

審査の結果の要旨

氏名 田久保 勇也

本論文は、「OCT 応用のための分散チューニングファイバレーザの性能向上に関する研究」と題し7章よりなる。医用分野では近年、赤外線による断層イメージング技術である光干渉断層撮影 (Optical Coherence Tomography: OCT)が注目されている。特に波長掃引光源(Swept Source:SS)を用いる SS-OCT は高速・高分解能な断層撮影が可能である。SS-OCT では、掃引波長帯域が広いほど深さ方向の分解能が向上し、瞬時スペクトル線幅が狭いほどイメージング深度が拡大し、掃引速度が速いほど撮影が高速になる。本論文では分散チューニングという新しい原理を用いた波長掃引ファイバレーザを SS-OCT に応用するために、掃引波長帯域・瞬時スペクトル線幅・掃引速度などの性能の向上に関する研究成果についてまとめるとともに、スペクトル可変レーザとしての新たな応用可能性について研究したものである。

第1章は序論であり、光ファイバレーザについてまとめられており、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 OCT の歴史、および原理についてまとめられており、OCT 光源に関する研究例が紹介されている。

第3章では分散チューニングの原理、利点と課題点について述べられている。分散チューニングは高調波能動モード同期を用いたレーザであり、共振器の分散値を大きくすることで変調周波数の操作による発振波長の制御が可能となる。フィルタに制限されない高速・広帯域波長掃引、構成の簡便さ、掃引の線形性と自由度が利点であることが主張されている。ただし、課題点として高速掃引時における瞬時スペクトル幅の増大が挙げられている。

第4章では分散チューニングレーザのシミュレーション・実験による評価結果が示されている。分散チューニングレーザのシミュレーションモデルである Average model と Discrete model について検討されており、Discrete model を用いたスペクトル幅のシミュレーションを行なっている。非掃引時においては高い異常分散、低い変調周波数、低い SOA の線幅増大係数が細い発振スペクトル実現のために必要であることが結論付けられている。一方で掃引時のシミュレーションでは、分散に関しては同様に高い異常分散が重要であったが、変調周波数は高い方が望ましいことが判明した。実験により非

掃引時における波長可変帯域と発振スペクトル幅の評価を行い、波長可変帯域に関しては原理通りに低い分散と低い変調周波数が重要であることが確認できている。スペクトル幅に関しては、分散が高く、変調周波数も高いほど細くなることが確認されている。

第5章では、パルス変調を用いた分散チューニングについての研究成果がまとめられている。波長掃引帯域を保ったまま高い変調周波数で変調を行うためには、パルス変調を用いることを新たに提案している。正弦波変調とパルス変調による分散チューニングレーザの特性を比較し、パルス変調が波長可変帯域やスペクトル幅において優位であることを確認している。またパルス変調による分散チューニングレーザを初めてSS-OCT光源として応用し、OCT画像の撮影に成功した。正弦波変調に比べてパルス変調を用いた方がイメージング深度が拡大していることが確認できている。

第6章では、分散チューニングレーザの新たな応用である、スペクトル可変光源について研究がまとめられている。分散チューニングにおいて波長掃引をする際の、変調周波数に与える掃引波形を変えることで、ピークホールドスペクトル形状を制御できることが示されており、このレーザをもう一つのOCTの方式であるスペクトル領域(Spectral-Domain:SD)OCT用の光源として用い、OCT画像の撮影に初めて成功している。

第7章は結論であり、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、OCT応用に向けた分散チューニングという新しい原理を用いた波長掃引ファイバレーザについて、その掃引波長帯域・瞬時スペクトル線幅・掃引速度などの性能の制限要因をシミュレーションおよび実験の両面から明らかにし、その制限要因を打破できるパルス変調法を提案してその有効性を示すとともに、新たな応用としてスペクトル可変光源としての利用を提案したものであり、電子工学、特に光エレクトロニクスの発展に貢献するところ大である。

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。