

光谱用光电探测器介绍

—卓立汉光公司— (转载请注明出处)

光探测器按照工作原理和结构,通常分为光电探测器和热电探测器,其中光电探测器包括真空光电器件(光电倍增管等)和固体光电探测器(光电二极管、光导探测器、CCD等)。

● 光电倍增管 (PHOTOMULTIPLIER TUBES, PMT)

光电倍增管(PMT)是一种具有极高灵敏度的光探测器件,同时还有快速响应、低噪声、大面积阴极(光敏面)等特点。

典型的光电倍增管,在其真空管中,包括光电发射阴极(光阴极)和聚焦电极、电子倍增极和电子收集极(阳极)的器件。当光照射光阴极,光阴极向真空中激发出光电子。这些光电子按聚焦极电场进入倍增系统,通过进一步的二次发射得到倍增放大;放大后的电子被阳极收集作为信号输出(模拟信号输出)。因为采用了二次发射倍增系统,光电倍增管在可以探测到紫外、可见和近红外区的辐射能量的光电探测器件中具有极高的灵敏度和极低的噪声。

从接受入射光方式上来分,光电倍增管有侧窗型(Side-on)和端窗型(Head-on)两种结构。

侧窗型的光电倍增管,从玻璃壳的侧面接收入射光,而端窗型光电倍增管是从玻璃壳的顶部接收入射光。通常情况下,侧窗型光电倍增管价格较便宜,并在分光光度计和通常的光度测定方面有广泛的使用。大部分的侧窗型光电倍增管使用了不透明光阴极(反射式光阴极)和环形聚焦型电子倍增极结构,这使其在较低的工作电压下具有较高的灵敏度。

端窗型(也称作顶窗型)光电倍增管在其入射窗的内表面上沉积了半透明光阴极(透过式光阴极),使其具有优于侧窗型的均匀性。端窗型光电倍增管的特点还包括它拥有从更大面积的光敏面(几十平方毫米到几百平方厘米的光阴极)。端窗型光电倍增管中还有针对高能物理实验用的,可以广角度捕集入射光的大尺寸半球形光窗的光电倍增管。

由于外加电压的变化会引起光电倍增管增益的变化,对输出的影响很大,因此对供给光电倍增管的工作电源电压要求较高,必须有极好的稳定性。卓立汉光的HVC系列高压稳压电源,其稳定性能达到 $\pm 0.03\%/h$,非常适合作为光电倍增管高压电源。

同时需要注意的是,由于光电倍增管增益很大,一般情况不允许加高压时暴露在日光下测量可见光,以免造成损坏,作为光探测器使用时,需要将光电倍增管进行密封。卓立汉光所提供的光电倍增管封装严格按照要求进行封装,保证客户的正常安全使用。

另外,光电倍增管受温度影响很大,降低光电倍增管的使用环境温度可以减少热电子发射,从而降低暗电流。特别是在使用长波(近红外波段,俗称红敏)光电倍增管时,应当严格控制光电倍增管的环境温度。此外,大多数的光电倍增管会受到磁场的影响。磁场会使电子脱离预定轨道而造成增益的减少。因而影响到光电倍增管的工作效率。因此,光电倍增管的封装要特别注意进行电磁屏蔽;卓立汉光提供的光电倍增管均进行了有效地电磁屏蔽。

● 光电二极管 (Photodiode)

光电二极管的工作原理主要基于光生伏特效应。

光生伏特效应是半导体材料吸收光能后,在PN结上产生电动势的效应。

- 光电导探测器 (Photoconductive Detector)

光电导探测器是利用半导体材料的光电导效应制成的一种光探测器件。

所谓光电导效应，是指由辐射引起被照射材料电导率改变的一种物理现象。

通常，凡禁带宽度合适的半导体材料都具有光电效应。但是制造实用性器件还要考虑性能、工艺、价格等因素。常用的光电导探测器材料在射线和可见光波段有：CdS、CdSe、CdTe、Si、Ge 等；在近红外波段有：PbS、PbSe、InSb、Hg_{0.75}Cd_{0.25}Te 等；在长于8μm 波段有：Hg_{1-x}Cd_xTe、Pb_xSn_{1-x}Te、Si 掺杂、Ge 掺杂等；CdS、CdSe、PbS 等材料可以由多晶薄膜形式制成光电导探测器。

可见光波段的光电导探测器极少用于光谱探测，通常称为光敏电阻。故卓立汉光采用的可见光波段的光探测器通常为 PMT 和光电二极管。

红外波段的光电导探测器 PbS、Hg_{1-x}Cd_xTe 的常用响应波段在 1~3μm、3~5μm、8~14μm 三个大气透过窗口。由于它们的禁带宽度很窄，因此在室温下，热激发足以使导带中有大量的自由载流子，这就大大降低了 对辐射的灵敏度。响应波长越长的光，电导体这种情况越显著，其中1~3μm 波段的探测器可以在室温工作（灵敏度略有下降）。3~5μm 波段的探测器分三种 情况：1、在室温下工作，但灵敏度大大下降，探测度一般只有1~7×10⁸cm·Hz/W；2、热电致冷温度下工作(约-60℃)，探测度约为10⁹ cm·Hz/W；3、77K 或更低温度下工作,探测度可达10¹⁰ cm·Hz/W 以上。8~14μm 波段的探测器必须在低温下工作，因此光电导器件通常需要在制冷条件下使用。

红外探测器的时间常数。PbS 探测器时间常数一般为50~500μs，HgCdTe 探测器的时间常数在10⁻⁶~10⁻⁸s 量级。红外探测器有时要探测非常微弱的辐射信号，例如10-14 W；输出的电信号也非常小，因此要有专门的前置放大器。

- 热释电探测器 (Pyroelectric Detector)

热释电型红外探测器是由具有极化现象的热释电晶体（铁电体）制作而成的。其所探测的辐射必须是变化的；对于恒定的红外辐射，必须进行调制（斩光），使恒定辐射变成交变辐射，借以不断引起探测器的温度变化才能导致热释电产生，并输出相应的电信号。

热释电探测器与之前的光电器件相比具有如下特点：1、无选择性：响应率与波长无关；2、响应慢。

- 光探测器的主要性能参数

- ◆ 光谱响应度

光谱响应度是指某一波长下探测器输出的电压或电流与入射光功率之比。

光谱响应度随波长的变化关系曲线即是探测器的光谱响应曲线（绝对响应曲线）。

若将光谱响应曲线的最大值做归一化处理，则得到相对光谱响应曲线。

- ◆ 等效噪声功率 (NEP)

等效噪声功率是信噪比为1时探测器能探测到的最小辐射功率，即最小可探测功率。

- ◆ 探测率 (D) /比探测率 (D*)

探测率 D 是 NEP 的倒数，D 越大，表明探测器的探测性能越好。

比探测率 D*即是归一化的探测率，也叫探测灵敏度。其单位为：cm·Hz^{1/2}·W⁻¹。

- ◆ 时间常数

时间常数表示探测器输出信号随入射光信号变化速率， $\tau=1/(2\pi f)$ 。

- 如何选择合适的光探测器？

在光电测试系统中，需要根据实际需要来选择各种探测器，特别要关注如下几个方面的问题：

1、实际光谱测量范围，这是选择光探测器首先要注意的问题；

- 2、光电倍增管是高灵敏的探测器，使用波长范围受限（通常到 900nm，部分型号可得到 1000nm 以上，但价格通常很贵），而且使用时要求配套高稳定性的高压电源；
- 3、光伏型探测器具有响应快、灵敏度高的特点，使用时一般可不需要锁相放大器，探测微弱信号时可选用锁相放大器以提高信噪比；
- 4、光导型探测器响应较慢，使用时要求信号光必须调制，并且需要搭配锁相放大器进行信号检出，同时要注意调制频率的选择；
- 5、探测器选择时尤其需要注意选择配套的前置放大器，才能更大限度的发挥探测器的探测效率；
- 6、选择 TE 制冷型探测器时，还要注意对应的温控器选择，探测器、温控器及前置放大器均需根据需要单独选择；
- 7、红外探测器通常需要制冷和配合锁相放大器使用。