

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	https://hdl.handle.net/11094/1099
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

氏 名 おき はら しん いち ろう
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 1 8 0 6 2 号

学 位 授 与 年 月 日 平 成 1 5 年 7 月 1 8 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同時に、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} W/cm² 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タ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で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「平坦部と端部」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。