

# 論文審査の結果の要旨

氏名 田中信介

近年の情報処理技術の急速な発展に伴い、これを支える光ファイバ通信技術の重要性が高まっている。半導体光増幅器 (SOA) は直接遷移型半導体上に形成された光増幅器で、小型で駆動が容易といった利点を有する。しかし、SOA には偏波間利得差 (PDG) や高出力動作時の波形劣化といった課題があり、これまで光ネットワークへの適用は限られた領域でしか進んでいない。本論文では、この状況を打破し広く SOA の実用化を進めることを目的として行われた研究、具体的には、現状の SOA の課題を解決するために必要な GaInAs 系デバイスの設計指針の確立、それに基づいて作製されたデバイスの性能改善の実証、および、実用化を念頭に置いた SOA の制御技術や応用技術の実証、が述べられている。

本論文は 8 章からなる。

第 1 章では、研究の背景と目的、論文の構成が述べられている。

第 2 章では、GaInAs 系歪バリア多重量子井戸 (MQW) 構造活性層を用いた SOA の高出力・偏波無依存化が議論されている。広い波長帯域における偏波無依存化を目的として、歪バリア MQW 構造活性層に着目し、利得シミュレータを用いてそのバンド構造と利得発生メカニズムを解析した。その結果、本 MQW 構造では、伝導帯に生成されるミニバンドギャップが利得スペクトル形状の変調を引き起こしており、それを考慮すれば PDG スペクトルの形状制御が可能である事が示された。この知見に基づき、井戸層に伸長歪を印加した新しい MQW 構造により、広い波長領域に渡る偏波無依存化が可能である事が計算・実験の両面から実証された。また、本 MQW 構造は、バルク構造より低い微分利得を持ち、高出力化にも有利である事が示されている。試作した MQW-SOA 素子では、100 nm 以上の波長帯域に渡って 1 dB 以下の PDG と偏波無依存型 SOA として世界最高である +20 dBm 以上の飽和光出力が達成されたことが述べられた。

第 3 章では、SOA の動作効率改善に向けた内部損失 ( $\alpha_i$ ) 評価と動作効率モデルが議論されている。内部損失評価では、SOA の利得と雑音指数から  $\alpha_i$  を評価する新手法が提案され、電流・偏波依存性を含めた詳細な評価が実施されている。SOA の  $\alpha_i$  は  $20\sim 50\text{ cm}^{-1}$  と大きな値を持ち、明確な電流依存性を持つ事が明らかになり、その解析から活性層内の価電子帯間吸収をメカニズムとするキャリア誘導吸収の強い影響が示された。さらに、 $\alpha_i$  と利得を正確に取り込んだ動作モデルが構築され、出力や動作効率の計算結果が実測結果と精度良く一致する事が確認された。また、高効率化に向けて n ガイド層や多電極構造の導入効果が検証され、両者の適用によって動作効率は 15.7 % まで増大する事が示された。

第 4 章では、SOA モジュールの小型・低消費電力化に向けた SOA 素子の高温動作化が議論された。伝導帯のバンドオフセットが大きく、状態数を狭いエネルギー領域に集

中可能な AlGaInAs 材料系を用いた偏波無依存型 SOA において、高温動作が検討された。利得シミュレータによる計算では、急峻でピーク強度の高い利得スペクトルが確認され、利得ピークの長波長側に温度安定な波長帯域が存在する事が予見された。AlGaInAs MQW-SOA と無温調モジュールを試作した結果では、世界初の偏波無依存型 SOA のアンクルド動作 (15 – 85 °C) が実証されている。本モジュールでは、ペルチェクーラの排除により、従来比約 20 % の小型化と約 75 % の低消費電力化が実現されている。

第 5 章から第 7 章では、SOA のアプリケーション確立に向けた制御技術や応用技術が、議論されている。第 5 章では、微小ヒータ集積による高光出力・利得制御の優位性が実証された。第 6 章では、9 つの SOA と 8:1 光カプラを単一基板上にモノリシック集積した 8:1 集積型 SOA ゲートスイッチアレイにおける高消光比動作が実証された。第 7 章では、GaInNAs/GaInAs MQW-SOA による利得スペクトルの長波長化技術が示されている。

第 8 章では、まとめとして、本論文の研究成果の総括と今後の展望が述べられている。

なお、第 2 章については、森戸健氏 (富士通研究所) との共同研究、第 3 章については、森戸健氏、江川満氏、植竹理人氏 (富士通研究所) との共同研究、第 6 章については、森戸健氏、鄭錫煥氏、江川満氏、苜米地修一氏 (富士通研究所) との共同研究、第 7 章については、森戸健氏、山崎進氏 (富士通研究所) との共同研究であるが、いずれも論文提出者が主体となって研究を遂行したもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

以上から、本論文は、半導体光増幅器の高性能化と光ネットワークでの適用領域拡大に大きく貢献するものである。したがって、博士 (科学) の学位を授与できると認める。

以上 1965 字