

# 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

小松原 望

平成 31 年 1 月 4 日

## 概 要

論文の要旨を記入

# 目次

<b>第 1 章 序論</b>	<b>4</b>
1.1 研究背景 . . . . .	4
1.1.1 利得スイッチング . . . . .	4
1.1.2 InGaAs 高利得材料?? . . . . .	4
1.2 本研究の目的 . . . . .	4
<b>第 2 章 試料構造と測定方法</b>	<b>5</b>
2.1 はじめに . . . . .	5
2.2 試料作製 . . . . .	5
2.2.1 試料構造 . . . . .	5
2.2.2 ブロードコンタクトレーザー . . . . .	5
2.2.3 リッジ導波路型レーザー . . . . .	5
2.2.4 マウント (ダイボンディング??) . . . . .	6
2.3 測定方法 . . . . .	6
2.3.1 定常電流注入による測定実験 . . . . .	6
2.3.2 電流注入利得スイッチング実験 . . . . .	7
<b>第 3 章 実験結果</b>	<b>10</b>
3.1 IL,IV . . . . .	10
3.1.1 結果 . . . . .	10
3.1.2 内部量子効率と吸収係数の計算 . . . . .	10
3.1.3 電流広がりに関する考察 . . . . .	10
3.2 電流注入利得スイッチング . . . . .	10
3.2.1 3QW . . . . .	10
3.2.2 10QW . . . . .	10
<b>第 4 章 考察</b>	<b>12</b>
4.1 はじめに . . . . .	12
4.2 パルス幅と共振器長の関係 (10QW) . . . . .	12
4.3 3QW と 10QW の比較 . . . . .	12
<b>第 5 章 まとめと展望</b>	<b>13</b>
5.1 本研究のまとめ . . . . .	13
5.2 今後の展望 . . . . .	13

# 図 目 次

2.1	エピ構造 . . . . .	6
2.2	ブロードコンタクレザー . . . . .	7
2.3	リッジ導波路型レーザー . . . . .	8
2.4	測定デバイス外観 . . . . .	8
2.5	IL 実験系 . . . . .	8
2.6	GS 実験系 . . . . .	9
3.1	IL の結果 . . . . .	10
3.2	外部量子効率 対共振器長の逆数 . . . . .	11

# 表 目 次

# 第1章 序論

## 1.1 研究背景

半導体レーザーは産業的に普及しており

### 1.1.1 利得スイッチング

### 1.1.2 InGaAs 高利得材料??

@歪み補償

## 1.2 本研究の目的

## 第2章 試料構造と測定方法

### 2.1 はじめに

本研究では InGaAs/GaAs 多重量子井戸・ファブリーペロー型の半導体レーザーをデザインした。本章では 2.2 節でそのエピ構造とデバイス化のためのプロセスについて、2.3 節で測定手法について述べる。

### 2.2 試料作製

本研究では活性層に InGaAs/GaAs 多重量子井戸を持つウエハをデザインした。本 2.2 節ではデザインと測定するためのデバイス化について述べる。ウエハの結晶成長は NTT-AT および台湾の会社？に依頼した。結晶成長また後述のリッジ加工プロセスやコンタクトメタル蒸着は NTT-AT に依頼した。

#### 2.2.1 試料構造

まずはエピウエハ構造について述べる。量子井戸の周期は 3 周期と 10 周期の 2 種類である。それぞれのエピ構造を図 2.1 に示す。n タイプ GaAs 基板の上にバッファ層が丸々 nm, その後 n-AlGaS がどうたらこうたら SCH 層がどうたらこうたら。バンドギャップの図があると良い屈折率とかも

#### 2.2.2 ブロードコンタクトレーザー

結晶成長の後 n 側と p 側にコンタクトメタルの蒸着を行った。p 側の原子はなにに、n 側はなににである。劈開面は 001?とかなんとかブロードコンタクトレーザーとは光導波路を形成せずバー (棒) のままのレーザーである。プロセスを簡略化することで早く測定を行うことを目的とした。ウエハの評価測定のために用いた。図 2.2 に模式図を示す。図 2.2 の上から下に向かって電流が流れ、活性層でキャリアの再結合が起き発光が起こる。また図の手前と奥の劈開面でファブリーペロー共振器を形成しており、反転分布となっているときに光がそこを往復することで誘導放出が起き発振し、紙面の手前と奥方向に (軸を用意した方がいいか?) この文章だと絵をバーっぼくした方がいいか?共振器長は 300,500,1000,2000um の 4 種類を作製した。また電極パッド幅は 5,... の... 種類を作製した。

#### 2.2.3 リッジ導波路型レーザー

次にリッジ導波路型レーザーについて述べる。その模式図を図 2.3 に示す。エピウエハ作製後 p 側クラッド層を活性層直上までエッチングすることで光導波路を形成している。横方向の光閉じ込めが大きくなるため、キャリアと光の重なりが大きくなるため利得を大きく？することができる。参考文献欲しい。最終的に利得スイッチング動作を試みるデバイスである。共振器長は 100,200,300,400,500,1000um, リッジ幅は 1.5um,2.5um のものを作製した。

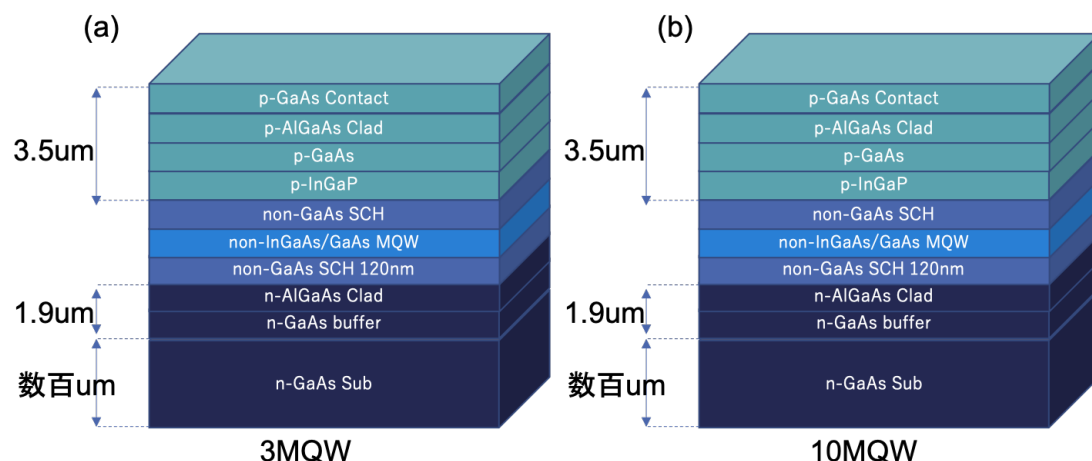


図 2.1: エピウエハ構造

## 2.2.4 マウント (ダイボンディング??)

作製したブロードコンタクトレーザバーおよびリッジ導波路型レーザを電流注入実験を行うためにマウントを行なった。それぞれ図に示す。

レーザバーは AlN 基板に AnSn メッキを施してあるサブマウント (.... 社製) にダイボンディングした。ブロードコンタクトレーザはダイボンディングしてなかったっけ? そういえばこの状態で試料上面の電極をプローバー (先端の径... 程度の金属の針) でさわり、電流を流した。一本のバーに 5 個程度の素子があるので測定が終わったら次々とプローバーの触る箇所をかえていけば速やかに測定を続けることができる。

一方リッジ導波路型レーザの一部は利得スイッチング動作実験を行うために高速応答が期待できるようにマウントした。Transistor Outline パッケージと呼ばれる缶状の金属にマウントを行なった。.... 社製の CAN を用いた。その際レーザバーをさらに分割し 1 つ 1 つの素子に分離した。分離した素子を AnSn 共晶材あるいはエポキシを用いて CAN にダイボンディングし、金線をワイヤーボンディングマシンで配線した。

## 2.3 測定方法

本研究ではエピウエハの品質評価のための測定と利得スイッチング動作を起こしデバイスの高速特性を評価するための測定を行なった。

### 2.3.1 定常電流注入による測定実験

まずエピウエハの品質を調べるために定常電流を注入する実験を行なった。発振閾値電流や発振閾値電流密度などの基本的な物性パラメータを見積もることができる。実験系を図??に示す。パルスジェネレータから数 us パルスを数 ms 周期で発生させ、試料に注入する。ここでマイクロ秒程度のパルスは試料の中での発光過程やその他の物理現象の時間オーダーに対して十分長く、定常電流とみなすことができる。DC 電流では熱の影響が大きくなってしまい試料が壊れてしまう恐れがあるため。Duty 比 (パルス幅と繰り返し周期の比) を 1:1000 程度に設定して実験を行なった。試料からの発光強度を光パワーメータで測定した。また、回路に試料と並列に抵抗 (22.4 オーム) を入れ、そこにかかる電圧をモニタすることで流れる電流量および、試料にかかる電圧を測定した。試料にかかる電圧は回路全体にかかる電圧と抵抗にかかる電圧の差を取ることで算出した。



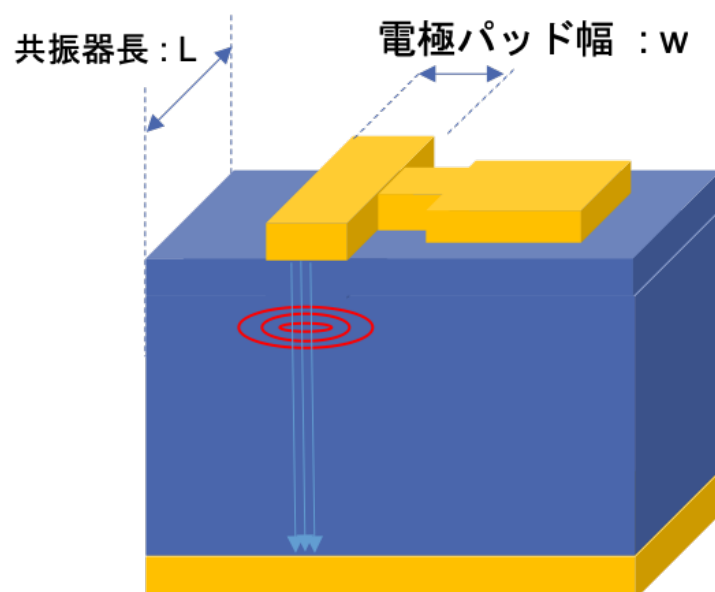


図 2.2: ブロードコンタクレザー

### 2.3.2 電流注入利得スイッチング実験

ナノ秒程度の短いパルス電圧を印可し、測定を行う実験系の模式図を図 2.6 に示す。パルスジェネレータから同軸ケーブルを介して試料へ電気パルスが印加される。試料からの発光は対物レンズでコリメートされ、非球面レンズで光ファイバーに集光される。その後フォトダイオードで検出しその電圧を高速オシロスコープでモニタした。

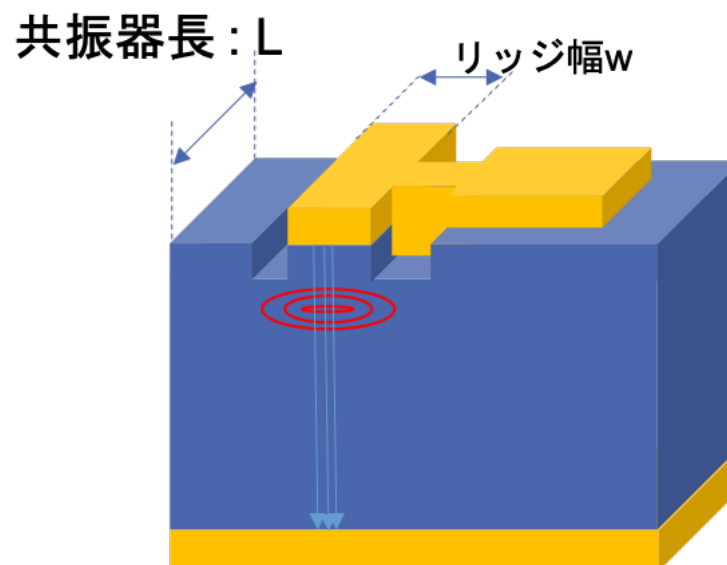


図 2.3: リッジ導波路型レーザー

サブマウントに乗ってる絵      TO-CANに乗ってる絵

図 2.4: 測定デバイス外観

IL実験系

図 2.5: IL 実験系

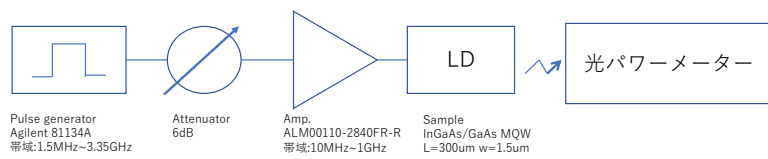


図 2.6: GS 実験系

## 第3章 実験結果

### 3.1 IL,IV

#### 3.1.1 結果

## IL結果

図 3.1: IL の結果

#### 3.1.2 内部量子効率と吸収係数の計算

#### 3.1.3 電流広がりに関する考察

### 3.2 電流注入利得スイッチング

#### 3.2.1 3QW

#### 3.2.2 10QW

10 周期量子井戸リッジ導波路型レーザーに関して電流注入利得スイッチング実験を行った。その結果を示す。

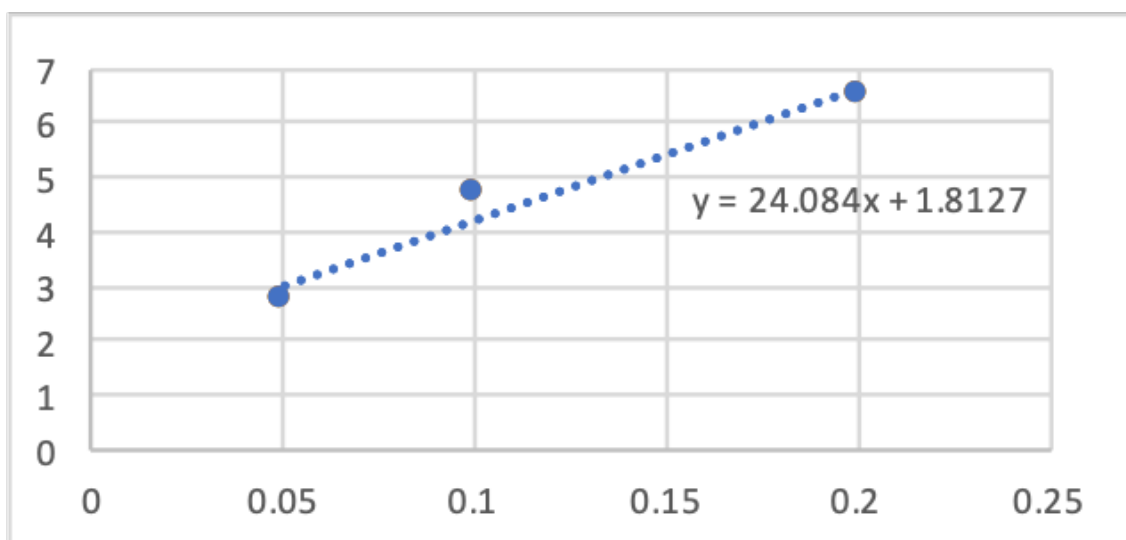


図 3.2: 外部量子効率 対共振器長の逆数

## 第4章 考察

### 4.1 はじめに

### 4.2 パルス幅と共振器長の関係 (10QW)

### 4.3 3QW と 10QW の比較

閾値の何倍で飽和しているため利得スイッチングの速さの限界が異なる？

実験での電圧から単位体積あたりの励起強度つまり励起キャリア密度を見積もった？

## 第5章 まとめと展望

### 5.1 本研究のまとめ

### 5.2 今後の展望

あいう<sub>r</sub>を

## 関連図書

[1] reference

[2] reference

[3] reference