

審 査 の 結 果 の 要 旨

氏 名 那須 悠介

本論文は、「大容量光ファイバ伝送にむけた石英系平面型光波回路による超高速差動位相変調信号用復調器の研究」と題し、6章より構成されている。本論文は、大容量光ファイバ伝送の実現に向けて検討されている差動位相変調方式を実現するために、石英系平面型光波回路を用いた集積型復調器を提案し、実証した結果が述べられている。

光伝送システムに波長多重(WDM)伝送方式導入され、飛躍的な伝送容量の拡大がもたらされた後も、通信需要の継続的な拡大に対応するため、伝送システムの大容量化が急務となっている。一方で、従来の光信号変調方式では、電子デバイス的高速化や、光ファイバ伝送路による信号劣化要因等、様々な技術的な課題が顕在化し、更なる伝送容量の拡大には限界が見え始めてきた。そこで、差動位相変調方式と呼ばれる新たな変調方式が提案され、その実現が期待されている。差動位相変調方式は、信号間の光位相を多値変調する方法であり、その光雑音耐力や PMD 耐力に優れており、電子デバイス的高速化を行うことなく伝送容量を拡大できる多値化技術は、伝送システムの経済化を可能とし、次世代超高速光伝送システムの有望な変調方式となっている。この差動位相変調方式の実現には、光位相変調信号を光強度信号に変換する復調器が必須である。本研究では、WDM 伝送方式における差動位相変調方式の実現にむけ、石英系平面型光波回路を用いた集積型復調器の実現に成功している。実現した復調器の、偏波無依存化や小型化、温度無依存化等を実現し、その有用性を実証している。

第1章は序論であり、光通信システムにおける差動位相変調信号復調器の必要性と、その復調器に対して求められる特性について記述され、本研究の目的と論文の構成を明らかにしている。

第2章では、DQPSK 復調器の製造時に必須である、高精度な屈折率および複屈折独立調整技術が検討されている。従来の紫外レーザーによる屈折率調整技術では、屈折率と複屈折の両方が変化するため、両者を所望の値に高精度に調整することは困難であった。紫外レーザーやフェムト秒レーザーを用い、これらを石英ガラスへ照射した際の変化を詳細に解析し、屈折率や複屈折の発生メカニズムについて検証すると共に、照射時に発生する応力制御により、屈折率と複屈折の独立制御を実現している。

第3章では、差動位相変調信号用復調器を構成する遅延干渉計の偏波依存性の発生メカニズムに関して理論的な方向から議論し、理論的モデル化を行っている。これにより、遅延干渉回路の偏波依存性の発生原因は、遅延干渉計内の偏波クロストークであることを証明し、その発生原因は干渉計内のカップラおよび45度半波長板であることを示している。

第4章では、新たな復調器の偏波無依存化方法の提案、および、理論・実験の両方からその検証を行っている。カップラの偏波クロストークにより発生する偏波依存性に対し、導波路の複屈折と45度半波長板を利用することで、偏波を90度回転させる旋光子を実現し、その低減を実現している。更に、45度半波長板の波長依存性や製造誤差により発生する偏波依存性を、45度半波長板の配置方法および複屈折調整により低減できる方法を提案し、実証している。これらの低PDF化手法を共に用い、実際に復調器を作製し、FSRの0.5%以下の偏波依存周波数シフト量を実現している。また、42.7Gb/s QPSK信号伝送実験による差動位相変調信号の復調特性評価を行っており、入力偏波によるOSNRペナルティを0.2dBと、非常に小さな復調特性を実現している。

第5章では、復調器のアサーマル化による低消費電力化と、新たな回路構成の対案による小型化に関して述べている。樹脂によるガラス屈折率の温度依存性の補償、および、オーバークラッドガラスの膜応力調整による導波路複屈折の温度無依存化を共に実現することで、温度無依存化な復調器の実現に成功している。結果、消費電力の大部分を占めていた温度調整用ペルチェを取り除くことが可能となり、復調器の消費電力化を30%に低減することに成功している。一方で、新たな復調回路構成を提案し、モジュールサイズで40×12×5.6mmと世界最小の復調器を実現している。更に、信号の復調特性や温度安定性、応答特性、長期信頼性等も評価し、良好な復調特性と安定性、信頼性を有していることを確認している。

第6章は総括であり、本研究の成果をまとめるとともに、今後の課題を展望している。

以上のように本論文は、石英系平面型光波回路を用い超高速差動位相変調信号用復調器の偏波無依存化、温度無依存化、低消費電力化、超小型化を独自技術により実現しており、さらにそれを用いた42.7Gb/s QPSK信号伝送実験でも良好な復調特性と安定性、信頼性を確認している。従来技術では実現不可能であった超高速差動位相変調信号用復調器を独自技術により実現したものであって、電子工学の発展に大きな貢献を果たしている。

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。