

組成混晶リッジ型量子ドットレーザの温度特性

Temperature Characteristics of Intermixed Ridge Quantum Dot laser

情通機構¹, 早大理工² ○松本敦¹, 赤羽浩一¹, 金子瑠那², 勝原龍海², 矢吹諒太²,松島裕一², 宇高勝之²NICT¹, Waseda Univ.², °A. Matsumoto¹, K. Akahane¹, R. Kaneko², R. Katsuhara², R. Yabuki²,Y. Matsushima², and K. Utaka²

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

【研究背景】 近年、データセンタや 5G 無線に起因するトラフィックの増加が顕著である。Si photonics 光集積回路 (PIC: Photonic Integrated Circuit) によるトランシーバや、LSI と PIC を集積したデバイスなどが多数報告され、低コストでさらなる高速大容量通信可能なネットワーク実現に向けた研究が進んでいる[1]。これまで我々は、高性能光デバイスの材料・ナノ構造として期待される量子ドット (QD: Quantum Dot) に注目し、イオン注入を用いた QD 組成混晶化 (IID-QDI: Ion Implantation induced Disordering QD Intermixing) 技術により、再成長不要な QD モノリシック光集積回路を研究してきた[2]。様々なイオン種による IID-QDI 技術を検討してきたが、B は Ar に比べより大きなバンドギャップの変化・制御が可能[3]である一方、B よりも Ar を用いた IID-QDI 技術により作製した QD-LD の方が良好な温度特性を示した[4]。これまで、共振器幅 50 μm のブロードエリア構造の LD を作製して評価してきたが、本稿では、B 及び Ar による IID-QDI を実施したリッジ型 LD を作製し、非常に良好な温度特性を得たものの、従来とは少し異なる傾向が得られたので、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、イオン注入 (B または Ar) した後、Rapid thermal annealing により組成混晶化させた。イオン注入の加速エネルギーは 120 keV、ドーズ量を $1 \times 10^{14} \text{ cm}^{-2}$ とした。このウェハを用いて幅 3 μm のリッジ構造の QD-LD を作製し、その特性を評価した。図 1 に作製した 3 種類 (B-QDI, Ar-QDI, w/o QDI) の QD-LD においてパルス電流で駆動した時の閾値電流密度の温度依存性を示す。通常の QD-LD や Ar-QDI-LD では 30 $^{\circ}\text{C}$ までの比較的低い温度において特性温度 T_0 がそれぞれ 864 K, 906 K と非常に高い値であったが、B-QDI-LD は 50 $^{\circ}\text{C}$ までのより広い温度範囲において特性温度 T_0 はさらに高い 972 K であった。以前の我々の報告では QDI を実施した LD は特に高温領域において特性温度 T_0 が高い結果であったが、今回の素子はそれらと異なり低い温度で T_0 が高い結果となった。図 2 は発振時のスペクトルピーク波長の温度依存性であり、図 3 は 15 $^{\circ}\text{C}$ を基準とした各温度のピーク波長のシフト量を示したものである。図 2 に示したように B-QDI では約 150 nm, Ar-QDI では約 100 nm のピーク波長のブルーシフトが得られた。また図 3 のように、温度上昇によるピーク波長のシフト量は QDI を実施した方が抑制でき、QDI 未実施の素子では $d\lambda/dT = 0.54 \text{ nm}/^{\circ}\text{C}$ であったのに対し、Ar-QDI と B-QDI ではそれぞれ、 $d\lambda/dT = 0.46 \text{ nm}/^{\circ}\text{C}$, $0.41 \text{ nm}/^{\circ}\text{C}$ であった。以前の結果と傾向が少し異なる要因は明らかに出来ていないが、QD の積層数やイオン注入・アニール等のプロセスの要因等の可能性があると思われる。B イオンを使った IID-QDI 技術はバンドギャップを大きく変化させ、制御出来るだけでなく、LD として応用した場合も非常に良好な温度特性を有し、PIC への応用においても非常に有望であると期待される。

謝辞 本研究の一部は、日本学術振興会科研費若手研究 (JP19K15056)、科学技術振興機構 CREST (JPMJCR17N2)、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) 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] S. Matsui, et al., Proc. CSW2016., MoP-IPRM-028 (2016).
- [3] 松井他, 第 63 回応用物理学会春季学術講演会, 21p-P2-3 (2016).
- [4] 松本他, 第 67 回応用物理学会春季学術講演会, 14a-B410-8, (2020).

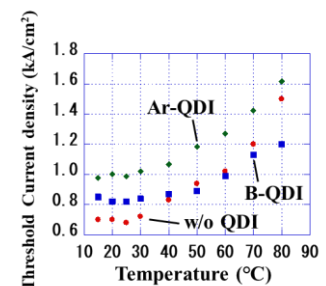


Fig.1 Temperature characteristics of threshold current density in B-QDI, Ar-QDI, and w/o QDI LDs.

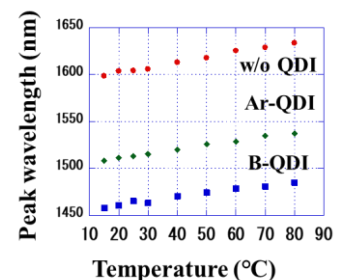


Fig.2 Peak lasing wavelengths in B-QDI, Ar-QDI, and w/o QDI LDs.

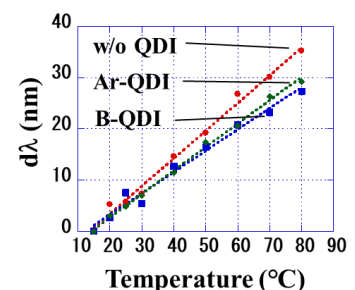


Fig.3 Peak wavelength shifts in B-QDI, Ar-QDI, and w/o QDI LDs.