

Title	グレーティング素子と量子井戸レーザを用いたモノリシック光集積デバイスに関する研究
Author(s)	上向井, 正裕
Citation	大阪大学, 1999, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.11501/3155408
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

氏 名	上 向 井 正 裕 うえむかい まさひろ
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 1 4 6 5 5 号
学 位 授 与 年 月 日	平成11年3月25日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科電子工学専攻
学 位 論 文 名	グレーティング素子と量子井戸レーザを用いたモノリシック光集積デバイスに関する研究
論 文 審 査 委 員	(主査) 教授 西原 浩 (副査) 教授 濱口 智尋 教授 吉野 勝美 教授 尾浦憲治郎 教授 森田 清三 教授 福西 宏有 助教授 栖原 敏明

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、半導体光導波路上に発光素子と受動素子を全集積化した種々のモノリシック光集積デバイスを実現することを目的として行われた、グレーティング素子と量子井戸レーザを用いたモノリシック光集積デバイスに関する研究をまとめたもので、4章で構成されている。

第1章は緒論で、グレーティング素子がモノリシック光集積デバイスの受動要素として有用であることを述べ、グレーティング素子と量子井戸レーザのモノリシック集積化における問題点およびモノリシック光集積デバイス研究の現状を概観している。さらにこの研究において周期変化を有する曲線状グレーティング素子の設計理論およびデバイス作製技術など各種要素技術の確立が重要であることを指摘し、本研究の目的と課題を明らかにしている。

第2章では、グレーティング素子を量子井戸レーザ、フォトダイオードとともに集積したモノリシック光集積位置／変位センサと光集積ディスクピックアップについて検討している。デバイス構成および動作原理を述べ、分布屈折率分離閉じ込め導波路における集光グレーティング結合器やグレーティングビームスプリッタなどのグレーティング素子の設計を行っている。さらに微細周期グレーティング素子作製技術や量子井戸無秩序化による低損失受動導波路形成技術などを用いた光集積デバイス作製について述べ、センサ特性評価の実験結果を述べている。光集積位置／変位センサでは、1チップで完全に機能するモノリシック光集積センサの実現に初めて成功し、サブミクロン分解能のセンサ特性が得られている。

第3章では、レーザ発振器と増幅器およびグレーティング結合器をモノリシック集積化した高出力半導体レーザについて検討している。モノリシック集積化に適した半導体レーザ発振器として、曲線表面グレーティングを用いた分布ブラック反射型レーザを提案している。この構造は1度のエピタキシャル成長で作製できる特徴がある。また、理論シミュレーションによるパワー増幅器の設計、および出力光を平行ビームに整形するとともに増幅器内で生じる波面歪を補正する機能を付加したグレーティング結合器の設計を行っている。作製技術の確立と、光集積デバイスの作製について述べ、特性評価の実験結果について述べている。実際にデバイスから平行ビームで高パワーの出力を得るとともに、グレーティング結合器の補正機能により、高い増幅器注入電流領域でも波面歪による出力ビーム平行度の劣化を低減できることを確認している。

第4章では、本研究で得られた成果を総括し、今後の課題を明らかにしている。

論文審査の結果の要旨

半導体レーザー発振器や光増幅器と種々の受動光学素子を同一のⅢ-V族半導体基板上に集積化すれば、一つのチップで複雑な機能を果たす多くの光集積デバイスを実現できると期待されている。しかしそのような複数種の素子のモノリシック集積化には、構成材料選択の制限、半導体の非電流注入領域での光吸収、高屈折率半導体中光波長短縮による構造微細化などの困難要因のため、デバイス構成法の工夫、集積化を前提とした素子設計、作製プロセス全体の最適化などの課題があり、高度な技術が要求される。このためこの種のデバイスの実現例は、光通信用の少数のデバイスを除いて、これまでほとんど報告がなかった。本論文の研究はこの分野の開拓のため、新規なデバイス構成を提案し基礎的な課題を解決することを目的としたものであり、理論的実験的検討を行って以下のような成果を得ている。

- (1) 半導体量子井戸レーザーと共通の断面構造をもつ光導波路における波面変換機能を有するグレーティング素子の高効率設計の手法を確立し、設計データを得ている。
- (2) モノリシック光集積センサデバイスの具体例として、グレーティング素子の波面変換機能を活用した干渉計型位置・変位センサおよび光集積ディスクピックアップヘッドの半導体導波路による構成を提案し、設計例を示している。
- (3) 上記デバイス作製のための要素技術として、電子ビーム描画法と反応性イオンエッチングによるグレーティング素子形成の技術を確立している。また半導体レーザーとグレーティング素子を一貫作製できるプロセス手順を見出している。
- (4) モノリシック光集積干渉計型位置・変位センサを実際に作製して性能評価の実験を行い、サブミクロン分解能のセンサ動作を達成し、実現可能性を実証している。これは全集積化センサデバイスの最初の成功例として評価できる。
- (5) モノリシック光集積ディスクピックアップのプロトタイプデバイスを試作して、実験により基本的動作を確認している。また実働的なデバイスにするための課題を明らかにしている。
- (6) 半導体レーザー発振器と光パワー増幅器および波面変換機能付グレーティング出力結合器を集積化した高出力半導体レーザーの構成を提案している。発振器は本研究で考案された曲線状表面グレーティングを用いたDBRレーザーであり、集積化レーザー全体を1回の結晶成長で作製できる特徴がある。
- (7) 光パワー増幅器の理論シミュレーション手法を確立し、最適設計を行うとともに、出力パワーや出力波面などの理論特性を明らかにしている。また増幅器内で生じる収差をグレーティング結合器で補正できることを明らかにしている。
- (8) 集積化高出力半導体レーザーを実際に作製して特性評価の実験を行い、連続動作で高パワーの平行ビーム出力が得られることを実証している。またグレーティング結合器の収差補正機能を実験的に確認している。

以上のように、本論文の研究は、グレーティング素子と量子井戸レーザーを用いたいくつかの具体的な光集積デバイス構成を提案し、その設計法と作製のための要素技術を確立し、集積デバイスの実現可能性を実証したものである。モノリシック光集積デバイスに関して多くの有用な知見を得ており、集積光電子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のあるものと認める。