

平成30年度 業績優秀者返還免除申請書

(様式1-1表)

平成 31 年 7 月 25 日

独立行政法人

日本学生支援機構理事長殿

本申請書記載事項に相違ありません。

免除認定を受けた場合、認定後において日本学生支援機構が免除認定者の職業や業績等について調査を行うときにはその調査に協力することに同意のうえ、特に優れた業績による返還免除を申請します。

フリガナ エマツハラ ヨシム
氏 名 小松原 望

大 学 院 名	東京大学 大学院		
課 程	✓ 修士（博士前期）課程	専門職大学院課程	博士（博士後期）課程
研究科名・専攻名	理学系研究科 物理学専攻		学 籍 番 号 35-176043
奨 学 生 番 号	6 1 7 0 6 0 1 1 1 8 7	生 年 月 日	昭和 6 年 9 月 30 日
現 住 所	〒 305-0031 茨城県 つくば市 吾妻 4丁目 8-3 電話番号 029 (851) 3898		

■大学院における研究課題等

題 目	InGaAs系高利得量子井戸半導体レーザの開発及び評価測定
概 要	本研究では応用上重要な電流注入型の1μm波長帯InGaAs系半導体レーザの高速化を目的として研究を行った。短パルス発生方法として利得スイッチングを取り上げた。利得スイッチングパルスの立ち上がりは半導体材料のモード利得が決められていることが示唆されている。量子井戸レーザにおいて井戸の層数を多くすることで光閉じ込め係数を大きくし同時にモード利得を大きくすることで可能であることに着目し、臨界膜厚を超えるほど厚くInGaAsを蒸着した多重歪補償量子井戸レーザを試作した。試料に対して電流注入実験を行い閾値電流の算出、およびモード利得の見積もりを行ったところ井戸の多重化によるモード利得の増大が確認できた。また利得スイッチ動作を試みたところ最短で26.5 ps いう短いパルス幅を与えた。本研究の意義は短パルス化における量子井戸の多重化の意義を実験的に示した点である。

■教育研究活動等の業績

①	学位論文その他の研究論文	2	大学院設置基準第16条に定める特定の課題についての研究の成果（修士課程の修了要件に関する事項のため、博士（後期）課程は非該当）	3	大学院設置基準第16条の2に定める試験及び審査の結果（博士前期課程の修了要件に関する事項のため、博士（後期）課程は非該当）
4	（専攻分野に関連した）著書、データベースその他の著作物（1及び2に掲げるものを除く。）	5	発明	⑥	授業科目の成績
7	研究又は教育に係る補助業務の実績	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	9	（専攻分野に関連した）スポーツの競技会における成績
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）	記入の際は裏面記載の【記入上の注意】を参照。			

＜学位論文＞
□ タイトル「InGaAs系高利得量子井戸半導体LEDの開発及び評価測定」2019年1月

＜授業科目の成績＞
□ 本研究科の授業科目において全ての科目で「優」を取得した。2019年1月時点

【返還誓約書の提出について】

該当するいずれかの□に✓すること。（提出予定の場合は提出予定年月も記載）

☒ 提出済み

提出予定（平成 年 月 大学へ提出予定）

【日座振替（リレー日座）加入申込の手続きについて】

該当するいずれかの□に✓すること。(手続き予定の場合は予定年月も記載)

☒ 手続き済み

□ 手続き予定（平成 年 月）

提出または手続きが確認できない場合、申請を受け付けません。

【記入上の注意】

1. 「課程」欄は、該当するいずれかの□に✓すること。
2. 「現住所」は大学へ届け出ている住所を記入すること。貸与終了後に連絡先が変更となる場合、返還のてびき(24頁)を参照のうえ、必ず5月末までに機構に届け出ること。
3. 「教育研究活動等の業績」欄は、該当する数字を○で囲むこと。ただし、専攻分野に関連した業績に限る。
4. 「教育研究活動等の業績」欄に○を付した項目について、裏面にそれらの要旨を800字程度で記載すること。
 なお、論文、著書及び受賞については、それぞれ作成又は受賞の年月を記入すること。
 また、発表、学会誌等は、その名称、巻、号等を記載すること。
5. 大学院の成績証明書、特に優れた業績であることを証明する資料及び業績一覧表を必ず添付すること。
 (成績証明書は「教育研究活動等の業績」欄で「授業科目の成績」を選択していない場合でも提出が必要。)

(注) これは様式1-1(裏面)です。印刷は、様式1-1表裏の両面刷りとすること。

(様式1-2表)

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
1. 学位論文その他研究論文													資料番号
学位論文「InGaAs系高利得量子井半導体レーザーの開発及び評価測定」2019年1月													[1]
2. 大学院設置基準第16条に定める特定の課題についての研究の成果													資料番号
3. 大学院設置基準第16条の2に定める試験及び審査の結果													資料番号
4. (専攻分野に関連した) 著書、データベースその他の著作物(1及び2に掲げるものを除く)													資料番号
5. 発明													資料番号

別表

[illegible]

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

◆指導教員等の推薦理由

(様式1-3)

奨学生番号	61706011187	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

小松原望君の研究テーマは半導体レーザーから直接にピコ秒短パルス光発生を行う研究です。研究室の卒業生達の博士論文で行われた高速非線形キャリアダイナミクスの基礎研究の知見を活かし、業界で注目度の高い、InGaAs系電流注入レーザーでの短パルス光発生 of 課題に挑戦しようというプロジェクトです。半導体レーザーは、材料・種類によっては技術が成熟していますが、我々が採用する利得スイッチ法による短パルス光発生のためのInGaAs系電流注入レーザーは、先行研究が殆ど無く、材料物理やレーザー工学など様々な基礎学理以外は物理のみをたよりに、自力で設計・作製・評価・詳細計測などを行わなければなりません。

小松原君は、試作試料のスクリーニングを行うための、測定系の構築を初めに担当しました。プログラミングを独学でマスターし、測定機器の自動化を果しました。測定系を作ったことで、実際の評価測定も担当する様になりました。評価では、単に試料の良し悪しを判別するだけでなく、設計パラメータが異なる沢山の試料を測り解析から、設計や結晶成長や加工の良し悪し・問題点などを抽出します。信頼性が高くかつ迅速な小松原君のハードワークにより、プロジェクトの仕事が彼に集中するようになりました。測定が上手になると、さらに興味が湧き、試料作製にも深入りするようになりました。測定の立場から、素子のダイ・ワイヤ・ボンディングも手掛け、修士課程後半では最重要のウエハプロセスに取り組みました。短期間のうちにCADをマスターし、フォトリソの設計・作製を行い、露光や蒸着も学んで、結局、半導体レーザープロセスを全て行いました。試料作製には、学外の研究所の共用設備や企業の装置利用が必要で、現地に足繁く赴き研究を遂行しました。そのおかげで、初回試作の半導体レーザーの問題点が解明され、改良により性能が向上し、低しきい値化が達成されました。また市販レーザーでは到達できなかった、20ピコ秒台の利得スイッチパルスの発生に成功しました。

小松原君は、人から好かれ、研究室の他のメンバーとの交流を積極的に行い、後輩や外国人研究員をも親切に指導し、実験指導や協力も積極的に行いました。実験指導や協力も積極的に行いました。近年、受動的な学生が増える中、小松原君はその良き反例であり、将来のリーダーとしての能動的な資質をもっています。何ごとにも自主的に楽しみながら取り組む優秀な学生で、研究所内でのスポーツやバーベキューイベントでも、同学年の学生たちと協力して明るく楽しみながら、献身的に仕事をこなしました。研究室で担当した小学生対象の「夏休み子供科学教室」の実験企画においても、中心的な活躍をしました。

以上のとおり、小松原君の今後の研究者・リーダーとしての活躍に大いに期待し、大学院の指導教員・共同研究者の立場から、奨学金返済免除の対象候補者に強く推薦します。

この学生は、貴機構の特に優れた業績による返還免除に該当していることを認めます。

平成31年1月25日

独立行政法人

日本学生支援機構理事長殿

職名

教授

指導教員名

秋山 英文



成績証明書

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	理	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		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		1.0	優	17.04~17.06					
物質科学概論Ⅵ		1.0	優	17.06~17.09					
以下余白	新領域 新領域								

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



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生じさせることは、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入力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 μm 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 μm 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イ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。

利得スイ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)