## 1100 nm 帯 InGaAs 量子ドットレーザの MBE 成長

MBE Growth of 1100 nm-Range InGaAs Quantum Dot Lasers

(株)QD レーザ<sup>1</sup>,東大ナノ量子機構<sup>2</sup>,東大生研<sup>3</sup> 西 研一<sup>1,2</sup>,前多 泰成<sup>1</sup>,武政 敬三<sup>1,2</sup>,菅原 充<sup>1,2</sup>,荒川 泰彦<sup>2,3</sup> <sup>O</sup>影山 健生<sup>1,2</sup>. T. Kageyama<sup>1,2</sup>, K. Nishi<sup>1,2</sup>, Y. Maeda<sup>1</sup>, K. Takemasa<sup>1,2</sup>, M. Sugawara<sup>1,2</sup>, and Y. Arakawa<sup>2,3</sup> QD Laser, Inc.<sup>1</sup>, NanoQuine, The University of Tokyo<sup>2</sup>, IIS, The University of Tokyo<sup>3</sup>

E-mail: kageyama@qdlaser.com

## はじめに

波長 1100nm 帯レーザは, 材料加工用途や, 第二次高調波を用いた小型低消費電力可視光 レーザモジュール用光源として期待されてお り,既に InGaAs 量子井戸を活性層に用いた小 型可視光レーザモジュールが一部で実現され ている[1, 2]. ところが GaAs 基板上の InGaAs 材料は、臨界膜厚による制限により発光波長は 概ね 1200 nm 以下に限定される[3]. 量子ドッ ト(OD)は、その提案[4]後様々な光源用途向け に研究され[5-7], 量子ドット LD は既に光通信 市場へ供給されているが,一方でその発光波 長範囲も広く, 医療やエンターテイメント等 さまざまな応用への可能性を依然秘めている. 今回波長 1100 nm 帯 InGaAs 量子ドット活性

層の成長条件を検討し、またレーザ特性につ いて量子井戸との比較を行ったので報告する.

## 実験

結晶成長は固体原料 MBE (RIBER MBE49)に て行った. 成長条件検討用サンプルにおいて は、単層 InGaAs-dot の In 組成は 0.5 とし、GaAs で埋め込み、上下から Alo4Gao6As で挟み、ま た最表面にはGaAs で埋め込んだものと同一条 件で成長した dot を形成した. また成長条件を 最適化した InGaAs-dot を用いてブロードエリ ア(BA)レーザを製作し、レーザ動作特性を評 価した. レーザ構造には GaAs で埋め込んだ密 度  $8 \times 10^{10} \,\mathrm{cm}^{-2} \mathcal{O} \,\mathrm{In}_{0.5} \mathrm{Ga}_{0.5} \mathrm{As}$ -dot を 10 層積層し, n型および p型 Al<sub>04</sub>Ga<sub>06</sub>As クラッドで挟んだ エピタキシャル構造を用いた.

## 結果と議論

Fig. 1に InGaAs 供給量に対する, dot の高さ (平均値及び標準偏差)の変化を示す.供給量 2.0 nm 程度までは供給量増加に高さは比例し たものの, それ以上の供給では高さが飽和し, ばらつきも大きくなり, Fig. 2 に示すように巨 大 dot が形成され始めた. PL 強度も巨大 dot 出 現により半減し、巨大 dot が非発光再結合に大 きく影響している事が分かる.なお、供給量 2.0 nm 以下では巨大 dot は全く観測されなか った.

作成した 1100 nm 帯量子ドット LD の室温正 味利得は 58 cm<sup>-1</sup>と量子ドット LD としては最 高水準であった[8]. また Fig. 3 に示すように, しきい値電流密度の上昇が 1100 nm 帯におい て見られた量子井戸 LD に対し, 量子 dot レー ザではしきい値電流密度の波長依存性は小さ く、量子井戸レーザと同等以上の特性を示す 事が確認された.

参考文献 [1] www.qdlaser.com, [2] 早川他, 2012 秋応物 12a-C6-10, [3] T. Kageyama et al., JAP 96, 44, (2004) [4] Y. Arakawa et al., APL40, 939 (1982). [5] Y. Tanaka et.al., CLEO'10 CTuZ1 (2010). [6] K. Takada et al., EL., 47, 206 (2011). [7] T. Kageyama et al. CLEO/Europe- EQEC 2011, PDA.1 (2011). [8] 渡邊他, 2010 秋応物 15a-ZV-11

謝辞 本研究の一部は文部科学省振興調整費において実施し た.



Fig. 1 InGaAs supply dependence on average dot height. Error bar shows standard deviation of the height. Inset images show AFM image of surface QDs.



Fig. 2 InGaAs supply dependence on PL intensity of InGaAs-QD samples (solid line) and "giant" dot density (dashed line).



Fig. 3 Threshold current density comparison between QW and QD broad-area LD at 1100 nm-range.