

高温光电倍增管

陈兴焱

(华东电子管厂)

高温光电倍增管是一种在高温下仍能正常工作的光电倍增管。一般光电倍增管的最高工作温度不超过 60℃,而高温光电倍增管的最高工作温度可达 150℃,甚至 175℃。

在某些工作场合,要求光电倍增管能承受高温。例如,在石油勘探方面,钻井深度每增加 30m,井底温度就升高 1℃,3000m 深的井温约有 100℃,4500m 深的井温就达 150℃。一口井钻好后,必须有下井仪器来获取井下的一些参数,因此要求下井仪器能耐高温。过去石油勘探使用的放射性测井仪都是在光电倍增管外套上一只杜瓦瓶来适应井温的升高。但是杜瓦瓶的隔热作用有限,这就要求提高光电倍增管本身的工作温度,高温光电倍增管就是为适应这些要求而研制出来的。

一、结构和材料

从外形和结构方面,高温光电倍增管和普通光电倍增管没有什么不同。它在工作时能耐高温的主要原因是采用了没有铯元素激活的光电阴极和合金倍增极。

一般光电阴极和倍增极都用铯元素来激活,而铯元素的蒸发温度较低,因此采用含铯的光电阴极和倍增极的光电倍增管最高工作温度不能超过 60℃(铯钾铯光电阴极的光电倍增管不能超过 100℃),高温光电倍增管采用的是铯钠钾光电阴极,而铯钠钾光电阴极的最高工作温度可达 150℃。高温光电倍增管通用的是铜铍合金或银镁合金倍增极,能承受更高的工作温度。一般光电倍增管的倍增系统结构都可用于高温光电倍增管。因此,高温光电倍增管倍

增系统结构有盒栅式、直线聚焦式,也有圆笼式和百叶窗式。

如上所述,高温光电倍增管和一般光电倍增管不同之处就在于光电阴极和倍增极材料不一样,因此,铯钠钾光电阴极的制备和合金倍增极的敏化是制造高温光电倍增管的关键。

铯钠钾光电阴极,即高温双碱 Na_2KSb 光电阴极。它的阈值波长为 670 nm,在所有光电阴极中,它具有最高的使用温度和最低的热发射。因此,高温光电倍增管的高温性能的好坏几乎完全取决于铯钠钾光电阴极。而铯钠钾光电阴极的高温性能和具体工艺有很大关系。一般铯钠钾光电阴极的使用温度可达 150℃,国外已达 175℃。

合金倍增极一般采用铜铍 (BeCu) 合金和银镁 (AgMg) 合金,前者含铍 2%,后者含银约 3%。合金倍增极必须经过特殊的氧敏化处理工艺,即在高真空状态下加高温使 BeCu 合金中的 Be 或 AgMg 合金中的 Mg 扩散到合金表面,同时充进具有氧化作用的气体,从而在合金表面形成 BeO 或 MgO 的薄层,厚度约几十毫微米。这层 BeO 或 MgO 薄层具有较高的次级发射系数。

二、特性和参数

高温光电倍增管具有下列比较重要的脉冲特性和参数:

1. 坪特性

用 ^{137}Cs 放射源和 NaI (Tl) 闪烁体组成脉冲光源照射光电倍增管的光电阴极时,随着光电倍增管阳极电压的增加,光电倍增管的信号脉冲和噪声脉冲都会增大。在某一阳极电压区

域内,当信号脉冲幅度大于所用仪器的阈值而噪声脉冲幅度小于此阈值时,阳极输出脉冲计数率基本上不随阳极电压而改变,一般把这个阳极电压区域称为“坪”。坪特性可用坪特性曲线来表示:

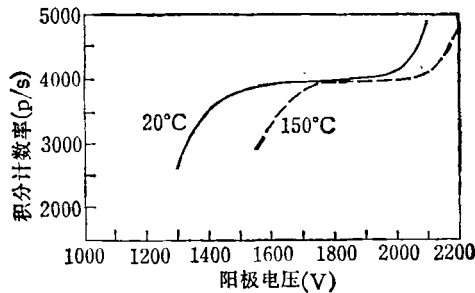


图1 光电倍增管的坪特性曲线

从图中可看出,坪特性具有一定长度,称为“坪长”。由于在坪区内阳极输出脉冲计数率随阳极电压的升高而有很小的增加,所以在坪区内曲线具有一定斜率,称为“坪斜”。用 U_{a1} 和 U_{a2} 分别表示坪区的始端电压和终端电压, n_1 和 n_2 分别表示 U_{a1} 和 U_{a2} 下的计数率,则

$$\text{坪长} = U_{a2} - U_{a1},$$

$$\text{坪斜} = \frac{10^4(n_2 - n_1)}{\bar{n}(U_{a2} - U_{a1})},$$

\bar{n} 为坪区内的平均计数率。

当然,坪长越长,坪斜越小,则光电倍增管的性能越好。合理选择仪器阈值,可以使坪区较长,坪斜较小,而且可以使 150°C 时的坪区对室温时的坪区偏移较小。

为了保证高温光电倍增管稳定使用,阳极电压要选择坪区中点的电压。

2. 信号脉冲幅度

用 ^{137}Cs 放射源和 NaI(Tl) 闪烁体组成脉

冲光源照射光电阴极时,在阳极输出脉冲幅度分布曲线上的光电峰处的脉冲幅度称为信号脉冲幅度,一般用 U_s 来表示。 U_s 随温度的升高会下降,150°C 时 U_s 一般要下降 45% 左右。

3. 噪声等效能量

噪声等效能量是表征暗电流噪声的一个参数,用 E_n 来表示。在某一阳极电压下测得信号脉冲幅度 U_s 后,移去 ^{137}Cs 和 NaI(Tl),并在同一阳极电压下测得与噪声脉冲积分计数率 50 p/s 相应的阈值电压 U_n ,则

$$E_n = \frac{U_n}{U_s} E_r,$$

式中 $E_r = 661 \text{ keV}$, 即 ^{137}Cs 的 γ 射线能量。 E_n 一般随温度的升高而增大,150°C 时 E_n 要增大几倍到十几倍。

4. 积分计数率

光电倍增管的积分计数率随温度的升高而略有变化,高温光电倍增管在 150°C 时的积分计数率相对于室温一般要变化 5% 左右。

5. 积分计数率稳定度

在 150°C 下长时间工作,积分计数率不会绝对不变。我们用最大偏差法来计算高温下积分计数率稳定度:

$$W_{\max} = \frac{n_{\max} - n_{\min}}{n_{\max} + n_{\min}} \times 100\%,$$

式中 n_{\max} 和 n_{\min} 分别为测试时间内最大积分计数率和最小积分计数率。 W_{\max} 一般在 1% 左右。

华东电子管厂生产的 GDB-415 和 GDB-424 型高温光电倍增管高温性能好,几年来在我国石油勘探上得到广泛的应用。前者主要用于密度测井仪中,后者主要用于放射性测井仪中。

(上接第590页)

(1979), 454.
 [11] E. Burstein *Phys. Rev.*, **93**(1954), 638.
 [12] T. S. Moss, *Proc Phys. Soc. B*, **67** (1954), 775.
 [13] M. A. Khan et al., *Opt. Lett.*, **6**(1981), 560.
 [14] J. G. H. Mathew et al., *Appl Phys. Lett.*, **46**(1985), 128.
 [15] H. M. Gibbs et al., *Solid State Comm.*, **30**(1979), 271.
 [16] N. Peyghambarian et al., *Phys. Rev. Lett.*, **53**(1984),

2433.

[17] H. B. Gibbs et al., *Appl. Phys. Lett.*, **41**(1982), 221.
 [18] A. Javan & P. L. Kelley, *IEEE J. Quans. Electron*, **QE-2** (1966), 470.
 [19] D. A. B. Miller et al., *Opt. Comm.*, **35**(1980), 221.
 [20] D. A. B. Miller et al., *IEEE J. Quans. Electron*, **QE-17**(1981), 312.
 [21] 王威礼, *物理*, **14**(1985), 320.
 [22] H. A. MacKenzie et al., *Opt. Comm.*, **51**(1984), 352.
 [23] S. D. Smith et al., *Opt. Comm.*, **51**(1984), 357.