

Title	光学材料レーザー損傷の温度依存性に関する研究
Author(s)	三上, 勝大
Citation	大阪大学, 2013, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/59947
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。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

氏名	三上勝大			
博士の専攻分野の名称	博士 (工学)			
学位記番号	第 26221 号			
学位授与年月日	平成25年3月25日			
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科電気電子情報工学専攻			
学位論文名	光学材料レーザー損傷の温度依存性に関する研究			
論文審査委員	(主査) 教授 田中 和夫 (副査) 教授 上田 良夫 教授 兒玉 了祐 教授 飯田 敏行 教授 村上 匡且 教授 中井 光男			

論文内容の要旨

本研究の対象となるレーザー損傷は、レーザーシステムに用いられる光学素子が高エネルギー密度なレーザーパルスに曝された際に生じる不可逆的な破壊現象として定義される。光学素子にレーザー損傷が生じると、安定したレーザーシステムの動作は得られない。そのため、レーザー損傷が生じる機構を理解し、レーザー損傷が生じにくい高耐力光学素子の開発が望まれている。

本研究では、レーザー損傷機構を明らかにするため取り組まれてきた、レーザー損傷が生じる最少のレーザーエネルギー密度 (レーザー損傷閾値) のレーザー照射条件や光学素子物性条件の依存性の中で、これまでに十分な知見が得られていない光学素子温度に着目した。レーザー損傷閾値の光学素子温度依存性を評価し、依存性が生じる機構を明らかにすることを目的とした。

第一章は、本論文の緒論であり、応用例により高出力・高強度レーザーシステムの有用性、必要性を示し、次世代高出力レーザーシステム、レーザー損傷について概要をまとめた。

第二章では、高強度・高出力レーザーシステム、レーザーシステムに用いられる光学素子を製作するための光学材料や光学薄膜、レーザー損傷評価方法、そして、これまで先行研究で報告されているレーザー損傷機構についてまとめた。

第三章では、これまでのレーザー損傷機構研究より得られている知見を包括的にまとめ、レーザー損傷機構のモデル化に取り組んだ。構築したモデルより、光学素子温度がレーザー損傷機構へ与える影響を明らかにした。

第四章から第七章では、石英ガラス材料内部や光学基板材料表面、光学薄膜、金属材料のレーザー損傷閾値温度依存性を評価し、温度依存性を明らかにした。また、レーザー損傷閾値を変化させる非線形光学現象 (誘導ブリルアン散乱、自己収束効果) について異なる温度条件下で評価し、温度依存性を明らかにすると同時にレーザー損傷閾値温度依存性の原因にならないことを指摘した。

第八章は、第三章で構築したモデルを用いて、第四章から第七章で評価を行ったレーザー損傷閾値温度依存性について定量的解析を行った。得られた解析結果は、実験結果とよく一致し、レーザー損傷閾値の温度依存性を明らかにするものであった。同時に、構築モデルを応用することで、様々な実験条件における温度依存性の定量的解析が可能であることを示した。得られた知見は、新たな研究シーズを明確に与え、新規の高耐力光学素子開発に貢献するものであった。

最後に第九章は、本論文の結論を述べた。

本論文は、レーザー光学分野における光学材料や光学素子が、高強度・高出力レーザーパルスに曝された際に生じる破壊現象であるレーザー損傷を対象に取り組んだ研究の成果をまとめたものである。

本論文では、これまでに光学素子温度に対するレーザー耐力の依存性について十分な研究がなされていないことに着目し、レーザー耐力や非線形光学現象の温度依存性を実験的に取り扱い、理論モデルによる定量的解析を行った結果以下のような研究成果が得られている。

- (1) レーザー耐力の温度依存性の評価として、石英ガラス材料内部における評価では、従来の研究で得られていなかった含有不純物の影響を明らかにするとともに、その含有不純物の影響はレーザー損傷を生じさせるレーザー波長によって異なることを明らかにした。
- (2) 光学基板材料や光学薄膜のレーザー耐力の温度依存性評価に取り組んだ結果、レーザー耐力の温度依存性の評価結果は試料形状に依らず生じることを明らかにし、さらに評価パルス幅を変化させることによりパルス幅の影響も明らかにした。金属材料に対する評価においては、誘電体光学素子のレーザー耐力温度依存性と比較すると温度依存性の傾向が逆転することを明らかにした。
- (3) レーザー耐力に影響を及ぼす非線形光学現象の温度依存性に対する研究にも取り組み、温度依存性を明らかにするとともに、レーザー耐力温度依存性を説明するには不十分であることを指摘した。以上、実験的な取り組みにおいて非常に数多くの知見を明らかにした。
- (4) 理論的な解析では、これまでの先行研究で互いに独立していた理論モデルを包括的にまとめることにより新たな定量モデルを得ていた。そのモデルから導かれるレーザー耐力の理論値は、実験値に非常によく一致した。また、モデルを応用することにより、様々な評価条件に対するレーザー耐力を表現することにも成功し、レーザー損傷が生じる機構を解明するための知見を与えた。

以上のように、本論文は実験的な評価と理論的な解析を組み合わせ、レーザー光学分野における光学材料や光学素子が、高強度・高出力レーザーパルスに曝された際の損傷メカニズムに関して非常に数多くの知見を明らかにした。さらに、本研究により新たな研究シーズを発掘すると共に、従来の光学素子が有するレーザー耐力を飛躍的に向上させる具現化技術が提案された。本論文は、レーザー損傷に対する研究に貢献するだけでなく、学术界、産業界を含む高出力・高強度レーザーシステムを用いるレーザー光学の幅広い分野に多大の寄与を与えた。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。