

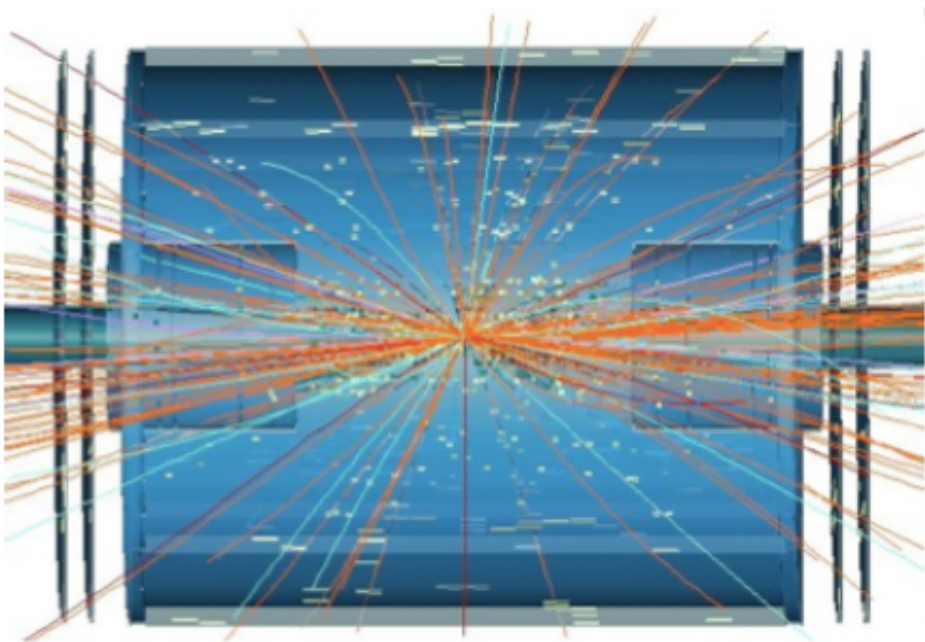
CMOS硅像素探测器抗辐照性能研究

梁志均

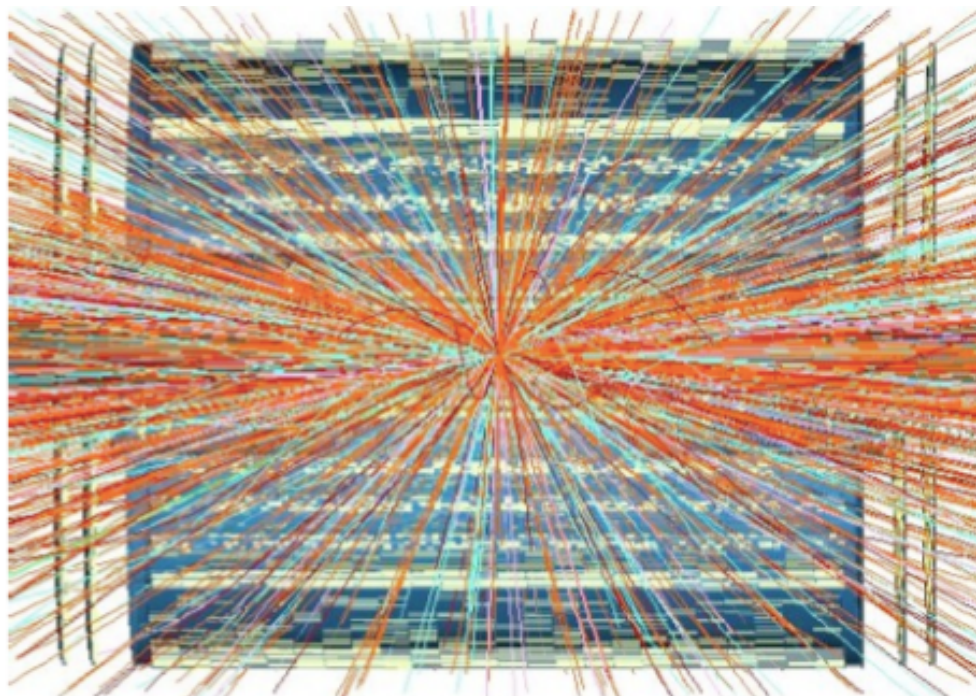
中国科学院高能物理研究所

项目背景

- 未来10年，大型强子对撞机（LHC）将升级为高亮度的HL- LHC。
 - 10倍以上的辐照剂量



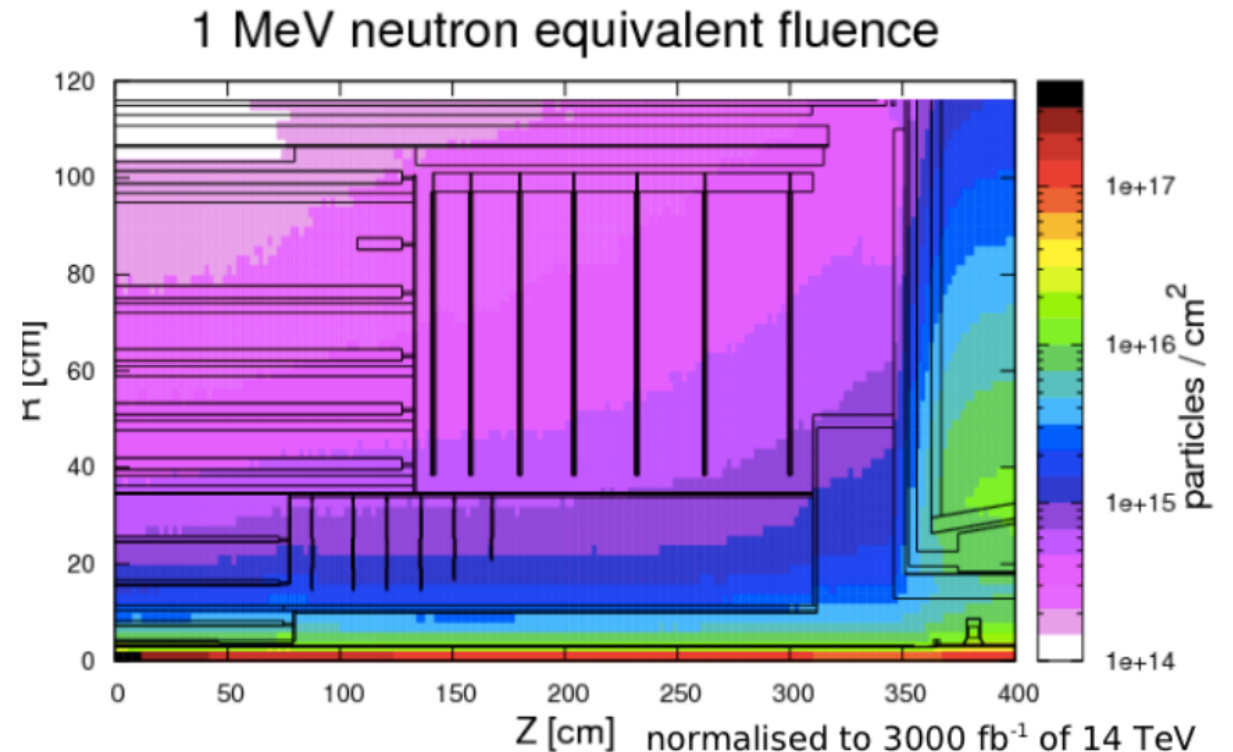
LHC



HL-LHC

项目背景 (2)

- Present ATLAS silicon detector is designed only up to $2 \times 10^{14} \text{ N}_{\text{eq}}/\text{cm}^2$
- Radiation hardness for strip detector upgrade is up to $2 \times 10^{15} \text{ N}_{\text{eq}}/\text{cm}^2$
- 需要一个新的探测器，以满足高亮度HL-LHC的要求。

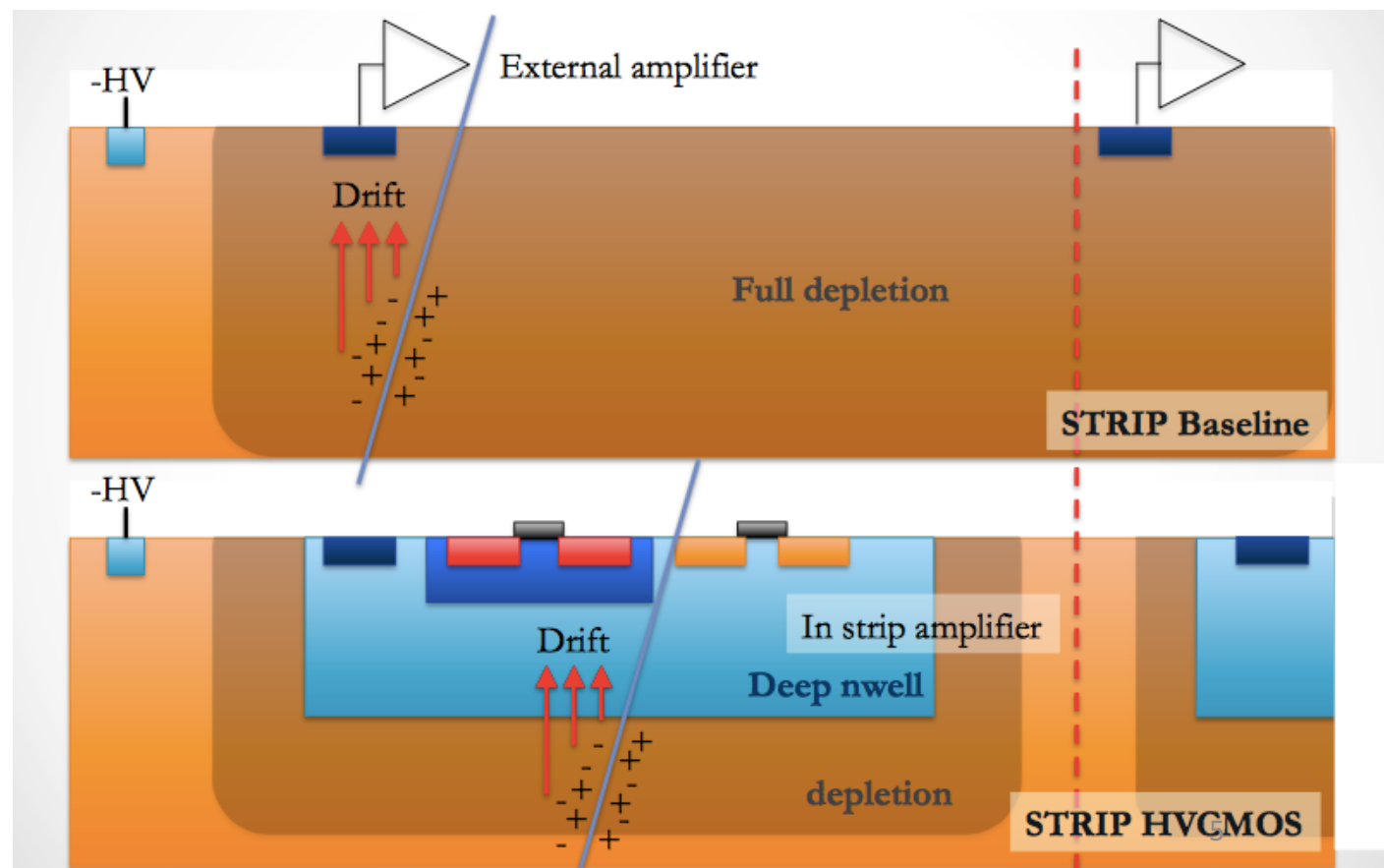


IHEP activity in ALTA5 tracker phase II upgrade

- IHEP activity in ALTA5 tracker phase II upgrade
 - Frontend electronic ASIC design
 - Silicon strip detector module R & D
 - CMOS strip R & D

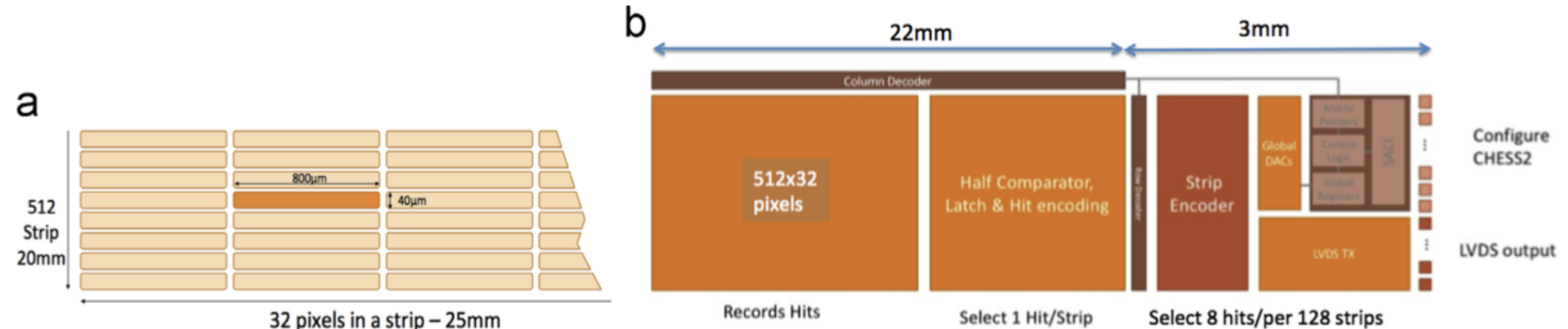
ATLAS CMOS strip探测器简介

- ATLAS实验的硅微条探测器的备用的方案研究
- 用 Austrian Micro Systems (AMS) HV-CMOS 350 um工艺研发硅探测器。
- 优点：
 - 内置放大器
 - 探测器与读出电路单片集成
 - 价格低
- 缺点
 - 信号小
- 参与单位
 - Liverpool, Oxford, SLAC
 - DESY, UC Santa Cruz
 - Ljubljana, IHEP



ATLAS CMOS strip探测器简介 (2)

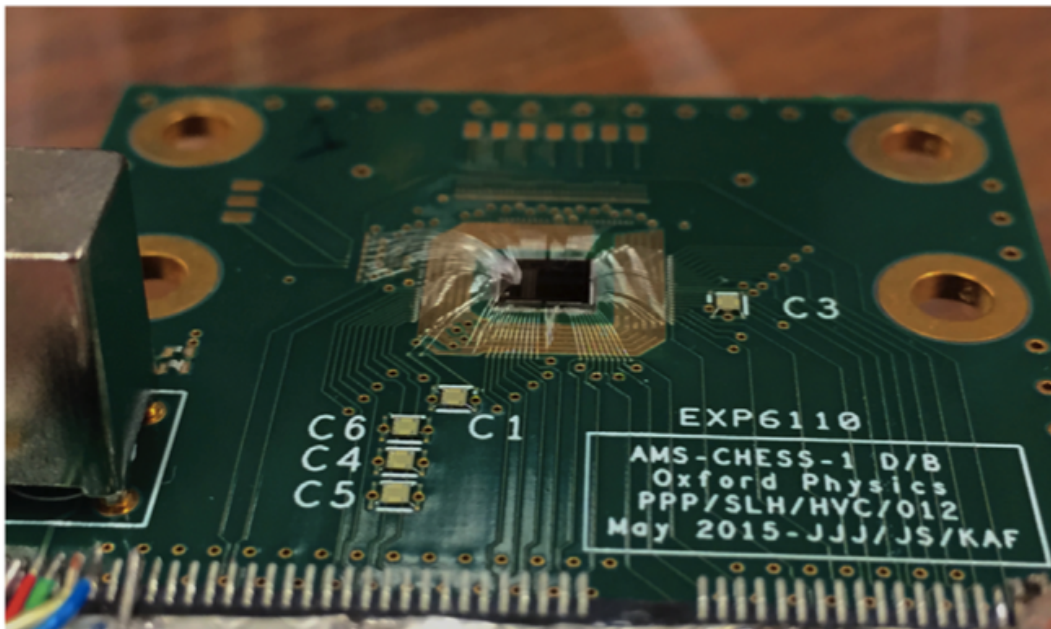
- 用长条形的CMOS pixel代替传统的微条探测器。
 - 像素大小：800X40微米
- 设计用于occupancy低的情况。
 - 8hits / 128 strips
 - Sensor集成读出电路，数字化编码读出



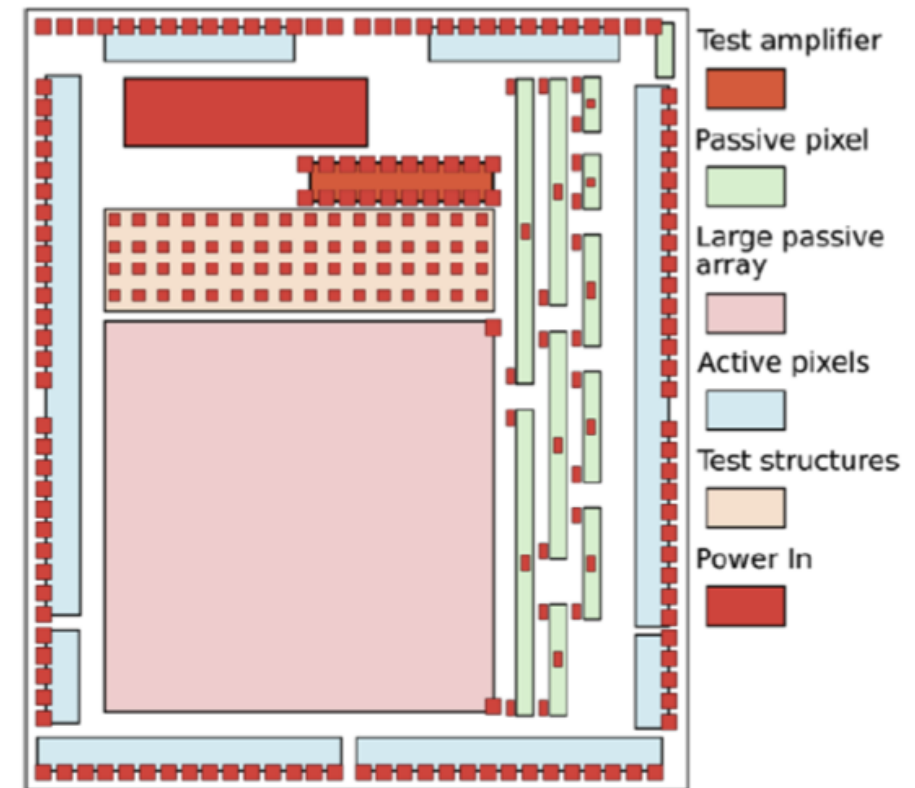
ATLAS CHESS1 chip

- 第一次流片：ATLAS CHESS1 chip
 - 有不同尺寸的active pixel arrays
 - 内置放大器
 - PMOS/NMOS

a

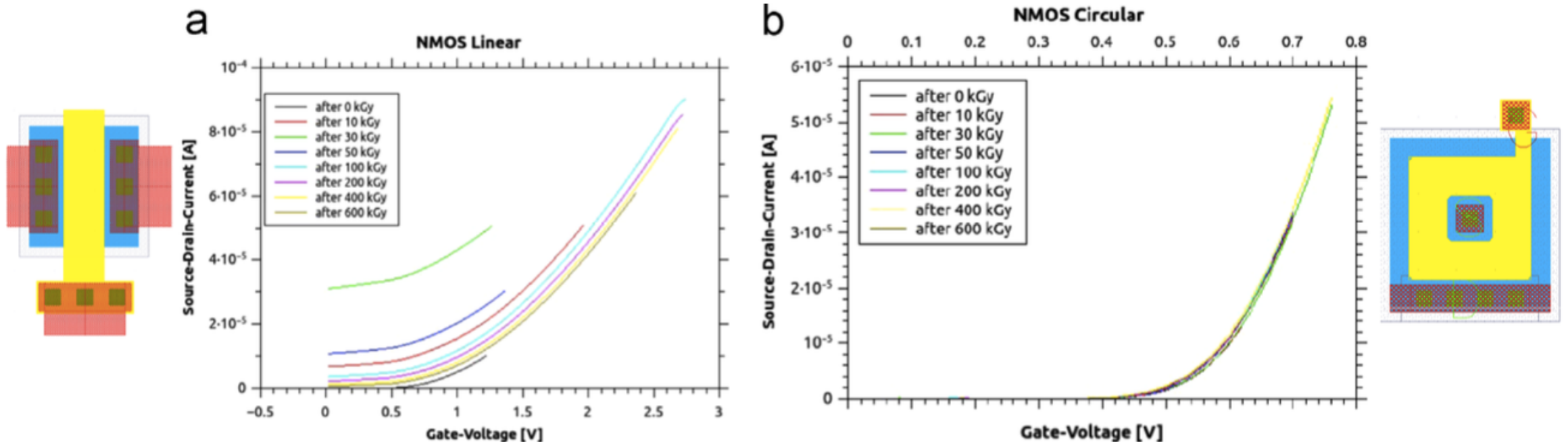


b



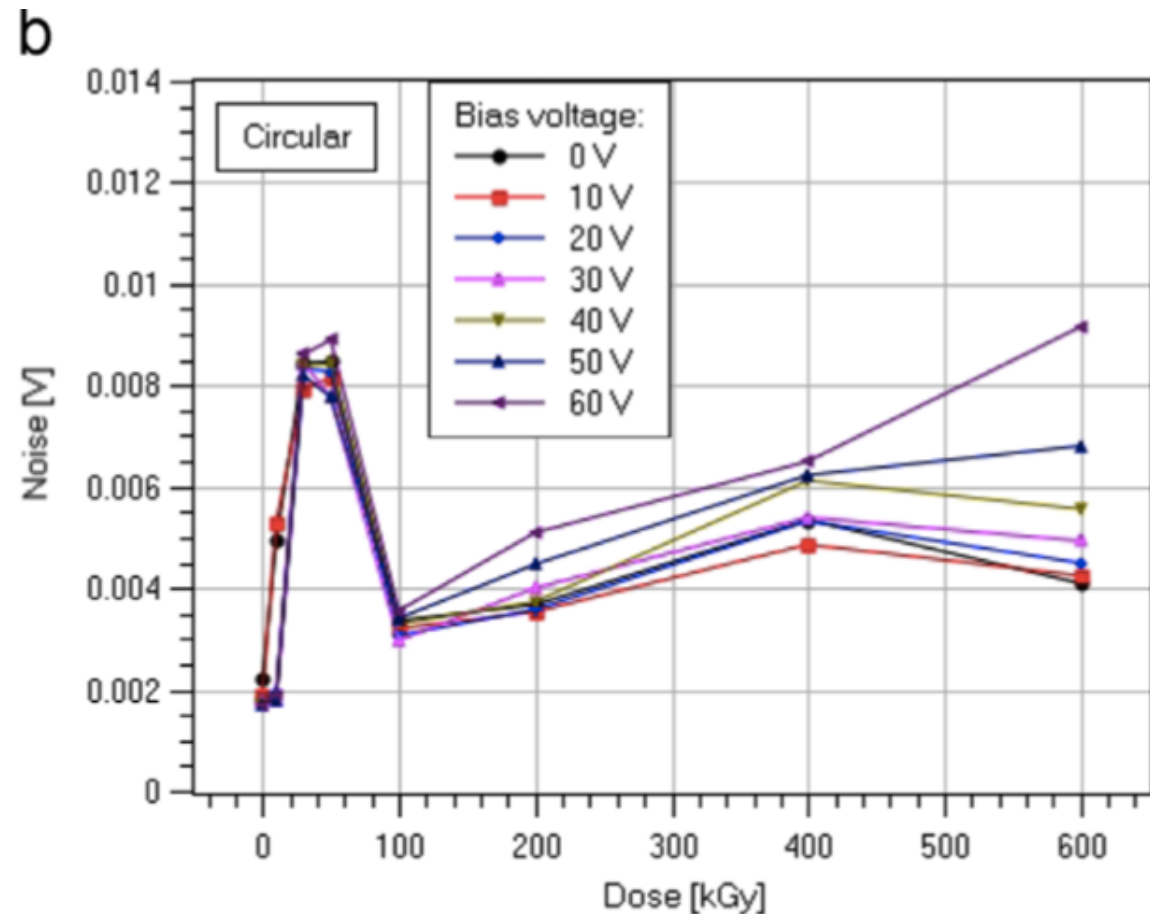
NMOS抗辐照性能

- 传统的线性型的NMOS设计抗辐照性能较低。
- 环形结构的NMOS性能较好。



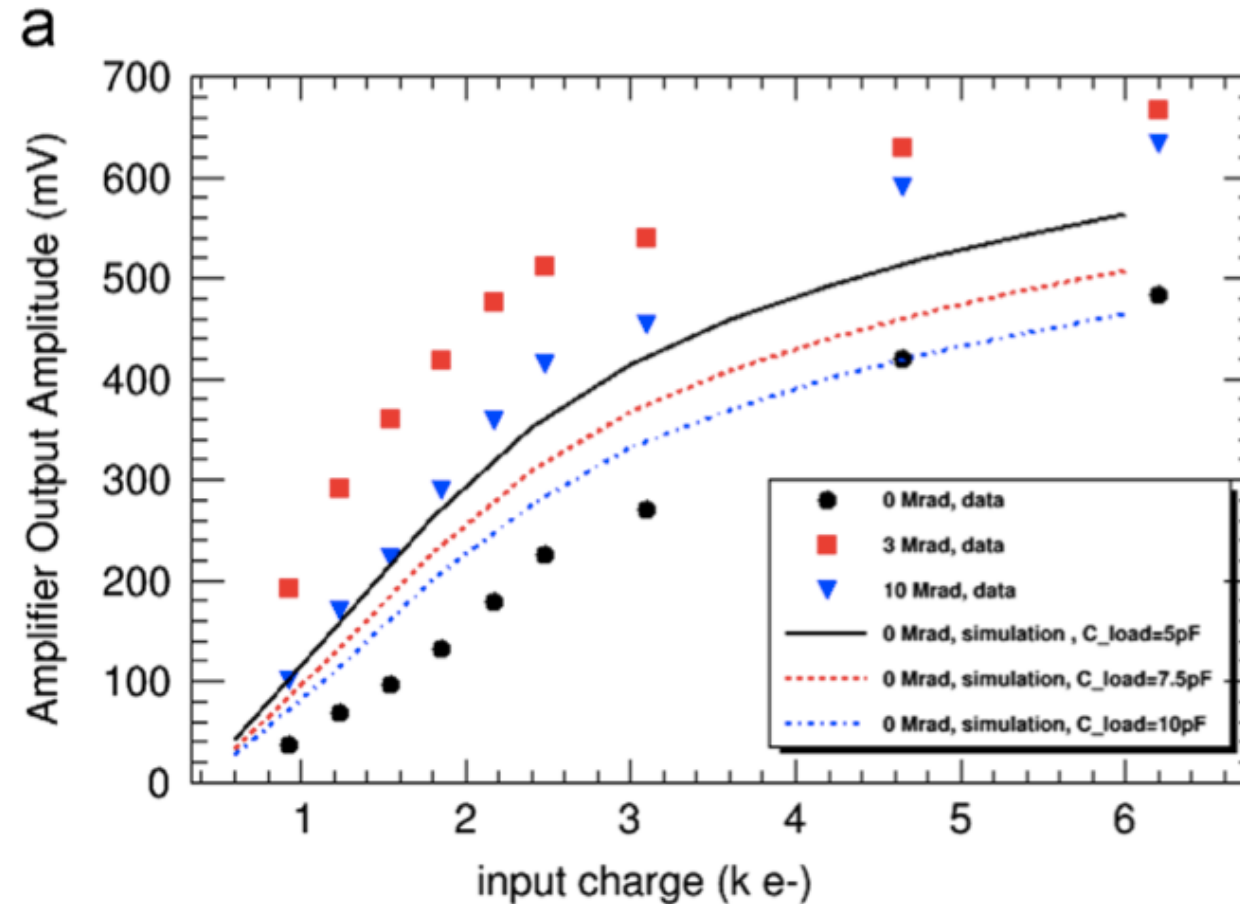
内置放大器的抗辐照性能

- 内置放大器的noise随辐照剂量，先增加后减少。
- 在50kGy达到最大值。



内置放大器的抗辐照性能 (2)

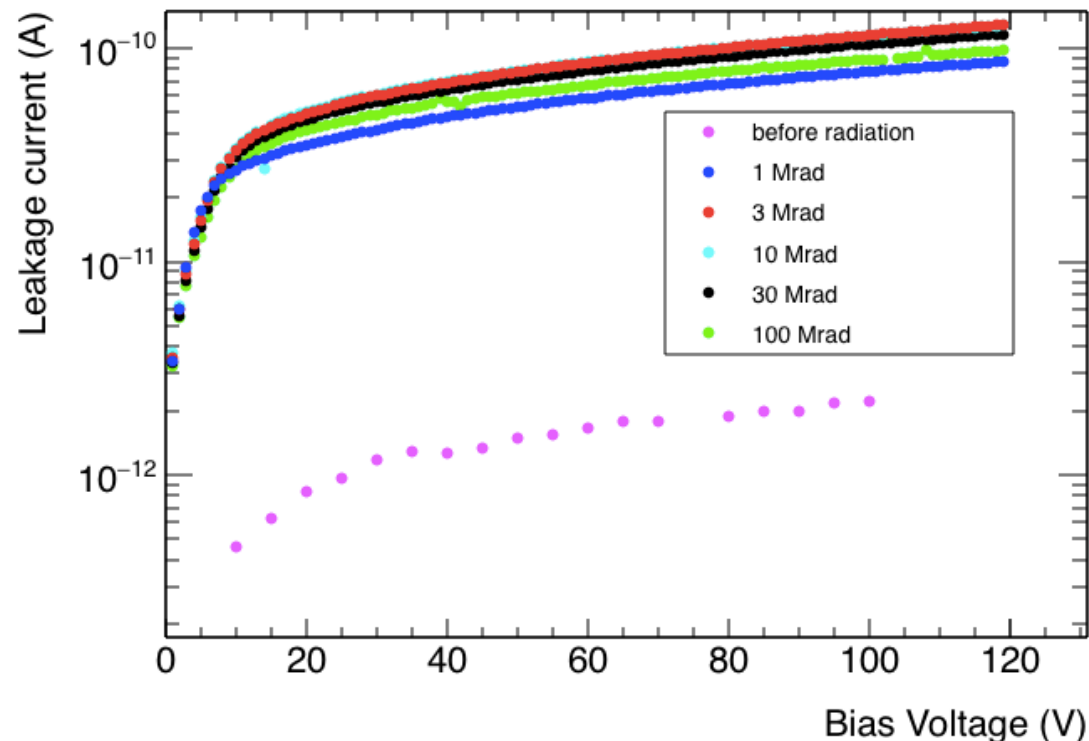
- 内置放大器放大系数随辐照剂量先增大后减少。



I-V curve after gamma Irradiation(1)

- Five CHESS1 chip with different dose
 - Irradiated by UNM group (Sally Seidel et al) at Sandia source
 - Requirement in ATLAS strip detector phase two upgrade: 60Mrad
 - I-V measurement result after gamma irradiation
 - Orders of magnitude higher in leakage current than before
 - No significant difference between 1Mrad and 100 Mrad irradiated chip
 - it is still less 1nA after gamma radiation.

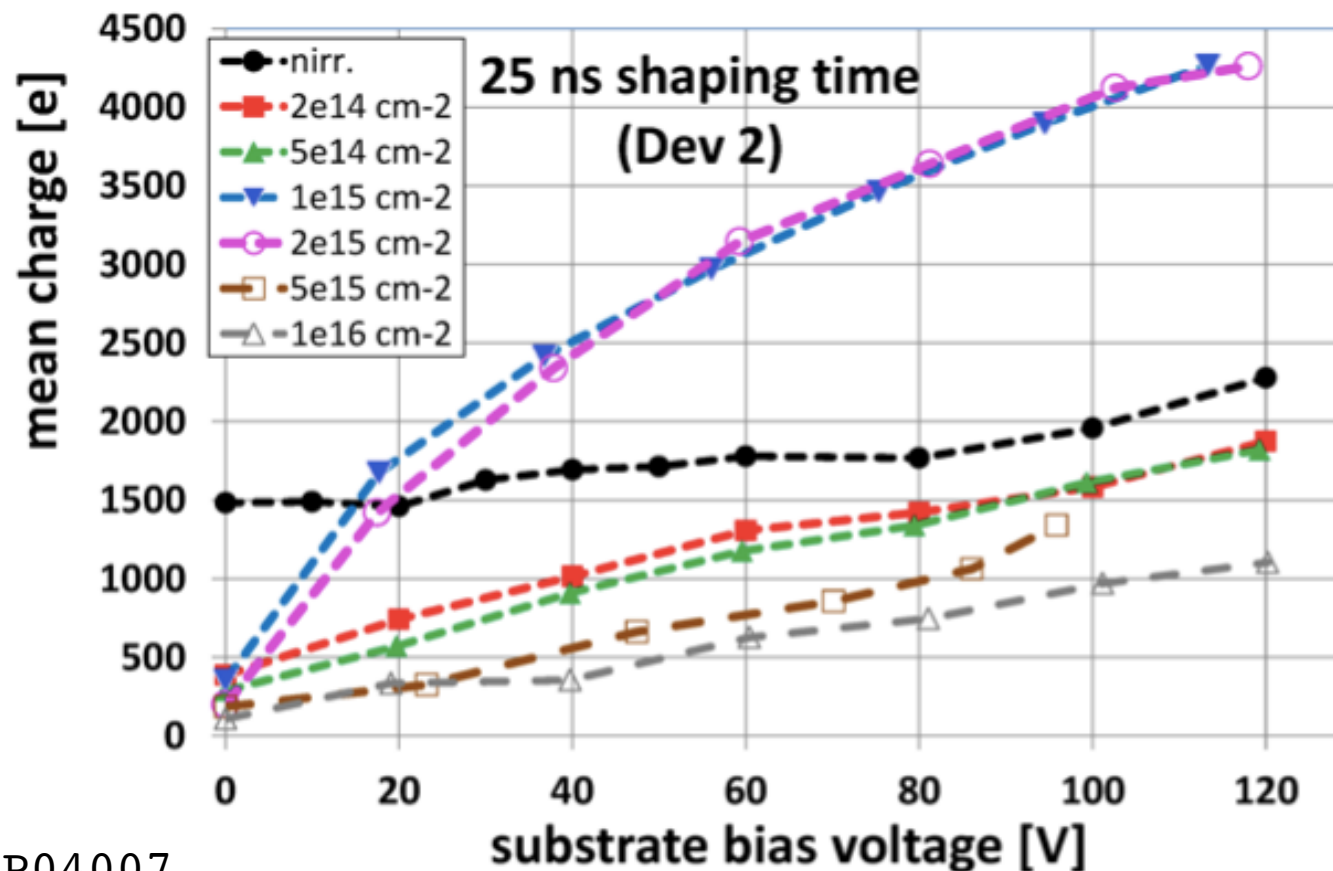
45X200um pixel , 50% N-well fraction



ionizing dose	Leakage Current @V _{Bias} =100V
100Mrad	0.07 nA
30 Mrad	0.08 nA
10Mard	0.09 nA
3Mard	0.09 nA
1Mrad	0.06 nA
Before irradiated	2 pA

电荷收集效率

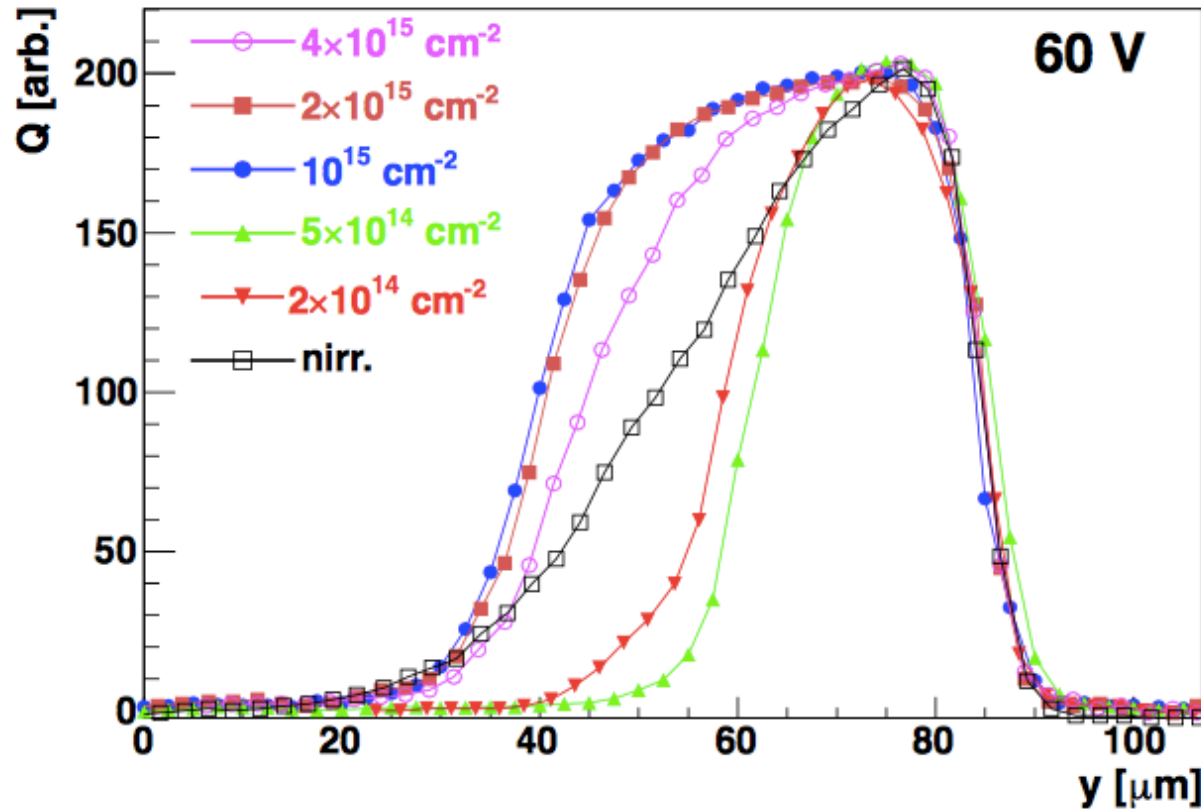
- CMOS pixel收集电荷先减少，再增加，后减少。
- 在 $1 \times 10^{15} \text{ Neq/cm}^2$ 以下， acceptor removal效应很重要。



acceptor removal效应

JINST 11 (2016) P04007

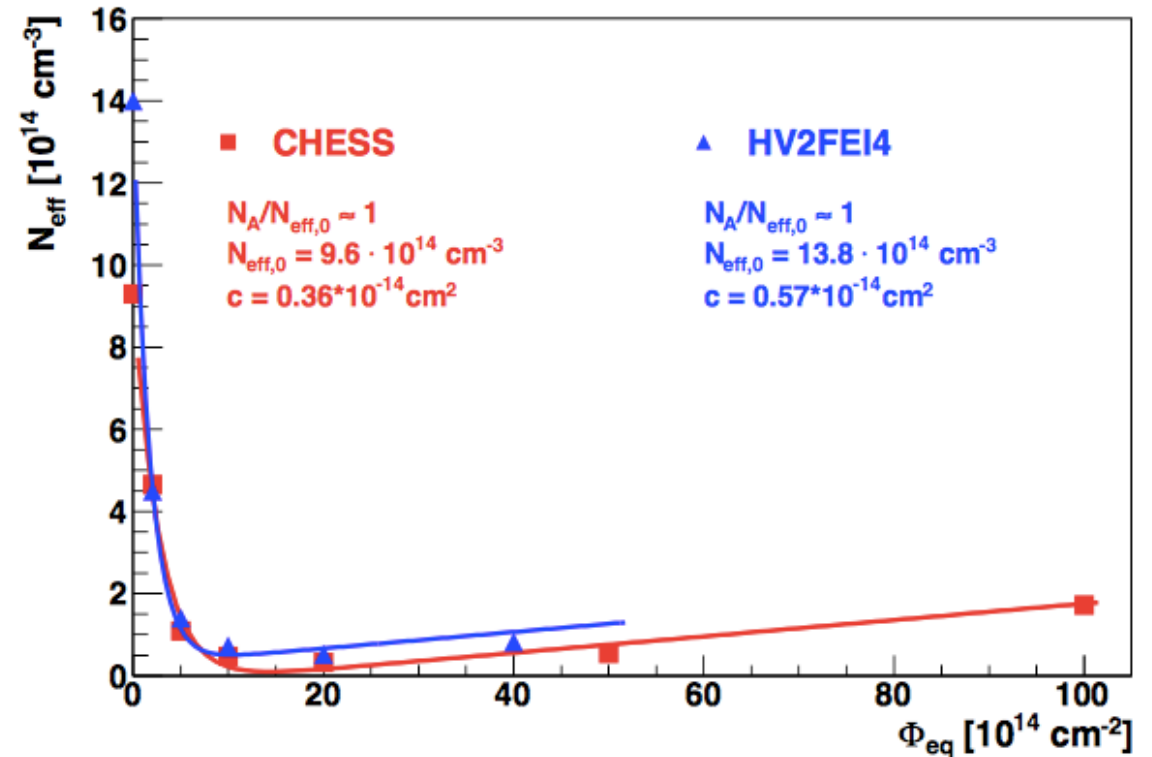
用egde-TCT激光方法测量电荷收集层厚度：



电荷收集层厚度厚度：

$$d = d_0 + \sqrt{\frac{2 \epsilon_{Si}}{e_0 N_{\text{eff}}}} V_{\text{sub}},$$

The acceptor removal effect



在 $1 \cdot 10^{15}\text{ N}_{\text{eq}}/\text{cm}^2$ 以下，
acceptor removal效应很重要。

Summary

- CMOS探测器的内置读出电子学抗辐照性能研究。
 - NMOS管几何设计非常重要。
 - 环形NMOS管抗辐照性能好。
- CMOS Pixels的电荷收集效率研究中,
 - CMOS pixel收集电荷先减少, 再增加, 后减少。
 - acceptor removal 效应对CMOS探测器性能有重大影响。