審査の結果の要旨

論文提出者 Sroymadee, Nutchai

本論文は，フォトニックネットワーク応用に向けた新たな半導体全光波長変換デバイスの提案および動作特性解析，試作，特性評価を行ったことについて英文で論じたものであり，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．光情報通信ネットワークの光電変換に伴うボトルネックを解消するために，全光波長変換器の研究が進められている．効率的な全光制御には電子を介した光非線型性を用いるので，高速なスイッチングには，必要な電子数変化を小さくする必要がある．そのような光非線型効果としては量子井戸における電界吸収(EA)が知られている．しかし，電界吸収効果は，制御光だけではなく信号光も吸収するために，大きな信号光入力パワーを必要とすることが問題であった．本論文では，方向性結合器(DC)を用いることでこの問題を解決する方法を提案した．方向性結合器の結合状態を電界吸収効果により制御することで，信号光入力パワーが低くても吸収されない，高速全光波長変換を実現することができると考えられる．

第2章は「Electro-absorption and refractive index of semiconductors」と題し，半導体多重量子井戸構造における電界吸収とそれにともなう屈折率変化について論じている．歪量子井戸におけるエキシトン電界吸収を一般的に記述する理論を整理した後，それに基づく電界吸収スペクトル計算プログラムを作成して，InGaAsP/InP系およびInGaAlAs/InP系1.55μm帯多重量子井戸における電界吸収と屈折率変化をシミュレーションしている．その結果，実験で用いる多重量子井戸の最適設計が可能となった．

第3章は「Propagation of optical wave in DC-EA devices」と題し，本論文で提案する電界吸収非線型方向性結合器(DC-EA)型全光波長変換デバイスの動作原理と特性シミュレーションについて論じている．提案されたDC-EAは，電界吸収導波路と受動導波路のペアによって構成されている．信号光は受動導波路に入射し，制御光のない状態では方向性結合により電界吸収導波路から出射する．一方制御光が受動導波路に入射すると，やはり方向性結合を通じて電界吸収導波路に移行するが，吸収を通じて同導波路の屈折率を変化させる結果，方向性結合器が非結合状態に変わり，これにともなって信号光が受動導波路側へスイッチされるものである．この際生成されるキャリアが少ないほど高速に動作するので，電界吸収導波路には大きな非線型効果を持つ材料を選択することが重要になる．ここでは様々な方向性結合器の構造を想定し，数値計算によりその波長変換特性を解析した．複雑な作製プロセスを避け，電界吸収以外の効果の影響を少なくする

ために，最も単純な水平並行リッジ導波路構造を採用することとしている．

第4章は「Device　fabrication」と題し，前章で提案したDC-EA型全光波長変換デバイスの試作方法に関し論じている．まず有機金属気相エピタキシー(MOVPE)によりバンドギャップ波長1.52 μmのInGaAsP多重量子井戸構造を成長した．同サンプルの光吸収電流，電流電圧特性を測定し動作確認を行った後，フォトリソグラフィー他のプロセスを適用して方向性結合器構造に加工した．方向性結合器の並行2導波路の電極同士は，斜め電子ビーム蒸着により電気的に分離されており，異なる逆バイアス電圧が印加可能である．完成したデバイスチップは，インジウム半田により銅ヒートシンク上に実装された．

第5章は「Measurement and analysis」と題し，試作素子の基本特性と全光波長変換特性を測定評価した結果について論じている．全光波長変換の静特性の観測では，制御光の強度が不足してはいたものの，電界吸収による相互位相変調の発生している証拠は示された．次に，より高い強度の得られるパルス制御光を用いた動特性測定において，所期の全光スイッチング動作が確認された．スイッチングに必要な制御光強度を下げるには，エキシトン効果の大きいInGaAlAs系の多重量子井戸を用いるか，より閉じ込め係数の大きい方向性結合器構造をとる必要のあることが示された．最後に，本全光波長変換デバイスの高速化の指針について論じている．

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．

以上のように本論文は，近未来の全光ネットワークにおける全光波長変換デバイスの新たな形態として「電界吸収効果非線型方向性結合器」を提案し，その動作解析手法を開発して特性シミュレーションを行うとともに，波長1.55 μm帯で動作するInGaAsP/InP系デバイスの試作に成功し，所期の全光波長変換特性が得られることを実証したもので，電子工学分野に貢献するところ少なくない．

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．