

高繰り返し・沿面ワイヤーコロナ予備電離 TEA $^{12}\text{C}^{16}\text{O}_2$ 、 $^{13}\text{C}^{18}\text{O}_2$ レーザ

Compact, High-Repetition-Rated TEA $^{12}\text{C}^{16}\text{O}_2$ and $^{13}\text{C}^{18}\text{O}_2$ Lasers with Surface-Wire-Corona Preionizer

杉井 正克、古味 孝夫、原 熙

(Masakatsu Sugii, Takao Komi, and Hiroshi Hara)

防衛庁技術研究本部 第2研究所 第3部

(3rd div., Second Research Center, Technical Research & Development Institute, Japan Defense Agency, Tokyo)

Abstract: This paper describes an experimental study of compact, high-repetition-rated TEA $^{12}\text{C}^{16}\text{O}_2$ and $^{13}\text{C}^{18}\text{O}_2$ lasers with surface-wire-corona preionizer consisting of segmented columnar SrTiO_3 dielectric and a fine wire strained on the dielectric surface.

TEA CO_2 レーザは、高尖頭値・短パルス動作が可能であり、またガスを高速で循環させることにより 1 kHz 以上の高繰り返し動作も可能である。このため目標の捜索・探知・識別、さらには精密追尾等の防衛用レーザー用光源として期待されている。これらの応用のためには、レーザーガスの長寿命化、スイッチング素子の長寿命化、及び装置の小型・軽量化等の技術課題を解決する必要がある。

以前に筆者は、 SrTiO_3 強誘電体をコロナ予備電離装置の誘電体に用い、エキシマレーザーの高効率動作に有効であることを示した^{1,2)}。さらに、 SrTiO_3 強誘電体上に広がるプラシコ罗纳放電を利用した沿面ワイヤーコロナ予備電離装置を新たに開発し、封じ切り型小型 TEA CO_2 レーザの高効率動作に有効であることを示した^{3,4)}。今回は、この沿面ワイヤーコロナ予備電離装置を高繰り返し TEA CO_2 レーザに適用し、高効率でかつ長寿命動作の封じ切り型・高繰り返し TEA CO_2 レーザを開発することを目的として装置に関する実験的な研究を行った。その結果、通常の $^{12}\text{C}^{16}\text{O}_2$ ガスを用いた場合に、繰り返し数 100 Hz で平均出力 42 W をレーザー効率 10% の高効率で得た。また、 $^{12}\text{C}^{16}\text{O}_2$ レーザに比べて発振波長が長波長側にシフトする $^{13}\text{C}^{18}\text{O}_2$ 同位体レーザーについても同様の実験を行い良好な結果を得た。

Fig.1は、実験装置の励起回路を含む概略図である。レーザー管は FRP 製で、有効ガス体積は 10.9 リッターである。また、バルブの開閉による準封じ切り型とした。放電電極は、真鍮製の Chang 型電極で、放電体積は放電間隔 1.7 cm、幅 1.3 cm、長さ 26 cm で、約 57.5 cm^3 である。高繰り返し動作を行うため、レーザー管内に磁気結合したブローを設け、光軸に直交する方向にガスを循環させている。コロナ予備電離装置は、レーザーガス流の下流側の陽極に近接した位置に配置し、放電部の電離効果を上げるため放電部側へ約 30° 傾けた構造となっている。予備電離装置の誘電体は、市販されている SrTiO_3 セラミックコンデンサ (TDK 製、

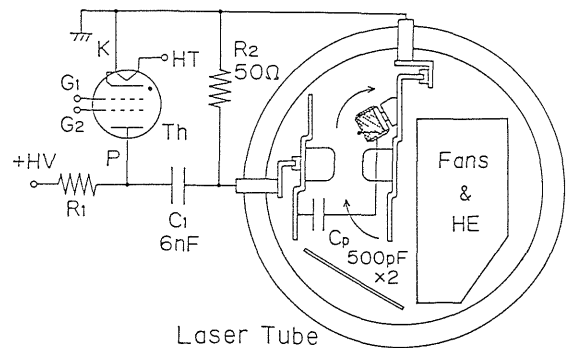


Fig.1 Schematic diagram of the high-repetition-rated TEA CO_2 laser showing the excitation circuit and laser design.

UHV-5)の片方の平板電極をダイヤモンドカッターで切断したものを用い、7個1列に並べている。誘電体の切断面の中心に直径0.8mmの銅線を張り、銅線を中心として誘電体表面上に広がるブラシコロナ放電を予備電離光源として利用した。Fig.2は、充電電圧30kV、繰り返し数200Hzにおける予備電離放電及び主放電をフランジ窓から観測した放電写真である。Fig.2から分かるように、均一で輝度の高いコロナ予備電離が実現できていることが分かる。このときのブラシコロナ放電の沿面放電幅は、Fig.2 Photograph of the main and corona preionization discharges in 200Hz operation. 約12mmであった。また、Fig.2から分かるように、主放電においても均一なグロー放電が200Hzの繰り返しで維持されている。



Fig.3は、TEA $^{12}\text{C}^{16}\text{O}_2$ レーザの平均出力の繰り返し数依存性を示す。 $^{12}\text{C}^{16}\text{O}_2/^{14}\text{N}_2/\text{He} = 1/1/4$ 、1atmの混合比において、最大平均出力42Wを繰り返し数100Hz、効率10%で得た。繰り返し数の増加に対して出力が飽和する理由は、電源の能力によるもので、電源容量を増加させることによりさらに平均出力を増加させることができる。また、少量のCO及び H_2 を添加し、レーザガスの寿命試験を行った。その結果、充電電圧30kV、繰り返し数100Hzで約6時間の連続運転を実施し、 2×10^6 ショット後の出力が初期の出力の70%に維持されていることを確認した。また、このレーザ出力の減衰特性から初期の出力の50%に低下するショット数を関数近似により評価したところ、 2×10^7 ショットという高い値を得た。

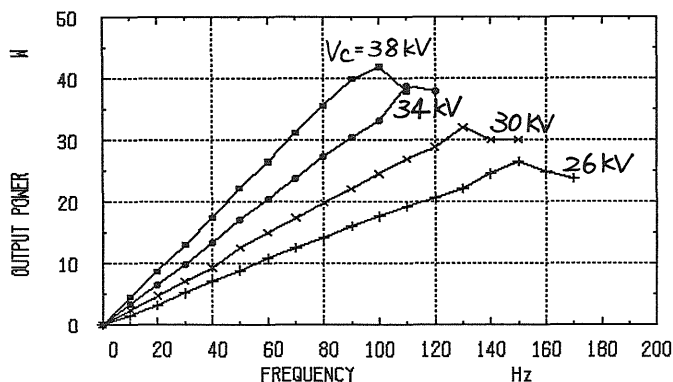


Fig.3 TEA $^{12}\text{C}^{16}\text{O}_2$ laser output power as a function of pulse-repetition-frequency.

同様にして、 $^{13}\text{C}^{18}\text{O}_2$ 同位体TEAレーザの高繰り返し発振実験を行った。この実験において、 $^{15}\text{N}_2$ 同位体ガスを通常の $^{14}\text{N}_2$ ガスの代わりに添加することにより、レーザ出力が2倍にエンハンスされることを確認した。これは、 $^{15}\text{N}_2(v=1)$ 準位が $^{13}\text{C}^{18}\text{O}_2(001)$ 励起準位により近接していることによる。この実験において、 $^{13}\text{C}^{18}\text{O}_2/^{15}\text{N}_2/\text{He} = 1/1/4$ 、1atmの混合比において、最大平均出力21Wを繰り返し数100Hz、効率5%で得た。

さらに、 $^{12}\text{C}^{16}\text{O}_2$ 及び $^{13}\text{C}^{18}\text{O}_2$ 同位体TEAレーザの波長同調特性を測定した。リトログレティングとファブリペロー共振器の複合共振器構造とすることにより、高効率で単一振動回転線の発振を得た。詳細は、講演時に報告させて頂く。なお、これまでに約100時間にわたる高繰り返し実験を行ったが、予備電離装置の劣化は認められていない。

参考文献

- 1) M. Sugii et al., Technical Digest of CLEO'89, paper WF13.
- 2) M. Sugii et al., IEEE Photon. Tech. Lett., 1, 166 (1989).
- 3) 杉井 他、赤外線技術、第11号 (1990).
- 4) M. Sugii et al., Rev. Sci. Instrum., 62, 33 (1991).