

審査の結果の要旨

論文提出者 イブラヒーム サラーハエルディン アハメド

本論文は, "A study on all-optical switching devices using active multimode interferometers (能動多モード干渉計を用いた全光スイッチング素子に関する研究)"と題し, 干渉計型の全光スイッチにおける相互位相変調光非線型領域に能動多モード干渉計(multimode inteferometer; MMI)を導入して高性能化する試みに関し, モデリング, シミュレーション, 設計, 素子試作, 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, 6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"Using active multimode interferometer for all-optical switching"と題し, 能動MMIを用いた全光スイッチングの基本が述べられている. 能動MMIでは, 屈折率の不均一性, キャリア拡散および自然放出光雑音の効果を考慮することが必要である. 能動MMIの二つの入力から注入された連続光の間に発生する相互位相変調を, 上記の効果を勘案して解析するシミュレータを開発している. シミュレーションの結果, 10~12 μm 幅の能動MMIにおいて, π の数倍におよぶ位相変化が, 3.2kA/cm²程度の比較的低い注入電流と低い制御光パワーで得られることが明らかになった.

第3章は"Modeling and simulation of pulse propagation in narrow active MMI"と題し, 全光スイッチで重要なパルス光間の相互位相変調を解析するための新たなモデリングとシミュレーション手法について論じている. パルス光伝搬時のキャリア分布とフォトン分布の時間変化を自己無撞着的に決定する方程式を導き, 有限差分法によりこれらを解くことを可能とした. この手法を用いて, 動的な相互位相変調とキャリア回復の解析を行っている.

第4章は"Device fabrication"と題し, 実際に個別の能動MMIと, それを相互位相変調領域に集積化した全光スイッチを, InP系化合物半導体光デバイスプロセスに基づいて試作したことについて述べている. 特に, 誘導結合プラズマエッチングによる導波路の形成において, 光伝搬損失を低減する技術を開発している. 能動MMIと光スイッチ用干渉計を集積化するオフセット量子井戸構造についても論じられている.

第5章は"Device static characterization"と題し, 4章で試作されたデバイスの特性評価結果が述べられている. まず, 個別の能動MMIにおいて, クロスポート間の相互利得変調が測定評価された. 次に, 能動MMIを集積化した全光スイッチ素子において, 全光スイッチ動作を実際に観測している. 入力制御光のパワーが7dBmの時, 10dBの全光スイッチング消光比が得られた. このことから, 全光スイッチングにおける能動MMIの有効性が実証された.

第6章は結論であって, 本研究で得られた成果を総括するとともに将来展望について述べている. 特に, テーパー構造の能動MMIの提案と, 共振構造による相互位相変調効率の改善の提案を行っている.

以上のように本論文は, 全光スイッチ素子の高度化のため, 能動MMIを相互位相変調領域に導入, 利用することを提唱し, その動特性を解析するシミュレータを新たに開発して, 非線型光混合器としての性能を定量的に明らかにした. さらに, 1.55 μm 帯で動作するInP系の個別能動MMIと, 同MMIを集積化した全光スイッチ素子を実際に作製し, 光非線型性と全光スイッチング動作を実証したもので, 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.