

氏名	村 上 泰 司 むら かみ やす じ
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	論 工 博 第 1710 号
学位授与の日付	昭 和 59 年 5 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	単一モード光導波路の伝搬特性とその応用に関する研究

論文調査委員 (主 査)
教授 小 川 徹 教授 木 村 磐 根 教授 池 上 文 夫

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は光伝送路の中で最も伝搬損失が少ない単一モード光導波路について、その伝搬特性・結合特性の解析や障害点検出法の開発に関する研究の結果をまとめたもので、6章より成っている。

第1章は序論であって、本研究を開始するに至った歴史的背景についてのべ、また本研究の目的、本論文の構成を記している。

第2章は以下の章に必要な単一モード光導波路の基礎理論を要約した章であって、スラブ導波路については波動理論により種々のモードを分類し、導波路のカットオフ特性や曲がり損失を論じている。次に矩形導波路に対しては種々のモードの近似解を導いている。さらに円形ファイバについてはステップ形屈折率分布をもつ場合について、モード解析を行っている。

第3章は単一モード光ファイバの種々の損失要因についてその特性を明らかにしている。まず伝搬特性を把握するための基礎となるカットオフ波長についてニアフィールドパターンを用いた測定法を提案している。次にファイバの曲がりによる放射損失につき、一様曲がり損失と曲率変化点での変換損失の両者を解析している。またファイバの接続損失、特にコアの軸ずれと折れ曲がりによる損失特性を明らかにしている。さらに半導体レーザと単一モード光ファイバとの結合特性を改善するため、端面に半球状微少レンズを装着する方法を提案し、特性改善の結果を論じている。以上の損失要因の特性解析を基に、単一モード光ファイバの最適構造パラメータ設計法についてのべ、その一例として中継伝送用1.3 μm 帯海底光ケーブルにつきのべている。またこの設計の妥当性を確認するため行った、400 Mb/s 中継伝送用海底光ケーブルの現場試験につきのべている。

第4章は単一モード光ファイバと光スイッチ、光フィルタなど導波路形光素子との接続損失の改善法ののべている。まず曲がり方向性結合器の特性をのべ、本結合器により光スイッチ、波長選択フィルタが実現出来ることを示している。この結果を実証するため、2コアファイバを用いた曲がり導波路間の結合特性を測定し、低損失で偏波方向に依存しない特性を持ち、かつファイバとの接続損失が小さいことを示している。つぎに石英ガラス層を基板上に堆積して作成した埋込み形光導波路を提案し、光合成・分波、光

分岐、光配線が可能であり、波長分割多重伝送用部品として応用出来ることを論じている。

第5章は伝送距離が50 kmを超える超長尺単一モード光ファイバの障害点探索法についてのべている。従来の方法では50 km以上の探索は困難であったが、著者は誘導ラマン散乱により被測定ファイバ内で誘起されたストークス光を探索用光パルスとして利用する方法を提案している。本方法は入射光と障害点における後方散乱光との波長が異なるため、波長フィルタにより低損失、低ろう話で分離できること、後方散乱光の波長を光ファイバの最低損失領域、 $1.5\ \mu\text{m}$ 帯に設定出来ること、さらに入射光電力が50W以上に出来るなどの特長をもっているため超長尺ファイバに適用可能であると結論づけている。これらの点について詳細な定量的解析を行い理論的には160 km程度までの障害点探索が可能であると推定している。また全長102 kmの単一モード光ファイバについて実験を行い、本方法で探索を行った結果を示している。

第6章は結論であって、本研究で得られた成果を要約している。

論文審査の結果の要旨

光通信の実用化にともない、大容量長距離伝送方式に適した単一モード光ファイバおよび周辺光回路の開発が急速に進展しつつある。本論文は公衆通信回線に適した光ファイバおよびその他の光導波路の伝搬特性・結合特性について検討し、実用化のための開発および試験を行った結果をまとめたもので、得られた主な成果は次の通りである。

1. 単一モード光ファイバの基本パラメータである、第一次高次モードのカットオフ波長を測定する新しい方法を提案し、実用化に成功した。この方法は伝送光の波長を掃引してニアフィールドパタンの変化を利用するもので、簡単な方法であるにもかかわらずカットオフ波長の測定誤差は $\pm 5\ \text{nm}$ 以下であって、実用上十分な精度をもっている。

2. 被覆付単一モードファイバの一樣曲がり損失について検討し、クラッド・被覆境界面での反射光と導波モード光との干渉により損失にピーク値の存在することを理論および実験により明らかにした。またピーク波長の測定によりクラッド・被覆の比屈折率差を求める方法を明らかにするとともに、境界面反射を少なくする対策を見出した。

3. スラブモデルを用いて直線-曲がり変換部での損失を求めた結果、変換損失は一樣曲がり損失より充分小さく線路損失の主要因でないことを明らかにした。またケーブルの接続損失を求める理論式を導出し、損失は規格化周波数のみの関数である係数と、規格化変位量の二乗との積で表わされることを明らかにし、実測によりこれを確かめた。

4. ファイバと半導体レーザとの結合損失を軽減するため、ファイバ端面に半球状レンズを作成する方法を提案し、InGaAsP半導体レーザと半径 $8.5\ \mu\text{m}$ のレンズにより実験を行った結果、結合損失を4.4 dB改善して2.9 dBとすることが出来た。

5. 以上の成果を基に海底ケーブル用光ファイバの最適構造パラメータ設計法を確立した。また設計例として、400 Mb/s中継伝送用 $1.3\ \mu\text{m}$ 帯ファイバの諸パラメータを算出し、全長45 kmの中継用ケーブルを海底に敷設して試験を行い、設計値の妥当性を立証した。

6. 曲がり光導波路を用いた方向性結合器において、導波路間の位相定数差は曲率半径の関数であるこ

とに着目し、同一位相定数をもつ二本の曲がり導波路を組合わせて曲率半径を変化して結合効率を零から1まで変化させ得ることを見出し、光スイッチとして応用出来ることを示した。さらに異なる位相定数の二本の導波路を同様に用いて、波長選択フィルタとして応用出来る見通しを得た。また二本のファイバを用いて実験を行いこれらの効果を確認している。

7. 誘導ラマン効果を利用した新しい光ファイバ障害点探索法を考案し、極低損失単一モード光ファイバの場合は、100 km 以上に及ぶ探索が可能であることを示した。さらに 1.06 μm Qスイッチ Nd: YAG レーザと、液体窒素冷却 Ge-PIN ホトダイオードを用いて実験を行い、102 km 点における無反射破断点の検出に成功した。

以上要するに本論文は単一モード光ファイバの新しい測定法の考案と、種々の光回路の開発とにより、大容量長距離光中継回線の最適設計を可能としたもので、学術上、実際上貢献する所が大きい。

よって本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。

また、昭和59年4月19日論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。