

|              |  |
|--------------|--|
| Title        | 液相エピタキシャル法による量子井戸層の成長および評価と半導体レーザへの応用に関する研究  |
| Author(s)    | 佐々井, 洋一  |
| Citation     | 大阪大学, 1987, 博士論文   |
| Version Type |  |
| URL          | <a href="https://hdl.handle.net/11094/35847">https://hdl.handle.net/11094/35847</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">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a>〉</a> をご参照ください。 |

***Osaka University Knowledge Archive : OUKA***

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

Osaka University

【50】

|         |  |
|---------|--|
| 氏名・(本籍) | さ さい よう いち<br>佐々井 洋 一                                    |
| 学位の種類   | 工 学 博 士  |
| 学位記番号   | 第 7919 号   |
| 学位授与の日付 | 昭和62年11月30日  |
| 学位授与の要件 | 学位規則第5条第2項該当   |
| 学位論文題目  | 液相エピタキシャル法による量子井戸層の成長および評価と半導体<br>レーザへの応用に関する研究          |
| 論文審査委員  | (主査)<br>教 授 浜川 圭弘<br>(副査)<br>教 授 難波 進 教 授 末田 正 助教授 西野 種夫 |

## 論 文 内 容 の 要 旨

本論文はInGaAsP/InP系化合物半導体の量子井戸構造の液相エピタキシャル成長（以下LPEと略す）及び評価と半導体レーザへの応用に関する一連の研究成果をまとめたもので、本文6章と謝辞とから成っている。

第1章は本論文の序論として、InGaAsP/InP系結晶成長技術及び光デバイスの現状とこの分野の動向について概説し、特に最近注目を集めている量子井戸構造デバイスの特徴と技術的課題を取り上げ、本論文の意義と目的を明らかにしている。

第2章では、量子井戸構造のLPE成長に関する歴史的背景を要約した後、著者が開発したLPE成長技術について述べる。次に本研究で用いた実験装置、実験方法について触れた後、LPE成長における組成、膜厚制御について述べ、LPE超薄膜成長のメカニズムについて明らかにしている。

第3章では、LPE法で作製した単一量子井戸層の基礎物性、とりわけ量子サイズ効果に関する評価について述べる。従来、LPE法による超薄膜成長において、膜厚・組成制御、特に液晶の成長は極めて困難であった。しかし、本研究で開発した成長方法では、それらの問題点を解決し、フォトルミネセンス法により、量子井戸層の厚みに対する験的に明らかにしているInGaAsP/InP量子井戸層の量子準位が形成されているのを実験的に明らかにしている。更に、上記の相関からヘテロ界面の急峻性をヘテロ界面に存在する遷移領域を考慮に入れた理論計算結果と比較し評価を行っている。その結果、従来より報告されているSIMS、Auger等の遷移領域幅の分析結果より3ないし4分の1小さいことをが明らかとなっている。また、同時に量子井戸層の結晶性評価に対する結果も述べている。

第4章では、LPE成長による多重量子井戸層の作製と評価について論じている。中でも多重層の組

成・膜厚の周期性ならびに均一性について検討している。とくに、低温フォトルミネッセンス測定により、各量子井戸層の禁止帯幅は均一であり、また、電子一重正孔、電子一軽正孔遷移を観測しており、電子準位が形成されていることが判明した。一方、X線回析測定より衛星反射を観測しており、組成・膜厚が均一で良好な周期性を持つ多重量子井戸型のエピタキシャル層が形成されていることを明らかにしている。また、InGaAsP/InP系超薄膜層における歪超格子の効果を見出し考察している。

第5章では、LPE法で作製した1.3 $\mu$ m帯InGaAsP/InP多重量子井戸型半導体レーザの作製と評価について述べる。この半導体レーザは室温連続発振しており、InGaAsP/InP系量子井戸型レーザとしては世界最小しきい値電流を有している。一方、半導体レーザの評価として、電流・光出力の静特性から光損失、高出力特性等の基礎特性だけでなく、量子サイズ効果に起因したTE、TM波の異方性利得、しきい値電流の温度特性、ならびに周波数チャージング法についても評価し、LPE成長で作製した量子井戸型半導体レーザにおいても量子サイズ効果を有することを明らかにし、LPE成長技術の有用性を述べている。

第6章では、第2章から第5章までの研究成果を総括し、本研究で得られた主要な結論についてまとめている。

以上、本研究により、LPE成長による超薄膜成長を確立し、また量子井戸型半導体レーザの作製に適用してその有用性を確認し、今後の新しいエピタキシャル成長技術を提供した。

## 論文の審査結果の要旨

化合物半導体ヘテロ接合InGaAsP/InPは、光ファイバ通信用レーザをはじめ各種オプトエレクトロニクス素子に利用されている。本研究は、InGaAsP/InP量子井戸構造の液相エピタキシャル(LPE)成長および成長層の評価を行うとともに、高性能半導体レーザへの応用に関する研究成果をまとめたものである。

InGaAsP/InP量子井戸構造は、通常、分子線エピタキシー法(MBE)や有機金属気相成長法(MOVPE)などにより作製されているが、そのヘテロ接合界面特性は必ずしも十分なものではなく、レーザを作製した時の諸特性も良くなかった。本研究は、新しく開発したスライドポート法を用いたLPE結晶成長法によって、従来得られなかった程度の精密な界面構造を持つ量子井戸接合の製作に成功し、その持つ界面特性について詳細な測定を行うとともに、超薄膜多重量子井戸構造の物性学の進歩に大きな寄与をした。次いで、この技術を用いて、InGaAsP/InP多重量子井戸型レーザを作製し、諸特性の測定および解析を行った結果、この多重量子井戸型レーザは、室温低しきい値電流で発振することを明らかにした。このしきい値電流はこれまで報告されている値の中でも最も低いものであり、またしきい値電流温度特性も大変優れたもので、特性温度についても他の成長法で作製したレーザよりも高性能であることを実証した。これらの一連の研究成果は、LPE成長法の持つ優れた特徴をInGaAsP/InP多重量子井戸型レーザに巧みに応用した結果得られたもので、この技術分野の進歩に一段と大きな貢献

をした。

以上のように、本論文は、LPEスライドボート成長法を新しく開発するとともに、InGaAsP/InP多重量子井戸型レーザに応用し、この分野に新しい知見を与えたものであり、工学博士の学位論文として価値あるものと認める。