

第9章 光电式传感器

光电式传感器是将光通量转换为电量的一种传感器。

光电式传感器的基础是光电转换元件的光电效应。

特点：

光电传感器一般情况下，非接触测量、高精度、高分辨率、高可靠性、反应快。

9.1 光电效应

由光的粒子学说可知，光可以认为是由具有一定能量的粒子所组成，而每个光子所具有的能量 E 与其频率大小成正比。光照射在物体上就可看成是一连串的具有能量为 E 的粒子轰击在物体上。

光电效应：由于物体吸收了能量为E的光后产生的电效应。

光电传感器的工作原理基于光电效应。光电效应分为外光电效应和内光电效应两大类。

1、外光电效应

在光线的作用下，物体内的电子逸出物体表面向外发射的现象称为外光电效应。向外发射的电子叫做光电子。

基于外光电效应的光电器件有光电管、光电倍增管等。

爱因斯坦光电效应方程：

$$\frac{1}{2} m v_0^2 = hf - A_0$$

式中：

h —普朗克常数， $6.626 \times 10^{-34} \text{J}\cdot\text{s}$ ； f —入射光频率； m —电子质量； v —电子逸出速度； A —物体的逸出功。

光电效应方程表明：

① 光电子能否产生，取决于光电子的能量是否大于该物体的表面电子逸出功 A_0 。

不同的物质具有不同的逸出功，即每一个物体都有一个对应的光频阈值，称为红限频率或波长限。

② 当入射光的频谱成分不变时，产生的光电流与光强成正比。

③ 光电子逸出物体表面具有初始动能 $mv_0^2/2$ ，因此外光电效应器件（如光电管）即使没有加阳极电压，也会有光电子产生。为了使光电流为零，必须加负的截止电压，而且截止电压与入射光的频率成正比。

2、内光电效应

当光照射在物体上，使物体的电阻率 ρ 发生变化，或产生光生电动势的现象叫做内光电效应，它多发生于半导体内。根据工作原理的不同，内光电效应分为光电导效应和光生伏特效应两类：

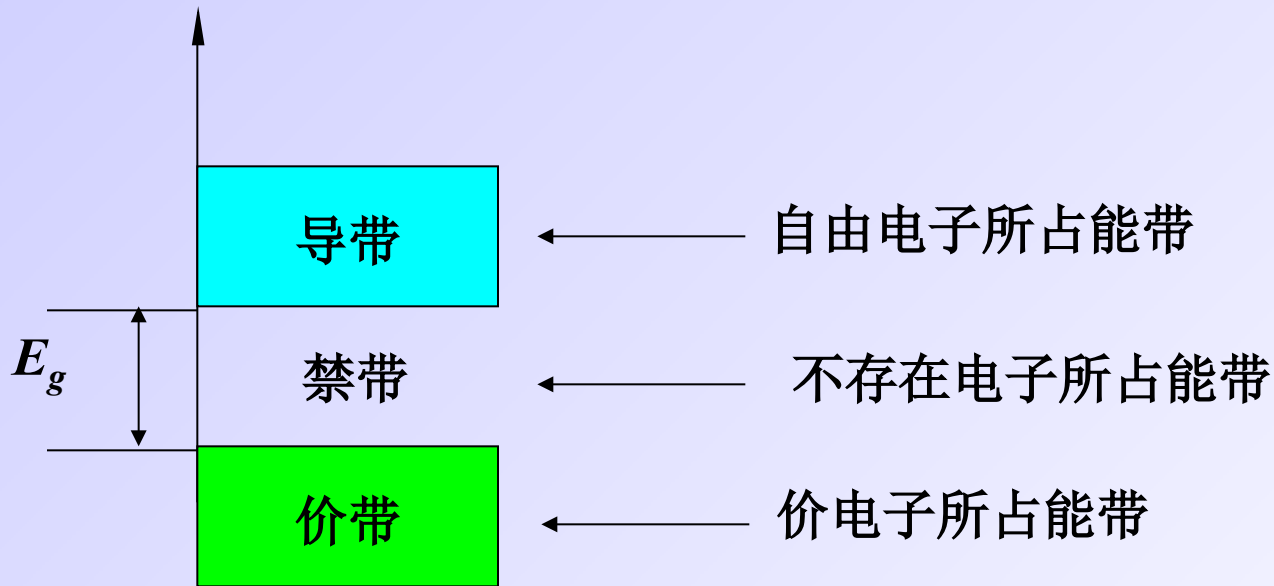
(1) 光电导效应

在光线作用，电子吸收光子能量从键合状态过渡到自由状态，而引起材料电导率的变化，这种现象被称为光电导效应。

基于这种效应的光电器件有光敏电阻。

过程:

当光照射到半导体材料上时，价带中的电子受到能量大于或等于禁带宽度的光子轰击，并使其由价带越过禁带跃入导带，如图，使材料中导带内的电子和价带内的空穴浓度增加，从而使电导率变大。



(2) 光生伏特效应

在光线作用下能够使物体产生一定方向的电动势的现象叫做光生伏特效应。

基于该效应的光电器件有光电池和光敏二极管、三极管。

① 势垒效应（结光电效应）

接触的半导体和PN结中，当光线照射其接触区域时，便引起光电动势，这就是结光电效应。以PN结为例，光线照射PN结时，设光子能量大于禁带宽度 E_g ，使价带中的电子跃迁到导带，而产生电子空穴对，在阻挡层内电场的作用下，被光激发的电子移向N区外侧，被光激发的空穴移向P区外侧，从而使P区带正电，N区带负电，形成光电动势。

② 侧向光电效应

当半导体光电器件受光照不均匀时，有载流子浓度梯度将会产生侧向光电效应。

当光照部分吸收入射光子的能量产生电子空穴对时，光照部分载流子浓度比未受光照部分的载流子浓度大，就出现了载流子浓度梯度，因而载流子就要扩散。如果电子迁移率比空穴大，那么空穴的扩散不明显，则电子向未被光照部分扩散，就造成光照射的部分带正电，未被光照射部分带负电，光照部分与未被光照部分产生光电动势。基于该效应的光电器件如半导体光电位置敏感器件（PSD）。

9.2 光电器件及其特性

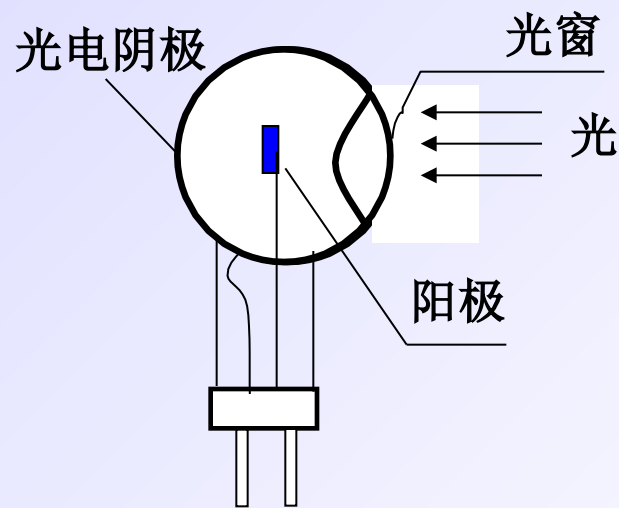
9.2.1 光电管

一 构造与工作原理

1 光电管

光电管有真空光电管和充气光电管或称电子光电管和离子光电管两类。

它们结构相似，由一个阴极和一个阳极构成，并且密封在一只真空玻璃管内。阴极装在玻璃管内壁上，其上涂有光电发射材料。阳极通常用金属丝弯曲成矩形或圆形，置于玻璃管的中央。

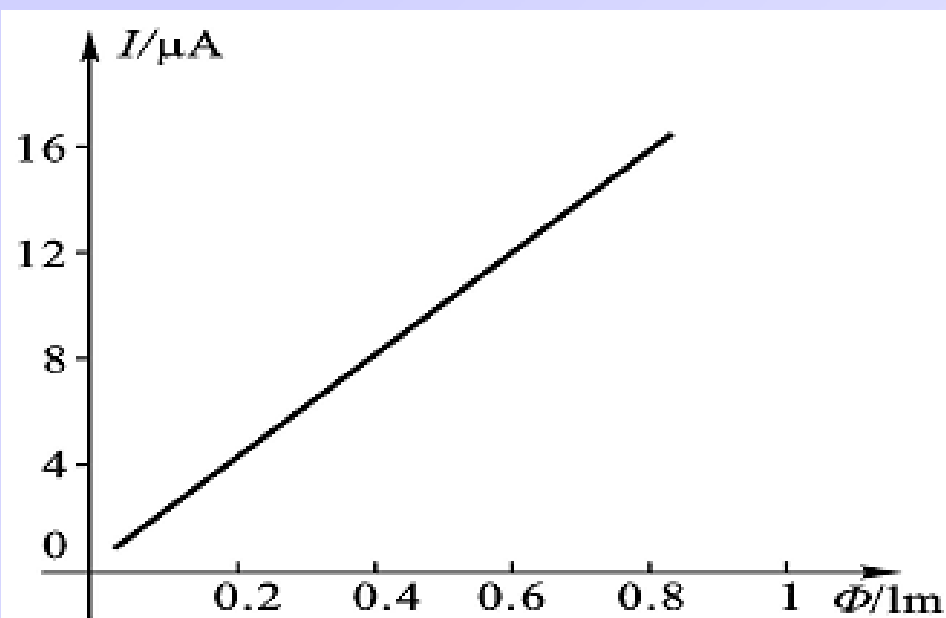


光电管的结构示意图

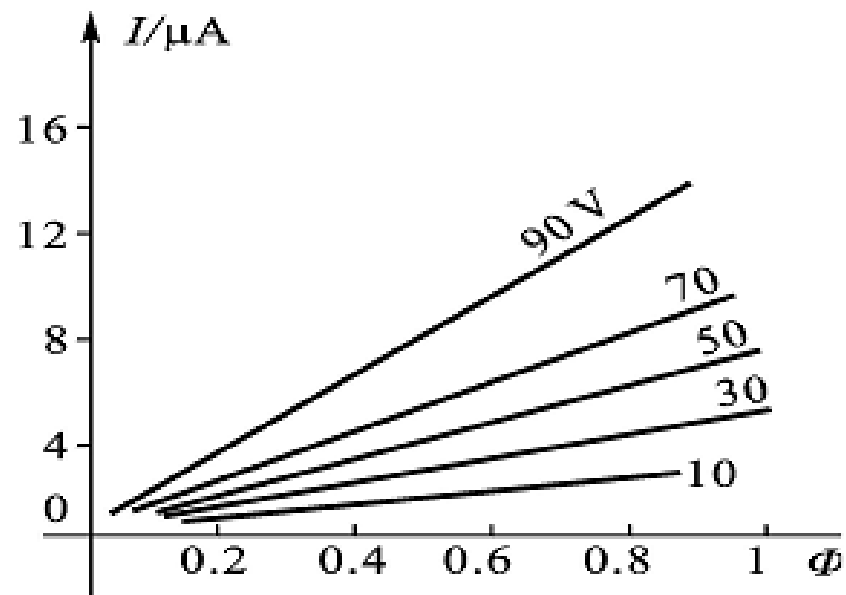
二 特性

1 光电特性

表示当光电管的阳极电压一定时，阳极电流 I 与入射在阴极上光通量 Φ 之间的关系。



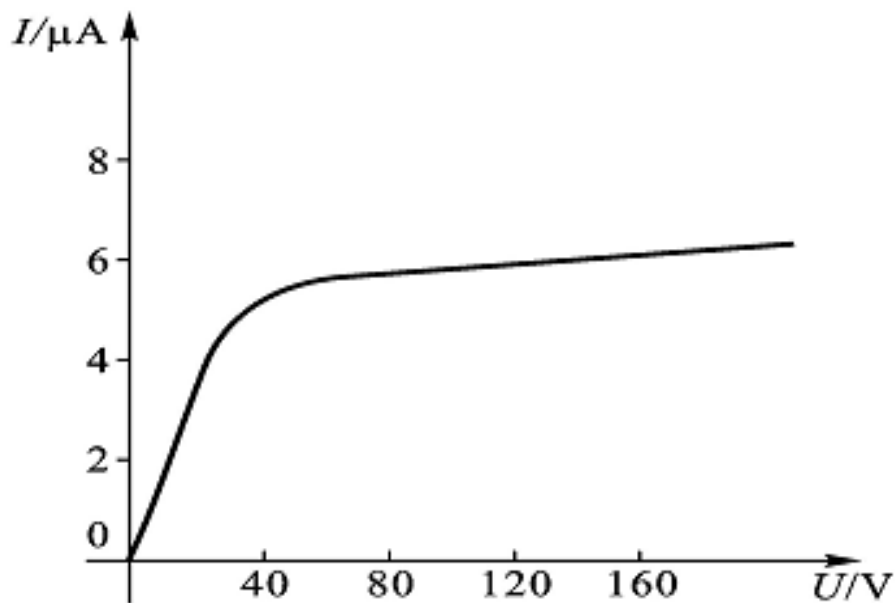
(a) 真空光电管的光电特性



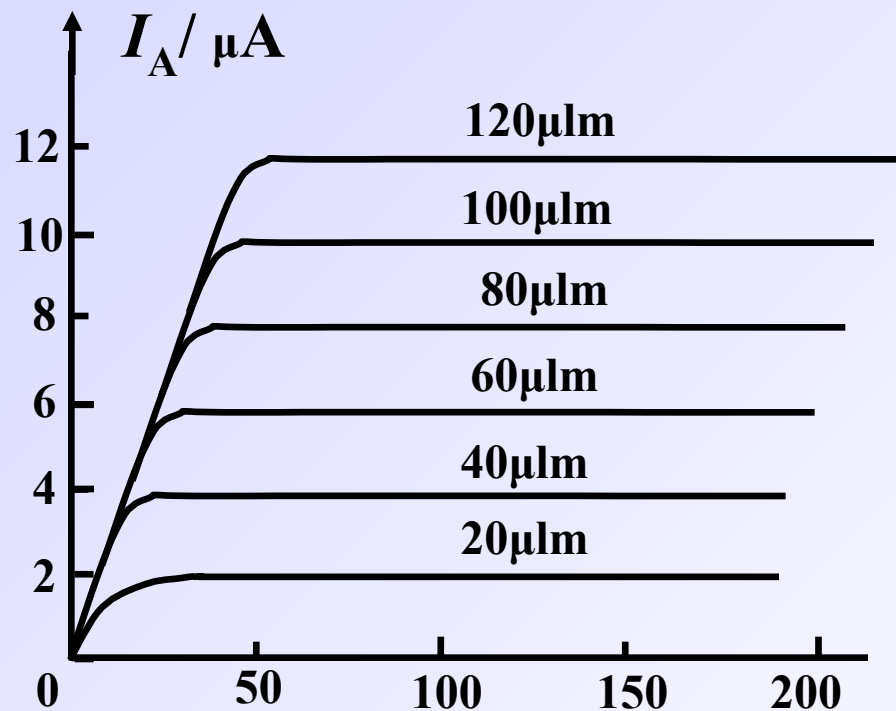
(b) 充气光电管的光电特性

2 伏安特性

当入射光的频谱及光通量一定时，阳极与阴极之间的电压同光电流的关系叫伏安特性。



真空光电管的伏安特性曲线

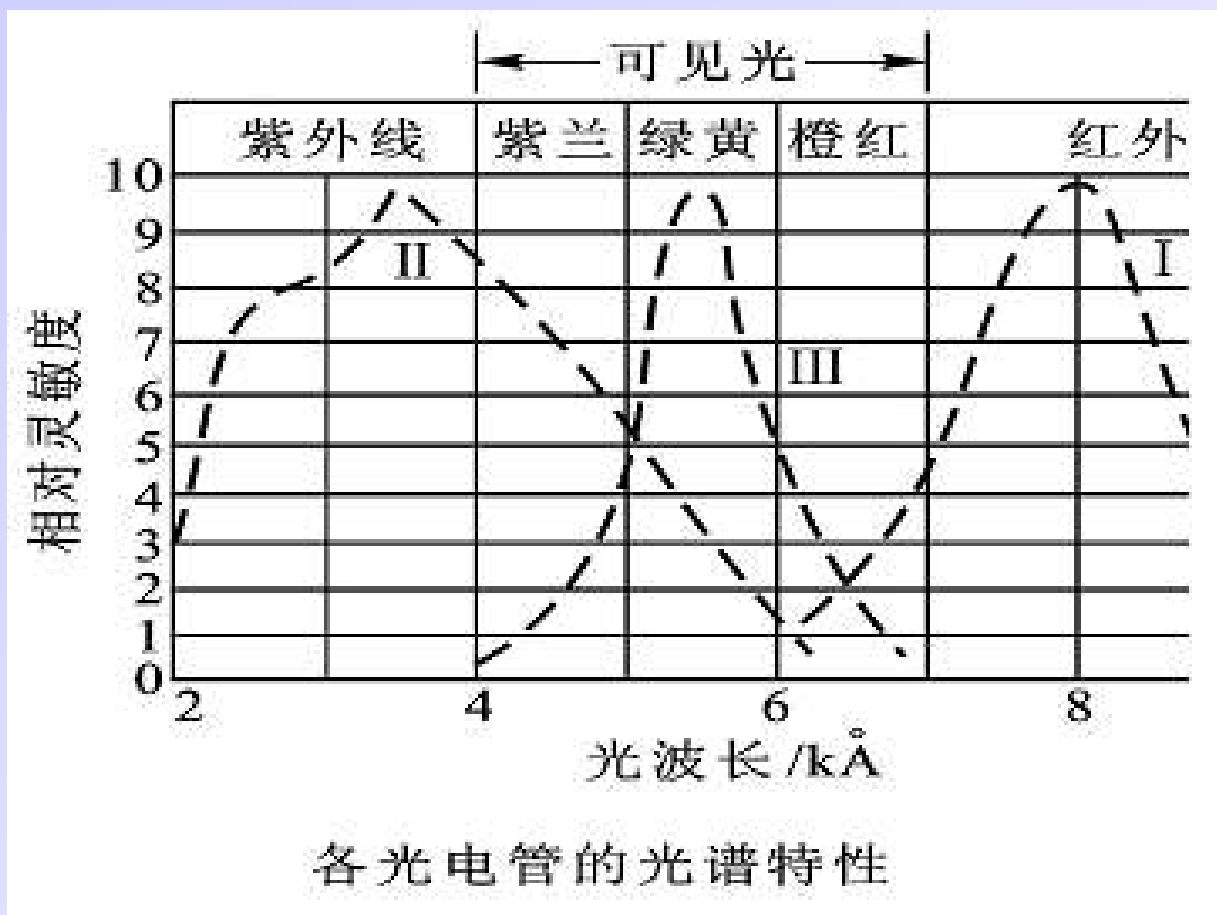


阳极与末级倍增极间的电压/V

光电管的伏安特性

3 光谱特性

由于光阴极对光谱有选择性，因此光电管对光谱也有选择性。保持光通量和阴极电压不变，阳极电流与光波长之间的关系叫光电管的光谱特性。



4 其他特性

光电管尚有温度特性、疲劳特性、惯性特性、暗电流和衰老特性等。

光电倍增管其他主要参数：倍增系数 M ，光电阴极灵敏度 and 光电倍增管总灵敏度，暗电流和本底电流，飞行时间及其涨落等

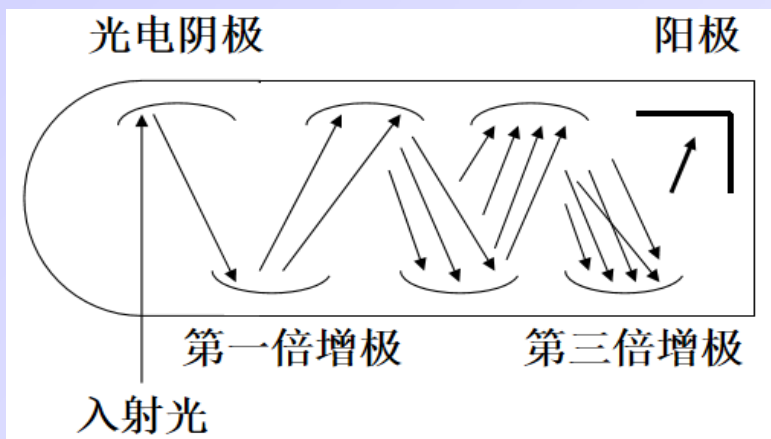
使用时应根据产品说明书和有关手册合理选用。

9.2.2 光电倍增管

当入射光很微弱时，普通光电管产生的光电流很小，只有零点几 μA ，很不容易探测。这时常用光电倍增管对电流进行放大。

光电倍增管由**光阴极**、**次阴极(倍增电极)**以及**阳极**三部分组成。光阴极是由半导体光电材料铯铷做成；次阴极多的可达30级；阳极是最后用来收集电子的，收集到的电子数是阴极发射电子数的**10⁵~10⁶**倍。即光电倍增管的放大倍数可达几万倍到几百万倍。

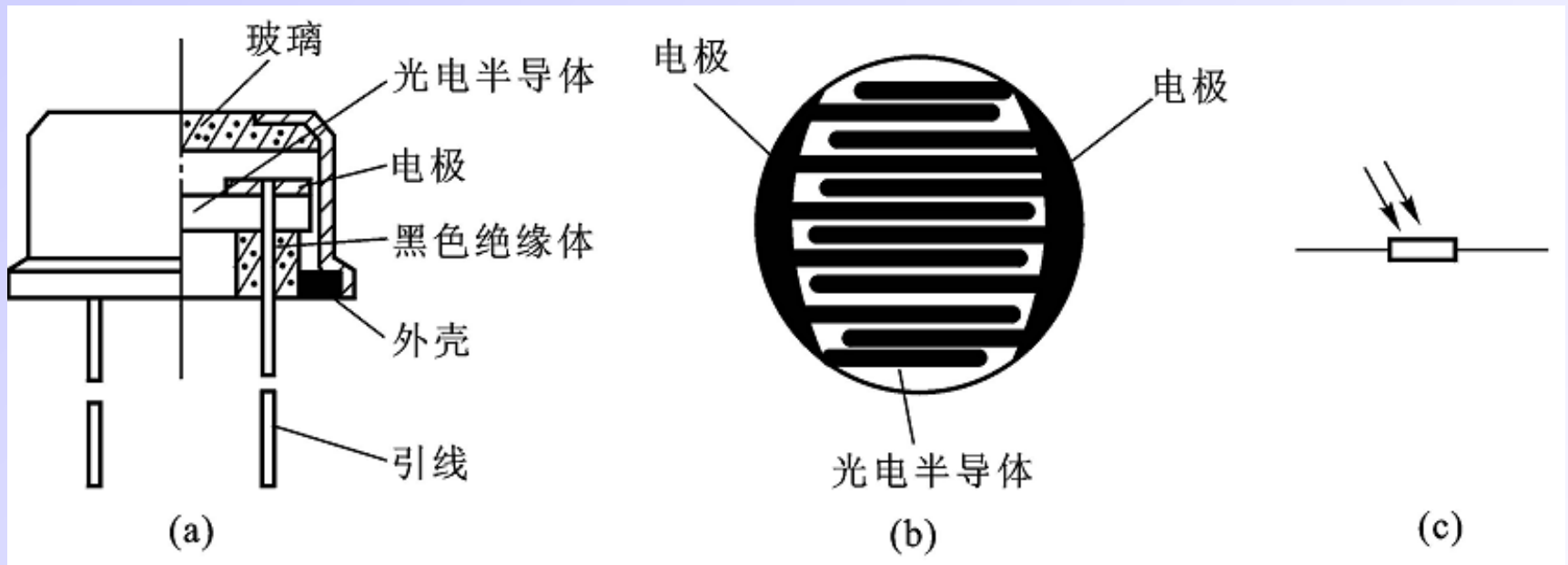
因此在很微弱的光照时，它就能产生很大的光电流。



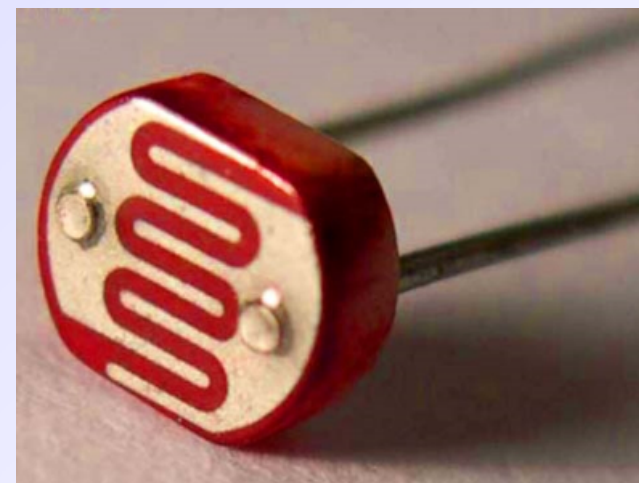
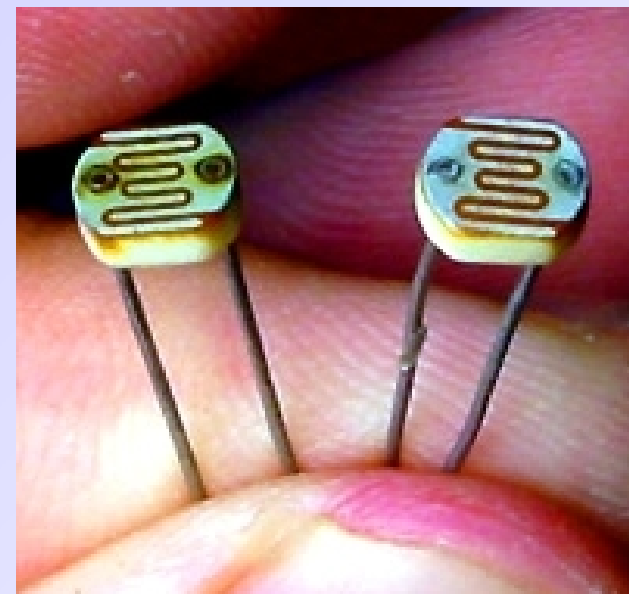
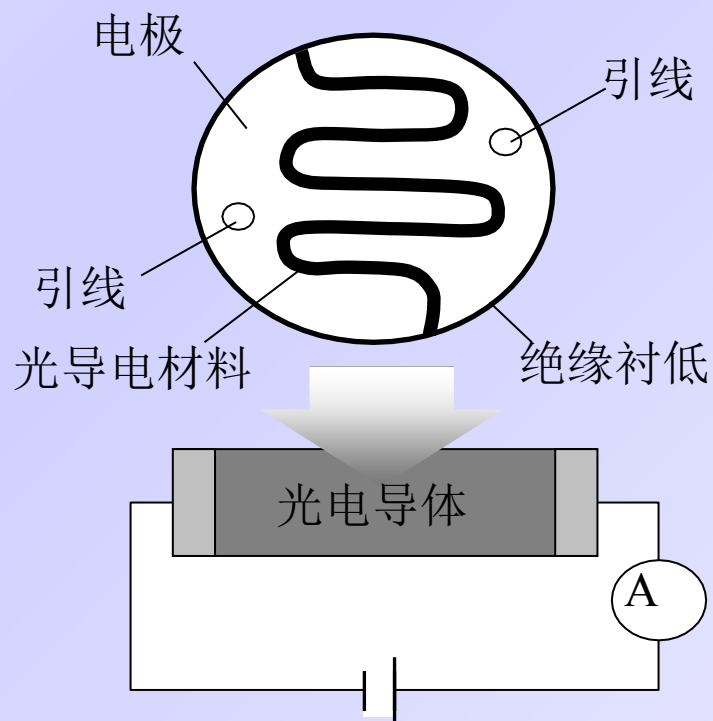
9.2.3 光敏电阻

光敏电阻是用具有内光电效应的光导材料制成的，为纯电阻元件，其阻值随光照增强而减小。

光敏电阻优点：灵敏度高，体积小、重量轻，光谱响应范围宽，机械强度高、耐冲击和振动，寿命长。



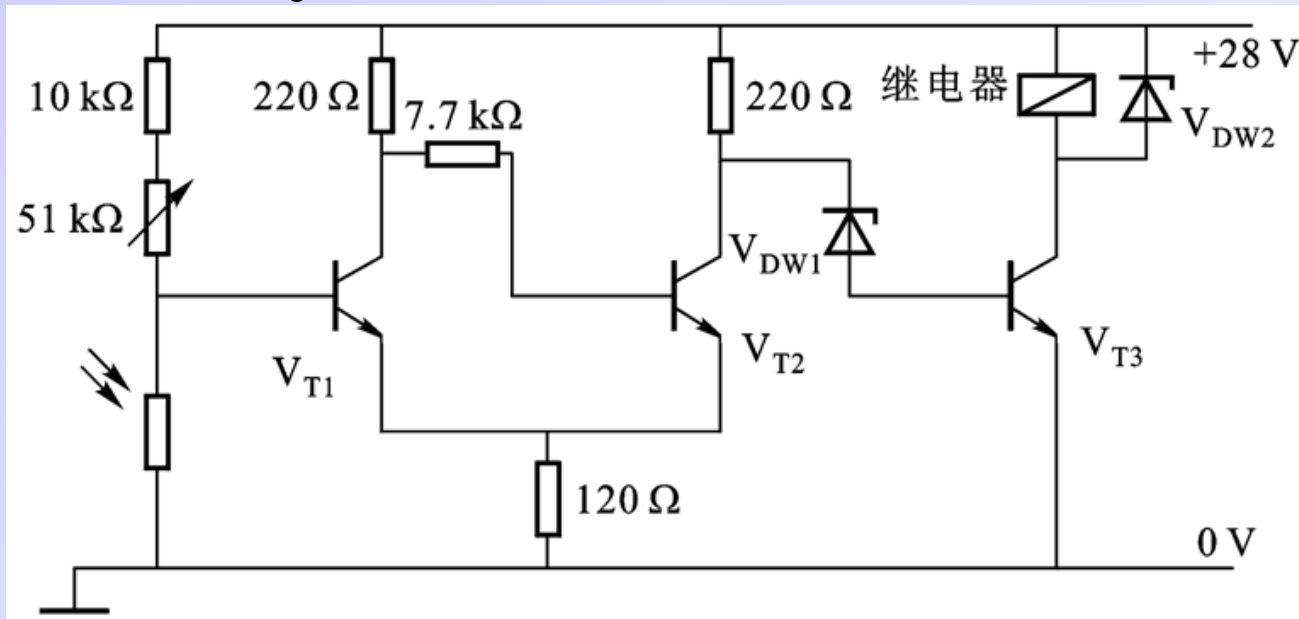
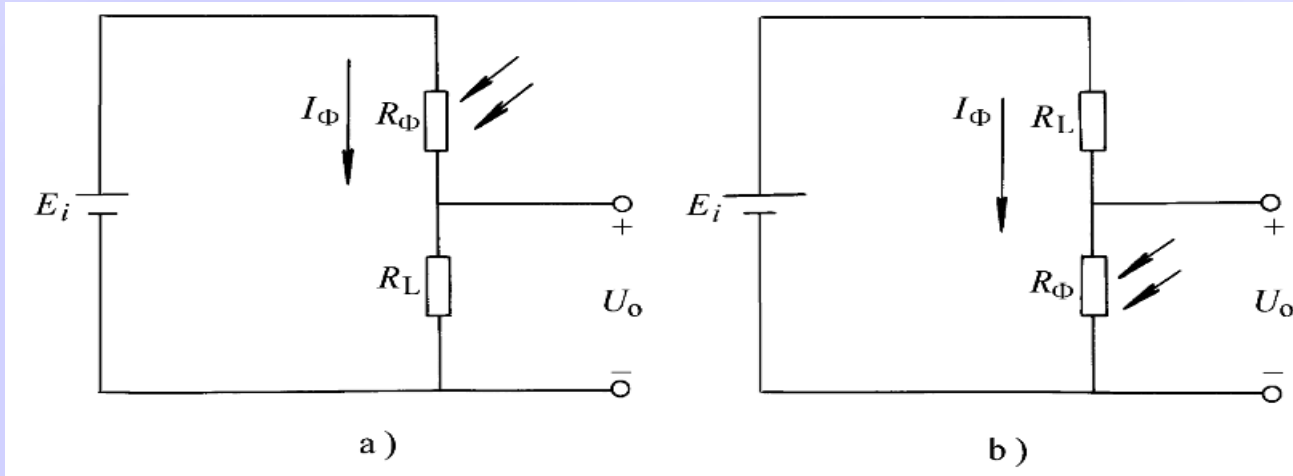
光敏电阻的结构及表示符号



金属封装的硫化镉光敏电阻结构图。

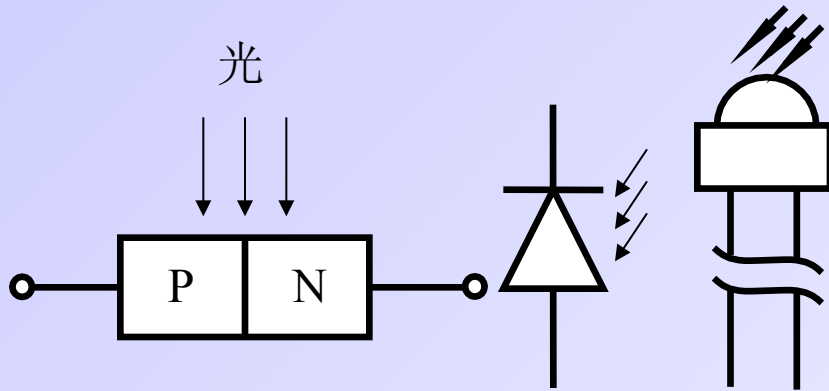
当光敏电阻受到光照时，光生电子—空穴对增加，阻值减小，电流增大。
暗电流越小越好。

光敏电阻的基本应用电路

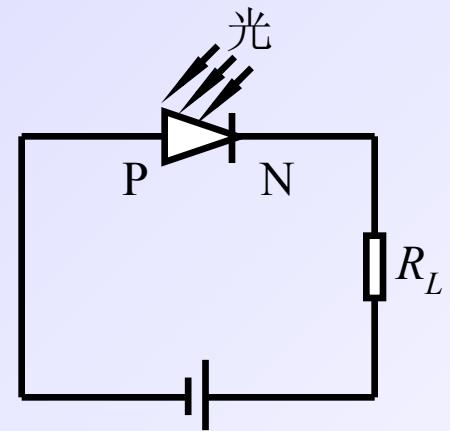


9.2.4 光敏二极管和光敏晶体管

当二极管和三极管的PN结接受到光照射时，通过PN结的电流将增大。光敏二极管和光敏晶体（光敏三极管）则必须使PN结能受到最大的光照射。

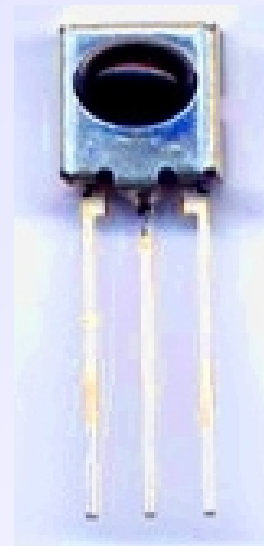
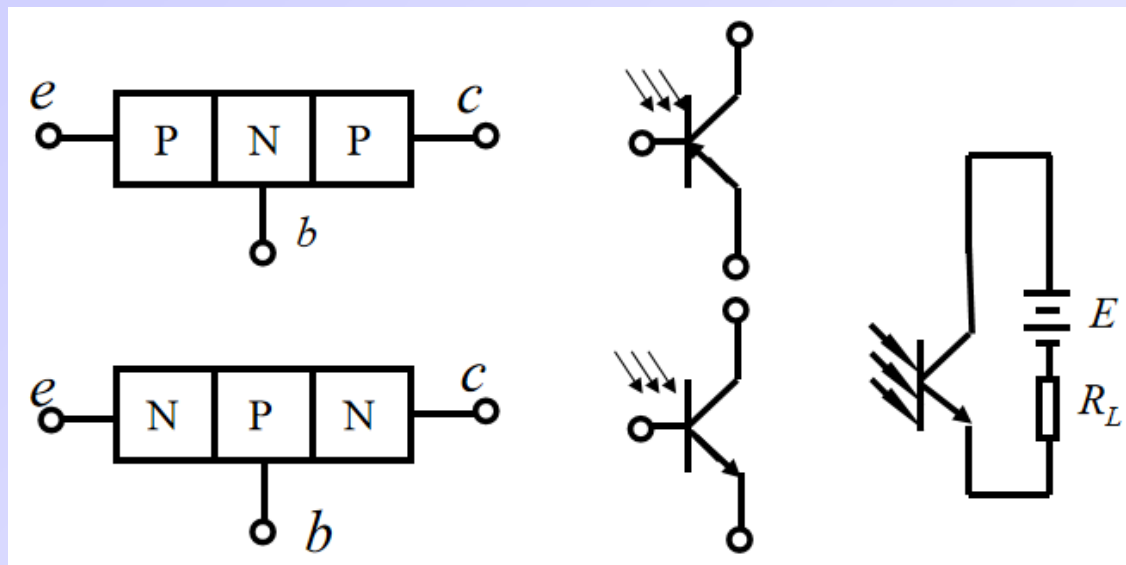
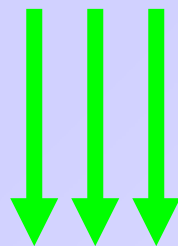


光敏二极管符号



光敏二极管接线

光敏晶体管（光敏三极管）



光敏二极管和光敏三极管实物图

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/865344042111012013>