

Title	高出力全固体紫外レーザーの開発に関する研究
Author(s)	小島, 哲夫
Citation	大阪大学, 2000, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/42122
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"〉 大阪大学の博士論文について 〈/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	小 島 哲 夫
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 1 5 4 8 1 号
学 位 授 与 年 月 日	平成12年 3 月 24 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科電気工学専攻
学 位 論 文 名	高出力全固体紫外レーザーの開発に関する研究
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 佐々木孝友
	(副査) 教 授 松浦 虔士 教 授 熊谷 貞俊 教 授 辻 毅一郎 教 授 伊藤 利道 教 授 平尾 孝 教 授 山中 龍彦 教 授 中塚 正大

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、産業用途に用いるための高出力全固体紫外レーザーを構築することを目的とし、紫外レーザーの基本波を発生する固体レーザーのLD励起構成の開発から、第2高調波発生、および第4高調波発生までの全般にわたって行った研究成果をまとめており、以下の5章から構成されている。

第1章は序論であり、本論文に関連する研究分野について概説し、本研究の背景と目的を明らかにしている。

第2章では、全固体紫外レーザーの基本波を発生する固体レーザーの新しい励起構成を提案し、連続発振で側面励起として世界最高レベルの発振光スローブ効率52.2%を達成するとともに、固体レーザーロッド断面内でほぼ均一な励起強度分布を得ている。さらに、高ビーム品質化に伴う出力低下原因は、共振器ロスの増加によりまとめることができることを見出している。

第3章では、紫外レーザーとなる第4高調波の前段であるNd:YAGレーザーの第2高調波発生を連続発振で行い、複数の波長変換結晶を組み合わせることで高効率化に有効であることを実証している。また、高出力・安定動作のためには波長変換結晶におけるレーザービームの吸収を考慮した設計が必要であることを明らかにし、半導体レーザー励起連続発振固体グリーンレーザーにおける最高出力27.0Wを発生している。また、Qスイッチパルス内部共振器型第2高調波発生を行い、パルス波形の安定性が問題点となることを抽出している。さらに、内部共振器型第2高調波発生により1方向に発生するグリーンレーザー出力として世界最高レベルの平均出力152Wを発生している。

第4章では、まず、波長変換素子の第4高調波発生に関する基礎特性を評価し、CsLiB₆O₁₀結晶のバルクロス、実用的な損傷しきい値を明らかにしている。次に、高出力第4高調波発生を行い、CsLiB₆O₁₀結晶による波長変換効率は、入射グリーン平均強度とCsLiB₆O₁₀結晶長との積に対して相関関係があることを明らかにし、その原因は温度による位相不整合であることを初めて理論的に明らかにしている。さらに、その結果を基にして、全固体レーザーで世界最高の紫外出力20.5Wを発生している。

第5章では、研究全体の総括を行い、結論としている。

論文審査の結果の要旨

固体レーザーと非線形光学結晶の組み合わせにより得られる全固体紫外レーザーは、直接紫外光を発振する従来の気体レーザーに比べて装置の小型化、長寿命化が可能で、取り扱いが容易、維持費が安いといった利点を有している。従来の全固体紫外レーザーは、高出力化が試みられてきたが、平均出力10Wで出力向上の飽和傾向が見られ、また、繰り返し周波数が低いという問題もあったため、そのまま産業用途に適用することが難しく、より高繰り返しで高出力の紫外光を発生する全固体紫外レーザーの開発が望まれている。

本論文は、産業用途に用いるための固体レーザーの第4高調波を発生する高出力全固体紫外レーザーを構築することを目的とし、紫外レーザーの基本波を発生する固体レーザーのLD励起構成の開発から、第2高調波発生、および第4高調波発生までの全般にわたって行った研究成果をまとめている。新しい知見を以下に要約する。

- (1) 固体レーザーの励起構成として全反射導光・拡散光閉じ込め方式を用いた新たな半導体側面励起構成を提案し、世界最高レベルの発振光スロープ効率52.2%を達成するとともに、固体レーザーロッド断面内でほぼ均一な励起分布を得ることに成功している。
- (2) 共振器長を延長することにより固体レーザーの高ビーム品質化を行う際の出力低下原因は、回折ロスの増加が要因と考えられる共振器ロスの増加によるものであることを見出している。
- (3) Nd:YAGレーザーの内部共振器型第2高調波発生の高出力・安定動作のためには、波長変換結晶におけるレーザービームの吸収によるロスおよび熱レンズを考慮した設計が必要であることを明らかにするとともに、半導体レーザー励起連続発振固体グリーンレーザーにおける最高出力27.0Wの発生に成功している。
- (4) 内部共振器型第2高調波発生の高出力化において、パルス波形の安定性が問題点となることを抽出し、高出力紫外光発生のためには、単に出力の観測だけでなくパルス波形の観測が必須となることを見出すとともに、一方方向に発生するグリーンレーザー出力として世界最高レベルの平均出力152Wの発生に成功している。
- (5) CsLiB₆O₁₀ (CLBO) 結晶のバルクロスを中心に、実用的な損傷しきい値を明らかにし、CLBO結晶を用いた紫外レーザー設計のための指針を与えている。
- (6) CLBO結晶による第4高調波発生時の波長変換効率が入射グリーン平均強度とCLBO結晶長との積に対して相関関係があることを明らかにするとともに、その相関関係は温度による位相不整合が原因であることを初めて理論的に明らかにしている。
- (7) CLBO結晶を用いた高出力第4高調波発生を行い、全固体レーザーで世界最高の紫外出力20.5Wを10kHzという高繰り返しで発生することに成功している。

以上のように、本論文の研究では均一励起が可能な固体レーザーの新たな半導体レーザー励起構成の開発に成功し、それを用いて世界最高レベルの第2高調波出力を発生するとともに、全固体レーザーで世界最高の紫外出力の発生に成功している。また、高ビーム品質基本波発振時の出力低下原因、高出力内部共振器型第2高調波発生時の不安定性原因、およびCLBO結晶を用いた第4高調波発生時の変換効率低下原因を解明するなど、レーザー工学、非線形光学と産業の発展に貢献するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。