



Title	メトロ/アクセス系光通信用1.3μm帯発光素子に関する研究
Author(s)	中村, 隆宏
Citation	大阪大学, 2005, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/46040">https://hdl.handle.net/11094/46040</a>
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">https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed</a> 大阪大学の博士論文について

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

氏名	なかむらたかひろ 中村 隆宏
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 19643 号
学位授与年月日	平成 17 年 3 月 25 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	メトロ/アクセス系光通信用 $1.3\mu\text{m}$ 帯発光素子に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 朝日 一  (副査) 教授 田中 和夫 教授 西川 雅弘 教授 飯田 敏行 教授 三間 圭興 教授 西原 功修 教授 栗津 邦男 助教授 長谷川繁彦

### 論文内容の要旨

本論文は、従来のメトロ/アクセス系光通信用  $1.3\mu\text{m}$  帯半導体レーザ (LD) モジュールの小型、低コスト、低消費電力や高温での高速化の問題を解決するために、高均一な InGaAsP エピタキシャル成長を可能とする有機金属気相成長 (MOVPE) 装置、温度調整器やレンズを必要としない優れた高温特性と高結合効率特性を有する LD 構造と高温高速特性に優れた AlGaInAs 理め込み型 LD を実現した。

第 1 章は序章として、メトロ/アクセス系光通信用半導体レーザとして  $1.3\mu\text{m}$  帯の波長が重要であり、この適用領域に求められる半導体レーザモジュールのコスト低減から要求される半導体レーザの特徴、本研究の位置づけについて概説した。そして、本論文の目的と構成について述べた。

第 2 章では、横型 MOVPE 反応管において基板を下向きにすることにより温度境界層を制御する方法及び熱拡散を積極的に利用し濃度境界層を速度境界層及び温度境界層と独立に制御する方法を提案し、基板回転無しで InGaAsP 系材料において膜厚と組成の高均一化が両立できることをシミュレーションと実験から述べた。

第 3 章では、半導体レーザの高温特性改善に向けてキャリア注入効率を十分高めるために、キャリアアリークを抑制するための電流プロック層構造と SCH 層からの電子キャリアオーバーフローを抑制し、更に、価電子帯間吸収に起因する内部損失を低減する SCH 構造について考察し、実験的に検証した内容について述べた。

第 4 章では、高温特性を保持したまま光ファイバへの結合特性を改善する半導体レーザについて、導波モードと放射モードの干渉を利用することにより短いテープ長で高い結合効率を実現する方法を提案した。このモード干渉型スポットサイズ変換 LD の基本動作原理である干渉による結合効率の変化を実証し、高温特性と光ファイバとの良好な結合効率を同時に実証したことを述べた。

第 5 章では、低駆動電流で高速・高出力を可能にする半導体レーザに向けて AlGaInAs 材料の狭幅選択 MOVPE 成長を利用した埋め込み構造半導体レーザを提案した。狭幅選択 MOVPE 成長により AlGaInAs 発光層を InP により

完全にカバーすることで、電流狭窄のための埋め込み構造を初めて実現し、高温でも低駆動電流で 10 Gb/s 変調特性を実証したことを述べた。

第 6 章では、本研究の結果を総括した。

### 論文審査の結果の要旨

メトロ/アクセス系光通信用に用いられている  $1.3 \mu m$  帯 InGaAsP 系半導体レーザ (LD) モジュールは、LD の温度を安定化させるための温度調整器や光ファイバとの結合を改善するためのレンズなどを付加しているため小型、低コスト、低消費電力や高温での高速化が困難である。本論文は、この問題を解決するために、高均一な InGaAsP エピタキシャル成長を可能とする有機金属気相エピタキシ (MOVPE) 装置、温度調整器やレンズを必要としない優れた高温特性と高結合効率特性を有する LD 構造と高温高速特性に優れた AlGaInAs 埋め込み型 LD に関して研究しており、以下の結果を得ている。

- (1) 横型 MOVPE 反応管において基板を下向きにすることにより温度境界層を制御する方法及び熱拡散を積極的に利用し濃度境界層を速度境界層及び温度境界層と独立に制御する方法を提案し、基板回転無しで InGaAsP 系材料において膜厚と組成の高均一化が両立できることをシミュレーションと実験から実証している。
- (2) LD の高温特性改善に向けてキャリア注入効率を十分高めるために、キャリアリークを抑制するための電流ブロック層構造と分離閉じ込めヘテロ構造 (SCH) からの電子キャリアオーバーフローを抑制し、更に、価電子帯間吸収に起因する内部損失を低減する SCH について考察し、2段 SCH によりキャリアオーバーフローを抑制できることを明らかにしている。
- (3) 上記 LD を作製し高温で低閾値電流と高効率の特性及び高信頼性を実証している。
- (4) 高温特性を保持したまま光ファイバへの結合特性を改善する LD について、導波モードと放射モードの干渉を利用することにより短いテープ長で高い結合効率を実現できることを明らかにしている。
- (5) 上記モード干渉型スポットサイズ変換 LD の基本動作原理である干渉による結合効率の変化を実証し、高温特性と光ファイバとの良好な結合効率を同時に実証している。
- (6) 低駆動電流で高速・高出力を可能にする LD に向けて、AlGaInAs 材料の狭幅選択 MOVPE 成長を利用した埋め込み構造 LD を提案し、狭幅選択 MOVPE 成長により AlGaNAs 発光層を InP により完全にカバーすることで、電流狭窄のための埋め込み構造を初めて実現している。
- (7) 上記 AlGaInAs 埋め込み構造 LD で 100°C の高温で低駆動電流動作において 10 Gb/s 変調が可能であることを実証している。
- (8) 上記 AlGaInAs 埋め込み構造 LD で推定寿命 10 万時間を確認し、狭幅選択 MOVPE 成長による AlGaInAs 発光層の埋め込みにおいて欠陥などによる信頼性への問題がないことを明らかにしている。

以上のように、本論文は、メトロ/アクセス系光通信用に用いられている  $1.3 \mu m$  帯 LD モジュールの小型、低コスト、低消費電力や高温での高速化の問題を解決する光源を研究し実験的に明らかにしている。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。