

# 氧化铅管：涂有氧化铅光电导层的摄像管

氧化铅管是一种小的、重量轻的电视摄像管，它利用一氧化铅(PbO) (参看图 1、2) 的光电导特性取代正常光电导管的摄像管中用的 $Sb_2S_3$ 或Se。把光电导层涂在透明的和导电 $SnO_2$ 层上；这个是淀积在管的表面上并用作信号电极。光电导体是一种红色、四方型变态 PbO的淀积微晶涂层，它的波段间隙为2.0电子伏。这种涂层的厚度为10到20微米，并且微晶是0.1到1.0微米针形的。

在外形上氧化铅管是20厘米长(8吋)、直径为3厘米( $1\frac{1}{4}$ 吋)。有效灵敏区的直径为2厘米(0.8吋)。从这些数字可以推断，涂层的厚度和微晶尺寸都不限制这种摄像管的分辨率，因为在两个邻近的电视行之间距离大约为20微米。

这种摄像管的操作原理如下：每个象元相当于一个电容器，它的一个板是在信号电极的正电位，而另一个是漂游的，那个由于经过涂层漏泄而放电。经过涂层漏泄的电荷量取决于照度；因此在全涂层表面的电子枪一侧那里出现相当于在涂层上形成的光图象各象元的由电位组成的正电位图象。当通过电子束把这种正电位图象扫描的时候，电子从电子束淀积在涂层上直到表面的电位降低到电子枪的阴极电位。各个象元对电容的这些充电电流构成视频信号。如果靶电容的放电时间常数是比帧周期大，将获得出现在光束中的信息全存储。

由此提出下列要求，即光电导体的比电阻必须大于 $10^{10}$ 欧姆/厘米。当然有对这种型号的摄像管的所有参数必需同时全满足一些要求。以便使它成为实际中有用的摄像管。最主要的参数是：

(1)暗电流或其它的寄生信号

(2)分辨率

(3)灵敏度：(a)对决定信噪比起主要作用的白炽光的灵敏度；(b)光谱灵敏度。

(4)响应速度。

显而易见，上述的参数在很大程度上是取决于光电导层的物理特性的。氧化铅管的光电导体原则上是由三层组成的。在中间的层几乎是纯的氧化铅；换句话说，它是一种本征半导体。在电子枪一侧上涂层中氧化铅是通过适当掺杂质的过程变成P-型半导体，而在信号电极( $SnO_2$ )的一侧变成n-型半导体。掺杂质的面积在与氧化铅层的总厚度相比之下两者都是薄的。

这意味着，原则上，氧化铅的光电导层当管子工作的时候是连接成相反的方向 p-i-n 二极管 (图 3)。氧化铅管能满足广播电视的严格要求多半是光电导PbO层的这种特殊 p-i-n 二极管结构的效果。

正如所预料，氧化铅管的暗电流具有二极管的特性 (图 4)，即意味着，当靶电位增加的时候，它变成饱和。由于这种很低的暗电流，暗电流的相对变化也将是很小的，因此黑电平的均匀性是非常好的。当氧化铅管用在彩色电视摄像机上的时候，这变为特别重要的。

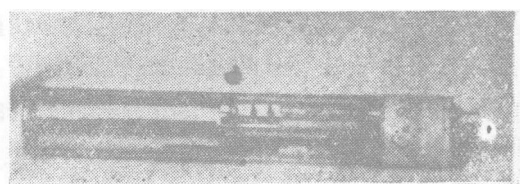


图 1 氧化铅管

理想的摄像管将是这样的一种管子，即在管子中每个象元给出一种信号，其信号只取决于在适当时限投射在那个特殊象元上的光强并且不受干扰效应，例如，暗电流和光电导体 ( $Sb_2S_3$  光电导管) 的余辉、暗电流的晕圈和黑点补偿信号 (超正析摄像管) 的影响。在这方面氧化铅管是比现在实际中用的所有摄像管好。

氧化铅管的灵敏度应归于处在 P-型和 n-型区域之间的光电导体的二极管本征部分。在本征区导电性是低的，而电场强度

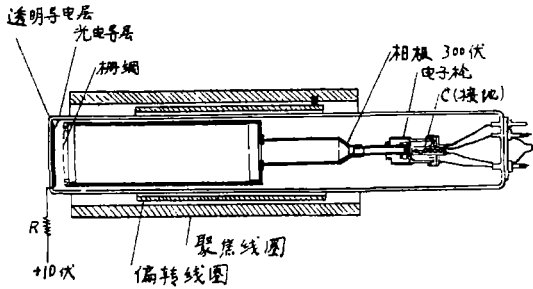


图2 氧化铅管图

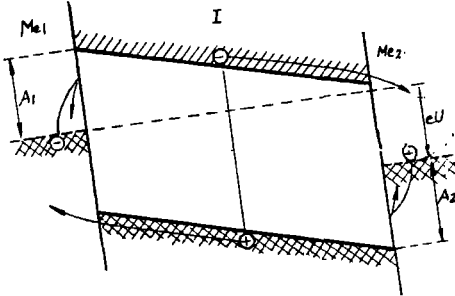


图3 氧化铅管的p-i-n二极管结构

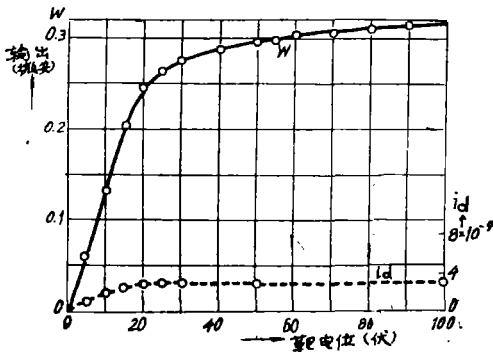


图4 暴露在白炽光2870K (W) 氧化铅管的光电流与靶电位 (左面纵标) 之关系。暗电流与靶电位 (右纵标) 之关系。

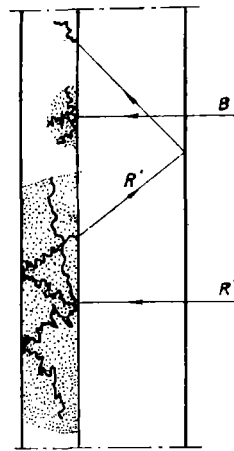


图5 光电导体上的光散射对分辨率的影响

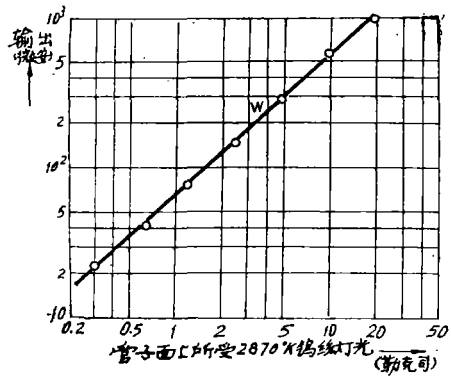


图6 平均的氧化铅管的光传送特性

高，这说明，如果靶的电位足够高，那么在氧化铅的这个区域内逸出的所有载流子将增强光电流。

如果采用平常的 p-n 结，灵敏度是低的，因为那样有效的本征区很薄。

因此，通过把 i-区作得尽量厚便可得到高的灵敏度。按所要求的分辨率决定最佳的厚度，特别对红光 (图5)。散射光所复盖的区域的半径约可与涂层厚度相比。

显然，光电流将如同暗电流示出二极管特性，并随着增大靶电压 (图4) 变成饱和。

可以理解，如果管子用在光电流饱和的靶电位，射束着落误差将不带来信号的不均匀性。

光电流输出作为面板上作用的白炽光强 (勒克斯) 函数表示光传送特性 ( $j = L^r$ ) (图6)，从它可以推论，伽马是常数并且该值在

0.8和1之间，直到光电流为1微安。为此，不必说明所用光强情况，可以用一位数给出用微安/流明表示的管子灵敏度。拿氧化铅管子来说，可以容易地达到灵敏度300微安/流明(2870K)。这意味着，甚至在景上高光平10到12呎烛光时，用调到 $f/2.8$ 的透镜可以得到高质量图象，这个是比得上同样焦深的 $f/5.6$ 超正析摄像管。氧化铅管子的常数伽马使管子特别适用于彩色电视，因为极好的彩色再现在大范围的变化光照条件下可能达到。

光谱响应曲线(图7)基本上是由红态 $PbO$ (带间隙 $E = 2.0$ 电子伏)决定的，这表明，红色灵敏度的边缘波长大约为 $6400 \text{ \AA}$ 。氧化铅管的最大灵敏度在 $5000 \text{ \AA}$ 。在短波长区灵敏度的下降是由于大概在薄的 $n$ -型区出现对这种光的吸收，这个区几乎是无场区，所以在那里复合速度是高的。

通常电视摄像管的分辨率是以在5兆赫/时的调制度对0.5兆赫/时的百分比为定义的(图8)(在欧洲625行系统相当于每个图象高度400行)。用氧化铅管可达到50%调制度。这是敌得过标准的3吋超正析摄像管。这只是在光电导体的阴极区(即使是强烈的P-型)对着电子枪一侧面上有很低的导电性的时候才可能达到。

在氧化铅管中光电导体的余辉几乎不引人注意。这可以通过下面试验数字表示，这些数字是在这样的靶电位上得来的，以致于光电流饱和。如果光强度是从 $L_1$ 变化到 $L_2$ ，光电流 $i$ 在3帧之后达到 $i_2 \pm 0.1$ 值( $i_1 - i_2$ )，而10帧之后达到 $i_2$ 值(和光强度无关)。没有讨厌的余辉是由于：1，选择涂层的电容尽量低，以避免由于电子束的电阻而有慢的响应，和2，消除本征区中的有干扰的陷阱中心；随着靶电位的增大，光电导体的余辉减少，并在50伏时完全可用了。

氧化铅型的管子寿命是非常满意的。在管子工作几千小时之后发现最主要性能保持不变。可以得出结论：氧化铅管有简单结构

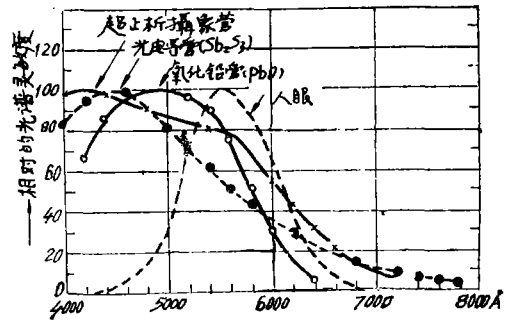


图7 超正析摄像管， $Sb_2S_3$ 光电导管、氧化铅管和人眼的等能量时的相对光谱响应曲线。

和操作的优点，灵敏度高，暗电流低，排除讨厌的余辉，因此保证极好的最终有层次的高对衬图象。这些性能使得这种管子适合于大量的电视用途，特别用于彩色电视摄像机上，氧化铅管几乎是理想的摄像管。

实际上，几年前开始这种管子研制的理由对适合于彩色电视的摄像管来说是迫切需要的。

在实验室基础上制造了几台3-氧化铅管彩色电视摄像管。这些氧化铅摄像管具有小尺寸、容易操作、良好的稳定性、好的彩色再现和高的灵敏度的优点。

用100—150呎烛光照明级的时候可以在 $f/28$ 的透镜上得到完全饱和的彩色图象。在那种情况下，在 $y$ 波道上信噪比将比40分贝好。

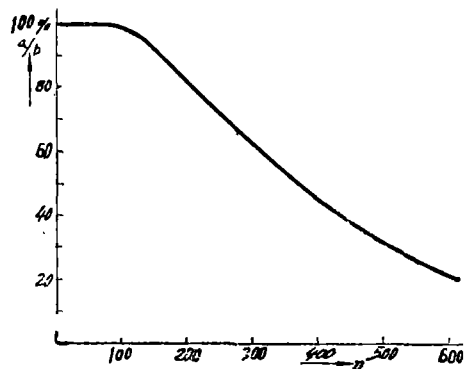


图8 方块波的调制度作为行数的函数

译自“Journal of the SMPTE”  
vol.73, No6.1964.p.437.