

新型粒子探测器——自猝灭流光室

随着高能实验物理的发展,粒子探测器方面的创新也层出不穷.就电子学探测器来说,六十年代末期,欧洲核子研究中心的恰巴克(Charpak)发明了多丝正比室,此后派生出多丝漂移室、多步雪崩室和时间扩展室.前两种探测器在当今的高能物理实验中广为应用,多步雪崩室在测量契伦科夫计数器的环像中大显神通;时间扩展室在测量相对论带电粒子方面初见成效.就脉冲放电室而论,六十年代初期多板火花室和多丝火花室在高能物理实验中到处可见,多板火花室突出功绩是有效地区别了电子中微子和 μ 子中微子,在研究火花室的基础上又产生了流光室.虽说以上这两大类探测器在工作原理上略有差异,但是,它们毕竟都同属于气体放电的范畴.上述第一类探测器能给出精确的粒子径迹位置测量,粒子径迹的测量精度在100到1000微米的范围;记录粒子的速率在 10^6 — 10^7 粒子/秒范围;然而,由于探测器本身给出的电脉冲很小,通常为几毫伏.为了传递这些低幅度的电脉冲,必须为每根信号丝配置一个低噪音放大器.在规模比较大的实验中,通常都用数以千计灵敏丝的室,其电子学部分的造价十分昂贵.上述第二类探测器在测量粒子径迹的精度方面稍低于前者,可是,它们的结构比较简单,无需庞大的电子学系统,造价较便宜;由于它们是通过外触发选择系统来驱动脉冲高压工作的,与之相配的记录信息是光学照像系统,这就大大地限制了记录信息的速率,通常取数据率为5—10次/秒.无疑,这类探测器在实际应用中有局限性,它们只适合用在寻找稀有事件的实验上,对统计量高的实验,这类探测器显然是无能为力的.

为了获得好的粒子径迹测量精度、高的信息获取率和降低探测器造价;科学家们在科学实验的道路上又做出了新的努力,有了创新,一种新型探测器自猝灭流光室(或管)问世了.这种新的探测器抛弃了火花室和流光室脉冲高压供电导致记录速率低的弊病,而采用恒定直流高压供电,它的工作气体是50%惰性气体和50%有机猝灭气体的混合物,惰性气体常用氩气,猝灭气体使用甲烷,异丁烷之类有机气体.当带电粒子穿过计数器时,沿着粒子径迹产生电子和正离子对,在强电场的作用下,电子迅猛增殖形成雪崩,电子雪崩迅速向高压极飞奔,雪崩发展成流光.由于工作气体中含有过量的有机猝灭气体,猝灭气体强烈吸收流光

过程的光子,致使雪崩-流光过程被局限在阳极丝附近的很小区域里,这就是自猝灭流光方式.垂直于阳极丝的流光高几毫米,直径为200—300微米,与此同时在阳极丝接收到 10^8 以上的电子,这个电脉冲上升时间5毫微秒左右,脉冲基底宽几十毫微秒,脉冲幅度50毫伏左右,它比通常漂移室输出脉冲幅度大四十倍.因此,对自猝灭流光室(或管)来说,电子学放大器不再是必不可少的了.由于没有放大器或对放大器要求不高,来自放大器的噪音也就不复存在,所以探测器输出的信号显得非常干净.当其室的工作电压大于某一值时,例如,直径为2cm的流光管,工作电压大于3.6千伏,可在流光管的阳极丝上获得快脉冲,而且流光管有500—1000V的坪区,只要管子的工作电压落在坪区范围,计数管就会十分稳定的工作,不管对最小电离粒子还是X-射线都有相同的脉冲分布.这种探测器除了在几毫米的流光区里有 ~ 100 微秒的死时间外,可以说,它对到达的粒子是连续灵敏的,毫无疑义,这样的记数率完全能与漂移室相比美.据报道,室的探测效率可达99.6%,粒子径迹定位的平均精度为0.2毫米,最好精度为0.11毫米.这与漂移室的空间分辨率150—250微米是一致的.从结构来看,有圆柱形的自猝灭流光管和多丝的自猝灭流光室两种,阳极丝通常是50—200微米镀铜丝或更细的镀金钨丝.

由于这种新探测器具有高的探测效率,低噪音本底,高的空间分辨率,快速信息获取率,电子学系统造价低等优点,引起实验物理学家们极大的兴趣.近两年,这种探测器在高能物理实验中获得实际应用.举例来说,1979年法国的Orsay实验室制造8000只流光管,用于光子和 μ 子实验;欧洲核子研究中心的CHARM小组建造二万只流光管,用于SPS加速器中微子实验,用流光管布阵改善大理石吸收体量能器测量强子和电磁簇射的空间分辨率;欧洲核子研究中心和意大利的Frascati等组合作建造四万三千只流光管,改善量能器的空间分辨率,用它们来测量质子衰变,1980年,美国的费米实验室开始为新的中微子实验筹建流光管;苏联的赛普霍夫高能物理所建造了 $3 \times 0.8m^2$ 的自猝灭流光室,目前正在往76Gev加速器实验上安装.

(王德武)