

实验十三 光敏电阻基本特性的测量

光电传感器是一种将光量的变化转换为电量变化的传感器。它的物理基础就是光电效应。光电效应分为外光电效应和内光电效应两大类。

【实验目的】

1. 了解简单光路的调整原则和方法；
2. 在一定照度下，测量光敏电阻的电压与光电流的关系；
3. 在一定电压下，测量光敏电阻的照度与光电流的关系。

【实验原理】

1. 光敏电阻的工作原理

在光照作用下能使物体的电导率改变的现象称为内光电效应。本实验所用的光敏电阻就是基于内光电效应的光电元件。当内光电效应发生时，固体材料吸收的能量使部分价带电子迁移到导带，同时在价带中留下空穴。这样由于材料中载流子个数增加，使材料的电导率增加，电导率的改变量为

$$\Delta\sigma = \Delta p \cdot e \cdot \mu_p + \Delta n \cdot e \cdot \mu_n \quad (1)$$

(1) 式中 e 为电荷电量； Δp 为空穴浓度的改变量； Δn 为电子浓度的改变量； μ_p 为空穴的迁移率； μ_n 为电子的迁移率。

当光敏电阻两端加上电压 U 后，光电流为

$$I_{ph} = \frac{A}{d} \cdot \Delta\sigma \cdot U \quad (2)$$

其中 A 为与电流垂直的截面积， d 为电极间的距离。

用于制造光敏电阻的材料主要有金属的硫化物、硒化物和碲化物等半导体材料。目前生产的光敏电阻主要是硫化镉。光敏电阻具有灵敏度高、光谱特性好、使用寿命长、稳定性能高、体积小以及制造工艺简单等特点，被广泛地用于自动化技术中。

本实验光敏电阻得到的光照 Φ 由一对偏振片来控制。当两偏振片之间的夹角为 α 时，光照 Φ 为

$$\Phi = \Phi_0 D \cos^2 \alpha \quad (3)$$

其中： Φ_0 为不加偏振片时的光照， D 为当两偏振片平行时的透明度。

2. 光敏电阻的基本特性

光敏电阻的基本特性包括伏-安特性、光照特性、光电灵敏度、光谱特性、频率特性和温度特性等。本实验主要研究光敏电阻的伏-安特性和光照特性。

【实验仪器】

光源、光源电源、透镜 1: $f = 50 \text{ mm}$ 、透镜 2: $f = 70 \text{ mm}$ 、偏振器、光敏电阻、稳压电源、数字万用表和照明灯等。

【实验内容】

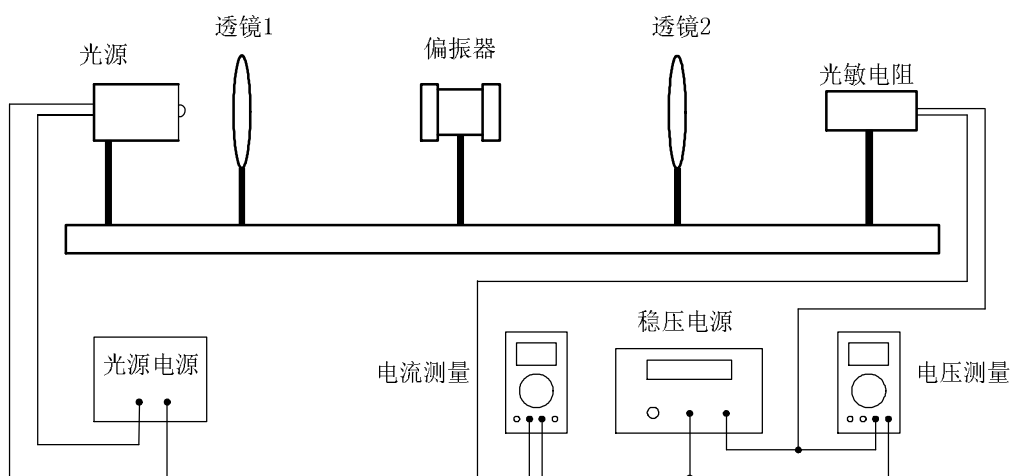


图 1 实验装置图

1. 调节各元件共轴等高

(1) 粗调：在导轨上依次将光源、透镜 1 和观察屏靠拢放置，目测调节至各光学元件、光源的中心轴大致等高，并处于同一轴线上。

(2) 细调：根据透镜共轭法成像的特点和光路（图 2），固定光源和观察屏的位置（使 $L > 4f$ ），在光源和观察屏间插入透镜 1。轴向移动透镜 1，在屏上可依次获得放大和缩小的物像。两次成像时，若像的中心重合，说明光源与像的中心均在主光轴上；反之，说明物点不在主光轴上。此时可按使放大像的中心趋向缩小像的中心的调节法（大像“追”小像）反复调节透镜 1 的高度，使经过透镜 1 两次成像的中心位置重合，即将光源和透镜 1 调整至共轴等高的状态。将透镜 2 放置在透镜 1 后，调整其高度，使此时的物像与原像中心等高，即将光源和两透镜调整至共轴等高。

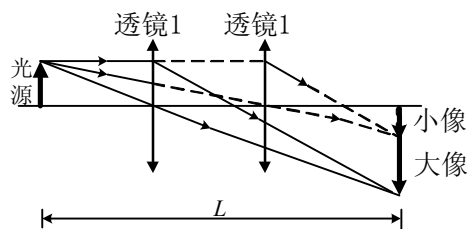


图 2 共轭法测量光路

2. 光敏电阻基本参数测量

(1) 将偏振器放置在两透镜之间, 调节偏振器, 使偏振器与光轴同轴等高. 转动可调偏振片, 观察出射光光强的变化.

(2) 放置光敏电阻, 调节两透镜位置使出射光能均匀照射光敏电阻并使光电流输出最大. 其工作电源由稳压电源提供, 其电压与光电流值由数字万用表测量.

(3) 在一定照度下, 测量光敏电阻的电压与光电流的关系

a. 将照度设定为 $\alpha = 0^\circ$, 取 U 值分别为: 0、1、2、 \dots 、12 V, 测量光电流 I_{ph} 值;

b. 将照度分别设定为 30° 、 60° 和 90° 时, 重复以上实验, 测绘出 $U \sim I_{\text{ph}}$ 曲线.

(4) 在一定工作电压下, 测量光敏电阻的照度与光电流的关系

a. 将光敏电阻的工作电压设定为 $U = 1 \text{ V}$, 取 α 值分别为: 0° 、 10° 、 \dots 、 90° , 测量光电流 I_{ph} 值;

b. 光敏电阻的工作电压分别设定为 4、8、12 V 时, 重复以上实验, 测绘 $\alpha - I_{\text{ph}}$ 曲线.

【预习思考题】

1. 请简述光路调整的要点.
2. 为什么可以利用“大像追小像”的步骤和方法, 调节透镜系统达到共轴等高的要求?

【思考题】

1. 在利用数字万用表作为测量仪器时, 是否需要考虑万用表内阻, 为什么?
2. 根据测量结果, 总结光敏电阻的伏-安特性和光照特性.