

# 光电倍增管使用须知

史久德

(华东电子管厂)

由于光电倍增管的应用领域很广,各种整机对光电倍增管有不同的要求,为了能使使用者做到合理选型与正确使用,现将有关使用光电倍增管的基本知识介绍如下:

## 一、光谱匹配因数

无论是对可见光进行探测还是对紫外或红外辐射进行探测,作为接收器件的光电倍增管,与人射辐射光之间总存在一个是否相匹配的问题。因此,人们引出了光谱响应匹配因数,它可定义为光电倍增管光谱响应分布与光源辐射光谱分布相对重合的程度。

在选择光电倍增管与光源匹配时,首先应该考虑到光谱匹配因数有足够的大,否则可能会出现以下情况:由于采用某种光源,虽然选定的光电倍增管具有较大的灵敏度,但因其光谱响应范围与光源并不相符,致使光谱响应匹配因数很小,有效灵敏度会变得极小。因此,对于使用者来说,合理地选择与光源相匹配的光电倍增管是很重要的。例如,具有 Sb-Cs 阴极的倍增管应与色温较高的钨光源相配。具有 Sb-K-Cs 阴极的倍增管应与  $\gamma$  射线激发的 NaI(Tl) 闪烁体匹配或是与用紫外线激发的  $\text{NaC}_7\text{H}_5\text{O}_2$  相匹配。这样,因激发出的蓝光(波长 440nm)成分最多,而阴极对蓝光又最灵敏,故能获得理想的探测效果。同样,低压汞灯的辐射经适当滤光后与带有 Te-Cs 阴极的倍增管相匹配,用于检测 253.7 nm 的紫外辐射也能获得良好的结果。

## 二、工作电压

### 1. 工作电压的选择

光电倍增管的增益是工作电压的函数,由于在生产中受制造工艺的影响,各管的增益存在不同程度的差异。因此在使用过程中,为了弥补这种差异,必须对倍增管的高压电源装置进行考虑,使工作电压具有较宽的调节范围。随着工作电压的升高,管子增益会很快增大。就一般光电倍增管来说,当工作电压增大到 1kV 以上时,暗电流的增长将会有更快的速率。如果在接近极限条件——最大的工作电压下工作,暗电流会上升得很大,且不稳定。故在选择光电倍增管工作电压时,必须了解以上的变化趋势。通常对于 8~11 级的光电倍增管,工作电压可选取在 500~800 V 之间。当倍增管工作在脉冲状态时,还应选择在获得最大信噪比之处。

### 2. 电压的调升

当给光电倍增管施加电压时,需注意缓慢地调节电压上升。如从 0 V  $\rightarrow$  250 V  $\rightarrow$  500 V  $\rightarrow$  750 V  $\rightarrow$  1kV 逐步上升到所需的工作电压,就能使管子工作稳定,并且测得的暗电流值很小。如果给管子猛加高压或急升高压,则将会出现很大的暗电流,大的暗电流还会造成管内放电,引起噪声大大增加,使管子不能正常工作。

## 三、电 源

### 1. 电源的稳定性

光电倍增管的输出电流会因电源电压微小波动而引起很大变化,为了使其能稳定工作,必须采用稳定性良好的电源。如要求输出电流的稳定度为 1%,则要求电源电压的稳定度优于 0.1%;如有更高要求,则所用电源电压的稳定度应优于 0.01%。

在不同的使用场合,对电源的稳定性会有不同要求。例如,在高精密的光度测量仪器中,要求倍增管电源的稳定度优于0.01%。又如工作处于脉冲状态,在倍增管后接有脉冲放大器等装置时,除应有良好的稳定度之外,还应避免电源的噪声和纹波出现,通常对纹波的要求是纹波电压小于20~40 mV。

## 2. 接地方式

倍增管电源的接地方式有阳极接地、阴极接地和中间极接地三种。

### (1) 阳极接地

当倍增管后接直流放大器时,管子输出端应处于地的电位,故应采用阳极接地方式。这种方式有时会因屏蔽光、电和磁的金属罩设计不够合理而使玻壳内外壁之间形成强电场,从而使暗电流和噪声增大。如果把金属外罩与玻壳之间的距离设计在10 mm以上,就可减少这种不良影响。如再用导电物质涂覆于管子外壳,并与阴极相连接,就会使减少暗电流和噪声的效果变得更好。阳极接地还有操作安全的优点。现在,多数制造管子的厂家在进行参数检测时是采用阳极接地方式的。

### (2) 阴极接地

当倍增管后接交流放大器时,在管子与交流放大器之间必须采用耐高压、噪声小的电容器作耦合电容。在这种情况下,采用阳极接地方式也未尝不可,但采用阴极接地具有容易解决噪声外部屏蔽的优点。

### (3) 中间极接地

这种方式很少采用,只有当需要把倍增极作为信号输出电极时才采用。

## 四、线性

为了得到良好的光电线性,倍增管阳极与末级倍增极之间的电压应使末级倍增极发射出的次级电子全部被阳极接收。第一倍增极与阴极间的电压也应保证能接收到饱和的光电流,一般为100~150V;如果电压太低,线性输出将会受到限制。

物理

为了保证输出电流与光通量之间的线性关系,分压器电路内流过的电流必须大于阳极输出电流20倍,故要求电源有大的功率,同时对分压电阻器的热稳定性提出了更严格的要求。通常选择阻值为100 kΩ的金属膜电阻是比较可行的。

如采用脉冲光照,则一般不必采用大功率电源。这时可在最后几级并联旁路电容,以保持极间电压不受脉冲的影响。若要求极间电压变化小于1%,旁路电容值可按下式计算:

$$\Delta U = \frac{1}{C} I \Delta t < 0.01,$$

式中 $U$ 为极间电压(V), $C$ 为旁路电容(F), $I$ 为倍增极脉冲电流(A), $\Delta t$ 为脉冲宽度(s)。

## 五、负载电阻

光电倍增管后接放大器,采用电压输入,故需用负载电阻将输出电流变换为输出电压。管子的输出可看作是较理想的恒流源,负载电阻的大小可选择使用。正常情况下,输出电压与负载电阻之间有正比关系。由于以下两个原因,负载电阻不能选得太大:

(1) 当输出较大电流时,因负载电阻上的降压过大而使加在阳极上的电压减低,将会影响阳极的接收特性,故在较大输出电流范围内会偏离线性。降压必须限制在数伏之内。

(2) 在高频条件下工作时,由于负载电阻 $R_1$ 与杂散电容 $C_1$ (阳极对其它电极以及对导线等电容的总和)的影响,频率升高会使输出信号减小。如以-3dB点的频率 $f_c$ 定为截止频率,则

$$f_c = \frac{1}{2\pi C_1 R_1}$$

在快速信号检测装置中,为能得到快速响应,按上式计算的负载电阻应取较小值。

## 六、阴极灵敏度的均匀性

管子阴极往往会出现灵敏度的不均匀性,

若给人射光的斑点在阴极面上作移动测量,将会使阳极输出电流有变化.为了克服这一缺点,可在管子前 25 mm 处安置一块毛玻璃,使入射光能均匀地照射在整个阴极面上,从而减少阴极灵敏度不均匀性引起的测量误差。

## 七、暗 电 流

各种光电倍增管在工作时都会出现大小不同的暗电流。当管子曝光后,需经 12~24 h 的暗存放(暗适应)方可使用;否则,暗电流较大。曝光量越大,需要恢复到原极小暗电流的时间越长。降低温度能减小暗电流,然而,当温度下降至 $-20\sim-40^{\circ}\text{C}$ 时,暗电流已达最小值,即使再降温意义也不大。在冷却过程中值得注意的是,带有胶木管基等管子会因玻壳与管基材料膨胀系数不同而可能引起破裂。另外,冷却时要经历 20 分钟左右的平衡时间,以使光电倍增管内、外温度达到平衡。

## 八、温度和湿度

光电倍增管工作的环境温度以  $20\pm 5^{\circ}\text{C}$  为宜。温度升高,由于阴极热发射增大等原因会使暗电流与噪声增大。

在相对湿度较高的环境中,往往会使管子的漏电有相当大的增加。而且,在外加电压的情况下,薄的水膜会发生迁移,导致噪声增大。

(上接第 597 页)

Mo 和 W 的硫化物和硒化物具有非常好的摩擦特性。在  $1\text{kg}/\text{cm}^2$  压力时,摩擦系数  $K_f$  是 0.05—0.01(真空)、0.1—0.21(空气);在  $1000\text{kg}/\text{cm}^2$  压力时,  $K_f$  是 0.025(真空)。由于它们有好的附着性和潮湿后的稳定性,所以它非常适合于做固态润滑剂。

## 参 考 文 献

[1] J. Schoonman and R. M. A. Lieth, *Physics and Chem-*

故应采取措施减低环境湿度,确保相对湿度在 75% 以下。

## 九、磁 场 影 响

为防止磁场对管子的影响,常用厚度为 0.8 mm 的铁镍合金制成屏蔽罩给以屏蔽。端窗式管的屏蔽罩应使伸出管子阴极端长度为阴极直径的一半,此时屏蔽效果最好。在强磁场场合,更应重视屏蔽,必要时应采用两层屏蔽罩,而在夹层之间用纸衬垫。

## 十、寿 命

光电倍增管的寿命虽因管子结构和发射体的材料不同而差别很大,但是,从使用角度来看,它与使用的工作规范、工作条件有很大关系。例如,让某种圆笼结构管型的管子在最大电流情况下工作,500 h 后的输出电流将会降到起始值的 1/20,由此而规定寿命终了。又如,让同种管型的管子在微小电流 ( $\leq 1\mu\text{A}$ ) 情况下工作,由于倍增极的疲乏极小,就能够获得数万小时以上的长寿命。

## 参 考 文 献

[1] RCA Photomultiplier Manual, (1970).  
[2] 日本浜松公司光电倍增管产品样本,(1983).

try of Materials with Layered Structures, D. Reidel Publishing Company, Dordrecht Holland/Boston USA 1(1977), 38.

- [2] G. R. S. Rao and M. W. Shafer, *ibid*, 6 (1979), 102.  
[3] *ibid.*, 6(1979), 103.  
[4] F. Kadijk and F. Jellinek, *J. Less Comm. Metals*, 23(1971), 437  
[5] R. Huisman and F. Jellinek, *J. Less Comm. Metals*, 17(1969), 111.  
[6] W. Geertsma et al., *Solid State Commun.*, 10(1972), 75.  
[7] R. Huisman et al., *J. Solid State Chem.*, 3(1971), 56.  
[8] F. Jellinek, *J. Less Comm. Metals*, 4(1962), 9.  
[9] 山谷和彦,大贯悖睦,固体物理,16-7(1981),125.