軸方向放電励起 CO_2 レーザーにおける He ガスフリー動作

He-gas-free operation in longitudinally excited CO_2 laser

山梨大学[1]，精電舎電子工業株式会社[2]　○(B)大川亮[1]，宇野和行[1]，児玉康司[1,2]，米谷和幸[2]
Univ of Yamanashi[1], Seidensha Electronics[2], Ryo Okawa[1], Kazuyuki Uno[1],
Yasushi Kodama[1,2], Kazuyuki Yoneya[2]
E-mail: t19ee012@yamanashi.ac.jp

1. 背景

現在，産業応用に利用されている CO_2 レーザーの多くは，媒質ガスに CO_2，N_2，He の混合ガスを使用している．He ガスには放電の安定化や CO_2 分子を効率よく基底状態に緩和させる働きがある．しかし，現在コロナ禍などの世界情勢により He ガスの入手が困難となっている．そこで我々は小型で高繰り返し動作可能な軸方向放電励起 CO_2 レーザーにおいて He ガスフリー動作の研究を行うことにした．先行研究では He ガスを含む媒質ガス $CO_2 : N_2 : He = 1 : 1 : 5$，4.6 kPa において，予備電離を用いずに繰り返し周波数 1 kHz，レーザーエネルギー35.2 mJ の短パルス発振を実現した[1].

本研究の目的は，He ガスフリーの媒質ガスによる軸方向放電励起 CO_2 レーザーの高繰り返し動作の実現である．

2. 実験装置

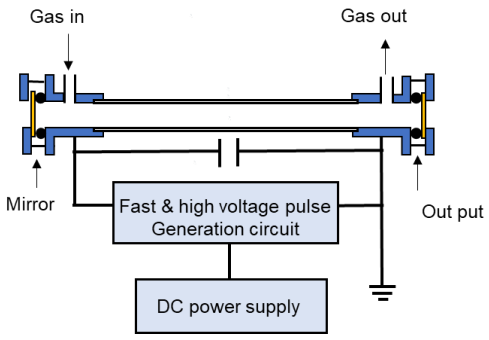


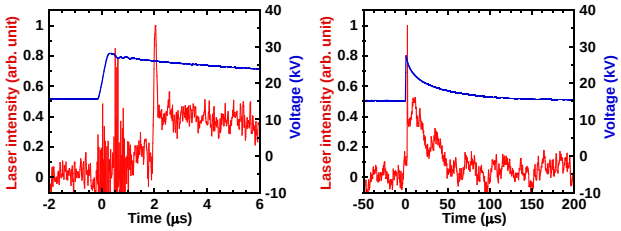
Fig. 1. Longitudinally excited CO_2 laser.

Fig. 1 は，軸方向放電励起 CO_2 レーザーの模式図である．装置は，放電管と共振器，高速高電圧パルス回路で構成された．放電管は，内径 8 mm，外径 12 mm，長さ 80 cm のアルミナセラミック管によって構成された．媒質ガスには，$CO_2 : N_2 = 1 : 1$ または 1 : 2, 1 : 3 が使用された．共振器は，反射率 99%，曲率半径 20 m の全反射 Au コート Si ミラーと反射率 85%の ZnSe 出力カップラによって構成された．共振器長は，89 cm であった．装置には，予備電離装置やガスフロー装置は使用されなかった．

3. 実験結果

Fig. 2 は，繰り返し周波数 200 Hz，混合比 $CO_2 : N_2 = 1 : 3$，ガス圧 1.2 kPa の媒質ガスによるレーザーパルス波形と放電電圧波形である．放電電圧は，放電開始電圧 28.2 kV，立ち上がり時間 288 ns，立ち下がり時間 92 μs であった．レーザーパルスは，レーザーエネルギー32.3 mJ，尖頭パルス幅 160 ns，パルステール長 54 μs，尖頭パルスに対するテールのエネルギー比 1 : 99 のテール付き短パルスが発振した．

Fig. 3 は，繰り返し周波数に依存する最大レーザーエネルギーの特性を示す．He ガスフリーの媒質ガスであっても 200 Hz までの動作ではエネルギーの低下がなかった．



(a)　(b)

Fig. 2. Laser pulse and discharge voltage waveformes at a pressure of 1.2 kPa of a 1:3 mixture of CO_2/N_2 and a repetition rate of 200 Hz. Red line is laser pulse wavefome, and blue line is discharge voltage wavefome. (a) Magnified time-scale view of spike pulse part of the laser pulse. (b) Overall waveform of the laser pulse.

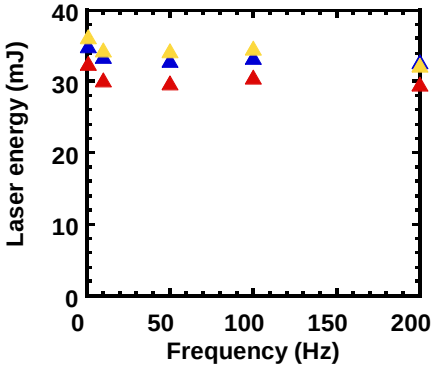


Fig. 3. Dependence of the max laser energy on the repetition rate and the mixing ratio. Red, yellow and blue triangles represent a 1:1, 1:2, and 1:3 mixture of CO_2/N_2, respectively.

参考文献

[1] K. Uno, et al., " 1 kHz Oscillation of short-pulse CO2 laser pumped by longitudinal discharge without pre-ionization," Optics & Laser Technology 152 (2022) 108174

© 2022年 応用物理学会