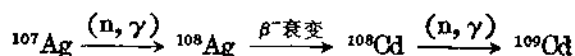


2). 新靶 ^{99}Mo - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 母牛原来以 MoO_3 作靶, 现正试制以铀作靶, 从裂变产物中制造这条母牛。 ^{125}I 原以天然氙气作靶, 可以考虑利用已有条件自己浓集 ^{124}Xe 作靶, 可提高 ^{125}I 比度, 这样制成的 ^{125}I 的比度可能在世界上居首位。

3). 新方法 生产和测量方法应当随时改进。要研究新的分离方法, 或把别的化学分离方法应用到放射性同位素的分离中去, 如高压色谱, 萃取色层等。也应研究新的物理测量、分析方法。

4). 新产品 人家已经生产而我们尚未生产的对我们来说是新产品。或已知的放射性同位素给以新用途而提供商用产品。再就是发现新的同位素, 如高能加速器可以发现远离稳定线的缺中子的新的放射性同位素, 它们中可能有半衰期及衰变类型、能量适合利用的。利用反应堆不大可能直接产生新的放射性同位素了, 但可利用次级反应生产一些已知的有用同位素, 如低能光子源 ^{109}Cd 可用下列过程生产:



标记的有机化合物的新产品将是很多的。

概括说来,

我们的目的是: 扩大生产, 适应四个现代化的要求。

我们的方针是: 加强科研, 提高质量, 改进设备, 安全生产。

我们的指标是: 高纯度, 高比度, 高强度, 高精确度。

我们的方向是: 新思想, 新靶, 新方法, 新产品。

二十年来我们已初步建成了放射性同位素的研究、试制、生产基地, 培养了一支有实践经验的科技队伍。总结过去的经验, 放眼未来, 在党的领导下, 放射性同位素事业无论从数量上和质量上都将继续提高, 以满足四个现代化的发展和要求。

参 考 文 献

[1] 人民日报, 1958年8月。

[2] *Nucleonics*, 17, 1, 21 (1959).

[3] R. H. Lafferty, Jr., *Isotopes and Radiat. Technol.*, 4, 1, 6 (1966).

[4] 肖伦, 国外放射性同位素生产情况, (放射性同位素与射线应用展览会资料), 1972年, 北京。

[5] L. H. Hoddeson, *Phys. Today*, 30, 30 (1977).

预 订 通 知

《中文科技资料目录—电力、电工、原子能》分册是由科学技术文献出版社出版的查找中文电力、电工、原子能科技资料的全国性检索刊物。创刊于1978年3月, 季刊, 每季末月25日出版, 每期报导目录1500~1600条。每期定价1.25元, 全国各地邮局均可订阅。本刊代号: 52-51。

《中文科技资料目录—电力、电工、原子能》编辑部1979.8.

小型多丝正比室的性能研究

毛慧顺 王运永 李如柏 张锺泰 周 杰 周 郁 郑 民 叶铭汉

(中国科学院高能物理研究所)

本文对小型多丝正比室的性能进行了研究,着重测量了各种因素对输出幅度的影响,对于计数率坪曲线、效率坪曲线、空间分辨本领、时间分辨本领、多丝触发等性能进行了测量。

引言

多丝正比室^[1]是高能物理实验中不可缺少的重要探测器,并广泛应用于中能、低能核物理,天文物理,医学和生物学等领域。为了对多丝正比室的构造和性能进行研究,我们制作了 $10 \times 10 \text{cm}^2$ 的小型多丝正比室,为建造大型多丝室打下基础。

一、多丝正比室的构造

小型多丝正比室的结构见图 1,其工作面积为 $10 \times 10 \text{cm}^2$ 。每个室由一个阳极平面和两个

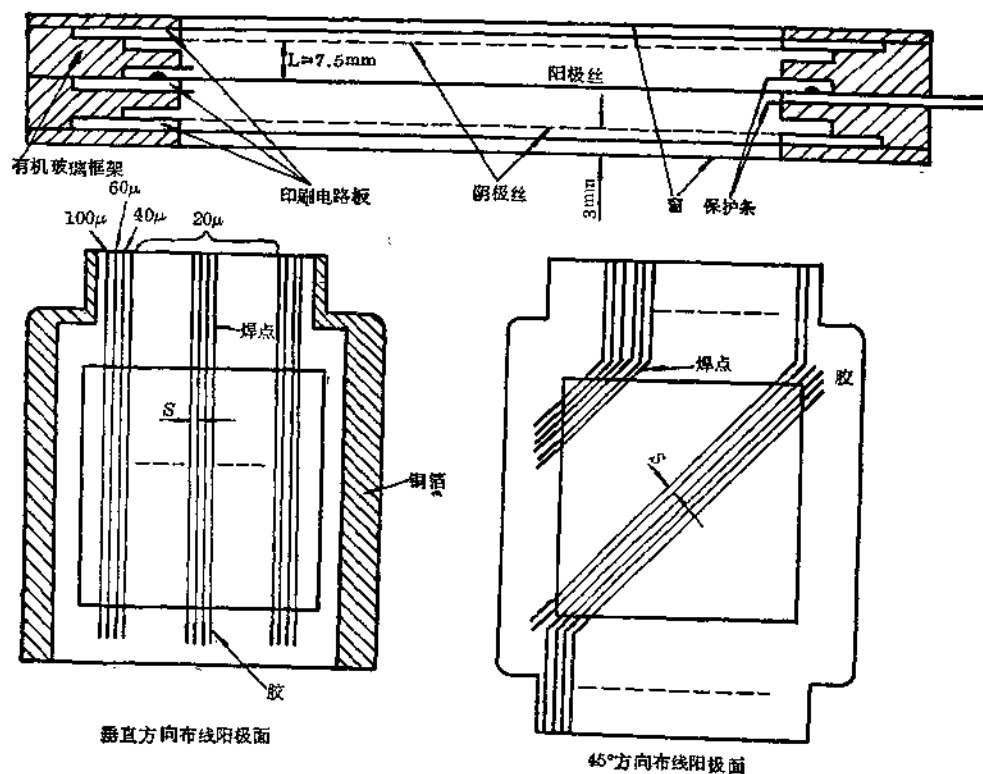


图 1. 小型多丝正比室的结构简图

阴极平面组成, 阳极平面置于两个阴极平面之间, 阳极平面处地电位, 阴极平面上加负高压。输出脉冲由阳极平面上引出。阳极丝的取向分别为与阴极丝互相垂直和成 45° 方向的两种。

阳极丝用 20μ 直径的镀金钨丝, 丝距 S 为 2mm , 张力 20g 。为使框架附近电场均匀, 每个阳极丝平面的边缘各加三根粗丝。阳极丝一端用低温焊锡焊于印刷电路板上, 另一端用 502 胶胶于腐蚀掉铜皮的印刷电路板上。阳极平面两端的上、下方各放有保护条。

阴极丝是 100μ 直径的铍青铜丝, 丝距 1mm , 张力 100g , 丝焊于镀银的印刷电路板上。

室的充气采用流气式方法。为防止严重漏气而造成气体成分的不纯和气体的浪费, 室框架四周都用硅橡胶或真空封腊(松香和蜂蜡各 50%)的涂层加以密封。

二、对影响输出脉冲幅度因素的研究

影响多丝正比室输出脉冲幅度的因素很多, 我们主要测量了室工艺、外加高压、气体流量、气体成分、并联不同阳极丝数等。用 ^{55}Fe 放射源, 阳极丝上的信号经由电荷灵敏放大器或低噪声电压放大器输出, 用 256 道脉冲高度分析器加以测量。下面如不加说明, 所用的室的阳极丝直径为 20μ , 其方向与阴极丝垂直, 充的气体为 $80\%\text{Ar} + 20\%\text{CO}_2$ 。

1. 室工艺对输出幅度的影响^[2,3] 室的结构和工艺影响室内电场的分布, 也就直接影响气体增殖倍数, 从而使脉冲幅度的大小及其均匀性有所不同。我们着重测量了阳极丝直径的大小及其均匀性、特别是丝距 S 的均匀性与输出脉冲幅度的关系。

(1) 阳极丝直径大小的影响
丝径 20μ 室的输出幅度大均是丝径 40μ 室的 10 倍, 并随着室上所加高压的增加略有上升(图 2)。

(2) 阳极丝直径均匀性和边缘场的影响^[4] 固定高压 (3900V), ^{55}Fe 源由 1mm 直径的小孔加以对准, 对准某一阳极丝, 沿着丝方向改变源的位置, 测量不同位置时的输出幅度。对于垂直布丝的室, 在丝的 $20\sim 80\text{mm}$ 区间内, 无论是室的中心部分还是边缘部分, 在同一丝的不同位置上产生了雪崩(着火)时, 其幅度变化都不超过 6% 。

我们用显微镜直接对阳极丝直径的变化进行了抽样测量。在大范围内, 也就是对各轴、各段丝进行随机抽测, 其直径有 $\pm 10\%$ 的变化。但是, 对短段丝, 例如十几厘米区间内, 丝径变化几乎观察不出。说明同一丝上输出幅度的变化主要不是由丝直径的不均匀性造成的, 而是由室框架边缘, 特别是离框架 15mm 区域内电场的不均匀性引起的。

(3) 阳极丝距 S 均匀性的影响 我们测量了三个多丝正比室的中间 32 根阳极丝 (共 96 根丝) 的输出幅度, 测量时 ^{55}Fe 源都放在被测丝的中央以防止边缘场的影响, 并用 JGX-2 型大型工具显微镜测量了这三个室的丝距, 发现作如下处理后, 不同丝的输出幅度与丝距的不均匀性有直接关系。

设 A_i 是 32 根被测丝中第 i 根丝的输出幅度,

S_i 是 32 根被测丝的第 i 个丝距,

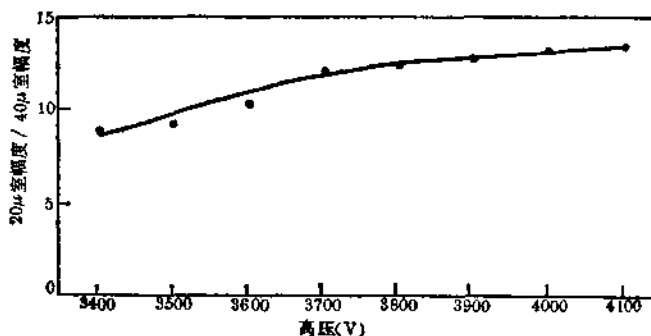


图 2. 不同高压下 20μ 与 40μ 阳极丝室幅度之比

$\bar{A} = \frac{\sum_{i=1}^{32} A_i}{32}$ 即 32 根丝输出幅度的算术平均值,

$\bar{S} = \frac{\sum_{i=1}^{32} S_i}{32}$, 当被测 32 根丝的首尾两根离精确位置偏离不大的话, 应等于设计值 2mm。

令 $\Delta A_i = A_i - \bar{A}$

由于丝距存在 $S_{i \rightarrow i+1}$ 和 $S_{i \rightarrow i-1}$ 即与左、右两根丝的间距, 也就存在两个丝距偏差,

$$\Delta S_{i \rightarrow i+1} = S_{i \rightarrow i+1} - \bar{S} = S_{i \rightarrow i+1} - 2\text{mm}$$

$$\Delta S_{i \rightarrow i-1} = S_{i \rightarrow i-1} - \bar{S} = S_{i \rightarrow i-1} - 2\text{mm}$$

若只考虑相邻两丝丝距, 取

$$\Delta S_{i \pm 1} = \Delta S_{i \rightarrow i+1} + \Delta S_{i \rightarrow i-1}$$

我们分别作了三个室的 $\frac{\Delta A_i}{\bar{A}}$ 与 $\frac{\Delta S_{i \pm 1}}{\bar{S}} = \frac{\Delta S_{i \pm 1}}{2\text{mm}}$ 的关系曲线。发现两者存在内在关系, 但符合

不是太好。考虑到对某一根丝而言, 不仅仅是紧邻左右两丝的位置影响该丝周围的电场分布, 而且较远丝的位置虽然影响小些, 但仍然会对该丝周围的电场有所影响。当然相距越远的丝影响越小, 但至少除相邻的两根外, 较远的两根还是应该有所顾及。为此我们取

$$\Delta S_i = \Delta S_{i \pm 2} = \Delta S_{i \rightarrow i+1} + \Delta S_{i \rightarrow i-1} + C \cdot (\Delta S_{i+1 \rightarrow i+2} + \Delta S_{i-1 \rightarrow i-2}),$$

式中 C 为常数。

我们尝试了几种 C 值, 发现若取 $C=25\%$ 或 20% 时, $\Delta A_i/\bar{A}$ 与 $\Delta S_{i \pm 2}/\bar{S} = \Delta S_i/2\text{mm}$ 之间的联系反映得很清楚。图 3 是一个室的 $\Delta A_i/\bar{A}$ 与 $\Delta S_i/2\text{mm}$ 的关系曲线, 其余两个室的结果相类似。

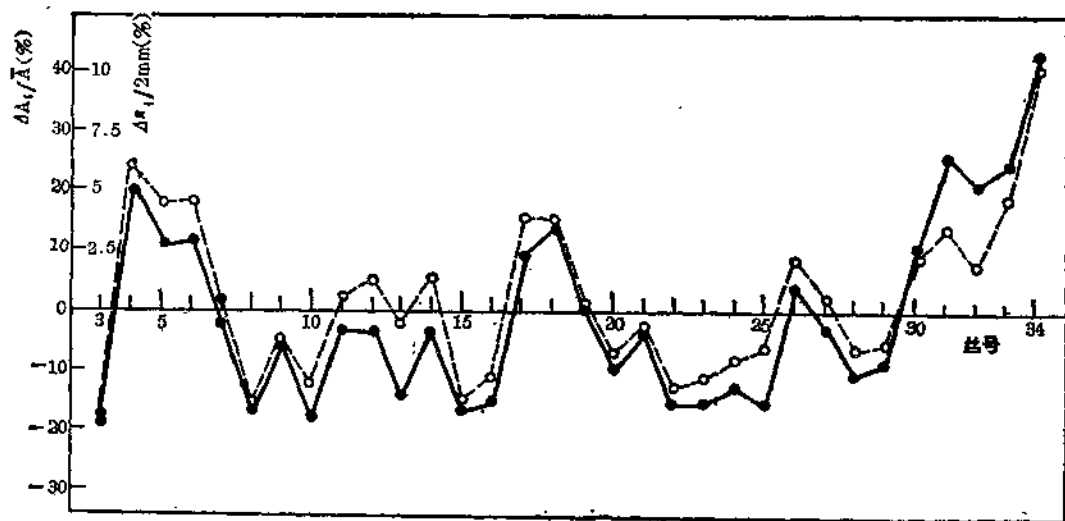


图 3. 不同阳极丝上的脉冲幅度与丝距的关系

I 号室, 3900V —●— $\frac{\Delta A_i}{\bar{A}}$ —○— $\frac{\Delta S_i}{2\text{mm}}$

测量表明, 对所研究的 96 根丝而言, 绝大多数的丝都满足, $\frac{\Delta A_i}{\bar{A}} = k \frac{\Delta S_{i \pm 2}}{S(=2\text{mm})}$ 的关系,

其中 $k=4$ 。

在我们的工艺条件下,不同丝输出幅度的差别,主要是由丝距的不均匀造成的。通过测量输出幅度可以大致了解到布丝均匀情况。当对输出幅度有一定要求时,也就要对丝距公差提出相应要求。

2. 外加高压、气体成分对输出幅度的影响 多丝室输出脉冲幅度的研究,实际就是对气体增殖倍数 M 的研究,我们测量了 95%Ar+5%CH₄, 90%Ar+10%CH₄, 90%Ar+10%CO₂, 80%Ar+20%CO₂ 四种气体成分的 M —高压关系,并作出曲线,见图 4。

圆柱形正比计数管中 $\ln M$ — V 的线性关系在多丝室中仍是基本成立的。CH₄、CO₂ 都是淬灭性气体,它们的加入使 M 随 V 的变化趋向缓慢,输出幅度也就减小,但 M 因此而稳定;当淬灭性气体太少时,由于增殖太大,室易产生电晕放电,高压也就加不上去。对 80%Ar+20%CO₂ 高压 4100V 时,没出现电晕放电。但 95%Ar+5%CH₄ 在 3600V 高压时室就放电了。

3. 气体流量对输出幅度的影响 测量表明当气体流量从 15.4ml/min 变化到 182ml/min 时,幅度变化 $< \pm 1.6\%$, 可以不予考虑。

4. 并联不同阳极丝数时对输出幅度的影响 有时为了测能谱(即电离损失谱)和效率往

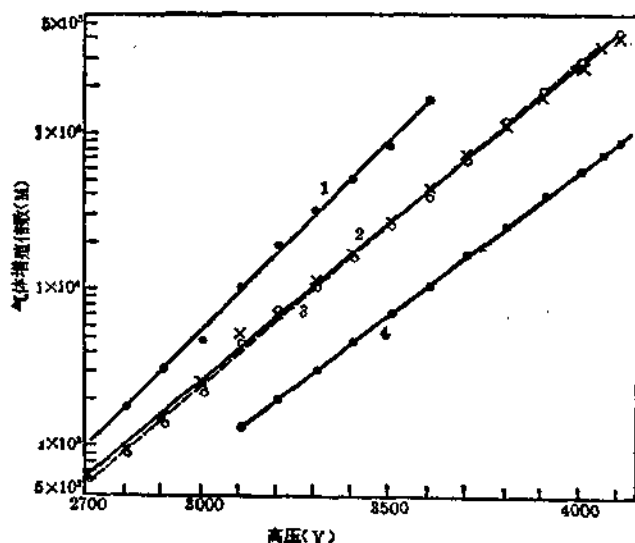


图 4. 不同气体的气体增殖倍数——高压曲线
单丝 ⁵⁵Fe 1. 95%Ar+5%CH₄ 2. 90%Ar+10%CH₄
3. 90%Ar+10%CO₂ 4. 80%Ar+20%CO₂

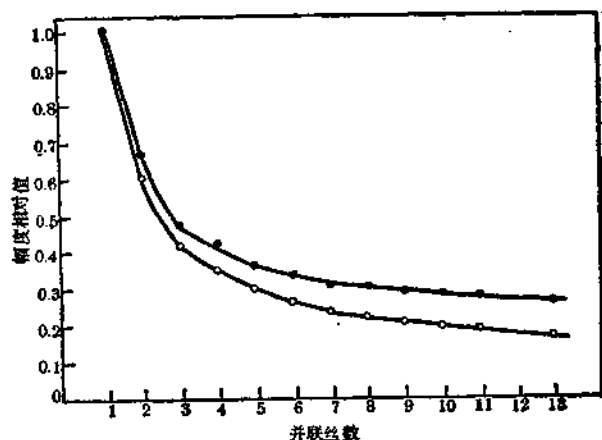


图 5. 并联不同阳极丝数时的输出脉冲幅度
3900V ⁵⁵Fe 0.22mm 缝准直, 对准并联丝中心
—●— 用 FH-423 型电荷灵敏放大器测
—○— 用 FH-430 电压放大器测

往把几根阳极丝并联起来, 并联是由正中一根阳极丝开始, 分别向左右两边增加并联的丝。再通过一个放大器输出, 此时的输出幅度要比单丝输出幅度小。

因输出幅度 $V \propto \frac{q}{c}$, 输出总电容随并联丝数的增加而增加, 再加上邻近丝感应脉冲的迭加。图 5 表示幅度与并联丝数的关系。结果比文献 (5) 的输出幅度要小一些, 这可能与室的具体结构有关。

三、计数率坪曲线

多丝正比室用作放射强度测量时, 要用到室的计数率坪曲线, 即计数率——高压曲线, 从而选出合适的工作

电压。用我们的室，配 FH-423 型电荷灵敏放大器(放大倍数 $K=100$ ，甄别阈为 200mV)，测量单根丝时得出坪长为 900V ，坪斜为 $1.5\%/100\text{V}$ 。

四、效率坪曲线

多丝正比室的效率是指待测粒子通过室时能被探测到的几率。我们用快慢符合的方法进行了测量，测量所用的源是 ^{90}Sr (β 射线的 $E_{\max}=2.26\text{MeV}$)，其测量装置见图 6a。

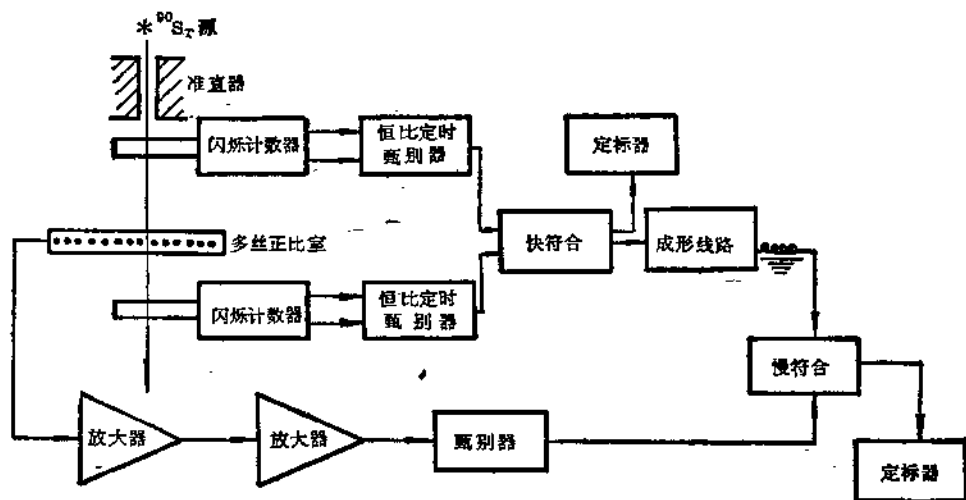


图 6a 效率坪曲线的测量装置

闪烁计数器的符合计数 N_1 是：

$$N_1 = N_{\text{入射}} \cdot \varepsilon_{\text{闪烁1}} \cdot \varepsilon_{\text{闪烁2}} \cdot \varepsilon_{\text{快符合}}$$

其中 $\varepsilon_{\text{闪烁1}}$ 为闪烁计数器 1 的效率，

$\varepsilon_{\text{闪烁2}}$ 为闪烁计数器 2 的效率，

$\varepsilon_{\text{快符合}}$ 为符合线路的效率。

慢符合的计数 N_2 是：

$$N_2 = N_{\text{入射}} \cdot \varepsilon_{\text{闪烁1}} \cdot \varepsilon_{\text{闪烁2}} \cdot \varepsilon_{\text{快符合}} \cdot \varepsilon_{\text{多丝室}} \cdot \varepsilon_{\text{慢符合}}$$

慢符合的分辨时间应足够长，以保证 100% 符合，这样得出多丝正比室的效率 $\varepsilon_{\text{多丝室}}$ 为：

$$\varepsilon_{\text{多丝室}} = N_2 / N_1$$

我们利用上述效率坪曲线的测量装置，比较了 $80\%\text{Ar} + 20\%\text{CO}_2$ 、 $90\%\text{Ar} + 10\%\text{CO}_2$ 、 $90\%\text{Ar} + 10\%\text{CH}_4$ 三种气体成分的效率坪曲线，见图 6b。

图 6b 表明在效率大于 97% 时， $80\%\text{Ar} + 20\%\text{CO}_2$ 的坪长大于 400V （没有再往上

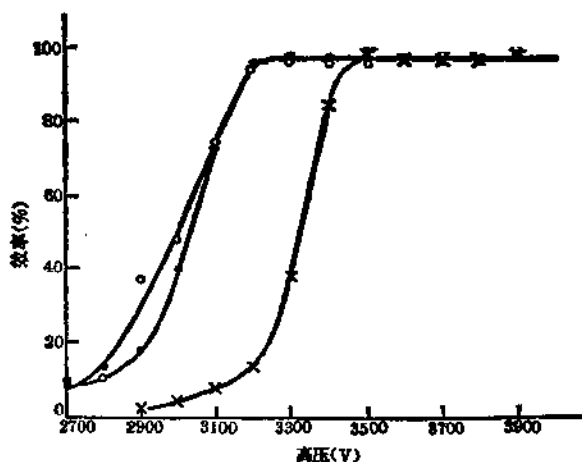


图 6b 三种不同气体成分的效率坪曲线 (电荷灵敏放大器 $10 \times 100 \times 0.3$ 550mV 阈)

—●— $90\%\text{Ar} + 10\%\text{CH}_4$ —○— $90\%\text{Ar} + 10\%\text{CO}_2$
—×— $80\%\text{Ar} + 20\%\text{CO}_2$

测), 90%Ar + 10%CH₄ 的坪长大于 600V, 90%Ar + 10%CO₂ 坪长为略大于 400V, 电压再高, 室就放电了。

在测量过程中, 由于 β 射线的散射, 准直器不太可能把它准直到一根丝上, 因此必须并联几根丝测量, 我们并联 8 根丝。

五、空间分辨本领

这是标志多丝室空间定位精度的一个量。测量装置如图 7a, 其中测量台用显微镜底座改装, 多丝室可在台上移动, 移动精度 10μ 。测量过程中采用了缝长 1cm、厚 3cm、宽分别为

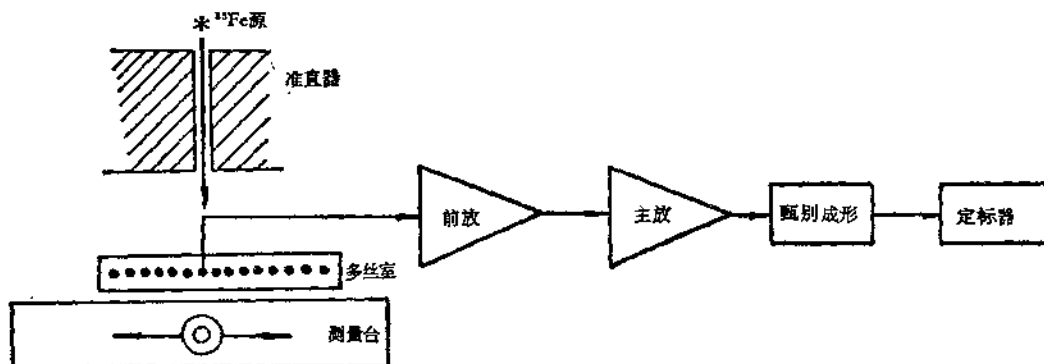


图 7a 空间分辨本领测量装置图

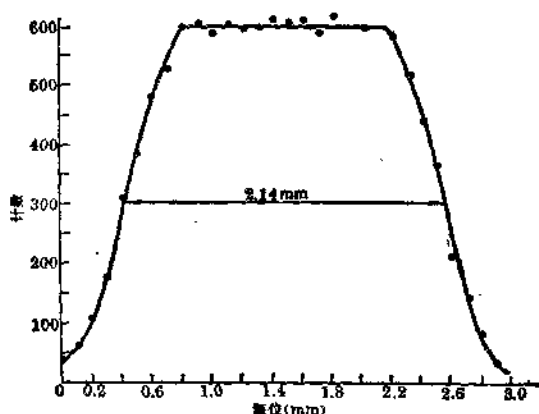


图 7b 空间分辨本领测量曲线
(准直器缝宽 0.37mm)

0.37mm 和 0.15mm 的两种铝准直器, 测量结果见图 7b。

空间分辨本领即是该测量曲线峰值的半宽度 (FWHM)。对 0.37mm 缝宽准直器, $FWHM=2.14\text{mm}$, 对 0.15mm 缝宽准直器, $FWHM=2.09\text{mm}$ 。按理说, 对 $S=2\text{mm}$ 的某一根丝来说, 它只能测出离它 1mm 内的粒子, 超过 1mm 的粒子应由邻近的丝测量; 实验结果却超过 1mm, 原因在于准直缝本身有一定宽度。实验表明, 当缝宽减小时, 空间分辨本领有所改善。

六、时间分辨本领

这是标志多丝室能够区分两个事例的最小时间间隔。时间分辨本领测量是指从一个粒子入射到一根丝附近的不同区域, 到粒子所产生的电离电子漂移到雪崩区雪崩, 并形成输出脉冲的这一段延迟时间的最大变动, 通常用半宽度 (FWHM) 表示。一般的测量装置见图 8。

用此装置测得实验结果为: 对于 90%Ar + 10%CO₂, 在高压 3400V 时, $FWHM=22.5\text{ns}$, 在高压 3650V 时, $FWHM=19.1\text{ns}$ 。对于 90%Ar + 10%CH₄, 在高压 3650V 时, $FWHM=$

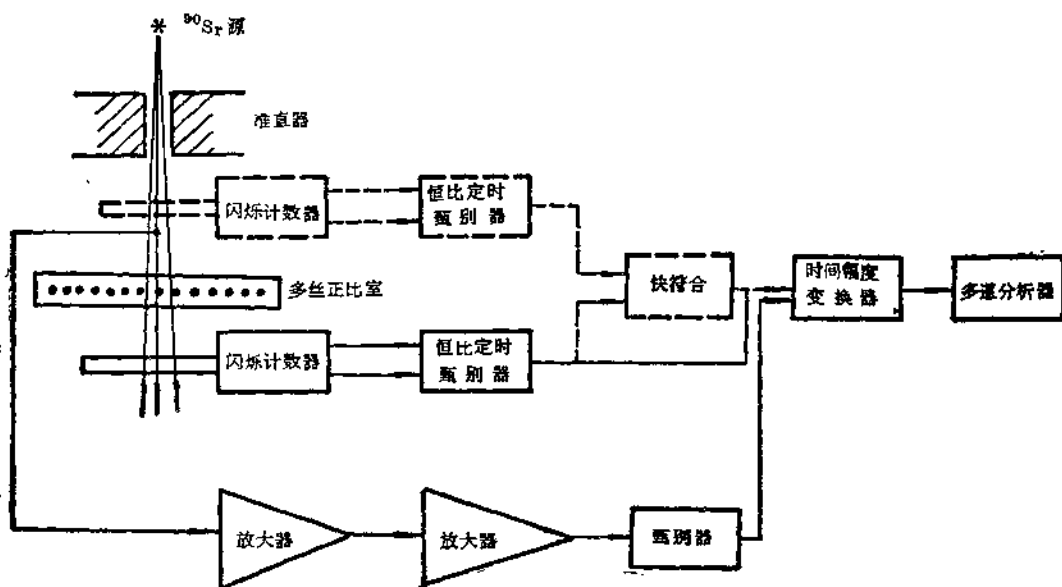


图8 时间分辨本领测量装置的框图

23.8ns。由此看出高压升高，电子漂移速度增加，时间分辨本领变好。不同气体、同样电场，电子漂移速度可以不同，因此时间分辨本领也不同。实验中入射速流应有一定的散度，使之能反映出各种可能的延迟时间，而且应复盖住所测丝的灵敏区，因此束流可适当准直，但准直缝必须有一定的宽度。我们所用的准直器的缝宽为1mm、厚1.6cm、距窗40mm。

七、能量分辨本领及 ^{55}Fe -X射线和 ^{90}Sr - β 射线的幅度谱

多丝室的输出脉冲经由放大器输入多道脉冲幅度分析器，测出 ^{55}Fe 和 ^{90}Sr 的幅度谱，即电离损失谱，该谱的FWHM就定义为能量分辨本领。我们测量过20 μ 室、40 μ 室能量分布给出了一条能量分辨随高压变化的典型曲线(图9)。在高压太高太低时，能量分辨本领都有变坏趋势，因为它们处于正比区边缘，幅度不稳定，高压过高还附加空间电荷影响。图10中 ^{90}Sr 的谱是并联三根丝测出的，这是由于低能 β 射线散射太厉害必须这样作的。

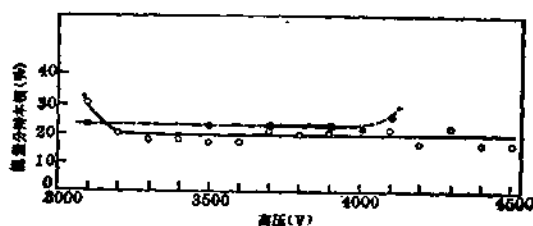


图9. 能量分辨本领——高压曲线

^{55}Fe 单丝测量

—○— 20 μ 丝室 —●— 40 μ 丝室

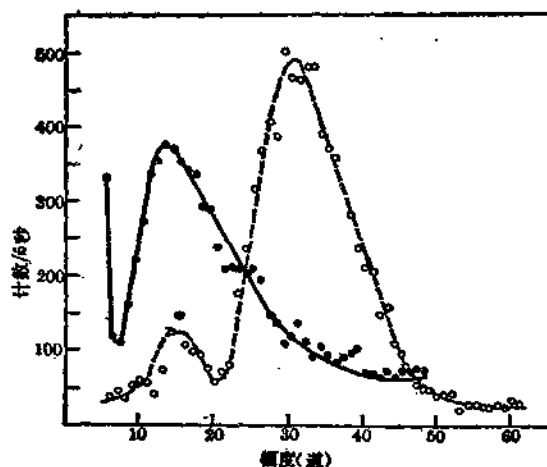


图10. 并联3根阳极丝时典型的 ^{55}Fe 和 ^{90}Sr 幅度谱

3900V —●— ^{90}Sr 谱 —○— ^{55}Fe 谱

八、多丝触发^[6]的初步观察

由于实验条件所限,我们仅用⁹⁰Sr的 β 源粗略地观察了一下多丝触发问题。 β 射线经由两片铜(厚2mm)中间夹铅(厚16mm)组成的准直器(准直孔直径1mm)后,仍有大量散射和韧致辐射,而室内又无大量负电性气体,因此几根丝同时被一个粒子触发的多丝触发现象是严重的。实验表明,相邻两条丝同时触发约是单丝计数的10%,相邻三条丝同时触发约是单丝计数的~0.8%。

结 束 语

我们研究了小型多丝室的建造及其主要的性能,并已用这种小型多丝室进行了联计算机的在线读出实验,室工作是正常的。

谢佩佩、王廷友、薛生田、吴书华、屈云河、姚晓光等同志提供了测量线路,原子能研究所李忠珍、彭华寿、罗开远、解向前等同志、中国科技大学杨衍明等同志曾给我们工作不少帮助,特在此一并表示感谢。

参 考 文 献

- [1] G. Charpak et al., *Nucl. Instr. Meth.*, 62, 262 (1968).
- [2] S. Parker et al., *Nucl. Instr. Meth.*, 97, 181 (1971).
- [3] G. Charpak, *Ann. Rev. Nucl. Sci.*, 20, 195 (1970).
- [4] I. Lehrs and R. Matthowson, *Nucl. Instr. Meth.*, 97, 187 (1971).
- [5] L. Cohen et al., *Nucl. Instr. Meth.*, 103, 125 (1972).
- [6] B. Bouclier et al., *Nucl. Instr. Meth.*, 88, 149 (1970).

(1979年1月5日收到)

* ~~~~~ *

(上接第14页)

- [7] 夏宗勤和王世真, *生物化学与生物物理学报*, 5, 646 (1965).
- [8] 放射性同位素与射线应用展览会资料, 1972年.
- [9] 王世真, *同位素技术及其在生物医学中的应用*, 科学出版社, 1977年, 第423页.
- [10] 许津等, *微生物学报*, 18, 66 (1978).
- [11] 王世真等, *实验生物学报*, 9, 185 (1964).
- [12] 汪猷等, *化学学报*, 32, 284 (1966).
- [13] 全国克矽平治疗矽肺研究组, *克矽平治疗矽肺研究资料汇编*, 1970年, 第143页.
- [14] *同位素在基础医学的应用* (1977年哈尔滨全国放射性同位素应用技术交流会选编), 原子能出版社, 1979年.
- [15] *全国第一次活化分析会议资料选编*, 原子能出版社(付印中).
- [16] 徐秉铨等, *寄生虫学报*, 3, 118 (1966).
- [17] 徐秉铨等, *寄生虫学报*, 2, 404 (1965).
- [18] *全国放射性同位素应用技术交流会资料*, 1977年.
- [19] 中国科学院生物物理研究所, *YS-1型自动液体闪烁谱仪成果鉴定会资料汇编*, 1976年.
- [20] 朱汶等, *核技术*, 1, 37 (1978).
- [21] 中国医学科学院分院七室同位素应用组, *放射医学*(1) 58, 71 (1976).
- [22] 朱秀媛等, *中华医学杂志*, 55, 559 (1975).
- [23] 薛全福, *同位素技术及其在生物医学中的应用*, 科学出版社, 1977年, 第476页.
- [24] 男用避孕药全国协作组, *中华医学杂志*, 58, 455 (1978).
- [25] 上海第一医学院, *医学科研资料*(3), 核医学专辑, 1977年.
- [26] 中国医学科学院同位素委员会, *科学通报*, 21, 659 (1958).

(1979年5月5日收到)