

## 論文審査の結果の要旨

氏名 稲田 智志

本研究は、材料やデバイスに比べ基礎物理的研究が少ない  $1.5\ \mu\text{m}$  帯レーザーの現状を打破すべく  $1.5\ \mu\text{m}$  光通信波長帯における顕微分光法を開発し、それを用いて InGaAsP 系半導体レーザーの利得吸収スペクトルを広波長範囲かつ広注入電流において計測し、そこから光学利得および内部損失を精密に評価し、そのデバイス物性物理を明らかにすることを目的としている。

第 1 章では、本論文全体の序論として研究背景や目的、論文の構成について述べられている。

第 2 章では、半導体レーザー研究に用いられる概念・用語の定義と、本研究において重要となるそれらの導出方法について述べられている。特に内部損失、内部量子効率の従来の評価方法では、これら 2 つのパラメータの注入キャリア密度依存性を無視する仮定が問題である事を指摘している。

第 3 章では本研究で用いた 4 種類の InGaAsP 系半導体レーザー試料に付いて述べられている。

第 4 章では、利得吸収スペクトル測定系の開発について説明し、実際にその測定系を用いて精度の高いスペクトルデータを導出する過程について記述されている。

第 5 章では、今回開発した測定系を用いて得られた InGaAsP 系量子井戸レーザーの利得吸収スペクトルから、内部損失や内部量子効率をキャリア密度に対して独立に評価し、従来の内部損失評価方法との比較を行った結果がまとめられている。

第 6 章では低閾値 InGaAsP 系 2 重量子井戸レーザーの利得吸収スペクトルの低温から室温までの温度依存性を評価し、自由キャリア(FE)近似モデルおよび静的プラズマ遮蔽効果を考慮したハートリーフォック(SHF)近似モデルとの比較を行うことで、クーロン相互作用の光学利得への影響について考察結果である。

第 7 章では、InGaAsP 系 BCB 埋め込み型量子細線レーザーの室温および 5K における利得吸収スペクトル評価を行い、第 6 章で評価した量子井戸レーザーのものと比較した結果が記述されている。

第 8 章では、本研究で得られた上記の知見をまとめ、今後の課題と本研究の意義が述べられている。

本研究により、はじめて明らかにされた実験事実は、半導体注入型レーザーにおいて、内部損失、および内部量子効率が、注入キャリア密度に依存することを見出した事である。従来の光学利得の測定には主として、媒質の共振器長を数点変化させた試料を用意し、その利得の共振器長依存性の傾きより利得係数を求める方式がとられている。この

方式では仮定として、内部損失および内部量子効率が注入キャリア密度に依存しないという条件での利得係数しか得られず、又、多数の試料を用いることにより試料ごとの不均一性が得られたデータに不確実性を与えている。

本研究ではオプティカルマルチチャンネルアナライザー(OMA)を、独自工夫を加え、実験の最適化を行い、OMAにより短時間に精密なデータ取得と解析ができる実験方法を開発している。

その結果、吸収のある領域、閾値近傍の透明領域、利得の生じる領域からピーク利得への移り変わりとピークシフトを広波長、および広注入電流領域で測定することに成功した。

均一幅に関してはフリーキャリアモデルとハートリーフォックモデルの理論(SHF)と静電遮蔽効果を含む実験結果の比較を行った。その結果、均一幅をローレンツ関数でなく理論的にセコンドハイパボリック関数で近似することにより、自由電子モデルよりもクーロン相互作用を考慮した SHF モデルがより適切に実験値を再現できる事を結論している。

一方、未だ未解決の問題が多い低次元化にレーザー特性の変化に関して興味深い結果も得ている。

本研究は、低次元物性と半導体レーザーが組み合わさった基礎物性実験がかなり困難な系において独自の計測法を考案し、又、詳細精密な解析に耐える実験データを取得し、理論との比較も行うなど、この分野における進展に貢献できたものと考えられる。

なお、本論分第4、5章は木下、吉田、岡野、井原、秋山との共同研究であるが、論文提出者が主体となって分析および検証を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、論文提出者はレーザー物理学について十分な学識を持ち、又、同分野に新しい知見を与えたと認められ、博士(理学)の学位を受けるにふさわしいものと審査委員全員一致により認められた。