

本論文は, "All-Optical Wavelength Converter and Monolithically Integrated Switch Based on Electro-absorption Nonlinearity (電界吸収非線型効果を用いた波長変換器およびモノリシック集積型全光スイッチ)"と題し, InP 基板上の InGaAlAs 系量子井戸における電界吸収効果に伴って生じる屈折率変化を活用した新しい波長変換器および全光スイッチの設計, 試作, 特性測定評価を行った結果について英文で纏めたもので, 7章より構成されている.

第1章は序論であって, 研究の背景, 動機, 目的と, 論文の構成が述べられている.

第2章は"InGaAlAs/InGaAlAs MQW growth by MOVPE"と題し, 本研究の基盤となる InP 基板上の Al 系量子井戸の有機金属気相エピタキシャル成長(MOVPE)と集積化技術について述べている. InP 基板上の Al 系量子井戸は, 分子線エピタキシー(MBE)での成長は比較的容易であるが, 量産技術として優れる MOVPE においては, 成長が高温常圧下で行われることに主に起因して逆に難しかった. 本研究ではまず, InGaAlAs 混晶の MOVPE 成長条件を最適化するとともに, 0.1%の圧縮歪みを持つ厚い分離閉じ込めヘテロ(SCH)層の導入で, 亜鉛ドーパントのコア層への拡散を防いでいる. 次に, Al 系の層を含む構造のバットジョイント再成長という困難な課題に取り組み, 再成長前の洗浄技術, ウェットエッチングと誘導結合プラズマ(ICP)ドライエッチングを組み合わせた埋め込みメサのハイブリッドエッチング技術, 2段階再成長技術などの新技術を開発して, 最終的に電界吸収導波路部と受動導波路部の良好な接続と平坦な表面を得ることに成功した. 接続部の結合損失は 0.21dB/facet と低く抑えられていることが確認されている.

第3章は"Characterization of electroabsorption modulator based on InGaAlAs/InGaAlAs multi-quantum wells"と題し, 本研究で光非線型媒質として用いる InGaAlAs 多重量子井戸電界吸収型光変調器(EAM)自体の特性シミュレーション, 試作プロセス, 光非線型特性の測定評価結果について述べている. まず電界吸収効果のシミュレーションを述べた後, 2章の技術で成長された InGaAlAs 多重量子井戸を用いて EAM を試作する方法について論じている. 次に, 試作された EAM 単体としての電界吸収変調特性の評価と, 以下の章で中心となる相互吸収変調(XAM)特性, 相互位相変調(XPM)特性を詳細に測定評価した結果について述べている. 本研究で試作した EAM において, 9dBm の制御光パワーの時,  $2\pi$  の位相変化が得られている. 結合損失が 7dB 程度あることを勘案すると, 十分大きな XPM が得られていると言える.

第4章は"Novel wavelength converter by using polarization rotation of electro-absorption modulator"と題し, 非線型偏光回転に基づく波長変換器の試作と静特性, 動特性の測定結果について述べている. 非線型偏光回転の動作原理を述べた後, 同方式に基づく波長変換器を構成, 試作したことについて論じている. 波長 1550 から 1555nm への上方向変換, 1560nm から 1555nm への下方向変換の双方において, 30dB 以上という大きな消光比静特性が得られている. この過程で入力から出力への消光比が拡大しており, このことは本波長変換器が波形整形・SN 比向上に利用できることを示している. 次に 10Gbps 信号の波長変換が試験され, 良好なアイ開口の得られることが実証された. 40Gbps 波長変換に向けて, EAM の等価回路解析が行われた結果, RC 時定数が速度制限要因になることが明らかにされた. さらに高速化に向けては, ドーピングと電極構造の最適化を通じた直列抵抗成分の低減が必須であることが述べられている.

第5章は"Novel Mach-Zehnder all-optical switches based on electro-absorption modulator"と題し, 本研究で独自に提案する, EAM を光非線型媒質として二本のアームに集積化したマッハツェンダー干渉計型全光スイッチについて論じている. まず 2章で開発された 2段階再成長技術を利用して, リッジ導波路型およびハイメサ導波路型の集積全光スイッチを試作したことについて詳細に述べている. ハイメサ導波路型素子においては, 側面荒れと受動導波路へのドーピングに起因する大

きな導波損失のため、動特性の測定は不可能であったが、静特性の測定において初期的全光スイッチ動作が確認されている。リッジ導波路型素子においては、ハイメサ素子に比べ大幅に導波損失を低減することが可能になり、2.5Gbps の動的波長変換特性の観測に成功した。干渉計の多モード干渉結合器部分に残存する不平衡分岐比が全光スイッチ特性に悪影響を及ぼしており、その改善によってこのタイプの集積全光スイッチの特性を実用レベルに向上できることが考察されている。

第 6 章は結論であって、本研究で得られた成果を総括している。また、第 7 章は"More considerations"と題し、本研究で提案した電界吸収光非線型を向上させる二つの新しいアイデアについて述べている。

以上のように本論文は、InP 基板上の InGaAlAs 系量子井戸の MOVPE による高品質結晶成長と、Al を含む材料の埋め込み再成長集積化技術を研究開発し、それを応用して InGaAlAs 多重量子井戸電界吸収光非線型性に基づく新たなタイプの全光波長変換器および集積型全光スイッチを試作、実証したもので、電子工学分野に貢献するところが少なくない。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。