

Title	AlGaAs-GaAs系及び InGaAsP-InP系半導体レーザの高性能化に関する研究
Author(s)	平野, 良一
Citation	大阪大学, 1995, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/39661
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	平野 良一
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 1 2 0 9 0 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 7 年 9 月 2 8 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第4条第2項該当
学 位 論 文 名	AlGaAs - GaAs 系及び InGaAsP - InP 系半導体レーザの高性能化に関する研究
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 浜 川 圭 弘 (副査) 教 授 蒲 生 健 次 教 授 小 林 哲 郎 教 授 奥 山 雅 則

論 文 内 容 の 要 旨

第1章「序論」においては、本研究に着手するに至った関連分野の技術の流れを概観し、本研究の動機およびその目的について述べている。

第2章「エピタキシャル層の高品位化と層厚制御の高精度化」においては、高品質なエピタキシャル成長結晶を高精度に得る方法について検討を行う。まず薄いエピタキシャル層における転位の深さ方向のふるまいを半連続的に観察するため、熔融KOHによるエッチピット観察法を開発した。この方法を手掛かりに、結晶の高品位化のためには結晶成長時の雰囲気ガス中の残留酸素濃度を0.03ppm以下に低減する必要があることを明らかにした。また、当時のスライドポートにおいて層界面が雰囲気ガスに触れる欠点を指摘し、成長界面の結晶性を改善するため、雰囲気ガスに触れずに連続成長できるプッシュアウトポートに着目し、結晶の表面状態、層厚の均一性において良好なエピタキシャル層が得られることを実証した。一方、この成長法では、急速な成長により薄い成長層が得られない欠点があったが、この現象が融液の混合に伴う過飽和に起因することを解明し、この対策として2つの融液の中間の組成で飽和する融液をくぐらせる新成長法を開発し、この方法により薄い層の成長が可能となることを明らかにした。これらの高品位・高精度結晶成長法により、半導体レーザの高性能化と長寿命化を実現するための結晶成長法の基礎を確立した。

第3章「高効率TJSレーザとその高性能化」においては、前章で開発した高品位・高精度結晶成長法をTJSレーザに応用して、活性層厚 $0.2\mu\text{m}$ のTJSレーザを試作し、素子の信頼性、組立の容易さ、光ファイバーとの結合の面から実用的に有利なジャンクション・アップ組立で当時の最も低いしきい値電流 20mA 、および、当時の最も低いレベルのしきい値電流密度 $3 \times 10^4 \text{A}/\text{cm}^2$ を実現した。またジャンクション・ダウン組立で室温、 2mW 出力において12,000時間の長時間連続通電ができることを実証し、このレーザが 4×10^4 時間の推定寿命を持つことを明らかにした。このことから、著者が開発した結晶成長法により高品位でかつ高精度にエピタキシャル結晶が得られることが明らかとなり、それ以後のTJSレーザ実用化の基礎を確立した。

第4章「 $1.3\mu\text{m}$ 帯 InGaAsP-InP BC レーザとその高性能化」においては、第2章で開発した結晶成長法をInGaAsP系結晶の連続多層成長に応用するとともに、狭い活性領域幅を実現するため溝形成条件と選択成長技術を開発し、当時

の最も低いしきい値電流8mAを達成した。また、この低しきい値電流化により最高発振温度80℃を達成し、電流阻止層のキャリア濃度の最適化による高温発振特性の改善と、活性領域の幅と厚を制御することによって安定な横モード発振を実現した。これらを通じて、BCレーザの高性能化に高品位化・高精度化結晶成長技術が有効であることを明らかにした。

第5章「BCレーザの劣化場所の特定と高性能D-BCレーザの開発」においては、劣化位置を特定し、その劣化の原因を取り除いた。まず、高温におけるBCレーザの劣化の特徴を解析し、高温大電流密度(100℃, 200mA)により24時間程度で劣化の加速ができること、また、この劣化が順方向電圧 V_f の低下を伴い、電氣的測定のみによって劣化の有無を検出できることを見出した。次に、この劣化加速法と検出法を用いて、劣化の可能性のある領域を分類し、各々サンプルを作製して劣化位置の特定を系統的に行った。その結果、劣化は結晶成長時に高温雰囲気曝された面とp-n接合が一致した場所で発生することを初めて明らかにした。この劣化を防止するため、p-n接合を曝された界面からずらせた新構造レーザを開発し、このレーザはジャンクション・アップ組立によっても、最高発振温度100℃、また、80℃, 5mWで 8×10^4 時間の推定寿命が得られた。さらにp-n接合と曝された界面が交差することがない構造としてp型基板を用いるP-BCレーザを提案し、このレーザは、最高発振温度135℃、また、70度, 20mWでも安定に動作することが明らかにされた。これらの結果から、BCレーザの長寿命化と高性能化が達成され、BCレーザの実用化技術を確立した。

第6章「結論」では全章を総括し本論文全体にわたる結論を述べる。

論文審査の結果の要旨

半導体レーザは、次世代の情報化社会を支える光情報処理ならびに光通信技術の中核デバイスとして、その高性能化をめぐる技術的要請は高まるばかりである。本研究は、こうした状況下において、近年急速に応用分野の広がりつつある可視域半導体レーザならびに光通信用1.3 μ m帯赤外レーザについて著者が行ってきた一連の高性能化技術の研究成果をまとめたものである。

本論文では、本研究の目的とこの分野の沿革をレビューしたあと、第2章では、レーザ発振の活性層の高品質化と膜厚制御の高精度化について一連の基礎的研究を行っている。まず活性層については、結晶成長時における雰囲気ガス中の残留酸素が結晶欠陥発生の原因となっていることを見出し、その抑制策として、雰囲気ガスに触れずに連続成長できる「プッシュアウトボート法」と称する新技術を開発した。その結果、活性層の表面状態ならびに膜厚の均一性が格段と優れたレーザ製造プロセス技術を確立した。

第3章では、前章で開発したプロセス技術をAlGaAs-GaAs系可視レーザの製造に適用し、活性層厚0.2 μ mのTJS(Transverse Junction Stripe)型レーザの試作を行い、当時の最低しきい値電流密度の世界記録を更新し、出力2mW、推定寿命4万時間の短波長レーザの製造技術の実用化に成功した。次いで、第4章では、同様のプロセス技術をInGaAsP-InP系長波長レーザの試作にも適用し、狭い活性領域実現にこの材料特有の選択成長癖を利用したD-BC(Displaced-Buried Crescent)型と称する新構造レーザを開発し、最高発振温度100℃という世界記録を打ち立てた。著者はさらに、このレーザの劣化場所の特定について一連の研究を行い、活性層がp-n接合界面と交差しない、新たな構造P-BC(P-substrate Buried Crescent)型レーザを考案し、出力5mWで推定寿命8万時間の光ファイバー用1.3 μ m帯レーザの量産化技術を確立した。

以上の研究成果は、半導体レーザの高性能化をめぐるプロセス技術の基礎とその実用化に先駆的な貢献をしたものであり、博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。