

感应读出式自猝灭流光计数器

王孝良 陈元柏 林建锋 张家铨 徐雨林 韩树荣

(中国科学院高能物理研究所)

摘 要

本文介绍了自猝灭流光计数器的新技术——具有阻性阴极的感应读出式自猝灭流光计数器的特点及初步实验结果。用不同比例的 $\text{Ar}/\text{C}_4\text{H}_{10}$ 、 Ar/CH_4 或 Ar/CO_2 作为基本工作气体,研究了阳极丝直径、电子学死时间等对计数率坪曲线的影响;研究了几种不同的猝灭剂 ($\text{H}_2\text{C}(\text{OCH}_3)_2$ 、 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 、 C_6H_6 、 C_7H_{12}) 含量与坪曲线的关系;也测量了该计数器的探测效率和死时间。

一、引 言

前几年,人们对自猝灭流光 (SQS = self-quenching streamer) 的放电机制做了许多研究工作^[1-4], 并已将 SQS 管用于实验中^[5,6]。最近两年,人们又采用了感应读出方法^[7,8], 从而使 SQS 的研究工作更进一步。

感应读出方法首先是由 G. Battistoni 等人提出的^[9]。该方法的主要特点是使用阻性阴极,在很宽的电阻率范围内(几 $\text{k}\Omega/\text{cm}$ ~几百 $\text{k}\Omega/\text{cm}$)对脉冲电场是透明的。因此,阴极外面的任何一种接收电极——条、板、延迟线等,都可接收到感应信号。

阻性阴极的出现,可用塑料代替金属,不但结构简单、便宜,而且易于批量生产;因为阳极丝只作为信号产生单元而不作为信号接收单元,工作安全;只用一个阳极面,就可实现二维坐标读出;在信号的传播和收集过程中,统计涨落对总电荷的影响较小。

感应信号幅度一般为 $\sim 10\text{mV}/50\Omega$, 半宽度 $\sim 40\text{ns}$ 。

二、工作原理

感应读出方法的基本思想是用具有较高电阻率,(几十~几百 $\text{k}\Omega/\square$)的材料作为阴极。当管内气体电离后,雪崩中产生的正离子团从阳极向阴极漂移过程中产生的感应电荷就会流到周围的阴极和阳极上。如果阴极是金属材料,就会屏蔽掉感应电荷;反之,如果阴极是高阻材料,则会出现感应电荷的积累现象。如果适当选择阴极的电阻率,在管外的任何一种接收电极上都可以接收到满意的感应信号。

然而,在离子团的漂移过程中,在周围的正、负极上都会出现感应电荷,负感应电荷主

要集中在阳极丝附近,正感应电荷则分布在邻近的阴极上。但是,感应电荷的总量是固定的,其分布形状和管子的几何参数有关。所以,精确测量感应电荷的大小和分布形状便可确定粒子位置,显然,阴极上收集到的感应电荷不是总电荷,但是感应信号的大小精确地和总感应电荷成正比,直到几 GeV,总感应电荷都与能量有很好的线性关系,分辨率正比于 $1/\sqrt{E}$ 。

三、计数器的结构

感应读出式自猝灭流光计数器的结构如图 1(a) 所示。在厚度为 10 mm 的聚氯乙烯

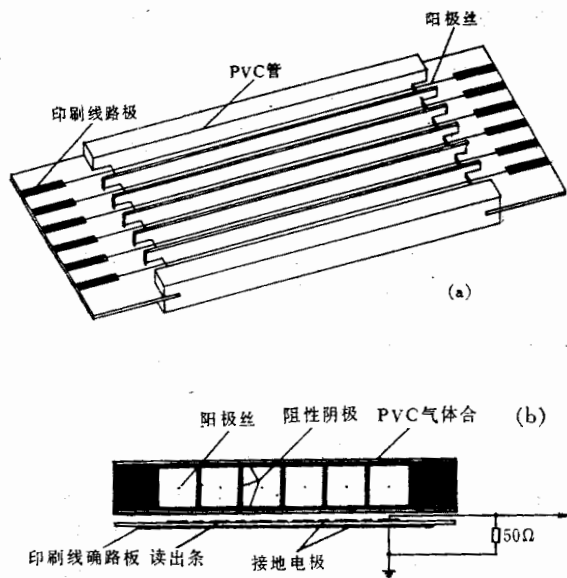


图 1 感应读出式自猝灭流光计数器结构及信号读出方法示意图 (a) 结构略图 (b) 读出信号方法

(PVC = polyvinyl chloride) 板上铣六个长 220mm、单管截面 $8 \times 8 \text{ mm}^2$ 的矩形槽,上方盖板为 1.5mm 厚的纤维板。矩形槽和纤维板的内壁均涂以水溶石墨,面电阻率为 $10 \sim 30 \text{ k}\Omega/\text{cm}$, 作为阴极。两端嵌入印刷线路板,其上焊接 Be-Cu 丝作为阳极。每根丝通过 220Ω 匹配电阻与高压电源正极相连。清洁处理后,封入壁厚 1 mm 的 PVC 气体盒中。

为了保证在同样工作条件下研究阳极丝直径、气体比例、猝灭剂含量等对管子性能的影响。我们用其中的四个槽,拉了不同直径的阳极丝: 60、80、100 和 $200 \mu\text{m}$ 四种,其张力分别为: 240、240、320 和 480 克。

信号引出方法如图 1(b) 所示,读出条是用厚 1.5mm 的印刷线路板腐蚀而成,条宽 6 mm, 间距 4mm。感应信号是在 50Ω 负载上取得的。

四、初步实验结果

① 用四种不同比例的 $\text{Ar}/\text{C}_4\text{H}_{10}$ (70/30、60/40、50/50、25/75), 研究了四种不同直径的阳极丝 (60、80、100、200 μm) 对计数率坪曲线的影响, 如图 2 所示(电子学死时间

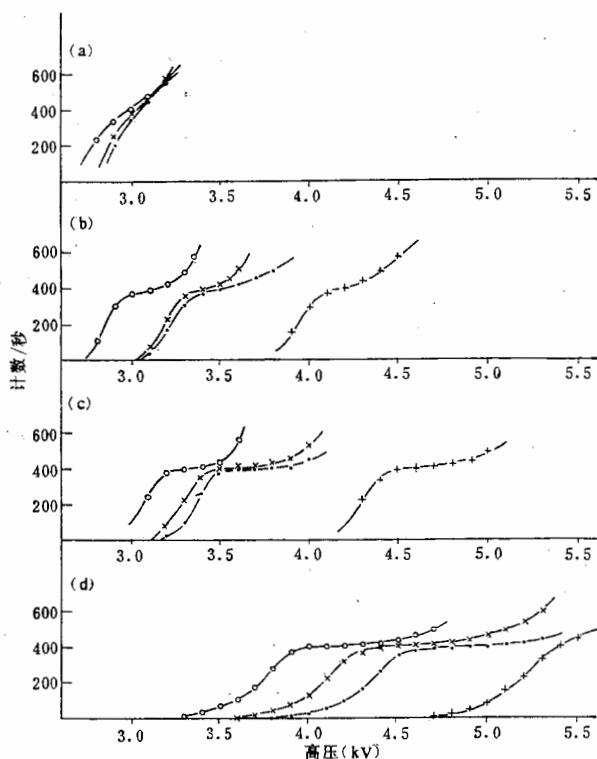


图 2 丝直径和气体比例与坪曲线的关系 ($^{106}\text{Ru}-\beta$ 源)
 $\text{Ar}/\text{C}_4\text{H}_{10}$: (a) 70/30; (b) 60/40; (c) 50/50; (d) 25/75
 \circ 60 μm ; \times 80 μm ; \bullet 100 μm ; $+$ 200 μm

0.15 μs). 由图可见, 丝直径愈大, 坪的起始电压愈高, 坪长略有增加; C_4H_{10} 的含量愈高, 坪的起始电压也愈高, 且坪长增加. 对于 $\phi 200\mu\text{m}$ 的丝, $\text{Ar}/\text{C}_4\text{H}_{10}$ 直到 25/75 时仍未见坪明显出现, 这是由于工作电压较高, 容易形成二次脉冲, 从而使计数率直线上升所致. 因为流光长度一般为 1.5~3mm, 由于管子几何尺寸所限, 已不能再增加高压.

② 图 3 的计数率坪曲线是在 $\text{Ar}/\text{C}_4\text{H}_{10} = 25/75$ 时用不同的电子学死时间 (0.15, 0.5, 1.2 μs) 得到的. 可以看出, 较长的电子学死时间, 可以得到较长的坪, 而且坪斜变小, 如果实验条件允许, 适当增加电子学死时间是有益的.

③ 选用 100 μm 直径的阳极丝和 0.15 μs 的电子学死时间, 研究了几种比例的 $\text{Ar}/\text{C}_4\text{H}_{10}$ 、 Ar/CH_4 和 Ar/CO_2 , 并在其中加入不同含量的 $\text{H}_2\text{C}(\text{OCH}_3)_2$ 、 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 、 C_6H_6 和 C_7H_{12} 后坪曲线的变化趋势, 图 4 给出了部分实验结果. 由于篇幅所限, 关于气体比例不

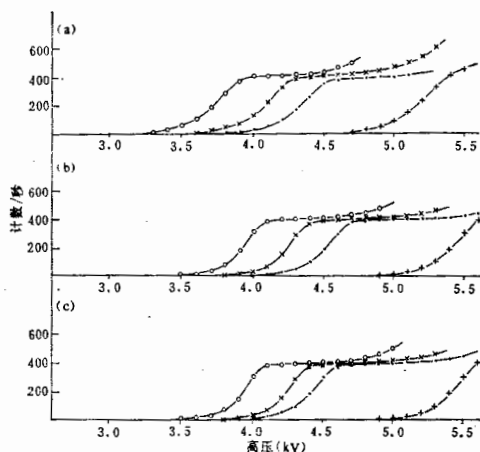


图3 电子学死时间与坪曲线的关系 ($^{106}\text{Ru}-\beta$ 源)

(a) $0.15\mu\text{s}$; (b) $0.5\mu\text{s}$; (c) $1.2\mu\text{s}$

○ $60\mu\text{m}$; × $80\mu\text{m}$; ● $100\mu\text{m} + 200\mu\text{m}$

$\text{Ar}/\text{C}_4\text{H}_{10} = 25/75$

的死时间($\text{Ar}/\text{C}_4\text{H}_{10} = 60/40$, 通过 24°C 的 $\text{H}_2\text{C}(\text{OCH}_3)_2$ 蒸汽) $\sim (84.7 \pm 3.7)\mu\text{s}$.

同以及各种猝灭剂含量情况的若干结果,在此不能一一给出。但是只从部分主要结果可以看出,Ar与 C_4H_{10} 、 CH_4 和 CO_2 按适当比例混合,并加入一定含量的 $\text{H}_2\text{C}(\text{OCH}_3)_2$,可以得到较长的坪,能使SQS管稳定工作。图5为感应信号示波图。

④ 用宇宙线 μ 子触发,通过三重符合与二重符合之比的方法,测量了该PVC-SQS计数器的探测效率为96%。如果考虑到宇宙线 μ 子角分布和管子几何尺寸(如管壁厚度)等的影响,则探测效率可达 $\sim 98\%$ 。(Ar/ $\text{C}_4\text{H}_{10} = 25/75$,通过 0°C 的 $\text{H}_2\text{C}(\text{OCH}_3)_2$ 蒸汽)

⑤ 用双源法(两个 ^{90}Sr β 源,准直孔直径2mm)测量了PVC-SQS计数器的

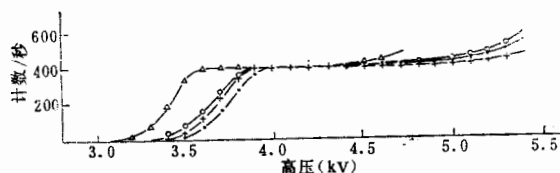


图4 几种工作气体的坪曲线

($^{106}\text{Ru}-\beta$ 源)

$\text{H}_2\text{C}(\text{OCH}_3)_2$

%

○ Ar/ C_4H_{10} 60/40

18

△ Ar/ CO_2 60/40

15

● Ar/ CH_4 40/60

15

+ Ar/ CO_2 40/60

15

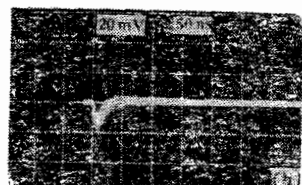


图5 感应信号示波图 ^{90}Sr 源

Ar/ $\text{C}_4\text{H}_{10} = 25/75$

二甲氧基甲烷含量: 18°C

(a) 4.5kV (b) 5.0kV (c) 5.3kV

五、讨 论

① 实验中发现, $\text{H}_2\text{C}(\text{OCH}_3)_2$ 对 PVC 乃至不锈钢气体管道, 都有腐蚀作用, 不宜长期使用。

② Ar 与 C_4H_{10} 、 CH_4 和 CO_2 按适当比例混合, 均可得到较长的坪。与 C_4H_{10} 和 CH_4 相比, CO_2 的优点是不易燃, 便宜, 具有一定的经济意义。而且用 Ar 和 CO_2 作为工作气体, 坪的起始电压也低。我们用 $\text{Ar}/\text{CO}_2 = 60/40$ 通过 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 蒸汽(室温), 已得到 $\sim 900\text{V}$ 的坪, 坪区为 $4.4 \sim 5.3\text{kV}$ 。

在实验的准备和进行过程中, 赵海泉、谢琦同志帮助绘制 PVC-SQS 结构图纸和加工, 与李云山同志进行了一些有益的讨论, 在此一并表示感谢。

参 考 文 献

- [1] G. Battistoni et al., *NIM*, 164(1979), 57.
- [2] G. D. Alekseev et al., *NIM*, 177(1980), 385.
- [3] M. Atac et al., *NIM* 200(1982), 345.
- [4] E.P. de Lima et al., *IEEE Trans*, NS-30(1983), 90.
- [5] C. Bacci et al., *Phys. Lett.*, 86B(1979), 2.
- [6] B. Grelaud et al., *LAL preprint* 78/25 (1978).
- [7] G. Battistoni et al., *NIM*, 176(1980), 297.
- [8] G. Battistoni et al., *LNF-82/16 (p)* (1982).
- [9] G. Battistoni et al., *NIM* 152(1978), 423.
- [10] M. Jonker et al., *CERN-EP/80-101* (1980).
- [11] ALEPH Collaboration Technical Report (1983).
- [12] G. Battistoni et al., *LNF-78/16* (1978).

INDUCED READOUT SELF-QUENCHING STREAMER COUNTER

WANG XIAO-LIANG CHEN YUAN-BO

LIN JIAN-FENG ZHANG JIA-QUAN

XU YU-LIN HAN SHU-RONG

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

ABSTRACT

In this paper, a new technology about self-quenching streamer counter—induced readout with resistive cathode, some characteristics and preliminary results are introduced. We have investigated the influence of wire diameter, dead time on plateau curves, using different gas mixture filled in the tube ($\text{Ar}/\text{C}_4\text{H}_{10}$, Ar/CH_4 and Ar/CO_2) as basic working gas. The relations between content of various quenchers ($\text{H}_2\text{C}(\text{OCH}_3)_2$, $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$, C_6H_6 and C_7H_{12}), plateau curves and the efficiency and dead time of the tube were measured.