



核数据重点实验室

Bulk MicroMegas和电子学研究 及其在TPC中的应用

李笑梅

Science and Technology

on Nuclear Data Laboratory

China Institute of Atomic Energy

2019.09 IHEP



主要内容

- Bulk Micromegas研制 和应用
- APV25数字化电子学读出系统
- PandaX III TPC安装调试和测试平台建设
- 研究团队和参加的多个大科学装置上探测器的研制和物理国际合作研究
- 总结



主要内容

- **Bulk Micromegas**研制 和应用
- APV25数字化电子学读出系统
- PandaX III TPC安装调试和测试平台建设
- 研究团队和参加的多个大科学装置上探测器的研制和物理国际合作研究
- 总结

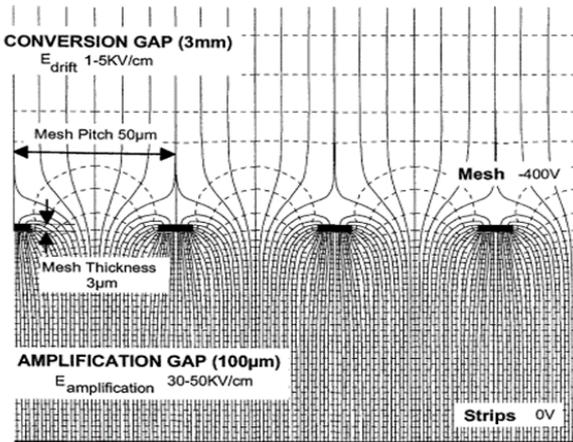
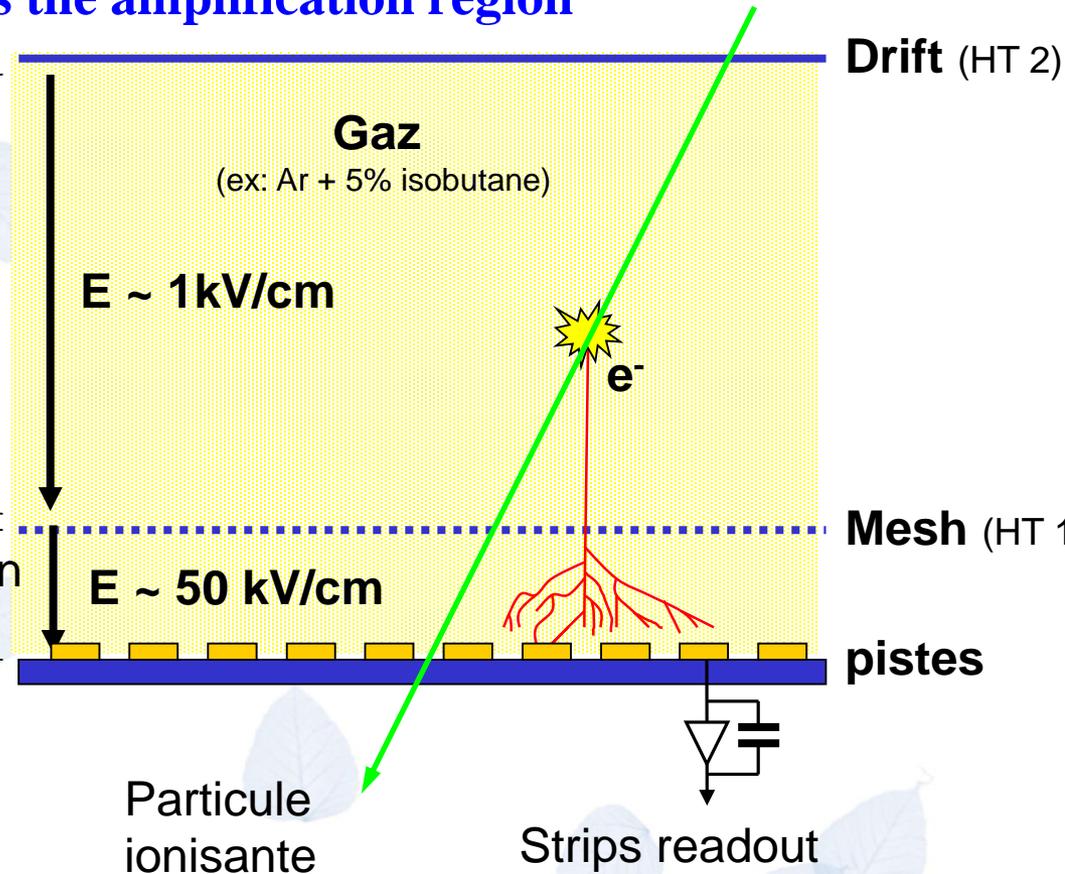


MicroMegas 结构

- The core of the detector is the amplification region

Conversion region:
1 mm à 1 m

Amplification region
~ 100 μ m



Micromegas分类

- **Classic Micromegas**
 - Mesh on a frame (USTC, Lanzhou, IHEP...)
- **Bulk Micromegas**
 - photolithography process is used to attach the mesh on the PCB.
- **Microbulk Micromegas**
 - Mesh and PCB made on a unique kapton foil, the mesh layer is thinner.



三代Micromegas探测器工艺及性能比较

➤ 传统Micromegas

- 制作方法相对简单，对制作环境要求较低，增益均匀性较差

➤ Bulk Micromegas

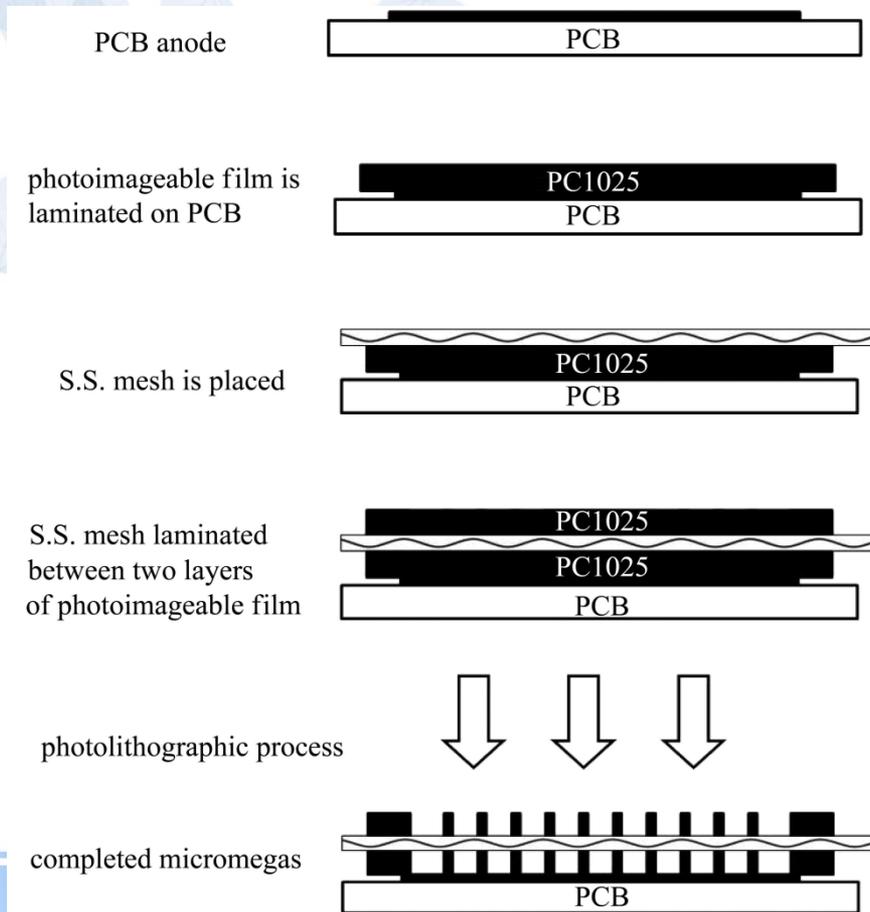
- 光蚀刻一体化技术制作探测器
- 具有相对较好的增益均匀性与能量分辨率

➤ Microbulk Micromegas

- 使用GEM技术制作出探测器
- 低本底，高能量分辨与增益均匀性
- 容易产生坏道，目前只能由CERN生产



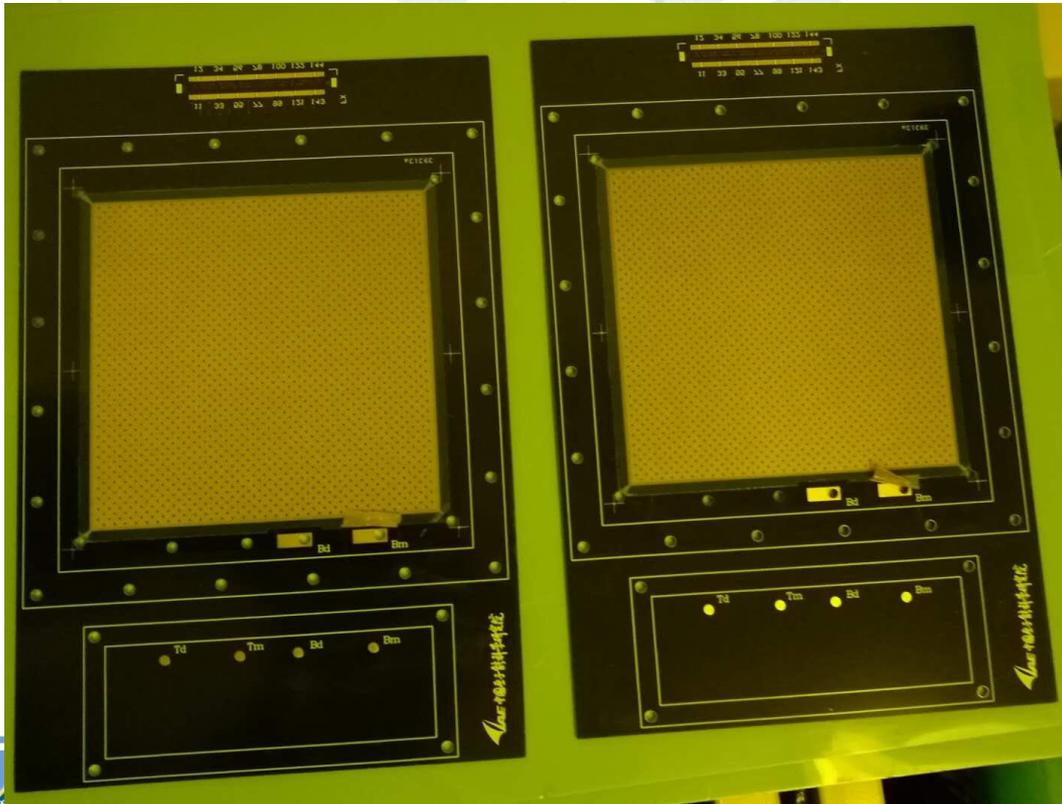
Bulk MicroMegas 工艺流程



Reference: Study of bulk micromegas detector
Chinese Physics C Vol. 34, No. 10, Oct., 2010

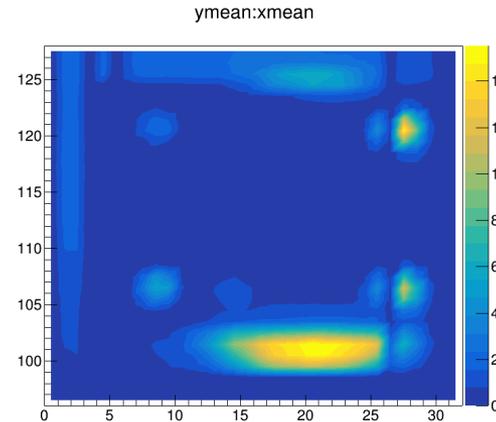
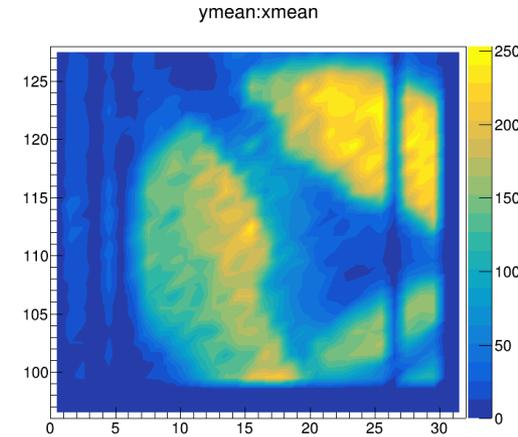


Manufacture of Bulk MicroMegas at CIAE



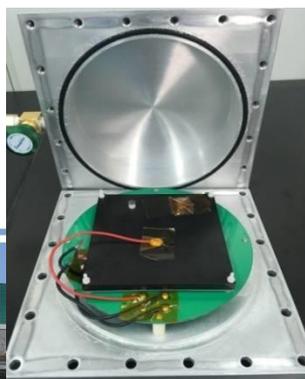
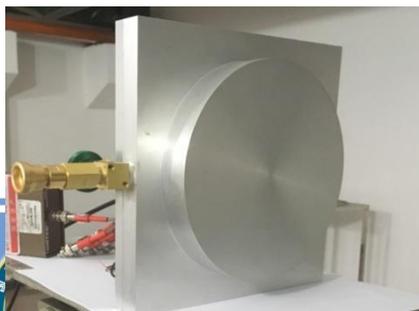
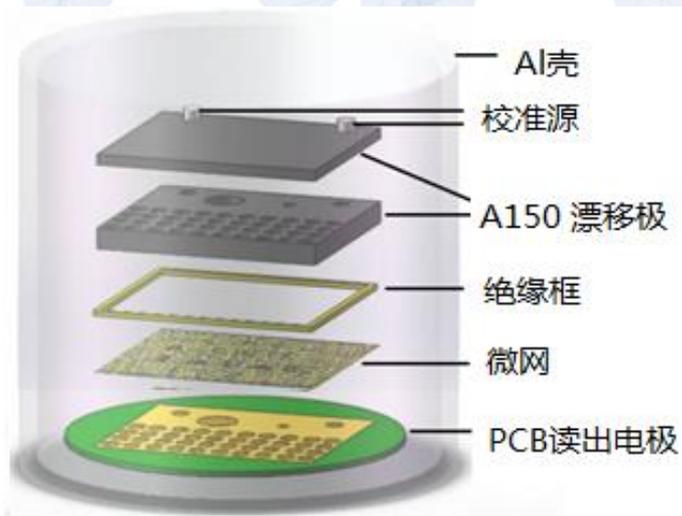
Bulk Micromegas X-Ray Imaging

- Bulk Micromegas: 5cm*5cm
- Argon + 30%CO₂
- Mesh: -550V(max -620V)
- Drift: -2500V
- 50kV X-Ray tube



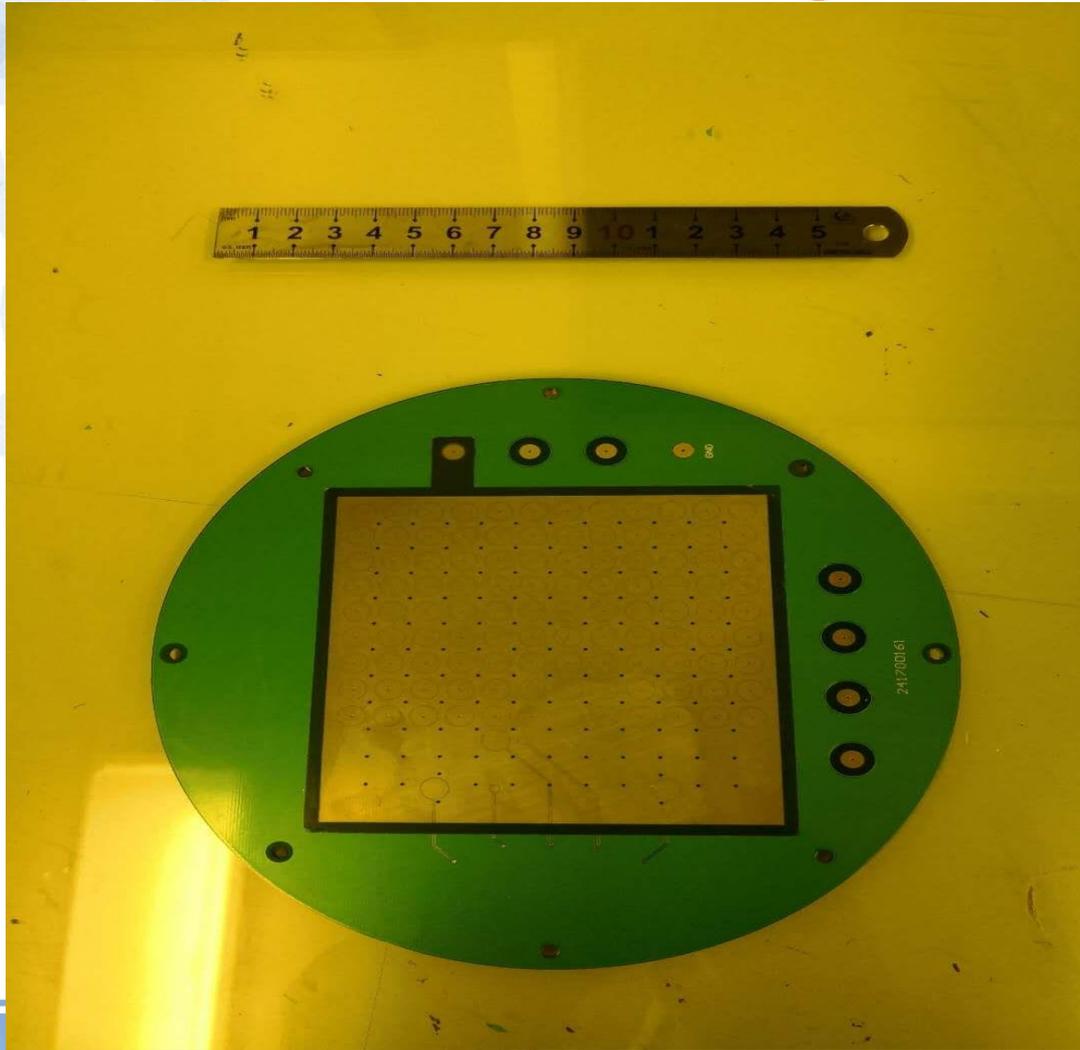
基于新型MicroMegas的TEPC的研制

MicroMegas-TEPC 探头结构



- TEPC用于微剂量学量测量，广泛应用，空间辐射LET谱及剂量测量常用装置。
- 使用低气压组织等效气体体积（cm或mm量级）模拟正常密度的生物组织微观体积（ μm 量级）
- 测量得到辐射场脉冲幅度谱 $N(h)$ ，经过线能刻度，进一步得到微剂量谱、品质因子、吸收剂量、剂量当量
- 将MicroMegas应用于TEPC，代替传统阳极丝，设计微型及多室结构设计，具有不同灵敏度探测单元，解决微型及多室TEPC加工难度大，阳极丝装配困难，容易断丝报废的问题。
- 实验中，相比进口GEM，我们的MicroMegas具有较好的稳定性。

R&D of Bulk MicroMegas at CIAE



Bulk MicroMegas for the R&D of CEPC TPC



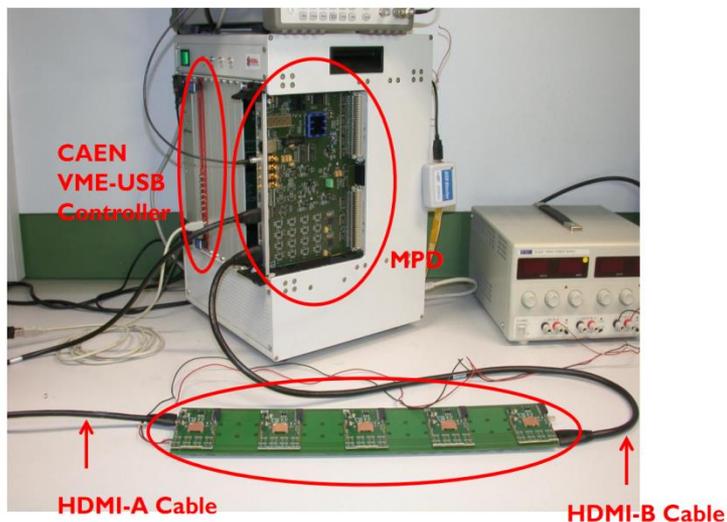
主要内容

- Bulk Micromegas研制 和应用
- APV25数字化电子学读出系统
- PandaX III TPC安装调试和测试平台建设
- 研究团队和参加的多个大科学装置上探测器的研制和物理国际合作研究
- 总结



多通道读出系统研制背景

- 微结构气体探测器多通道读出：优秀的位置分辨和低噪声
- 受限于MPD系统触发率($<3\text{kHz}$)和连续采样



MPD系统



APV25前端卡



性能测试——高速触发测试

- 千兆网数据传输速率**940Mbps**
- 128通道时系统触发率可达APV25上限**285 kHz**
- 高触发率便于Bulk X射线成像实验

B: 单次采样

A: 连续采样**30**个

APV25数量/ 片	采样模 式	存储媒介	耗时/s	数据传输速率 /Mbps	实际触发率/kHz
1	B	固态硬盘	420	475	285.7
1	B	机械硬盘	423	472	283.7
2	B	固态硬盘	225	887	266.7
2	B	机械硬盘	334	598	179.6
4	B	固态硬盘	223	895	134.5
1	A	固态硬盘	420	475	9.52
2	A	固态硬盘	223	895	8.97
4	A	固态硬盘	225	887	4.44



主要内容

- Bulk Micromegas研制 和应用
- APV25数字化电子学读出系统
- **PandaX III TPC安装调试和测试平台建设**
- 研究团队和参加的多个大科学装置上探测器的研制和物理国际合作研究
- 总结



TPC原型机与miniTPC

关于无中微子双贝塔衰变实验

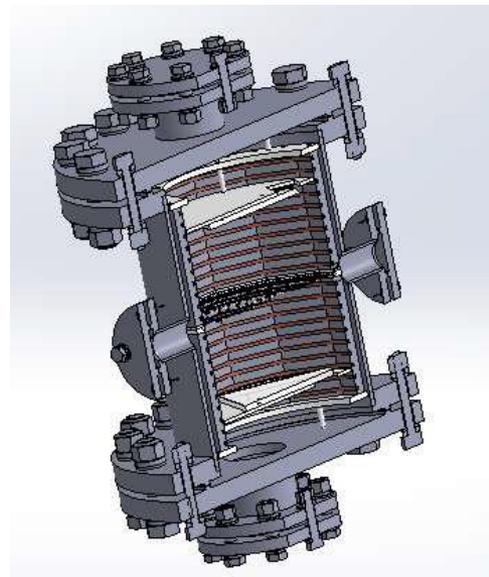
CUORE

$^{130}\text{TiO}_2$

Kamland Zen ^{76}Ge

EXO ^{136}Xe

PandaX-III ^{136}Xe



原型TPC上调试工作

- 坏道追踪
- 数据分析
- 电磁屏蔽
- 探测器调试

原型TPC:

- 用于测试探测器能量分辨率
- 发展径迹重建算法
- 科大电子学进行联调

Mini TPC:

- 1/5 缩小,
- 方便测试场笼设计
- 高压提供系统设计

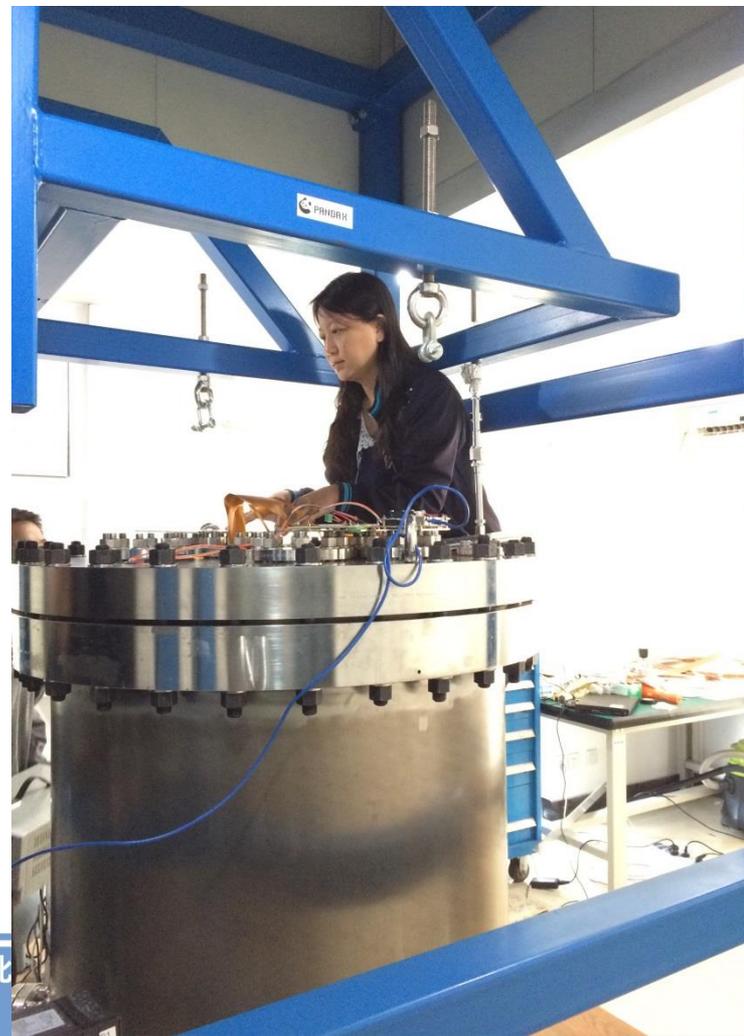


在PandaX-III TPC实验中的工作

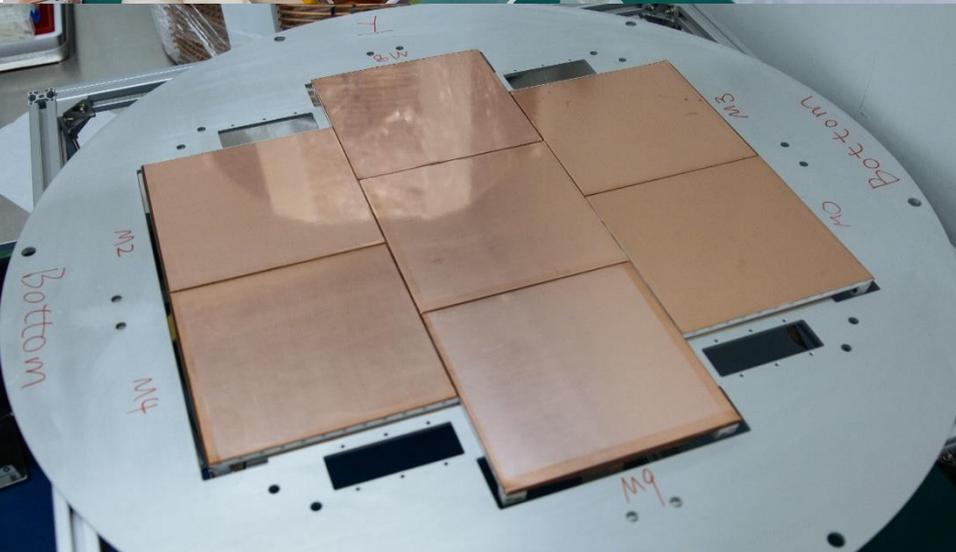
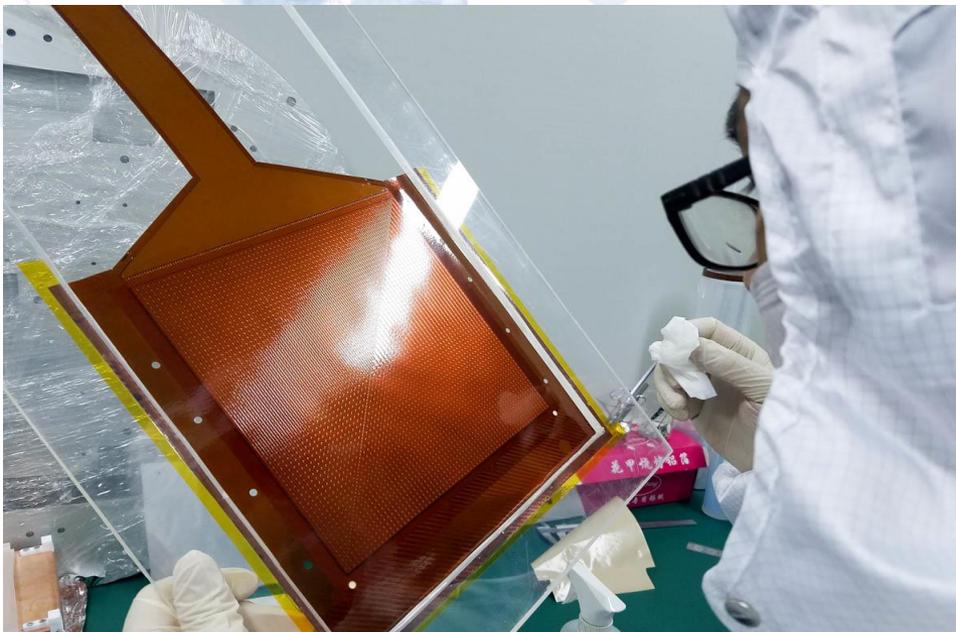
- 参加PandaX-III TPC原型机安装调试工作
 - TPC原型机
 - 坏道分析
 - 增益曲线研究
 - 气体平衡状态时间分析
- MINI TPC 气路系统安装及测试
- 负责MicroMegas探测器测试平台搭建
 - 电磁兼容
 - 数据分析软件编写
 - 能谱



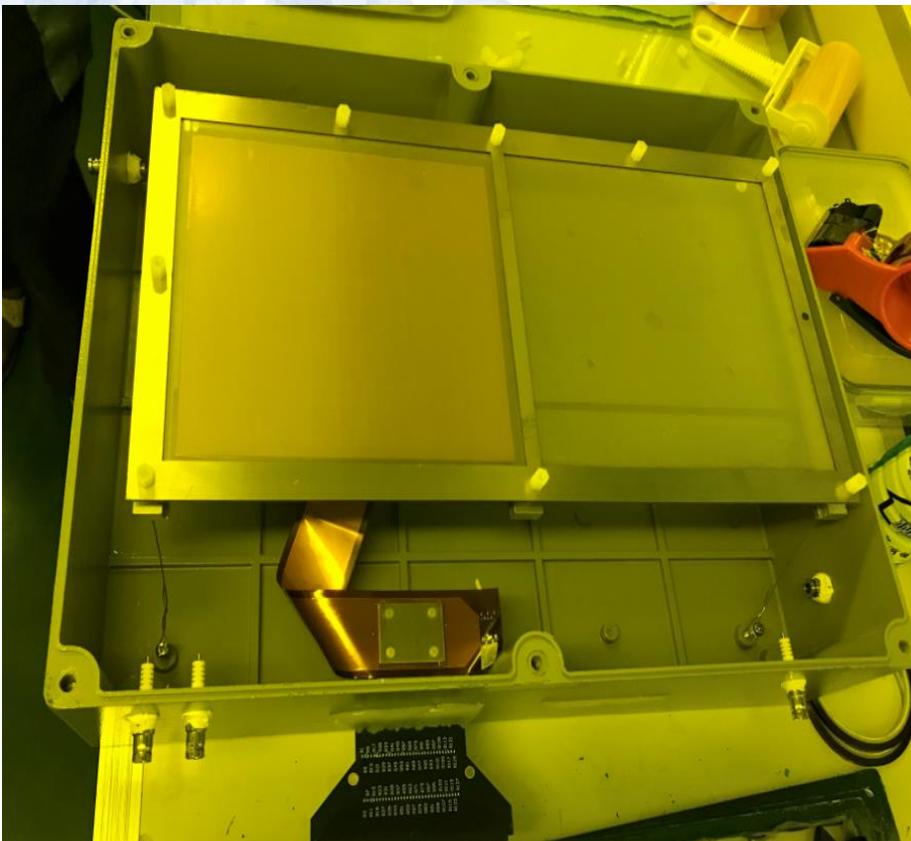
CIAE参加PandaX-III实验TPC原型机的安装和测试



参加TPC原型机 读出平面的安装



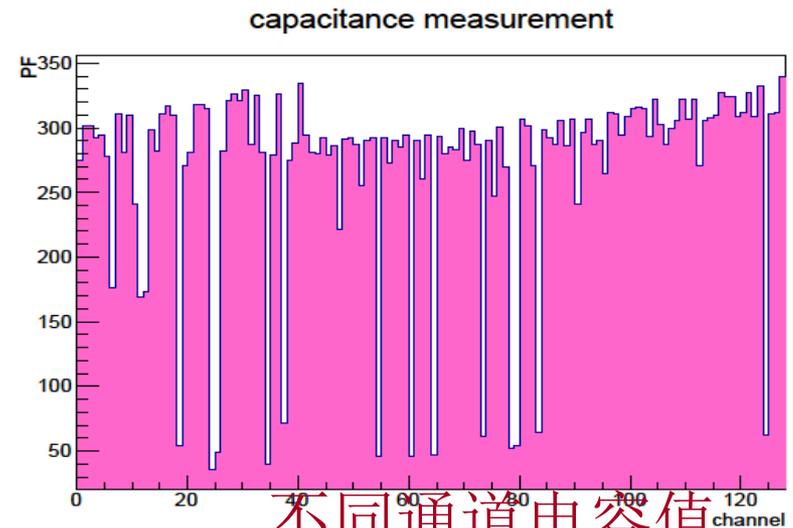
PandaXIII MM探测器测试平台



CIAE研制电容电阻自动测试系统

CIAE研制了电容电阻自动批量测试系统，采用蓝牙传输，测试过程相对较快，单人即可完成测量任务。现在已经应用于交大TPC原型机、CIAE探测器测试平台，并赠送给发给Saclay实验室，目前正在申请两项专利。

。



不同通道电容值

分布图



主要内容

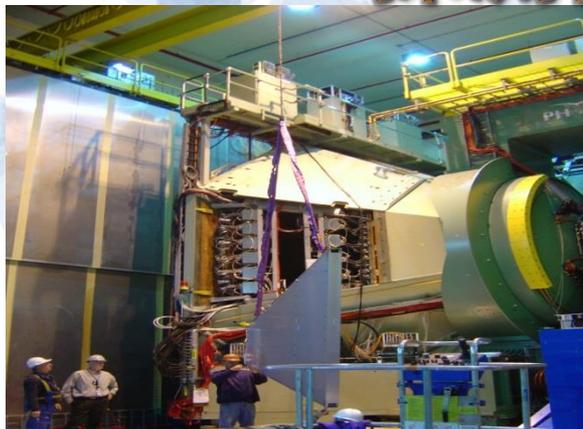
- Bulk Micromegas研制 和应用
- APV25数字化电子学读出系统
- PandaX III TPC安装调试和测试平台建设
- 研究团队和参加的多个大科学装置上探测器的研制和物理国际合作研究
- 总结



核数据测量部中高能物理团队



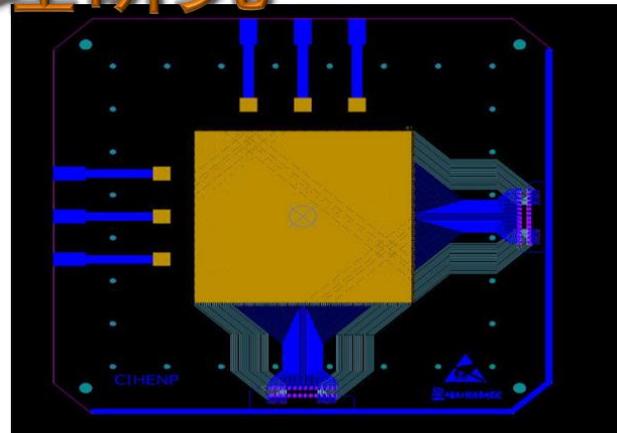
研究基础和已参加的多个大科学装置上 探测器的研制和物理研究



美国BNL/PHEIX实验探测器升级，该项工作获得北京市科学技术奖。



PandaX暗物质和无中微子双贝塔衰变实验研究探测器安装。

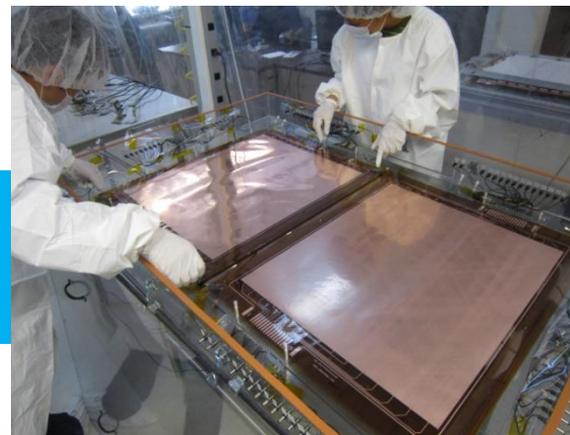


环形正负电子对撞机（CEPC）TPC探测器预研，负责TPC径迹重构模拟。

ALICE setup



欧洲核子中心ALICE实验国家重点研发计划立项



美国Jlab实验大面积GEM探测器研制。

原子能院与ALICE实验签署合作执行协议

在此需求与合作背景下，2018年12月7日在中核集团董事长和CERN副总书记长的见证下，原子能院与ALICE实验签署了ALICE实验合作执行协议。双方商定进一步加强ALICE实验的合作，参加ALICE实验升级和物理研究，**引进大面积硅像素和微结构探测器技术，建立CERN/ALICE-CIAE联合实验室。**



Implementing Agreement for the ALICE Experiment in 2019-2029

Article 7

Allow CIAE to use the CERN infrastructures for the ALICE upgrade and physics research program. Provide access to the software used for the data analysis and provide technical support for its installation and use. Provide support to establish international cooperation with other institutes participating in ALICE. CIAE will have full rights to analyse the ALICE experimental data and will share the ownership of all physics results achieved by the ALICE Collaboration.

Article 8

Provide some financial support to CIAE for their participation at CERN in activities related to the installation and commissioning of detectors, cooperative research in data analysis, etc.

Signature of this Implementing Agreement by the Parties constitutes their agreement to its terms. This Implementing Agreement will be in force from 1st January 2019 to 31st December 2029, and may be extended or renewed by mutual consent.

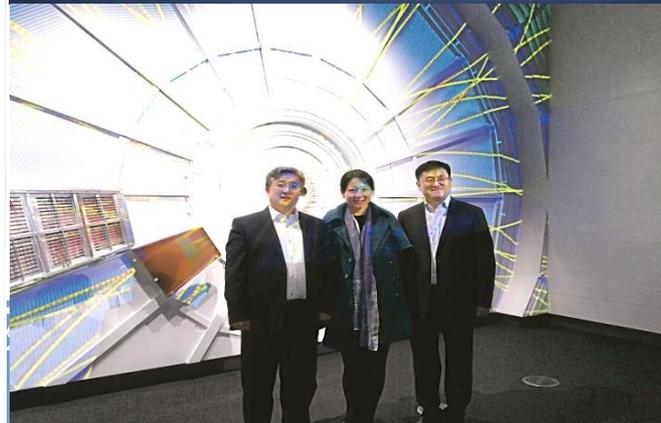
Signed in Geneva on 7 December 2018

For and on behalf of the Institutes
of the ALICE Collaboration

Dr. Federico Antonicci
ALICE Spokesperson, CERN

For and on behalf of the Chinese
Institutes of Atomic Energy (CIAE)

Dr. Gang Wan
President of CIAE, Beijing



总结

1. 完成多通道Bulk MicroMegas研制，全部工艺国产化并能够进行小批量生产，可以提供给国内有需求的实验室使用。
2. 完成了APV25芯片的数字化电子学系统研制。
3. 参加了PandaX III TPC安装调试，负责PandaXIII MicroMegas探测器测试平台建设，完成探测器自动测量系统研制。
4. 完成CEPC TPC径迹重构模拟。
5. 下一步准备进行基于Bulk MicroMegas的TPC的研制方面的工作。



Thank You !

