

经验交流

总厚度 25 微克/厘米²的粒子探测器的制备*

王朝俊 何景棠 张英平 郑志鹏 唐孝威

(中国科学院高能物理研究所)

常用的薄窗粒子探测器,薄窗厚度一般为上百微克/厘米²,而穿透式薄膜闪烁计数器及穿透式薄膜半导体探测器,物质总厚度至少都在1毫克/厘米²左右.它们尚不能满足一些物理实验的要求,例如要求入射粒子能量损失非常小的实验、要求记录能量极低粒子的实验,等等.

我们试制了一种总厚度很小的薄窗粒子探测器,用很薄的有机薄膜制成薄窗,粒子穿过薄窗射入探测器.探测器内充入气体(酒精蒸汽),在正比区工作.探测器放在真空系统中,窗的两边同时抽真空,然后在探测器中充低气压气体来记录入射粒子.

我们制备的探测器,薄窗厚度最小少于10微克/厘米²,探测器内气体厚度最小达到15微克/厘米²,因此探测器物质总厚度最小达到25微克/厘米²(如果制成穿透式探测器,有入射窗及出射窗,则物质总厚度最小可达30微克/厘米²).本文介绍这种探测器的制备方法.

探测器是侧窗型结构.它是一个外形为长方体的厚壁黄铜块,内部圆柱体直径30毫米、长度150毫米.中心丝为直径100微米的钨丝,用可伐引出.在一端有抽气接头.柱体的一个侧面是一块活动窗板,上面开13个直径8毫米的圆孔作为窗口.各个圆孔边缘相距4毫米.窗板与探测器用橡皮密封.探测器的有效接收面积为6.5厘米².装配前的薄窗探测器的照片见图1.

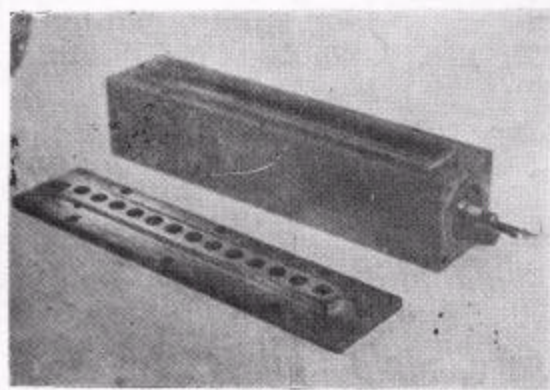


图1 装配前的薄窗探测器

* 1976年10月25日收到.

有机薄膜采用 VYNS 材料。这是氯乙烯与醋酸乙烯的共聚物。把 8 克 VYNS 粉末溶于 100 毫升二氯乙烷中制成溶液, 经过滤纸过滤后贮存于密闭瓶中。薄膜是在水面上制作的。取一大盆清水, 将 VYNS 溶液在靠近盆边 1 至 2 厘米处滴入两滴。溶液会在水面上自然扩展成膜, 一边扩展粘附于盆壁, 另一边则向盆中间展开。这样制成的膜厚约 2.5 微克/厘米²。如果要制作较厚的膜, 则可以接连滴入 4—6 滴溶液, 并用两把小镊子夹住边缘, 以限制及控制其扩展速度。这时膜的厚度和均匀度视镊子移动速度而定。

用 1—2 毫米粗的铜线, 做成有边圈的捞框, 把薄膜捞出水面。捞框式样见图 2。捞膜时将捞框伸于膜下水中, 沿框的横向以 60—80° 角缓缓提起。要注意避免薄膜重迭或破裂。捞出膜后, 把框挂在防尘处晾干备用。制膜时要求保持溶液、滴管、水和捞框干净。水面上扩展的薄膜较厚时, 其厚度及均匀性可以由各处颜色来估计。捞膜时选择均匀的部分捞出。很薄的膜, 例如 2.5 微克/厘米²左右的膜, 在水面上呈浅灰色, 其目视均匀度由透明度估计。

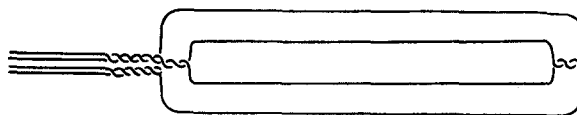


图 2 捞膜框架示意图

捞出薄膜经过半天干燥后即可封窗 (薄膜不宜在封窗前搁置过久, 否则封窗时易撕裂)。封窗前要把窗板中央凸起部分用抛光膏抛光成镜面。封窗时将框架中部的膜 (见图 2) 覆盖在窗板中央凸起部份上 (见图 1)。在框架与窗板间加的压力, 只要使薄膜刚贴上就行。然后用注射针管吸取少量二氯乙烷, 利用针尖慢慢将薄膜的无用部分割开。割时要保证二氯乙烷留在针管内, 防止溅落到窗上, 出现溶洞。在全部割开后, 再把捞框取走。

一次制作较厚的膜, 厚度不易做得均匀。所以采取分别制作多层薄膜, 然后再迭起的做法。这时可用上述相同方法, 在窗板上连续迭起第二层、第三层膜……, 直到合适的厚度为止。迭加薄膜时, 要慢慢覆盖, 尽量使两层薄膜之间所夹的空气气泡少些。窗封好后, 窗的厚度用 α 粒子测厚仪测量。我们所用薄膜的整块面积较大 (长度 160 毫米、宽度 30 至 50 毫米), 当用 10 层薄膜 (每层 2.5 微克/厘米²厚) 迭起的情况, 探测器窗 13 个孔中最厚与最薄的厚度相差为 20%。

装配好的薄窗探测器的照片见图 3。探测器整个放入真空系统中。然后在薄窗两边同时缓慢地抽气, 直到真空度达到 10^{-1} 毫米汞柱气压。系统抽空后, 各层薄膜间所夹的小气泡会膨胀, 并逐渐渗出薄膜。当层数少时, 所夹的小气泡经过 12 小时可完全渗出; 当层数多时, 要经过 24 到 48 小时才完全渗出。在小气泡渗出之前, 探测器内不能充气, 否则会把薄窗压破。

此后, 把探测器进一步抽到高真空, 再进行充气。充气要缓慢进行。对于直径 8 毫米的窗孔, 薄窗厚度与耐压有下面的测量数据 (使薄窗破裂的充气气压简称破裂气压): 薄窗厚度 26 微克/厘米², 破裂气压约 450 毫米水柱气压; 薄窗厚度 75 微克/厘米², 破裂气压约 900 毫米水柱气压。在薄窗厚度 6.5 微克/厘米²时, 充气气压 200 毫米水柱气压, 仍

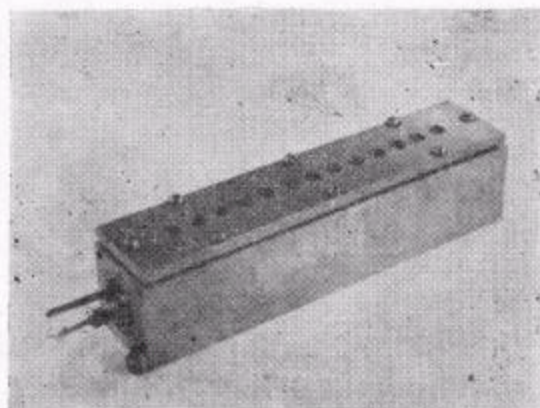


图 3 封装好的薄窗探测器

可正常工作。

在真空系统中探测器的充气部分, 连接了一个体积 1000 毫升的气压稳定瓶, 以减少所充气体逐渐从薄窗渗出而造成的气压下降。加气压稳定瓶后, 薄窗厚度大于 25 微克/厘米², 充气气压为 200 毫米油柱气压时, 探测器气压在一小时内变化小于两毫米油柱气压。薄窗厚度在 13—25 微克/厘米²时, 充气气压 200 毫米油柱, 气压在 30 分钟内变化小于两毫米油柱气压。薄窗厚度在 7—13 微克/厘米²时, 充气气压 200 毫米油柱, 气体渗出较快, 需要用半流气式充气, 来维持探测器内气压稳定。当探测器不用时, 可将其中气体慢慢抽空, 以免薄膜长期处于受压状态。

薄窗可以耐一定强度束流的照射。薄窗厚度在 25 微克/厘米²时, 探测器(窗孔直径八毫米)经受小于 0.01 微安的低能重离子束照射 30 小时以上, 一直正常工作。另外又试验了直径 30 毫米, 厚度 35 微克/厘米²的薄膜, 以强度 0.5 微安的低能质子束连续照射两分钟无变化。直径 30 毫米, 厚度 80 微克/厘米²的薄膜, 以强度 0.5 微安的低能质子束连续照射五分钟无变化。

用这种薄窗粒子探测器测量过 α 粒子、 β 射线、 γ 射线、X 射线和低能重离子。在实验中多次使用, 工作性能保持稳定。这个设备还配合电磁分离器用于寻找单电荷重粒子的工作中。

中国科学院原子能研究所孙树华等同志协助进行了部分工作。

FABRICATION OF A PARTICLE DETECTOR WITH A TOTAL THICKNESS OF 25 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$

WANG CHAO-JUN HE JING-TANG CHANG YING-PING

ZHENG ZHI-PENG TANG XIAO-WEI

(Institute of High Energy Physics, Academia Sinica)