

# 微 通 道 板

张 多 明

(中国科学院电子学研究所)

微通道板 (MCP) 是由单通道电子倍增器平行排列成的, 它的工作原理和单通道电子倍增器相同, 二者都要在真空中工作, 工作时需要在两端加适当电压<sup>[1]</sup>。微通道板的结构如图 1 所示。

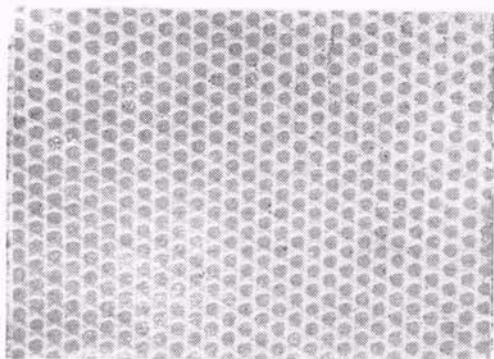


图 1 微通道板结构图 (×300 倍)

微通道板具有增益高, 噪声低, 动态范围大, 高的空间分辨率和时间分辨率, 能暴露大气等特点。它可以单独作为一个探测器, 对电子、离子、真空紫外、软 X 射线等直接进行探测<sup>[2]</sup>。它还可以和荧光屏组成无窗口的象增强器。这种象增强器再加上不同的光阴极组成多种象增强器, 如微光管等。

## 一、微通道板主要性能<sup>[3]</sup>

### 1. 增益特性

微通道板的增益、噪声和传导电流的测试原理如图 2 所示<sup>[4]</sup>。

图 2 中  $G_1$  为小电流放大器,  $G_2$  为检流计,  $V_p$  为加在通道板上的工作电压, 它可在 0—1200V 之间变化, E 是收集极电压。测量平均

电流增益的方法是先测出通道板的输入电流  $I_1$ , 再测出它的输出电流  $I_2$ , 由式  $G = \frac{I_2}{I_1}$  即可算出平均电流增益  $G$ 。  $G$  与电压  $V_p$  有关, 在保持  $I_1$  为一定值时改变  $V_p$ , 即可得到增益随电压  $V_p$  变化的曲线, 如图 3 所示。

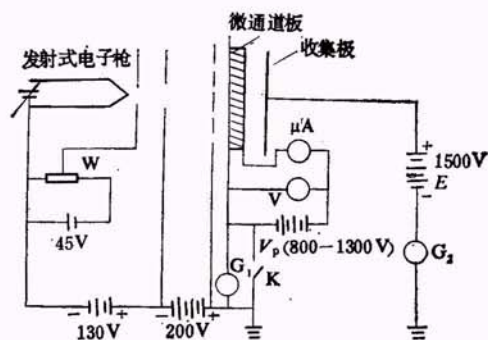


图 2 微通道板性能测试原理图

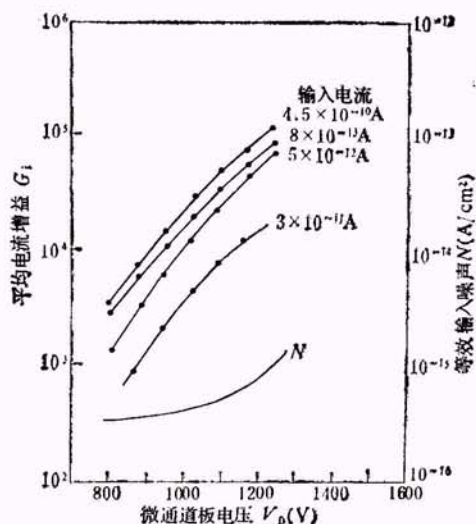


图 3 平均电流增益、等效输入噪声与工作电压的关系

由图 3 可看出, 当输入电流  $I_1$  太大时, 通

道板的平均电流增益曲线出现饱和现象。为了能反映通道板的本来特性,应使输入电流小些,一般为  $10^{-12} \sim 10^{-13} \text{A}$ 。将微通道板用于成象器件中,通常它的工作电压范围为  $800 \sim 900 \text{V}$ ,这时的增益也应大于  $10^4$ 。

## 2. 等效输入噪声

微通道板的等效输入噪声定义为:通道板的噪声电流密度与它的增益之比。通道板的噪声电流就是当通道板没有输入即  $I_1 = 0$  时,在板的输出端测出的输出电流  $I_2$ 。测试原理如图 2 所示。通道板的等效输入噪声与它的工作电压关系曲线如图 3 所示。为了降低噪声,通道板应在较低电压下工作。在通常使用条件下,通道板的工作电压为  $1000 \text{V}$  时,要求它的等效输入噪声小于  $10^{-16} \text{A/cm}^2$ 。

## 3. 板电阻

微通道板的板电阻是通道板的工作电压同在这个电压下的板的传导电流之比。因此,只要测出通道板的传导电流就能计算出它的板电阻,有时候也可直接用它的传导电流来表明这个参数。在象增器中应用时,一般要求板电阻为  $5 \times 10^8 \sim 5 \times 10^7 \Omega$ 。

## 4. 微通道板的探测效率

微通道板的探测效率可定义为:输入的质点数或量子数与输出端产生的可检测的脉冲数的百分比。对于不同波长的入射粒子,它的效率相差很大。表 1 给出的是美国 Varian 公司公布的数据。

表 1

	能量或波长	探测效率
正离子	10—50keV	70—80%
	3—10keV	40—70%
	0.5—3keV	5—40%
电子	0.5—4keV	50—75%
	0.1—0.5keV	10—50%
软X射线	2.1—68Å	5—15%
真空紫外线	300—1150Å	10—15%
	1150—1500Å	2—8%

## 5. 空间分辨率

微通道板的空间分辨率主要是由它的通道

中心距决定的,可用  $R = \frac{1}{2P}$  来表示,  $R$  为通道

板的分辨率 ( $L_p/\text{mm}$ ),  $P$  为通道中心距 ( $\text{mm}$ )。根据使用时要求的分辨率,可以确定微通道板的通道孔径和通道中心距的大小。

## 6. 微通道板几何尺寸的确定

(1) 偏角:为了减少离子反馈,增加粒子与通道碰撞的几率,减少由输出荧光屏的光反射,可使通道板每个通道轴都与板的输入输出面的法线成一个角度,这就是所说的偏角。这个角一般为  $5 \sim 15^\circ$ 。

(2) 通道直径:通道板的通道直径大小,与板的空间分辨率有直接关系,如要求高的分辨率,通道直径必须做得比较小。目前通道直径为  $8 \sim 10 \mu\text{m}$ 。从实际应用情况来看,通道直径小于  $6 \mu\text{m}$  时,已不能进一步提高分辨率了。

(3) 板厚度:通道板的厚度也就是通道的长度。板的性能只与通道的长度直径比  $l/d$  有关,要取得最好的板增益就要选择最佳的长度直径比。这个比值一般取  $35 \sim 55$ 。所以只要通道直径  $d$  确定后,板厚也就能选定了。

(4) 开口面积比:它表示微通道板的开口面积同板的总面积之比。为了提高通道板的探测效率,开口面积做得大些好,但开口面积太大又给制板工艺带来困难,目前一般取这个面积比为  $60\%$  左右。

## 二、微通道板的保存和使用

微通道板的孔径很小,厚度很薄,面积又大,必须注意保存,板的包装要好,切不要有磨擦。对于长期不用的通道板应放在干燥的氮气中保存。短期存放也要放入干燥器中。使用时需注意:

(1) 表面有灰粒时可用干燥氮气吹去,切不要用硬物去擦,以免擦伤表面。

(2) 装配时必须在洁净环境下操作,操作者应戴上指套。

(3) 装架必须保证有良好的电接触,压力要适当并且只能有轴向压力而不能有切向压

力,压环不能在板上转动。

(4) 通道板用于成象器件,应能耐受400°C 温度下24小时的烘烤。

(5) 微通道板工作的真空度要求大于 $10^{-5}$ Torr。

### 三、微通道板的应用<sup>[5,6]</sup>

微通道板的应用非常广泛,现仅举几个主要应用实例。

#### 1. 微光成象器件

微通道板是第二代微光管和第三代微光管的关键部件。在第一代微光管的光电阴极和荧光屏之间放进微通道板就称为第二代微光管。它是将光阴极上的光电子图象倍增后再在荧光屏上呈现出可见图象。因此,一只第二代微光管可代替三只第一代微光管串联使用。它与第一代微光管相比具有体积小、重量轻、防强光、增益高、图象质量好等优点。

#### 2. X 射线象增强器

由于微通道板对软X射线的探测效率较高,因此对于软X射线图象探测可直接用无窗象增强器进行图象增强。这就是使软X射线直接射到微通道板上,进行转换和放大后,由荧光屏成象。但对于硬X射线图象,则需要在输入端放一个X射线转换屏,将X射线粒子转换成电子,再由微通道板放大,最后在荧光屏上成象,其原理见图4。

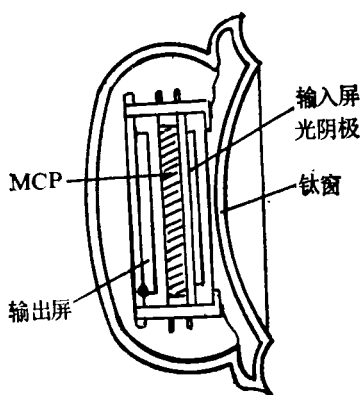


图4 X射线增强器

#### 3. 高速光电倍增管

用微通道板代替原光电倍增管中的分立式打拿极系统,做成新的高速光电倍增管,响应速度有很大的改善,上升时间可达到100—200ps。其结构原理见图5。

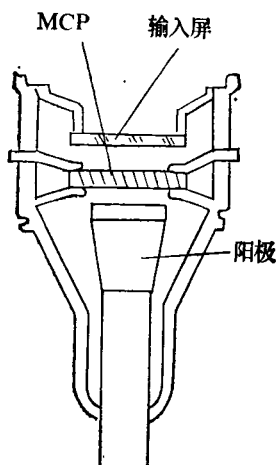


图5 高速光电倍增管示意图

#### 4. 高速示波管

微通道板用于示波管中可使其性能有很大的提高。它的带宽可做到1GHz,写速可达20cm/ns。亮度比以前的示波管大两个量级。这在核试验和等离子体的研究工作中,对快速信号的检测具有重大意义。它的结构原理见图6。

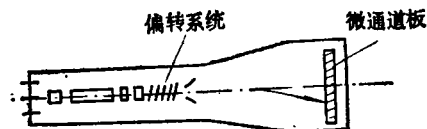


图6 高速示波管原理图

### 参 考 文 献

- [ 1 ] J. Adams and B. W. Manley, *IEEE Trans. Nucl. Sci.*, NS-33 (1966), 88.
- [ 2 ] A. W. Woodhead and G. Eschard, *Acta Electronics*, 14(1971), 181.
- [ 3 ] 张多明等, *电子学通讯*, 4-1 (1982), 60.
- [ 4 ] D. Washington, *Acta Electronics*, 14(1971), 201.
- [ 5 ] R. Lewis and R. Gomer, *Appl. Phys. Letters*, 15 (1969), 384.
- [ 6 ] B. Nathan, Mr. Shakhatre and G. Decker, *Rev. Sci. Instrum.*, 47(1976), 88.