

## 審査の結果の要旨

論文提出者氏名 加藤 考利

本論文は“光増幅技術を用いた超大容量長距離伝送用光ファイバに関する研究”と題し、6章からなる。

1990年代後半のエルビウム添加光ファイバ増幅器の実用化により、光増幅技術を用いた高性能で経済的な超大容量・長距離光通信システムの構築が可能となった。しかしながら、これと同時に光ファイバ中で発生する非線形現象等の問題が新たに顕在化し、光ファイバ特性が伝送システム性能を制限することになった。本研究では、伝送システムの大容量化、長距離化を目的として、光増幅技術を用いた光通信システムに使用される光ファイバおよび光伝送路を最適化するための設計手法について検討を行っている。

第1章は“序論”であり、光ファイバの開発の歴史を概観した後、本論文の目的、位置づけを論じている。

第2章は“光ファイバの伝送特性が伝送システムに与える影響”と題し、光ファイバの伝送特性が、光増幅技術を用いた伝送システムの性能をどのように制限するかを明らかにしている。

光増幅システムにおいて光ファイバに要求される特性は非線形現象の抑圧であり、局所的な分散値は非零であるが伝送路全体での分散値を零とする分散マネージメント技術の導入、実効断面積の拡大による非線形性自体の低減が特に重要であることを指摘している。また、光ファイバの低損失化、偏波分散の低減、分散スロープの低減の重要性も論じている。

第3章は“光ファイバの非線形性評価手法に関する検討”と題し、光ファイバの非線形屈折率の測定技術に関する検討結果を示している。まず相互位相変調法においてポンプ光の無偏光化を行うことにより、標準偏差が±1%以内という再現性の高い高精度な非線形屈折率の測定手法を開発した。この方法を用いて石英系光ファイバにおける非線形屈折率のガラス組成依存性を明らかにし、この結果、屈折率分布構造の異なる光ファイバの非線形性を予測することが可能となった。

第4章は“光増幅システム用光ファイバに関する検討”と題し、光増幅システムに最適な光ファイバを実現するための屈折率分布の設計理論を展開している。分散シフトしない状態で実効断面積を拡大するには、ステップコア型が有効であり、コアの屈折率を低くしコア径を大きくすれば良いことを示した。また、分散をシフトしつつ実効断面積を拡大するには、二重コア型、セグメントコア型が有効であり、外コアあるいはリング部を大きくして実効カットオフ波長を長波長化することにより、実効断面積を拡大しつつ曲げ損失の増加を防ぐ設計が可能であることを示した。

これらの設計に基づき、分散をシフトしていない場合では実効断面積  $110\mu\text{m}^2$  の純石英コアファイバを、分散をシフトさせた場合では実効断面積  $70\mu\text{m}^2$  のノンゼロ

分散シフトファイバを実用化することができた。分散をシフトさせた場合、一般には実効断面積の拡大とともに分散スロープが増大する。本章では、分散スロープの増大を低減する手法を二重コア型、セグメントコア型それぞれについて明らかにした。この結果、二重コア型では、実効断面積を  $65\mu\text{m}^2$  まで拡大しつつ、分散スロープを  $0.06\text{ps}/\text{nm}^2/\text{km}$  と比較的低い値に抑えることに成功した。セグメントコア型では、実効断面積は  $50\mu\text{m}^2$  ながら分散スロープは  $0.025\text{ps}/\text{nm}^2/\text{km}$  まで低減された。

第5章は“光増幅システム用光伝送路に関する検討”と題し、実効断面積の拡大と分散スロープの低減を同時に満たす伝送路を実現するため、分散マネジメント伝送路の最適化手法を明らかにした。分布補償型分散マネジメント伝送路として、実効断面積拡大型純石英コアファイバと分散補償ファイバで構成される伝送路の最適化例を示した。等価実効断面積  $60\mu\text{m}^2$ 、平均分散スロープ  $0.025\text{ps}/\text{nm}^2/\text{km}$  が達成されており、従来のノンゼロ分散シフトファイバと比べ、実効断面積の拡大と分散スロープの低減の両立が可能となった。

第6章は本論文の“結論”である。

以上のように本研究では、光ファイバ設計への応用を目的としてファイバの非線形屈折率の高精度な測定法を確立するとともに、光増幅器を用いた伝送システムに最適化した光ファイバおよび光伝送路を設計する手法を明らかにした。この設計に基づき、低分散スロープ・実効断面積拡大型分散シフトファイバや、実効断面積拡大型純石英コアファイバと分散補償ファイバからなるハイブリッド伝送路などを開発した。これらの成果は、テラビット級長距離光伝送システムの実現に道を拓くものであり、電子工学への貢献が多岐である。

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。