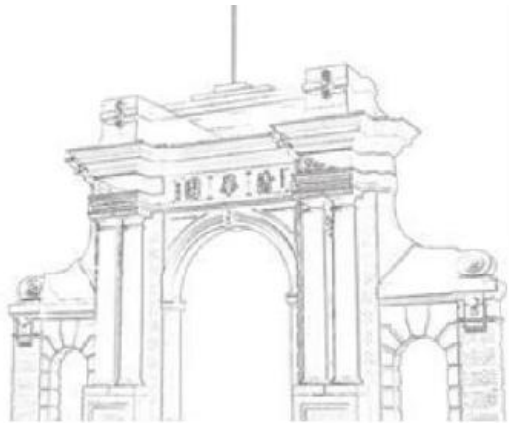


一种测量GEM探测器位置分辨的实用方法

肖志刚

清华大学物理系



合作者:

高海燕,

杜克大学, 清华大学

王仁生, 黄彦, 张钊

清华大学

王荣

中科院近代物理研究所

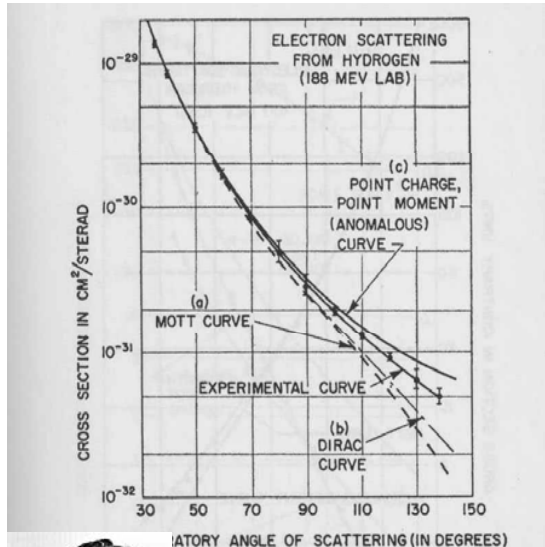
目录

- ▶ 引言：物理动机与SOLID简介
- ▶ 装置实验和方法描述
- ▶ 实验结果
- ▶ 总结与展望

目录

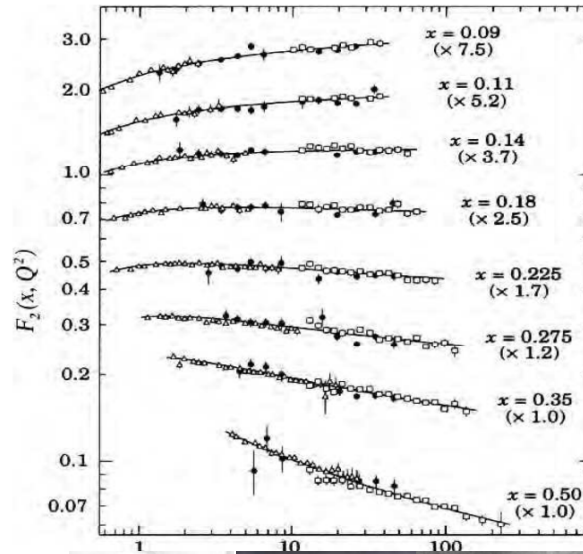
- ▶ **引言：物理动机与SOLID简介**
- ▶ 装置实验和方法描述
- ▶ 实验结果
- ▶ 总结与展望

核子：可见物质的基石，NPQCD的实验场

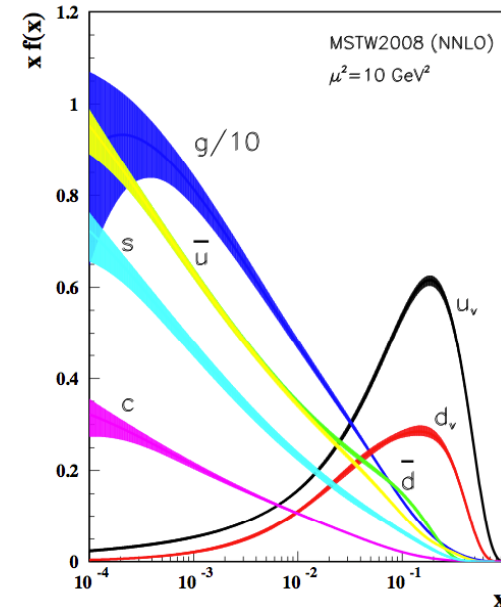


shows the theoretical Mott curve for a spinless... (b) shows the theoretical curve for a point... (c) the theoretical... This deviation from the... represents the effect of a form factor for the... structure within the proton, or alternatively, the Coulomb law. The best fit indicates a size

1961年Nobel奖



1990年Nobel奖



核子具有一定尺寸



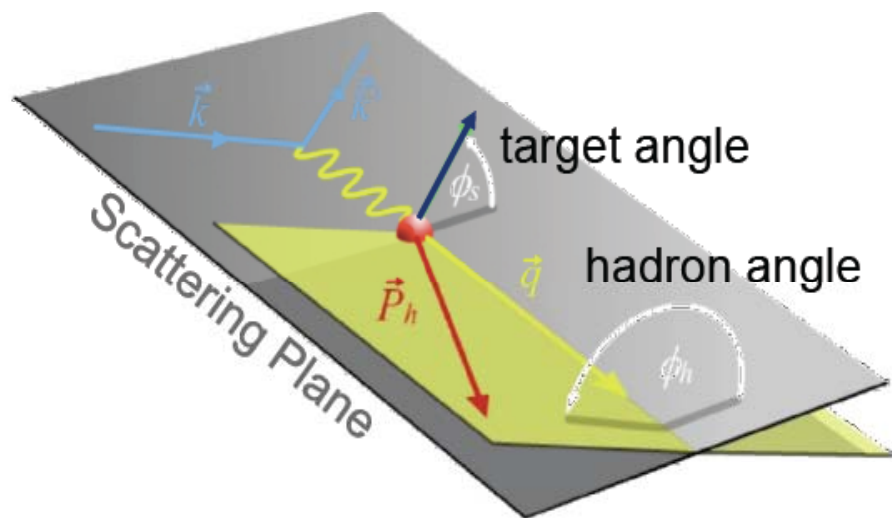
核子具有夸克结构



夸克是怎么组成强子的？
胶子场的激发能揭示夸克色禁闭的来源吗？
大部分的质子自旋从哪来？

核子的三维成像: eN的极化符合(半单举)散射实验

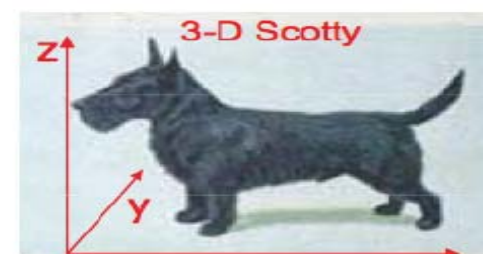
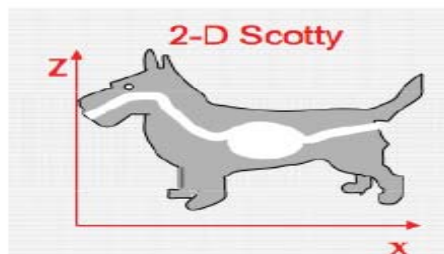
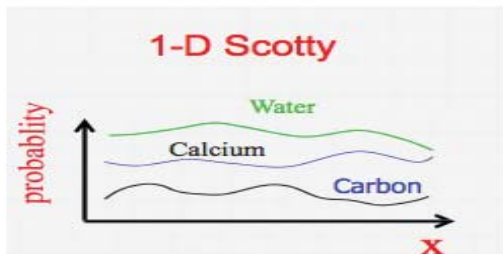
→ Nucleon Spin → Quark Spin



		Quark polarization		
		Un-Polarized	Longitudinally Polarized	Transversely Polarized
Nucleon Polarization	U	$f_1 = \odot$		$h_1^\perp = \uparrow - \downarrow$ Boer-Mulder
	L		$g_1 = \rightarrow - \rightarrow$ Helicity	$h_{1L}^\perp = \rightarrow - \rightarrow$ Worm Gear
	T	$f_{1T}^\perp = \uparrow - \downarrow$ Sivers	$g_{1T} = \rightarrow - \rightarrow$ Worm Gear	$h_{1T} = \uparrow - \uparrow$ Transversity $h_{1T}^\perp = \rightarrow - \rightarrow$ Pretzelosity

transverse-momentum dependent parton distribution functions (TMDs)

通过电子核子散射实验，可以对核子内部结构（即夸克分布）进行精确测量，从而提供NPQCD的重要线索，也可以通过特定散射过程的精确重构，从而寻在标准模型之上的新物理。人类对核子结构的研究进入一个新的时期。



SoLID 与核子结构

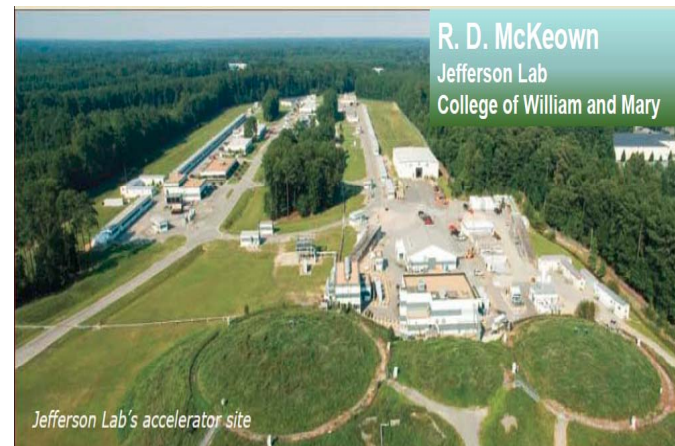
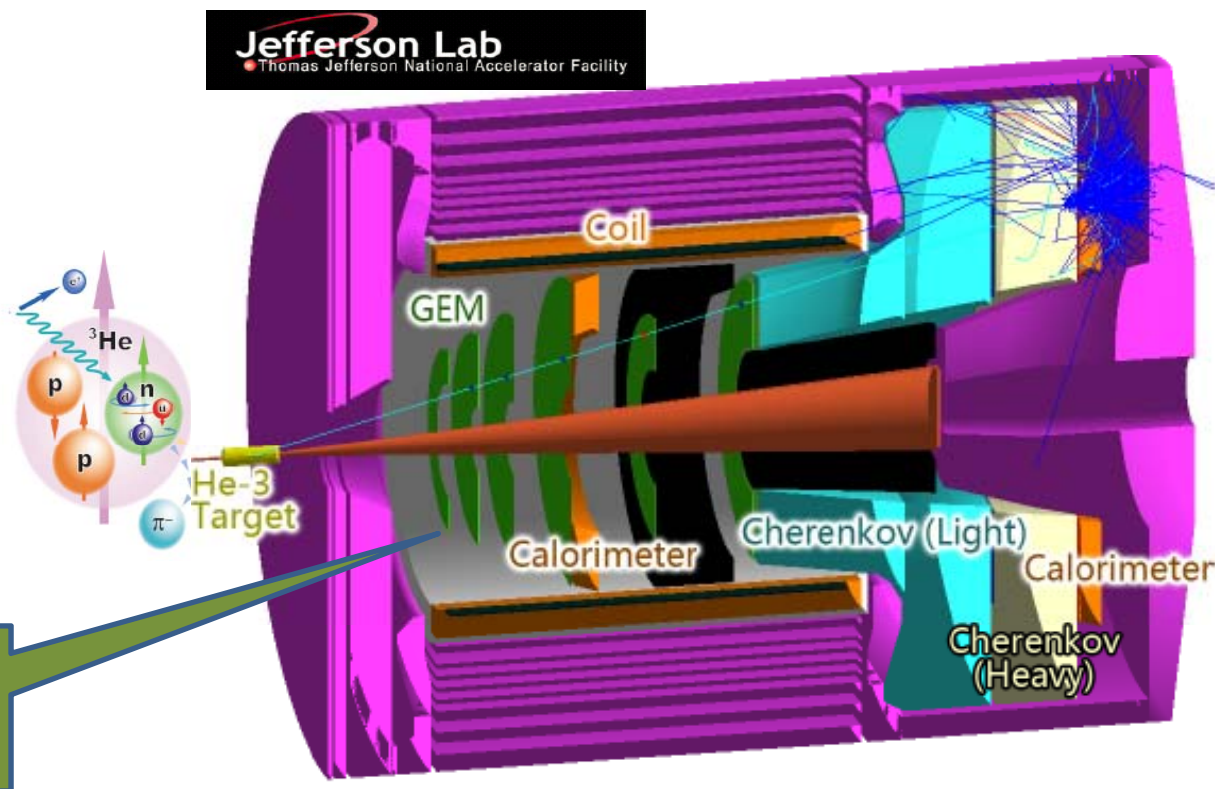
- JLAB 12 GeV 升级计划
- 质心系近全角覆盖的大型复合谱仪
- GEM、Cerenkov、MPPC等多个子系统
- 螺线管提供1.5T的中心磁场
- 高能电子、强子测量

8个国家，50来个研究单位，
190人；

国内单位：

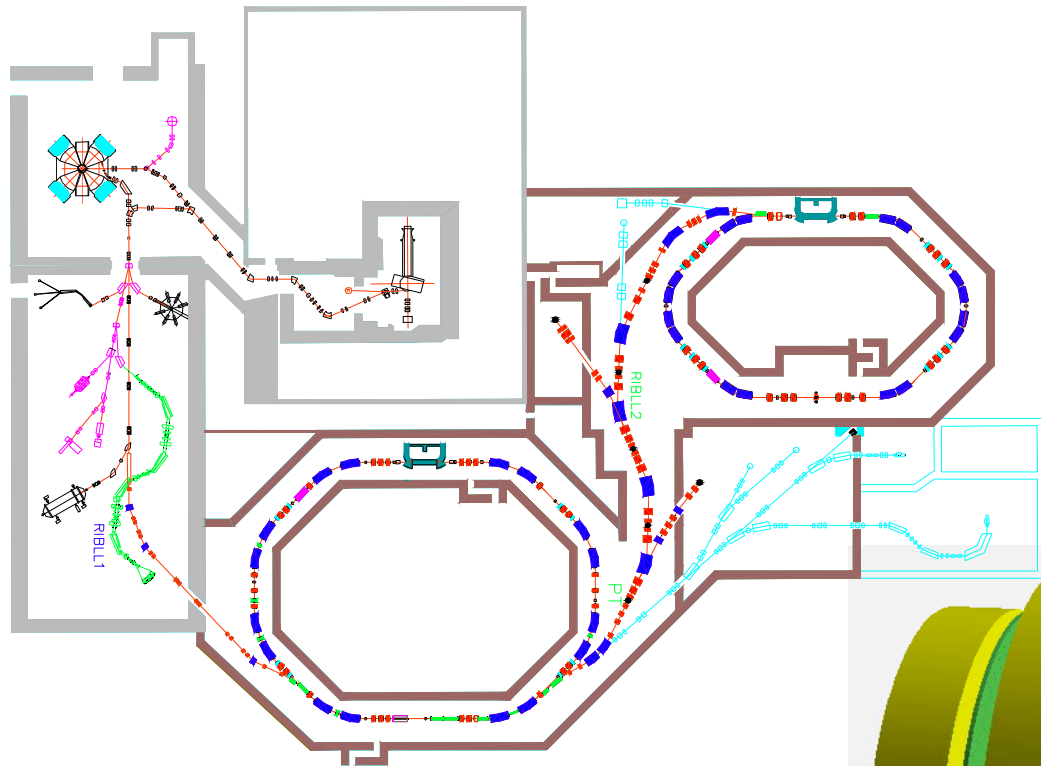
科大，401，北大，清华，兰
大，近物所，黄山，山大，
华中科大

6层大面积GEM
探测器



GEM和MRPC阵列，是国内研究人员深入参与的两个核心探测器。

国内核物理装置上的潜在应用前景

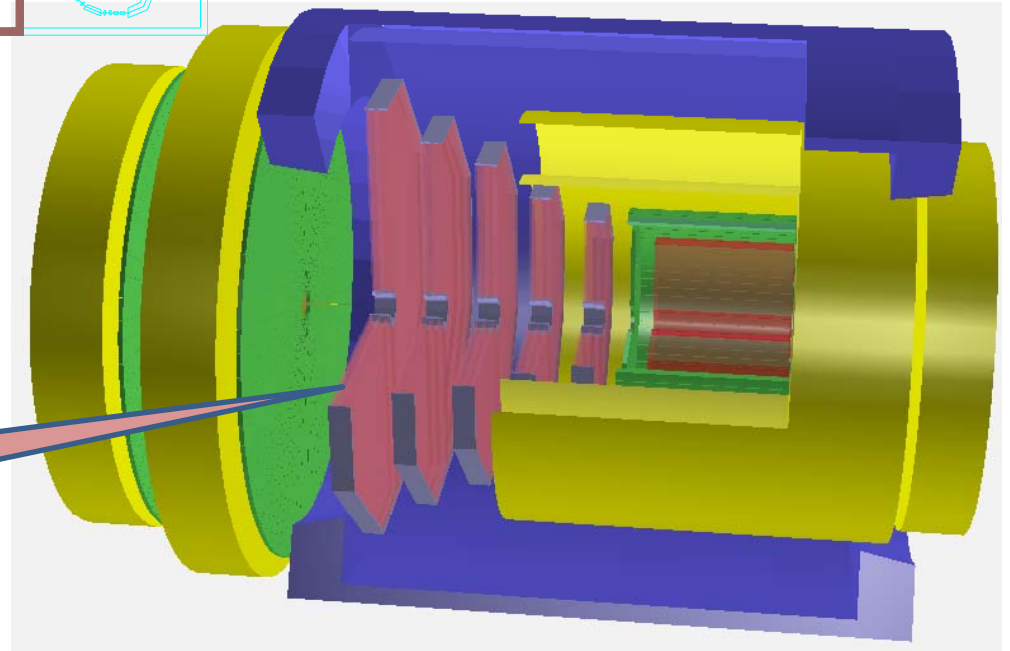


HIRFL-CSR上的强子物理谱仪；

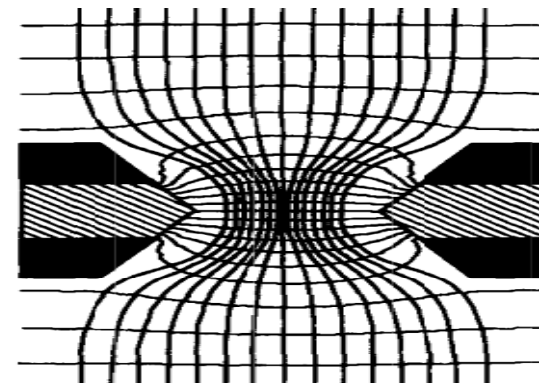
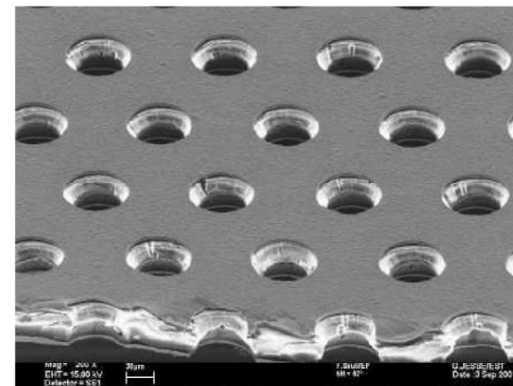
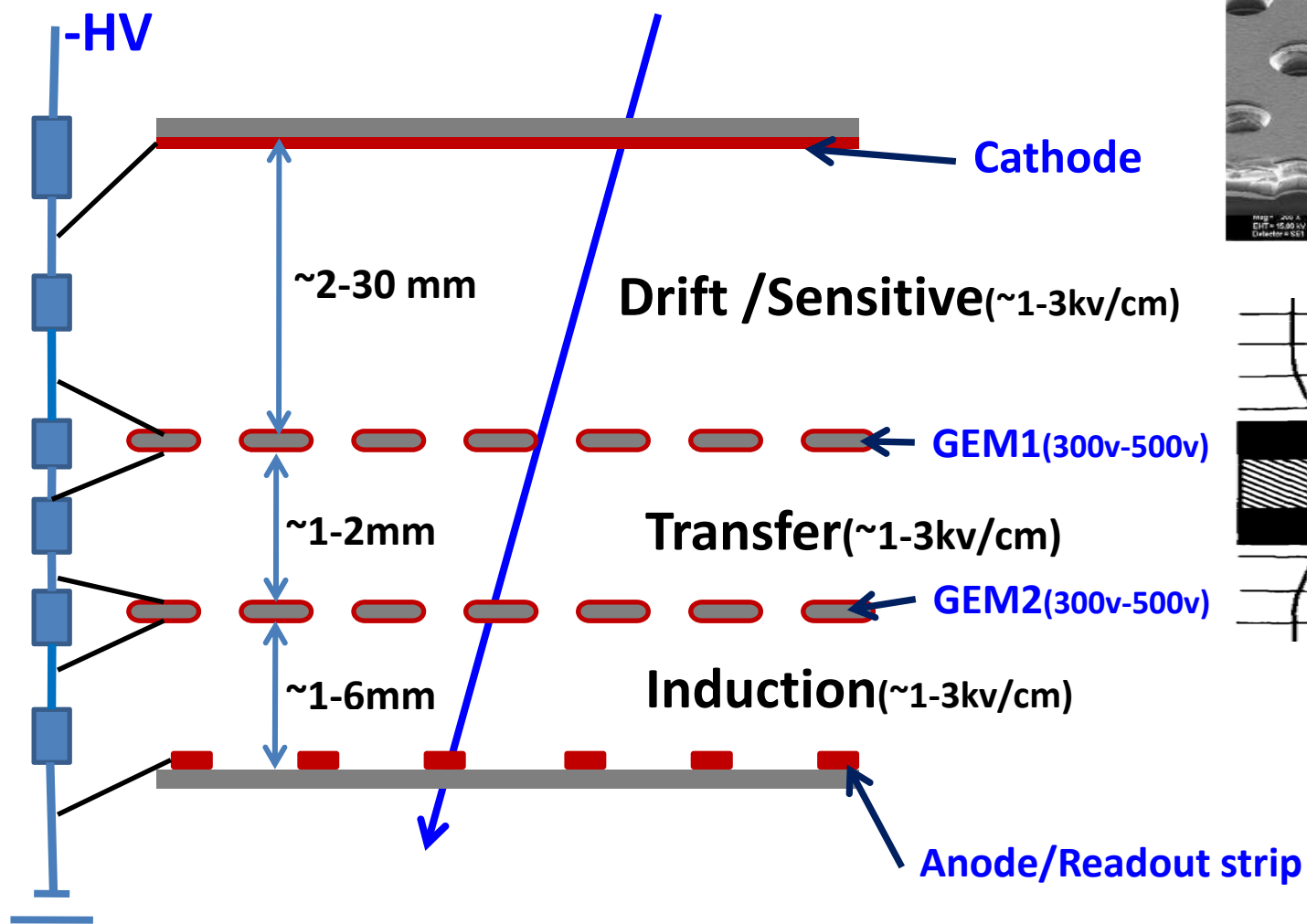
内靶装置，高亮度，高本底；

2.8GeVpp和 $p\alpha$ 碰撞中的轻介子反应道；

5层大面积GEM探
测器



GEM探测器工作原理简介

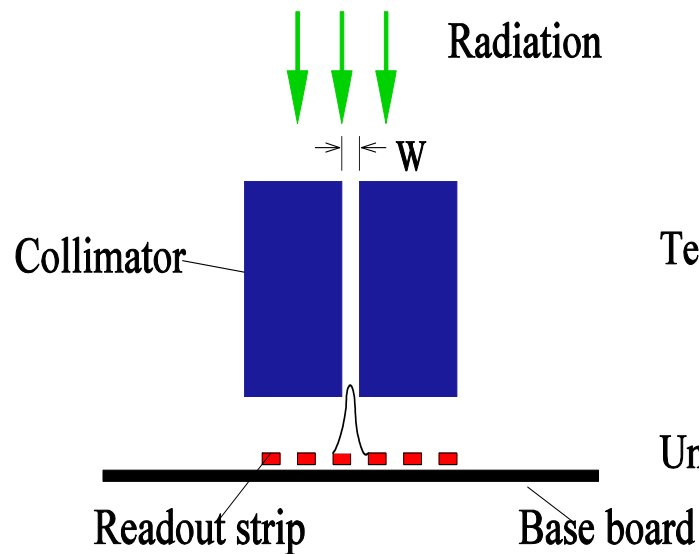


目录

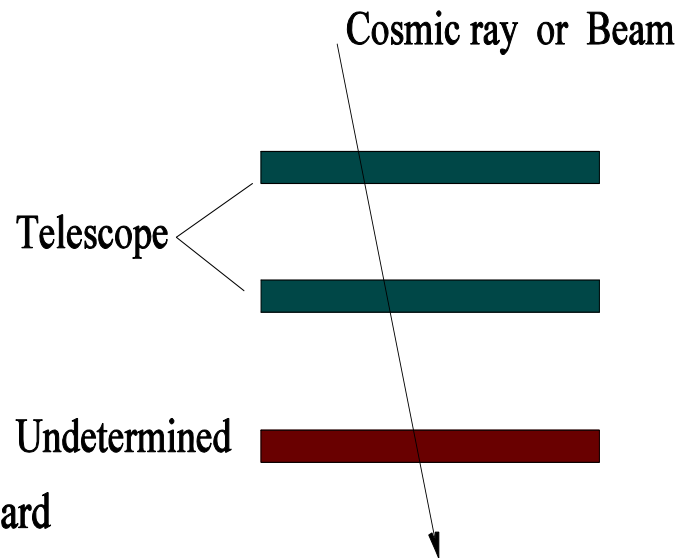
- ▶ 引言：物理动机与SOLID简介
- ▶ **装置实验和方法描述**
- ▶ 实验结果
- ▶ 总结

GEM探测器位置分辨测量的几种方法

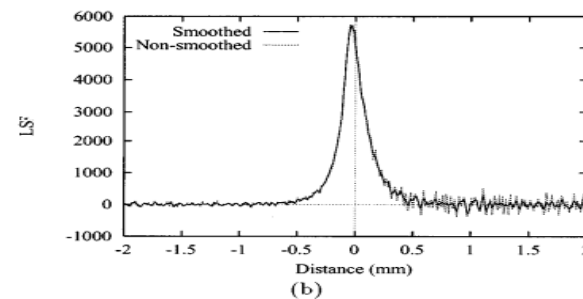
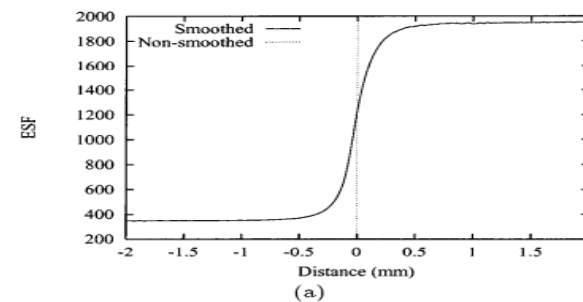
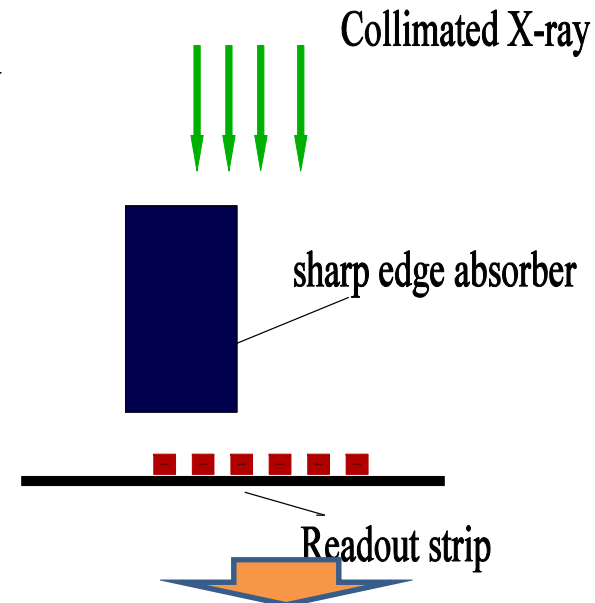
方法 I:



方法 II:



方法 III:



Ref:

- 1, RADIOLOGY 93: 257-272, August 1969.
- 2, Med. Phys. 25(1), January 1998
- 3, Med. Phys. 11(6), 1984

不同方法之间的比较

#Method	$\sigma_0 / \mu\text{m}$
方法1 (slit width=200 μm) No deconvolution	1314.9
方法 1 (slit width=200 μm) With deconvolution	65.0
方法1 (slit width ~10 μm)	59.9
方法 3	71.3
方法 3 (with improved data processing)	63.3

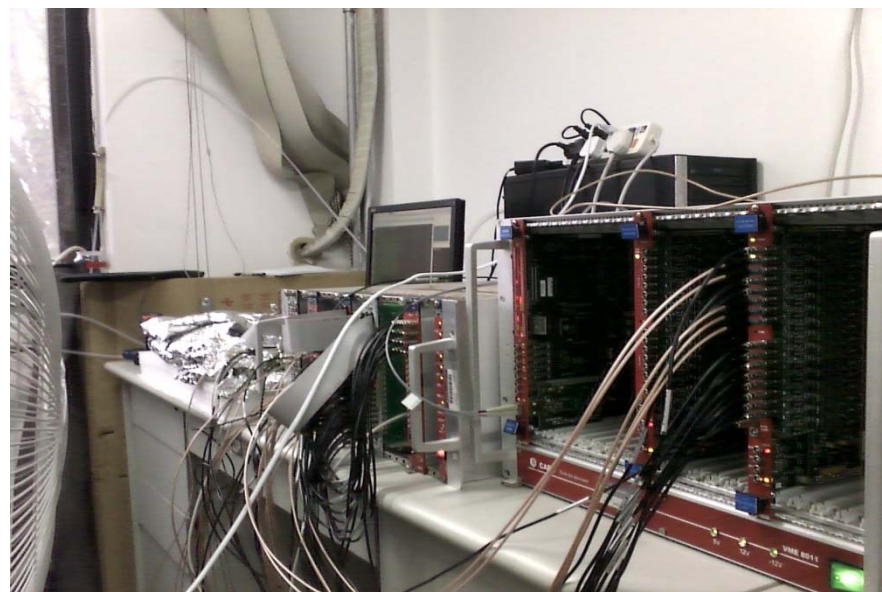
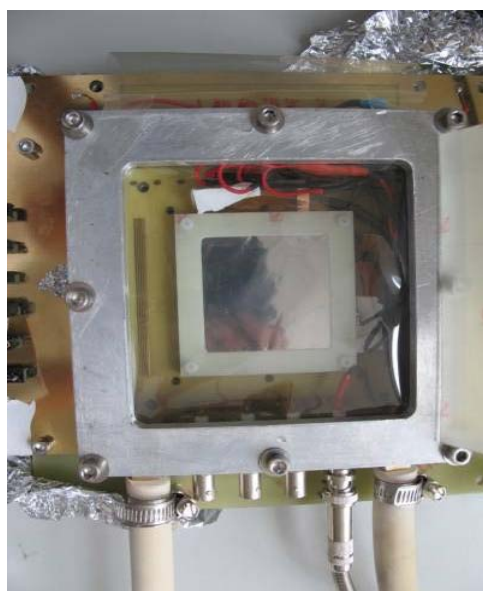
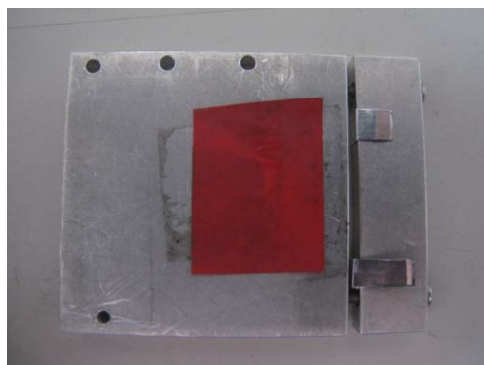
Ref: Chinese Physics C, Vol. 36, No. 3, Page 228-234

困难:

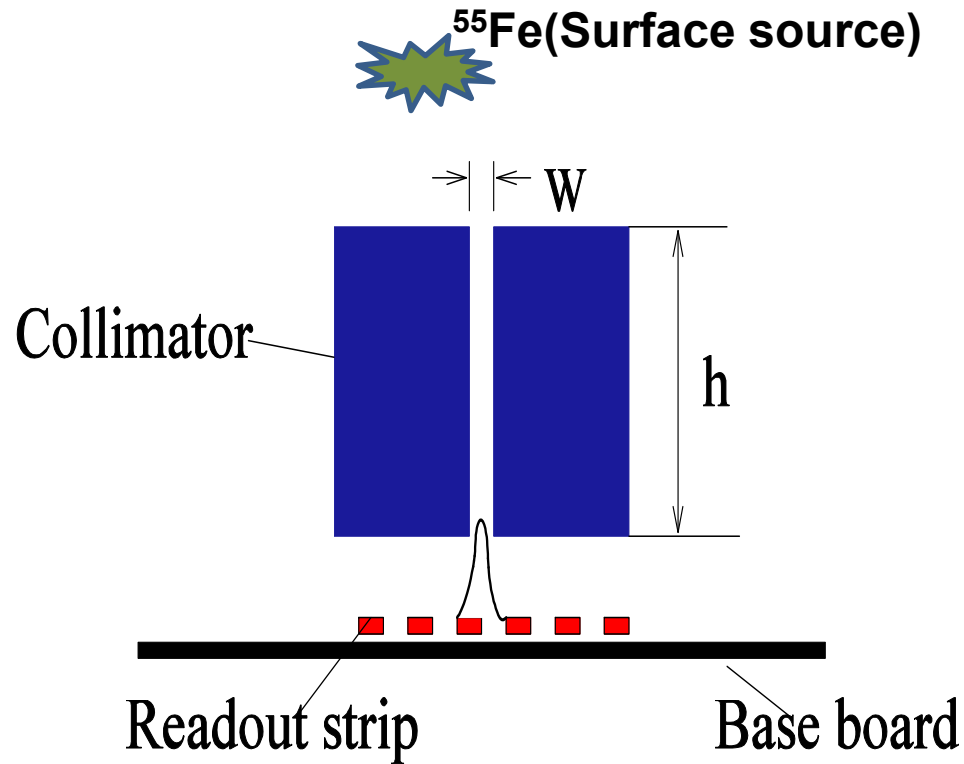
- ◆方法 1: 精密狭缝加工和定位, 强源;
- ◆方法 2: 较为庞大的系统和电子学路数;
- ◆方法 3: 精确的刀片加工, 准直的 X射线源;

实验装置

- 1, 狭缝: 宽度可调但未知
- 2, ^{55}Fe 源 ($5 \times 10^4 \text{ Bq}$, $s \sim 0.78\text{cm}^2$)
- 3, 16路电子学(电荷灵敏放大器)+VME DAQ
- 4, 1块 $5\text{cm} \times 5\text{cm}$ GEM探测器



如何找到一种实用的方法？



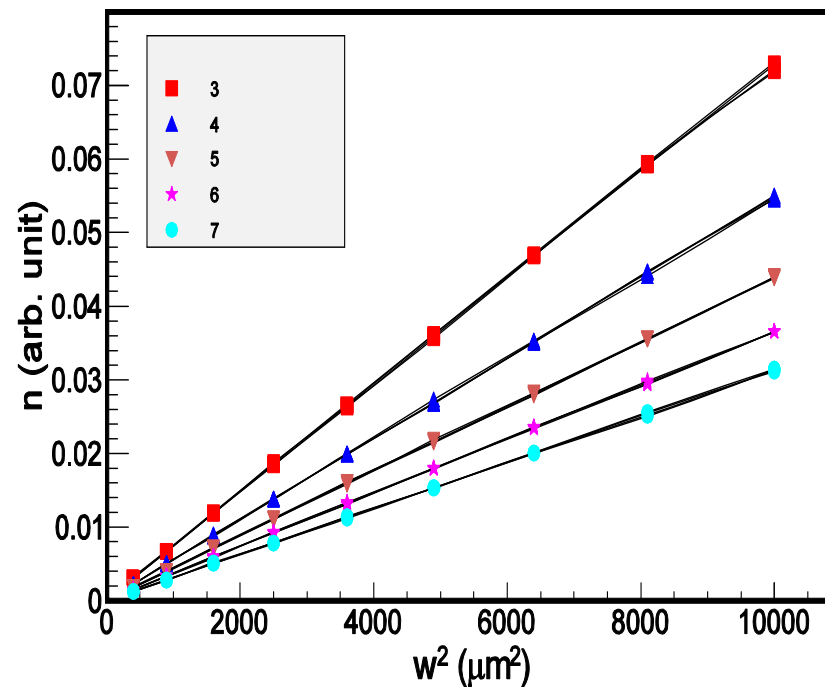
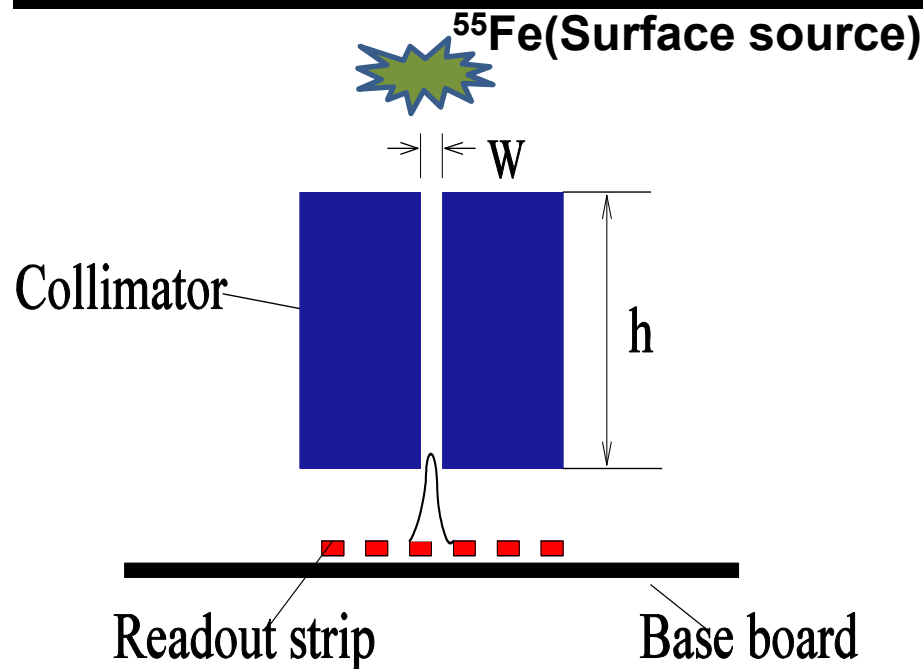
$$\sigma_{tot}^2 = \sigma_{GEM}^2 + c_1 \sigma_{Geometry}^2$$

when $w \sim \sigma_{GEM}$

$$\sigma_{Geometry} = c_2 w$$

$$\sigma_{tot}^2 = \sigma_{GEM}^2 + c_0 w^2$$

用计数率标定宽度



$$n = \rho w \phi \Omega \eta / 4\pi$$

$$n = c_2 w^2 \quad n \text{ 为计数率}$$

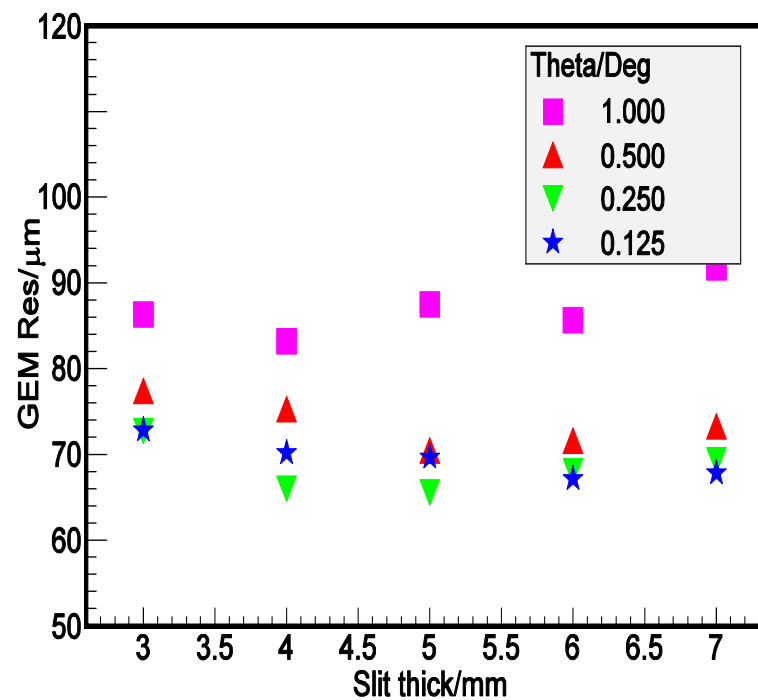
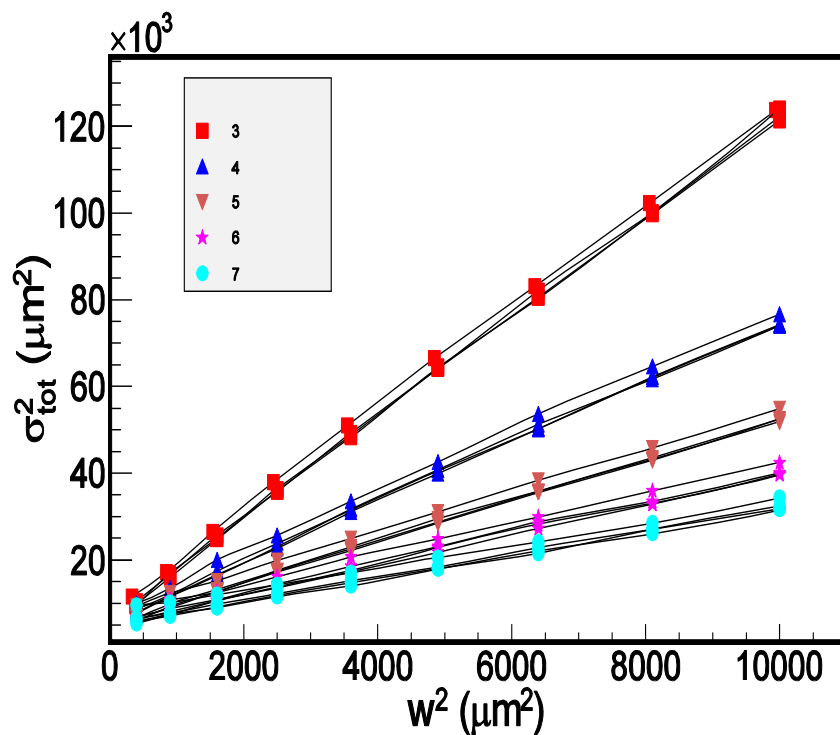
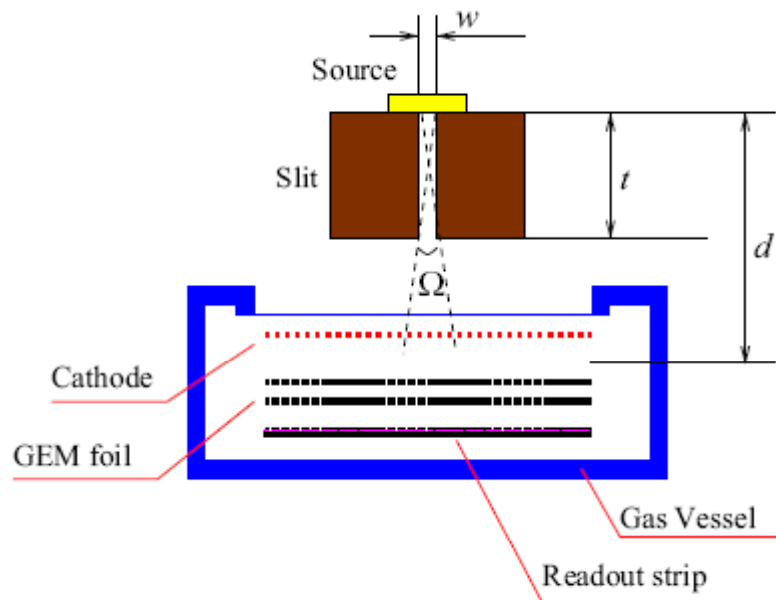
$$\sigma_{tot}^2 = \sigma_{GEM}^2 + c_0 n$$

计数率对狭缝平方的
依赖关系显见

模拟检验

条件:

GEM本征分辨输入值(μm): 70;
狭缝厚度(μm): 3, 4, 5, 6, 7;
狭缝宽度 (μm):20,30... 100;
安装角度精度: 1.0, 0.5, 0.25, 0.125;



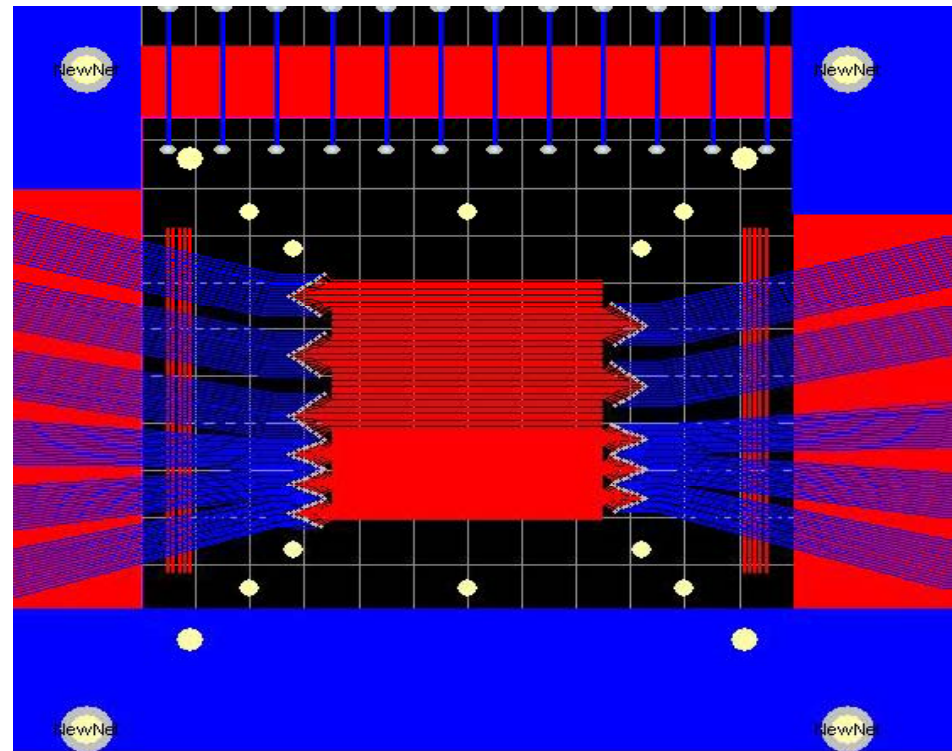
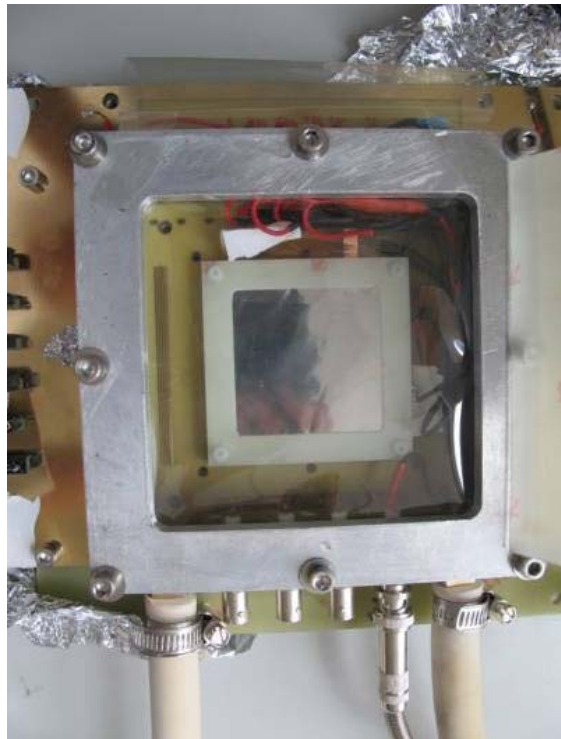
总分辨随 w^2 的线性依赖非常明显, 受角度影响较大。

目录

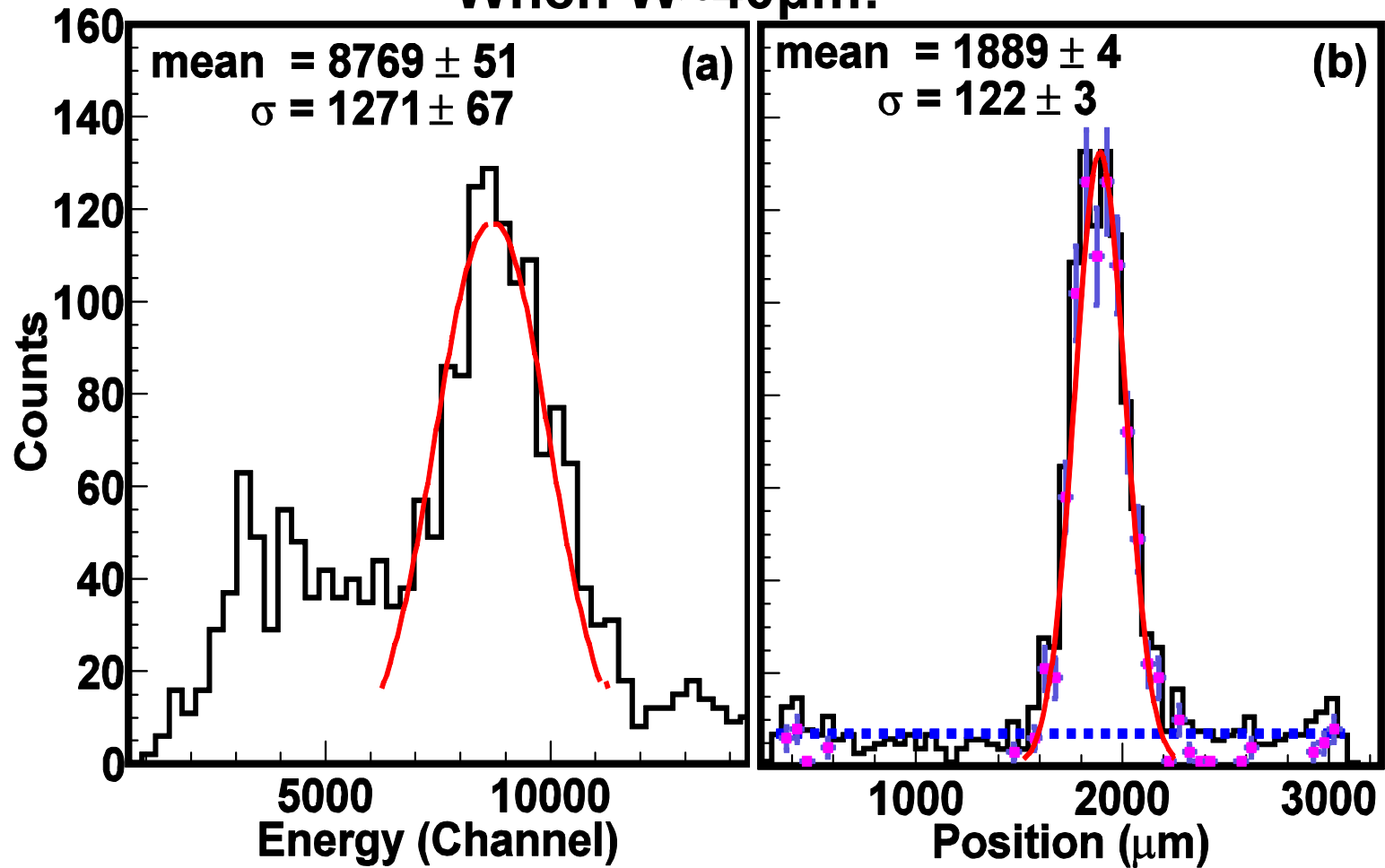
- ▶ 引言：物理动机与SOLID简介
- ▶ 装置实验和方法描述
- ▶ **实验结果**
- ▶ 总结

探测器参数

- 1维条状读出；
- 条间距: $D=200\mu\text{m}$, $400\mu\text{m}$;
- 灵敏面积: $5\text{cm}\times 5\text{cm}$;
- 气体: $\text{Ar}(85\%)+\text{CO}_2(15\%)$

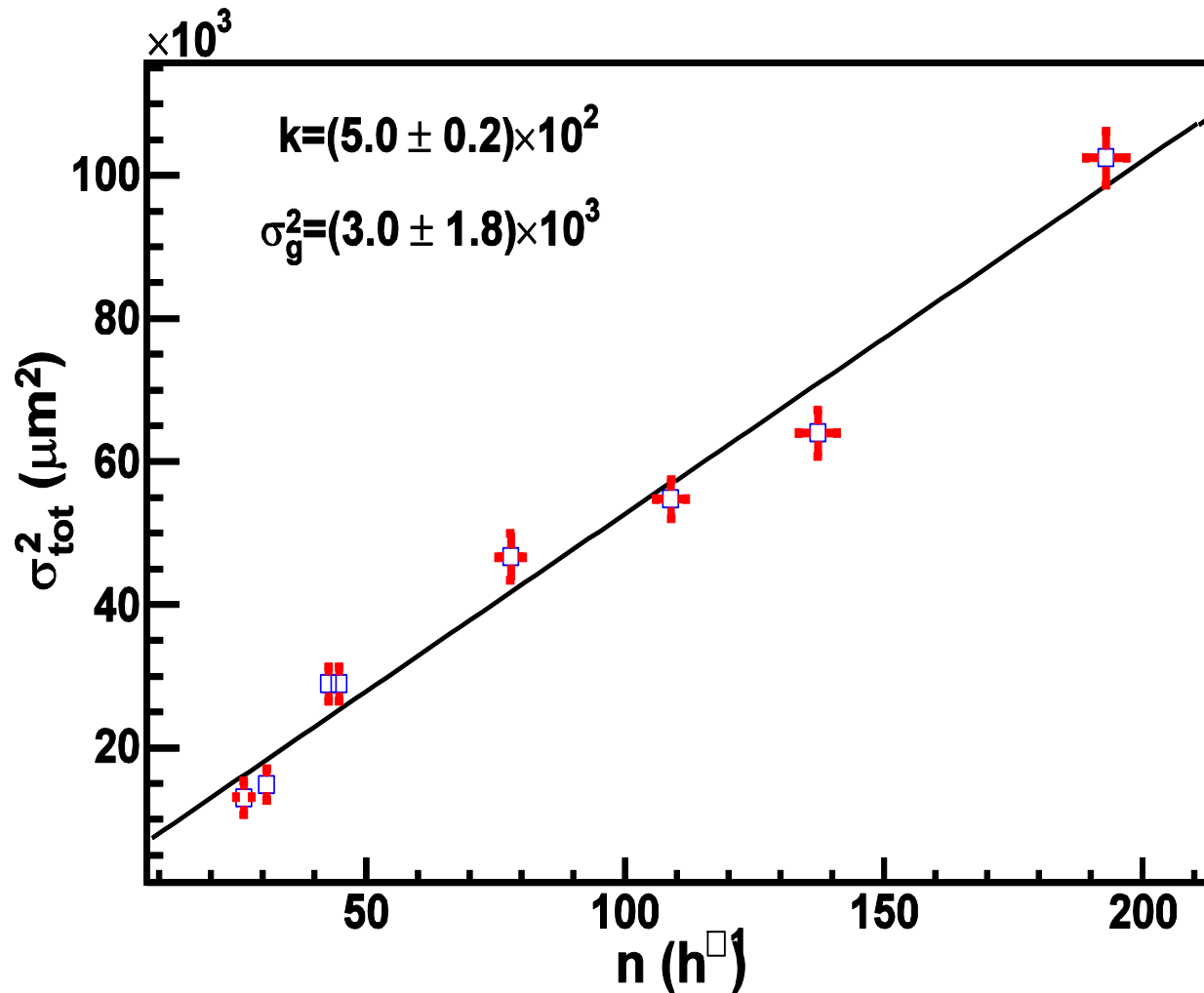


When $W \approx 40 \mu\text{m}$:



- 1, (a): 拟合主峰，由主峰范围($\text{mean} \pm 3\sigma$)内的事件数推得计数率
- 2, (b): 累这些事件的位置谱，扣除本底，再以高斯拟合位置分布；
- 3, 改变狭缝宽度重复测量。

测试结果 (1-D, 200μ读出条间距)



$$\Delta n = \sqrt{\frac{n}{T}};$$

$$\Delta(\sigma_{\text{tot}}^2) = \Delta(\sigma_{\text{fit}}^2)$$

$$+ \Delta(\sigma_{\text{non-parallel}}^2)$$

$$\sigma_{\text{tot}}^2 = 3.0 \times 10^3 + 5.0 \times 10^2 n \quad \Rightarrow \quad \sigma_{\text{GEM}} = 56 \pm 15 \mu\text{m}$$



A practical method to determine the spatial resolution of GEM detector

Rensheng Wang^a, Yan Huang^a, Zhigang Xiao^{a,*}, Zhao Zhang^a, Rong Wang^b, Haiyan Gao^{a,c}

结论与展望

- ▶ 在传统的GEM探测器位置分辨测量中，用计数率标定狭缝宽度，进行多点测量，借助总位置分辨对计数率平方的线性依赖关系，借助直线拟合，将结果外推至计数率为0的情况，即狭缝宽度 w 为0的情况，可以较好地得到GEM探测器的本征位置分辨。
- ▶ 原型测试的结果为 $56 \pm 15 \mu\text{m}$ 。
- ▶ 将扩展电子学的路数，应用于2维探测器，并制作大面积GEM探测器，研究其性能。

谢谢