

---

# 第九章 光电式传感器

---

---

光电传感器是各种光电检测系统中实现光电转换的关键元件，它是把光信号（红外、可见及紫外光辐射）转变成为电信号的器件。

## 光谱

**光波：** 波长为 $10—10^6\text{nm}$ 的电磁波

**可见光：** 波长 $380—780\text{nm}$

**紫外线：** 波长 $10—380\text{nm}$ ,

波长 $300—380\text{nm}$ 称为近紫外线

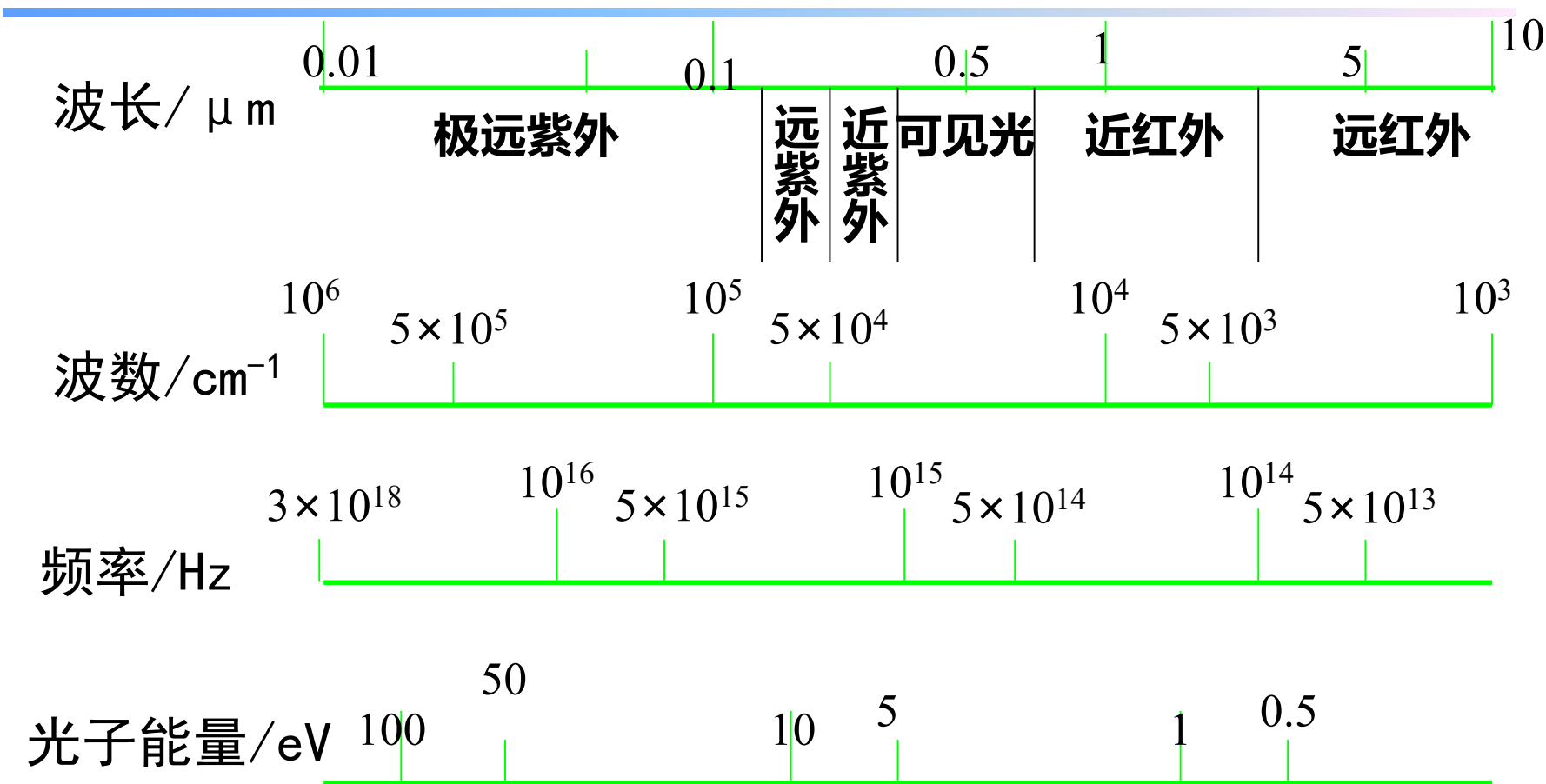
波长 $200—300\text{nm}$ 称为远紫外线

波长 $10—200\text{nm}$ 称为极远紫外线,

**红外线：** 波长 $780—10^6\text{nm}$

波长 $3\text{ }\mu\text{m}$ （即 $3000\text{nm}$ ）以下的称近红外线

波长超过 $3\text{ }\mu\text{m}$  的红外线称为远红外线。



$$c = 3 \times 10^{10} \text{ cm / s}$$

# 本章主要内容

---

- 1 光电效应
- 2 外光电效应器件
- 2 内光电效应器件
- 3 应用

# 1 光电效应

是指物体吸收了光能后转换为该物体中某些电子的能量，从而产生的电效应。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。

## 1.1 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。

光子是具有能量的粒子，每个光子的能量：

$$E=h\nu$$

$h$ —普朗克常数， $6.626\times 10^{-34}\text{J}\cdot\text{s}$ ； $\nu$ —光的频率 ( $\text{s}^{-1}$ )

# 1 光电效应（续）

根据爱因斯坦假设，一个电子只能接受一个光子的能量，所以要使一个电子从物体表面逸出，必须使光子的能量大于该物体的表面逸出功，超过部分的能量表现为逸出电子的动能。外光电效应多发生于金属和金属氧化物，从光开始照射至金属释放电子所需时间不超过 $10^{-9}\text{s}$ 。

根据能量守恒定理

$$h\nu = \frac{1}{2}mv_0^2 + A_0$$

式中  $m$ —电子质量； $v_0$ —电子逸出速度。

该方程称为爱因斯坦光电效应方程。

# 1 光电效应（续）

- 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。光线频率低于红限频率，光子能量不足以使物体内的电子逸出，入射光光强再大也不会产生光电子发射；反之，入射光频率高于红限频率，即使光线微弱，也会有光电子射出。
- 当入射光的频谱成分不变时，产生的光电流与光强成正比。即光强愈大，入射光子数目越多，逸出的电子数也就越多。
- 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。



# 1 光电效应（续）

---

## 1.2 内光电效应

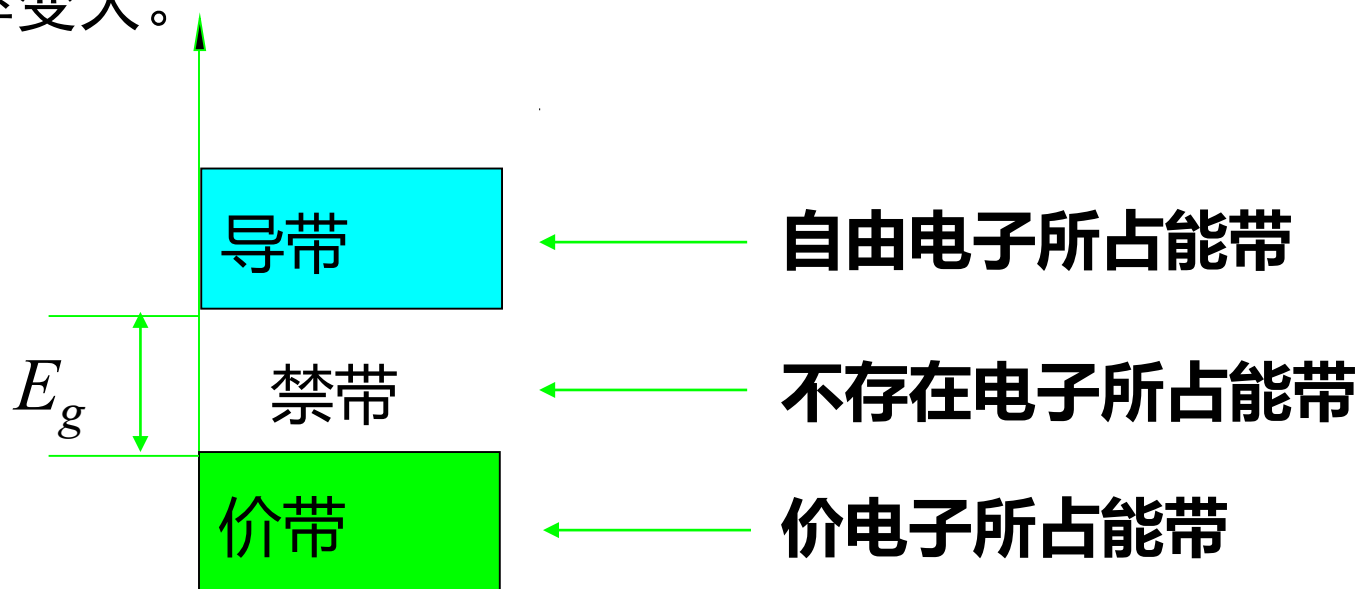
当光照射在物体上，使物体的电阻率  $\rho$  发生变化，或产生光生电动势的现象叫做内光电效应，它多发生于半导体内。根据工作原理的不同，内光电效应分为光电导效应和光生伏特效应两类：

### （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。

# 1 光电效应（续）

**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。



# 1 光电效应（续）

为了实现能级的跃迁，入射光的能量必须大于光电导材料的禁带宽度 $E_g$ ，即

$$h\nu = \frac{hc}{\lambda} = \frac{1.24}{\lambda} \geq E_g$$

式中 $\nu$ 、 $\lambda$ 分别为入射光的频率和波长。

材料的光导性能决定于禁带宽度，对于一种光电导材料，总存在一个照射光波长限 $\lambda_0$ ，只有波长小于 $\lambda_0$ 的光照射在光电导体上，才能产生电子能级间的跃进，从而使光电导体的电导率增加。

# 1 光电效应（续）

---

## （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。

# 1 光电效应（续）

---

## 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）。

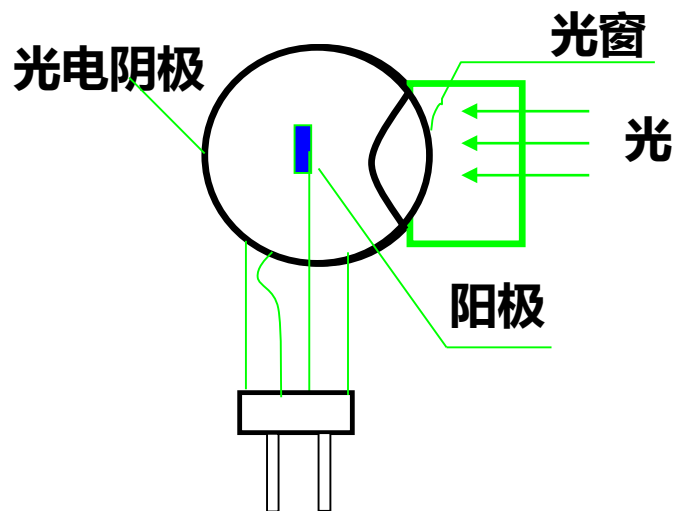
## 2 外光电效应器件

利用物质在光照射下发射电子的外光电效应而制成的光电器件，一般都是真空的或充气的光电器件，如光电管和光电倍增管。

### 2.1 光电管及其基本特性

#### 2.1.1. 结构与工作原理

光电管有真空光电管和充气光电管两类。它们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

## 2 外光电效应器件（续）

### 2.1.2. 主要性能

光电器件的性能主要由伏安特性、光照特性、光谱特性、响应时间、峰值探测率和温度特性来描述。

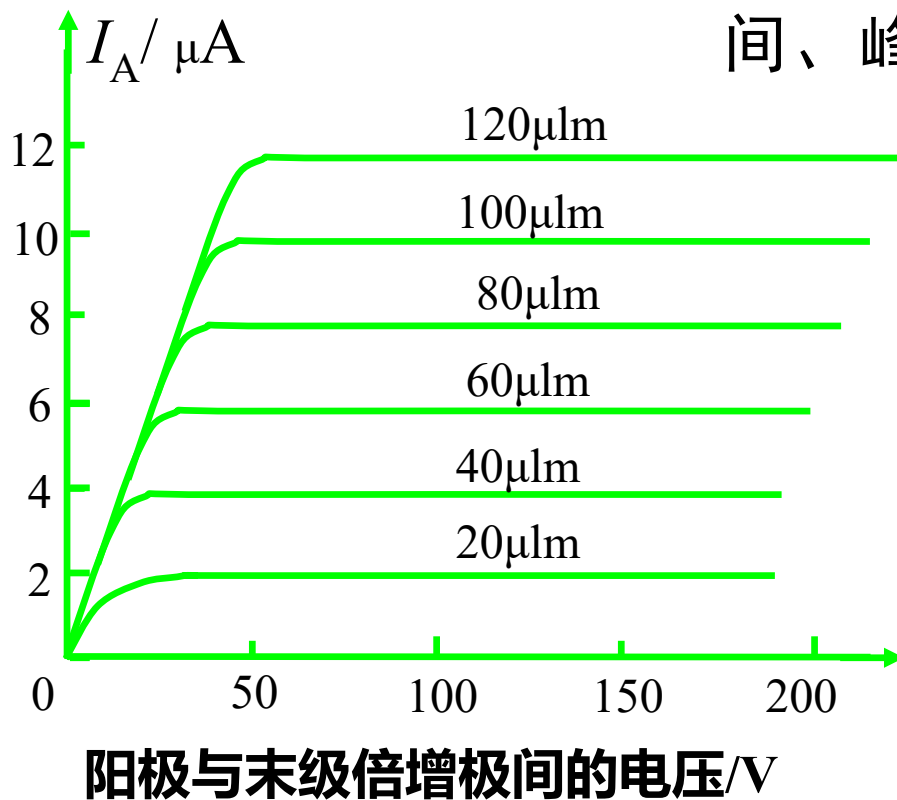


图4.2-2 光电管的伏安特性

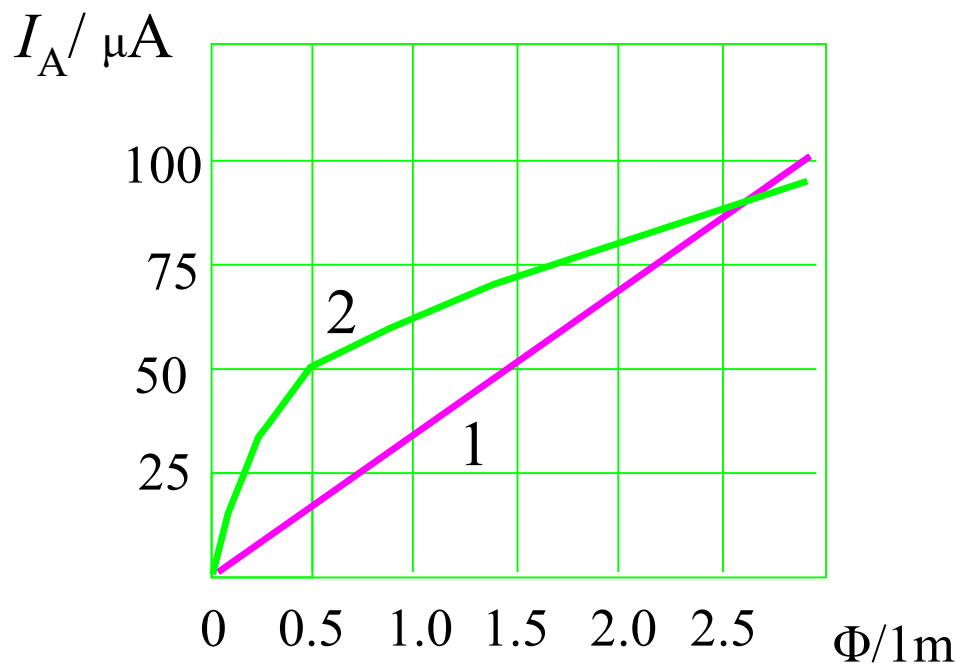
#### (1) 光电管的伏安特性

在一定的光照射下，对光电器件的阴极所加电压与阳极所产生的电流之间的关系称为光电管的伏安特性。光电管的伏安特性如图所示。它是应用光电传感器参数的主要依据。

## 2 外光电效应器件（续）

### （2）光电管的光照特性

通常指当光电管的阳极和阴极之间所加电压一定时，光通量与光电流之间的关系为光电管的光照特性。



光电管的光照特性

其特性曲线如图所示。曲线1表示**铯阴极**光电管的光照特性，光电流  $I$  与光通量成线性关系。曲线2为**铷阴极**的光电管光照特性，它成非线性关系。光照特性曲线的斜率（光电流与入射光光通量之间比）称为光电管的灵敏度。



## 2 外光电效应器件（续）

### （3）光电管光谱特性

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。一般对于光电阴极材料不同的光电管，它们有不同的红限频率  $\nu_0$ ，因此它们可用于不同的光谱范围。除此之外，即使照射在阴极上的入射光的频率高于红限频率  $\nu_0$ ，并且强度相同，随着入射光频率的不同，阴极发射的光电子的数量还会不同，即同一光电管对于不同频率的光的灵敏度不同，这就是光电管的光谱特性。所以，对各种不同波长区域的光，应选用不同材料的光电阴极。

## 2 外光电效应器件（续）

国产GD-4型的光电管，阴极是用铯铷材料制成的。其红限 $\lambda_0=7000\text{\AA}$ ，它对可见光范围的入射光灵敏度比较高，转换效率：25%~30%。它适用于白光光源，因而被广泛地应用于各种光电式自动检测仪表中。对红外光源，常用银氧铯阴极，构成红外传感器。对紫外光源，常用铯铷阴极和镁镉阴极。另外，铯钾钠铯阴极的光谱范围较宽，为3000~8500 $\text{\AA}$ ，灵敏度也较高，与人的视觉光谱特性很接近，是一种新型的光电阴极；但也有些光电管的光谱特性和人的视觉光谱有很大差异，因而在测量技术中，这些光电管可以担负人眼所不能胜任的工作，如坦克和装甲车的夜视镜等。

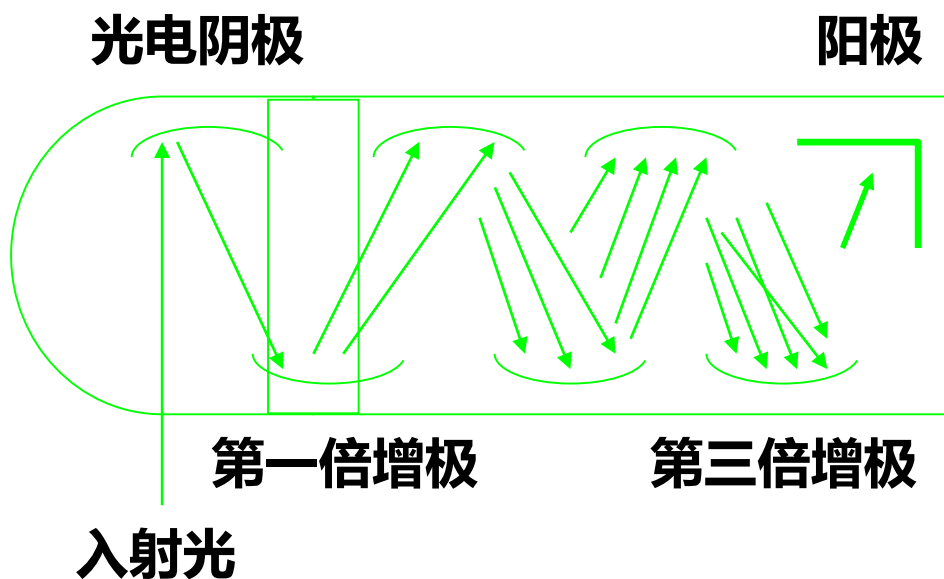
## 2 外光电效应器件（续）

### 2.2 光电倍增管及其基本特性

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  $\mu\text{A}$ ，不容易探测，需要用光电倍增管对电流进行放大。

#### 2.2.1. 光电倍增管结构和工作原理

由**光阴极**、**次阴极（倍增电极）**以及**阳极**三部分组成。光阴极阴极多的可达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 $10^5 \sim 10^6$ 倍。即光电倍增管的放大倍数可达几万到几百万倍。因此在很微弱的光照时，它就能产生很大的光电流。



## 2 外光电效应器件（续）

### 2.2.2. 主要参数

(1) **倍增系数  $M$**  倍增系数  $M$  等于  $n$  个倍增电极的二次电子发射系数  $\delta$  的乘积。如果  $n$  个倍增电极的  $\delta$  都相同，则  $M = \delta_i^n$  因此，阳极电流  $I$  为

$$I = i \cdot \delta_i^n$$

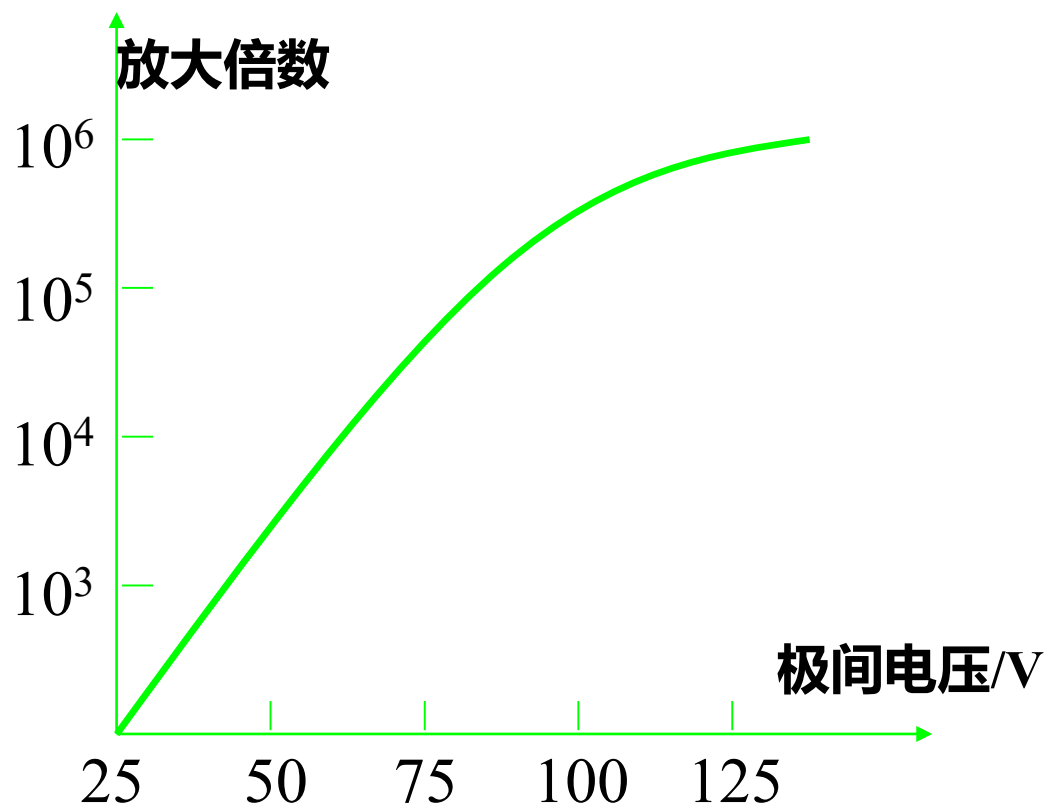
$i$  — 光电阴极的光电流

光电倍增管的电流放大倍数  $\beta$  为

$$\beta = I / i = \delta_i^n$$

$M$  与所加电压有关， $M$  在  $10^5 \sim 10^8$  之间，稳定性为 1% 左右，加速电压稳定性要在 0.1% 以内。如果有波动，倍增系数也要波动，因此  $M$  具有一定的统计涨落。一般阳极和阴极之间的电压为 1000~2500V，两个相邻的倍增电极的电位差为 50~100V。所加电压越稳越好，这样可以减小统计涨落，从而减小测量误差。

## 2 外光电效应器件（续）



光电倍增管的特性曲线

## 2 外光电效应器件（续）

---

### （2）光电阴极灵敏度和光电倍增管总灵敏度

一个光子在阴极上能够打出的平均电子数叫做光电倍增管的**阴极灵敏度**。而一个光子在阳极上产生的平均电子数叫做光电倍增管的**总灵敏度**。

光电倍增管的最大灵敏度可达 $10\text{A/lm}$ ，极间电压越高，灵敏度越高；但极间电压也不能太高，太高反而会使阳极电流不稳。

另外，由于光电倍增管的灵敏度很高，所以不能受强光照射，否则将会损坏。

## 2 外光电效应器件（续）

### （3）暗电流和本底脉冲

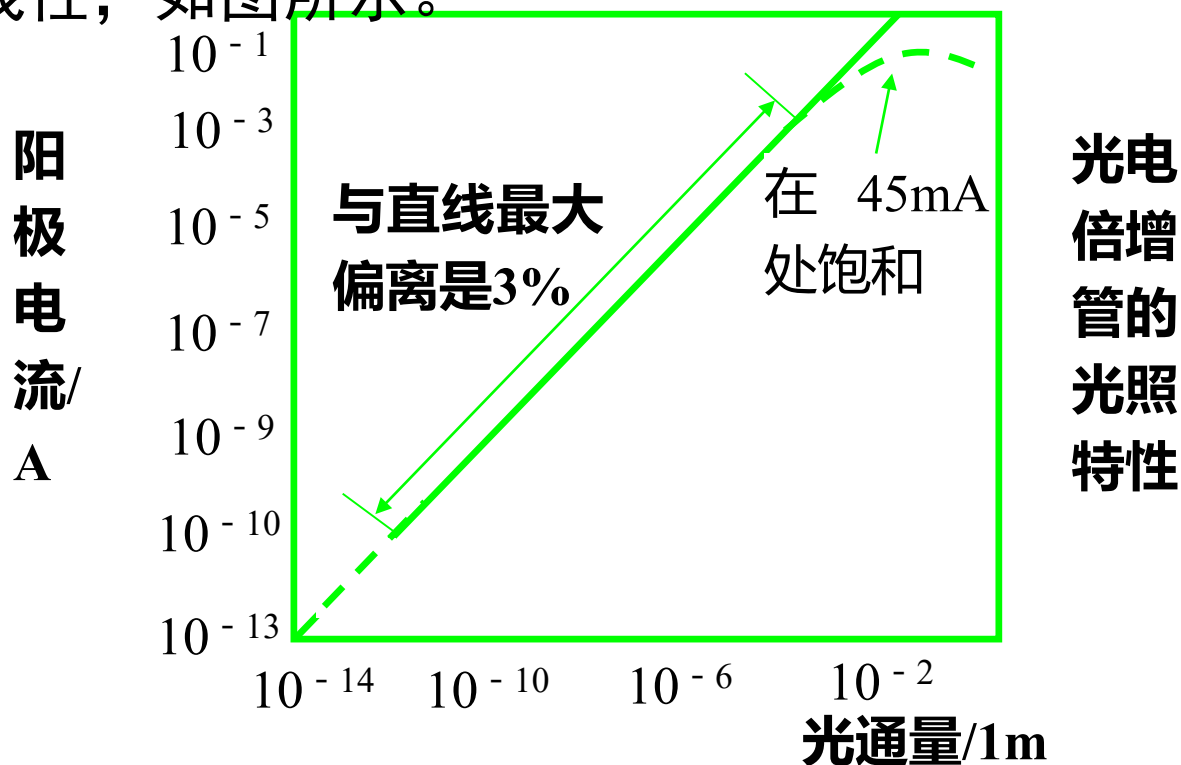
一般在使用光电倍增管时，必须把管子放在暗室里避光使用，使其只对入射光起作用；但是由于环境温度、热辐射和其它因素的影响，即使没有光信号输入，加上电压后阳极仍有电流，这种电流称为**暗电流**，这是热发射所致或场致发射造成的，这种暗电流通常可以用补偿电路消除。

如果光电倍增管与闪烁体放在一处，在完全蔽光情况下，出现的电流称为**本底电流**，其值大于暗电流。增加的部分是宇宙射线对闪烁体的照射而使其激发，被激发的闪烁体照射在光电倍增管上而造成的，**本底电流具有脉冲形式**。

## 2 外光电效应器件（续）

### （4）光电倍增管的光谱特性

对于较好的管子，在很宽的范围之内，这个关系是线性的，即入射光通量小于 $10^{-4}\text{lm}$ 时，有较好的线性关系。光通量大，开始出现非线性，如图所示。





# 3 内光电效应器件

---

利用物质在光的照射下电导性能改变或产生电动势的光电器件称内光电效应器件，常见的有光敏电阻光电池和光敏晶体管等。

## 3.1 光敏电阻

光敏电阻又称光导管，为纯电阻元件，其工作原理是基于光电导效应，其阻值随光照增强而减小。

优点：灵敏度高，光谱响应范围宽，体积小、重量轻、机械强度高，耐冲击、耐振动、抗过载能力强和寿命长等。

不足：需要外部电源，有电流时会发热。

## 3.1 光敏电阻（续）

### 3.1.1 光敏电阻的工作原理和结构

当光照射到光电导体上时，若光电导体为本征半导体材料，而且光辐射能量又足够强，光导材料价带上的电子将激发到导带上去，从而使导带的电子和价带的空穴增加，致使光导体的电导率变大。为实现能级的跃迁，入射光的能量必须大于光导体材料的禁带宽度 $E_g$ ，即

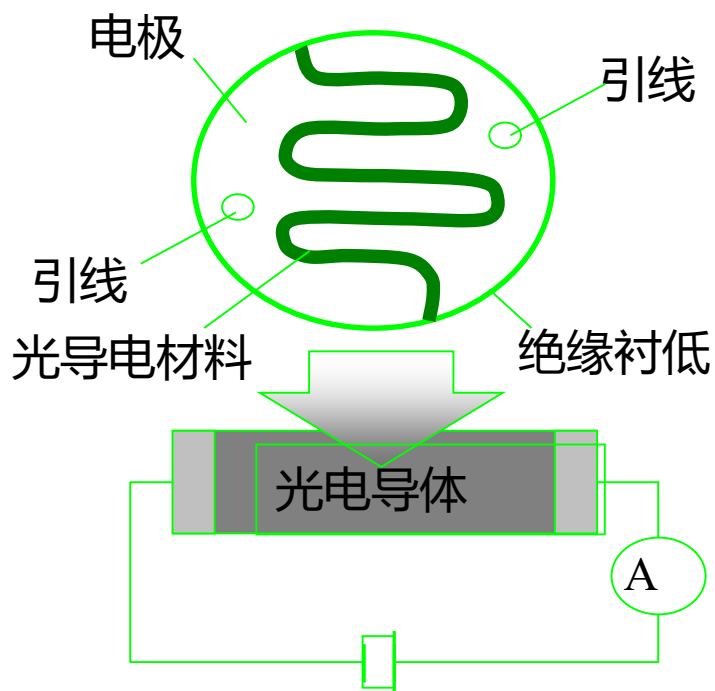
$$h\nu = \frac{h \cdot c}{\lambda} = \frac{1.24}{\lambda} \geq E_g(\text{eV})$$

式中  $\nu$  和  $\lambda$  — 入射光的频率和波长。

一种光电导体，存在一个照射光的波长限  $\lambda_c$ ，只有波长小于  $\lambda_c$  的光照射在光电导体上，才能产生电子在能级间的跃迁，从而使光电导体电导率增加。

## 3.1 光敏电阻（续）

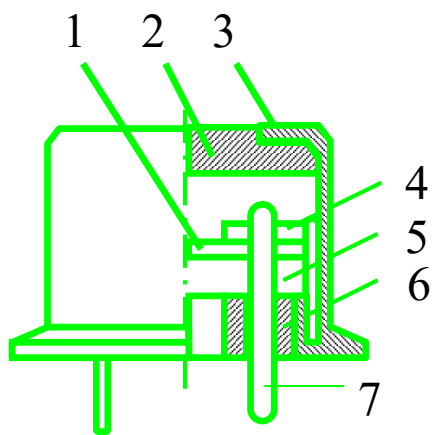
光敏电阻的结构如图所示。管芯是一块安装在绝缘衬底上带有两个欧姆接触电极的光电导体。



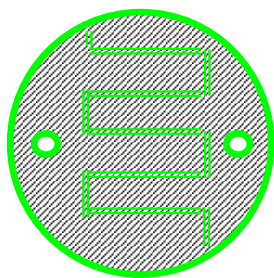
金属封装的硫化镉光敏电阻结构图

光导体吸收光子而产生的光电效应，只限于光照的表面薄层，虽然产生的载流子也有少数扩散到内部去，但扩散深度有限，因此光电导体一般都做成薄层。为了获得高的灵敏度，光敏电阻的电极一般采用梳状图案，结构见图。

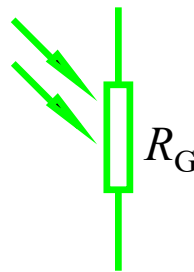
它是在一定的掩模下向光电导薄膜上蒸镀金或钼等金属形成的。这种梳状电极，由于在间距很近的电极之间有可能采用大的灵敏面积，所以提高了光敏电阻的灵敏度。图（c）是光敏电阻的代表符号。



(a)结构



(b)电极



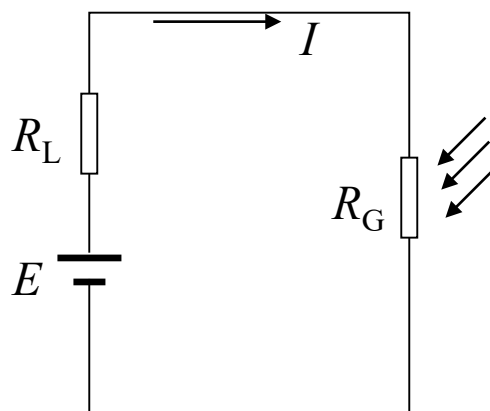
(c)符号

- 1--光导层；
- 2--玻璃窗口；
- 3--金属外壳；
- 4--电极；
- 5--陶瓷基座；
- 6--黑色绝缘玻璃；
- 7--电阻引线。

## CdS光敏电阻的结构和符号

光敏电阻的灵敏度易受湿度的影响，因此要将导光电导体严密封装在玻璃壳体中。如果把光敏电阻连接到外电路中，在外加电压的作用下，用光照射就能改变电路中电流的大小，其连线电路如图所示。

光敏电阻具有**很高的灵敏度**，**很好的光谱特性**，**光谱响应可从紫外区到红外区范围内**。而且**体积小、重量轻、性能稳定、价格便宜**，因此应用比较广泛。



### 3.1.2. 光敏电阻的主要参数和基本特性

#### (1) 暗电阻、亮电阻、光电流

**暗电流：**光敏电阻在室温条件下，全暗（无光照射）后经过一定时间测量的电阻值，称为暗电阻。

**亮电流：**光敏电阻在某一光照下的阻值，称为该光照下的亮电阻，此时流过的电流。

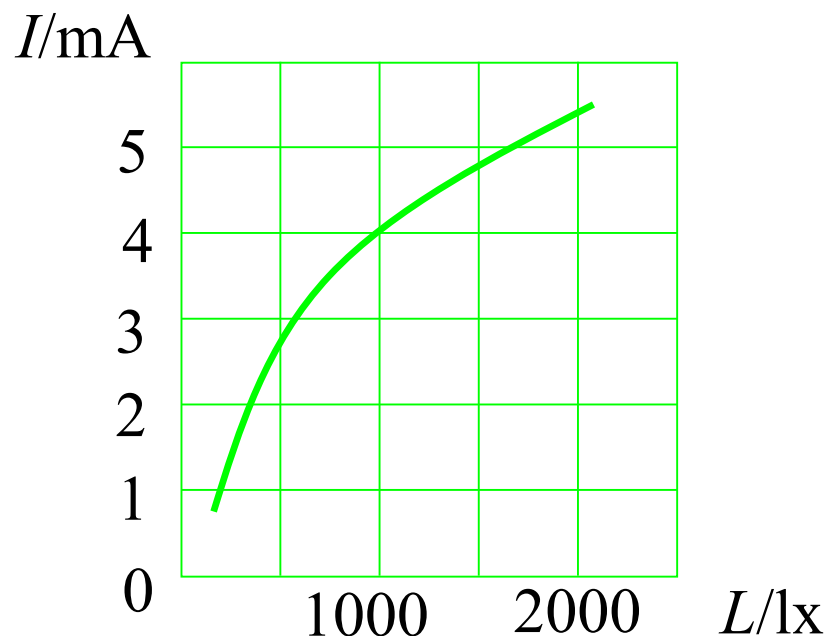
**光电流：**亮电流与暗电流之差。

光敏电阻的暗电阻越大，而亮电阻越小则性能越好。也就是，暗电流越小，光电流越大，这样的光敏电阻的灵敏度越高。

实用的光敏电阻的暗电阻为 $1\text{M}\Omega \sim 100\text{M}\Omega$ ，而亮电阻则在几 $\text{k}\Omega$ 以下，暗电阻与亮电阻之比在 $10^2 \sim 10^6$ 之间，可见光敏电阻的灵敏度很高。

## (2) 光照特性

下图表示CdS光敏电阻的光照特性。在一定外加电压下，光敏电阻的光电流和光通量之间的关系。不同类型光敏电阻光照特性不同，但光照特性曲线均呈非线性。因此它不宜作定量检测元件，这是光敏电阻的不足之处。一般在自动控制系统中用作光电开关。



## 3.2 光电池

---

光电池是利用光生伏特效应把光直接转变成电能的器件。又称为太阳能电池。它是基于光生伏特效应制成的。它有较大面积的PN结，当光照射在PN结上时，在结的两端出现电动势。

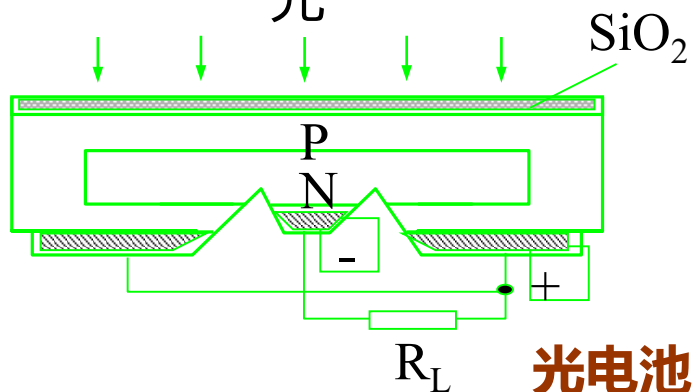
**命名方式：**把光电池的半导体材料的名称冠于光电池之前。如，硒光电池、砷化镓光电池、硅光电池等。

- 硅光电池价格便宜，转换效率高，寿命长，适于接受红外光。
- 硒光电池光电转换效率低(0.02%)、寿命短，适于接收可见光(响应峰值波长 $0.56\text{ }\mu\text{m}$ )，最适宜制造照度计。
- 砷化镓光电池转换效率比硅光电池稍高，光谱响应特性则与太阳光谱最吻合。且工作温度最高，更耐受宇宙射线的辐射。因此，它主要用于宇宙飞船、卫星、太空探测器等的电源。



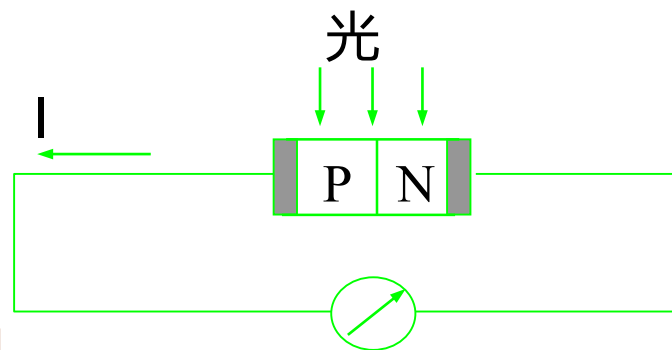
### 3.2.1. 光电池的结构和工作原理

硅光电池的结构如图所示。它是在一块N型硅片上用扩散的办法掺入一些P型杂质(如硼)形成PN结。当光照到PN结区时,如果光子能量足够大,将在结区附近激发出电子-空穴对,在N区聚积负电荷, P区聚积正电荷, 这样N区和P区之间出现电位差。若将PN结两端用导线连起来, 电路中有电流流过, 电流的方向由P区流经外电路至N区。若将外电路断开, 就可测出光生电动势。



(a) 光电池的结构图

光电池的示意图



(b) 光电池的工作原理示意图

光电池的表示符号、基本电路及等效电路如图所示。

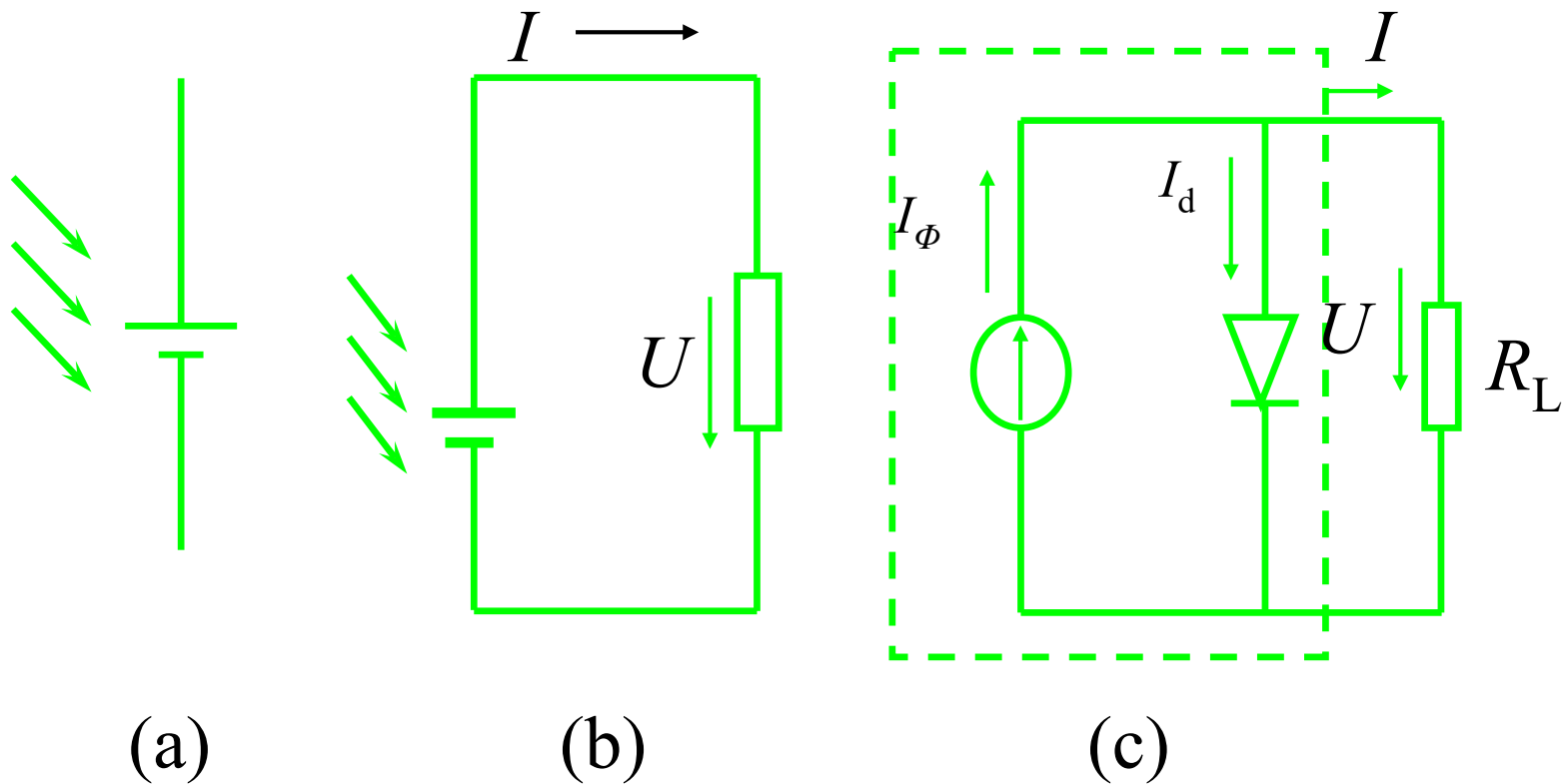
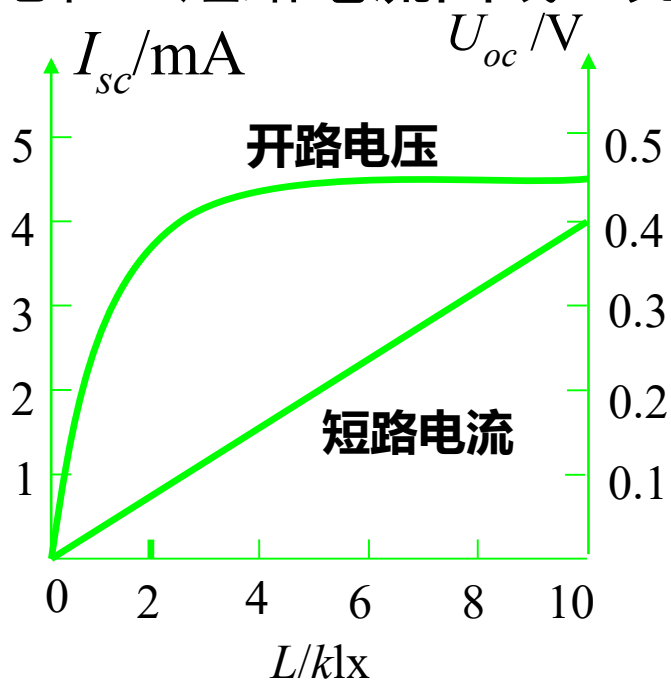


图4. 3-17 光电池符号和基本工作电路

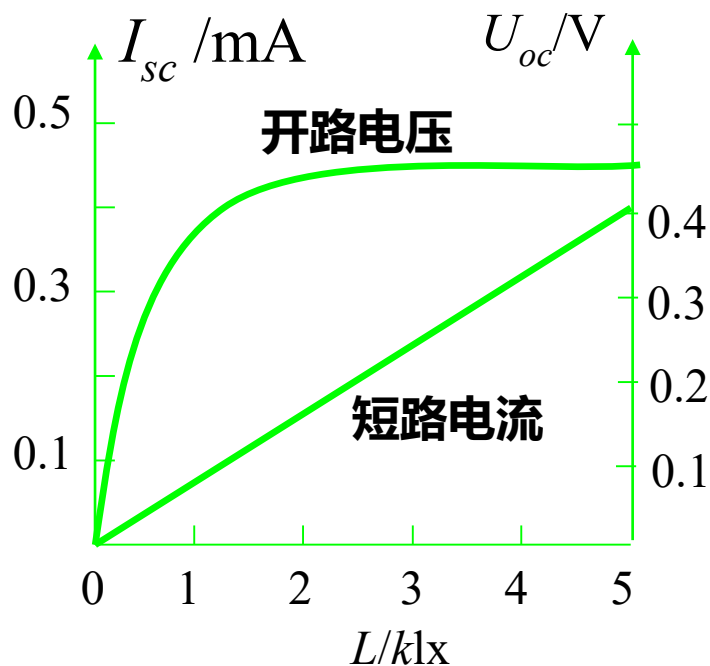
## 3.2.2 基本特性

### (1) 光照特性

开路电压曲线：光生电动势与照度的特性曲线，当照度为 $2000\text{lx}$ 时趋向饱和。短路电流曲线：光电流与照度的特性曲线

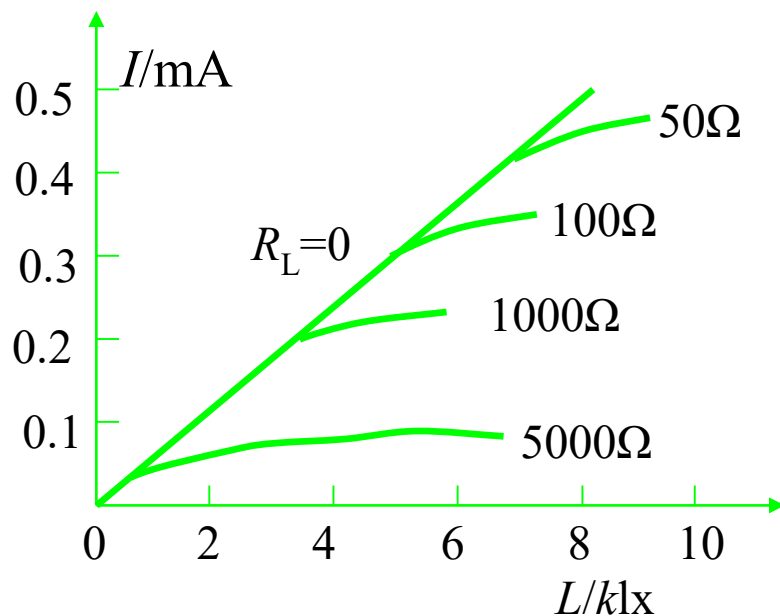


(a) 硅光电池



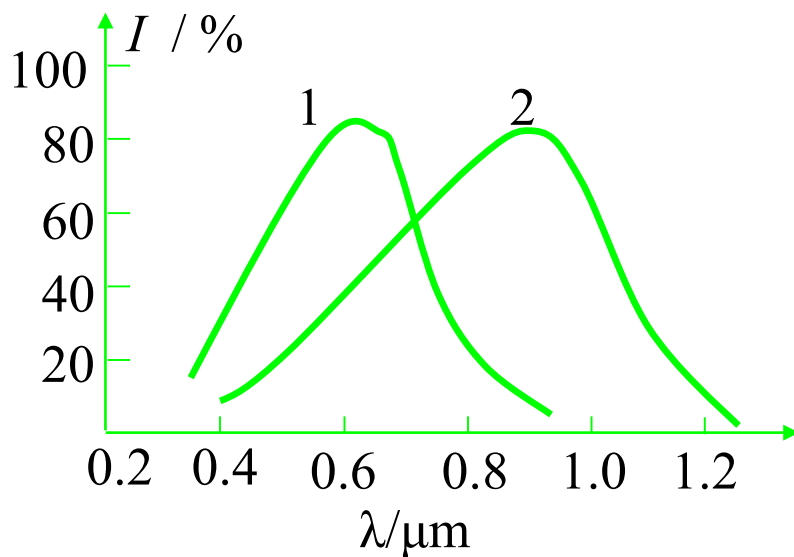
(b) 硒光电池

短路电流，指外接负载相对于光电池内阻而言是很小的。光电池在不同照度下，其内阻也不同，因而应选取适当的外接负载近似地满足“短路”条件。下图表示硒光电池在不同负载电阻时的光照特性。从图中可以看出，负载电阻 $R_L$ 越小，光电流与强度的线性关系越好，且线性范围越宽。



## (2) 光谱特性

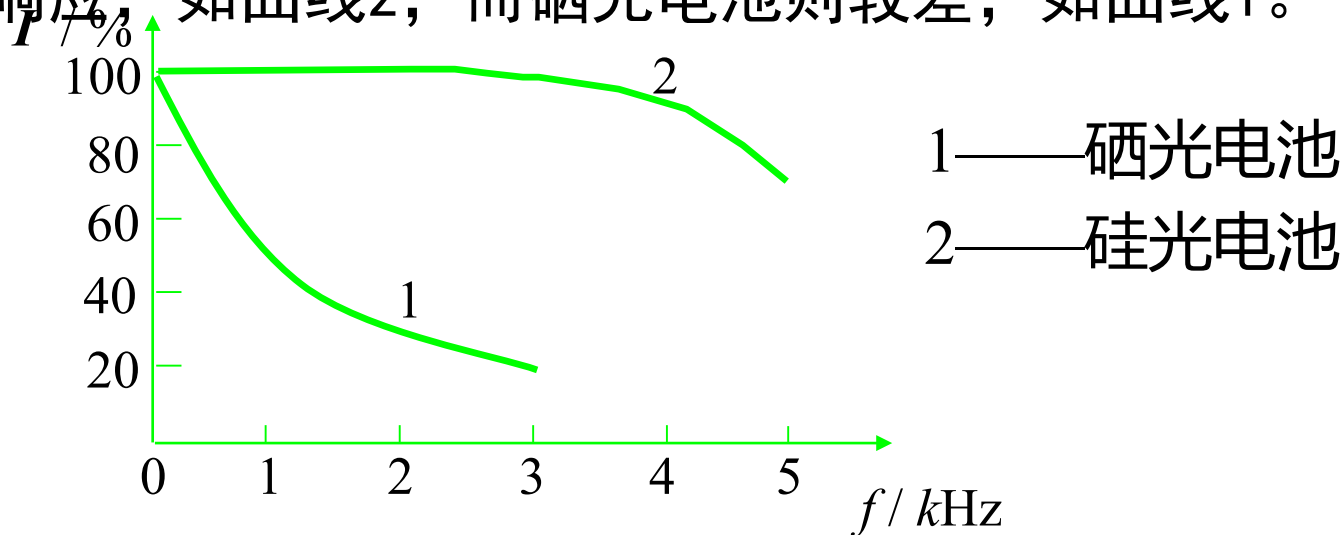
光电池的光谱特性决定于材料。从曲线可看出，硒光电池在可见光谱范围内有较高的灵敏度，峰值波长在540nm附近，适宜测可见光。硅光电池应用的范围400nm—1100nm，峰值波长在850nm附近，因此硅光电池可以在很宽的范围内应用。



1——硒光电池  
2——硅光电池

### (3) 频率特性

光电池作为测量、计数、接收元件时常用调制光输入。光电池的频率响应就是指输出电流随调制光频率变化的关系。由于光电池PN结面积较大，极间电容大，故频率特性较差。图示为光电池的频率响应曲线。由图可知，硅光电池具有较高的频率响应，如曲线2，而硒光电池则较差，如曲线1。



### 3.3 光敏二极管和光敏三极管

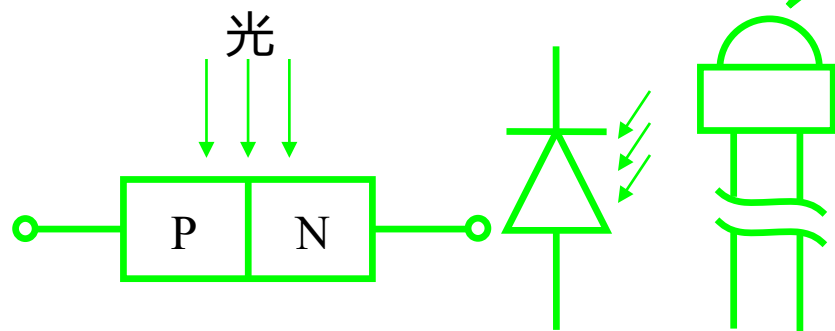
光电二极管和光电池一样，其基本结构也是一个PN结。它和光电池相比，重要的不同点是结面积小，因此它的频率特性特别好。光生电势与光电池相同，但输出电流普遍比光电池小，一般为几  $\mu\text{A}$  到几十  $\mu\text{A}$ 。按材料分，光电二极管有硅、砷化镓、锑化铟光电二极管等许多种。按结构分，有同质结与异质结之分。其中最典型的是同质结硅光电二极管。

国产硅光电二极管按衬底材料的导电类型不同，分为2CU和2DU两种系列。2CU系列以N-Si为衬底，2DU系列以P-Si为衬底。2CU系列的光电二极管只有两条引线，而2DU系列光电二极管有三条引线。

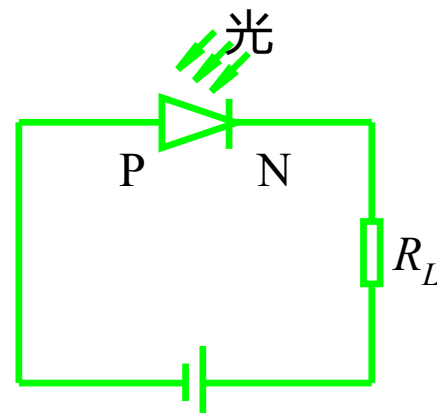
### 3.3.1. 光敏二极管

光敏二极管符号如图。锗光敏二极管有A, B, C, D四类；硅光敏二极管有2CU1A~D系列、2DU1~4系列。

光敏二极管的结构与一般二极管相似、它装在透明玻璃外壳中，其PN结装在管顶，可直接受到光照射。光敏二极管在电路中一般是处于**反向工作状态**，如图所示。



光敏二极管符号



光敏二极管接线



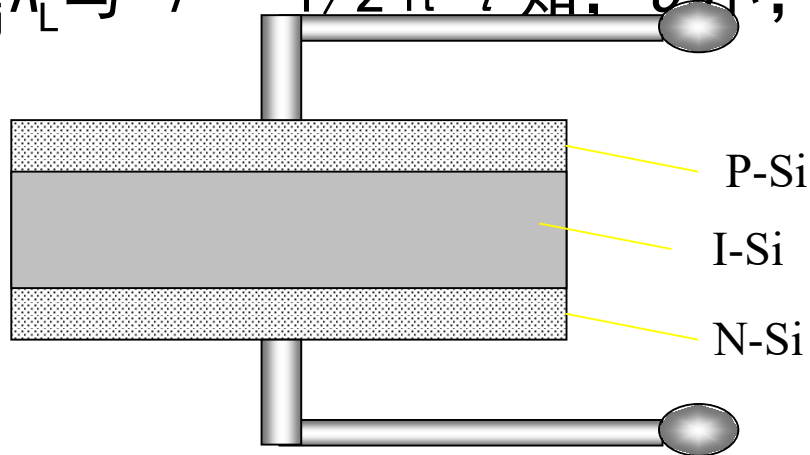
---

光敏二极管在没有光照射时，反向电阻很大，反向电流很小。反向电流也叫做暗电流。当光照射时，光敏二极管的工作原理与光电池的工作原理很相似。当光不照射时，光敏二极管处于截止状态，这时只有少数载流子在反向偏压的作用下，渡越阻挡层形成微小的反向电流即暗电流；受光照射时，PN结附近受光子轰击，吸收其能量而产生电子-空穴对，从而使P区和N区的少数载流子浓度大大增加，因此在外加反向偏压和内电场的作用下，P区的少数载流子渡越阻挡层进入N区，N区的少数载流子渡越阻挡层进入P区，从而使通过PN结的反向电流大为增加，这就形成了光电流。光敏二极管的光电流  $I$  与照度之间呈线性关系。光敏二极管的光照特性是线性的，所以适合检测等方面的应用。

## (1) PIN管结光电二极管

PIN管是光电二极管中的一种。它的结构特点是，在P型半导体和N型半导体之间夹着一层（相对）很厚的本征半导体。这样，PN结的内电场就基本上全集中于 I 层中，从而使PN结双电层的间距加宽，结电容变小。

由式  $\tau = C_j R_L$  与  $f = 1/2\pi\tau$  知， $C$  小， $\tau$  则小，频带将变宽。



**PIN管结构示意图**

---

**最大特点：**频带宽，可达10GHz。另一个特点是，因为I层很厚，在反偏压下运用可承受较高的反向电压，线性输出范围宽。由耗尽层宽度与外加电压的关系可知，增加反向偏压会使耗尽层宽度增加，从而结电容要进一步减小，使频带宽度变宽。

**不足：**I层电阻很大，管子的输出电流小，一般多为零点几微安至数微安。目前有将PIN管与前置运算放大器集成在同一硅片上并封装于一个管壳内的商品出售。

## (2) 雪崩光电二极管 (APD)

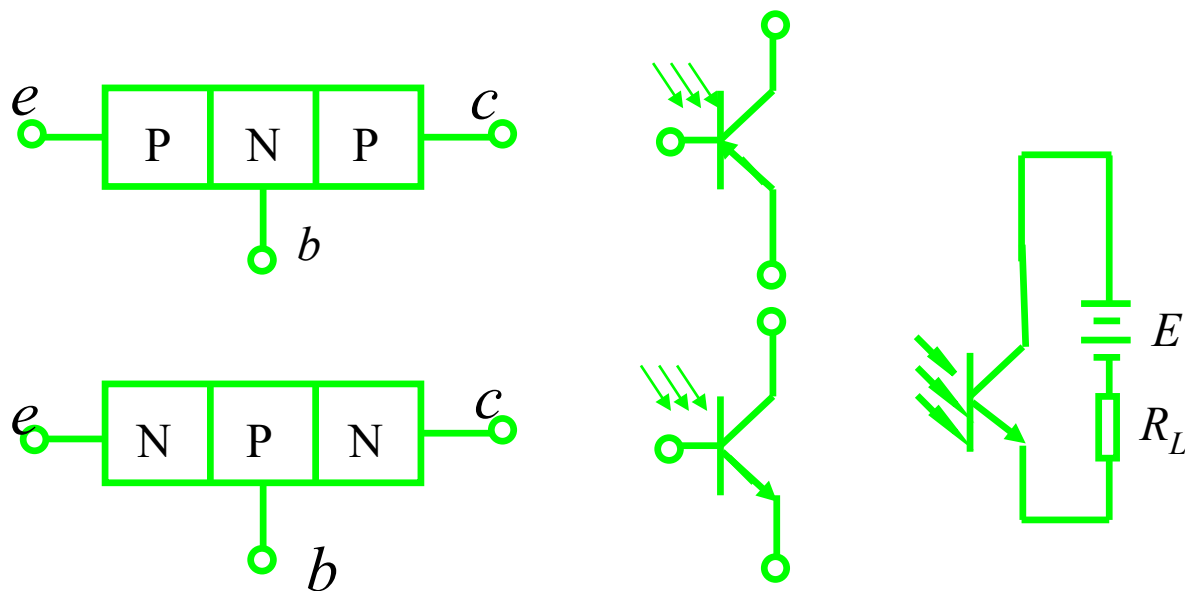
雪崩光电二极管是利用PN结在高反向电压下产生的雪崩效应来工作的一种二极管。

这种管子**工作电压很高**，约100~200V，接近于反向击穿电压。结区内电场极强，**光生电子在这种强电场中可得到极大的加速**，同时与晶格碰撞而产生电离雪崩反应。因此，这种管子有很高的内增益，可达到几百。当电压等于反向击穿电压时，**电流增益可达 $10^6$** ，即产生所谓的雪崩。这种管子响应速度特别快，**带宽可达100GHz**，是目前响应速度最快的一种光电二极管。

噪声大是这种管子目前的一个主要缺点。但由于APD的响应时间极短，灵敏度很高，它在光通信中应用前景广阔。

### 3.3.2. 光敏三极管

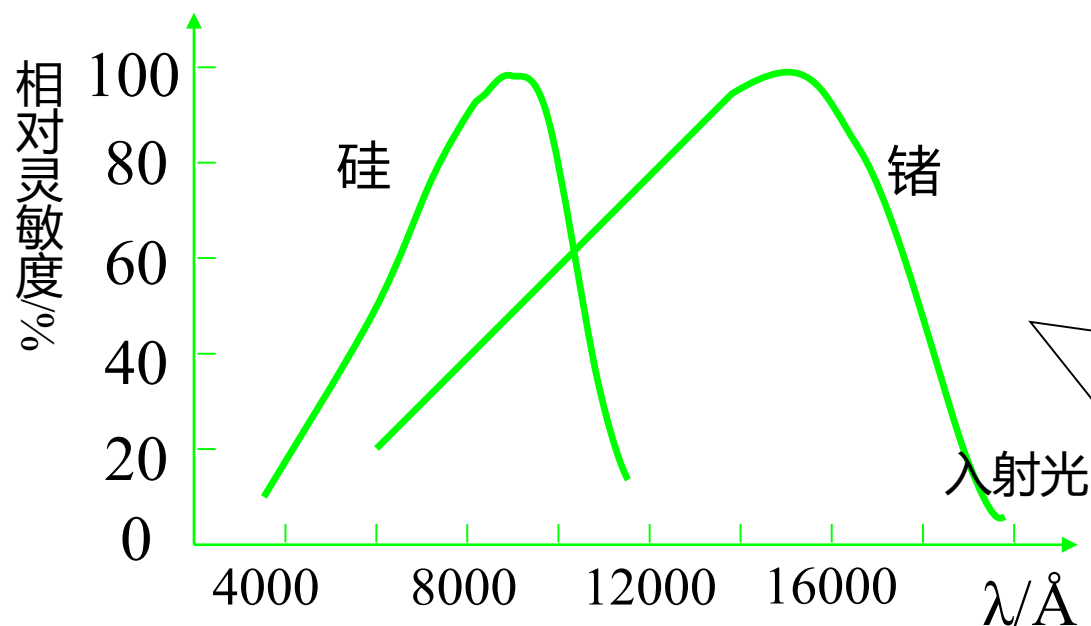
光敏三极管有PNP型和NPN型两种，如图。其结构与一般三极管很相似，具有电流增益，只是它的发射极一边做的很大，以扩大光的照射面积，且其基极不接引线。



## 光敏三极管的主要特性：

### (1) 光谱特性

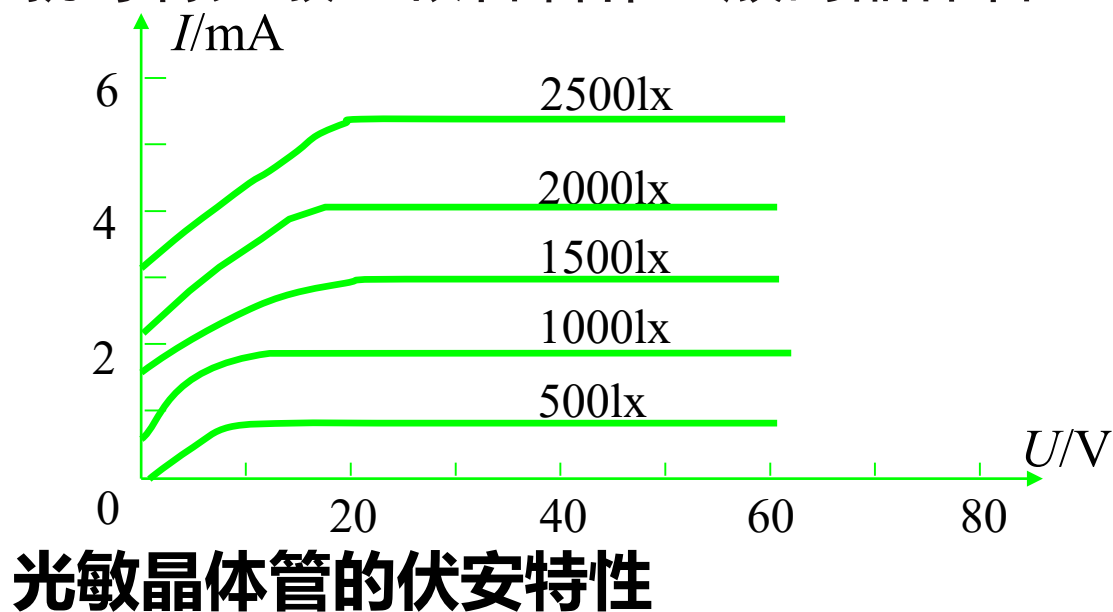
光敏三极管存在一个最佳灵敏度的峰值波长。当入射光的波长增加时，相对灵敏度要下降。



硅的峰值波长为 $9000\text{\AA}$ ，锗的峰值波长为 $15000\text{\AA}$ 。由于锗管的暗电流比硅管大，因此锗管的性能较差。故在可见光或探测赤热状态物体时，一般选用硅管；但对红外线进行探测时，则采用锗管较合适。

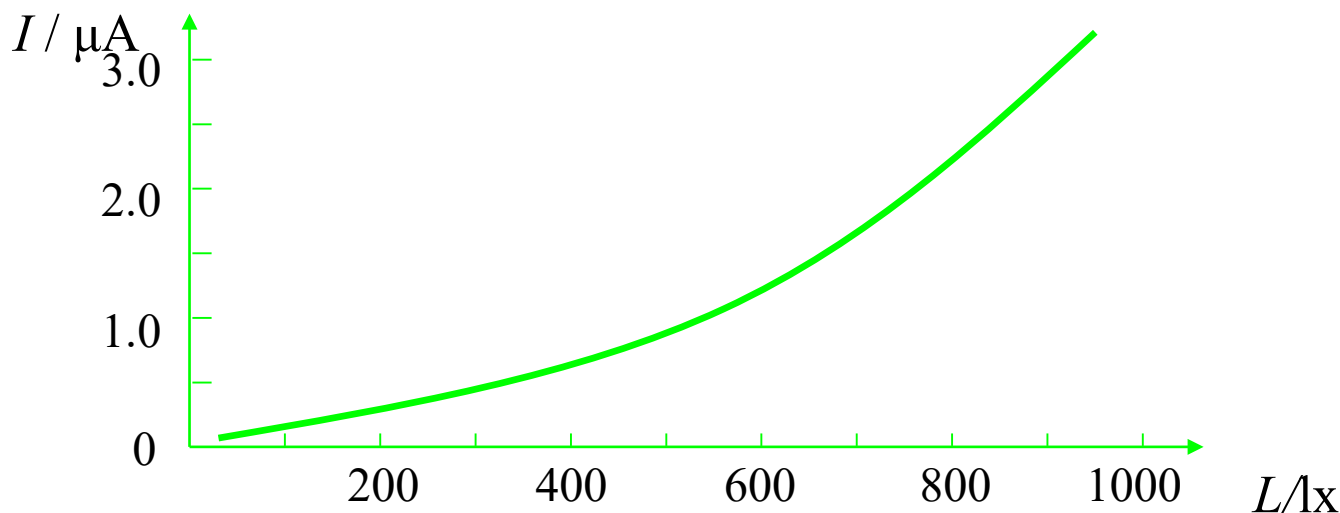
## (2) 伏安特性

如图所示。光敏三极管在不同的照度下的伏安特性，就像一般晶体管在不同的基极电流时的输出特性一样。因此，只要将入射光照在发射极e与基极b之间的PN结附近，所产生的光电流看作基极电流，就可将光敏三极管看作一般的晶体管。



### (3) 光照特性

光敏三极管的光照特性如图所示。它给出了光敏三极管的输出电流  $I$  和照度之间的关系。当光照足够大(几klx)时,会出现饱和现象。光敏三极管既可作线性转换元件,也可作开关元件。

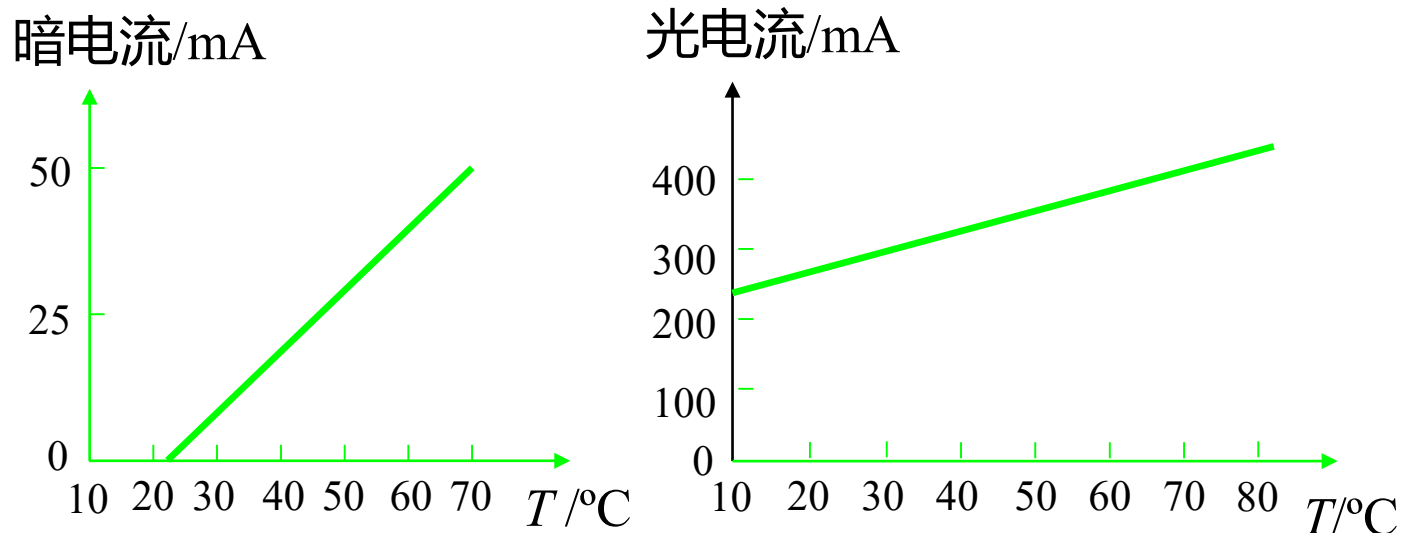


光敏晶体管的光照特性



#### (4) 温度特性

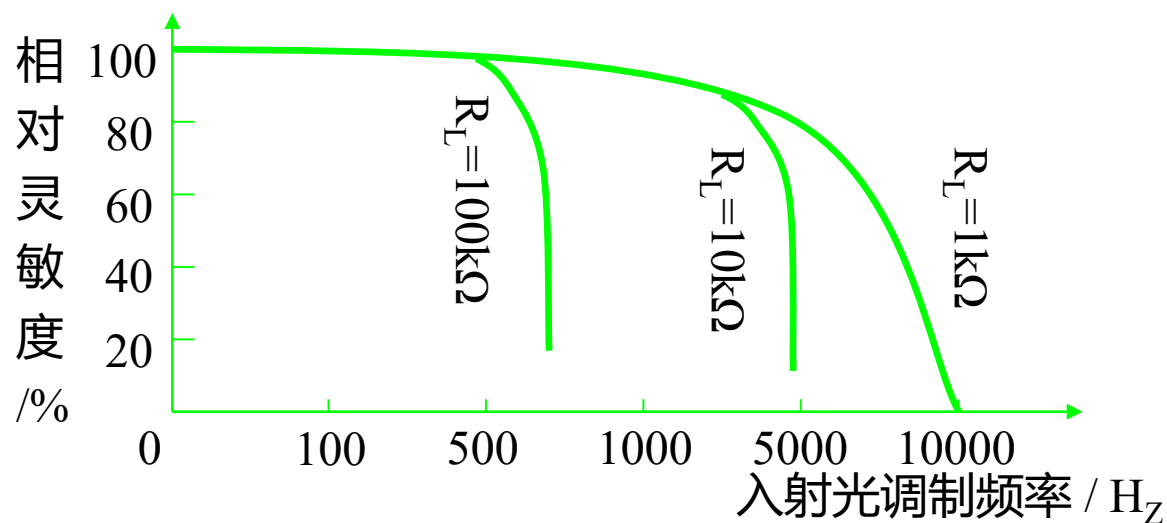
光敏三极管的温度特性曲线反映的是光敏三极管的暗电流及光电流与温度的关系。从特性曲线可以看出，温度变化对光电流的影响很小，而对暗电流的影响很大。



光敏晶体管的温度特性

## (5) 光敏三极管的频率特性

光敏三极管的频率特性曲线如图所示。一般来说，光敏三极管的频率响应比光敏二极管差。对于锗管，入射光的调制频率要求在5kHz以下。硅管的频率响应要比锗管好。



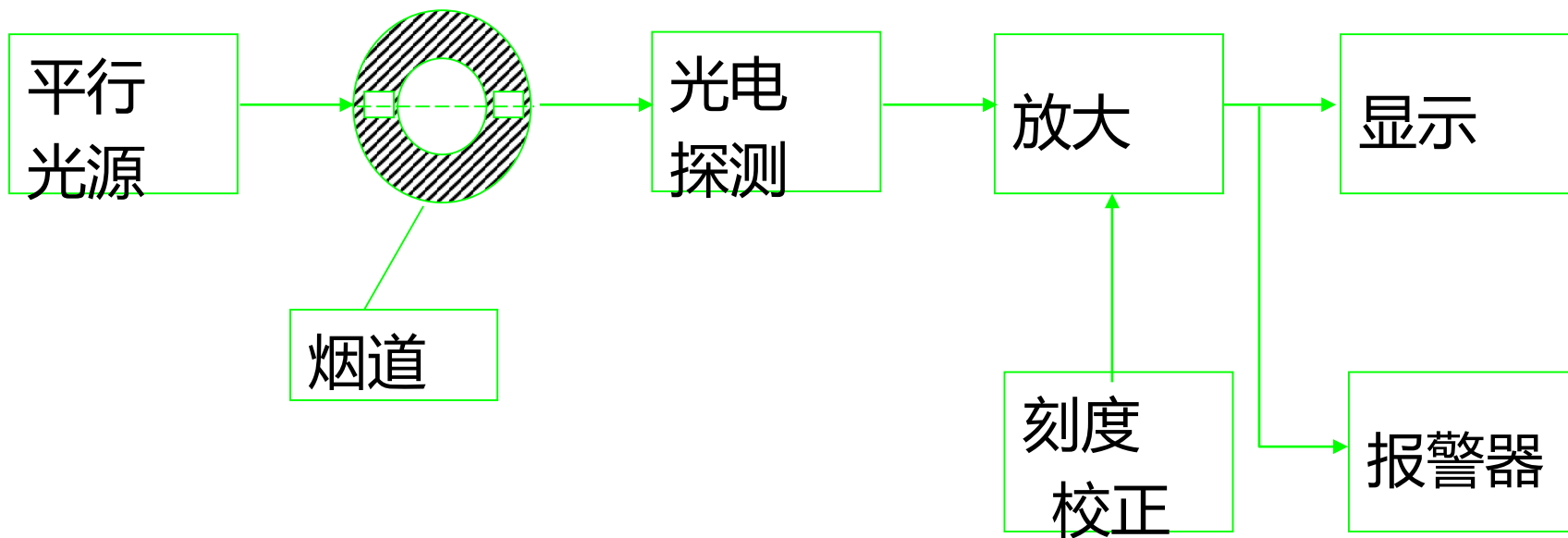
光敏晶体管的频率特性

## 4 应用

---

### 一、烟尘浊度监测仪

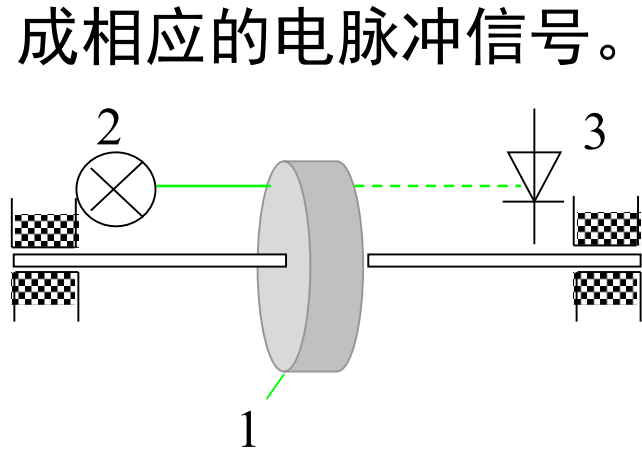
防止工业烟尘污染是环保的重要任务之一。为了消除工业烟尘污染，首先要知道烟尘排放量，因此必须对烟尘源进行监测、自动显示和超标报警。烟道里的烟尘浊度是用通过光在烟道里传输过程中的变化大小来检测的。如果烟道浊度增加，光源发出的光被烟尘颗粒的吸收和折射增加，到达光检测器的光减少，因而光检测器输出信号的强弱便可反映烟道浊度的变化。



**吸收式烟尘浊度检测系统原理图**

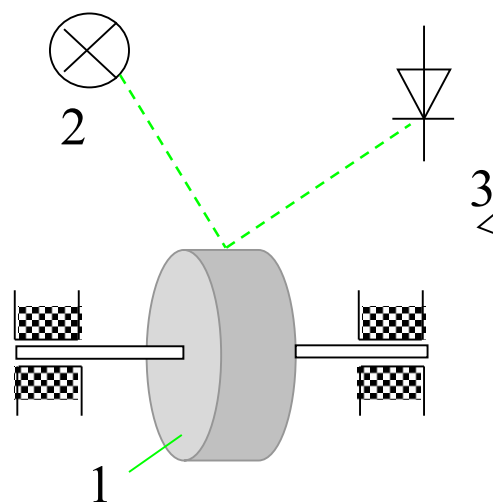
## 二、光电转速传感器

下图是光电数字式转速表的工作原理图。图(a)是在待测转速轴上固定一带孔的转速调置盘，在调置盘一边由白炽灯产生恒定光，透过盘上小孔到达光敏二极管组成的光电转换器上，转换成相应的电脉冲信号。



(a)

光电数字式转速表工作原理图



(b)

在待测转速的轴上固定一个涂上黑白相间条纹的圆盘，它们具有不同的反射率。当转轴转动时，反光与不反光交替出现，光电敏感器件间断地接收光的反射信号，转换为电脉冲信号。

---

作业：

P66: 9-1 9-5 9-8 9-12

学习的例题：

例9-3