

<p>< 1 - 1 > LD を用いた高強度フェムト秒レーザーの開発 サブテーマ名： <1-1-b>フェムト秒レーザーの開発 小テーマ名： チタンサファイアレーザーBの開発（フェーズ）</p>
<p>サブテマリーダー：光科学技術研究振興財団 コア研究室 研究リーダー 岡田康光 研究従事者：光科学技術研究振興財団 コア研究室 研究員 松岡伸一、中野文彦、吉井健裕、佐藤方俊、玉置善紀、伊山功一、加藤義則、王ゆう</p>
<p>研究の概要、新規性及び目標</p> <p>研究の概要 レーザーB（ピーク出力0.1TW、繰り返し周波数1kHz、パルス幅100fs）の開発を行った。目標値を達成する為にパルス伸長器でパルス幅を広げた後、再生増幅器、前置増幅器、主増幅器の3台の増幅器を用い増幅を行い、パルス圧縮器を用いてパルスの再圧縮を行った。</p> <p>研究の独自性・新規性 同クラスの製品との比較では、同程度のパルスエネルギーの場合、繰り返しが1桁高く、同程度の繰り返しではパルスエネルギーが2倍と高出力である。</p> <p>研究の目標 ピーク出力0.1TW、繰り返し1kHzのチタンサファイアレーザーシステムの開発。</p>
<p>研究の進め方及び進捗状況</p> <p>レーザーB（ピーク出力0.1TW、繰り返し周波数1kHz、パルス幅100fs）の開発について記述する。また完成したレーザーを用い加工実験を行った。開発手順は以下の通りである。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.パルス伸長器の構築 本システムの発振器にはチタンサファイア発振器（パルス幅<40fs、中心波長793nm、出力220mW、繰り返し83MHz）を用い、パルス伸長器には溝本数1200本/mmのグレーティングを用いた。このパルス伸長器を透過することによりパルス幅は390ps程度までチャープされることとなる。 2.再生増幅器の構築 再生増幅器の構築を行った。8.5Wのグリーンレーザーで励起を行った際、1.3Wの出力が得られた。 3.前置増幅器の構築 前置増幅器の構成を行った。チタンサファイア結晶は増幅過程における熱レンズ効果を考慮し、クライオスタット（仏国Amplitude社製）を用い冷却した。 増幅の結果、14.4W励起の時に7.0Wの出力を得ることができ、この時の利得は6倍であった。 4.主増幅器の構築 主増幅器の構成も前置増幅器と同様にチタンサファイア結晶は増幅過程における熱レンズ効果を考慮し、クライオスタット（仏国Amplitude社製）を用い冷却した。 結果、33.2W励起の時に17.3Wの出力を得ることができ、この時の利得は3倍であった。また増幅後のビームパターンも前置増幅器と比較すると若干悪化したものの良好なものであった。 5.パルス圧縮器の構築 パルス圧縮器を構築し、パルス圧縮試験を行った。グレーティングには格子間隔が1200本/mmのものを用いた。パルス幅の測定には自作のオートコリレータを用いており、自己相関波形と光路差からパルス幅を算出した。 パルス圧縮の結果、自己相関波形から算出したパルス幅は100fsであった。また、パルス圧縮器後の平均出力10.1Wが得られ、ピーク出力0.1TWを達成した。 6.ビーム品質評価 ビームの品質を評価するためにM²値の測定を行った。測定はパルス圧縮器後のビームをレンズを用い集光し、焦点付近のビーム径を測定し算出した。 測定の結果、M²値はX軸方向に2.1、Y軸方向に1.8という結果が得られた。 7.装置の小型化 装置の小型化を目標に発振器をファイバーレーザー（パルス幅88fs、中心波長785nm、出力20mW、繰り返し47.7MHz）に交換した。この際、装置の小型化の為、パルス伸長器及びパルス圧縮器に用いているグレーティングを格子間隔2000本/mmに変更した。 上記の変更を行った後、パルス伸長器で495psまでチャープし再度増幅試験及びパルス圧縮試験を行った。この結果、各増幅器での出力は再生増幅器で1.2W、前置増幅器で7W、主増幅器で17.7Wまで増幅でき、パルス圧縮器後で11.3Wであった。しかし、パルス圧縮を行ったがファイバーレーザーを用いた場合、最短で236fsまでしか圧縮できず、最終的なピーク強度は0.05TWまで

しか得られなかった。

8. 加工実験

レーザーB（発振器はファイバーレーザーを使用）を用い金属の穴加工実験を行った。レンズを用いて金属薄板の表面にレーザービームを集光した。露光時間は長くなると、穴の「壁」に吸収されるレーザーのエネルギーが増加するため、穴の壁が溶け始め、露光時間の増長と共に穴径が小さくなる傾向が確認できた。また、レーザーアブレーション特性により穴の深さ方向での加工穴形状はテーパ状になった。

主な成果

具体的な成果内容：

レーザーB（繰り返し周波数1kHz、ピーク出力0.1TW、パルス幅100fs）の開発に成功した。目標達成時の性能はパルス幅100fs、平均出力10.1Wであり、ビーム品質を評価した結果、M²値はX軸方向に2.1、Y軸方向に1.8であった。

特許件数：0件 論文数：0件 口頭発表件数：0件 プレス発表：1件

研究成果に関する評価

1 国内外における水準との対比

市販のTi:Sapphireレーザーとの比較を以下に示す。表からもわかるように同程度の繰り返しのレーザーシステムと比較するとパルスエネルギーが4倍程度と高出力である。

	目標値	現状	Spectra-Physics 社	COHERENT 社
			Spitfire 40F-HPR	Legend-USP 高エネルギー
繰り返し周波数	1kHz	1kHz	1kHz	1kHz
パルス幅	100fs	100fs	<40fs	<40fs
パルス出力	10mJ	10mJ	>2.0mJ	>2.5mJ
ピーク出力	0.1TW	0.1TW	>0.05TW	>0.06TW
M ² 値	-	2.0	<1.5	<1.5

2 実用化に向けた波及効果

世界レベルの性能を国産の半導体レーザーを用いた全固体フェムト秒レーザーとして達成した。フェムト秒領域のレーザー技術及び光計測・制御技術が融合化してフェムト秒レーザーシステムを普及させ、非熱的加工用などとして加工、医療、農業などの分野で様々な応用展開が予想され波及効果が大きい。

残された課題と対応方針について

特になし。

	J S T 負担分 (千円)							地域負担分 (千円)							合 計
	H 12	H 13	H 14	H 15	H 16	H 17	小計	H 12	H 13	H 14	H 15	H 16	H 17	小計	
人件費	0	0	0	1,475	2,033	2,531	6,039	0	0	0	924	909	1,416	3,249	9,288
設備費	0	0	0	14,280	7,668	1,789	23,737	0	0	0	0	0	0	0	23,737
その他研究費 (消耗品費、材料費等)	0	0	0	23,939	24,011	6,296	54,246	0	0	0	0	0	0	0	54,246
旅費	0	0	0	57	91	11	159	0	0	0	0	0	0	0	159
その他	0	0	0	345	456	731	1,532	0	0	0	0	0	0	0	1,532
小 計	0	0	0	40,096	34,259	11,358	85,713	0	0	0	924	909	1,416	3,249	88,962

代表的な設備名と仕様 [既存 (事業開始前) の設備含む]

J S T 負担による設備：ポッケルスセル、循環冷却装置、ファイバーレーザー、オシロスコープ、パワーメーター

地域負担による設備：光学除振台、循環冷却装置、クリーンブース