

小型封离式陶瓷TEA CO₂激光器的特性研究

(第二部分: 实验结果)

侯天晋 江 东 王兴邦 杨遂东 屈乾华

(西南技术物理研究所, 成都)

摘要: 本文继理论分析之后, 着重叙述了小型封离式陶瓷TEA CO₂激光器的结构、工作原理、技术性能以及实验结果。

Mini ceramic sealed-off TEA CO₂ lasers

(Part 2: experimental results)

Hou Tianjin, Jiang Dong, Wang Xibang, Yang Suidong, Qu Qianhua

(Southwest Institute of Technical Physics)

Abstract: The structure, operating principle and characteristics of the mini ceramic sealed-off TEA CO₂ laser and experimental results are introduced.

一、结构和工作原理

小型封离式TEA CO₂激光器的预电离方式有多种, 如火花放电紫外预电离^[1]、触发丝预电离^[2]、介质表面电晕放电紫外预电离^[3]等。我们采用的是介质表面电晕预电离, 其结构如图1所示。与常用的火花隙预电离相比, 电晕预电离有其特有的优点。它结构紧凑, 电路简单, 与主放电能很好的自同步。此外, 电晕放电预电离对CO₂的分解率较低, 而火花隙放电预电离对CO₂的分解极高, 且有金属溅射污染器件, 因此, 电晕放电预电离比火花隙预电离更适合于小型封离式TEA CO₂激光器。

如图1所示, 当直流高压加到电容器上后, 一个正脉冲触发开关管G, 首先使C₁放电, 当C₁放电时, 由于回路中电感L的“惯性”作用, 使得C₂上的电压在C₁放电的瞬时仍处于高压, 因而在TEA CO₂器件的主电极之间就形成了一个强的电场。与此同时, 一个更强的电场也产生于主电极与云母片的间隙之间, 此电场首先在云母片表面引起均匀的电晕放电。电晕放电产生的紫外光照射主放电空间, 使该空间的工作气体发生紫外光致电离, 产生足够

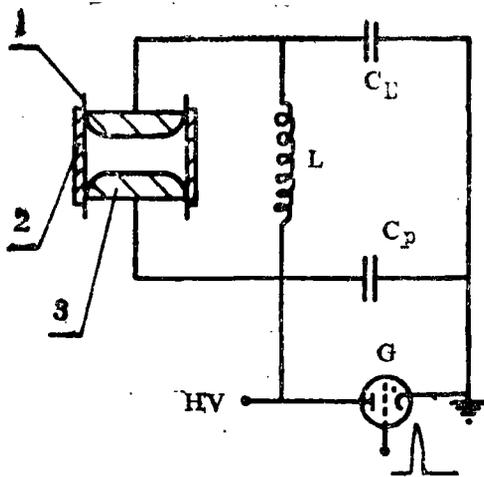


图1 TEA CO₂激光器结构示意图
1—三维Chang's电极 2—介质板
3—预电离电极

极间距为10mm, 放电空间为 $10 \times 10 \times 140 \text{mm}^3$, $R = 20 \text{m}$, 反射率为98%, 耦合镜反射率为85%, 腔长为190mm。

为了保证器件良好的真空性能, 器件的谐振腔镜片是采用金属热熔封技术封接于器件的瓷端盖上的。其漏气率优于 $10^{-12} \text{Torr} \cdot \text{L} / \text{s}$ 。而且, 无调节机构金属热熔封的谐振腔, 保证了器件输出模式的长期稳定性。

二、实 验

为了获得最大的基模输出, 需要在适当的区域内获得均匀的辉光放电, 从而得到均匀的光增益空间, 以得到大模体积的基模输出。我们选用不同的电极参数进行了对比实验, 结果表明, 在我们的实验条件下, 当电极宽度取28mm, 极间距为10mm, $k = 0.04$ 时, 可获得较大的基模能量输出, 其限模孔径为 $\phi 8 \text{mm}$ 。

气体组分对器件的寿命和输出特性有密切的联系。一般地讲, 希望有较高的CO₂浓度, 以提高器件的输出功率, 但过高的CO₂会带来放电的不稳定。对于封离式器件, 过高的CO₂会影响器件的工作寿命。另外, N₂的含量对输出特性也有影响, N₂含量过低, 会降低激光上能态共振转移激励, 使输出下降; N₂含量过高, 徒然增加光脉冲波形中N₂尾的能量, 对提高峰值功率贡献不大。

图3是CO₂:N₂=1:1的条件下, He的浓度变化对输出特性的影响。图4是在He一定的条件下, CO₂与N₂在不同比例下对输出能量的影响。图3表明: N₂越少, 输出能量越高, 且随输入电压上升, 输出能量的上升速率越快, 即曲线越陡。另外, He太多或太少后, 器件工

的自由电子。由于主电极之间已存在强的电场, 随之均匀的辉光放电便在主电极间形成, 并激励工作气体到高能态, 经跃迁振荡形成激光。

为了满足军事应用的严格要求, 在设计、选材加工上必须严格仔细。我们选择95#电真空陶瓷作为器件的外壳和内部支架。壳体的真空密封采用成熟的陶瓷金属封接工艺, 在三级阶梯封接温度下, 用铝铜、金铜等焊料在氢炉中进行多级熔封。我们在器件的结构上采用管芯轴向、纵向精密加工配合定位, 以达到防振抗冲击的军用要求。

图2是器件的结构图。器件的外形尺寸为 $\phi 62 \times 190 \text{mm}$ 。Chang's电极的参数 $K = 1.4 \times 10^{-9}$, $k = 0.04$, $\delta_m = 0.01$, 电极宽度为28mm,

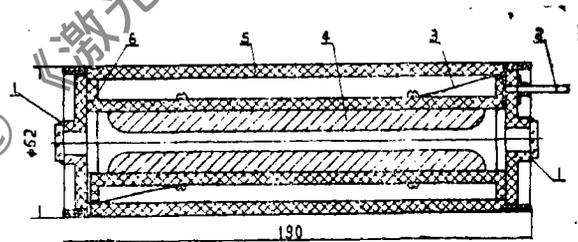


图2 器件结构图

1—金属熔封窗口 2—排气管 3—引线
4—三维Chang's电极 5—瓷管壳 6—瓷支架

作电压的范围都变窄,当He含80%时,器件的工作电压高于21kV时,放电就不稳定;当He含20%时,器件的工作电压低于23kV时,放电亦不稳定;He在60%左右时,器件的工作电压范围最宽。图4表明: N₂的比例越高,输出能量越高,考虑到输出的峰值功率,一般实际工作中N₂的比例要适当的取低一些。考虑到器件的工作寿命,我们的配气比选为CO₂:N₂:He=1:1:2.5,并在器件中加入了少量的H₂,以延长器件的工作寿命。

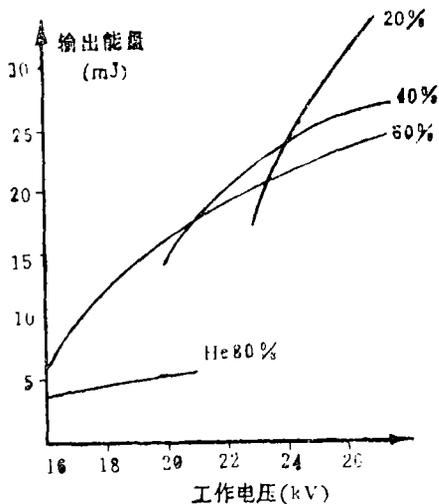


图3 He的浓度对输出能量的影响
CO₂:N₂=1:1 C_E=4340P
工作气压为1个大气压强

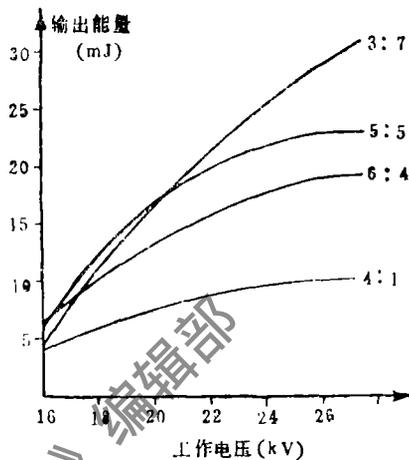


图4 CO₂/N₂在不同比例下输出能量的变化
He的含量为60% C_E=4340P
工作气压为1个大气压强

三、结 果

图5是小型封离式TEA CO₂激光器的寿命实验曲线。其寿命大于10⁶次,且在整个实验过程中,输出能量>20mJ,模式为TEM₀₀模。

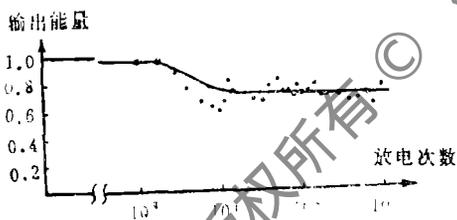


图5 小型封离式TEA CO₂激光器的寿命曲线

我们用快速热释电探测器和466贮存示波器测量了激光光强的时间分布波形如图6。用激光光束轮廓仪(Laser Beam Profile Mark IV)测量了激光光强的空间分布如图7。测量结果表明,激光的脉宽小于50ns,激光的空间分布为高斯分布,其束散角经测算为3.1mrad。

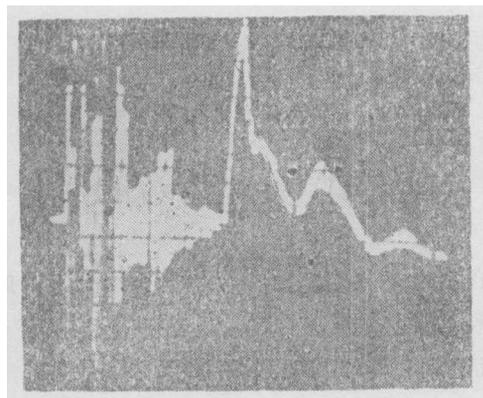


图6 激光脉冲波形 50ns/div

图8是小型封离式陶瓷全金属密封的TEA CO₂激光器的外观。它已经装配在TEA CO₂激光测距机上,并对它进行了各种野外实验。

一年多来,器件运行稳定,在中等能见度气候条件下,实测的最大距离为5.715km;

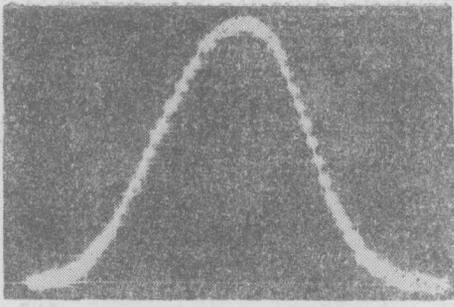


图7 激光光强的空间分布

0.4375mm/点 测试距离5.1m



图8 激光器外形照片

在能见度20m的浓雾天气下，最远测程为2.735km。还对坦克目标进行了野外实测，以及穿透赤磷弹烟雾、热烟雾等外场实验，都取得了良好的效果。

参 考 文 献

- [1] Richardson M C et al., IEEE J.Q.E., 1973; QE-9, 934
- [2] Pace P, Lacombe M, Opt. Commun., 1978; 26, 405
- [3] Marchetti R et al., IEEE J.Q.E., 1983; QE-9, 1488

收稿日期：1990年2月20日。

· 简 讯 ·

第六届高速摄影和光子学学术会议

1990年四季度中国光学学会高速摄影与光子学专委会将召开第六届高速摄影和光子学学术会议，交流高速摄影和光子学理论、技术及发展趋势。

(摘自学会活动计划)

请到附近邮局订阅

《激光技术》(双月刊) (邮局代号: 62-74)

《激光技术》国内外公开发行人。本刊全面反映我国激光技术在国防、工农业、生物、医学、通讯、人民生活相关的国民经济各领域的研究和应用。

从1990年下半年起，用双面胶版纸精印，图文清晰，欢迎订阅。