

組成混晶化量子ドット LD の注入イオンの違いによる温度特性の比較

Comparison of the Temperature Characteristics of Intermixed Quantum Dot LDs for Implanted Ions

情通機構¹, 早大理工²

○松本敦¹, 赤羽浩一¹, 伊澤昌平², 金子瑠那², 松島裕一², 宇高勝之²

NICT¹, Waseda Univ.²,

○A. Matsumoto¹, A. Akahane¹, S. Isawa², R. Kaneko², Y. Matsushima³, and K. Utaka²

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

【研究背景】 近年、特に中短距離通信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 Disorder 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実証してきた[2]。Ar や B イオン注入による IID-QDI 技術を研究してきたが、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、Ar による IID-QDI を実施したウェハは非常に温度特性に優れた LD に応用出来ることも実証してきた[4]。本稿では、新たに B による IID-QDI を実施した LD を作製し、その温度特性を評価した結果、Ar による IID-QDI-LD に比べ特性向上が出来たのでこれを報告する。

【実験結果・考察】 InAs QD / InGaAlAs ペアを 30 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 QDI を生じさせた。イオン注入の加速電圧は 120 keV、ドーズ量を $1 \times 10^{14} \text{ cm}^{-2}$ とした。このウェハで電極ストライプ型 LD (共振器幅: 50 μm , 共振器長: 600 ~ 1400 μm) を作製し、そのレーザ特性を評価した。図 1 に作製した 3 種類 (B-QDI, Ar-QDI, w/o QDI) の QD-LD の I-L-V 特性を示す。またそれぞれのサンプルの発振閾値電流密度の温度依存性を図 2 に示す。図 3 には発振ピーク波長の温度によるシフト量を示した。図 1 に示されたように、Ar-QDI-LD は QDI を実施しない LD と比べ I-V 特性が悪く抵抗値が高いが、B-QDI-LD は QDI を実施しない LD と同等程度の良好な抵抗値が得られた。これは Ar とは異なり、注入された B イオンが結晶中で p-dopant として機能しているからと推測される。図 2 に示したように、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。Ar-QDI-LD は $T_0 = 560 \text{ K}$ が得られたが B-QDI-LD の特性温度 $T_0 = 283 \text{ K}$ であり、Ar-QDI-LD の T_0 より劣るものの、依然として通常の QD-LD より温度特性に優れた結果となった。発振ピーク波長に関しては、B-QDI-LD は温度領域全般にわたってシフト量が小さく、高温領域においても $d\lambda/dT = 0.15 \text{ nm}/^\circ\text{C}$ であり、DFB-LD と同等程度の非常に良好な結果が得られた。B イオンを使った IID-QDI 技術はバンドギャップを大きく制御出来るだけでなく、LD として応用した場合でも温度特性が非常に良好であり、PIC への応用に非常に有望であると考えられる。

【まとめ】 B イオンによる IID-QDI を実施した LD は通常の QD-LD や Ar を用いた IID-QDI-LD よりも良好な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若手研究 (JP19K15056) 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] S. Matsui, et al., MOC2017, E-3 (2017).
- [4] A. Matsumoto, et al., CLEO-EU2017, CB-4.5 (2017).

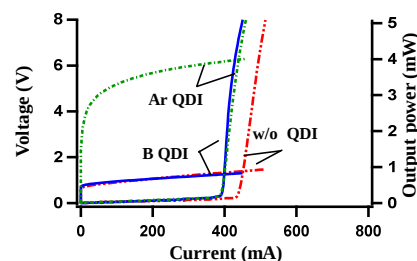


Fig.1 I-L-V characteristics of B-QDI, Ar-QDI, and w/o QDI LDs .

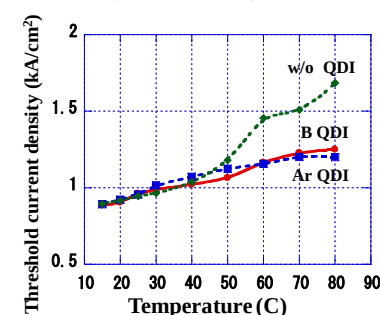


Fig.2 Threshold current densities of each QD-LD dependent on temperature.

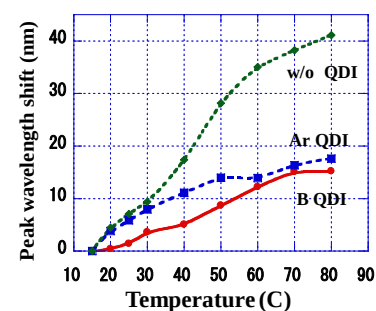


Fig.3 Peak lasing wavelength shifts of each QD-LD on temperature.