

小型多步雪崩室的设计、建造与初步测试¹⁾

张 良 生²⁾

(中国科学院高能物理研究所)

摘 要

本工作独立地设计、建造了一台小型多步雪崩室,作了初步的测试。室的有效面积为 $7.4 \times 8 \text{cm}^2$, 各栅极丝互相绝缘,可从单根引出讯号。预放区对 5.9keV X射线的能量分辨约 19%。对雪崩机制作了讨论。

一、引 言

多步雪崩室 (MSAC) 是最近几年由 G. Charpak, F. Sauli 与合作者发展起来的新型快多丝室^[1,2]。目前国外达到的指标是: 预放区最高计数率 $6 \times 10^4 / \text{mm}^2 \cdot \text{秒}$ ^[3], 是 MWPC 的 5—10 倍; 总气体放大倍数 M 达 10^6 — 10^7 , 仍很好地在正比区, 可探测单光子; 空间分辨约 $100 \mu\text{m}$, 容易得到二维读出。预放区脉冲前沿时间晃动约 10—15ns (fwhm)^[4], 与 MWPC (11ns) 相近; 记忆时间可小于 100ns^[4]; 讯号极脉冲比栅极脉冲有几百 ns 的内在时间延迟, 常可代替笨重的电缆。当工作气体采用氩+丙酮, 对 5.9keV 的 X 射线, 预放区能量分辨 16% (fwhm); 在穿透因子 $f = 0.2$ 时, 经传输区后为 21%。

二、室结构、原理与设计考虑

室结构示意于图 1, 第一阴极 C_1 为导电薄膜, 其余各极为镀金钨丝, 参数见表 1。室

表 1 电极参数

电 极	分 区	极间距离 (mm)	大致电位 (V)	丝直径 ϕ (μm)	丝 距 S (mm)	丝不平行度
C_1	C	12	-3700			
C_2			-3000	80	1	
g	PAT	2.94 ± 0.04	0	60	0.50 ± 0.03	$\leq 40 \mu / 8 \text{cm}$
C_3			T	10.5		
S	MWPC	7.5	+4000	20	2.00 ± 0.04	$\leq 40 \mu / 8 \text{cm}$
C_4		7.5	+2000	80		

本文 1981 年 3 月 3 日收到。

- 1) 在 1980 年 12 月 17 日所一级学术讨论会上报告过。
- 2) 中国科学技术大学研究生院研究生。

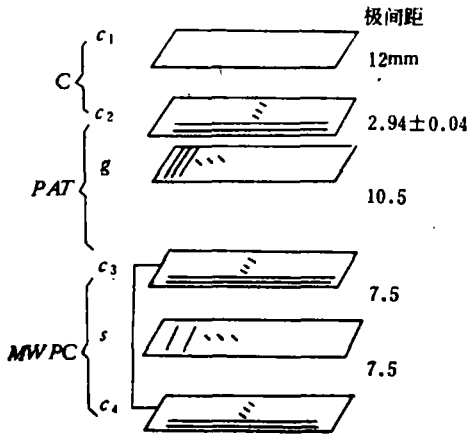


图1 小型 MSAC 结构示意图

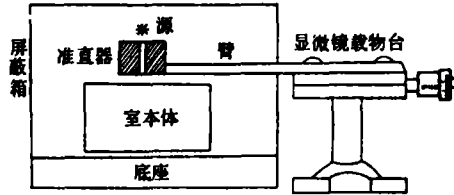


图2 实验装置示意图

有效面积由栅极 g 决定, 为 $7.4 \times 8\text{cm}^2$ 。各极板镶嵌在有机玻璃框架中, 组装后用封蜡密封。工作气体暂用 $\text{Ar} + (2-3)\%$ 苯蒸汽。

通常认为, PAT (Preamplification and Transfer) 机制有如下特点: i) 雪崩在预放区 PA 空间均匀场区发展; ii) 电子引起无电离激发; iii) 光子媒介起了关键作用, 它既使雪崩横向扩展较宽, 从而在垂直于栅极丝方向有均匀的探测效率; 又使讯号能穿过栅极层, 进入传输区 T 。由此引入穿透因子 f 。

为了作 PA 区雪崩横向扩展的测量¹⁾, 各栅极丝作成互相绝缘。在本工作开展以后, 国外才有了雪崩横向扩展实验结果的简单报道^{[5]2)}。

测量中常用 1.4mc 的 ^{59}Fe 源, X 射线经准直器(缝宽 0.14mm , 厚 1cm) 进入转换区 C , 室本体置屏蔽箱中。准直器通过一根臂联结到显微镜载物台(借用漂移室组), 从而可精细地调节源与室的相对位置(图 2), 讯号从单根栅极丝或单根讯号丝 (S) 引出, 经电荷灵敏前置放大器、主放大器进入多道记录。

三、测量结果

1. 由单根栅极丝测得的谱(图 3), 图中 6.40mm 与 6.25mm 表示准直缝的位置。可见计数变化很大而峰位 V_0 变化不显著。从几次类似的测量得 PA 区对 5.9keV 的 X 射线能量分辨约 19% ($fwhm$)。

2. “直接讯号”与“经预放讯号”同时比较: 直接进到 T 区与 $MWPC$ 的光子在 S 极引起的讯号称直接讯号, 它经过 $MWPC$ 的气体放大 M_2 ; 经历两次雪崩的称经预放讯号, 它得到 $M = fM_1M_2$ 倍气体放大。实验测得两者的谱完全类似, 比较两者得 PAT 有效放大因子 $fM_1 \approx 106$ 。

3. $V_0 \sim E_c$, $M_1 \sim V_{c2}$, $f \sim E_T$, $M_2 \sim V_s$ 的相对测量(图 4(a), (b), (c), (d)),

1) 从本人的调研得知, 当时(1979年)国外还没有报道实测结果。

2) 该文献 1980 年 8 月下旬到高能所, 此室 1980 年 5 月装成。

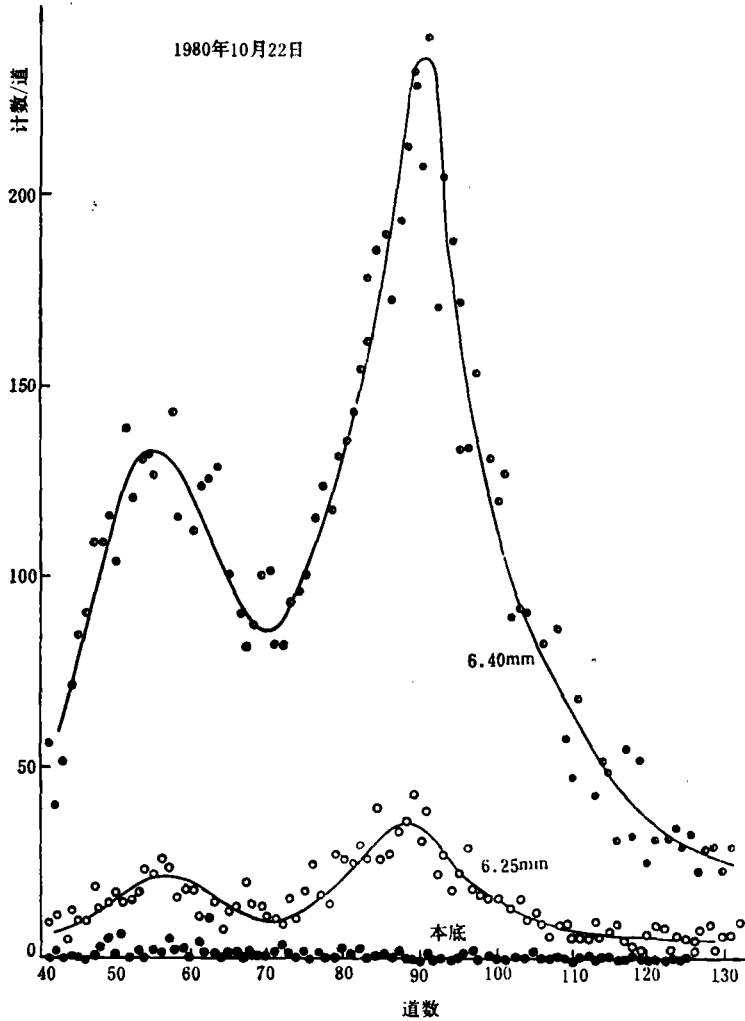


图 3 从栅极丝测得的谱

得到结果都符合规律。

4. 雪崩横向扩展的初步测量: 从某一根栅极丝测谱, 准直缝在对准该丝的位置附近垂直于栅极丝移动, 观察: i) 峰位 V_0 的变化; ii) 全能峰总计数的变化 (由于同一次测量中 fwhm 基本不变, 故图中可由峰值计数代替)。结果表示于图 5(a) (苯含量 3.1%) 及图 5(b) (苯含量较低些)。此结果可与图 3 相对照。

四、讨论与设想

5.9keV 的光子在标准状态氩气中, 约 96% 与 K 层电子发生光电效应, 发出 2.7keV 的光电子。形成的 Ar^+ 离子约 80%^[6] 发出 Auger 电子 (2.7—3.2keV), 其余发出特征 X 射线 (3.2keV)。特征 X 射线大部分 (平均自由程 $\lambda = 4cm^{[7]}$) 逃逸掉, 只由早先的光电子形成逃逸峰; 少部分再发生光电效应等, 并发出 2.95keV 的光电子, 它与 Auger 电子一起共

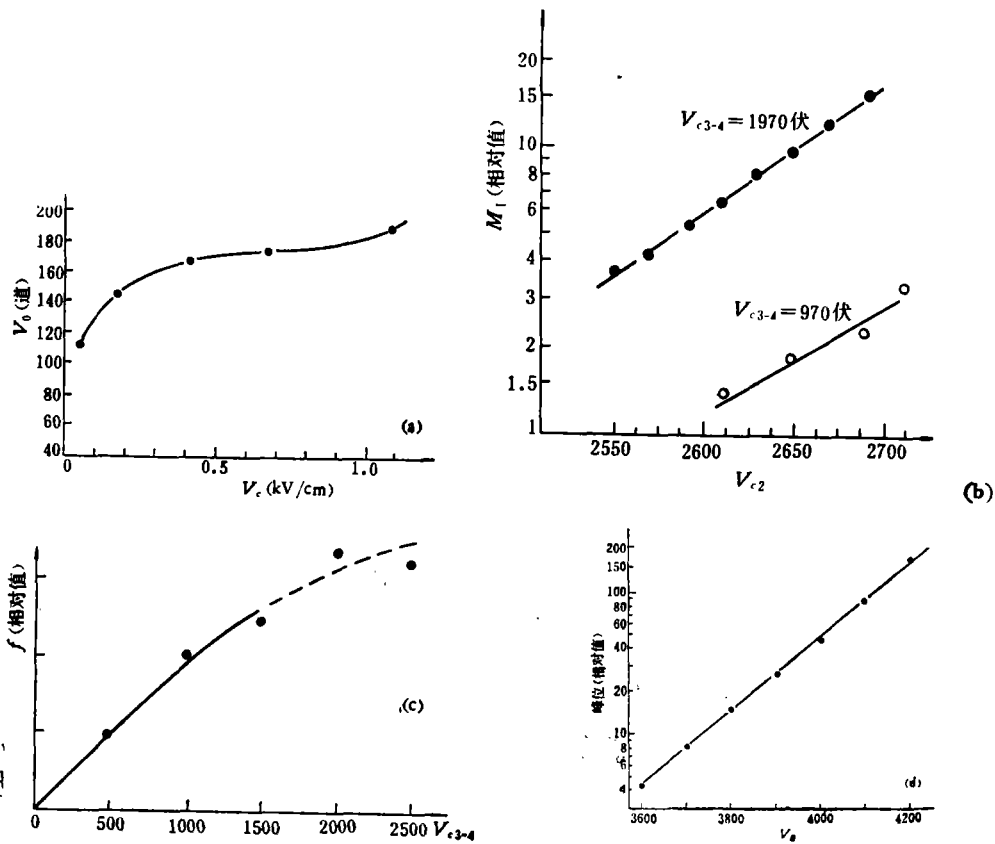


图 4

(a) 峰位 $V_0 \sim V_c$ 变化趋势; (b) $M_1 \sim V_{c2}$ 变化趋势;
 (c) f 变化趋势; (d) $M_2 \sim V_0$ 相对测量

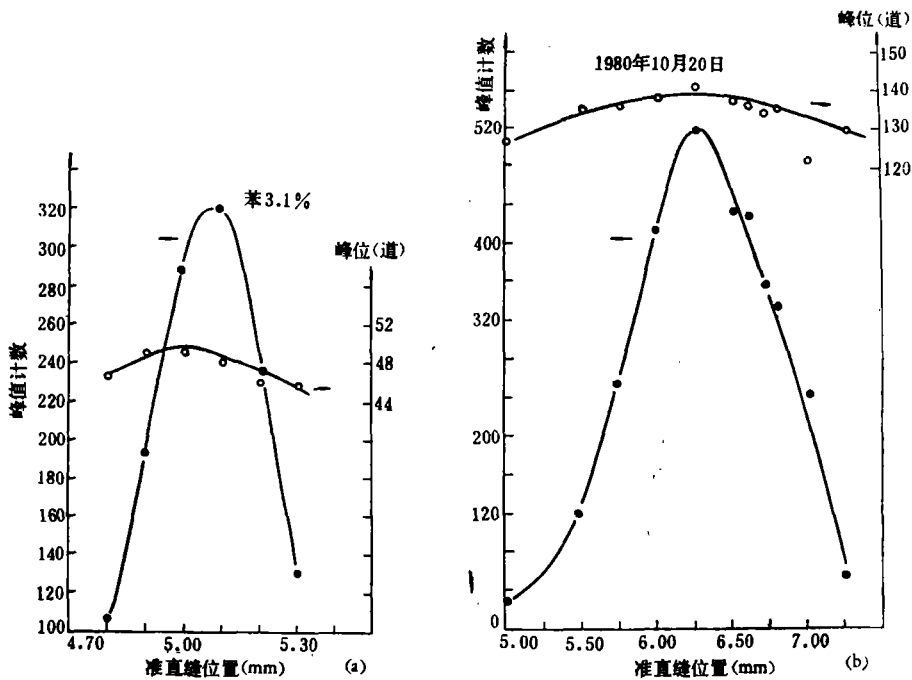


图 5 雪崩横向扩展

—●— 计数 —○— 峰位

占全部作用的约 88%^[8], 在氩气中射程约 0.3mm. Fe^{55} 还发出 6.49keV 的 X 射线, 强度为 5.90keV 的约 1/9.

观察图 5(a) 与 (b), 可作如下分析: 1. PA 区雪崩如果是由于电子直接引起工作气体次要成分电离^[9], 则: i) 横向扩展会比较窄; ii) 由于次级电子能量不太高 (3—4eV), 雪崩过程受电力线的束缚; iii) 在极端的假设条件下 (初级电子射程为 0, 次级电子横向扩散为 0), 某一根栅极丝或者收集到一次雪崩的全部次级电子, 或者完全收集不到. 这样就会观测到计数率改变 (由于 X 射线的横向分散) 而峰位不变. 2. 如果是光子媒介的过程^[2], 则 i) 横向扩展会较宽; ii) 光子不受电力线束缚, 一根栅极丝可能收集不到一次雪崩的全部次级电子, 峰位相应地会比较低一些; iii) 随着准直缝偏离栅极丝, 峰位会缓慢下降 (由于对着准直缝处次级电子分布密度最高), 而计数率几乎不变. 与图 5(a) 及 (b) 对照, 看来很可能是两种过程都有, 但有待进一步的测量与计算, 或许能定出两者的比例.

1980 年初, 本人曾独立地设想把光阴极与多步室结合起来探测可见光子, 在 2 月份写成书面材料并在 4 月 3 日本所讨论会上发过言. 后来国外有了类似设想的报道^[3]. 很希望把设想变成现实.

本工作在导师张文裕的精心指导下进行, 也曾得到叶铭汉、唐孝威同志的指导. 计数器室、物理一室的同志们给予不少指导和帮助, 尤其是周杰、谢佩佩、郑志鹏同志.

参 考 文 献

- [1] G. Charpak and F. Sauli, *Phys. Lett.*, **78B**(1978), 523.
- [2] A. Breskin et al., *NIM*, **161**(1979), 79.
- [3] G. Charpak, *IEEE NS-27*, No. 1(1980), 118—123.
- [4] G. Charpak, *NIM*, **176**(1980), 9—21.
- [5] G. Melchart et al., *IEEE*, NS-27, No. 1(1980), 124—132.
- [6] F. Sauli, *Principles of Operation of Multiwire Proportional and Drift Chambers*.
- [7] U. Gastaldi, *NIM*, **176**(1980), 99—104.
- [8] F. Sauli, *NIM*, **156**(1978), 147—157.
- [9] J. R. Hubbard et al., *NIM*, **176**(1980), 233—238.

DESIGN BUILDING AND PRELIMINARY TEST OF SMALL MSAC

ZHANG LIANG-SHENG

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

ABSTRACT

A small MSAC, with effective area $7.4 \times 8 \text{ cm}^2$, has been designed, build and tested. Each grid wire is insulated with others. Energy resolution of the PA gap for X-ray detection is about 19% (FWHM) at 5.9 keV. Avalanche mechanism has been discussed.

1) 最早报道见于 *IEEE*, NS-27 No. 1 (1980) 118—123, 该文献1980年8月下旬到所里.