

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 馮 國翰

本論文は“Research on mode-locked lasers using single-wall carbon nanotubes (単層カーボンナノチューブを用いたモード同期レーザに関する研究)”と題し、英文で執筆され7章からなる。

超短パルスモード同期レーザは、短い時間幅、高いエネルギーを持つパルス光を発生できるので、医療、加工、計測、通信などの分野で、広範な応用が進みつつある。超短パルスレーザの更なる安定化、高性能化、低価格化をはかるには、モードロッカーとして用いられる可飽和吸収体の性能向上が重要である。本論文では、単層カーボンナノチューブの可飽和吸収特性を明らかにし、その知見に基づき、単層カーボンナノチューブ可飽和吸収体をモードロッカーとする高性能受動モード同期レーザの開発に成功している。

第一章は“Introduction”であり、本研究の背景について述べている。

第二章は“Single-wall carbon nanotubes and passive mode-locking”と題し、本論文を理解するために必要な基礎知識として、単層カーボンナノチューブの作製法、基本光学特性、受動モード同期レーザの動作原理などが要約されている。

第三章は“Characterization of single-wall carbon nanotubes saturable absorbers”と題し、単層カーボンナノチューブの可飽和吸収特性の詳細を実験的に明らかにしている。吸収スペクトル、可飽和吸収度、可飽和吸収の時間応答特性、光損傷閾値などに関し、新しい知見が得られている。これらの実験結果は、現象論的な二準位系モデルに基づき、解析されている。

第四章は“Design and engineering of single-wall carbon nanotubes based saturable absorbers”と題し、単層カーボンナノチューブの可飽和吸収デバイスの設計と試作について述べている。安定なモード同期を得るために可飽和吸収体に課せられる条件を明らかにした後、この条件を満足するためには単層カーボンナノチューブをどのようにデバイス化すべきかを論じている。

第五章は“Passively mode-locked Er:Yb:glass solid-state lasers using single-wall carbon nanotubes-based saturable absorbers”と題し、単層カーボンナノチューブデバイスを用いた新しいEr:Ybガラスモード同期レーザを提案している。第四章の結果に基づき、単層カーボンナノチューブを半導体ブラッグ反射器上に堆積したデバイスを、Er:Ybガラスモードレーザ用のモードロッカーとして設計・試作

している。この可飽和吸収デバイスを用いて安定なモード同期特性が実現されており、この特性は可飽和吸収特性から予測される性能とも良い一致を示している。

第六章は“High energy passively mode-locked fiber lasers using single-wall carbon nanotube saturable absorbers”と題し、光ファイバを共振器として用いる低繰り返し高エネルギーモード同期レーザーについて論じている。光ファイバのソリトン効果と単層カーボンナノチューブの可飽和吸収特性により、100mの共振器長にもかかわらず、安定なモード同期特性が得られている。この結果、繰り返し周波数1.77MHz、パルス幅5ps、パルスエネルギー2.5Jという高い性能が達成されている。さらに、カーボンナノチューブの可飽和吸収特性と非線形偏波回転の組み合わせにより、200fsまでの超短パルス化、1MHz以下の超低繰り返し周波数の可能性が実験的に示された。

第七章は本研究のまとめである。

以上のように本研究では、単層カーボンナノチューブの可飽和吸収特性を詳細に明らかにし、モード同期レーザーへの適用を目的とした可飽和吸収パラメータの設計法、デバイス化の手法を示した。さらに設計・試作された可飽和吸収デバイスを用いて、受動モード同期Er:Ybガラスレーザーおよび高エネルギー受動モード同期Er添加ファイバレーザーの開発に成功しており、レーザー工学への貢献が多大である。

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。