



Title	超高強度短パルスレーザーを用いた高エネルギーイオン発生に関する研究
Author(s)	沖原, 伸一郎
Citation	大阪大学, 2003, 博士論文
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/1099">https://hdl.handle.net/11094/1099</a>
rights	
Note	

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

氏名	沖原伸一朗
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第18062号
学位授与年月日	平成15年7月18日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科電子情報エネルギー工学専攻
学位論文名	超高強度短パルスレーザーを用いた高エネルギーイオン発生に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 飯田 敏行 (副査) 教授 西原 功修 教授 田中 和夫 教授 西川 雅弘 教授 堀池 寛 教授 朝日 一 教授 粟津 邦男 京都大学教授 阪部 周二

### 論文内容の要旨

本論文は、申請者が大阪大学大学院工学研究科電子情報エネルギー工学専攻博士後期課程において行った超高強度短パルスレーザーを用いた高エネルギーイオン発生に関する実験研究の成果をまとめている。本研究では、薄膜、分子クラスター、低密度フォームターゲットに、超高強度短パルスレーザーを照射した場合に生成される高エネルギーイオンの特性を明らかにしている。薄膜を用いた実験では、MeV以上のエネルギーを持つプロトンがビーム状に発生することを観測し、その最大エネルギーのレーザー強度比例則を明らかにしている。分子クラスター実験では、水素クラスターのクーロン爆発により発生するプロトンのエネルギー分布を測定し、その分布を一様密度球状クラスターのクーロン爆発モデルにより解釈できることを示すとともに、エネルギー分布のレーザー強度比例則を示している。低密度フォーム実験では、発生プロトンのエネルギー分布を測定し、その分布の一部に特徴的な構造があり、それがフォームを構成している微細薄膜のクーロン爆発機構によることを示している。また、これらのエネルギー分布を比較して、高効率イオン源に求められるターゲットについて議論を行っている。本論文は以下のように構成されている。

第1章は、序論であり、超高強度短パルスレーザー技術の進歩とレーザー生成高エネルギーイオン源について述べ、本研究の背景と目的を解説している。

第2章では、高エネルギーイオン発生機構について概説されている。また、本研究用に開発したTWフェムト秒CPAレーザーシステム(T6-レーザー)の構成と性能、及び本研究で用いた高エネルギーイオンの計測手法について述べている。

第3章では、レーザーと薄膜ターゲットとの相互作用による高エネルギーイオン発生の実験について述べている。また、PICコードを用いた計算結果との比較により、考察を行っている。特に高エネルギープロトンの最大エネルギーのレーザー強度比例則を明らかにしている。

第4章では、水素クラスターとの相互作用による高エネルギープロトン発生の実験について述べている。プロトンの速度分布や最大エネルギーのレーザー強度依存性について、クラスタークーロン爆発モデルを用いて考察している。

第5章では、低密度フォームとの相互作用による高エネルギーイオン発生の実験について述べている。微細構造を持つ低密度フォームターゲットを用いた場合、発生するイオンの速度分布が第3章の薄膜の場合とは異なり、分布の

一部に第4章のクラスターの場合の分布に類似する構造を持つことを示している。さらに、その分布が球対称一様密度クーロン爆発モデルにより説明できることを示している。

第6章では、結論としてこれらの研究成果をまとめ、本研究で得られた知見の総括を行っている。

### 論文審査の結果の要旨

レーザーと物質との相互作用を解明することは単に物理学術のみならず、実応用の観点からも極めて重要である。対象とする光場の強度は超高強度極短パルスレーザーの出現により、 $10^{18} \text{ W/cm}^2$  以上の未踏の領域へと大きくなり、「高強光場科学」といった新しい学問の萌芽期にある。本論文は超高強度短パルスレーザーにより生成される高エネルギーイオンの発生機構とその特性に関する研究をまとめたものであり、得られた主な成果を要約すると以下の通りである。

- 1) 固体薄膜中において高強度レーザーのポンデロモーティブ力による電子イオン加速に基づく高エネルギーイオン発生のレーザー強度比例則を実験により求めている。
- 2) 高強度レーザー場中の光場電離に続くクーロン爆発による高エネルギーイオン発生を、水素クラスターを対象として実証している。
- 3) クーロン爆発生成高エネルギーイオンのエネルギー分布を実測し、球対称一様密度クラスターモデルにより、その分布を解釈し、さらに発生イオンエネルギーのレーザー強度比例則を求めている。
- 4) イオン生成効率を改善するための手法として、低密度フォームターゲットを提案し、世界で初めて超高強度短パルスレーザー低密度フォーム相互作用の実験を行っている。
- 5) 低密度フォームターゲットから発生したプロトンのエネルギー分布を測定し、分布に特徴的な「平たん部と端部」のあることを示している。これがフォームを構成する微細薄膜のクーロン爆発によるものであることを考察している。
- 6) 低密度フォームが固体薄膜やクラスターよりも、高エネルギーイオン発生効率の高いことを検証している。

以上のように、本論文はレーザー生成放射線（イオン線）の将来の応用を議論するに不可欠な、超高強度短パルスレーザー物質相互作用による高エネルギーイオン発生のデータベースを得ているものであり、「高強光場科学」の発展に寄与するところが極めて大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。