

改进型高重复率 TEA CO₂ 激光器特性

刘逢梅 胡孝勇 赵景山

(哈尔滨工业大学光电子技术研究所, 哈尔滨, 150006)

摘要: 本文介绍了改进型高重复率小型 TEA CO₂ 激光器的结构和特性。在 30Hz 重复率下工作时, 每脉冲输出能量达到 100mJ。

Performance of a high repetition rate TEA CO₂ laser improved

Liu Fengmei, Hu Xiaoyong, Zhao Jingshan

(Institute of Opto-Electronic Technology, Harbin Institute of Technology)

Abstract: The paper describes the structure and performance of a high repetition rate compact TEA CO₂ laser improved. The output energy of 100 mJ is obtained at the 30 Hz repetition rate.

一、引 言

CO₂ 激光器在军事上的应用日益受到重视, 为了使 TEA CO₂ 激光器在测距技术和制导技术中获得应用, 人们以极大的兴趣在研究和发 展高重复率、小型、密封 TEA CO₂ 激光器^[1,2]。

本文报道的 TEA CO₂ 激光器是在文献[3]研究工作的基础上, 对激光器结构进行了改进, 使激光器体积小、重量轻, 提高了工作稳定性。激光器采用磁力耦合驱动气体循环系统和自动预电离放电激励电路, 在 CO₂: N₂: He=1: 1: 3, 充气压 $P=5.3 \times 10^4$ Pa 条件下, 单脉冲输出能量为 240mJ; 在重复频率 30Hz 下工作时, 每脉冲输出能量达到 100mJ。

二、激 光 器 设 计

采用紫外光自动预电离的激光头结构如图 1 所示。为缩小激光头体积, 提高真空密封性能, 激光谐振腔由真空壳外部^[3]移到真空壳内部。真空壳体由铝加工而成, 外径 220mm, 壁厚 10mm, 长 400mm, 储存气体体积约 10L。其中安装有主放电电极, 预电离电极, 气体循环风机, 导流板和激光腔。

主放电电极由铝制成, 阳极为张氏电极, 阴极为平板型电极, 上面均匀交叉布置两排钨针, 做预电离电极。主电极间距 14mm, 放电长度 200mm, 相应放电激活体积为 25cm³。峰值电容直接与阴极和阳极连接, 以减少放电回路电感值。激光器采用平凹型谐振腔, 谐振腔长 260mm, 镀金全反射镜曲率半径 8m。全反镜和锗平面

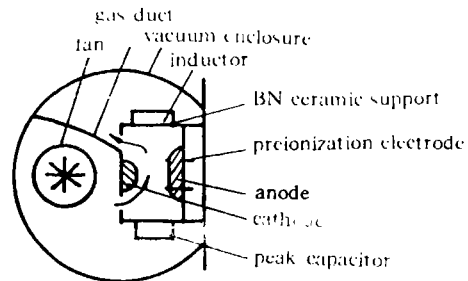


Fig. 1 Laser head construction scheme

镜安装在氮化硼(BN)陶瓷支撑架上。BN 陶瓷热胀系数小($0.5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$),可以使得通过放电区热气流冲击引起的谐振腔失调量降到最小。电磁耦合驱动的气体循环风机使工作气体在放电区中流动,通过放电区的速度用热球式风速计测量,电机转速为 146rad/s 时,测得气流速度为 3m/s。在高重复频率下,这一速度可满足两脉冲放电的间隔内消除放电区内的残余气体。

TEA CO₂ 激光器放电激励电路如图 2 所示。储能电容 $C_1=10\text{nF}$,峰值电容 $C_2=4.5\text{nF}$,电感 $L_1=250\mu\text{H}$, $L_2=2\mu\text{H}$, $L_3=200\mu\text{H}$, D 为高压二极管, T 为闸流管。C₁ 通过谐振充电电压可达到 21kV。激光头与电源之间用 3m 长高压同轴电缆连接,可实现远距离操作。当闸流管 T 导通时,电容 C₁ 对 C₂ 充电,充电电压可达到 26kV,实现对工作物质的激励。

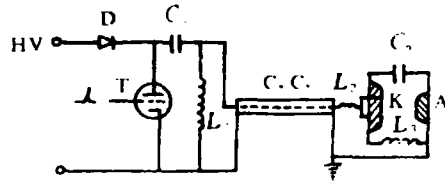


Fig. 2 Discharge circuit

三、激光器特性

激光器在 $\text{CO}_2 : \text{N}_2 : \text{He} = 1 : 1 : 3$, 气体压力为 $(4 \sim 6.6) \times 10^4 \text{Pa}$ 时,实现了高重复率稳定的辉光放电。脉冲重复率可以达到 50Hz。

激光器的输出能量,是用 Tek7834 示波器和 ED-500 激光能量计测量的。气体压力 $5.3 \times 10^4 \text{Pa}$,峰值电容 4.5nF,充电电压 26kV 时,单次工作每脉冲输出能量 240mJ,在 30Hz 重复频率下工作时,每脉冲输出能量 100mJ。

激光器放电电压波形如图 3 所示。用 Tek7834 示波器和 P6015 高压探针(衰减 1000 倍)测量的,横坐标每格 100ns,纵坐标每格 5V。从图中可以看出,峰值电容 C₂ 的充电前沿约 100ns,放电后沿约 50ns,放电电压 26kV,脉冲宽度 100ns。

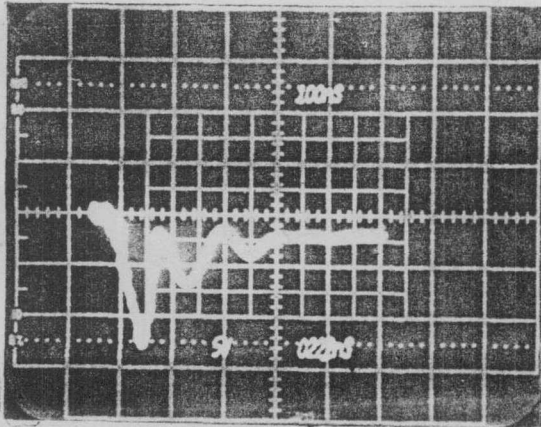


Fig. 3 Discharge voltage waveform

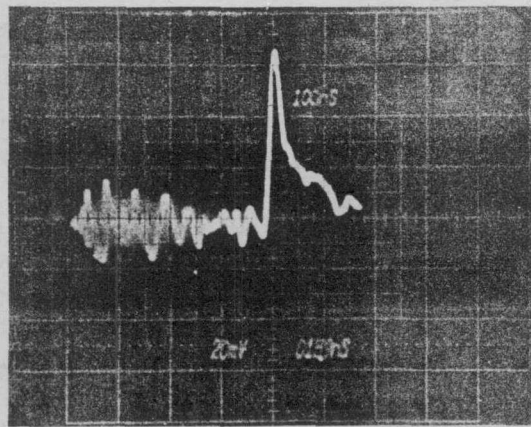


Fig. 4 Laser pulse waveform

输出激光脉冲波形是用光子牵引探测器 Rofin model 7415 和 Tek7834 示波器测量的。在 $\text{CO}_2 : \text{N}_2 : \text{He} = 1 : 1 : 3$,总气压为 $5.3 \times 10^4 \text{Pa}$ 时,测得的激光脉冲波形如图 4 所示。横坐标每格 100ns,纵坐标每格 20mV,测得激光脉冲宽度 50ns。

激光光强的空间分布是用 CO₂ 激光参数测试仪测量的,即在探测器前加装一个狭缝,使狭缝与探测器一起移动,用 Tek7834 示波器测得的激光脉冲光强分布如图 5 所示,为高斯分

布。在扫描过程中,假设激光器输出的激光脉冲能量无波动,图5所示图形是狭缝扫描多个激光脉冲的结果。实际上,在测量的时间内,激光脉冲能量波动值 $<2\%$ 。激光束散角计算值为 3mrad 。

我们对激光器密封运行的寿命进行了实验研究。在封离式 CO_2 激光器中,实现均匀的辉光放电,是提高激光器工作寿命的关键问题。在激光器中我们采用了均匀场电极形状,预电离技术,气体循环等实现均匀辉光放电的措施以外,还对放电激励电路中电容 C_1 与 C_2 的比值对激光器寿命的影响进行了分析和实验研究^[5]。当 $C_1/C_2 = 1.5 \sim 2.5$ 时,激光器的辉光放电稳定性最好。激光器在 30Hz 重复频率下工作时,一次充气工作寿命达到 10^5 脉冲。

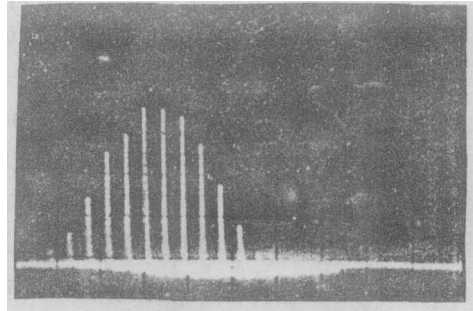


Fig. 5 Spatial distribution of laser intensity

四、结束语

高重复率小型TEA CO_2 激光器体积小,峰值功率高,加上 $10.6\mu\text{m}$ 的激光波长,在恶劣气候条件下有良好的透过率,在激光测距、制导或激光科学研究等应用中有广阔的前景。封离式TEA CO_2 激光器的寿命是影响实际应用的重要因素。在TEA CO_2 激光器中固有的 CO_2 分子的离解过程,将使激光器的输出功率不断下降。我们拟在激光器混合气体中掺水和采用电晕放电预电离技术^[6],来进一步提高激光器的工作寿命,并简化激光器的结构。

参考文献

- [1] Menyuk N, Moulton P F. Rev Scient Instrum, 1980,51:216
- [2] 侯天晋,江 东,王兴邦 *et al.* 激光技术,1990,14(5):53
- [3] 刘逢梅,朱太勋,张中华 *et al.* 应用激光联刊,1988,7(2):96
- [4] Dzakowic G S, Wütze S A. J A P, 1973,44:5061
- [5] 朱太勋,刘逢梅,胡孝男 *et al.* 光电子·激光,1991,2(2):119.
- [6] Marchetti R, Penco E. J A P,1984,56(11):3163

作者简介:刘逢梅,男,1940年1月出生。副教授。现主要从事 CO_2 和准分子激光技术研究。

胡孝男,男,1937年9月出生。教授。现主要从事气体放电和激光技术研究。

赵景山,男,1944年9月出生。技师。主要从事激光器件和激光技术的实验研究工作。

收稿日期:1993年3月11日。

收到修改稿日期:1993年4月8日。