Osaka University Knowledge Archive

| | |
|---|---|
| Title | 石英を母材とした高熱耐力レーザー媒質の開発に関する研究 |
| Author(s) | 藤本, 靖 |
| Citation | 大阪大学, 1997, 博士論文 |
| Version Type | VoR |
| URL | https://doi.org/10.11501/3129022 |
| rights | |
| Note | |

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

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

Osaka University

【31】

| | |
|---|---|
| 氏　　名 | 藤（ふじ）　本（もと）　靖（やすし） |
| 博士の専攻分野の名称 | 博　士（工　学） |
| 学　位　記　番　号 | 第　13123　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<br>工学研究科電気工学専攻 |
| 学　位　論　文　名 | **石英を母材とした高熱耐力レーザー媒質の開発に関する研究** |
| 論　文　審　査　委　員 | （主査）<br>教　授　中塚　正大<br>教　授　佐々木孝友　教　授　山中　龍彦　教　授　白藤　純嗣<br>教　授　青木　亮三　教　授　松浦　虔士　教　授　辻　毅一郎<br>教　授　熊谷　貞俊 |

## 論文内容の要旨

本論文は，石英を母材とした高熱耐力レーザー媒質の開発に関する研究についてまとめている。レーザー核融合用ドライバーを始めとする高出力レーザー用の媒質は大量の熱蓄積など，過酷な使用条件に対して耐えうるものが必要とされる。近年の半導体レーザー技術の進歩に伴って，従来のランプから半導体レーザーによる励起に急速に置き換えられてきている。これは，固体レーザー媒質の熱負荷の低減の他，装置の高出力化並びに高効率化を目的としたものである。レーザー核融合用のドライバーの設計においても半導体レーザー励起による高繰り返し，高効率レーザーの設計が相次いで検討されるに至っている。これらに合わせてレーザー媒質の耐熱強度の向上が重要である。

本研究は，熱的耐久性に優れた石英ガラスをレーザー媒質として利用することで，高度な繰り返し条件にも耐えうる新規レーザー材料の開発を目的としたものである。石英ガラスをレーザー媒質として利用する上での問題点を明らかにし，その解決法を示し，有効な結果を示している。本論文は6章からなる。

第1章は序論であり，高平均出力レーザー媒質に要求される物性を概観すると共に，石英レーザー材料の開発の歴史についてふれ，高熱耐力レーザー媒質に必要とされる特性，石英レーザー材料開発の歴史上の問題の本質と今後検討されるべき研究課題を明確にし，本研究の価値を位置づけている。

第2章では，石英レーザー材料の開発の為に必要な性能評価測定技術について記している。また，ガラス製造プロセスへのフィードバックのためにレーザー材料の高品質化のための基礎的測定技術，とりわけ，基本特性である量子効率の新規で簡便な測定方法を開発している。

第3章では，石英中における蛍光活性元素の均一分散法について記している。石英中にドープされた活性元素のクラスタ化について調査し，解決の手段としてゼオライト結晶中に予備配置された活性元素原子間の隔離をゾルゲル石英製造法と結合し，石英媒質中での均一分散を達成する事に成功している。この手法により，ネオジウムを混入した石英ガラスの量子効率は数倍に向上している。本研究により得られた結果は現存する他の均一分散手法を凌駕するものであり，これによりレーザー媒質としての実現性を示している。

第4章では，レーザー材料の光学特性改善について述べている。主に，石英試料の発泡現象に関して議論し，ゾルゲル法における発泡のメカニズムについて考察し，コロイダルシリカを用いるゾルゲル法における粒子の選択，ゾルゲル製造過程の前駆体の処理，焼結温度履歴，雰囲気制御などの効果を示している。

第5章では，ゼオライト結晶の応用について示している。ゼオライト結晶中のSupercageを用いた各種元素のドー

ピング効果，燐化合物による被毒の利用によるネオジウムの発光特性改善の効果を示している。また，ゼオライト結晶を利用したときのみに発光するビスマスの新しい発光過程の解析や，銅の発光についても記している。

第6章は結論であり，以上の研究で得られた結果をまとめて，本論文の総括としている。

## 論文審査の結果の要旨

本研究は，熱的耐久性に優れた石英ガラスにレーザー動作可能な元素をドーピングする手法を確立し，レーザー媒質として過酷な熱環境にも耐えうる新規レーザー材料の開発を目的としたものである。石英ガラスへの元素をドープする上での問題点を明らかにし，その解決法を提案し有効な結果を得ると共に，応用例をも示している。研究で得られた主な結果は以下のように要約できる。

1）高熱耐力レーザー媒質に対する研究課題を明らかにし，元素のクラスタ化を直接可視化するなど，石英母材レーザー媒質開発上の物理的かつ技術的問題点を明らかにしている。

2）レーザー材料の開発に必要な評価パラメータ並びに測定評価技術を示している。レーザーガラスの特性評価で，最も重要なパラメータである量子効率の測定法の開発を行い，十分な精度（250～400nm：±10.6%，＞400nm：±6.8%）と再現性（±1.2%）を示している。量子効率測定技術の確立はレーザー材料開発の簡便化に大きく貢献し，本研究においても有効な測定手段となっている。

3）ゼオライトXを石英中における活性元素（ネオジウム）の均一分散に世界で初めて用い，その有効性を示している。均一分散特性の評価は蛍光寿命，X線回折，量子効率，励起蛍光スペクトル及び吸収スペクトルで行っている。いずれも内部にクラスタの存在を示すデータは確認されず，良好な均一分散を実証している。従来のゾルゲル法に比べ量子効率は濃度1.0wt%において7%から50%まで増加している。これは，ロシアやアメリカのグループの示した値よりも優れた値であり，同様の研究において世界トップデータである。

4）石英レーザー材料の光学特性の改善として，発泡の抑制について総括的評価を行い製造上の効果的手法を提案している。コロイダルシリカを用いるゾルゲル法に関しては，バインダーの合成時のpH値と合成時間が重要で，pH＝1.5，攪拌時間140時間のバインダーで発泡抑制に効果のあることを示している。He雰囲気は発泡の抑制に大きな効果のあることをも示し，製作したサンプルでのOH基の混入は10［$cm^{-1}$］以下であると実証している。

5）ゼオライトXのSupercageを利用した副ドーパントによる誘導放出断面積などの特性改善や，ゼオライトの燐化合物による被毒を利用した特性改善法を示している。副ドーパントはランタンイオンによる効果が大きく，また，被毒により燐酸ガラスの特性を持たせることができる可能性を示している。ゼオライトの新レーザー材料への応用としてビスマスドープを検討し，逆にクラスタ状態を形成するためにSupercageを利用した製法が有効であることを示している。銅の発光においても量子効率の測定を行い，300［nm］励起において通常の濃度消光現象に反する現象を見出し，濃度増加に伴ったCu－Cu相互作用での$^1$D2準位への遷移確率の増加，$^1$D3準位の短波長側へのシフトが原因であると考え，配位座標モデルを提案している。以上のようにレーザーガラスの製作においてゼオライトを用いた手法は多くの新材料を生み出す可能性を持つことを示している。

以上のように本論文は，石英ガラス中における活性元素の均一分散技術を確立し，石英を母材とした高熱耐力レーザー媒質の開発に関して大きな意義を持つと共に，核融合を始めとする高平均出力レーザー装置の実現に大きく貢献するものと考えられる。これらの成果はレーザー工学，電気工学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。