

InAs/GaAs 量子ドットレーザ閾値電流特性への P 型ドーピングの効果

Effect of p-doping on threshold current characteristics in InAs/GaAs quantum dot lasers

東大ナノ量子機構 ○角田 雅弘, 権 晋寛, 渡邊 克之, 荒川 泰彦

NanoQuine, The Univ. of Tokyo, °M. Kakuda, J. Kwoen, K. Watanabe, Y. Arakawa

E-mail: kakuda@iis.u-tokyo.ac.jp

InAs/GaAs 系自己形成量子ドット(QD) への p 型ドーピングにより、レーザの閾値電流の温度特性や微分利得の向上が期待される[1-3]。近年では Si 基板上 InAs 量子ドットレーザにおいても p 型ドーピングによる効果が実証されている[4, 5]。一方で基本的な理論モデルからの予想とは異なり、p 型ドーピングにより閾値電流が増大する。我々は InAs QD レーザに p 型ドーピングが与える影響を実験と理論計算の両面から調べ、閾値電流の増大が p 型ドーピングによる内部損失の増大で説明できることを示したので報告する。

MBE により n-GaAs(001)基板上に 10 層積層 InAs QD (面内密度 $5 \times 10^{10} \text{ cm}^{-2}$) を埋め込んだレーザ構造を作製した。ここでアンドープおよび GaAs 中間層に厚さ 10 nm の変調 p 型ドーピング (ドーブ密度 $2 \times 10^{17}, 5 \times 10^{17}, 1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$) を行った試料を作製した。作製した試料の上部に幅 100 μm のストライプ電極を形成し、劈開により共振器長 2 mm のブロードエリアレーザを作製した。レーザ特性評価としてパルス電流注入による光出力-電流測定を行い、閾値電流密度を算出した。またドーブ密度に比例した内部損失を含む場合と含まない場合とで閾値電流密度の理論計算を行った。

図 1 にドーブ密度に比例した内部損失を含まない場合の閾値電流密度の計算値を示す。ここで内部損失の定数値を 0, 8, 16 cm^{-1} と変えた結果をプロットした。いずれもドーブ密度増大で閾値電流密度が減少しており、実際のレーザの増大する傾向とは一致しない。図 2 に実験値とドーブ密度に比例した内部損失を含んだ理論計算値を示す。ここで内部損失の定数値やドーブ密度に対する比例係数などのパラメータの調整により、実験値とおおむね一致する閾値電流密度増大の計算結果が得られた。以上、p 型ドーピングによる量子ドットレーザの閾値電流の増大は、内部損失のドーブ密度依存性により説明可能であることを示した。[謝辞] 本成果は、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(JPNP13004)および科研費特別推進研究の結果得られたものである。

[参考文献] [1] Y. Arakawa et al., Appl. Phys. Lett. **40**, 939 (1982). [2] Y. Arakawa et al., Oyo Buturi **57**, 697 (1988). [3] R.R. Alexander et al., IEEE J. Quantum Electron. **43**, 1129 (2007). [4] J.C. Norman et al., IEEE J. Quantum Electron. **55** (2019). [5] Z. Zhang et al., Appl. Phys. Lett. **113**, 061105 (2018).

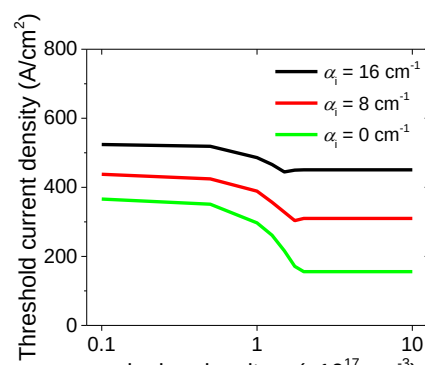


Fig.1 Calculated threshold current density of InAs QD lasers as a function of p-doping density without internal loss by p-doping.

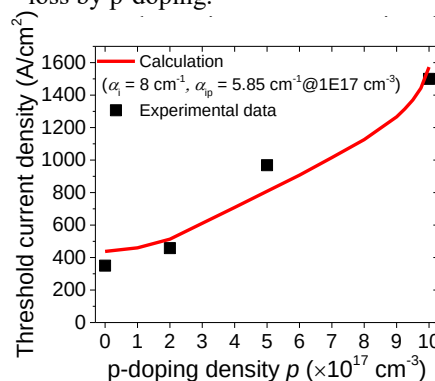


Fig.2 Experimental and calculated threshold current density of InAs QD lasers as a function of p-doping density.