

Title	Research on the generation and power scaling of ultrashort laser pulses
Author(s)	栗田, 隆史
Citation	大阪大学, 2013, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/59943">https://hdl.handle.net/11094/59943</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈/a〉</a> をご参照ください。

***Osaka University Knowledge Archive : OUKA***

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

Osaka University

氏名	栗田隆史
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 26234 号
学位授与年月日	平成 25 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 工学研究科電気電子情報工学専攻
学位論文名	Research on the generation and power scaling of ultrashort laser pulses (超短パルスレーザーの発生とパワースケーリングに関する研究)
論文審査委員	(主査) 教授 宮永 憲明 (副査) 教授 森 勇介 教授 尾崎 雅則 教授 栖原 敏明 教授 西村 博明 准教授 河沖 準二 教授 伊藤 利道 教授 片山 光浩 教授 近藤 正彦 教授 大森 裕 教授 八木 哲也

## 論文内容の要旨

In this work, power scaling for solid-state lasers and pulse shortening of ytterbium (Yb)-doped fiber lasers were pursued. In addition, a new amplification scheme, spatiotemporally dispersed pulse amplification (STDPA) of an ultrashort laser pulse, was implemented in a diode-pumped Nd:glass laser system.

First, a new approach in producing further increases in laser output was examined. Beam combining using optical parametric amplification (OPA), which may enable the generation of exawatt peak power in future, was demonstrated. Regardless of the phase state of the pump beams, it was demonstrated that the beam quality of the amplified signal beam was kept to be nearly diffraction limited.

Second, the potential of further shortening of the pulse duration obtained from an Yb-fiber oscillator was investigated. To extend the available spectral range from an Yb-fiber oscillator, laser diodes emitting at 915 nm were implemented as a pump source. Spectral ranges as broad as 140 nm, spanning from 950 nm to 1090 nm, was successfully generated and compressed in time domain to a 21.6-fs pulse duration. This result showed the shortest pulse duration and the broadest spectrum ever achieved by an Yb-fiber oscillator.

Third, and last, a successful demonstration of multi-pass STDPA was performed using a diode-pumped Nd:glass zigzag slab amplifier. The input pulses, spatially dispersed by a first grating, were amplified and the output pulses were synthesized by a second grating. As a result, a 0.32- $\mu$ J energy pulse of 520-fs pulse duration was obtained. This scheme modified to adopt OPA instead of solid-state laser amplifiers showed the potential of further increase of peak power of ultrashort laser pulses.

## 論文審査の結果の要旨

本論文では、高エネルギー出力の超短パルスレーザー開発に向けた概念設計と具体的な技術指針としてのフェムト秒発振器と増幅技術について論じており、以下の5章より構成されている。

第1章では、本研究の背景を述べ、レーザーの高出力化に関する本論文の目的と意義を明らかにしている。

第2章では、レーザー高出力化の方法として多ビーム結合を取り上げ、ヘテロダイン検波に基づく位相差計測とフィードバック制御を用いて、2ビームのコヒーレント結合を実証している。さらに、位相差検出が不要で簡便かつ独創的な方法として、多ビームアレイ励起の光パラメトリック増幅を提案している。この手法は、光パラメトリック過程において励起光位相のランダムさはアイドラー光のそれに受け渡されることを利用しており、励起光の空間的位相分布にかかわらず信号光のビーム品質を保存したまま増幅できることを実証している。

第3章では、非線形偏波回転を用いた半導体レーザー励起 Yb 添加ファイバーモード同期発振器を作製し、その高性能化を図っている。まず、発振器を構成する素子の分散を実測し、光ファイバー長を最適化して共振器内部の群速度分散を低減し、さらに共振器の3次分散を自己位相変調に起因する3次分散で打ち消すことによって、サイドローブが極めて小さい 29.4fs パルスを発生させている。さらに、励起波長を通常の 975nm 帯から 915nm 帯に改良することによって、950nm～1090nm の発振帯域を実現し、Yb ファイバーでは世界最短パルスである 21.6fs を得ている。

第4章では、回折格子対と凸レンズ対からなる 4f 光学系において、フーリエ変換面に分散された周波数成分の時間幅が周波数分解能の逆程度まで伸長されることに着目し、時間空間分散レーザー光の増幅を提案している。フーリエ変換面に Nd ガラス増幅器を配置して同方式の原理実証実験を行い、スペクトル狭帯域化を抑制しつつ 520fs の出力パルスを得ている。さらに、この手法を光パラメトリック増幅と組み合わせ、第2章の多ビームアレイ励起の光パラメトリック増幅、第3章のフェムト秒種光源技術を用いて、数 10TW～数 10PW のレーザーシステムが構築できる可能性を示している。

第5章では、第2章から第4章で得られた結果を総括し、本論文の結論としている。

以上のように、本論文は世界最短パルスの Yb ファイバーフェムト秒発振器、従来のチャープパルス増幅に代わる新しい手法としての時間空間分散レーザー光の増幅、コヒーレントビーム結合の概念を拡張した多ビーム励起の光パラメトリック増幅を実証し、次世代の超短パルス高出力レーザー開発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。