

Title	Development of new nonlinear optical crystals for ultraviolet light
Author(s)	胡, 章貴
Citation	大阪大学, 2001, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/42363
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	胡 章 貴
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 16230 号
学位授与年月日	平成13年3月23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	Development of new nonlinear optical crystals for ultraviolet light (紫外光発生用新非線形光学結晶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 教授 斗内 政吉 助教授 森 勇介

論文内容の要旨

本論文は、学位申請者が大阪大学工学研究科電気工学専攻電気材料・物性工学講座電気物性工学領域において実施した研究結果をまとめたものである。産業応用可能なコヒーレント紫外光源の構築を目的として、紫外光発生用新非線形光学結晶の材料開発、基礎物性の評価を行っており、論文は7章で構成されている。

第1章は序論であり、本論文に関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、酸化ホウ素と金属酸化物の組合わせを検討し、新結晶の探索を行った。その結果、新結晶として紫外光発生用 $K_2Al_2B_2O_7$ (KAB) を発見している。

第3章では、KAB結晶の構造を4軸X線回折構造解析で決定した。KABの構造は従来報告されている $Sr_2Be_2B_2O_7$ (SBBO) と類似であるが、層間の結合はSBBOより強く、結晶育成がより容易であることを示している。

第4章では、フラックス法を用いて結晶育成を行っている。厚さ2mmのKAB単結晶をTSSG (Top-Seeded Solution Growth) 法により得ている。さらに溶液の組成、粘性、蒸発性と育成温度の関係を調査した。また溶質の拡散を充分にするため、溶液の均一性を良くするための新方法であるMSSG (Modified Middle-Seeded Solution Growth) 法を採用している。その結果、初めて12mm×10mm×6.5mmという厚みのある結晶を得ている。KABの結晶育成の成功により、SBBOやその他類似の構造を持つ材料の育成上の問題を解決できる見通しをつけている。

第5章では、KABの線形および非線形光学特性を測定している。KABの吸収端は約180nmであり、複屈折率は0.074である。また結晶の光学的均一性は良好である。さらにKABは水に対して化学的に安定性が高く、良好な機械的特性を有していることを明らかにしている。ついでKABがNd:YAGレーザーの3倍波(355nm)、4倍波(266nm)、5倍波(213nm)発生に対し有望な結晶であることを見いだしている。

第6章では、KABに加え、新しい非ホウ酸系の非線形光学結晶 $Rb_2Be_2Si_2O_7$ (RBSO) を発見している。この結晶の構造はKABに類似である。炭酸ルビジウム-酸化ホウ素系フラックスから2mm×2mm×1mmの結晶を得ている。ベリリウム系材料が新しい紫外用非線形光学結晶としての可能性を有することを見いだしている。

第7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。ホウ酸系（ボレート系）非線形光学材料は、紫外光発生を念頭に置いて材料探索、特性評価、理論計算等が世界中で進められてきたが、必ずしも満足する波長変換特性を持つ結晶が得られておらず、また、量産性、加工性や素子の信頼性に課題を残す物が多く、現在もお新材料の開発が望まれている。本論文は、新しく見つけた紫外光発生用非線形光学結晶 $K_2Al_2B_2O_7$ (KAB) を産業用紫外光源用結晶として実用化させることを目標にし、材料開発を対象として行ってき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)酸化ホウ素と金属酸化物の組み合わせを検討し、新結晶の探索を行った。結果、新結晶として紫外光発生用 $K_2Al_2B_2O_7$ (KAB) を発見している。
- (2)KAB 結晶の構造を 4 軸 X 線回折構造解析で決定している。KAB の構造は従来報告されている $Sr_2Be_2B_2O_7$ (SBBO) と類似であるが、層間の結合は SBBO より強く、結晶育成がより容易であることを示している。
- (3)厚さ 2 mm の KAB 単結晶を TSSG (Top-Seeded Solution Growth) 法により得ている。さらに溶液の組成、粘性、蒸発性と育成温度の関係を調査している。
- (4)結晶育成に MSSG (Modified Middle-Seeded Solution Growth) 法を採用し、初めて $12\text{mm} \times 10\text{mm} \times 6.5\text{mm}$ という厚みのある結晶を得るのに成功している。この成功により、SBBO やその他類似の構造を持つ材料の育成上の問題を解決できる見通しをつけている。
- (5)KAB が Nd : YAG レーザーの 3 倍波 (355nm)、4 倍波 (266nm)、5 倍波 (213nm) 発生に対し有望な結晶であることを見いだしている。
- (6)新しい非ホウ酸系の非線形光学結晶 $Rb_2Be_2Si_2O_7$ (RBSO) を発見している。この結晶の構造は KAB に類似である。炭酸ルビジウム-酸化ホウ素系フラックスから $2\text{mm} \times 2\text{mm} \times 1\text{mm}$ の結晶を得ることに成功している。ベリリウム系材料が新しい紫外用非線形光学結晶としての可能性を有することを見いだしている。

以上のように、本論文は新しい紫外光発生用非線形光学結晶 KAB を開発し、実用可能な程度の結晶育成に成功し、さらに Nd : YAG レーザーの 3 倍波 (355nm)、4 倍波 (266nm)、5 倍波 (213nm) 発生に対し有望な結晶であることを見いだしている。また、非ホウ酸系の新結晶 RBSO を見つけている。本研究の成果はレーザー工学、非線形光学及び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。