

整体介绍

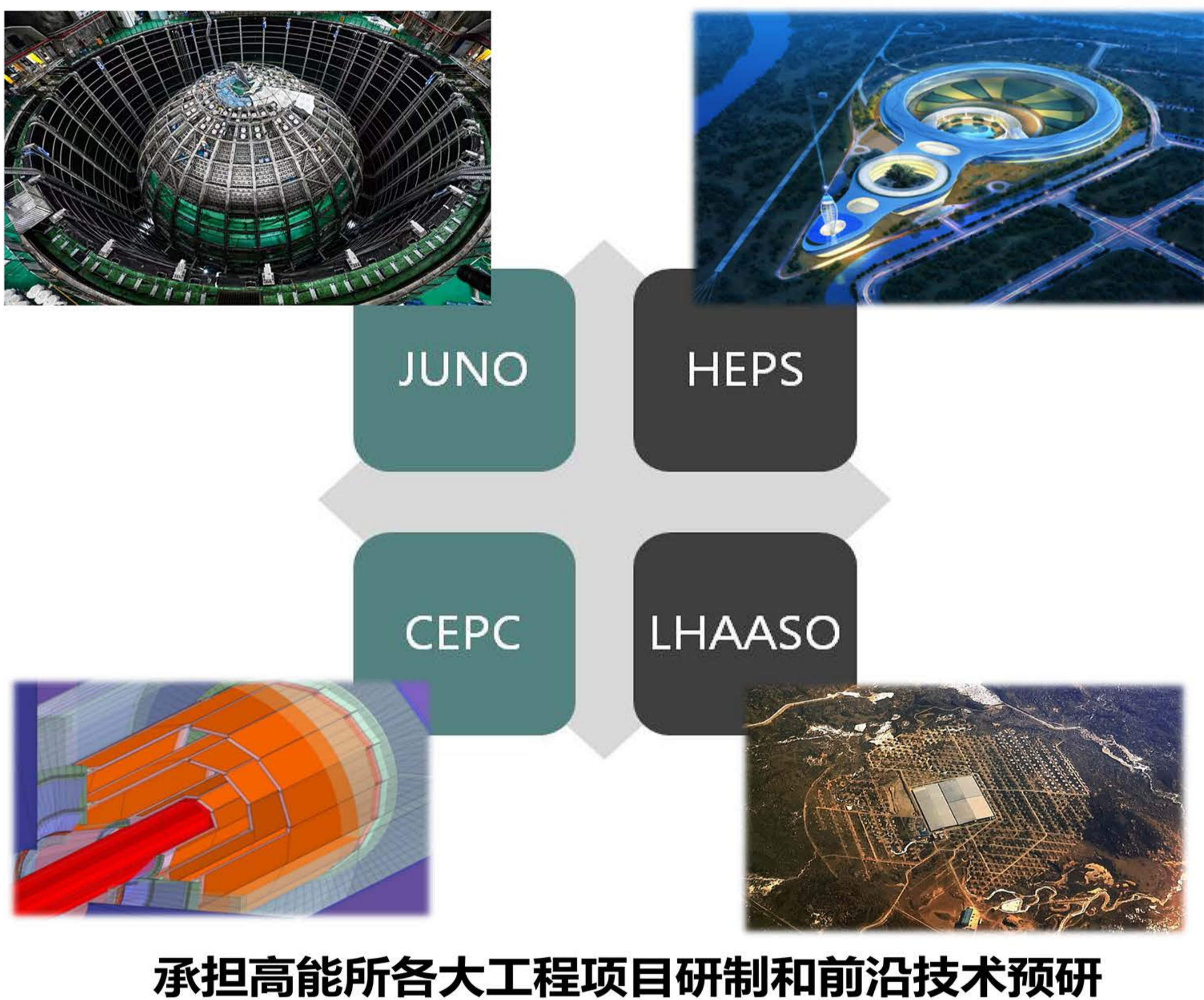
OVERVIEW OF ELECTRONICS GROUP

电子学组 Electronics Group

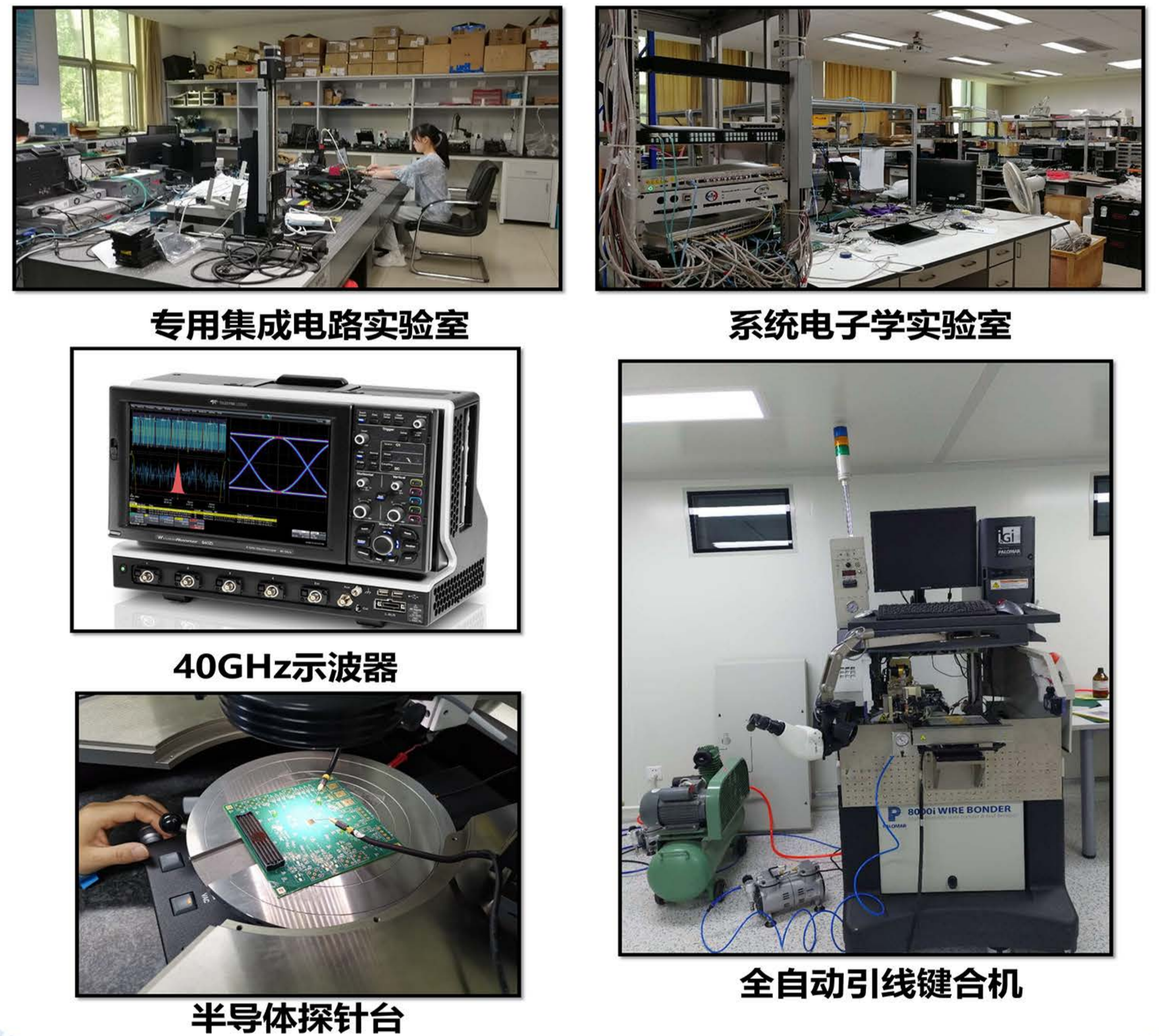
实验物理中心电子学组承担了高能所主要大科学工程项目的电子学系统研制任务，包括BESIII、大亚湾实验、江门中微子实验等。目前电子学组的主要研究方向包括高速电子学系统、专用集成电路、先进电子学工艺等。组内由职工25人，学生15人组成。



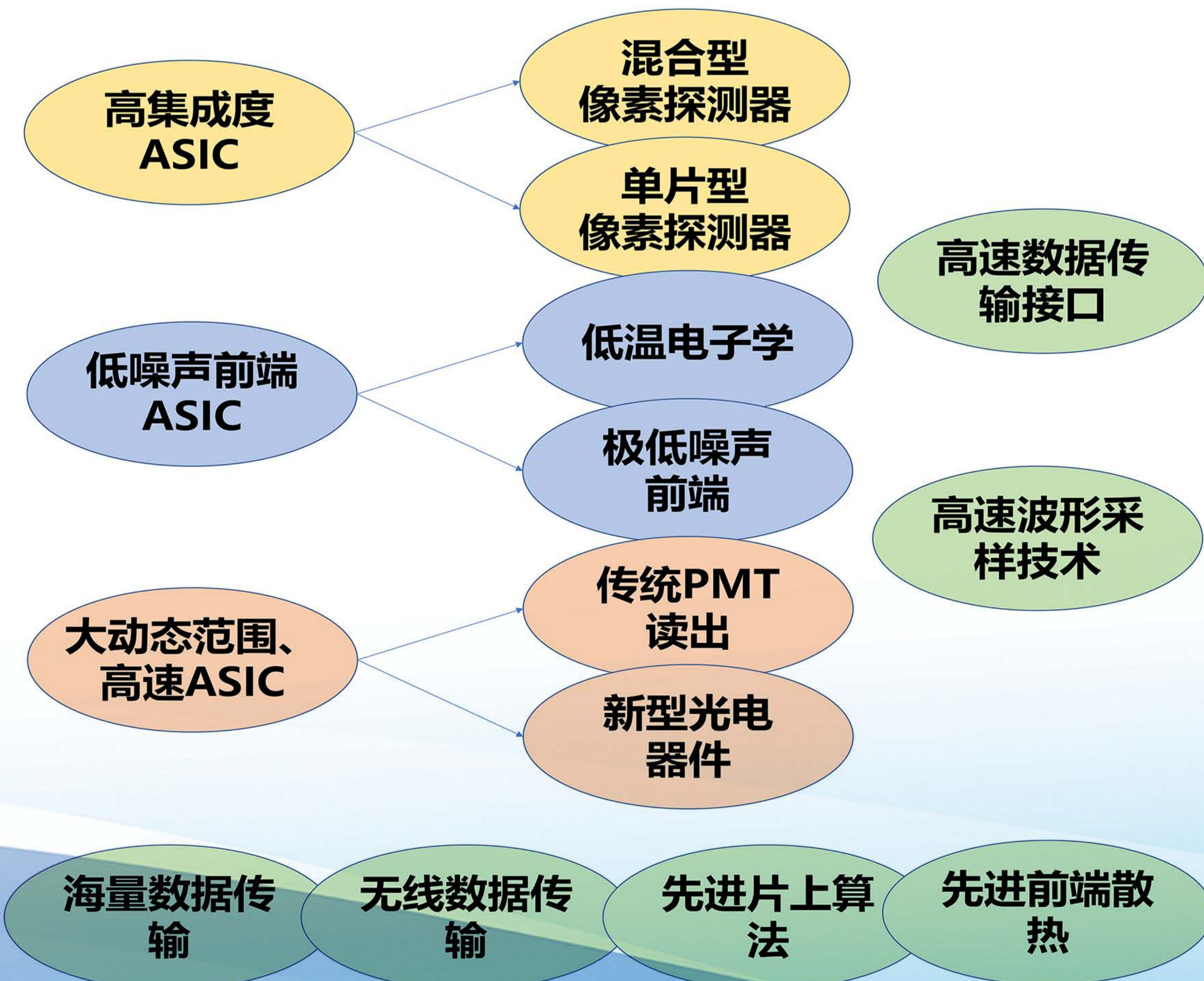
主要项目 Main Projects



硬件条件 Hardware



研究方向 Research Directions



学生就业 Student Career



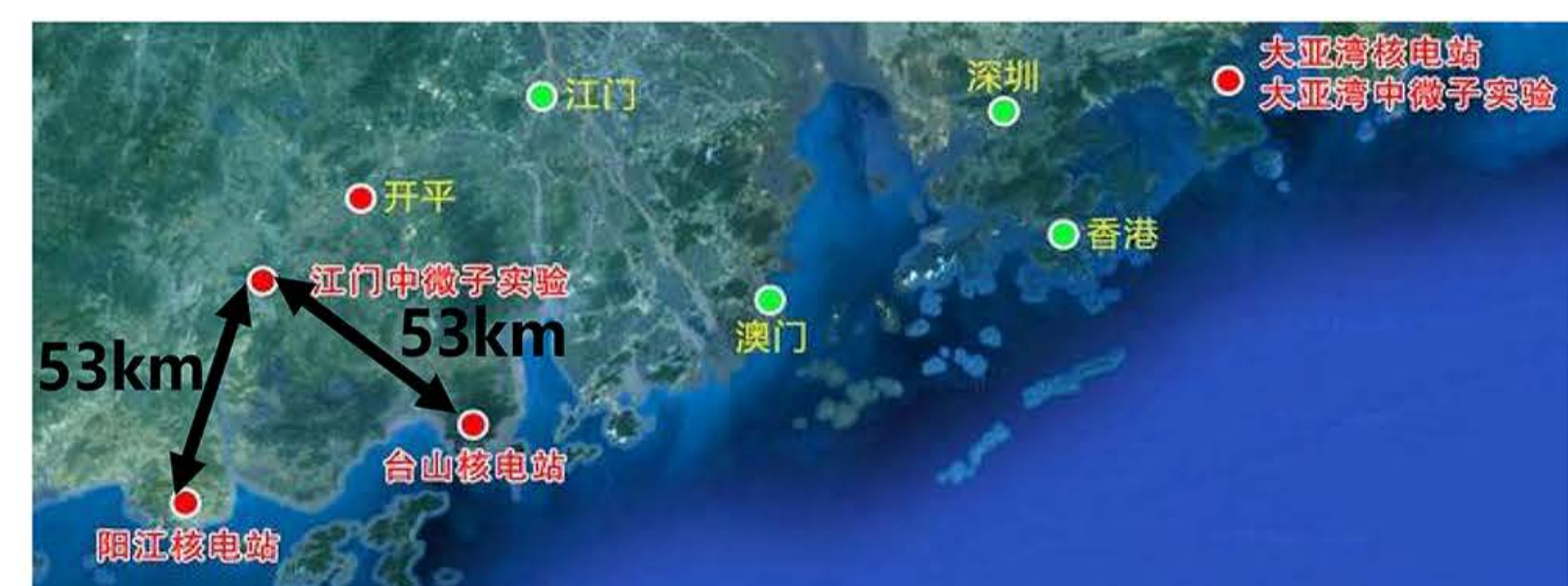
江门中微子实验读出电子学系统

THE JUNO EXPERIMENT READOUT ELECTRONICS

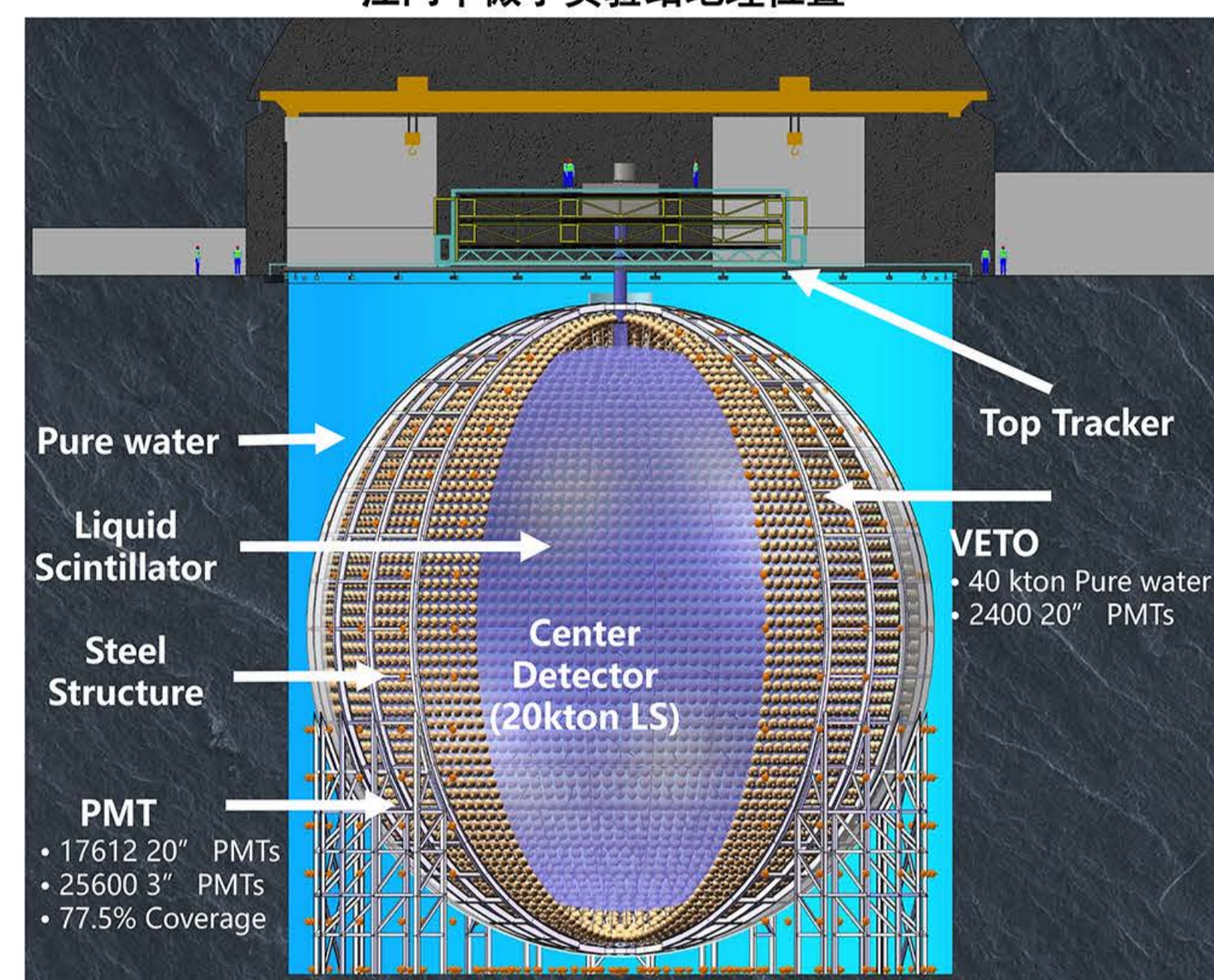
实验简介 Introduction

江门中微子实验 (Jiangmen Underground Neutrino Observatory, JUNO) 位于广东省江门市开平市金鸡镇, 距离阳江核电站和台山核电站均为53公里, 通过精确测量核电站反应堆中微子能谱, 有望率先确定中微子质量顺序; 通过探测反应堆中微子, 可以将3个中微子振荡参数: 混合角 $\sin^2\theta_{12}$ 、质量平方差 Δm_{21}^2 和 Δm_{31}^2 测量到0.3%、0.2%和0.1%的精度; 还研究超新星中微子、地球中微子、太阳中微子、寻找质子衰变、暗物质和引力波事件的中微子等重大前沿问题。

实验装置位于地下700米的实验大厅。其中, 中心探测器由2万吨液体闪烁体和17612个20英寸光电倍增管和25600个3英寸光电倍增管组成, 用于中微子探测, 能量分辨率达3%。中心探测器周围和顶部分别设有水契伦科夫探测器和顶部径迹探测器作为反符合探测器, 用于探测和排除宇宙线信号。



江门中微子实验站地理位置

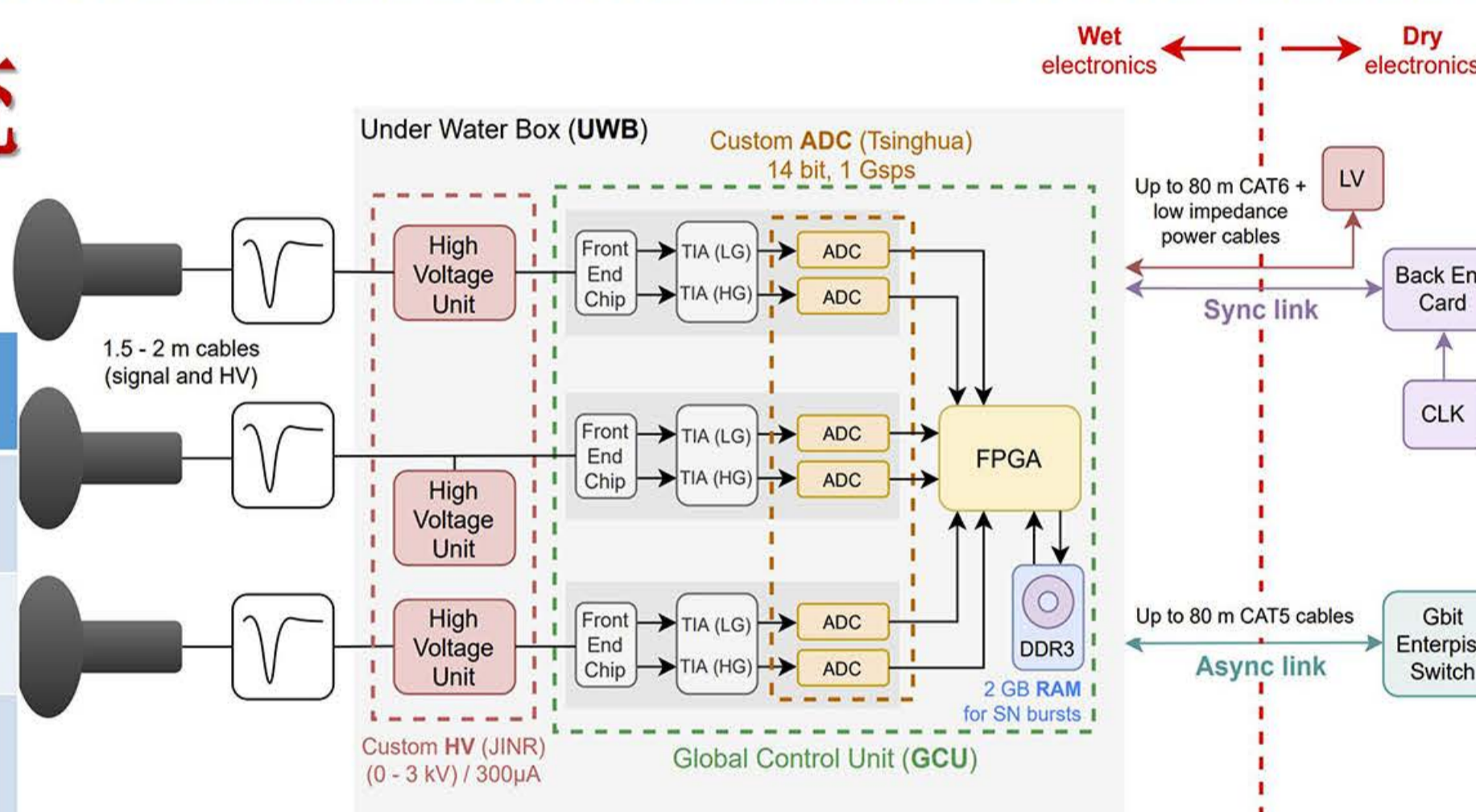


江门中微子实验探测器

20英寸LPMT读出电子学系统

20" LPMT readout electronics

性能指标	
能量分辨	10%@1pe; 1%@100pe
动态范围	1pe - 4000pe
通道数	中心探测器: 17612个 水契伦科夫探测器: 2400个
可靠性	6年内失效率 < 0.5%



江门中微子LPMT读出电子学系统结构



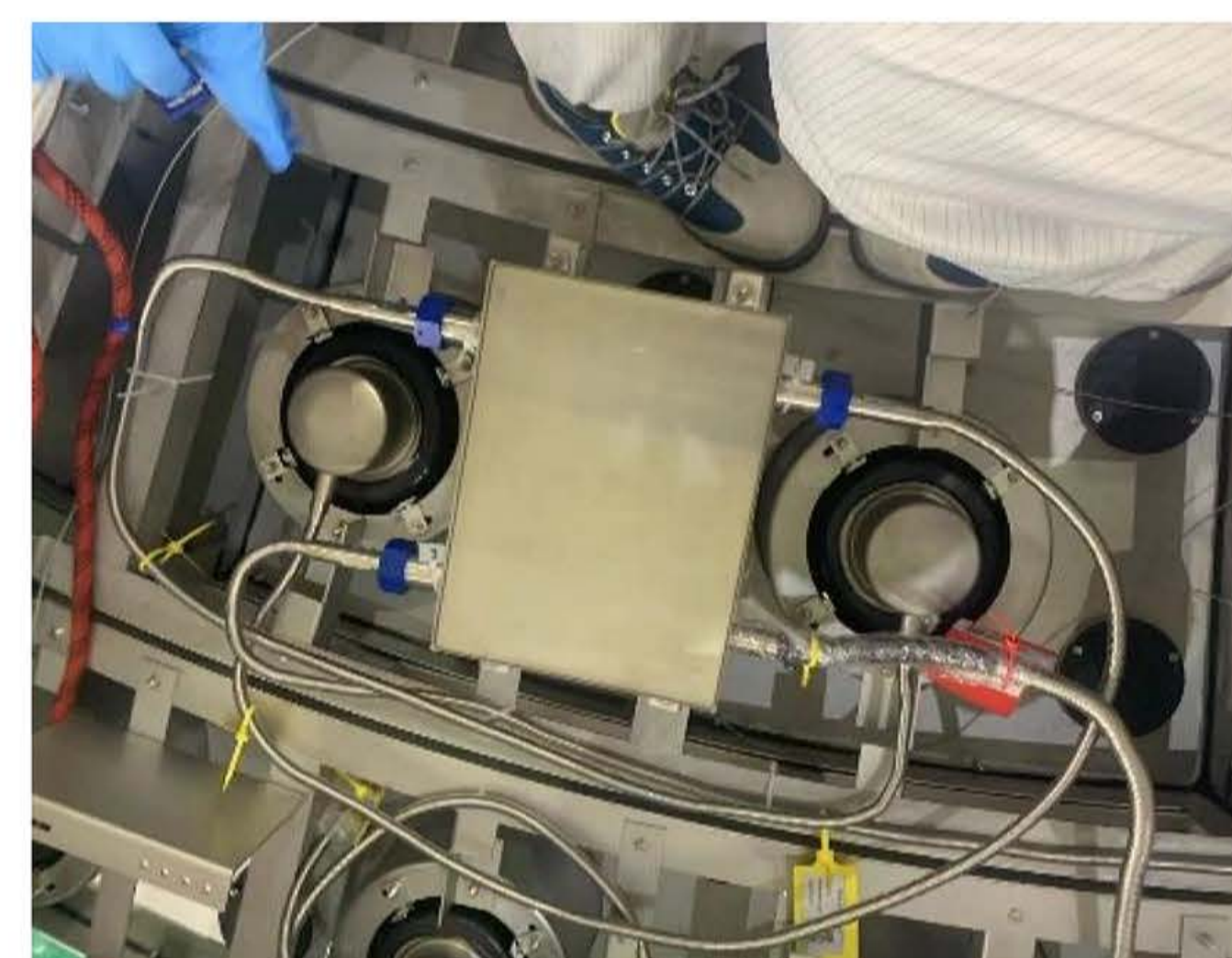
水下电子学盒

6681个前端电子学盒 (UWB) 安装在水池内, 每个UWB处理3个PMT信号, 包括信号波形数字化、量程选择、提取电荷量和时间量、数据缓存并传输到数据获取系统, 还为触发系统提供击中息以及给PMT提供高压。

后端电子学位于电子学间, 包括时钟与触发系统、低压电源系统和数据获取系统。



水上电子学部分



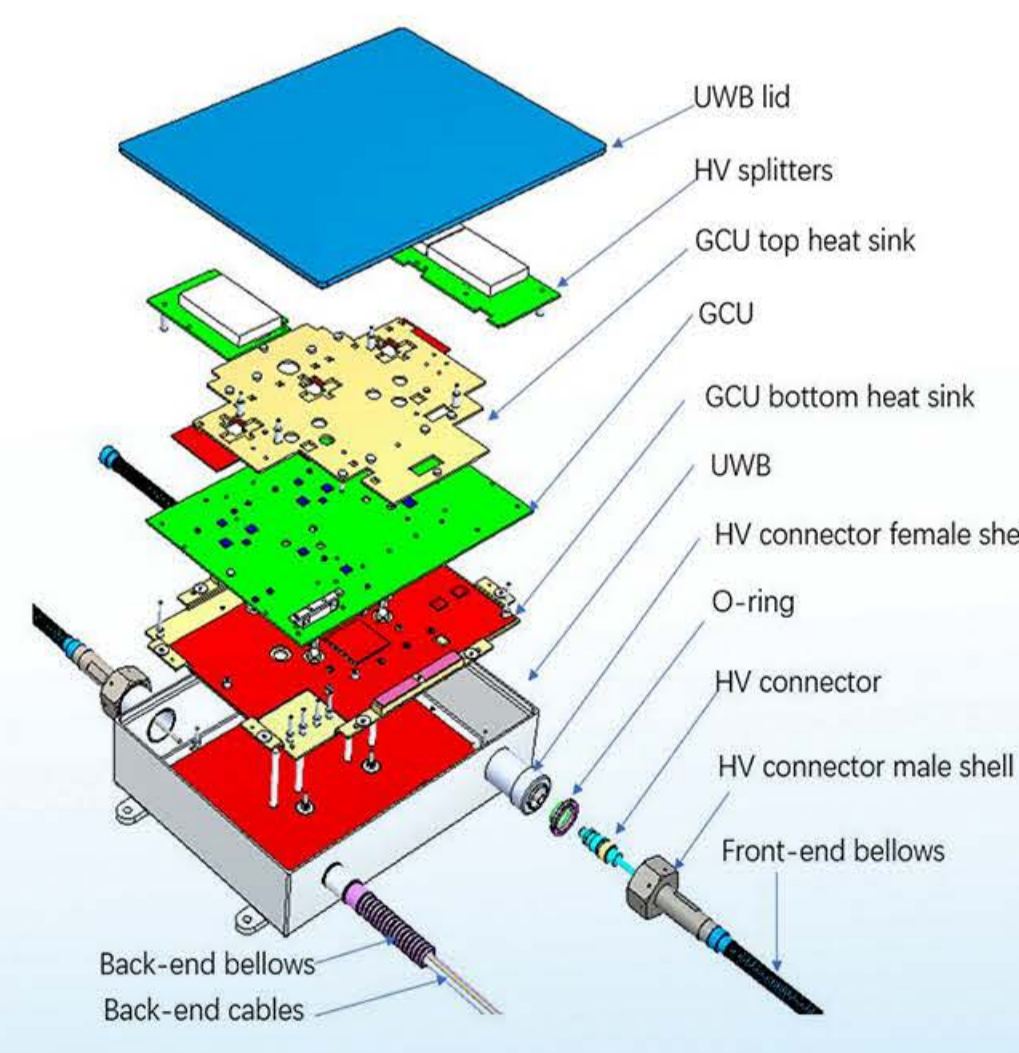
水下电子学盒安装在钢网架上

国际合作 International Cooperation

主要电子学部件	设计单位
高速高精度ADC	中科院高能所、清华大学
GCU模组	中科院高能所、意大利帕多瓦大学
高压电源模块	俄罗斯杜布纳研究所
时钟与触发系统	清华大学、比利时布鲁塞尔自由大学



合作组成员 (电子学部分)



水下电子学分解图

LHAASO KM2A电子学研制

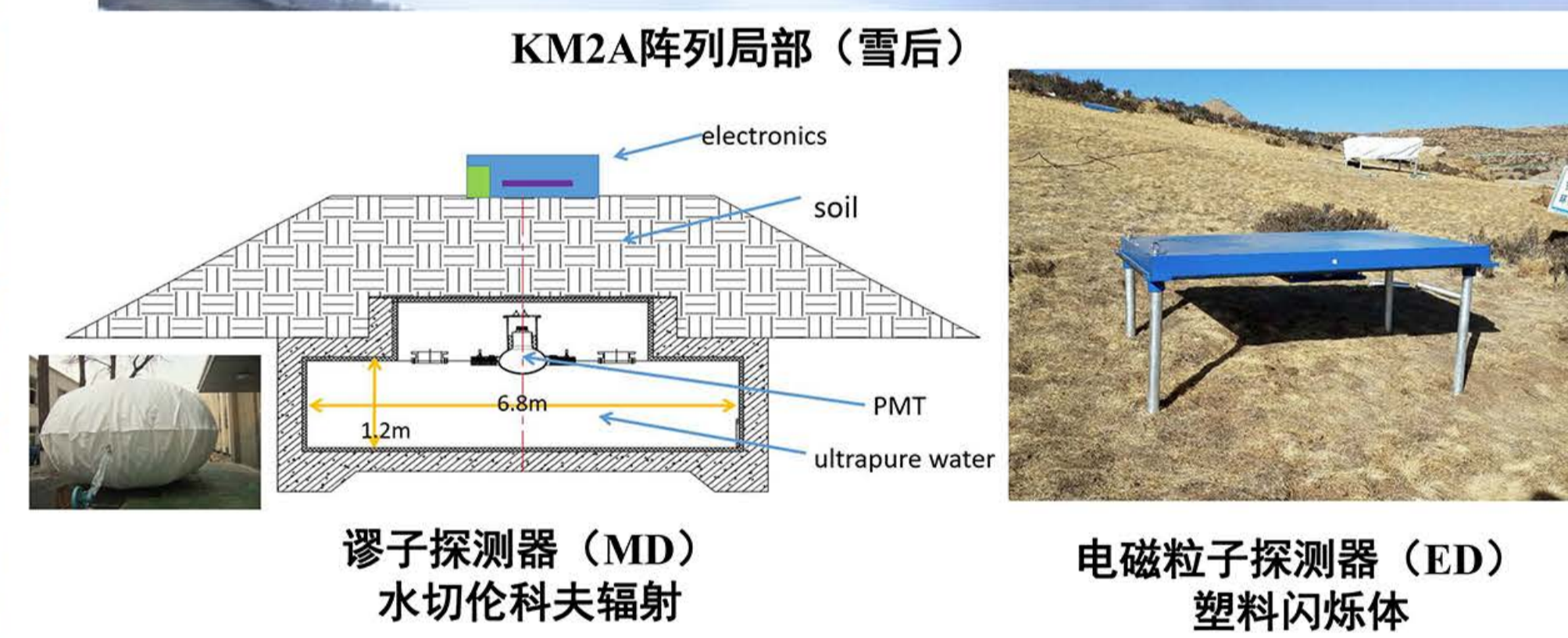
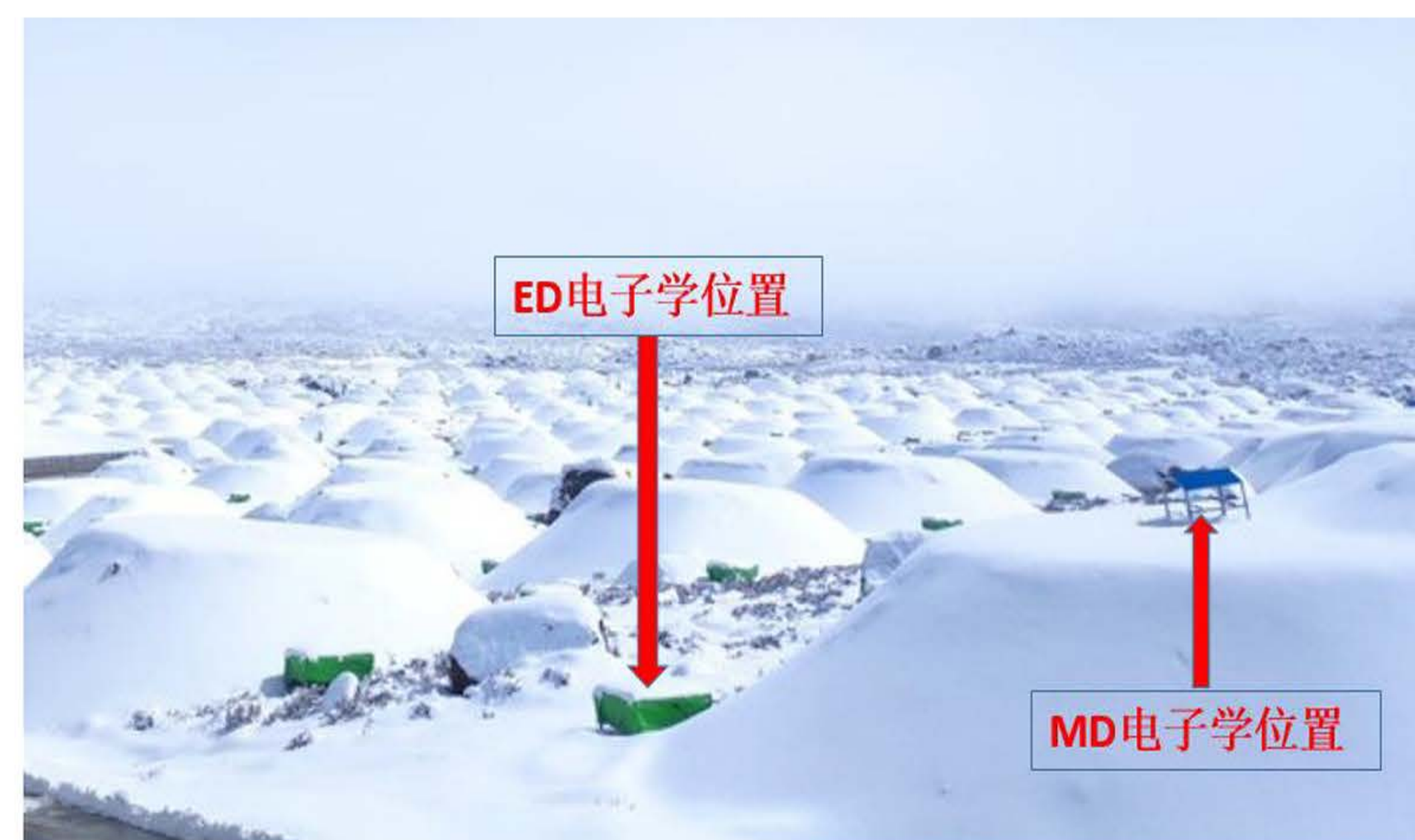
DEVELOPMENT OF LHAASO KM2A ELECTRONICS

LHAASO介绍 Introduction

LHAASO是以宇宙线观测研究为核心的国家重大科技基础设施，位于四川省稻城县海子山，平均海拔4410米，占地面积约1.36平方公里。LHAASO由三个阵列组成：5216个电磁粒子探测器与1188个缪子探测器联合构成的1平方公里的地面簇射粒子探测器阵列（KM2A）、3120个探测单元构成的78000平方米的水切伦科夫探测器阵列（WCDA）、18台望远镜构成的广角切伦科夫望远镜阵列（WFCTA），可以宽波段、多手段地测量来自于高能天体的伽马射线和宇宙线，开展天体物理等方面的研究。

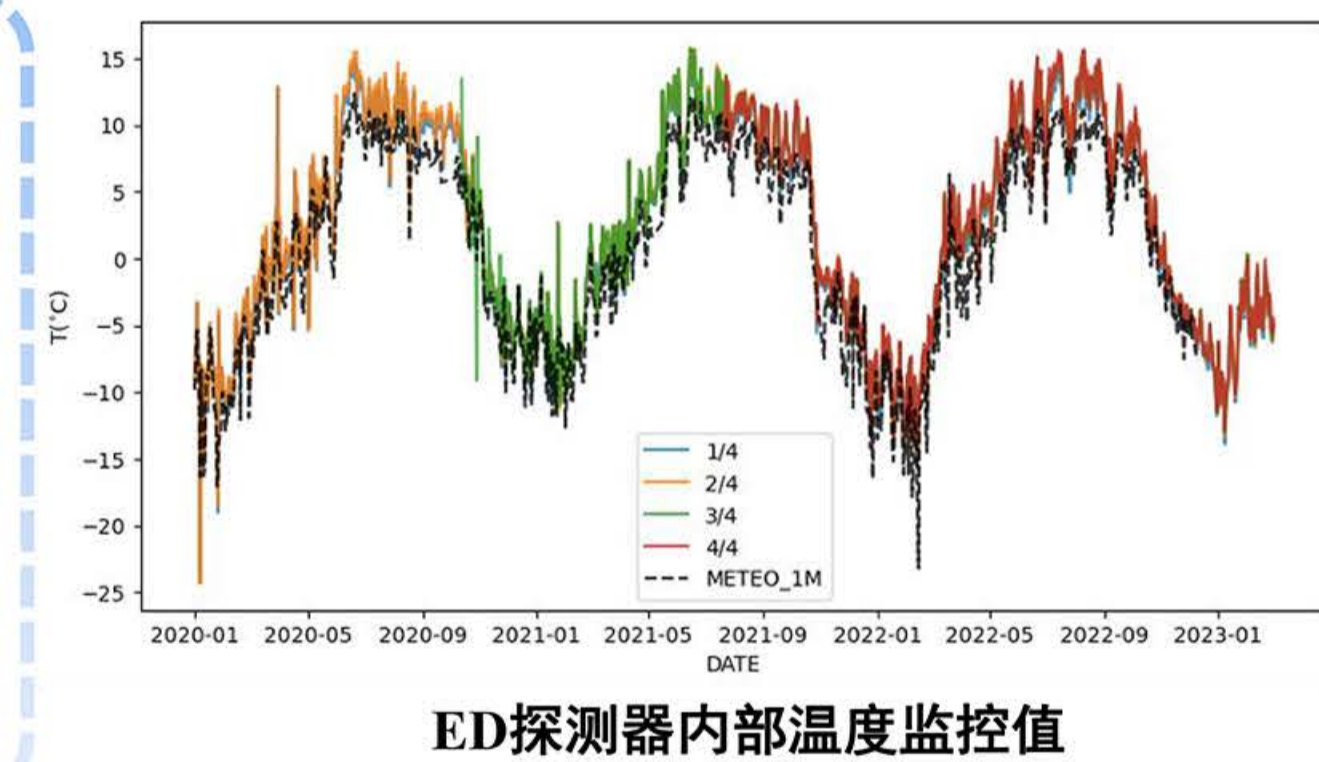
Bird's eye view of LHAASO, 2021-12

Location: 29°21' 27.6" N, 100°08' 19.6" E
Altitude: 4410 m
2021-07 completed built and in operation



关键技术难点

- 完全高海拔野外环境
- 大面积多节点分布
- 大动态范围高精度电荷时间同时测量
- 多节点高可靠性数据传输



KM2A电子学总体设计

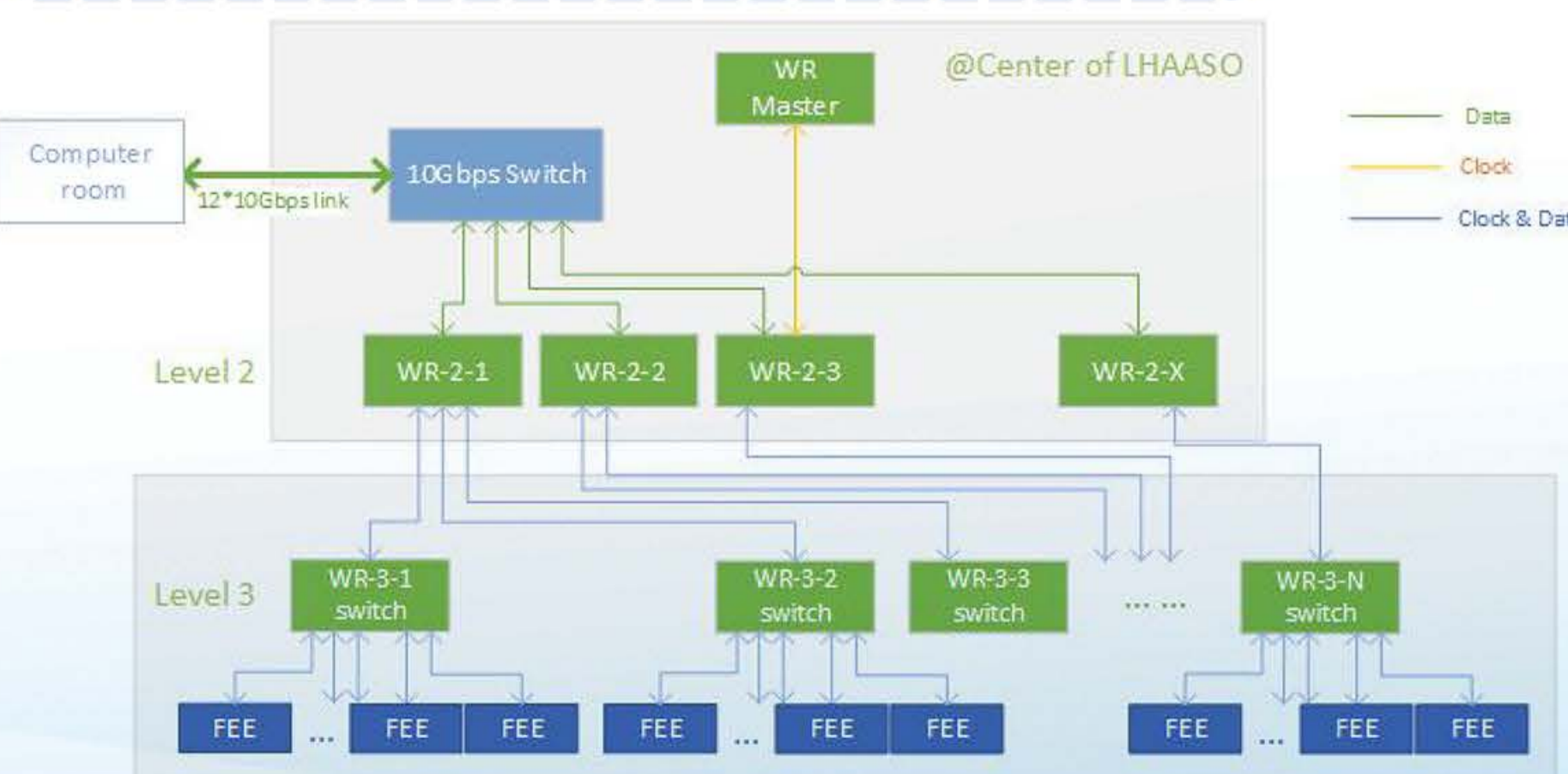
- 分布式前端数字化总体方案
- 基于WR网络和TCP协议的数据时钟融合传输
- 无硬件全局触发Trigger-less工作模式
- 高精度高可靠低温漂电子学设计

WR时钟同步技术

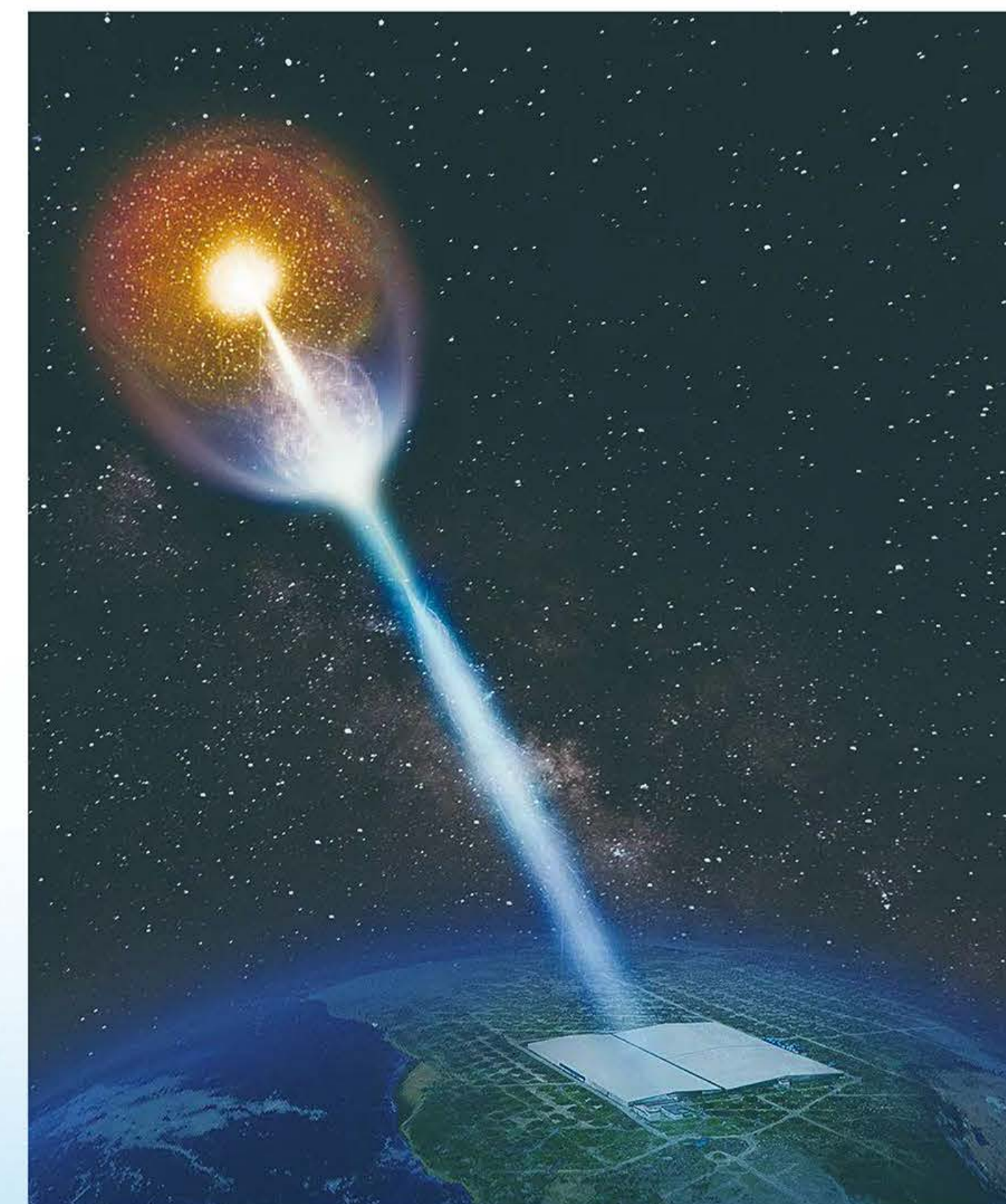
- 针对加速器控制应用开发
- 多实验室/公司合作研究
- OPEN Hardware/Software
- 新一代网络同步标准



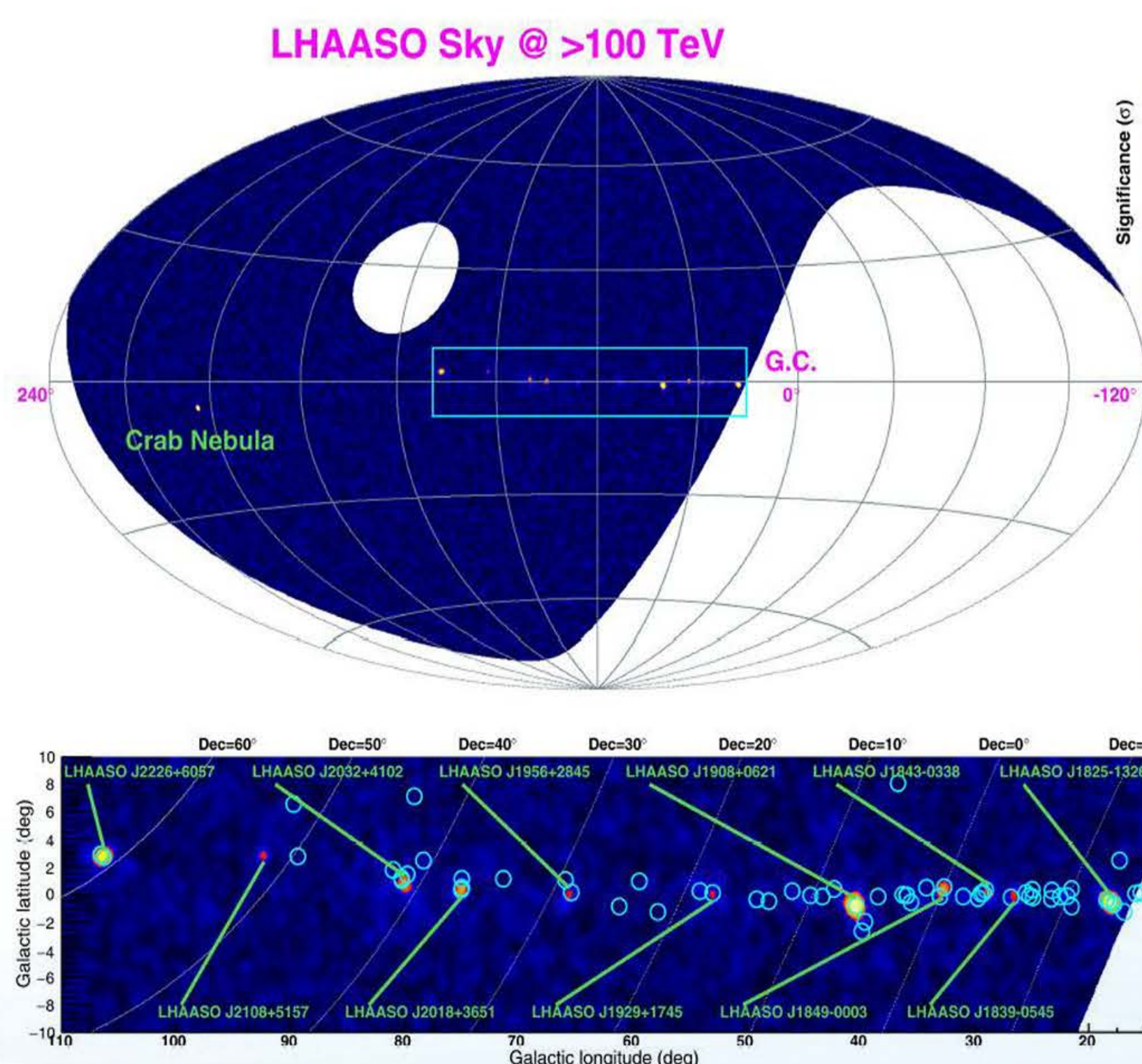
White Rabbit
Hosted by
CERN



基于WR时钟同步网络时钟数据融合传输分布式前端数字化整体方案
无全局硬件触发trigger-less工作模式
全局同步精度 < 250ps



LHAASO探测伽马射线暴（GRB 221009A）艺术图
首次精确测量高能光子爆发的完整过程
LHAASO, Science, 2023



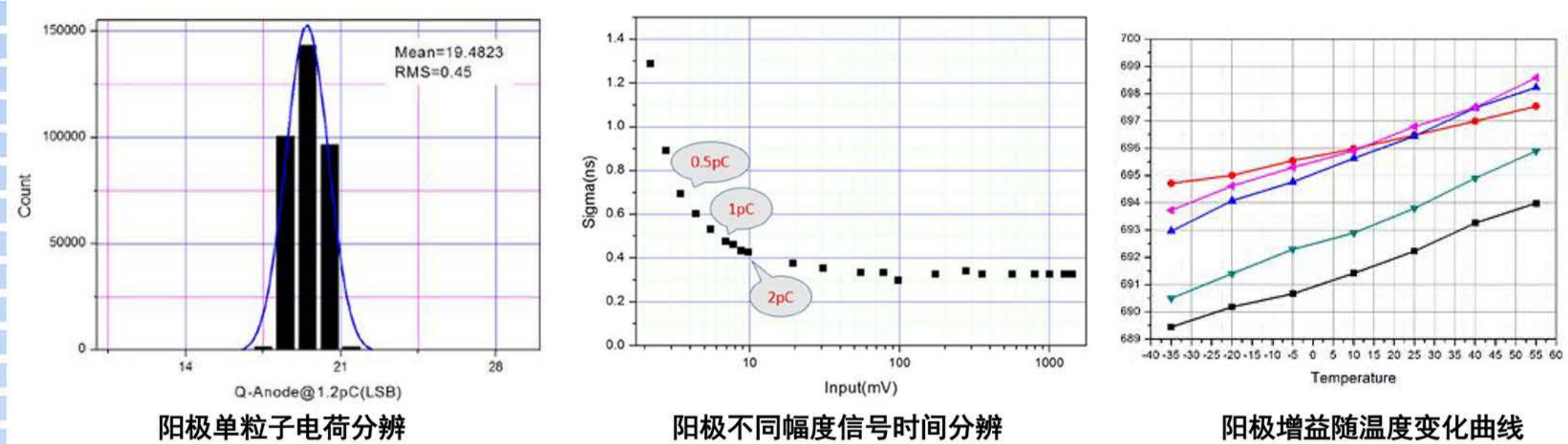
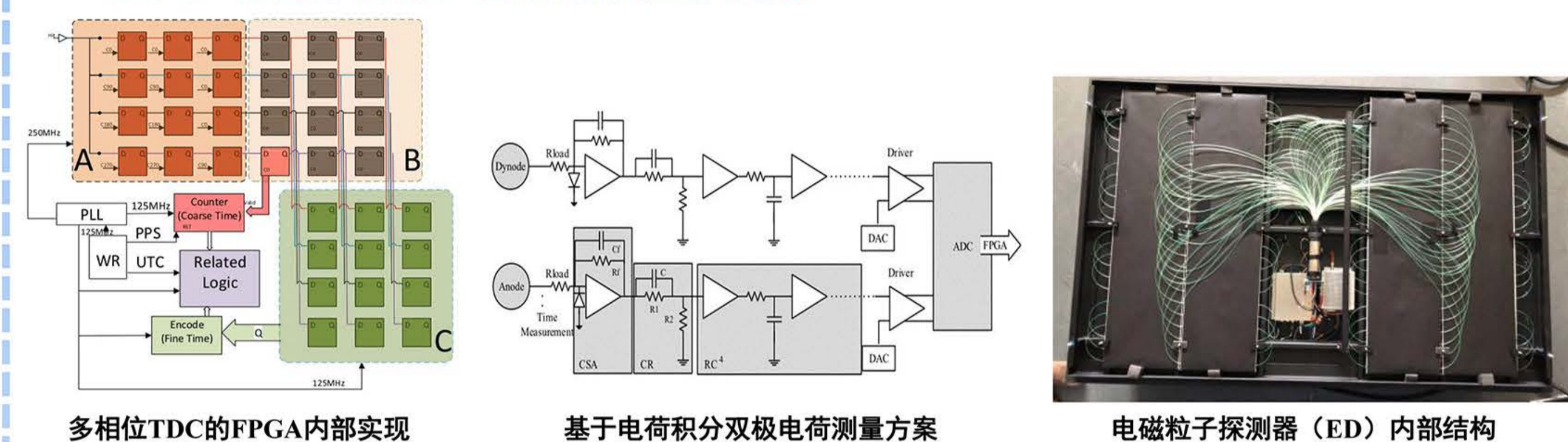
发现首批12个PeV加速器，开启超高能伽马天文学新窗口
1.4PeV最高能量光子
LHAASO, Nature, 2021

LHAASO KM2A电子学研制

DEVELOPMENT OF LHAASO KM2A ELECTRONICS

ED读出电子学:

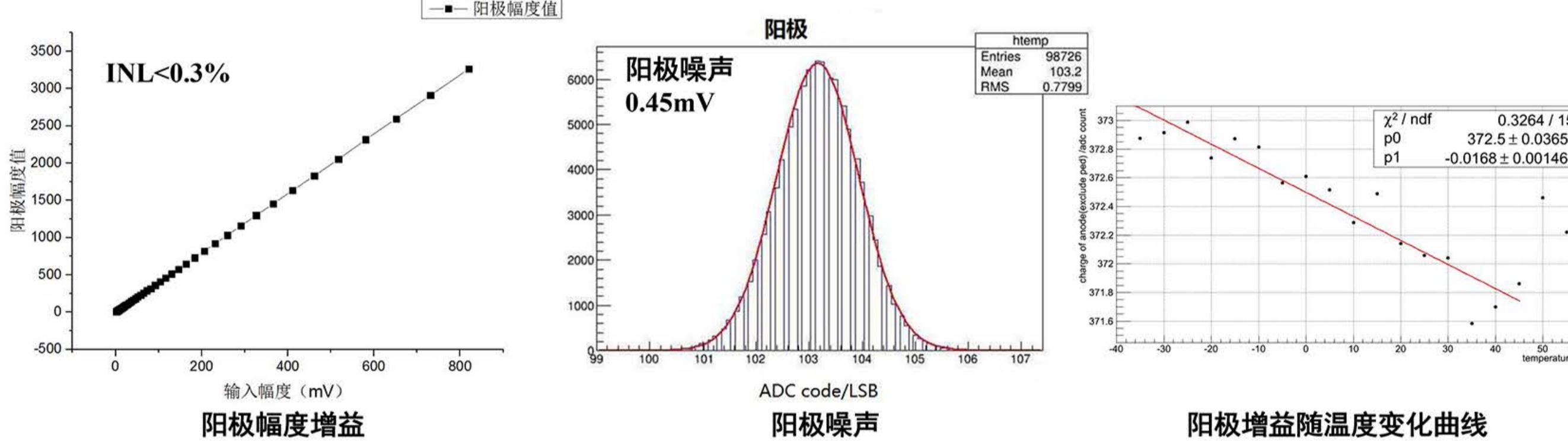
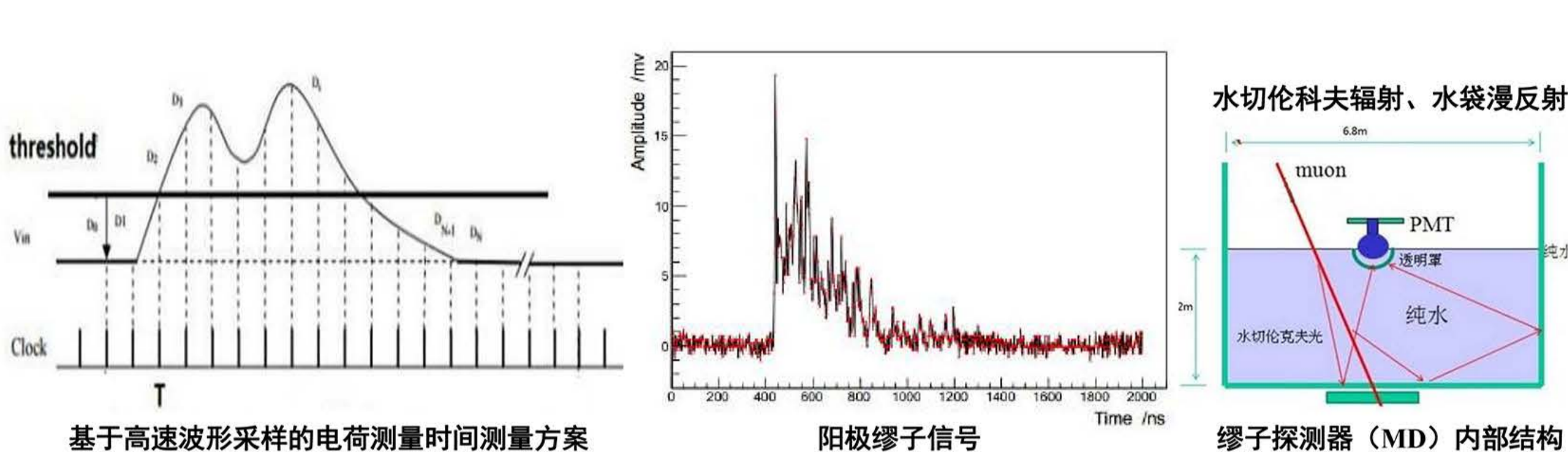
- 基于FPGA实现的多相位TDC
- 基于电荷积分电荷测量方案



参数	指标
通道数	5216 × 2
电荷测量范围	1~10000粒子
电荷测量精度	<10% @ 单粒子 (1.28 pC) <5% @ 10000粒子
时间测量精度	< 1 ns
单通道平均事例率	2 kHz
工作温度范围	-30 °C ~ 40 °C

MD读出电子学

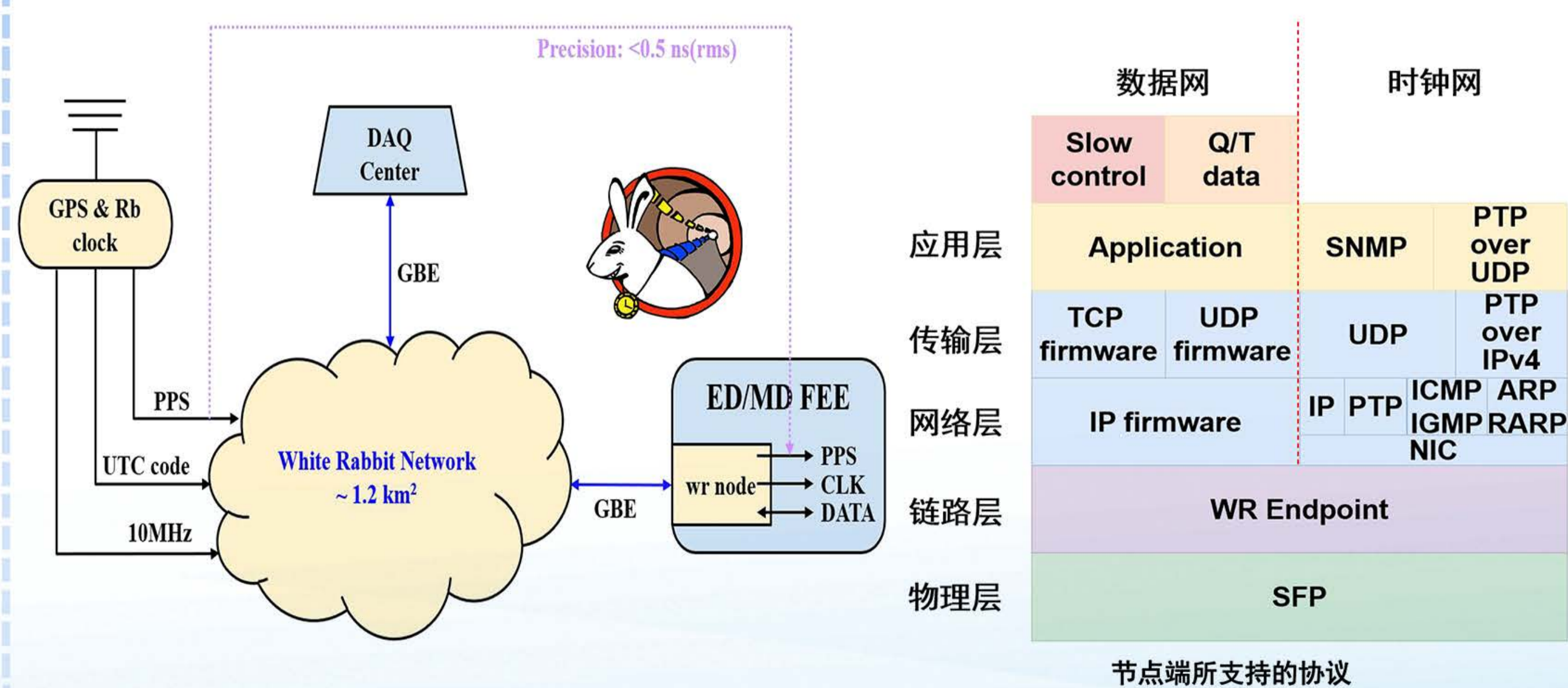
- 全波形采样技术
- 500 MSPS 12-bit ADC实现双极大动态范围波形数字化



参数	指标
通道数	1188 × 2
电荷测量范围	1~10000粒子
电荷测量精度	<12% @ 单粒子 <5% @ 10000粒子
时间测量精度	< 4 ns
单通道平均事例率	10 kHz
工作温度范围	-30 °C ~ 40 °C

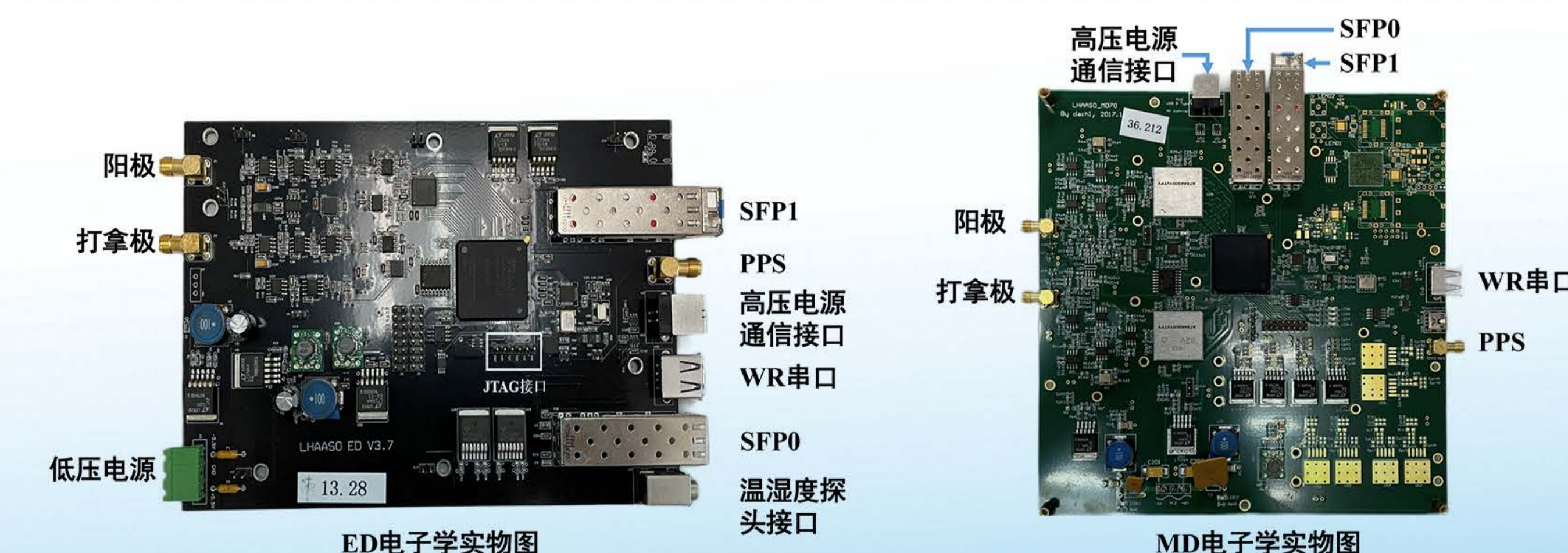
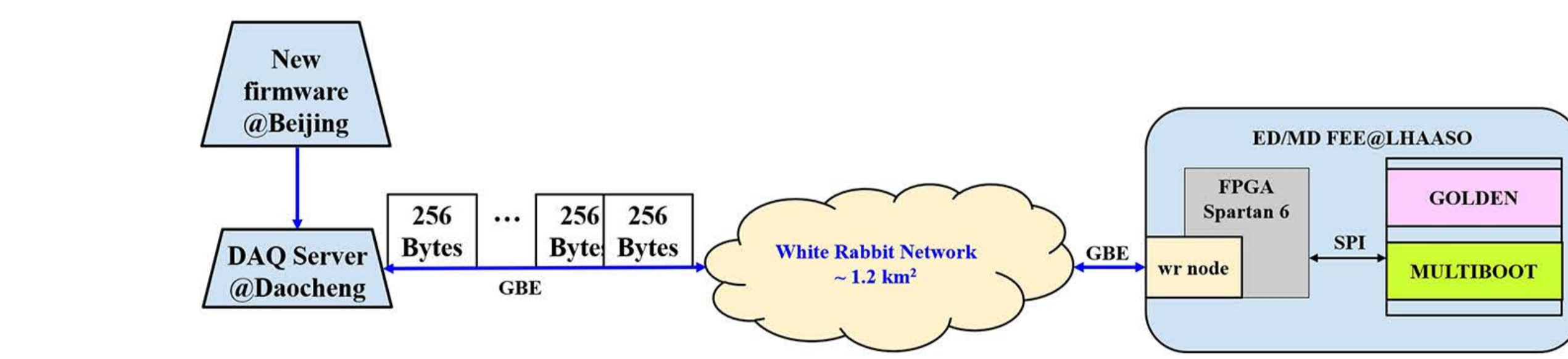
LHAASO时钟数据网

- 数据传输和时钟传输链路复用
- 融合White Rabbit (WR) 节点的电路设计, 完成全阵列电子学时间同步
- 千兆以太网+自研TCP/IP协议栈, 保证数据传输可靠性



基于Multiboot的远程更新方案

- 不需要在电子学系统中增加附加电路
- 仅依靠原有的FPGA即可完成远程更新和重加载

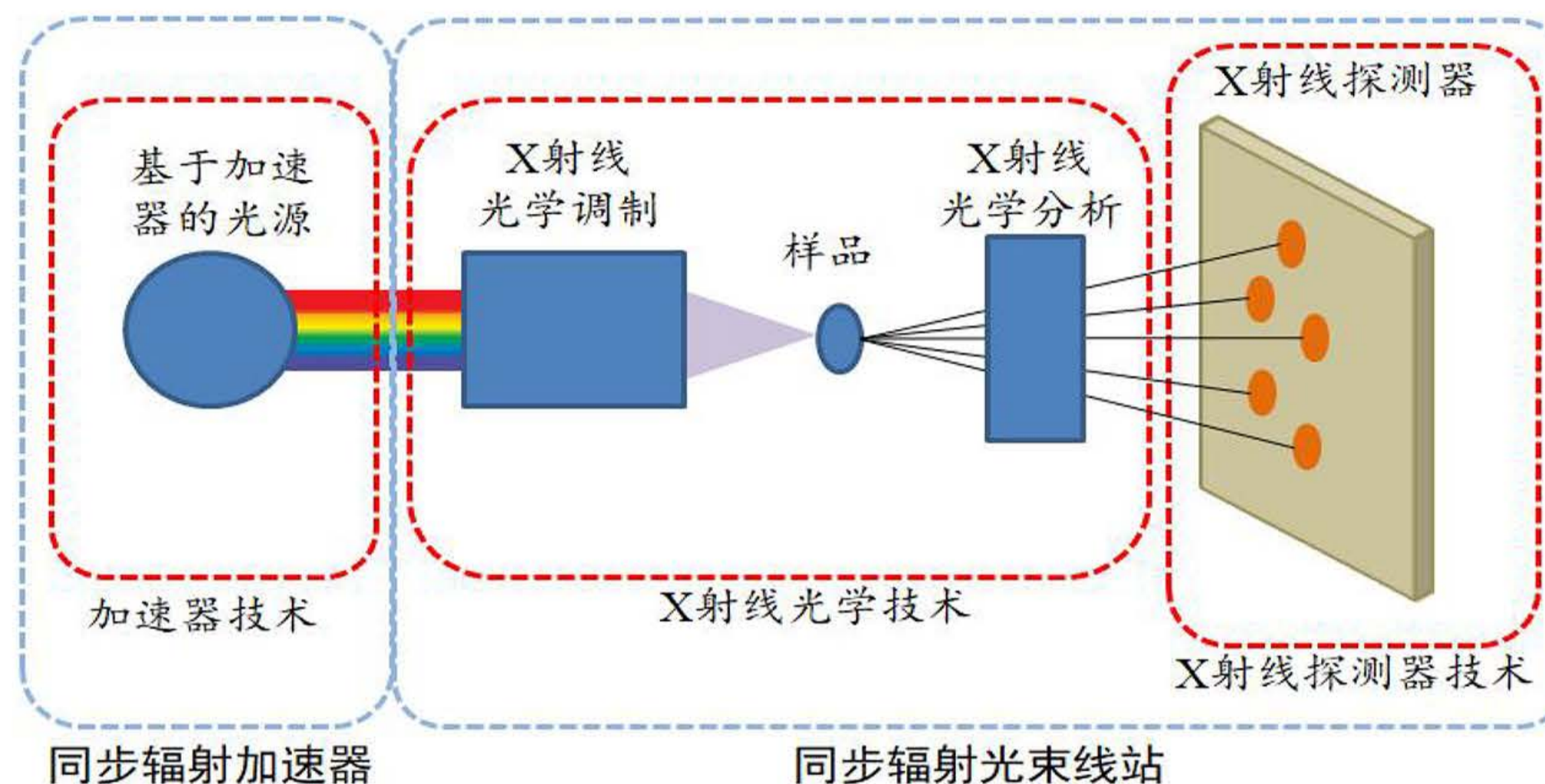


X射线二维硅像素探测器HEPS-BPIX研制

DEVELOPMENT OF X-RAY 2D SILICON PIXEL DETECTOR

工作介绍 Introduction

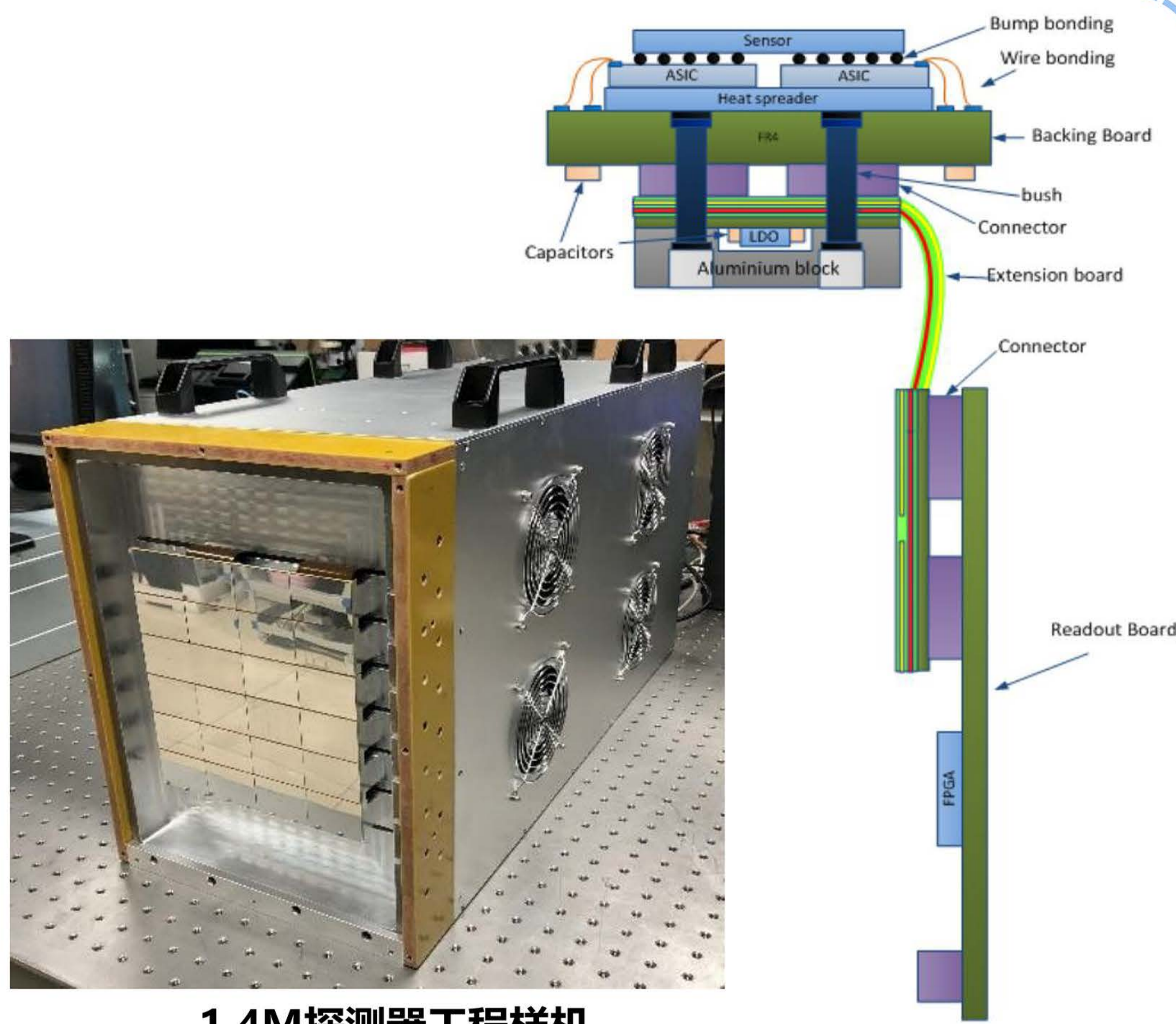
同步辐射高端探测器长期以来被国外所垄断,成为限制先进光源发展的瓶颈问题。针对高能同步辐射光源需求,开展了X射线硅像素探测器全部关键技术的攻关。自2012年至今,完成了三代样机的研制,全部关键技术均实现了国产化,性能达到国际先进水平,列入到HEPS光源工程序列。



主要设计指标

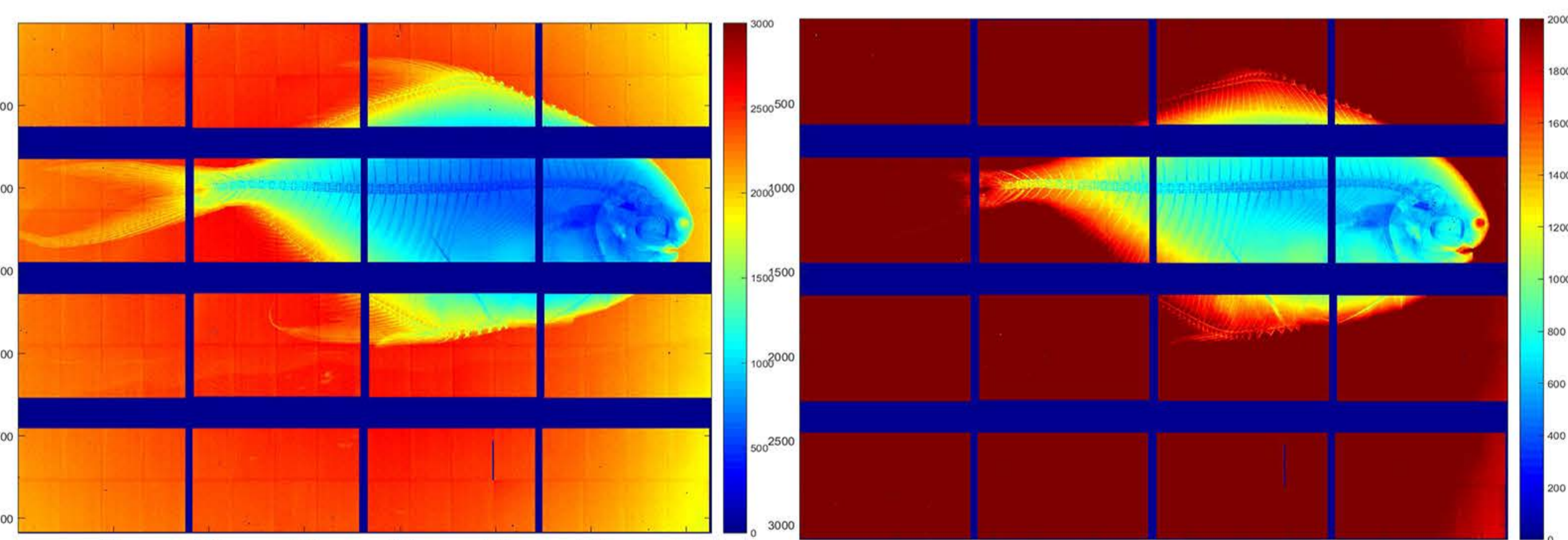
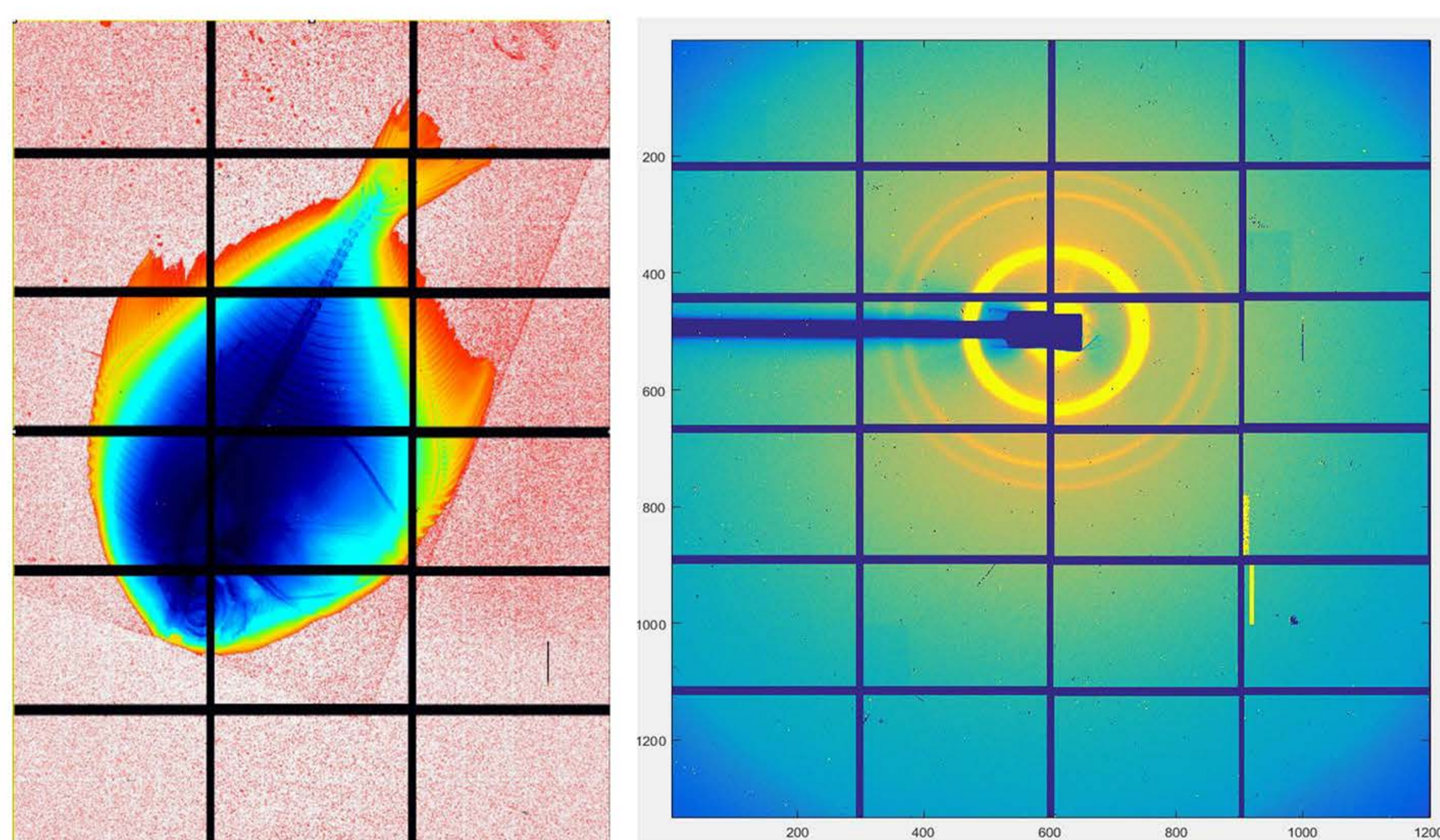
Main Specifications

指标	参数
传感器材料	320 μ m Silicon PIN
像素尺寸	150 μ mX150 μ m
像素阵列	1248X1728 (单模块208X288, 4X6模块拼接)
计数率	每像素1Mcps
动态范围	20bit
帧频	1kHz
能量范围	8~20keV
阈值	单阈值调节
坏点率	<1‰
拼缝	1.6mmX2.5mm

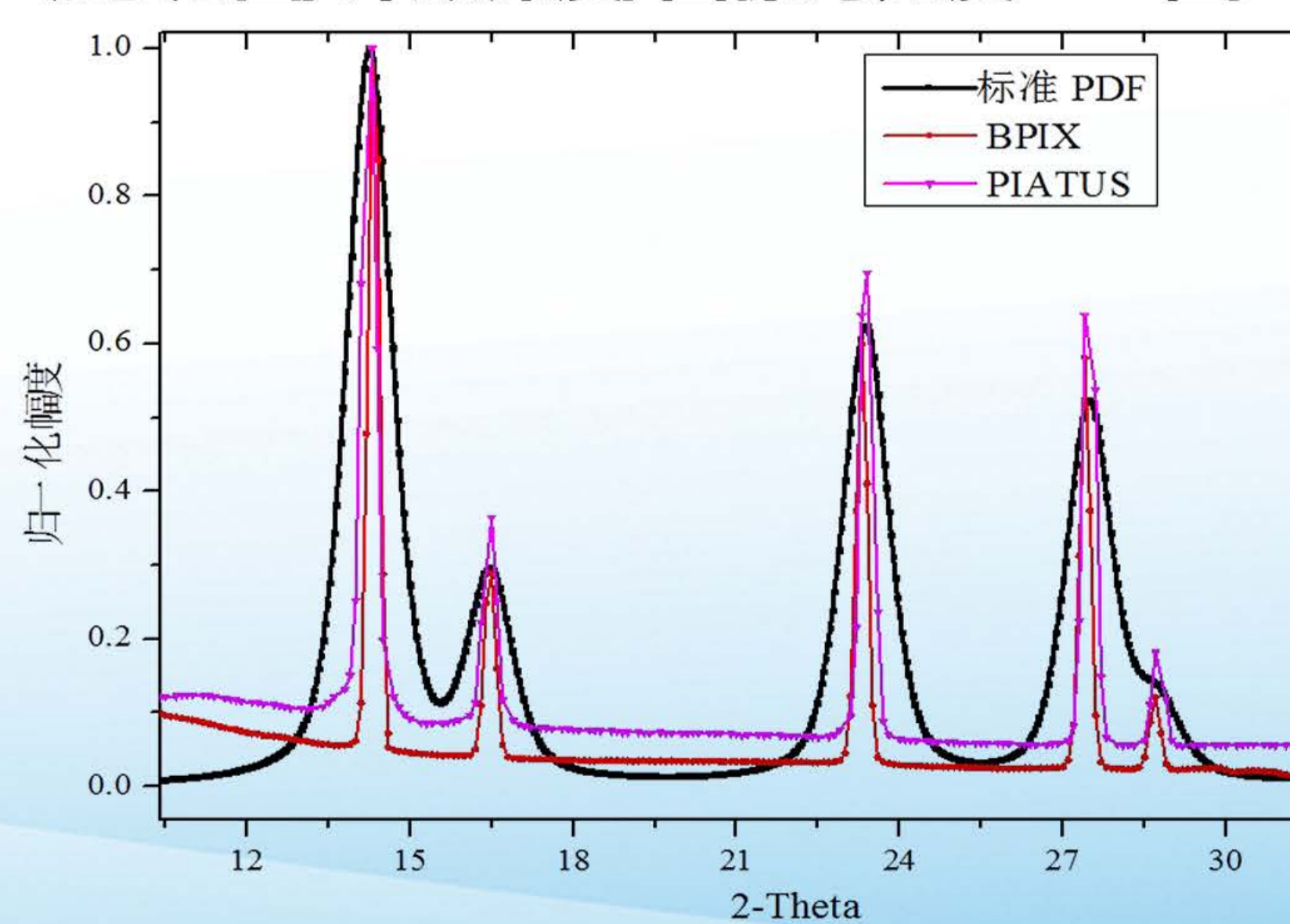


主要性能指标

Main Performance



动态范围/计数深度/图像对比度 = 20位/10⁶



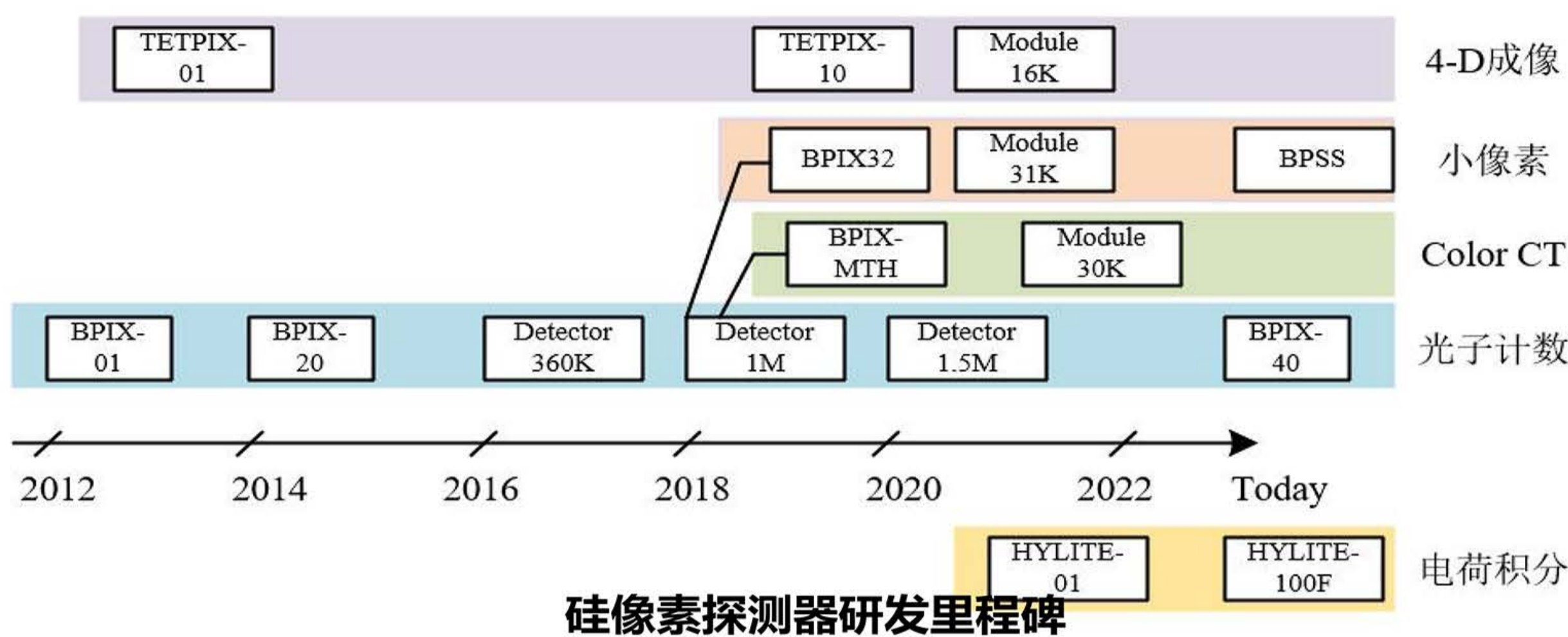
整机帧刷新率1.2kHz, 显著好于同类产品水平

新型硅像素探测器预研

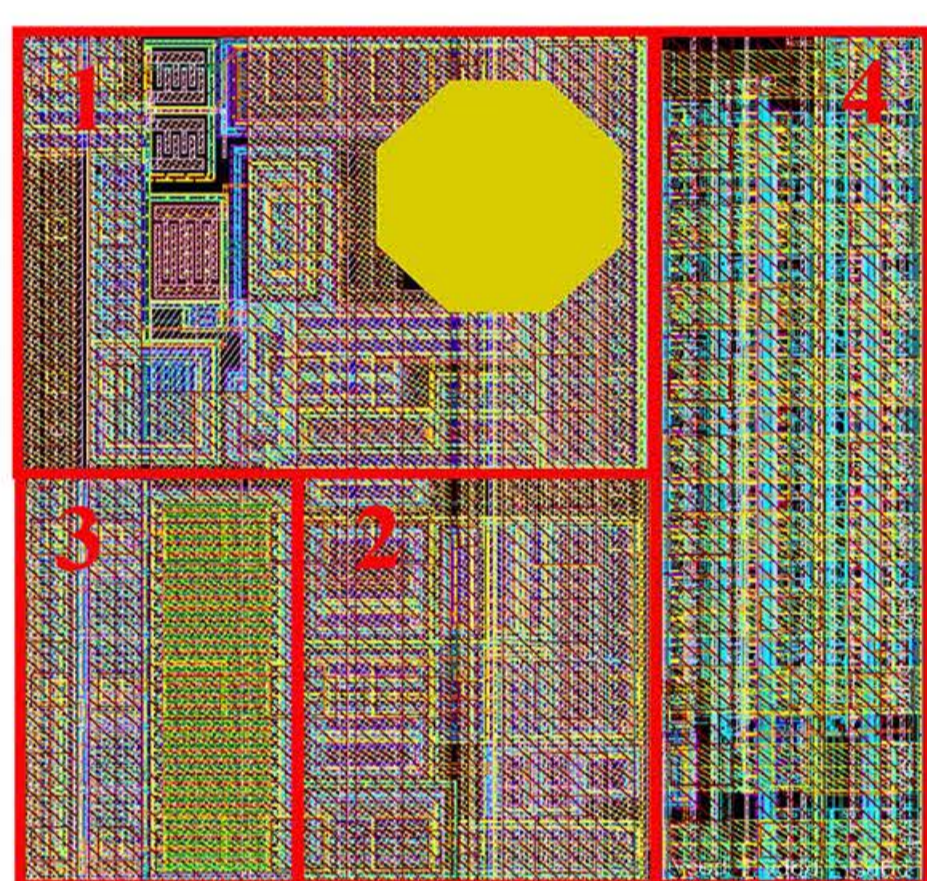
R&D OF NOVEL SILICON PIXEL DETECTORS

工作介绍 Introduction

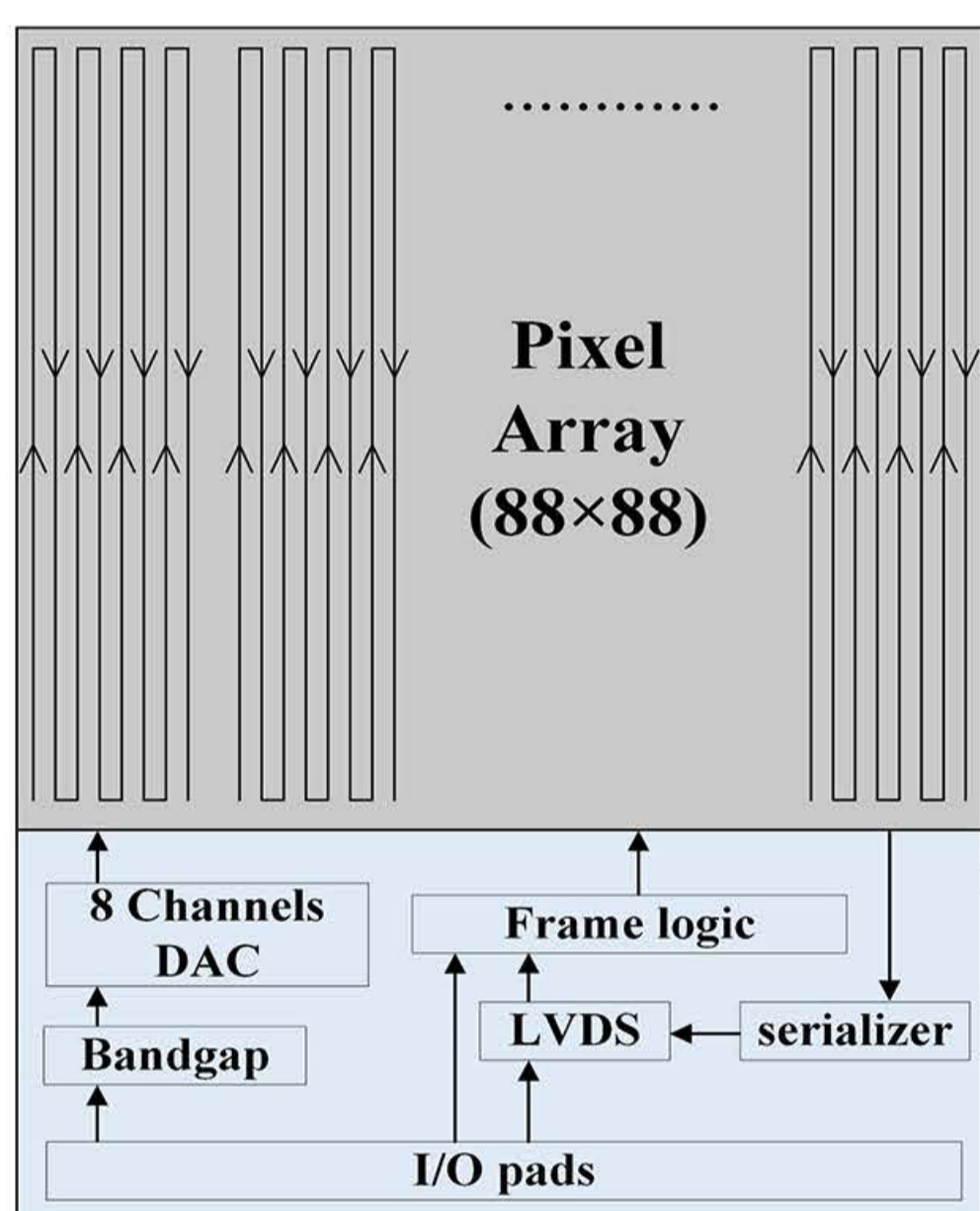
在针对高能光源的硅像素探测器样机研制的基础上，瞄准更高性能、更强功能进一步开展了一系列新型X射线硅像素探测器的研制，完成了包括大动态积分型像素探测器、4D复合型像素探测器、小像素探测器等探测器原型模块的研制



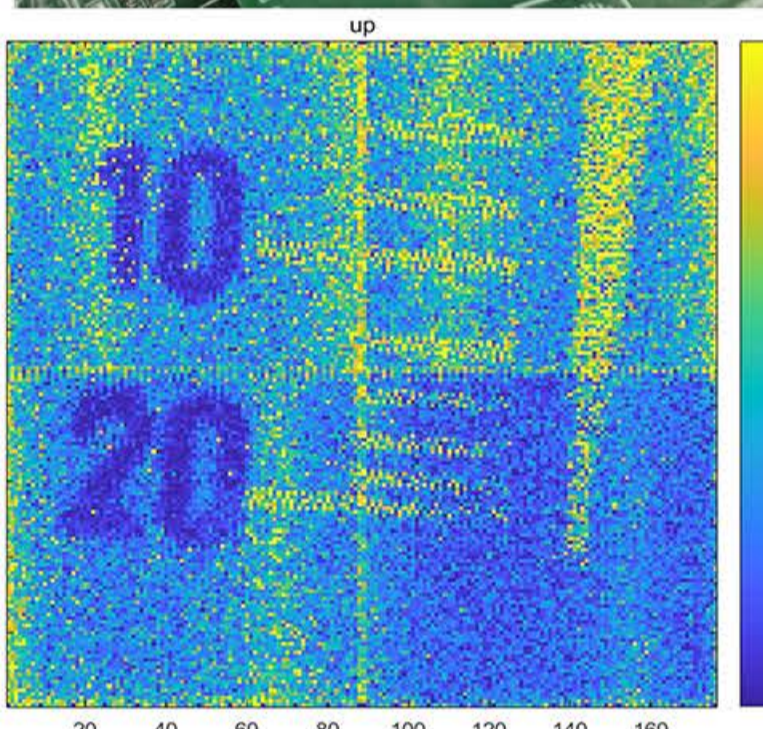
小像素单元硅像素探测器 – BPSS



像素单元尺寸 $55\mu\text{m} \times 55\mu\text{m}$
达到同类芯片国际最好性能
TIMEPIX相同的水平



BPSS芯片框图

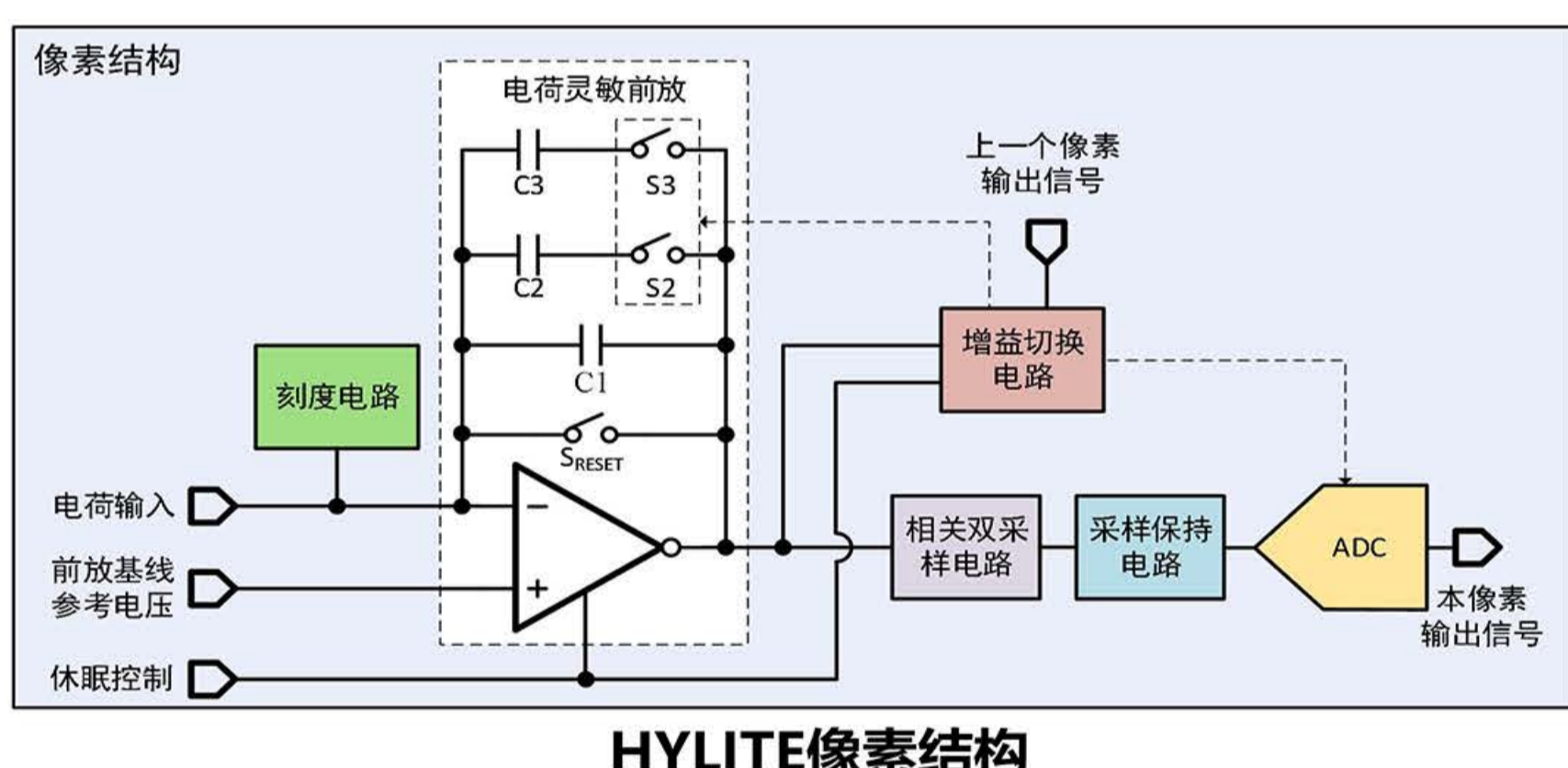


原型模块及X光成像结果

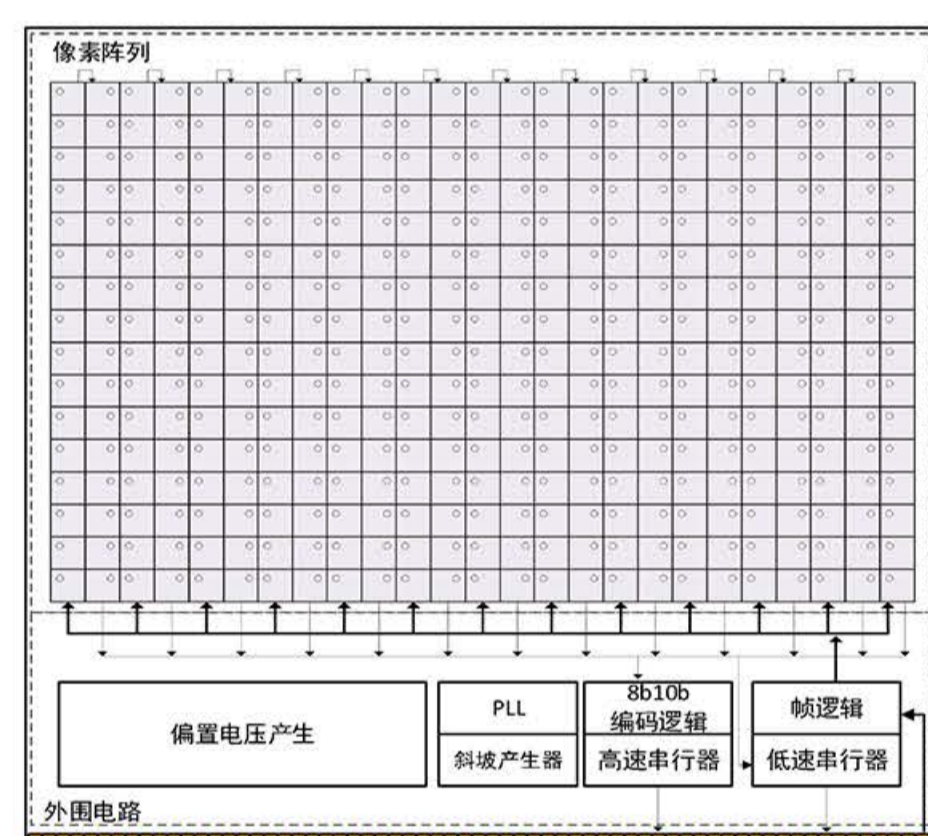
指标	参数
传感器	Si / CdTe / CZT / GaAs 正负极性兼容
像素尺寸	$55\mu\text{m} \times 55\mu\text{m}$
像素阵列规模	88×88
能量范围	Si: 8 ~ 20 keV CZT: 8 ~ 100 keV
计数率	1 Mcps/像素
帧刷新率	1 kHz
探测器模块	2×2 芯片, 3万像素

在国家重点研发计划“高性能光源关键实验技术与方法”课题二支持下完成探测器原型模块研制，并通过课题验收

高帧频大动态范围积分型像素探测器 – HYLITE

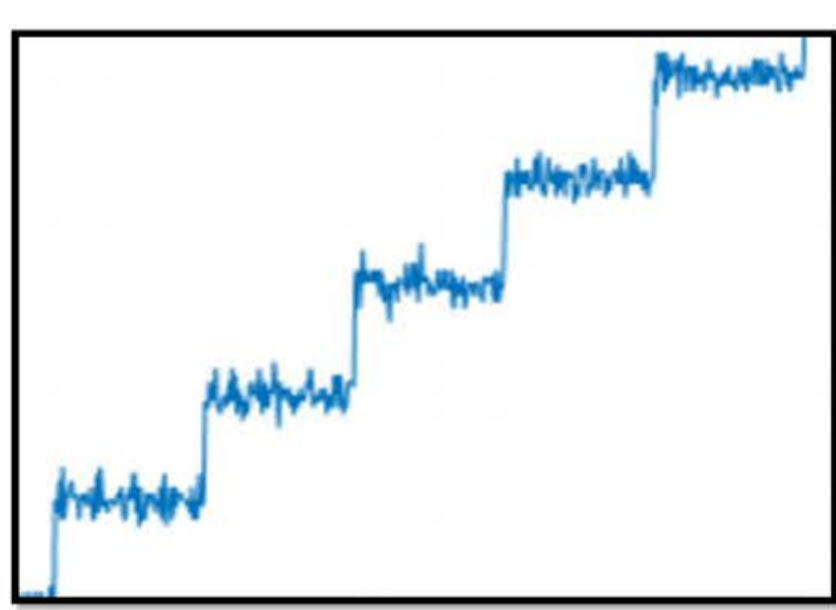


HYLITE像素结构

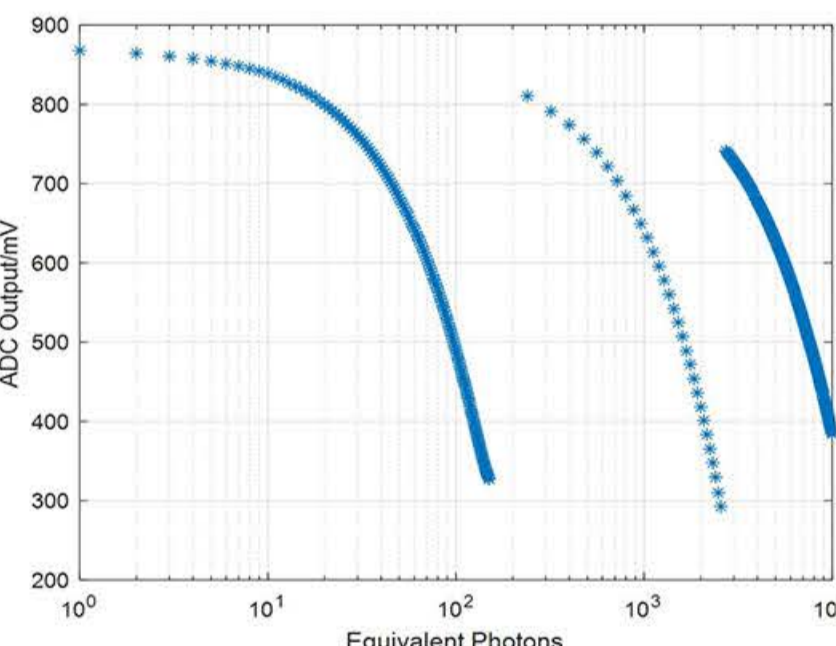


全尺寸工程批芯片框图

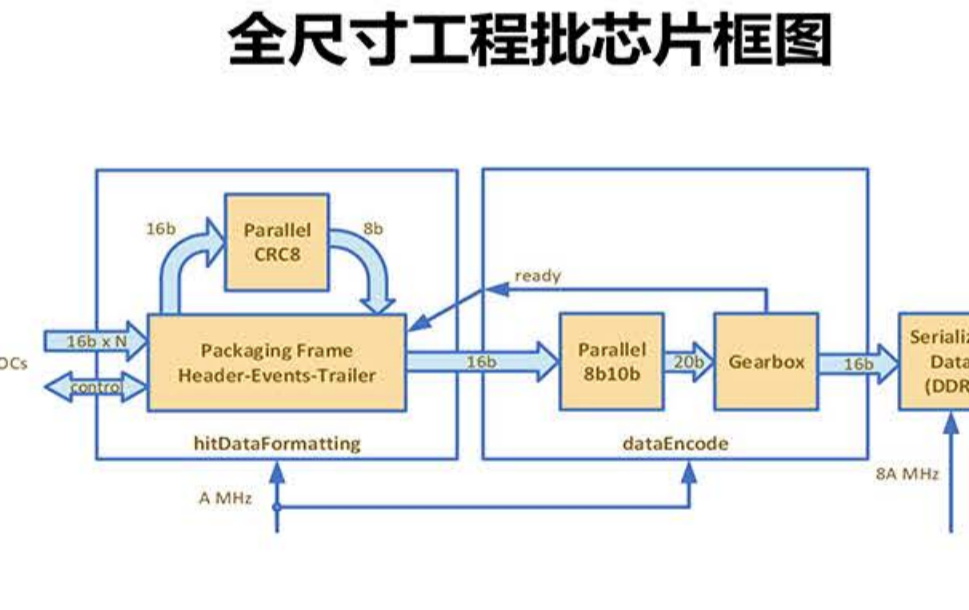
指标	参数
传感器	$320\mu\text{m}$ Silicon PIN
像素尺寸	$100\mu\text{m} \times 100\mu\text{m}$
像素阵列规模	128×128
动态范围	1 ~ 10000 光子 @ 12 keV
帧刷新率	10 kHz (连续读出)
数据率	4 Gbps (2×2 Gbps DDR)
探测器整机	4M像素、四象限移动



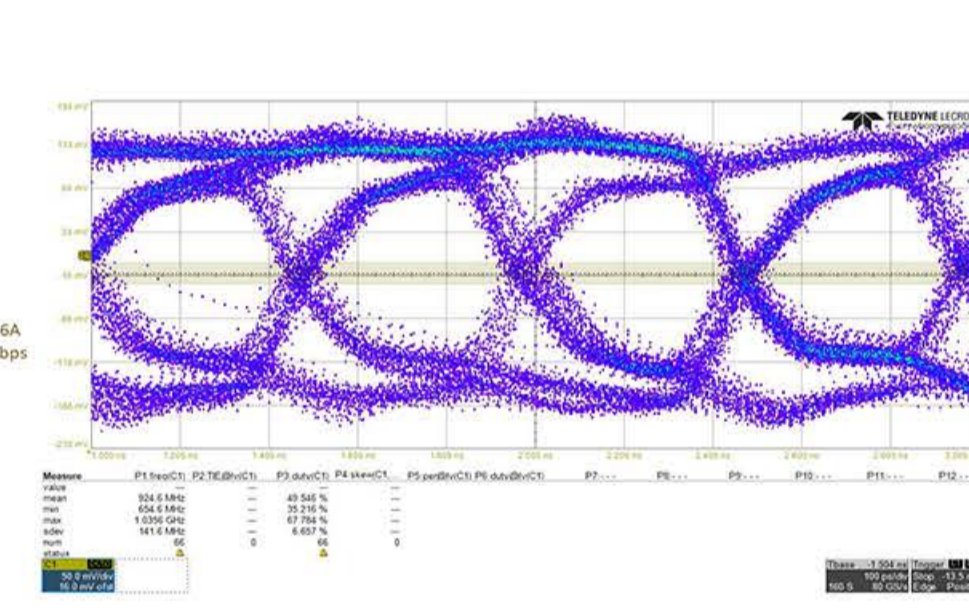
低量程单光子信噪比 $S/N \sim 9.3$



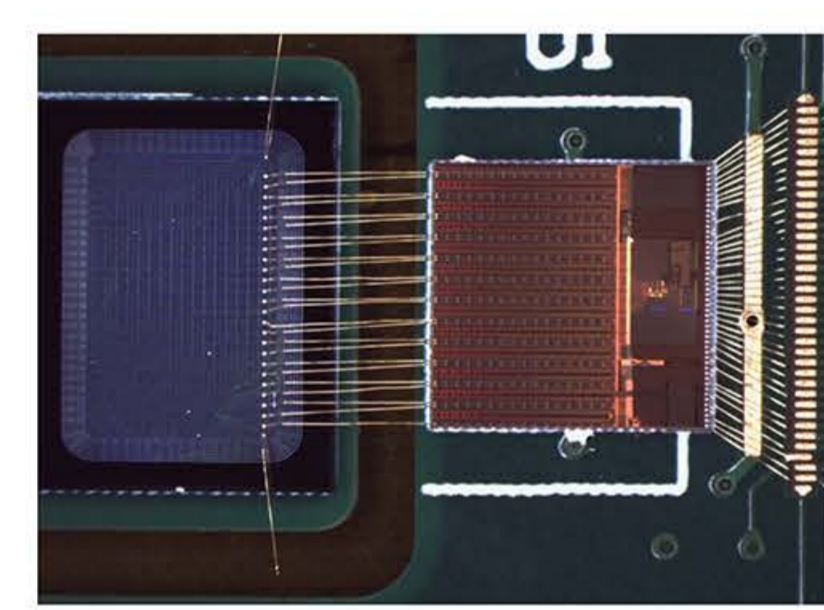
$1 \sim 10^4$ 光子动态范围覆盖能力



Aurora 8b10b编码及串行接口

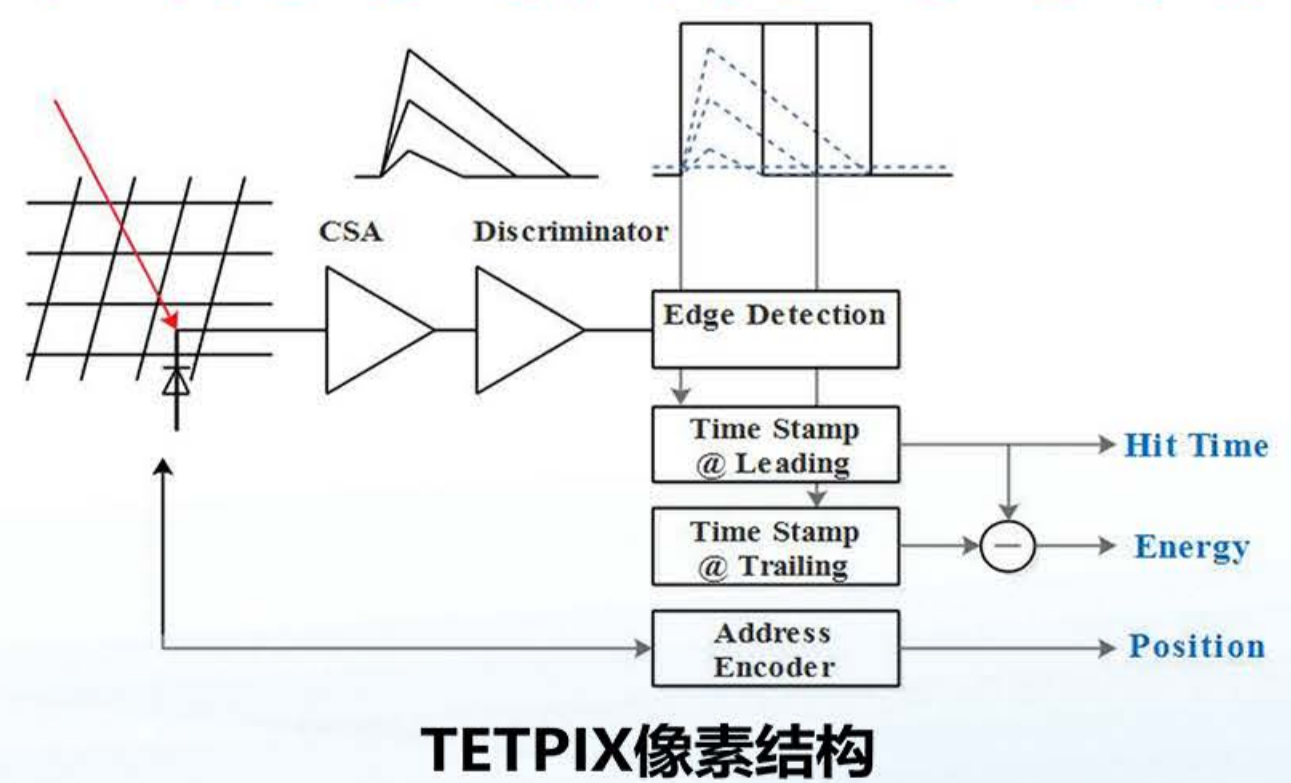


经1.6m电缆传输后眼图完好@2Gbps



已与传感器完成打线联调测试

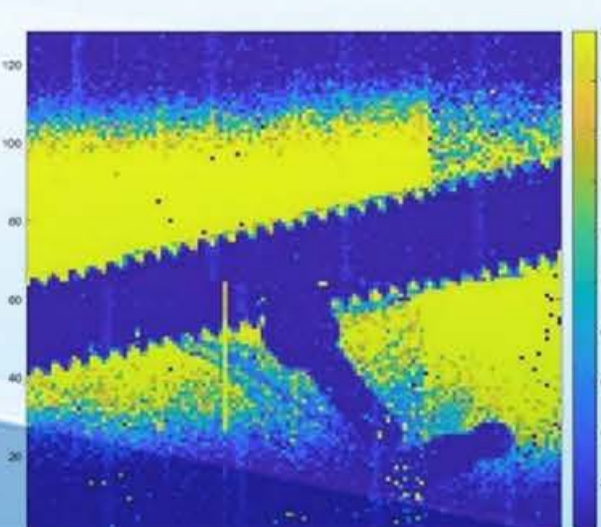
4D成像复合像素探测器 – TETPIX



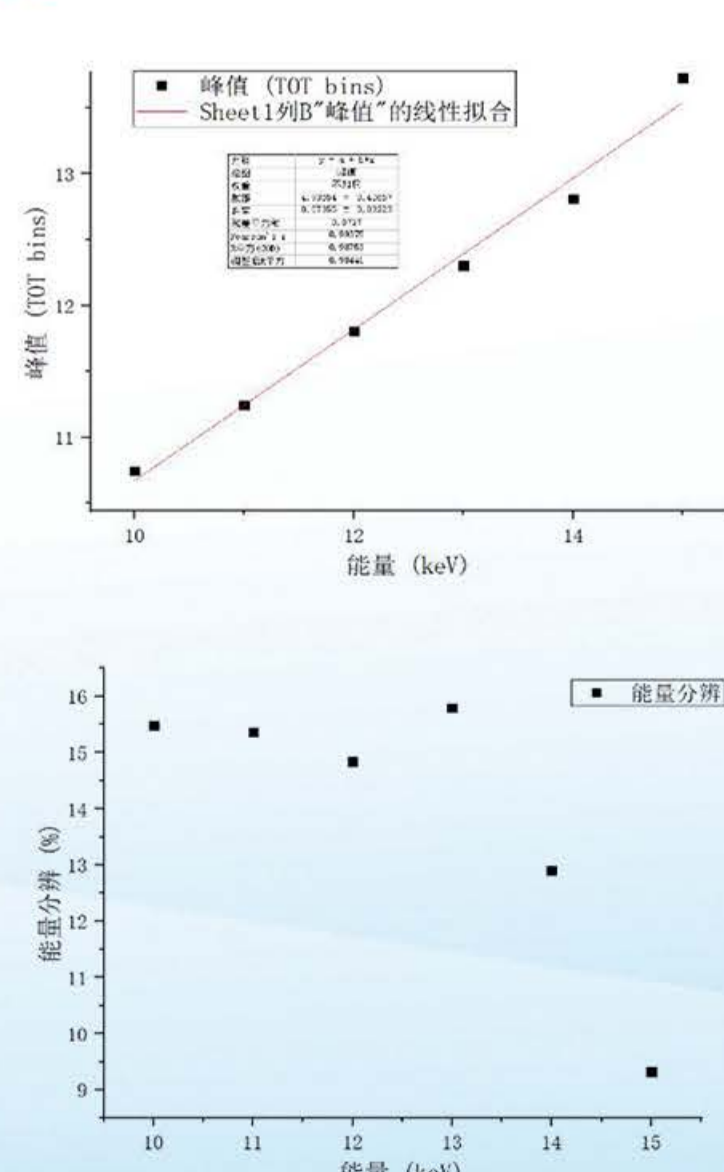
TETPIX像素结构



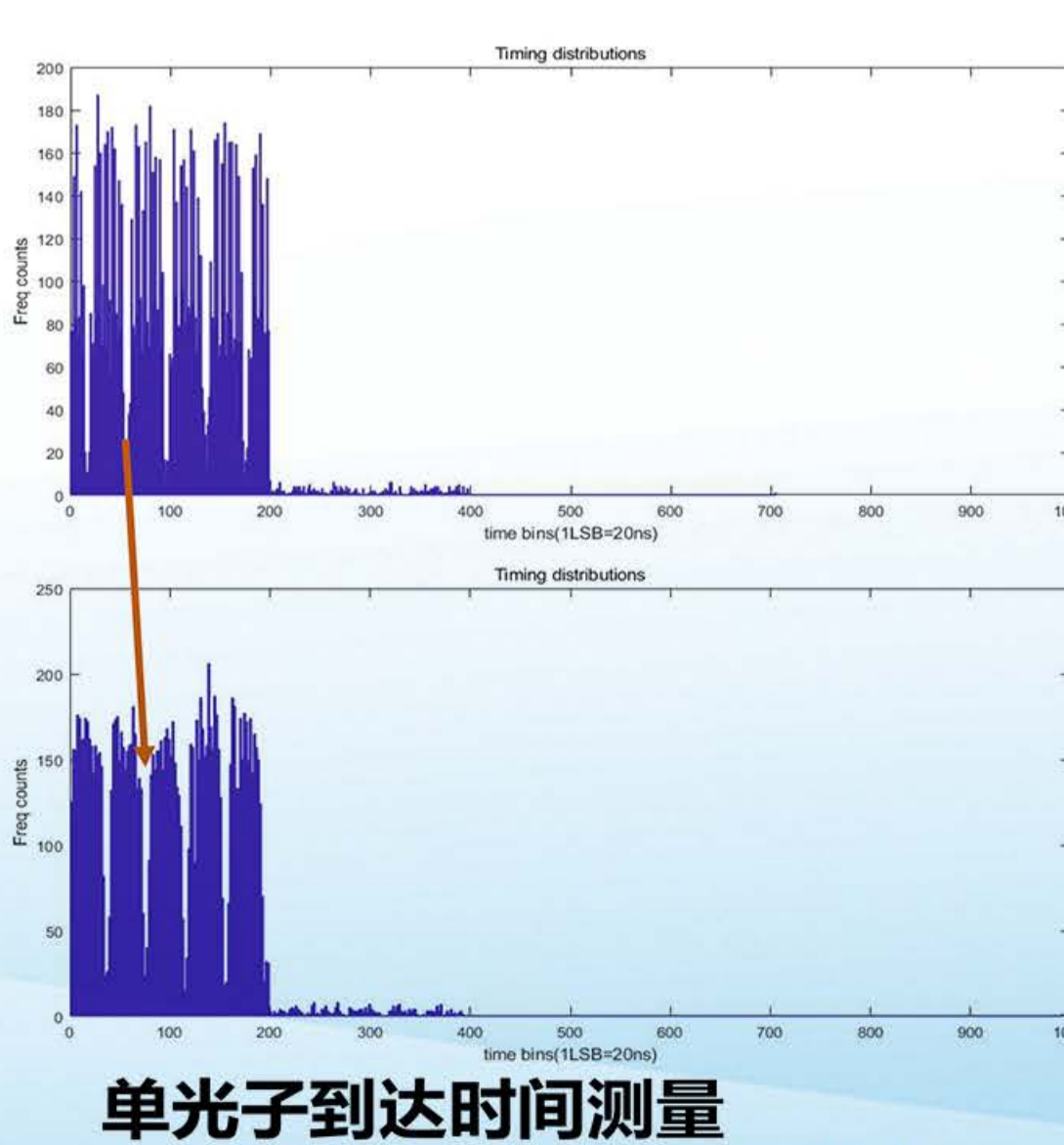
探测器模组



传统二维位置成像



单光子能量测量
能量分辨率 $< 2\text{keV}$



单光子到达时间测量
可清晰分辨BEPCII束团结构
额外添加指定的延时可精确测量
时间精度由系统时钟决定

指标	参数
探测方式	4-D稀疏成像: 单光子时间+能量+二维位置
像素尺寸	$150\mu\text{m} \times 150\mu\text{m}$
像素阵列规模	64×32
能量分辨	好于20% @ (8~20 keV)
时间分辨率	20 ns
读出方式	事例驱动
平均计数率	2.4 kHz/像素

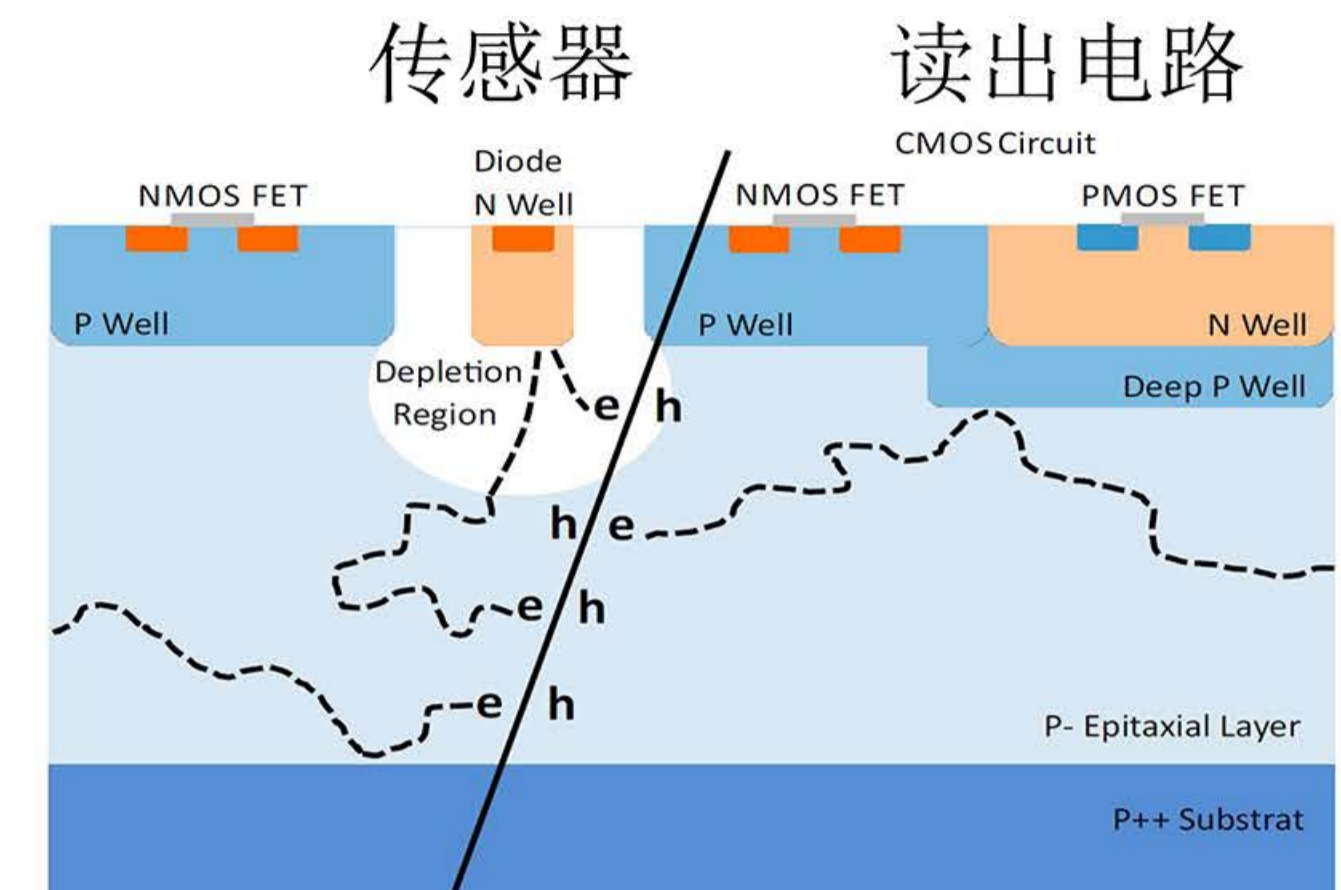
在国家重点研发计划“高性能光源关键实验技术与方法”课题一支持下完成探测器原型模块研制，并通过课题验收

CEPC顶点探测器样机的太初芯片研制

TAICHUPIX CHIPS FOR THE CEPC VERTEX DETECTOR PROTOTYPE

工作简介 Introduction

CEPC顶点探测器原型样机的研制需要大面积、高位置分辨、抗辐照的像素探测器芯片。当前国内外已有芯片不能全面满足CEPC顶点探测器的需求。因此，研发团队开展了芯片自主研发工作，采用基于CMOS工艺的单片集成式像素探测器技术，研制了太初 (TaichuPix) 系列芯片。自2018年至今，完成了三版原型芯片的设计和测试，全部关键性能指标均满足第一代探测器样机的需求。

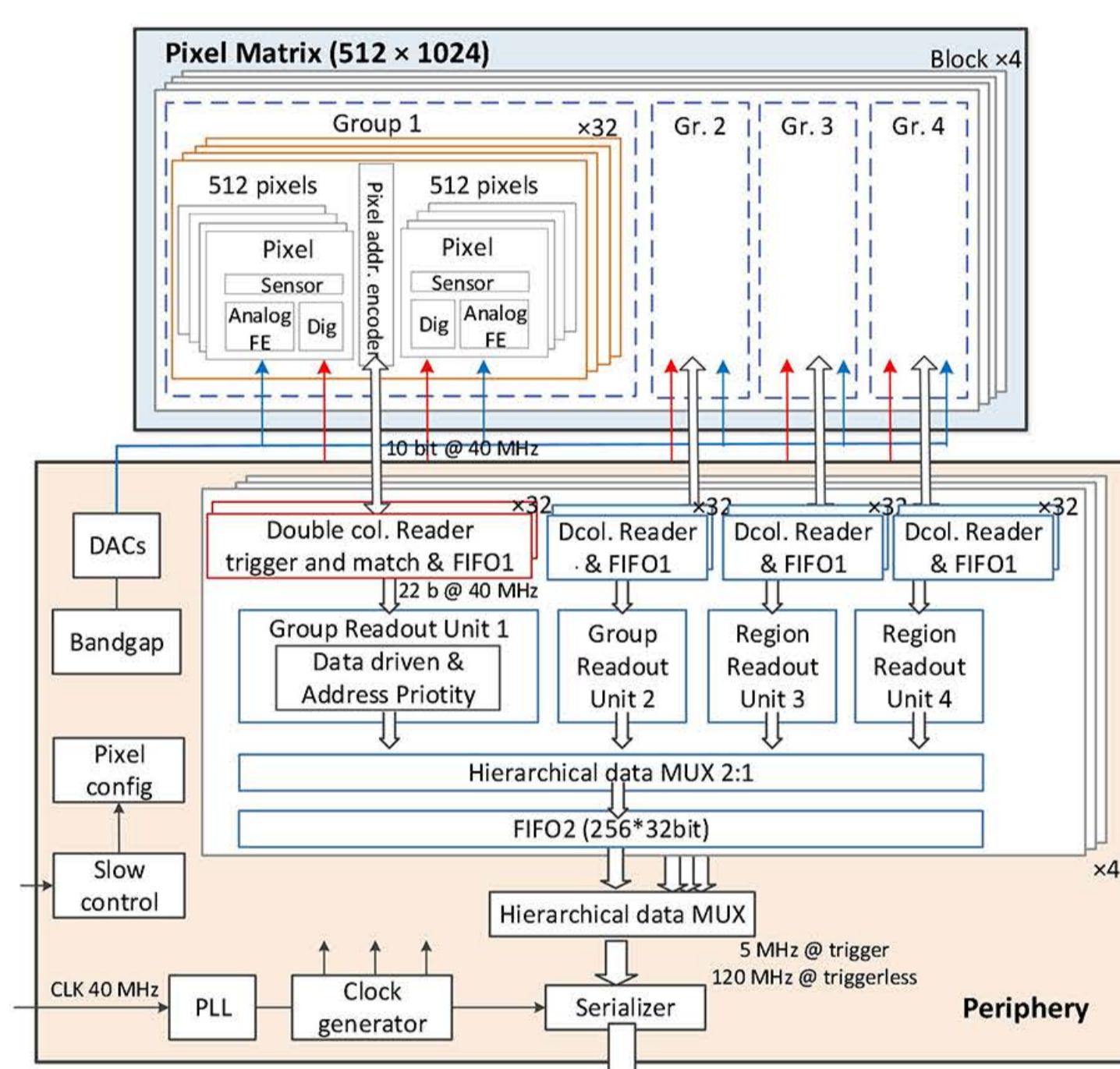


单片集成式像素探测器芯片截面图，传感器和读出电路集成于同一硅衬底
Schematic cross section of a monolithic pixel sensor, sensor and readout electronics integrated on the same silicon substrate

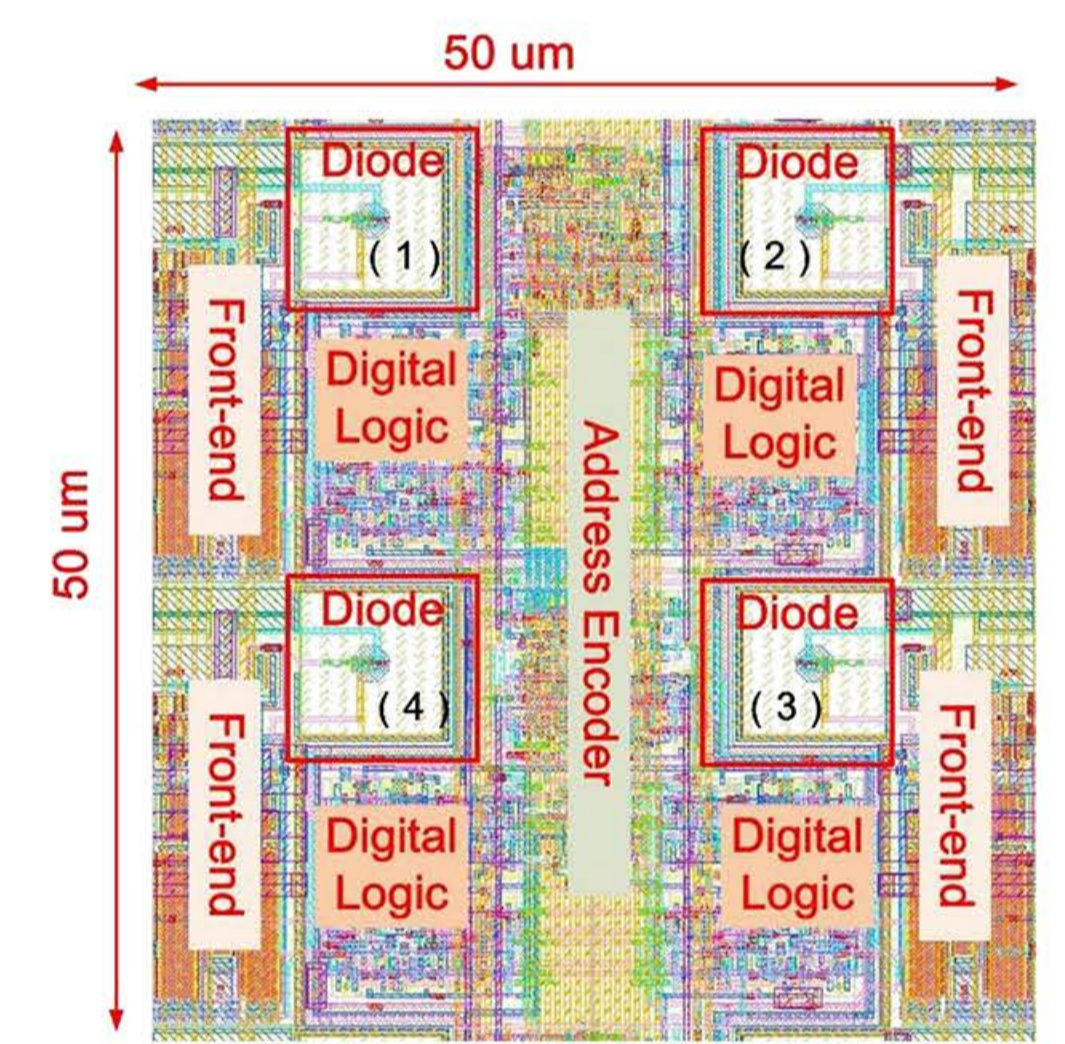
主要性能指标

Main specification & performance

参数	指标
芯片厚度	150 μm
像素尺寸	25 μm \times 25 μm
最小空间分辨率	< 5 μm
探测区面积	25.6 mm \times 12.8 mm
最小阈值	\sim 180 e ⁻
功耗密度	89 – 164 mW/cm ²
读出死时间	< 500 ns
抗电离总剂量辐照	> 1 MRad



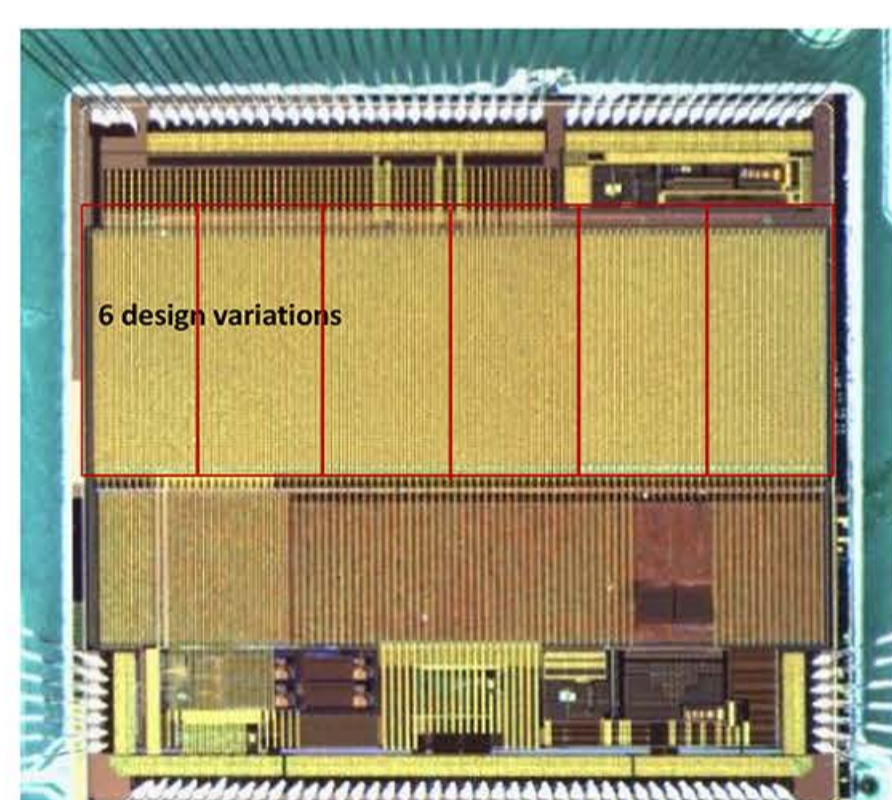
全尺寸太初芯片功能模块图
Functional block diagram of a full-scale TaichuPix chip



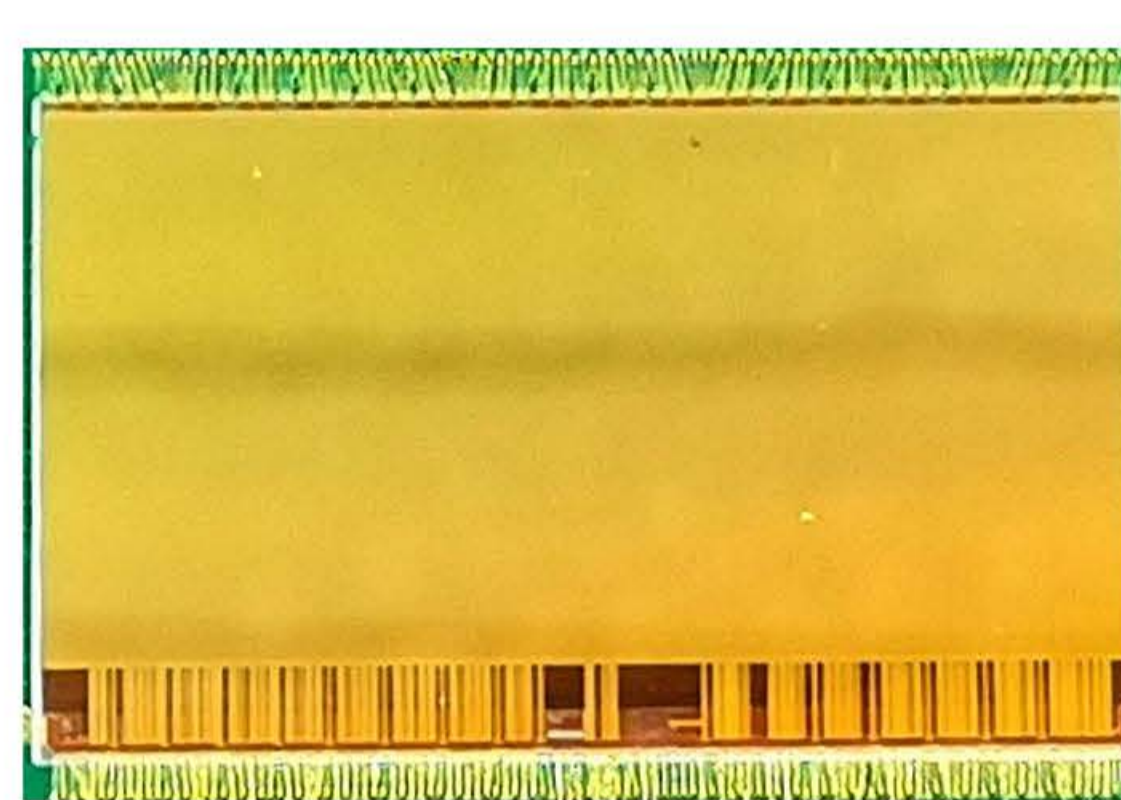
2 x 2 像素版图
Layout of 2 x 2 pixels



第一版太初芯片
TaichuPix-1, 5 x 5 mm²



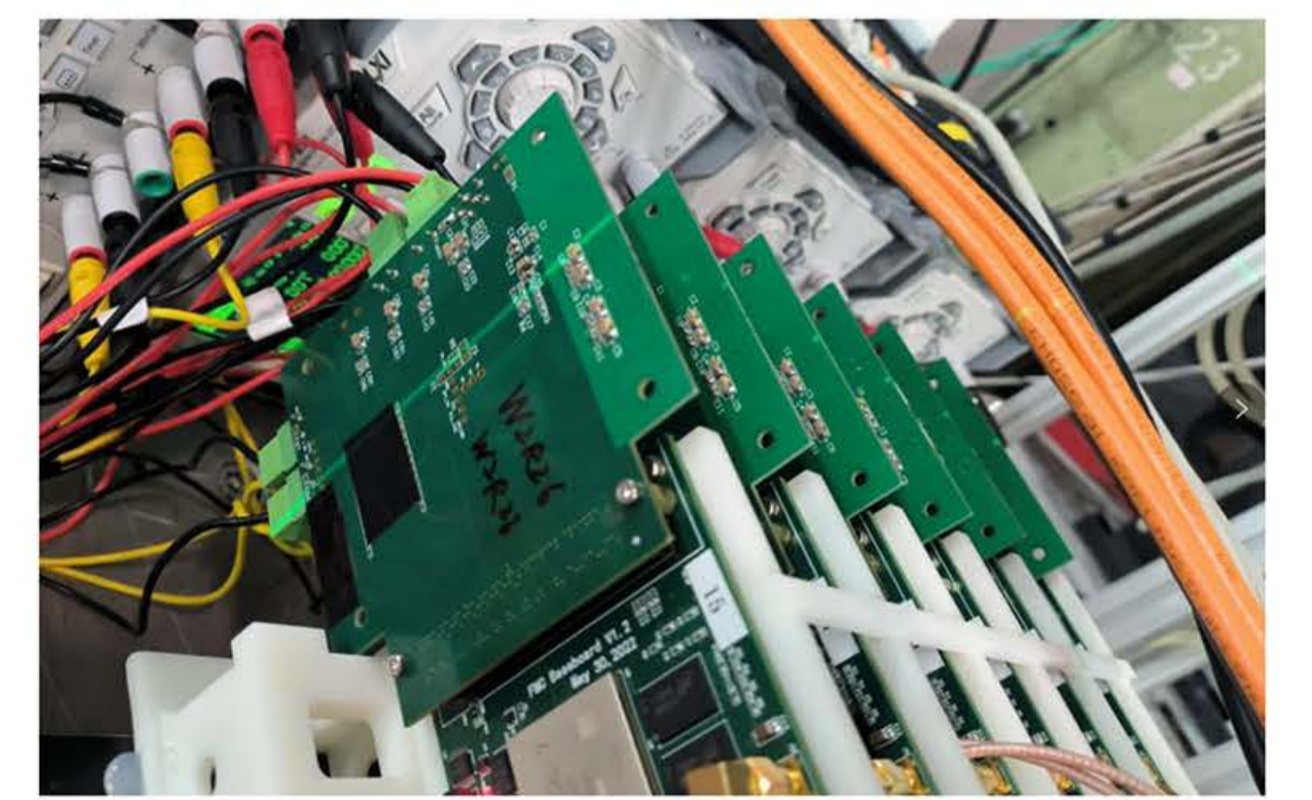
第二版太初芯片
TaichuPix-2, 5 x 5 mm²



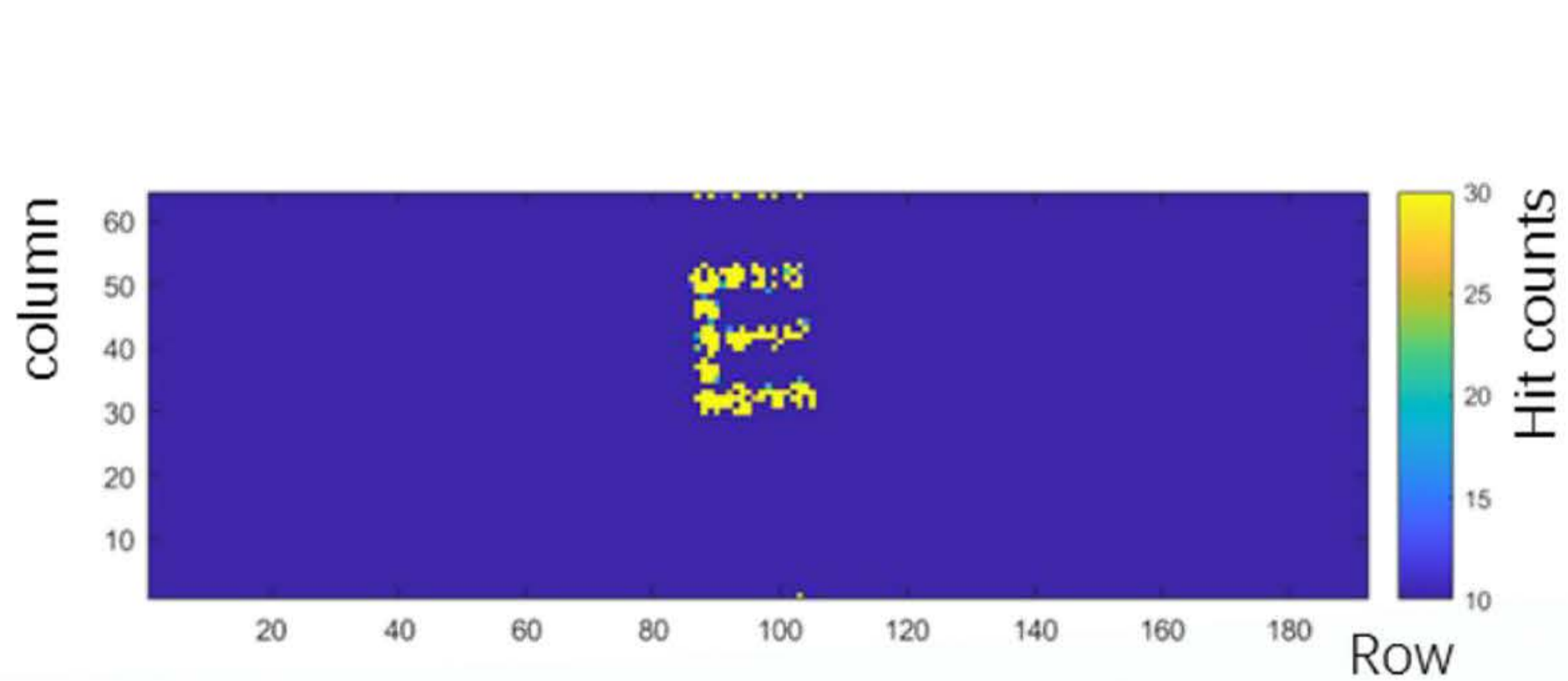
全尺寸太初芯片
TaichuPix-3, 25.7 x 15.8 mm²



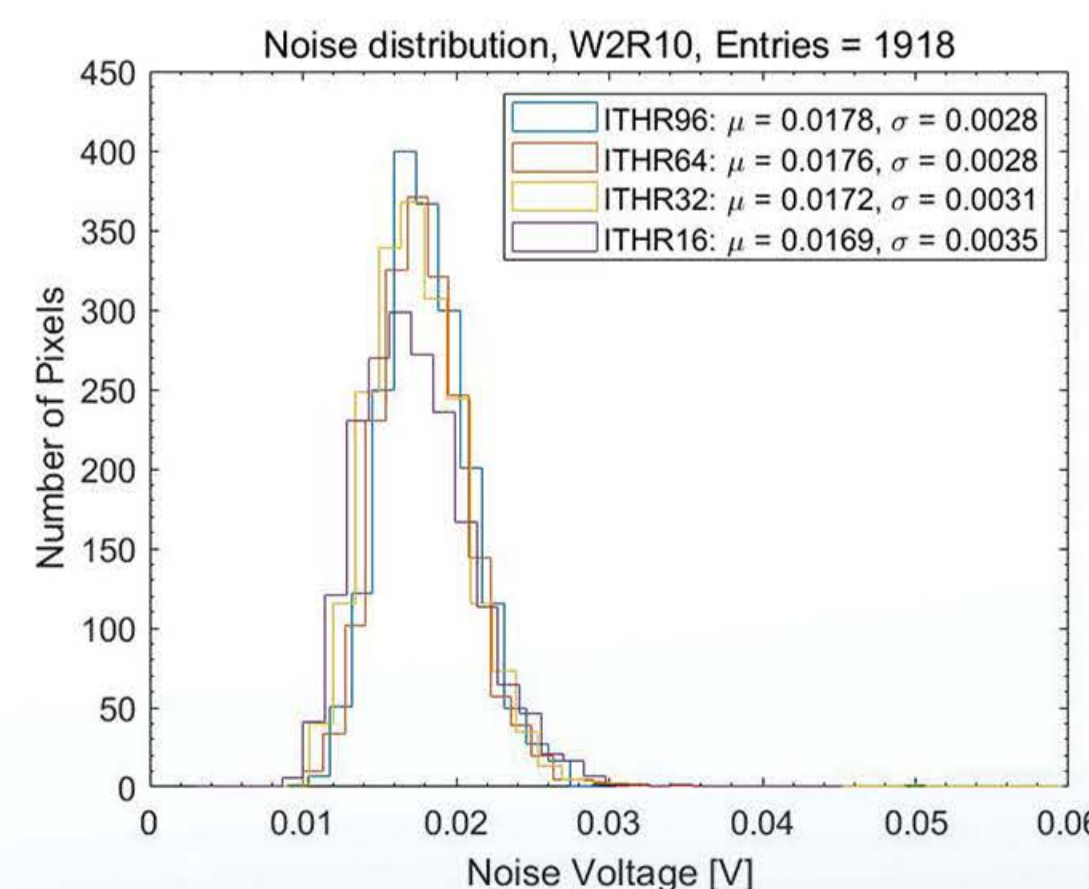
太初芯片8寸晶圆
8-inch TaichuPix-3 wafer



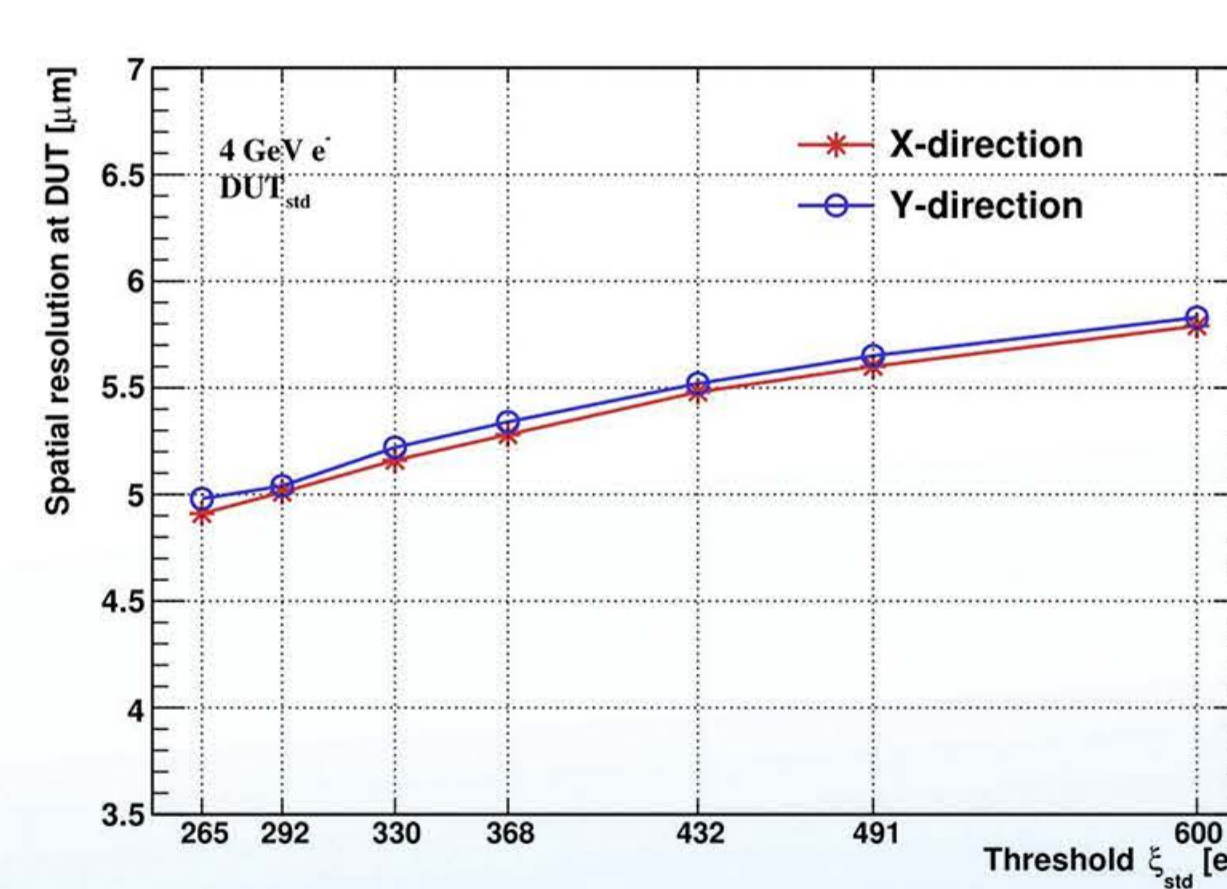
太初芯片束流望远镜
TaichuPix-3 telescope



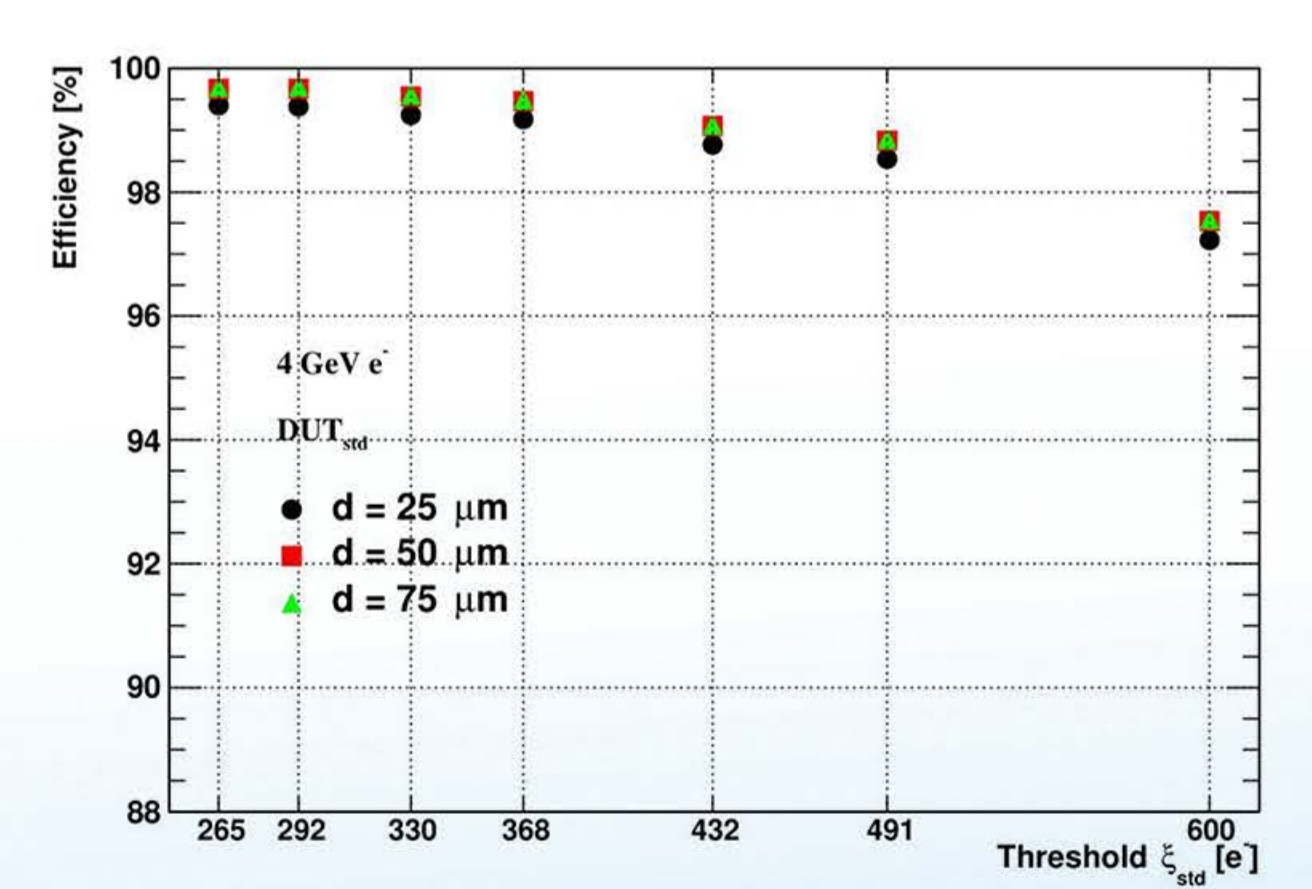
激光光斑移动成像图
Letter imaging obtained with laser spot scanning



像素噪声分布
The pixel noise @ different pixel thresholds



空间分辨率 vs. 像素阈值
The spatial resolution vs. pixel threshold



探测效率 vs. 像素阈值
The detection efficiency vs. pixel threshold

用于散裂中子源的专用集成电路研制

ASICS FOR CHINA SPALLATION NEUTRON SOURCE

工作介绍 Introduction

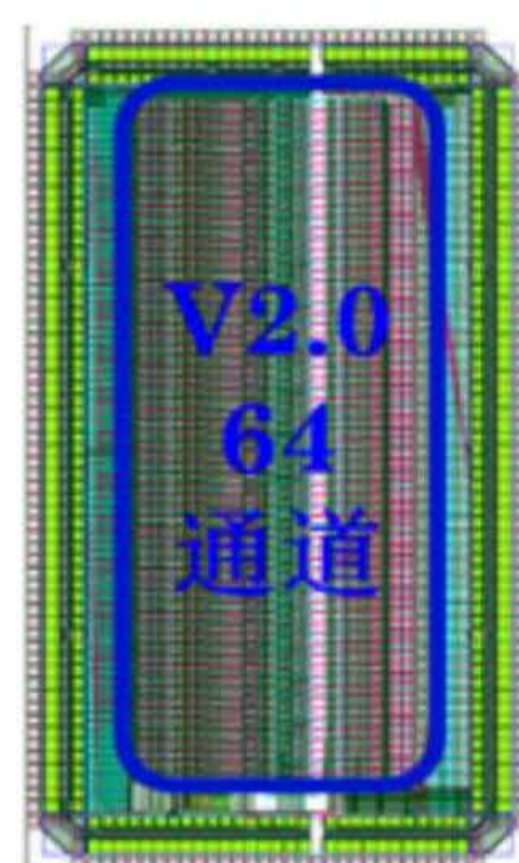
中国散裂中子源工程通用粉末衍射谱仪(General Purpose Powder Diffractometer, GPPD)使用二维位置灵敏型闪烁体中子探测器来获取中子击中位置和时间信息。多阳极光电倍增管作为闪烁体探测器的读出器件,配合自研64通道ASIC,实现信号的放大、成形、甄别,最终数字化读出。2018年,基于自研ASIC的GPPD主探测器通过国家验收。

基于硅光倍增管(SiPM)阵列读出的二维位敏闪烁体中子探测器,其利用斜入射的⁶LiF/ZnS(Ag)闪烁体和波移光纤的对称夹心结构,光读出采用高性能低成本的SiPM,配套快速读出的ASIC电子学及数据获取系统,最终实现探测器高探测效率、高位置分辨、小死区、可大面积拼接的优异性能。针对此种应用的SiPM阵列,设计了32通道专用芯片CSNS_VASD(Voltage Amplifier Shaper Discriminator ASIC for CSNS),将用于工程应力谱仪和成像谱仪中。

GPPD 探测器及ASIC主要性能指标

Main Specifications & Performance

参数	指标
动态范围	20pC
单通道计数率	>100kHz
成形时间	80ns / 160ns
通道数	64
等效输入噪声	<3fC
探测面积	250 mm X 500mm
读出方式	波移光纤配合多阳极光电倍增管
位置分辨	< 5 mm(H) X 5 mm(V)
计数率	>30kHz



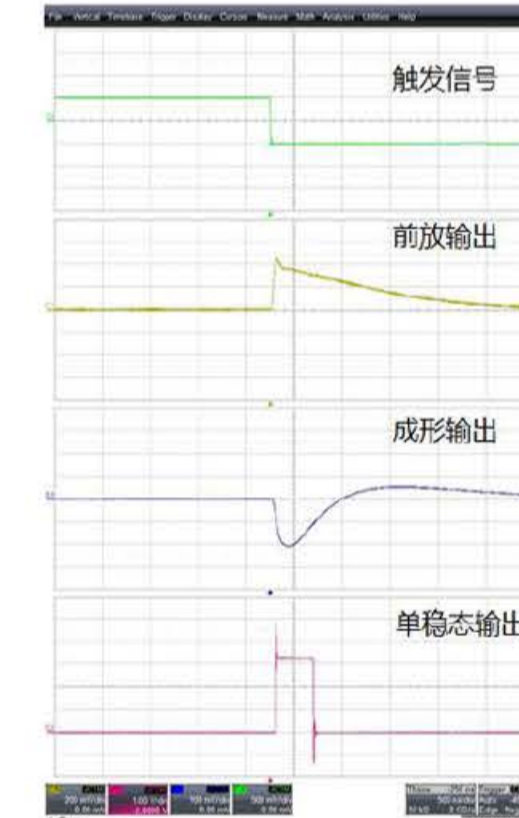
芯片版图



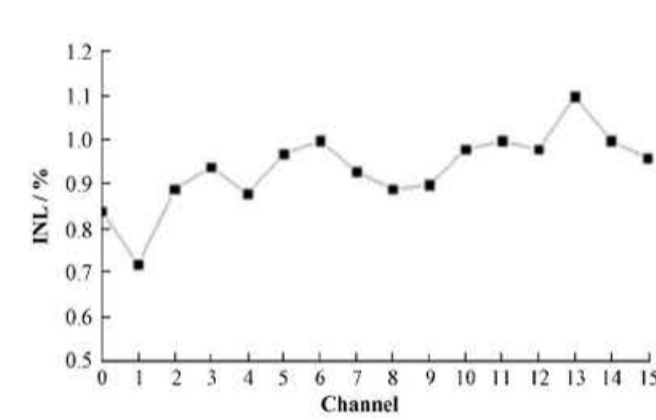
封装的芯片



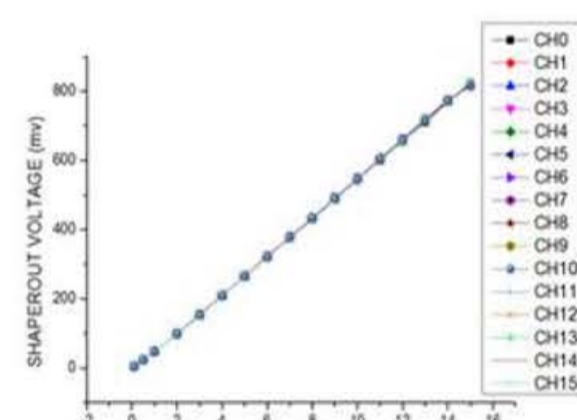
芯片测试平台



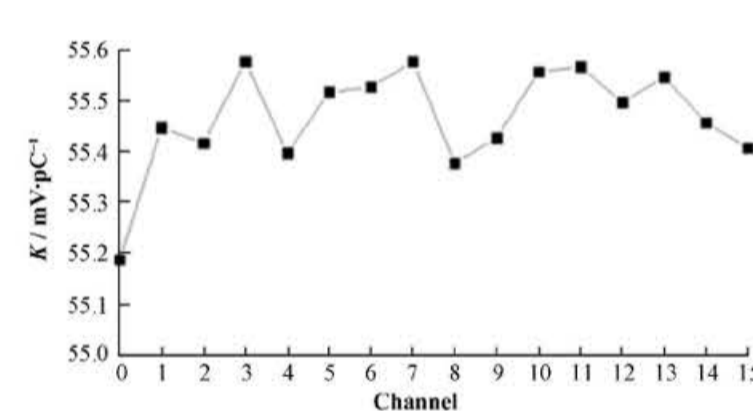
各级测试点波形 @4pC输入



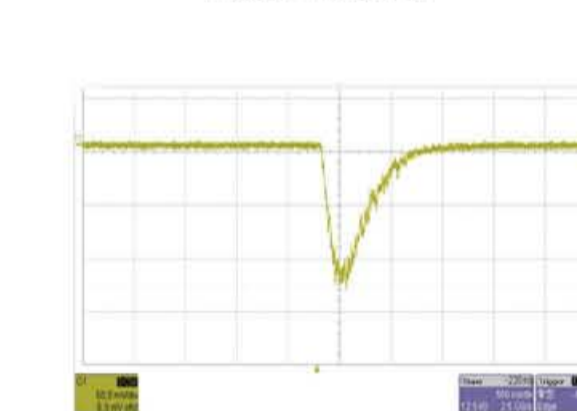
16个通道INL测试



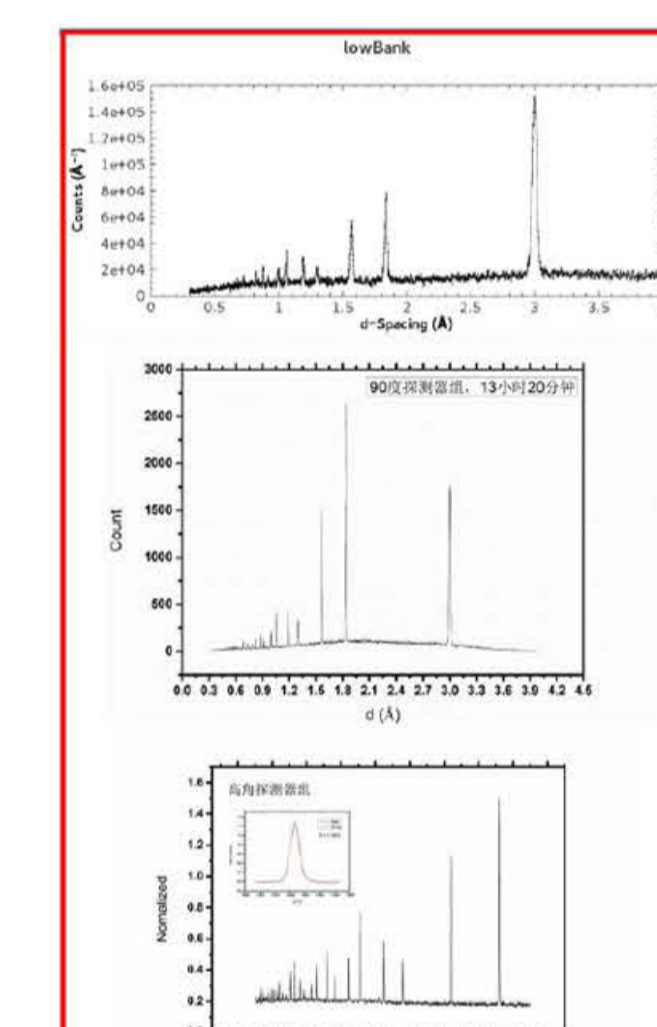
线性测试



增益测试



中子信号



标准Si粉末样品测试结果GPPD, 2017.11

散裂工程项目验收意见中,给予闪烁体中子探测器**高度评价**:自主研发了大面积波移光纤闪烁体中子探测器和电子学系统的高性能专用集成电路(ASIC),成功应用于通用粉末衍射仪;探测器实现了4×4mm²的高空间分辨率,达到目前国际同类探测器的最好水平。

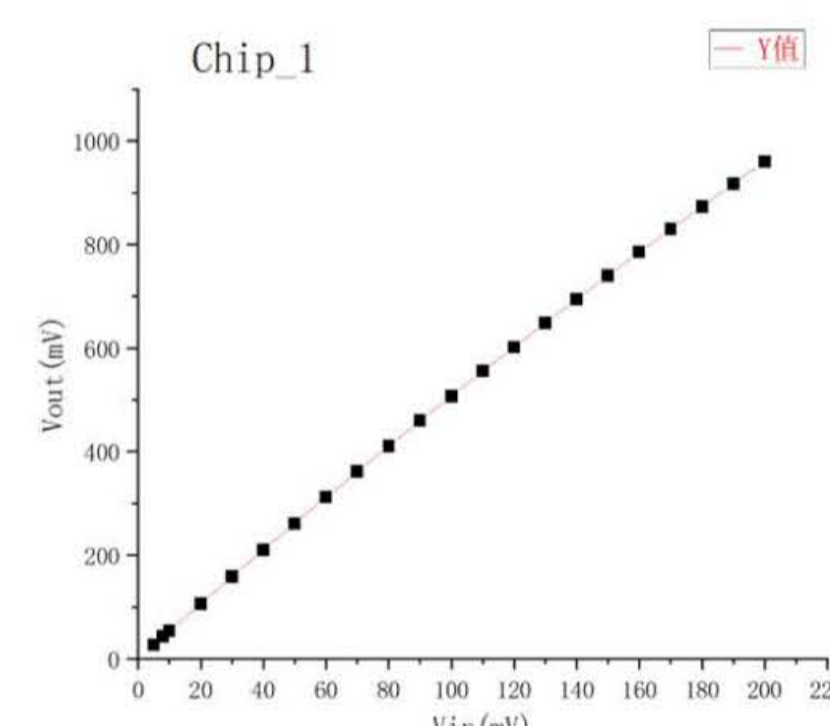
CSNS_VASD芯片主要性能指标

Main Specifications & Performance

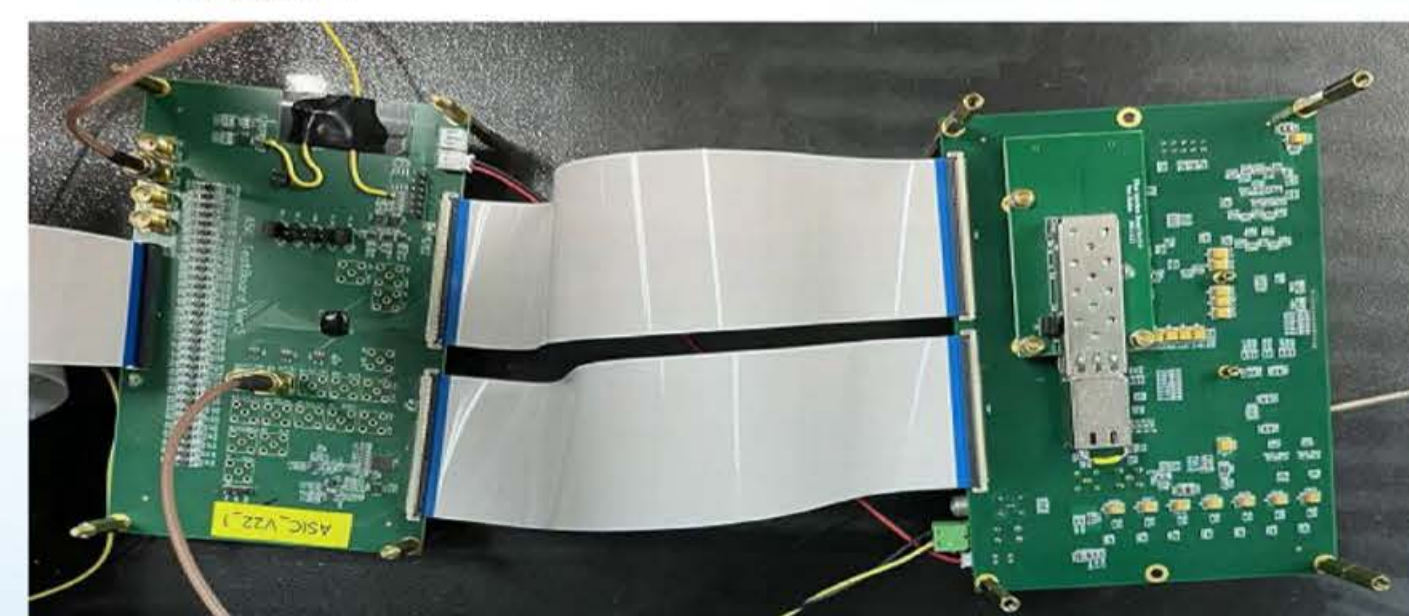
参数	指标
动态范围	120mV (100Ω取样电阻)
单通道计数率	>200kHz
成形时间	200ns / 400ns
通道数	32
等效输入噪声	500μV
功耗	<1.5mA/channel



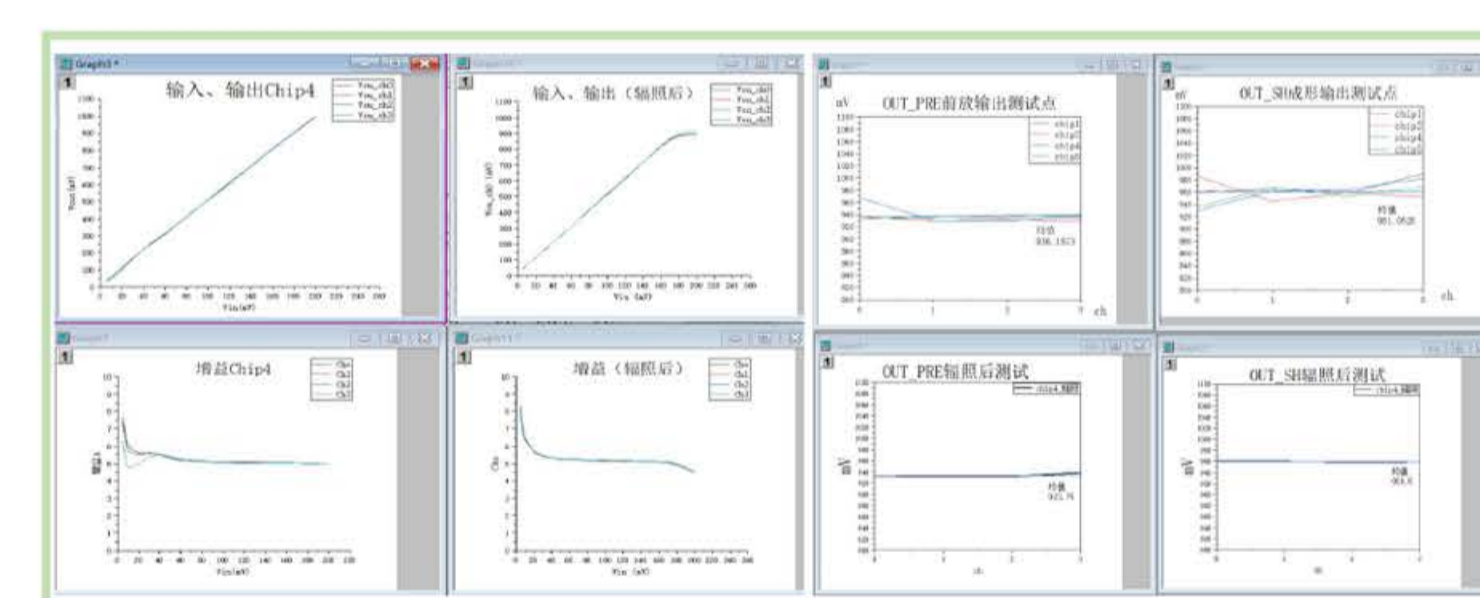
芯片版图



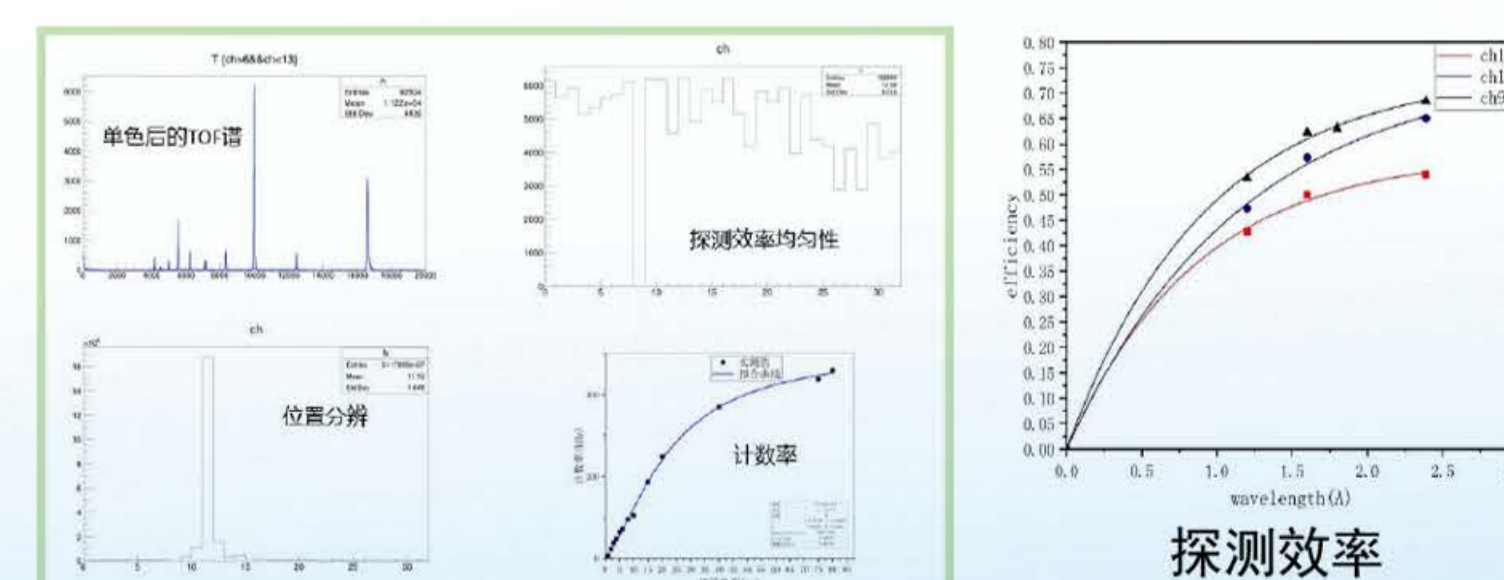
线性拟合



芯片测试系统



耐辐照测试



束线测试@BL20

结论:探测效率均匀性良好、位置分辨为3mm、探测效率为53.6@1.6 A,该芯片已经工程批生产。

ATLAS 高颗粒度高时间分辨探测器项目

HIGH GRANULARITY TIMING DETECTOR IN ATLAS

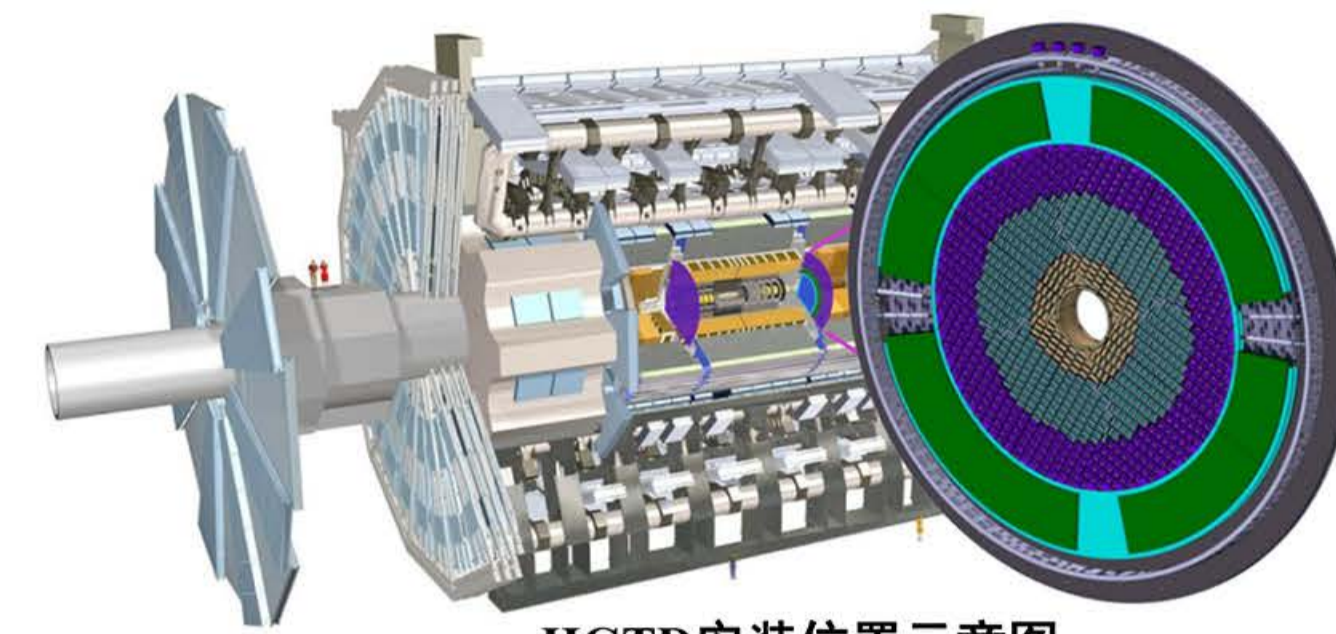
实验简介 Introduction

ATLAS实验高颗粒度高时间分辨探测器是大型强子对撞机LHC高亮度升级的一部分。LHC高亮度升级后，每次对撞将产生200多个对撞点，对撞点堆积引起背景成为一个挑战。

The High Granularity Timing Detector (HGTD) of the ATLAS experiment is part of the High Luminosity Upgrade of the Large Hadron Collider (LHC). After the High Luminosity Upgrade, each bunch crossing will produce more than 200 collisions, and pile-up is one of the most difficult challenges for object.

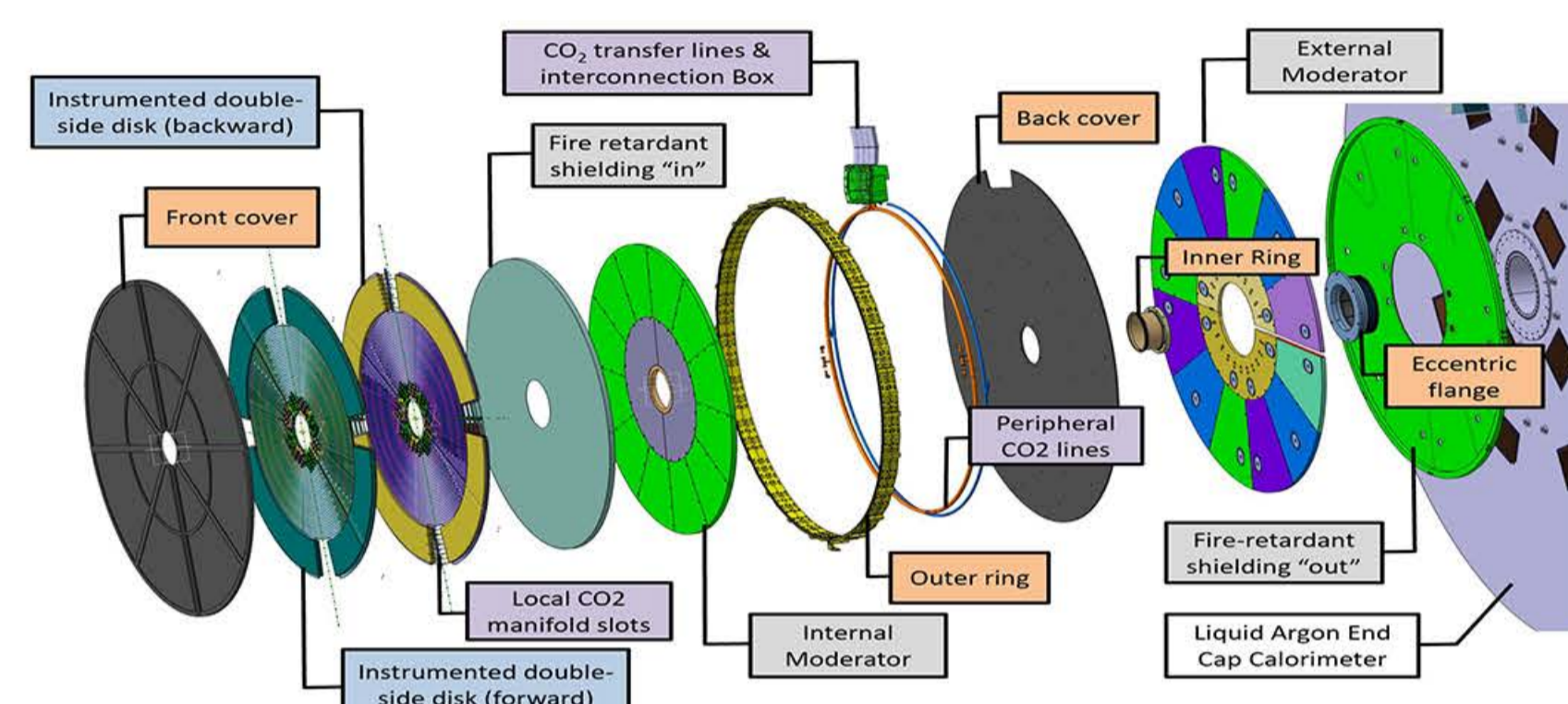
HGTD是基于低增益雪崩放大二极管 (LGAD) 的全新像素探测器，其颗粒度是1.3x1.3平方毫米，对单个带电粒子的时间分辨率可达30皮秒。探测器位于前后端盖，分别距离对撞点±3.5 m处，总读出通道数超过三百万路。联合HGTD测量的高精度时间信息与内层径迹探测器测量的位置信息，可以利用时间-位置四维信息精确区分径迹来自哪个对撞点，从而大幅降低对撞点堆积效应的影响。

The HGTD is a new pixel detector based on Low Gain Avalanche Diode (LGAD), with a granularity of 1.3x1.3 mm². Its time resolution for a single charged particle can reach 30 picoseconds. The HGTD will be located in the gap region between the barrel and the end-cap calorimeters, at a distance in z of approximately ± 3.5 m from the nominal interaction point. The detector covers a range in pseudo-rapidity of 2.4 < |η| < 4.0 in both endcaps with an active area of 6.4 m² of silicon and 3.61 M channels. With the combination of ITk (Inner Tracker) and HGTD measurements, ATLAS can view a portion of the event in space and time, extending the pile-up rejection capabilities of the ITk to the extent of its acceptance.

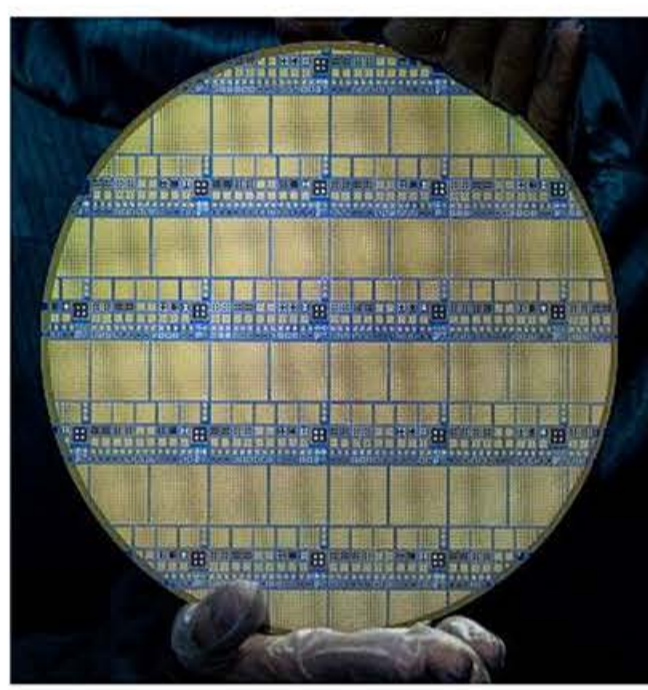


HGTD安装位置示意图

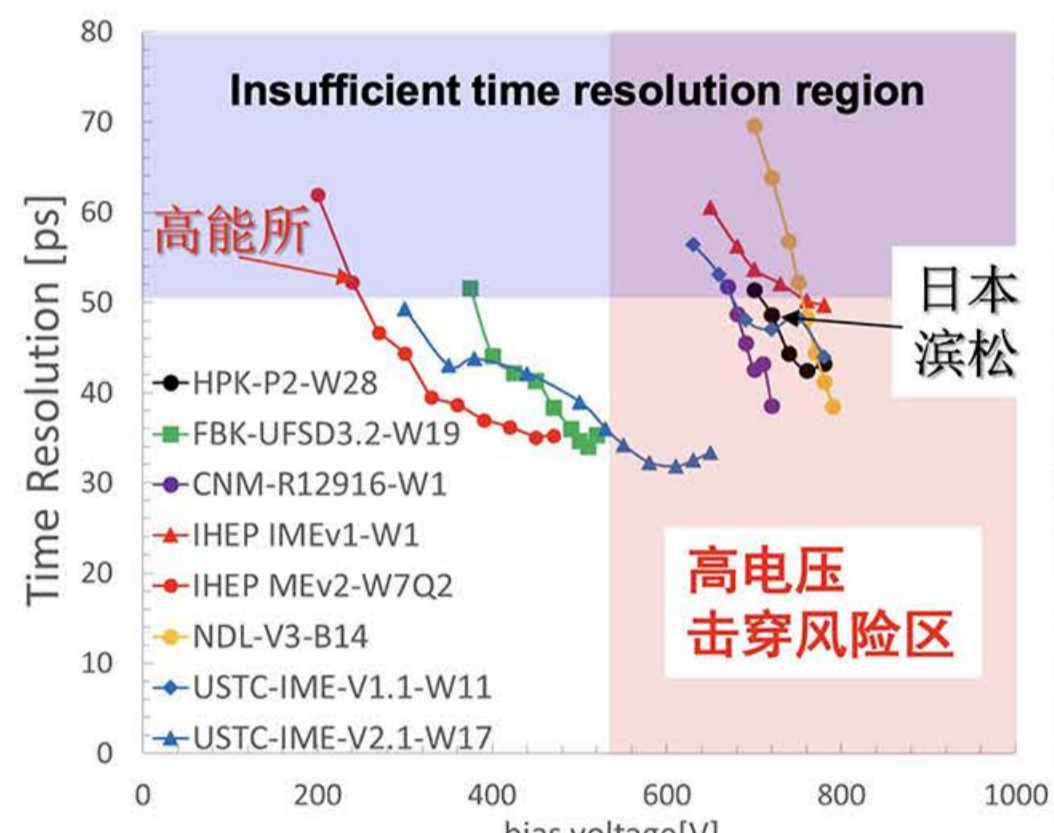
Position of the two HGTD vessels in ATLAS



探测器组装图 Global view of the HGTD



高能所研制的抗辐照超快硅传感器的晶圆
Radiation-hard ultra-fast silicon sensor developed by IHEP



各国LGAD传感器在 2.5×10^{15} neq/cm²等效中子通量超高剂量辐照后的时间分辨率
Time resolution of LGAD prototypes after irradiation

抗辐照超快硅传感器的研发

Radiation-hard Ultra-fast Silicon Sensor R&D

HGTD项目的研制关键是一种全新的基于低增益雪崩放大的硅传感器技术 (LGAD)。高能所基于国产工艺研制出抗辐照LGAD传感器。经过欧洲核子中心ATLAS合作组验证，所研制的LGAD传感器抗辐照性能超过日本滨松公司的LGAD硅传感器，达到目前世界最佳水平。高能所LGAD硅传感器在ATLAS实验规定的超高辐照后的时间分辨率仍可达到35皮秒，并且可在400V左右的工作电压下收集到足够的电荷，有效避免了单粒子击穿现象，远小于单粒子击穿效应的危险电压600伏。2023年5月，高能所研制的LGAD传感器赢得欧洲核子中心的HGTD项目硅传感器公开招标，并获得其中100%的招标份额。这是欧洲核子中心首次采购国产硅传感器。

The key to the development of the HGTD project is a new silicon sensor technology based on LGAD. IHEP has developed an anti-radiation LGAD sensor using domestic technology. After being verified by the ATLAS collaboration of the European Organization for Nuclear Research (CERN), the LGAD sensor developed by IHEP has radiation resistance performance that exceeds that of Japanese manufacturer Hamamatsu's LGAD silicon sensor, reaching the current world's best level. The time resolution of IHEP's LGAD silicon sensor can still reach 35 picoseconds after being subjected to ultra-high radiation specified by the ATLAS experiment, and it can operate in the low-voltage range of around 400V (the safe operating area), which is far below the dangerous voltage of 600V for single-particle breakdown effects. In May 2023, the LGAD sensor developed by IHEP won the open tender for silicon sensors for the HGTD project of CERN and obtained +100% of the tender share. This is the first time that CERN has purchased domestically produced silicon sensors.

读出电子学研制

In-detector Readout Electronics Development

HGTD共安装8032个前端模块，每个模块由两个约2×2平方厘米的低增益雪崩放大器 (LGAD) 组成，它们通过凸点键合连接到两个ALTIROC读出芯片上，并由一个模块柔性电路板固定在一起。这些模块在探测器圆盘的两侧交叠排列。为了方便探测器的组装，这些模块将被安装在支撑单元上，形成探测器单元。每个模块将通过柔性电缆连接到外围电路电子学 (PEB)。探测器单元和PEB将安装在HGTD冷却板上。

HGTD is composed of 8032 front-end modules. Each module consists of two LGADs of approximately 2 × 2cm² bump-bonded to two ATLAS LGAD Timing Integrated Read-Out Chips (ALTIROC) and held together by a module flex (flexible PCB). These modules are arranged with overlap on the two sides of each disk. In order to facilitate the detector assembly, the modules will be mounted on support units forming detector units (a detector unit is a support unit with modules mounted on it). Each module will be connected to the Peripheral Electronic Boards (PEB) through a flex tail (another flexible PCB). The detector units and PEBs will be mounted on the HGTD cooling plates.

外围电路电子学面临面积小，厚度薄，上传数据量大和抗辐照要求高等挑战。它通过预定长度的柔性电缆与前端模块连接。每个柔性电缆包含320 MHz差分时钟和320 Mbps差分快控制信号（两个读出芯片通过多点连接共享），模拟与数字电源、传感器偏置电压和热敏电阻输出信号。此外，它还提供了两对可配置传输速率（320 Mbps、640 Mbps或1.28 Gbps）差分信号用来传输到达时间与过阈时间信息。此外，对于放置在半径大于470毫米的前端模块的柔性电缆，还携带两对640 Mbps差分信号用于传输束流亮度信息。读出芯片的控制和配置命令通过I2C总线传输，该总线嵌入在IpGBT和DAQ系统之间的数据流中。来自前端模块的模拟监测信号以及外围电路电子学上的本地监测信号由IpGBT中的模数转换器进行数字化处理。由于该模数转换器的输入通道数量有限（仅8个），因此需要一个多路复用芯片来处理连接到外围电路电子学的所有慢控制信号。为此，项目组已经开发了一个全定制的64到1多路复用ASIC (MUX64)。来自多个读出芯片的数据由外围电路电子学上的IpGBT聚合，并通过光纤收发器 (VTRx+) 和光纤以每个链路10.24 Gbps的速率传输到数据获取系统中的前端链接交换 (FELIX) 板。

PEB faces challenges such as small area, low height, big data transmission, and radiation tolerance. The PEB connects the front-end modules through the flex tails with predetermined length. Each flex tail serves a module consisting of two ALTIROC ASICs and contains 320 MHz differential electrical CERN Low Power Signaling (CLPS) clock and 320 Mbps CLPS fast command to two ALTIROC ASICs (multi-drop connection in the module flex), as well as the lines for the ALTIROC control signals, the low voltage power supplies, the bias voltage of the sensor and two lines for a thermistor on the module flex. It also provides two CLPS links transmitting timing data at three speed rates (320 Mbps, 640 Mbps, or 1.28 Gbps). In addition, the flex tails for the front-end modules placed at a radius above 470 mm carry a further two CLPS links for luminosity data at 640Mbps. Control and configuration commands to and from the ALTIROC ASICs are transmitted via I2C bus, which is embedded in the data streams between the IpGBT and the DAQ system. The analog monitoring signals coming from the front-end modules as well as the local monitoring signals at PEB are digitized by the Analog to Digital Converter (ADC) implemented internally in the IpGBT. Since the input channel number of this ADC is limited to 8, a multiplexing chip is required to handle all the signals connected to PEB. A full custom 64-to-1 multiplexing ASIC (MUX64) has been developed with a radiation tolerance suitable for its implementation on the PEB. The digital data from several ALTIROCs are aggregated by the IpGBTs on PEB, and transmitted to Front-End Link eXchange (FELIX) board in the off-detector TDAQ/luminosity system through the Versatile Link+ Transceiver (VTRx+) and the optical fibers at 10.24 Gbps per link.

耐辐照的DC/DC转换器bPOL12V将12V转换成IpGBT和VTRx+收发器所需的1.2V和2.5V。此外，bPOL12V还用于为ALTIROC ASIC生成模拟和数字电源。

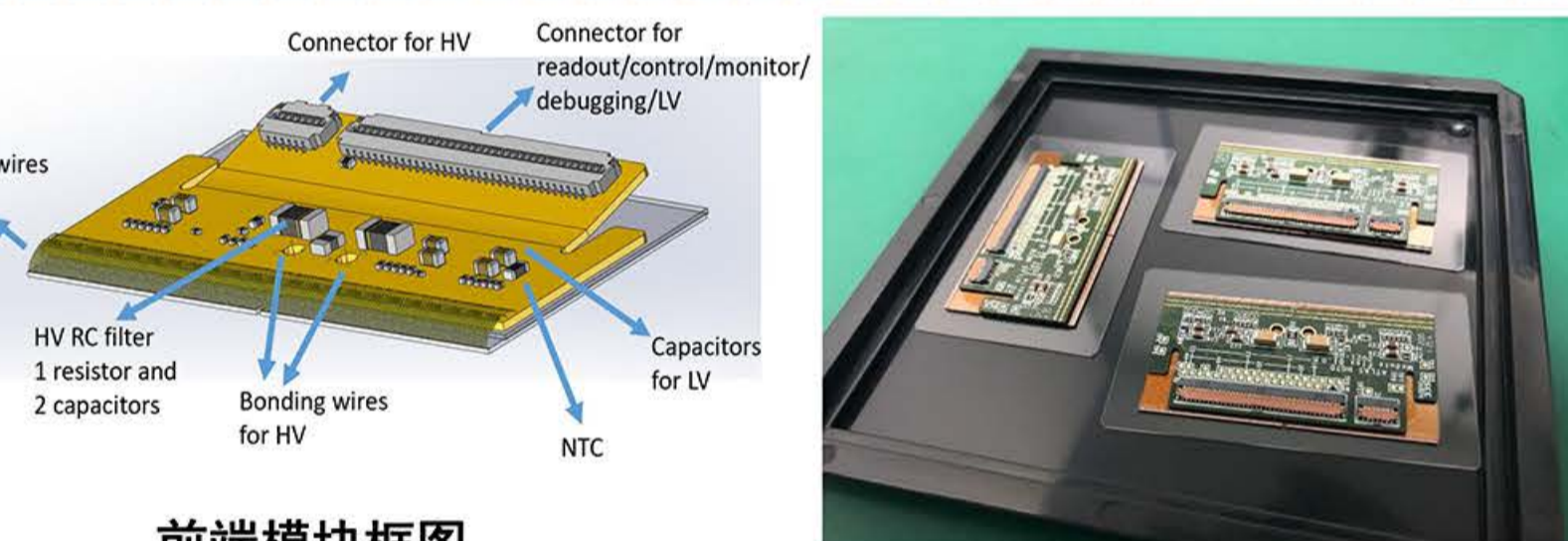
The 12 V DC/DC converters, bPOL12V, are used to generate the 1.2 V and 2.5 V for IpGBTs and VTRx+ transceivers. In addition, separate DC/DC converters are used to generate the analog and digital voltages for ALTIROC ASICs.

中国团队在ATLAS高颗粒度高时间分辨探测器项目的贡献

Contribution from China Team in ATLAS HGTD Project

以高能所为主体的中国团队主导了ATLAS实验高颗粒度高时间分辨探测器项目，承担了项目中88%的传感器研制任务，45%的探测器模块研制，100%的探测器内电路板研制，16%的高压系统研制。高能所成员也在HGTD项目中担任重要管理职务。HGTD探测器预计将于2026年开始安装。

The China team, led by IHEP, took the lead in HGTD project. We are responsible for 88% of the sensors development and production tasks, 45% of the detector module, 100% of the in-detector electronics, and 16% of the high-voltage system in the project. In addition, IHEP members hold key management roles in ATLAS HGTD project. The HGTD will be installed at CERN in 2026.

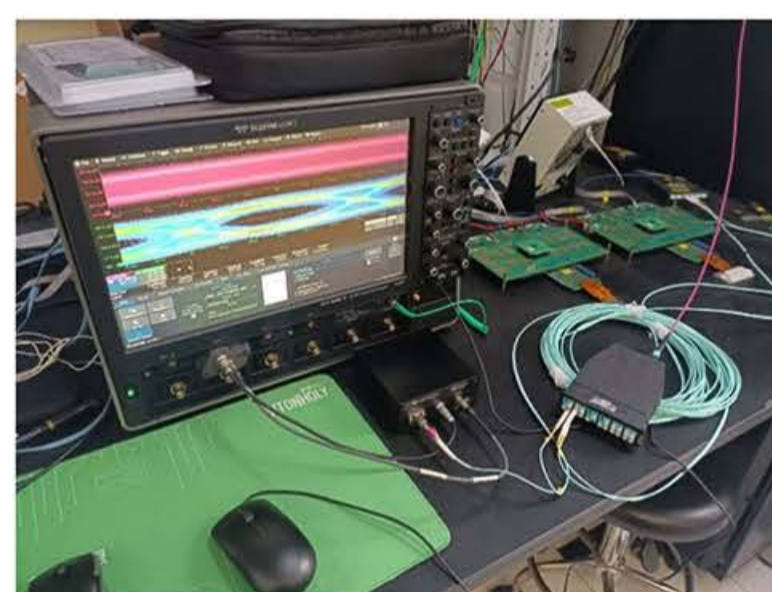


前端模块框图
Block diagram of the front-end module

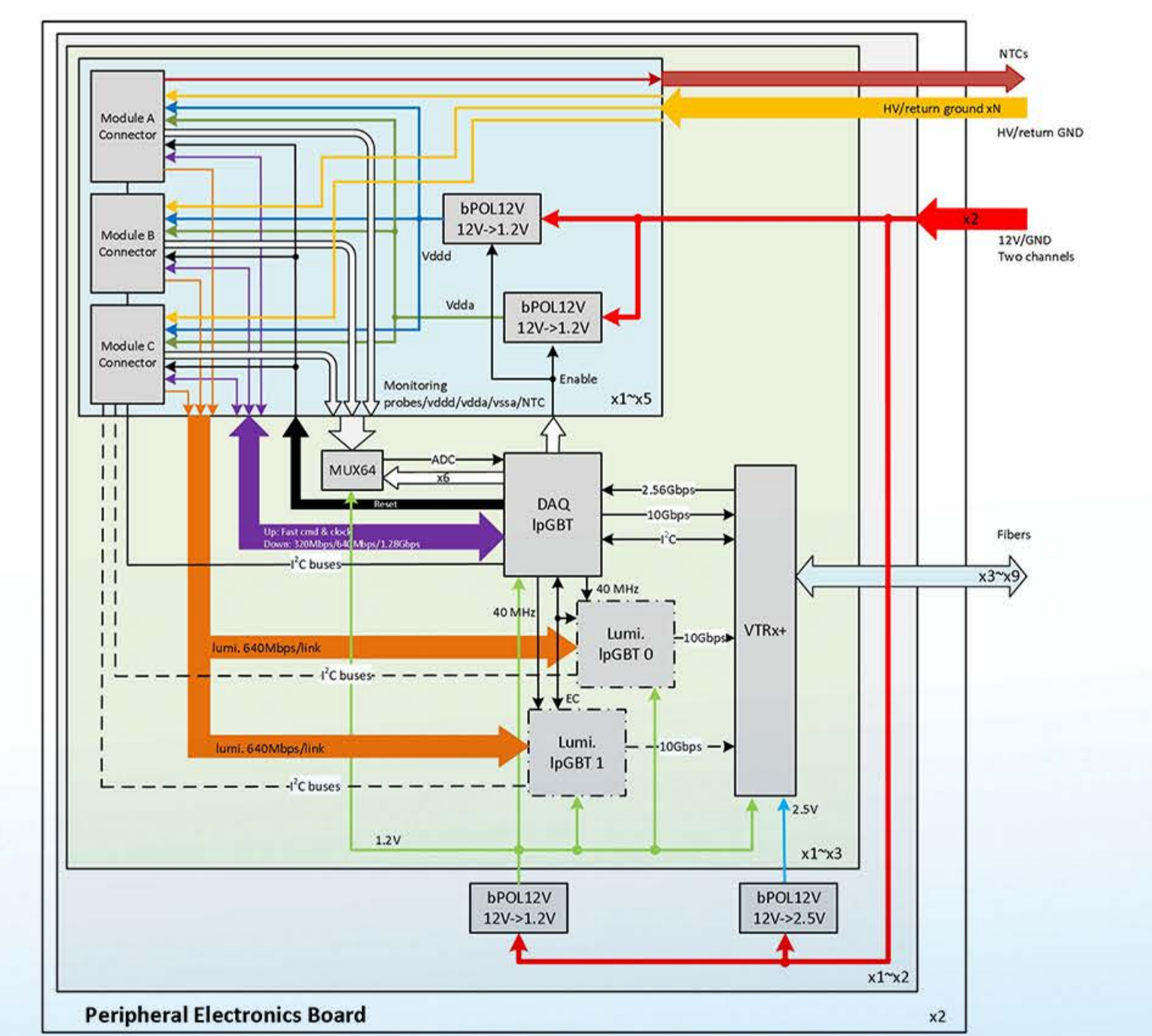
前端模块实物照片
Photo of the front-end module



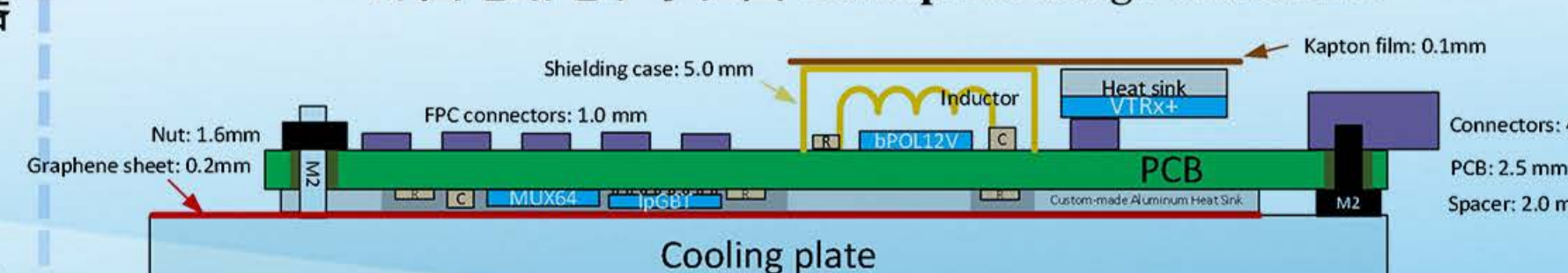
耐辐照电源转换单元
DC/DC converter (bPOL12v) with radiation tolerance



光纤链路眼图测试
Eye diagram test for optical fiber link



外围电路电子学框图 Conceptual design of the PEB



外围电路电子学侧视图 Side view of PEB