

一个小型时间扩展室

张英平 毛泽普 杨青云

(中国科学院高能物理研究所)

摘 要

本文描述了一个小型时间扩展室的原理、特点、构造及某些实验结果。这些结果是：单个带电粒子在一些气体中电离过程的信息，电子在几种混合气体中的漂移速度，以及 β 粒子单位径迹上电离束团的计数。讨论了实验的可能改进及该种探测器的可能应用。

时间扩展室是一种特殊漂移室，1979年由Walenta提出^[1]。其主要目的，是想用电子学方法测量粒子电离的细致过程。后来又证明可以用它鉴别高能粒子^[2]。最近有人考虑把它用作顶点探测器。

一、时间扩展方法

用通常的电离型电子学探测器，无法测量粒子电离过程的细致情况，因为它输出的是大量电离电荷的积分值。

测量电离细致情况的时间扩展方法，是把电子的漂移和放大分开来对待。图1表示一个具有金属网侧窗的计数管与一个附加的漂移区。在低漂移电压 $-V$ 的作用下，粒子径迹上的电子依次从漂移区进入计数管(具高电场的放大区)，这样信号首先输出粒子直接在放大区中产生的大脉冲，然后，输出一连串漂移进去的电子产生的小脉冲。由此可知，只需把电子的漂移速度减小几倍，用目前的电子学仪器即可把个别的电离分开。当然，时间扩展室能处理的粒子计数率，比通常的漂移室略小一些。

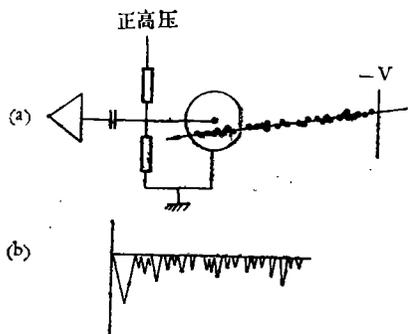


图1 时间扩展原理示意图
(a) 时间扩展原理示意图
(b) 放大器输出波形示意图

二、室 本 体

室本体的灵敏体积分为漂移区 A 与放大区 B 两部分。图 2 是灵敏体积中的电极安排。 e_1 、 e_2 与 g 为三块电极板，它们都是在 1.5 毫米厚的敷铜纤维板上开了 15×15 毫米的孔，跨过孔布以直径 60 微米的镀金钨丝，丝间距 0.5 毫米。 e_1 与 e_2 曾用镀铝 Mylar 膜代替，这样非常简便，但有碍对内部的观察。 e_1 上加一漂移电压 $-V$ ， e_2 、 g 与电场丝 p 共同接地。

电场丝 p 与信号丝 s 布在一块敷铜板上。它们分别是直径 60 微米与 20 微米的镀金钨丝。 p 与 s 的距离为 2.5 毫米。

为了使 e_1 与 g 间漂移电场均匀，采用了分压环。分压环 c 是塑料膜上的镀铜条，条宽 0.5 毫米、厚 0.05 毫米、间距 1 毫米。铜条两端对接锡焊，条间分压电阻为 100K。还曾用过双面敷铜板的横切面作分压环，效果也好且容易支撑，但制作较繁。

所有的电极用螺钉固定在一起，放入一个可以流气的有机玻璃容器内，接线由科瓦接头引出，壁上有供射线射入与射出的窗孔，窗孔用厚 6 微米的 Mylar 膜封死。整个容器用橡皮“0”圈密封，装拆方便。

混气与流气系统和普通漂移室用的相似。所用气体为 Ar 、 CH_4 及 $CH_2(OCH_3)_2$ 或 Ar 、 CO_2 及 $CH_2(OCH_3)_2$ 的混合，比例可以调节。

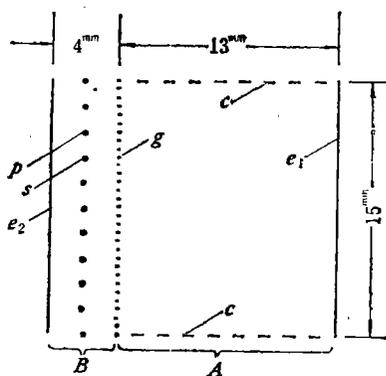


图 2. 室本体中的电极安排

e_1 、 e_2 、 g ——电极，
 c ——镀有铜条的塑料膜，
 p ——电场丝， s ——信号丝

三、实验结果

(1) 单个粒子电离过程信息的拍摄

使 ^{90}Sr 的 β 射线平行于漂移场射入，从放大区穿出。穿出的 β 粒子在室体后面的闪烁探头中产生一触发脉冲，用此脉冲作示波器的外触发信号。信号丝上所接收的电离信号经低噪音电流放大器(放大倍数 80，上升时间小于 2.5 毫微秒，噪音小于 80 微伏)放大后，送入示波器显示。图 3 是一组典型脉冲的示波器照片，看出随着漂移电压的增大，漂移时间逐渐缩短，当漂移电压足够大时，所有电离的脉冲就叠加了起来。

图 4 是一组典型的 ^{55}Fe 源的 5.94 电子伏的单个 X 光子信号。因为该 X 光子在漂移区击出的电子平均只能走 0.6 毫米的距离，所以 200 伏的漂移电压，即可把所有电离的脉冲收集在一起形成一个大脉冲，如同通常的计数管一样。

(2) 电子漂移速度的测量

图 3 是单个 $\beta(^{90}Sr)$ 粒子在整个漂移长度上产生的电离形成的脉冲波形，全部脉冲展开的时间随漂移电压 V 的增大而减小。如果略去电离随机性造成的误差，可以用最远离放大区那团电子漂过整个漂移区的时间，来求电子在该种混合气体中的漂移速度。图

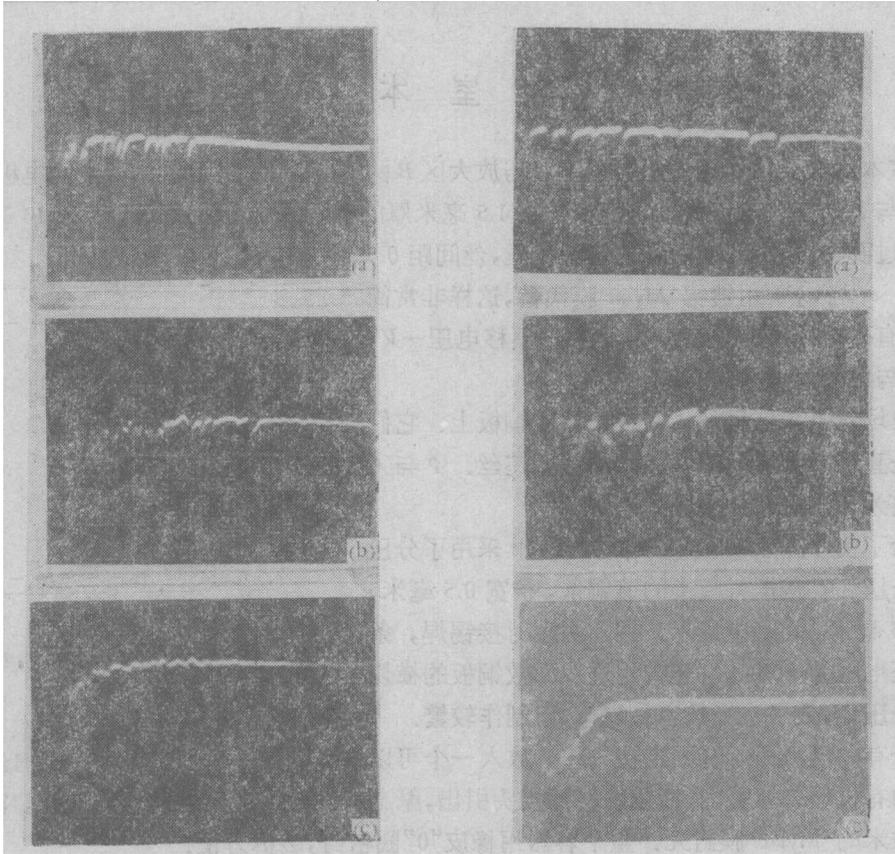


图3 单个 $\beta(^{90}\text{Sr})$ 粒子穿过室体时的信号
 (a) 漂移电压 200 伏, 纵坐标 50 毫伏/格,
 横坐标 500 毫微秒/格;
 (b) 漂移电压 300 伏, 纵坐标 50 毫伏/格,
 横坐标 200 毫微秒/格;
 (c) 漂移电压 1000 伏, 纵坐标 50 毫伏/格,
 横坐标 200 毫微秒/格

图4 单个 $^{56}\text{Fe-K}$ 光子在漂移区被吸收时的信号。所有标尺相同:
 纵坐标 50 毫伏/格;
 横坐标 200 毫微秒/格;
 漂移电压为 (a) 10 伏, (b) 50 伏, (c) 200 伏

5 就是我们用此种方法得到的漂移速度。纵坐标是漂移速度, 横坐标是约化场强, 每个点是 30 个读数的平均值。曲线 (a) 所用的气体与文献 [1] 的接近, 数值也基本相符。我们所用气体的纯度为, 氙气: 99.99%, 甲烷: 99.5%, 二氧化碳: 99.0%, 二甲氧基甲烷: 化学纯液体, 用其 0°C 时的蒸气。当约化场强很大时, 漂移时间很短, 读数误差较大, 故我们只测到 $E/P = 1$ (伏/厘米·兆)。曲线都不通过原点, 这是扩散造成的结果。

(3) 粒子径迹上电离束团的计数

图 6 为测量装置的方框图。让 $\beta(^{90}\text{Sr})$ 粒子穿过室体, 在室体后面用一塑料闪烁体收集 β 粒子作触发用。同时此 β 粒子在室体中漂移区产生的电离束团依次进入放大区并在信号丝上形成脉冲, 这些电脉冲经过低噪音电流放大器放大, 再经甄别器获得线性门所要求的幅度, 然后送入 100 兆计数器计数。为了保证计数是同一 β 粒子径迹上形成的电离束团造成的, 塑料闪烁体给出的触发脉冲甄别后经过一段延迟, 去触发门产生器产生一个选通脉冲, 该脉冲的高度可以开线性门; 脉冲的宽度与电子漂移一厘米的时间相等, 以

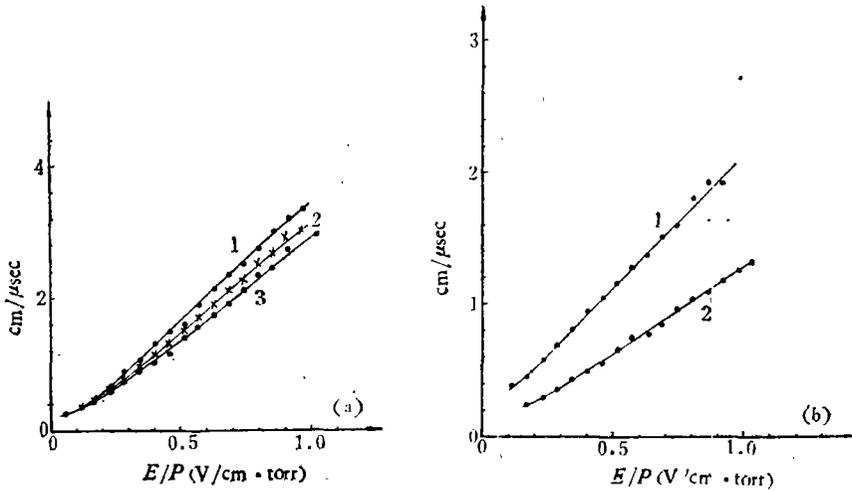


图 5 电子在几种混合气体中的漂移速度

- (a) 1 Ar:CH₄:CH₂(OCH₃)₂ = 86.8:9.6:3.6;
- 2 Ar:CH₄:CH₂(OCH₃)₂ = 69.5:24.5:6.0;
- 3 Ar:CH₄:CH₂(OCH₃)₂ = 58.5:37.5:4.0;
- (b) 1 Ar:CO₂:CH₂(OCH₃)₂ = 90.7:7.0:2.3;
- 2 Ar:CO₂:CH₂(OCH₃)₂ = 67.9:28.9:3.2;

防止其他本底通过线性门;脉冲的延迟产生,是避免 β 粒子在放大区直接产生的大脉冲通过线性门。

测量结果的典型曲线如图 7。横坐标是测到的单位径迹上的电离束团数 n (定标器的计数),平均值为 10.48。纵坐标是事例数 N 。所用气体为氩、甲烷与二甲氧基甲烷的混合,比例为 69.5:24.5:6.0,压力为一大气压。分布的宽度较宽是因 β 粒子非单能所造成的。

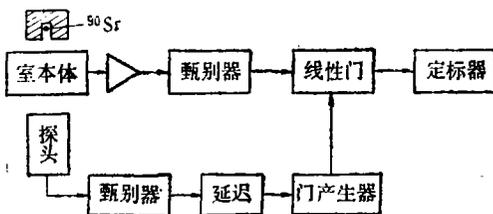


图 6 数电离束团的电子学计数装置方框图

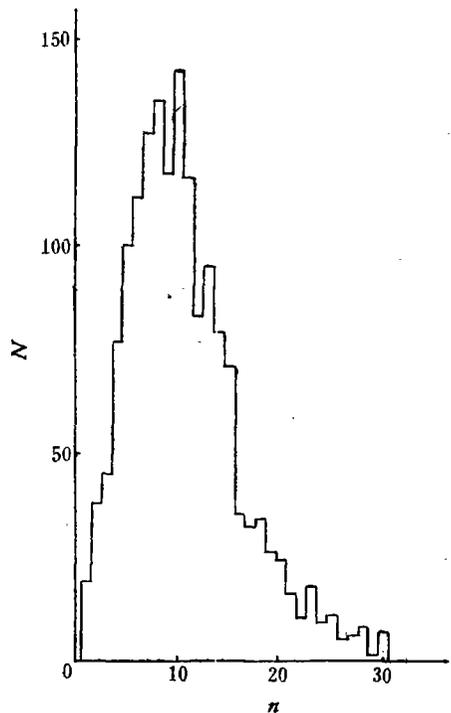


图 7 测到的 β(⁹⁰Sr) 粒子单位径迹上电离束团的分布

四、讨 论

(1) 在电子的漂移速度测量中(图5), 实验点不在一条光滑的曲线上, 这主要是每一点的测量次数太少造成的. 因电离过程的随机性, 最远离放大区那个脉冲的位置也是随机的, 其平均位置要测一个分布才能准确定出, 我们用30个读数求平均, 误差显然太大.

(2) 我们测到的电离束团的平均计数较小(图7), 这是因为:

① 我们的气体纯度太差, 增加了对电子的吸附, 从而损失了一部分电子.

② 我们用的栅极钨丝比较粗, 直径为60微米, 其几何透明度仅有88%.

③ 我们放大器的放大倍数还不够大, 放大区的间隙小, 信号丝上的电压太高了又容易放电, 所以在示波器上可以看到有的脉冲显然达不到甄别阈(47mV).

④ 甄别器的双脉冲分辨时间为10毫微秒, 小于此间隔的两个脉冲只有一个计数.

(3) 改进以上各项, 可以提高单位径迹上的脉冲计数. 基于对电离的细致测量, 时间扩展室在高能物理实验中可以用于粒子鉴别和提高位置测量精度; 在低能物理实验中可用于研究粒子的电离过程、漂移过程以及改善对低能粒子的能量分辨率. 对计数率不太高的场合, 它可能是个合适的工具, 兼有径迹探测器与电子学探测器的特点.

顾松华同志帮我们做了放大器、高能所流光研究室支援了照相器材、计数器研究室支援了气体. 方澄同志、席德明同志提了不少有益的意见. 马基茂同志提了许多宝贵的建议, 并在器材上给了有效的帮助. 谨此致谢.

参 考 文 献

- [1] A. H. Walenta, *IEEE Trans. NS*, Vol. NS-26, No.1 (1979) 73.
 [2] P. Rehak and A. H. Walenta, *IEEE Trans. NS*, Vol. NS-27, No.1 (1980) 54.

THE PROTOTYPE OF THE TIME EXPANSION CHAMBER

CHANG YING-PING MAO ZE-PU YANG QING-YUN

(*Institute of High Energy Physics, Academia Sinica*)

ABSTRACT

The prototype of the time expansion chamber, one kind of drift chambers, in which the drift region and amplification region is well separated, is described. Its principle, characteristic, construction and some experimental results are given in detail. These results are: signals of ionization process along a single charged particle track; the drift velocities of the electrons in several gases; and the counts distribution of the ionization clusters in the unit track of a beta particle. And some possible improvements of these experiments and the possible applications of this chamber are discussed.