



# 中华人民共和国国家军用标准

FL

GJB 1487 92

---

## 激光光学元件测试方法

Measurement methods for laser optical elements

1992—10—28 发布

1993—06—01 实施

---

国防科学技术工业委员会 批准

# 目 次

1	范围 .....	(1)
2	引用文件 .....	(1)
3	定义 .....	(1)
4	一般要求 .....	(1)
5	详细要求 .....	(2)
方法 101	光谱透射比(一).....	(3)
方法 102	光谱透射比(二).....	(4)
方法 103	低反射比.....	(7)
方法 104	高反射比 .....	(10)
方法 105	透镜中心误差 .....	(14)
方法 106	平行差(一) .....	(16)
方法 107	平行差(二) .....	(18)
方法 108	分辨力(一) .....	(20)
方法 109	分辨力(二) .....	(22)
方法 110	偏振比 .....	(24)
方法 111	波片光程差 .....	(26)
方法 112	消光比 .....	(28)
方法 113	散射损耗 .....	(30)
方法 114	激光损伤阈值 .....	(32)
方法 301	膜层强度 .....	(34)

# 中华人民共和国国家军用标准

## 激光光学元件测试方法

GJB 1487—92

Measurement methods for laser optical elements

---

### 1 范围

#### 1.1 主题内容

本标准规定了激光光学元件(以下简称元件)光学特性和其它有关特性的测试方法。

#### 1.2 适用范围

本标准适用于激光光学系统中所用透镜、反射镜、平面镜、棱镜、滤光片、偏振片和波片等光学元件。

### 2 引用文件

GB 7247—87 激光产品辐射安全、设备分类、要求和用户指南

GB 10435—89 作业场所激光辐射卫生标准

ZBN 35003—89 分辨力板

### 3 定义

本章无条文。

### 4 一般要求

#### 4.1 测试一般应在下列环境条件下进行：

温度： $25 \pm 10$  C

相对湿度：20%~80%；

大气压力：86~106kPa。

4.2 测试仪器和装置应稳定可靠，整个测试系统应无明显的振动、气流、烟尘和杂散辐射等干扰。

4.3 测试仪器和装置应按其技术文件的要求进行工作。

4.4 所用计量器具应符合测试的精度要求，并在规定的周检期内经检定合格。

4.5 被测元件的制备和处理应符合有关标准的要求。

4.6 被测元件表面应清洁。

4.7 使用激光器应按 GB 7241、GB 10435 的规定执行。

4.8 测试人员必须经考核合格。

## 5 详细要求

本标准规定的测试方法编号如下：

100 系列 光学特性（光谱透射比、低反射比、高反射比、透镜中心误差、平行差、分辨率、偏振比、波片光程差、消光比、散射损耗、激光损伤阈值）

300 系列 物理特性（膜层强度）

## 方法 101 光谱透射比(一)

### 1 目的

光谱透射比是透过与入射的辐射能通量或光通量的光谱密集度之比,用符号  $\tau(\lambda)$  表示。光谱透射比反映了经过元件后的光能量损失程度。进行此项测试的目的是为了测试无光焦度元件的光谱透射比。

### 2 测试原理

采用双光束分光光度计测试。测试原理见图 1。

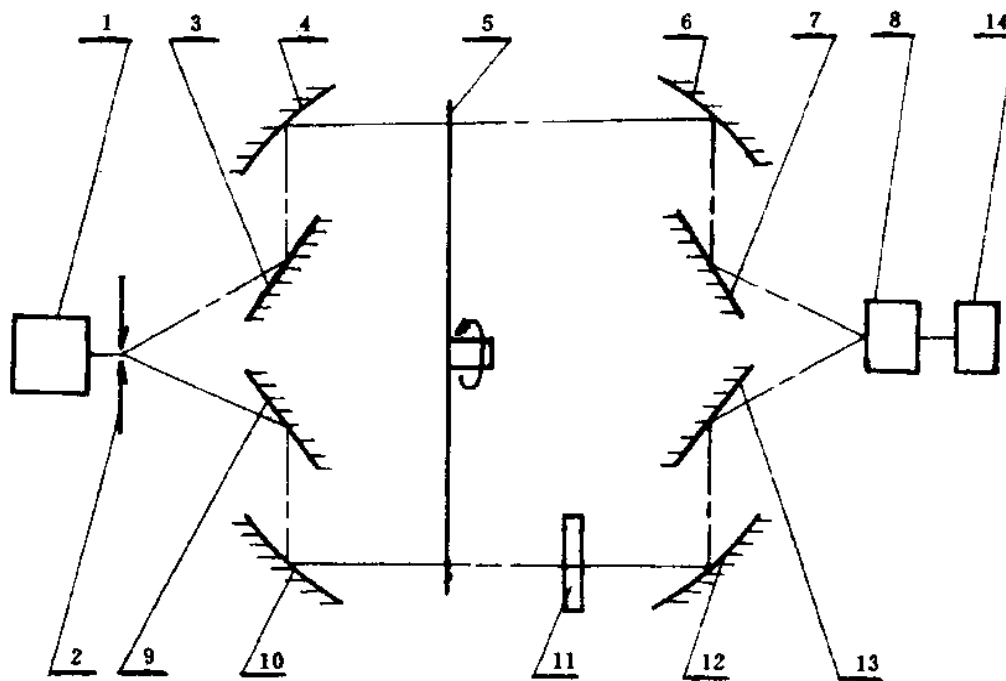


图 1 光谱透射比测试原理图

1——单色仪;2——单色仪出射狭缝;3、4、6、7、9、10、12、13——反射镜;  
5——斩光器;8——光电接收器;11——被测元件;14——自动记录仪。

由单色仪出射狭缝 2 出射的光束被反射镜 3、9 分成两束,其中一束经反射镜 4、6、7 反射后照射到光电接收器 8 上;另一束经反射镜 10、被测元件 11、反射镜 12、13 照射到光电接收器 8 上。斩光器 5 使光电接收器 8 交替接收两束光,并进行比较,由自动记录仪 14 输出光谱透射比曲线。

### 3 测试要求

- 3.1 测试环境和仪器、装置应符合第4章一般要求中4.1~4.4条的规定。
- 3.2 除技术条件或合同另有规定外,分光光度计的仪器精度应不低于0.5%。
- 3.3 紫外、可见光区波长精度  $\pm 0.3\text{nm}$ , 波长重复性  $\pm 0.1\text{nm}$ 。  
 近红外区波长精度  $\pm 0.8\text{nm}$ , 波长重复性  $\pm 0.2\text{nm}$ 。  
 中、远红外区波数精度  $\pm 2\text{cm}^{-1}$ , 波数重复性  $\pm 0.005\text{cm}^{-1}$ 。
- 3.4 被测元件光轴应与测量光轴重合。

### 4 测试程序和结果

#### 4.1 测试程序

- 4.1.1 根据被测元件的要求,对分光光度计选择相应的光源、波段和光电接收器。
- 4.1.2 正确放置相应的记录纸。
- 4.1.3 接通电源,预热。
- 4.1.4 根据被测元件,放置相应光栏,其口径不超过被测元件直径的80%。
- 4.1.5 校正零线和百分之百线。
- 4.1.6 将被测元件正确放入样品夹,使其符合本测试方法第3.4条的要求。
- 4.1.7 测光谱透射比曲线。

#### 4.2 测试结果

根据光谱透射比曲线,获得相应波长的光谱透射比值。

## 方 法 102 光谱透射比(二)

### 1 目的

光谱透射比是透过与入射的辐射能通量或光通量的光谱密集度之比,用符号  $\tau(\lambda)$  表示。光谱透射比反映了经过元件后的光能量损失程度。进行此项测试的目的是为了获得有光焦度透射的元件的光谱透射比。

### 2 测试原理

光源采用单色仪出射的单色光,利用积分球把光通量测量转化为光照度测量,测试原理见图2。

单色仪1发出的单色光经位于准直物镜3焦点处的小孔光栏2、准直物镜3后变为平行光束。空测时,如图2a,该平行光束经光栏4和附加会聚透镜6会聚在积分球8开孔前的视场光栏7处,并进入积分球8,光电接收器9即接收到空测光信号;实测时,如图2b或2c,平行光束先被被测元件5会聚或发散,再经附加会聚透镜6会聚在积分球8开孔前的视场光栏7处,

并进入积分球 8, 光电接收器 9 即接收到实测光信号。

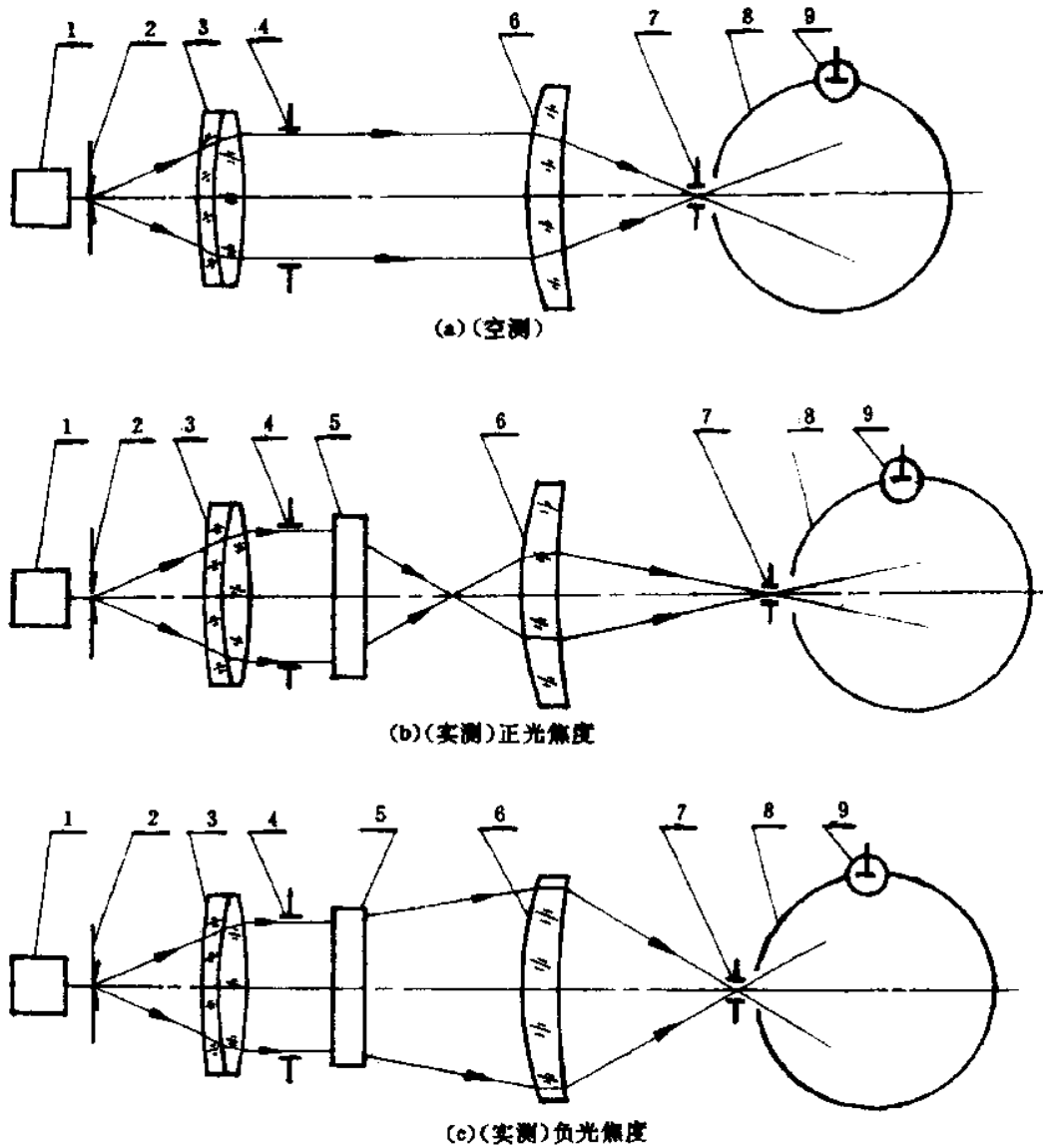


图 2 光谱透射比测试原理图

- 1——单色仪; 2——小孔光栏; 3——准直物镜; 4——可变光栏;  
 5——被测元件; 6——附加会聚透镜; 7——视场光栏; 8——积分球;  
 9——光电接收器。

### 3 测试要求

- 3.1 测试环境和仪器、装置应符合第 4 章一般要求中 4.1~4.4 条的要求。
- 3.2 单色仪精度要求(见表 1):

表 1

nm

使用范围	波长精度	波长重复性
200~600	±0.2	±0.1
600~1300	±0.4	±0.2
1300~4000	±0.8	±0.4
4000~12000	±2.4	±1.2

- 3.3 小孔光栏 2 的孔径为 0.01~0.04mm,它位于单色仪出射狭缝处。
- 3.4 测全孔径透射比时,入射光束的直径应是被测元件直径的 90%;测近轴细光束透射比时,可变光栏 4 的孔径为 0.3~0.5mm。
- 3.5 准直物镜 3 象质优良,由它发出的并入射到被测元件 5 的光束应是平行光。
- 3.6 紫外、可见波段应在黑暗环境中进行,红外波段应在隔热环境中进行。
- 3.7 测试装置调整时,应注意消除杂散光和热辐射的影响。
- 3.8 积分球 8 直径为积分球上开孔直径的 10 倍以上。
- 3.9 空测时,视场光栏 7 位于附加会聚透镜 6 的焦面处;实测时,视场光栏 7 位于附加会聚透镜 6 的象面处。
- 3.10 视场光栏 7 的直径应大于小孔光栏 2 的孔径。
- 3.11 光电接收器 9 的光敏面,应与积分球 8 的内表面齐平。

## 4 测试程序和结果

### 4.1 测试程序

- 4.1.1 根据被测元件的要求选择相应的波长、积分球 8 和光电接收器 9。
- 4.1.2 调整可变光栏 4 孔径,使其符合本测试方法 3.4 条的要求。
- 4.1.3 光路中无被测元件 5 时(见图 2a)读出光电接收器 9 的输出。
- 4.1.4 在光路中放置被测元件 5,使其光轴与测量光轴重合。调整视场光栏 7 及积分球 8 的位置使其符合本测试方法 3.9 条的要求,读出光电接收器 9 的输出(见图 2b 或 2c)。

### 4.2 测试结果

按公式 1 计算光谱透射比:

$$\tau(\lambda) = \frac{\phi_{s1}}{\phi_s} \dots\dots\dots (1)$$

式中:  $\tau(\lambda)$  —— 波长为  $\lambda$  时的光谱透射比;

$\phi_s$  —— 空测时,光电接收器的输出, Lm;

$\phi_{s1}$  —— 实测时,光电接收器的输出, Lm。

## 方法 103

### 低反射比

#### 1 目的

低反射比是针对已镀制减反射膜的元件而言的,它与残余反射光相联系。反射比低于10%的定义为低反射比,用符号 $\rho(\lambda)$ 表示。

进行此项测试的目的是为了测试平面型或大曲率半径球面型元件镀制减反射膜后的低反射比。

#### 2 测试原理

采用比较测量的方法,即把被测元件与已知反射比的标准样品进行比较,确定出被测元件的低反射比,测试原理如图3。

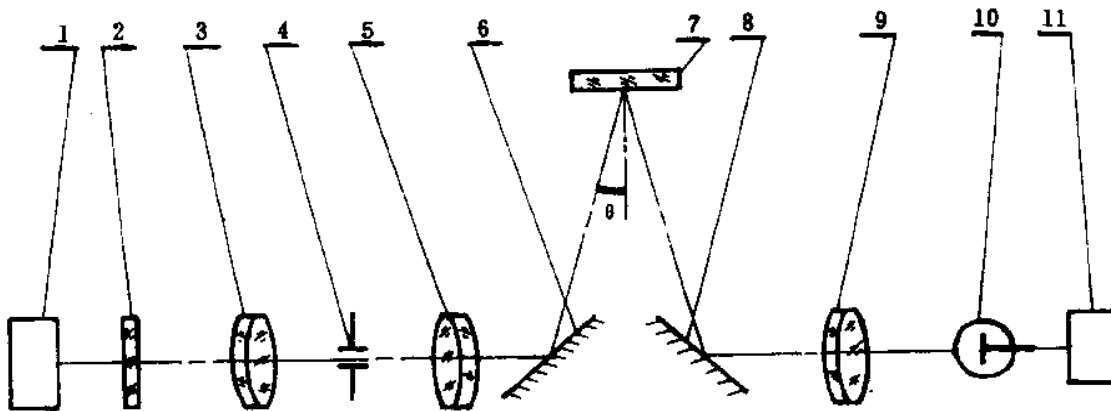


图3 低反射比测试原理图

- 1——光源及光栅单色仪；2——滤色片；3、5、9——会聚透镜；  
4——小孔光阑；7——标准样品或被测元件；6、8——反射镜；  
10——光电接收器；11——显示装置。

由光源及光栅单色仪1发出的光经滤色片2和会聚透镜3会聚在小孔光阑4处,经会聚透镜5和反射镜6在标准样品或被测元件7表面处会聚形成直径小于 $\phi 2\text{mm}$ 的光斑,反射光经反射镜8、会聚透镜9会聚在光电接收器10的光敏面上,经显示装置11显示出信号值。

#### 3 测试要求

- 3.1 测试仪器、装置应符合第4章一般要求中4.2~4.4条的要求。  
3.2 除技术文件另有规定外,低反射比测试仪精度应不低于0.05%。

- 3.3 400~1200nm 波长范围内,波长精度为±0.4nm,波长重复性为±0.2nm,狭缝宽度 0.01~3mm。
- 3.4 显示装置的灵敏度为 0.1mv。
- 3.5 环境温度 20±5℃,相对湿度小于 60%,交流电压 220±1v。
- 3.6 测量光束对标准样品或被测元件的入射角  $0 < 15^\circ$ 。
- 3.7 标准样品 7 选 K<sub>9</sub> 玻璃材料时,其单面反射比  $\rho_0$  为 4.19%(632.8nm 处)。
- 3.8 被测元件尺寸范围:  
平面镜  $\phi 6 \sim \phi 70\text{mm}$ ;  
会聚、发散透镜  $\phi 6 \sim \phi 36\text{mm}$ ;  
细长棒  $\phi 4 \sim \phi 13\text{mm}$ (长度为 0~200mm)。
- 3.9 被测元件应避免非被测面反射光引起误差。

## 4 测试程序和结果

### 4.1 测试程序

- 4.1.1 根据被测元件的要求,对低反射比测试仪选择相应的波段、光电接收器。
- 4.1.2 在样品夹上放置标准样品,单色仪调至所需波长,测试并读取显示值。
- 4.1.3 取下标准样品,换上被测元件,被测表面朝下放置,测试并读取显示值。

### 4.2 测试结果

按公式 2 计算低反射比:

$$\rho(\lambda) = \frac{\phi_{\lambda p}}{\phi_{\lambda}} \cdot \rho_0(\lambda) \dots\dots\dots (2)$$

式中: $\phi_p$  ——被测元件对应的读数值,Lm;

$\phi_s$  ——标准样品对应的读数值,Lm;

$\rho(\lambda)$  ——波长为  $\lambda$  时被测元件的低反射比,%;

$\rho_0(\lambda)$  ——波长为  $\lambda$  时标准样品单面反射比(其取值方法见本测试方法 5.1 条),%。

## 5 说明

5.1 标准样品用 K<sub>9</sub> 光学玻璃加工,其单面反射比按公式 3、4 计算:

$$\rho_0(\lambda) = \frac{(1 - n_s)^2}{(1 + n_s)^2} \dots\dots\dots (3)$$

$$n_s^2 = A_0 + A_1\lambda^2 + A_2\lambda^{-2} + A_3\lambda^{-4} + A_4\lambda^{-6} + A_5\lambda^{-8} \dots\dots\dots (4)$$

式中: $\rho_0(\lambda)$  ——波长为  $\lambda$  时标准样品单面反射比,%;

$n_s$  ——波长为  $\lambda$  时,K<sub>9</sub> 玻璃的折射率值;

$\lambda$  ——波长,nm;

$A_0 = 2.2711438$ ;  $A_1 = -1.0104744 \times 10^{-8}$ ;

$A_2 = 1.0589016 \times 10^4$ ;  $A_3 = 2.0810101 \times 10^8$ ;

$A_4 = -7.6447325 \times 10^{12}$ ;  $A_5 = 4.9224756 \times 10^{17}$ 。

根据几个常用波长,对 K<sub>9</sub> 玻璃的单面反射比的理论值进行了计算,(见表 2)。

表 2

波长 $\lambda$ nm	折射率 $n_d$	$\rho_0(\%)$ %
530.0	1.51850	4.24
589.3	1.51637	4.21
632.8	1.51466	4.19
694.3	1.51260	4.16
1064.8	1.50640	4.08

## 方法 104

### 高反射比

#### 1 目的

反射比大于 95% 定义为高反射比。高反射比用符号  $\rho$  表示。

本项测试的目的是为了测试平面型或大曲率半径球面型元件的高反射比。

#### 2 测试原理

采用“差动”平衡式的绝对测量方法测试,测试原理见图 4。

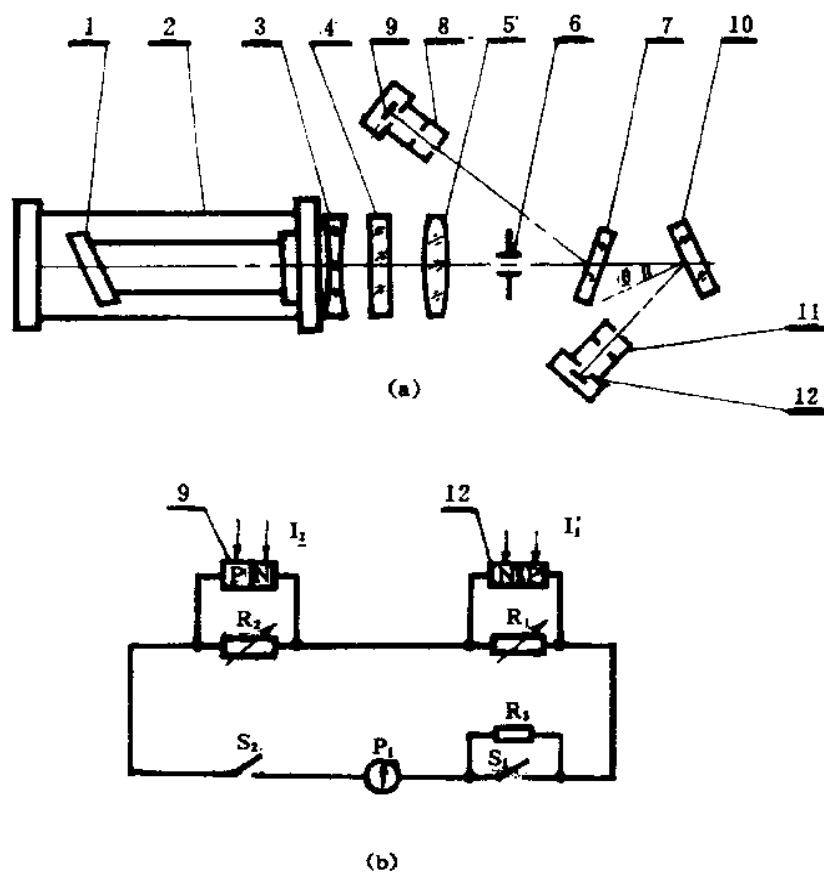


图 4 高反射比测试原理图

- 1—布魯斯特窗口;2—He-Ne 激光器;3—发散透镜;4—滤光片;  
 5—会聚透镜;6—光栏;7—分束镜;8、11—屏蔽筒;  
 9、12—硅光电池;10—被测元件; $S_1$ 、 $S_2$ —开关;  
 $R_1$ 、 $R_2$ —可变精密电阻箱; $R_3$ —固定电阻; $P_1$ —检流计。

图 4a 为测试装置原理图,带有布魯斯特窗口 1 的 He-Ne 激光器 2 发出的激光束经发散

透镜 3、滤光片 4、会聚透镜 5、光栏 6 照射到分束镜 7 上,并被分为二束。其中一束由分束镜 7 反射,照射到屏蔽筒 8 内硅光电池 9 上;另一束透过分束镜 7,照射到被测元件 10 上,由被测元件 10 反射后照射在屏蔽筒 11 中硅光电池 12 上。图 4b 为“差动”平衡电桥原理图,硅光电池 9 和 12 反接,并与检流计  $P_1$ 、可调电阻箱  $R_1$  和  $R_2$  构成“差动”平衡式电桥。

### 3 测试要求

- 3.1 测试环境和仪器、装置应符合第 4 章一般要求中 4.1~4.4、4.7 条的要求。
- 3.2 激光束高斯束腰处在被测元件的被测表面上。
- 3.3  $R_1$ 、 $R_2$  为精密电阻箱,其阻值最低档不大于  $0.01\Omega$ ,未加被测元件时,若  $R_2$  的阻值为  $50\Omega$ ,则  $0.01\Omega$  相当于  $0.02\%$  的光强调整量,测试精度为  $0.02\%$ 。
- 3.4 硅光电池 9、12 的性能经精选后尽可能匹配,并且 9 和 12 是反接的。
- 3.5 硅光电池 9、12 的电阻  $r_0 \geq 100k\Omega$ ,其光敏面反射比要低。
- 3.6 光斑大小为  $\phi 3mm$  左右,且光斑照射中心应位于硅光电池最灵敏点上。
- 3.7 He-Ne 激光器功率为  $0.2 \sim 0.5mW$ 。
- 3.8 屏蔽筒内壁涂黑以吸光,其中的光栏除屏蔽杂光外,还使硅光电池的反射光不能回到硅光电池上。
- 3.9 透镜 3、5 应保持清洁。
- 3.10 测量入射角  $\theta$  应大于一定值,确定方法见本测试方法 5.2 条中公式 6。

### 4 测试程序和结果

#### 4.1 测试程序

- 4.1.1 接通电源,并开启激光器,待其稳定后开始测试工作。
- 4.1.2 调整样品夹位置,使经会聚透镜后高斯光束的束腰位于样品夹垂直轴线上(绕垂直轴转动样品夹,最小光斑中心始终射在叉丝上)。
- 4.1.3 选取可变精密电阻箱  $R_2$  的阻值,先不加被测元件,此时硅光电池 12 处于入射光轴上,调节可变精密电阻箱  $R_1$  的电阻值,使硅光电池端电压平衡,即检流计  $P_1$  的电流为零,记下此时电阻箱  $R_2$  的阻值  $R_2'$ 。
- 4.1.4 加上被测元件,调节电阻箱  $R_2$  的电阻值,使检流计  $P_1$  电流再次为零,并记下此时电阻箱  $R_2$  的电阻值  $R_2$ 。

#### 4.2 测试结果

按公式 5 计算被测元件的高反射比:

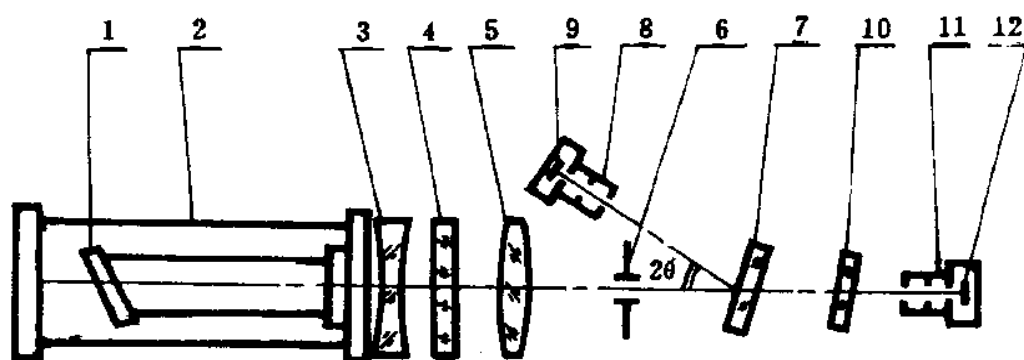
$$\rho = R_2' / R_2 \dots\dots\dots (5)$$

式中:  $R_2'$ 、 $R_2$  分别为加被测元件前后,检流计  $P_1$  为零时电阻箱  $R_2$  对应的电阻值,  $\Omega$ 。

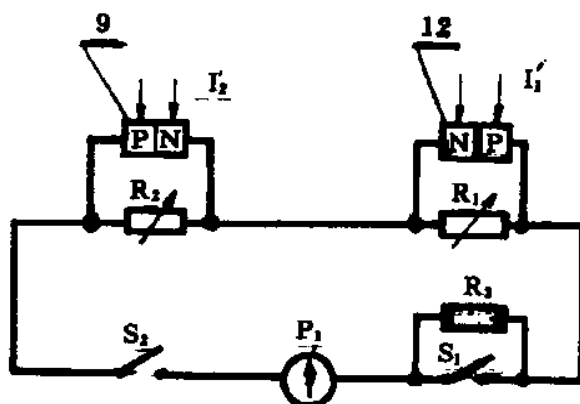
### 5 说明

- 5.1 本测试方法仅适用于  $632.8nm$  波长下的测试。
- 5.2 测量两面平行差较好的试样表明,两面反射光的干涉效应对两面的反射比  $\rho$ 、透射比  $\tau$  的





(a)



(b)

图5 高透射比测试原理图

- 1——布鲁斯特窗口；2——He-Ne激光器；3——发散透镜；4——滤光片；  
 5——会聚透镜；6——光栏；7——分束镜；8、11——屏蔽筒；  
 9、12——硅光电池；10——被测元件；S<sub>1</sub>、S<sub>2</sub>——开关；  
 R<sub>1</sub>、R<sub>2</sub>——可变精密电阻箱；R<sub>3</sub>——固定电阻；P<sub>1</sub>——检流计。

## 方法 105 透镜中心误差

### 1 目的

透镜中心偏是透镜光轴与定位轴的不重合程度,用被测表面顶点处曲率中心对定位轴的偏离量  $C$  来表示。透镜中心误差是光学表面顶点处的法线对基准轴的偏离量,用  $x$  表示。本项测试的目的是为了测试透镜的中心误差。

### 2 测试原理

采用自准直反射象法测试,测试原理如图 6 所示。

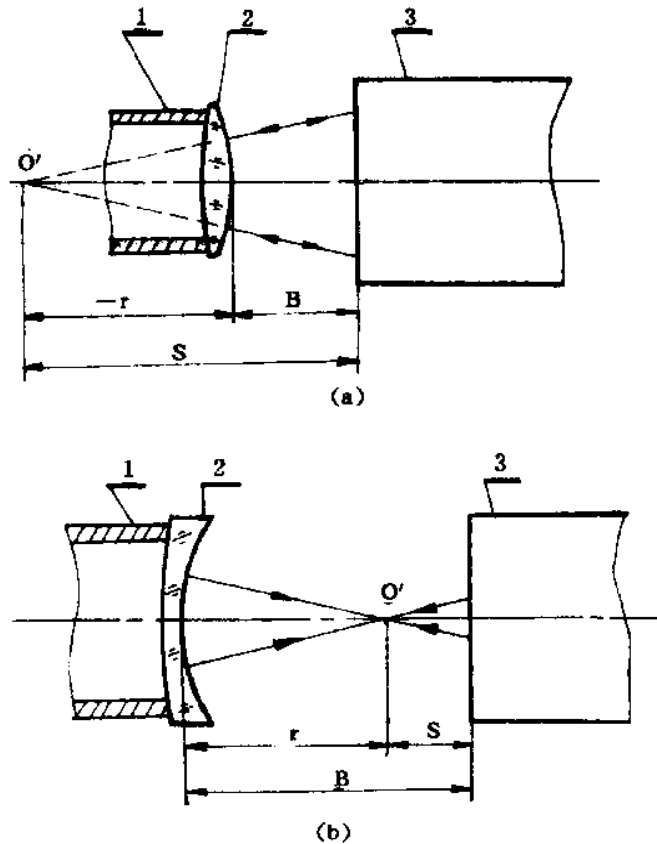


图 6 透镜中心误差测试原理图

1——透镜定位筒； 2——被测元件； 3——自准直显微镜。

由自准直显微镜 3 出射的光会聚在被检球面的球心  $O'$  处,经被测球面反射沿原路返回,又会聚在其球心  $O'$  并进入自准直显微镜 3,在其分划板上成像。如果被测面无中心误差,则元件在绕定位轴旋转时,所成象静止不动。如果被测面有中心误差,则元件绕定位轴旋转时,所成象

在分划板上扫过一个圆,由象的跳动量可计算出相应中心偏  $C$ ,进而计算出相应中心误差  $\chi$ 。

### 3 测试要求

- 3.1 测试环境和仪器、装置应符合第 4 章一般要求中 4.1~4.4 的要求。
- 3.2 被测元件的定位轴与定心仪光轴重合。
- 3.3 定心仪精度应满足被测元件精度要求。

### 4 测试程序和结果

#### 4.1 测试程序

- 4.1.1 测出定心仪自准直显微镜管端面到被测元件表面之间的距离。
- 4.1.2 用公式 7 计算工作距离

$$S = B - r \dots\dots\dots (7)$$

式中: $S$ ——工作距离,mm;

$r$ ——被测元件表面的球面半径曲率中心在左边时取负值,反之取正值,mm;

$B$ ——自准直显微镜管端面到被测元件表面间的距离,mm。

- 4.1.3 根据计算得到的工作距离值,选择具有相应工作距离的自准直显微物镜(也可采用工作距离可连续变化的自准直显微物镜)。
- 4.1.4 将自准直显微物镜对准自准直点,并调焦。
- 4.1.5 旋转被测元件,观察自准直显微镜中自准直反射象的跳动量。

#### 4.2 测试结果

由公式 8、9 计算元件中心偏和中心误差:

$$C = \frac{\delta}{4\beta} \dots\dots\dots (8)$$

$$\chi = 3438 \cdot C/r \dots\dots\dots (9)$$

式中: $C$ ——中心偏,mm;

$\delta$ ——自准直反射象跳动量,mm;

$\beta$ ——自准直显微镜垂轴放大率;

$\chi$ ——中心误差,(');

$r$ ——被测光学表面球半径,mm。

## 方法 106

## 平行差(一)

## 1 目的

平行差是平板型光学元件两个面之间的不平行程度,用符号 $\theta$ 表示。进行此项测试的目的是为了测试平板型平面元件的平行差。

## 2 测试原理

采用自准直反射象法测试,测试原理如图 7 所示。

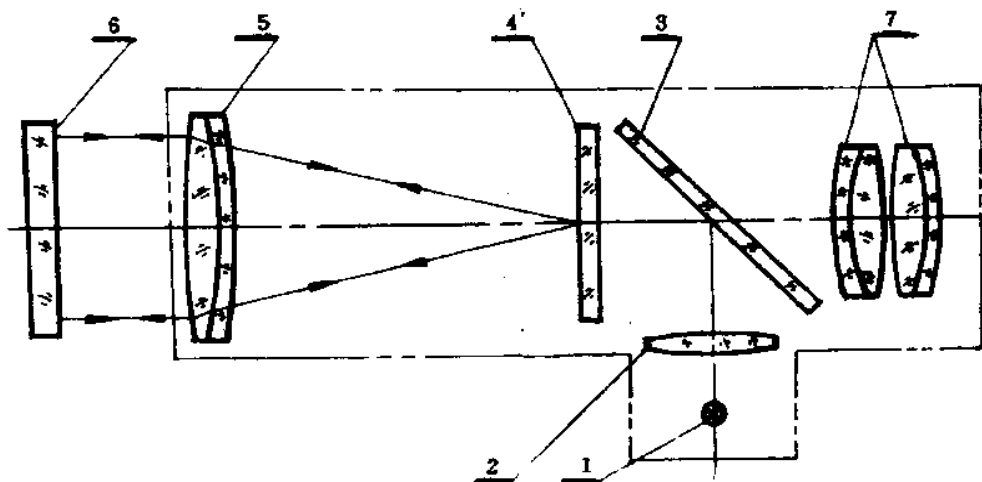


图 7 平行差测试原理图

1——光源； 2——聚光镜； 3——分束镜； 4——分划板；  
5——前置物镜； 6——被测元件； 7——目镜。

光源 1 发出的光经聚光镜 2、分束镜 3、照明分划板 4(分划板 4 位于前置物镜 5 的焦平面上),再经前置物镜 5 被准直为平行光,由被测元件 6 前、后表面反射回来的光为两束具有一定夹角的平行光,经前置物镜 5 后在分划板 4 上形成两个分划象。利用目镜 7 观测到二象的间距。由于两个象分别由前、后表面反射光形成,且两束光能量不等,因此两个象亮暗程度不同,据此可判别平板的薄厚端。

## 3 测试要求

测试环境和仪器、装置应符合第 4 章一般要求中 4.1~4.4 条的要求。

## 4 测试程序和结果

### 4.1 测试程序

- 4.1.1 接通电源、开启照明光源。
- 4.1.2 将被测元件置于载物台上,并使自准直望远镜发出的平行光大致垂直于元件前表面。
- 4.1.3 调整自准直望远镜,使前后两表面反射的自准直像中的一个位于分划板中心位置。
- 4.1.4 观察、测量二自准直象间的距离。

### 4.2 测试结果

- 4.2.1 按公式 10 计算平行差。

$$\theta = 206265 \cdot \frac{y}{2nf'} \dots\dots\dots (10)$$

式中: $\theta$  —— 平行差,(");

$y$  —— 分划板 4 上二自准直象间的距离,mm;

$n$  —— 被测元件的折射率;

$f'$  —— 前置物镜 5 的焦距,mm。

- 4.2.2 按本测试方法中的 5.5 条判别平板的薄厚端。

## 5 说明

- 5.1 平板平行差  $\theta$  大于 1' 时,用自准直法较合适。

- 5.2 自准直望远镜按其分划板照明形式不同有如下三种结构形式:

- a. 高斯式;
- b. 阿贝式;
- c. 双分划板式。

- 5.3 由于高斯式自准直望远镜具有精度高,不会失调等优点,故推荐采用。

- 5.4 一般自准直望远镜分划板上都是直接刻的角度,因此可在分划板上直接读出二个象分开的象度差值,并按公式 11 计算平行差:

$$\theta = \psi/2n \dots\dots\dots (11)$$

式中: $\psi$  —— 分划板上二象间角度差值,(");

$n$  —— 被测元件折射率;

$\theta$  —— 平行差,(")。

- 5.5 平板厚薄端的判别:对于高斯式目镜而言,颜色较淡的象是平板后表面反射象,其厚端在颜色较深的一端;对于阿贝式目镜而言,稍暗些的亮标尺后表面反射象一端相对于平板厚端,亮标尺前表面反射象相对于平板的薄端,如二象颜色或亮度差别小,不易区分,可在被测元件后表面哈一口气,变模糊的那个象即为后表面反射象。

## 方 法 107

### 平行差(二)

#### 1 目的

平行差是平板型光学元件两个面之间的不平行程度,用符号 $\theta$ 表示。进行此项测试的目的是为了测试平板型平面元件的平行差。

#### 2 测试原理

采用平面干涉仪实现平行差的测试。等厚平面干涉仪的工作原理见图 8。

光谱灯 1 发出的光由聚光镜 2 会聚,透过小孔光栏 3 的光束经物镜 5 后变为平行光,并在被测元件前后表面反射,两束反射平行光在其相干长度内发生干涉,形成干涉条纹,眼睛可通过观察孔 7 观察到干涉条纹,由此可确定平行差。

#### 3 测试要求

- 3.1 测试环境和仪器、装置应符合第 4 章一般要求中 4.1~4.4、4.7 条的要求。
- 3.2 仪器的精度应满足被测元件的精度要求。

#### 4 测试程序和结果

##### 4.1 测试程序

- 4.1.1 接通电源,待光源工作稳定后,进行正式测试。
- 4.1.2 把被测元件置于仪器的载物台上。
- 4.1.3 调整仪器的角螺旋,使被测元件大致垂直于仪器的光轴。
- 4.1.4 在视场内观察干涉条纹,调整被测元件的位置,使载物台的移动方向与倾角最大方向一致,并读取被测元件有效直径范围内对应的干涉条纹数。

##### 4.2 测试结果

按公式 12 计算平行差:

$$\theta = 206265 \cdot \frac{M\lambda}{2nb} \dots\dots\dots (12)$$

式中: $\theta$  —— 平行差,(");

$b$  —— 被测元件有效直径,mm;

$M$  —— 有效直径内所对应的干涉条纹数;

$\lambda$  —— 单色光波长,mm;

$n$  —— 被测元件材料的折射率。

- 4.3 根据本测试方法中的 5.3 条判别平板的薄厚端。

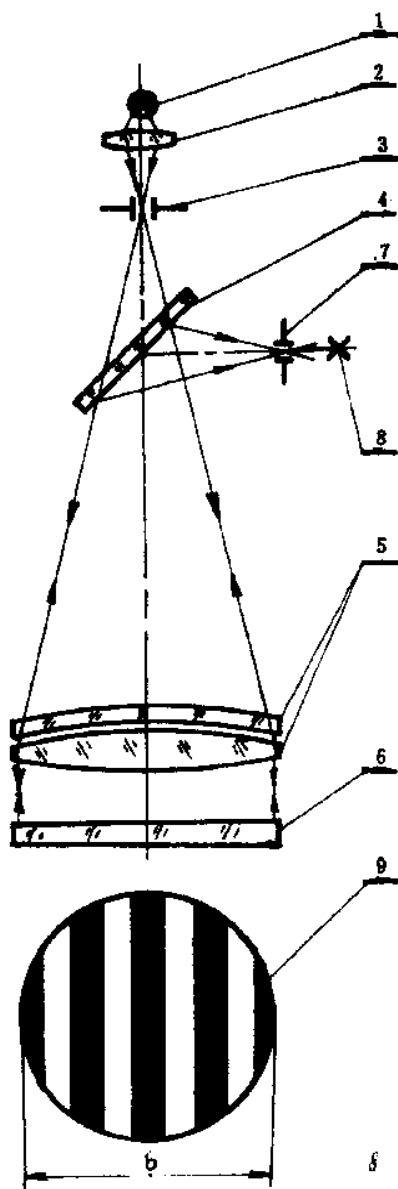


图 8 平行差测试原理图

1—光源；2—聚光镜；3—小孔光栏；4—分束镜；5—物镜；  
6—被测元件；7—观察孔；8—眼点；9—干涉条纹图。

## 5 说明

- 5.1 当平板平行差  $\theta$  小于  $1'$  时,用干涉法进行测试为宜。
- 5.2 平板厚度较厚时,应采用激光光源。
- 5.3 平板薄厚端判别方法:平板契角方向与干涉条纹垂直,在被测玻璃的后表面某一处加热,则加热部升温,厚度变大,干涉条纹向薄端弯曲。

## 方法 108

## 分辨力(一)

## 1 目的

分辨力是物体通过被测元件成像后能将物体原有细节反映出来的能力,用符号  $\alpha$  表示。光学元件的分辨力用物面上刚能被分辨的两点对元件中心的张角来表示。

光学元件存在象差、面形误差、材料不均匀性以及表面粗糙度等缺陷,造成实际分辨力低于理论值。

进行此项测试的目的在于测试有分辨力要求的透镜的分辨力。

## 2 测试原理

用带有分辨力板的平行光管和观察显微镜来实现测试,测试原理如图 9 所示。

分辨力板 3 位于平行光管物镜 4 的焦面上,由平行光管 I 发出的平行光经光栏 5、被测元件 6 在被测元件焦面上成像,并由观察显微镜 II 进行观测,确定其分辨力。

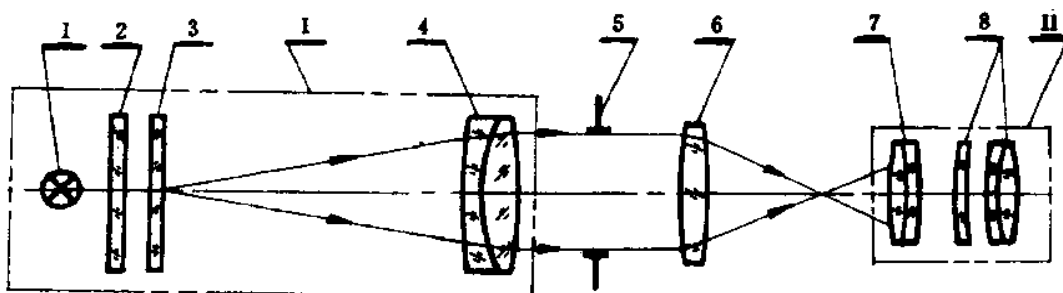


图 9 分辨力测试原理图

- 1——平行光管; I——观察显微镜; 1——光源; 2——毛玻璃板;  
 3——分辨力板; 4——平行光管物镜; 5——可变光栏; 6——被测元件;  
 7——显微物镜; 8——显微目镜。

## 3 测试要求

- 3.1 测试环境和仪器、装置应符合第 4 章一般要求中 4.1~4.4 条的要求。
- 3.2 所采用分辨力板应按 ZBN 35003 的规定执行。
- 3.3 显微物镜的物方孔径角应大于被测元件的象方孔径角。
- 3.4 平行光管物镜应有良好象质,其有效通光口径应大于被测元件的直径,其物镜焦距应比被测元件焦距长两倍以上。

- 3.5 可变光栏孔径应为被测元件直径的 90%。
- 3.6 显微镜应象质良好并有足够的放大率,以保证对分辨力图案的分辨。
- 3.7 分辨力板应采用相应的光源均匀照明,并有足够照度。

#### 4 测试程序和结果

##### 4.1 测试程序

- 4.1.1 接通电源,开启光源。
- 4.1.2 放置被测元件,并使平行光管、被测元件、显微镜三者光轴重合。
- 4.1.3 调整可变光栏,使其满足本测试方法 3.5 条的要求。
- 4.1.4 用显微镜对分辨力图案的象调焦,将分辨力图案的象调至视场中央,并从象中找出代表分辨力极限的单元。
- 4.1.5 根据所确定的代表分辨力极限的图案的组号、单元号,确定对应的分辨力图形线宽。

##### 4.2 测试结果

按公式 13 计算分辨力:

$$a = 206265 \cdot \frac{2b}{f'} \dots\dots\dots (13)$$

式中: $a$  —— 分辨力,(");

$b$  —— 分辨极限图案的组号、单元号对应的分辨力图形线宽,mm;

$f'$  —— 平行光管物镜焦距,mm。

## 方 法 109

### 分辨力(二)

#### 1 目的

分辨力是物体通过被测元件成像后能将物体原有细节反映出来的能力,用符号 $\alpha$ 表示。光学元件的分辨力用物面上刚能被分辨的两点对元件中心的张角来表示。

光学元件存在象差、面形误差、材料不均匀性以及表面粗糙度等缺陷,造成实际分辨力低于理论值。

进行此项测试的目的在于测试有分辨力要求的平面反射镜、棱镜和玻璃平面的分辨力。

#### 2 测试原理

用带有分辨力板的平行光管和带有伸缩筒的前置镜实现分辨力测试,测试原理如图 10 所示。

分辨力板 3 位于平行光管物镜 4 的焦面上,由平行光管 I 发出的平行光经被测元件 5、可变光栏 6 及前置物镜 7 在前置镜 II 内成象于目镜 8 的焦面,并由目镜 8 进行观测,确定其分辨力。

#### 3 测试要求

- 3.1 测试环境和仪器、装置应符合第 4 章一般要求中 4.1~4.4 条的要求。
- 3.2 所采用分辨力板应按 ZBN 35033 的规定执行。
- 3.3 平行光管物镜和前置镜物镜的有效孔径均应大于被测元件的有效直径。
- 3.4 无被测元件而平行光管和前置镜光轴重合时,所有分辨力图案单元均应能清晰分辨。
- 3.5 前置镜应有伸缩筒,以便必要时进行调焦。
- 3.6 平行光管物镜应有良好象质。
- 3.7 前置镜应象质良好,并有足够的放大率,以保证对分辨力图案的分辨。
- 3.8 分辨力板应采用相应的光源均匀照明,并有足够照度。

#### 4 测试程序和结果

##### 4.1 测试程序

- 4.1.1 接通电源,开启光源。
- 4.1.2 放置被测元件,使平行光管、被测元件、前置镜三者相互位置尽可能保证其光路符合被测元件的使用情况。
- 4.1.3 根据技术文件要求确定可变光栏的孔径,使其等于或稍小于被测元件有效直径。
- 4.1.4 对分辨力图案象调焦,将分辨力图案的象调至视场中央,并从象中找出代表分辨力极限的单元。

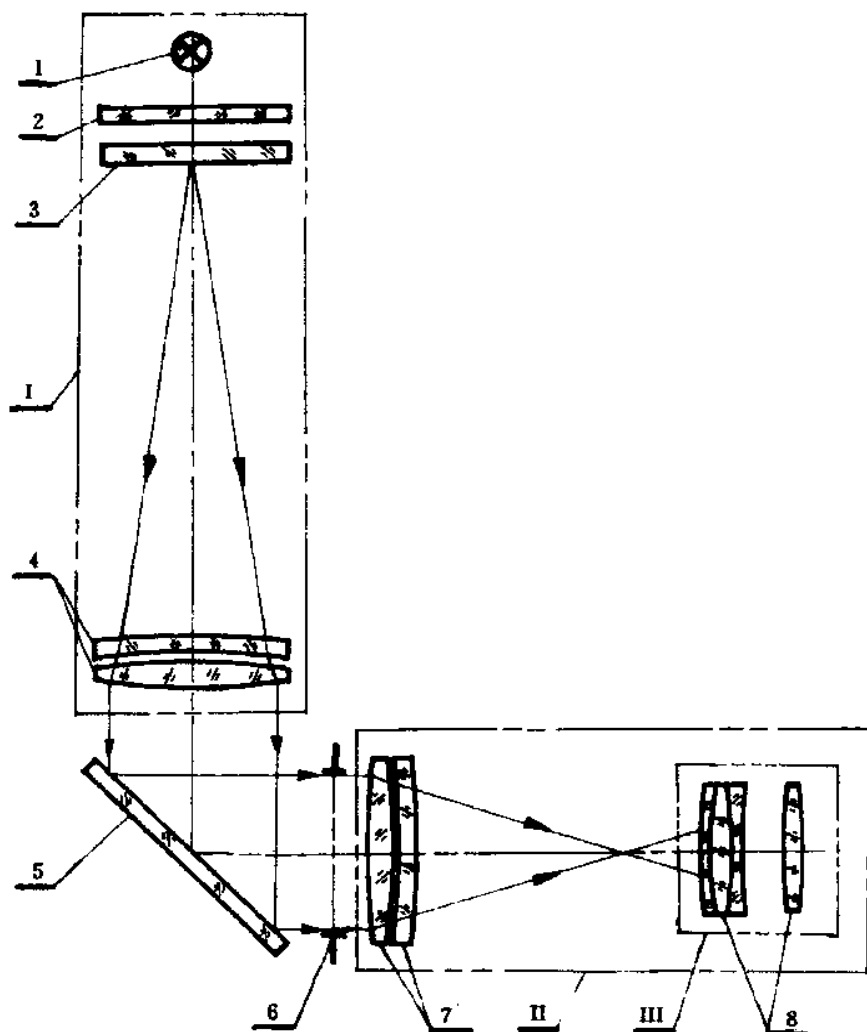


图 10 分辨率测试原理图

- 1——光源；  
 2——毛玻璃板；3——分辨率板；4——平行光管物镜；5——被测元件；  
 6——可变光栏；7——前置物镜；8——目镜。

4.1.5 根据所确定的代表分辨率极限的图案的组号、单元号，确定对应的分辨率图形线宽。

#### 4.2 测试结果

按公式 14 计算分辨率：

$$\alpha = 206265 \cdot \frac{2b}{f'} \dots\dots\dots (14)$$

式中： $\alpha$ ——分辨率，(″)；

$b$ ——分辨极限图案的组号、单元号对应的分辨率图形线宽，mm。

$f'$ ——平行光管物镜焦距，mm。

## 方法 110

### 偏振比

#### 1 目的

偏振度是光束中偏振部分光强与整个光强之比。

偏振比是偏振器在非偏振的单色光束中产生的偏振度,用符号  $P$  表示。偏振器的偏振比影响含有偏振元件的光学系统的性能。进行此项测试的目的就是测试偏振器的偏振比。

#### 2 测量原理

采用偏振光叠加的“同时”测量方法实现测试,测试原理如图 11。

激光器 1 发出的光经衰减片 2 后,由扩束系统 3 扩束,经过起偏器 4、1/4 波片 5 变成圆偏振光;通过可变光栏 6、被测元件 7 变为线偏振光,由偏振分束棱镜 8 分为两束偏振方向相互垂直的线偏振光,其中透射的一束经聚光系统 11 由光电接收器 12 接收;另一束反射偏振光经聚光系统 9 由光电接收器 10 接收,光电接收器 10 和 12 输出的电信号由处理电路及显示系统 13 处理后即可显示出被测元件的偏振比。

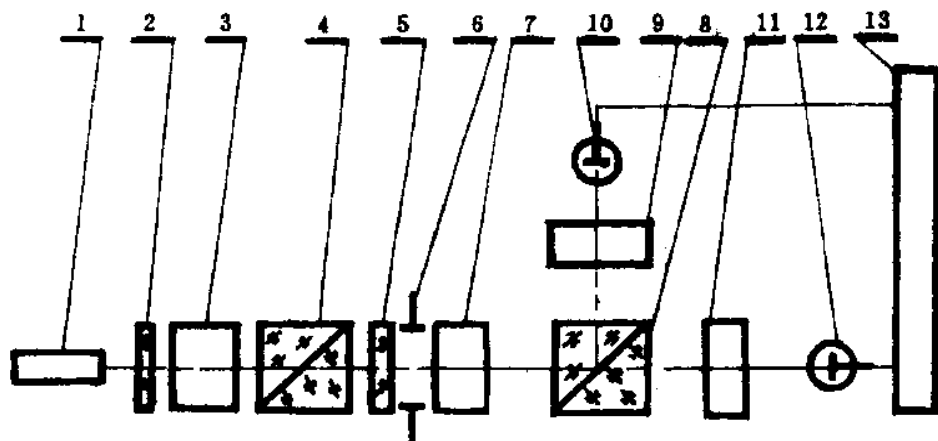


图 11 偏振比测试原理图

- 1——激光器;2——衰减片;3——扩束系统;4——起偏器;  
5——1/4 波片;6——可变光栏;7——被测元件;8——偏振分束棱镜;  
9、11——聚光系统;10、12——光电接收器;13——处理电路及显示系统。

#### 3 测试要求

3.1 测试环境和仪器、装置应符合第 4 章一般要求中 4.1~4.4、4.7 条的要求。

3.2 偏振分束棱镜的偏振比应大于 99.98%;

起偏器的偏振比应大于 99.98%。

- 3.3 入射光束直径应为被测元件有效通光口径的 90%。
- 3.4 扩束系统出射光瞳直径应大于被测元件直径,且扩束后光束的发散度应小于 3mrad。
- 3.5 光电接收器 10、12 的性能经精选后应尽可能一致。
- 3.6 聚光系统 9、11 性能应一致。

## 4 测试程序和结果

### 4.1 测试程序

- 4.1.1 接通电源,开启激光器。
- 4.1.2 根据激光器输出能量大小,利用衰减片适当衰减光束能量。
- 4.1.3 光源稳定后,进行空测,调整起偏器,使光电接收器 10、12 输出读数保持一致。
- 4.1.4 放入被测元件,并调整可变光栏的大小,使其符合本测试方法 3.3 条的要求。
- 4.1.5 旋转被测元件,找到光电接收器输出最大及最小信号时对应的元件位置,并读出此时最大和最小输出信号值,该最大、最小值分别为两个光电接收器的输出。

### 4.2 测试结果

按公式 15 计算偏振比

$$P = \frac{I_{max} - I_{min}}{I_{max} + I_{min}} \cdot 100\% \dots\dots\dots (15)$$

式中:  $P$  —— 偏振比;

$I_{max}$  —— 最大输出信号对应的光强, cd;

$I_{min}$  —— 最小输出信号对应的光强, cd。

## 方 法 111

### 波片光程差

#### 1 目的

波片光程差是光线经过波片时,寻常光与非寻常光之间的光程差,用符号 $\Delta$ 表示。

在研究、应用偏振光时,波片是不可缺少的元件,波片的光程差需要精确测量。进行此项测试的目的是为了测试被测波片的光程差。

#### 2 测量原理

采用偏振光叠加的“同时”测量方法实现测试,测试原理如图 12。

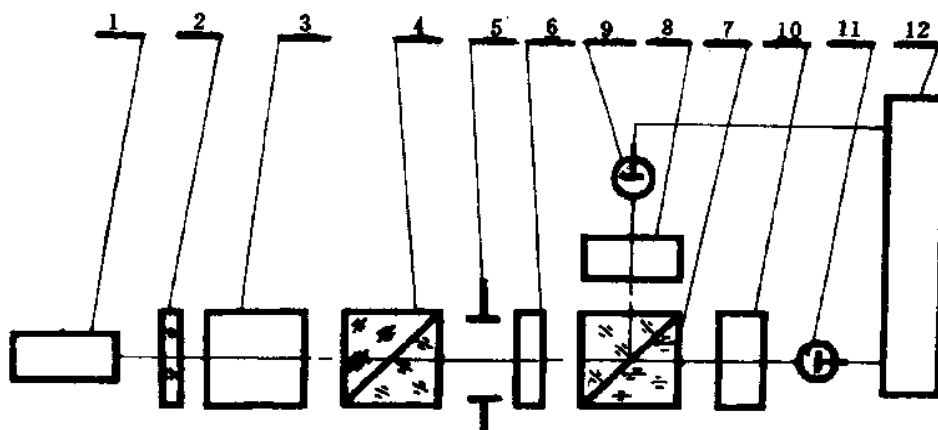


图 12 波片光程差测试原理图

- 1——激光器;2——衰减片;3——扩束系统;4——起偏器;  
5——可变光栏;6——被测元件;7——偏振分束棱镜;  
8、10——聚光系统;9、11——光电接收器;12——处理电路及显示系统。

激光器 1 发出的激光束经衰减片 2 衰减后由扩束系统 3 扩束,经起偏器 4 后变为线偏振光,经过可变光栏 5 和被测元件 6 后变为椭圆偏振光,经偏振分束棱镜 7 分为两束偏振方向互相垂直的线偏振光,其中透射的一束经聚光系统 10 由光电接收器 11 接收;反射的另一束经聚光系统 8 由光电接收器 9 接收。光电接收器 9、11 输出的电信号由处理电路及显示系统 12 处理后即显示出波片光程差。

#### 3 测试要求

- 3.1 测试环境和仪器、装置应符合第 4 章一般要求中 4.1~4.4、4.7 条的要求。
- 3.2 偏振分束棱镜的偏振比应大于 99.98%。

- 3.3 起偏器的偏振比应大于 99.98%。
- 3.4 入射光束直径应为被测元件有效通光口径的 90%。
- 3.5 扩束系统出射光瞳直径应大于被测元件直径,且扩束后光束的发散度应小于 1mrad。
- 3.6 光电接收器 9、11 的性能经精选后应尽可能一致。
- 3.7 聚光系统 8、10 性能应一致。
- 3.8 测试在恒温条件下进行。

## 4 测试程序和结果

### 4.1 测试程序

- 4.1.1 接通电源,开启激光器。
- 4.1.2 根据激光器输出能量大小,利用衰减片适当衰减光束能量。
- 4.1.3 光源稳定后,进行空测,调整起偏器,使光电接收器 11 有最大输出,光电接收器 9 有最小输出。
- 4.1.4 放入被测元件,调整光栏的大小,使其符合本测试方法 3.4 条的要求。
- 4.1.5 旋转被测元件,找到光电接收器 9 输出最大信号时元件的位置,并读出此时两个光电接收器的输出信号。

### 4.2 测试结果

按公式 16 和 17 计算光程差:

$$\delta = \cos^{-1} \left[ \frac{I_{11} - I_9}{I_{11} + I_9} \right] + m \cdot 2\pi \dots\dots\dots (16)$$

$$A = \frac{\lambda}{2\pi} \cdot \delta \dots\dots\dots (17)$$

式中: $\delta$ ——寻常光和非寻常光通过被测元件时产生的相位差,rad;

$m$ ——0、1、2、……;

$I_{11}$ ——光电接收器 11 输出信号对应的光强,cd;

$I_9$ ——光电接收器 9 输出信号对应的光强,cd。

$\lambda$ ——测试波长,mm;

$A$ ——被测波片的光程差,mm。

## 方 法 112

## 消 光 比

## 1 目的

光经过二偏振器及被测元件组成的平行与正交的偏光系统时,按规定测出的最小输出光强与最大输出光强之比,定义为退偏度。

消光比是退偏度的倒数取以 10 为底的对数的 10 倍,用符号 E 表示。

进行此项测试的目的是为了测试偏振元件的消光比。

## 2 测试原理

采用偏振光迭加的“同时”测量方法测试,测试原理如图 13 所示。

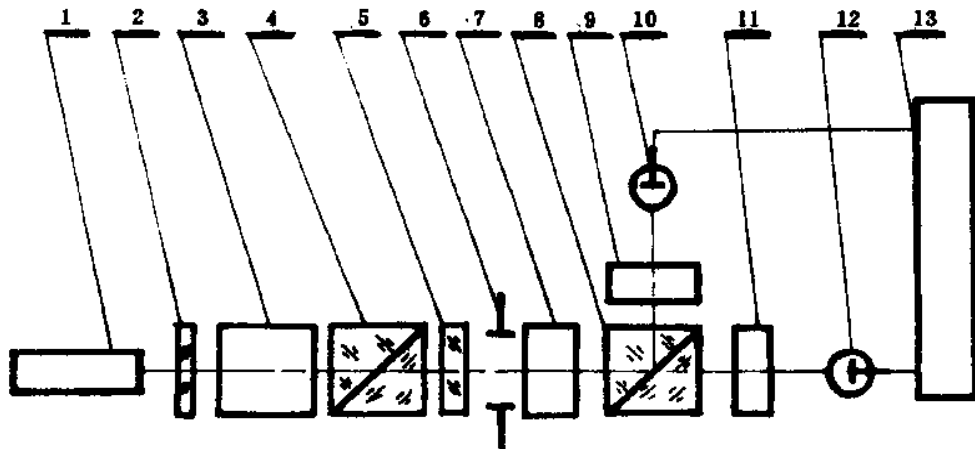


图 13 消光比测试原理图

- 1——激光器;2——衰减片;3——扩束系统;  
 4——起偏器;5——1/4 波片;6——可变光栏;  
 7——被测元件;8——偏振分束棱镜;9、11——聚光系统;  
 10、12——光电接收器;13——处理电路及显示系统

激光器 1 发出的激光束经衰减片 2 衰减后,由扩束系统 3 扩束,经起偏器 4、1/4 波片 5 变成圆偏振光;通过可变光栏 6、被测元件 7 变为线偏振光,由偏振分束棱镜 8 分为两束偏振方向互相垂直的线偏振光,其中一束透过偏振分束棱镜 8,由聚光系统 11 会聚后,被光电接收器 12 接收;另一束由偏振分束棱镜 8 反射,由聚光系统 9 会聚,并被光电接收器 10 接收。光电接收器 10、12 输出的电信号由处理电路及显示系统 13 处理并显示出消光比。

## 3 测试要求

3.1 测试环境和仪器、装置应符合第 4 章一般要求中 4.1~4.4、4.7 条的要求。

- 3.2 起偏器的偏振比应大于 99.98%。
- 3.3 偏振分束棱镜的偏振比应大于 99.98%。
- 3.4 入射光束直径应为被测元件有效通光口径的 90%。
- 3.5 扩束系统出射光瞳直径应大于被测元件直径,且扩束后光束发散角应小于 3mrad。
- 3.6 光电接收器 11、12 的性能经精选后应尽可能一致。
- 3.7 聚光系统 9、11 性能应一致。

## 4 测试程序和结果

### 4.1 测试程序

- 4.1.1 接通电源,开启激光器。
- 4.1.2 根据激光器输出能量大小,利用衰减片适当衰减光束能量。
- 4.1.3 光源稳定后,进行空测,调整起偏器,使光电接收器 10、12 的输出读数一致。
- 4.1.4 放入被测元件,调整可变光栏 6 孔径,使其符合本测试方法 3.4 条的要求。
- 4.1.5 旋转被测元件,找到光电接收器输出最大和最小信号对应的元件位置,并读出此时的最大和最小信号值,该最大最小值分别为两个光电接收器的输出。

### 4.2 测试结果

按公式 18 计算消光比:

$$E = 10 \lg \frac{I_{max}}{I_{min}} \dots\dots\dots (18)$$

式中:  $E$  —— 被测元件的消光比, dB;

$I_{max}$  —— 最大输出信号对应的光强, cd;

$I_{min}$  —— 最小输出信号对应的光强, cd。

## 方 法 113

### 散 射 损 耗

#### 1 目的

散射损耗是入射光通过被测元件时,背离几何光学原理传播方向的光的能量总和,用符号  $S$  表示。它影响光学成象系统的质量和激光系统的性能。

进行此项测试的目的是为了测试平板型光学元件总的积分散射损耗。

#### 2 测量原理

采用积分球进行相对测量,测试原理如图 14 所示。

激光器 1 发出的光经过调制器 2、衰减片 3、扩束系统 4、光栏 5 进入积分球 10,照射在被测元件或标准样品 6 上,透过的光被光阱 7 吸收,反射的光被光阱 8 吸收,散射光均匀照明积分球 10 并为光电接收器 9 接收。依次对被测元件和标准样品的散射信号进行测量和比较,获得被测元件的散射损耗。

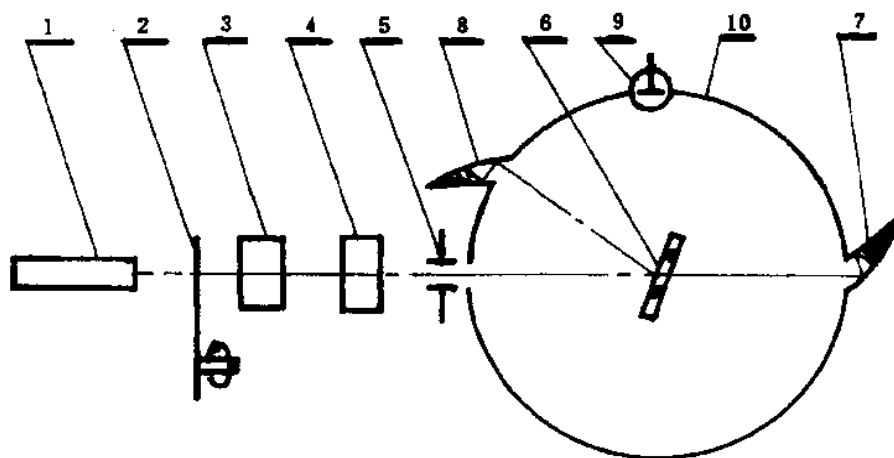


图 14 散射损耗测试原理图

1——激光器;2——调制器;3——衰减片;4——扩束系统;5——光栏;  
6——被测元件或标准样品;7、8——光阱;9——光电接收器;10——积分球。

#### 3 测试要求

- 3.1 测试环境和仪器、装置应符合第 4 章一般要求中 4.1~4.4、4.7 条的要求。
- 3.2 激光器的稳定度应优于 1.0%。
- 3.3 扩束系统出射光瞳直径应大于积分球开孔直径,扩束后光束的发散度应小于 3mrad。
- 3.4 积分球的开孔率小于 4%。

- 3.5 测量在暗室中进行。
- 3.6 光栏孔径应小于或等于积分球开孔直径。
- 3.7 标准样品采用表面涂有 MgO 或 BaSO<sub>4</sub> 的样品,其散射损耗值由计量部门标定。
- 3.8 标准样品和被测元件表面应清洁。

## 4 测试程序和结果

### 4.1 测试程序

- 4.1.1 接通电源,开启激光器。
- 4.1.2 光源稳定后,在光路中插入适当衰减倍数的衰减片。
- 4.1.3 样品台上不放任何元件,让光束无阻挡地穿过积分球,读出此时光电指示器对应的背景光信号值。
- 4.1.4 在样品台上,放置被测元件,读出此时光电指示器对应的光信号值。
- 4.1.5 移去被测元件,换成标准样品,读出此时光电指示器对应的光信号值。

### 4.2 测试结果

按公式 19 计算散射损耗

$$S = \frac{(I_B - I_A) \cdot \eta}{I_C} \dots\dots\dots (19)$$

- 式中:  $S$  —— 被测元件的散射损耗, %;
- $\eta$  —— 标准样品的散射损耗, %;
- $I_A$  —— 空测时对应的背景光强值, cd;
- $I_B$  —— 被测元件对应的光强值, cd;
- $I_C$  —— 标准样品对应的光强值, cd。

## 方 法 114

### 激光损伤阈值

#### 1 目的

采用象衬显微镜(30×)对激光辐射前后的元件进行观察、照相,凡是在视场中发生由于辐射而引起的永久性痕迹,即为损伤。

引起损伤的最小功率密度和最大不损伤功率密度的平均值定义为激光损伤阈值,用符号 $D_{th}$ 表示。它是元件的一项重要性能指标,激光系统的损伤性能由全部元件中最差一个元件所能允许的水平决定,而光学介质薄膜对损伤最为敏感,因此,必须确定其激光损伤阈值。

进行此项测试的目的是测试镀有光学介质薄膜的元件的激光损伤阈值。

#### 2 测试原理

采用统计测量的方法测试激光损伤阈值。测试原理如图 15 所示。

激光器 1 发出的激光经扩束系统 2 扩束后经可变衰减片 3 进行适当衰减,再由高反射镜 4 反射,其中透过的光经衰减片 5 衰减后被光电二极管 6 接收,由示波器 7 显示出能量波动情况;反射的高能光束由分束镜 8 分为两束,其中一束透过分束镜 8 并由全反射镜 11 反射,由透镜 12 聚焦在被测元件 14 表面上;另一束由分束镜 8 反射,被透镜 9 会聚后照射在能量接收及分析系统上。通过相衬显微镜 15 和可切换全反射镜 13 对被测元件观察其损伤情况,并绘制统计图,由此确定激光损伤阈值。

#### 3 测试要求

- 3.1 测试环境和仪器、装置应符合第 4 章一般要求中 4.1~4.4、4.7 条的要求。
- 3.2 激光器 1 是一台具有偏振输出的调 Q 脉冲激光器,模式为单模,脉冲宽度小于或等于 10ns。
- 3.3 扩束系统 2 象质良好,即经扩束系统后,光束发散度应小于或等于 3mrad。
- 3.4 透镜 9、12 的焦距相同。

#### 4 测试程序和结果

##### 4.1 测试程序

- 4.1.1 接通激光器电源,开启激光器。
- 4.1.2 放置被测元件,使其被测面法线与光轴重合。
- 4.1.3 在测量区内射出 100 个脉冲,每个位置射击一次。
- 4.1.4 由能量接收及分析系统 10 计算光束能量、光斑面积和功率密度。



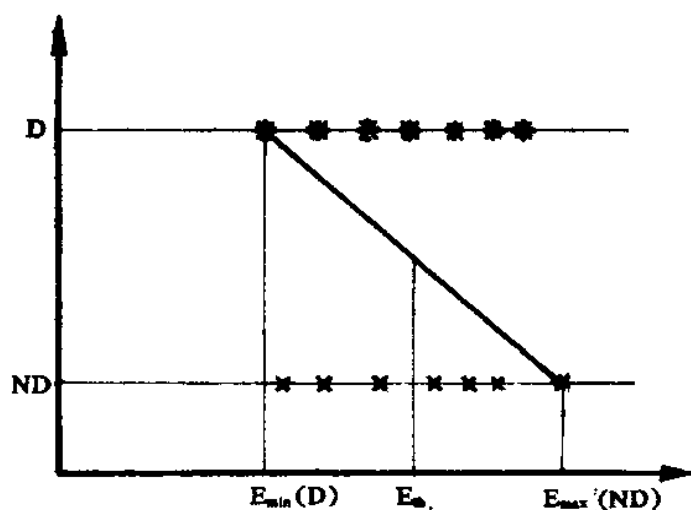


图 16 激光损伤阈值统计图

注:图中符号 \*——代表损伤; X——代表未损伤。

### 方法 301 膜层强度

#### 1 目的

在一定压力下,用膜层所能承受的直线往复摩擦最大次数来表示膜层强度,用符号  $N_0$  表示。

元件表面一般都镀制了膜层,膜层的强度决定了该元件在某些状态下能否正常工作。因此膜层强度是元件的一项重要性能指标。进行此项测试的目的旨在测试元件上所镀膜层强度。

#### 2 测试原理

采用标准摩擦头,在元件镀膜表面沿一直线以恒定的压力进行往复摩擦。

#### 3 测试要求

采用装有标准摩擦头的 MC-1 型数显光学膜层强度测试仪。

- 3.1 测试环境和仪器、装置应符合第 4 章一般要求中 4.1~4.4 条的要求。
- 3.2 电源  $220V \pm 5\%$ 。
- 3.3 摩擦头移动范围:  $0 \sim 10\text{mm}$ 。
- 3.4 运动速率:  $50 \sim 200$  次/min, 连续可调。
- 3.5 摩擦次数显示精度:  $200$  次/min,  $\pm 1$  次。
- 3.6 摩擦头压力:  $4.41 \pm 1.08\text{N}$ ;  $8.82 \sim 11.02\text{N}$ 。
- 3.7 被测元件样品的尺寸为  $\phi 20 \sim \phi 40\text{mm}$ 。

## 4 测试程序和结果

### 4.1 测试程序

- 4.1.1 开启测试仪。
- 4.1.2 将被测元件置于样品台上。
- 4.1.3 根据技术文件或合同要求选择配重重量。
- 4.1.4 根据技术文件或合同要求预置摩擦次数,并进行试验。

### 4.2 测试结果

试验后观察被测元件表面,如膜层被破坏,则此元件不能承受预定次数摩擦,产品膜层强度不合格;如膜层没被破坏,则产品膜层强度合格。

## 5 说明

利用此测试仪可测试膜层所能承受的最大摩擦次数,但所需品应是同一批次镀制。

---

### 附加说明:

本标准由航空航天工业部提出。

本标准由航空航天工业部七〇八所归口。

本标准由航空航天工业部八三五八所、机电部十一所负责起草。

本标准主要起草人:孟军和、陈兴一、季一勤、果宝智。

计划项目代号:90063。