

紫外光励起オゾン混合ガス回折光学素子の研究

米田研究室 道根百合奈

本論文では、従来の固体光学素子での使用レーザー強度を2桁程度増加でき、可視から赤外までの広範囲な波長で使用可能で、なおかつナノ秒の高速応答性を持つ全く新しい概念のオゾン混合ガス光学素子を開発した内容をまとめている。近年、レーザーの高エネルギー化、高出力化は増加の一步をたどり、最大エネルギーで 10^6J (MJ)、最大強度で 10^{16}W (10PW)になってきている。一方で、そこで使用される光学素子での取り扱えるレーザーフラックスは、誘電体多層膜技術が完成されてから、材料や成膜手法などの改善があったものの10倍程度に限られている。このため、レーザーシステムは大型化の一途をたどり、使用される光学素子の大きさも 1m^2 を超えるものまで出てきている。一方、このような大型化だけでなく、高出力パルスレーザーの繰り返し周波数も、従来の数10HzからMHzへと増強されつつあるが、光学損傷は確率的な現象になっており、これまで十分であった光学素子であっても取り換えや損傷に対して照射面を移動させるなどの対処をせざる得なくなっている。このため、新しい概念に基づく光学素子の開発が望まれている。本論文は、これらの問題を解決するために、新しいオゾン混合ガスを用い回折光学素子を提案し、その生成条件の物理を明らかにするとともに、回折光学素子としての性能を評価、これを使った新しいレーザーシステムの概念を提唱している。本論文は5章からなる。

第1章では、現在の高出力レーザーの開発現状とそこに使用されている光学素子の状況。ならびに最近出てきた光学損傷に対してそれをマネジメントしながら使用せざる得なくなっている状況をまとめている。また、それを解決する目的で提案されているプラズマをベースにした過渡的光学素子についても、その性能や応用例、さらにはその課題などについて述べている。

第2章では、本研究で使われるオゾン混合ガスと紫外レーザーの相互作用により、どのようにして基本となるガス分子の大振幅密度波が形成されるかを理論的に説明し、その特性を実験的に明らかにした結果をまとめている。特に、初期に紫外線の吸収によりオゾン分子が分解励起され、その後短時間に再結合をし、そこから温度の空間分布が形成された後、に通常音波と第2音波の結合した波が励起され、大振幅の空間密度波が形成されることを、理論的、実験的に明らかにしている。

第3章では、回折光学素子に用いるオゾン発生部と、その混合ガスを回折波面が乱れないように、なおかつオゾン混合ガス領域が窓無し領域でも閉じ込められた状況にする装置システムの説明を行っている。通常、自由膨張状態のガス流体では、レイノルズ数が容易

に数1000を超えてしまうので、乱流になりやすく、本研究が目的としているような高精度な波面を制御できるような密度の一様性を得ることは難しい。ここでは、流速や温度、流路経路の最適化を行った結果、得られたオゾン混合ガスの密度分布特性などについて述べている。

第4章では、本研究で開発したオゾン混合ガスを使った回折光学素子の動作特性をまとめている。ここでは、レーザー耐力、スイッチング速度、回折効率、回折波の波面などの計測結果をもとに、レーザーシステムへの実応用を仮定した場合の特性評価についてまとめている。

第5章では、それまで回折光学素子の達成された性能を受け、どのような新しいレーザーシステムが構築可能であるかを示している。特に、大型レーザーシステムでよく採用されている大型スイッチや大型偏光子を使った再生増幅器が、本研究で開発された光学装置によりどのようにダウンサイジングされるか、大出力レーザーで用いられる空間フィルターを、この回折光学素子の持つ高い波面選択性によりどうやって置き換えられるかなどについて述べている。また、本素子のもう一つの特徴である超低挿入損失性を利用してできるエンハンスメント共振器についても、その基礎特性を評価した結果を述べている。

第6章では、これらの章で得られた結果をまとめ、本研究で開発された光学素子の評価及びその応用への可能性をまとめている。