

光导效应与光敏器件

史延龄 李汉军 颜冬

(徐州工程兵指挥学院 221004)

光敏电阻、光敏二极管、光敏三极管等是利用半导体的光导效应制成的光敏器件。由于它们体积小、灵敏度高、性能稳定、寿命长、价格低,在自动控制、工业测量和家用电器中得到了广泛应用。如,目前用得最广泛的红外线遥控器、光控音乐石英钟等。本文从光导效应出发介绍光敏电阻、光敏二极管、光敏三极管的原理及应用。

一、光导效应

由物理学光的粒子性可知,光是一束以光速运动的粒子流,这些粒子称为光子。每个光子具有一定的能量,其大小等于普朗克常数乘以光的频率。当用光照射半导体时,原子中的价电子吸收光子能量后,被激发出来而成为自由电子,同时也产生空穴。此外,若半导体中掺有的杂质原子处在还没有全部电离的温度范围内,即有的杂质原子还没有给出电子或空穴,光照射也能使这些杂质原子吸收光子能量后激发出电子或空穴。这些自由电子和空穴(光生载流子),使半导体材料的导电能力大大增强,即电导率增加,这种现象称为光电导效应,简称光导效应。具有光导效应的材料称为光导体。除金属外,大多数半导体和绝缘材料都具有光导效应,但都很小。实际上只有少数几种材料能用来制造光敏电阻、光敏二极管、光敏三极管等光敏器件。

二、光敏器件的原理

1. 光敏电阻

光敏电阻是利用半导体的光导效应制成的没有极性的电阻器件。它的结构很简单,由于光导效应只限于光照的物体表面薄层,因此把掺杂的半导体薄膜(光导体)沉积在绝缘基底上,再从两端引出两个电极就成了光敏电阻。在受光时,半导体受光照产生空穴和电子,从而使半导体的电阻率发生变化。光照强度越强,电阻就越小。目前生产的光敏电阻主要是硫化镉(CdS)光敏电阻。为提高CdS光敏电阻的光灵敏度,在CdS中掺入铜、银等杂质。

将光敏电阻置于室温、无光照射的全暗条件下,经过一定稳定时间后,测得的阻值称暗电阻(几兆欧—几百兆欧)。光敏电阻在光照射下,测得的电阻值称亮电阻(几十千欧以下)。暗、亮电阻值之差越大,光敏电阻性能越好,灵敏度也越高。

2. 光敏二极管

光敏二极管的材料与结构和普通半导体二极管类似,它的管芯是一个具有光敏特性的PN结,封装在透明玻璃壳内。PN结装在管顶部,其上面有一个透镜制成的窗口,便于入射光集中在PN结的敏感面上。

光敏二极管在反向电压下工作,当无光照射时,与普通二极管一样仅有很小的反向电流(称暗电流),相当于二极管截止;当有光照射时,PN结附近受光子的轰击,半导体内的价电子吸收光子能量被激发产生电子空穴对,使反向电流大大增加,形成光电流,这时相当于光敏二极管导通。

国产硅光敏二极管参数列于表1,它的灵敏波长范围在0.5~1.0微米,峰值波长为0.8微米,响应时间不小于 10^{-7} 秒(负载1千欧);表中光电流是在光照为1000勒、负载为零、电压为10伏条件下的测量值。

表1 国产硅光敏二极管参数

型号	最高反压(V)	暗电流(μ A)	光电流(μ A)	型号	最高反压(V)	暗电流(μ A)	光电流(μ A)
2CU1A	10	<0.2	>80	2CU2A	10	<0.1	>30
2CU1B	20	<0.2	>80	2CU2B	20	<0.1	>30
2CU1C	30	<0.2	>80	2CU2C	30	<0.1	>30
2CU1D	40	<0.2	>80	2CU2D	40	<0.1	>30
2CU1E	50	<0.2	>80	2CU2E	50	<0.1	>30
				2CU5	12	<0.1	>15

3. 光敏三极管

光敏三极管与反向电压使用的光敏二极管外型相似,通常只有两个引出极,但光敏三极管管芯有两个PN结。光敏三极管可看成普通

三极管的集电结用光敏二极管替代的结果。

光敏三极管电源极性的接法与普通三极管相同,即集电结反偏,发射结正偏,但基极开路.当无光照射时,集电结因反偏,集基极间有反向饱和电流 I_{cbo} ,该电流流入发射结放大,使集射之间有穿透电流 $I_{ceo} = (1+\beta)I_{cbo}$,此即为光敏三极管的暗电流(较小).当有光照射集电结附近的基区时,激发产生的电子空穴对使集基极间反向电流大大增加,该电流流入发射结进行放大成为光敏三极管的光电流(较大).由此可以看出,光敏三极管是利用类似普通三极管的放大作用,将光敏二极管的光电流放大了 $(1+\beta)$ 倍,所以光敏三极管比光敏二极管具有更高的灵敏度.

3DU 型光敏三极管的参数列于表 2.

表 2 3DU 型光敏三极管参数

型号	反向击穿电压 (V)	最高工作电压 (V)	暗电流 (μA)	光电流 (mA)
3DU111	>15	>10	<0.3	0.5~1.0
3DU112	>45	>30		
3DU113	>75	>50		
3DU121	>15	>10		
3DU122	>45	>30		
3DU123	>75	>50		
3DU131	>15	>10	>2.0	>2.0
3DU132	>45	>30		
3DU133	>75	>50		
试验条件	$I_{ce} = 0.5\mu A$	$I_{ce} = \text{暗电流}$	无光照	$V_{ce} = 10V$ $E = 1000L_x$

三、光敏器件的应用

光敏电阻、光敏二极管、光敏三极管等光敏器件应用非常广泛,这里介绍几种光敏器件的具体应用.

1. 反射式表面缺陷传感器

反射式表面缺陷传感器工作原理示意图如图 1 所示.图中待检测工件表面光滑时,由光源发射的光线经透镜会聚在待检测工件表面,其反射光经透镜恰好入射到光敏器件;若待检测工件表面有缺陷时,反射光偏离原来光路,无法入射到光敏器件上,使其发出物体表面有缺陷信号.

2. 液位检测器

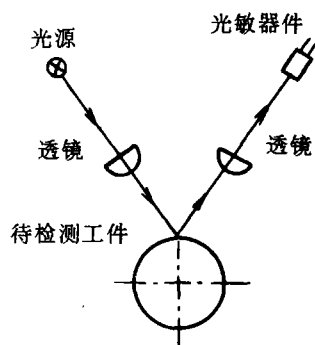


图 1 反射式表面缺陷传感器原理图

图 2 是一种液位检测装置,在液体未升到发光二极管及光敏三极管平面时,红外发光二极管发出的红外线不会被光敏三极管接收;当液位上升到发光二极管及光敏三极管平面时,由于液体的折射,光敏三极管接收到红外线,从而获得液位信号.

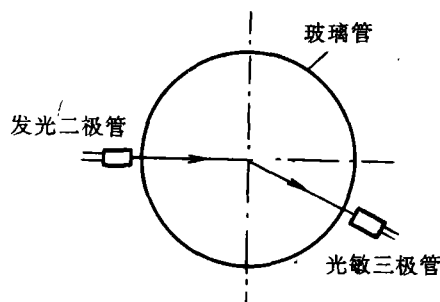


图 2 液位检测器

3. 转速测量

图 3 是转速测量工作原理简图.在被测电机的轴上固定一个光码盘(带孔圆盘或齿轮状圆盘),它将光源发出的恒定光调制成随时间变化的调制光.光每照射到光敏器件一次,光敏器件所在电路就导通一次,产生一个电脉冲信号.这种连续不断的电脉冲经过放大整形电路,然后用数字频率计测出电脉冲的频率,从而得到电机的转速.

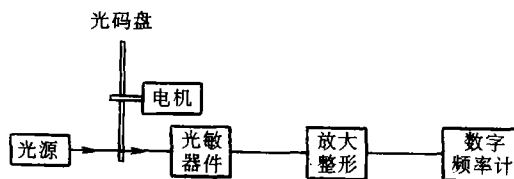


图 3 转速测量原理图