

<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：： 微細加工レーザー装置の開発 （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、玉置善紀、 瀧口義浩、稲田晴彦</p>
<p>研究の概要、新規性及び目標</p> <p>研究の概要 半導体レーザー励起微細加工用Nd:YAGレーザーの開発を行った。レーザー加工を行う為に必要なビーム品質の向上、2倍波（波長：532nm）の高出力化及びビーム強度の安定化を目的とした。</p> <p>研究の独自性・新規性 ビーム品質向上・ビーム強度安定化の為に、共振器長安定化も可能とする光学定盤貼り付け型温度モニター付きヒーターの開発を新規導入すると共に、レーザー媒質のYAGロッドの水冷却時に発生する振動を低減する効果のある新方式の冷却フランジの開発。</p> <p>研究の目標 2倍波（波長：532nm）出力10W以上、パルス幅（全値半幅）30ns以下、長期出力安定性$\pm 2.0\%$rms以内、ビーム品質（M^2値）2以下。</p>
<p>研究の進め方及び進捗状況</p> <p>本研究は2倍波出力を用いて微細加工を行うことを目的としたレーザーシステムであるので、まず基本波出力の安定を目指した。開発手順は次の通りになっている。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 基本波CW発振 レーザー媒質への励起分布の均一化、共振器の光軸合わせ 2. 共振器長の最適化 YAGロッド端面から出力鏡までの距離を事前に計算から求められた最適値を基に微調整を行う。方法は出力鏡位置を任意に変更することで発振される基本波（波長：1064nm）強度安定性及びビーム位置安定性を最適化する実験を行った。 3. YAGロッド冷却方式を新方式に改善 現在YAGロッドの冷却方法として、水を循環させる方法を採用している。しかし、水が循環する際、Nd:YAGロッドに振動を与え、レーザー発振の不安定性を引き起こしていると考えられる。そこで、Nd:YAGロッドに直接振動を与えない構造の冷却ジャケット（スパイラル方式）を試作し、従来型との比較実験を行った。比較実験のレーザーは、発振波長が1064nmのパルス発振である。実験の結果、ピーク強度安定性は従来方式の冷却フランジに比べて4.36%rmsから3.08%rmsに、位置安定性はX位置変動で2.41rms%から0.99rms%、Y位置変動で1.40rms%から0.90rms%となった。新方式冷却フランジでのパルス波形安定性は平均したパルス波高値を100mVとした場合、5.3mV～8.0mVから3.6mV～4.0mVと安定化した。 4. 2倍波（波長：532nm）の最適化 レーザーシステムの周辺温度が変化することでレーザー共振器を構成する光学素子間の距離及び光学素子を支える固定器具が、光学定盤上に堅く固定しているにもかかわらず変化することが考えられる。測定の結果、環境温度が約2℃変化するだけで、基本波出力が約1.5W変化した。これは共振器が載る光学定盤が温度変化に対して膨張・収縮を起こすことが原因であると考えられる。そこで共振器長安定化の為に、光学定盤の下にフィルムヒーターを耐熱両面テープで張り合わせて温度制御できるように加工を行った。また、このフィルムヒーターを貼り付けることによってレーザー筐体外部の環境温度が変化しても、影響を受けにくくなった為に長時間安定性も向上する結果を得た。ウォームアップ30分後の短時間出力安定性は$\pm 1.43\%$となった。 5. 2倍波変換の長時間安定性 1～4の開発手順を踏まえて、2倍波変換を行い15時間の長時間安定性試験を行った。 主だったレーザー性能は、 2倍波平均出力13.05W、パルス幅（全値半幅）27ns、長時間安定性$\pm 1.09\%$rms、ビーム品質（M^2値）1.3×1.4

主な成果

具体的な成果内容：

開発したレーザーの性能は、2倍波平均出力13.05W、パルス幅（全値半幅）27ns、長期出力安定性±1.09%rms、ビーム品質（M²値）1.3×1.4であり目標を達成した。これは国産LDを用いた日本初の高出力高ビーム品質グリーンYAGレーザーである。

また、新たに新方式冷却フランジを開発することによって上記のレーザー性能を達成することが可能となった。

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

このたび開発した微細加工用レーザーは上記に示すように、国外で製造販売されている同様のパルスグリーンレーザーと比較しても、出力及び出力安定性は世界トップレベルであることがわかる。

名称	微細加工用レーザー	GATOR	CORONA	Q201-HD
メーカー	-	LAMBDA PHYSIK	COHERENT	LIGHTWAVE
発振波長(nm)	532	532	532	532
平均出力(W)	13.05	14	75	12.5
パルス幅(ns)	27	15	150	15
M ² 値	1.4	1.2	マルチ	1.2
繰り返し周波数(kHz)	5	10	10	5
出力安定性(%)	1.09(rms%)	2.5	1	1
幅(mm)	320	276	190	122.4
奥行き(mm)	550	360	640	697
高さ(mm)	210	209	134	86.1
体積(cm ³)	36960.0	20766.2	16294.4	7345.4

2 実用化に向けた波及効果

開発した本システムが実用化されるにあたり、高出力フェムト秒レーザーのTi:Sapphire発振器励起用CW発振Nd:YAGレーザーへの開発技術に発展していく効果が期待できる。また、産業界からは、鉄・非鉄・ダイヤモンド・超硬材・FRP・テフロンなどの切断・溶接加工や表面処理及び熱処理加工への要望がある。

残された課題と対応方針について

特になし。

	JST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	241	1,207	1,355	0	0	0	2,803	241	1,207	1,355	0	0	0	2,803	5,606
設備費	3,406	10,876	1,588	0	0	0	15,870	0	0	0	0	0	0	0	15,870
その他研究費 (消耗品費、 材料費等)	3,481	9,475	2,682	0	0	0	15,638	0	0	0	0	0	0	0	15,638
旅費	0	102	43	0	0	0	145	0	0	0	0	0	0	0	145
その他	53	146	411	0	0	0	610	0	0	0	0	0	0	0	610
小計	7,181	21,806	6,079	0	0	0	35,066	241	1,207	1,355	0	0	0	2,803	37,869

代表的な設備名と仕様 [既存 (事業開始前) の設備含む]

JST負担による設備：デジタルオシロスコープ、LD電源、循環冷却装置

地域負担による設備：