

審査の結果の要旨

氏名 森 淳

本論文は、「低損失テルライト光ファイバとその広帯域光増幅器への応用」と題し、7章より構成されている。本論文は、WDM伝送システムの大容量化を可能にする光ファイバ増幅器の広帯域化を図ることを目的として、ファイバを構成する材料ガラスを従来の石英系ガラスに代わって新規に見出したテルライトガラスを用いることにより、 Er^{3+} 添加ファイバ増幅器およびファイバラマン増幅器においてその増幅帯域を飛躍的に拡大できることを提案・実証するとともに、これら増幅器のWDM伝送システムへの応用について検討した結果が述べられている。

Er^{3+} 添加光ファイバ増幅器の出現は、光ファイバ通信における距離（損失）という制限要因を取り除き、1万km以上に及ぶ海底全光通信をも実現するという革命をもたらした。通信容量が年々加速度的に増大するのに伴い、通信の大容量化を経済的に進めるため波長分割多重（WDM）伝送方式の導入が進んでいるが、この方式が実現できたのも Er^{3+} 添加光ファイバ増幅器が複数の波長の信号を一括増幅できるという優れた特性のおかげである。しかしながら、このWDM伝送方式における通信容量の大容量化は信号のチャンネル数をどこまで増やせるかに大きく依存しており、伝送ファイバや信号送受信器においては既に十分な帯域を有しているため、光ファイバ増幅器の増幅帯域が制限要因となっているのが現状である。本研究では、WDM伝送方式における更なる大容量化に向けて、増幅器用光ファイバの材料ガラスを従来用いられてきた石英系ガラスからテルライト（ TeO_2 ）ガラスに置き換えることにより、光増幅器の増幅帯域を飛躍的に拡大することに成功している。さらに実現したテルライト Er^{3+} 添加ファイバ増幅器およびテルライトファイバラマン増幅器のWDM伝送システムへの応用についても検討し、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光増幅技術の役割、光増幅技術の種類と特徴、WDMシステムの進展と広帯域光増幅器について記述され、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、 TeO_2 - Bi_2O_3 - ZnO - Li_2O 系及び TeO_2 - Bi_2O_3 - ZnO - Na_2O 系ガラスを作製し、ガラス化範囲、結晶化に対する熱安定性を調べた結果が示されている。その結果見出された安定組成について、光透過特性や屈折率波長分散などの基礎光学物性、及び Er^{3+} を添加した同ガラスの光吸収・発光及び発光寿命などのEDTFAの基本となる物性を明らかにしている。更に、同ガラスのラマン散乱特性についても検討されている。

第3章では、低損失単一モードテルライト光ファイバの作製について検討されている。まず、光ファイバの損失要因と単一モードテルライト光ファイバの作製工程について述べられており、試作したテルライトファイバの損失要因を分析した結果、低損

失化を達成するためには、 TeO_2 原料の高純度化、及びすべての原料の脱水乾燥が必須であることが結論されている。

第4章では、まず Er^{3+} 添加テルライトファイバの基本的な増幅特性として、反転分布状態と増幅特性および利得の長波長限界、励起波長と雑音指数、利得制御性、温度依存性、スペクトルホールバーニング、L帯における四光波混合の抑制について検討されている。次に、実用的な利得平坦型C+L帯一括型増幅器の設計法及び構成した増幅器の特性について述べられている。さらに、L帯に適用した場合、そして拡張L帯へ適用した場合の実用的な利得平坦型増幅器を試作し、WDM伝送実験へ適用した結果が示されている。

第5章では、テルライトガラスの大きな非線形屈折率とファイバの低損失化により、石英系ファイバ以外では初めて実用的なファイバラマン増幅器を実現した結果が示されている。誘導ラマン散乱係数を石英系ファイバと比較することにより、使用ファイバ長が短尺かつ少ない励起光波長数でS、C、L帯をカバーする170 nmにわたる超広帯域ファイバラマン増幅器が実現できる可能性があることが示されている。さらに、テルライトファイバラマン増幅器を実用的な光増幅器とするため、石英系ファイバラマン増幅器とのハイブリット構成を採用し、更に伝送ファイバを用いた分布ラマン増幅技術を付加することにより、大容量・広帯域一括中継増幅伝送に成功している。

第6章ではテルライトファイバ及びファイバモジュールの信頼性を検討している。母材表面のウェットエッチング処理によるテルライトファイバの高強度化、ファイバモジュール化した場合のファイバの寿命を評価すると共に、光部品の標準的信頼性評価法であるBellcore Technical Advisory TA-AWT-001221に準拠した試験、及び光信号を増幅した状態での長期動作安定性試験を行った結果について述べられている。

第7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、広帯域光ファイバ増幅器を実現するために、新規なテルライトガラス光ファイバを提案してその低損失化を図り、それを用いて Er^{3+} 添加ファイバ増幅器およびファイバラマン増幅器の増幅帯域を飛躍的に拡大できることを実証した。これら増幅器を用いてWDM伝送システムでの大容量・広帯域一括中継増幅伝送に成功しており、従来の石英系ガラス光ファイバ増幅器では不可能であった広帯域な光増幅が実現できることを示したものであって、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。