



|              |  |
|--------------|--|
| Title        | 酸化物ガラスにおけるレーザ誘起構造変化とその微小光学素子への応用に関する研究   |
| Author(s)    | 西山, 宏昭   |
| Citation     | 大阪大学, 2005, 博士論文   |
| Version Type |  |
| URL          | <a href="https://hdl.handle.net/11094/45835">https://hdl.handle.net/11094/45835</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=" <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed</a> ">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         | 西山宏昭   |
| 博士の専攻分野の名称 | 博士(工学)   |
| 学位記番号      | 第19501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<br>工学研究科生産科学専攻  |
| 学位論文名      | 酸化物ガラスにおけるレーザ誘起構造変化とその微小光学素子への応用に関する研究   |
| 論文審査委員     | (主査)<br>教授 平田 好則<br>(副査)<br>教授 豊田 政男 教授 小林紘二郎 教授 西本 和俊<br>教授 荒井 栄司 教授 藤本 公三 教授 南 二三吉<br>教授 佐藤 了平 助教授 阿部 信行 |

### 論文内容の要旨

本研究では、レーザ光と透明固体酸化物との相互作用について調べ、構造欠陥に局在する電子あるいは価電子帯を構成する酸素の孤立電子対の選択的励起を起源とするガラスの構造変化に相分離を新たに組み合わせた構造制御手法について検討を行った。この手法を利用することで、直径数十nmのGe微粒子をおよそ200nmの分解能で空間選択的に析出させることに成功した。また、得られた微粒子の周期構造を回折素子として活用し、極めて高い熱的安定性と回折効率を備えた導波路型デバイスへと展開した。以下に各章の概要を示す。

第1章では、レーザ光照射による酸化物ガラスの構造制御や屈折率制御に関する研究背景と内外の研究動向について述べるとともに、本研究の意義やその目的について記した。

第2章では、相変化を起こし、かつ光感応性の高いガラス薄膜の探索を行った。プラズマ化学気相成長法で作製した特定組成域の $\text{GeO}_2\text{-B}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ 薄膜では、熱処理によって金属Ge微粒子の析出が起き、また高压水素処理を施さなくとも非常に大きな屈折率増加が得られた。

第3章では、レーザ光照射による $\text{GeO}_2\text{-B}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ 薄膜の相変化制御を検討した。薄膜に形成したレーザ誘起回折格子に熱処理を施すと、レーザ誘起回折格子が一旦完全に消失した後に、2段階にわたって大きな屈折率差と高い熱的安定性を備えた新たな回折格子(TG type 1とTG type 2)が誘起された。各種測定から、レーザ光照射が特定温度での熱処理時に起きる薄膜の相分離を促進した結果、照射パターンに応じた物質移動とそれに続く空間選択的なGe微粒子の析出が起こり、これらがTG type 1及びtype 2を生み出したとするモデルを提案した。

第4章では、 $\text{GeO}_2\text{-B}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ 薄膜への上下クラッディングがTG type 1形成へ与える影響について調べた。上部クラッディングを備えた薄膜中に形成したTG type 1の $\Delta n$ は、クラッディングがない場合に比べ、約2倍のレートで増加した。後者の薄膜では、表面近傍のGe微粒子が酸化しており、TG type 1とは逆の密度変調パターンを持つと推定されるTG type 2が積層したことが、TG type 1の形成挙動に差を生み出したと推定された。

第5章では、TG type 1とTG type 2を、フォトリソグラフィーとドライエッチング・プロセスを用いて作製したチャネル導波路へ内装し、その特性評価を行った。作製した導波路回折格子は、通信波長帯において極めて高い回折

効率と熱的安定性を示した。

第6章では、レーザ光照射によるGe微粒子の空間選択的析出を利用して、熱的に安定な導波路回折格子を、煩雑な半導体製造プロセスを経ることなく、簡便に形成する手法を開発した。TG type 1を内装したチャネル導波路を作製し、その導波特性や透過特性を調べるとともに、高い熱的安定性を確認した。

第7章では、全体の総括を行った。

### 論文審査の結果の要旨

本論文は、レーザ光照射による酸化物ガラスの構造制御に関する一連の研究成果を、7章にまとめたものである。著者は、ガラス薄膜のレーザ誘起構造変化の研究に取り組み、その途上、レーザ光で書き込まれた回折格子の回折効率が、熱処理によって特異的に2段階にわたって増大する現象を見出した。そして、この現象が起こる際の薄膜の特性変化を各種分光法などで詳細に調べ、現象の起源がGe微粒子の周期的析出とその酸化であることを明らかにするとともに、レーザ光照射による相分離促進を駆動力とした物質移動に基づく機構モデルを提案している。また、電子顕微鏡による観察や回折格子の周期依存性を調べることで、このモデルの妥当性を示している。

Ge微粒子の空間選択的析出からなる周期構造は、大きな屈折率差と熱的安定性を備えている。そこで、著者は、この特徴を生かした光通信用素子への応用を試みている。半導体製造プロセスを用いて作製したチャネル導波路にこの周期構造を内装するとともに特性評価を行い、通信波長帯において極めて高い回折効率と熱的安定性が得られるこを確認している。また、レーザ光照射と熱処理だけという簡便な手法によって導波路フィルターを形成する新規プロセスを提案し、その有用性を確認している。

以上のように、本論文はレーザ誘起構造変化にガラスの相変化を組み合わせた全く新しい構造制御を行い、その有用性を評価するとともに構造変化のプロセスを明らかにし、この新規手法を光導波路型デバイスの形成へと展開している。これらの成果は、材料科学・光学・生産科学分野へ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。