The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	非線形光学結晶KTPの育成と評価に関する研究
Author(s)	宮本, 晃男
Citation	大阪大学, 1997, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/40174
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　宮本晃男（みやもと あきお）

博士の専攻分野の名称　博　士（工　学）

学位記番号　第　13181　号

学位授与年月日　平成9年3月25日

学位授与の要件　学位規則第4条第1項該当
工学研究科電磁エネルギー工学専攻

学位論文名　**非線形光学結晶KTPの育成と評価に関する研究**

論文審査委員　（主査）
教　授　中井　貞雄
教　授　佐々木孝友　教　授　権田　俊一　教　授　西川　雅弘
教　授　堀池　寛　教　授　飯田　敏行　教　授　三間　圀興
教　授　西原　功修

論文内容の要旨

本論文は，フラックス法による非線形光学結晶$KTiOPO_4$（KTP）の結晶育成，および種々の条件下で成長させた結晶についての結晶性・光学的特性の評価による結晶性向上に関する研究をまとめたもので，9章から構成されている。

第1章は序論であり，KTP結晶の育成の現状と問題点，およびそれに対する本研究の目的と意義を明らかにしている。

第2章では，KTP結晶の一般的特性として基礎物性および非線形光学特性について述べ，KTP結晶のNd：YAGレーザーの二倍高調波発生素子としての有用性を明からにしている。

第3章では，種々のフラックスを用いた結晶育成と得られた結晶の評価について述べている。非自己フラックスであるタングステン酸フラックスにより育成された結晶に観察されたストリエーションがタングステン不純物の偏析係数の成長速度依存性によることを示すことで，非自己フラックスが高品位なKTP結晶の育成に適さないことを明らかにしている。

第4章では，自己フラックスである$K_6P_4O_{13}$（K6フラックス）で育成したKTP結晶の評価について述べている。平行光照射による脈理観察，第二高調波発生の面内変換効率分布測定，および干渉計を用いた屈折率分布測定といった光学的な評価によりKTP結晶がセクタ構造を有する結晶であることを示し，光学的均質性の高い素子を得るには一つの成長セクタから切り出す必要があることを明らかにしている。さらにシンクロトロン光源を用いたX線トポグラフ撮影によりKTP結晶の転位の大半が溶液インクルージョンから発生していることを示し，インクルージョンの発生を抑えることで結晶中の転位を極端に減少できることを明らかにしている。

第5章では，c軸方向に80㎜以上の長さを持つ大型結晶育成について述べている。シリコンオイルを用いた室温での溶液対流模擬実験により，大型結晶育成時に発生する溶液インクルージョンは溶液の攪拌不足による結晶の急成長が原因であることを明らかにし，大型KTP結晶の育成における溶液インクルージョンの抑制法について提案している。これを実証するために適当に制御された温度降下率を用いて大型結晶の育成を行い，溶液インクルージョンのない透明な大型結晶の育成に成功している。

第6章では，第5章の大型結晶を用いて行った，屈折率分布測定，および観測された屈折率不均一の原因解明について述べている。本測定により1つの成長セクタ内にも，結晶の成長に伴った屈折率変化が存在することを初めて見

い出している。この屈折率変化が溶液の組成比依存性に起因したものであることを示し，KTP結晶が不定比性結晶であることを明らかにしている。

第7章では，KTP結晶の透過率の改善について述べている。種々の雰囲気下での結晶育成および吸収係数の測定により，育成雰囲気の酸素濃度を下げることで着色のないKTP結晶が得られることを見い出している。また不純物分析により，着色の原因が白金不純物であることを明らかにしている。

第8章では，得られたKTP結晶の耐レーザー損傷性の評価について示している。z偏光のレーザー光に対して観測された異常に高い耐レーザー損傷性（閾値400GW／cm²以上）の原因が後方誘導ラマン散乱によることを示し，z偏光のレーザーを使用する素子を設計する際にはダメージ閾値だけではなく誘導ラマン散乱の影響を考慮に入れなければならないことを提案している。

第9章は結論であり，得られた研究成果をまとめ，本論文を総括している。

論文審査の結果の要旨

オプトエレクトロニクス，レーザー核融合及びレーザー加工やレーザー医療の分野において固体レーザーと非線形光学素子を組み合わせた全固体短波長光源の要求が高まっており，これに用いるための高品質な非線形光学結晶の育成技術の確立が重要，かつ必要不可欠な研究課題となっている。

本論文は，グリーン光発生用非線形光学材料として最も有望なKTP結晶の高品質結晶の育成技術の確立を目的として行った、フラックス法によるKTP結晶の育成と評価に関する研究の結果をまとめたもので，その成果を要約すると次の通りである。

(1) 非自己フラックスであるタングステン酸フラックスを使用したKTP結晶の育成ではタングステン不純物による強いストリエーションが発生することを示し，不純物フラックスが屈折率均一性のよい結晶の育成に適さないことを初めて明らかにしている。

(2) 自己フラックスであるK6フラックスで育成した結晶に存在する屈折率不均一として，成長セクタバウンダリ，および成長セクタ間の屈折率変化の存在を示し，屈折率均一性のよい光学素子を得るには単一成長セクタから切り出すべきであることを指摘している。

(3) シンクロトロン光源を用いたX線トポグラフ撮影によりKTP結晶の転位源が主にインクルージョンであることを示し，インクルージョンをなくすことで転位密度を極端に小さくできることを見い出している。

(4) 大型結晶育成で発生したインクルージョンが育成初期に不十分な溶液の攪拌に起因した結晶の急成長によることを明らかにし，これを考慮に入れて温度降下をコントロールすることで，c軸方向に80mm以上の長さを持つ透明な大型KTP単結晶の育成に初めて成功している。

(5) 屈折率および格子定数が育成溶液の組成比に依存することを示し，KTP結晶に不定比性による屈折率不均一が存在することを見い出している。

(6) 育成溶液のカリウム濃度を高くすることでKTP結晶の不定比性を小さくできることを明らかにし，KTP結晶の不定比性がカリウム原子の欠損によることの可能性を示している。

(7) 窒素雰囲気でのKTP結晶の育成で，可視域に吸収のない結晶を得ることに初めて成功している。さらに酸素雰囲気下で育成したKTP結晶における可視域の吸収が白金不純物に起因していることを明らかにしている。

(8) KTP結晶にz軸偏光で高い強度のレーザーを入射させた場合，誘電破壊ダメージが入る前に後方誘導ラマン散乱が発生し，見掛け上異常に高い対レーザー損傷性を示すことを初めて示している。

以上のように，本論文はフラックス法を用いて種々の条件下でKTP結晶を育成し，評価することによって，KTP結晶の物性に関する知見を深め，不明瞭であった結晶間での物性のばらつき，特に屈折率のばらつきの原因を解明している。さらに世界最大級の大型結晶の育成，および可視域の透過率の改善に成功している。これらの成果は，全固体可視光源の構築，およびそれによるレーザーの科学技術，産業技術の応用の発展に寄与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。