

InP(311)B 基板を用いた低閾値 1.55 μm 帯量子ドットレーザ

Low Threshold Current 1.55 μm -Band Quantum Dot Laser with InP(311)B Substrate

情通機構, [○]松本 敦, 赤羽 浩一, 中島 慎也, 梅沢 俊匡, 山本 直克, 菅野 敦史

NICT¹, [○]A. Matsumoto, K. Akahane, S. Nakajima, T. Umezawa, N. Yamamoto, and A. Kanno

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

【研究背景】 近年、トラフィックの増加が顕著であり、今後のデータセンタ・B5G 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トラフィック増加が見込まれ、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 (PIC: Photonic Integrated Circuit) に注目が集まっている[1]。そのような中で、量子ドット (QD: Quantum Dot) 構造を有するゲインデバイス LD (laser diode) や SOA (semiconductor optical amplifier) だけでなく、モノリシック・異種材料集積 PIC への応用に関しても非常に期待されている[2]。我々はこれまで、InP(311)B 基板を用いて MBE により作製した 1.55 μm 帯の QD 光デバイスについて検討し、良好なデバイスを示してきた[3], [4]。本稿では、リッジ型 QD-LD の特性を改善し、1.55 μm 帯 QD 構造の端面出射型ファブリペロレーザにおいて最小クラスの閾値電流 9.5mA の 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 15 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 3.5 μm 、共振器長 800 μm のリッジ構造のファブリペロ QD-LD を作製した。今回、QD-LD の両端面へき開のサンプル、片方の端面のみ HR コーティングしたサンプル、そして両端面を HR コーティングしたサンプルの 3 種類を作製し、それぞれ特性を評価した。図 1 は各サンプルの注入電流に対する光出力特性である。図 1 に示したように、HR/HR の QD-LD では閾値電流 9.5 mA、閾値電流密度 0.34 kA/cm^2 という非常に小さい値が得られた。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 構造の端面出射型ファブリペロレーザと比較すると最小レベルの値であり、非常に良好な特性が得られた。また、各サンプルの結果から推定される HR の反射率は 70.1 %であり、積層数の増加と膜厚制御性の向上により、さらに反射率を増加させられ、さらなる閾値の低減が可能である。また、図 2 は温度を 20 $^{\circ}\text{C}$ から 80 $^{\circ}\text{C}$ まで変化させた場合における光出力特性であり、図 3 は温度と閾値電流の関係である (パルス動作における閾値電流も合わせて示す)。室温近傍における CW とパルス動作における特性温度 T_0 の値はそれぞれ 66.2 K, 87.8 K であり、40 $^{\circ}\text{C}$ 以上の高い温度領域における T_0 の値はそれぞれ 52 K, 57 K であった。今回作製した QD-LD は、活性層に p 型不純物をドーピングしていない構造であるものの、これまで我々が報告してきた QD-LD の温度特性よりも低く、その要因の検討が必要であるが、p 型不純物をドーピングした構造を採用することにより、低閾値で非常に良好な温度特性を有する QD-LD を作製できると期待される。

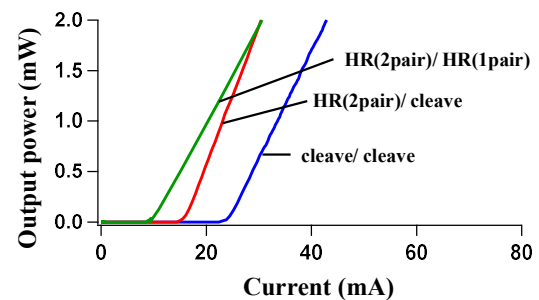


Fig.1 Measurement results of optical output characteristics depending on injection current.

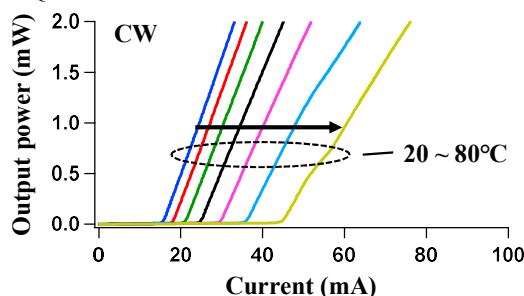


Fig.2 Temperature dependency of output optical power characteristics in CW conditions.

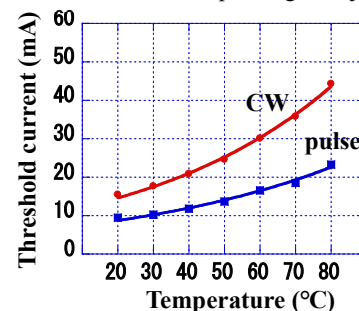


Fig.3 Temperature dependence of the threshold current.

【謝辞】 本研究の一部は、総務省の「電波資源拡大のための研究開発」、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)、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] J. Duan, et al., Appl. Phys. Lett., 112, 251111 (2018).
- [3] A. Matsumoto, et al., pss(a), 219, 4, 2100466 (2022).
- [4] B. Boriboon, et al., IEEE Photon. J., 14, 1, 7108912 (2022).