

Title	タリウム系III-V族半導体の成長と温度安定発振波長半導体レーザに関する研究
Author(s)	藤原, 淳志
Citation	大阪大学, 2007, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/48520
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	藤原 淳志
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 21194 号
学位授与年月日	平成 19 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 工学研究科電子情報エネルギー工学専攻
学位論文名	タリウム系 III-V 族半導体の成長と温度安定発振波長半導体レーザに関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 朝日 一 (副査) 教授 飯田 敏行 教授 田中 和夫 教授 兒玉 了祐 教授 上田 良夫 教授 三間 罔興 教授 西原 功修 教授 中塚 正大 助教授 長谷川 繁彦

論文内容の要旨

本論文では新 III-V 族化合物半導体材料として TlInGaAs を提案し、 TlInGaAs 系化合物半導体を活性層として用いた LED、LD の光学的特性を調べることで発振波長温度無依存半導体レーザの実現の可能性を示した。

第 1 章では、本論文の背景と研究を行う目的を明らかにした。

第 2 章では研究を行う半導体についての基本的な概念と TlInGaAs の特性について説明し、 TlInGaAs が持つと期待される特性を述べることによって研究の目標を示した。

第 3 章では実験に使用した成長装置と、作製した光デバイスの発光スペクトルを観察するために使用した装置について説明を行った。

第 4 章では、温度無依存発光波長光デバイスの活性層として提案した新半導体 TlInGaAs を使用した LD の作製と評価結果について述べた。

GS-MBE を用いた TlInGaAs/InP DH レーザ構造の成長と、作製した LD の特性評価を行った。その結果、EL ピークエネルギーの温度変化が InGaAsP/InP 光デバイスに比べて小さな結果を得ることができた。また、パルス電流によるレーザ発振において発振波長の温度依存性が改善していることも確認したことにより、発振波長温度無依存 LD の実現の可能性を示すことができた。

第 5 章では、前章で作製した TlInGaAs/InP DH LD の持つ問題を解決するために活性層の上下の InP クラッド層の一部に Tl を添加した $\text{TlInGaAs/TlInP/InP}$ SCH レーザ構造の成長と、作製した LD の光学的特性を調べた。作製した LD の EL ピーク波長の温度依存性が更に改善された。また、パルス電流を用いて室温でのレーザ発振に成功した。発振スペクトルの温度依存性を調べた結果、広い温度範囲でモードホッピングが起こらないスペクトルを得ることができた。

このことから、クラッド層に Tl を添加することによって発振波長の温度依存性を改善することができる可能性を示すことができた。

第 6 章では、発振波長と発振閾値電流双方が周囲温度に対して共に安定な半導体 LD 材料として提案した TlInGaAsN を活性層とする半導体 LD の作製を狙いとして TlInGaAs を活性層とする TlInGaAs/GaAs QW 構造を成

長し、その光学的特性について調べた。作製した TlInGaAs/GaAs QW LED の EL ピーク波長の温度依存性を観測することによって GaAs 基板上においても Tl の添加による活性層のバンドギャップエネルギーの温度依存性が改善されていることを確認した。また、パルス電流を用いての室温でのレーザ発振に成功した。

これらのことにより、 TlInGaAsN を活性層にした LD による発振波長並びに発振閾値電流の温度安定な LD の実現の可能性を示すことができた。

第7章では、第4章から第6章までで得られた新 III-V 族化合物半導体である TlInGaAs を活性層として使用した光デバイスの作製と光学的特性について得られた結果についてまとめ、本研究の結論を述べた。

論文審査の結果の要旨

光通信において省エネルギー、省スペース化を可能とする発振波長温度無依存半導体レーザは重要である。そのためバンドギャップエネルギーが温度無依存の新材料半導体として、半導体と半金属の混晶による III-V 族化合物半導体 TlInGaAs が提案されている。本論文では、 TlInGaAs を活性層とした発光ダイオード (LED)、レーザダイオード (LD) 構造をガスソース MBE により成長し、LED、LD を作製してその光学的特性を調べることによって以下の結果を得ている。

(1) InP 基板上に成長した TlInGaAs を活性層とした TlInGaAs/InP ダブルヘテロ (DH) LD の発振ピーク波長の温度依存性が 0.06 nm/K と、 InGaAsP/InP DH LD に比べて小さな値をとることを確認している。このことにより、活性層を TlInGaAs にすることによるレーザ発振波長温度安定化の可能性を示している。

(2) クラッド層の一部に Tl を添加した $\text{TlInGaAs/TlInP/InP}$ 分離閉じ込め (SCH) LD を作製し、LED モードにおいてエレクトロルミネセンス (EL) ピーク波長の温度変化が更に減少することを観察し、この構造とすることにより活性層のバンドギャップエネルギーの温度依存性が 0.01 nm/K と非常に小さな値になることを確認している。また、発振スペクトルの温度上昇に伴うメインピークのモードホッピングも抑えられることを確認している。これらのことから、クラッド層にも Tl を添加することによって、発光波長温度変化の低減、したがって発振波長温度無依存の半導体レーザ実現の可能性を明らかにしている。

(3) 発振波長ならびに発振しきい値電流が共に温度安定な LD の実現を狙いとして、 GaAs 基板上に TlInGaAs を活性層とする量子井戸 (QW) LED を作製し、EL ピーク波長の温度安定性が InGaAs を活性層とするものよりも改善されることを確認している。このことは GaAs 基板上に成長したデバイス構造においても、 Tl を添加したことによるバンドギャップエネルギーの温度安定性の改善が有効であることを示している。さらに、室温での TlInGaAs/GaAs 2 重量子井戸 (DQW) LD を作製し、レーザ発振に成功している。これらのことから、 GaAs 基板上においても発振波長温度依存性の小さい LD の実現可能性を明らかにしている。

以上のように、本論文は III-V 族化合物半導体 TlInGaAs を LD の活性層に用いることによってバンドギャップエネルギーの温度依存性の改善に成功し、発光波長の温度安定性の実現に成功している。これらの結果から発振波長が温度無依存の LD の実現の可能性を示している。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。