

一维弧形无像差X射线THGEM 衍射仪研制

刘宏邦
中科院研究生院
广西大学

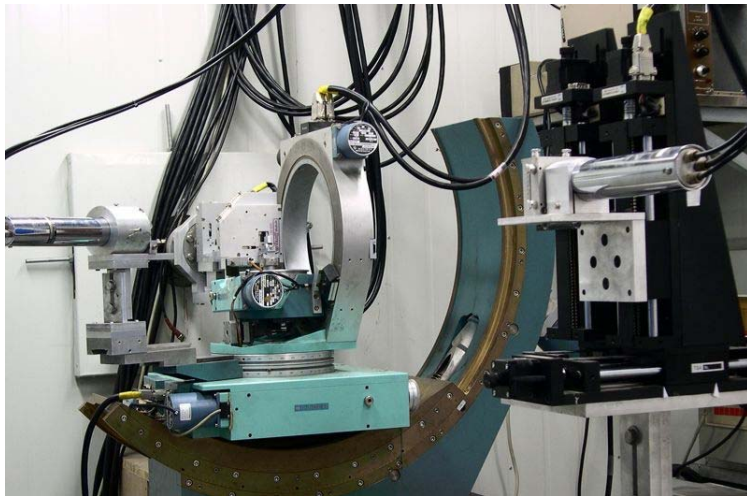
NED2012, 绵阳

Outline

- 同步 X射线衍射实验
- 探测器设计
 - 气体探测器、像差
 - 电子学读出
 - THGEM 性能
- 一维弧形无像差X射线衍射仪样机
 - 测试
 - 改进方案

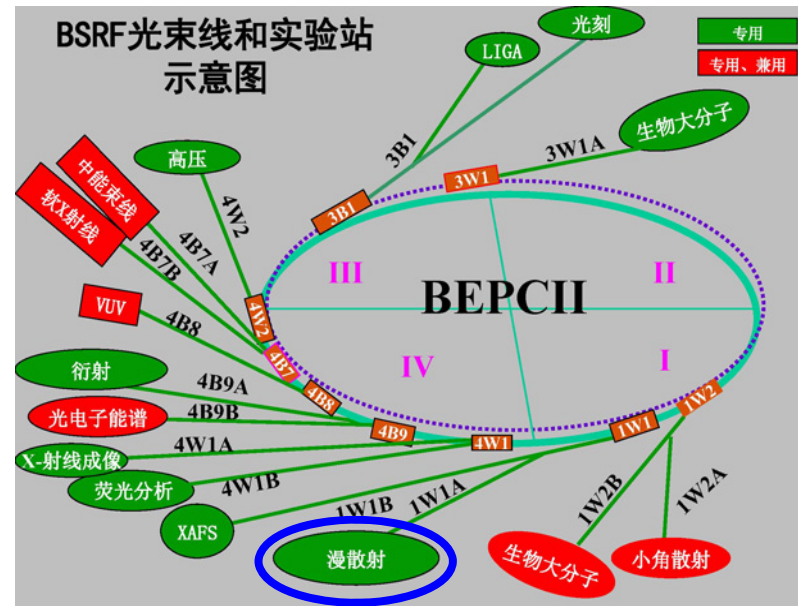
BSRF漫散射实验站

- 北京同步辐射装置（BSRF）是一个服务于多个学科的实验平台
- BSRF漫散射实验站利用1W1A光束线提供的双聚焦单色X射线，开展晶体及薄膜材料的结构研究

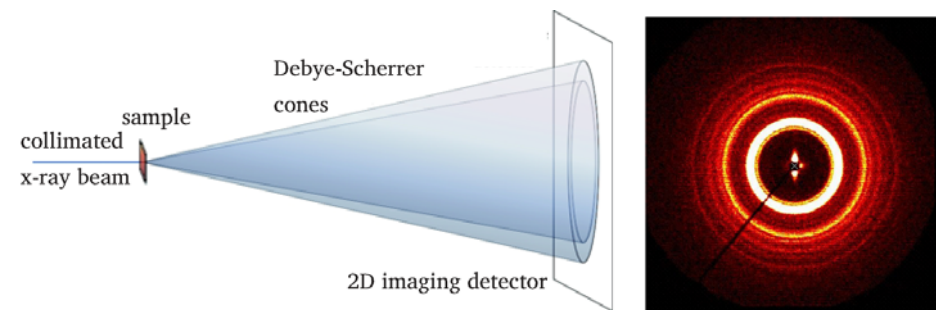


Huber五圆衍射仪

探测单元：NaI+光电倍增管
读出方式：逐点扫描



X-ray energy: 8.05keV, 13.9 keV
photons/s: $>1 \times 10^{11}$ @ 8.05keV

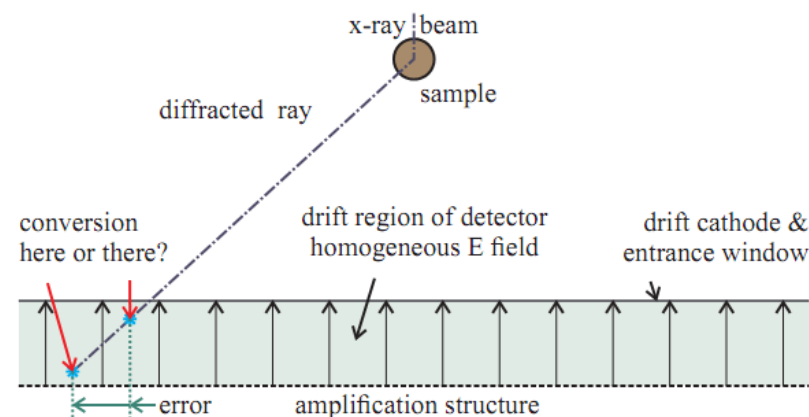


探测器设计1—气体探测器、像差

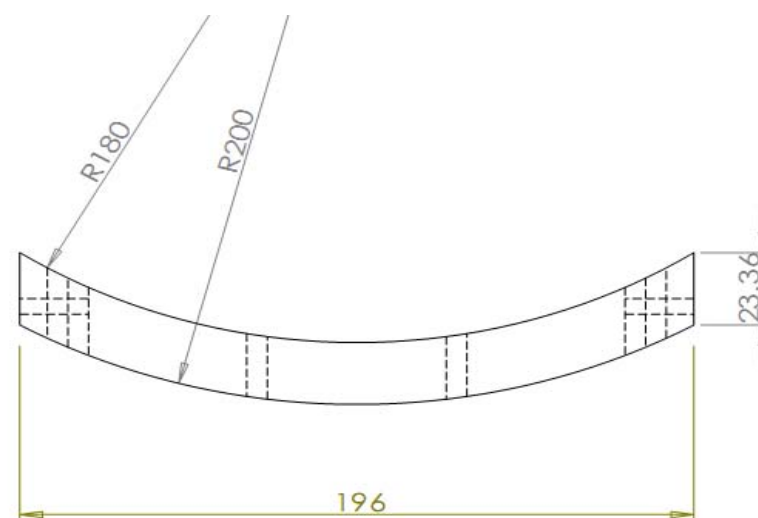
➤ 气体探测器易于大面积制作，价格便宜，对8keV的X射线有较好的探测效率

➤ 平面型气体探测器容易产生像差（Parallax-error）（上图）

➤ 设计弧形的气体探测器以消除像差（下图）

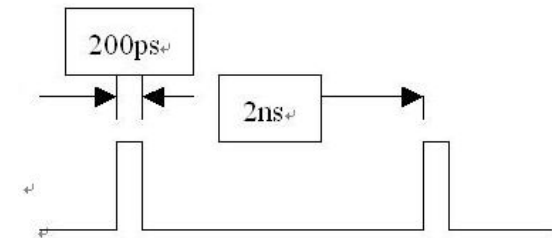


s. d. Pinto NSS/MIC, 2009 IEEE



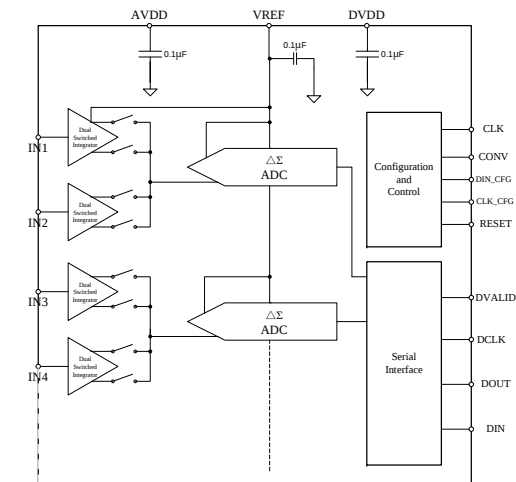
探测器设计2—电流模式 / 脉冲模式读出

➤BSRF的束流宽度约100~200ps，周期约为2~3 ns（上图）



➤在同步辐射应用方面，电流模式与脉冲模式是两种互补的模式

➤考虑到同步辐射这种相对稳定的周期性信号，测量往往注意其累积效应，因此可以采用**电流模式**（DDC232，中图）



➤也可采用**脉冲模式**，有利于研究毫微秒级的物质变化，如生物大分子的演化等（ASIC，下图）



探测器设计3—THGEM

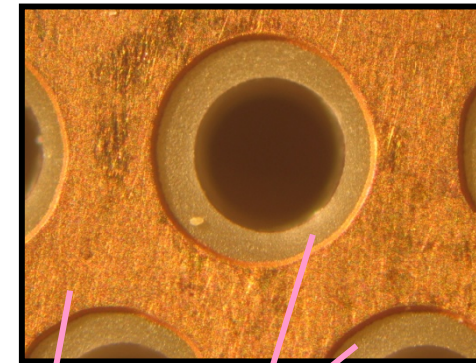
- 2004 由 A. Breskin 等人发明
- 采用标准PCB生产工艺制作
- THGEM计数率高(可达 $10^6 \text{mm}^{-2} \text{s}^{-1}$)

Typical parameters:

Thickness $t = 0.4 - 3 \text{ mm}$

Hole diameter $d = 0.3 - 1 \text{ mm}$

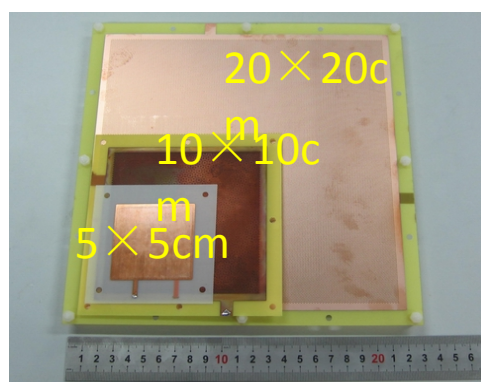
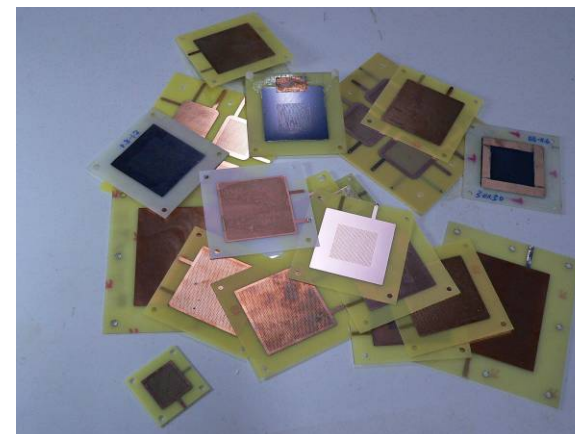
Pitch $a = 0.7 - 7 \text{ mm}$



Chechik et al. NIM A535 (2004)
303

- 易于制造维护、清洁要求较GEM低、级联使用方便、相对价廉等优点
- THGEM在亚mm空间分辨的粒子径迹测量上有极大的优势
- 在未来加速器对撞机升级中，THGEM可应用于LHC的 μ 子探测器升级，ILC的取样型量能器；
- 用于双相暗物质探测器液氙LXe闪烁光探测；
- 用于单光子成像，例如：环形成像切伦科夫探测器（RICH）；
- 用于中等分辨率、快速（ns）的X射线和中子成像等。

- 我们08年开始THGEM的研制工作
- 制作了超过30种不同结构参数的THGEM
- 深圳PCB工厂制作的THGEM (右图)
采用 标准PCB工艺



Small rim 5~10 μm



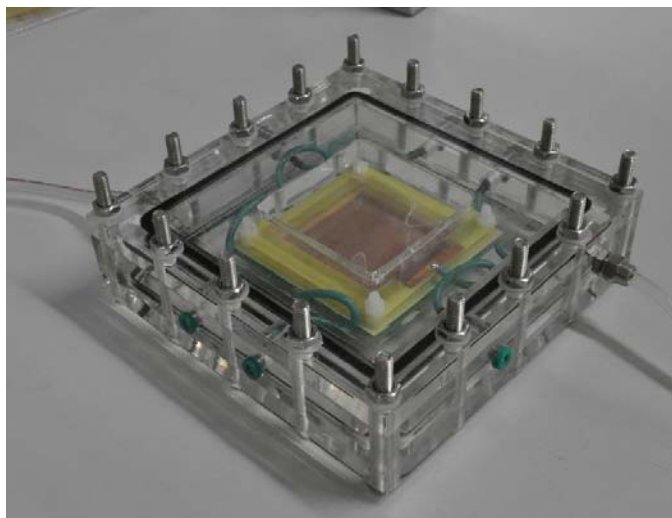
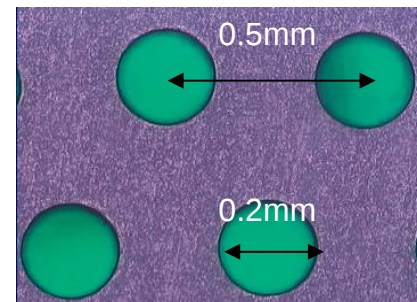
205,000 holes
~4 days drilling

- 采用整版微蚀技术制作的大面积THGEM (图左)
- 与航天二院699厂合作开发的 $30 \times 30\text{cm}^2$ THGEM

薄型THGEM

➤右图，厚度 $t = 0.2 \text{ mm}$ ，孔径 $d = 0.2 \text{ mm}$ ，孔间距 $a = 0.5 \text{ mm}$ ，边缘 $\text{rim} = 5 \sim 10 \mu\text{m}$ 的薄型THGEM

➤下图，有效面积 $5 \times 5 \text{ cm}^2$ 的薄型THGEM探测器腔室



薄型THGEM的优点

- 在获得同样增益的条件下，工作电压比较低
- 厚度较薄，可用于中子或同步辐射束流监测
- 容易弯曲，可用于一维无像差X射线衍射成像

气体增益

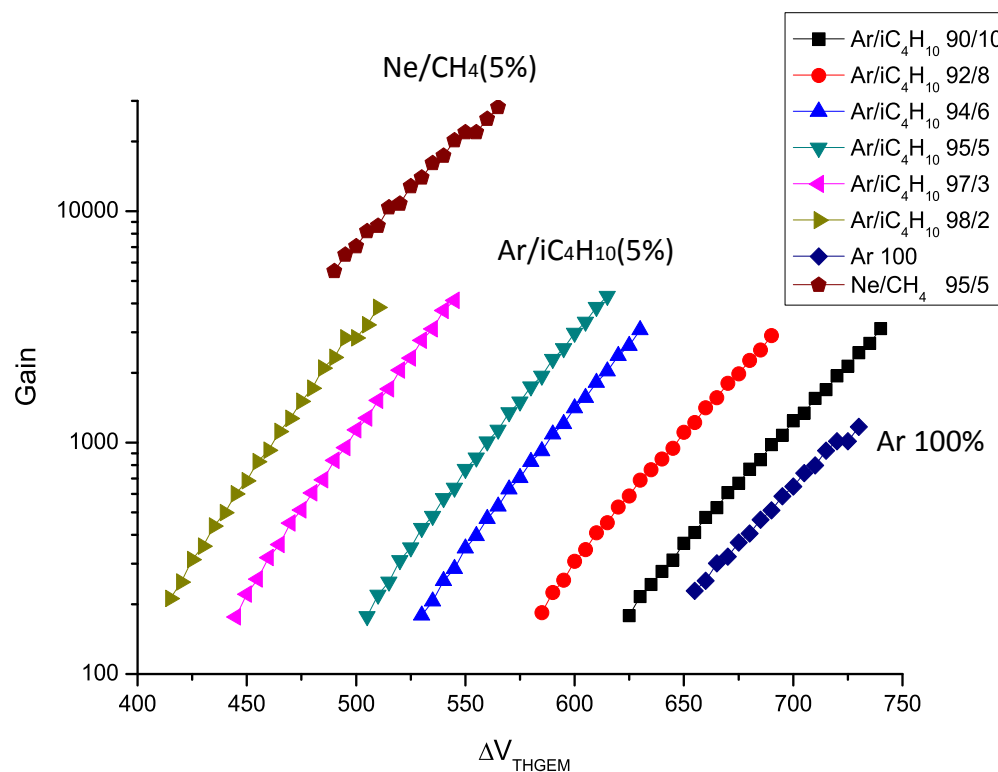
➤混合气中 iC_4H_{10} 的含量越少，达到相同增益所需的电压越低

➤在Ne混合气中，增益达到 3×10^4 以上

➤在纯氩中，THGEM的增益仍然能够达到 10^3

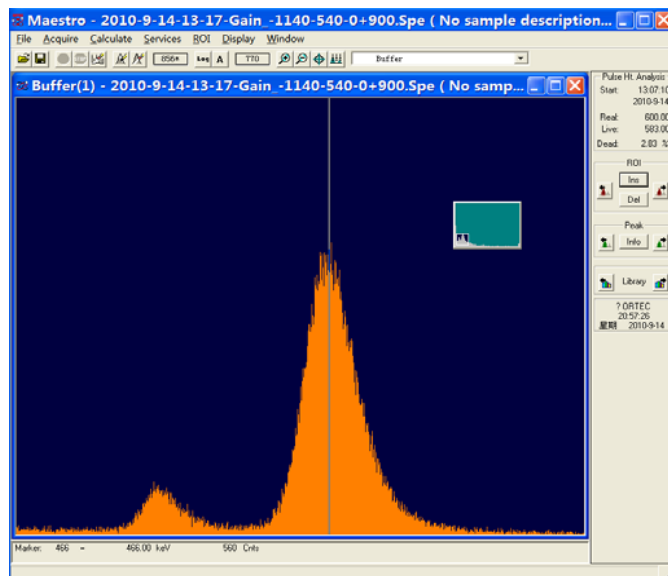
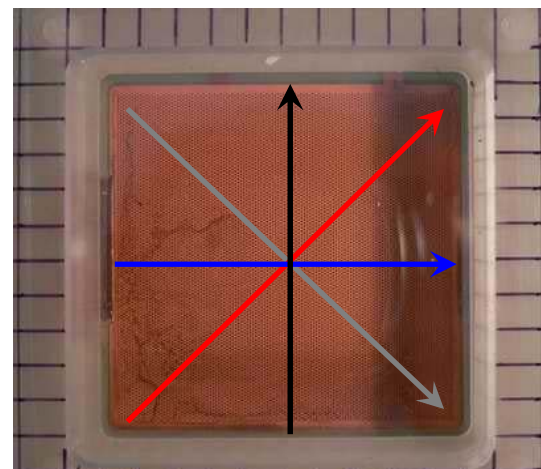
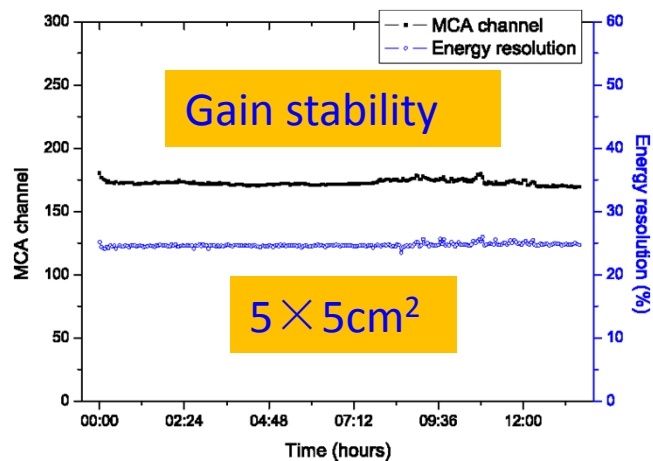
➤薄型THGEM有比较高的增益，单层就可以与三层标准GEM相当

➤可以满足大部分探测器应用

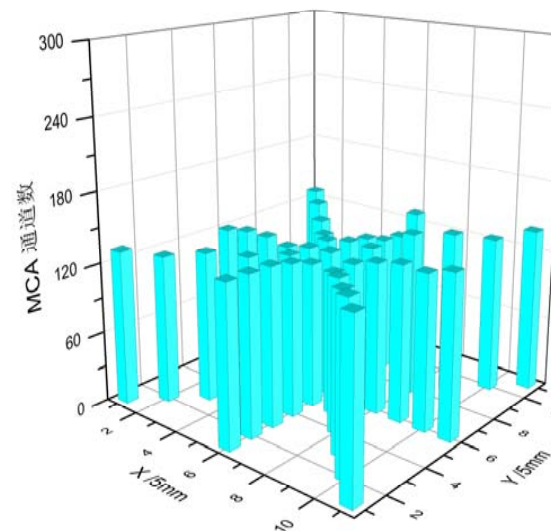


不同气体中薄型THGEM的增益曲线

薄型THGEM性能研究

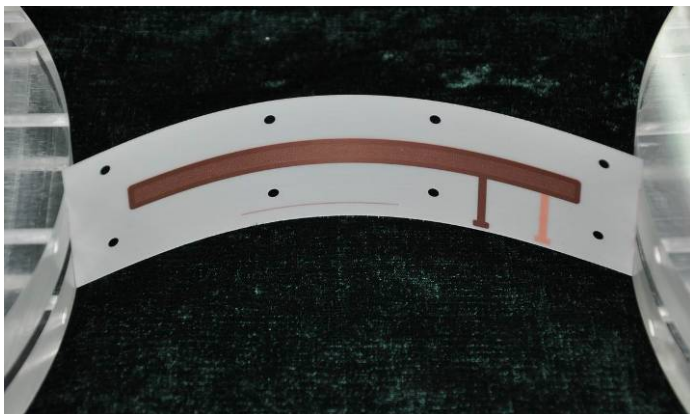


Energy resolution 15.9% @ Gain = 3700
Ar/iC4H10(97/3)



薄型THGEM增益均匀性较好，均匀性
误差小于5%

一维弧形无像差X射线衍射仪样机

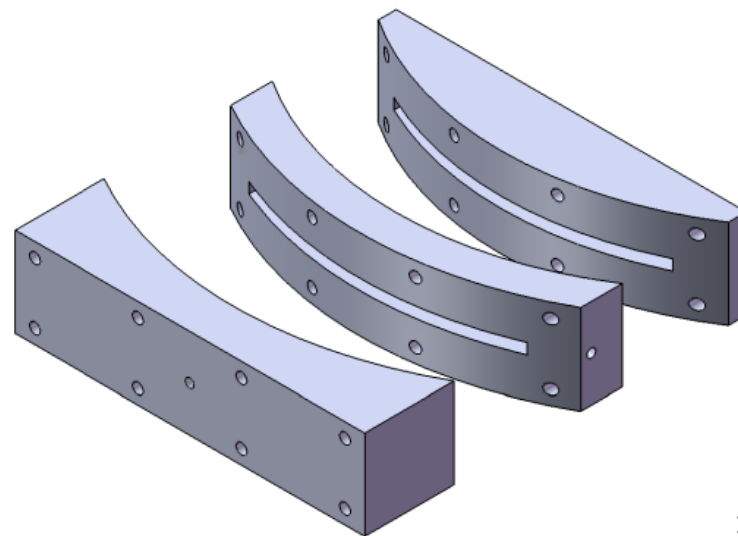


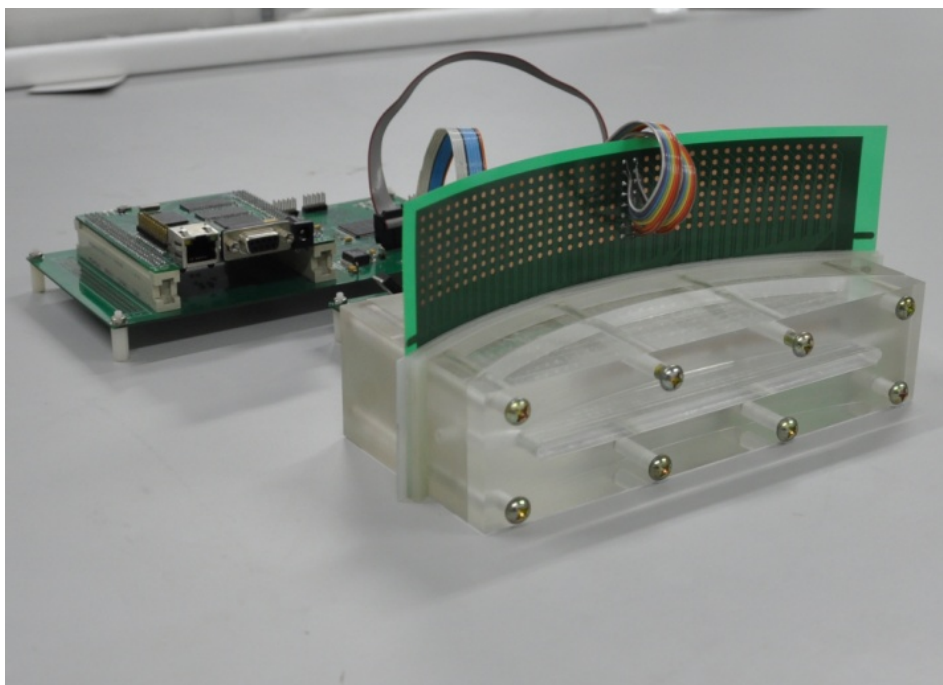
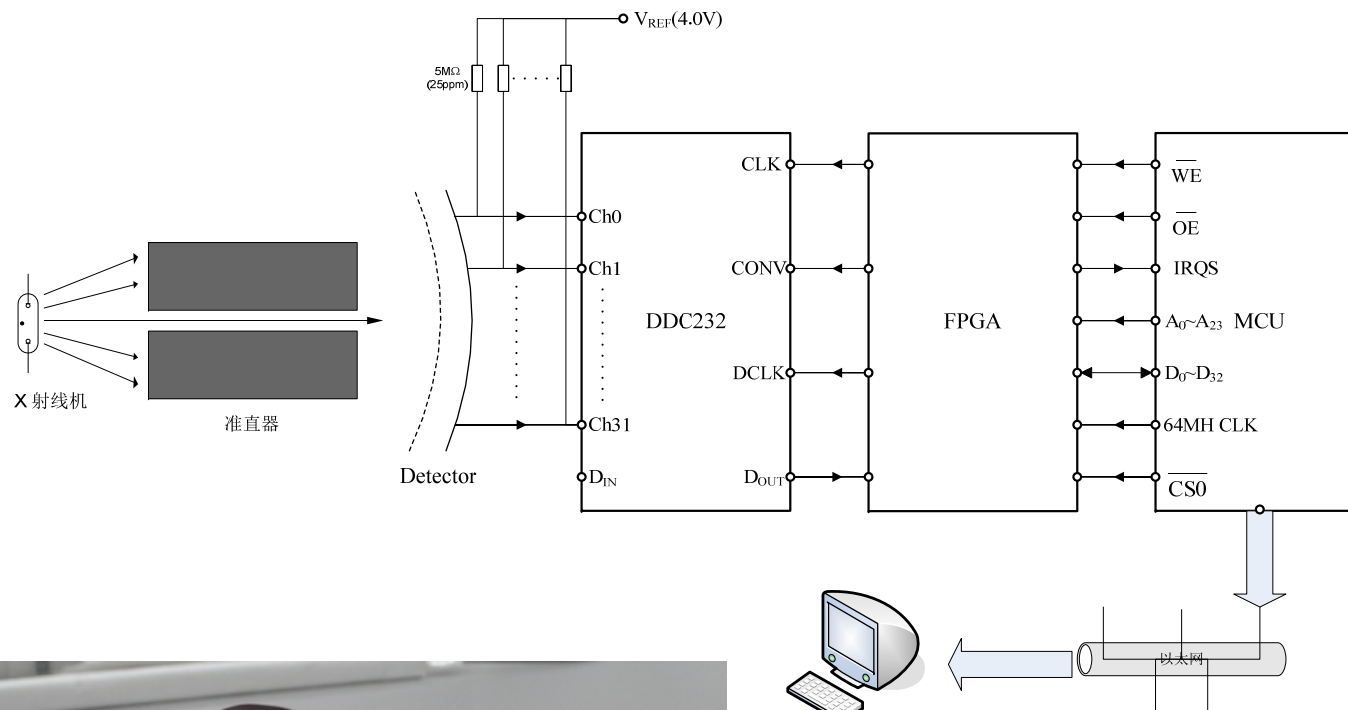
0.2 mm 厚度的薄型THGEM 容易弯曲



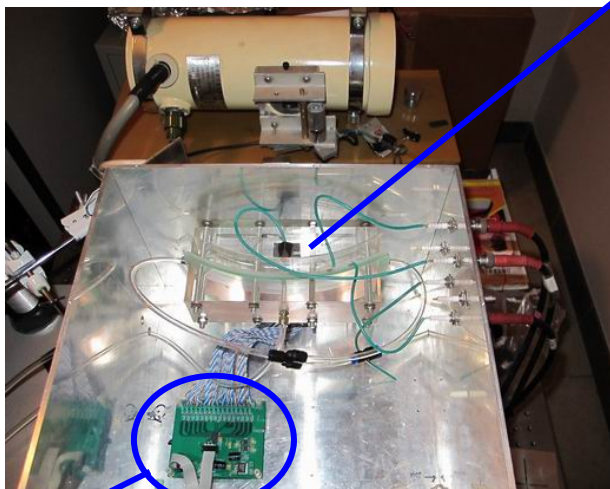
➤设计指标:

半径:	20cm
读出条:	320路
条宽:	0.4mm
条间距:	0.5mm
接收角度	48°
角分辨	0.2°





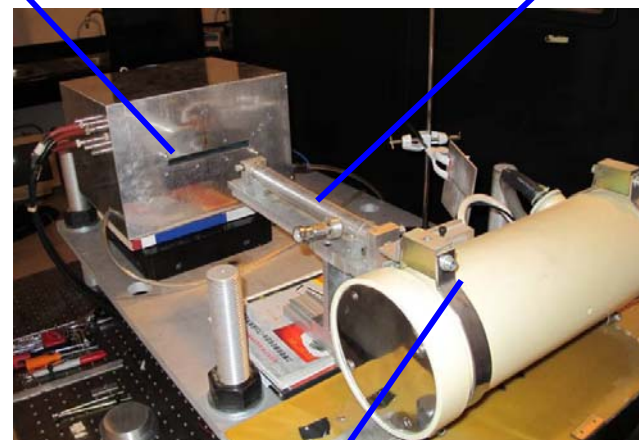
基于DDC232芯片的弱电流读出板



DDC232 32路直流读出板
1-3 kHz data rate
32 Channel Current-Input 20-bit
ADC

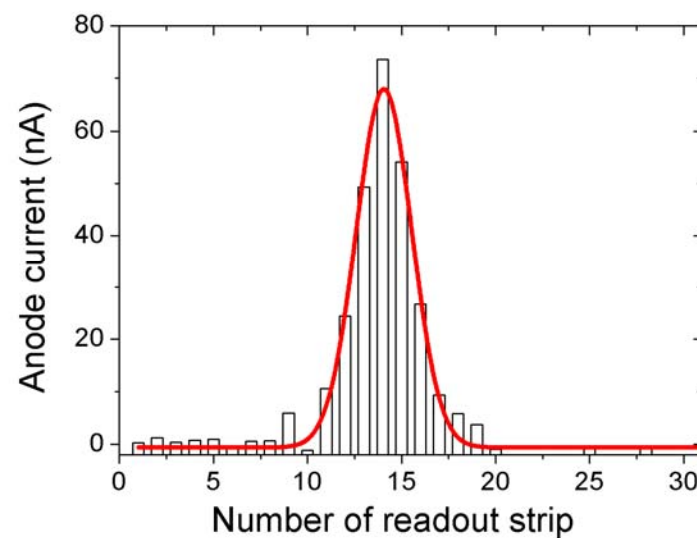
- 采样频率可达 1-3kHz
- 读出电流范围 0.1nA- 100nA
- 空间分辨率: $\sigma \sim 1.4 \text{ pitch} \sim 0.7 \text{ mm}$

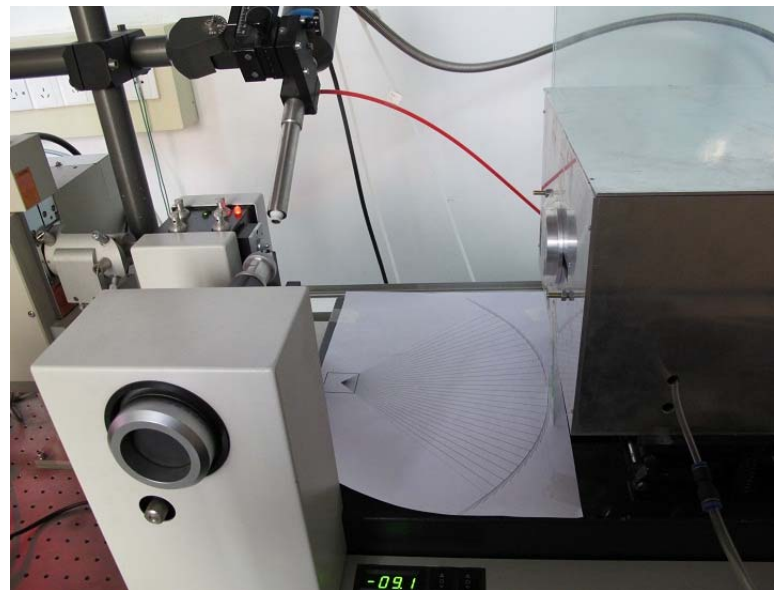
弧形腔室
advantage: parallax error free



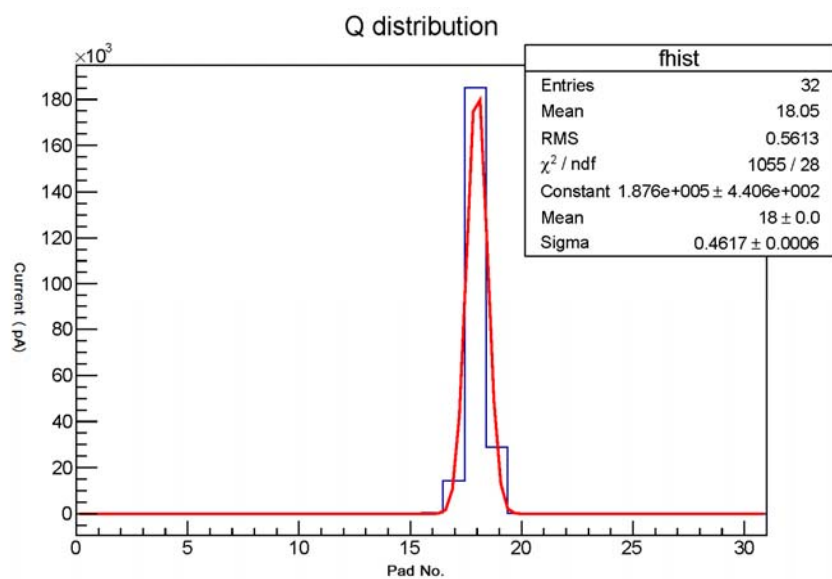
X光管
(Mo target 17 keV)

准直器
1mm width





高能所生物大分子实验厅的X射线机



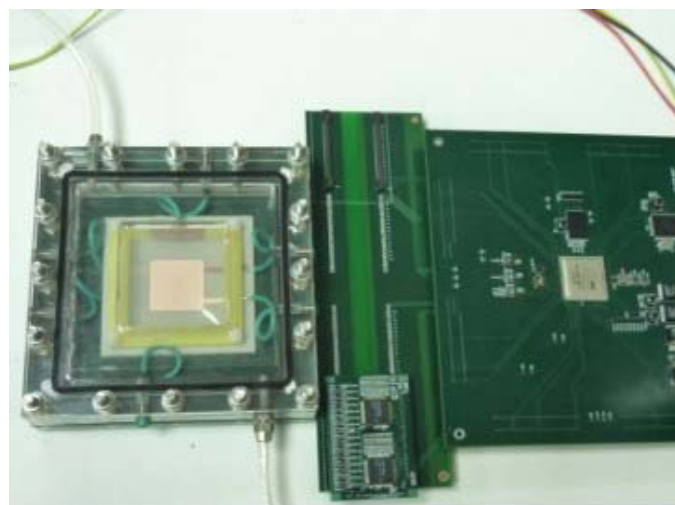
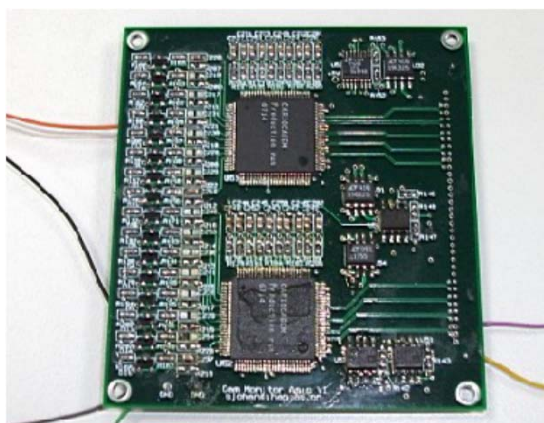
- X射线能量 8keV
- 光通量 10^7 @8keV
- 读出电流范围 0.1nA- 180nA
- 准直狭缝 100 μm
- 空间分辨率好于0.5mm
- 角分辨率好于0.2°

改进方案

- 10×32 路弱电读出



- 考虑到衍射仪在普通X射线机的应用，可采用数字读出方式（CARIOCA，GASTONE等）



- 争取10月份能够在同步束流上测试

谢谢！