

闪烁计数器阵列定位系统

王殿荣 王先佩 林建峰 姜婴媛
奚基伟 谢一冈 徐雨林 李成泽
陈元柏 陈芝萍 韩树荣

(中国科学院高能物理研究所)

摘 要

该闪烁计数器阵列定位系统,即闪烁计数器描述仪,不但可以确定带电粒子通过的位置,还可以用做触发计数器。在用做触发计数器时,它还具有选择落入该阵列的带电粒子数目的能力。

该描述仪为 8×8 闪烁计数器阵列,每条闪烁体(ST401型)为 $40 \times 5 \times 0.6 \text{ cm}^3$ 。配有 GDB50 光电倍增管。阵列面积为 $40 \times 40 \text{ cm}^2$ 。

我们自制了快电子学系统和数据读取系统,在与微处理机联试过程中,工作稳定可靠。造价低廉。

一、引 言

闪烁计数器阵列定位系统,即闪烁计数器描述仪,广泛地应用于高能物理实验中。它可确定带电粒子通过的位置,并具有快的时间分辨,高的重复频率等特性。它允许高通量的粒子通过,并能在高背景的情况下正常工作。

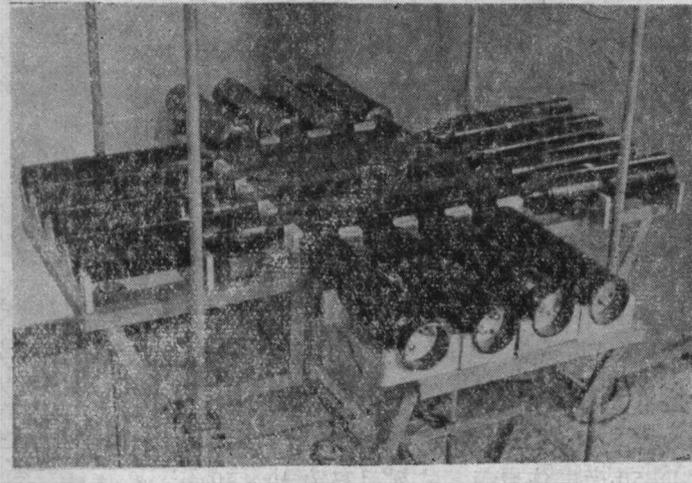
我们于1980年为流光室的事例选择和触发系统研制了闪烁计数器阵列定位系统。它不但可以确定带电粒子穿过阵列的位置,还可以用做触发计数器。配合其他闪烁计数器,在带电粒子通过后,经过事例判选,在78毫微秒内去控制触发流光室^[1](其中快电子学线路部分的延迟时间为42毫微秒,光电倍增管渡越时间为36毫微秒)。另外,该系统还具有能够选择落入该阵列的带电粒子个数的能力。由此,流光室可以选取具有一定多重数的物理事件。

我们研制的闪烁计数器阵列定位系统为 8×8 阵列,其面积为 $40 \times 40 \text{ cm}^2$ 。每条闪烁计数器的大小为 $40 \times 5 \times 0.6 \text{ cm}^3$,共16条。

该定位系统的事例判选及数据读取系统的全部快电子学线路均为自制,工作稳定可靠,造价低廉。

二、闪烁计数器阵列

该闪烁计数器定位系统为 8×8 阵列。它由两个平面组成，每个平面包含八个闪烁计数器标准单元，交替放置。两个平面的闪烁条互成 90° 安放在架子上，构成二维坐标^[2]，如照片 1。我们定义上平面为 x 平面，下平面为 y 平面。



照片 1

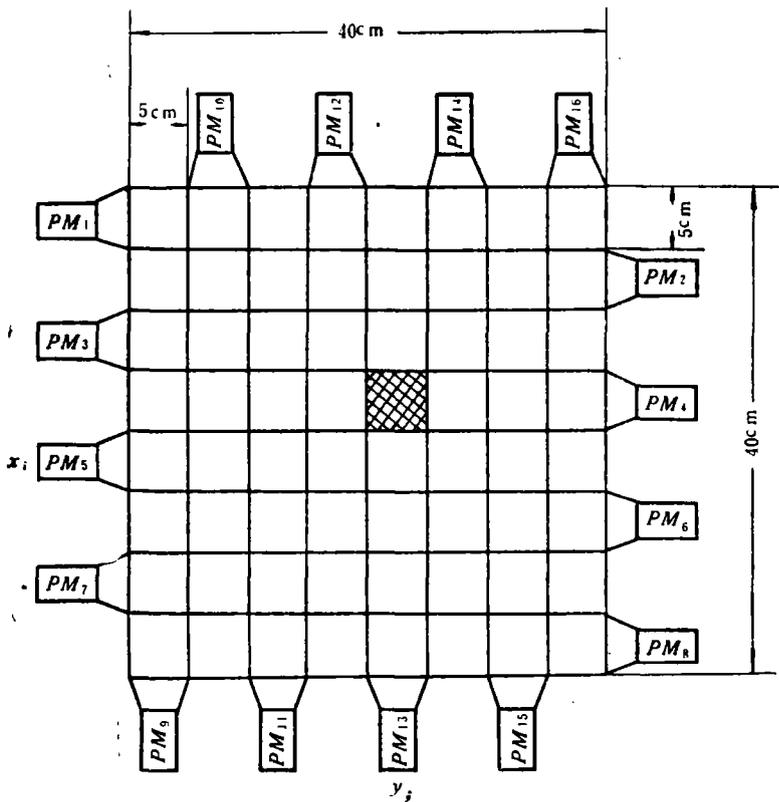


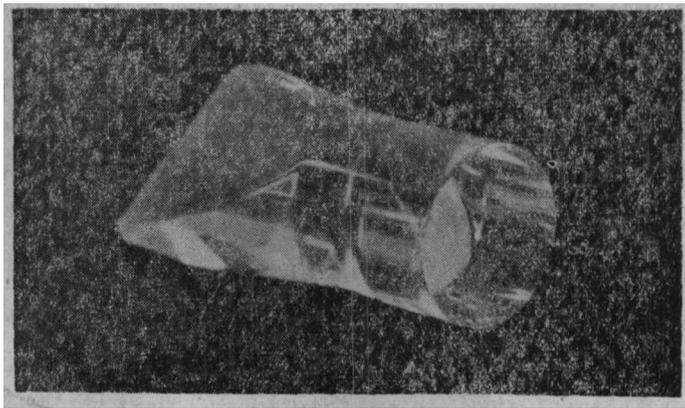
图 1 阵列定位原理图

当一个带电粒子穿过该阵列的 x_i, y_i 空间单元时, 闪烁计数器标准单元 x_i 和 y_i 的信号通过放大、甄别到符合。符合输出去打开寄存器的门, 让 x_i 和 y_i 的信号符合寄存, 并读取到计算机分析处理。

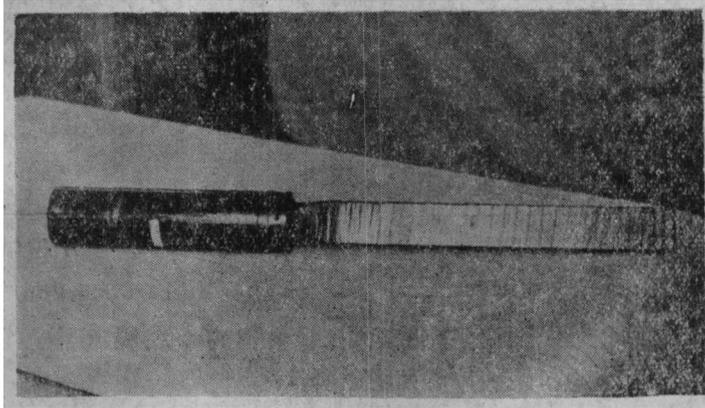
该阵列分成 64 个空间单元, 带电粒子通过的位置可以准确地确定在某一个空间单元上。其位置分辨率为该阵列总面积的 $1/64$, 即 $5\text{cm} \times 5\text{cm}$, 如图 1 所示。

1. 闪烁计数器标准单元

使用的塑料闪烁体为国产 ST401, 6mm 厚的板材, 切割成 $400 \times 50 \times 6\text{mm}^3$ 闪烁条。除了粘接光导的面不抛光外, 其余的面均抛光。闪烁体与光电倍增管之间采用有机玻璃楔型光导耦合^[3]。铲面接闪烁体, 圆柱面配光电倍增管。光电倍增管的直径为 50mm, 而光导的圆柱面直径为 40mm。有机玻璃楔型光导如照片 2 所示。



照片 2



照片 3

光导的铲面与闪烁体粘接面用环氧树脂加固剂的慢干胶粘接在一起, 既保证了光的透明度, 又有较高的机械强度。闪烁体和光导做为一个整体, 内用铝箔作反射层, 外用黑色胶带严密包裹, 以防漏光。光导的圆柱面用硅油与光电倍增管耦合。

光电倍增管采用国产 GDB50, 管壳涂石墨, 并加负高压, 以降低噪声。管座的分压电阻按厂家 B 型装配, 总电阻为 $2\text{M}\Omega$ 左右。光电倍增管及其管座装在普通钢材套筒内。

每条闪烁计数器做成标准单元, 如照片 3, 共 16 个单元。

2. 闪烁计数器主要性能测试

为了保证该闪烁计数器定位系统工作稳定可靠,对闪烁计数器的主要性能进行了测量.其测量结果如下:

16路光电倍增管的高压稳定电源(JGY-1,2型)的长期稳定性均在0.2%以内.

光电倍增管GDB50的阳极脉冲上升时间为2.5毫微秒左右,其渡越时间为36毫微秒左右.

分别用示波器和 Sr^{90} β 源及多道脉冲幅度分析器和宇宙线测量了闪烁体的技术衰减长度^[4],其典型值均为20厘米左右¹⁾.用示波器和 Sr^{90} β 源测量的衰减曲线如图2所示.图中包含二条闪烁体 ^{60}Co 和 ^{293}Po 的衰减曲线.以闪烁体靠近光电倍增管的一端做为零点, L 为放射源的位置离开零点的距离,以厘米(cm)表示. V_0 为放射源位于零点附近时,用示波器观察的脉冲幅度. V 为放射源位于不同 L 值时的脉冲幅度,做图时取其相对值 V/V_0 .

用 Sr^{90} β 源测量了闪烁计数器的坪特性^[5].光电倍增管的输出脉冲直接送到阈值为100mV的甄别器,由定标器计数.对GDB50P的 ^{60}Co 光电倍增管,坪特性曲线如图3所示.闪烁计数器的高压工作点取在坪特性的上拐点(约1850V)下100V(约1750V)左右.此点 $\pm 50V$ 间(即1700V到1800V之间)的坪斜为0.0015/V.

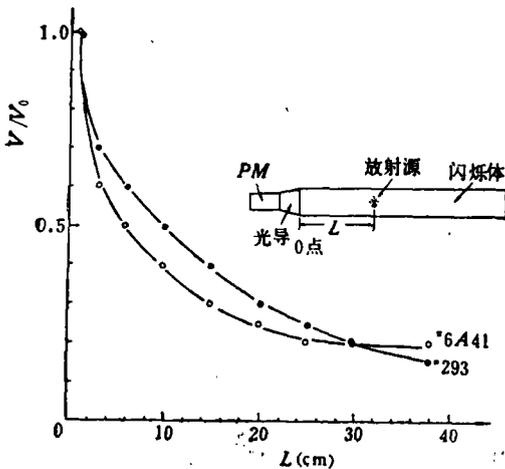


图2 闪烁体的衰减曲线

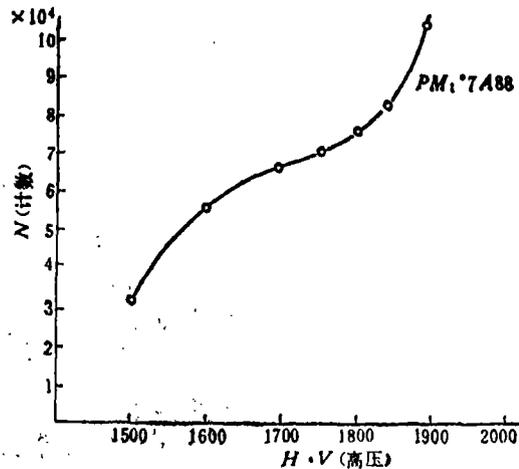


图3 光电倍增管坪曲线

用1024道脉冲幅度分析器测量了每条闪烁计数器的本底噪声谱,它为指数衰减谱^[6]. ^{60}Co 闪烁计数器的本底噪声谱如图4所示.

为了有效地收集计数器远端的信号,而又尽可能地排除本底噪声,选用5倍或10倍放大器和阈值为100mV的甄别器.

用宇宙线测量了每条闪烁计数器的探测效率.被测闪烁计数器(S_0)位于两个标准闪烁计数器(S_1 和 S_2)的中间,用三重符合(S_0, S_1, S_2)计数和二重符合(S_1 和 S_2)计数之比测量了闪烁计数器三个位置(离光电倍增管的近端,中间位置,离光电倍增管的远端)相对于标准闪烁计数器的探测效率.其远端的探测效率可达87%到97%.

1) 本塑料闪烁体系北京综合仪器厂次品,在切割加工中,又有损伤,故衰减长度较短.

在选定的工作条件下, 测量了 x 平面和 y 平面的闪烁计数器的本底噪声计数。 x 平面计数器本底噪声总和与 y 平面计数器本底噪声总和均为 300 个/秒左右, 其本底噪声偶然符合计数为 0.004 个/秒。

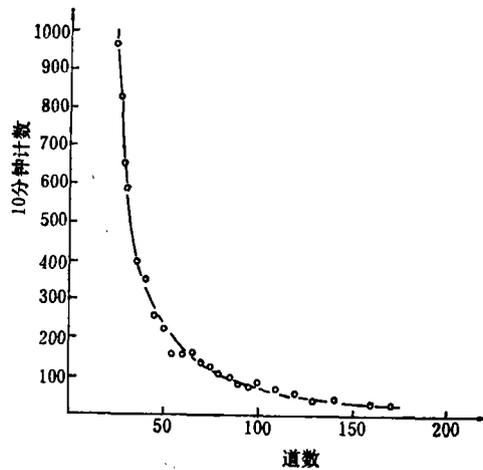


图 4 闪烁计数器本底噪声谱 1024 道脉冲幅度分析器, 道宽: 4mV;
P. M: *7.488; 高压: 1750V; 放大倍数: 5 倍

三、事例判选及数据读取系统

该系统是根据流光室触发系统和闪烁计数器阵列定位系统的要求自行设计的。为了保证带电粒子通过流光室触发系统后几十毫微秒内控制触发流光室, 事例判选系统全部采用短延迟时间的快电子学线路。为了降低偶然符合计数率, 采取短的符合分辨时间(小于 20 毫微秒)。为了消除由于 16 路输入脉冲到达符合寄存器输入端的时间差异而带来的工作不可靠性, 输入脉宽取 30 毫微秒, 选通脉宽取 10 毫微秒, 并位于输入脉冲中央。全部系统是按 NIM 和 CAMAC 标准自制的。它包括 17 路毫微秒脉冲放大器 A (放大倍数 5/10 倍); 16 路固定阈甄别器 D_1 (阈值为 -100mV); 2 路线性扇入 A, B (电流增益 1/4); 4 路可变阈甄别器 D_2 (阈值 -100mV — -1000mV); 1 路四重快符合和 16 路符合寄存器 (CAMAC 插件)。其方块图如图 5。

当一个带电粒子穿过该定位系统时, 光电倍增管送出一个几十到上百 mV 的脉冲, 经放大器 A 放大后送到 D_1 甄别器。 D_1 甄别器输出二路宽度为 30 毫微秒的脉冲, 其中一路经 30 毫微秒左右的延迟电缆送到 16 路符合寄存器的输入端, 另一路分别送到线性扇入 A 和 B 的输入端。 A 和 B 输出 -200mV 的脉冲分别送到二个 D_2 甄别器, 在选取落入该阵列的带电粒子数目等于或大于 1 时, D_2 甄别阈取 -100mV 。二个 D_2 甄别器输出的 10 毫微秒脉冲送到四重快符合, 其最小重迭时间小于 1 毫微秒。该四重快符合有二路输出, 一路送定标器, 做为监测, 另一路输出 10 毫微秒宽的脉冲送 16 路符合寄存器门控端, 做为开门信号。开门信号要位于输入信号的中央, 即使在 16 路输入脉冲到达 16 路符合寄存器的输入端的时间有一定差异时, 只要不大于 10 毫微秒, 就能可靠地工作。我们经过

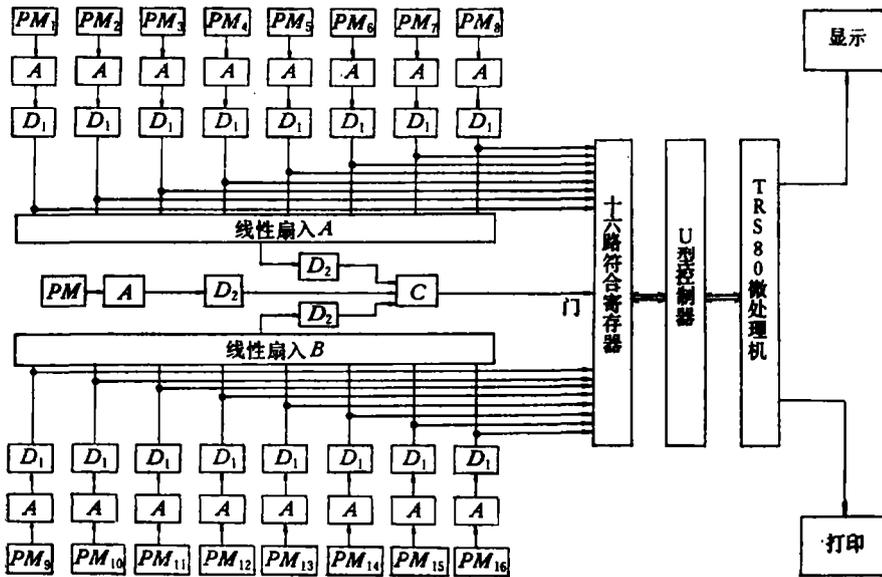


图5 闪烁计数器描述仪事例判选及数据读取系统

精心的配置,其到达时间的差异小于7毫微秒(其中光电倍增管渡越时间差异2毫微秒,光脉冲在40厘米长闪烁体内的传播时间3毫微秒,快电子学线路的延迟时间差异2毫微秒)。

在有开门信号到达时,输入信号就被寄存在16路符合寄存器内,同时发出 LAM 请求信号和自禁止信号,在40毫微秒内关门,保证在一次选通时,符合寄存信号未读取之前不再有输入信号进入。

当计算机响应 LAM 请求时,发出读出指令,寄存信号通过CAMAC数据通道进入计算机。 LAM 请求和自禁止信号消失,等待第二次输入进来。

计算机为TRS-80微处理机,它在线处理试验数据,并将其结果显示在萤光屏上,也可打印出来。

四、结 束 语

我们所研制的闪烁计数器描述仪于1980年底联计算机试验。近一个月的联机试验表明,该系统设计合理,操作方便,工作稳定可靠,可用于物理实验。

在本项工作中,戴贵亮、唐素秋、赵京伟、吕德志提供了计算机及其接口,并为此编写了程序。赵海泉为此设计了支架。在研制闪烁计数器过程中,得到了王曼、郑志鹏、杨春敏的支持与帮助,在此一并致谢。

参 考 文 献

- [1] 高能所物理二室, 高能物理, 1980年第3期, p. 18.
- [2] S. J. Lindenbaum, *Nucl. Instr. & Meth.* **20**(1963), 297; M. W. Collins, *Nucl. Instr. & Meth.*, **117**(1974), 339.
- [3] M. Gettner and Roy Weinstein, *Nucl. Instr. & Meth.*, **51**(1967), 1; Thomas Massam, *Nucl. Instr. &*

Meth., 141(1977), 251.

- [4] 郑志鹏, 核电子学及探测技术, 1981年第2期.
[5] «光电倍增筒介», 国营261厂产品说明书, 第23页.
[6] H. Halling, S. Mayerhofer, *Nucl. Instr. & Meth.*, 50(1967), 22.

SCINTILLATION COUNTER ARRAY LOCALIZATION SYSTEM

WANG DIAN-RONG WANG XIAN-PEI LIN JIAN-FENG JIANG YING-YUAN XI JI-WEI
XIE YI-GANG XU YU-LIN LI CHENG-ZE CHEN YUAN-BAI
CHEN ZHI-PING HAN SHU-RONG

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

ABSTRACT

A scintillation counter array localization system, i.e, scintillation counter hodoscope, was studied and made for selecting events and triggering the streamer chamber in 1980. With this facility the penetrating position of the charged particles can be determined and it can be used as a trigger counter too. As soon as the charged particles penetrated this array and other scintillation telescope, the generated coincidence signal triggers the control system of the streamer chamber with the time delay 74 ns.

On the other hand, this system also has a ability of selecting charged particle number penetrating the counter array, thus, the streamer chamber is able to record the event with certain multiplicity.

This hodoscope contains a 8×8 scintillation counter array. Each plastic scintillator (type ST401) has the dimensions of $40 \times 5 \times 0.6 \text{ cm}^3$ and the type of photomultipliers used is GDB50. The array area is $40 \times 40 \text{ cm}^2$.

The fast electronics and data handling system were made by ourselves. The whole system works well during the test with the on-line microcomputer TRS-80 and is not expensive.