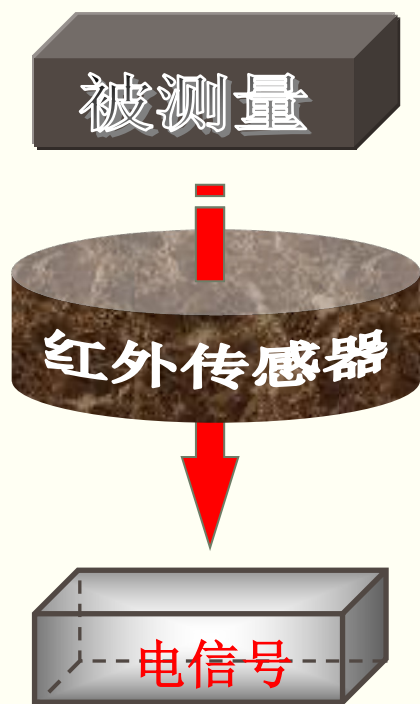


2.11 红外传感器

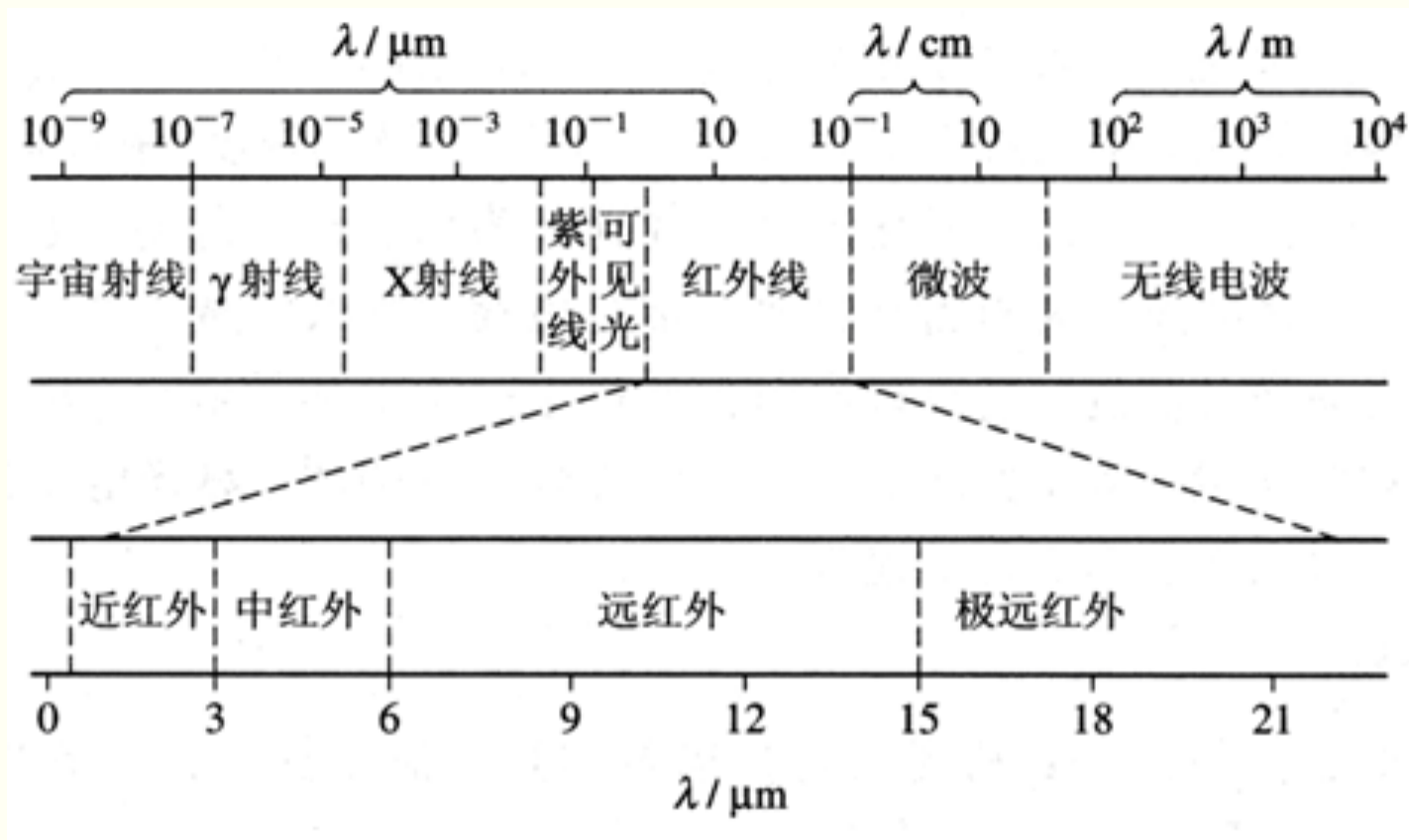
定义

利用红外线的物理性质进行参数检测的传感器

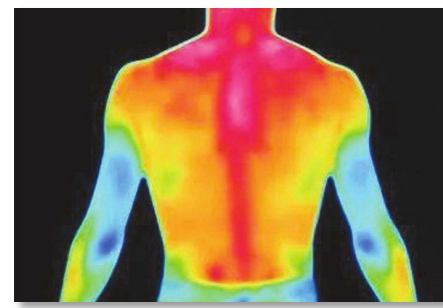


1、红外辐射

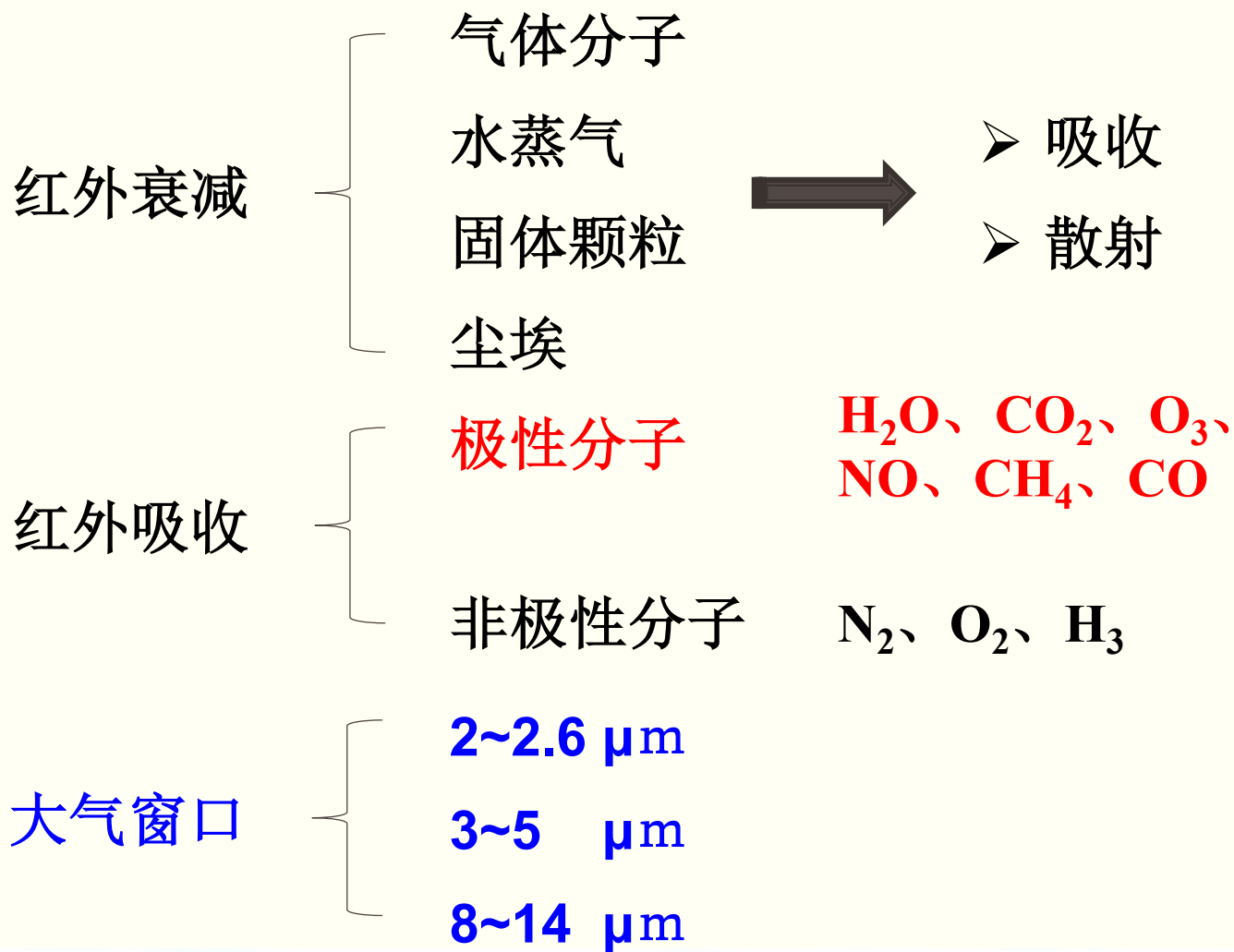
红外线是特定区段的电磁波，其波长范围为：**0.76~1000 μm**



- 红外辐射的物理本质是**热辐射**
- 任何物体，只要其温度高于绝对零度，就会向周围空间辐射红外线。物体的温度越高，辐射出的红外线越多，红外辐射的能量就越强
- 太阳光谱中各种单色光的热效应从紫色到红色是逐渐增强的，最强热效应出现在红外频率范围
- 红外辐射被物体吸收后可以转化为热能，引起物体温度的升高。
- 红外辐射作为电磁波的一种形式可以以波的形式在空间直线传播，具有电磁波的一般特性，如**反射**、**折射**、**散射**、**干涉**和**吸收**等



大气窗口

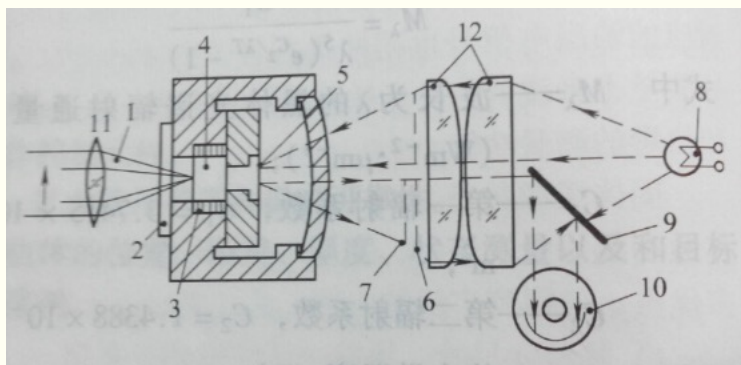


2、红外传感器

- 一种能将红外辐射能转换成电能的器件
- 一般由光学系统、探测器和信号调理电路等部分组成。
- 按工作原理的不同，可分为
 - 热电红外传感器
 - 光电红外传感器

1) 热电红外传感器

- 利用红外辐射的 “**热电效应原理**” 工作
 - 探测元件吸收红外辐射 → 自身温度升高 → 有关物理参数（如阻值）变化
 - 通过测量该物理参数的变化来确定探测器所吸收的红外辐射
- 常用的热电探测器有
 - 热敏电阻型、热电偶型、高莱气动型及**热释电型**



1-红外辐射 2-透红外窗口 3-吸收薄膜 4-气室
5-柔镜 6-光阑 7-光栅图像 8-可见光源 9-反射
镜 10-光电管 11-红外透镜 12-光学透镜

热电红外传感器

主要优点是

响应波段宽，响应范围可扩展到整个红外区域
可在常温下工作，使用方便，应用相当广泛

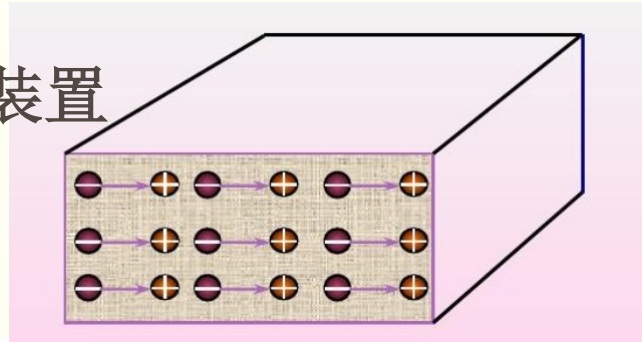
主要缺点

热敏材料的热效应需要一定的平衡时间，因此，热敏电阻型、热电偶型和高莱气动型热电探测器的响应速度慢，响应时间较长

热释电红外传感器

热释电材料（PZT，铌酸锂、钛酸钡等）自发极化，当光照引起材料温度升高（如红外光）时，由于温度升高而引起极化变弱，束缚电荷减少从而使电极的感生自由电荷减少——电荷释放，产生电流。

- 由于热释电信号正比于器件温升的时间变化率，无热平衡过程，响应速度快，探测率高，而且频率响应范围宽
- 不适合测量恒定的红外辐射信号。
 - 探测元件前面加机械式的周期遮光装置
- 硫酸三甘肽系列水溶性晶体



2) 光电红外传感器

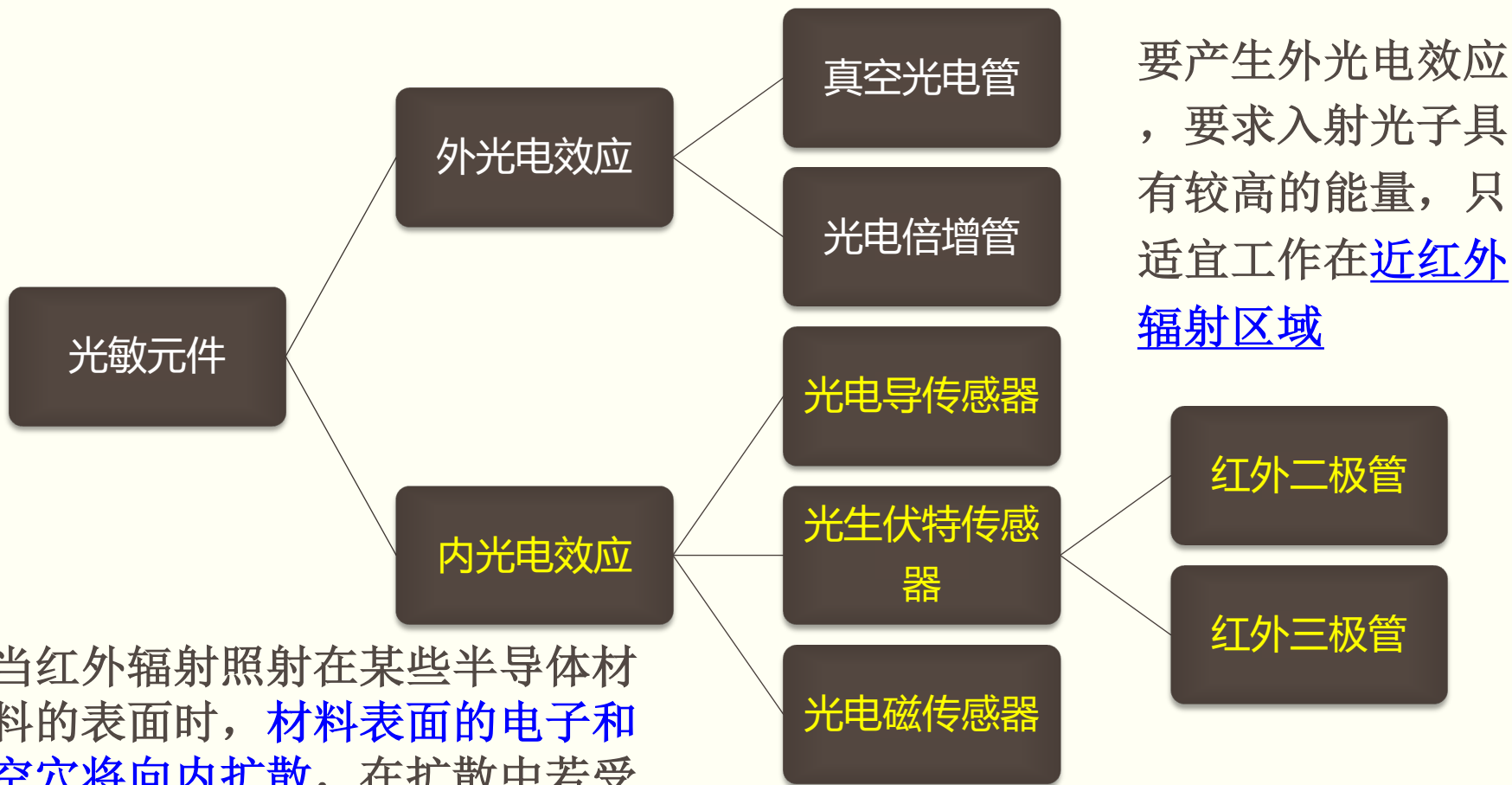
利用红外辐射的**光电效应原理**

✓ 灵敏度高，响应速度快，具有较宽的响应频率

× **探测波段较窄，一般需在低温下工作**，光电红外传感器的灵敏度是依赖于传感器自身的温度。要得到较高的灵敏度，就必须将光电红外传感器冷却至较低的温度。通常采用的冷却剂为液氮

□ **热电红外传感器通常灵敏度比光电红外传感器低**，但在室温下也能较好地工作，同时响应频段较宽，响应范围能扩展到整个红外区域。

光敏元件



要产生外光电效应，要求入射光子具有较高的能量，只适宜工作在近红外辐射区域

当红外辐射照射在某些半导体材料的表面时，材料表面的电子和空穴将向内扩散，在扩散中若受强磁场的作用，电子和空穴则各偏向一边，因而产生开路电压

3、红外传感器的基本特性

• 灵敏度

传感器的输出电压与输入红外辐射功率之比（电压响应率）

$$R_V = \frac{u_o}{p \cdot A_d}$$

u_o 为红外传感器的输出电压

p 为照射到红外敏感元件单位面积上的红外辐射功率

A_d 为红外传感器敏感元件的面积

• 响应波长范围/光谱响应

传感器的电压响应与入射红外辐射波长之间的关系

- 热电传感器的电压响应率与波长无关
- 光电型传感器的电压响应率曲线是一条随波长变化的曲线

一般将响应率最大值所对应的波长称为峰值波长

峰值波长两边，响应率下降到最大值的一半所对应的波长称为截止波长

由两个截止波长所围成的光谱区域表示红外传感器使用的波长范围

红外传感器的基本特性

- 噪声等效功率

信噪比为1时的入射红外辐射功率，也是红外器件探测到的最小辐射功率

$$NEP = \frac{U_N}{R_V}$$

U_N 为红外传感器输出的噪声电平

R_V 为灵敏度（即电压响应率）

↓ 越灵敏

- 探测率

噪声等效功率的倒数

$$D = \frac{1}{NEP} = \frac{R_V}{U_N}$$

↑ 越灵敏

红外传感器的基本特性

- 比探测率

归一化探测率，或者叫探测灵敏度。传感器的敏感元件面积为单位面积，放大器的带宽为1Hz，单位辐射功率所产生的信号电压与噪声电压之比

$$D^* = (1 / \text{NEP}) \sqrt{A_0 \Delta f} = D \sqrt{A_0 \Delta f} = (R_v / U_N) \sqrt{A_0 \Delta f}$$

- 时间常数/滞后时间

衡量红外传感器的输出信号响应快慢

$$\tau = \frac{1}{2\pi f_c}$$

□ f_c 为响应率下降到最大值的0.707倍（3 dB）时的调制频率

4、红外辐射的基本定律

- 基尔霍夫定律

物体向周围发射红外辐射时，同时也吸收周围物体发射的红外辐射。

如果几个物体处于同一温度场中，各物体的热发射本领正比于它的吸收本领

$$W_R = \alpha \cdot W_o$$

W_R 为物体在单位时间和单位面积内辐射出的辐射能

α 为物体辐射吸收度

W_o 为常数，为黑体在相同条件下辐射出的辐射能

黑体：在任何情况下对一切波长的入射辐射吸收率都等于1的物体

红外辐射的基本定律

- 斯蒂芬-玻尔兹曼定律

物体温度越高，发射的红外辐射能越多，在单位时间内其单位面积辐射的总能量与温度的四次方成正比

$$W = \sigma \varepsilon T^4$$

ε 黑度系数，即物体表面辐射本领与黑体辐射本领之比值

σ 斯蒂芬-玻尔兹曼常数 $\sigma = 5.67 \times 10^{-8} W / (m^2 \cdot K^4)$

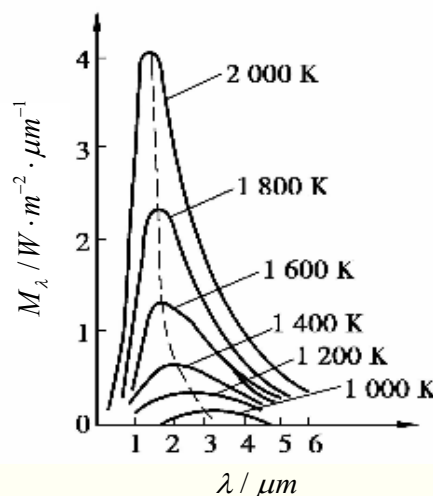
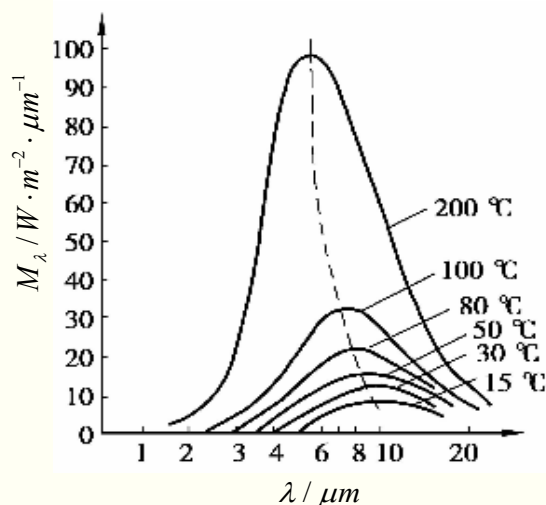
T 物体的热力学温度

红外辐射的基本定律

- 维恩位移定律

红外辐射的电磁波中，包含着各种波长，其峰值辐射波长与物体自身的绝对温度成反比

$$\lambda_m = \frac{2.897 \times 10^{-3}}{T} (\mu\text{m})$$



随着温度的升高，其峰值波长向短波方向偏移，在温度不是很高的情况下，峰值辐射波长在红外区域

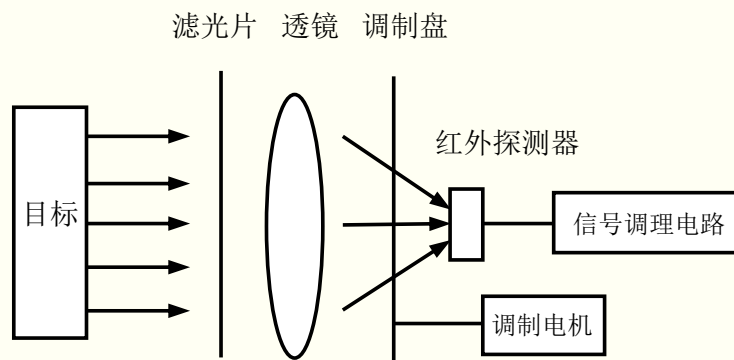
6、红外传感器的结构

- 红外传感器一般由光学系统、敏感元件、前置放大器和信号调制器组成
- 根据测量方式可以分为
 - 被动式红外传感器
 - 主动式红外传感器
 - 根据传感器中光学系统的结构不同可分为
 - 透射式红外传感器
 - 反射式红外传感器

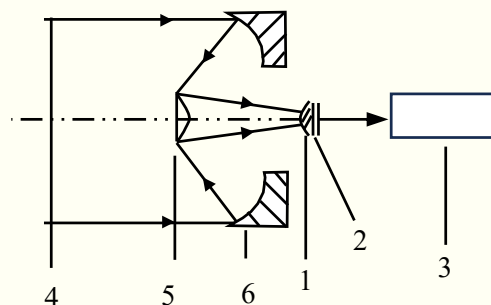
红外传感器分类

被动式：被测物体本身就是红外辐射源，利用红外敏感元件测量物体的辐射强度/温度，或者进行热成像。

主动式：利用红外辐射源对物体进行照射，使红外辐射被吸收、反射或者透射，从而导致物体自身或者红外光性质发生变化，再利用外敏感元件进行检测。



透射式



1-浸没透镜；2-检测元件；3-前置放大镜；4-聚乙烯薄膜；5-次反射镜；6-主反射镜

反射式

7、红外传感器的应用

- 红外测温、红外成像、红外遥感、红外测距、气体检测
 - 辐射计，用于辐射和光谱测量；
 - 搜索和跟踪系统，用于搜索和跟踪红外目标，确定其空间位置并对它的运动进行跟踪；
 - 热成像系统，可产生整个目标红外辐射的分布图像；
 - 红外测距和通信系统；
 - 混合系统，是指以上各类系统中的两个或者多个的组合
- 具有以下特点：
 - 测量过程中不影响被测目标的温度分布，可用于对远距离、带电，以及其他不能直接接触的物体进行温度测量；
 - 响应速度快，可应用于对高速运动物体进行测量；
 - 灵敏度高，能分辨微小的温度变化；
 - 测温范围宽，能测量-10~1300C°之间的温度