The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	ホウ酸系非線形光学結晶の高レーザー耐力化に関する研究
Author(s)	神村, 共住
Citation	大阪大学, 2000, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/42055
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、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

氏　　名	神　村　共　住（かみ むら とも すみ）
博士の専攻分野の名称	博　士（工　学）
学　位　記　番　号	第　15450　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	**ホウ酸系非線形光学結晶の高レーザー耐力化に関する研究**
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

高いフォトンエネルギーを有する紫外コヒーレント光源は、種々の物質との反応性・加工性に優れているため産業・医療分野への応用が期待されており、安定かつ長寿命の全固体紫外光源の開発が求められている。このため、波長変換用非線形光学結晶の内部及び表面のレーザー損傷性の高耐力化は、紫外光源開発にとって必須である。この論文は、紫外光発生用に重要なホウ酸系非線形光学結晶について、そのレーザー損傷高耐力について行った研究成果をまとめたもので、以下の6章より構成されている。

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観し、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に用いられるホウ酸系非線形光学結晶の波長変換特性についてまとめている。また、波長変換により高出力紫外光を発生させる場合の、レーザー損傷などの問題点を述べている。

第3章では、レーザー損傷のメカニズムについて、これまでに得られている知見を述べ、紫外用光学素子の内部及び表面のレーザー損傷高耐力化の指針を示している。

第4章では、結晶育成方法の改良によりセシウム・リチウム・ボレート（CLBO）の高品質化を行い、内部レーザー損傷耐力を向上させた結果について述べている。従来の育成方法では、不均一な溶液の攪拌が結晶の高品質化に問題であることを示している。その改善として、溶液内に白金製のプロペラを挿入、坩堝を回転させる新しい攪拌方法を開発している。次に、溶液の攪拌効果により温度分布を改善し、均一な成長速度で結晶を育成することに成功している。さらに、紫外光に対する内部レーザー損傷耐力の評価を行い、新しい攪拌方法で育成した結晶が従来の結晶に比べて約1.5倍の高い内部レーザー損傷耐力を有することを見出している。また、この結晶の転位密度は減少しており、損傷耐力向上と関係づけられることを見つけている。

第5章では、CLBO、イットリウム・カルシウム・オキシボレート（GdYCOB）及び石英ガラスについて、表面に埋没している研磨剤の除去とレーザー損傷耐力改善の結果について述べている。高周波（RF）プラズマ法とイオンビーム法でそれぞれ表面エッチングを行い、特にイオンビーム法ではビーム加速電圧の最適化を計ることで素子表面の品質を劣化させることなく短時間で研磨剤が除去できることを明らかにしている。さらに、紫外光に対する表面レーザー損傷耐力の評価を行い、研磨剤を除去した表面が高い損傷閾値および長い耐損傷寿命を有することを明らかにしている。

第6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光源は、従来のエキシマレーザーなどの気体レーザーに比べ装置の小型化、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。全固体紫外光源の中で用いられる波長変換用結晶としてはホウ酸系材料が紫外光発生に優れており、実用化が世界中で進められているが、耐レーザー損傷性や耐損傷寿命などに関して素子の信頼性にまだ課題を残すものが多く、その改善が望まれている。

本論文は、安定かつ長寿命の全固体紫外光源の開発を目的に、波長変換用ホウ酸系非線形光学結晶の内部及び表面の高レーザー損傷耐力化を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) 結晶育成溶液内に白金製のプロペラを挿入し、坩堝を回転させる新しい攪拌方法を開発し、粘性が高く攪拌が困難なCLBOの溶液攪拌に成功している。また、溶液の均一性と攪拌効果を調べ、新しい攪拌方法が従来に比べて優れていることを明らかにしている。

(2) 新しい攪拌方法を用いてCLBO結晶を育成した結果、従来の育成方法に比べて結晶性が向上し、レーザー損傷耐力が約1.5倍改善できることを明らかにしている。

(3) 新方法で育成した結晶では転位密度が減少しており、損傷耐力向上と関係していることを見出している。

(4) CLBO、GdYCOB結晶及び石英ガラス表面で、レーザー光吸収源となる研磨剤の埋没深さを二次イオン質量分析法で測定し、約60nm程度であることを見出している。

(5) RFプラズマを用いたエッチングでは、表面埋没研磨剤の除去が可能であるが、基板ホルダーにRF電力を印加するため、その不純物が試料表面に混入し、レーザー損傷耐力改善には問題があることを明らかにしている。

(6) イオンビーム法でビーム加速電圧の最適化を行うことにより、材料の表面状態を劣化させることなく研磨剤を除去できることを示している。また、ビームが照射される基板ホルダーの表面をCLBOガラスで製作することにより不純物の混入を防ぐことに成功している。

(7) 以上の改善によりイオンビーム法で表面研磨剤の除去を行った結果、約1.5倍の表面レーザー損傷耐力の改善に成功している。

以上のように、本論文の研究では紫外光発生用ホウ酸系非線形光学結晶CLBOについて新しい育成技術を開発し、結晶の高品質化を行うことにより内部レーザー損傷耐力の改善に成功している。また、CLBO、GdYCOB結晶、石英ガラス表面について表面に埋没している研磨剤をイオンビーム法で除去することにより、表面レーザー損傷耐力を大幅に改善できることを示している。今後、レーザー光源の高出力化、紫外域の短波長化が進められるなかで、レーザー損傷の問題はシステムの寿命を決める点で重要であり、これらの高レーザー損傷耐力化技術はレーザー産業の発展に大きく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。