

Title	レーザー核融合における球ターゲット照射均一性の向上に関する研究
Author(s)	椿本, 孝治
Citation	
Issue Date	
Text Version	ETD
URL	https://doi.org/10.11501/3075110
DOI	10.11501/3075110
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

氏名	つばきもとこうじ 椿本孝治
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第11389号
学位授与年月日	平成6年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科電磁エネルギー工学専攻
学位論文名	レーザー核融合における球ターゲット照射均一性の向上に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 中塚 正大 教授 井澤 靖和 教授 西原 功修 教授 中井 貞雄 教授 西川 雅弘 教授 三間 圀興 教授 青木 亮三 教授 三宅 正宣 教授 権田 俊一

論文内容の要旨

本論文は、レーザー核融合システムにおける球ターゲット照射均一性の向上を目的として行った研究成果についてまとめたもので、6章より構成されている。

第1章は、緒論であり、球ターゲット爆縮の均一性の観点からレーザー照射均一性向上の必要性を述べ、研究の背景と目的を明らかにしている。

第2章では、多ビーム直接照射系における球ターゲット照射均一性について述べ、均一性向上の基本概念および激光Ⅻ号ガラスレーザーシステムの照射均一性の定量的評価を行っている。また、多数ビーム間のパワーバランスを考察し、その重要性を指摘している。

第3章では、照射均一性の改善に用いるランダム位相板の最適化について述べている。ランダム位相板の特異な集光特性を解析し、レーザー強度分布の包路線制御の可能性を示し、高い均一性の達成が可能であることを示している。ランダム位相板設計の最適化のためシミュレーションコードを開発し、ランダム位相板のセグメント配置の決定に新乱数系列の有意な事、およびセグメントのサイズと集光条件についての最適条件を与えている。

第4章では、部分コヒーレント光による球ターゲット照射均一性の向上について述べている。激光Ⅻ号システムの実験で得られた集光強度分布を用いて、照射不均一性の空間周波数スペクトルとその平均値を評価している。部分コヒーレント光理論を適用し、発展させて、照射不均一性の空間スペクトル改善特性と、部分コヒーレント光の基礎パラメーターである波長帯域幅と発散角との関係を明らかにしている。この解析手法は複雑な実験結果を極めて明確に説明し、光源の設計に有用な指針を与えている。

第5章では、光ビームの偏光の局所的制御による、コヒーレンス時間に関与しない照射不均一性改善法について述べている。前章で開発したシミュレーションコードを用い、約30%の均一性改善の予測を与え、その有用性を示している。偏光制御の方法として、水晶波長板、波長変換KDP結晶、およびネマティック液晶を用いる方法を提案し、それぞれ実験的に検討し、予測と良く一致した結果を与えている。さらに、偏光制御と部分コヒーレント光を組み合わせた場合の有効性と制限性について理論的、実験的に考察している。

第6章は、結論であり、以上の研究で得られた結果をまとめ、本論文の総括を行っている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、近年顕著な進展を見せている直接照射型レーザー核融合において、最も重要な研究課題のひとつである、ターゲットの球対称照射均一性の改善に関する研究の結果をまとめたものである。主要な成果を要約すると次の通りである。

- (1) 3次元照射均一性の評価法についてシミュレーションコードを確立し、激光Ⅻ号レーザーシステムの球ターゲット照射不均一性を定量的に評価している。レーザー光直接照射の場合で26%、ランダム位相板を用いた場合では25%程度の不均一性が存在することを示している。ランダム位相板の利用により、空間低次モード成分が15%から数%のレベルに低下していることを示している。
- (2) レーザーシミュレーションコードを用い、現多ビーム照射系において、ビーム間のパワーインバランスを定量的に評価し、時間積分照射不均一性2%の場合でも、パルスの立ち上がり部では照射不均一性は12%に達していることを示している。これを改善するためにはパワーインバランスの抑制が重要であることを示唆している。
- (3) ランダム位相板の集光特性として、新しく準遠視野領域での照射で強度包絡線形状の制御が可能であることを見出し、現在のレーザーシステムに対するランダム位相板設計の最適条件を与えている。部分コヒーレント光を500 μm 径の標準ターゲットに対して照射する場合、遠視野領域での照射では、セグメントサイズ1.6mmで不均一性2%の達成が可能であり、包絡線制御を行った場合は、セグメントサイズ2.4mm、集光条件 $d/R = -5$ で、不均一性0.5%まで低減可能であることを示している。
- (4) 部分コヒーレント光による照射不均一性の向上に関して、波長分散自然放出増幅光の利用を提案し、計測パターンから球ターゲット照射不均一性を評価している。部分コヒーレント光によって照射不均一性は3.8%が達成されていることを示している。
- (5) 部分コヒーレント光による照射不均一性改善特性を理論的に解析し、実験結果をよく説明する理論を確立している。この解析から、フロントエンドシステムでの発散角制限を波長分散光学系で実施することにより、照射不均一性をさらに改善できることを示している。
- (6) ランダム位相板使用時に発生する干渉スペckルの平滑化を実現する方法として、偏光の局所制御の方法を提案している。理論解析により、偏光制御板の有用性を示し、照射不均一性が30%改善され得ることを明らかにしている。
- (7) 小口径(50mm ϕ)水晶波長板、大口径(320mm ϕ)波長変換KDP結晶、および液晶偏光制御素子(80mm ϕ)を用いて偏光の局所的制御が可能であることを示し、照射均一性の改善率が理論予測と良く一致することを明らかにしている。
- (8) 液晶偏光制御板のレーザー損傷しきい値は、波長527nm、パルス幅0.9nsに対して11J/cm²であり、レーザーシステムへの導入が可能であることを示している。

以上のように本論文は、レーザー核融合における球ターゲット照射の均一性向上に関して多くの知見を得るとともに、有用な方策の提案と実証をしており、レーザー工学ならびに核融合工学の発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られる。