

分立式电子倍增器

单以震

(华东电子管厂)

光电倍增管是检测微弱光信号的电真空器件。它的短波截止波长取决于光窗材料。目前,透紫性能最佳的光窗材料是氟化镁,其截止波长也仅为 110nm。对更短的波长的信号,光电倍增管也就无能为力了。人们考虑到既然光窗不能有效地透过紫外辐射,就取消光窗让倍增系统直接接收,这种无光窗的光电倍增管就是电子倍增器。它主要用于:(1)检测荷电粒子如电子、离子;(2)检测真空紫外辐射(10~20nm);(3)检测软X射线(1~10 nm)。

自从电子倍增器在四十年代问世以来,它的使用范围不断扩大,目前它在表面科学、质量分析、高能物理、真空技术、空间技术以及原子频标等领域中都得到广泛的应用。

电子倍增器按其结构可分为分立式电子倍增器(见图1)和通道式电子倍增器两种。分立式电子倍增器的倍增极的形状与光电倍增管的相似,目前一般可分成盒栅式、瓦片式和百叶窗式三种。盒栅式结构的特点是结构比较紧凑,体积较小,工艺结构简单,级数增减可不受限制,最多可达21级。其最大的优点是第一倍增级可设计成可更换的。由于在接受离子入射时,第一倍增极的次级发射面易受破坏,设计成可更换的第一倍增极后,可以大大延长整个倍增器的寿命,缺点是入口尺寸较小,时间特性较差。瓦片式结构的时间响应和能量分辨率性能均较好,特别是设计成圆周聚焦形后,其结构紧凑,体积小,适合于和狭缝形入射相匹配。百叶窗式结构入口尺寸较大,输出电流线性范围宽,级数也可随需要而增减^[1]。

由于倍增器在使用的过程中,往往需要多次暴露大气,这就决定了倍增器的材料除了与光电倍增管倍增极一样具有较高的次级发射系数之外,还要求在多次暴露大气之后,次级发射

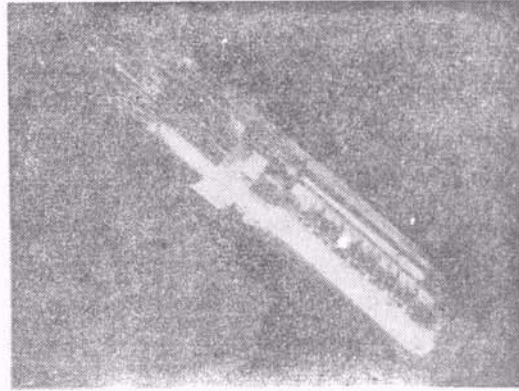


图1 分立式电子倍增器(K2020)

性能稳定,并受周围温度、湿度和各种气体的影响较小。现在能满足这些性能的有两种合金材料:银镁合金和铜铍合金,并需经过特殊的敏化工艺进行处理。银镁合金材料的次级发射系数较高,并易于成形,但其次级发射性能受湿度影响较大,故一般用于增益要求较高和暴露大气较少的场合(如原子频标钟);而铜铍合金材料的化学稳定性很好,即使将其放到水里或放在火上烧,对其次级发射性能影响都较小,故此材料在倍增器中应用十分广泛。

电子倍增器的入口尺寸是电子倍增器的关键结构尺寸之一,其面积大小和形状应与接收信号的直径相当。若入口尺寸过大,无疑必须增大倍增器的尺寸,使仪器体积增大,更重要的是使各种杂乱的信号也被接收进来,同样加以放大,这样大大增加了管子的暗噪声等效输入和暗噪声计数率。但入口尺寸过小,就会减少入射信号电子的接收,输出信号的幅度也会下降。

倍增器的级数是根据所需的增益和工作电压范围来进行确定,因为在一定工作电压条件下,级数过多,级间电压就低,各级的次级发射系数就小,这样总的增益就低;反之,如果

级数过少,级间电压增高,固然每级的次级发射系数增高,但级数少,总的增益仍然不高,故在一定工作电压下,必然存在一个最佳级数,可使增益达到最大值。所以在选择倍增器时,应根据整机上的电压范围和所需的增益,选择适当的级数。

为了使用方便,分立式电子倍增器一般采用内藏式电阻分压器,以减少真空电极引线。此分压电阻除需满足阻值和功率的要求外,尚要求在真空中能耐 450°C 高温的烘烤,在真空中经过长时间烘烤后,其阻值变化要小于 5%,且不放气(或能彻底除气),经多次烘烤之后,电阻帽及引线不得脱落。实际工作中一般选用带

铁镍合金电阻帽无漆的金属膜电阻。

电子倍增器的主要技术参数有如下三种:

(1) 增益 G : 在一定的工作电压下,阳极输出电流与入射到第一倍增极的电子流之比称为增益。在测试过程中,根据需要有时采用紫外光输入和离子输入,这时第一倍增极实际就作为转换阴极,此时增益应根据阳极输出电流与第二倍增极入射电子流之比,再计算出倍增器的增益。

(2) 暗电流等效输入 I_d : 它是电子倍增器主要参数之一,它表示倍增器最小可测的入射电流。在它的作用下,信号的输出电流正好等于管子的暗电流,即是信号输出电流与暗电流

表 1

| 厂家 | 产品型号 | 主要尺寸 | | 倍增系统 | | | 主要技术参数典型值 | | | | 极限额定值 | | | 资料来源 (产品 样本 年代) |
|------------------|---------|------------|------------|------|----|-------|-----------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|------------------|--------------------|--------------------------|
| | | 外形 (mm) | 入口 (mm) | 材料 | 级数 | 结构 | 阳极 电压 (V) | 增益 | 阳极等 效输入 (A) | 暗噪声 计数率 (p/min) | 输出 电流 (μ A) | 烘烤 温度 (°C) | 工作真 空度 (Pa) | |
| 中国 华东电 子管厂 | DB-402 | 30×40×66 | 3×9 | BeCu | 12 | 盒栅式 | 2500 | 10 ⁵ | 5×10 ⁻²⁰ | 5 | 1 | 450 | 2×10 ⁻² | |
| | DB-406 | φ36×96 | 9.2×10 | BeCu | 17 | 盒栅式 | 2900 | 10 ⁷ | 8.5×10 ⁻²⁰ | 30 | 10 | 450 | 10 ⁻³ | |
| | K2010* | φ20×67 | 7×4 | AgMg | 13 | 快速直列式 | 2200 | 5×10 ⁵ | 10 ⁻¹⁹ | 10 | 2 | 400 | 2×10 ⁻² | |
| | K4010* | 30×40×30 | 6.5×10 | AgMg | 9 | 盒栅式 | | | | | 5 | 400 | 10 ⁻³ | |
| | K2020* | φ36×55 | 16×6 | BeCu | 12 | 直列聚焦式 | 2500 | 10 ⁵ | 10 ⁻¹⁹ | 10 | 5 | 400 | 2×10 ⁻² | |
| | 1998C* | φ30×60 | 8×24 | AgMg | 10 | 圆周聚焦式 | | | | | | | | |
| 日本 滨松 | R474 | 20×26×90 | 8×6 | BeCu | 16 | 盒栅式 | 2400 | 10 ⁶ | | | 10 | 400 | 10 ⁻² | 1983年 |
| | R660 | φ28×54 | 3×4 | BeCu | 16 | 盒栅式 | 2400 | 8.5×10 ⁶ | | | 2 | 400 | 10 ⁻² | |
| 美国 RCA | C70750 | φ28×75 | 8×24 | BeCu | 10 | 圆周聚焦式 | 2500 | 10 ⁵ | | | 10 | | 10 ⁻³ | 1979年 |
| | C31019B | φ38×80 | φ6.5 | BeCu | 14 | 直列聚焦式 | 4300 | 5×10 ⁵ | | | 10 | | 10 ⁻³ | |
| 英国 EMI | 9707B | φ51×130 | | BeCu | 17 | 盒栅式 | 2850 | 6×10 ⁵ | | | | 450 | | 1970年 |
| | 9642/1B | φ51×110 | | AgMg | 18 | 百叶窗式 | 3000 | 5×10 ⁵ | | | | 400 | | |

* 为新试制产品。

的比值为 1 时的第一倍增极入射电子流,它可用某一阳极电压下暗电流与增益之比获得。

(3) 暗噪声计数率 N : 它是在一定的增益下,单位时间内脉冲幅度大于某一选定阈值的阳极暗脉冲积分计数率,阈值的大小随管子不同而异,一般是用单电子入射时阳极脉冲幅度的一定比例来定义,通常选用 1/8 单电子脉冲

幅度为阈值,这样可以保证能检测到第一、第二倍增极的热电子所产生的脉冲。

表 1 列出了国产电子倍增器与国外同类型产品性能对比情况。

参 考 文 献

[1] 史久德,光电管和光电倍增管,国防工业出版社,(1981),203—209。