

本論文は、"Photonic integrated circuits using all-optical flip-flops based on interferometric bistable laser diodes (干渉型双安定レーザによる全光フリップ・フロップを用いた光集積回路)"と題し、光デジタル情報処理に向けた全光フリップフロップ(AOFF)を、干渉計構造を有するInP系1.55 μ m帯双安定半導体レーザ(BLD)に依拠して試作、開発し、さらに、これらを集積化したより複雑な光集積回路を試作実証し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"Waveguide analysis and device design"と題し、素子設計の基本となるスラブ導波路解析、多モード干渉解析、ビーム伝搬法解析、分布ブラッグ反射特性解析、の各手法について述べている。

第3章は"Device fabrication"と題し、素子試作に用いた個々の技術について詳細に記述している。能動素子と受動素子の集積技術全般について概説した後、本研究で実際に用いたプロセス技術、即ちフォトマスク作製、第一段階有機金属気相成長(MOVPE)、能動・受動領域選択、分布ブラッグ反射鏡 (distributed Bragg reflector; DBR) 形成、第二段階埋め込みMOVPE、導波路形成、電極形成、実装が、順を追って論じられている。また、デバイス設計上の制限因子についても本章で述べている。

第4章は"Multimode-interference bistable laser diode"と題し、DBRを適用した多モード干渉結合器(MMI)-BLD型AOFFについて論じている。まず動作原理、素子設計に関し述べた後、試作素子の能動/受動界面の反射を評価している。次に静的AOFF動作とその波長依存性、波長チューニング特性を評価した結果、動作波長範囲48nm、チューニング波長範囲3.1nmという値を得た。さらに動的AOFF動作を測定評価し、立ち上がり時間、立ち下がり時間として各々280ps、146psを得ている。続いて伸張歪量子井戸活性層導入による偏光無依存化が図られ、偏光によらない閾値光入力-3dBmでのAOFF動作を達成したことが述べられている。

第5章は"Mach-Zehnder interferometer bistable laser diode"と題し、マッハツェンダー干渉計(MZI)構造を有するBLDによるAOFFについて論じている。まず素子設計に関し述べた後、試作素子の基本静特性と波長依存性を測定した結果につき記述している。ここでは動作波長範囲として58nmを得ている。次に動特性を評価し、2.5pJの入力光パルスに対し、夫々319ps以下、68ps以下の立ち上がり/立ち下がり時間を得た。最後に、素子性能の限界を知るため、結合レート方程式によるモデリングと動特性シミュレーションを行った結果が詳細に述べられている。

第6章は"Photonic integrated circuit using all-optical flip-flop"と題し、上記のMMI-AOFFと、半導体光アンプ(SOA)-MZI型全光スイッチをモノリシック集積化したワンチップ全光パケット処理回路を試作したことについて論じている。ここではAOFFが光ラベル情報を保持するメモリの役割を果たし、後段の全光スイッチを駆動している。10Gbps、40Gbpsの単一波長光パケットと160Gbpsの多波長光パケットを試作光集積回路で実際にルーティングし、全てのデータレートでエラーフリー動作を達成した。これより、全光ルーティング集積回路のデータレートおよび波長に対する透明性が実証された。

第7章は結論であって、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。

以上のように本論文では、双安定分布ブラッグ反射半導体レーザと多モード干渉結合器またはマッハツェンダー干渉計を基に構成される半導体全光フリップフロップについて設計、特性解析、試作を行い、それらの性能および限界を明らかにするとともに、波長可変性、偏光無依存性の検討を行った。さらに、多モード干渉結合器型素子と全光スイッチをモノリシック集積化した全光パケット処理回路の試作に成功し、この過程を通じてデジタル光集積回路への道を拓いたもので、電子工学分野に貢献するところ多大である。

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。