

激光束干涉法的应用*

董月明 贺金斗

(天津市第九玻璃厂)

利用球面波代替平面波作干涉法检验,在设备上较为简单,是本方法的特点和优点。以下着重介绍对平行平晶检验的应用结果。

一、用激光束干涉法 检验平行平晶

1. 激光点光源

激光光束经一凸透镜聚焦或凹透镜散焦后就可以得到一个具有一定发散角的球面波,它犹如放置在透镜焦点处的一个点光源发出的光波。所以利用激光器发出的激光束通过简单的光学系统,可能获得一个高相干性的理想的点光源。

2. 对平行平晶平行性的检定

我们对平行平晶的检定采用了激光光束干涉的方法。使用 He-Ne 激光器(6328 埃),激光束通过一个凸透镜聚焦于屏幕的小孔,光束穿过小孔射到被测样品上。由于平行平晶有一定的厚度,使样品的前后两个面在光束通过它们反射的时候产生干涉的圆环。因

而在屏幕上我们可以看到干涉的圆环图样。如图 1 所示:理想的平行平晶应是严格平行的,因此光源的中心与干涉圆环的中心是重合的。如果当被测样品的两个表面存在着一定的小楔角,则光源的中心与干涉圆环的中心不再是重合的。如图 2 中我们看到的光源中心与干涉圆环中心偏离的那段距离,实际上就反映出了平行平晶两表面的偏差量。

图 3 中 S 表示等效的点光源和它的虚

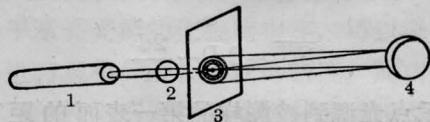


图 1 激光束干涉法测平行平晶楔角示意图

1—He-Ne 激光器; 2—凸透镜;
3—屏; 4—待测平行平晶

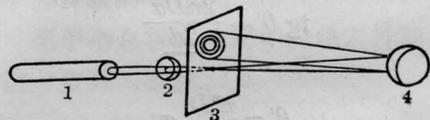


图 2 光源中心与干涉环中心的偏离量
1—激光器; 2—凸透镜; 3—屏; 4—待测平行平晶

* 收稿日期: 1977 年 2 月 1 日。

参 考 资 料

- [1] M. L. Wolbarht; Laser Application in Medication and Biology, Pleum Press, 1971.
- [2] M. W. Bems; Biological Microirradiation Classical and Laser Sources, 1974.
- [3] D. E. Rounds; Laser Handbook, Vol. 2, Part. F., 1863~1887, 1972.
- [4] G. Leon; Application of the Laser, 1973.
- [5] L. G. Paleg, D. Aspinall, Nature, 1970, 228, 970~973.

- [6] Л. В. Рубин; Успехи Современ. Биол., 1969, 2, No. 2, 222~234.
- [7] АН СССР, Генетика, 1972, 8, No. 1, 12~16.
- [8] 何芳德译,《国外激光》, 1977, No. 2.
- [9] 中山大学生物系遗传学教研室,《激光》, 1976, 3, No. 2, 26~31.
- [10] 武汉医学院附属第二医院耳鼻喉科教研室,《武汉医学院学报》, 1977, No. 1, 87~88.
- [11] 广州中山医学院科仪厂医用激光组,《激光》, 1977, 3, No. 3, 54~62.
- [12] 王联治,曾传相;《科学通报》, 1977, No. 2, 68~72.
- [13] 周志康,《物理》, 1976, 5, No. 1, 79.

象 S_1 、 S_2 。发自点光源 S 的球面波，经平行平晶前后两表面反射后，分为两个位相相关的球面波 1 (由前表面反射所形成) 和球面波 2 (由后表面反射所形成)。由几何光学的成像定律， S_1 应是 S 对于平晶前表面的镜对称点，因而有

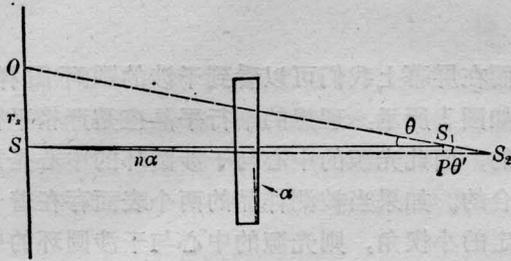


图 3

$$\overline{SS_1} = 2D$$

S_2 的位置和平行平晶的楔角 α 和折射率 n 有关

$$\overline{SS_2} = 2D + \frac{2d}{n}$$

D 表示点光源到被测样品第一表面的距离， d 表示样品的厚度。

$$\overline{S_1P} = 2D \operatorname{tg} n\alpha \quad (1)$$

$$\operatorname{tg} \theta' = \frac{2nD\alpha}{2d}$$

$$\theta' = \frac{n^2 D}{d} \alpha \quad (2)$$

$$\theta = \theta' + n\alpha$$

$$\theta = n\alpha + \frac{n^2 D}{d} \alpha$$

$$\theta = n\alpha \left(1 + \frac{nD}{d} \right) \quad (3)$$

$$r_s = 2nD\alpha \left(1 + \frac{nD}{d} \right) \quad (4)$$

θ 为 $\overline{SS_1}$ 和 $\overline{S_1S_2}$ 的夹角， r_s 为干涉圆环中心到屏心的偏距。在 $Dn \gg d$ 的情况下，由(4)式可得

$$\alpha = \frac{r_s d}{2n^2 D^2} \quad (5)$$

从(5)式来看，只要我们在屏上量出 r_s 的长度，就可能精确地算出样品两表面的夹角 α ，

即检验出平行平晶两表面的不平行度。

在平行平晶的楔角非常小的情况下 (在十几秒内)，还可以采用精度更高的“波长测量法”。采用这种方法检验平行平晶的平行性更为精确。其方法是将激光光束射向被测样品的两个表面，并从被测样品的左端慢慢移到右端。如果被测样品的两表面有微小的夹角，在屏幕上将看到干涉圆环的图样发生变化，如果干涉环变化了两个条纹 (见图 4)，那么被测的平行平晶的不平行性应为

$$\Delta L = m \cdot \frac{\lambda}{2n} \quad (m \text{ 为常数})$$

$$\Delta L = \frac{\lambda}{n}$$

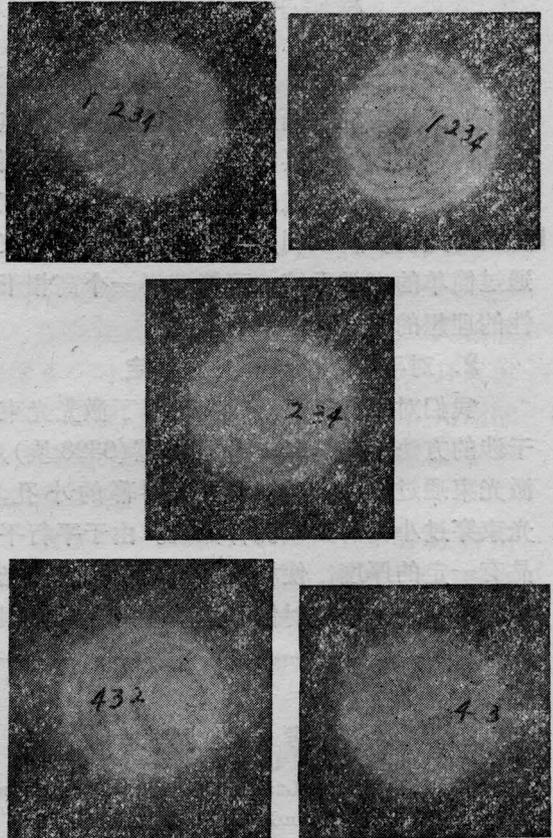


图 4 光束从被测样品的左端移到右端时变化了两个条纹

3. 对平行平晶平面度的检定

将被检定的平晶放在一标准的平面上，当激光束通过平晶的被测表面到标准平面反

射后,在屏上可看到一组干涉圆环。

如果平行平晶的平面度不是均匀的,则屏上的干涉圆环出现畸变、弯曲、不均匀等现象(如图5所示)。这时激光束扫描被测样品不同位置的时候,屏幕上的干涉圆环出现时而收缩时而扩展的现象。这是由于被测样品平面度不均匀而产生的,其不均匀度由下式来确定

$$2\Delta L = m \frac{\lambda}{2n}$$

式中, λ 为波长, m 为常数, n 为折射率,如干涉环变化是 $\frac{1}{2}$ 个条纹,则平面不均匀度应为

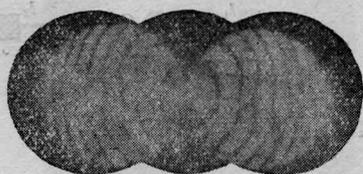
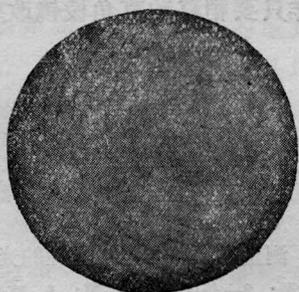
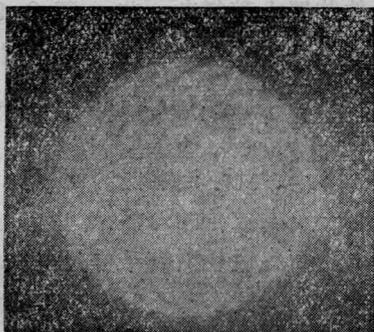


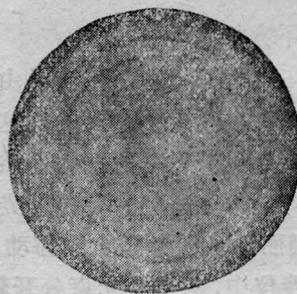
图 5

上两图表示平面度非常均匀,下图表示平面度不均匀,中间部位磨损

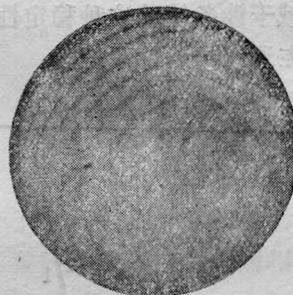
$$2\Delta L = \frac{1}{2} \cdot \frac{\lambda}{2n}$$

$$\Delta L = \frac{\lambda}{8n}$$

4. 利用激光干涉的方法还可以检验平行平晶玻璃的内部质量(见图6)。



(a)



(b)

图 6

(a) 玻璃内部没有缺陷; (b) 玻璃内部有缺陷

5. 用点光源干涉的方法检验平行平晶的特点

(1) 测量精度准确

从 $r_s = \frac{2n^2 D^2 \alpha}{a}$ 可以看出对于一个给定的

被测样品, r_s 值和 D^2 成正比, 而由

$$r_N = 2D \sqrt{\frac{nN\lambda}{d}}$$

可看出干涉圆环的半径 r_N 是和 D 成正比的。因此适当增大被测样品至屏间的距离 D 时, r_s 要比 r_N 的增大来的更快。故其测量的精度可相应提高, 一般情况下, 在一定的范围内, D 值增大几倍, 测量精度也随之提高同样的倍数。但当 D 增大时 r_s 也随之增大, D 过大时将会使干涉环的圆心不易精确找出,

也会影响其测量精度,因此适当选取 D 值是有必要的。

另一方面,用激光束干涉法检验平行平晶的平行性是无接触测量,因而它克服了接触形变这个缺陷,能够在一定程度上提高其测量精度。

(2) 环境条件要求低

由于在屏上任一点的光点是由两条相邻传播的光线迭合而成(图7)的,这样在光线传播光路上介质折射率的任何偶然变化,一般地对这样两条十分相邻传播的光线有同样的影响,因而不会引起条纹的移动。而在其它许多干涉仪中,两干涉光束分开较远,这是引起干涉条纹不稳定的一个重要因素。由于双束非定域干涉条纹的这种稳定性,使测量工作可以在通常的条件下进行。

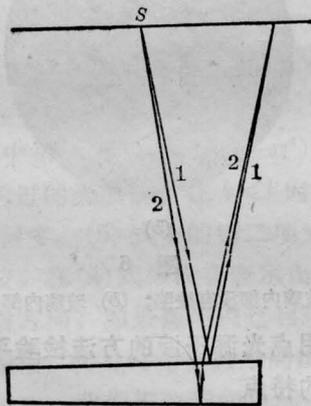


图 7

表1是用点接触干涉仪与激光束干涉法检验平行平晶平行性测量值的比较。

表1 对平晶小楔角的测量结果

单位(微米)

平行平晶编号	点接触干涉仪测量值	激光束干涉法测量值	差值
1	0.04	0.03	0.01
2	0.44	0.42	0.02

表2是用测长机和激光束干涉法测量平行平晶平行性的比较。

表 2

单位(微米)

平晶方位号	测长机测得不平行性	激光束干涉法测得不平行性	两测量法差值
15.75	0.42	0.44	0.02
15.87	条纹中心微有变化	0.04	

说明:表2中所检验的平晶是衡阳产6622号一组中的两块,用激光束干涉法测量时,15.87的条纹中心变化量极微小说明平行性很好。

二、激光束干涉法应用的推广

利用激光束干涉法检验平行平晶的原理也可用来检验外径千分尺的平行性,只是在光学元件装置上稍复杂一些。图8、9是测量外径千分尺平行性的光路图,图中 L_1 与 L_2 是严格平行的,其不平行度不超过 $20''$ 、 $\angle\alpha$ 为 $90^\circ \pm 20''$ 。

如图8、9所示:当激光束通过光学装置后成为有一定发散角的球面波,它通过平行平晶组一表面 L_1 后投射到千分尺的一测量面 l_1 上,光束在返回到屏上时出现干涉的圆环图样,因此在屏上可得到干涉环的中心位置 (a) 。同样只要稍移动直角棱镜改变光路,即

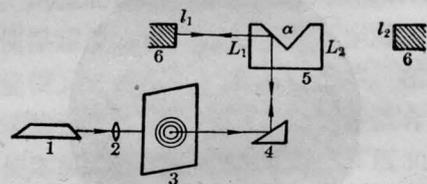


图8 测量外径千分尺平行性的光路图

1—激光器; 2—凸透镜; 3—屏; 4—直角棱镜;
5—平行平晶组; 6—千分尺测量头

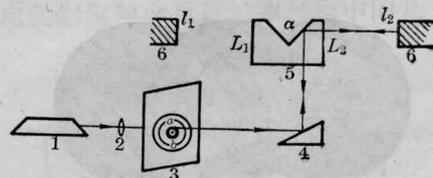


图9 移动直角棱镜改变光路

1—激光器; 2—凸透镜; 3—屏; 4—直角棱镜;
5—平行平晶组; 6—千分尺测量头

(下转第64页)

产 品 介 绍

上海燎原电器厂生产的 JN-1、JNK-1、JN-2 型激光能量计国内许多单位亦有称炭斗能量计，是我国目前激光能量测试的常用仪器之一。

JN-1 型激光能量计和 JNK-1 型激光能量放大器匹配使用时，主要技术指标如下：

量程：1 焦耳~50 焦耳

(不加衰减，满量程)

分六挡：1. 1 焦耳 2. 2.5 焦耳

3. 5 焦耳 4. 10 焦耳

5. 25 焦耳 6. 50 焦耳

接收波长：可见到近红外（在其它波段使用时应考虑到必要的修正）；

光斑直径 d ： $\phi 3$ 毫米 $< d < \phi 16$ 毫米，较适宜的光斑直径为 $\phi 8$ 毫米到 $\phi 12$ 毫米；

测量精度：测量误差不大于 10%（采用 1.5 级电表显示）；

允许入射的最大能量密度：

E (焦耳/厘米²) 30.5 13.45 4.25

t_p (毫秒) 5 1 0.1

JN-2 型激光能量计匹配多次反射光点检流计时，主要技术指标如下：

量程：1 焦耳~50 焦耳；

接收波长：可见到近红外（在其它波段使用时应考虑到必要的修正）；

光斑直径 d ： $\phi 5$ 毫米 $< d < \phi 40$ 毫米，

(上接第 38 页)

可在屏上得到另一组干涉圆环，并可找出干涉环的中心位置 (b)。若 (a)、(b) 不重合，说明外径千分尺的两测量面有一定微小夹角。量出两干涉环的中心距离 (ab)，就是该外径千分尺两测量面的平行性偏差度在屏上的反映。

偏差度 α 的计算与平行平晶平行性偏差量的计算方法是类似的，即

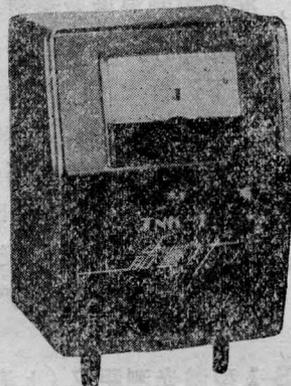
$$\alpha = \frac{r_s d}{2n^2 D^2}$$

α 是外径千分尺平行性实际偏差量， r_s 是在屏上反映出两干涉环中心的偏距 (a, b)， d 是

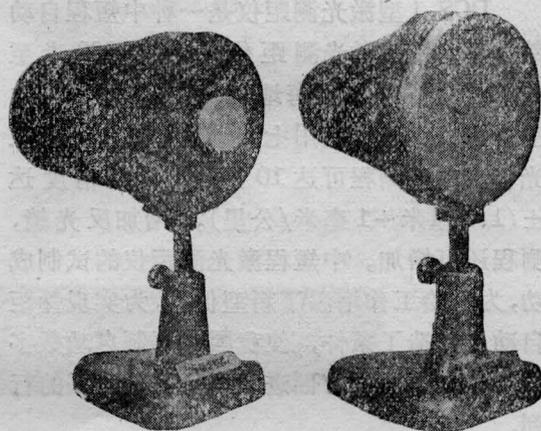
$\phi 25$ 毫米左右较佳；

测量精度：25% (光定标)；

输出灵敏度：大于 100 微伏/焦耳。



JNK-1 型激光能量放大器



JN-1 型激光能量计

JN-2 型激光能量计

外径千分尺一测量面 (l_1 或 l_2) 到平行平晶组表面 (L_1 或 L_2) 的距离， n 为折射率， D 是屏中心到外径千分尺一测量面 (l_1 或 l_2) 的距离。

利用激光束干涉法还可用来测量玻璃棒状晶体端面平行度，检测直角棱镜，调准法布里-珀罗标准具，测量光学平行平面度及测定固体膨胀系数等。

参 考 资 料

- [1] 《激光束干涉法测平行平晶楔角和它的推广应用》，南开大学物理系编。
- [2] 《激光及其应用》，曹秋生译。