

## 小型高重复频率 TEA CO<sub>2</sub> 激光器的研究

侯天晋 江 东 郑从众 兰 戈 王兴邦 周鼎富 赵 刚 屈乾华 刘建秀  
(西南技术物理研究所, 成都, 610041)

**摘要:** 本文叙述了一种小型高重复频率 TEA CO<sub>2</sub> 激光器, 其激光模式为 TEM<sub>00</sub>, 远场发散全角  $\leq 4\text{mrad}$ , 基模激光能量 87.8mJ, 脉冲宽度 36.5ns, 基模激光峰值功率  $> 0.9\text{MW}$ , 激光重复频率 130Hz(最高重复频率 255Hz), 能以 50Hz 的重复频率连续长期工作, 其工作寿命  $> 1 \times 10^7$  次。

**关键词:** CO<sub>2</sub> 激光器 高重复频率

### Study on mini high repetition frequency(HRF) TEA CO<sub>2</sub> laser

Hou Tianjin, Jiang Dong, Zheng Congzhong, Lan Ge, Wang Xingbang,  
Zhou Dingfu, Zhao Gang, Qu Qianhua, Liu Jianxiu  
(Southwest Institute of Technical Physics)

**Abstract:** This report describes a mini high repetition frequency TEA CO<sub>2</sub> laser. The laser has following character such as TEM<sub>00</sub> mode, divergence in far field  $\leq 4\text{mrad}$ , output energy 87.8mJ, FWHM = 36.5ns, peak power  $> 0.96\text{MW}$ . The pulse repetition rate is about 130Hz(up to 255Hz). The laser can operate continuously at 50Hz for more than  $1 \times 10^7$  shots.

**Key words:** CO<sub>2</sub> laser high repetition frequency

### 一、引 言

由于 CO<sub>2</sub> 激光器的优越性,使它非常有利于测距、制导、通讯等,二十几年来各国都十分重视发展它在军事上的应用<sup>[1]</sup>。小型高重复频率 TEA CO<sub>2</sub> 激光器具有体积小、重量轻、携带方便、光束质量好、峰值功率高等优点,因此在军事应用上优势尤其明显<sup>[1]</sup>。例如可用于对各种快速运动军事目标的激光测距,也可用于遥感、跟踪、照明、指示、光雷达、线性与非线性红外光谱、红外激光化学、材料科学、光泵浦等方面<sup>[2]</sup>。

目前美国、英国、西德、法国已在最新的主战坦克上装备了低重复频率 CO<sub>2</sub> 激光测距机。高重复频率的小型封离式 TEA CO<sub>2</sub> 激光器在过去十多年里也得到了很大发展,典型地应用如英国的机载 116 型高重复频率 CO<sub>2</sub> 激光测距机,主要用于地形跟踪<sup>[3]</sup>,它的激光发射器件的重复频率为 30Hz。GEC Avionics 研制的高重复频率 TEA CO<sub>2</sub> 激光器最大重复频率为 50Hz, TEM<sub>00</sub> 模激光输出 64mJ,工作寿命  $2 \times 10^7$  次。国内对小型高重复率 TEA CO<sub>2</sub> 激光器的研究近几年也取得了重要进展,其激光器件已能基本满足我国军用 CO<sub>2</sub> 激光技术应用的需要。

### 二、设 计

小型封离式高重复频率 TEA CO<sub>2</sub> 激光器(mini HRF seal-off TEA CO<sub>2</sub> laser)的工作原理与低重复频率 TEA CO<sub>2</sub> 激光器<sup>[4,5,6]</sup>基本上相同。激光器的工作介质是 CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, He 等混合

气体,其工作气压为一个大气压强。一般采用张氏电极<sup>[7]</sup>在主放电空间获得均匀的电场分布。我们根据以往的实验经验对设计参数进行了修改,设计加工出了改进型三维张氏电极,其电极宽40mm,长260mm,极间距是10mm,参数 $k_x = 0.014$ 。我们选用介质管表面电晕预电离技术<sup>[8,9]</sup>,该方式结构紧凑,不需附加预电离驱动电路。在高电压快速放电脉冲的作用下,实

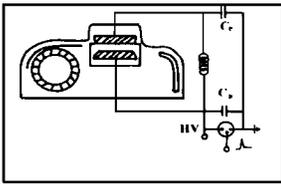


Fig. 1 Scheme of mini high repetition frequency TEA CO<sub>2</sub> laser

现一个大气压下的横向均匀辉光放电来激励工作介质。采用的脉冲放电回路是 Blumlein 电路如图 1,  $C_e = 16000\text{pF}$ ,  $C_p = 2000\text{pF}$ , 脉冲高压开关管为自制的流动式充 N<sub>2</sub> 火花隙。由于主电极的面形好且气体预电离强度高,该激光器在 15~25kV 的电压范围内都能正常工作。为获得快速上升的高压电脉冲,回路中所有元件都选用低感元件。我们采用  $R = 20\text{m}$  的大曲率半径平凹谐振腔和小孔光阑选模技术,获得了稳定的基模激光输出,其光阑的直径是  $\phi 8.5\text{mm}$ ,均匀的增益空间对激光模式

也是重要的。为了获得最大的激光输出能量或输出功率,平面输出镜的反射系数宜选用 80~85% 左右<sup>[5]</sup>。

采用平面型磁耦合器驱动工作气体闭合内循环系统用于冷却更新主放电空间内的工作介质,使激光器能以高重复频率方式运转。为了在放电区间获得最大的风速和风压,放电区宜设计在滚筒式风轮出风口的切线方向。当直流电机转速为 3400r/min 时,测得电极间工作气体的静态风速为 13.6m/s,以 3 倍的换气量计算<sup>[10]</sup>,理论上该激光器的最大重复频率为 450Hz。在实际工作时由于脉冲放电的等离子冲击波形成很强的风阻影响了气体的有效冷却,所以激光器的实际重复频率要低一些。为了提高激光器的工作寿命和输出功率,除了电极面形、预电离技术、真空气密性和真空卫生等因素外,我们还采用了低温 Pt 催化剂把放电分解生成的 CO 和 O<sub>2</sub> 催化再生为 CO<sub>2</sub>。

我们制成的小型高重复频率 TEA CO<sub>2</sub> 激光器外形如图 2。外部尺寸为 118mm × 174mm × 338mm(不含电机)。激光器箱体与底部盖板间、排气咀法兰与箱体间都采用金属钢冷挤压密封。光学窗口与镜片座间、金属陶瓷化的高电压引线头与箱体间都采用环氧树脂密封,然后镜片座再用金属钢冷挤压密封在箱体上。激光谐振腔固定在稳定支架上之后再安装于器件箱体内部。



Fig. 2 Picture of a mini HRF seal-off TEA CO<sub>2</sub> laser

### 三、实验结果

测试小型封离式高重复频率 TEA CO<sub>2</sub> 激光器参数的框图如图 3。我们采用中科院物理所生产的热释电探测器和 HITACHI VG-6023 型贮存示波器测量激光器的光脉冲重复频率。在注入能量为 4.6J/P 时,该器件长期不间断工作的重复频率为 50Hz。在最高重复频率为 130Hz 时则需工作 5s 停 15s。当注入能量为 1.3J/P 时的最高重复频率可达 255Hz(工作 60s 停 30s,激光能量 30mJ)。用进口的

Fig. 3 Scheme of experiment and measurement

- 1- thermo-electron detector
- 2, 5- digital storage oscilloscope
- 3- TEA CO<sub>2</sub> laser 4- array detector
- 6- photo drag detector 7- laser beam profile monitor

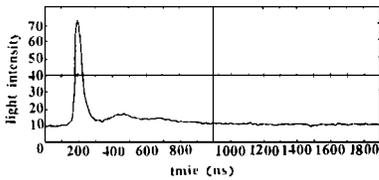


Fig. 4 Laser pulse shape

光子牵引探头和 Tektronix 2430A 型数字贮存示波器, 测得单个激光脉冲的波形如图 4, 从数字示波器上测得激光脉宽是 36.5ns, 光脉冲上升前沿为 17ns。用进口的 Mark- 型 60 元线列阵激光光束轮廓仪, 测得激光在各个方向远场的光强空间分布如图 5, 线列阵探头到激光器的输出窗口的距离是 5.06m, 两线元间的距离是

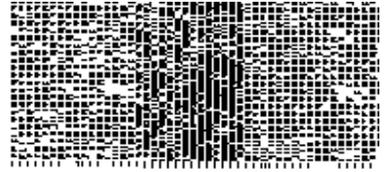


Fig. 5 Laser beam profil

0.4375mm, 则按  $1/e^2$  定义的光束直径是 19.9mm, 由此计算出激光的远场发散全角小于 4mrad, 光强分布为高斯型。用中科院物理所生产的 LPE-IB 型激光能量/功率计, 测得激光器单脉冲 TEM<sub>00</sub> 模能量为 87.8mJ, 在 50Hz 时激光平均功率为 3.96W。在封离状态下, 激光器以 50Hz 的重复频率长期不间断地工作, 每隔一段时间进行一轮平均功率测量, 测得的

工作寿命曲线如图 6。可见器件的工作寿命大于  $1.076 \times 10^7$  次。在整个寿命实验过程中激光器的辉光放电都十分稳定, 激光输出始终维持在初始值的 80% 以上, 寿命实验停止时激光器的辉光放电仍然正常。此外我们还对该激光器进行了高、低温试验和冲击振动试验。得到该激光器的工作温度范围是  $(-35 \sim +65)^\circ\text{C}$ ; 能承受加速度峰值为 15g、脉冲宽度为 11ms 的半正弦波的冲击; 经振动频率 55Hz、振幅 1mm 的正弦波振动试验 14min, 激光器所有零部件都无断裂、破损和部件跌落现象。

Fig. 6 Operating life curve of mini HRF seal-off TEA CO<sub>2</sub> laser

工作寿命曲线如图 6。可见器件的工作寿命大于  $1.076 \times 10^7$  次。在整个寿命实验过程中激光器的辉光放电都十分稳定, 激光输出始终维持在初始值的 80% 以上, 寿命实验停止时激光器的辉光放电仍然正常。此外我们还对该激光器进行了高、低温试验和冲击振动试验。得到该激光器的工作温度范围是  $(-35 \sim +65)^\circ\text{C}$ ; 能承受加速度峰值为 15g、脉冲宽度为 11ms 的半正弦波的冲击; 经振动频率 55Hz、振幅 1mm 的正弦波振动试验 14min, 激光器所有零部件都无断裂、破损和部件跌落现象。

### 参 考 文 献

- 1 简莉. 军用 CO<sub>2</sub> 激光系统. 北京: 机电部兵器科学技术情报所, 1989
- 2 Marchetti R, Penco E, Salvetti G. IEEE. J Q E, 1985; QE- 21(11): 1766
- 3 Woods W P. SPIE, 1987; 806: 122
- 4 屈乾华, 侯天晋, 江东 *et al.* 中国激光, 1990; 17: 24
- 5 屈乾华, 侯天晋, 江东 *et al.* 激光技术, 1989; 13(5): 22
- 6 侯天晋, 江东, 王兴邦 *et al.* 激光技术, 1990; 14(5): 53
- 7 Chang T Y. Rev Scient Instrum, 1973; 44(4): 405
- 8 Marchetti R, Penco E, Salvetti G. J A P, 1984; 56(11): 3163
- 9 Marchetti R, Penco E, Salvetti G. U.S. Patent 4718072
- 10 Dzakowic G S, Wutzke S A. J A P, 1973; 44: 5061

作者简介: 侯天晋, 男, 1956 年 5 月出生。研究员级高工。现从事光电子技术研究工作。

收稿日期: 1996-03-20 收到修改稿日期: 1996-05-23