

硅微条探测器系统的研制

报告人：张波

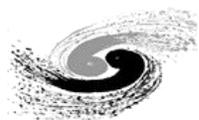
周杨帆、李航旭、姜远皓、李贞杰、刘鹏

中国科学院高能物理研究所

第四届全国辐射探测微电子学术年会

报告时间：2025.7.17

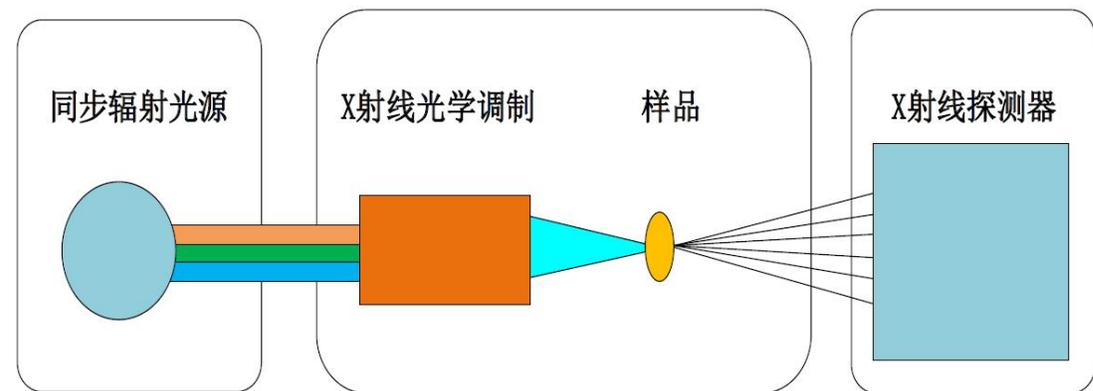
报告地点：西安



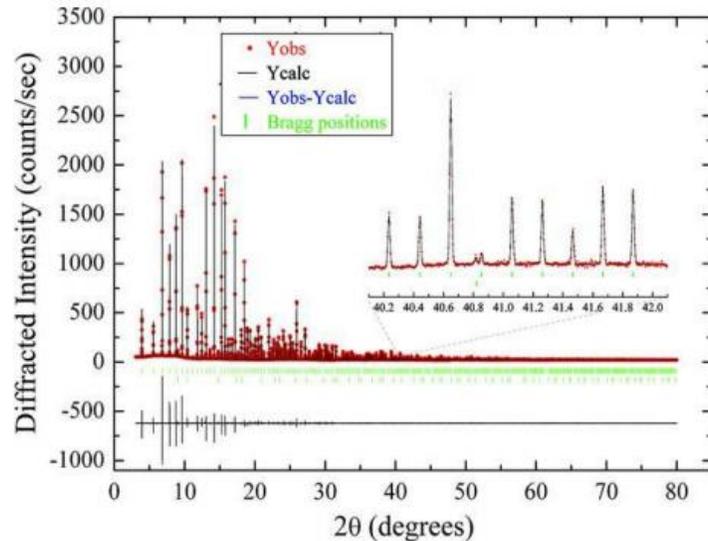
目 录

- ◆1 研究背景及意义
- ◆2 硅微条探测器系统研制进展
- ◆3 总结与展望

单光子一维探测器广泛应用于大分子晶体学 (MX)、化学x射线晶体学、劳厄衍射和粉末x射线衍射等x射线衍射应用。许多粉末衍射实验只需要一维信息。粉末衍射最有用的范围内 (5-25 keV)



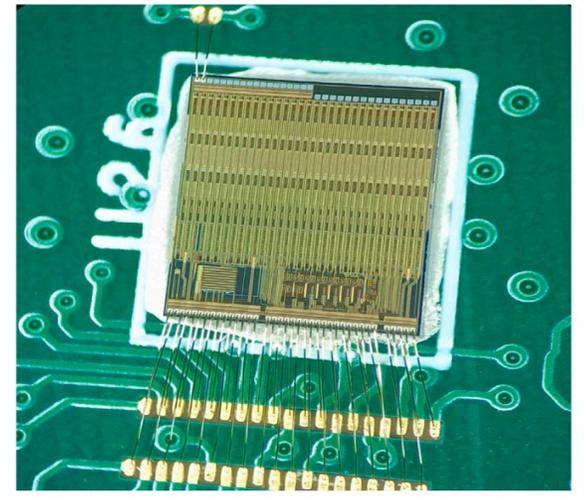
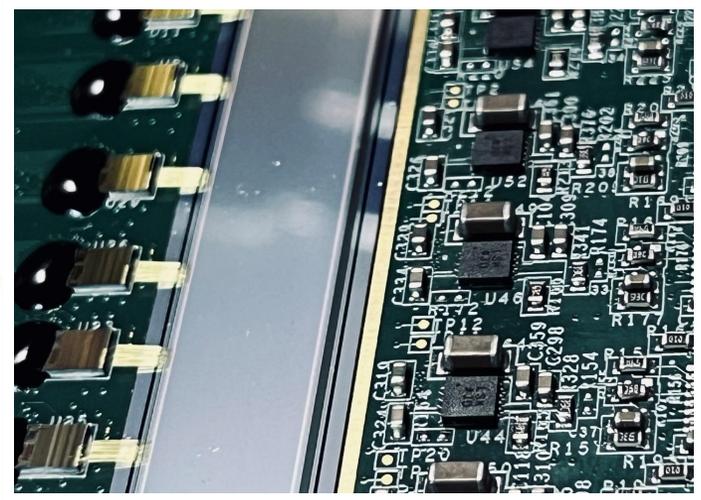
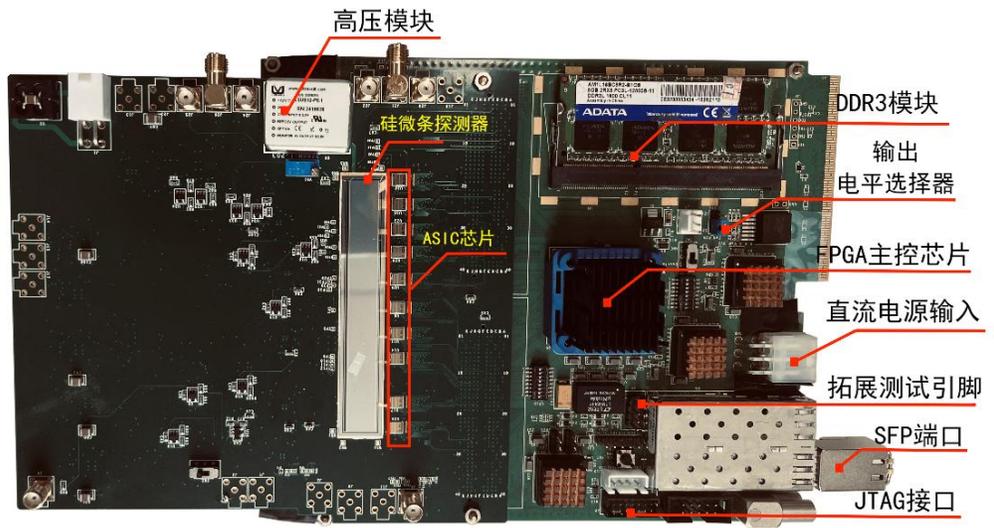
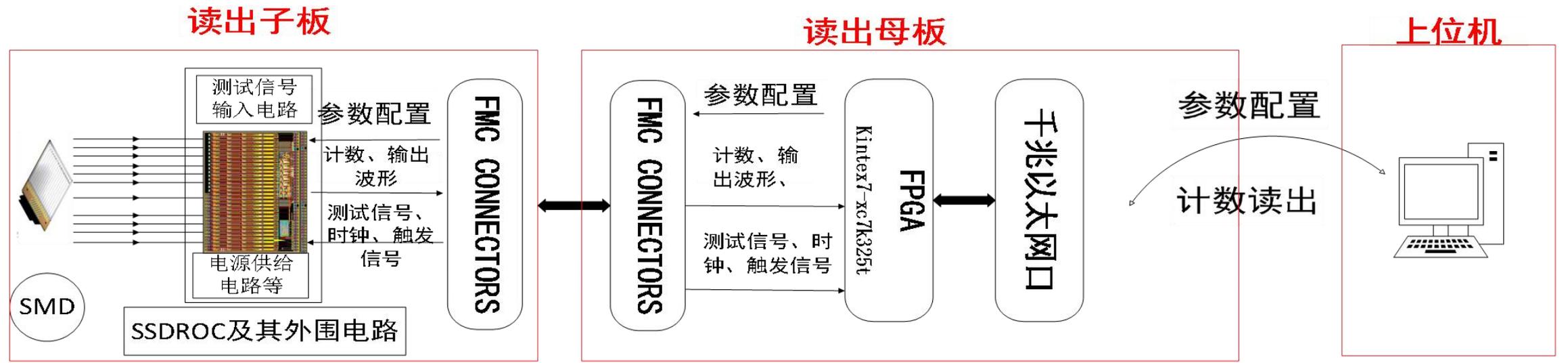
同步辐射光源应用示意图



0.2mm毛细管中NAC样品在25keV下的XRPD图像

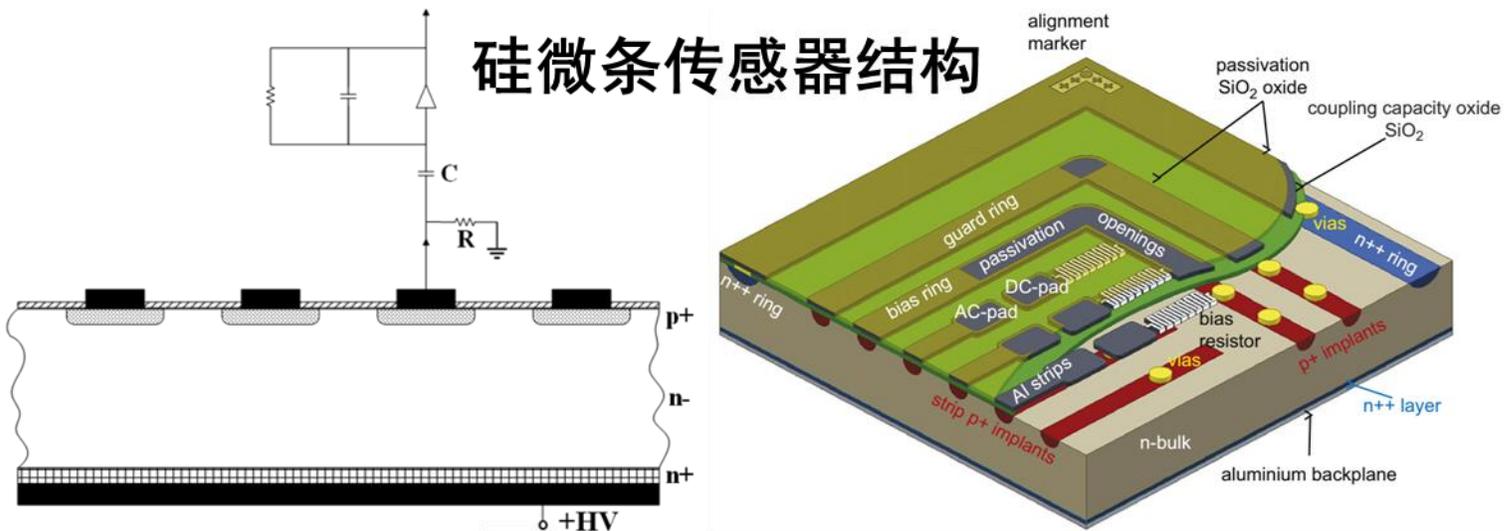
高灵敏度和低死区时间、
更高的帧速率和更小的数据吞吐量、
仍然覆盖大角度范围、
更容易、更便宜

- ◆ 1 研究背景及意义
- ◆ 2 硅微条探测器系统研制进展
- ◆ 3 总结与展望



硅微条探测器实物图

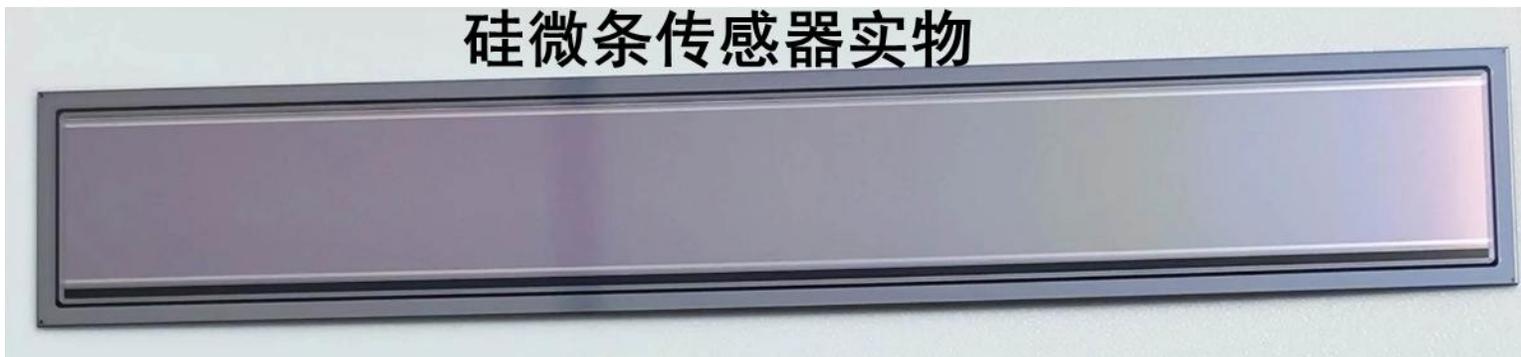
硅微条传感器结构



主要性能参数

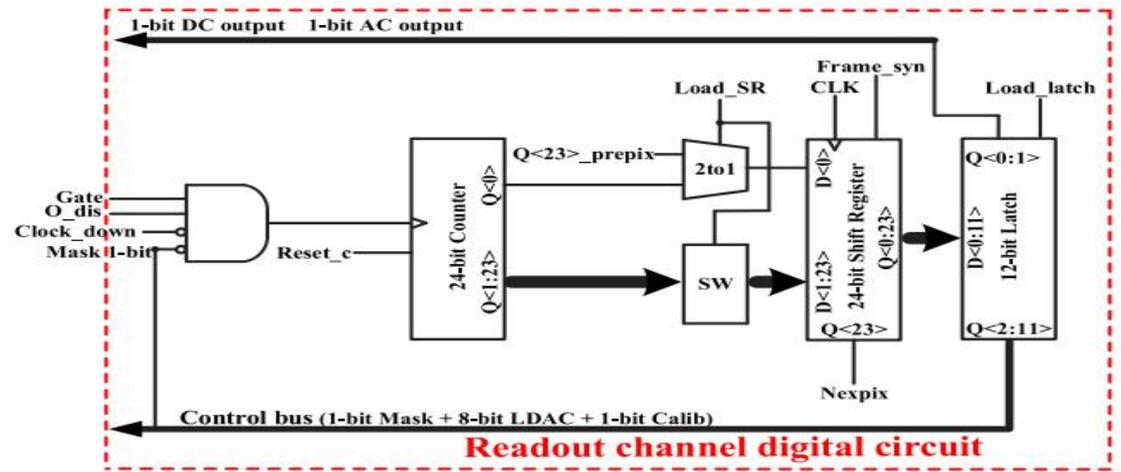
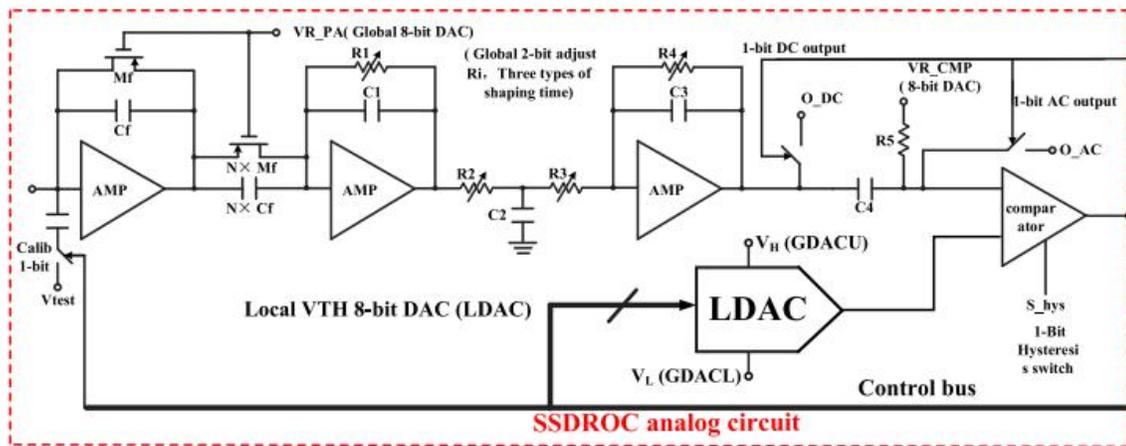
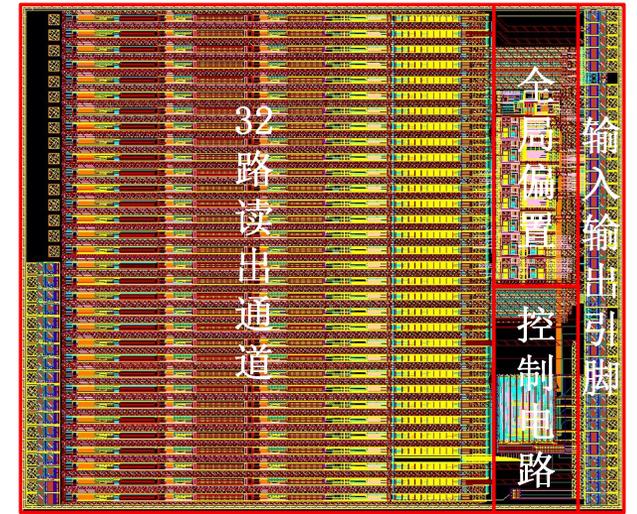
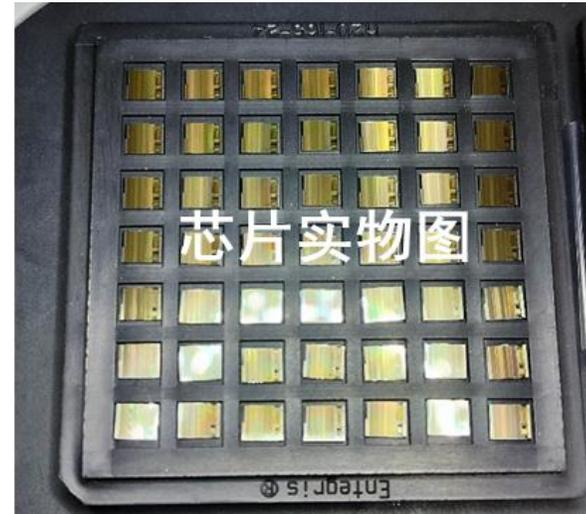
参数		单位
器件类型	单面AC读出	
器件结构	硅PIN	
条厚	320	um
条数	768	
条宽	100	um
条长	10	mm
漏电流	≤ 10	nA/cm ²
耗尽电压	≤ 80	V
击穿电压	≥ 250	V
偏置电阻	10	MΩ

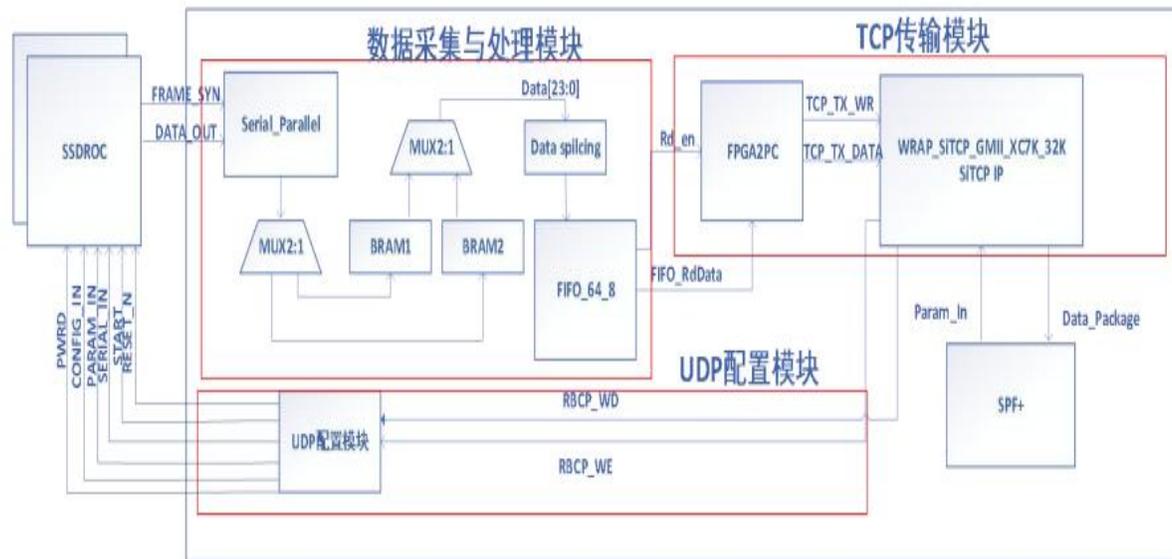
硅微条传感器实物



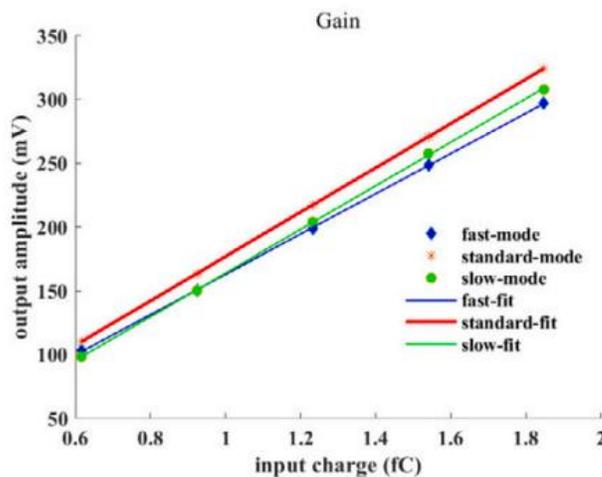
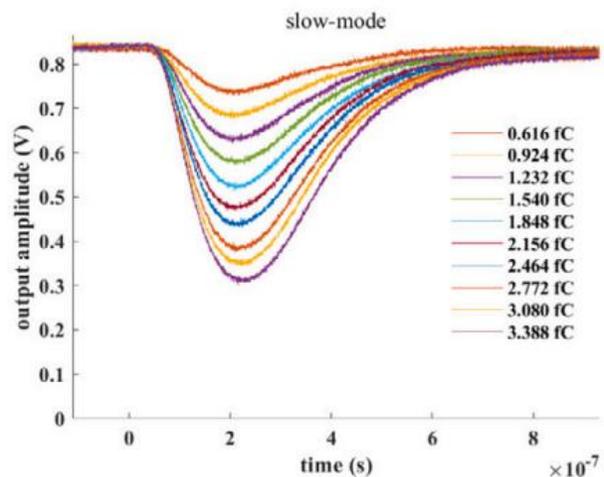
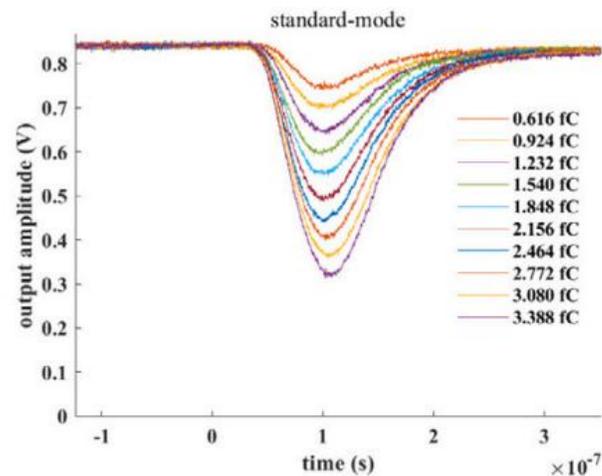
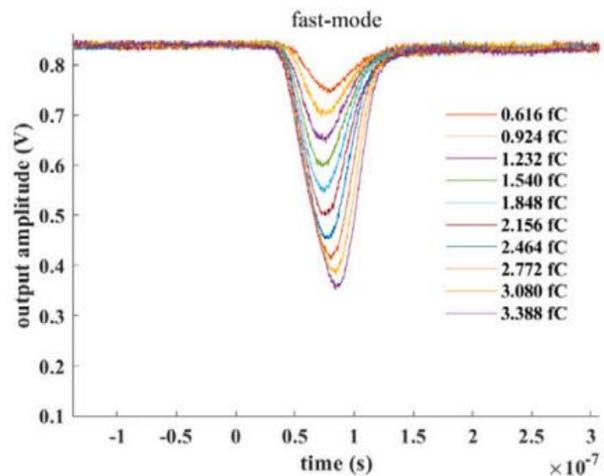
- ◆ 单面AC读出、硅PIN+保护环结构
- ◆ 单模块768条、条宽100um、条长10mm、条厚320um

采用自主研发的硅微条探测器读出芯片，用于测量5至25 keV的能量范围。它采用0.18 μm CMOS工艺设计，包括32个间距为100 μm 的并行通道，SSDROC (Silicon Strip Detector Readout Circuit) 对传感器输出信号进行直接处理 (电荷灵敏前放、滤波成形、过阈甄别、计数、移位输出等操作)

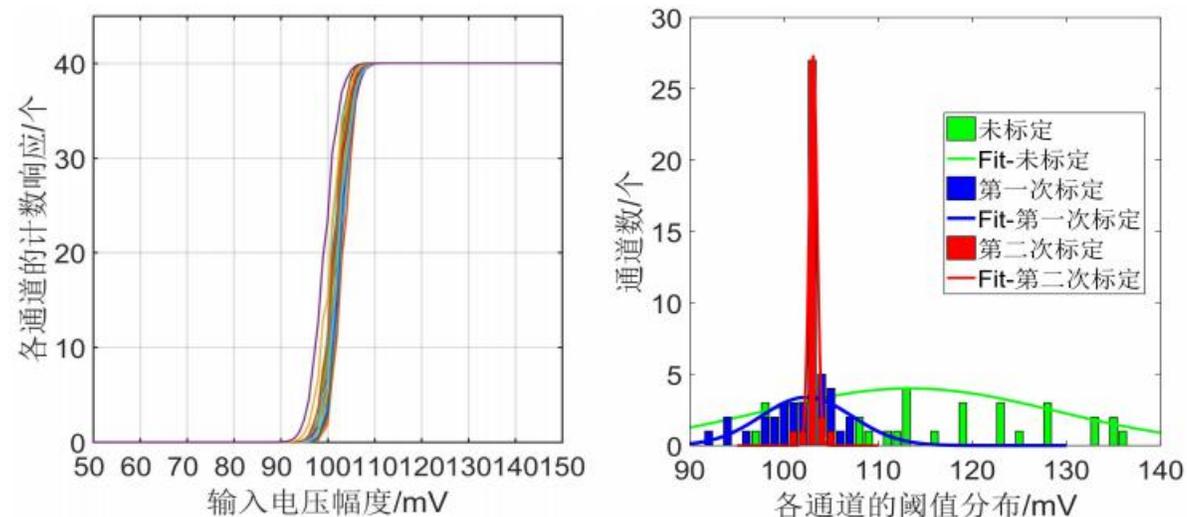
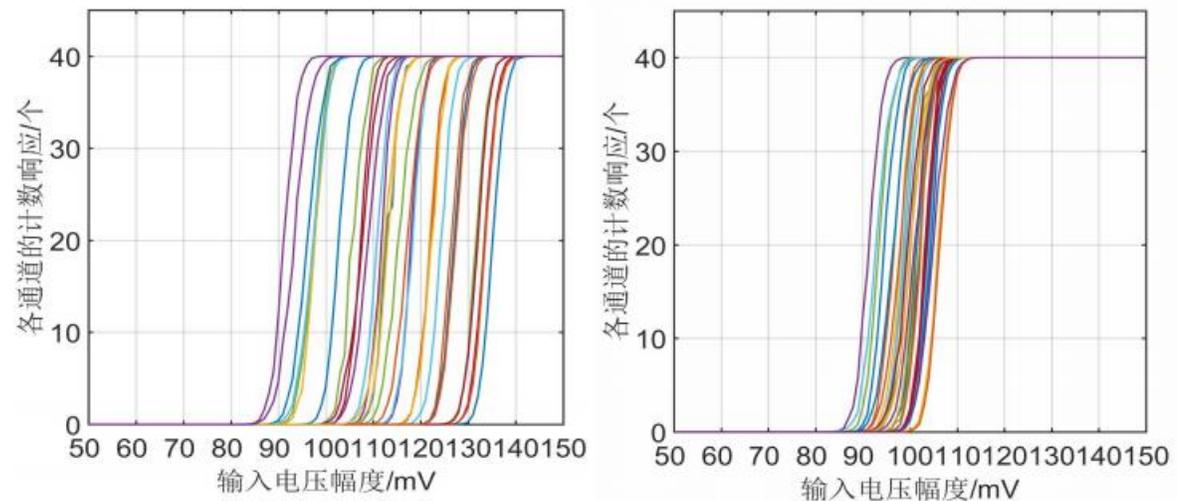
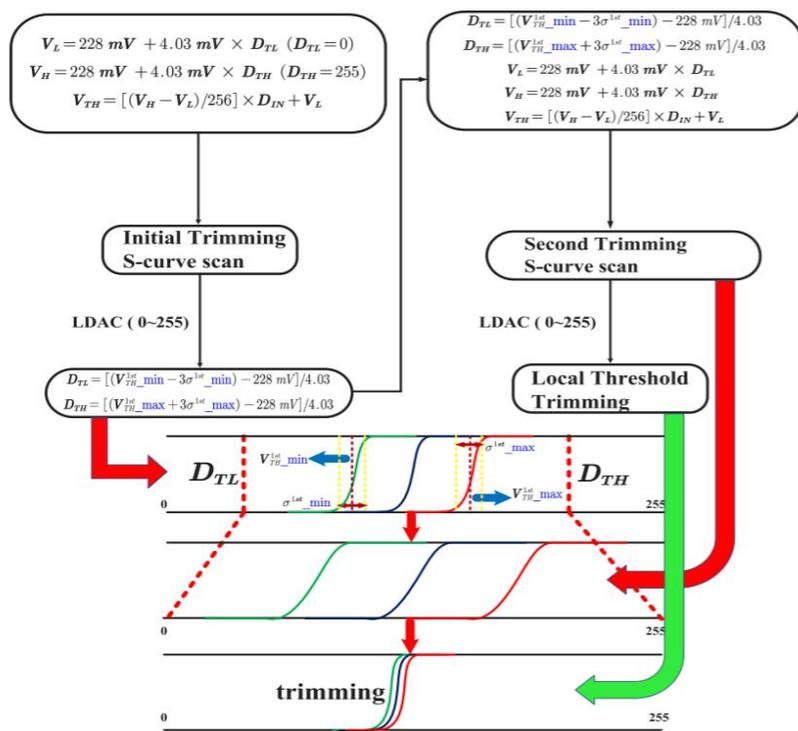




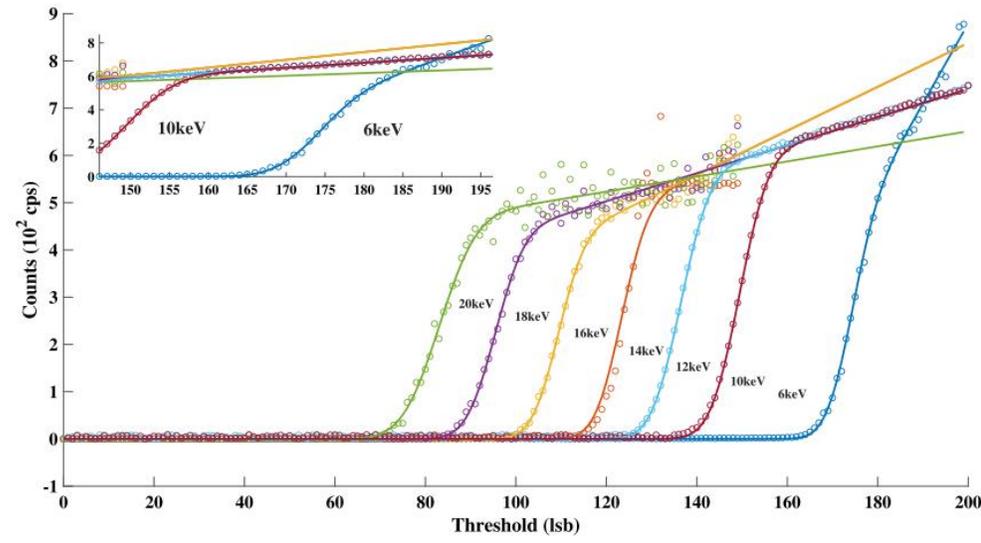
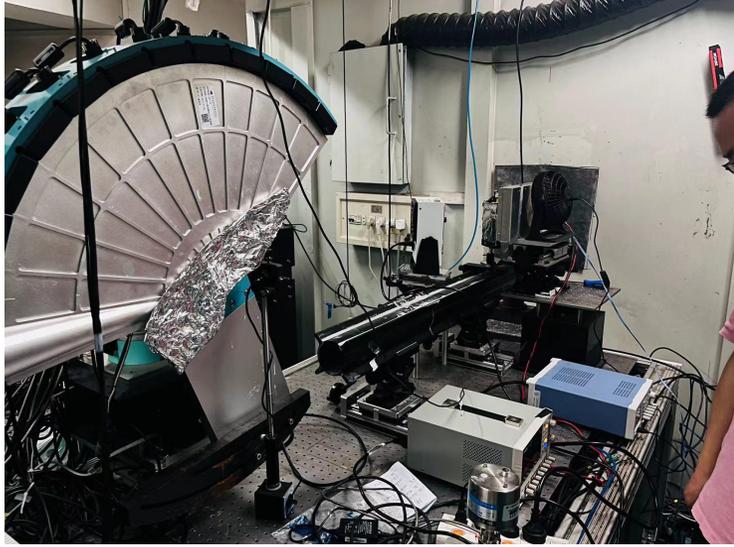
SSDROC本身的驱动时序已经确定，在通过用户数据报协议（UDP）从DAQ接收配置参数后，测试系统并行控制SSDROC，串行数据通过FPGA的串并转换模块、乒乓操作模块和数据拼接模块转换成并行数据流。FIFO用于模块间的数据交换，完成数据位宽的转换和跨时钟域的处理。



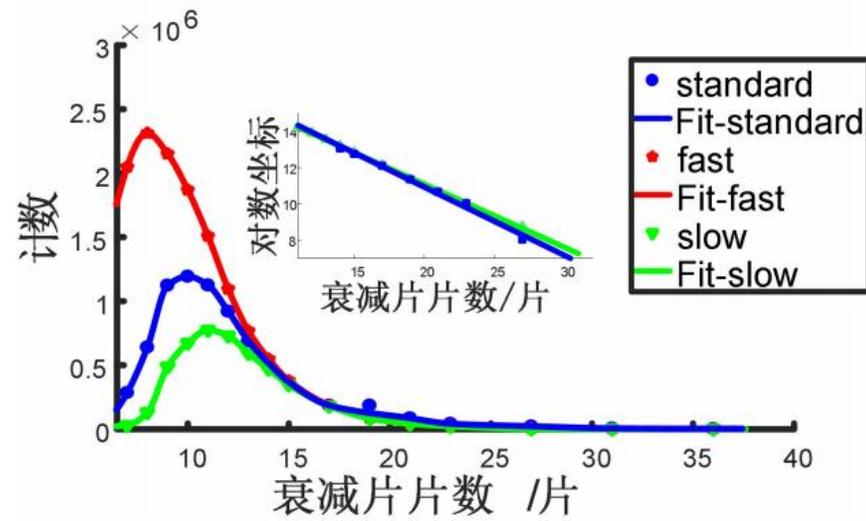
信号发生器脉冲以40 kHz的频率注入到SSDROC、三种模式的增益(成形时间)分别为157.7 mV/fC (100 ns)、173.6 mV/fC (200 ns)和170.8 mV/fC (800 ns), 并表现出良好的线性



在阈值标定前，芯片不同通道阈值电压分布的差异在45mV，两次标定后分别在15mV、5mV。测试结果表明：通过二次阈值标定可以显著消除各通道之间的误差，使芯片各通道对于输入信号的响应趋于一致



系统的等效噪声电荷为 $187e^-$, 对16keV单色光的能量分辨率为10%。



在芯片达到过饱和计数之前, 计数随着衰减片片数的减少呈现指数型上升, 且系统在快成形时间模式下的最大计数率可以达到 2.3MHz/strip

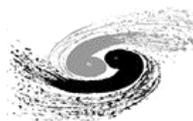
- ◆ 1 研究背景及意义
- ◆ 2 硅微条探测器系统研制进展
- ◆ 3 总结与展望

● 总结

原型系统的等效噪声电荷为 $187e^-$ ，最大计数率可达2.3 MHz/条，最快帧率可达16kHz。该工作为大规模硅微带探测器系统在未来高能光子源（HEPS）设施中的应用奠定了基础。

● 展望

完成128路AISC的设计，实现728路的硅微条探测器，可以完全运用在同步辐射光源的工程项目中



Thank you for your listening!