

# 基于**GEM**预放大的**MicroMegas** 探测器的性能研究

范胜男

核探测与核电子学国家重点实验室

中国科学院高能物理研究所

fansn@ihep.ac.cn

# 内容

---

## 1. 探测器介绍

## 2. 探测器性能研究

### 2.1 电子学标定

### 2.2 最佳场强比确定

### 2.3 增益测量

### 2.4 $^{55}\text{Fe}$ X放射源能谱

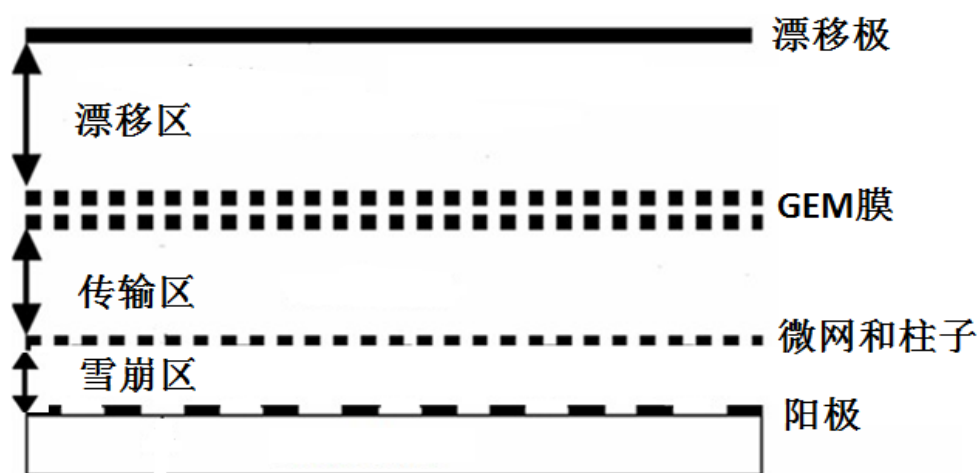
### 2.5 能量分辨率

### 2.6 上升时间测量

### 2.7 打火率测量

## 3. 结论

# 1.探测器介绍

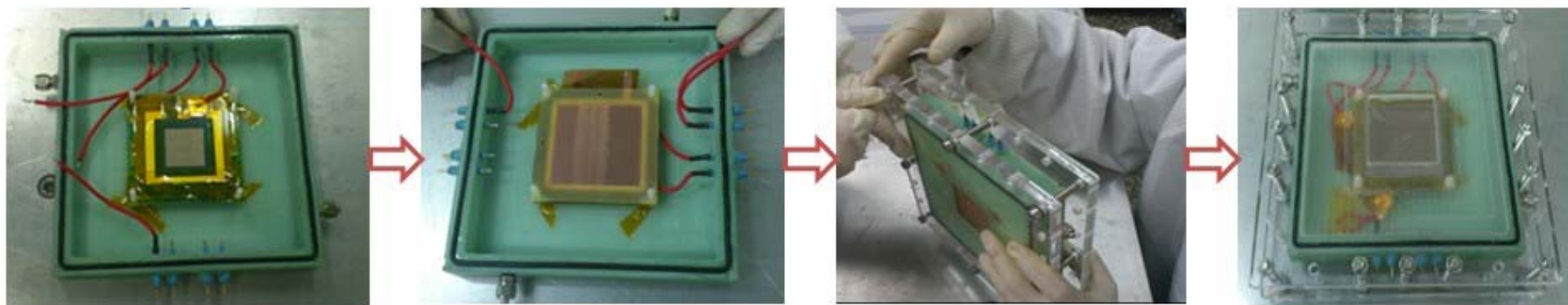


探测器结构示意图

在MicroMegas探测器微结构的基础上，在微网上方1.4mm处放了一层标准GEM膜作为预放大。

加了GEM膜预放大的MicroMegas探测器，能获得更高的增益，缓解雪崩区放大压力，降低探测器的打火率，提高了探测器的性能。

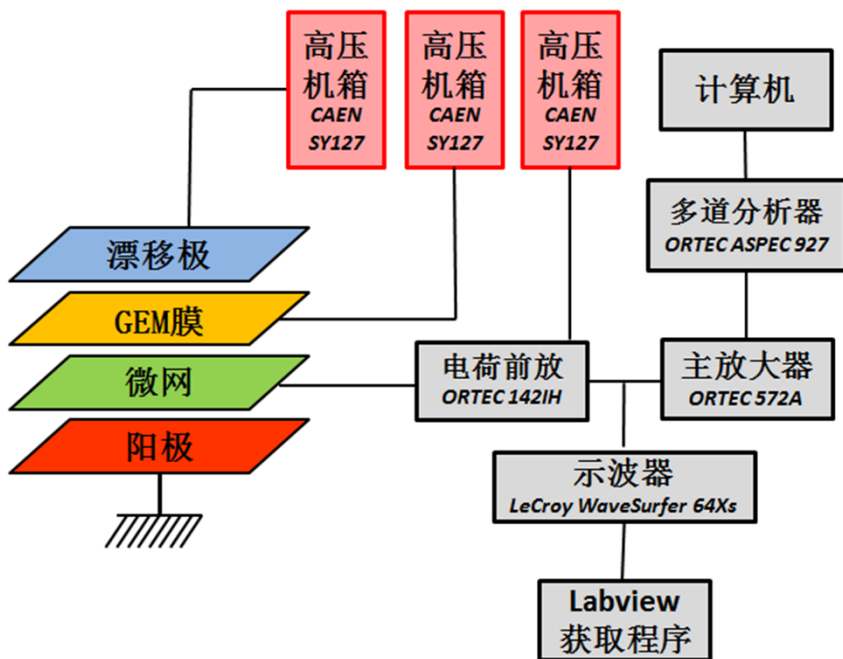
雪崩区由Bulk工艺形成的128um高的绝缘柱阵列支撑金属网形成。绝缘柱直径200um，周期为2mm，死区不到1%。金属网采用400目不锈钢编织网，丝径22um，孔径40um。



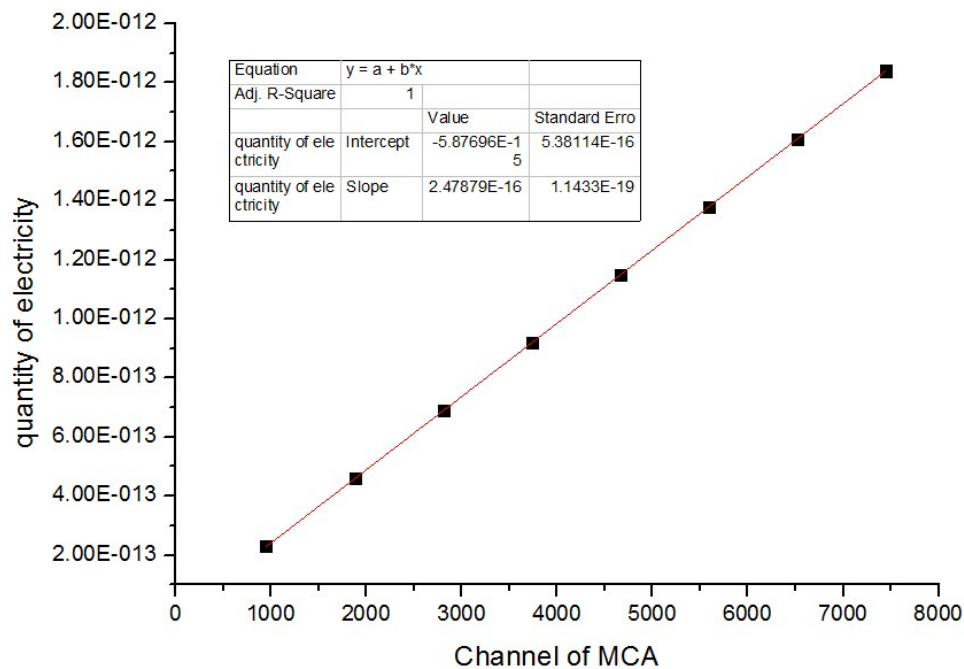
标准MicroMegas → 加GEM膜 → 组装 → 完成

## 2. 探测器性能研究

### 2.1 电子学刻度



实验测试平台

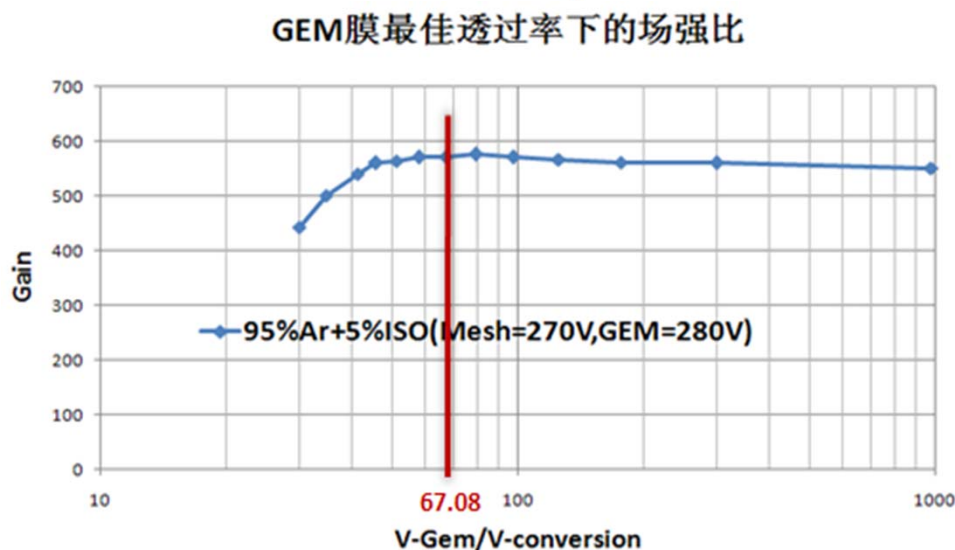
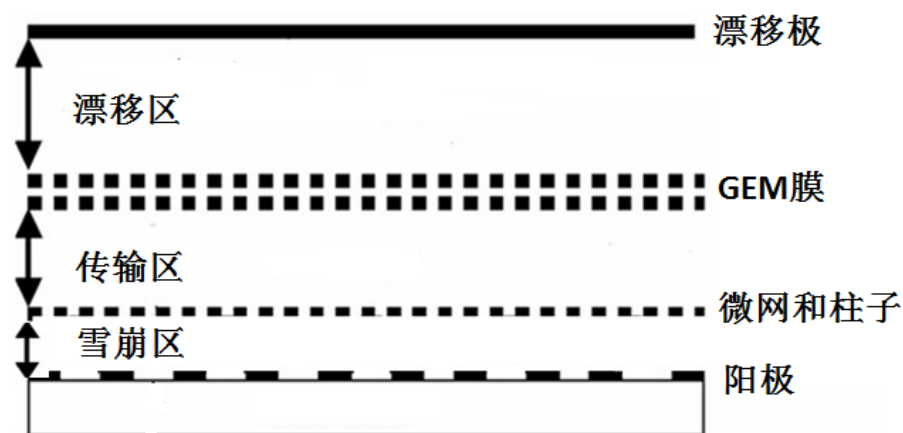
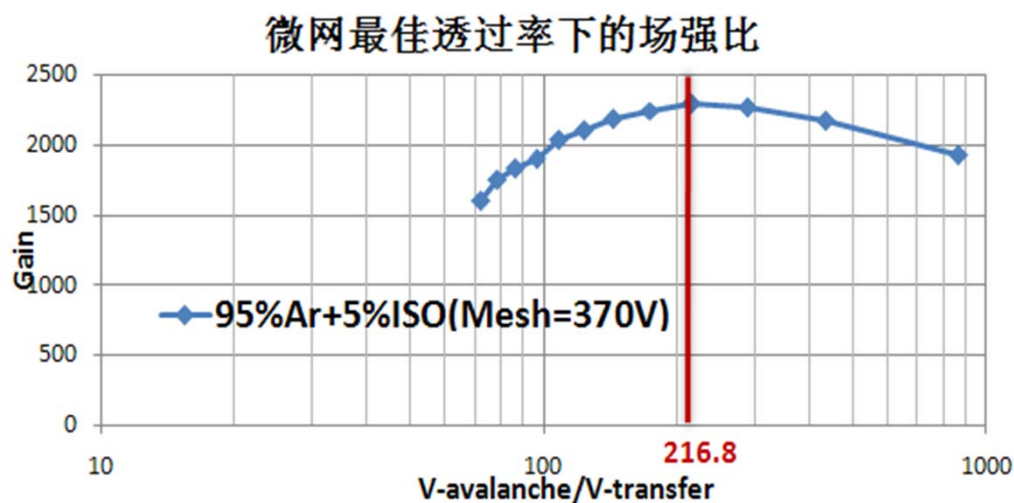


电子学标定曲线

输入电荷量与MCA通道数的关系:

$$Q = 2.48 \times 10^{-16} CH - 5.88 \times 10^{-15}$$

## 2.2 最佳场强比的确定



微网两端场强最佳比值为216.8；  
Gem与漂移区最佳场强比为67.08。

## 2.3 $^{55}\text{Fe}$ X放射源能谱

- ✓ 当Ar气层厚度为4mm时，转换效率大约为13%。
- ✓ 入射粒子进入探测器，与工作气体发生反应，在漂移区产生的原初电子经过了**两级放大：1.GEM和2.MicroMegas**。在传输区产生的原初电子则**只经过MicroMegas的一级放大**。

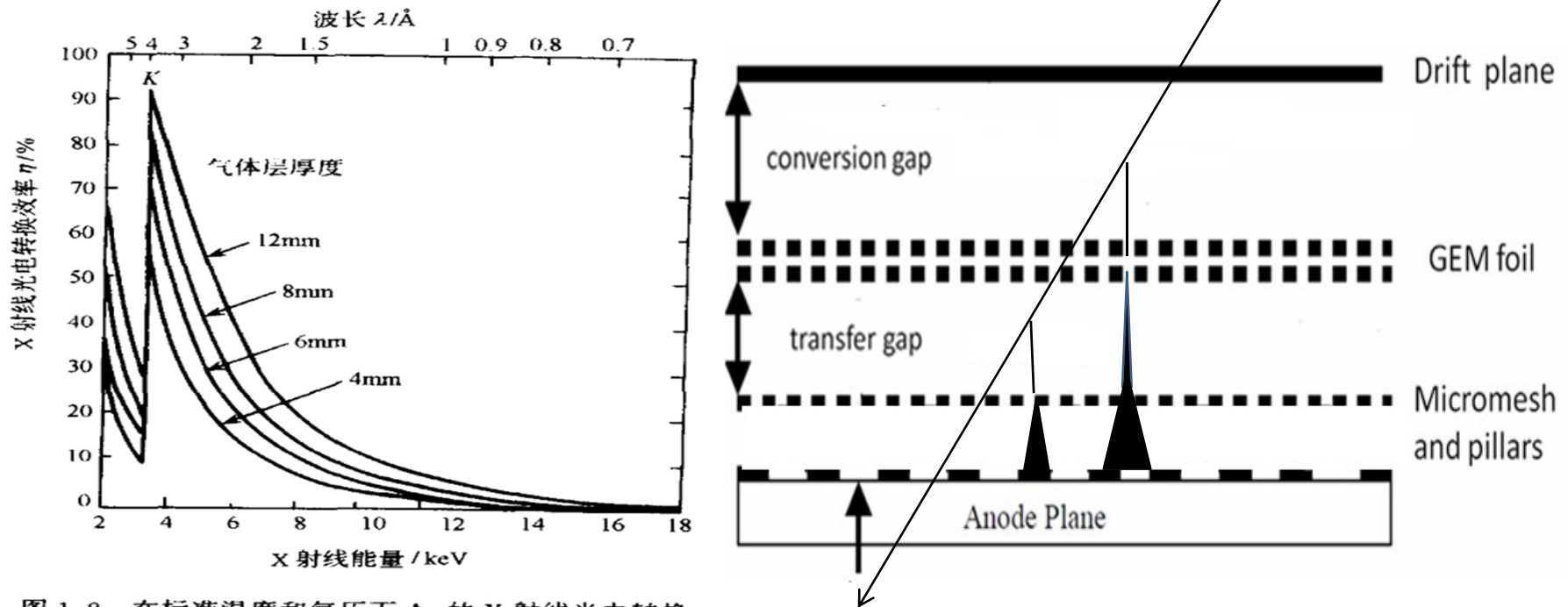
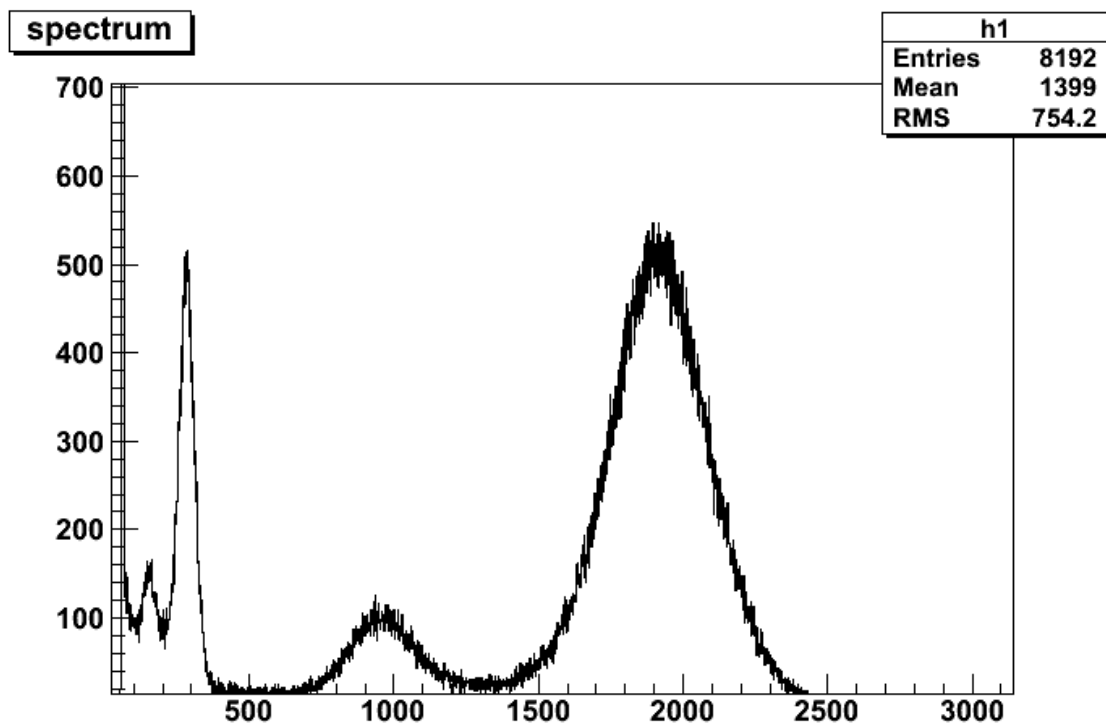


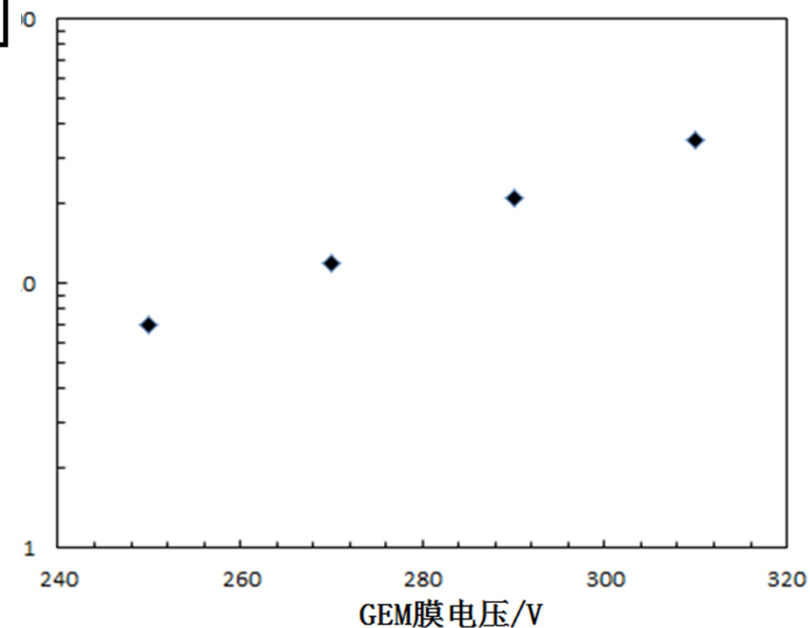
图 1.8 在标准温度和气压下 Ar 的 X 射线光电转换效率  $\eta$  随 X 射线能量与气体层厚度的关系

## 2.3 $^{55}\text{Fe}$ X放射源能谱

- ✓有两个全能峰和逃逸峰，全能峰位置与逃逸峰位置的比值分别为**1.96**、**1.95**。（工作气体为**95%Ar+5%ISO**）
- ✓根据两个全能峰的比值，可以求得**GEM**的放大倍数：



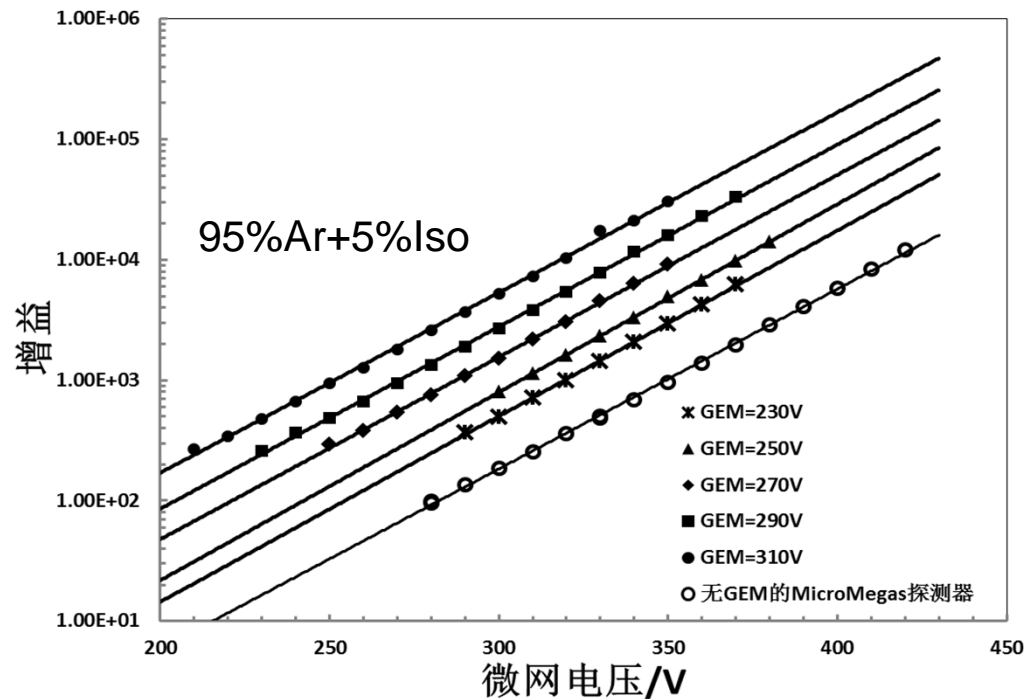
铁源能谱图



GEM膜放大倍数

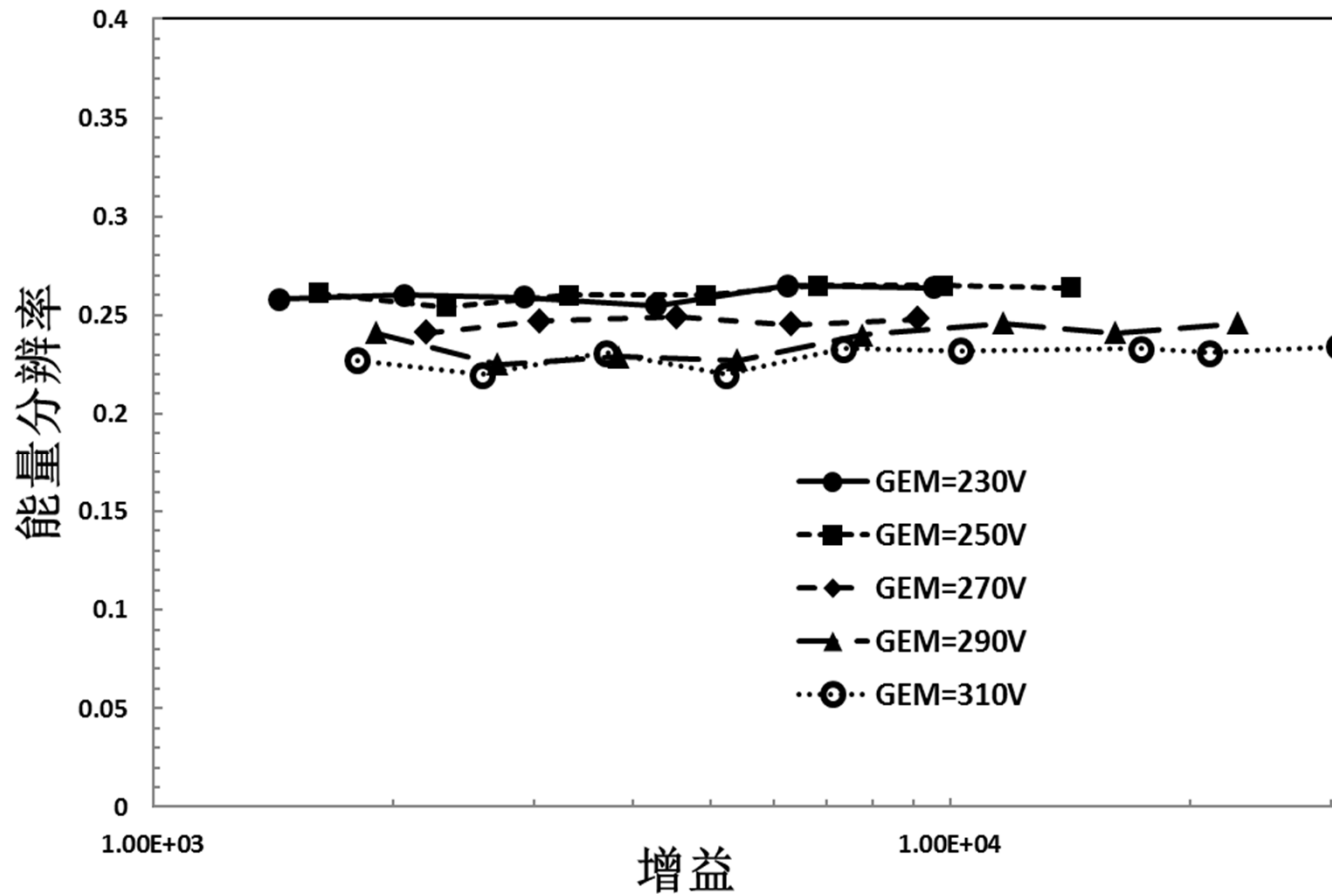
## 2.4 增益测量

- ✓ 当GEM膜两端电压一定时，增益与微网电压成指数关系；
- ✓ 由于GEM膜的预放大，当微网电压一定时，增益随GEM膜电压差的升高而升高，增益能达到30000；
- ✓ 通过以步长20V增加GEM的电压，每次增益能至少增加60%；
- ✓ 在相同微网电压下，该探测器相对于无GEM膜的标准MicroMegas探测器，增益要高。高多少跟GEM膜的增益有关。



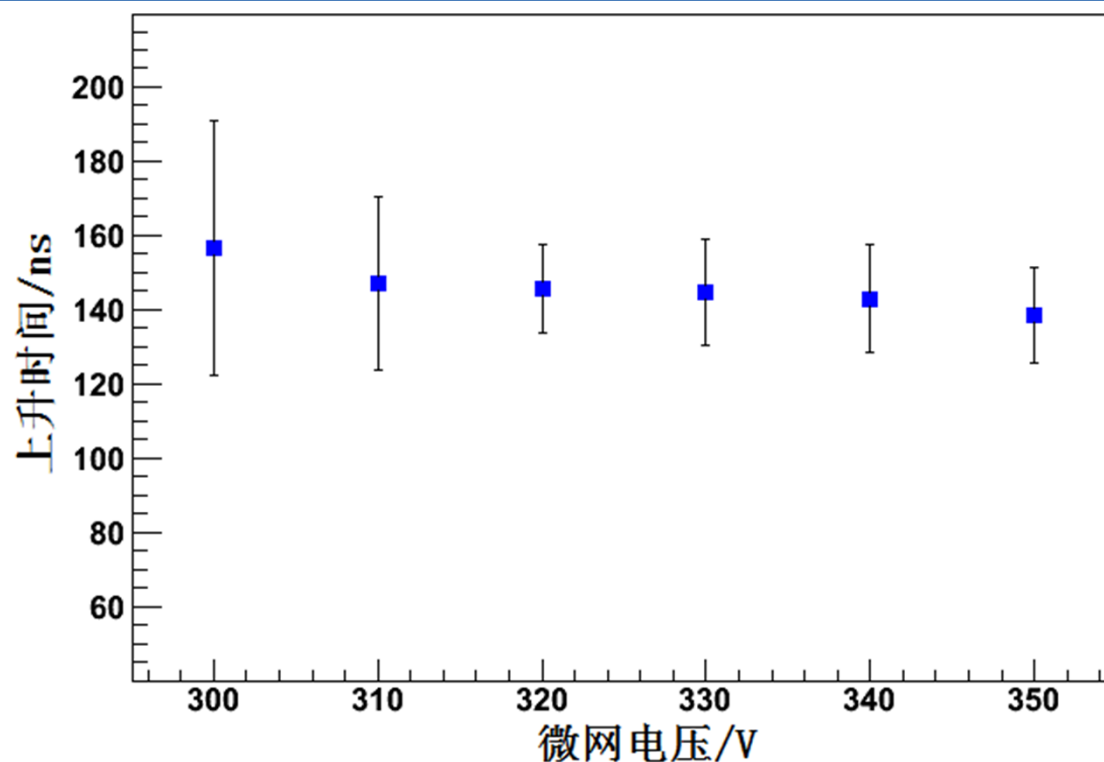


## 2.5 能量分辨率



能量分辨率随增益的变化稳定，最佳能量分辨率(FWHM)为21%。

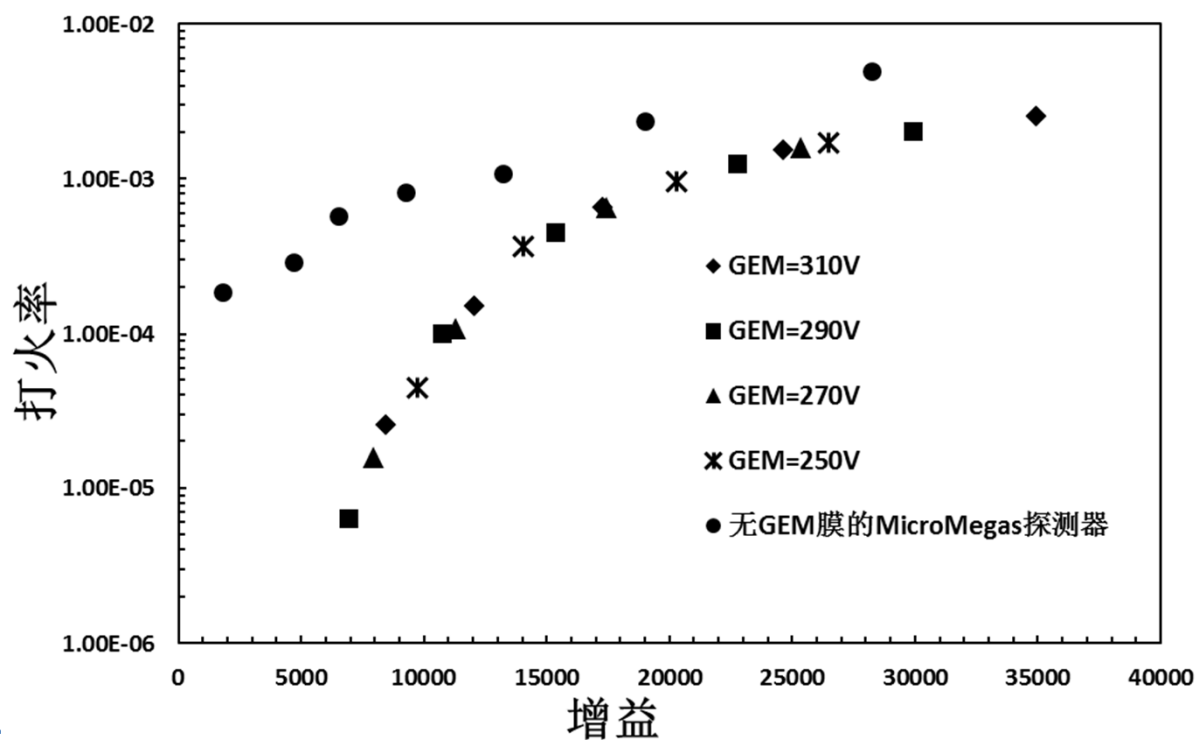
## 2.6 上升时间测量



利用示波器记录前放输出信号的波形，统计**3000**次，测量信号的上升时间。**GEM**膜压差为**310V**，上升时间随微网电压的变化如图**10**所示。电荷灵敏前放输出信号的**上升时间约为120ns~200ns**。

## 2.7 打火率测量

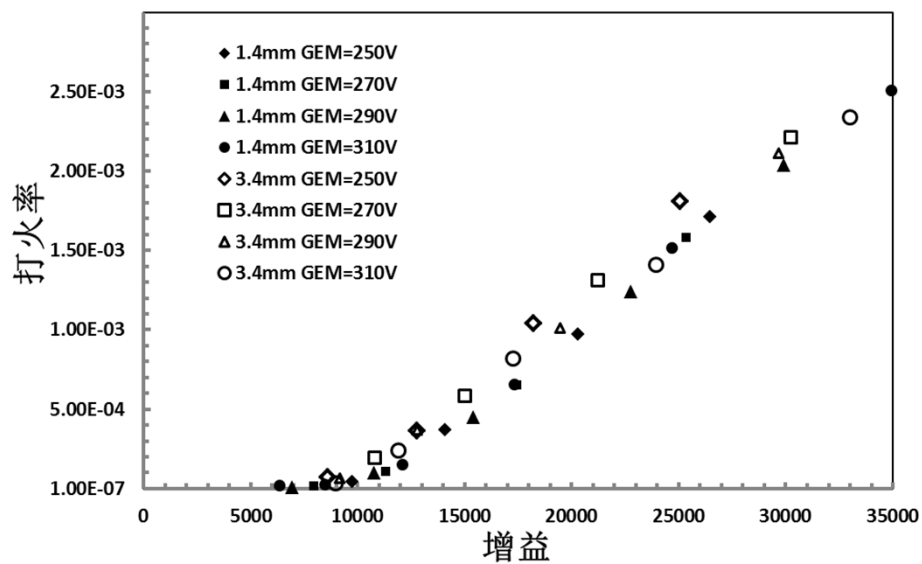
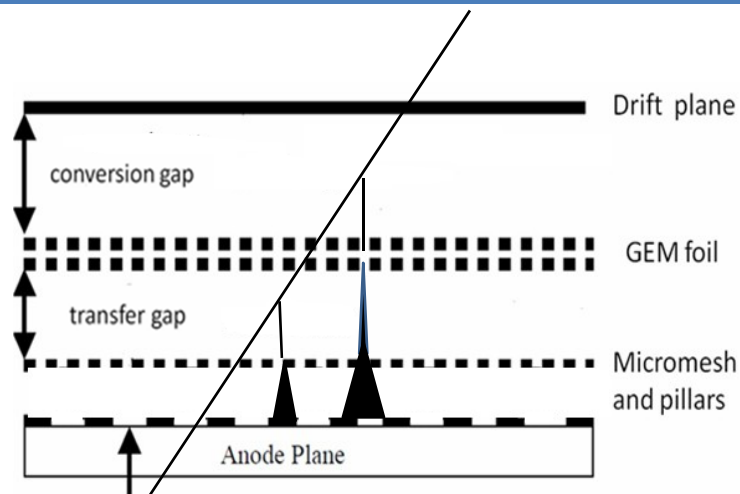
- ✓  $^{55}\text{Fe}$  X射线源放射性活度为1mCi;
- ✓ 获取记录时间5小时;
- ✓ 电荷量0.57pC@增益15000; 超2pC定义为打火。
- ✓ 打火率=放电数/光子击中数;
- ✓ 探测器相对于Std Micromegas打火率能降低10-100倍;
- ✓ 影响打火的主要因素是微网的电压。



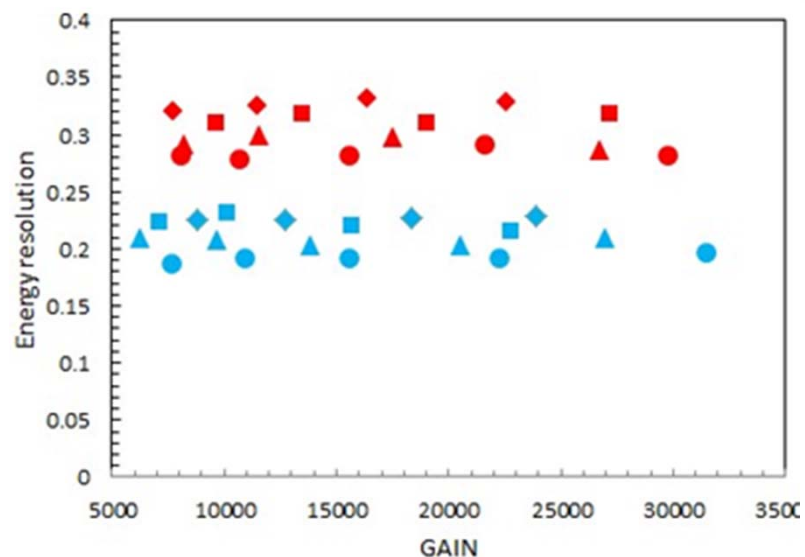
# 传输区的影响

传输区分别为1.4mm、3.4mm;

- ✓ 传输区为3.4mm时，GEM电压越大，打火率越低。传输区越大，增加了横向扩散，打火跟局部电荷密度有关。
- ✓ 打火来源：（1）经过GEM+Micromegas两次放大的束团；（2）经过Micromegas单次放大的束团；（3）上述两种束团的叠加。
- ✓ （2）（3）的影响大于束团横向扩散对打火率的影响，实验表明，传输区为3.4mm时，打火率较大。



传输区对打火率的影响



传输区对能量分辨率的影响

### 3 结论

---

- ✓ 由于**GEM**的预放大，探测器能达到更高的增益；
- ✓ **GEM**电压增加**20V**，探测器的总增益能增加至少**60%**；
- ✓ 漂移区产生的电子经过**GEM**和**MicroMegas**的两级放大；传输区产生的电子只经过**MicroMegas**的一级放大。
- ✓ 探测器的最佳能量分辨率为**21%**，且随增益的变化稳定；
- ✓ 信号上升时间大概为**120ns-200ns**；
- ✓ 由于**GEM**的预放大，缓解了雪崩区的放大压力，相对于标准的**MicroMegas**，打火率降低。

**Thank you for your attention!**