

河島 秀弥 小西 勝 大高 真人 小林 喬郎

Hideya Kawashima, Masaru Konishi, Masato Ohtaka and Takao Kobayashi

福井大学工学部電気工学科

Department of Electrical Engineering, Fukui University

1. はじめに

エキシマレーザーはUV領域で高効率・高出力発振が可能であるため、最近その応用が急速に進展している。我々はXeClを中心としたエキシマレーザーをレーザー光源として、利用して種々の環境パラメータを遠隔計測する可能性について解析検討を行っている。また、これらの環境計測に適したエキシマレーザーを開発するための第一歩として、比較的小型の放電励起エキシマレーザーを試作し、その動作特性を調べたので、それらの結果について報告する。

2. 環境遠隔計測への応用可能性

UVエキシマレーザーを利用することにより、大気や海洋、地表などの遠隔物質分析が可能となり、その特徴としては、(1)大気によるレーザー光の吸収を考慮すると、水平測定距離は数(3~5)km以内であり、(2)300nm以下の波長域では太陽光の背景雑音が無いため、昼間でも高感度測定が可能であること、等が挙げられ、分光計測の方式としては以下の3種類が主なものとなる。

2-1. ラマン散乱方式

エキシマレーザーを光源としたラマン散乱方式においては、散乱断面積 σ_R は小さいが、散乱波長 λ_R に対して $\sigma_R \propto \lambda_R^{-4}$ の特性により、UV光を用いた場合には σ_R が大きくなる。また、各種の大気分子の密度測定が同一レーザーにより可能となり、さらに大気の大気温度や気圧の測定の可能性もある。Fig.1に大気成分密度の高度分布とレーザーラマンレーダの検出感度曲線(分子密度)を示す。また、種々の物質の遠隔分光分析も可能となる。

2-2. LIF方式

LIF(レーザー誘起蛍光)方式では散乱断面積 σ は比較的大きいので、原子や分子の密度測定が可能であり、遠隔計測としてはエアロゾルの定性分析、さらには水質汚染測定や植性、すなわち植物生態の状態測定が可能となる。

2-3. 差分吸収(DIAL)方式

エキシマレーザーを用いて色素レーザーを高効率で励起することができ、レーザー光が波長可変となり、差分吸収方式による計測が行える。この方式により、大気中の O_3 や NO_2 、 SO_2 等の汚染分子の計測が可能となる。

3. エキシマ・レーザー装置とその特性

つぎに、我々は環境計測に適したXeClエキシマレー

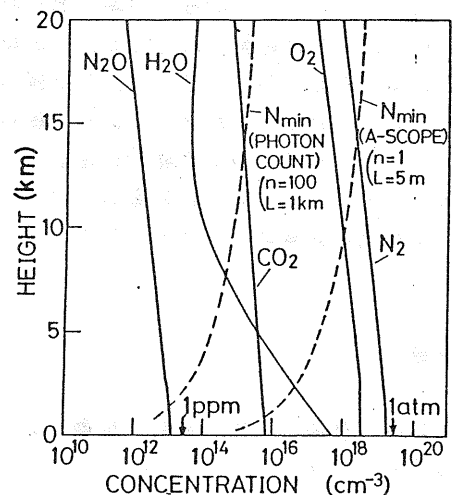


Fig.1 大気分子成分測定のためのレーザーラマンレーダの最小検出可能分子密度 N_{min} と標準大気密度の高度分布(レーザー出力1J、受信開口 $A_r=0.5m^2$ パルス数 n と空間分解能 L の比較)

ザを開発するために、放電励起型エキシマレーザを試作した。

装置の小型化及び動作の安定性や信頼性を考慮してUV光自動予備電離による容量移行の放電励起型とした。Fig.2にレーザの概観図を示す。放電電極は長さ70 cm,幅40 cm,電極間隔27 mmで、主コンデンサ(C₁)とピーキングコンデンサ(C₂)はSrTiO₃セラミック材質のものを用い、最大C₁=150 nF、C₂=44.2 nFとした。またC₂の各コンデンサに予備電離用のピンを2組(ギャップ間隔2 mm)取り付け合計48本とした。この装置を用いて、ガス混合比HCl:Xe:He=0.22:1.87:97.91ガス圧力3.5気圧で、印加電圧32 kVの時の出力エネルギー350 mJ、パルス幅22 ns、ピーク出力15.9 MW、最大効率0.88%、のレーザ出力特性が得られた。Fig.3にレーザ出力、励起効率の充電電圧特性を示す。

4. 高輝度・波長可変発振特性

一般にXeClエキシマレーザはコヒーレンス度が低いので、これを改良する目的で放電体積の一部をレーザ狭帯域発振部及び増幅部として用いることにより、狭帯域スペクトルで波長可変出力を得る高輝度システムを検討した。Fig.4にその装置構成を示す。発振部は反射鏡及び斜入射回折格子(J. Y. 製1800本/mm)、波長選択用ミラーにより構成されている。次に増幅部は、回折格子の0次光を発振器出力ビームとして取り出し、反射鏡で折り返し、ビームエクパンダで径を拡大して放電体積を有効に使い、出力光を取り出す。Fig.5にレーザ発振スペクトルを示す。これより、狭帯域スペクトル幅0.021 nm以下、スペクトル可変幅0.35 nmであり、発振部のみのスペクトル幅0.015 nm、可変幅0.71 nmと比較すると増幅時にはASEによる影響が少し見られる。

5. むすび

環境遠隔計測用光源としてのXeClエキシマレーザの動作特性及び基本的な特性について調べた。今後、これらの特性を生かし、小型可搬で、繰り返し周波数が高く、ガス寿命10⁶ pulse以上のエキシマレーザの開発を行い、環境計測への応用範囲を広げていきたい。

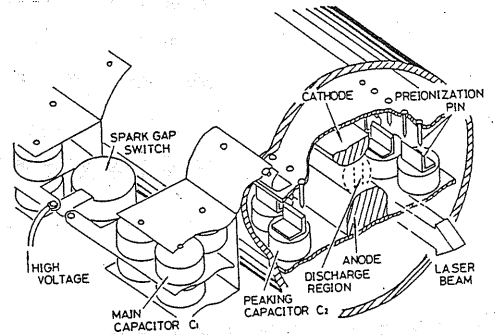


Fig.2 エキシマレーザの概観図

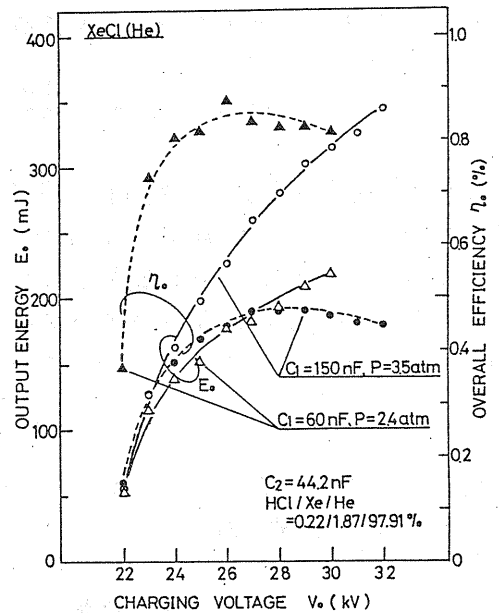


Fig.3 レーザ出力、励起効率の充電電圧特性

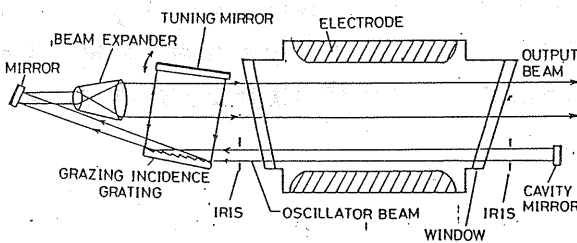


Fig.4 高輝度波長可変エキシマレーザシステム

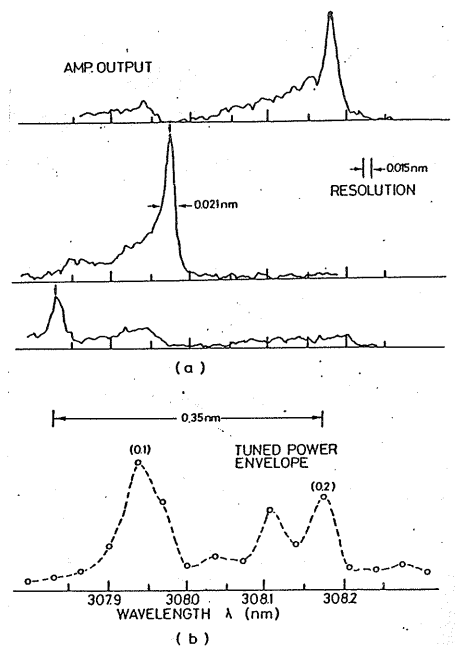


Fig.5 レーザ狭帯域発振スペクトル