

<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-a>YAG レーザーの開発 小テーマ名： Ti:sapphire 励起用 CW グリーンレーザーの開発 (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、玉置善紀、伊山功一</p>
<p>研究の概要、新規性及び目標 研究の概要 高強度フェムト秒レーザーの開発において、Ti:sapphire 励起用の CW LD 励起 Nd:YAG レーザーを安定発振出力するための開発が重要である。本研究開発では 2 倍波(波長：532nm)で CW 発振を行うので、波長変換素子(LBO 結晶)を共振器内部に配置した内部共振器型のシステムとなっている。</p> <p>研究の独自性・新規性 3方向均一側面励起を行なうことで、熱複屈折の低減を図りTi:sapphireを励起する際に必要となる高いビーム品質を達成することを可能とする。</p> <p>研究の目標 Ti:Sapphire の励起に必要な、出力 3W 以上、ビーム品質を表す M^2 値 2 以下および規格化ピーク強度安定性(CCD パターンのピーク強度安定性) 0.4%rms を目標とする。</p>
<p>研究の進め方及び進捗状況 1. CWレーザーの構築 レーザー媒質にNd:YAGを用いて、これを3方向から均一励起を行なっているか測定を行なう。次に、本研究開発は内部波長変換型CWグリーンレーザーシステム構築にあるので、波長変換を行なう前の基本となるレーザー光、波長1064nmの安定かつ高出力のCWレーザーを構築した。目標値として、10W以上の基本波出力に対して、出力13.3W・規格化ピーク強度安定性$\pm 1.002\%$・ビーム品質は回折限界値$M^2 = 1$に対して、$M^2 < 1.5$という高いビーム品質を達成した。</p> <p>2. 2倍波変換システムの構築 ・L型共振器内部波長変換CWグリーンレーザーシステムの構築 実験の結果、LD レーザー入力電流 16.4A (励起入力 136.7W)時に、1.42W のグリーン光が得られた。また、LBO 結晶を Type- (結晶サイズ $4 \times 4 \times 20\text{mm}^3$)から Type- (結晶サイズ $4 \times 4 \times 15\text{mm}^3$)にすることで、LD レーザー18.2A(励起入力 172.6W)時に 3.43W の 2 倍波出力が得られた。この際の発振ビームパターンは、楕円形になっておりビーム品質が悪く、ビーム強度安定性も CCD カメラで観測を行うと非常に不安定であった。これは、発振する波長 1064nm のレーザー光がランダム偏光になっており、反射ミラーが 45° なので、縦偏光(S 偏光)と横偏光(P 偏光)での反射率が若干異なることから、不安定要因を引き起こしていると考えられる。</p> <p>・Z型共振器内部波長変換CWグリーンレーザーシステムの構築 次に、共振器内部に設置した 45° 反射ミラーにおいて、異なる偏光によって生じる反射率の差は、反射ミラーを 0° に近づけることによって改善出来る。これにより、Z 型共振器による CW グリーンレーザーシステムの構成を行なった。LD 入力電流 17.6A(励起入力 160.6W)時に波長 1064nm では 21.2W の安定発振が得られた。この時の規格化ピーク強度安定性は$\pm 2.0\%$であった。次に共振器内に LBO 結晶の Type- を設置し、CW グリーンレーザー光出力の実験を行った。その結果、LD 入力電流 17.5A(励起入力 158.6W)時に、4.7W の 2 倍波出力が得られた。同時にビーム品質を表す M^2 値の測定も行い、X 軸 1.3、Y 軸 1.4 の結果が得られた。しかし規格化ピーク強度安定性は、$\pm 1.4\%$rms (2 倍波出力 4.78W)である。従って、安定性の更なる改善を行なうことが要求される。発振不安定性を招く原因として、熱複屈折効果がある。この効果によって偏光が回転すると、r 偏光から 偏光へ又は 偏光から r 偏光へ移行する成分が生じ、これが安定性の劣化を招くと考えられる。従って、安定動作領域の幅を広くすると共に、安定性の改善を図るためには、基本モード径を小さくするのに伴いロッド径をなるべく小さくし、かつ熱複屈折の補償が不可欠であると考えられる。</p> <p>・小径シングルロッドによる V 字型内部波長変換 CW グリーンレーザーシステムの構築 次に更なる安定性と高いビーム品質を得るためにNd:YAGのロッドを3mm から2mm に変更し、シングルロッドによるV字型共振器CWグリーンレーザーシステムの構築を行なった。この構成により波長1064nmではピークレスポンスを$\pm 0.44\%$まで改善することが出来た。この時の回折限界値を示すビーム品質 M^2値は1.64×1.72と求まった。CWグリーン出力を得るべく波長変換結晶KTP(Type II)をビームウェスト位置に設置し、2倍波変換を行った。結果、3.11WのCWグリーン出力を得</p>

たが、KTPの設定温度において±1 以上の温度振れ幅があったため出力が不安定になるという結果を得た。

・タンデムロッド型内部波長変換CWグリーンレーザーシステムの構築

次に発振安定性の改善を図るため、レーザー媒質のロッド径をなるべく小さくし、ロッド内で生じる熱複屈折効果の補償が可能な 90°ローテーターを用いたタンデムロッド共振器構成を用いた。そこで、ロッド径を 3mm から 2mm に変更した構成としシステム構築を行なった。

結果、共振器の O.C.の反射率を 60%として基本波出力は 7.5W ~ 31.5W を出力した。非対称型共振器構成では、ピークレスポンスが最小で±0.93%となったが、集光点以後において TEM₀₀ モードで発振することが出来なかった。また共振器長を同距離とする対称共振器構成では、ピークレスポンス±1.771%、M² 値 2.2×2.2 となり改善できなかった。これを集光器ごとに電流値を制御することで、基本波(波長 1063nm)出力 16.7Wの時に規格化ピーク強度安定性は±1.22%まで改善した。2 倍波変換においてはパターンは TEM₀₀ モードでは無かったが楕円形のビームパターンで、2 倍波(波長 532nm)出力 2.66W を得た。またその時の規格化ピーク強度安定性は±1.54%を得た。出力は初号機電流値 28A・弐号機電流値 29A の時に、最大 3.2W の 2 倍波出力を得た。

主な成果

具体的な成果内容：

Z型内部波長変換CWグリーンレーザーシステムにおいて、CWグリーン出力4.78W・回折限界を示す M²値は1.4を、ピーク強度安定性は±1.4%rmsを得た。

特許件数：0件

論文数：0件

口頭発表件数：0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

レーザーヘッド体積は、ほぼ同等の大きさである。側面励起方式CWグリーンレーザーでは世界トップレベルの回折限界に近い、高いビーム品質を得た。

2 実用化に向けた波及効果

Ti:sapphire発振器の励起光源に限らず、各種欠陥計測や溶接への応用が考えられる。

残された課題と対応方針について

5Wクラスを越えるCWグリーン出力と高い出力安定性を確保するために、熱複屈折による不安定発振を取り除くために、最適な励起出力と更なる均一励起を目指す必要がある。

	J S T 負担分 (千円)							地域負担分 (千円)							合計
	H12	H13	H14	H15	H16	H17	小計	H12	H13	H14	H15	H16	H17	小計	
人件費	100	503	565	0	0	0	1,168	100	503	565	0	0	0	1,168	2,336
設備費	4,988	3,458	2,900	0	0	0	11,346	0	0	0	0	0	0	0	11,346
その他研究費 (消耗品費、材料費等)	621	27,466	1,436	0	0	0	29,523	0	0	0	0	0	0	0	29,523
旅費	0	63	43	0	0	0	106	0	0	0	0	0	0	0	106
その他	53	147	365	0	0	0	565	0	0	0	0	0	0	0	565
小計	5,762	31,637	5,309	0	0	0	42,708	100	503	565	0	0	0	1,168	43,876

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：ビームビューアナライザ、LD電源、循環型冷却装置

地域負担による設備：