

# イオン注入により組成混晶化した量子ドットレーザの温度特性の検討

## Thermal Properties of Implantation-Induced Intermixed Quantum Dot Laser Diode

情通機構<sup>1</sup>, 早大理工<sup>2</sup>, 早大 GCS 機構<sup>3</sup>

○松本敦<sup>1</sup>, 赤石陽太<sup>2</sup>, 伊澤昌平<sup>2</sup>, 松島裕一<sup>3</sup>, 宇高勝之<sup>2</sup>

NICT<sup>1</sup>, Waseda Univ.<sup>2,3</sup>, °A. Matsumoto<sup>1</sup>, Y. Akashi<sup>2</sup>, S. Isawa<sup>2</sup>, Y. Matsushima<sup>3</sup>, and K. Utaka<sup>2</sup>

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

**研究背景** 近年、通信容量が急激に増大し、特にモバイルやデータセンタ等の中短距離通信トラフィックの増加が顕著である。そのため Si photonics に基づいた光集積回路 (PIC: Photonic integrated circuit) による小型・高速・大容量なトランシーバや LSI と PIC を集積したデバイスなどが多数報告され、低コストで大容量通信可能なネットワークに向けた研究がされている[1]。一方、これまで我々のグループでは、高性能な光デバイスを実現するための材料・ナノ構造として期待されている量子ドット (QD: Quantum Dot) に注目し、イオン注入を用いた QD 組成混晶化技術 (QDI: Quantum dot intermixing) を検討してきており[2]、結晶再成長を用いずに QD モノリシック光集積回路を作製し、その基礎的な特性も示してきた[3]。本稿では、QDI により発振波長をシフトした LD を作製し、その温度特性を評価した結果、従来の QD-LD よりも良好な特性が得られたので報告する。

**実験・測定結果** 実験では、InAs QD と InGaAlAs を 30 層積層した活性層と、p-, n-InAlAs クラッド層と p+-InGaAs コンタクト層から成るウェハを結晶成長し、このウェハに Ar イオンをイオン注入し、RTA (Rapid thermal annealing) を行うことで QDI を生じさせたものを用いてブロードエリア (BA: Broad area) 構造の LD を作製した。また、QDI 未実施のウェハで作製した QD-LD も作製し、レーザ特性の比較を行った。QDI のプロセスに関して、イオン注入は加速電圧 120 keV, ドーズ量を  $1 \times 10^{14} \text{ cm}^{-2}$  で実施し、RTA は 680°C、120 s とした。また、BA-LD の構造に関して、共振器幅は 50  $\mu\text{m}$ , 共振器長は 600 ~ 1400  $\mu\text{m}$  のものを作製した。これら 2 種類の QD-LD の発振閾値電流密度の温度依存性を図 1 に示す。そして、図 2 に QDI プロセスを実施したウェハで作製した QD-LD の 30, 50, 70°C における発振スペクトル ( $P_{\text{out}} = 5 \text{ mW}$ ,  $I_{\text{op}} \approx 1.2 I_{\text{th}}$ ) を示す。図 1 に示したように、QDI による QD-LD は特に高温領域で発振閾値の変動が小さい特性が得られた。通常の QD-LD では 15 ~ 30°C と 50 ~ 80°C における特性温度  $T_0$  はそれぞれ 120 K, 65 K であったのに対し、QDI プロセスを実施した QD-LD の  $T_0$  はそれぞれ 130 K, 580 K であった。さらに発振スペクトルに関しても図 2 に示したように、温度変化によるピーク波長のシフト量も QDI 処理を行った LD は非常に抑制され、QDI 未実施の QD-LD では 0.52 nm/°C に対してその値は 0.15 nm/°C であり、約 3 分の一であった。明確な要因は今後さらに検討する必要があるものの、組成拡散された QD は界面原子の熱的な拡散により基底準位のエネルギーばらつきが大きくなり、一方高温動作時はバンドギャップがレッドシフトするものの、キャリアが高エネルギー側に分布することで、発振波長の変動が抑制されたと推定される。

**まとめ** 本研究では QDI を行った LD の温度特性を検討し、従来の QD-LD よりも良好な温度特性を有することを示した。

**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」、科学技術振興機構 CREST (JPMJCR17N2), 日本学術振興会科研費基盤 A (JP17H01277) 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] A. Matsumoto et al., Appl. Phys. Express, Vol. 7, pp. 092801-1 - 092801-3 (2014).
- [3] S. Matsui, et al., Proc. CSW2016., MoP-IPRM-028 (2016).

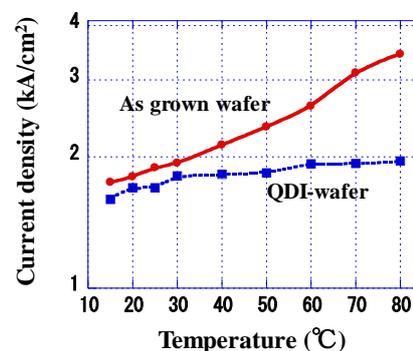


Fig. 1 Relationship between the threshold current density and temperature of as-grown and QDI LDs.

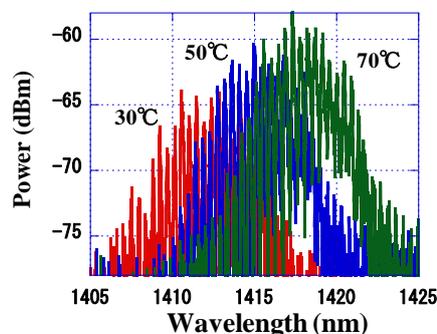


Fig. 2 Lasing spectra of QDI LD at 30°C, 50°C, and 70°C.