



Title	紫外光発生用非線形光学結晶CsLiB6O10の育成とその応用に関する研究
Author(s)	西岡, 志行
Citation	大阪大学, 2005, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/45865
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	西岡志行
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第19516号
学位授与年月日	平成17年3月25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	紫外光発生用非線形光学結晶 $CsLiB_6O_{10}$ の育成とその応用に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 佐々木孝友 (副査) 教授 伊瀬敏史 教授 熊谷貞俊 教授 辻毅一郎 教授 伊藤利通 教授 杉野隆 教授 斗内政吉 教授 中塚正大 教授 西村博明

論文内容の要旨

本論文は、著者が全固体紫外レーザー光源用の安定かつ長寿命な波長変換素子の開発を目的として、CLBO結晶の高レーザー耐力化を行った研究成果についてまとめたものである。論文は、以下の7章により構成される。

本論文は、著者が大阪大学大学院工学研究科電気工学専攻博士後期課程において実施した、紫外光発生用非線形光学結晶 $CsLiB_6O_{10}$ の育成とその応用に関する研究の成果をまとめたものであり、以下の7章により構成される。

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あきらかにし、本研究の背景と目的を明らかにした。

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についてまとめた。特に $CsLiB_6O_{10}$ 結晶が紫外光発生に優れた特性を有していることについて述べた。

第3章では、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、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まとめた。

第4章では、溶液内に白金製のプロペラを挿入し、坩堝を回転させる溶液攪拌法について述べた。この育成法を用いることで高レーザー耐力を有する結晶が得られたことについて示した。また、内部レーザー損傷耐性に優れた結晶は、転位密度、耐水性、表面レーザー耐力、機械的強度、紫外光吸収特性に優れていることについてまとめた。

第5章では、これまで制御していなかった育成原料の準備方法について検討し、水溶による焼結体作成について述べた。この焼結体を育成に用いることで、高いレーザー損傷耐性を有する結晶が得られたことについて示した。

第6章では、CLBO結晶内部のOH基不純物が紫外光に対する特性に与える影響について述べた。結晶内部のOH基不純物を除去することで、紫外光の非線形吸収が抑制され、損傷耐性が向上したことについて示した。

第7章では、研究全体の総括を行い結論とした。

論文審査の結果の要旨

本研究論文は、全固体紫外レーザー光源用の安定かつ長寿命な波長変換素子の開発を目的として、紫外光発生用非線形光学結晶 $\text{CsLiB}_6\text{O}_{10}$ (CLBO) 結晶の高レーザー耐力化を行った結果について述べている。具体的には、結晶育成方法の改良により高品質化を行い、内部レーザー損傷耐力の向上を検討している。また、素子の動作環境について着目し、CLBO の内部に含まれる OH 基不純物を除去することで、さらなる損傷耐力の改善を行っている。得られた成果を以下に要約する。

- (1) 高粘性の溶液においても効果的に搅拌できる溶液搅拌法を適用することで、従来の CLBO 結晶の 1.5~1.8 倍の内部レーザー損傷閾値を有する結晶の育成に成功している。また、内部レーザー損傷閾値の異なる結晶を用いて様々な評価を行い、高い損傷閾値を有する結晶は、転位密度が低い、耐水性に優れている、表面損傷耐性が高い、機械的強度に優れており、高出力紫外光発生時に自己加熱が低減されるという結果が得られている。
- (2) 原料粉末を最初に水に溶かし、脱炭酸を行った後に蒸発乾固させる水溶液法という、これまでにない原料準備方法の確立に成功している。この方法を適用することで原料の組成の均一化及び脱炭酸が可能であり、X 線回折では CsB_3O_5 、 $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ などの異相の存在しない焼結体が得られることを示している。この原料を用いて育成することで、従来の約 2 倍の内部レーザー損傷閾値を有する結晶の育成に成功している。また、溶液搅拌法を用いて水溶液原料から育成することで、さらにレーザー損傷閾値の改善が可能であることを確認している。この原料を用いて育成を行っても、結晶に取り込まれる OH 基不純物の量は水を用いたにもかかわらず従来の原料から育成した結晶と同程度であることを赤外線吸収スペクトルにより確認している。原料準備方法によって残留溶液の固化の様子が異なることから、水溶液法の原料から得られた溶液はより結晶育成に適した状態である可能性を示している。
- (3) CLBO 結晶内部の OH 基不純物を除去することで、紫外光に対する特性の改善に成功している。結晶内部の OH 基不純物を除去する方法として、大気中での加熱を行っている。赤外吸収スペクトルの結果から、OH 基不純物は加熱後徐々に結晶から抜け出し、120 時間後に大気中の水分と平衡に達することを確認している。大気中での加熱により OH 基不純物を除去することで、紫外光に対する損傷閾値を加熱処理前の素子の約 1.35 倍に向上させることに成功している。また、高い強度の入射光に対する透過率が、加熱後徐々に向上することから OH 基が非線形吸収に影響を与えることを示している。さらに、乾燥雰囲気内で結晶を加熱することで、大気中での加熱に比べて OH 基不純物が除去可能であることを確認している。また、含有 OH 基濃度の異なる二つの素子を用いて紫外光を発生させたところ、大気中で予め 120 時間加熱した素子は加熱直後の素子に比べて内部損傷を生じることなく約 3 倍の出力が得られることを確認している。この結果は、素子を雰囲気置換セルに封入して室温で使用する際に、予め内部の OH 基不純物を除去してから封入すれば、従来よりさらに耐レーザー性を良く保つことが出来ることを示している。

以上のように、本論文は、紫外光発生用非線形光学結晶 CLBO に対し、育成方法の改善や素子の損傷閾値向上など、幅広い視点に立って研究を行った結果について述べたものである。これらの成果は CLBO を用いた全固体紫外レーザー光源の安定化及び長寿命化に対し期待できるものであり、レーザー産業の発展に大きく貢献する可能性が高い。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。