

[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 CO₂ 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 CO₂ 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; Δt 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。

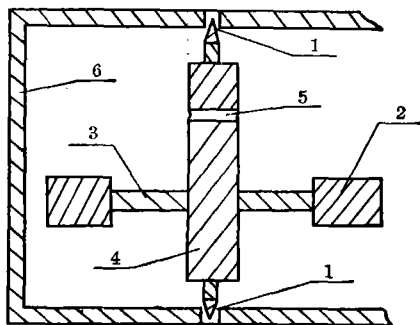


图 1 冲量矩法实验装置示意图

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 σ 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 σ 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 σ 角度所需的时间加以修正。

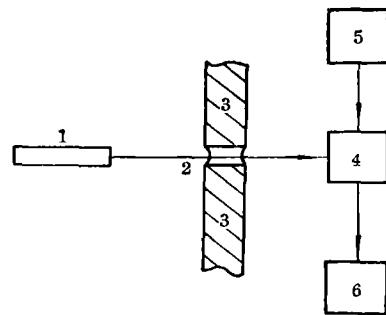


图 2 转速测试系统方块图

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 CO₂ 脉冲激光器与铝靶作用产生的冲量。铝靶做成 6×6 毫米² 的平面形状。TEA CO₂ 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)。

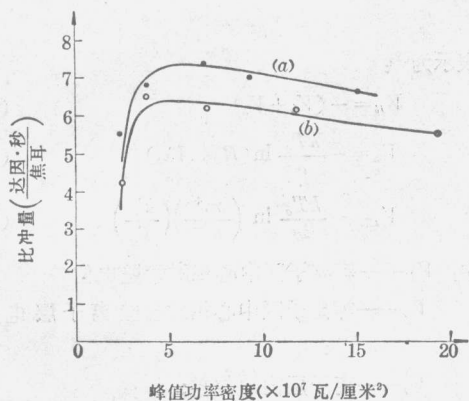


图 3 在大气压和 1.3 焦耳/脉冲条件下，两种方法测量结果的比较(靶的形状不同)

- 刚体转矩法测点，平面铝靶(6×6 毫米²)
- 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：

$$f_0 \Delta t = mL_1(g/L)^{1/2} \quad (3)$$

式中 Δt 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)。

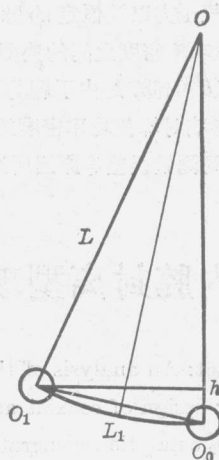
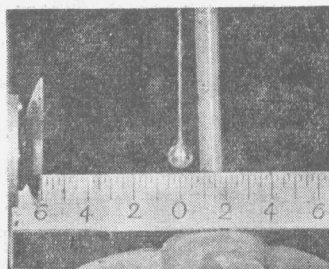
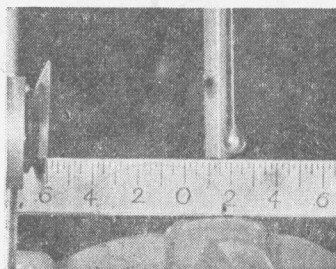


图 4 单摆原理示意图

用双放电 TEA CO₂ 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 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。

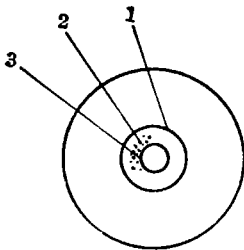


图1 镀金膜损坏示意图

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:

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