

Title	Laser Micro-processing and Micro-welding using Ultrashort Laser Pulses
Author(s)	玉木, 隆幸
Citation	大阪大学, 2007, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/48538">https://hdl.handle.net/11094/48538</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">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a>〉</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	たま き たか ゆき 玉 木 隆 幸
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 2 1 1 2 4 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 19 年 3 月 23 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 1 項該当 工学研究科物質・生命工学専攻
学 位 論 文 名	Laser Micro-processing and Micro-welding using Ultrashort Laser Pulses (超短光パルスを用いたレーザーマイクロプロセッシングと接合法に関する研究)
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 伊 東 一 良  (副査) 教 授 高 井 義 造    教 授 兼 松 泰 男    教 授 金 谷 茂 則 教 授 福 住 俊 一    教 授 宮 田 幹 二    教 授 菊 地 和 也 教 授 渡 部 平 司

### 論 文 内 容 の 要 旨

本論文では、超短光パルスによる非線形吸収現象を利用し、中間層なしに透明材料間を接合することが可能なレーザーマイクロ接合法の原理を概説し、合成石英ガラスを用いて本接合法の有用性を実証した結果について述べた。さらに、高繰返し領域のファイバーレーザーに適したガラス材料を探索するために、熔融石英ガラスとボロシリカガラス内部のレーザーマイクロプロセッシングに関する研究を行い、ボロシリカガラスが適した材料であることを見出し、類似ガラス間および類似ガラスとシリコン間の接合に成功した。

第 1 章では、超短光パルスと媒質の相互作用について述べ、媒質内部における線形および非線形伝搬について概説した。さらに、超短光パルスによる光イオン化やガラス内部における永続的構造変化の誘起現象について解説した。最後に、本論文にて用いたレーザーシステムについて述べた。

第 2 章では、接合技術とレーザーマイクロ溶接法の歴史を概観し、従来の接合方法に関する概略を述べた後に、超短光パルスによる非線形吸収現象を利用した透明材料間の新しいレーザーマイクロ接合法を提案し、レーザーシステムの繰返し周波数の違いに注目した原理の説明を行った。

第 3 章では、低繰返し周波数領域のフェムト秒レーザーシステムを用いた合成石英ガラス間のレーザーマイクロ溶接について述べた。試料間隔が波長の 4 分の 1 以下において接合できることを見出した。接合領域における材料欠陥を調べるために蛍光測定を行い、非架橋酸素中心とよばれる構造欠陥が生じていることを見出した。

第 4 章では、高繰返し周波数領域のフェムト秒ファイバーレーザーを用いたマイクロ溶接法に適したガラス材料を探索するために、熔融石英ガラスとボロシリカガラス内部のレーザーマイクロプロセッシングに関する実験を行った。その結果、熔融石英ガラスの場合、入射エネルギー  $1.10 \mu\text{J/pulse}$  を境界として等方性屈折率変化と複屈折性の構造変化が誘起されることを見出した。等方性屈折率変化の直径は、最小  $1.3 \mu\text{m}$  であった。また、 $1.2 \times 10^{-3}$  の屈折率変化量が得られた。ボロシリカガラスの場合、屈折率変化が誘起可能な入射エネルギー範囲は、シリカガラスのものより 30 倍広いことがわかった。また、 $1.2 \times 10^{-2}$  の屈折率変化量が得られた。以上より、高繰返し周波数領域のフ

ファイバーレーザーを用いたマイクロ溶接法にはボロシリカガラスが適していることが明らかになった。

第5章では、フェムト秒ファイバーレーザーによる熱蓄積効果を利用した透明材料間のマイクロ接合について述べた。ノンアルカリガラス間の接合を行い、最大 9.87 MPa の接合強度を得た。また、ノンアルカリガラスとシリコン間の接合を行い、最大 3.74 MPa の接合強度を得た。

## 論文審査の結果の要旨

本論文は、超短光パルスを用いて透明材料間を接合するレーザーマイクロ接合法について、その有用性を実証したものである。低繰返し領域のチタンサファイアレーザーを用いて合成石英ガラスのレーザーマイクロ接合法について有用性を実証し、さらに高繰返し領域のファイバーレーザーによるレーザーマイクロプロセッシングに適したガラス材料を探索し、異種ガラス間およびガラスとシリコン間の接合に成功した結果をまとめている。

第1章では、本研究の背景、超短光パルスと媒質の相互作用、媒質内部における線形および非線形伝搬、ガラス内部における永続的構造変化の誘起現象についてまとめている。

第2章では、接合技術とレーザーマイクロ溶接法の歴史を概観し、従来の接合方法に関する概略を述べ、超短光パルスによる非線形吸収現象を利用した透明材料間の新しいレーザーマイクロ接合法を提案し、レーザーシステムの繰返し周波数の違いに注目した原理の説明を行っている。

第3章では、低繰返し周波数領域のフェムト秒レーザーシステムを用いた合成石英ガラス間のレーザーマイクロ溶接について述べている。試料間隔が波長の4分の1以下において接合できることを明らかにし、接合領域における材料欠陥を調べるために蛍光測定を行い、非架橋酸素中心とよばれる構造欠陥が生じていることを述べている。

第4章では、高繰返し周波数領域のフェムト秒ファイバーレーザーを用いて、熔融石英ガラスとボロシリカガラス内部のレーザーマイクロプロセッシングに関する実験を行い、マイクロ溶接法に適したガラス材料を探索している。その結果、熔融石英ガラスの場合、入射エネルギー $1.10 \mu\text{J/pulse}$  を境界として等方性屈折率変化と複屈折性の構造変化が誘起されることを見出し、等方性屈折率変化の直径は、最小  $1.3 \mu\text{m}$ 、屈折率変化量は  $1.2 \times 10^{-3}$  であることを明らかにしている。ボロシリカガラスの場合は、屈折率変化が誘起可能な入射エネルギー範囲は、シリカガラスのものより 30 倍広いことを見出し、 $1.2 \times 10^{-2}$  の屈折率変化量が得られることを明らかにしている。以上のことより、高繰返し周波数領域のファイバーレーザーを用いたマイクロプロセッシング、およびマイクロ接合法には、ボロシリカガラスが適していると結論づけている。

第5章では、フェムト秒ファイバーレーザーによる熱蓄積効果を利用した透明材料間のマイクロ接合実験の結果をまとめている。ノンアルカリガラス間の接合を行い、最大 9.87 MPa の接合強度を得て、ノンアルカリガラスとシリコン間の接合を行い、最大 3.74 MPa の接合強度を得ている。

以上のように、本論文は超短光パルスを用いたレーザーマイクロ接合法についてまとめたものであり、その成果は応用物理学、特にフォトニック情報工学の今後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。