

| | |
|--------------|---|
| Title | 銅フタロシアニン固体のフェムト秒レーザーアブレーションに関する動力的研究 |
| Author(s) | 細川, 陽一郎 |
| Citation | |
| Issue Date | |
| Text Version | ETD |
| URL | https://doi.org/10.11501/3169387 |
| DOI | 10.11501/3169387 |
| rights | |
| Note | |

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

| | |
|------------|---|
| 氏名 | 細川陽一郎 |
| 博士の専攻分野の名称 | 博士(工学) |
| 学位記番号 | 第15424号 |
| 学位授与年月日 | 平成12年3月24日 |
| 学位授与の要件 | 学位規則第4条第1項該当 工学研究科応用物理学専攻 |
| 学位論文名 | 銅フタロシアニン固体のフェムト秒レーザーアブレーションに関する 動力学的研究 |
| 論文審査委員 | (主査) 教授 増原 宏 (副査) 教授 高井 義造 教授 豊田 順一 助教授 中村 収 助教授 朝日 剛 講師 柏原 昭博 |

論文内容の要旨

本論文は、有機固体のフェムト秒レーザーアブレーション現象の特徴を明らかにし、その機構を解明することを目的として、高い時間分解能をもつ超高速分光・光散乱測定により、銅フタロシアニン固体のフェムト秒、ピコ秒、ナノ秒レーザーアブレーションの過程を動力学的な観点から考察した結果についてまとめたものである。本論文は、以下に示す7章から構成されている。

第1章では、本研究の背景、目的、意義について述べている。

第2章では、本研究で用いた実験手法についてまとめている。

第3章では、フェムト秒可視・紫外吸収分光測定により、銅フタロシアニン固体のフェムト秒レーザーアブレーション条件下における光励起エネルギー緩和過程について明らかにしている。高密度の電子励起状態の生成にともなう励起子-励起子消失により、光励起後 10^{-14} 秒以内に光熱変換が完了することを示している。

第4章では、レーザーアブレーションにおけるエッチングの励起パルス幅依存性とフェムト秒表面光散乱画像観察の結果を述べ、銅フタロシアニン固体のアブレーションの機構について考察している。ナノ秒レーザーによるエッチングの深さは、アブレーションしきい値以上で励起光強度に対してなめらかに増加するのに対し、ピコ秒およびフェムト秒レーザーアブレーションにおいては、アブレーションしきい値以上で一定の深さとなる新規なエッチングが起こることを明らかにしている。さらに、フェムト秒レーザーアブレーションに先立つ表面モルホロジーの変化過程の直接観察をフェムト秒表面光散乱測定により可能とし、10nm オーダーの表面ラフネスが光励起後 10^{-8} 秒程度の時間で起こることを示している。この時間は光熱変換の時間よりもはるかに遅く、体積膨脹が温度上昇に追従できていないことから、固体内に急激な内部応力の増加が起こって脆性破壊に至るとする、新しいアブレーションモデルを提案している。

第5章では、フェムト秒レーザーアブレーションにより生成した銅フタロシアニン固体の飛散物を調べ、飛散物の特徴と分子凝集状態の相関を、第4章で示したアブレーションモデルで説明できることを示している。

第6章では、代表的な芳香族分子固体の新規なフェムト秒レーザーアブレーションについて調べた結果を述べている。アントラセンの単結晶の脆性破壊の様子を時間分解顕微写真撮影において直接観察するとともに、スターバースト分子の非晶質固体において多段階の離散的な深さとなるエッチング現象を発見し、芳香族分子固体のフェムト秒レーザーアブレーションが脆性破壊の観点から一般的に説明できることを示している。

第7章では、以上の内容を総括して述べ、本論文の結論としている。

論文審査の結果の要旨

レーザーアブレーションは光吸収から励起状態の緩和、熱発生、表面形態変化を経て物質の分解、放出に至る時間発展の過程として捉えることができ、時間分解測定はその機構解明に必要不可欠である。本論文は、高い時間分解能をもつ超高速分光および光散乱測定により、有機固体のフェムト秒、ピコ秒、ナノ秒レーザーアブレーションにおける光吸収、励起状態緩和、形態変化の動的挙動を直接的に明らかにし、動力学的な観点よりその機構について考察したものである。主な成果を以下にまとめる。

- (1) エッチング形状のレーザーパルスの時間幅依存性をもとに、銅フタロシアニン固体のフェムト秒レーザーアブレーションにおいて、アブレーションしきい値を境にエッチングされる深さが一定値だけ増加する新規な現象を発見している。このエッチング現象は、銅フタロシアニン固体および系統的な研究のなされている高分子固体のナノ秒レーザーアブレーションと異なるものであり、有機芳香族固体におけるフェムト秒レーザーアブレーションの特異性を明確に示した初めての実験例である。
- (2) 銅フタロシアニン固体のフェムト秒レーザーアブレーションにおける光熱変換過程および形態変化過程を、フェムト秒時間分解測定により直接的に測定するのに成功している。これらの動的挙動にもとづき、光物理過程の微視的な描像と材料力学の観点に基づく巨視的な描像を融合することを試み、銅フタロシアニン固体のフェムト秒レーザーアブレーションの機構として脆性破壊に基づくレーザーアブレーションモデルを提案している。
- (3) 代表的な芳香族分子固体のフェムト秒レーザーアブレーションにおける新規なエッチング現象と脆性破壊に基づくレーザーアブレーションモデルの一般性を確かめている。

以上のように、本論文では有機固体のフェムト秒レーザーアブレーションにおいて新規のエッチング現象を発見するとともに、そのエッチングに至る動的挙動を時間分解測定により明らかにし、有機固体のフェムト秒レーザーアブレーションの機構に対して新しいモデルの提案を行っている。本研究で得られた成果は、応用物理学、特に有機固体のレーザー科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。