

250 毫米的 He-Ne 激光管, 漏率小于 1.7×10^{-10} 托·升/秒时, 存放寿命可以超过一万小时^[7]。

如管(b)放进 3.5 厘米² 面积的 ZrAl 16 吸气剂环后, 将具有 $\geq 1.71 \times 3.5 \approx 6.0$ 托·厘米³ = 6×10^{-3} 托·升的吸气量(根据我们的实验结果, 锆铝 16 的吸气率为 1.71 托·厘米³/厘米²)。因此激光管的寿命又至少可延长:

$$\frac{6 \times 10^{-3} \text{托} \cdot \text{升}}{1.7 \times 10^{-10} \text{托} \cdot \text{升}/\text{秒}} = 3.53 \times 10^7 \text{秒}$$

即加入这样的吸气剂零件后存放寿命可以增加一倍, 达到两万小时。

2. ZrAl 16 吸气剂对 H₂ 的吸气量特别大。可见对于暂时无条件采用低熔点玻璃封接的单位, 这种吸气剂能最有效地防止环氧封接时最有害的 H₂ 气影响激光管的工作。

参加这项工作的还有张海南、何杏燕、黄少芳等

同志; 华南工学院的胡耀志教授对本工作给了热情的指导, 一并表示感谢。

参 考 文 献

- [1] 黄德坚;《激光》, 1979, 6, No. 6, 10.
- [2] 李昌全;《真空技术》, 1976, No. 2.
- [3] 北京有色金属研究院602室;《真空技术》, 1977, No. 1.
- [4] 特许公报(日), 99A₃ 昭和 39 年 25344.
- [5] P. Della Porta, B. Kindl; *J. Vac. Sci. Tech.*, 1969, 6, No. 1~2, 40.
- [6] A. Barosi, T. A. Giorgi; *Vacuum*, 1973, 23, No. 1, 15.
- [7] 广州玻璃研究所;《广州玻璃》, 1978, No. 3.

(广州玻璃所 李苍宁 杨济民

1981 年 1 月 30 日收稿)

利用光声效应探测亚表面层中的缺陷和范性形变

Abstract: This paper presents the simple principle and method for detection of crack and plastic deformation on subsurface by photoacoustic effect. The hole and plastic deformation of subsurface in metal have been detected using our photoacoustic arrangement.

利用光声效应进行无损检测, 不但能探测样品表面的光学、热学性质和几何形状上的微小差别, 也能探测到不透明的样品表面下的热结构、裂缝和缺陷等。探测深度超过光学穿透深度几个数量级。

光声效应的基本原理是调制的激光束照射到样品上, 样品吸收光能后由于无辐射跃迁而部分地转换成样品中的热能, 引起温度调制并转换为弹性声波。利用微音器或压电陶瓷声接收器接收此弹性声波。如果使用压电陶瓷作为光声探测器, 则用环氧树脂把压电陶瓷与样品粘在一起。固化后的环氧树脂的声阻比空气或液态物质都小, 所以声耦合较好。我们也使用过油脂做为粘合材料, 也能得到较大的光声信号, 但声耦合比环氧树脂差些。

固体样品吸收调制的光辐射所产生的光声信号的大小为^[1]

$$V \propto \frac{P\beta\alpha(1+\sigma)}{\omega c\rho(1-\sigma)r^2} \quad (1)$$

式中 β 是样品的光吸收系数; ω 为调制频率; P 是入射的光功率; c 、 ρ 、 α 和 σ 分别为固体样品的比

热、密度、热膨胀系数和泊松比; r 是光束到探测器的距离。由公式(1)可知, 当 r 、 σ 和 ω 一定时, 则光声信号的大小就与样品的光学性质 β 和热学性质有关。因此, 当样品表面的光学性质和几何形状可以近似认为是均匀时, 激光束扫过这种不透明的样品表面, 表面各部分吸收的光能也是相同的, 即产生的热是相同的。根据光声效应的理论, 光声信号的大小正比于热波与样品相互作用所产生的弹性波的强度。而对光声信号的主要贡献来自与热波相互作用的位于第一热扩散长度 μ ^[2] 内的样品, 即第一热扩散长度内的样品的性质决定着光声信号的大小。 μ 的定义为

$$\mu = \left(\frac{2K}{\omega\rho c} \right)^{1/2} \quad (2)$$

式中 K 为样品的热导率。若样品中某个位置(在第一热扩散长度以内)的比热 c 发生了变化, 则对应的光声信号 V 也将发生变化。因此, 根据光声信号的大小就可以判断样品中热学性质随位置的变化。

实验装置如图 1 所示。氩离子激光器输出功率

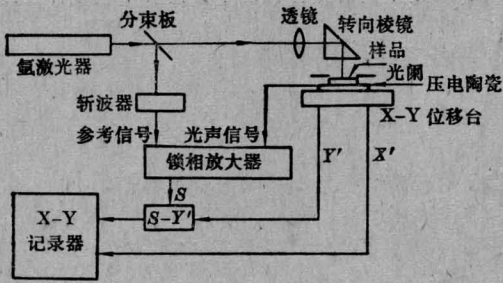


图1 光声探测装置示意图

约100~150毫瓦。激光束经调制和透镜聚焦后照射到样品上。样品放在X-Y机械位移台上，X和Y方向的位移量转换为电信号 X' 和 Y' ， X' 直接输入X-Y记录仪， Y' 则与来自压电陶瓷的经锁相放大的光声信号相加后送至X-Y记录仪的Y轴。改变X和Y方向的位移距离，即可得到样品各处的光声信号。

测量的样品是表面下面有两个横向圆孔的铝片，如图2所示。一个孔在表面下0.45毫米，另一个孔在表面下0.8毫米。样品表面的光学性质和几何形状可以近似地认为是均匀的。由公式(1)可知，当孔处于第一热扩散长度范围以内时，在有孔的地方 ρ 和 c 比较小，因而产生的光声信号就比无孔的地方大。光束扫过样品所得到的光声信号就能清楚地显示出孔的存在。测量的结果表示在图3中。图中曲线清楚地显示出两个孔的存在和位置。

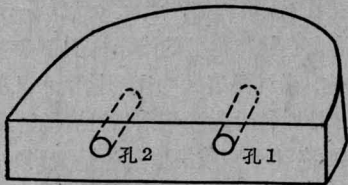


图2 表面下有两个孔的样品

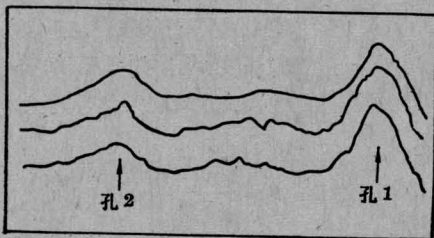


图3 铝表面下的两个孔的光声信号
(调制频率为32赫)

由于只有位于第一热扩散长度以内的区域的结构才能对光声信号有主要贡献，所以位于第一热扩

散长度以外的一些缺陷等对光声信号的贡献就很小，也就探测不出来。光声方法的可探测深度由第一热扩散长度决定。对于同一种材料，第一热扩散长度与调制频率成反比关系，随着调制频率的增加，位于表面下较深的孔的光声信号减小的速度较快。图4示出了随着调制频率的变化，两个不同的孔的光声信号的变化曲线。当调制频率变到160赫时(对应的热扩散长度约为0.43毫米)，在表面下面0.8毫米处的孔就探测不出来了。在我们的实验中，光束在样品表面上的聚焦光斑直径约为0.16毫米，对于铝样品，调制频率从23赫变到160赫时，热扩散长度从1.1毫米变到0.43毫米，光斑直径远小于热扩散长度，此时分辨率主要由热扩散长度决定。

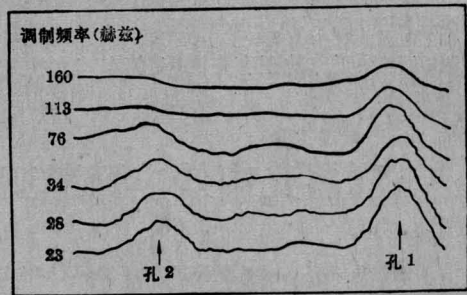
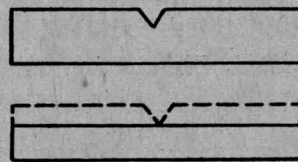
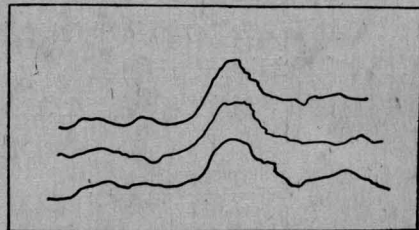


图4 不同深度下的两个孔的光声信号
随调制频率的变化
(左面的孔在表面下0.8毫米;
右面的孔在表面下0.45毫米)

如果要测量亚表面层中某一深度的层中的热结构，则需要改变调制频率进行两次测量，再对这两次测量的信号进行相减处理。如果表面不是光学性质



(a) 表面有压痕的铝样品



(b) 测得的光声信号

图5

均匀时,也需要进行两次测量和对信号处理。

另外,我们还利用光声方法探测金属的范性形变。我们使用的样品是一个厚度约为1.5毫米的铝片。预先在铝表面上打出一如图5(a)所示的压痕,再将压痕磨掉并抛光到看不见压痕为止。测得的光声信号如图5(b)所示。由图可看出,样品内部因压痕产生的范性形变引起光声信号发生变化。据报导,这是因为压痕增加了晶粒界限的数目^[3]。

吴仲康副教授、吕永彬等同志对此项工作给予了大力支持,在此表示感谢。

参 考 文 献

- [1] A. Hordvik, H. Schlossberg; *Appl. Opt.*, 1976, 16, No. 1, 101.
- [2] A. Rosencwaig; *Am. Lab.*, 1979, No. 11.
- [3] M. Luukkala *et al.*; *Electronics Lett.*, 1980, 16, No. 3,
- [4] J. J. Pouch *et al.*; *JOSA*, 1980, 70, No. 5, 562.

(南开大学物理系 李增发 张春平 范文锦
颜彩繁 张光寅 1981年6月16日收稿)

全息照相在求解矩形板问题中的应用 ——四边固定的矩形板在点力作用下的变形

Abstract: Deformation of a clamped rectangular plate subjected to point force was measured by double exposure holographic interferometry. Experimental results are found to be close to the theoretical ones.

一、引言

四边固定的矩形板广泛应用在工程技术的各个领域。研究它们在外力作用下的变形,对于工程设计和部件的检验都是很重要的。

不少作者曾用经典的方法^[1]和全息干涉计量术的方法^[2,3]测量了四边固定的方形板在均匀应力作用下的变形。本文利用全息干涉计量术的二次曝光法测量了四边固定的矩形板在点力作用下的变形,并把测量结果与理论计算结果作了比较。

二、原理

在全息干涉计量术的二次曝光法中,再现现象的光强分布

$$I = 2I_0 \cos\left(\frac{\pi\delta}{\lambda}\right) \quad (1)$$

其中 I_0 是一次曝光时再现现象的光强分布; λ 是光波长; δ 是光程差,

$$\delta = d(\cos\theta_1 + \cos\theta_2) \quad (2)$$

θ_1 和 θ_2 分别是入射光和散射光与表面位移方向之间的夹角; d 是表面位移的大小。

从公式(1)和(2)不难看出,物体表面位移的信息已编码到再现现象的光强分布中去了,只要求出 I 的分布,便能计算出表面的位移分布。

在二次曝光法中,再现现象的光强分布与光程

差 δ 的正负无关,也就是与位移的方向无关,只决定于它的绝对值。因此在用这种方法测量位移时,只能给出位移的绝对值,不能给出位移方向,这是此种方法的不足之处。

现在考虑四边固定的矩形板,如图1所示。如果矩形板的长(a)和宽(b)比它的厚度(h)大很多,在 z 方向的外力作用下,在小形变的情况下,矩形板只有沿 z 方向的位移 d_z , 沿 x 和 y 方向的位移 $d_x=0$, $d_y=0$ 。如果照明光是点光源,它的坐标为 (x_0, y_0, z_0) , 观察点的坐标为 (x_1, y_1, z_1) , 矩形板

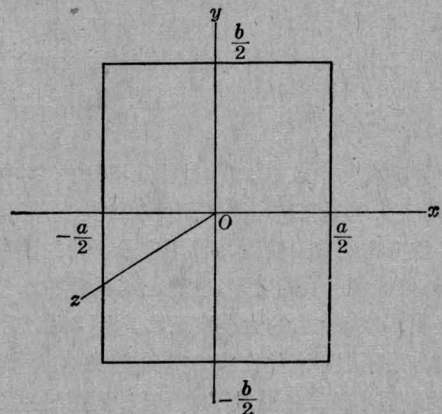


图1 四边固定的矩形板及所选的坐标示意图