

小型封离式 TEA CO₂ 激光器

过 振 高桂珍 俞之折
(西北电讯工程学院应用物理系)

提 要

本文介绍一种为激光测距系统研制的小型封离式 TEA CO₂ 激光器。该激光器采用可伐-玻璃封接和自由电位板电晕预电离技术。结构紧凑,工作稳定,能在野外工作,具有长的贮存和工作寿命。

一、引 言

工作在 10.6 μm 波段的 CO₂ 激光器,由于其波长比大气中的云雾,尘埃等微粒的线度要大,因此与 1.06 μm 的 YAG 激光器相比,它有更好的大气穿透能力。而且,由于它能与前视红外系统兼容,因此发展以 CO₂ 激光器为光源的新一代测距仪得到各国的普遍重视。CS-1 型 TEA CO₂ 激光器正是为此目的研制的一种小型封离式 TEA CO₂ 激光器。这个器件为可伐(Kovab)-玻璃,真空性能好,能长期存贮。

良好的预电离是保证器件能稳定工作的关键。国内外普遍采用的是各种形式的双放电^[2],针状电弧发生器^[3],火花阵列^[4]以及用细钨丝^[5]来产生紫外预电离的技术措施。这些方式虽然都能提供有效的预电离,但因其结构形式复杂,在小型化器件中要求极高的加工精度,使制作困难;或因其结构稳定性差,难以在运动载体中可靠地工作。有些预电离装置还需要独立地供电,带来整机供电系统的复杂化。此外,针状电弧放电产生紫外预电离时,还伴随着 CO₂ 工作介质的强烈分解,给封离式器件的寿命产生致命的影响。

CS-1 型 TEA CO₂ 激光器采用了自由电位板电晕预电离技术,结构紧凑,牢固,能承受 10g 的震动,适宜于在运动载体中应用。该激光器工作稳定,可靠,实测表明属脉冲率小于 10⁻³,输出功率起伏小于 ±1%,在单脉冲输出 120 mJ 的情况下能以 1~2 c/s 的频率长期连续工作,寿命达 10⁹。

二、结构和预电离方式

CS-1 型 TEA CO₂ 激光器采用 Chang 氏电极^[1], $K=0.01$,间距为 7.5 mm,在相应于间距的宽度范围内,电场的相对变化小于 10⁻⁴。放电区的有效长度为 200 mm。光学谐振腔由曲率半径为 2 M 的镀金全反镜和 Ge 平面半反镜组成,腔长为 320 mm。

CS-1 型激光器采用自由电位板电晕预电离^[6](FPEC)。这种预电离结构简单而牢固,能经受震动和冲击,它不需要独立供电,预电离效果好。图 1 是其原理性结构图。如图 1 所

示, FPEC 预电离装置由平行放置在主放电电极两侧的两块金属板以及夹在它们之间的高击穿强度介质片组成。金属板处于自由电位。

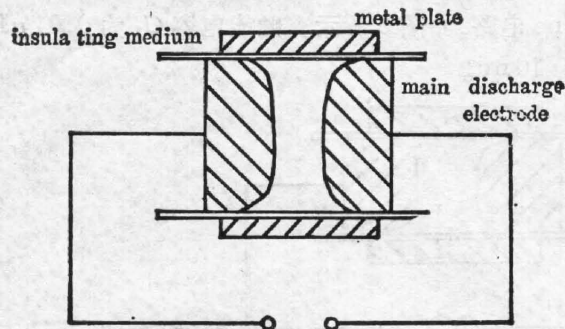


Fig. 1

主放电电极间突然加上几十 ns 的脉冲高压以后, 自由电位板与主放电电极之间瞬时出现了极强的电场。这个场导致主放电电极边缘的电晕放电, 随着脉冲电压向其峰值上升, 电晕放电很快在电极的整个长度上沿介质表面发展成丝状的火花丝, 火花丝的长短均匀, 排列整齐成为极好的紫外预电离源, 如图 2 所示。

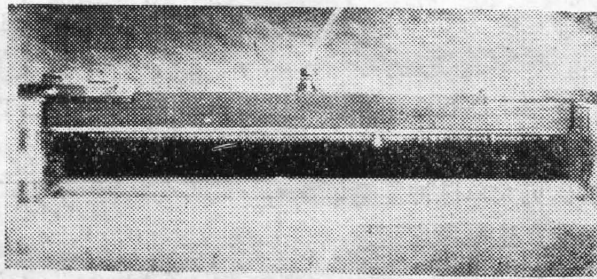


Fig. 2

适当的火花线长度是重要的。过短的火花丝不能提供足够的预电离。而火花丝过长, 容易随机地出现火花丝延伸到对面电极而构成电流传导。在两主放电电极之间出现电流传导时, 其通导的电导率大大增加, 伴随着流过的电流猛增。这将导致主放电的熄灭。并且由于介质表面流过大量电流, 将使其表面留下热蚀沟道, 从而大大降低介质的击穿强度。显然, 这种现象应绝对避免。

在一定的电极布置中, 火花丝的长度不仅与所加的脉冲电压的大小和上升时间有关, 而且也与介质片的介电系数 ϵ , 厚度 d 以及其表面的气体条件有关(气体组份, 气压)。由实验得出的经验公式为

$$l = K \frac{\epsilon}{d} \frac{U^4}{P}, \quad (1)$$

式中 ϵ 、 d 分别为介质片的介电常数和厚度, P 为介质表面的总电压, U 为主放电电极上的脉冲电压, K 是和气体种类有关的常数。我们注意到 K 的大小明显地随气体粒子的增大而减小, K 也和气体的负电性的强弱有关。负电性强的气体。在我们的实验中 K 从大到小的顺序为 He、N₂、O₂、CO₂。

三、实验结果

该器件采用 Blumline 电路,如图 3 所示。储能电容 C_1 为 $0.01 \mu\text{F}$, 火花隙回路电容 C_2 为 $3300 \sim 4700 \text{ pF}$, L 为 10 nH 。

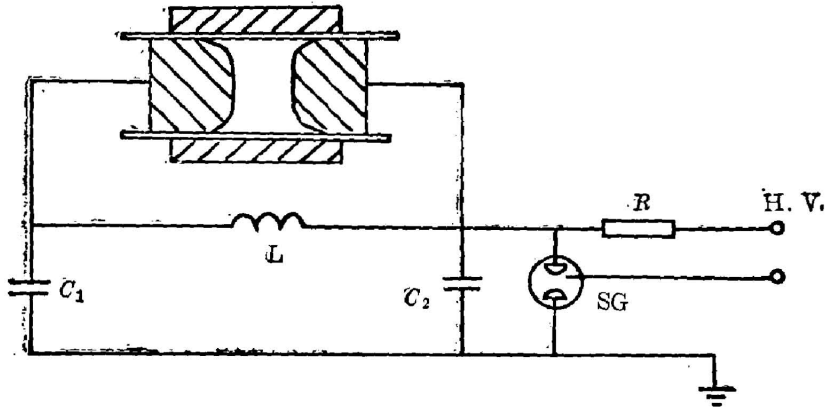


Fig. 3

图 4 为用 7410 型光子曳引探测器测量得到的在标准充气规范时, CS-1 型 TEA CO_2 激光器的光脉冲波形, 脉冲宽度为 50 ns 。标准充气条件为 $\text{CO}_2:\text{N}_2:\text{He}=1:1:3$, 总气压 1 atm , 其中含少量 H_2 。

激光单脉冲能量分别用 ED-500 型热释电探测器和国产 LEP-1 型功率能量计经校准后检测。对于 $1:1:3$ 的混合气最大输出为 200 mJ 。如图 5 所示。

我们没有选用能给出更大单脉冲能量的气体组份作为充气标准, 这是考虑到兼顾封离式激光器的长期工作稳定性。图 6 给出了典型的寿命试验结果。激光器的输出在前 8000 次工作时下降到原来的 $2/3$, 然后趋向稳定。气体组份的监测表明, 这与 CO_2 的分解在约 8000 次以后达到动态平衡一致。

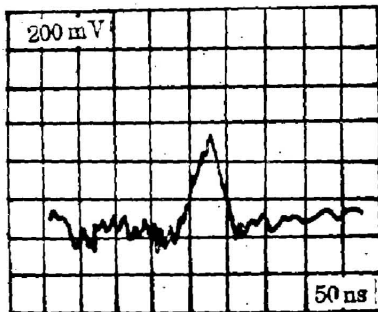


Fig. 4

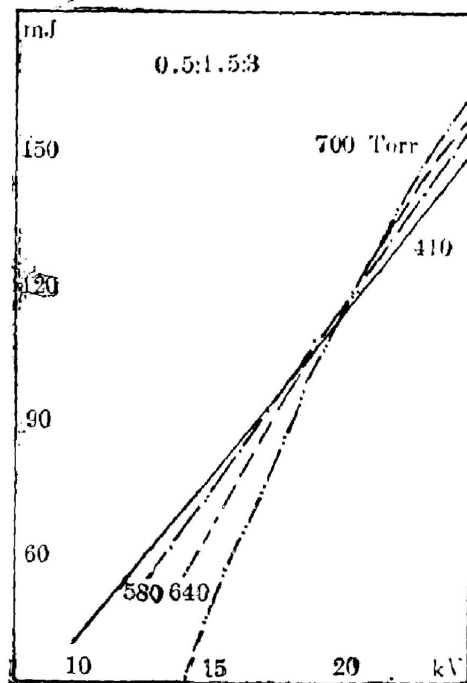


Fig. 5

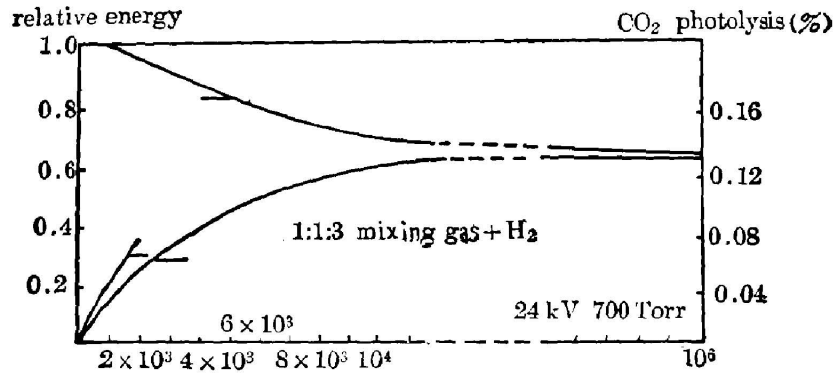


Fig. 6

四、工作寿命

与 CW CO₂ 激光器的寿命终了表现为输出功率的渐变过程不同, 封离式 TEA CO₂ 激光器的寿命终了呈现出突变特性。TEA CO₂ 激光器在工作到一定的次数以后, 发生弧光放电的机率突然猛增。如图 7 所示。随着从正常的均匀辉光放电变成不均匀的局部弧光放电, 外电路提供的能量就不能有效地注入到激光介质中去。因此, 激光器的输出能量陡然下跌。

TEA CO₂ 激光器寿命终了的突发性说明它与 CW CO₂ 激光器的寿命终了有不同的机制。为了延长 TEA CO₂ 激光器的工作寿命, 增加放电的稳定性, 就必须减少 CO₂ 的分解, 降低负离子的密度。我们发现加入适量的 H₂ 是十分必要的。H₂ 是对 O⁻ 具有较大结合去附着系数的气体, 它对减少 CO₂ 的分解也是有利的。

Smith^[7]、Shields^[8] 等人曾经研究过 1:1:3 混合气中掺入少量 CO 和 H₂ 对 TEA CO₂ 激光器工作性能的影响。Shields 在实验中观察到 H₂ 的加入能减少 CO₂ 的分解, 但是在他的实验中, 由于经过 2400 次放电以后, 就不断地出现弧光, 因此无法得到动平衡时的分解度。他的这个实验结果与我们的结果很不一致。我们加入 5% 的 H₂ 后, 在得到 10⁶ 次均匀的辉

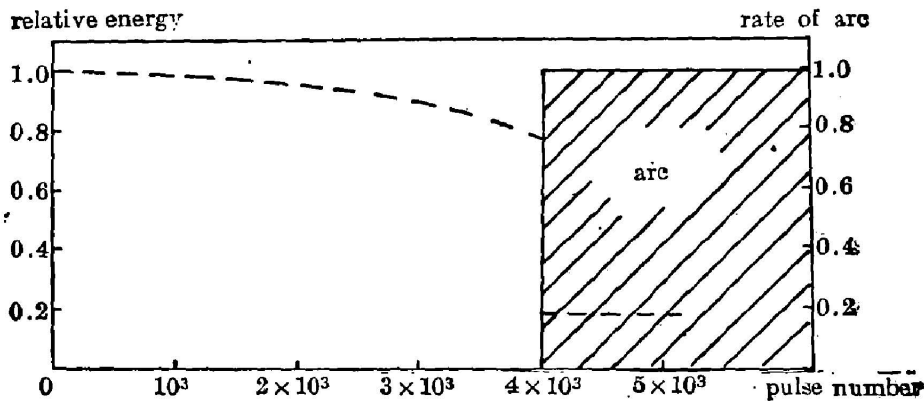


Fig. 7

光放电后才出现弧光。此外,我们还发现 H_2 的加入没有引起激光输出的明显下降。而 Smith 在气体中加入 10% 的 CO 作为辅助气体时,能量密度从 6 J/l 减小到 2.5 J/l。我们认为加 H_2 后,激光输出没有显著下降的理由,至少部分地可以归结为 $H_2 + O^- \rightarrow H_2O + e$ 反应生成物中 H_2O 分子的作用。 H_2O 对激光的终能级 $01'0$ 的弛豫极为有效,因此,有利于补偿由于 H_2 分子对激光上能级的弛豫作用。

参加研制工作的还有文建国、蔡德芳两同志。在研究过程中电子工业部中原电子技术所和虹光电子管厂的有关同志曾给予热情帮助。在此一并致谢。

参 考 文 献

- [1] T. Y. Chang; *Rev. Sci. Instr.*, 1973, **44**, No. 4 (Apr), 405.
- [2] A. K. Laflamme; *Rev. Sci. Instr.*, 1970, **41**, No. 11 (Nov), 1578.
- [3] M. C. Richardson *et al.*; *IEEE J. Quant. Electron.*, 1973, **QE-9**, No. 2 (Feb), 236.
- [4] M. C. Richardson *et al.*; *IEEE J. Quant. Electron.*, 1973, **QE-9**, No. 9 (Sep), 934.
- [5] P. P. Person, H. M. Lamferton; *IEEE J. Quant. Electron.*, 1972, **QE-8**, No. 2 (Feb), 145.
- [6] G. J. Ernst, A. G. Boer; *Opt. Commun.*, 1978, **27**, No. 1, 105.
- [7] A. L. S. Smith, B. Norris; *J. Phys. (D): Appl. Phys.*, 1978, **11**, No. 14, 1949.
- [8] H. Shields, A. L. S. Smith *et al.*; *J. Phys. (D): Appl. Phys.*, 1976, **9**, No. 11, 1587.

A compact sealed-off TEA CO₂ laser

GUO ZHEN, GAO GUIZHEN AND YU ZHIQI

(Department of Applied Phys., North West Telecommunication Engineering Institute, Xian)

(Received 24 May 1985)

Abstract

A compact sealed-off TEA CO₂ laser with Kovar-glass envelope for rangefinders has been developed. Using the free-potential electrode corona preionization technique, a compact, rugged, stable and reliable device has been achieved. It has both a long shelf life and operating life.