

基于热压膜方法的大面积和新结构 Micromegas探测器研究及应用

张志永

核探测与核电子学国家重点实验室
中国科学技术大学

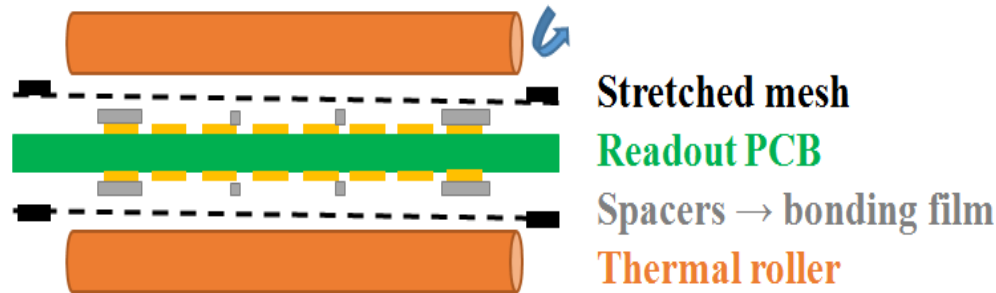
核探测与核电子学国家重点实验室年会
2018-4-25



内容提要

- 热压膜大面积Micromegas研制
- 新结构探测器性能研究
 - 双层丝网探测器 (DMM)
- 实验应用
 - 散裂白光中子源束流监测探测器
 - 高精度宇宙射线径迹系统
- 2018年度计划
- 小结

热压膜Micromegas工艺的研发

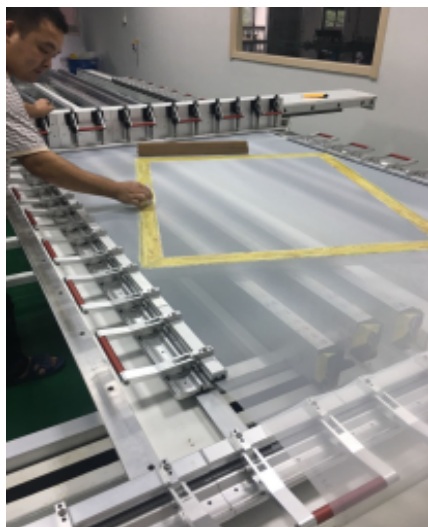


热压膜工艺

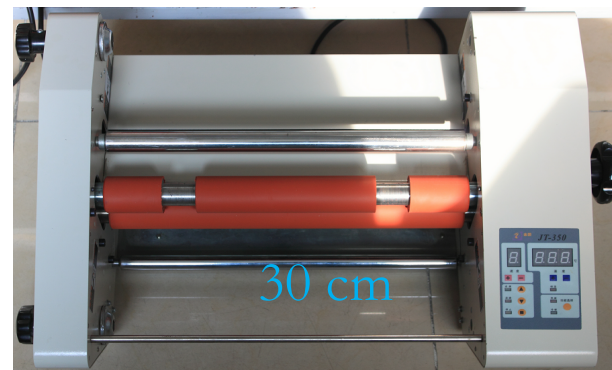
- 更好的能量分辨
- 无蚀刻过程，对环境无污染
- 设备要求简单，普通实验室就能实现
- 所用材料规格丰富，容易扩展成新结构
- 非常便宜
- $\Phi 1\text{mm}$ - $\Phi 2\text{mm}$ 支撑垫片, 10mm 间距
→ 易于清洗，对大面积研制很有优势
- 增益均匀性有待提高；

基于热压膜的大面积研制 (工艺设备)

大型张网机可完成几米宽幅的丝网拉伸

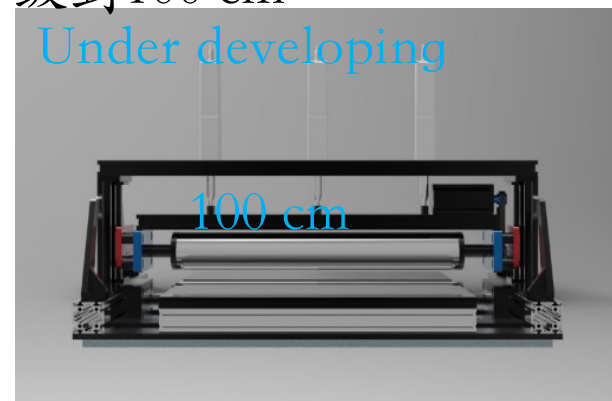


丝网印刷实现米量级的
阻性读出板制作



热辊压机，宽幅30 cm升
级到100 cm

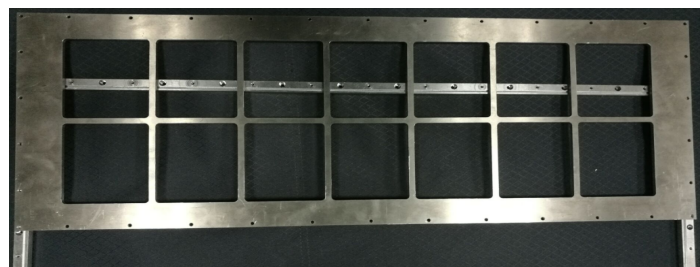
Under developing



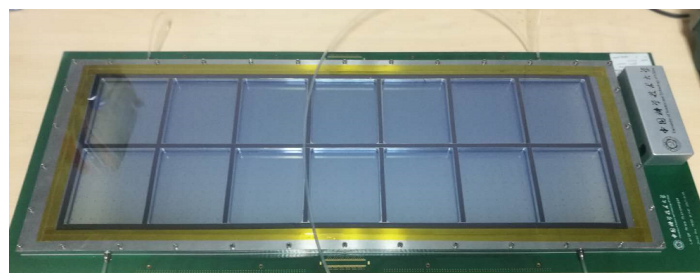
M² 量级大面积探测器的准备:

- ✓ 大面积丝网张网技术;
- ✓ 大面积阻性电极制作技术;
- ✓ 正在研制大面积热压接装置。

基于热压膜的大面积研制 (prototype)



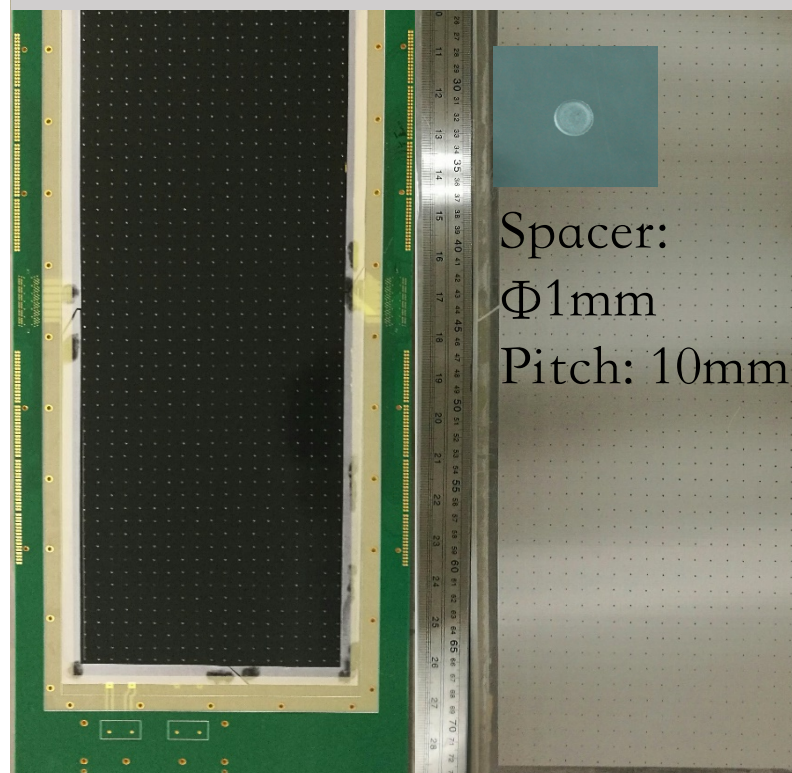
气室结构及读出PCB



探测器组装完成



热熔胶膜支撑排布，探测器灵敏结构热压完成



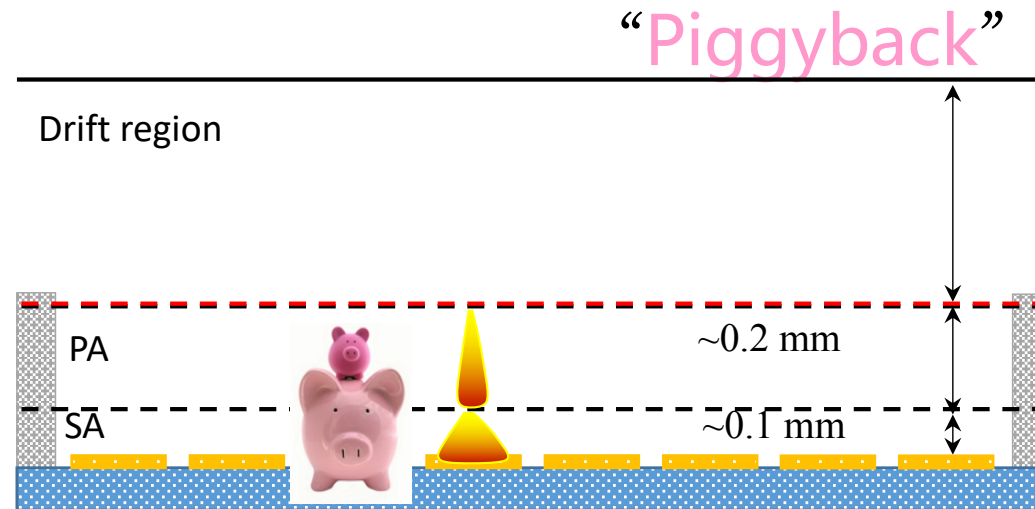
200mm×600mm

垫片支持面积约0.8%，可满足绝大部分场合应用。

初步测试增益约为4000，阻性阳极电极仍需进一步优化。

新结构探测器的研究 (DMM探测器设计)

Double Micro-Meshes gaseous structure
(DMM)

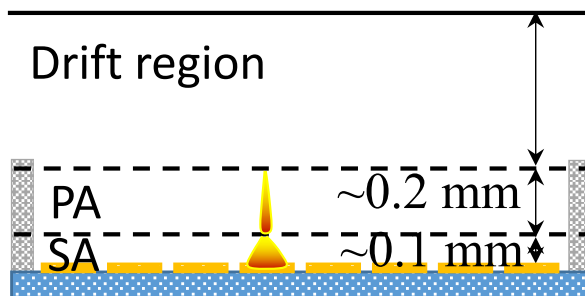


- 级联两层丝网
 - 两层丝网间距离: 200-300 μm , 作为previous amplification (PA)
 - 第二层丝网到阳极: 50-100 μm , 作为secondary amplification (SA)
- 利于实现高的增益, 及抑制正离子反馈!

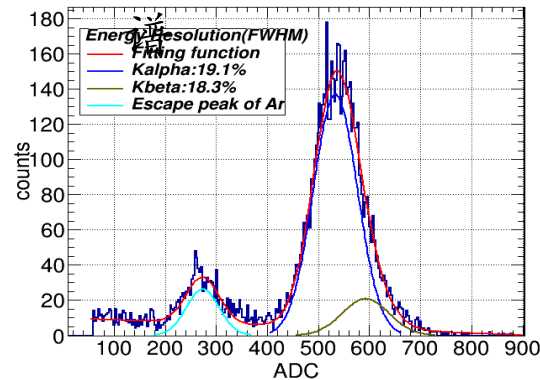
新结构探测器的研究 (DMM性能研究)

- 利用双丝网Micromegas (DMM) 实现研制了具有**高增益 ($>10^6$)** 和**低离子反馈(~ 0.0005)**光读出探测器;

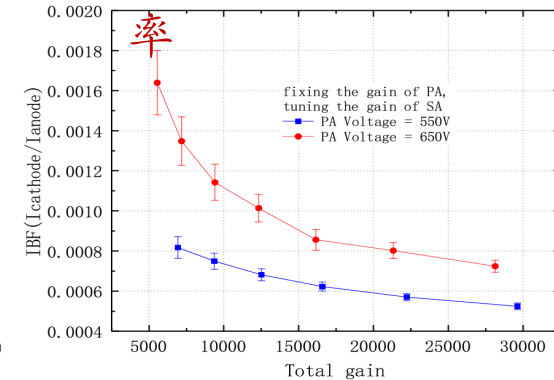
双丝网Micromegas



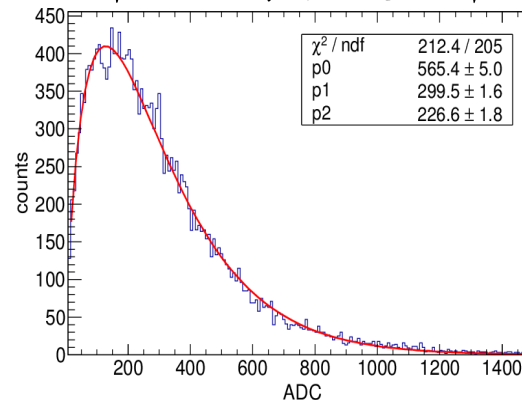
5.9keV x-ray 能



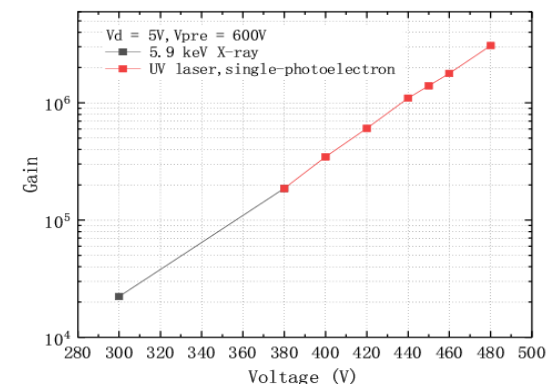
~ 0.0005 离子反馈



单光电子幅度分布



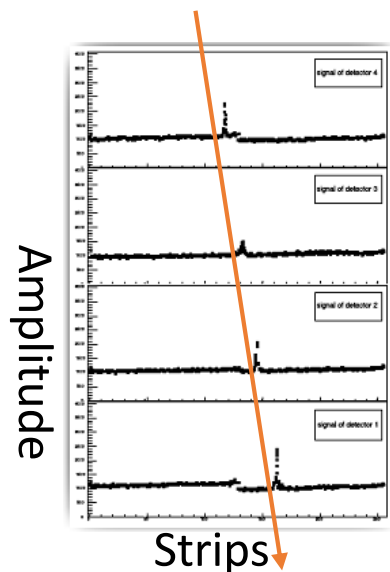
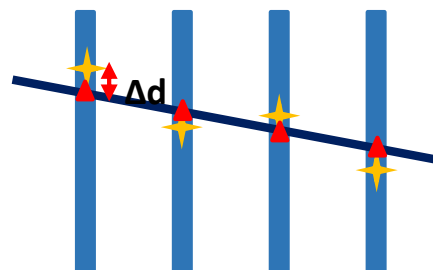
3×10^6 单电子增益



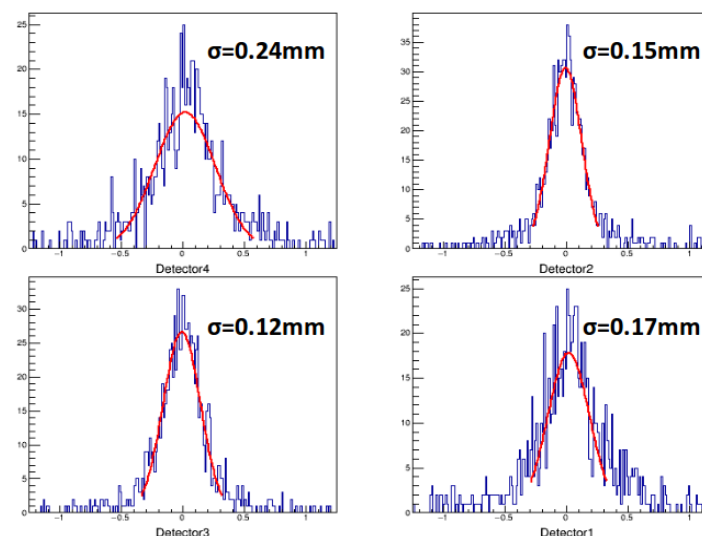
实验应用(宇宙射线测试系统)

四层探测器组成的宇宙射线测试系统:

- ✓ 研究探测器效率、空间分辨;
- ✓ 宇宙射线缪子成像实验;

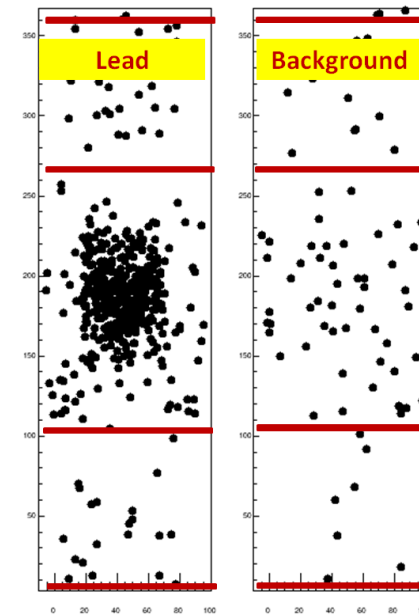
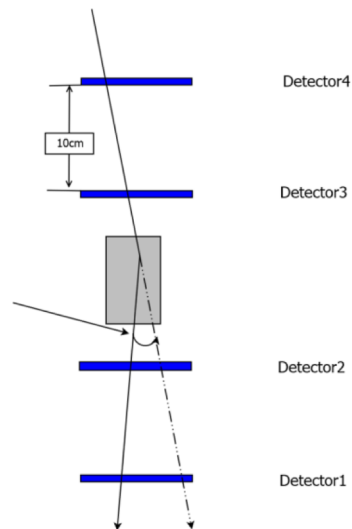
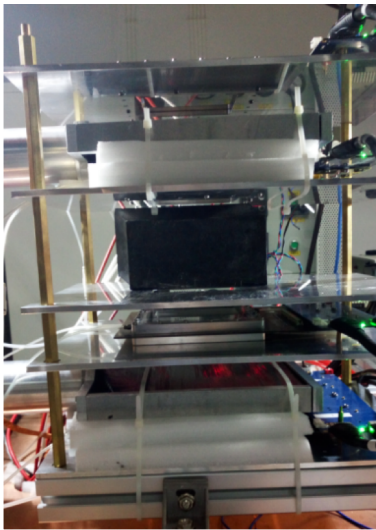


四个探测器对宇宙射线响应



探测器测量残差 Δd 的分布, 模拟显示,
约对应110 μm 的位置分辨

实验应用(muon成像初步研究)



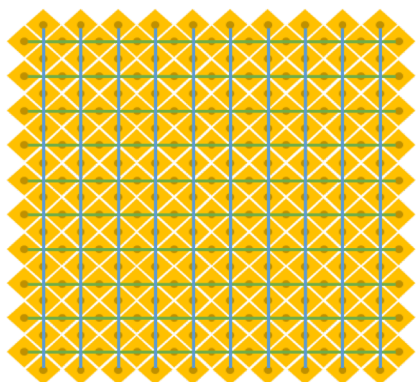
利用宇宙射线测试系统开展缪子成像的设置和基本原理

缪子对铅块的两维成像初步结果

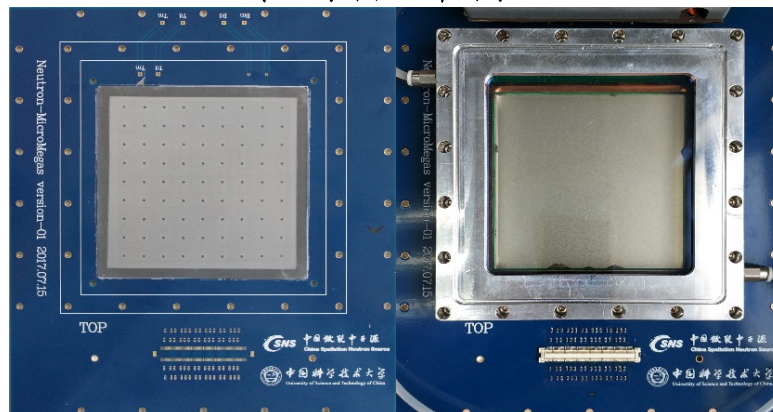
图2 探测器增益曲线及位置分辨

实验应用(中子源束流监测探测器)

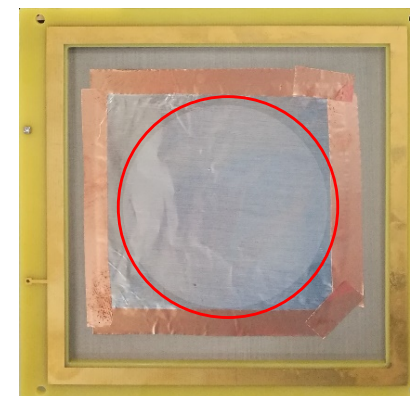
二维读出方法



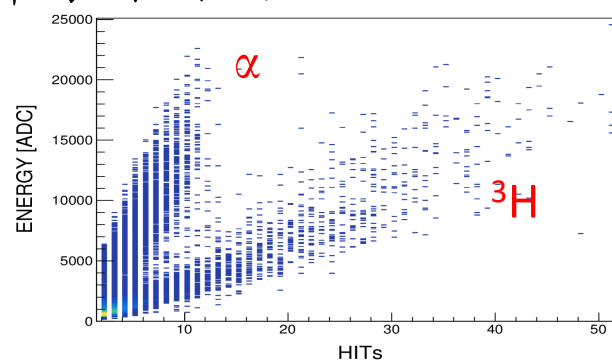
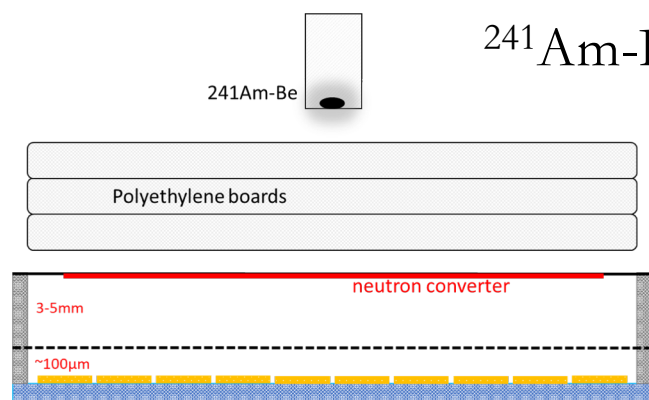
探测器研制



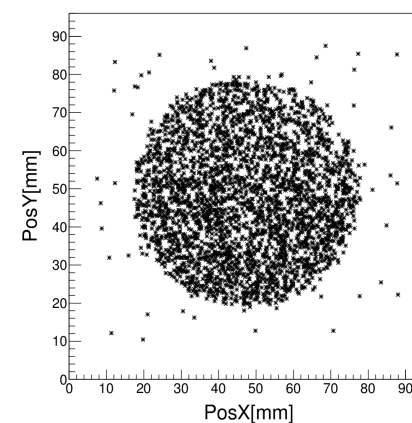
镀有 ^6Li 的漂移电极



^{241}Am -Be中子源测试

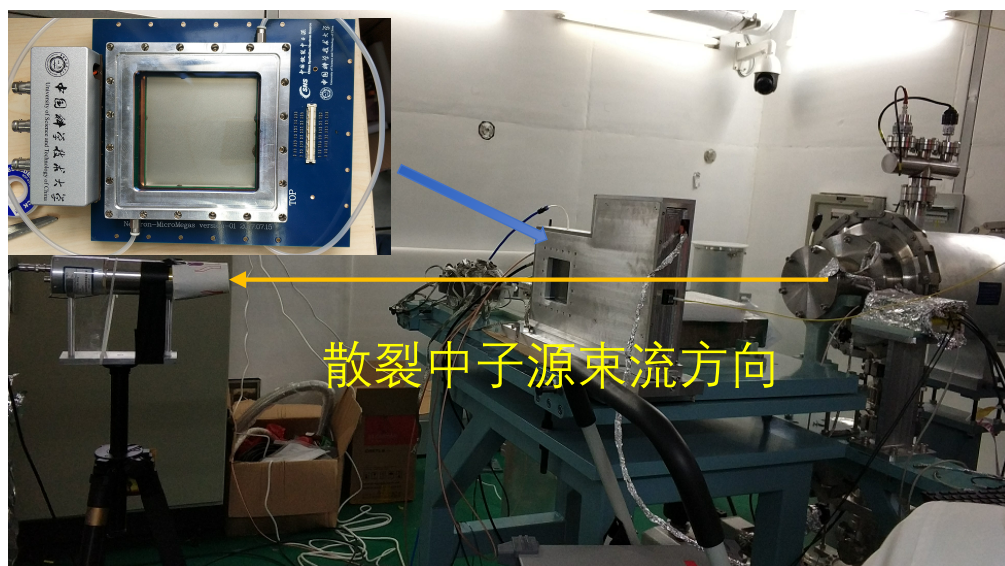


对 ^6Li 反应层成像

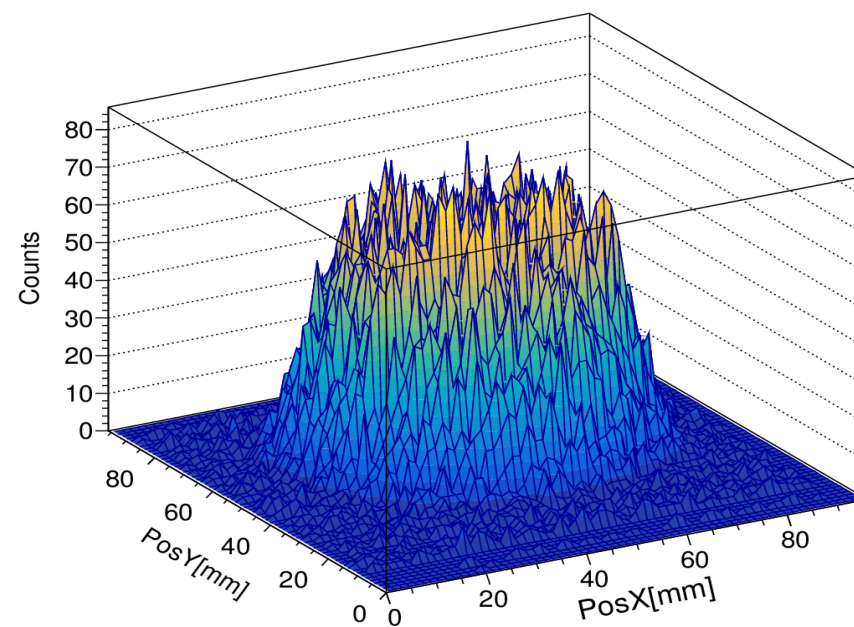


实验应用(中子源束流测试)

探测器在束流线上安装



散裂白光中子源测试束斑



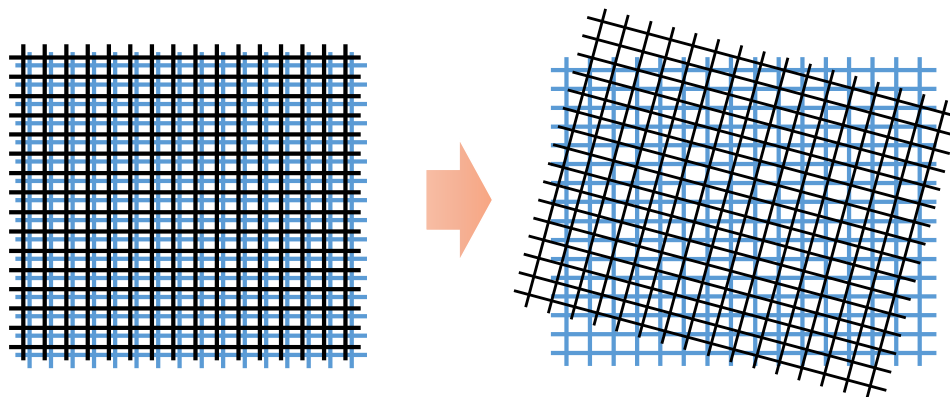
2018年度计划

- M2量级的大面积探测器研制

- 一米宽度的热辊压装置研制
- 升级版的更高精度的
阻性电极制作丝网印刷装置

- 超低正离子反馈研究 (DMM)

- 上下微网网口错位
- 雪崩间距优化
- 丝网型号优化



文章及会议报告

文章发表:

A high-gain, low ion-backflow double micro-mesh gaseous structure for single electron detection, **NIM A**, 889 (2018) 78 – 82.

会议报告:

DMM: 一种用于单光电子探测的双层丝网 Micromegas 的研制	张志永	第七届全国先进气体探测器研讨会	广西	2017.11.11-11.12	国内会议
基于Micromegas探测器的 μ 子成像研究	刘成明	第七届全国先进气体探测器研讨会	广西	2017.11.11-11.12	国内会议
基于MicroMegas的CSNS反角白光中子源束流监测探测器	齐斌斌	第七届全国先进气体探测器研讨会	广西	2017.11.11-11.12	国内会议
A high gain and low ion-backflow Double Micro-Meshes gaseous structure for single-electron multiplication	张志永	RD51 collaboration meeting	CERN, oral talk by video	2017.09.26-09.29	国际会议

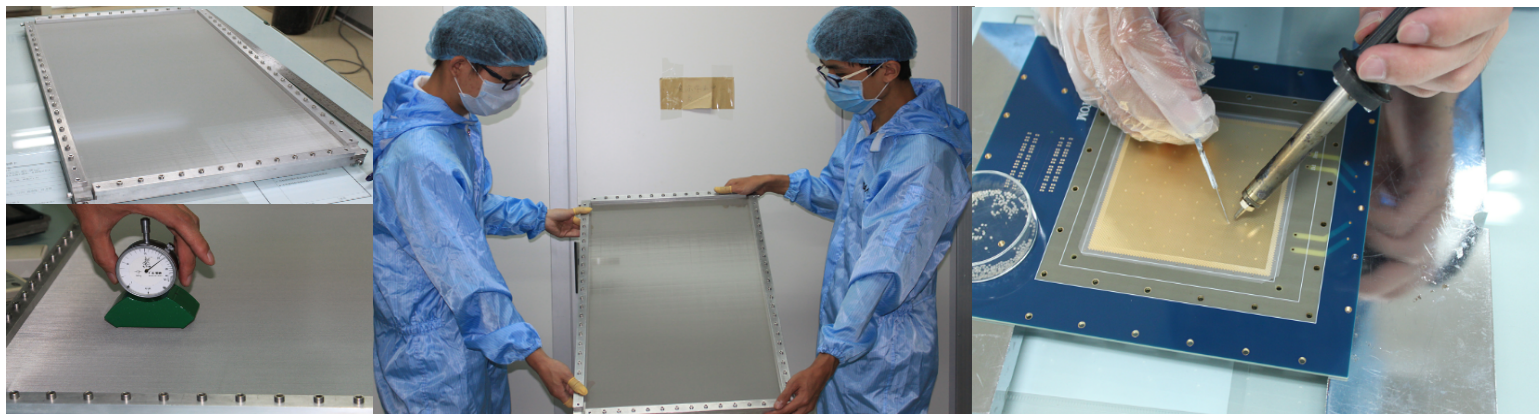
总结

- 掌握了制作大面积Micromegas的关键工艺技术，完成200mm×600mm探测器工艺流程设计和研制。
- 提出一种的基于双层丝网结构Micromegas的新结构， $>10^6$ 高增益和 $\sim 0.05\%$ 低正离子反馈率，能够满足单光子测量及高计数率TPC需求。
- 为中国散裂中子源研制了10cm×10cm的两维位置灵敏读出MicroMegas探测器，成功用于白光中子源束斑的监测。
- 搭建了一套宇宙射线径迹系统，实现了 $\sim 100\mu\text{m}$ 的位置分辨，开展对宇宙射线缪子成像的研究，并得到初步结果。

感谢核探测与核电子学国家重点实验室
的长期经费支持！

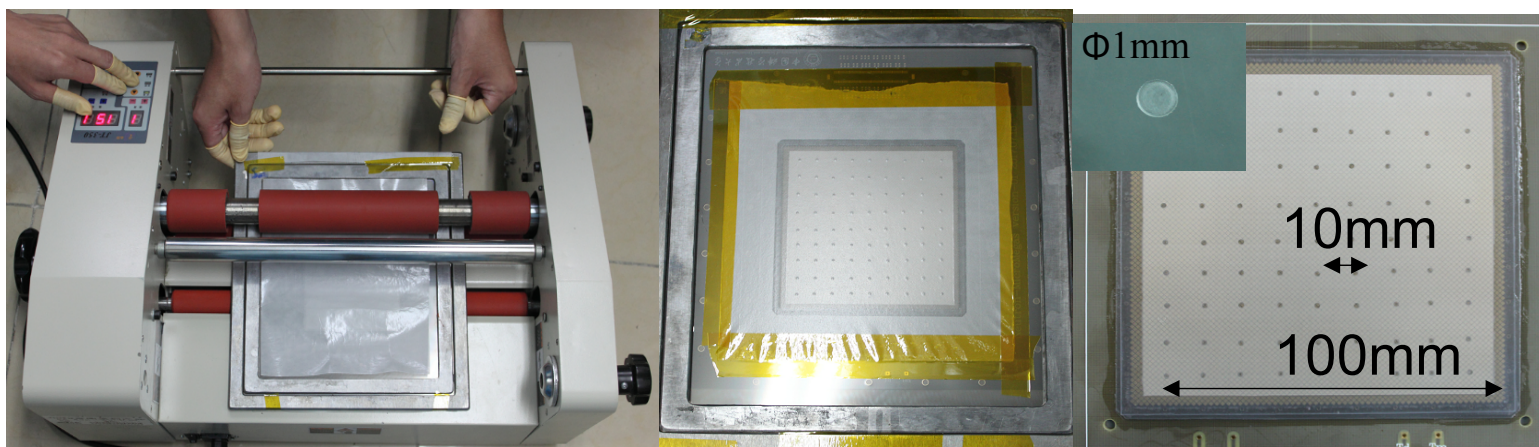
谢谢！

- 研发了一套完整的热压膜工艺



张网: $\sim 25\text{N/cm}$

摆放支撑垫片



热绑定

绑定完成

剪裁掉丝网