

的动态响应值的大小。

如果近似地把图 8 中的被测试系统简化为有阻尼的单自由度强迫振动系统 (见图 10), 质量 m 的运动方程为

$$m\ddot{x} + c(\dot{x} - \dot{x}_1) + k(x - x_1) = 0 \quad (5)$$

把振动台面的运动规律 $x_1 = x_0 \sin \omega t$ 代入, 式 (5) 变成

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = kx_0 \sqrt{1 + 4\beta^2 \left(\frac{\omega}{p}\right)^2} \sin(\omega t + \theta) \quad (6)$$

式中 $p = \sqrt{\frac{k}{m}}$ 为系统固有角频率;

$$\beta = \frac{c}{2} \sqrt{\frac{1}{km}} \text{ 为临界阻尼比;}$$

$$\theta = \text{tg}^{-1} \left(2\beta \frac{\omega}{p} \right) \text{ 为相位差.}$$

则质量 m 的稳态响应为

$$x = \frac{x_0 \sqrt{1 + 4\beta^2 \left(\frac{\omega}{p}\right)^2}}{\sqrt{(1 - \omega^2/p^2)^2 + 4\beta^2(\omega/p)^2}} \sin(\omega t - \alpha) \quad (7)$$

$$\text{其中 } \alpha = \text{tg}^{-1} \frac{2\beta(\omega/p)^3}{(1 - \omega^2/p^2)^2 + 4\beta^2(\omega/p)^2}$$

根据传递率的定义, 加速度传递率的理论公式为

$$\mu = \frac{|\ddot{x}|_{\max}}{|\ddot{x}_1|_{\max}} = \frac{\sqrt{1 + 4\beta^2(\omega/p)^2}}{\sqrt{(1 - \omega^2/p^2)^2 + 4\beta^2(\omega/p)^2}} \quad (8)$$

在图 9 中给出三种结果的比较。尽管在共

振频率 $f_0 = 30\text{Hz}$ 附近的传递率 μ 变化十分剧烈, 自动扫频的同步记录结果与手动逐点静态测量结果却相差很小。该系统的临界阻尼比实测值约为 0.02—0.03, 若以 $\beta = 0.025$ 代入 μ 的理论表达式 (8) 中, 得到共振时 μ 的理论值为 20, 与实测 $\mu = 19.2$ (手动), $\mu = 18.8$ (自动) 也是比较接近的。

该同步记录装置, 不仅可用于振动台上进行的扫频振动数字结果测量, 而且在机械阻抗测量中也大有用场。特别是, 利用该装置的多点同步测量的优点, 对满足机械阻抗参数测量精度高, 稳定性好的要求是比较合适的, 它可以减小由于环境温度、湿度的变化以及仪器内部热噪声等因素所造成的机械阻抗测量误差。

五、结语

当用该装置做多点测量时, 要考虑到主控双稳电路的负载能力, 应使它推动的与门电路总负载处于负载能力所允许的范围之内。同时, 要相应地增加检波电路、V/F 转换电路及计数器等, 并采用宽行打印机。

该装置的测量精度和速度, 尚待进一步改进和提高。

参 考 文 献

- [1] 冯师彦, 误差理论与实验数据处理, 科学出版社(1964).
- [2] 周宁华, 集成运算放大器在电子线路中的应用, 电子技术应用, 1(1978).
- [3] S. 提摩辛柯, 机械振动学.
- [4] Ewins, D. J., Measurement and Application of Mechanical Impedance Data.

(本文于 1979 年 6 月 4 日收到)

脉冲 CO₂ 激光破坏 ThF₄ 保护膜的研究

方慧英 王春奎 傅裕寿

(中国科学院力学研究所)

目前, 金膜反射镜常被应用于大功率 CO₂ 激光器的谐振腔和聚焦系统, 金膜反射镜质软、易污染、去污时易损伤并常出现划痕, 影响了反

射镜的光学质量。

为了寻求金膜反射镜适宜的保护膜, 黑龙江技术物理所将金膜反射镜镀制了 ThF₄ 保护

膜.实践证明,这种膜的性能可以克服上述缺点.

用于激光系统的光学薄膜的质量,除了要求具有高的抗机械摩擦和抗腐蚀能力外,还要求具有高的抗激光破坏的能力,即有高的破坏阈值,这对延长激光器的使用寿命和保证良好的光学质量是很重要的.

镀制了 ThF₄ 保护膜后,虽然增强了金膜的机械性能,但是否能保持金膜反射镜的抗激光破坏能力呢?这是使用者关心的问题.为此,我们对玻璃基底和铜基底的金膜反射镜镀 ThF₄ 保护膜后的抗激光破坏能力进行了实验研究.实验中,用 10.6 微米波长的 CO₂ 脉冲激光器(脉宽为 0.6 微秒)分别在 1.2×10⁶瓦/厘米², 2.4×10⁶瓦/厘米², 2.7×10⁶瓦/厘米²和 35×10⁶瓦/厘米²四种能量密度下照射样品,对其破坏情况进行了显微观察分析.

1. 实验装置

实验利用了一台力学所自制的双放电 CO₂ 激光器.输出能量用碳斗能量计测量的.将输出能量用一焦距为 100 毫米的锗透镜聚焦到样品上(锗透镜镀增透膜),用光束照射到复写纸上显示光斑图样,借助显微镜确定光斑面积,根据下式计算功率密度:

$$I = \frac{E}{S\tau}$$

式中 E 为激光输出能量, S 为光斑面积, τ 为脉冲宽度.实验装置示于图 1.

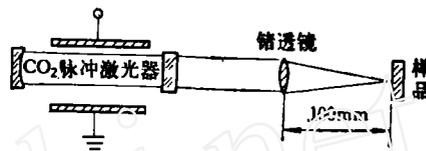


图 1 实验装置示意图

表 1 列出实验结果

基底材料	涂层	观察结果			
		1.2×10 ⁶ 瓦/厘米 ²	2.4×10 ⁶ 瓦/厘米 ²	2.7×10 ⁶ 瓦/厘米 ²	3.5×10 ⁶ 瓦/厘米 ²
K ₂ 玻璃	Cr/Au	辐照面上有直观破坏,显微镜下观察到玻璃基底已破碎如图 2.			
K ₂ 玻璃	Cr/Au/ThF ₄	辐照面上 ThF ₄ 膜有破坏,与基底分层断裂如图 3.			破坏程度加大,但比金膜上无 ThF ₄ 保护膜在 1.2×10 ⁶ 瓦/厘米 ² 照射后的破坏程度小,图 4.
铜	Cr/Au	辐照面上膜层未见破坏.	辐照面上膜破坏,基底有裂纹如图 5.		
铜	Cr/Au/ThF ₄	辐照面上膜层未见破坏.	辐照面上膜层未见直观破坏.	照射面上 ThF ₄ 膜开始碎裂见图 6.	照射面上 ThF ₄ 膜熔化起沟见图 7.

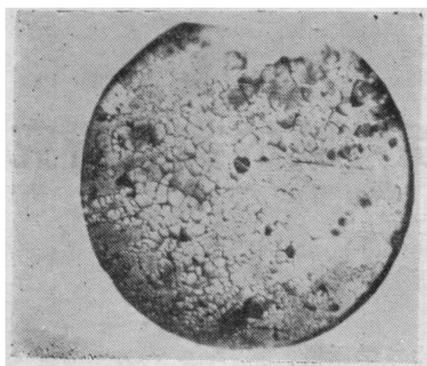


图 2 K₂ 玻璃 Cr/Au
功率密度 1.2×10⁶瓦/厘米²
放大倍数 26×

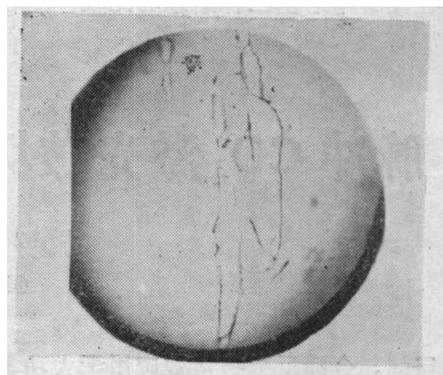


图 3 K₂ 玻璃 Cr/Au/ThF₄
功率密度 1.2×10⁶瓦/厘米²
放大倍数 26×

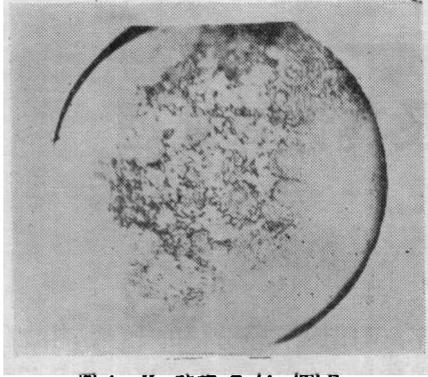


图4 K₈玻璃 Cr/Au/ThF,
功率密度 35×10^6 瓦/厘米²
放大倍数 20×

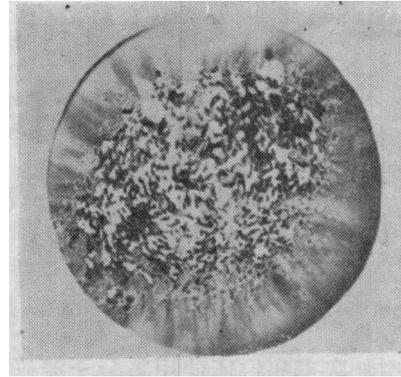


图7 K₈玻璃 Cr/Ag/ThF,
功率密度 35×10^6 瓦/厘米²
放大倍数 20×

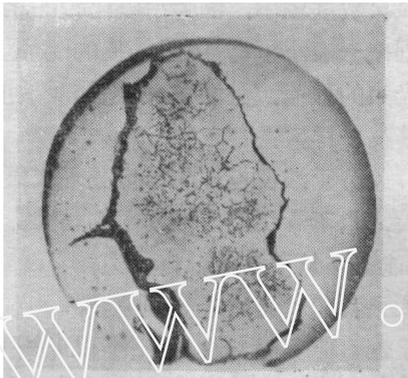


图5 铜基底 Cr/Au
功率密度 2.4×10^6 瓦/厘米²
放大倍数 20×

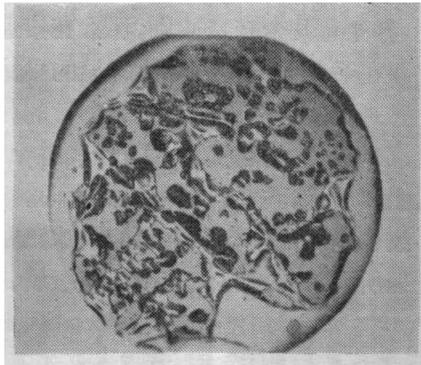


图6 铜基底 Cr/Au/ThF,
功率密度 2.7×10^6 瓦/厘米²
放大倍数 20×

2. 实验结果

由上面的实验结果可以看到 K₈ 玻璃基底分别镀有 Cr/Au 和 Cr/Au/ThF, 两种膜层的镜子, 同样在 1.2×10^6 瓦/厘米² 的功率密度照

射时, 其破坏程度有很大的差别, 没有 ThF₄ 膜的反射镜基底已碎裂, 而有 ThF₄ 膜的镜子只是表面膜层被破坏, 甚至在 3.5×10^7 瓦/厘米² 的功率密度下镀有 ThF₄ 膜的镜子只表现为 ThF₄ 膜开始溶化和裂碎。

铜基底镀 Cr/Au 膜的反射镜在 2.4×10^6 瓦/厘米² 的功率密度下, 不仅膜被破坏掉, 基底也观察到裂纹, 但在同样功率密度下, 镀 ThF₄ 保护膜的镜子没有直观的破坏现象。当功率密度为 2.7×10^6 瓦/厘米² 时, ThF₄ 膜开始裂碎起皮, 直到 3.5×10^7 瓦/厘米² 时, 才观察到 ThF₄ 膜溶化起纹。

3. 结论

(1) 实验分析表明, ThF₄ 膜的破坏主要是由热效应引起的分层、裂碎和溶化造成的。

(2) 镀制 ThF₄ 保护膜后不仅增加了金膜反射镜抗机械摩擦和抗腐蚀的能力, 也提高了抗激光破坏的能力。

(3) 由实验结果指出, 镀 ThF₄ 保护膜的破坏阈值量级在 10^6 — 10^7 瓦/厘米² 之间, 这一结果与文献 [1] 中对银膜反射镜镀 ThF₄ 保护膜的研究结果是一致的。

参 考 文 献

- [1] Wang, V., et al, Laser induced Damage in optical materials, 183 (1972).

(本文于 1980 年 11 月 5 日收到)