





■特に優れた業績の一覧〔修士課程・専門職学位課程〕 (様式1-2裏)

奨学生番号	6	1	7	0	6	0	1	1	1	8	7	学 籍 番 号	35-176043	
氏 名	小松原望											研究科名・専攻名	理学系研究科・物理学専攻	
6. 授業科目の成績													資料番号	
本研究科設置の授業科目において全ての科目で「優」をおさめた。													[2]	
7. 研究又は教育に係る補助業務の実績														資料番号
8. (専攻分野に関連した) 音楽、演劇、美術その他芸術の発表会における成績														資料番号
9. (専攻分野に関連した) スポーツの競技会における成績														資料番号
10. (専攻分野に関連した) ボランティア活動その他の社会貢献活動の実績 (公益の増進に寄与した研究業績)														資料番号

修士論文

InGaAs 系高利得量子井戸半導体レーザーの開発  
及び評価測定

Development and characterization measurements of  
InGaAs high-gain quantum-well lasers

東京大学大学院理学系研究科  
物理学専攻

指導教員 秋山 英文 教授

学籍番号 35-176043  
小松原 望

平成31年1月4日



## 成績証明書

第3350794032300号

1 / 1

学籍番号 35176043  
氏 名 小松原 望  
生年月日 平成6年9月30日

平成29年4月1日入学  
平成31年3月25日修了見込

理学系研究科 物理学専攻 修士課程  
理学系研究科 物理学専攻 修士課程

科目名	開講部局	単位	成績	開講期間	科目名	開講部局	単位	成績	開講期間
光物理学特論		2.0	優	17.04~17.09					
ナノ量子情報エレクトロニクス特論Ⅰ		2.0	優	17.04~17.09					
ナノ量子情報エレクトロニクス特論Ⅱ		2.0	優	17.09~18.01					
最先端光科学講義Ⅳ		1.0	優	17.04~17.09					
最先端光科学講義Ⅴ		1.0	優	17.04~17.09					
物理学特別実験Ⅰ		10.0	優	17.04~18.03					
研究倫理	理	0.5	合格	17.04~17.06					
先端光科学実験実習Ⅰ		1.0	優	17.04~17.09					
物質科学概論Ⅰ	新領域	1.0	優	17.04~17.06					
物質科学概論Ⅵ	新領域	1.0	優	17.06~17.09					
以下余白									

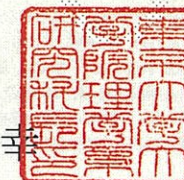
取得単位数合計

21.5 単位

上記のとおり証明する。

平成31年1月24日

東京大学大学院理学系研究科長 武田 洋幸





## 別表

[illegible]

## 学位論文の業績内容の要旨

奨学生番号：61706011187

学籍番号：35-176043

氏名：小松原望

研究科名：理学系研究科・物理学専攻

学位論文の業績内容の要旨は以下の通りである。

半導体レーザーは世の中で広く用いられている発光デバイスである。小型、高安定などの利点を有し非常に扱いが容易である。そのような半導体デバイスから直接ピコ秒程度の超短パルスを発生させることは、超短パルスを用いた様々な基礎研究の成果を技術的に応用する足がかりとなり得る。

半導体から超短パルス光を得る手法として利得スイッチングを取り上げる。利得スイッチングはナノ秒程度の短い電気パルスを注入することでそれより短い数十ピコ秒の光パルスを得る技術である。電流による直接変調のみで実現可能であり、複雑な構造を必要としない。基本的な半導体内部のキャリアダイナミクスを直接反映する物理現象を理解することに繋がる。

利得スイッチング法を用いたパルス発生に関しては古くから研究がなされてきているが、近年の研究において光パルスの立ち上がりは半導体材料の飽和モード利得が、立ち下がり共振器寿命命が決められているということが報告されている。共振器寿命は半導体レーザーの共振器長を短くすることで光パルスの短パルス化が見込まれる。一方飽和モード利得は光閉じ込め係数を高くすることで高い利得を実現し光パルスの短パルス化を図れることが GaAs 系半導体レーザーの光励起実験などにより示唆されている。

本研究では応用上重要な電流注入型の 1  $\mu\text{m}$  波長帯 InGaAs 系半導体レーザーの高速化を目的として研究を行った。利得スイッチング用 1  $\mu\text{m}$  波長帯 InGaAs 系半導体レーザーは、先行研究や開発例が少ないため、設計・試作・評価計測を半導体の基礎物理に立ち戻って進める必要がある。

本研究では量子井戸レーザーにおいて光閉じ込め係数の増大は量子井戸の数を増やすことで実現されることに着目し、多重量子井戸半導体レーザーのデザインおよび開発を行った。InGaAs 系材料は GaAs 基板に対する格子定数の違いからそのままでは量子井戸層の層数を大きくすることはできない(臨界膜厚)。また、格子欠陥が生じるなど材料の品質低下をまねきやすい。そこで格子定数の小さい GaAsP をバリア層に用いることで臨界膜厚以上の多重歪補償量子井戸レーザーを作製した。電流注入では光励起と異なり、電子と正孔の密度を等しく注入できるか否かは自明ではない。よって多重量子井戸の層厚を増やす

ことで単純に高利得化を実現できるとは限らない。比較のために歪補償を行わずに結晶成長させた 3 周期歪量子井戸レーザーの試作も行った(臨界膜厚以下)。

作製したレーザーデバイスに対して定常電流注入実験を行い閾値電流及び発振効率の見積もりを行った。この際、電流測定実験系は自らデザイン・構築を行った。本研究では様々なパラメータを有する多種多様なレーザー資料を測定することが必要であるため測定者の負担を軽減すべく、電流源・光検出器などの測定装置を同時にコントロールできるプログラムを設計・製作し実験を行った。測定の結果、作製した試料の中には閾値電流が 100mA を超え、デバイスとしての運用が難しいものもあったが、共振器長を短くデザインするなどして 40mA 程度の標準的な閾値を実現し、デバイスの品質の向上を図ることができた。また、閾値電流の系統的なデータから透明電流密度やモード利得などの半導体材料特有の物性パラメータを見積もることができる。モード利得について臨界膜厚以上の多重量子井戸試料と臨界膜厚以下の 3 周期試料、2 種類のレーザーデバイスについて比較したところ量子井戸の多重化によるモード利得の増大が確かめられた。モード利得の増大は利得スッチングパルスの短パルス化に直結する重要な結果である。

利得スッチング動作を試みたところ 臨界膜厚を超える多重量子井戸レーザーでは最短で 26.5 ps というパルス幅を与えた。先行研究では電流注入による 5 ps 程度の報告がなされており、それには 及ばなかった。しかし市販の普及品で同様の測定をしたところ 80 から 200 ps のパルス幅を与え、本研究において開発したレーザーデバイスの短パルス発生における優位性を示した。

本研究の意義は試料作成方法の錬成及び電流注入測定系の立ち上げを行った点である。さらに量子井戸の多重化の短パルス化における重要性を実験的に示し、今後のさらなる短パルス発生試料作製の指針を得た。(1714 字)