

NvDEx实验进展

陈凯

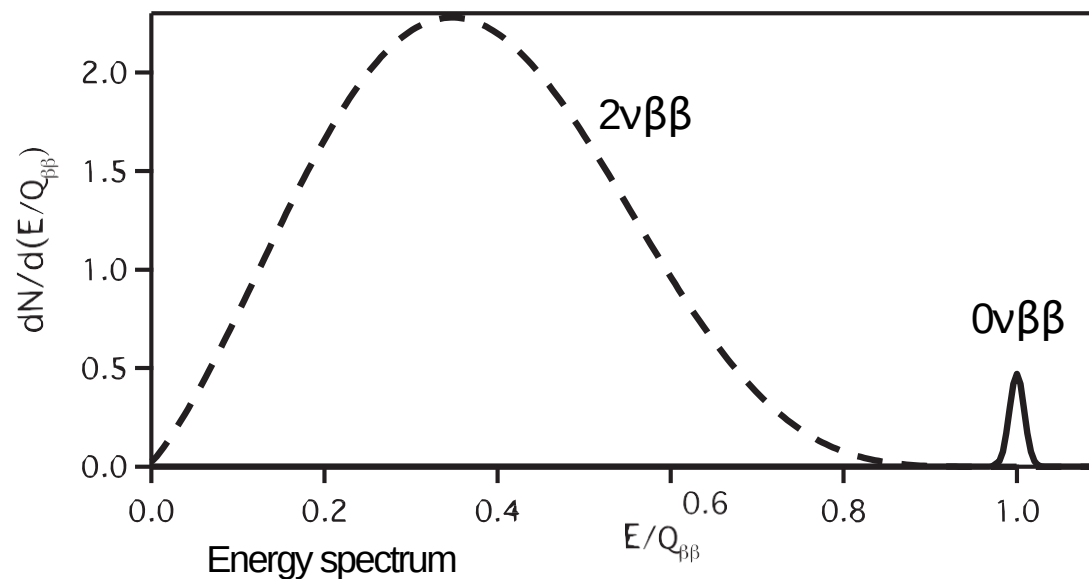
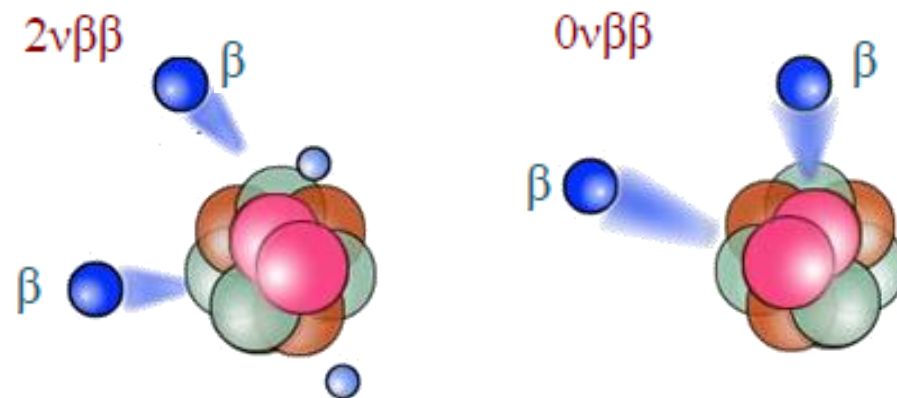
华中师范大学

中国高能物理非加速器战略研讨会

高能所 2021年5月15日

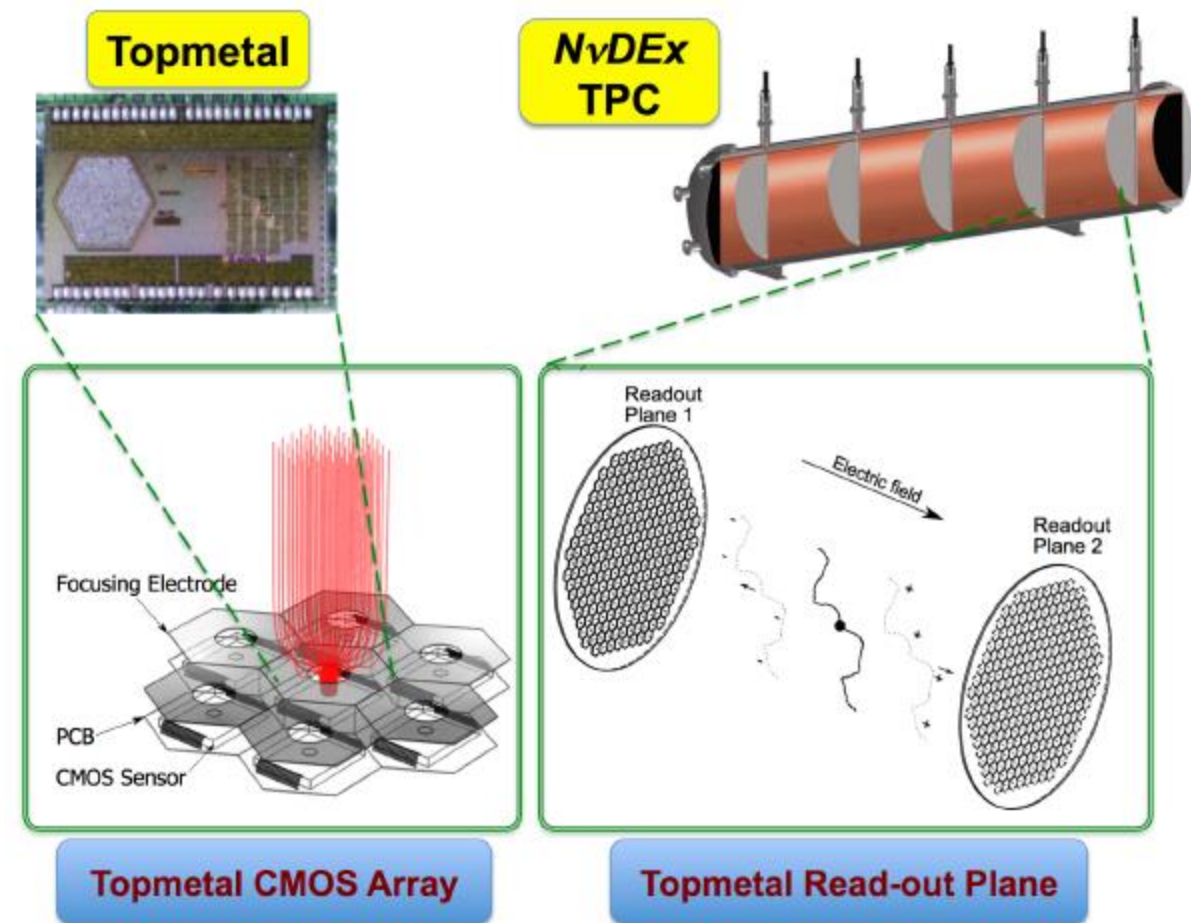
无中微子双贝塔衰变

- 物理意义：中微子性质
 - 质量
 - 是否为自身反粒子
- 实验依赖于
 - Q值
 - 能量分辨率
 - 本底控制



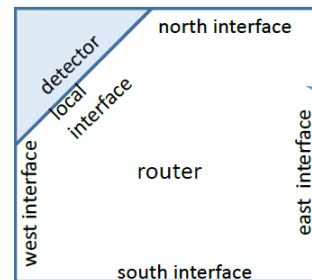
NvDEx实验: ^{82}Se + TPC + Topmetal-S + CJPL

- ^{82}Se ($^{82}\text{SeF}_6$)高Q值: 2.998 MeV
- Topmetal-S: 无放大离子漂移信号读出, 高信噪比
- CJPL: 减少宇宙射线相关本底
- TPC: 径迹重建, 可扩展性

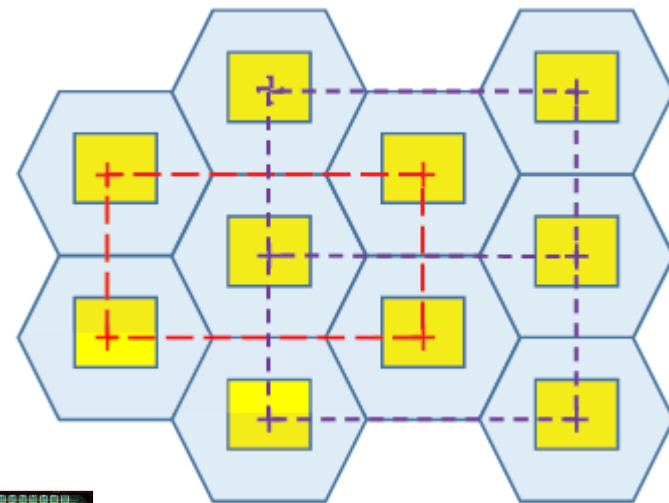


Topmetal-S芯片 (Version 1)

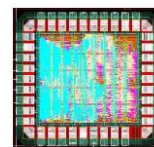
- 2 mm × 3 mm
- 预期灵敏度：电子学噪声 $30e^-$



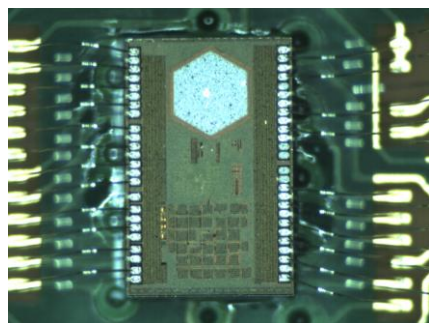
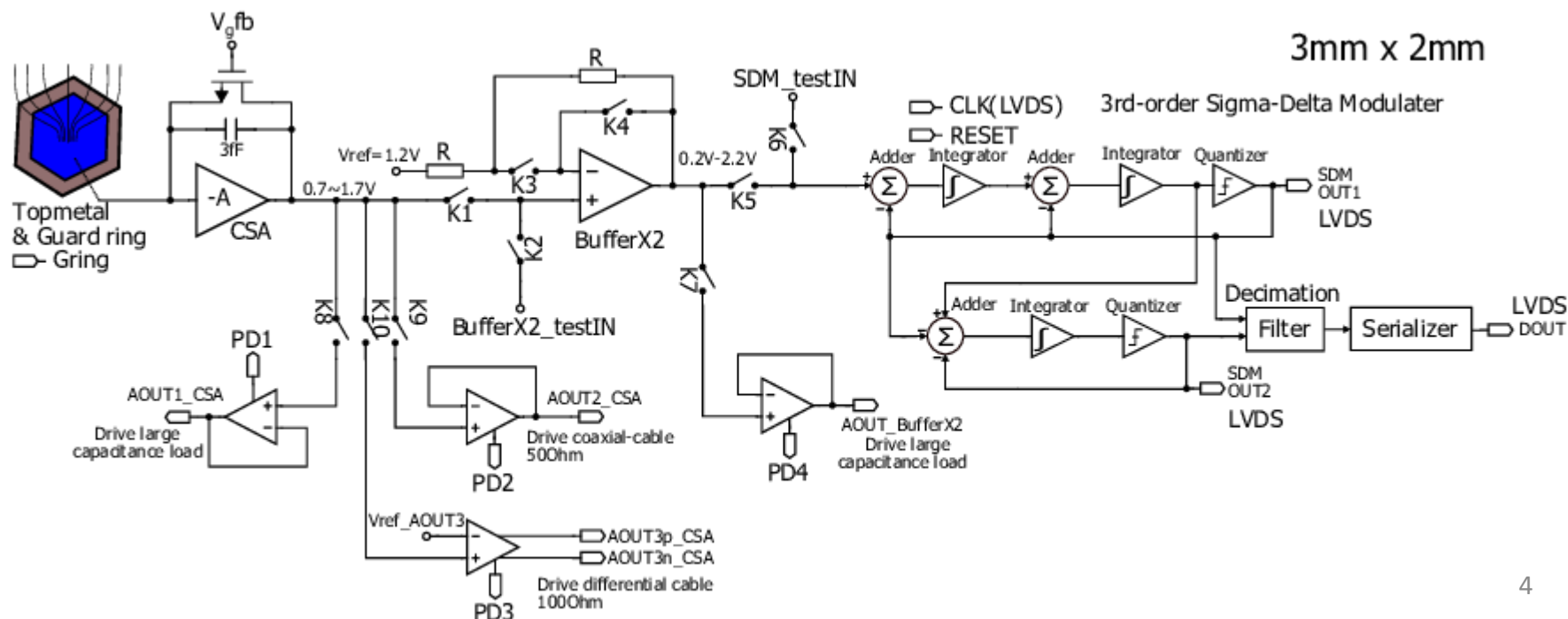
四个双向接口



分成两个2-D网络

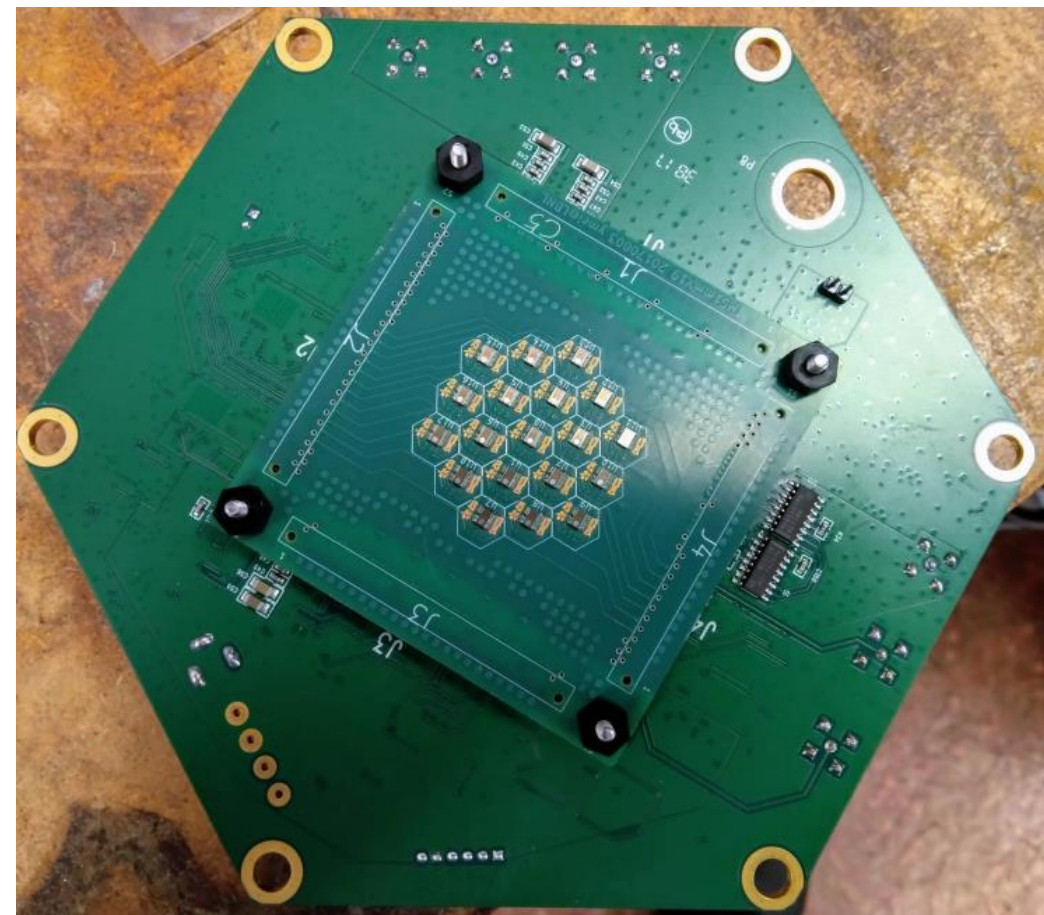
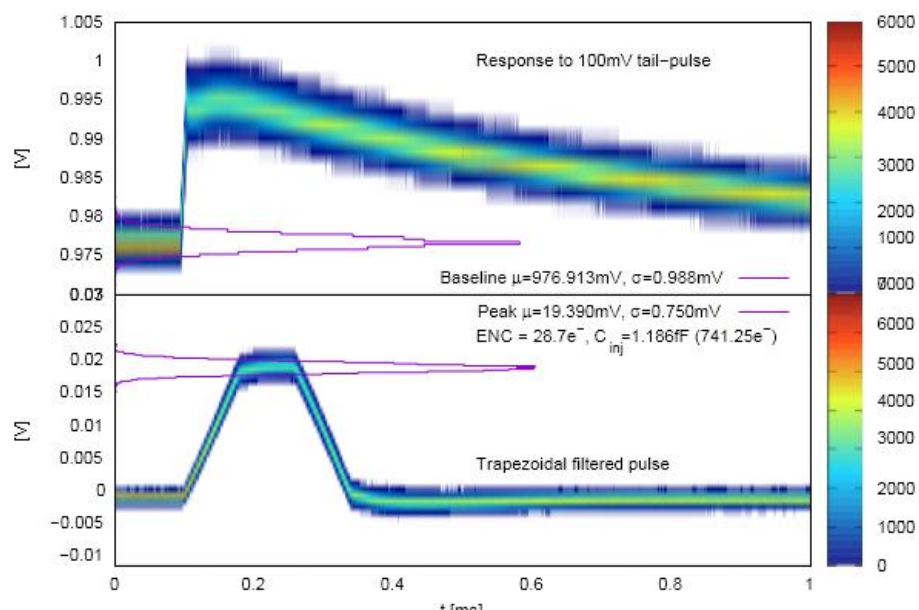


3mm x 2mm

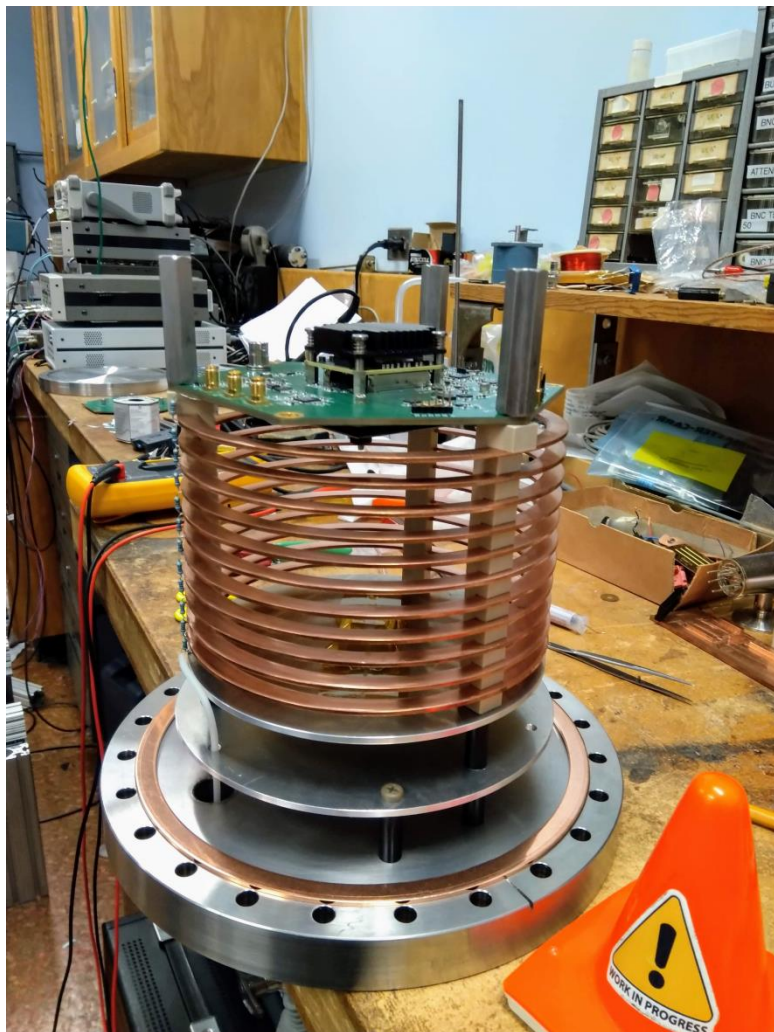


Topmetal-S测试

- 单芯片电学测试
- 19个芯片组成的阵列能量分辨率测试

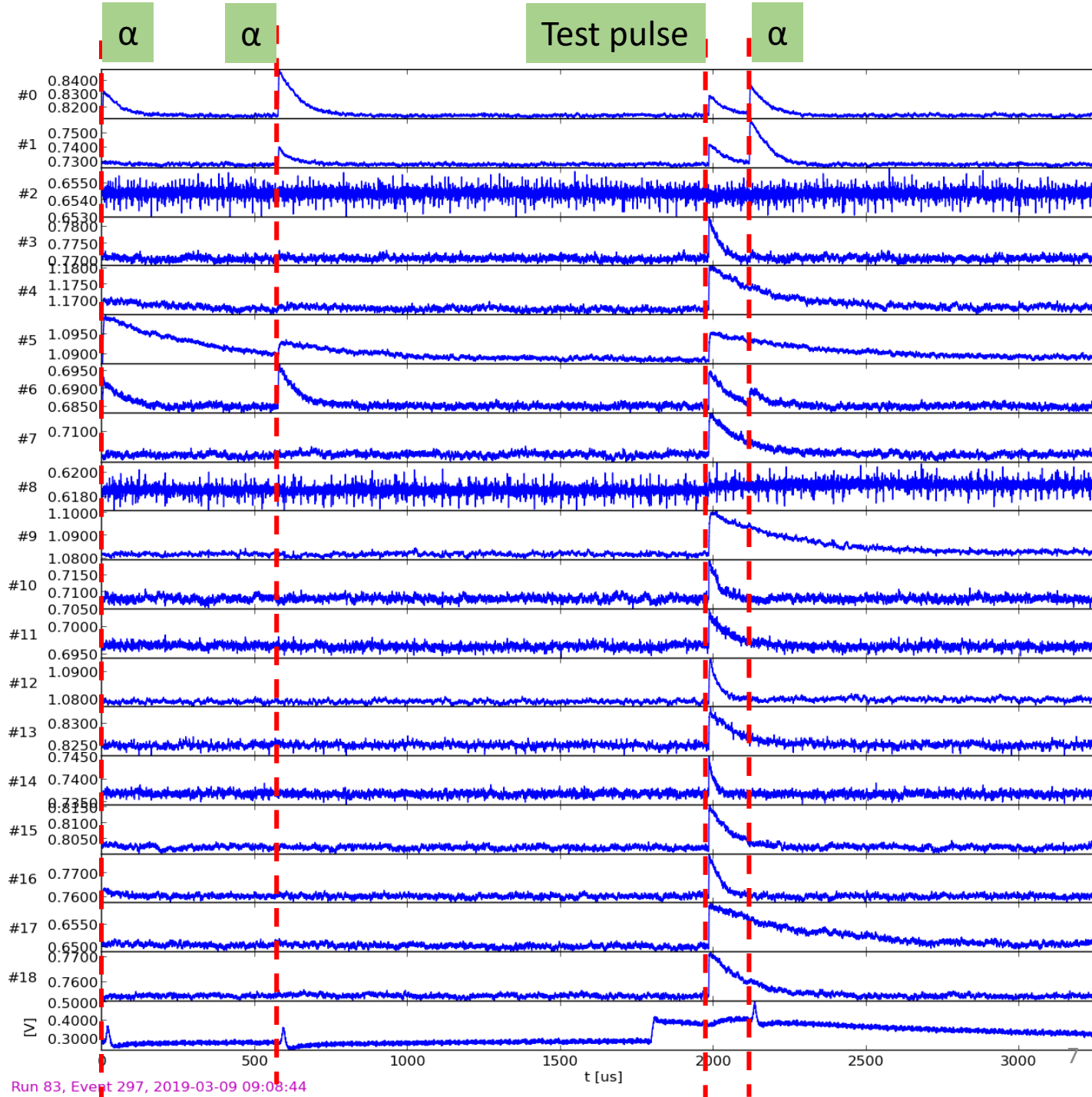


LBNL测试系统



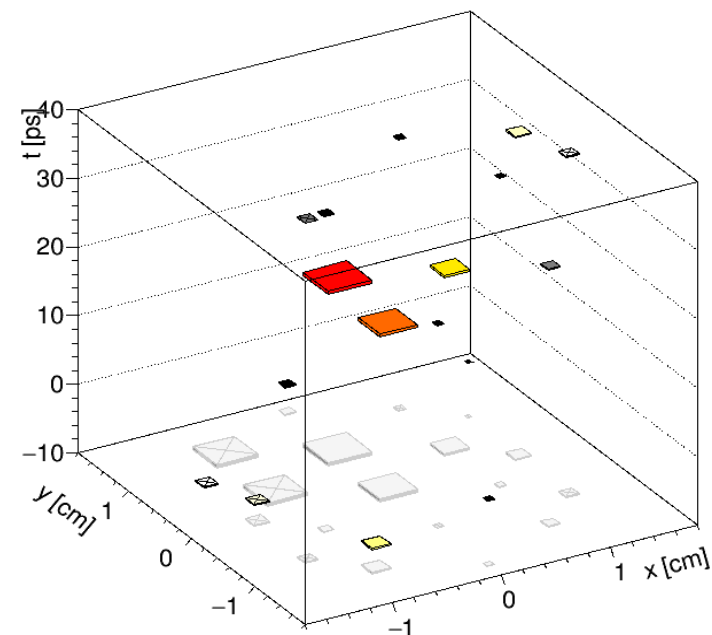
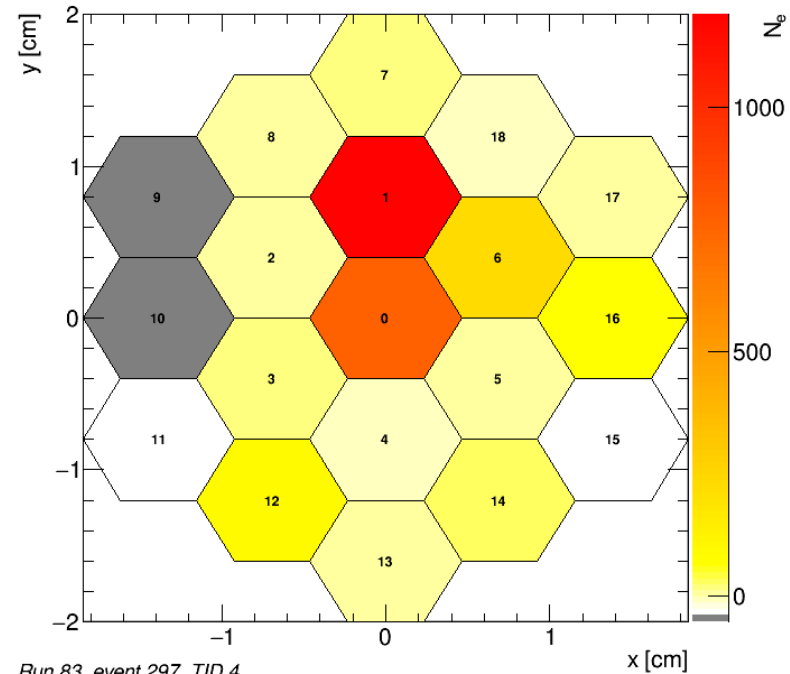
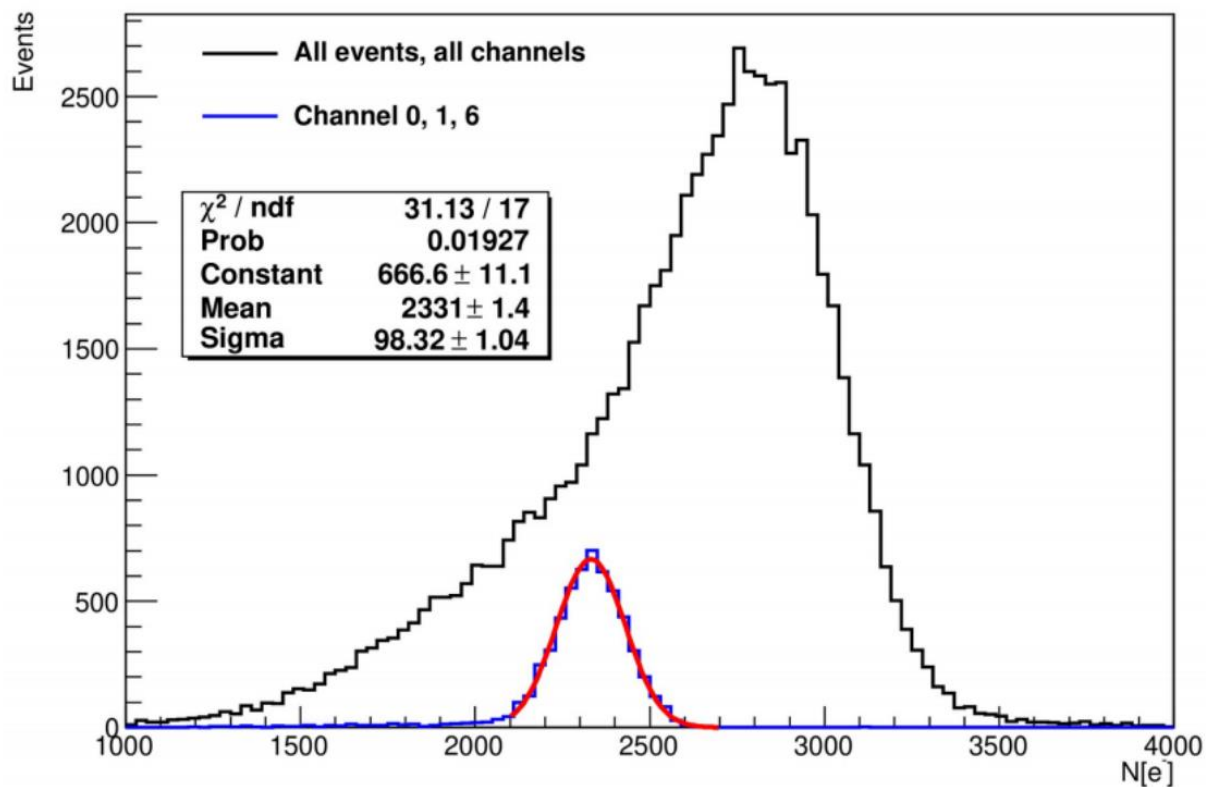
Am241 α

- 明显的物理信号



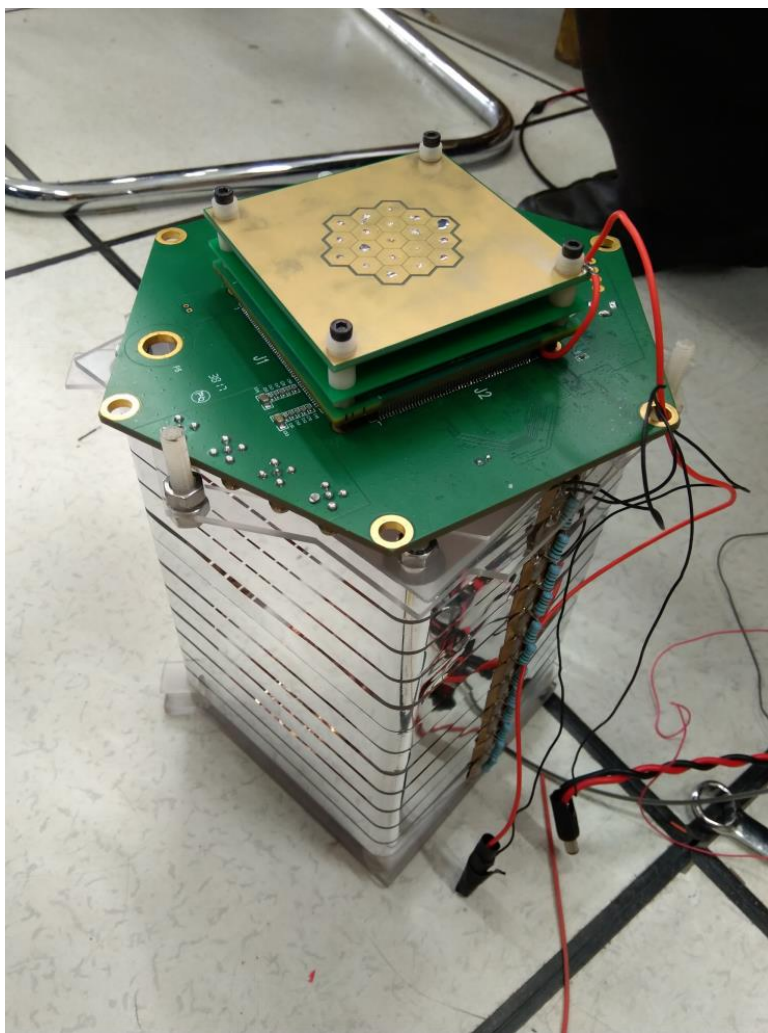
Am241 α 能量测量

- ~1%预期电子数(假设CSA增益和设计接近)
 - 漂移电场低



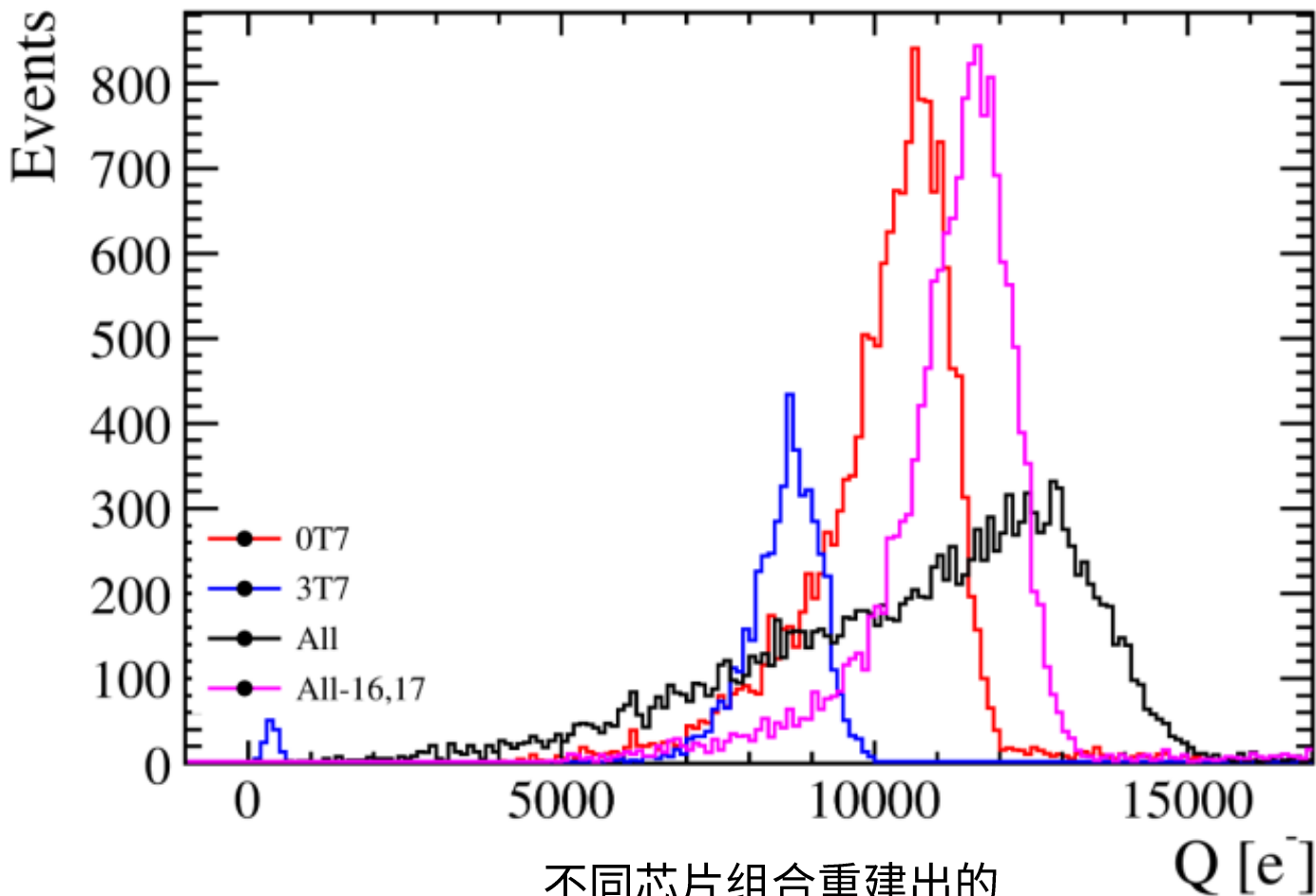
Run 83, event 297, TID 4

华中师大测试系统



Am241 α

- 漂移电场足够高
- ~5%预期电子数(假设CSA增益和设计接近)

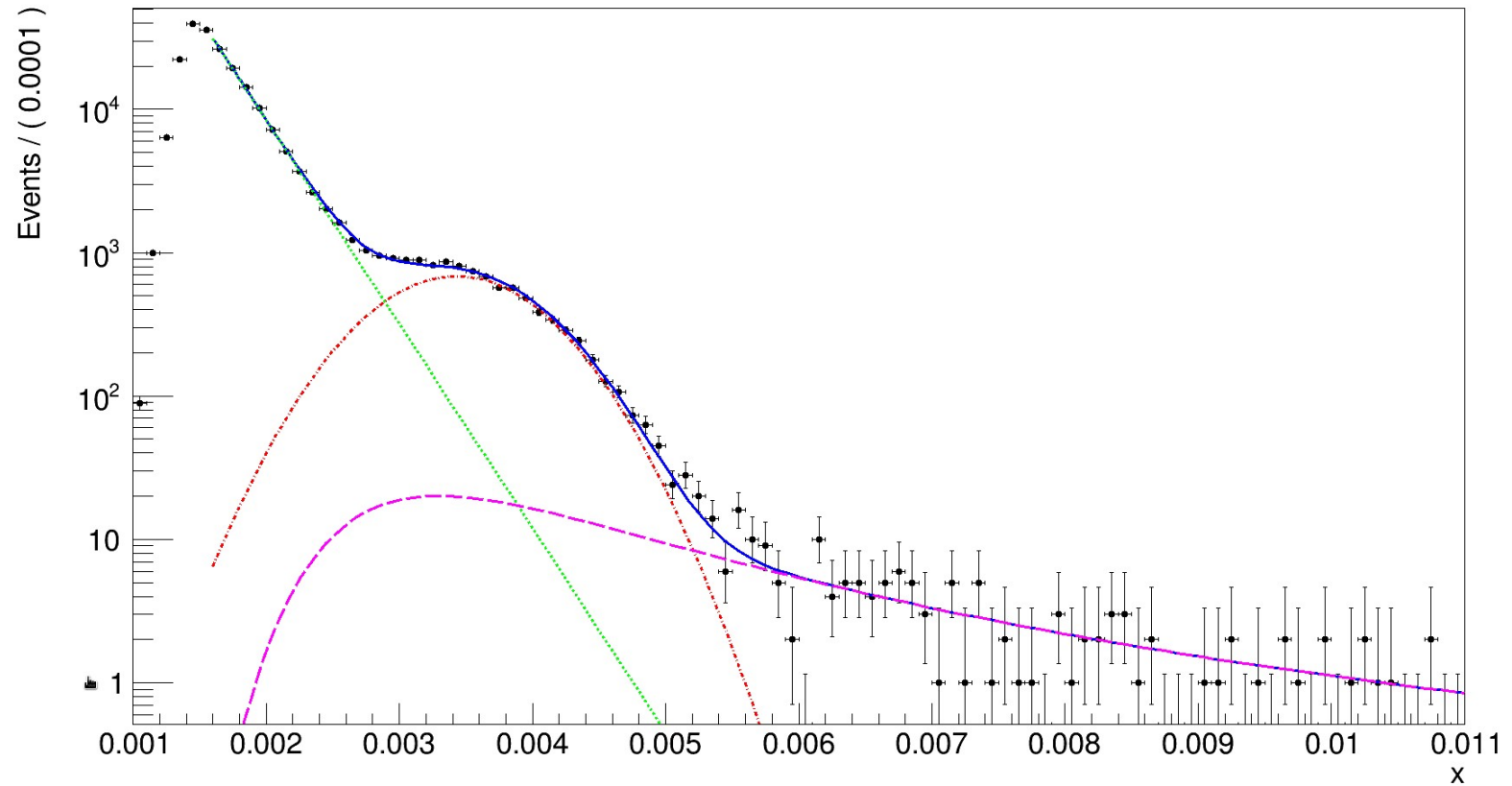


不同芯片组合重建出的
单个 α 电离出的电子个数

Am241 γ

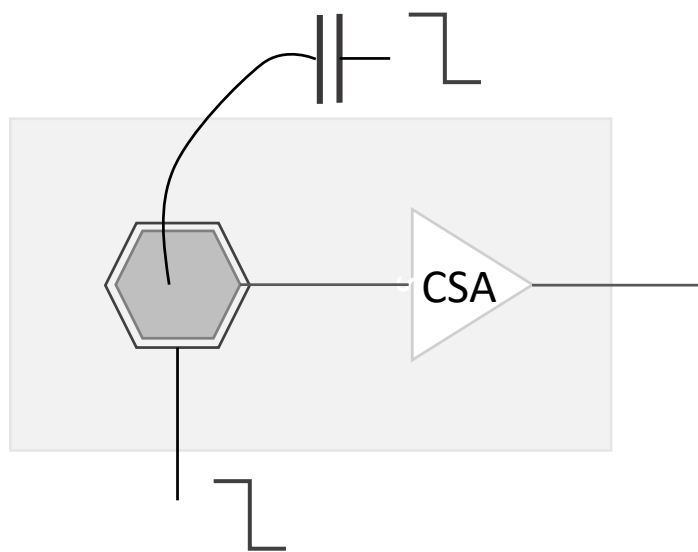
- $E_\gamma = 26 \text{ keV}$

A RooPlot of "x"

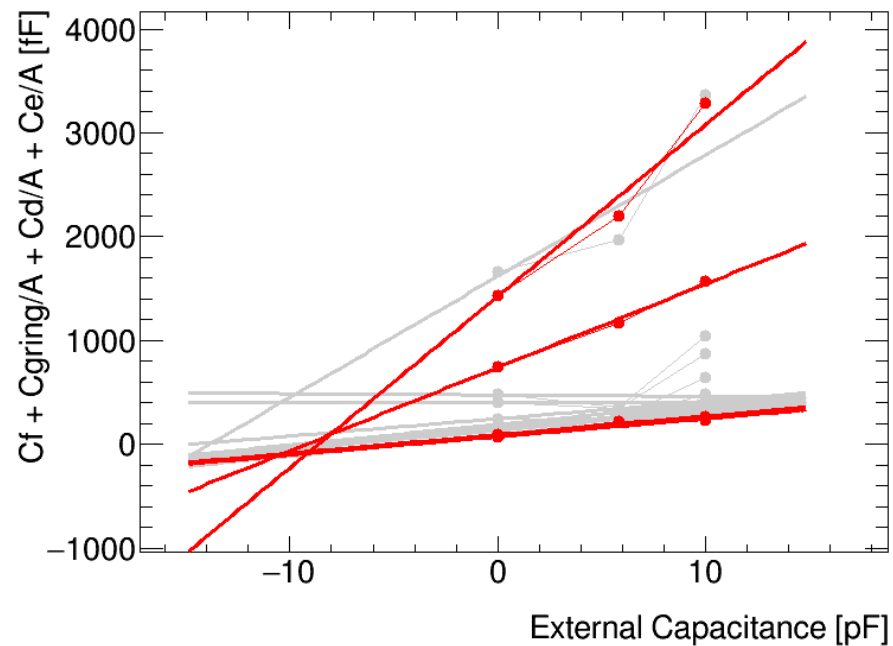
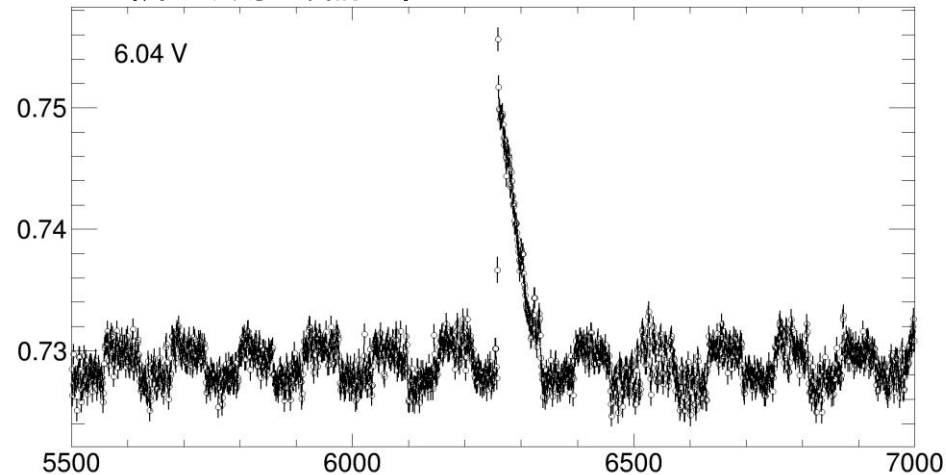


电容测量

- 电桥法
- G-ring上电容为仿真值的~20倍
- 对地电容~10 pF, 仿真值(~5 pF)

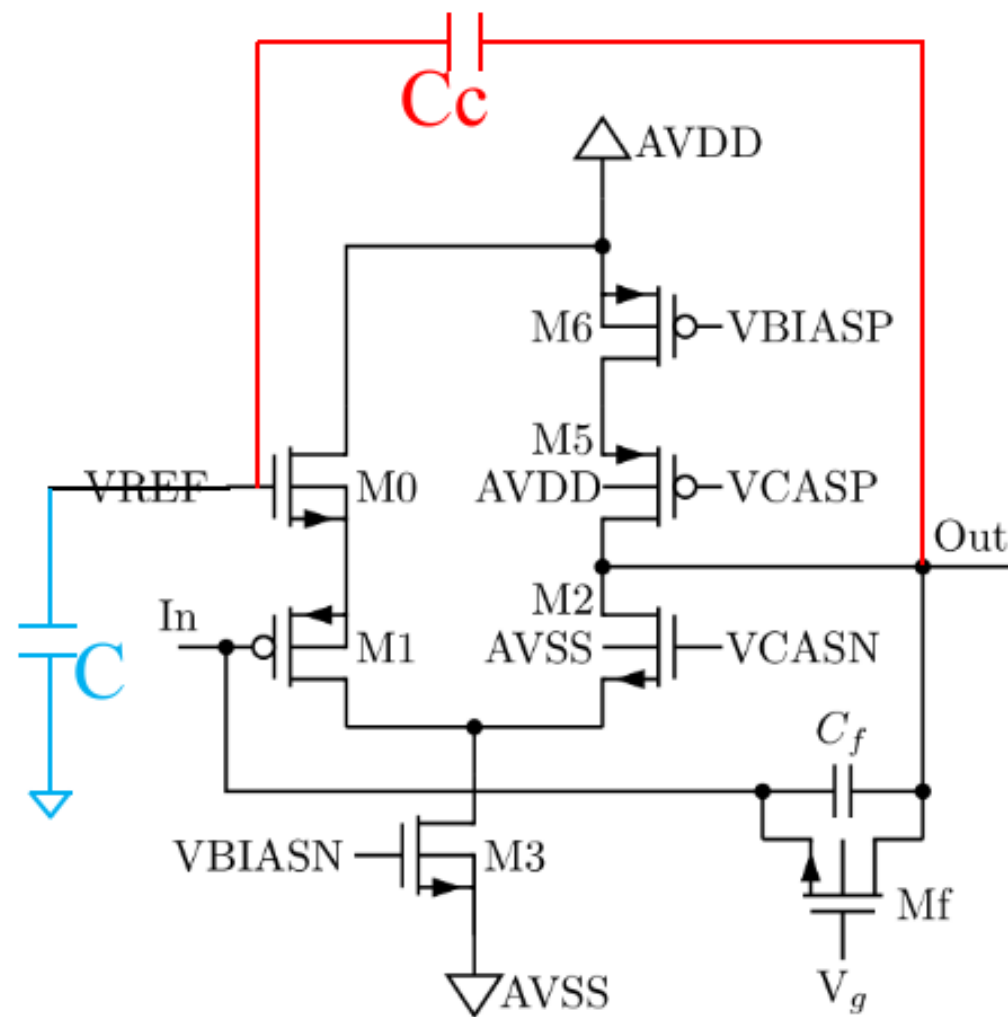


电桥法测试输出

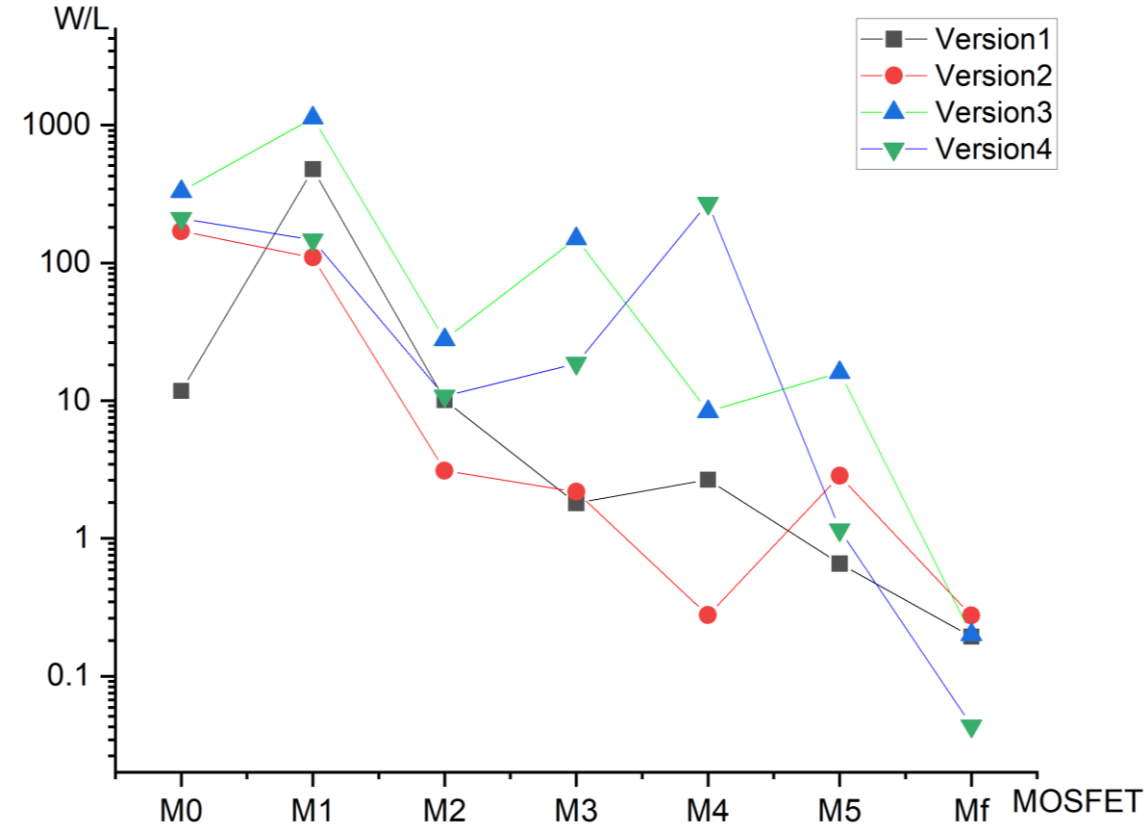


芯片问题

- 偏置电压受输出信号影响，影响放大器直流工作点
- 解决办法：芯片的偏置电压部分增加抗干扰屏蔽
- 第二版芯片
 - 即将在国产工艺流片：华虹宏利130nm
 - 预计将于5月底投版流片，8月底返回展开测试，年底完成初步测试
 - 升级后端DAQ系统，兼容支持20路高速数据接收



The distribution of MOSFETs in different versions



Notes:

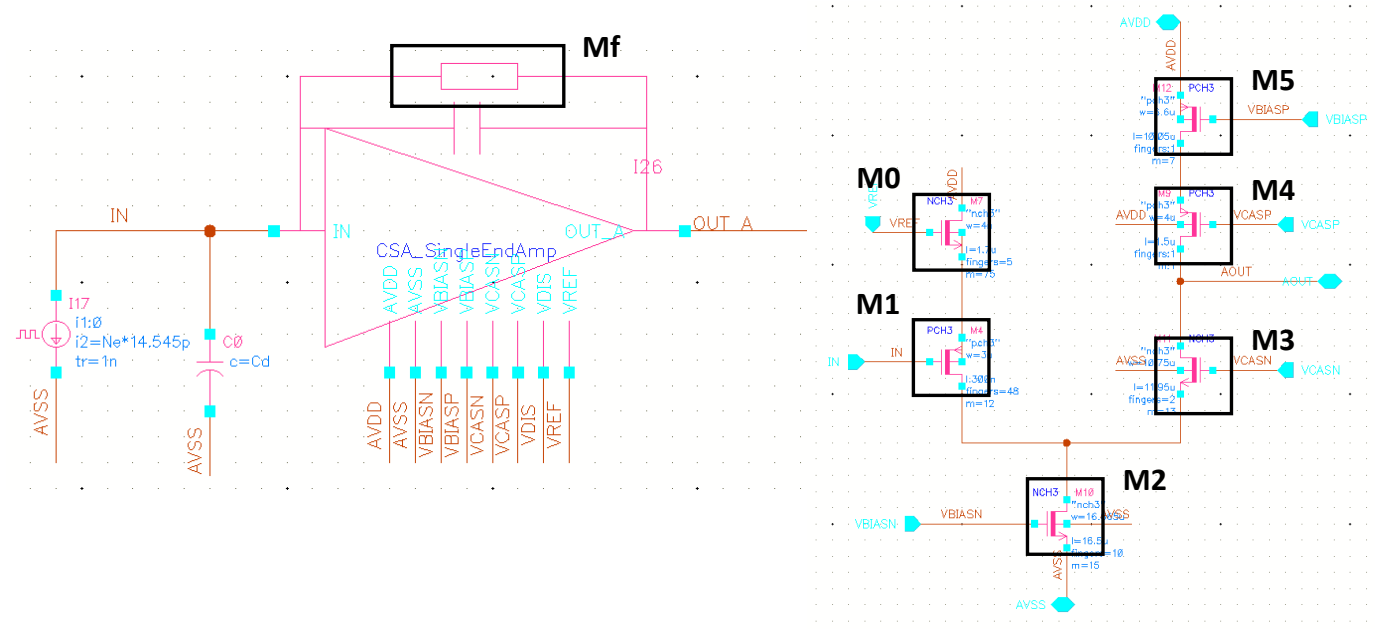
M0-M5 are in the operational amplifier.

Mf is the feedback resistance.

Y-axis is displayed in Log10.

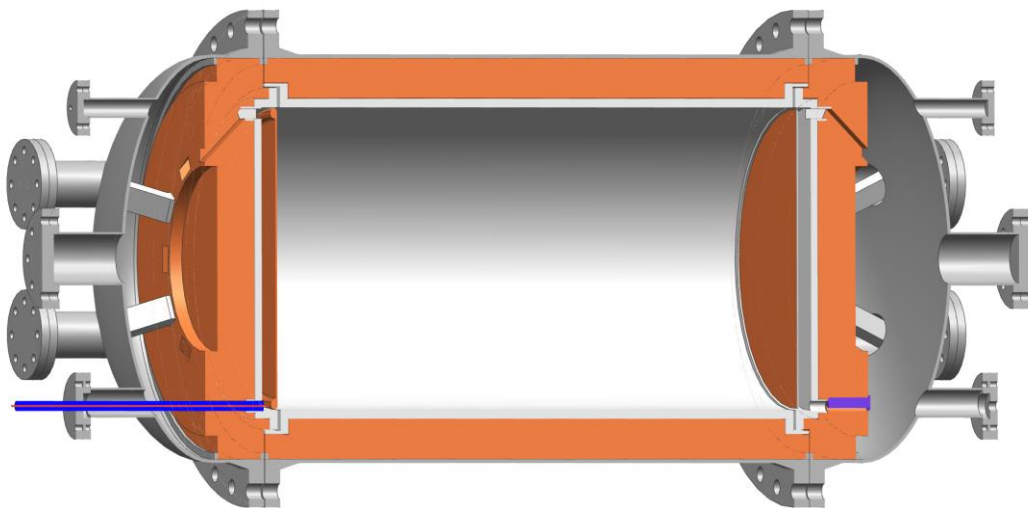
The multiplier of each MOSFET is not displayed in the graph.

Gain and ENC are the mean values from MC Sampling under TT 27°C.

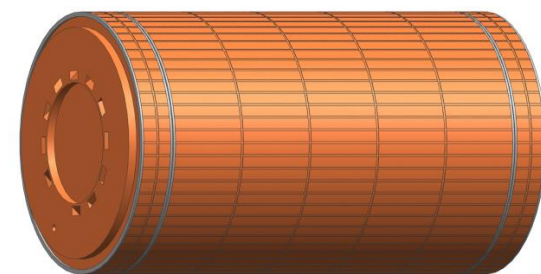
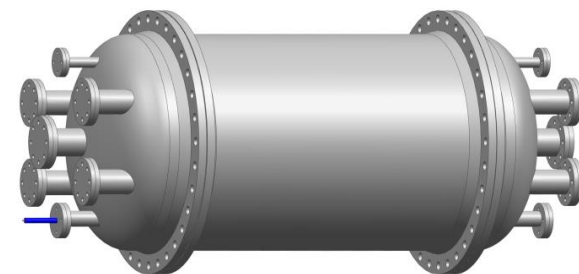


	Version1		Version2		Version3		Version4	
	W/L	Multiplier	W/L	Multiplier	W/L	Multiplier	W/L	Multiplier
M0	20/1.7	75	680/4	69	1487.5/4.5	80	840/4	40
M1	144/0.3	12	32.9/0.3	45	396/0.35	4	44/0.3	76
M2	166.65/16.5	15	62/19.95	60	555.8/20	13	108/10	20
M3	21.5/11.95	13	10/4.6	12	188.1/1.25	15	56/3	5
M4	4/1.5	1	0.65/2.35	1	10/1.2	2	190/0.7	2
M5	6.6/10.05	7	38.85/13.65	1	160/10	1	11.55/10	1
Mf	0.85/4.4	1	0.55/2	1	0.3/1.5	1	0.4/9.2	1
Gain	75.47dB		90.09dB		82.41dB		89.31dB	
ENC	44.22e-		53.56e-		52.87e-		49.97e-	

NvDEx-100



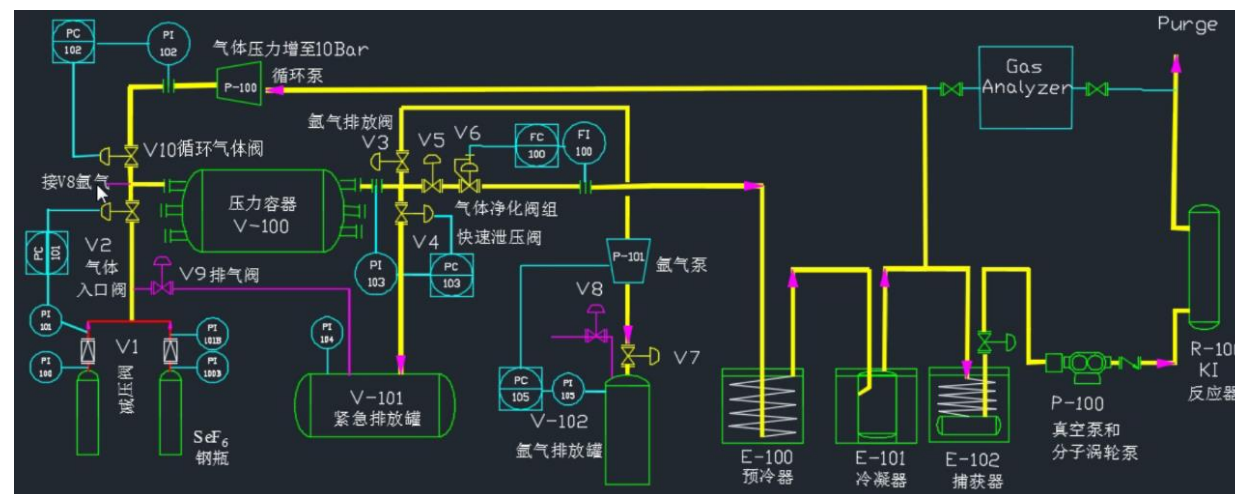
20平米实验空间



正在进行100千克地面样机的研制高压气腔与铜屏蔽体完成设计，开始采购加工

气体系统

- 需要打开气腔或检测到气体泄漏时，使用冷阱将 SeF_6 气体固化
- 冷阱也可用于纯化气体
- 概念设计完成，正在采购主要部件



研究团队

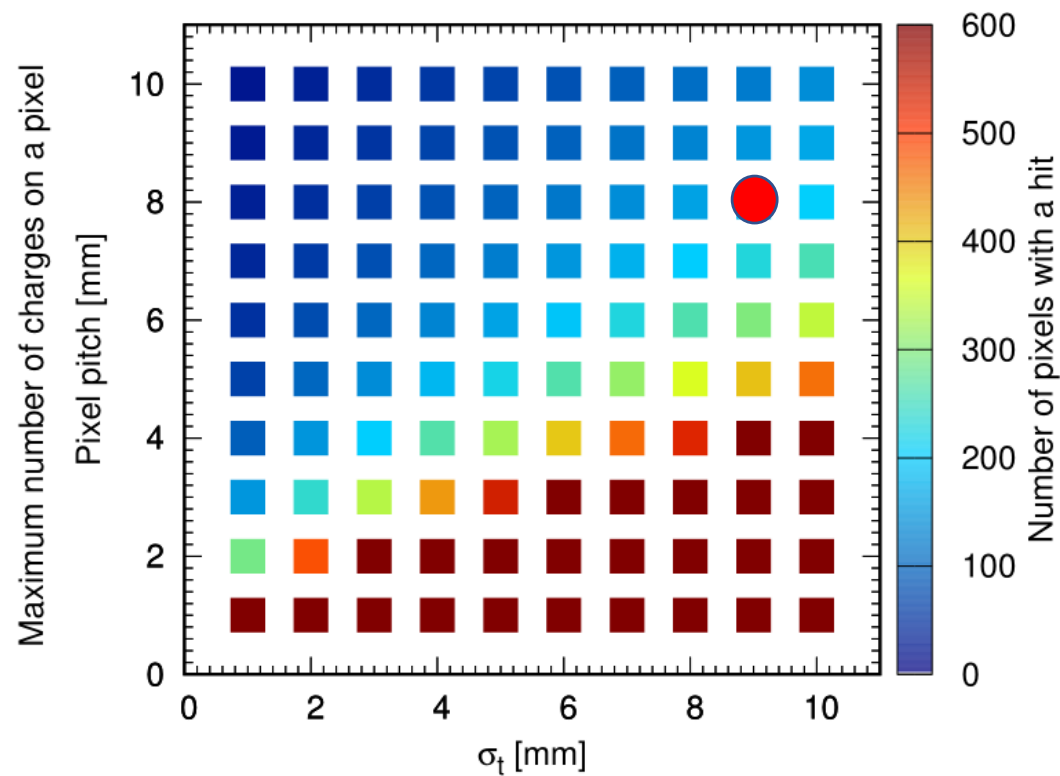
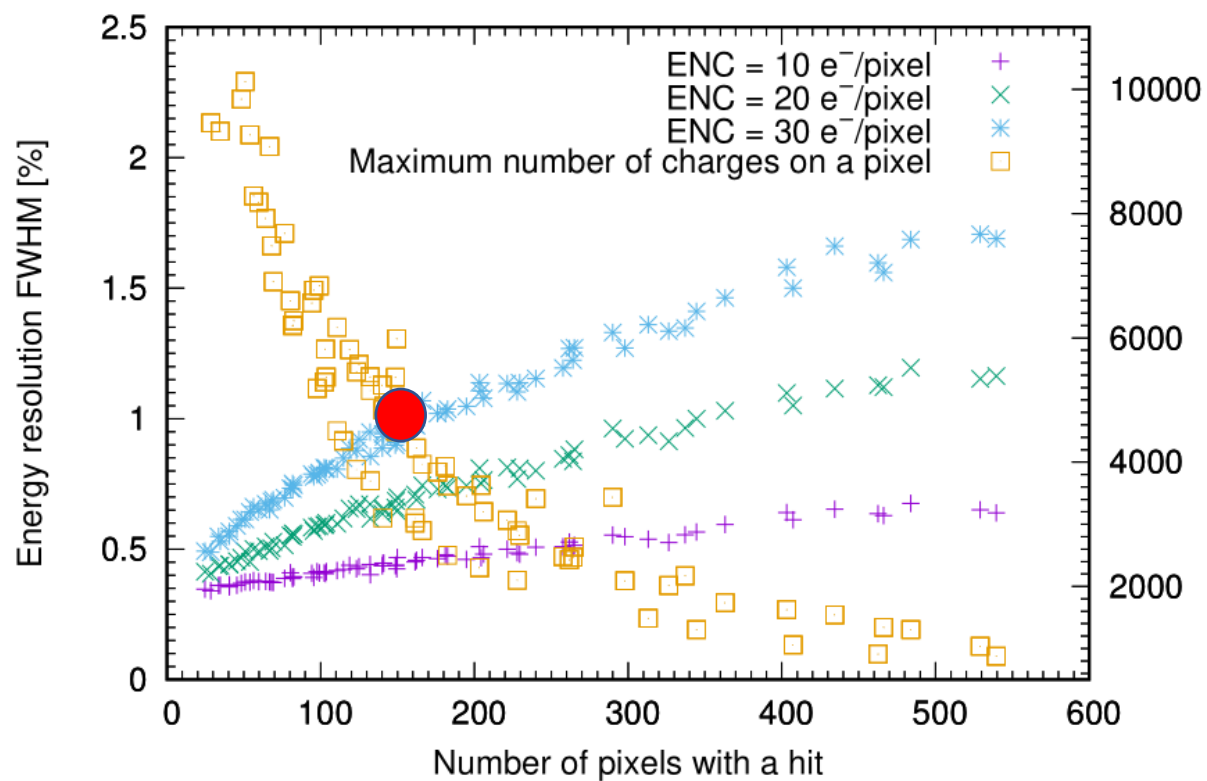
总体：	Yuan Mei (LBNL)、许怒 (近物所 & LBNL)
高压气腔：	胡强、仇浩 (近物所)
TPC：	何周波、鲁辰桂、路坦、邱天力 (近物所)
读出芯片及电子学：	陈凯、高超嵩、梁天宇、孙向明、汪虎林、 张冬亮 (华中师范)、杨懿琛(近物所)
气体系统：	常彦龙 (兰州大学)
模拟：	Emilio Ciuffoli、Surja Ghorui、肖牧云 (近物所)

总结

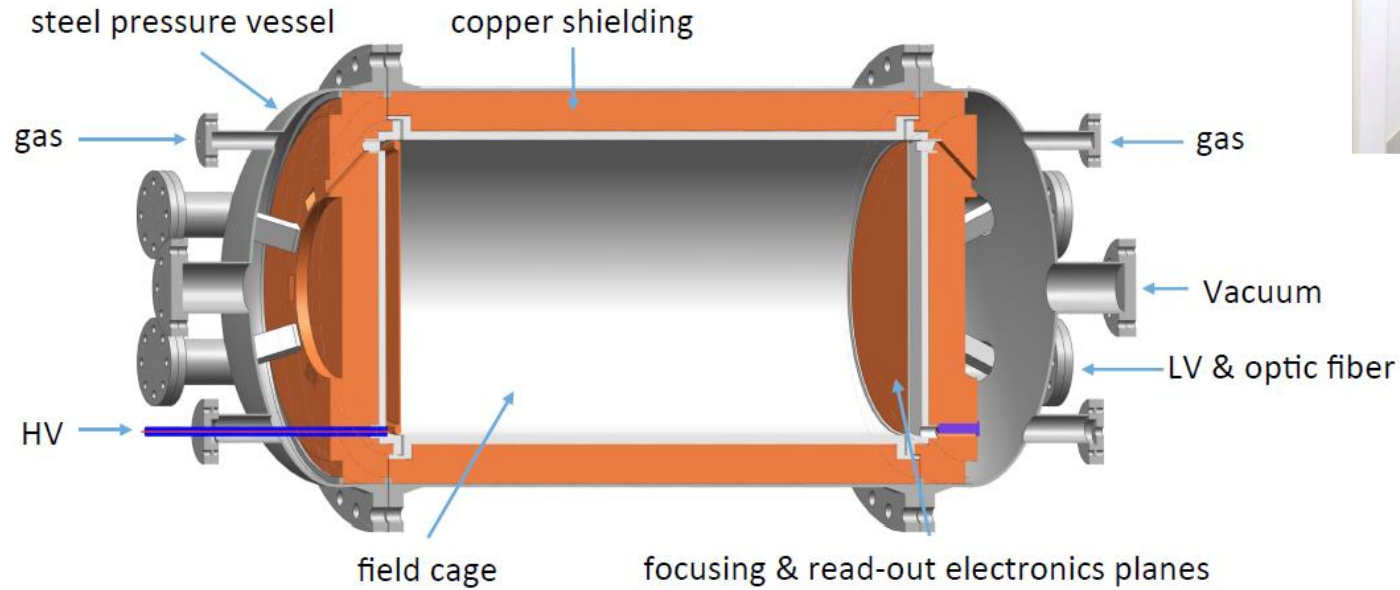
- NvDEx实验在降低本底方面有一些独特的优势和潜力
- 100-kg级实验地面样机基本完成设计
- Topmetal-S芯片可实现无放大离子漂移探测，预期电子学噪声达到 $30e^-$ ，是NvDEx实验实现1% FWHM能量分辨率的关键
- 第一版芯片测试基本完成
 - 验证了电荷探测能力
 - 电路偏置电压受输出影响，放大倍数受到限制
 - 实测电子学噪声 $\sim 600e^-$
- 第二版芯片
 - 增加偏置电压干扰屏蔽
 - 预期5月底投版流片，8月底开始测试，年底完成初步测试
- 计划
 - 2021：验证顶层金属硅芯片读出、完成高压气腔和气体系统
 - 2022：完成100-kg级实验地面样机

backup

噪声的要求

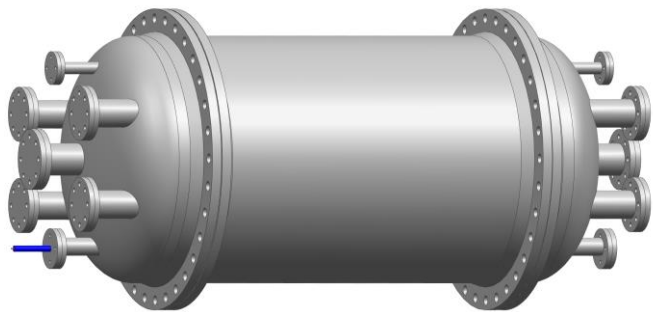


NvDEx-100



20 m²的地面实验室

- ~100kg 10 atm $^{82}\text{SeF}_6$ 气体
- 首先使用无毒的 SF_6 气体研制地面样机
- 摸索、验证高压气腔、铜屏蔽体、TPC场笼、气体系统制造工艺
- 10 atm气压下长期运行气密性—— SeF_6 有毒，环境含量要求 <0.05 ppm
- 读出平面联合测试：电子漂移（地面）、离子漂移（地下）

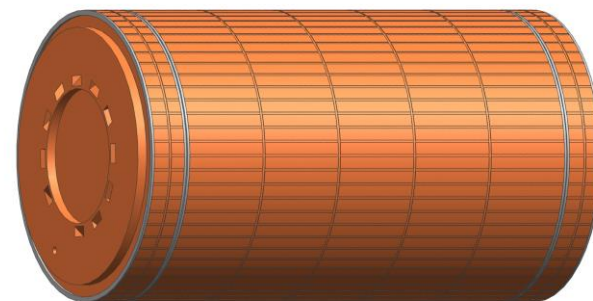


高压气腔：(低本底) 316L不锈钢
完成设计，开始采购部件、加工
长176 cm，内径：120 cm，厚：1 cm
漏率不大于 10×10^{-10} mbar .L/s



绝缘层： 高密聚乙烯HDPE

- 厚2.5cm
- 为满足绝缘要求，高压极板、场笼到铜屏蔽体的任何间隙距离不小于5cm



铜屏蔽体：(低本底) 无氧铜
完成设计，开始采购部件、加工
厚：12 cm

- 漏率不大于 10×10^{-10} mbar .L/s



TPC场笼：研制小样机，检验设计的
可靠性、合理性

- 内径260mm，长620mm
- HDPE 作为支撑
- 电极：FPC(宽度22cm) 铜纯度好于99.9% 或 0.1mm铜带