

[2] J. F. Butler; *EOSD*, 1977, **31**, No. 7, 33~37.  
 [3] E. Siberg *et al.*; *Appl. Phys. Lett.*, 1977, **31**, No. 10, 669~701.  
 [4] J. N. Walpole *et al.*; *Appl. Phys. Lett.*, 1973, **23**, No. 11, 620~622.  
 [5] Wayne Lo; *Appl. Phys. Lett.*, 1976, **28**, No. 3, 154~156.  
 [6] G. A. Autcliff; *Appl. Phys. Lett.*, 1970, **17**, No.

7, 290.

[7] Wayne Lo. *et al.*; *Appl. Phys. Lett.*, 1978, **33**, No. 11, 938~940.  
 [8] K. J. Linden; *J. Electrochem. Soc.*, 1973, **120**, No. 8, 1131~1134.

(中国科学院上海光机所 朱筱春 曹根娣  
 杨建群 王海龙 1981年4月20日收稿)

## 强激光作用于靶材时冲量的测量方法

**Abstract:** Impulse is always produced when a high energy pulsed laser beam irradiates solid targets. The present paper describes two methods for impulse measurement. Some preliminary measurements for CO<sub>2</sub> laser irradiated aluminum targets have been made.

### 一、激光测速刚体转矩法

一个绕固定轴转动的刚体靶, 受 TEA CO<sub>2</sub> 脉冲激光的辐照, 当激光功率密度达到一定值时, 蒸气从靶喷射出来, 并伴随有空气击穿, 产生激光维持爆震波。它们给靶以冲量矩, 使靶由静止状态在一个瞬间达到某一转速  $W_i$ 。此时, 靶所受冲量矩为:

$$M \Delta t = f L \Delta t = I(W_i - W_0) = I W_i$$

从而其冲量为:

$$f \Delta t = I W_i / L \quad (1)$$

式中  $M$  为力矩;  $f$  为作用力;  $\Delta t$  为作用时间;  $L$  为力臂, 即由光斑中心到转轴的距离;  $I$  为转动惯量。

激光测转速实验如图 1 所示。转轴上装上仪表用钻石轴承, 转动刚体设计成轴对称形。由转轴向外伸出两个臂, 在臂的端部装上靶。

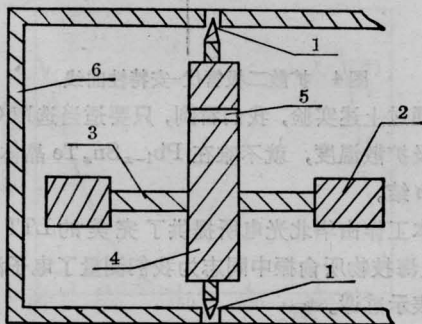


图 1 冲量矩法实验装置示意图

1—轴承; 2—靶; 3—臂膀; 4—转轴; 5—He-Ne 激光测试通孔; 6—框架

用 He-Ne 激光器测量转速的方块图如图 2 所示。在转轴 2 处通过轴心钻一个小的通孔, He-Ne 激光器发出的光穿过这个小孔, 照到一个光电二极管上。转轴每转过  $\sigma$  角度, 光电二极管就接收到一个光信号。将光电二极管接收的信号送入示波器, 测量出转轴每转过  $\sigma$  角度所需的时间。由于空气阻力、摩擦等因素的存在, 转速总是衰减的。用衰减规律对转过  $\sigma$  角度所需的时间加以修正。

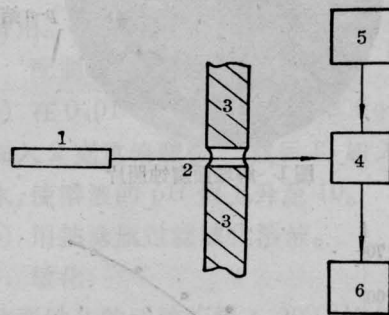


图 2 转速测试系统方块图

1—He-Ne 激光器; 2—测试光通孔; 3—转轴;  
 4—光电二极管; 5—电源; 6—示波器

激光辐照静止的靶, 对靶产生一个冲力  $f_0$ , 它的起始时间为  $t_0$ , 结束时间为  $t_e$ 。由于力  $f_0$  对靶的作用, 在  $t_e$  时刻, 靶及其转轴得一转速  $W_i$ 。若忽略摩擦和空气阻力, 则  $W_i$  应是一个常量。但由于摩擦和空气阻力的存在转速不断衰减。假定转速为线性衰减, 则可以用转过前后两个半圈所用的时间之差

修正前半圈由于减速转动比匀速不变的转动多用的时间。

用数学式子表示如下:

$$T = T_1 - (T_1 - T_2) = 2T_1 - T_2$$

$$W_1 = \sigma/T = \sigma/(2T_1 - T_2) \quad (2)$$

为了提高测量准确度, 其中的  $T_1$ 、 $T_2$  分别取转轴转过第一周之前、后半圈所用的时间。

在大气压力下, 测量了 TEA CO<sub>2</sub> 脉冲激光器与铝靶作用产生的冲量。铝靶做成 6×6 毫米<sup>2</sup> 的平面形状。TEA CO<sub>2</sub> 激光器输出的光脉冲前面是一个约 200 毫微秒的尖峰, 拖着一个微秒的尾巴, 尖峰部分的能量约占三分之一。激光器输出的激光束, 由镀增透膜的锗透镜聚焦在靶上。透镜焦距  $f=14.5$  厘米, 使靶与透镜的距离在 14.5 厘米内变化, 以得到不同大小的光斑和峰值功率密度。实验结果如图 3 中曲线(a)。

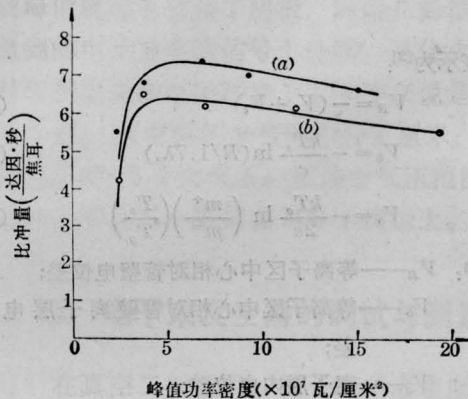


图 3 在大气压和 1.3 焦耳/脉冲条件下, 两种方法测量结果的比较(靶的形状不同)

- 刚体转矩法测点, 平面铝靶(6×6 毫米<sup>2</sup>)
- 单摆法测点, 圆球铝靶(直径 1 厘米)

## 二、单摆法

单摆法的装置为一个实心的靶球, 被一根长线  $L$  悬挂在空气中, 形成一个单摆。在平行于摆动方向放一把尺子。激光作用前, 摆处于静止状态。当摆球受到一个激光引起的冲击力作用后, 摆以平衡位置为中心, 左右摆动。用低速摄影机, 以 30 幅/秒的拍摄频率, 拍照靶球的最大振幅。

经过计算, 不难看出在摆的振幅很小的情况下, 激光作用后摆的最大提升量为:

$$h = L_1^2 / 2L$$

其冲量:

$$f \cdot \Delta t = mL_1(g/L)^{1/2} \quad (3)$$

式中  $\Delta t$  为力的作用时间;  $m$  为靶球质量(摆的质量);  $L_1$  为摆的最大位移;  $L$  为摆长;  $g$  为重力加速度(见图 4)。

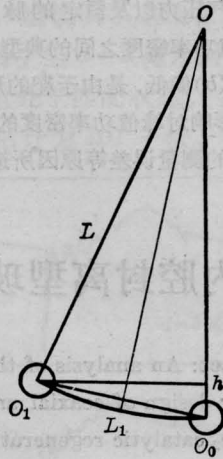
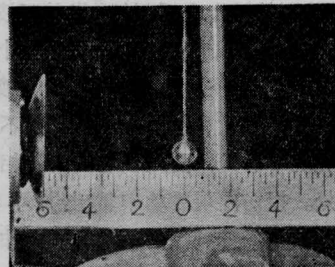
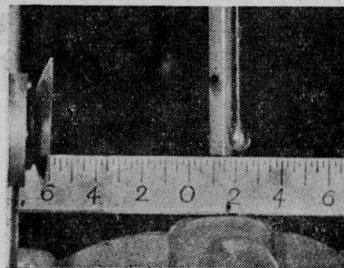


图 4 单摆原理示意图

用双放电 TEA CO<sub>2</sub> 脉冲激光器对铝靶做了实验, 铝靶做成 1 厘米直径的圆球。实验结果如图 3 中曲线(b)所示, 实验中的照片如照片 1、2。



照片 1



照片 2

## 三、两种方法的比较

单摆法装置简单, 空气阻力小。但实验中容易出现扭摆, 这是由于光束引起的冲击力, 不易作用于摆球的质心, 因此带来测量误差。

刚体转矩法克服上述方法的缺点, 重复性好, 实

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 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> 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<sup>[1]</sup>。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。

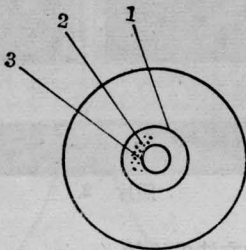


图1 镀金膜损坏示意图

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<sup>[2]</sup>:

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

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

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

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,  $1.38 \times 10^{-23}$  焦耳/K;

$e$ ——电子电荷,  $1.602 \times 10^{-19}$  库仑;

$m^+$ ,  $m^-$ ——离子与电子质量;

$R$ ——波导管半径, 0.75 毫米;

$\lambda_e$ ——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<sup>[2]</sup>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  $\approx 3$  电子伏, 这个数值与一些通用 CO<sub>2</sub> 激光器中的电子温度  $T_e=3.1$  电子伏相接近<sup>[3]</sup>;

③ 将有关的数值代入(1)、(2)、(3)式: 即可求出:

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