

ARTICLE
文章中心

产品

通用基础资料
光电倍增管（PMT）
微通道板（MCP）
硅光电倍增管（MPPC）
雪崩光电二极管（APD）
光电二极管（PD）
位置探测器（PSD）
图像传感器
微型光谱仪
光IC（photoIC）
红外传感器
X射线传感器
空间光调制器（SLM）
微焦点射线源（MXF）
量子级联激光器（QCL）
激光驱动光源（LDLS）
相机
NanoZoomer
Quantaurs
红外荧光定位观察相机（PDE）
FTIR引擎
失效分析系统（FA）
火焰探测器（UVTRON）
放大器
MEMS震镜
电子倍增器（EMs）
拉曼光谱仪（SERS）
脉冲激光二极管（PLD）
隐形切割（SDE）
激光加热光源
光源

应用

综合性应用
分析领域
医疗领域
学术领域
产业领域
计测领域

其他

滨松技术问答活动
滨松分享月刊

产品介绍

您的位置：首页--文章中心--红外传感

红外传感器的基础知识介绍

分享:



在线留言



赵强 (zq@hamamatsu.com.cn)

光学基础

关于光的本质，许多世纪以来同时存在互相矛盾的论点,但都在相互补充，不断进步。

一、光的本质

- 1.光微粒说：早在17世纪牛顿就提出光的微粒学说。他认为光是由有弹性的球形微粒所组成，称为"光微粒"。据此牛顿说明了光的直线传播、反射和折射定律。
- 2.光波动说：与牛顿同时代人惠更斯提出了光的波动学说。他认为光是以球面波的形式传播的。如果光在传播过程中遇到障碍物的 小孔，则在小孔后面形成新的球面波，根据这一理论可以解释光的干涉和衍射现象。
- 3.电磁波说：19世纪麦克斯韦提出光的电磁波理论。他认为光是一种在空间传播的电磁波。该理论涉及光的电磁本质，指出光和电磁性质的一致性。证明了X线、紫外线、可见光、红外线和无线电波等在本质上是相同的，所不同的只是波长上的差别而已。
- 4.量子论说：20世纪初普朗克提出光的量子论学说。他认为：发光体的原子在发射光波时，是一份一份地发射的，光源好象射出一个一个"能量颗粒"，每个能量颗粒大小是固定的，称为这种光的一个量子。量子的大小只与这种光的频率有关。据此学说，光除了波动性外，还具有用量子表示的微粒性。量子的大小决定于频率，所以紫外线的量子比较大，可见光的量子次之，红外线的量子更小。该学说能解释光的热效应、化学效应、荧光现象及光压等。

二、光的分类

根据光的波长分为可见光和不可见光。

- 1.可见光：占全部电磁波谱的极小部分。当阳光通过棱镜后，由于不同波长的光线穿透介质产生的折射角度不同，因而在棱镜后面的白屏上阳光分散成红、橙、黄、绿、青、蓝、紫七色光。可见光的波长为400~760nm（纳米）。
- 2.紫外线：在紫色光之外端谓紫外线，肉眼不可见光，波长约为4~399nm.在紫外线之外端还有x射线、r射线、宇宙射线。
- 3.红外线：在红色光之外端谓红外线，亦为不可见光,波长0.76~1000μm。红外线之外端还有微波，无线电波。

红外辐射与红外光谱

回到顶部

一、红外光谱

一切高于绝对零度（OK，-273.16℃）的物体都有自身的辐射热，只是常温物体的辐射峰值不处在人类视觉范围内，而处于红外波段，因而人眼不能看到常温物体的自身辐射(在自然界事实不存在绝对零度的物体)。

1800年，美国天文学家威·赫谢尔（V．Herschel）在研究太阳光谱各部位的效应时，使一支涂黑了的水银温度计受太阳连续光谱照射，发现在红色那一端外水银柱指示出较高的温度，从而确定了不可见的红外线的存在。此后又发现热效应从紫光到红光逐渐增强，而最大值是在红光边界以外。由此表明在太阳光谱红光边界之外，还存在着人眼看不见的辐射能量，当时称这种辐射能量为"看不见的光线"，后称之为"红外线"，或"红外辐射"。其频率范围为3×10¹¹~4×10¹⁴H z之间。人体是天然辐射体，辐射率高达0.98,辐射峰值波长为9.3482μm.人体各部位温度的差别，峰值在9~10μm。

对于红外的划分，一直没有一个统一的定义，目前常采用分法有两种，一种是：(1)即波长0.72~1.5 μm为近红外波段，1.5~5.6 μm为中红外波段，5.6~1000 μm为远红外波段；(2)0.76~25μm为近红外，25~30μm为中红外，30~1000 μm为远红外。

在红外波段中，波长以μm 为单位，频率用 c m⁻¹，它表明在真空中1 c m路程内所含波长的数目。

在红外光谱学中，通常用“波数” $\bar{\nu}$ 这个参数来表征。

$$\bar{\nu} = \frac{1}{\lambda \text{ (cm)}} = \frac{10^4}{\lambda(\mu\text{m})}$$

Figure 1-1 Blackbody spectral radiant emittance

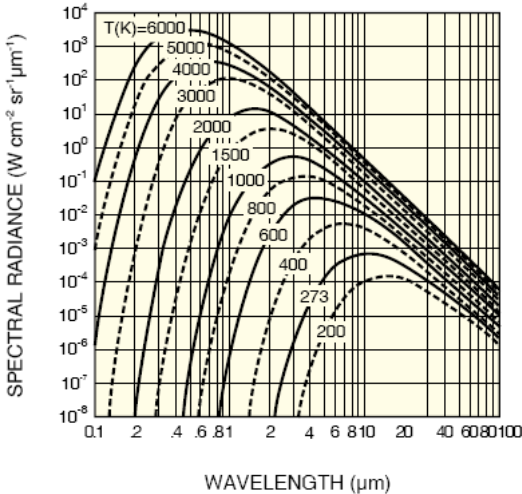


图1. 典型黑体辐射谱

Table 1-2 Types of infrared radiation sources ¹⁾

Type	Method	Material	Radiation source example	Wavelength (μm)	Remark
Thermal radiation	Resistor heating by current flow	Tungsten	Infrared bulb	1 to 2.5	Long wavelength region is cut off by external bulb (glass). Secondary radiation is emitted through the tube.
		Nichrome Kanthal	Electric heater	2 to 5	
		Silicon carbide (siliconate)	Globar	1 to 50	Constant voltage, large current.
	Secondary heating by other power source	Ceramic	Nernst glower	1 to 50	Pre-heating is needed.
		Metal (stainless steel, etc.)	Sheath heater	4 to 10	
		Ceramic	IRS type lamp	4 to 25	
	Heating by discharge	Carbon	Radiant burner	1 to 20	Heating by gas burning
Cold radiation	Gas discharge	Mercury Cesium Xenon	Mercury lamp Xenon lamp	0.8 to 2.5	Causes some environmental problems such as soot.
Stimulated emission	Laser reaction	Carbon dioxide Gallium arsenic compounds Lead compounds	CO ₂ laser InGaAsP laser PbSnTe laser	9 to 11 1.1 to 1.5 6 to 7	Long wavelength region is cut off by external bulb. Secondary radiation is emitted through the tube.

图2. 典型红外发射光源

二、红外线特性

红外线和可见光一样都是电磁波，因此也具有可见光的一般性质，如遵从反射和折射定律；存在着干涉、衍射和偏振现象。由于电磁波具有波动性和量子性，所以红外线还以光子形式存在。

光的能量以光子为量子，即普朗克(Planck)常数h=6.623*10⁻³⁴尔格J·s

$$\text{光能 } \varepsilon = h \cdot \nu = hc (1/\lambda)$$

红外线和可见光一样具有直线传播特性，并服从可见光的反射、吸收、透射规律。

$$P = P_p + P_a + P_\tau$$

说明：反射率：Pp/P=p 吸收率：Pa /P=a 透射率：Pτ /P=τ ∴a + p+τ= 1

红外线与其它电磁波不同，具有其特殊性：

- 1. 需要红外探测器才能显示：由于人眼见不到红外线,所以在研究与应用时，就必须要有对红外线敏感的探测器，如利用其敏感效应而制造的各类热敏感探测器，利用其电效应而制成的各类光电探测器等。
- 2. 光化学作用较差：红外线光子能量小，例如波长为100μm的红外光子，其能量仅为可见光光子能量的1 /200。由于其光化学作用比可见光差，不能使普通相底上的溴化银分子分解，所以普通照相胶片不易感光。红外摄影底片是在感光乳剂中加入一定的特种材料，才能使红外线感光。
- 3. 热效应显著：与可见光相比热效应显著，如当手靠近白炽电灯时，皮肤有强烈的灼热感，因白灼电灯光线中有大量红外线；当手靠近日光灯时，则几乎感觉不到热的刺激，因其不含有红外线。太阳光中约70%是红外线，故太阳温暖。
- 4. 红外线易被一般物质所吸收，穿透力也较弱。
- 5 .产生红外线的机理与其它波长的电磁波也不相同。

Figure 1-2 Wavelength regions of major infrared lasers

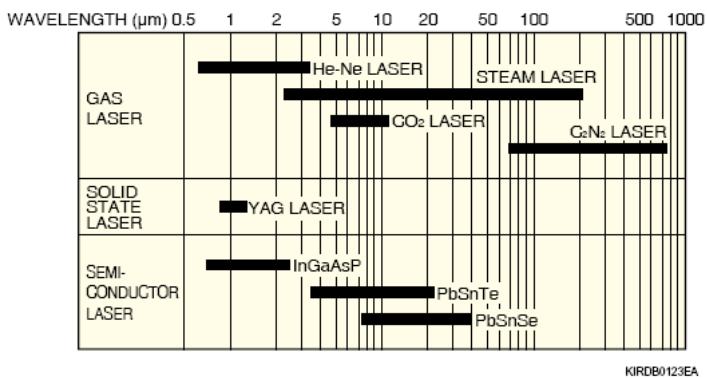


图3. 典型红外探测器和激光器

红外传感器基础

红外传感器按照分类可分为 1、热传感器 2、光子传感器

一、热传感器

热探测器利用探测元件吸收红外辐射后产生温升，然后伴随发生某些物理性能的变化。测量这些物理性能的变化就可以测量出它吸收的能量或功率。具体过程是这样的：第一步是热探测器吸收红外辐射引起温升；第二步是利用热探测器某些温度效应，温升转变成电量的变化。常利用的物理性能变化有下列四种，热敏电阻型，热电偶型，热释电型，高莱气动型。

热敏电阻型

热敏物质吸收红外辐射后，温度升高，阻值发生变化。阻值变化的大小与吸收的红外辐射能量成正比。利用物质吸收红外辐射后电阻发生变化而制成的红外探测器叫做热敏电阻。热敏电阻常用来测量热辐射。热敏电阻有金属和半导体两种。

$R(T) = AT - C_e D/T$

[回到顶部](#)

R(T): 电阻值；T：温度；A，C，D：随材料而变化的常数

金属热敏电阻，电阻温度系数为正，绝对值比半导体小，电阻与温度的关系基本上是线性的，耐高温能力较强，多用于温度的模拟测量。半导体热敏电阻恰恰相反，用于辐射探测，如报警、防火系统、热辐射体搜索和跟踪。

热电偶型

热电偶也叫温差电偶，是最早出现的一种热电探测器件，其工作原理是热电效应。由两种不同的导体材料构成的接点，在接点处可产生电动势。热电偶接收辐射的一端称为热端，另一端称为冷端。所谓热电效应，即如果把这两种不同的导体材料接成回路，当两个接头处温度不同时，回路中即产生电流。

为提高吸收系数，在热端都装有涂黑的金箔构成热电偶的材料，既可以是金属，也可以是半导体。在结构上既可以是线、条状的实体，也可以是利用真空沉积技术或光刻技术制成的薄膜。实体型的温差电偶多用于测温，薄膜型的温差电堆（有许多个温差电偶串联而成）多用于测量辐射。

热电偶型红外探测器的时间常数较大，所以响应时间较长，动态特性较差，北侧辐射变化频率一般应在10HZ以下。在实际应用中，往往将几个热偶串联起来组成热电堆来检测红外辐射的强弱。

热释电型

热释电型红外探测器是由具有极化现象的热释电晶体或称“铁电体”制作的。热释电晶体是压电晶体中的一种，具有非中心对称的结构。自然状态下，在某些方向上正负电荷中心不重合，在晶体表面形成一定量的极化电荷，称为自发极化。晶体温度变化是，可引起警惕正负电荷中心发生位移，因此表面的极化电荷即随之变化。通常其表面俘获大气中的浮游电荷而保持电平衡状态。处于电平衡状态的铁电体，当红外线照射到其表面上时，引起铁电体（薄片）温度迅速升高，极化强度很快下降，束缚电荷急剧减少；而表面浮游电荷变化缓慢，跟不上铁电体内部的变化。

从温度变化引起极化强度变化到在表面重新达到电平衡状态的极短时间内，在铁电体表面有多余浮游电荷出现，这相当于释放出一部分电荷，这种现象称为热释电效应。由于自由电荷中和面束缚电荷所需时间较长，大约需要数秒钟以上，而晶体自发。极化的驰豫时间很短，约为10-12秒，因此热释电晶体可响应快速的温度变化。

高莱气动型

气体再体积保持一定的条件下吸收红外辐射后引起温度升高，压强增大。压强增加的大小与吸收的红外辐射功率成正比，由此，可测量被吸收的红外辐射功率。利用上述原理制成的红外探测器叫做气体探测器，高莱管就是一种典型的气体探测器。

二、光子传感器

光子型红外探测器是利用某些半导体材料在红外辐射的照射下，产生光电效应，使材料的电学性质发生变化，通过测量电学性质的变化，可以确定红外辐射的强弱。利用光电效应所制成的红外探测器统称光子探测器。主要特点是灵敏度高，响应速度快，响应频率高。但其一般需在低温下工作，探测波段较窄。

根据光子探测器的工作原理一般可分为外光电探测器和内光电探测器。内光电探测器又分为光电导探测器，光生伏特探测器和光磁电探测器。

外光电探测器（PE器件）

当光入射到某些金属、金属氧化物或半导体表面时，如果光子能量足够大，能使其表面发射电子，这种现象统称为光电子发射，属于外光电效应。光电管、光电倍增管都属于这种类型的光子探测器。响应速度快，同时像光电倍增管产品具有非常高的增益，可以用于单光子测量，不过只是波长范围相对较窄，最长也只有1700nm。

光电导探测器

当半导体吸收入射光子后，半导体内有些电子和空穴从原来不导电的束缚状态转变到能导电的自由状态，从而使半导体的电导率增加，这种现象称为光电导效应。利用半导体的光电导效应制成的红外探测器叫做光电导探测器，是目前，它是种类最多应用最广的一类光子探测器。

光伏探测器（PU器件）

当红外辐射照射在某些半导体材料结构的PN结上，在PN结内电场的作用下，P区的自由电子移向N区，N区的空穴向P区移动，如果PN结是开路的，则在PN结两端产生一个附加电势称为光生电动势。利用光生电动势效应制成的探测器称为光伏探测器或结型红外探测器。

光磁电探测器

在样品横向加一磁场，当半导体表面吸收光子后所产生的电子和空穴随即向体内扩散，在扩散过程中由于受横向磁场的作用，电子和空穴分别向样品两端偏移，在样品两端产生电位差。这种现象叫做光磁电效应。利用光磁电效应制成的探测器称为光磁电探测器(简称PEM器件)。

[回到顶部](#)

Type			Detector	Spectral response (μm)	Operating temperature (K)	D* (cm · Hz ^{1/2} / W)
Thermal type	Thermocouple · Thermopile		Golay cell, condenser-microphone PZT, TGS, LiTaO ³	Depends on window material	300	D* (λ, 10, 1) = 6 × 10 ⁸
	Bolometer				300	D* (λ, 10, 1) = 1 × 10 ⁸
	Pneumatic cell				300	D* (λ, 10, 1) = 1 × 10 ⁹
	Pyroelectric detector				300	D* (λ, 10, 1) = 2 × 10 ⁸
Quantum type	Intrinsic type	Photoconductive type	PbS	1 to 3.6	300	D* (500, 600, 1) = 1 × 10 ⁹
			PbSe	1.5 to 5.8	300	D* (500, 600, 1) = 1 × 10 ⁸
			InSb	2 to 6	213	D* (500, 1200, 1) = 2 × 10 ⁹
			HgCdTe	2 to 16	77	D* (500, 1000, 1) = 2 × 10 ¹⁰
		Photovoltaic type	Ge	0.8 to 1.8	300	D* (λp) = 1 × 10 ¹¹
			InGaAs	0.7 to 1.7	300	D* (λp) = 5 × 10 ¹²
			Ex. InGaAs	1.2 to 2.55	253	D* (λp) = 2 × 10 ¹¹
			InAs	1 to 3.1	77	D* (500, 1200, 1) = 1 × 10 ¹⁰
	Extrinsic type		InSb	1 to 5.5	77	D* (500, 1200, 1) = 2 × 10 ¹⁰
			HgCdTe	2 to 16	77	D* (500, 1000, 1) = 1 × 10 ¹⁰
			Ge : Au	1 to 10	77	D* (500, 900, 1) = 1 × 10 ¹¹
			Ge : Hg	2 to 14	4.2	D* (500, 900, 1) = 8 × 10 ⁹
			Ge : Cu	2 to 30	4.2	D* (500, 900, 1) = 5 × 10 ⁹
			Ge : Zn	2 to 40	4.2	D* (500, 900, 1) = 5 × 10 ⁹
			Si : Ga	1 to 17	4.2	D* (500, 900, 1) = 5 × 10 ⁹
			Si : As	1 to 23	4.2	D* (500, 900, 1) = 5 × 10 ⁹

图4.典型的红外传感器类型及探测率

滨松红外传感器

一、近红外PMT

PMT具有高增益、低噪声的特点，在单光子计数领域具有非常大的优势，滨松公司近红外PMT滨松可以提供截止波长为1200nm、1400nm、1700nm的产品，是荧光寿命测试、材料分析、生物扫描成像等领域都有广泛的应用。

●Spectral Response

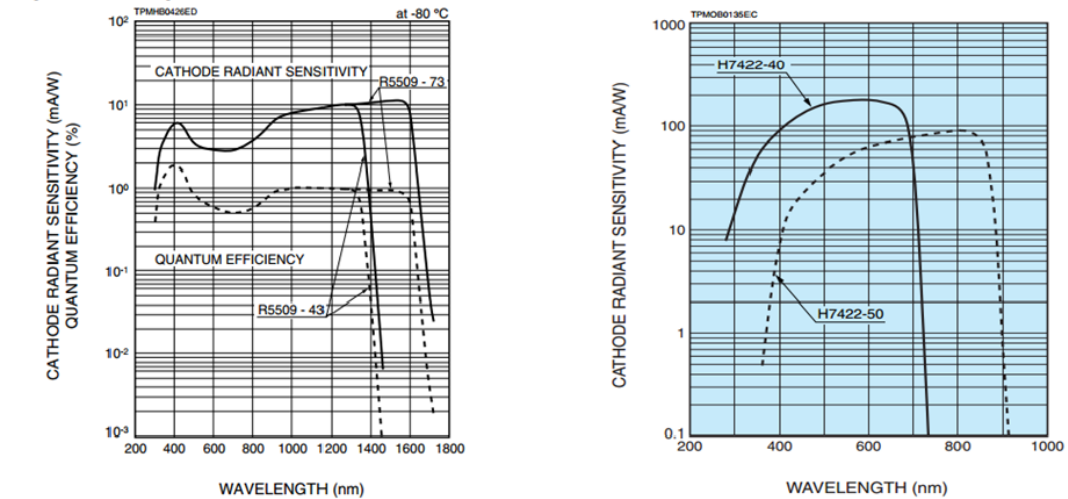


图5. 典型近红外PMT波长响应

除提供近红外PMTI以外，滨松还可以提供集成化的光子计数探头、放大器、光子计数电路、计数器和制冷器等产品，方便客户使用。另外对于GaAsP光阴极PMT可用于双光子探测，可以用于1550nm脉冲测试，例如H7422-40，可用于超短脉冲通信、和大气雷达等应用。

二、光伏传感器

InGaAs PIN光电二极管、InAs/InSb探测器、MCT光伏传感器是滨松典型的光伏传感器产品，铟镓砷光电二极管和硅）回到顶部的具有相同的结构，可以通过调节Ga元素的含量来调整铟镓砷二极管的响应波长，标准铟镓砷探测器截止波长为1.7微米，通过调整，目前铟镓砷探测器截止波长有1.9微米、2.1微米、2.6微米的产品。

InAs/InSb探测器从结构上说和铟镓砷探测器拥有相同的结构，内部含有一个P-N结。InAs/InSb探测器在响应波长上和PbS、PbSe基本一致，也具有快速的响应速度，但是在信噪比方面具有更好的表现，所以一般应用在对探测器要求更高的领域。InAs/InSb探测器对可见光和紫外线也有响应，所以在常规环境中杂散光造成的暗电流会影响探测器的信噪比，所以在InAs/InSb探测器探测表面一般会加一层黑色覆盖物来屏蔽紫外和可见光的干扰。

三、光电导传感器

PbS、PbSe、MCT光电导传感器是HPK典型的光电导传感器，PbS、PbSe探测器是典型的光电导传感器，当收到红外辐射时候，探测器内电阻减小。相对于其他在同波段的探测器硫化铅、硒化铅探测器可在室温下进行工作，并且在探测能力和响应速度上都有

比较大的优势，但是其暗电阻、响应度、光谱特性都受到温度的影响。

Figure 6-12 Example of operating circuit

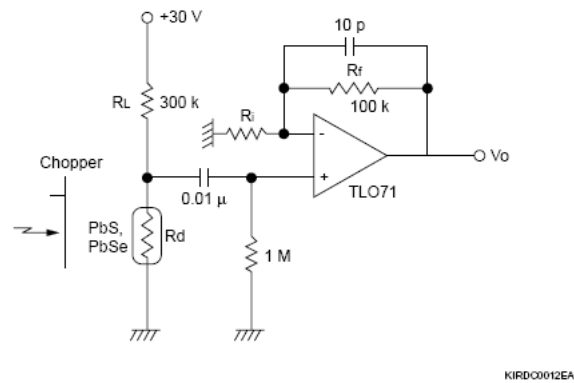


图6. 典型光电导传感器连接电路示意图

Figure 6-13 Output signal level vs. R_L/R_d

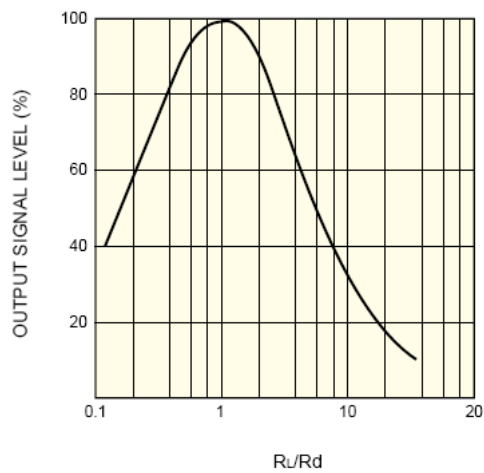


图7. 光电导探测器输出信号大小与负载电阻之间的关系(R_d : 探测器暗电阻)

MCT、InSb光电导传感器和硫化铅、硒化铅探测器一样也是一类光电导传感器，也是在光照条件下的内电阻降低降低。

Figure 8-2 Spectral response

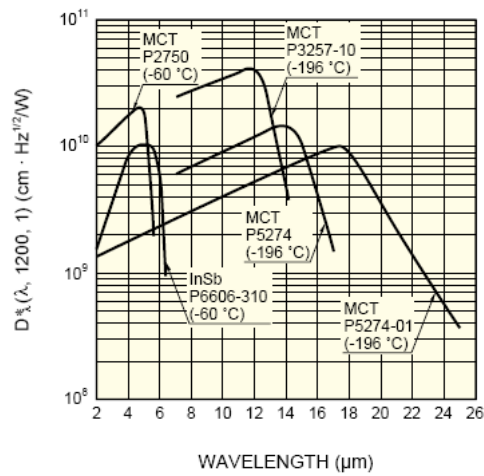


图8. 光谱响应曲线

Figure 8-3 Noise vs. frequency

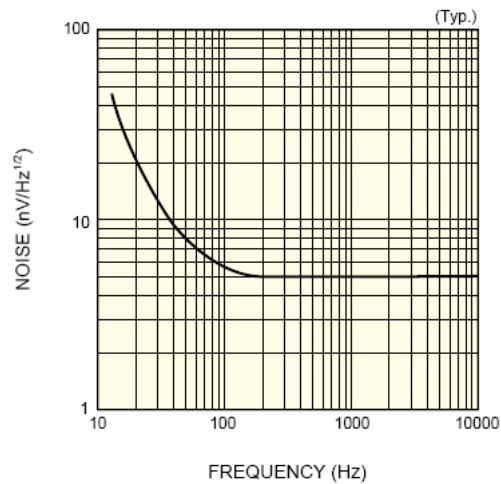


图9.噪声与频率

MCT、InSb光电导传感器噪声特性：噪声来源主要是1/f噪声和电子-空穴复合噪声，在低频情况下噪声主要来源是1/f噪声，高频情况下噪声来源主要是电子-空穴复合噪声。

四、双色传感器

很多应用情况下单一探测器的响应波长无法满足应用的需求，在这种情况下应运而生双色传感器。双色传感器是把两个不同波长响应的传感器芯片封装在同一个封装内，从而实现了一个传感器波长的扩展，目前滨松可以提供的双色传感器有Si-PbS、Si-PbSe、Si-AsGaIn、AsGaIn-AsGaIn，波长可以从200nm-4500nm的波长的探测，同时双色传感器有制冷型和不制冷型的产品，供客户选择。

五、热传感器

滨松公司的热传感器主要是热电堆传感器，目前产品序列包含单点、双单元、线阵、面阵的产品，其中双单元探测器表面进行了滤波处理，响应波长分别是3.9μm和4.3μm，为二氧化碳探测提供了测试光和参比光传感器；线阵和面阵传感器可以用在红外成像领域，进行火焰检测、人体检测等。

六、光牵引传感器

光牵引传感器是一种测试大功率二氧化碳激光器光功率的探测器，利用光牵引效应（利用光子动量），探测波长10.6μm，探测功率可以达到1兆瓦水平。

| 红外传感器参数

暗电阻 (dark resistance)

暗电阻是光电导探测器（PbS/PbSe/MCT等）在暗环境情况下的电阻大小，是对于探测器选择负载电阻和工作电压非常大的参考意义；

暗电流(dark current)

暗电流是光伏传感器（InGaAs、InAs、InSb等）在暗环境下的输出电流，偏压越大暗电流会越大，暗电流也是红外探测力的制约因素；

[回到顶部](#)

视野(field of view)

红外传感器视野是很重要的一个参数，因为任何的背景辐射都会对探测器探测率噪声影响，是影响D*的关键因素，所以探测器选择要充分考虑视野的大小；

偏置电流(offset voltage)

没有信号输入情况下，放大器所输出的直流成分；

峰值波长(peak sensitivity wavelength)

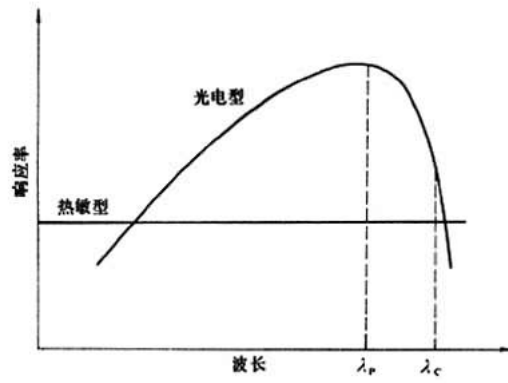


图10. 热敏性和光敏性波长响应特性

偏压(reverse voltage, supply voltage)

是探测器的工作电压，光伏型探测器在偏压作用下响应速度、饱和特性变好，但是噪声水平上升；对于光电传感器，工作电压需要根据探测器暗电阻和应用要求做合适的选择；偏压都有其最大值要求，在使用探测器过程中，切记不要超过规定电压使用；

最大承受电流(allowable current)

指光电传感器的最大工作电流，超过最大电流值，探测器性能会变坏，甚至是损坏，应避免工作电流超过最大限制电流；

噪声等效功率(NEP, noise equivalent power)

注：在以下公式中H表示功率密度，P表示功率，而HPK相关资料中P表示功率密度，和我们的习惯有所不同 我们将探测器输出信号等于探测器噪声时，入射到探测器上的辐射功率定义为等效噪声功率，单位为瓦。由于信噪比为1时功率测量不太方便，可以在高信号电平下测量，再根据下式计算：

$$NEP = \frac{HA_d}{V_S/V_n} = \frac{P}{V_S/V_n} \quad (3.1)$$

其中

H: 辐照度，单位W/cm²；

A_B：探测器光敏面面积，单位cm²；

V_S：信号电压基波的均方根值，单位V；

V_N：噪声电压均方根值，单位V；

由于探测器响应与辐射的调制频率有关，测量等效噪声功率时，黑体辐射源发出的辐射经调制盘调制后，照射到探测器光敏面上，辐射强度按固定频率作正弦变化。探测器输出信号滤除高次谐波后，用均方根电压表测量基波的有效值。

必须指出：等效噪声功率可以反映探测器的探测能力，但不等于系统无法探测到强度弱于等效噪声功率的辐射信号。如果采取相关接收技术，即使入射功率小于等效噪声功率，由于信号是相关的，噪声是不相关的，也是可以将信号检测出来的，但是这种检测是以增加检测时间为代价的。另外，强度等于等效噪声功率的辐射信号，系统并不能可靠地探测到。在设计系统时通常要求最小可探测功率数倍于等效噪声功率，以保证探测系统有较高的探测概率和较低的虚警率。辐射测量系统由于有较高的测量精度要求，对弱信号也要求有一定的信噪比。

截止频率(cutoff frequency)

截止频率我们按照-3dB带宽进行定义，是一个和探测器上升时间相关的一个值，一般情况下探测器截止频率和上升时间存在以下换算关系

[回到顶部](#)

$$t_r[S] = \frac{0.35}{f_c[Hz]}$$

短路电流(short circuit current ,Isc)

相比于光谱灵敏度也叫白光灵敏度，我们定义100lx 2856K色温钨丝灯照射下输出电流的大小，对于同一个系列产品几乎只与探测面积有关；

截止波长(cutoff wavelength,λc)

对于光子探测器来说我们一般指上限波长，一般定义灵敏度为降低到响应峰值的10%的波长为截止波长；

斩波频率(chopping frequency)

对于红外探测中通常为提高信噪比会使用斩波器对光线进行处理，斩波频率就是指斩波器的调制频率；

比探测率(D*, D-star)

等效噪声功率被用来度量探测器的探测能力，等效噪声功率越小的探测器的探测能力越好，很多人不习惯这样的表示方法。Jones 建议用等效噪声功率的倒数表示探测能力，称为探测率，这样较好的探测器有较高的探测率。因此，探测率可表达为：

$$D = \frac{1}{NEP} \qquad (3.2)$$

探测器的探测率与测量条件有关，包括：

- 入射辐射波长；
- 探测器温度；
- 调制频率；
- 探测器偏流；
- 探测器面积；
- 测量探测器噪声电路的带宽；
- 光学视场外热背景。

为了对不同测试条件下测得的探测率进行比较，应尽量将测试条件标准化。采取的做法是：

- 辐射波长、探测器温度

由于探测率和波长之间，探测率和探测器温度之间，在理论上无明显关系，波长和制冷温度只能在测量条件中加以说明；

- 辐射调制频率

解决探测率随调制频率变化的最简单的方法是将频率选得足够低，以避免探测器时间常数带来的限制，或注明调制频率；

- 探测器偏流: 一般调到使探测率最大；
- 探测器面积和测量电路带宽

广泛的理论和实验研究表明，有理由假定探测器输出的信噪比与探测器面积的平方根成正比，即认为等效噪声功率与探测器面积的平方根成反比。探测器输出噪声包含各种频率成分，显然，噪声电压是测量电路带宽的函数。由于探测器总噪声功率谱在中频段较为平坦，可认为测得的噪声电压只与测量电路带宽的平方根成正比，即等效噪声功率与测量电路带宽的平方根成反比。一次，可定义：

$$D^* = D(A_d\Delta f)^{1/2} = \frac{(A_d\Delta f)^{1/2}}{NEP} \quad \text{单位: cm} \cdot \text{Hz}^{1/2} \cdot \text{W}^{-1}$$

注：Jones

D*的物理意义可理解为1瓦辐射功率z入射到光敏面积1厘米²的探测器上，并用带宽为1赫电路测量所得的信噪比。D* 是归一化的探测率，称为比探测率，读作D星。用D*来比较两个探测器的优劣，可避免探测器面积或测量带宽不同对测量结果的影响。比探测率和前面介绍的探测率定义上是有区别的，但由于探测率未对面积、带宽归一化，确实没有多大实用意义，一般文献报告中都不把D* 称之为"比探测率"，而是称为"探测率"，这只是一种约定俗成的做法。

寄生电阻(shunt resistance, Rsh)

是指光伏传感器零偏压情况工作下的电流电压转换系数，一般采用如下方式定义，在10mV偏压下暗电流为Id

$$Rsh=10mV/Id$$

量子效率(quantum efficiency,QE)

量子效率是指从光子转换为光子-空穴对的转换系数，一般用光子-空穴对数除以入射光子数来表示；特定波长下的量子效率 [回到顶部](#) ；如下公式表示

$$QE = \frac{S*1240}{\lambda} * 100[\%]$$

| 红外探测器挑选规则

一、探测波长和探测黑体温度

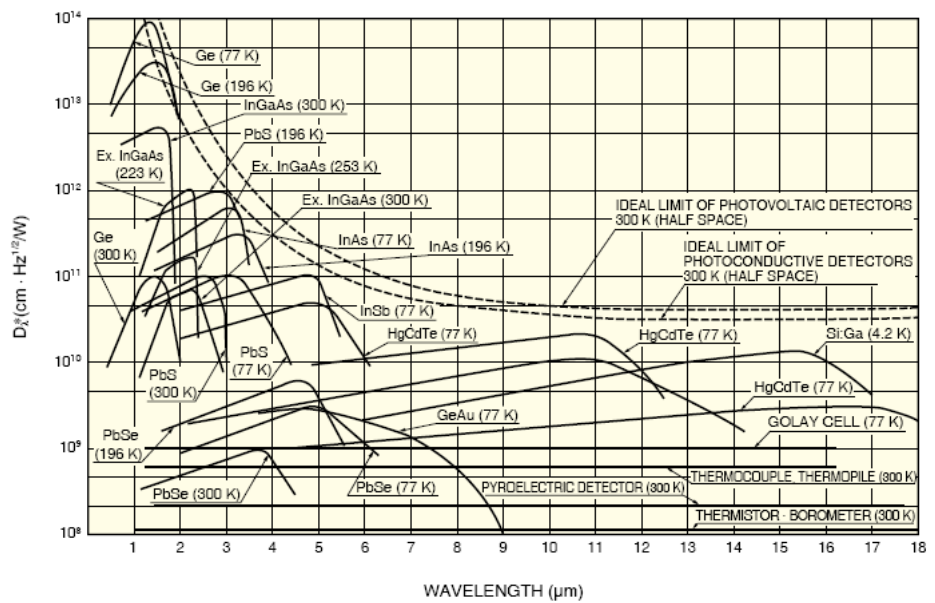


图11.不同红外探测器的光谱响应

Measurement temperature limit	Infrared detector
600 °C	Si
200 °C	InGaAs
100 °C	PbS
50 °C	PbSe
0 °C	InSb
-50 °C	MCT, pyroelectric detector

图12. 不同色温黑体探测探测器选择

二、灵敏度和信噪比

NEP和D*是红外探测器选择的关键参数

灵敏度：一般情况光伏探测器用A/W来表示探测器的灵敏度，光电导传感器用V/W来

表征探测器的灵敏度

D*

如果对信噪比有比较高的要求可选择制冷的探测器，根据制冷要求可选择热电制冷、液氮、干冰等制冷方式的探测器，或者是机械制冷方式斯特林制冷（stirling）；同时制冷也会改变探测器的波长响应，例如制冷可以使PbS、PbSe、MCT等光电导探测器的响应波长向长波方向移动，而InGaAs PIN二极管、InAs、InSb、等光伏探测器响应波长向短波方向移动。另外，制冷对于探测器的响应速度也会造成影响，例如PbS、PbSe制冷会造成响应速度变慢。

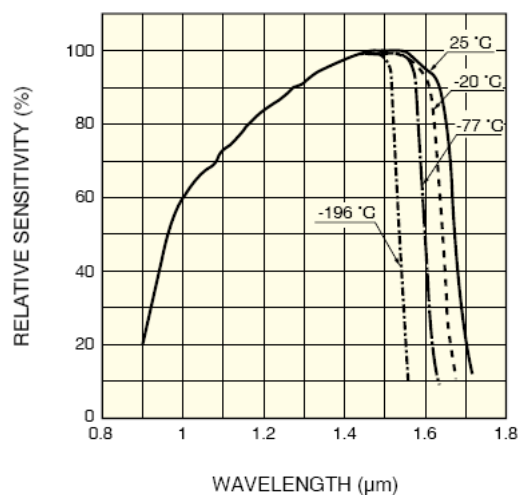


图13.温度对锑铟砷PIN探测器波长影响

[回到顶部](#)

三、响应速度和斩波频率

不同的应用对于红外探测器的响应速度要求是不一样的，例如通讯可能要求频率在1GHz左右，如果是静态有无热源的应用可能只要求0.1Hz，所以在选择探测器使用尽可能选择响应速度、和斩波器频率匹配的探测器；

四、响应面积和像元数量

五、封装特性

按照红外探测器封装结构主要有金属封装、陶瓷封装、DIP封装、杜瓦瓶封装（金属、玻璃）

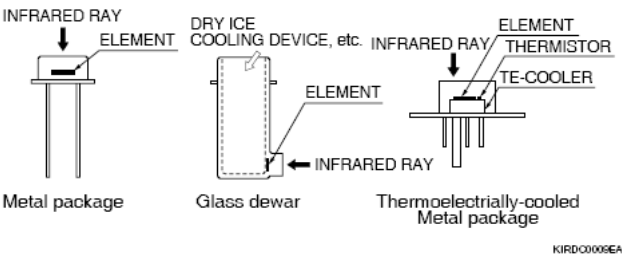


图14.红外探测器封装结构

根据不同的封装对于温度特性、线性、稳定性、价格都有比较大的影响，需要根据客户的应用进行合适的选择

Detector Application	InGaAs	PbS	PbSe	InAs	InSb	MCT	Two-color detector
Radiation thermometer	G8376-03	P9217 series	P791-11	P7163 P8079 series	P6606 series	P3981	K1713 series
HMD (Hot Metal Detectors)	G8376-03	P9217 series					
Flame monitors		P9217 series					K1713-01
Fire detectors			P791-11				K1713-02
Moisture analyzers	G8372-01 G8373-01	P2532-01 P2682-01 P9217 series					
Gas analyzer	G8371-01 G8372-01 G8373-01		P791-11 P2038-03 P2680-03	P8079 series	P5968 series P6606 series	P2750 P3981	
Spectrophotometer	G8371-01 G9211-256S G9212-512S G9213-256S G9214-512S G9208-256W	P2532-01 P2682-01		P7163 P8079 series	P4247-16 P5968 series	P3257 series P4249-08 P5274 P5274-01	K1713-05 K1713-09
Film thickness gauges			P791-11 P2038-03			P3257 series P3981	
Laser monitors	G8376 series G8941 series			P8079 series		P3257-30 P3257-31	K1713-05 K3413-05
Optical power meters	G8370-02 G8370-03 G8370-05						
Laser diode life test	G8370-01						
O/E converters	G8376-01 G8376-02 G6854-01						
FTIR				P8079 series	P5968 series	P3257 series P2748-40 P2748-41 P2748-42 P5274 P5274-01	返回顶部
Thermal imaging					P4247-44 P5968 series	P2750 P3257 series P4249-08	
Remote sensing					P5968 series	P5138 series	
Human body detection							

图5.红外探测器应用选型

红外传感器中的制冷技术

1.半导体制冷（帕尔贴制冷）

- 2.制冷剂制冷
- 3.斯特林制冷
- 4.焦耳-汤姆逊制冷

相关工程师



赵强

滨松中国产品技术工程师，产品部负责人。于2010年进入滨松工作，10年间专注于光电倍增管探头的研发、应用技术支持工作，对光电探测器、光电探测技术有着深入的理解并且在核医学、检验医学设备、辐射探测等方面有着丰富的应用经验。

HAMAMATSU
PHOTON IS OUR BUSINESS

针对以上内容，如您有任何问题，欢迎联系我们

Got a question? [↗](#)

上一个: 已是第一个
下一个: 已是最后一个

[◀ 返回](#)

[网站首页](#) | [关于我们](#) | [联系我们](#) | [滨松中国官网](#)

Copyright © 2016 滨松光子学商贸（中国）有限公司. All Rights Reserved.

地址：北京市朝阳区东三环北路27号嘉铭中心B座12层1201室 技术支持：三五互联

扫一扫，随时关注我们
服务热线
010-65866006



[回到顶部](#)