

验简单易行,但转轴总是有摩擦,也存在空气阻力,这就带来一定的测量误差。

图3是两种方法在相同条件下的测量结果比较。曲线是在大气压力以及恒定的脉冲能量条件下,比冲量与峰值功率密度之间的典型关系曲线。曲线(a)偏高,曲线(b)偏低,是由于靶的形状不同引起的。靶的形状也影响对峰值功率密度的测量准确度,再加上方法本身的测量误差等原因所造成的。

参 考 文 献

- [1] John E. Ready; AD A010485.
[2] J. E. Lowder, L. C. Pettingill; *Appl. Phys. Lett.*, 1974, 24, 204.

(中国科学院力学研究所 王春奎 傅裕寿
北京电子工程总体设计部 李惠宁
1981年3月25日收稿)

内腔封离型玻璃波导 CO₂ 激光器寿命的研究

Abstract: An analysis of the deteriorating mechanism of the coating has been made and a formula for design of coaxial anode has been deduced. Adopting this method and combining with the CO₂ catalytic regeneration technique, we have developed a glass wave-guide laser with a lifetime of over 500 hours.

由波导激光器的理论知道,为了降低平面镜的损耗,一般安装都是尽可能地靠近波导口^[1]。但实验发现,在没有过渡波导情况下,腔镜越靠近波导口越容易损坏,特别是镀金全反射镜,当其至波导口距离在10毫米以内时,只要激光管放电十几小时就可以明显地看到镀金膜的损伤。两支实验管镀金膜损坏的情况示于图1。镀金膜最初的损伤并不完全是在对准波导孔的中心处,而是在它的附近相应于等离子区转弯处。损伤出现后功率输出并不明显下降,直到对准波导处受到损伤时功率输出才有所下降,这期间两只实验管分别经历了50和30小时的正常运转。我们认为这表明金膜的损坏并不是因为腔内功率密度过高而烧毁的,而是一种缓慢的腐蚀过程,对这种腐蚀的机理,我们提出如下的分析。

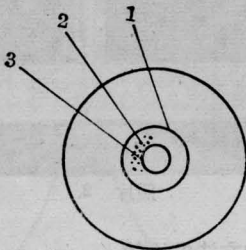


图1 镀金膜损坏示意图

1—镀金膜; 2—损伤处; 3—波导口

由放电的理论知道,限制等离子体的绝缘管壁,因为带电粒子双极扩散消失原因而带负电位,其值

可表示为^[2]:

$$V_R = -(V_b + V_s) \quad (1)$$

$$V_b = -\frac{kT_e}{e} \ln(R/1.7\lambda_e) \quad (2)$$

$$V_s = -\frac{kT_e}{2e} \ln\left(\frac{m^+}{m^-}\right)\left(\frac{T_e}{T_g}\right) \quad (3)$$

式中: V_R ——等离子区中心相对管壁电位差;

V_b ——等离子区中心相对管壁离子层电位差;

V_s ——离子层内电位差;

k ——玻耳兹曼常数, 1.38×10^{-23} 焦耳/K;

e ——电子电荷, 1.602×10^{-19} 库仑;

m^+ , m^- ——离子与电子质量;

R ——波导管半径, 0.75 毫米;

λ_e ——电子平均自由程;

T_e , T_g ——电子与气体温度。

管壁电位的计算是在纯氮气的近似条件下进行的:

① 令 $p=100$ 托, 求得 $\lambda_e=81.4 \times 10^{-5}$ 厘米;

② 利用 $T_e/V_s=f(cpR)$ 关系曲线^[2]和 $c=4 \times 10^{-3}$, $V_s=24.6$ 伏, 求得电子温度 $T_e=2.2 \times 10^4$ K ≈ 3 电子伏, 这个数值与一些通用 CO₂ 激光器中的电子温度 $T_e=3.1$ 电子伏相接近^[3];

③ 将有关的数值代入(1)、(2)、(3)式: 即可求出:

$$V_b = -7.6 \text{ 伏}; V_s = -12.5 \text{ 伏}; V_R = -20.1 \text{ 伏}.$$

此计算值与实际相比虽有一定的差异,但因氦气约占工作气体的 80%,所以计算值比较接近实际。

由上面的计算可以看出,管壁相对等离子体会产生 -20.1 伏的电位差,当镀金膜靠近等离子体时同样也会产生负电位,所以我们认为正离子在此电位的作用下,使其受到腐蚀是完全可能的。基于这种分析,我们提出空心圆筒阳极与波导管同轴安装的结构,示于图 2。这个空心同轴阳极,一方面它与阴极产生放电等离子体,另一方面在它内部的等电位空间里,由等离子体扩散进来的高能电子,可以因为碰撞而消耗掉能量,被它吸收,不致落在镀金膜上,从而保护了金膜。

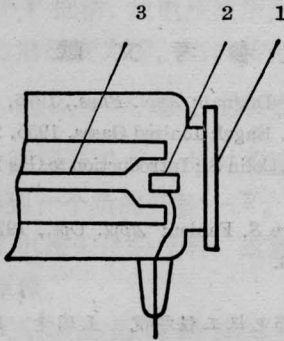


图 2 同轴阳极结构简图

1—反射镜; 2—阳极; 3—波导管

同轴阳极尺寸的确定比较困难,但为了工程上的需要,在一些特定条件下进行计算是必要的。假设:

① 工作气体为纯氦气, $p=100$ 托;

② 阳极位降 $\Delta U_A=0$;

③ 电子在阳极空间运动,只作弹性碰撞,每次碰撞的能量损失率 $K=2m^-/m^+=2.8 \times 10^{-4}$ 。当其能量损耗到室温热能 $3/2kT_g$ 时,就认为它既不能产生等离子体也不能克服阳极的引力而被吸收掉。

根据上面假设条件,电子能量方程可建立如下:

$$\epsilon_e \left(1 - \frac{2m^-}{m^+}\right)^{(x/\lambda_e)^2} = \frac{3}{2} kT_g \quad (4)$$

或

$$x = \lambda_e \left[\log \left(\frac{3/2kT_g}{\epsilon_e} \right) / \log \left(1 - \frac{2m^-}{m^+} \right) \right] \quad (5)$$

式中 x ——电子在阳极筒内沿轴线方向所能渡越的最大长度;

ϵ_e ——电子平均能量;

T_g ——气体温度, $\frac{3}{2} kT_g \approx 0.039$ 电子伏。将

已知的数值代入(5)式即可求出

$$x=1.02 \text{ 毫米} \quad (6)$$

由波导激光器的理论知道,平面腔镜与波导口之间的长度受耦合损耗的限制,其值可表示为^[1]:

$$L=57 \left(\frac{x}{b} \right)^{3/2} [\%] \quad (7)$$

$$b = \pi \omega_0^2 / \lambda_0 \quad (8)$$

$$\omega_0 = 0.643a \quad (9)$$

式中 b ——共焦参数;

a ——波导半径。

经过计算只要 $x < 8$ 毫米,由此引起的损耗均小于 2%。因此同轴阳极的长度取 1.02 毫米是允许的。

同轴空心阳极内径可这样确定,首先算出镜面上的光束半径^[4]:

$$\omega^2(x) = \omega_0^2 \left\{ 1 + \left[\frac{\lambda_0 x}{\pi \omega_0^2} \right]^2 \right\} \quad (10)$$

式中 x 为波导口至镜面的距离。只要阳极内径不小于镜面光束直径的 2 倍,由此产生的衍射损耗可以忽略不计。阳极内径显然不能选得过大,因为这样会降低阳极的屏蔽作用。考虑到装配误差,我们把同轴阳极的尺寸定为:

$$\left. \begin{aligned} d_m &= 3.5 \sim 4 \text{ 毫米} \\ x &= 4 \sim 5 \text{ 毫米} \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

实验证明这个尺寸是合理的。实验管经过 500 小时连续运转以后,金膜未发现损伤。我们实验的管结构简图示于图 3。波导长 150 毫米,内径 $\phi 1.5$ 毫米,壁厚 0.4 毫米。全反射镜为镀金平镜。输出镜为镀膜锗平镜,透过率 10%。阴极为 $\phi 2 \times 12$ 毫米的 Ag-Cu 皮圆筒,并经氧化处理。阳极为 $\phi 3.5 \times 4$ 毫米铂皮圆筒,金膜至波导口距离为 8~9 毫米。实验管内充入气体总压强 100 托,最高曾达 125 托。气体配比为 $\text{CO}_2:\text{He}:\text{Xe}=1:4:0.2$ 。功率测量采用 YP-2 型激光功率计。

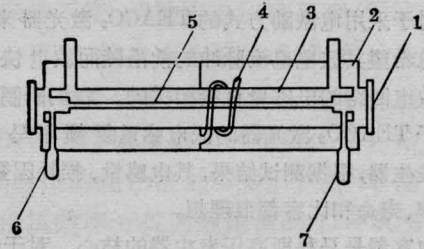


图 3 激光器结构简图

1—反射镜; 2—波壳; 3—水管; 4—回气管;

5—波导管; 6、7—电极引出管

寿命曲线及数据记录分别示于图 4 与下表中。

寿命实验管的时间、电流、功率数据记录

时间 (小时)	24	48	72	96	120	144	168	192	216	240	264	288	312	336	360	384	408	432	456	480	504	528	532
电流 (毫安)	3	3	3	3	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	3	2.7	3	3	3	3.5	3.4	3.8	3.1	3	3
功率 (瓦)	0.65	0.65	0.6	0.6	0.56	0.56	0.5	0.5	0.47	0.48	0.46	0.46	0.56	0.54	0.5	0.5	0.64	0.63	0.64	0.5	0.6	0.58	0.48

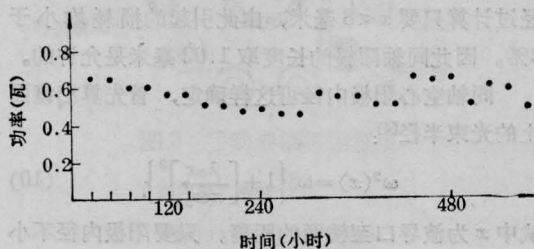


图4 寿命试验管的输出功率曲线

寿命曲线测试采用昼夜连续点燃法。工作寿命定义，按照国家科委规定是指器件正常工作，当其输出功率下降到起始功率70%时的连续运转时间(小时)。由测试结果看出，我们已使内腔玻璃波导激光器的封离寿命延长到500小时以上。

实验管输出功率偏低，主要原因是阴极温度引起的谐振腔失调。

本文在写作过程中曾得到冯志超、裘明信教授的指导与帮助，在此表示感谢。

参 考 文 献

- [1] John J. Degnan; *Appl. Phys.*, 1976, **11**, 1~32.
- [2] A. Von. Engel; *Ionized Gases*, 1955, 227.
- [3] Willett, Colin S.; *Introduction to Gas Laser*, 1974, 281.
- [4] Theodore S. Fahlen; *Appl. Opt.*, 1973, **12**, No. 10, 2383.

(成都电讯工程学院 王瑞峰 孙维勇
洪永和 1981年3月13日收稿)

TEA CO₂ 激光器用的低电感马科斯高压发生器

Abstract: In this paper we introduce a Marx bank which has low inductance and the characteristics of high repetition rate discharge, and can be used in TEA CO₂ lasers. Its construction is illustrated in detail. The inductance of Marx bank is less than 60 nH, the discharge repetition rate is higher than 40 pps and the lifetime over 10⁷ pulses.

对于采用电激励方式的 TEA CO₂ 激光器来说，一般总希望其放电电流脉冲的前沿陡而放电快，这是和放电回路的电感量直接相关的。我们研制了一种用于 TEA CO₂ 激光器的低电感重复频率马科斯高压发生器，根据测试结果，其电感量、损耗因数、重复频率、寿命和比容都很理想。

电容器是马科斯高压发生器的核心，对于性能优良的马科斯高压发生器，应采用低电感重复频率高压电容器。电容器的电感主要是由电容器的结构和引线产生的；电容器能否在重复频率条件下持续工作，与电容器的能量损耗有直接关系，而电容器的

能量损耗主要是取决于制作电容器所采用的材料。为了减小损耗，我们选用了优良的绝缘介质——250微米厚的聚脂薄膜作为电容器的绝缘层；电极板选用50微米厚的紫铜箔。我们制作的电容器如图1所示，它在结构上有两个特点：(1)利用了聚脂薄膜耐压高、韧性好的优点，将其对边弯折，用曲折的一端把电极板不引线的一端包起来，这样就大大减小了电极板有效面积之外产生电感和损耗的长度(如图2中所示的α部分)。(2)电极引线以电极板的全宽度引出，因而减小了由于引线而产生的电感和损耗。我们制作的电容器的电感量一般为20~30毫微