW 動作を報告してきたが[2]、本稿ではこれまでに報告した QD-DFB-LD の特性を大幅に改善し、低閾値単一モード CW 動作を実証したので、これを報告する。

【実験結果・考察】 InP(311)B 基板上に InAs QD / InGaAlAs ペアを 14 層積層した活性層と、p-, n-InAlAs クラッド層, p+-InGaAs コンタクト層から成る結晶成長したウェハを作製し、このウェハを用いて幅 1.5 μm 、共振器長 1000 μm のリッジ構造の側面に回折格子を形成したデバイスを作製した。回折格子には一般的な $\lambda/4$ シフト構造を導入し、デバイスの両端面には HR と AR コーティングを行った。

図 1 は作製した QD-DFB-LD の SEM 画像である。p 電極の厚さが 500 nm であり、完全にメサ構造を埋め込んでいないため、側面回折格子の形状が電極を介して反映されていることが見て取れる。次の図 2 はデバイスの注入電流に対する光出力特性であり、CW 動作と Duty 比 10 %、パルス幅 1 μs のパルス動作で AR 端面側からの出力結果を示した。図 2 に示したように、作製した QD-DFB-LD では閾値電流はパルス動作時では、8.8 mA、閾値電流密度は 0.52 kA/cm² であり、一方、CW 動作時で閾値電流 15.0 mA、閾値電流密度 0.88 kA/cm² といった値がそれぞれ得られ、これはこれまでに我々が報告してきた QD-DFB-LD の閾値電流、電流密度[3]よりもそれぞれ約 74 %、29%低減化させることができた。この結果は、これまでに他の各グループから報告されている 1.55 μm 帯 QD-DFB-LD の結果と比較すると最小レベルの値であり[3]、非常に良好な特性が得られた。また、図 3 は室温で I=50 mA の場合の CW 発振スペクトルを示したものである。サイドモード抑圧比 (SMSR: Side mode suppression ratio) は 50 dB であり、良好な単一モードの特性が得られた。今回作製した QD-DFB-LD では、側面回折格子の形成に関して $\lambda/4$ 位相シフト構造を導入したことによる発振閾値利得の低減と、作製プロセスを変更し良好な形状の回折格子が形成できたことによるプロセス起因の損失が低減できた可能性の二点により上記に示したような良好な低閾値電流・電流密度の QD-DFB-LD を作製できたと考えられる。今後、QD の積層プロファイルの最適化、作製プロセスのさらなる改善、さらに $\lambda/4$ 位相シフト構造により生じる空間的ホールバーニングを改善することで、さらなる低閾値化が可能であると期待される。



Fig.1 SEM image of fabricated QD-DFB-LD.

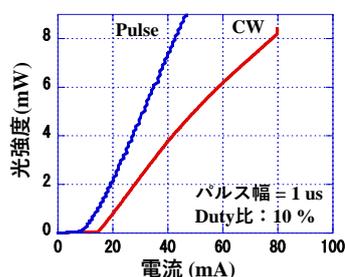


Fig.2 Output characteristics of QD-DFB-LD.

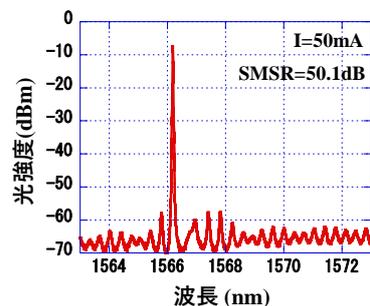


Fig.3 Lasing spectrum of QD-DFB-LD.

【謝辞】 本研究の一部は、総務省の「無線・光相互変換による超高周波数帯大容量通信技術に関する研究開発」(JPJ000254)、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) (JPNP20017)、科学技術振興機構 CREST (JPMJCR17N2) の委託業務 (JPNP20017) の一環として実施された。

【参考文献】

- [1] T. Shi, et al., Proc. OFC2018, M3F.4 (2018).
[2] 金子他, 第 69 回応用物理学会春季学術講演会、26a-E301-4, 2022.
[3] T. Septon, et al., Optica, 6, 8, pp1071-1077, 2019.