

Title	広帯域レーザー光のチャープパルス増幅に関する新手法開発とコンパクト化の研究
Author(s)	荻野, 純平
Citation	大阪大学, 2015, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/53961
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

論文内容の要旨

氏 名 (荻 野 純 平)

論文題名 広帯域レーザー光のチャープパルス増幅に関する新手法開発とコンパクト化の研究

論文内容の要旨

本論文は、著者が大阪大学大学院工学研究科博士後期課程において行った「広帯域レーザー光のチャープパルス増幅に関する新手法開発とコンパクト化の研究」の成果をまとめたものである。

高出力超短パルスレーザーは科学技術・学術の新領域を開拓するための有力な手段であり、その技術革新によって超高速光科学、バイオ科学、レーザー加工などの分野に応用範囲が拡大しつつある。超短パルスレーザーの多くはチャープパルス増幅を利用しており、この増幅方式に新たな手法を導入して高性能・コンパクトな超短パルスレーザー技術を開発すれば、上記の学術、産業分野のさらなる進展に資することができると考えられる。

著者は、高強度の超短パルスレーザーを実現するための課題を明らかにした上で、コンパクト化を念頭に、より簡便な構成の増幅器の開発を行った。そのために着目したものは、光ファイバー増幅器と光パラメトリック増幅である。特に後者では、レーザー光の時間的・空間的制御を含む独自の増幅技術の開発に注力した。本論文はこれらの成果をまとめたものであり、以下のように全6章で構成されている。

第1章は緒論であり、研究背景に基づき本研究の位置づけを述べる。

第2章では、本研究の基盤となる広帯域パルスの周波数スペクトルと位相特性を概観し、典型的な増幅手法であるチャープパルス増幅と光パラメトリック増幅の概要をまとめ、パルスの評価に不可欠な測定技術について述べた。

第3章では、広帯域パルスの光パラメトリックチャープパルス増幅器 (OPCPA) の励起光源として有望な、Yb 添加光ファイバー増幅器の開発について述べた。特に、光ファイバー増幅器で問題となる自然放出光増幅を抑制した多段増幅システムの構成方法を明らかにし、高コントラストのルス出力を達成した。さらに、フォトニック結晶ファイバーを再生増幅器に組み込むことによってシステムの大幅なコンパクト化が可能であることを示した。

第4章では、OPCPA励起光源の高出力化の方法として、誘導ブリルアン散乱を用いたナノ秒からサブナノ秒へのパルス圧縮の利用を考案した。市販 Nd:YAG レーザーの2倍高調波パルスを圧縮して、パルス幅 400 ps、パルスエネルギー 35 mJ を達成し、これを励起源としてサブナノ秒領域のOPCPAが簡便に行うことができることを実証した。

第5章では、従来のチャープパルス増幅方式に代わる新たな手法として、時間・空間分散光パラメトリック増幅を提案した。この手法は、回折格子対とアフォーカルレンズ対で構成される4f光学系のフーリエ面近傍において光パラメトリック増幅を行うものである。フェムト秒パルスのフーリエ面でのピコ秒時間伸長特性を明らかにし、それに基づき設計・構築した実験系を用いてフーリエ面近傍での2段光パラメトリック増幅を実証した。さらに、出射側回折格子の損傷を回避する手法として、分散を補償しつつ4f光学系内部でビームを拡大することを新たに提案し、その原理実証を行った。

第6章では、得られた成果をまとめて本論文を総括し、開発した技術を集約してコンパクトな超短パルス高強度レーザーを実現するためのシステムを提案した。

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (荻野 純平)	
	(職) 氏 名
論文審査担当者	主 査 教 授 宮永 憲明
	副 査 教 授 尾崎 雅則
	副 査 教 授 西村 博明
	副 査 准教授 河仲 準二
	副 査 教 授 伊藤 利道
	副 査 教 授 森 勇介
	副 査 教 授 片山 光浩
	副 査 教 授 栖原 敏明
	副 査 教 授 近藤 正彦
	副 査 教 授 森 伸也
	副 査 教 授 八木 哲也

論文審査の結果の要旨

本論文は、広帯域レーザー光のチャープパルス増幅に関する新手法開発とコンパクト化の研究についての成果をまとめたものであり、以下の6章より構成されている。

第1章は緒論であり、研究背景に基づき本論文の目的と位置づけを明らかにしている。

第2章では、本論文の基盤となる広帯域パルスの周波数スペクトルと位相特性、チャープパルス増幅（CPA）及び光パラメトリック増幅（OPA）の概要をまとめ、パルスの評価に不可欠な測定技術についても述べている。

第3章では、Yb添加光ファイバーレーザーを用いた光パラメトリックチャープパルス増幅器（OPCPA）の励起光源について述べている。単一モード、Large mode area、及びフォトニック結晶ファイバー（PCF）を用いた全ファイバー型増幅器について、自然放出増幅光の抑制手法を明らかにし、高パルスコントラスト、高安定、高ビーム品質のもとで1.46 mJの世界最大級のパルスエネルギーを達成している。さらに、PCFを用いた再生増幅器によって大幅なコンパクト化を行い、同種の再生増幅器としては世界最大のパルスエネルギー257 μJ を達成している。

第4章では、OPCPA 励起光源の高ピーク化の方法として、誘導ブリルアン散乱（SBS）を用いたパルス圧縮の利用を提案し、QスイッチNd:YAGレーザーの2倍高調波のパルス幅を4 nsから0.4 nsに75%の効率で圧縮し、パルスエネルギー35 mJを達成している。そして、このSBS圧縮パルスを励起光源に用いることで、サブナノ秒領域のOPCPA が簡便に行うことができることを初めて実証している。

第5章では、CPA方式に代わる新たな手法として、時間・空間分散OPAを提案している。この手法は、回折格子対とアフォーカルレンズ対で構成される4-f光学系のフーリエ面近傍においてOPAを行うものであり、増幅システムの大幅なコンパクト化が可能である。フェムト秒パルスのフーリエ面近傍でのピコ秒時間伸長特性を明らかにし、設計・構築した実験系を用いて時間・空間分散光の2段OPAを初めて実証している。さらに、出射側回折格子の損傷を回避するために、分散を補償しつつ4-f光学系内部でビームを拡大する手法を実証している。

第6章では、第2章から第5章において得られた成果をまとめて本論文を総括し、開発した技術を集約してコンパクトな超短パルス高強度レーザーを実現するためのシステムを提案している。

以上のように、本論文では、OPA及びOPCPAのための簡便な励起光源を開発し、また、CPAやOPCPAに代わる新しい増幅手法として時間・空間分散OPAを実証し、次世代の超短パルス高強度レーザーのコンパクト化や高性能化に大きく寄与する知見を得ている。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。