

Title	高機能半導体レーザへの多層薄膜構造の応用に関する研究
Author(s)	野村, 良徳
Citation	大阪大学, 1992, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/38345">https://hdl.handle.net/11094/38345</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

氏 名	野 村 良 徳
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 1 0 3 7 3 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 4 年 7 月 30 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	高機能半導体レーザへの多層薄膜構造の応用に関する研究
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 権 田 俊 一 教 授 中 井 貞 雄 教 授 西 川 雅 弘 教 授 三 間 罔 興 教 授 青 木 亮 三 教 授 三 宅 正 宣 教 授 井 澤 靖 和 教 授 西 原 功 修

### 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、分子線エピタキシ法によって高品質の多層薄膜構造を作製する技術を確立し、その多層薄膜構造の特長的な性質を応用して半導体レーザの高機能化、即ち分布帰還型面発光レーザの実現と半導体レーザの高速化を図った研究の成果をまとめたものである。

本論文は、6章より成っている。

第1章は、序論である。半導体レーザの機能向上を求める社会的要請が強いことを述べ、半導体レーザの機能向上をはかる研究の重要性を示した。次いで、本研究の対象である分子線エピタキシ、半導体多層薄膜構造の性質および半導体レーザの各々について研究状況を概観し、その問題点について述べ、本研究の目的と意義を示した。

第2章では、量子井戸の光学的利得係数の表式を示すとともにキャリアが電位障壁をトンネルする過程で流れる電流の表式を導き、以降の章における素子設計と実験結果の考察のための基礎的議論を行なった。

第3章では、半導体多層薄膜構造を作製するための分子線エピタキシ技術の問題を取り上げた。高品質の  $Al_xGa_{1-x}As$  を得るための成長条件を探索した結果について述べた。ついで、量子井戸構造を作製し、光学的特性によって評価した結果について述べた。

第4章では、高い利得が得られる量子井戸構造を、これまで発振が困難であった、基板に垂直方向の共振器を有する分布帰還型面発光レーザに組み込み、光励起によって発振させることができることを示した。

第5章では、半導体レーザの活性層を非対称な2重量子井戸構造とすることによってキャリアがトンネル過程を介して再結合発光するメカニズムを作り出し、その結果、極めて高速の光パルスが得られることを示した。

最後に、第6章では本研究で得た結論を述べた。即ち、本研究は、先ず、新たな高機能半導体レーザである分布帰還型面発光レーザと高速半導体レーザを提案し、その機能を実証することによって実用化の基礎を築いた。さらに、本研究は、半導体レーザの活性層内部の電場とキャリアのトンネル過程がレーザの特性に与える影響の重要性を指摘することによって半導体多層薄膜構造を含む半導体レーザの新たな設計指針を提示した。

## 論文審査の結果の要旨

オプトエレクトロニクスにおける主要な素子である半導体レーザは、現在種々の分野で用いられているが、さらに高度な情報処理などに利用しようとする場合には、より高機能な素子の開発が必要とされている。この論文は、面発光と高速化という機能とその作製技術に重点をおいた研究をまとめたものであり、主な成果は次の通りである。

- 1) 量子井戸構造の光学的利得係数の表式を導き、これを用いて量子井戸の特徴を明らかにしている。次に、電位障壁を含む活性層（非対称2重量子井戸構造）の中でのトンネル効果によるキャリアの分布過程を理論的に調べ、障壁の両側でキャリアの波動関数が閉じ込められる構造では、トンネル電流は二つの量子状態が結合する場合に非常に大きくなり、レーザ発振が可能になることを明らかにしている。
- 2) AlGaAsを含む多層薄膜構造を分子線エピタキシ法によって作製する際の成長条件を調べ、表面からのAsの蒸発により表面が荒れない範囲で成長温度を高くし、V族とIII族の分子線強度比を小さくすることによって、浅いアクセプタ準位を形成する不純物の濃度が低い、高品質の結晶が得られることを明らかにしている。
- 3) 量子井戸構造を含む分布帰還型の面発光半導体レーザを提案し、分布帰還型共振器構造を特性マトリックス法を用いて設計し、分子線エピタキシ法を用いてレーザ構造を作製し、光励起によりこの型で初めて室温でのレーザ発振を得ることに成功している。
- 4) 非対称な2重量子井戸構造を活性層とし、狭い量子井戸をp側に、広い量子井戸をn側とすると、電流を注入する過程で活性層内部の電場が一定の値に達したとき、狭い量子井戸の正孔の占有する準位が、高次の準位と結合し、そのときに高次準位にトンネルしていた電子との間の遷移確率が急激に増加し、高速の光パルスが得られるという新しい動作原理を着想している。そしてこの動作原理に基づく半導体レーザを提案し、これを作製して10 psの短い光パルスが得られることを実証している。

以上の結果は、多層薄膜構造によって得られる量子井戸構造を、半導体レーザに適用することによって、面発光と高速化という高機能化がはかれることを実証したもので、光素子工学、電子材料工学に寄与するところが大きい。よって、本論文は、博士論文として価値あるものと認める。