



Title	プラズマミラーを利用した光制御技術の開発と応用
Author(s)	今, 亮
Citation	大阪大学, 2013, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/26172
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

論文内容の要旨

〔 題 名 〕 プラズマミラーを利用した光制御技術の開発と応用

学位申請者

今 亮

レーザーの高出力化技術の発展により、高強度のレーザーを使って高いエネルギー密度を持ったプラズマが生成できるようになった。近年この高エネルギー密度プラズマを新しいデバイス材料として用いて、エネルギー密度の高さから従来取り扱うことが困難であった高強度光や高エネルギー粒子を直接制御する技術が研究されている。このような技術は高エネルギー密度プラズマを用いた様々な分野の研究の発展に繋がると期待されている。プラズマによる光制御技術のなかの一つにプラズマミラーと呼ばれるものが存在する。プラズマミラーとは、固体ターゲットを用いた高密度プラズマを利用したプラズマ光学素子である。本研究では、このプラズマミラーによる高強度光の制御に着目し研究を行った。そのプラズマミラーの機能は、レーザーの強度 $10^{11-21}\text{W}/\text{cm}^2$ によって変化する。その中で基本的な光の制御機能である反射と変調機能について研究を行った。

第1章では、近年急速に発達している超高強度レーザーと物質の相互作用により得られる高エネルギー密度状態を用いた応用について述べた。さらにプラズマミラーによる光制御について述べ本研究の目的を示した。

第2章では、レーザー強度が $10^{11-16}\text{W}/\text{cm}^2$ で機能する最も単純な鏡面反射機能について述べた。プラズマの反射の原理について説明し、その応用について述べた。またプラズマ広がりなどの影響による集光性能の低下の問題点を解決するために集光径と反射率を測定し、集光性能の評価を行った。さらにプラズマの反射機能を応用した集光プラズマミラーの設計とその実証実験について述べた。

第3章では、集光プラズマミラーを応用した高エネルギープロトンビームの生成に関する実験について述べた。集光プラズマミラーのプロトン加速への応用の有効性が明らかになった。

第4章では、プラズマミラーの集光強度によって変化する変調機能（高次高調波生成）について述べた。強度が $10^{16-21}\text{W}/\text{cm}^2$ 領域で起こるプラズマミラーの変調機能について説明し、高次高調波発生の生成実験について述べた。

第5章は本論文のまとめであり、本研究で得られた研究成果の総括を述べた。

本研究によってプラズマミラーが、今までない性質と機能を持った光学素子の一つであるとともに高強度レーザーの高性能化やその応用研究の進展に大きく寄与することが明らかになった。

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (今 亮)			
論文審査担当者	(職)	氏 名	
	主 査	教授	兒 玉 了 祐
	副 査	教授	田 中 和 夫
	副 査	教授	上 田 良 夫
	副 査	教授	飯 田 敏 行
	副 査	教授	村 上 匡 且
	副 査	教授	中 井 光 男
	副 査	准教授	河 仲 準 二
論文審査の結果の要旨			
本論文は、プラズマミラーを利用した光制御技術の開発と応用に関する研究成果を記している。 第 1 章では、本論文の導入部である。近年急速に発達している超高強度レーザーと物質の相互作用により得られる高エネルギー密度状態が持つ応用について述べている。またレーザー生成プラズマの性質を利用し、形状等を工夫することで、同じような高いエネルギー密度を持つ高強度レーザーや高エネルギー密度荷電粒子を直接制御する可能性を示している。さらに強度によって変化するプラズマミラーの光制御機能について述べ、本研究の目的を示している。 第 2 章では、レーザー強度が $10^{14} \sim 10^{16} \text{W/cm}^2$ で機能する反射機能を利用したプラズマミラーについて述べている。プラズマの反射原理について説明し、その応用技術について述べている。またプラズマ熱伝がりや反射率分布などの光波面への影響によって起こる集光性能の低下という問題点を解決するために集光径と反射率を測定し、集光性能の評価を行っている。また集光性能を低下させている原因を計算により検討している。さらにプラズマの反射機能を応用した集光プラズマミラーの開発について述べている。また集光機能を持った回転楕円プラズマミラーの基本概念とアライメント手法について記している。さらに高出力レーザーを用いた回転楕円プラズマミラーの実験結果について述べられ、世界に先駆けて実証されたプラズマを利用した高速集光機能が示されている。 第 3 章では、回転楕円プラズマミラーを応用した高エネルギープロトンビームの生成に関する実験について述べている。回転楕円プラズマミラーを用いることで集光強度が上昇し、加速プロトンの最大エネルギーが上昇していることを実験的に明らかにしている。得られたプロトンと集光強度のスケール則は、過去の実験とよく一致しており、結果の光学素子と比べ同様の性能で、より効率的な高速集光を実現できることが示されている。この結果から回転楕円プラズマミラーのイオン加速への応用の有効性が明らかになった。 第 4 章では、集光強度が $10^{16} \sim 10^{18} \text{W/cm}^2$ 領域において起こる変調機能を利用したプラズマミラーについて述べている。変調機能である高次高調波発生原理とその応用について説明している。更に実験的に高次高調波の生成を行い、理論によって予測されるカットオフが計測された。さらに集光強度が相対論的強度 ($> 10^{18} \text{W/cm}^2$) に達するとき起こる相対論プラズマミラーについて述べている。このような強度に到達する手段として回転楕円プラズマミラー			

を用いることでより高エネルギーの高調波を効率よく生成できる可能性について示している。

第 5 章は本論文のまとめであり、本研究で得られた研究成果の総括を述べている。

以上のように本研究では、強度によって変化するプラズマミラーの機能について明らかにした。特に開発されたプラズマミラーの反射（集光）機能と変調機能を組み合わせることで非常に高い keV 領域、高コヒーレンスをもった X 線光源が生み出せる新たな可能性が示されており高く評価できる内容である。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。