



Title	熱ポーリング石英ガラスにおける第2次非線形光学性に関する研究
Author(s)	亀山, 晃弘
Citation	大阪大学, 2003, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/44583">https://hdl.handle.net/11094/44583</a>
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。

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

氏 名	かめ 亀 山 晃 弘
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 18175 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 15 年 9 月 30 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 2 項該当
学 位 論 文 名	熱ポーリング石英ガラスにおける第 2 次非線形光学性に関する研究
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 佐々木孝友 (副査) 教 授 伊藤 利道    教 授 中塚 正大

### 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、熱ポーリング法によって石英ガラスに発現する第 2 次非線形光学効果と欠陥の関係を、明らかにした成果をまとめたものであり、以下の 6 章より構成されている。

第 1 章は序論であり、光エレクトロニクスや通信分野において広く使用されている、光ファイバーの材料である石英ガラスに第 2 次非線形光学効果を発現させることの意義について述べている。その上で、熱ポーリング法によって石英ガラスに発現する第 2 次非線形光学効果と欠陥との関係を明らかにする必要性を示し、本研究の目的を説明している。

第 2 章では、熱ポーリング法の特徴とその問題点について他の研究者達の従来研究について述べている。次に、石英ガラスに、光照射を行うことによって生成する欠陥の種類、性質、生成メカニズム等について、他の研究者達の従来研究をまとめている。

第 3 章では、UV レーザー照射と熱ポーリングを組み合わせ、石英ガラスに第 2 次非線形光学効果を発現させた研究成果について述べている。まず、酸素過剰の高純度石英ガラスに UV レーザーを照射してから熱ポーリングすることで、 $22\mu\text{m}$  以下の厚さの薄い第 2 次非線形光学相 (near-surface 相) が発現することを見いだしている。次に、水素過剰の高純度石英ガラスに UV レーザーを照射しながら熱ポーリングすることで near-surface 相と共に、試料全体に広がる第 2 次非線形光学相 (bulk 相) が発現することを見いだしている。near-surface 相の発現には、非架橋酸素欠陥 ( $\equiv\text{Si}\cdot\text{O}^-$ ) が関係していることを、また bulk 相の発現には、 $\text{E}'$  中心 ( $\equiv\text{Si}\cdot$ ) と平面三酸素配位構造欠陥 ( $\equiv\text{Si}^+$ ) が関係していることを明らかにしている。

第 4 章では、シンクロトロンリング (SOR) から放射された X 線と熱ポーリングを組み合わせ、第 2 次非線形光学効果を発現させた研究成果について述べている。UV レーザーに比べ SOR の X 線は極めて輝度が高く、また光子エネルギーも大きいので、多量の欠陥を石英ガラスに導入することができる。その結果、 $0.43\text{ pm/V}$  の第 2 次非線形誘電感受率  $\chi_{33}^{(2)}$  を持つ bulk 相が発現することを見いだしている。この bulk 相の発現には、非架橋酸素欠陥と  $\text{E}'$  中心が関係していることを明らかにしている。

第 5 章では、デバイスへの応用として、波長多重伝送 (WDM) システムに使用されることが期待されている波長変換素子と可変波長選択素子を取り上げて、その性能を評価している。デバイスの実用化に際しては、更に第 2 次非線形光学定数  $\chi_{33}^{(2)}$  を増加させる必要があることを指摘している。

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

石英ガラスはオプトエレクトロニクスや光通信分野において、幅広く用いられている材料である。最近、光ファイバー等を構成している石英ガラスに第2次非線形光学効果を付加することで、光ファイバーに波長変換素子や可変波長選択素子等の能動的な光学デバイスを直接組み込む事が可能であることから、数多くの研究がなされている。その中で、熱ポーリング法は最も簡単で、一番よく用いられている方法である。しかし第2次非線形光学効果の発現機構については、不明な点が多い。熱ポーリング法における第2次非線形光学効果発現と欠陥の関係が明らかにできれば、種々の石英ガラスに第2次非線形光学効果を発現させることができる。つまり石英ガラスで作られた光ファイバーの中に能動的な光学デバイスを作製することができる。

本論文は、熱ポーリング法によって、石英ガラスに発現する第2次非線形光学効果と欠陥の関係を、明らかにする事を目的とし、熱ポーリング処理だけでは第2次非線形光学効果を発現しない高純度石英ガラスに UV レーザーや X 線照射により欠陥を導入して行った成果をまとめたものである。新しい知見を以下に要約する。

- (1) UV レーザーを照射した後に熱ポーリング処理を行うことで、酸素過剰の高純度石英ガラスから厚さ  $22\mu\text{m}$  以下の第2次非線形光学相 (near-surface 相) が発現することを見いだしている。また熱処理によって試料に酸素を導入することで、第2次非線形誘電感受率  $\chi_{33}^{(2)}$  が増加することを確認している。さらに、発現した第2次非線形光学効果は UV レーザーを再照射することで効率よく消去することも確認している。吸収スペクトル及び発光強度の測定より、near-surface 相の発現には非架橋酸素欠陥による空間電荷場  $E_{dc}$  の生成が関係していることを明らかにしている。
- (2) UV レーザーを照射しながら熱ポーリング処理を行うことで、水素過剰の高純度石英ガラスから near-surface 相と試料全体に広がる第2次非線形光学相 (bulk 相) が発現することを見いだしている。bulk 相の発現には、E' 中心と平面三酸素配位構造欠陥の2つの欠陥からなる双極子の配向が関係していることを明らかにしている。
- (3) シンクロトロンリング (SOR) からの X 線を照射した後に熱ポーリング処理を行うことで、酸素過剰の高純度石英ガラスから2種類の第2次非線形光学相 (near-surface 相と bulk 相) が発現することを見いだしている。bulk 相の第2次非線形誘電感受率  $\chi_{33}^{(2)}$  は UV レーザーを照射しながら熱ポーリングした水素過剰の試料から得られた値より約6倍増加している ( $0.43\text{ pm/V}$ )。この bulk 相の発現には、非架橋酸素欠陥と E' 中心の2つの欠陥からなる双極子の配向が関係していることを明らかにしている。

以上のように、本論文は熱ポーリング法における石英ガラスの第2次非線形光学効果の発現における多くの重要な知見を得ている。本論文により、欠陥を導入することにより第2次非線形光学効果が発現できることを示した点は、光ファイバーや光平面導波路に波長変換素子や可変波長選択素子等の能動的な光学デバイスを構築する上で意義が大きい。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。