

Development of Raman Laser for Observation of Ozone

前田 三男 内野 修 下村 修 宮副 泰

M. Maeda O. Uchino O. Shimomura Y. Miyazoe

九州大学 工学部 電気工学科

Dept. of Electrical Eng. Kyushu University

§序 短波長域で高出カパルス発振をするエキシマーレーザーの発達は、ライダー技術に新しい可能性をもたらしつつある。¹⁾別に報告しているように、現在我々は、LC反転型XeClエキシマーレーザー($\lambda=308nm$, 最大出力100mJ, 最高効率0.42%)を使用し、吸収法による下部成層圏オゾン層の観測を続けており高度15~25km間におけるオゾン密度の信頼できるデータを得ている。さらにライダー用光源としての適用性を拡大するために、放電型エキシマーレーザーの高出カ化をはかるとともに、色素レーザーの励起によって近紫外から可視部にかけて、高効率の可変波長光が得られることを示した。エキシマーレーザー励起のラマンレーザーによる各種ストークス線を利用すると近紫外域で準連続的に近いスペクトル域が高効率でカバーでき²⁾、色素レーザーで発振困難な波長域を補なうことができる。本稿ではライダー用に新たに開発した比較的くり返しの速いKrFレーザーによって高気圧CH₄における誘導ラマン散乱(SRS)を観測した。

§実験 図1にKrFレーザー装置の構造を示す。このUV予備電離放電励起型レーザーは、放電管の両側に配置したセラミックのdumping capacitor ($C=35.1nF$, 耐圧80kV)を3段のマルクス回路(最大120kV, 194.4J)によって充電するタイプである。レーザー管の主電極は有効長92cm, ギャップ長4cmのアルミ製一様電界電極より成り、また予備電離は、下部電極の両側に取り付けられた合計37個の小ギャップ電極(ギャップ長4mm)によって構成されている。最大出力は、F₂:Kr:He=4:30:2280Torrのときマルクス充電電圧36kVで600mJ(パルス幅50ms)が得られ、最高効率は24kVで0.53%であった。なお、XeClレーザーとしての最大出力は、HCl:Xe:He=3.5:15:2660Torrのとき34kVで450mJ(パルス幅40ms)が得られた。共振器はこのとき反射率100%($r=6m$)の誘電体蒸着ミラーと放電管のCaF₂窓により構成されている。

図2にSRSの実験装置を示す。効率のよいSRSを得るためには、単位面積当りのパワーを

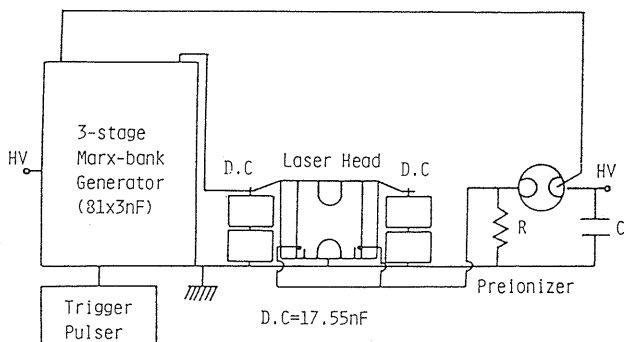


図1. レーザー装置の構造

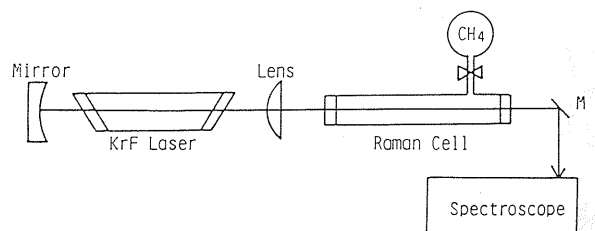


図2. SRS 実験装置

250~1000 MW/cm²程度にする必要があるため、レーザーの共振器を上記の stable型の代りに $f=50\text{cm}$ の平凸レンズを出力鏡とした unstable型を使用した。図3に2つの共振器の場合におけるレンズからの距離に対するレーザー強度の比較を示す。unstable型の場合、stable型に比べてエネルギーは約半分に落ちたが、レーザービームは $1 \times 2\text{mm}^2$ 程度に絞り込むことが出来て、その結果ピーク強度は約5倍(パルス幅 32ns)の 375MW/cm^2 に増加した。

ラマンセルには直径 3.4 cm 長さ 1m のステンレス管を使用し、テフロンをパッキングとし窓材には厚さ 2cm の石英板を用いた。図4と図5は、入力パワー (KrFレーザーのピークパワー) および CH₄ の圧力に対するオ1ストークス線 S_1 ($\lambda=267.8\text{nm}$) とオ2ストークス線 S_2 ($\lambda=290.5\text{nm}$) の相対的ピーク出力パワーをそれぞれプロットしたものである。セルからの出力光におけるピークパワーの比は、KrF: S_1 : $S_2=93.5:49:20$ であった。又、このとき S_1, S_2 のパルス幅はそれぞれ 9ns, 6ns であったので、エネルギー変換効率はそのそれぞれ 12.4%, 3.4% であると考えられる。図4, 5より入力パワーの変化に対する S_2 の出力パワーの増加をみると、入力パワーおよび圧力を上げることでまた幾分か S_2 の出力増加が期待される。今回の実験では、 S_1, S_2 以外のストークス線は観測されなかった。

以上の実験の結果、 S_1, S_2 線に関しては簡単な実験装置で発生が可能であり、ライダー用として実用性を持つことが確認された。今後パラメータの最適化やレーザーのパワーアップによりさらに効率を改善することができるとと思われる。現在 H₂ ガスについても SRS 実験を行っており、またライダー用に出カ1ジュール以上のエキシマレーザーも計画中である。

ライダーへの応用 我々は当面このようにして得られた CH₄ の S_2 線 ($\lambda=290.5\text{nm}$) をオゾンライダーへ利用することを考えている。XeClレーザー ($\lambda=308\text{nm}$) は、オゾン層のピーク付近(高度 15~30 km) を観測するには最も適した波長を有しているが、オゾンが少なくなる高度 15 km 以下の測定にはオゾンの吸収断面積のより大きな S_2 の波長の方がより高精度の観測ができる。今のところこの付近の波長を得るには効率的にみて、SRS を利用するのが最も有利である。その他、吸収法ライダーに関しては SO₂ など大気汚染分子の二波長計測などにも有用と思われる。また、エキシマレーザー自体を tuning すると、高層にある各種金属原子の層を共鳴散乱法により検知する可能性もある。(たとえば鉄の 386nm 線は XeFレーザー-励起 CH₄ オ1ストークス線で発生可能)

- 参考文献 1) Uchino et. al. IEEE J. Quant. Electron. QE-15, 1904 (1979)
 2) Sze et. al. ibid. QE-15, 337 (1979)

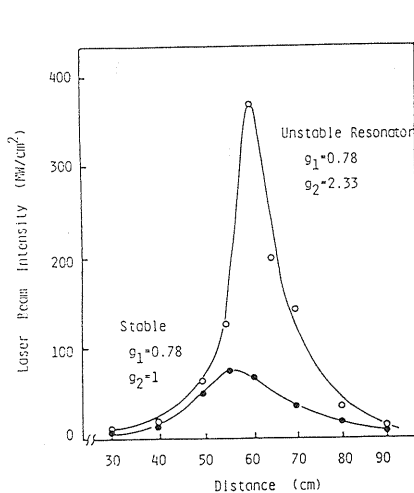


図3. レンズからの距離に対するレーザービーム強度変化

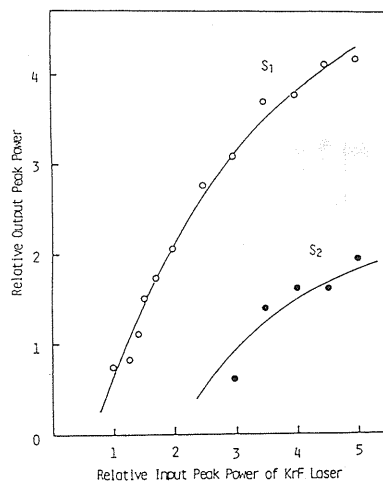


図4. 入力パワーに対する出力パワー変化

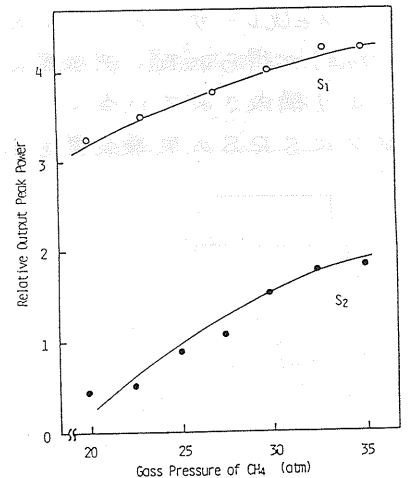


図5. CH₄の圧力に対する出力パワー変化