

氏名	池田正宏 いけだまさひろ
学位の種類	工学博士
学位記番号	論工博第1231号
学位授与の日付	昭和54年11月24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	多モード光ファイバの伝送特性に関する研究

論文調査委員 (主査) 教授 高木俊宜 教授 佐々木昭夫 教授 池上淳一

論文内容の要旨

本論文は、多モード光ファイバの伝送特性に関して理論的、実験的にその本質を明らかにしたものである。

第1章は序論で、本研究の歴史的背景、本研究の目的、本論文の構成について述べている。

第2章は多モード光ファイバの伝送特性の基本となるステップ形多モード光ファイバについて波動光学的ならびに幾何光学的解析を行ない、両者の対応づけを試みている。また、グレーデッド形多モード光ファイバについても解析を行ない、全分散を最少にするための屈折率分布を検討している。

第3章では多モード光ファイバと発光ダイオード(LED)のようなインコヒーレント光源との結合効率について理論的に検討している。LEDのような光源と比較して実際のファイバのコア径は小さく、結合効率は非常に小さい。そこで結合効率の改善を図るために球面レンズやテーパ状の光学系による結合効率の改善について検討している。

第4章は実際の光ファイバについて伝送特性を測定する場合に必要な測定法について述べている。光ファイバに関する測定法は十分に確立されておらず、ここでは新たに開発した測定法について述べている。また、伝送特性に大きく影響を与える光ファイバのパラメータの測定についてもふれている。

第5章では多モード伝送路に特有な、入射時の励振条件によって伝送特性(インパルス応答特性、バンドの周波数応答特性)が受ける影響について理論的、実験的に検討している。特にグレーデッド形多モード光ファイバについて特性が大きく変化することを明らかにしている。

第6章においてはモード変換現象の理論解析を行っている。モード変換現象の理論的把握を容易にするために二つのモードのみが伝搬する2モード伝送路のモデルについて解析し、多モード伝送路に特有なモード変換現象の過渡状態、および定常状態での伝送特性把握を行なっている。

第7章では実際の多モード光ファイバを接続したときに問題となる伝送特性、特に多モード光ファイバを接続することによって生ずるモード変換量について検討している。さらに現実の接続部で生ずるモード変換量の偏差をなくして一定値に規定する方法、すなわち接続点直後にモードスクランブラを装荷する方

法について検討している。

第8章は以上の章の結論を盛り込んだ定常モード状態で長尺の伝送路の特性を規定する方法について述べている。定常モードの電力分布を得る定常モード励振器を試作し、これによって単位長の多モード光ファイバの伝送特性を、入射時の励振条件に依存することなく規定することを可能にしている。さらに接続された光ファイバの伝送特性の規定法として、接続点直後にモードスクランブラを装荷することによって、単位長の伝送特性の線形結合で接続された長尺の伝送特性を推定する方法を提案し、理論的、実験的に確認している。

なお、長尺の伝送路の帯域改善効果についても検討を加えている。

最後の章では、本研究で得られた主要な結論を述べ、さらに今後の研究方向を示唆している。

論文審査の結果の要旨

多モード光ファイバの研究は今日やっとその緒についたばかりである。この論文は多モード伝送路の伝送特性に関してその本質を理論的、実験的に明らかにしたものである。また、この分野の研究における問題点を明らかにしている。

著者の得た主な成果を要約すると以下の通りである。

(1) 全分散（モード分散、波長分散）を考慮した時の最適屈折率分布は、短波長側を除いてモード分散を最小にする屈折率分布から大きくずれない。また、全分散が最小となる波長は $1.30\ \mu\text{m}$ の近傍である。

(2) LED のようなインコヒーレント光源と多モード光ファイバの結合効率は非常に小さいが、球面レンズ等によって結合効率の改善が可能なこと、また、グレーデッド形多モード光ファイバとの結合では LED の発光面積に最適値が存在することを明らかにしている。

(3) 以下に挙げる伝送特性に関する測定法を新たに開発し、伝送特性の測定を可能にした。

(i) 屈折率分布の測定法、(ii) エア・フィールド分布の測定法、(iii) モード分析法、(iv) 伝達関数の測定法、(v) 伝送特性における距離依存性の測定法。

(4) 伝送特性の入射励振条件依存性は大きく、特にグレーデッド形多モード光ファイバではその依存性が大きい。

(5) モード変換現象についての解析の結果、以下の点を明らかにしている。(i) 曲がり部におけるモード変換損失は最大屈折率差が同じファイバについては、グレーデッド形の方がステップ形の多モードファイバに比較して2倍大きくなる。(ii) 定常状態においても各モード間の中心時間差は一定値に漸近する。このことから伝達関数の線形結合性は多モード光ファイバにおいては厳密には成立しない。(iii) 伝送特性の距離依存性を明らかにし、インパルス応答のパルス巾はモード変換量の大きい場合には距離の平方根に比例することを示した。

(6) 接続損失が $0.01\ \text{db}$ 以下の良好な接続点においてもモード変換量は全電力の11%に達し、実用上遊けられない量として残る。

(7) 試作した定常モード励振器によって単位長ファイバの伝送特性を偏差なく測定することを可能にした。

(8) 各接続点直後にモードスクランブラを装荷することによって、単位長ファイバの伝送特性測定時と励振条件を近似的に一致させることができ、接続された長尺ファイバの伝送特性を単位長ファイバの伝送特性の線形結合として容易に求めることを可能にした。

(9) モードスクランブラを装荷する方式によって伝送特性の安定化、広帯域化を可能にした。

以上の結論から本論文は新しい伝送路である多モード光ファイバの伝送特性についてその本質を明らかにし、さらに実用の伝送路として使用する場合の問題点とその解決法を明らかにしたものである。これらの成果は学術上、実用上、寄与するところが少なくない。

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。