

# 一种性能良好的反射镜架

谭立国 李佐宜

(华中理工大学固体电子学系, 武汉 430074)

**摘要** 反射镜架很多仪器设备中常用的部件。实际工作中要求反射镜架具有良好的调节性能, 以利于仪器光路的安装调试, 根据这一要求, 本文提出了一种反射镜架结构并采用位移分解法分析了该结构调节机构的性能。理论分析和实际应用表明该镜架在小范围内调节光斑位置时确实具有优良的调节性能, 保证了光斑位置二维自由度调节的正交独立性。该镜架对通光孔的遮挡最小, 结构简单, 成本低廉。可方便地用于很多相应的仪器设备中。

**关键词:** 镜架; 反射镜; 刀口; 通光孔; 正交独立性

一些测试仪器和设备中, 以常会遇到接近垂直的方向入射到被表面普从表面反射加以检测。为了不便光源和反射光检测器相互遮挡, 要求光源和检测器距被测表面有很大的间隔, 这样就会大大地增加设备的线性尺寸。为避免这一缺点通常用反射镜来改变入射光的方向, 使光源与反射光检测器之间的横向距离拉开, 从而避免相互遮挡。

## 1 对反射镜架的一般要求

一个典型的例子是磁光盘磁光特性测试仪中的光路(图1)<sup>[1]</sup>。线偏振激光器1发射水平激光束。经平面反射镜2反射后, 以接近垂直的方向入射到被测磁光盘3上, 经盘面反射后由检偏器4接收。磁光盘的入射光反射光都要通过电磁铁5的通光孔。该孔直径小深度大, 反射镜的安装角度稍有偏差, 则入射光斑将落在通光孔孔壁上, 所以在设计反射镜架时要求能微调反射镜的位置与角度, 使入射光斑落在通光孔轴线与磁光盘盘面的交点上, 为了调节方便, 应使光斑在两相互正交方向上能独立移动。另外要求反射镜2尽可能少地遮挡电磁铁的通光孔, 使磁光盘的反射光有较大的传播空间以利于将反射光束调节到与通光孔的轴线重合。

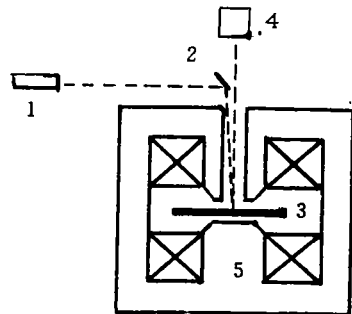


图1 磁光盘测试仪光路

## 2 镜架结构

根据上述要求设计的镜架示于图 2, 该镜架由转盘 54、镜座 49、支座 55、调节螺钉 53 和弹簧 52 构成, 转盘中心部位有通光孔 56。镜座 49 和支座 55 均固定于转盘 54 上, 平面反射镜 2 的刀口 48 安置在镜座 49 的直角 V 形槽 50 中。平面反射镜 2 背面固定 U 形拉板 51, U 形拉板 51 被固定在转盘上的弹簧 52 拉紧。连接 U 形拉板和支座 55 的调节螺钉 53 可调节平面反射镜 2 的角度, 从左前方入射到平面反射镜 2 的刀口 48 边缘中部的光束经反射后射入到通光孔 56 中。小范围转动转盘 54 的角度可以改变光斑落在通光孔中的横向位置(与光线入射到反射镜 2 的入射面相垂直的方向), 调节螺钉 53 可以改变光斑的纵向位置(与横向垂直的方向)。这样在装置安装时可以很方便地将反射镜 2 反射的光斑调整到电磁铁 5 的通光孔轴线与磁光盘 3 的盘面的交点上(图 1)。并且由于利用平面反射镜的边缘进行反射, 平面镜对通光孔 56 的遮盖部份将减到最小, 测试时对光将比较容易。

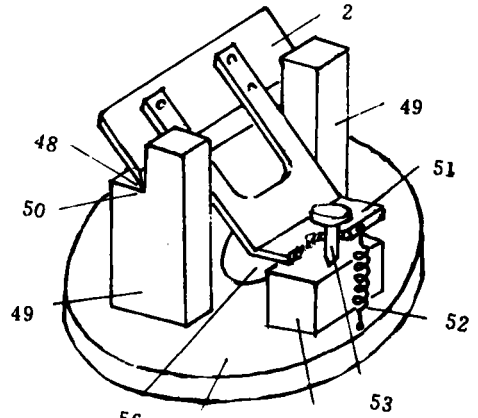


图 2 反射镜架的立体图

## 3 镜架调节性能的分析

首先考虑转动反射镜转盘对光斑位置的调节作用。为了分析简单, 假设在转盘转动前水平入射光  $\overline{CO}$  对镜面的入射角为  $45^\circ$  (见图 3), 经反射后反射光  $\overline{OR}$  将垂直入射到水平放置的样品(磁光盘)表面的  $R$  点上(见图 3)。反射镜刀口的水平下边缘  $\overline{AB}$  与通光孔投影圆  $O_i$  相交于  $A$ 、 $B$  两点(见图 4)。下边缘  $\overline{AB}$  与入射光  $\overline{CO}$  的交点  $O$  即为反射点。

将反射镜转盘逆时针转动  $\varphi$  角后,  $A$ 、 $B$  两点转到  $A'$  与  $B'$  位置,  $\overline{A'B'}$  与  $\overline{CO}$  的交点  $F$  为转动转盘后的反射点。由于反射镜的转动, 光的反射点将向通光孔的圆周壁移动  $\overline{OF}$  距离, 有

$$\overline{OF} = \overline{O_iO} / \cos\varphi - \overline{O_iO} = h \left( \frac{1}{\cos\varphi} - 1 \right) \quad (1)$$

式中  $h$  为圆  $O_i$  对  $\overline{AB}$  的弦心距。

反射镜随转盘转动的过程中, 除引起反射点的移动外, 还引起光线对镜面入射角的变化, 这样将使光斑在样品上位移。

反射镜随转盘逆时针转动(为讨论问题确定, 设定了转动方向)的过程可以用下述四个位移动作来代替: (1) 保持反射镜位置不变, 以垂线  $OR$  为轴将入射光线  $\overline{CO}$  顺时针转  $\varphi$  角到  $\overline{C'O}$  位置。(2) 将  $\overline{C'O}$  连同反射光线  $\overline{OR}$  为轴逆时针转  $\varphi$  角, 使入射光线  $\overline{C'O}$  回到原来位置  $\overline{CO}$  (见图 3),  $A$  点转到  $A_1$  点,  $B$  点转到  $B_1$  点,  $\overline{A_1B_1}$  与  $\overline{A'B'}$  平行(见图 4)。(3) 保持入射光线  $\overline{CO}$  方向不变, 将

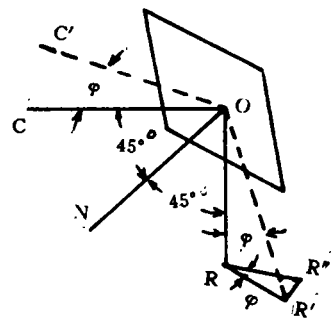


图 3 转动转盘引起光斑移动

反射镜在 $\overline{CO}$ 方向上平移 $\overline{OF}$ 距离,此时, $A_1$ 点移到 $A_2$ 点, $B_1$ 点移到 $B_2$ 点, $A_2B_2$ 与 $\overline{A_1B_1}$ 共线,(4)在 $A_2B_2$ 方向上平移反射镜面,使 $\overline{A_2B_2}$ 与 $\overline{A_1B_1}$ 完全垂合(见图4)。

首先讨论由动作1引起的光斑移动。在反射镜位置不变,入射光线 $\overline{CO}$ 以 $\overline{OR}$ 为轴顺时针转到 $\overline{C'O}$ 位置后,其对应的反射光线为 $\overline{OR'}$ ,它与样品表面的交点为 $R'$ ,反射镜的法线为 $\overline{ON}$ (图3)。平面 $C'OC$ 垂直于平面 $COR$ 。根据反射定理, $\angle C'ON$ 应等于 $\angle R'ON$ ,即入射光线 $\overline{OC'}$ 与反射光线 $\overline{OR'}$ 以法线 $\overline{ON}$ 为轴对称。同理,转动前的入射光线 $\overline{CO}$ 与其反射光线 $\overline{OR}$ 也以 $\overline{ON}$ 为轴对

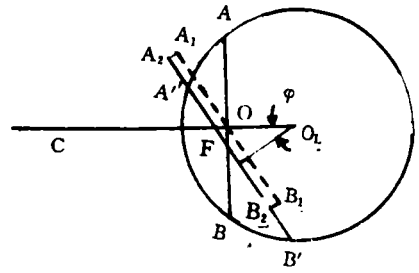


图4 通光孔投影图

称。将 $\overline{CO}$ 和 $\overline{C'O}$ 同时绕 $\overline{ON}$ 转动 $180^\circ$ ,则分别与 $\overline{OR}$ 和 $\overline{OR'}$ 重合,这证明 $\overline{OR}$ 与 $\overline{OR'}$ 的夹角亦为 $\varphi$ 且平面 $ROR'$ 垂直于转动前入射光的入射面 $COR$ (不然就不能重合)。 $\triangle ROR'$ 为直角三角形。样品表面上的原反射光斑 $R$ 与入射光线转动后的反射光斑 $R'$ 之间的距离为

$$\overline{RR'} = \overline{OR} \tan \varphi \quad (2)$$

这个距离就是将入射光顺时针转动 $\varphi$ 角后样品上光斑移动的距离,移动方向垂直于原入射面,为横向移动。

完成动作2时, $\overline{C'O}$ 连同反射镜一起以 $\overline{OR}$ 为逆时针转 $\varphi$ 角,反射光斑 $R'$ 也会以 $\overline{OR}$ 为轴转 $\varphi$ 角而到达 $R''$ 点,移动的直线距离为

$$\overline{R'R''} = 2 \overline{RR'} \sin \frac{\varphi}{2} \quad (3)$$

当 $\varphi$ 角很小时, $R'R''$ 的方向垂直于 $\overline{RR'}$ ,光斑的移动为纵向移动。

完成动作3时,入射光 $\overline{CO}$ 不变,反射镜在 $\overline{CO}$ 方向上平移 $\overline{OF}$ 距离。此时入射光对反射镜的入射角不发生变化,因此反射角也不会变化,只是反射点在入射光线 $\overline{CO}$ 的方向上移动 $\overline{OF}$ 距离,这将引起样品表面上的光斑在 $\overline{CO}$ 方向上移动同样的距离,这一移动为纵向移动。

完成动作4时,反射点在空间的位置及镜面在空间的角向位置均不发生变化,故光斑在样品表面的位置保持不变。

综上所述,当反射镜随转盘转动 $\varphi$ 角时光斑在样品表面产生三个位移分别是(1)、(2)、(3)式所确定的 $\overline{OF}$ 、 $\overline{RR'}$ 及 $\overline{R'R''}$ 。其中 $\overline{RR'}$ 为横向移动, $\overline{R'R''}$ 和 $\overline{OF}$ 为纵向移动。由于实际调节时, $\varphi$ 角是一个非常小的角度, $\varphi \ll 1$ ,有

$$\sin \varphi \approx \tan \varphi \quad \sin \frac{\varphi}{2} \approx \frac{\varphi}{2} \quad \cos \varphi \approx \sqrt{1 - \varphi^2} \quad (4)$$

将(4)式代入(1)、(2)、(3)式中,在(1)式中用二项式定理展开并舍去 $\varphi$ 的高次项得到

$$\overline{OF} \approx \frac{1}{2} h \varphi^2 \quad (5)$$

$$\overline{RR'} = \overline{OR} \cdot \varphi \quad (6)$$

$$\overline{R'R''} = \overline{RR'} \cdot \varphi \quad (7)$$

由于实际装置中 $\overline{OR} \gg h$ ,又因 $\varphi \ll 1$ ,所以从(5)、(6)、(7)式可以看出 $\overline{R'R''} \gg \overline{OF}$ 及 $\overline{RR'} \gg \overline{R'R''}$ 。也就是说转动反射镜转盘时,光斑在样品表面的纵向移动可以忽略,可以认为只存在横向移动。这样就可方便地把光线位置调到通光孔轴线和入射光线的共面平面与样品表面的交线上,此

时 $\overline{AB}$ 将垂直入射面,接着可以进行光斑纵向位置的调节。

光斑在样品上的纵向位置由螺钉 53 调节。调节螺钉 53 的旋入深度,将引起反射镜以刀口边缘线 $\overline{AB}$ 为轴转动。设镜平面为 $OM$ ,转动轴 $\overline{AB}$ 与入射光线 $\overline{CO}$ 交点为 $O$ 点,镜面法线为 $\overline{ON}$ ,设原入射角为 $45^\circ$ 。反射光线为 $\overline{CD}$ ,反射光线与样品表面的交点为 $D$ (见图 5)。 $\overline{OD}$ 垂直于样品表面。当反射镜以 $O$ 为轴,(即以 $\overline{AB}$ 为轴)转动 $\varphi$ 角到达 $OM'$ 置后,其法线 $\overline{ON}$ 也转 $\varphi$ 角到达 $\overline{ON'}$ 位置,此时入射角增大为 $45^\circ + \varphi$ 。根据反射定律,反射角也为 $45^\circ + \varphi$ 。反射光 $\overline{OD'}$ 相对镜面未转动前的反射光线 $\overline{OD}$ 转动 $2\varphi$ 角,光斑在样品上移动距离为

$$\overline{DD'} = \overline{OD} \tan 2\varphi \approx 2\varphi \overline{OD}$$

由于镜面转轴 $\overline{AB}$ 垂直入射面 $COD$ ,当镜面转动时其法线只能在 $COD$ 面内转动。这样反射光线 $\overline{OD}$ 也只能在原入射面 $COD$ 内,其反射光斑也只能在 $COD$ 面与样品表面的交线上移动,因此移动是纵向的,所以调节螺钉 53 的作用是使光斑纵向移动。

当 $\overline{AB}$ 不完全垂直入射面时,调节螺钉 53 的旋入深度除使光斑纵向移动外,还会引起横向移动。可以证明当 $\overline{AB}$ 偏离垂直角度很小时这个横向移动可以忽略不计,对调节安装过程不产生实际影响。

从以上分析可知,该反射镜架通过转动镜面和调节镜面的仰角实现了光斑在样品表面上的横向位置和纵向位置的相互独立的调节。

## 4 结束语

该反射镜架已用于磁光盘磁光特性测试仪中,在仪器光路的调节安装中发挥了很大的作用,缩短了光路调试时间,达到了预期效果,调试过程证明,光斑位置的调节在两个正交方向上是相互独立的,且镜架对通光孔的遮挡很小,对调光不产生实际影响。

## 参考文献

- [1] 谭立国,高用时,李佐宜,磁性薄膜克尔回转角的测试方法研究. 华中工学院学报,1987,15(3):25-30

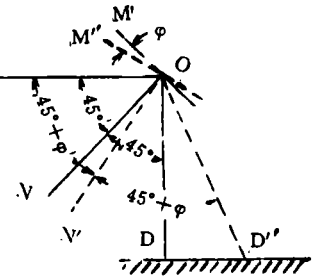


图 5 反射镜以刀口为轴转动

## A Mirror Holder of Good Performance

Tan Liguo, Li Zuoyi

*(Dept. of Solid Electronics, Huazhong University of  
Science & Technology, Wuhan 430074)*

### Abstract

The mirror holder is a device in common use for many instruments. It is necessary that the mirror holder has a well adjusting performance so as to tune light path of the instrument smoothly. In line with this a construction of the mirror holder is proposed. Performance of the adjusting machine of the construction is analysed by using displacement resolution method. Theoretical analysis and practical application show that the mirror holder has excellent performance which insures orthogonal independence between two dimension of movement of light patch in small range. The mirror holder shields the light through hole least. The holder is constructed simple and cost low. It may be used in many instruments conveniently.

**Key words:** Mirror holder, Reflector, Knifeedge. Light through hole, Orthogonal independence