

本論文は, "Unidirectional waveguide optical devices for InP-based photonic integrated circuits (InP 基板上光集積回路における一方向性導波路型光デバイスの研究)"と題し, 化合物半導体基板上にモノリシックに集積化することのできる非相反損失型光アイソレータの試作および高性能化と, 非相反位相シフトを利用した偏光変換素子の提案および特性解析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, 第2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3章は"Nonreciprocal loss phenomenon in magneto-optic waveguide"と題し, 非相反光損失の原理について述べた後, その定量的評価に必要な定式化を行っている.

第4章は"Nonreciprocal-loss waveguide isolator with ferromagnetic MnAs thin film"と題し, 強磁性砒化マンガン(MnAs)薄膜を非相反損失媒質に用いた導波路型光アイソレータについて論じている. まず強磁性材料としてマンガンニクタイトを用いる理由について述べた後, MnAs 薄膜タイプ A による利得導波型デバイスの伝達行列法を用いた設計, 素子試作, および特性測定評価について論じている. 次に, MnAs 薄膜タイプ B の導入による素子特性の向上, 特に外部磁場を必要としないデバイス動作について論じている. さらに, MnAs タイプ A 素子にリッジ導波路構造を導入して光学損失を低減したデバイスについて, その有限差分法を用いた設計, 素子試作, 特性測定評価を論じている. その結果, アイソレーション比 7.2dB/mm, 挿入損失 10.8dB/mm という値を得た.

第5章は"High temperature operation of NRL waveguide isolator: the use of ferromagnetic MnSb"と題し, 強磁性アンチモン化マンガン(MnSb)の導入による高温動作可能な非相反損失導波路型光アイソレータについて論じている. まず InGaAs と MnSb の二重クラッド層構造の電気・磁気特性を論じた後, 同構造を有するプロトタイプデバイスの試作結果について述べている. 次に, 光学損失の低減を目指した MnSb 単一クラッド層構造素子の伝達行列法による設計と, 素子試作結果を論じている. 最終的に, アイソレーション比, 挿入損失, 動作温度範囲として, 6.0dB/mm, 4.9dB/mm, 20~100℃という良好な性能を得ている.

第6章は"Nonreciprocal polarization converter consisting of asymmetric waveguide with magneto-optic cladding: theory and simulation"と題し, 非対称な断面形状を有する光導波路と非相反位相シフトを組み合わせた非相反偏光変換素子について論じている. まず非相反偏光変換素子を提案し, その動作原理と構造について論じた後, 導波路断面内での電界分布の解析結果につき述べ, さらに導波路長手方向の偏光ごとの強度分布を計算したことについて述べている. その結果, 波長 1.55 $\mu$ m 帯において, 0.27mm の素子長で 93%の非相反偏光変換が可能であることが示された. この偏光変換素子は, 偏光子または偏光モードスプリッタと組み合わせれば即座に光アイソレータとして動作させることができるので, 光集積回路に新たな機能をもたらすビルディングブロックとして期待される.

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は, InP 基板上にモノリシック集積化可能な光非相反素子, 特に強磁性エピタキシャルマンガンニクタイトを導入した非相反損失導波路型光アイソレータを世界で初めて試作実証するとともに, その自己保持動作, 高温動作の指針を得たものである. さらに, InP 系非対称導波路と非相反位相シフトを利用した新たな非相反偏光変換素子を提案し, そのモデル化と動作特性解析を行って有効性を示し, 半導体光集積回路に非相反性をもたらす新たな可能性を拓いたもので, 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.