

# Monopix: 高抗辐射、高速单片集成式 CMOS 像素探测器

Tuesday, 9 August 2022 17:25 (15 minutes)

全耗尽型单片集成 CMOS 像素探测器相比于传统的 CMOS 像素探测器能够实现更快的电荷收集,从而大幅提升探测器的时间分辨能力以及强辐射后的电荷收集效率。Monopix 探测器芯片主要是面向未来强子对撞实验的强辐射环境而研发的全耗尽型单片集成 CMOS 像素探测器芯片,包含了 LF-Monopix 与 TJ-Monopix 两个系列,二者分别通过两种不同的技术路线实现了探测器敏感层的全耗尽,目前均已完成接近全尺寸的原型片设计制造以及主要性能指标的测试。

LF-Monopix 系列芯片采用了高阻 P 型硅衬底 ( $>2 \text{ k}\Omega\cdot\text{cm}$ ) 的 150nm 商用 CMOS 工艺设计制造,配合高压偏置 ( $>300 \text{ V}$ ) 可以轻易达到超过  $200\mu\text{m}$  的全耗尽探测敏感层。读出电路部分采用了高速读出构架,能够达到  $25 \text{ ns}$  的时间分辨以及应对  $100\text{MHz}/\text{cm}^2$  以上的粒子击中率。束流测试显示该探测器芯片在经过  $1\times 10^{15} \text{ neq}/\text{cm}^2$  的辐照后仍可以实现 99% 的总探测效率,其中接近 97% 的粒子可以在  $25\text{ns}$  的时间窗内得到探测与前端电学信号处理。LF-Monopix 的传感器部分已经证实在经过  $1\times 10^{16} \text{ neq}/\text{cm}^2$  的辐照后仍能维持 99% 的探测效率。此外,芯片在经过  $100\text{Mrad}$  的 X 射线辐射后电学性能没有出现明显衰减。

TJ-Monopix 采用 180nm 商用 CMOS 工艺,其在传统 CMOS 像素工艺的基础上进行了改进,使得探测器在保持了小传感器电容 ( $<5\text{fF}$ ) 的基础上实现了全耗尽的探测层。小的传感器电容保证了前放电路的低功耗以及低噪声。读出电路的设计针对  $25\text{ns}$  的时间分辨进行优化设计,并且像素阵列读出采用了与 LF-Monopix 相同的数字构架。实验室测量得到芯片噪声水平为  $15-20 \text{ e}^-$ , 阈值的不均匀性为  $\sim 10 \text{ e}^-$ 。束流测试表明探测效率达到  $\sim 99\%$ 。

## Summary

Monopix 系列芯片通过传感器部分的全耗尽设计以及高速读出电路构架实现了传统 CMOS 像素探测器无法达到的高抗辐射与高速性能。目标抗辐射能力为  $1\times 10^{15} \text{ neq}/\text{cm}^2$  的 NIEL 与  $100\text{Mrad}$  的 TID,同时能够以  $25\text{ns}$  的精度分辨粒子的到达时间。报告将对 Monopix 系列的最新进展进行介绍。

**Primary author:** 王,天阳(张江实验室)

**Presenter:** 王,天阳(张江实验室)

**Session Classification:** Parallel Session II (5): Particle Detector Technology

**Track Classification:** 粒子物理实验技术