



Title	位相・偏光制御素子の開発とレーザー均一照射法への応用
Author(s)	末田, 敬一
Citation	大阪大学, 2000, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/42154
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、 https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed 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	末田 敬一
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第15451号
学位授与年月日	平成12年3月24日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科電気工学専攻
学位論文名	位相・偏光制御素子の開発とレーザー均一照射法への応用
論文審査委員	(主査) 教授 中塚 正大
	(副査) 教授 佐々木孝友 教授 山中 龍彦 教授 松浦 虔士 教授 辻 毅一郎 教授 熊谷 貞俊 教授 平尾 孝

論文内容の要旨

本論文は、直接照射型レーザー核融合研究のための位相・偏光制御素子の開発とレーザー均一照射法への応用に関する研究の成果をまとめたものであり、以下の6章より構成されている。

第1章では、レーザー核融合研究の進展を展望し、球ターゲット爆縮の均一性の観点からレーザー照射一様性向上の必要性を述べ、本研究の目的と意義を明らかにしている。

第2章では、レーザー照射一様性の評価方法についてまとめ、激光XII号ガラスレーザーシステムにおける一様性改善のための基本概念および種々の改善法について述べている。

第3章では、レーザービーム断面の偏光分布を制御することによる照射均一性の改善方法について述べている。偏光を制御する手段として、アゾ系色素の光異性化反応を応用した、非接触による液晶分子の配向制御を提案している。分布型液晶偏光制御板を作成し、スペックル平滑化実験を行い、理論の予測通りに一様性が改善されることを実証している。また偏光制御を利用した強度分布制御用の開口アポダイザーを提案し、ビームパターンの整形および空間高周波成分の除去の実験を実施し、その有効性を確認している。

第4章では、集光パターンの強度包絡線形状の制御能力を向上させるという観点から、キノフォルム位相板に着目し、理論的解析に基づく新設計アルゴリズムの構築と、設計シミュレーションによる性能改善の提案を行っている。特に入射ビームの位相誤差や波面歪の問題を解決するため、位相誤差に耐力を有するキノフォルムの設計法を検討し、集光パターン計算によって一様照射の実現にとって有効であることを示している。

第5章では、位相分布制御による集光強度分布の包絡線の直接制御について述べている。先に提案した位相回復アルゴリズムを用いて、均一分布の集光パターンを実現するため、キノフォルムの位相分布を数値設計している。液晶セルにそれらを転写することで液晶バイナリーキノフォルムを製作し、さらに実験により集光パターン制御能力の有用性を示している。

第6章では、本研究で得られた知見を総括し、本論文の結論としている。

論文審査の結果の要旨

本論文では、直接照射型レーザー核融合においてターゲットの球対称爆縮を効率よく行うために、レーザー照射の高い均一性を実現するため、レーザーの位相・偏光制御による照射一様性の向上を提案し、液晶セルを用いた位相・偏光制御素子の開発とレーザー均一照射法への応用に関する研究を行っている。得られた成果は以下の通りである。

- 1) アゾ系色素の光異性化反応を用いて、液晶分子を非接触の紫外光書き込みで配向させるのに成功している。本研究で初めて用いられた色素 acid yellow38は、従来のメチルオレンジに比較して書き込みエネルギー密度が約1/5で配向能力があり、かつ再配向も可能であることを示し、大口径で柔軟性のある光学素子としての可能性を実証している。メチルオレンジ、acid yellow38について1ナノ秒パルスでのレーザー損傷閾値を測定し、それぞれ12J/cm²、11J/cm²と大きく、核融合レーザーシステムへの導入が可能であることを確認している。
- 2) 直交偏光の2光束は干渉しないという性質を利用して、ビームを直交する偏光に局所分割し、集光パターン上での干渉スペックル低減の可能性を示している。配向膜にメチルオレンジを用いた液晶偏光制御板を作製し、1ビーム内の偏光方向を互いに直交する光束群に変え得ることを実証している。スペックルの平滑化実験を行った結果、理論どおり照射不均一性が30%改善できることを確認している。
- 3) 液晶セルの中心部をホモジニアス、外辺部をツイスト配向するように液晶分子を配向させ、中央部分のみの透過偏光成分を選択することで、セレイティッドアーチャーを実現している。この液晶ソフトアーチャーを用いてビームパターン整形実験を行い、干渉リングが発生しないことなど、設計通りの性能のものが製作可能であることを確認している。
- 4) 位相回復アルゴリズムにおいて、解の停滞問題に対する計算手法の改良を行い、位相回復問題における理論的考察を行っている。結果として、位相回復計算の収束速度の高速化に成功し、キノフォルム位相板の高精度化を可能にしている。
- 5) 爆縮に追従して集光スポット径を変化させることで、ターゲットへのレーザーエネルギー結合効率を向上させ、かつ波形整形の容易さとパワーバランスの精度向上の支援方法を提案している。具体的には、特殊なキノフォルム位相板と入力ビーム口径と強度の時間的制御の組み合わせで可能なことを示している。多重化キノフォルム位相板の設計を行い、その集光特性をシミュレーションにより評価している。入力ビームの口径と強度を最適化すれば、1枚のキノフォルム位相板に最大5パターンまで記憶可能であることを示している。
- 6) キノフォルム位相板はその原理上、入射ビームの位相誤差にきわめて脆弱であるが、この問題を解決するため、位相誤差に強いキノフォルム位相板の設計法を提案している。位相板を複数個のセグメントに分割し、それぞれのセグメントにおいて望みの遠視野象を形成するように設計することで、1セグメントあたりが受ける位相歪の影響を小さくすることを示している。設計パラメーターを、ビーム径32cm、波長351nm、焦点距離5m、デフォーカス量-5mmとしたとき、分割数4×4において集光パターンの劣化を最小限にとどめられることを示している。エネルギー利用効率は無歪入力での72%に対して、歪みがある場合でも69%までの低下に抑制されることを示している。
- 7) 液晶分子のねじれ角度と位相遅れの関係をジョーンズ行列を用いて導出し、液晶キノフォルム板作製のための基礎的知見を得ている。液晶キノフォルム位相板の原理実証として液晶2階調位相分布セルの試作を行い、液晶の厚さを精度良く制御することにより、任意の位相差が得られることを実証している。
- 8) 位相分布制御による集光強度分布包絡線の制御の基礎実験として、バイナリー液晶キノフォルム位相板の設計と試作を行い、その集光分布特性を調べた結果、設計パターンを良好に再生できることを確認している。

以上の多くの成果は、新しい概念の光学素子の提案であり、均一爆縮実験の展開とターゲット照射技術の向上に大きく寄与するものと考えられる。

以上のように本論文は、パワーレーザーシステムで利用可能な位相・偏光制御素子の提案をし、現実的光学素子の製作と評価について新しい知見を与え、レーザー均一照射法への応用の可能性を実証しており、核融合研究を始めとする高出力レーザー装置の改良に大きく貢献するものと考えられる。これらの成果はレーザー工学、電気工学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。