



Title	Basic Study of High Energy Density Plasma Photonic Devices
Author(s)	中堤, 基彰
Citation	大阪大学, 2008, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/48619">https://hdl.handle.net/11094/48619</a>
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">https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed</a> 大阪大学の博士論文について

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

氏名	中 なか つみ 堤 もと 基 あき 彰
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 22050 号
学位授与年月日	平成 20 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	Basic Study of High Energy Density Plasma Photonic Devices (高エネルギー密度プラズマフォトニックデバイスに関する基礎研究)
論文審査委員	(主査) 教授 児玉 了祐 (副査) 教授 田中 和夫 教授 上田 良夫 教授 飯田 敏行 教授 西原 功彦 教授 三間 圭興 准教授 近藤 公伯

### 論文内容の要旨

本論文は高強度レーザー ( $10^{15} \sim 10^{20} \text{ W cm}^{-2}$ ) 及び高エネルギー密度電子流 ( $\sim 10^{12} \text{ A cm}^{-2}$ ) の制御に関する実験的研究の成果をまとめたものである。本論文は以下の 5 章から構成され、「光制御」に関連する第 2 章～第 3 章と「電子流制御」に関連する第 4 章の大きく 2 つから構成されている。

第 1 章は本論文の導入部分にあたる。超高強度レーザーと物質との相互作用において、従来にない全く新しい技術への応用が期待されていることを具体的に示した。高いエネルギー密度のプラズマの性質をうまく利用することで、これまで直接取り扱うことができなかつた高強度光や高エネルギー密度荷電粒子を直接制御できる可能性を示した。その上でプラズマフォトニックデバイスという概念を将来の発展性を含めて述べ、その中における本研究の位置付けを定義した。

第 2 章は臨界密度プラズマによる鏡面反射を利用した、短パルス ( $< 10^{-12}$  秒) 高強度レーザーの集光及びガイドについて述べた。導入部分でプラズマ反射素子の原理と条件を述べ、非球面形状プラズマによる高強度光の集光及び強度増加の可能性を示した。またレーザー核融合研究において使用され、核融合反応の顕著な増加が実証された中空コーン形状プラズマの光ガイド効果を体系的に調べ、コーン開き角度の最適化を行なった。

第 3 章は臨界密度以下のプラズマ中を伝搬する長パルス ( $\sim 400 \times 10^{-12}$  秒) 高強度レーザービームのガイドについて述べた。2 本のレーザーを時間差照射することでビームのガイドが可能となることを示した。また 2 本のレーザーを同時照射した場合のビームダイナミクスを体系的に調べ、従来の理論的解釈から予測されるより長い相互距離においても、条件によっては複数のビームが 1 つに合わさることを初めて実験的に確認した。

第 4 章は臨界密度以上のプラズマ内を伝搬する高エネルギー密度電子流の伝搬とガイドについて述べた。導電率境界での電子の運動方向の変化に着目し、プラズマの形状を工夫することで、縦(レーザー軸)、及び横(レーザー軸に垂直)方向の電子の運動が制御できることを初めて体系的に調べた。具体的には、薄い ( $\sim 10 \mu \text{m}$ ) 平板形状プラズマを用いて電子を縦方向に閉じ込めることで固体密度プラズマを効率良く局所的、瞬間に 1 千億度近くまで加熱した。また表面積の小さな ( $\sim 350 \mu \text{m}$ ) 平板形状プラズマを用いることで電子を横方向に閉じ込め、プラズマを均一に加熱できることを確認した。この横方向の閉じ込めを利用し、断面積の極めて小さな ( $5 \mu \text{m}$ ) ワイア形状のブ

ラズマを用いることで電子の伝播広がりを抑制し、効率的にワイヤプラズマに沿ってガイドできることを実証した。

第5章はまとめであり、本論文を総括した。

### 論文審査の結果の要旨

本論文は高エネルギー密度プラズマの特性を利用して高強度レーザー光やレーザー生成高密度相対論電子を制御するためのプラズマフォトニックデバイス開発のための実験的基礎研究の成果をまとめたものである。本論文は、全5章から構成され、第2章、第3章は「光制御」に関連する成果を、第4章は「超高強度レーザー生成相対論電子制御」に関する成果をまとめている。

第1章は、序論としてプラズマフォトニックデバイスの重要性を示している。高強度レーザーにより生成される高いエネルギー密度のプラズマの性質をうまく利用することで、これまで直接取り扱うことができなかつた高強度光や高エネルギー密度荷電粒子をプラズマフォトニックデバイスで直接制御できる可能性を示している。さらにその発展性を含めて述べ、本研究の位置付けを示している。

第2章はプラズマミラーの原理と条件を述べ、非球面形状プラズマミラーによる高強度光の集光及び強度増加の可能性を初めて示している。また中空コーン形状プラズマの光ガイド効果を体系的に調べ、コーン開き角度の最適化を初めて行っている。その成果はレーザー核融合高速点火方式に重要な知見を与えるものである。

第3章は低密度プラズマ中を伝搬する高強度レーザービームガイドについて述べている。複数のレーザービームの時間発展を実験的に調べ、ビーム間相互作用に関するダイナミックスを実験的に明らかにしている。さらに予備パルスによる主ビームのガイドの可能性を実験的に初めて示している。

第4章は固体密度プラズマ内を伝搬する超高強度レーザー生成高エネルギー密度電子の伝搬とガイドについて述べている。プラズマ中の導電率と自己生成電磁界に着目し、プラズマの形状を工夫することで、高エネルギー密度電子の運動制御の可能性を初めて実験的に調べている。具体的には、薄膜プラズマを用いて電子を縦方向に閉じ込め効率良い固体加熱により、1千億度近くまで固体を加熱できている。また表面積の小さな平板形状プラズマを用いることで電子を横方向の閉じ込め効果を実験的に確認している。さらに極細線形状のプラズマを用いることで電子の伝播広がりを抑制し、細線に沿って高エネルギー密度電子をガイドできることを実験的に初めて実証している。

第5章はまとめであり、本論文を総括している。

以上、本論文は高エネルギー密度プラズマの性質を利用して高強度レーザー光やレーザー生成高密度相対論電子を直接制御するプラズマフォトニックデバイスに関する初めての実験的基礎研究の成果をまとめている。新しいプラズマデバイスの可能性を体系的にまとめその将来性を示している。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。