

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 小関 泰之

本論文は、「光ファイバ増幅器を用いた光スペクトル広帯域化技術に関する研究」と題し、光ファイバ増幅器中の非線形光学効果と光増幅作用を用いて広帯域なスペクトルを有する光パルスを生成する技術と、光通信用光源への応用について検討したものである。全体で9章から構成されている。

第1章は、「序論」と題し、本研究の背景をまとめ、さらに本研究の目的と概要を記したものである。

第2章は、「光スペクトル広帯域化の基礎理論」と題し、光ファイバ中のパルス伝搬についての基礎理論と従来の研究について詳述している。まず、非線形シュレーディンガー方程式をベースにした数値シミュレーションにより、入射パルス波形と非線形光学効果によるスペクトル広がりとの関係を論じ、放物線形状を有する光パルスがスペクトルの平坦化に適していることを指摘している。また、平坦なスペクトル形状を得るための従来のアプローチを紹介し、数値計算によって再現することにより、入射パルス依存性、雑音特性等が問題となることを明らかにしている。

第3章は、「光ファイバ増幅器中の放物線形状自己相似パルス」と題し、本論文の中心となる光ファイバ中で非線形光学効果と増幅作用が同時に起こる場合のパルス伝搬について検討し、従来のスペクトル拡散手法での欠点をすべて克服しうる可能性があることを述べている。具体的には、光ファイバ増幅器中で光強度波形が放物線形状になる現象、及び漸近過程を数学的に理解するための放物線形状自己相似解についての理論が展開されている。また、この理論を元に漸近過程と漸近した後の解の性質を明らかにし、入射パルス依存性が著しく低減されること、およびスペクトル平坦性が向上することを理論的に示している。

第4章は、「放物線形状自己相似パルス発生システムの設計指針」と題し、第3章で展開された理論を用いて、広帯域なスペクトルを得るためのシステムの設計を行っている。具体的には、第3章の理論では無限長のファイバが必要であるが、有限長のファイバで放物線形状のパルスを得るための光ファイバ増幅器のパラメータを数値計算を用いてアドホックに求め、実現可能な程度の長さの光ファイバ増幅器を用いることにより光通信用の高繰り返しパルスから平坦なスペクトルを有する放物線パルスが得られることを示している。更に、広帯域化への指針と最適入力パルスについて論じている。

第5章は、「エルビウム添加ファイバを用いた広帯域化実験」と題し、エルビウム添加光ファイバを用いたスペクトル広帯域化実験について検討している。はじめに、比較的高いエネルギーを持つ光パルスを用いて原理検証を行った後、ファイバの分散値等を最適化して、10GHzの繰り返し周波数を持つ光パルス列から非常に平坦性の高い広帯域スペクトル

が得られることを実証している。

第6章は、「ラマン増幅を用いた広帯域化実験」と題し、光ファイバ中のラマン増幅を用いたスペクトル広域化実験について検討している。これは、エルビウム添加光ファイバよりも広い利得帯域幅を有するラマン増幅を用いることによって、一層の広帯域化を目指したものである。ラマン増幅を用いた場合の実験結果と問題点が述べられている。

第7章は、「多波長光源への応用に向けた広帯域スペクトルの評価」と題し、スペクトルが広帯域化されたパルス光を光通信用の光源に応用する方法と、その性能評価について議論している。まず、検討している光源として、多数の波長チャネルの光を一度に生成する多波長光源を考え、構成と通信用光源として評価すべき項目について述べている。次に、実験により多波長光源を構成し、伝送品質を表す Q 値を実測して雑音特性を評価している。また、従来のスペクトル拡散手法を用いた多波長光源と雑音特性を比較し、スペクトル平坦性が雑音特性を決めることを示している。また、数値計算を中心として雑音劣化要因を整理し、 Q 値の理論的な導出を試みるとともに、実験結果との整合性を確認している。

第8章は、「パルス波形の測定法」と題し、入力されるパルスや広帯域化後のパルスの特性を測定するための手法を新たに提案している。この方法は、非線形光学結晶を用いない点の特徴としており、従来の方式では観測が難しい広帯域パルス光なども高精度で測定できることが示されている。実験によるデモンストレーションが行われており、誤差解析と補償法に関する提案がなされている。

第9章は、「結論」であり、本論文における成果をまとめるとともに、残された課題について議論を行っている。

以上、これを要するに、光ファイバ増幅器中の非線形光学効果と光増幅作用を用いて単一の光パルス光源から広帯域なスペクトルを有する光パルスを生成する方法を提案し、その実現手法を理論・実験の両面で確立している。これらの成果は、本論文中で示された低雑音多波長光源への応用だけでなく、全光再生中継などの光ファイバ信号処理等への応用が期待でき、次世代のフォトニックネットワークの機能デバイスの発展に結びつくものであり、電子工学に貢献するところが多大である。

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。