



# 夸克与轻子物理教育部重点实验室

## -华中师范大学像素实验室

孙向明  
华中师范大学

夸克与轻子物理教育部重点实验室**2013**年度学术委员会会议



# 报告内容

- 建设目的
- 实验室介绍
- 发展方向
- 展望



# 建设目的

像素探测器：高位置分辨 在线处理能力

成立环境：

- 国际高能物理及核物理实验上，像素探测器处于高速发展阶段；国内的像素探测器尚未形成竞争力。
- 国内已具备了发展像素探测器工业条件和设计能力。
- 像素探测器在科研，工业，医疗等方面具有广泛的应用。

## 研发像素探测器

- 1) 为高能物理实验开发像素探测器：  
- ALICE, RHIC, FAIR, CSR。
- 2) 像素探测器的应用。



# 实验室介绍-概况

- 名称：华中师范大学像素实验室  
**PLAC(Pixel Laboratory at CCNU)**
- 受华中师范大学资助，开始于**2011**年。
- 在**2011**年**12**月和**2012**年**12**月召开了两次实验室筹备会。



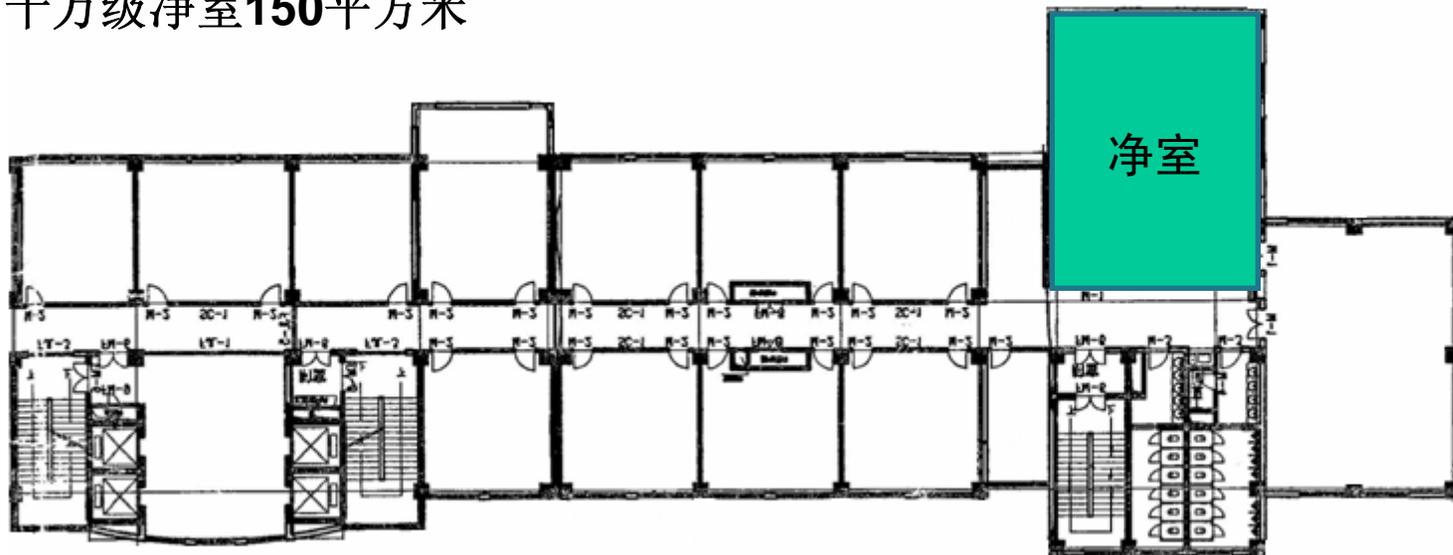


# 实验室介绍-位置

华中师范大学9号楼7楼西侧。

面积**700**平方米

十万级净室**150**平方米



# 实验室介绍-结构



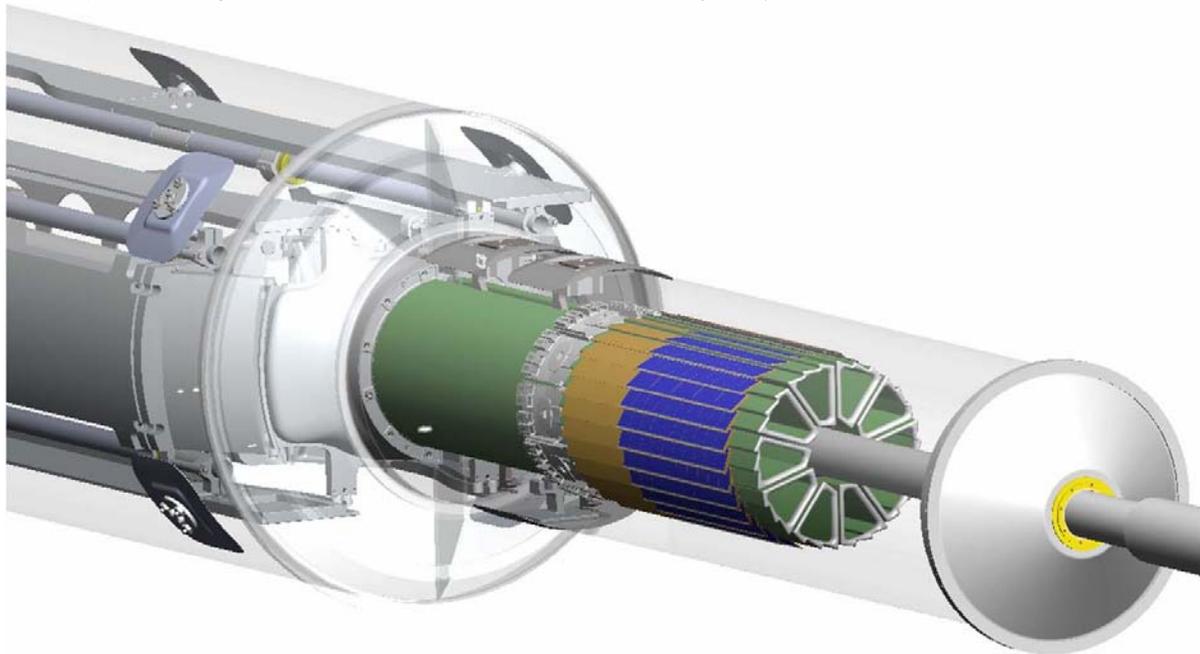


# 发展方向

- 参与高能物理实验
- 设计像素探测器芯片
- 开发像素探测器读出电子学
- 研究新型像素探测器

# 参与高能物理实验

- 参与STAR HFT升级



高能物理实验上首个采用**MAPS**芯片的像素探测器。（**1600**万美元）  
**2013**年五月在**STAR**上测试， **2013**年底完成安装。  
参与一系列工作，负责读出电子学固件。

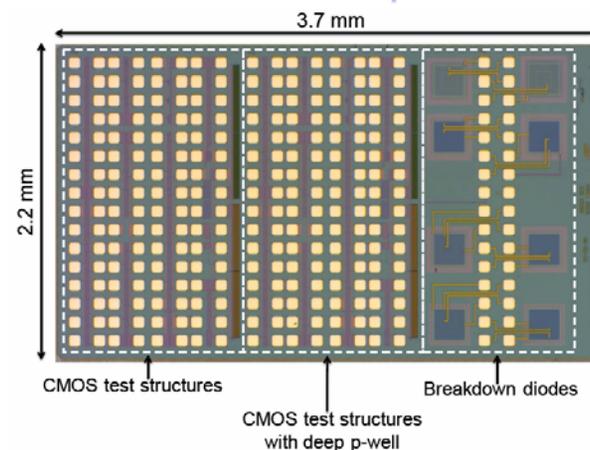
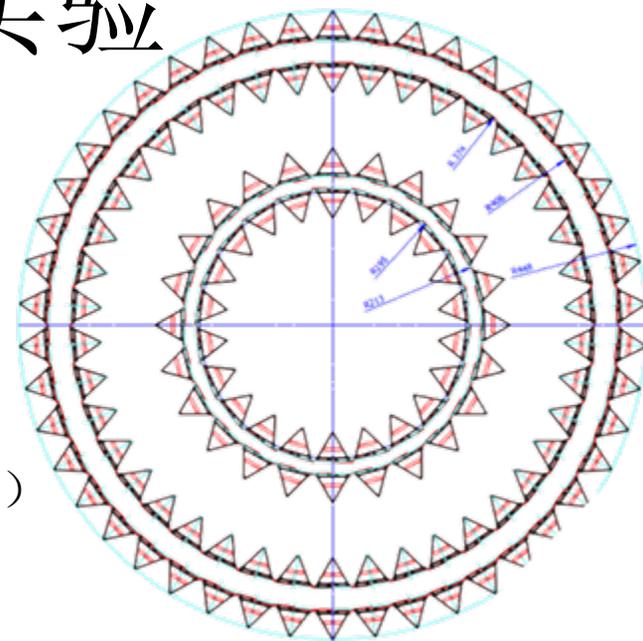
# 参与高能物理实验

## • 参与ALICE ITS升级

- ▶ 提供tower.18 的SRAM版图 (2012年4月)
- ▶ 参与tower.18 MOS管的辐射损伤测试 (2012年6月)
- ▶ 参与芯片设计 (1人, 2012年9月-)
- ▶ 参与原型芯片测试 (2013年6月)
- ▶ 参与芯片筛选 (2015年)
- ▶ 参与探测器组装 (2017年)

其他高能物理  
核物理实验

- ▶ CBM
- ▶ CSR



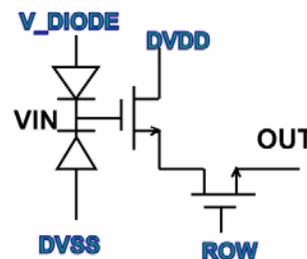
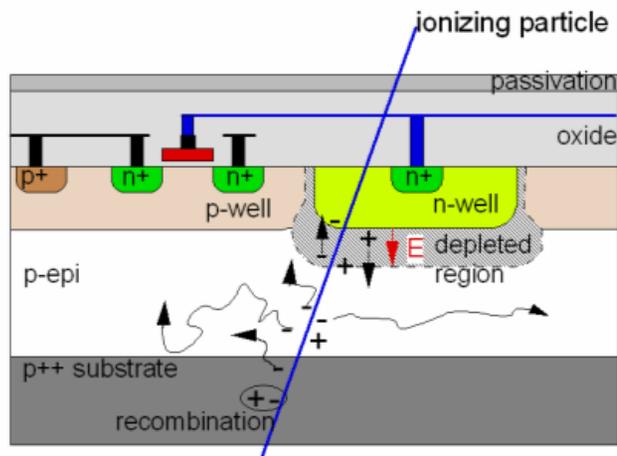
辐射损伤测试所用芯片版图



# 设计像素探测器芯片

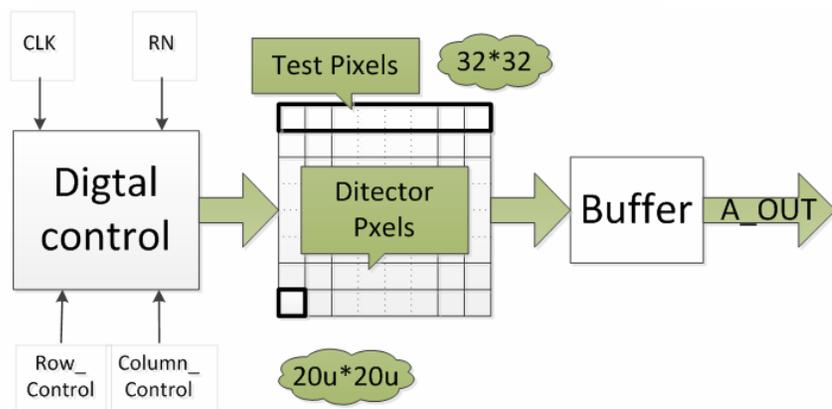
- MAPS (monolithic active pixel sensor)  
高能物理实验顶点探测器
- 顶层金属芯片 (TopMetal芯片)  
高精度TPC, X光成像, CT

# MAPS -MIC1&2(MAPS in CCNU)



传感器层和读出芯片做在一起，芯片厚度可减薄到**50**微米。

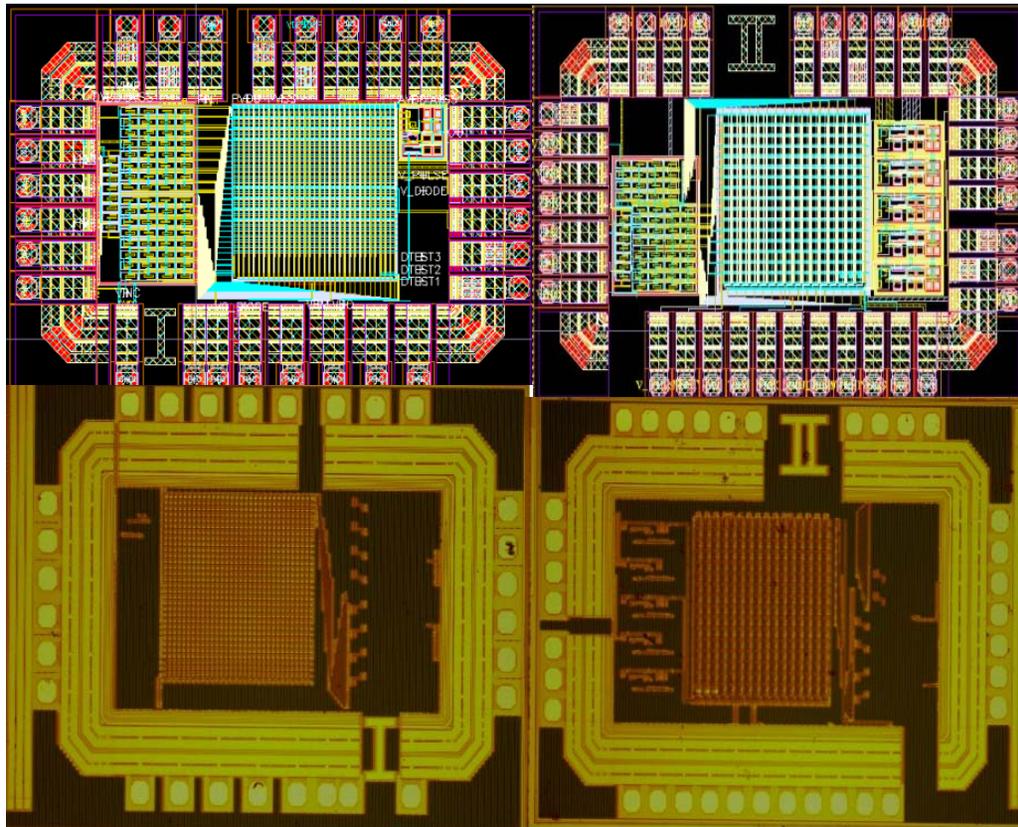
像素的电路图



MIC1结构

**MAPS**芯片广泛用于可见光成像，粒子探测。因其厚度小，在**高能物理**上优势明显

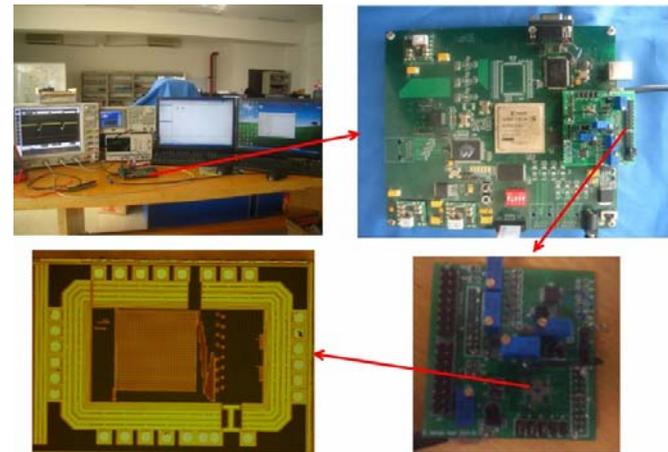
# MIC1&2的版图和照片



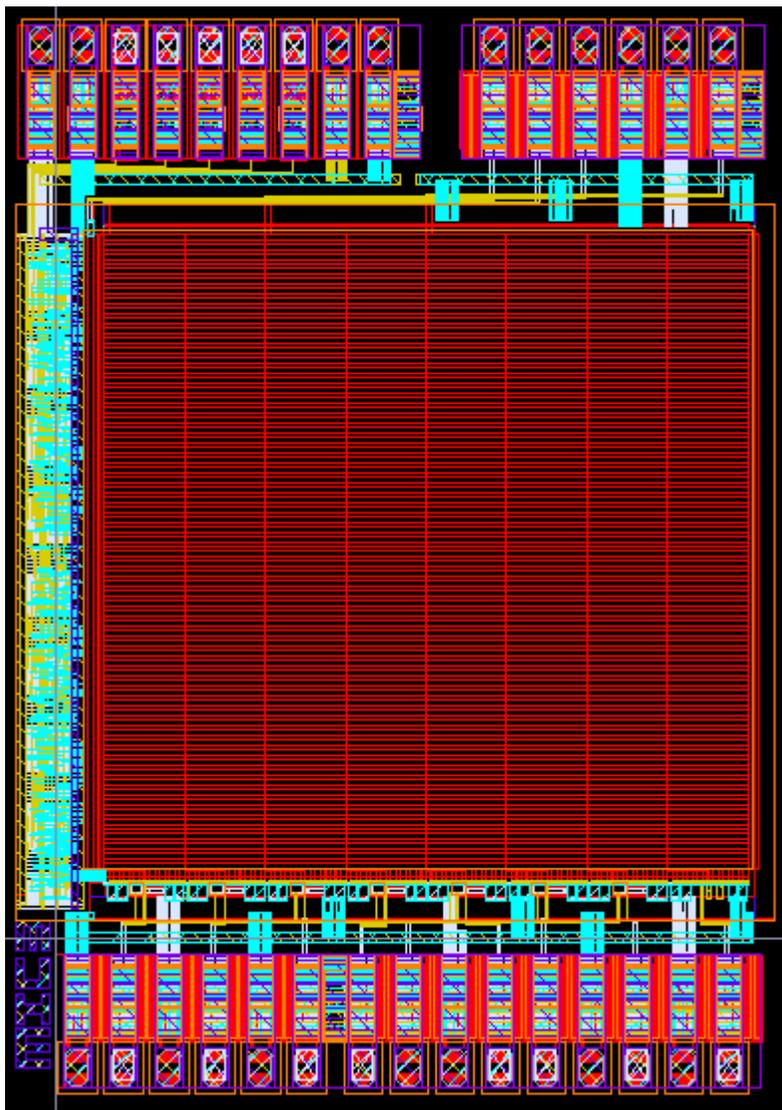
MIC1的版图和实物照片 MIC2的版图和实物照片

芯片大小：**3毫米X2.5毫米**。  
阵列**32X32**

意义：  
验证**XFAB.35**工艺可用于加工**MAPS**芯片。  
完成**IC**设计流程，证明具备**IC**设计能力。



**MIC1**输出正常，能够感光



vdd!	gnd!	marker	rst	clock	speaker	start!	vdd!	gnd!
------	------	--------	-----	-------	---------	--------	------	------

v_clamp	dcol_ib	pcol_ib	pvd_d	pvs_s	col_ib
---------	---------	---------	-------	-------	--------

数字电路	g2<0>	g2<1>	g1<0>	g1<1>	g6	g3	g4	g4
	buffer							

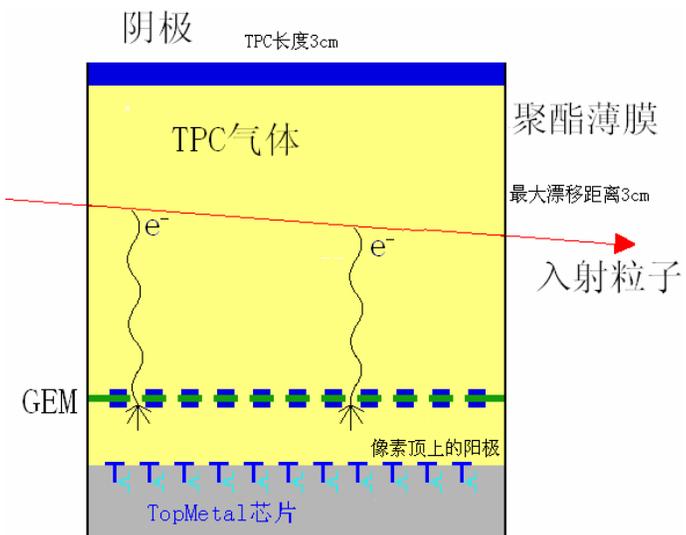
pvd_d	aout_g2<0>	pvs_s	aout_g2<1>	pvd_d	aout_g1<0>
-------	------------	-------	------------	-------	------------

aout_g1<1>	vb_s	pvs_s	aout_g6	aout_g3	pvd_d	aout_g4	pvs_s	out_g4
------------	------	-------	---------	---------	-------	---------	-------	--------

芯片大小：**4毫米X3毫米**。**64X64**像素  
 像素大小：**20微米X20微米**  
 多种像素原型结构。  
 更复杂的数字控制。

贴近高能物理实验的要求

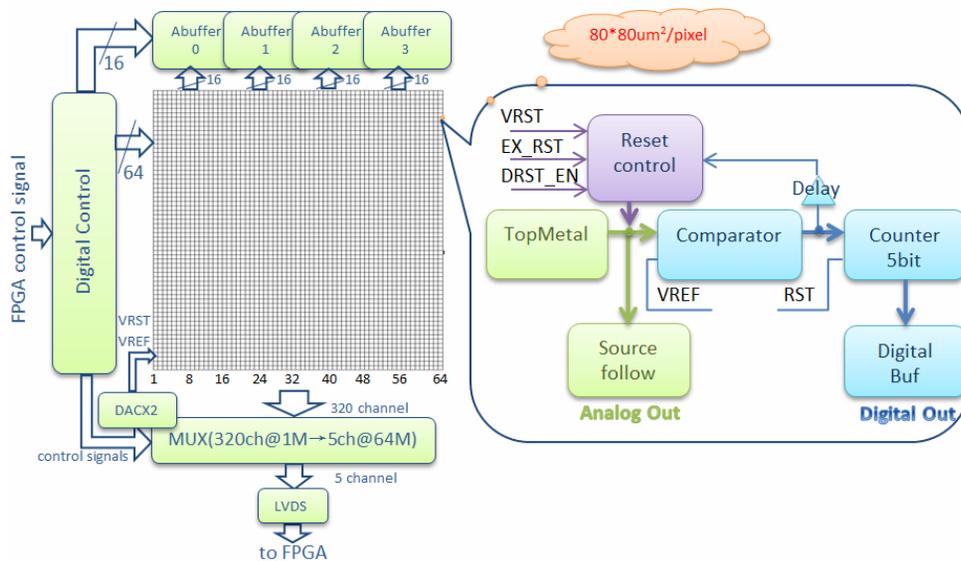
# 顶层金属芯片原理



顶层金属芯片的顶层金属层直接暴露在空气中，可吸收漂移到其上的电子。

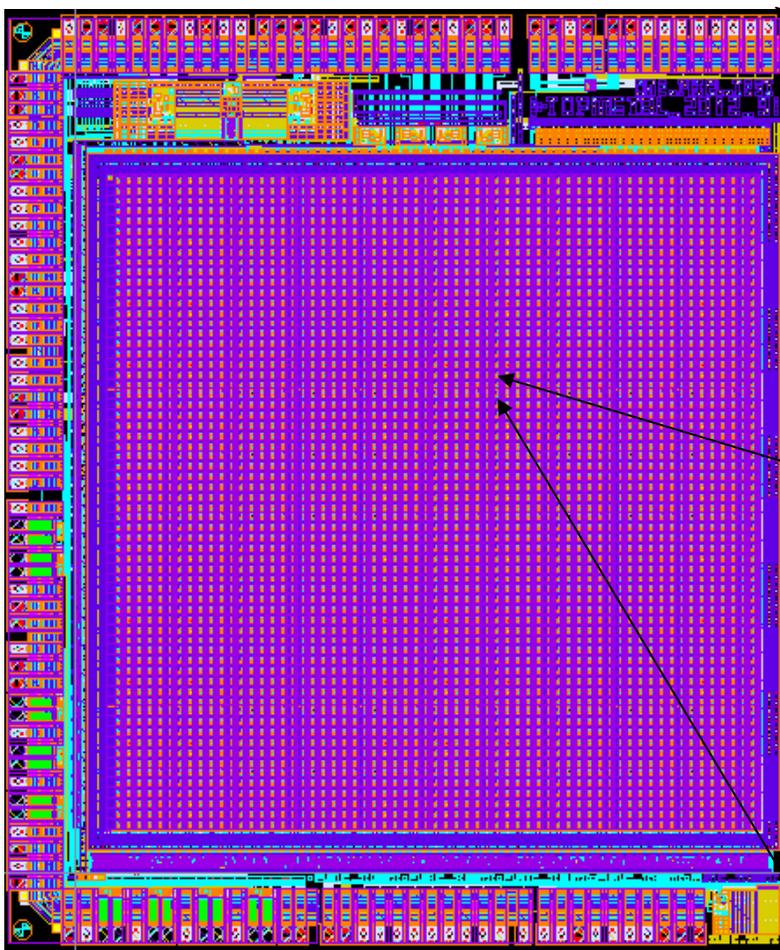
**优势:**

- 可直接收集空间电子
- 可作为读出芯片连接多种传感器，实现多种传感器的高空间分辨

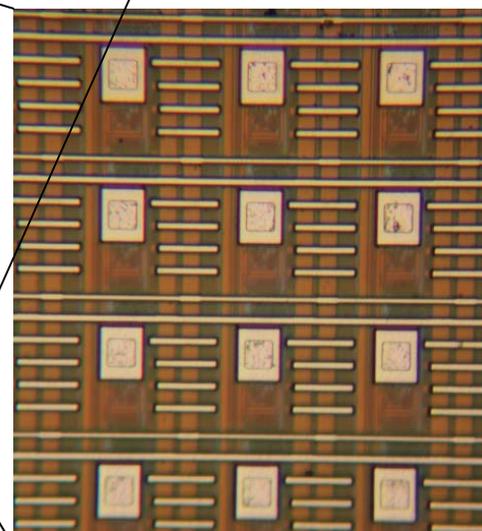


顶层金属芯片结构

# 顶层金属芯片版图和wafer

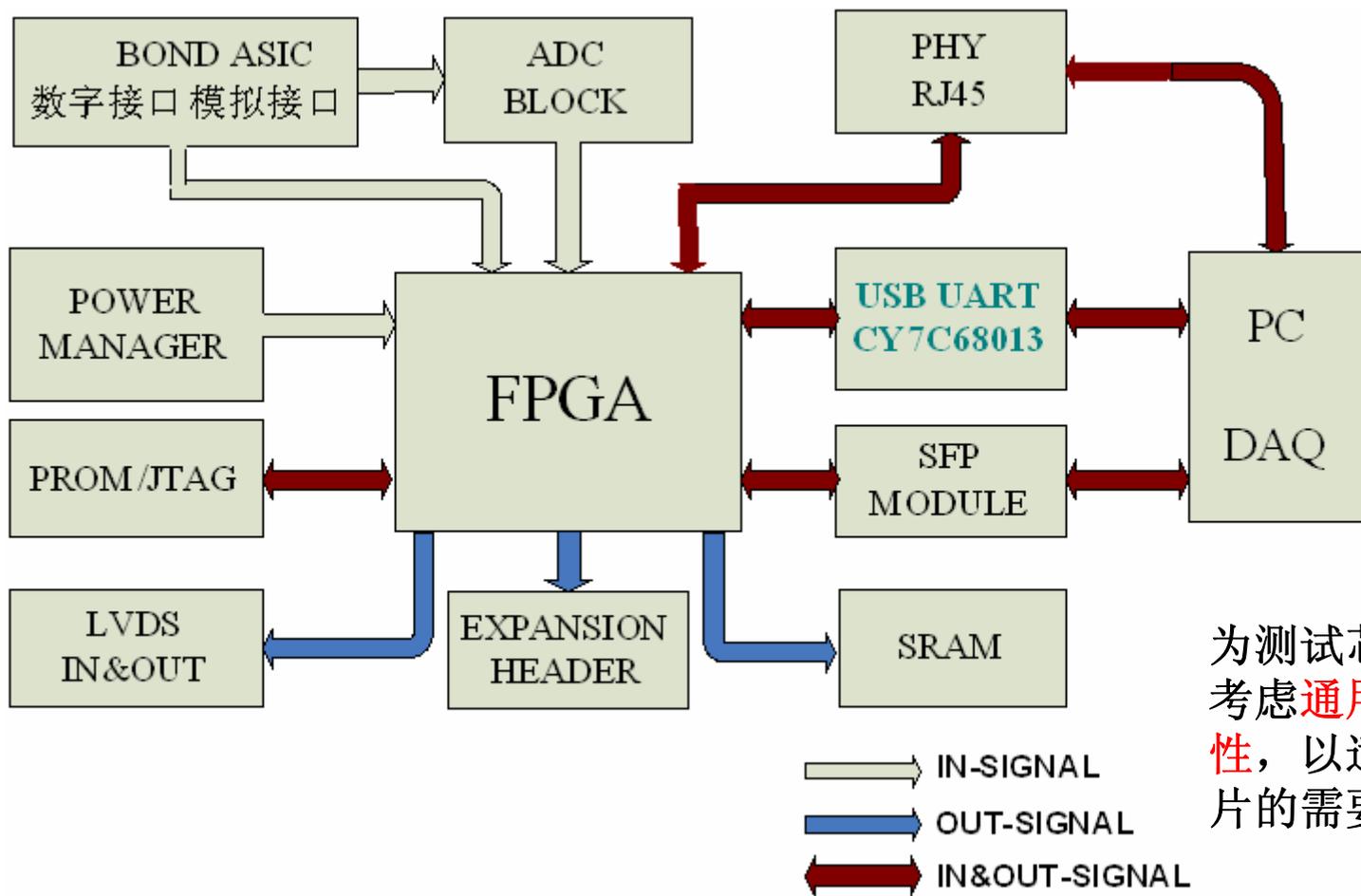


顶层金属芯片  
晶圆



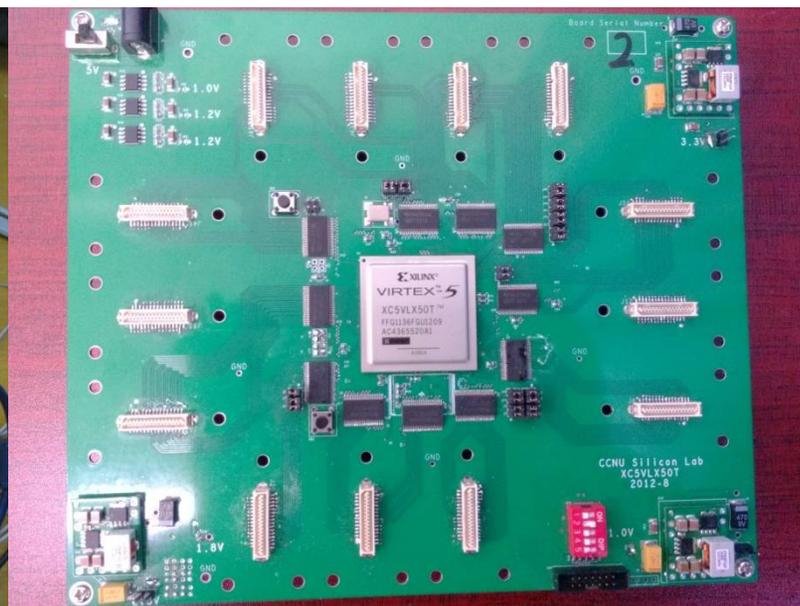
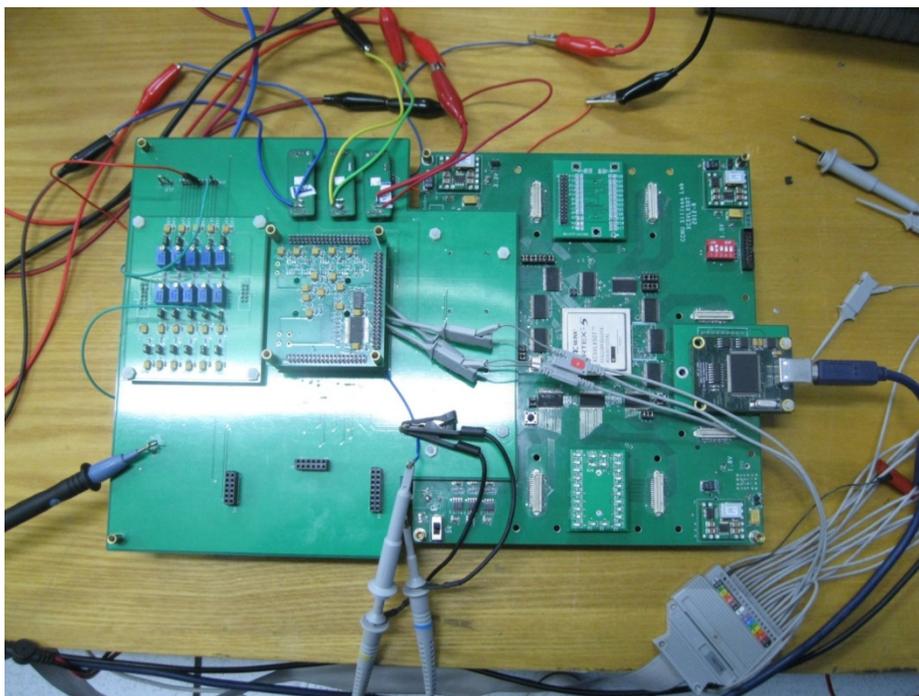
Topmetal的显微照片，大矩形中心的正方形为裸露的顶层金属

# 开发像素探测器读出电子学

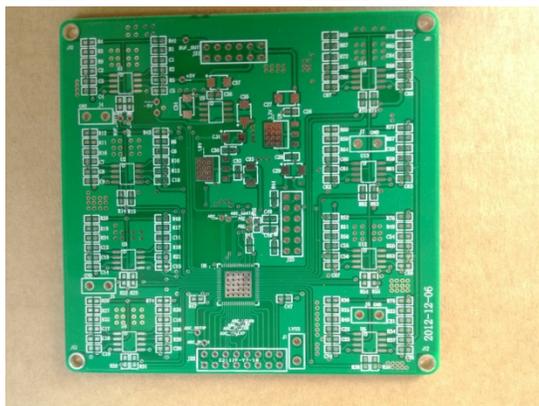


为测试芯片开发，主要考虑通用性和可扩展性，以适应测试不同芯片的需要。

# 读出电子学



通用FPGA主板



通用ADC板

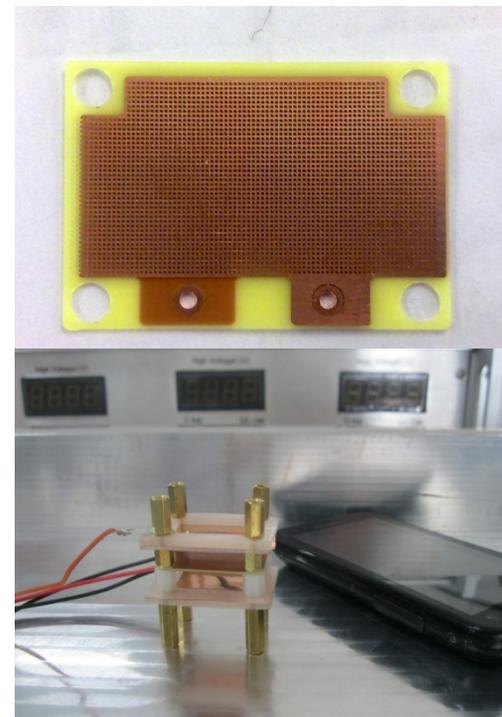
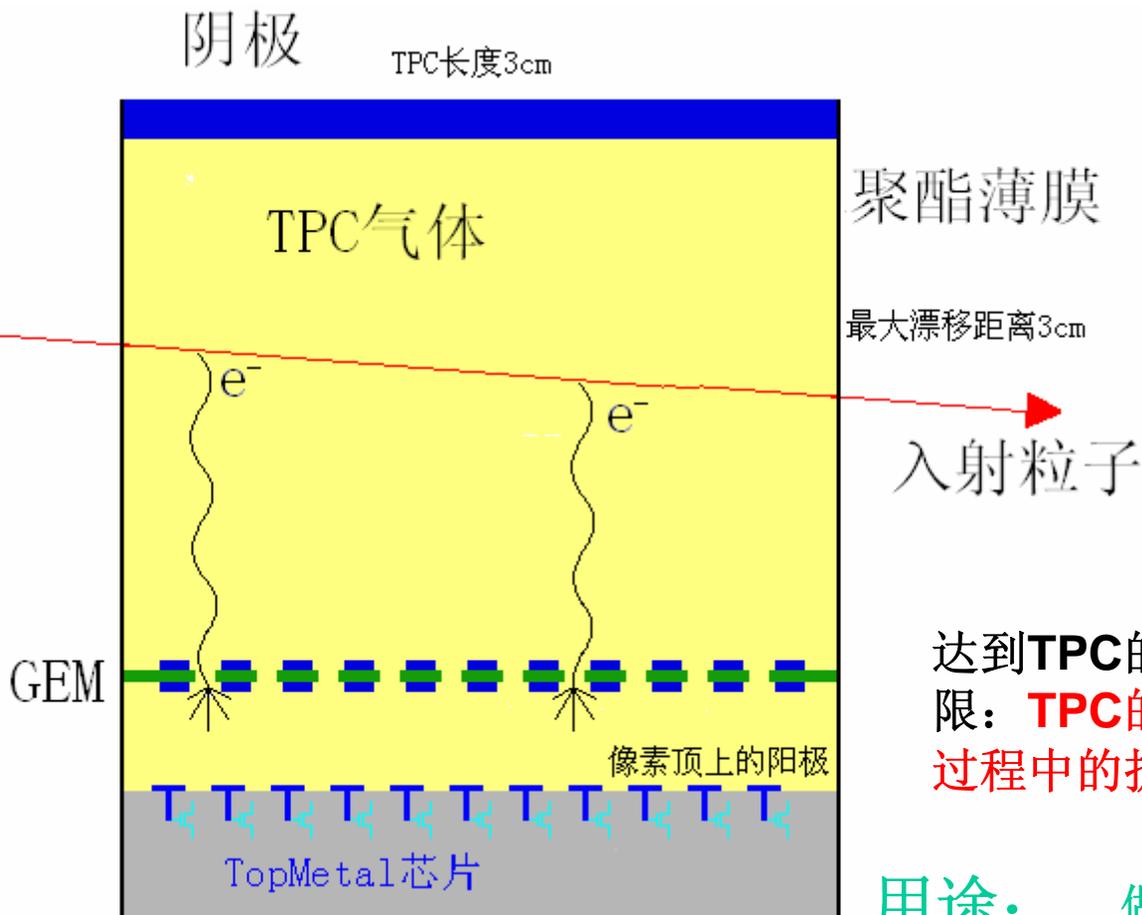


# 研究新型像素探测器

基于顶层金属芯片  
(**TopMetal I**) :

- 微型TPC
- 环戊烷探测器

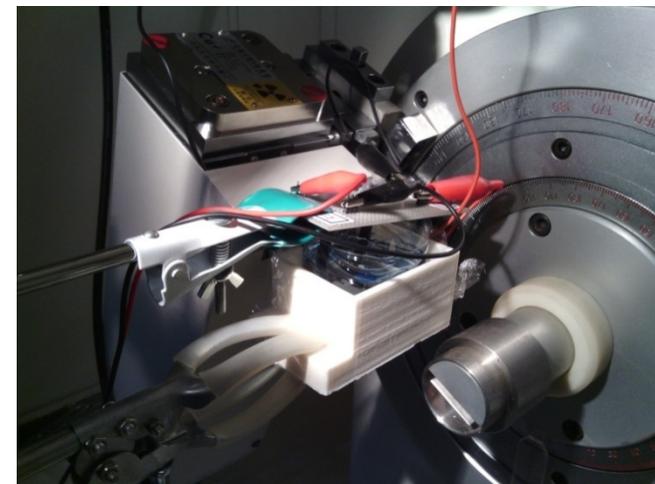
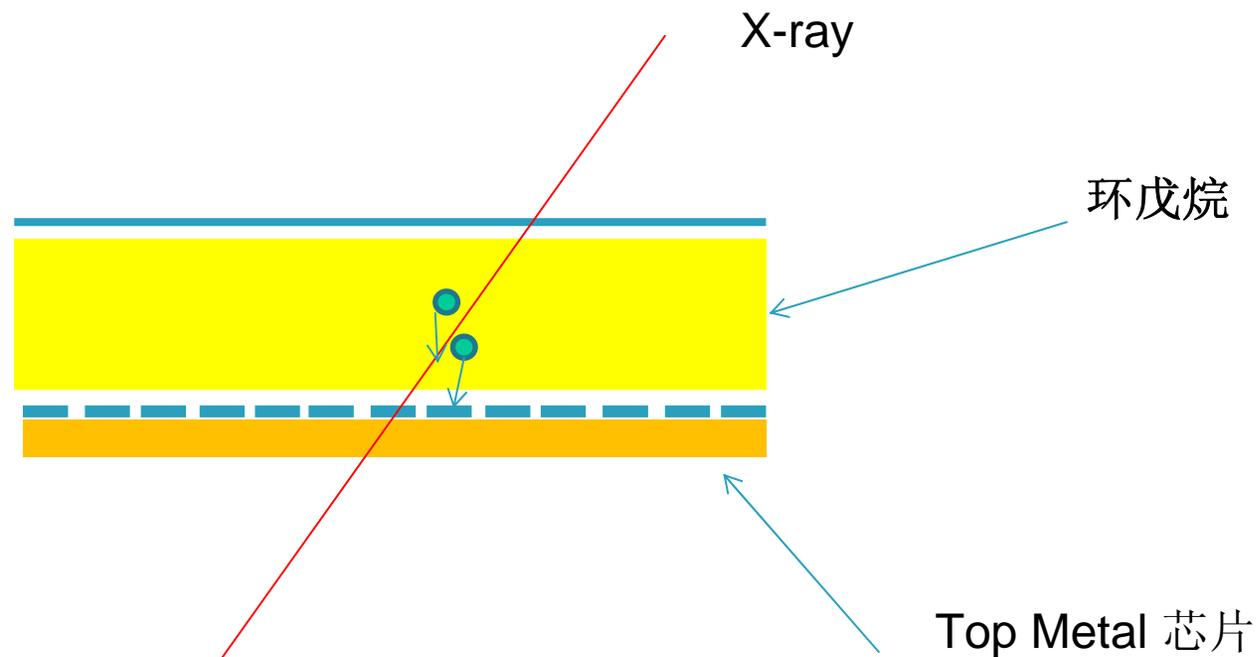
# 微型TPC



达到**TPC**的空间分辨率物理极限：**TPC**的分辨率由电子在漂移过程中的扩散决定。

**用途：** 做为高精度**TPC**可用于高能物理实验  
高精度束流监控探测器

# 环戊烷探测器



X射线入射环戊烷产生电子  
电子在电场作用下飘向**TopMetal** 芯片

用途:

X光成像  
CT  
中子成像



# 展望

- 积极参与国际及国内的高能物理实验，加深对像素探测器的理解，提高设计水平。
- 开发高性能的像素探测器芯片，针对具体的应用，设计专用的像素探测器。
- 开发低噪声以及高速读出电子学，为芯片测试和应用做准备。



# 谢谢！

- 感谢各位专家和领导莅临指导
- 希望各位专家和领导支持和关注PLAC的发展

## 再次感谢各位！