

新型便携式 TEA CO₂ 激光器

郑义军, 孙科, 谭荣清, 王东雷, 刘世民, 张阔海
(中国科学院电子学研究所, 北京 100190)

摘要:报道一种新型便携式横向激励大气压 CO₂ 激光器。该激光器采用 4 节 5 号充电电池直流供电, 在 1 Hz 重复频率条件下, 可连续工作 1 h。激光器整机(包括电源及控制系统)尺寸为 200 mm × 200 mm × 360 mm, 质量小于 8 kg。激光器使用紫外电晕预电离方式, 放电均匀、稳定。自由振荡情况下, 激光脉冲输出能量达到 35 mJ, 输出脉冲宽度为 70 ns。

关键词:TEA CO₂ 激光器; 便携; 紫外预电离; 电池供电

中图分类号:TN248 **文献标识码:**A

Novel potable TEA CO₂ laser

ZHENG Yi-jun, SUN Ke, TAN Rong-qing, WANG Dong-lei, LIU Shi-min, ZHANG Kuo-hai
(Institute of electronics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China)

Abstract: A novel portable Transversely Excited Atmospheric pressure (TEA) CO₂ laser is reported. The battery-powered laser can run stably about 1 hour at 1 Hz repetition rate. The size of the laser is 200 mm × 200 mm × 360 mm, and its mass is only 8 kg. The ultraviolet preionization makes the discharge even and stable, the output energy can be as high as 35 mJ under the circumstance of free oscillation, and the width of the light pulse is 70 ns.

Key words: TEA CO₂ laser; potable; ultraviolet preionization; battery-powered

1 引言

CO₂ 激光器工作在 9 ~ 11 μm 长波红外波段内, 该波段激光具有良好的透过大气、雾等介质的能力, 而且可以和红外热像仪兼容, 因此, 在民用和军事应用上, 这种激光器都有一定的潜力^[1-3]。而 TEA CO₂ 激光器输出功率高、光束质量好, 因此国内外对高重复频率 TEA CO₂ 激光器投入了相当的精力进行研究^[4-8]。但由于 TEA CO₂ 激光器由真空密封腔子系统、谐振腔子系统、预电离与主放电子系统、冷却子系统、高压电源子系统、储能放电子系统、触发子系统、脉冲开关子系统和控制子系统等部分组成, 结构繁杂, 不可避免地会导致激光器体积较大, 从而限制了该类激光器系统在野外的使用范围。本文介绍采用普通电池直流供电的设计, 通过 MAX1771 芯片组成的 BOOST 电路, 将充电电池电压 (4 节串联, 5 V) 升压至直流 12 V, 用 NE555 芯片组成振荡电路, 驱动 IGBT (IRF540), 将直流 12 V 电压通

过高压变压器和倍压整流电路升至直流 20 kV, 作为充电电压。同时采用紧凑型绝缘与抗电磁干扰结构设计, 实现了便携式小 TEA CO₂ 激光器的稳定工作。

2 便携式 TEA CO₂ 激光器的结构

便携式 TEA CO₂ 激光器的结构如图 1 所示。激光器主放电电极、紫外预电离电极等均安装在真空贮气室内。激光器的腔体为一次成型铝管制成, 采用硅橡胶圈实现密封。利用合金铝作为激光器腔体的材料, 一方面可以得到较高的机械强度, 另一方面也可以有效屏蔽高压气体放电产生的强烈的电磁辐射, 以保证激光器的控制和测量系统不受电磁干扰的影响。为进一步提高激光腔体内部的真空度, 激光器腔体内壁采用抛光处理, 可以有效地降低杂气率。主放电电极采用改进的张氏电极, 电极材料

作者简介:郑义军(1975-), 男, 副研究员, 博士, 主要从事气体激光器的研制工作。E-mail: zyj0120@sina.com

收稿日期:2009-01-16

为合金铝,在两电极之间形成均匀电场,有效放电体积为 200 mm × 5 mm × 5 mm。激光器的预电离源采用电晕紫外预电离方式,预电离器放置在主放电电极的两侧。



图1 激光器的结构图

激光器采用紧凑型结构设计,腔内绝缘距离有限。考虑到高压绝缘的要求,在 20 kV 直流高压导入电极时,采用尼龙绝缘套杆深埋高压引线的处理方式,在密封腔体的同时,巧妙地将高压安全可靠地导入电极,同时对腔内可能引起的高压尖端放电的金属结构件均做钝化处理,在腔体内部覆绝缘薄膜,以增强腔体绝缘强度。

激光谐振腔为平凹腔,由一个曲率半径为 4 m 的全反镜和部分透射的平面输出镜构成一个稳定谐振腔。考虑到腔内的激光输出的增益较低,输出镜采用双面镀膜工艺,的腔内侧镀对中心波长 10.6 μm、反射率为 60% 的膜层,外侧镀对中心波长为 10.6 μm 的增透膜。

3 便携式 TEA CO₂ 激光器电源电路

3.1 微功率电源及控制系统

微功率电源及控制系统由电源模块、控制模块、充电模块、触发模块等四个功能模块组成,电源模块通过 DC - DC 转换,将充电电池电压由直流 5 V 升压至直流 12 V,作为其他模块的供电电源。利用稳压二极管产生参考电压,经变阻器调至适当的电压(4.5 V 左右),送至比较器 LM393 正向输入端;将电池电压送至 LM393 反向输入端。当电池电压低于预设电压时,LM393 输出高电平,指示电池状态。控制模块采用直流 12 V 供电。用晶振构成的时钟电路,提供 1Hz 的基准时钟,进一步分频至 0.5 Hz 和 0.1 Hz。将单脉冲、1 Hz、0.5 Hz 和 0.1 Hz 信号送至 4512 芯片,通过面板开关控制 4512,输出不同频率的信号,驱动触发指示灯和脉冲计数器。同时,将 4512 芯片的输出信号送至 4528 芯片进一步整形形成窄脉宽方波脉冲,经 4011 芯片,驱动 PNP 三极管,作为触发信号输出,将触发信号送至触发模块。充电模块采用直流 12 V 供电。将直流 12 V 电压升至 20 kV,作为充电电压,如图 2 所示。触发模块采用直流 12 V 供电。当有触发信号输入时,产生幅值 20 kV 左右的脉冲高压,触发闸流管。

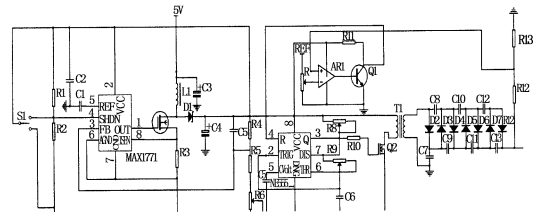


图2 充电电源电路

3.2 放电激励电路

紫外光辐照 CO₂ 激光混合气,使气体光致电离。电晕紫外预电离与强电场火花放电紫外光预电离相比较,其优点是结构简单,体积小,维修方便,体预电离均匀稳定,有利于提高激光器的工作寿命等。采用电晕放电预电离方式的快放电激励电路如图 3 所示,图中 C_s 为储能电容,R 为充电电阻,C_p 为预电离电容,G 为闸流管,A,K 为放电电极。直流 20 kV 高压通过充电电阻 R 给储能电容 C_s 充电。当闸流管 G 被触发导通瞬间,预电离电容感应出高压,由于阴极 K 与预电离之间间隙很小,首先放电产生紫外电晕。在紫外电晕预电离的作用下,主电极间电子迅速增加,当电子密度达到一定程度时,主电极间气体辉光放电,形成均匀激励场。

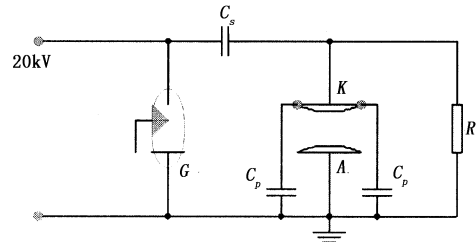


图3 采用电晕放电预电离方式的快放电激励电路

4 激光输出实验结果

激光器充入气体配比 CO₂:N₂:He = 1:1:4 的混合气体。使用泰克公司的 P6015A 高压探头,罗斯科夫线圈和数字存储示波器 TDS3032B 同步测量了气体辉光放电电压与电流波形,如图 4 所示。

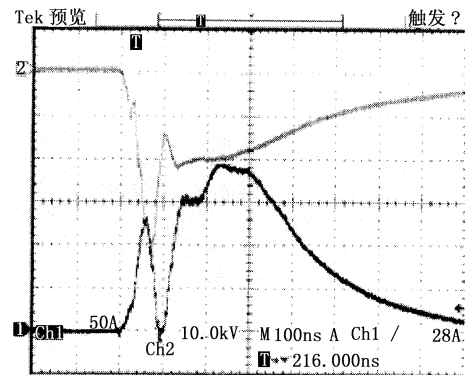


图4 气体辉光放电电流与电压同步波形图

图中通道 1 为放电电流波形,通道 2 为放电电

压波形。高压开关导通 30 ns 后,预电离电容与主电极阴极之间形成空气击穿。预电离电容充电时间约为 60 ns,然后迅速放电,其时间约为 40 ns。随着预电离产生的电子数浓度的增加,在 100 ns 时刻左右,主电极开始放电,电电流最大值约为 200 A,持续时间为 600 ns。主放电过程中,储能电容的大部分能量注入电极,在电极间形成放电均匀场。

在储能电容 $C_s = 4000 \text{ pF}$,工作气压 $1 \times 10^5 \text{ Pa}$,放电电压 20 kV 的条件下,由 molelectron-100 能量计对激光输出脉冲能量进行测量。在脉冲重复频率 1 Hz 的条件下,得到输出激光脉冲能量约为 35 mJ。调节电源电压,得到不同腔内气压条件下,输出能量对应于放电电压的关系曲线,如图 5 所示。

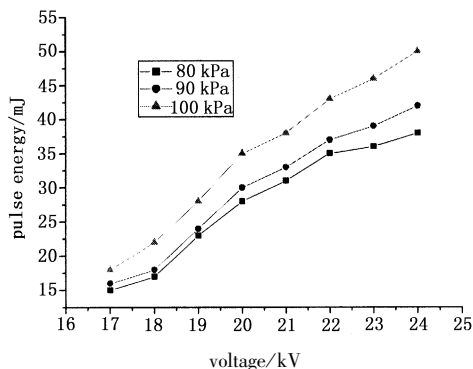


图5 不同气压条件下电压与脉冲输出能量的关系

随着注入能量的增加,激光脉冲输出能量基本上呈线性增加的趋势。在 18 kV ~ 22 kV 之间,激光脉冲输出能量随着激励电压的增加而较快增加。在 22 kV ~ 24 kV 之间时,除气压为 100 kPa 条件下时,激光脉冲输出能量仍较快增加外,80 kPa 和 90 kPa 条件下的能量输出增加呈趋缓的态势。在 100 kPa

条件下,当激励电压为 24 kPa 时,激光脉冲的最大输出能量为 50 mJ。

5 结论

便携式 TEA CO₂ 激光器,无须外接电源,适合单人操作,可以广泛应用于目标指示和红外告警探测源等多种用途。激光器整机(包括电源及控制系统)尺寸为 200 mm × 200 mm × 360 mm,质量小于 8 kg,激光脉冲输出能量达到 35 mJ,输出脉冲宽度为 70 ns,在 1 Hz 重复频率条件下,可连续工作 1 h。

参考文献:

- [1] Karapuzikov A I. TEA CO₂ laser for long range DIAL lidar [J]. *Infrared Physics & Technology*, 2000, 41: 77 - 85.
- [2] 郑光,谭荣清,郑义军,等. TEA CO₂ 激光脱漆实验研究[J]. *激光杂志*, 2005, 26(5): 82 - 83.
- [3] 郑义军,龚平,谭荣清,等. TEA CO₂ 激光推进耦合系数的实验研究[J]. *光电子·激光*, 2005, 16(5): 624 - 628.
- [4] 程永强,谭荣清,郑义军,等. 光栅选线 TEA CO₂ 激光快速调谐实验研究[J]. *红外与激光工程*, 2007, 36(5): 635 - 638.
- [5] 安然,谭荣清,陈静,等. 光栅调谐 TEA CO₂ 激光器谐振腔自动调整系统[J]. *激光与红外*, 2007, 37(2): 124 - 126.
- [6] 孙宇,曲彦臣,赵卫疆,等. 小型化高能输出 TEA CO₂ 激光器的实验研究[J]. *激光与红外*, 2007, 37(9): 835 - 836.
- [7] 张莉莉,任德明,胡孝勇,等. 一种新型 TEA CO₂ 激光器的实验研究[J]. *光学技术*, 2006, 32(1): 131 - 133.
- [8] 陈冰,丘军林. 一种新型放电方式的 TEA CO₂ 激光器的研究[J]. *激光杂志*, 2003, 24(3): 33 - 34.