

Title	直接照射レーザー核融合における流体不安定性の解明と抑制
Author(s)	藤岡, 慎介
Citation	大阪大学, 2005, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/1867
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

氏名	藤 岡 慎 介
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学位記番号	第 19662 号
学位授与年月日	平成 17 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 2 項該当
学位論文名	直接照射レーザー核融合における流体不安定性の解明と抑制
論文審査委員	(主査) 教授 田中 和夫
	(副査) 教授 西川 雅弘 教授 飯田 敏行 教授 三間 圀興 教授 西原 功修 教授 朝日 一 教授 栗津 邦男 助教授 白神 宏之

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、筆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課程在学中及びその後大阪大学レーザーエネルギー学研究センターにて行った「レーザー核融合における流体力学的不安定性の解明と抑制」に関する研究の成果をまとめたものである。

申請者は、レーザー核融合において重大な問題である流体不安定性物理の解明とその抑制に関する実験研究を行った。またガイディング・コーン付きプラスチックシェルの非対称爆縮実験及びレーザープラズマ放射 X 線の半導体リソグラフィーへの応用についても研究を行った。

第 1 章では、レーザー核融合の原理と研究の現状及び実現に向けた課題について要約し、本研究の意義を述べた。

第 2 章では、本研究で用いた X 線バックライトに関する議論の後、高空間分解能と高時間分解能を同時に実現するために開発した計測技術について詳説した。

第 3 章では、Side-on X 線バックライト法を用いたプラズマ密度計測技術の開発と、本技術を用いて観測されたプラズマ密度構造について議論した。本研究の成果によって初めて可能となった、実験によるアブレーティブ・レイリー・テイラー不安定性モデルの検証についても述べた。

第 4 章では、低原子番号物質であるプラスチックに高原子番号物質をわずかに混ぜることで形成されるダブル・アブレーション構造を利用したレイリー・テイラー不安定性の抑制技術について議論した。

第 5 章では高速点火レーザー核融合用ターゲットとして注目されているガイディング・コーン付き球殻ターゲットの爆縮実験を行った。従来の球対称爆縮とは異なる高密度・高温プラズマの振る舞いを高速二次元 X 線画像技術を用いて観測した結果について述べた。

第 6 章では、線幅 40 nm 以下の次世代半導体製造技術の最有力候補である極端紫外光リソグラフィーのレーザー生成 EUV 光源プラズマの開発を行った。激光 XII 号レーザーを用いた EUV 放射変換効率計測実験、EUV 放射プラズマのオパシティー構造の観測とオパシティーの EUV 放射効率への影響、及び EUV 放射プラズマからのイオンデブリ放射特性について詳説した。

第 7 章は結論であり、本研究で得られた成果を総括し本研究の意義を述べた。

論文審査の結果の要旨

レーザー核融合における爆縮過程では燃料球表面は流体力学的に不安定な状態でありターゲット表面に存在する微小振幅の擾乱が流体力学的不安定性によって指数関数的に成長するため、流体不安定性の物理とその抑制が重要な研究課題である。本論文は、レーザー核融合における流体不安定性物理の解明とその抑制手法の実現を目的とした実験研究を行い、またガイディング・コーン付きプラスチックシェルターゲットの非対称爆縮実験を行っている。本論文の成果のうち主なものを要約すると以下のようになる。

(1) X線バックライト法に関する評価を行い、X線半影ストリーク法などの高空間分解能と高時間分解能を同時に実現するための新しい計測技術を開発し、レーザー・プラズマの流体運動を空間分解能 $3\sim 5\mu\text{m}$ 及び時間分解能 $100\sim 200\text{ps}$ で観測する技術を確立している。

(2) Side-on X線バックライト法を用いたプラズマ密度計測技術を開発し、レーザー駆動プラズマ中の密度構造を初めて観測することに成功している。本研究の成果によって初めて可能となったアブレーティブ・レイリー・テイラー不安定性モデルの実験による検証を行い、従来のモデルには組み込まれていない成長抑制機構が存在する可能性を示している。

(3) 低原子番号物質であるプラスチックに高原子番号物質をわずかに混ぜることで形成されるダブル・アブレーション構造を利用したレイリー・テイラー不安定性の抑制技術を提案し、その物理機構を明らかにし抑制効果を理論的・実験的に実証している。

(4) 高速点火レーザー核融合用ターゲットとして注目されているガイディング・コーン付き球殻ターゲットの爆縮実験を行い、従来の球対称爆縮とは異なる高密度・高温プラズマの振る舞いを高速二次元X線画像技術を用いて観測し、コーン先端部のプラズマ挙動に関する新しい知見を得ている。

以上のように、本論文はレーザー爆縮核融合における流体不安定性の物理解明と抑制に関する多くの新知見を含み、レーザー核融合研究の進展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。