

条纹管光电阴极导电基底的研制

牛 惠 辉

摘要: 本文论述了用于条纹管光电阴极导电基底的几种制作方法, 并对各种导电基底的性能进行分析和比较。

一、引 言

对于高速摄影用的条纹管的光电阴极, 除应具有高灵敏度、合适的光谱响应范围等一般要求外, 还要求具有足够低的横向面电阻。因为在高速摄影中, 光电阴极所接收的光讯号一般是时间短而又具有一定强度的光脉冲, 尤其是应用愈来愈广的激光脉冲, 其强度很高, 要求像管在很大的电流密度下工作, 这就产生了所谓光电阴极横向面电阻效应。当光电阴极在较小的电流密度下工作时, 光电阴极面仍保持一等位面。如果电流密度很大, 阴极面不再是一个理想的等位面, 将出现中心电位高于边缘电位的电位梯度。由于电位的变化, 破坏了原来电子光学系统中的静电浸没物镜, 使透镜对边缘的放大率较中心的小, 因此产生了畸变。计算结果表明^[1], 此时将产生严重的桶形畸变。此外, 随着光脉冲快速变化, 阴极表面电位也发生变化, 因而条纹图像模糊, 分辨率下降。为使光电阴极在发射光电子时, 电子能及时得到补充, 使图像在大的峰值光电流的情况下保证像管的成像质量, 就要求像管的光电阴极一定要做在一个导电基底上, 要求基底的电阻率低于 $50\Omega/\square$, 而一般常用的多碱光电阴极Sb—K—Na—Cs的横向面电阻为 10^8 ^[2]、 10^9 ^[3] Ω/\square , 因此, 对于高速摄影用的条纹管而言, 制作导电基底就成为至关紧要的问题了。

二、实验条件与方法

所谓导电基底, 就是在光电阴极制作之前, 在基片上制作一层导电薄膜, 此薄膜应具有良好导电性能, 足够高的透明度, 并与阴极材料相容。目前普遍采用的导电基底有三类:

(1) 金属氧化物层, 如 SnO_2 、 In_2O_3 、 CaO 等, 考虑到与阴极材料相容问题, 目前仅限于使用 SnO_2 导电层。但此类导电层与S—20光电阴极不相容, 其应用也受到限制。(2) 半透明金属膜导电基底, 如钡、铂等, 通常采用阴极溅射法和真空蒸发法制作。(3) 金属网格导电基底, 通常采用光刻法或真空加热镶嵌网格的方法制作。

1. 溅射法制作金属网格半透明导电膜, 就是在真空中通过气体放电轰击钡片, 使之成带电离子, 在高压下, 钡离子沉积在基片上, 从而得到半透明金属膜。原理如图1所示。将清洗干净的玻璃基片放入真空罩内的金属支架上, 支架与底座相通, 使玻璃基片与作为溅射源的钡片相距5cm, 当真空系统的真空度抽到 $4-6 \times 10^{-2}$ Torr时, 开启高压电源, 使之在1.8—2.0kV时, 溅射电流为4—8mA, 溅射时间从10分钟到60分钟不等, 可以得到不同

厚度的膜层，这要根据基片所需的横向面电阻及透过率而定。

例如：溅射30分钟，透过率75%，电阻率323Ω/□

溅射60分钟，透过率50%，电阻率147Ω/□

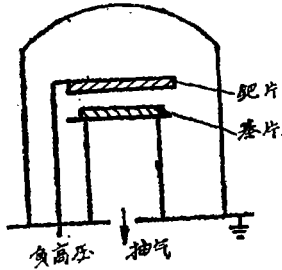


图1 溅射原理图

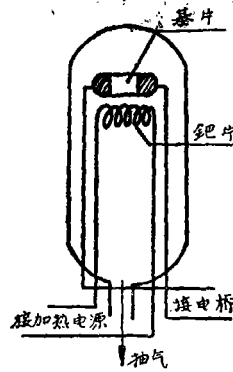


图2 蒸发钨原理图

2. 蒸发法制作钨半透明膜，就是在真空中通过加热金属钨，使之蒸发到基片上形成金属半透明膜。原理如图2所示。将清洗干净的玻璃基片放在待蒸发系统的支架上，将绕有钨丝的钨片接在基片的正下方作为蒸发源，然后封入真空系统中，当系统真空度抽到 10^{-3} Torr以上，接通蒸发电源先给钨片加热，使之去气，待真空度抽到 10^{-5} Torr时加大电流，使温度达到钨的蒸发点 1083°C ，将钨蒸发到基片上形成半透明膜。其厚度由测量基片的透过率来控制，同时也测量了基片的横向面电阻。

例如：开始透过率100% 横向面电阻 $9.999 \times 10^6 \Omega/\square$

透过率75% 横向面电阻 $1.2 \times 10^6 \Omega/\square$

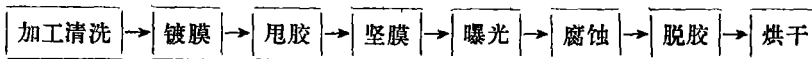
透过率60% 横向面电阻 $1.6 \times 10^4 \Omega/\square$

透过率45% 横向面电阻 $3.4 \times 10^3 \Omega/\square$

透过率40% 横向面电阻 $6 \times 10^2 \Omega/\square$

3. 光刻法制作金属网格导电基底，就是在镀好金属膜的基片上通过光刻的方法，使基片上的金属膜形成网格作为导电基底。具体方法：首先在加工清洗干净的玻璃基片上镀上一层铝膜或铬膜，经甩胶、坚膜后用33条/mm的网格作掩模进行光刻，光刻后形成平面的或球面的网格导电基底，其横向面电阻均在 $10 \Omega/\square$ 以下，透过率60%左右。

主要工艺流程：



4. 镶嵌法制作铜网格导电基底

镶嵌法就是在真空中加热玻璃基片，使其软化，将网格压焊在玻璃基片上而形成导电基底的方法原理如图3所示：

将加工抛光好的平面石墨块放在真空系统的垂直支架上，在其上面放封好可伐环的干净玻璃基片，再将铜网放在此基片上，铜网上再放一块加工抛光好的平面石墨块，最后放上不锈钢重力压块，其重量按对基片以 $20\text{g}/\text{cm}^2$ 的压力计算。玻璃基片，石墨块和不锈钢压块的直径应相同，以使玻璃片受力均匀，放好后支架应保持垂直。罩好带有加热电炉丝的磨口石英

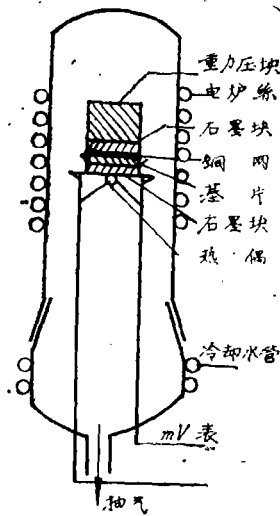


图3 真空加热压网原理

罩，将系统真空度抽到 10^{-5} Torr以后，开冷却水管对磨口冷却。电炉接通电源，使系统温度缓慢升高，在真空度不低 10^{-4} Torr的情况下使温度升到 600°C 并保持一小时，此时从窗口观看，石墨块、可伐环和不锈钢压块的颜色均达到紫红色，然后缓慢降温至 100°C 以下方可打开真空系统，取下镶嵌好网格的导电基底。此方法制作的导电基底的横向面电阻就是网格本身的电阻，因此是很低的。如果镶嵌过程中玻璃不发毛的话，透过率也是较高的，所以导电基底的电阻率和透过率都取决于网格。例如用33条/mm的铜网镶嵌的导电基底的透过率为50%，横向面电阻在 $0.1\Omega/\square$ 以下。

三、实验结果与分析

实验表明，几种制作导电基底的方法各有优缺点。

溅射法具有工艺简单，容易操作和掌握，所制导电基底导电性能良好，与S-20光电阴极相容等优点，但是它又有表面电阻率和透明度相互制约的缺点，随着导电层密度（即厚度）的增加，电阻减小了，而透过率也降低了，从而使光电灵敏度下降。

蒸发法除有与溅射法相同之优点外，它可以在同一真空系统中不暴露大气从导电基底到光电阴极的制作一次完成，对真空卫生和提提高光电阴极灵敏度均有好处，但是由于蒸发法制

表1

类型	外 单 位 做 的			我 们 做 的	
	材 料	透过率(%)	表面电阻率 (Ω/\square)	透过率(%)	表面电阻率 (Ω/\square)
金属氧化物层	SnO_2		50 ⁽⁴⁾		
	$\text{SnO}_2 + \text{SiO}_2$	85	100 ⁽⁴⁾		
	$\text{SnO}_2 + \text{Sb}_2\text{O}_3$	70	100		
金属半透明膜	<i>Pd</i>	半透明	40 ⁽⁴⁾	~50	147
	<i>Pt</i>	80-90	几千		
光刻网格	Ni、Cr膜经光刻形成网格 ⁽⁴⁾	50	22~200	Al、Cr	~10
				40	
镶嵌网格	Cu、Au、Ag、Ni网镶嵌在玻璃上	50	<0.1 ⁽³⁾	Cu	
			3×10^{-8}	50	<0.1

作的导电膜比溅射法制作的导电膜疏松, 所以蒸发法制作的导电膜横向面电阻偏高。

光刻法制作的导电膜电阻很小, 但是工艺较复杂, 不易掌握, 而且所制网格材料与光电阴极材料有相容问题。

镶嵌法制作铜网格导电基底可以使横向面电阻做得非常小, 但其工艺较复杂, 不易掌握, 而且有些工艺与别的工序有密切关系, 成品率较低。

综上所述, 几种制作导电基底的方法各有其优缺点, 工作中究竟选择哪种导电基底, 应根据使用要求而定。一般脉冲工作状态, 当脉冲宽度在10ns范围内, 要求有效电阻低于 $1000\Omega/\square^{[2]}$, 对于更短的曝光时间, 即更高的拍摄速度, 要求这个值更小。例如 $100\sim 133\Omega/\square^{[5]}$, 对于ps量级的时间分辨率, 则要求光电阴极的横向面电阻为 $10\Omega/\square^{[6]}$ 左右, 显然, 对于ns量级时间分辨率的条纹管, 溅射法和蒸发法制作的半透明金属膜导电基底是完全可以满足的。我们已将溅射法制作的导电基底成功地用于我们研究的简易条纹管中, 在高分辨光谱测试方法研究中取得满意的结果。表1给出了用不同工艺制作的不同导电基底的性能, 以便进行比较。

参 考 文 献

- [1] 牛慈笨等; 光机技术1979.No.1 p15
- [2] B.P., 1205129
- [3] B.R.C. Garfield et al; «Advances in Electronics and Electron Physics», B28 p375—p380 1969. London and New York.
- [4] B.R.Thomas and G.Clement and B.R.C.Garfield et al; «Advances in Electronics and Electron Physices», 1972. London and New York.

A Study on the Conductive Photocathode Substrate of the Streak Tube

Niu Huihui

Abstract

This paper described several methods for producing the conductive photocathode substrate of the streak tube. The performances of each kind of substrates were analyzed and compared.