

< 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： 連続発振Nd:GdVO₄レーザーの開発 (フェーズ)

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 玉置善紀

研究の概要、新規性及び目標

研究の概要

Ti:sapphire発振器を励起する装置として、安定かつ高出力で運転することが、高強度フェムト秒レーザーの開発にとって重要な課題となる。そこで高出力かつ高安定・高いビーム品質を実現するべく端面励起によるCWグリーンレーザー開発を可能とするレーザー媒質、Nd:GdVO₄を用いたCWグリーンレーザーの研究を行なう。このテーマは大学共同利用機関 法人自然科学研究機構 分子科学研究所 平等拓範助教授の研究グループと浜松ホトニクス株式会社などによる共同研究の成果(平成14~16年 科学技術振興調整費)をベースに、光学定盤上で得られた実験室レベルの特性を、実用化に向けて、可搬型の独立した小型ヘッドで実現するため実施した。

研究の独自性・新規性

従来市販されてきたCWグリーンレーザーと比較して、熱特性に優れたレーザー媒質Nd:GdVO₄を用いることで高出力かつ小型化及び、完全空冷を目指す。

研究の目標

波長532nm・出力5W・出力安定性(2時間) ±1%以下・規格化ピークレスポンス ±0.5%rms以下・ビーム角度安定性(ポインティングスタビリティ)10 μ rad以下

研究の進め方及び進捗状況

1. ファイバークップリング空冷制御LDについて

レーザー媒質は媒質ごとに異なる励起光吸収帯域を有している。このレーザー媒質 Nd:GdVO₄は吸収帯域として波長 808nm に吸収帯域を持ち、この波長を中心として 4nm 以上の帯域を有する。どの波長帯域を中心とし励起を行なうと効率良く励起エネルギーが吸収され、レーザー発振出力に寄与するか計算を行なった。計算の結果、励起の中心波長が 808nm から -2nm ずれると吸収割合は 70% にまで落ち込んでしまう事が分かった。しかし吸収波長に合致する波長域では 90% 以上の吸収割合を保てる事が分かった。ペルチェ冷却型空冷ファイバークップリング LD の仕様は、中心波長が 806nm ~ 808nm で励起波長の調節が可能となっている。また、レーザー媒質を励起する際重要なパラメータである波長幅は、1.0nm ~ 2.1nm で発振していることも確認した。また、出力は LD 運転電流推奨値内では 1.27W ~ 17.8W まで出力可能であることを確認した。これはレーザー媒質の Nd:GdVO₄ を励起する上で効率良く励起することの出来る値であることが分かった。

2. 光学定盤上での端面励起型内部共振器 2 倍波変換

2 倍波変換出力において 4.34W を得た。これは、LD 電流 34A という高い光入力領域で共振器を調整することで Ti:Sapphire 発振器を励起するのに必要とされる 4W 以上の 2 倍波変換出力を得たことになる。この 2 倍波変換出力を 4W 程度に調整をして、SESAM をもちいた Ti:sapphire 発振器に導光して励起を行なった。その際、モード同期光出力は、約 15mW を得て繰り返し周波数は 101MHz を得た。

3. 小型筐体 CW グリーンレーザー発振に向けて

光学定盤上では球面レンズを用いて励起していたが、小型化のためには大きな励起光学筐体となる事と安定性に欠けるので、非球面レンズを用いた励起光学系を励起手段として採用し開発を行なった。これにより、光学定盤上においてよりも少ない光入力で、同等の基本波出力 8W を得た(スロープ効率が 47% から 57% に上昇)。Type CPM LBO を用いて内部波長変換を行ない、LD 入力 15.8W および基本波出力(波長 1063nm) 8W の状態において 2 倍波変換出力(波長 532nm の出力) 4.21W を得た。これにより、励起光から 2 倍波変換出力への変換効率は 27%、基本波から 2 倍波変換出力への変換効率は 56% を得た。また、Ti:sapphire 発振器を励起する際、重要な指標となるビーム角度安定性は < 8 μ rad (目標値 < 10 μ rad)・長時間ビーム強度安定性 ±1.1% (目標値 < ±1%)・電源投入 20 分後の長時間出力安定性 ±0.44% (目標値 < ±0.5%) という測定結果を得た(2 倍波変換出力 4.1W で)。

4. 光学素子固定に既製品マウントを用いた小型筐体開発について

次に、既製品マウントを用いた小型筐体 CW グリーンレーザー開発を行なった。ファイバー端からの励起光をレーザー媒質に入射させたり、入射させなかったりすることで出力再現性が取れなくなった。原因の一つとして、共振器プレートの制御温度が 2 近くずれると調整済みの光学素子マウントが温度歪みでずれてしまうことが挙げられる。そこで共振器調整無しでは再現を果たさなくなる小型筐体を、温度擾乱に大きく影響を受けない小型筐体とする開発を行った。開発の結果、環境

温度を約 1.7 変化させ且つ、プレート制御温度を 3.5 上下させても、波長 1063nm 出力において立ち上げ 10 分後から測定終了の 3 時間後までで $\pm 0.469\%$ rms という高い長期出力安定性を達成した。

主な成果
 具体的な成果内容：
 ・光学定盤上にて4.34Wの出力を達成。Ti:sapphire発振器を励起、モードロックを確認。繰り返し周波数101MHzを測定。
 ・試作した小型筐体(レーザーヘッドサイズ130mm×71mm×56mm)で波長532nmでの出力において4W以上・ビーム角度安定性は $< 8\mu\text{rad}$ (目標値 $< 10\mu\text{rad}$)・短時間ビーム強度安定性 $\pm 0.62\%$ (目標値 $< \pm 1\%$)・電源投入20分後の長時間出力安定性 $\pm 0.44\%$ (目標値 $< \pm 0.5\%$)という測定結果を得た。
 ・試作した既製品マウントを使用した小型筐体で波長1063nmでの出力安定性を $\pm 0.469\%$ rms達成。またこの結果、プレート温度の影響を受けにくい構造とした。
 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
 同じクラスの出力の市販品のヘッド体積と比較して、開発したCWグリーンレーザー小型筐体のレーザーヘッド体積は約10分の1を実現。
 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、各種欠陥計測や次世代ディスプレイ光源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
 製品化をするべく、更なる長時間安定性や高性能化を果たすべく、励起光源の最適化や制御部の高精度化を計ることを検討中である。

	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	0	508	316	824	0	0	0	0	227	177	404	1,228
設備費	0	0	0	0	1,397	106	1,503	0	0	0	0	0	0	0	1,503
その他研究費 (消耗品費、材料費等)	0	0	0	0	3,842	1,750	5,592	0	0	0	0	0	0	0	5,592
旅費	0	0	0	0	0	34	34	0	0	0	0	0	0	0	34
その他	0	0	0	0	372	605	977	0	0	0	0	0	0	0	977
小 計	0	0	0	0	6,119	2,811	8,930	0	0	0	0	227	177	404	9,334

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：CW半導体レーザー駆動装置、CWグリーンレーザー用共振器
 地域負担による設備：