

## 審査の結果の要旨

氏名 王宇

本論文は、「Novel Mode-Locking Techniques of Tm-doped Fiber Lasers (ツリウムドープファイバレーザの新しいモード同期法に関する研究)」と題し6章よりなり、英文で執筆されている。波長 2 $\mu\text{m}$  帯のツリウムドープファイバレーザ、特に短パルスレーザはライダーなどの3次元計測やガス分光などの環境センシング用途の光源として注目されている。本論文ではそのツリウムドープファイバレーザに注目し、カーボンナノチューブ(CNT)やグラフェンを用いた新規な可飽和吸収素子による受動モード同期短パルスレーザに加えて、論文提出者らの新しい発明である励起光変調による能動モード同期短パルスレーザについての研究成果についてまとめたものである。

第1章は序論であり、波長 2 $\mu\text{m}$  帯のレーザの応用例、さらにツリウムドープファイバレーザが波長 2 $\mu\text{m}$  帯の短パルス光源として他の光源と比較して優れていることが述べられており、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、本研究での短パルス発生のメカニズムである受動・能動モード同期についての基礎がまとめられており、さらに本研究で用いられているモード同期光ファイバレーザのシミュレーション手法が説明されている。

第3章では、新規な構造のグラフェン可飽和吸収素子による受動モード同期ツリウムドープファイバレーザについての研究成果がまとめられている。最初に CNT / グラフェンの可飽和吸収特性の基礎、作成法、および先行研究例を提示している。次にオリジナルな研究成果として、単層グラフェンを加熱して引き伸ばしたテーパ光ファイバに被せた新しい可飽和吸収素子である Graphene-Covered-Tapered Fiber (GCTF) を提案して可飽和吸収素子としての動作を確認し、ツリウムドープファイバレーザの受動モード同期に成功した実験結果がまとめられている。単層グラフェンを直接相互作用させる従来の構造では可飽和吸収素子の変調深度が 1.3% に制限されていたが、GCTF により変調深度が 4.3% まで向上し、同時にダメージ閾値も向上したことを示している。GCTF を用いた受動モード同期ツリウムドープファイバレーザにより、パルス幅 1.1ps、繰り返し周波数 18.1MHz、パルスエネルギー 400pJ のソリトンパルス生成に成功している。

第4章では、CNT 可飽和吸収素子と分散補償光ファイバ(DCF)の組み合わせにより、

受動モード同期ツリウムドープファイバレーザにおいて従来のソリトンパルスのみではなく、ストレッチパルスおよびディシペイティブソリトンパルスを生成できることを示した研究成果がまとめられている。最初にストレッチパルスおよびディシペイティブソリトンパルスの基礎および先行研究例がまとめられている。次に本論文での研究成果として、波長 1960nm 帯で高い吸収を有する CNT を可飽和吸収素子として利用し、DCF の長さを変化させることで共振器内の分散値( $b_2$ )を  $-0.32\text{ps}^2$ ,  $-0.02\text{ps}^2$ ,  $+0.04\text{ps}^2$  と変化させることで、それぞれパルス幅 1.0ps のソリトンパルス、1.2ps のストレッチパルス、1.32ps ディシペイティブソリトンパルスを生成することに初めて成功している。これらの結果はシミュレーションによっても確認されている。さらにストレッチパルスをシードとして非線形光ファイバ中でスーパーコンティニュームによる超広帯域光を発生させ、CO<sub>2</sub> ガス分光への応用も行っている。

第 5 章では、論文提出者らが発明した励起光変調による能動モード同期技術 (Active Mode-locking via Pump Modulation, AMPM) についての研究成果がまとめられている。繰り返し周波数 12.9MHz、パルス幅 4.4ps、スペクトル幅 0.9nm の基本モード同期が可能であることを初めて示すとともに、第 2 高調波モード同期も可能であることを示している。AMPM 法によるモード同期ファイバレーザは構成がシンプルで、強度変調器を含まないため高出力化に有利である。さらに、AMPM 法のメカニズムを理解するため、ツリウムドープファイバにおける励起光から信号光への伝達関数を検討し、実験とよく一致していることを見出している。

第 6 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、GCTF という新しい可飽和吸収素子により受動モード同期ツリウムドープファイバレーザを実現し、また CNT 可飽和吸収素子と DCF の組み合わせで多様な受動モード同期パルスの生成に成功するとともに、さらに AMPM 法という全く新しい能動モード同期法を発明してそれによる能動モード同期ツリウムドープファイバレーザを提案し実現したものであり、電子工学、特に光エレクトロニクス of 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。