

多步雪崩室放大系数和探测效率的测量

朱永生 张润华 赵平德 徐芷菁 李晓光

(中国科学院高能物理研究所)

摘 要

测量了充以氩-三乙胺混合气体的多步雪崩室的放大系数,并与文献[11]的结果作了比较。利用 ^{90}Sr 源发射的 β 粒子测定室的探测效率达98%,坪区约为200V。

一、引 言

近期出现的多步雪崩室^[1-4]可以测定单个带电粒子, X射线粒子和远紫外光子的位置。这一特点使它成功地用于契伦科夫环象测量,从而确定带电粒子的速度^[6]。

多步雪崩室工作原理见文献[11]。其工作气体由惰性气体(通常是氩)和百分之几的光致电离气体组成,后者是电离位较低的气体或蒸汽。常用的光电蒸汽的电离位列于表1^[5],一定波长的光子的量子转换效率^[6,9]见图1。多步雪崩室可探测的紫外光子波长范围完全由光电蒸汽的种类决定。

表1 一些气体的光致电离位^[5]

气体(蒸汽)	二氧化碳	甲烷	乙烷	乙醇	丙酮	苯	三乙胺
分子式	CO_2	CH_4	C_2H_6	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	CH_3COCH_3	C_6H_6	$(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{N}$
电离位(eV)	13.77	12.6	11.5	10.49	9.69	9.24	7.52
对应光子波长(nm)	90	98	107	118	127	134	164

多步雪崩室预放大区能形成以光子为中介的光电雪崩的必要条件,就是光电蒸汽对氩退激发射谱^[9]所在的波长区域有一定大小的吸收截面和量子效率^[11]。由图1可见,苯、丙酮、三乙胺都满足这一条件。但从测量契伦科夫辐射的观点来看,使用电离位较高的苯、丙酮是不利的。在测量高能粒子速度的契伦科夫环象探测器中^[6-8],契伦科夫光子要经过铝镜反射,穿过光子探测器窗才被记录。窗材料多用透紫外性能最好的氟化物晶体。图1中已画出了LiF、CaF₂的透过率曲线。对能量高于苯、丙酮电离位的光子波长,CaF₂透过率接近于零, LiF透过率也已下降。考虑到晶体透过率很大程度上取决于制备条件,实际的透过率可能更差。镀铝镜面反射率的情况与此类似,例如文献[10]报道在 $<130\text{nm}$

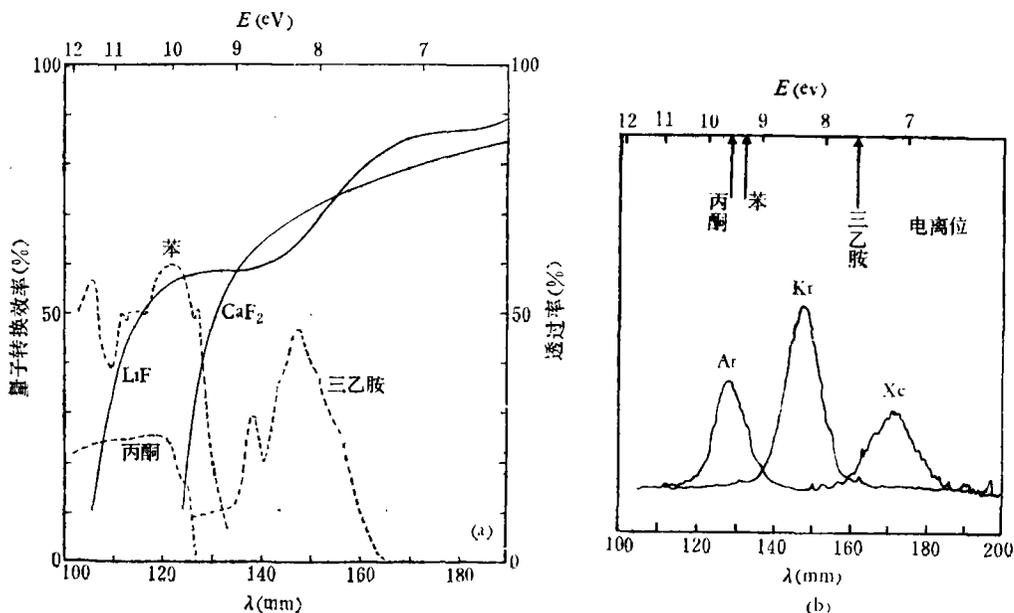


图1 (a) 苯、丙酮、三乙胺的量子效率(虚线)和氟化物晶体透过率(实线)
 (b) 几种惰性气体的退激发射光谱

的区域,反射率随光子能量的升高而明显下降。采用氩-三乙胺混合气体,由于三乙胺光电阈能较低,对能量较低的光子灵敏,故容易得到窗的高透过率和铝镜面的高反射率。其次,契仑科夫环象探测器中,气体辐射体的色散导致环象的色差。光子能量越低,色散越小。故采用三乙胺可探测能量较低的光子从而减小环象的色差,获得较高的速度分辨。

本文报道充氩-三乙胺混合气体的多步雪崩室的性能测量的一些结果。这些结果为我们下一步的工作,使用多步雪崩室测量单光子,打下了基础。

二、气体放大系数的测量

测量中所使用的室体及装置详见文献[11]。

我们测量了末级多丝室的放大倍数 M_{pc} 与三乙胺浓度 α 的关系。结果表明,与使用氩-丙酮混合气体所测得的结果相似。值得指出的是,使用氩-三乙胺混合气体,为达到同样的 M_{pc} 值,多丝室工作电压要比氩-丙酮混合气体低得多。其次,当三乙胺浓度 $\alpha > 3\%$ 时,可达到的极限 M_{pc} 高达 10^5 , 比使用氩-丙酮混合气体的极限值 10^4 高出十倍左右。

使用氩-三乙胺混合气体在末级多丝室得到的 5.9keV X射线的能量分辨表明,当三乙胺浓度 $\alpha > 3\%$ 时,很容易达到通常多丝室的水平 ($\leq 16\%$), 也比工作气体为氩-丙酮的能量分辨 ($\geq 20\%$) 有明显改善。

现在的有效预放大系数 M_E 和总放大系数 M_T 随三乙胺浓度 α 变化的趋势,与以氩-丙酮为工作气体时相似,只是现在预放大区电场 E_{pA} 的阈能较低,而且能达到较高

气体放大过程,而不互相干扰。

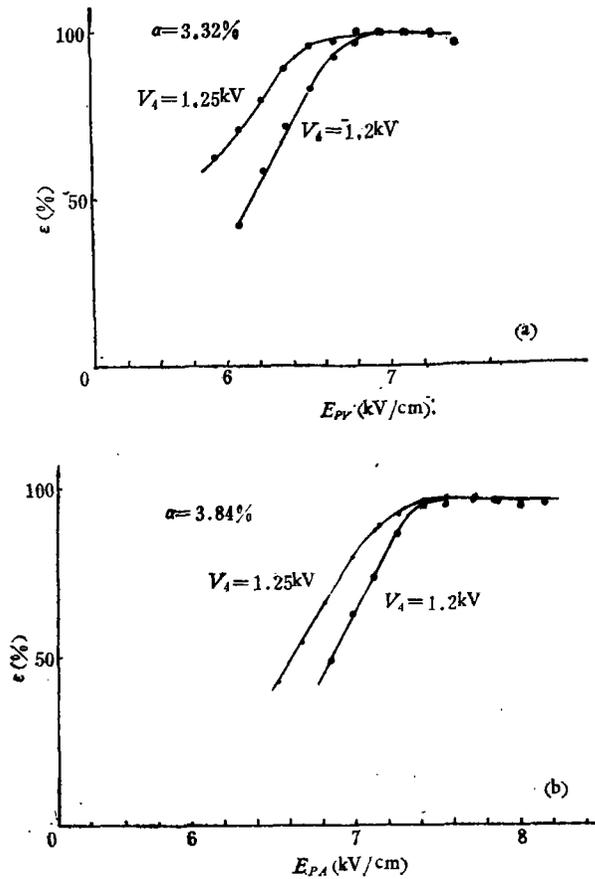


图4 多级雪崩室对电子的探测效率坪曲线。

$$E_C = 0.6 \text{ kV/cm}, E_T = 1 \text{ kV/cm}.$$

三、探测效率

探测效率是探测器的重要性能参数。我们采用图3所示的实验安排测量多步雪崩室对电子的探测效率。 ^{90}Sr 源发射的 β 射线经准直后射向塑料闪烁体 s_1, s_2 和室。 s_1 厚1.5mm,宽1mm。 s_2 厚6mm,宽5mm。 s_1 与 s_2 重叠面积为 $5 \times 10 \text{ mm}^2$ 。末级多丝室几根阳极丝并联在一起,用一路放大器输出,以保证不丢失有用的计数,光电倍增管56AVP的输出信号经过甄别阈0.1V的甄别器后,甄别成形为幅度和形状一致的规整脉冲,以保证有高的符合效率,快符合的分辨时间经测定为16ns,小的符合分辨时间有利于减少偶然符合。多步雪崩室输出信号放大后首先甄别成形再到达慢符合。考虑到 ^{90}Sr 源发射的电子能量是一连续分布,一部分低能电子在多步雪崩室内形成的脉冲幅度会很低。为了保证有高的探测效率,甄别阈不能很高。我们选择的甄别阈,相当于多步雪崩室内产生0.002pc电量的这么多电子形成的输出脉冲幅度。慢符合线路分辨时间为 $5 \mu\text{s}$ 。定标器

SC 记录闪烁计数器 S_1 、 S_2 的符合计数 N_0 , 定标器 SC 记录慢符合计数 N . 多步雪崩室的探测效率定义为

$$\varepsilon = N/N_0.$$

当三乙胺浓度为 $\alpha = 3.32\%$ 时, 两种 V_4 电压值下探测效率坪曲线如图 4(a) 所示. 在效率坪区探测效率达 98%, V_2 — V_3 的坪区电压范围大于 200V. 当 α 增加到 3.84%, 效率坪曲线整个地向 E_{PA} 值高处平移, 总的行为没有明显变化.

杨春敏和荣刚在闪烁计数器的光导粘结和光电倍增管选择方面给予我们帮助, 作者表示感谢.

参 考 文 献

- [1] G. Charpak et al., CERN 78—05, 1978.
- [2] G. Charpak and F. Sauli, *Phys. Rev.*, **78B** (1978), 523.
- [3] A. Breskin et al., CERN-EP/79-01, 1979.
- [4] G. Charpak et al., CERN-EP/80-115, 1980.
- [5] J. V. Jelley, Čerenkov radiation and its application, Pergamon Press, London, 1958.
- [6] G. Charpak et al., *Nucl. Instr. Meth.*, **164**(1979), 419.
- [7] S. H. Williams et al., SLAC-PUB-2412, 1979.
- [8] J. Seguinot et al., CERN-EP/79-161, 1979.
- [9] M. Suzuki and S. Kubota, *Nucl. Instr. Meth.*, **164**(1979), 197.
- [10] S. Durkin et al., SLAC-PUB-2186.
- [11] 朱永生等, 高能物理与核物理, **5**(1981), 558.
- [12] 徐芷菁等, 高能物理与核物理, **3**(1982), 269.
- [13] A. Breskin et al., CERN-EP/80-221, 1980.

MEASURING MULTIPLICATION FACTOR AND DETECTION EFFICIENCY OF MULTISTEP AVALANCHE CHAMBER

ZHU YONG-SHENG ZHANG RUN-HUA ZHAO PING-DE XU ZHI-QING LI XIAO-GUANG

(Institute of High Energy Physics, Academia Sinica)

ABSTRACT

We have measured multiplication factor of a Multistep Avalanche Chamber filled with Argon-Triethylamine mixture gas, then compared it to the results reported in reference^[1,2]. The detection efficiency of this chamber has reached 98% by measuring electrons emitted from ^{90}Sr β source. The plateau is more than 200 volts.