



## 测试束流与先进探测技术研讨会

# 广东省高精度射线探测技术重点实验室建设进展

汇报人：周健荣([zhoujr@ihep.ac.cn](mailto:zhoujr@ihep.ac.cn))

散裂中子源科学中心

中国科学院高能物理研究所

2025年8月16日，登封市

### 一 实验室建设背景与团队

### 二 实验室建设目标与内容

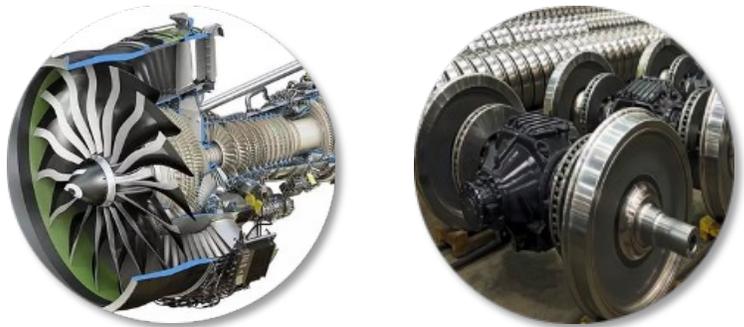
### 三 实验室建设进展

### 四 总结

# 广泛应用的射线技术

## 中子:

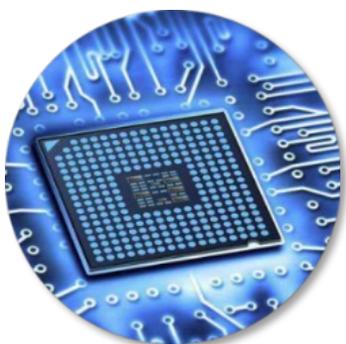
电中性，穿透力强，轻元素敏感，同位素分辨，有磁矩，磁性微观分析，与X射线技术互补。



航空发动机/高铁轮轴残余应力与疲劳



电池充放电检测

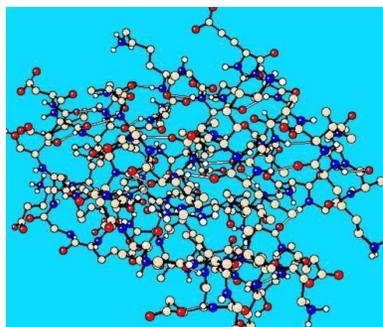


芯片单粒子效应

## 光子:

X 射线: 新材料、医学成像

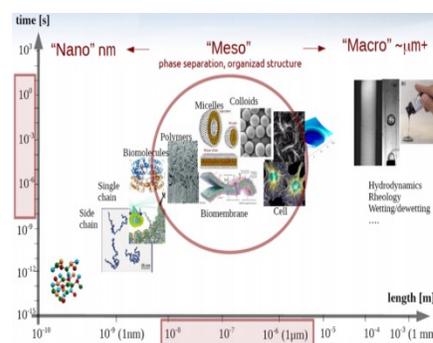
$\gamma$  射线: 工业CT、医学放疗、对撞机



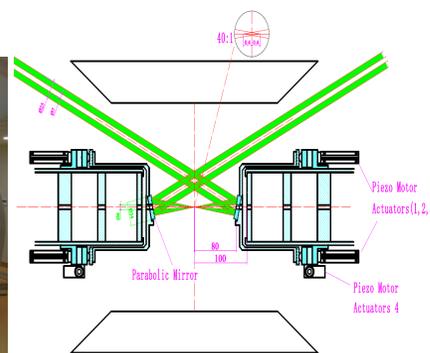
生物大分子



伽马放疗



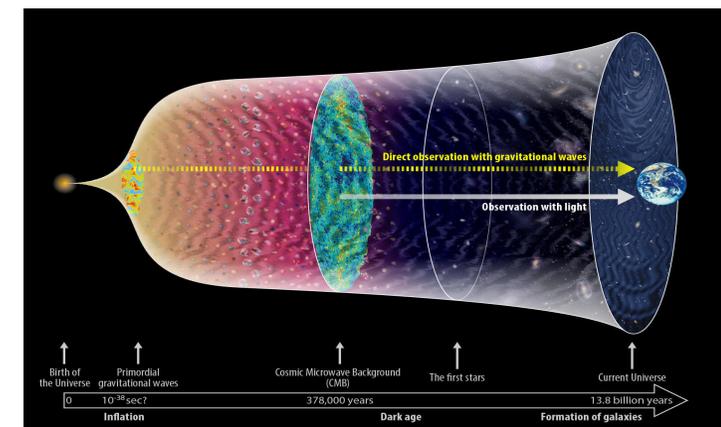
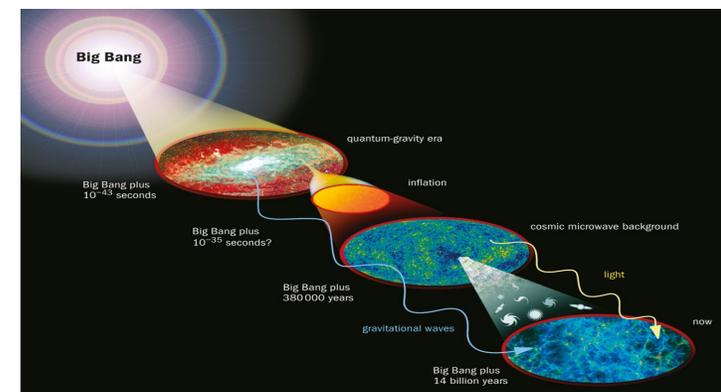
新材料



粒子物理

## 极弱微波探测:

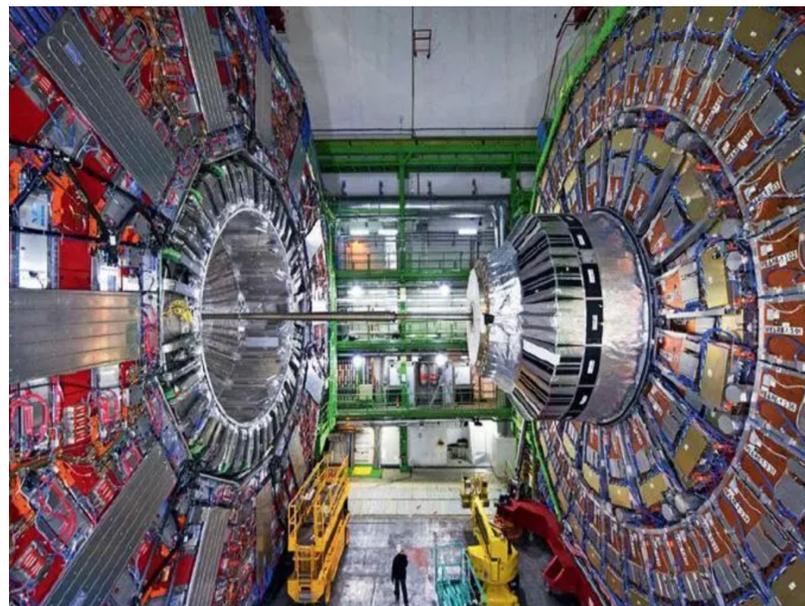
探究宇宙起源和早期演化的重要手段，对宇宙暴涨等重大基础科学前沿问题研究具有重要科学意义



宇宙微波背景辐射

# 探测器是探索未知世界的眼睛，是大科学装置的核心部件

- 欧洲CERN专门成立了**RD/DRD系列探测技术合作组**
  - 推动气体探测器、闪烁体探测器、半导体探测器、电子学芯片及软件开发
  - 成果广泛应用到航空航天、核医学及工业等多个领域
  - 在2015年发布的产业研究报告显示，对欧洲国家的影响达GDP总量的15%



欧洲核子中心 (CERN)



日本J-PARC



英国卢瑟福实验室 (RAL) 和DIAMOND光源

# 国内研究现状与趋势

## 国内大科学装置，探测器国产化率不断提高，部分高端探测器仍依赖进口，亟需攻关

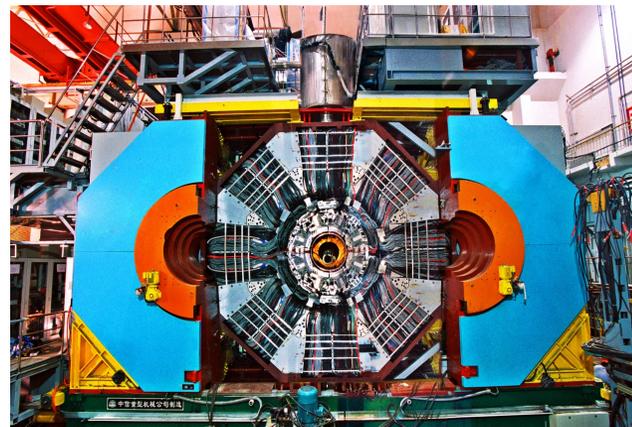
上海同步辐射光源



中国先进研究堆



北京谱仪



高能同步辐射光源



## 近年来大湾区已建成、待建设的大科学装置对高精度射线探测器需求迫切

HIAF与CiADS @ 惠州



CSNS II @ 东莞



先进阿秒激光设施@东莞



自由电子激光装置@深圳



伽玛光子对撞机@深圳



效果图展示  
Renderings show

# 2024年获批成立广东省高精度射线探测技术重点实验室



- 依托散裂中子源科学中心，联合中山大学和东莞理工学院建设重点实验室，通过**整合资源，联合攻关，成果共享**，支撑大湾区大科学装置集群的高质量建设和发展。



# 研发团队及负责人

- 团队共有**44人**，其中正高级职称**7人**，副高级职称**24人**，中初级职称**13人**。
- 团队成员年龄、学历、职称合理分布，具备完成项目的能力。
- 负责人**聚焦高精度射线探测技术**，先后主持了国家重点研发计划、国家自然科学基金重大科研仪器项目、重点项目、大科学装置联合基金等诸多科研项目。

## 荣誉和奖项

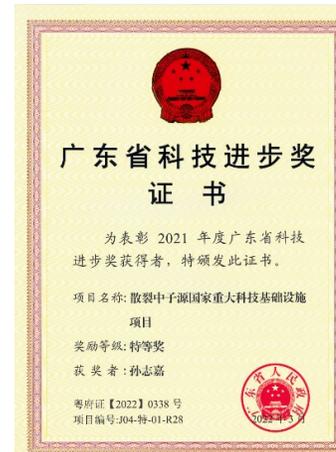
- 广东省科技进步奖-特等奖
- 全国专业技术人员先进集体
- 中国青年五四奖章（集体）

### 个人信息：

- 第14届全国政协委员（科学技术界）
- 研究员，博士生导师
- 中国散裂中子源（CSNS）中子科学部副主任
- 中子探测器和电子学研发团队负责人和学科带头人
- 国家重点研发计划首席科学家
- 中国科学院青年促进会优秀会员

### 主要负责项目：

- 2023.12-2028.11 **国家重点研发计划“引力波探测”重点专项**
- 2023.01-2027.12 **国家自然科学基金-国家重大科研仪器研制项目**
- 2017.01-2021.12 **国家自然科学基金重点项目**
- 2020.10-2023.09 广东省基础与应用基础研究基金重点项目



**孙志嘉**  
项目负责人  
实验室主任

# 研发团队 – 学术带头人

## 实验室副主任 黄永盛



中山大学教授  
中山大学理学院副院长  
中山大学百人计划领军人才

- 主要从事强激光驱动产生高性能粒子束、激光核物理以及 $\gamma$ 探测技术的研究
- 作为首席科学家，获中山大学和中央专项支持，**牵头建设世界首台伽玛光子对撞机**
- 广东省重大人才工程引进杰出人才
- 深圳市光明区科学技术协会第一次全区代表大会代表，MRE编委

## 实验室副主任 魏亚东



东莞理工学院科技创新研究院副院长、研究员  
市重点实验室主任  
东莞市政协委员

- 主要从事光电技术及系统、光电仪器、量子保密通信、粒子物理探测技术、自动化等方面的研究
- 国家重点研发计划课题负责人
- 2016 年度国际基础物理学突破奖(集体)
- 2017 年度国家自然科学基金一等奖 (集体)
- **广东省机械工程学会2022年度科学技术奖一等奖 (2/10)**

## 实验室副主任 周健荣



散裂中子源科学中心  
研究员  
博士生导师

- 长期从事射线探测技术与装备研发
- 研制出多种国际先进中子探测器，成功应用到国内外多个大科学装置
- 相关成果**入选国家“十三五”科技创新成就展**
- 国家重点研发计划课题负责人
- 现任RDTM 期刊青年专家
- 入选中国科学院青年创新促进会员

**学术带头人专业方向符合项目需求，经验丰富，团队实力雄厚，分工明确合理**

汇集广东省射线探测研发团队，在中子、光子和极弱微波探测领域具有丰富的研究经验，近3年主持项目**35项**，总资助金额**16000万元**，获得自主知识产权**60项**，发表论文**100篇+**。



散裂中子源科学中心

中子、极弱微波探测技术研发团队



中山大学

光子探测技术研发团队和基础研究

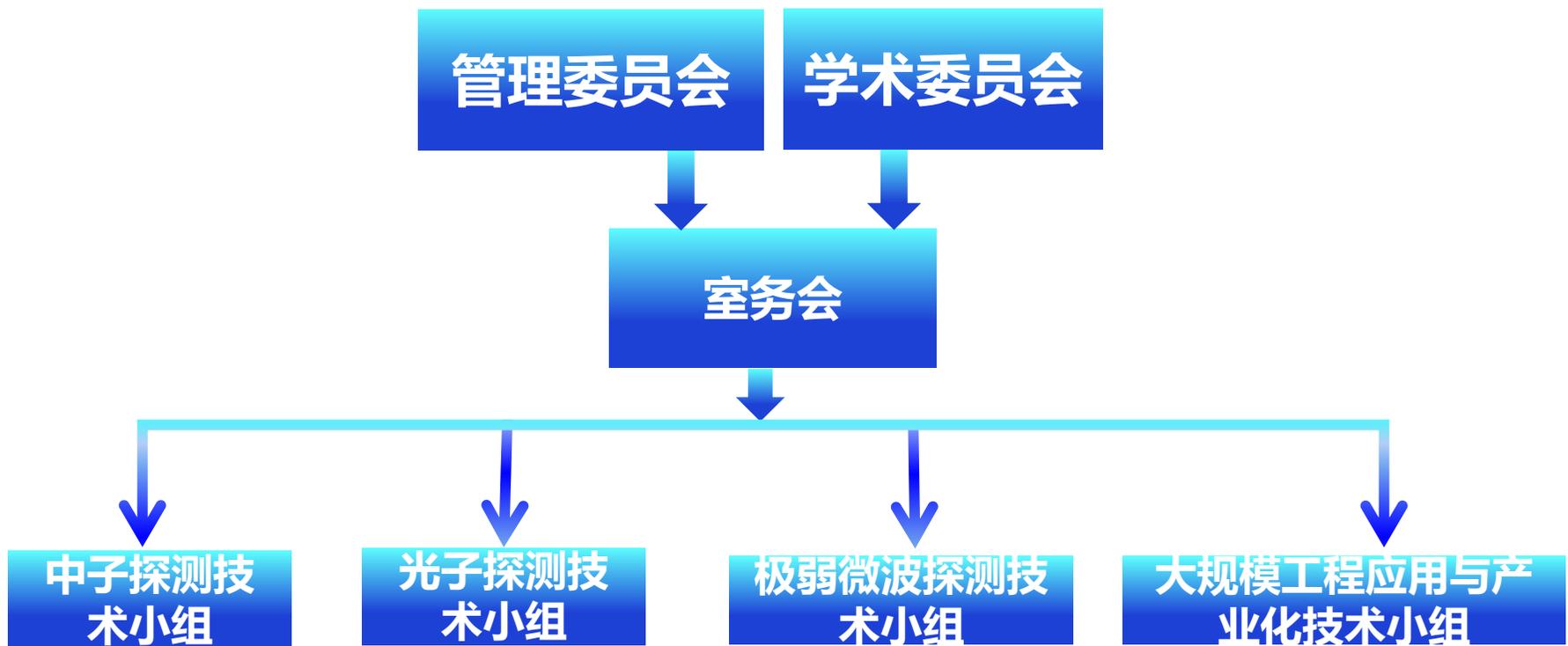


东莞理工学院

大规模工程应用与产业化研发团队

主要成员在相关研究领域已做出世界一流的科研成果，专业领域涵盖核技术及应用、粒子物理与原子核物理、材料科学、自动控制工程、精密机械工程等。

- 实验室实行学术委员会和管理委员会双重领导下的室务委员会两级管理模式。
- 管理委员会总体监督科研项目的组织、实施，审核经费的使用，促进并协调学科的技术转移。
- 学术委员会由同领域的资深专家、学者组成，为实验室提供发展规划和方向指导。
- 实验室将部署开放课题，包含重点课题和面上课题，共计2年度。



一 实验室建设背景与团队

二 实验室建设目标与内容

三 实验室建设进展

四 总结

实验室聚焦中国散裂中子源二期、同步辐射光源、伽玛对撞机、阿里原初引力波观测站等大科学装置需求，重点发展中子、光子(x射线和 $\gamma$ 射线)以及微波等射线探测技术与实验方法，攻克大规模工程应用技术，推动广东省自主高端科研仪器实现产业化，拟建成全国领先、国际一流水平的高精度射线探测技术实验室。

中国散裂中子源与大湾区先进光源



中山大学伽玛光子对撞机



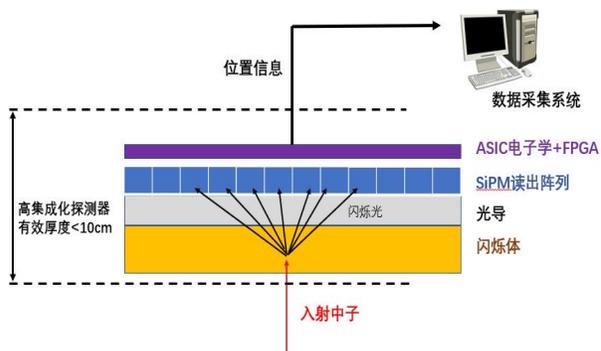
阿里原初引力波望远镜



## 研究目标与创新点

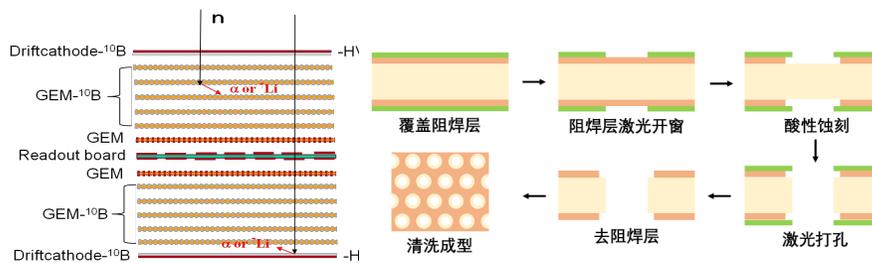
研究内容	预期目标	创新点
闪烁体探测器	探测效率 $\geq 50\%$ @1Å	斜入射提高探测效率、闪烁体耦合SiPM实现超薄和高集成度
GEM探测器	有效面积 $\geq 200\text{mm}^2$ , 探测效率 $\geq 40\%$ , 空间分辨率 $\leq 2\text{mm}$	陶瓷基材GEM提高抗辐照、TOT结合重心法提高空间分辨率1倍以上
成像探测器	空间分辨 $\leq 10\mu\text{m}$ , 时间分辨 $\leq 1\mu\text{s}$	超薄闪烁屏提升分辨率极限

## 关键技术难点及解决方案



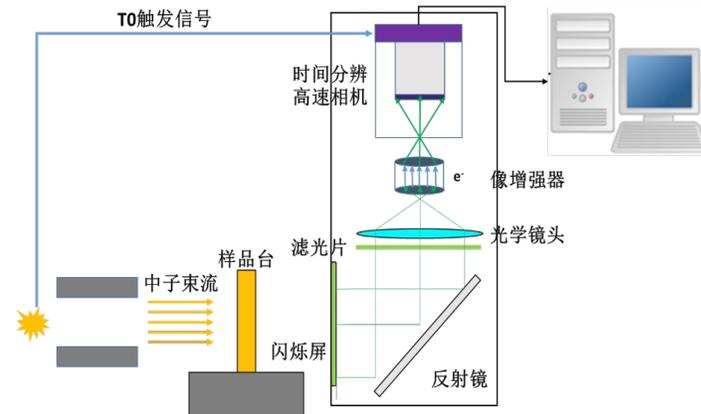
### 高集成度超薄闪烁体中子探测器：

- 高探测效率：双层斜入射结构
- 高集成度：SiPM+ASIC芯片
- 探测效率一致性：设置独立阈值



### 高效率GEM中子探测器：

- 中子陶瓷GEM：探索激光钻孔，提高性能
- 大面积镀硼：磁控溅射
- 高性能电子学：自研ASIC芯片+TOT测量技术



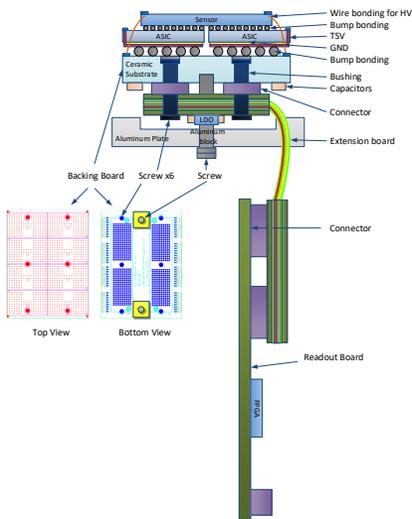
### 高性能中子成像探测器：

- 高时间分辨：高速相机+海量数据压缩
- 高空间分辨：超薄透明陶瓷闪烁屏+重心法

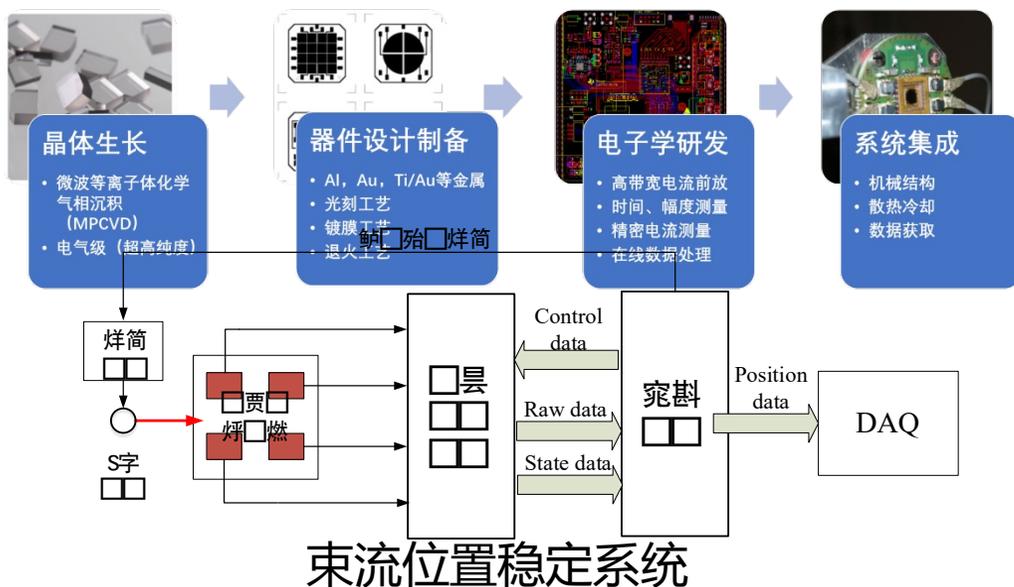
## 研究目标与创新点

研究内容	预期目标	创新点
x射线/γ射线二维像素阵列探测器	像素单元尺寸 $55\mu\text{m} \times 55\mu\text{m}$ ，能量探测范围8~20keV，图像动态范围20bit，平均计数率1MHz/Pixel	采用混合像素探测器结构，提高抗干扰能力和集成度
光源束流位置稳定测量系统	金刚石探测器：电极 $\leq 1\mu\text{m}$ ，位置分辨最高 $< 100\text{nm}$ ；快反馈主动控制系统：调节频率 $\geq 100\text{Hz}$ ，探测器位置采样频率 $\geq 5\text{kHz}$	实时反馈，保持束流位置的稳定是实验研究的关键

## 关键技术难点及解决方案



二维像素阵列探测器



束流位置稳定系统

### 关键技术难点：

- 小像素读出芯片研发
- 小像素单元传感器阵列研制
- 高密度倒装焊技术

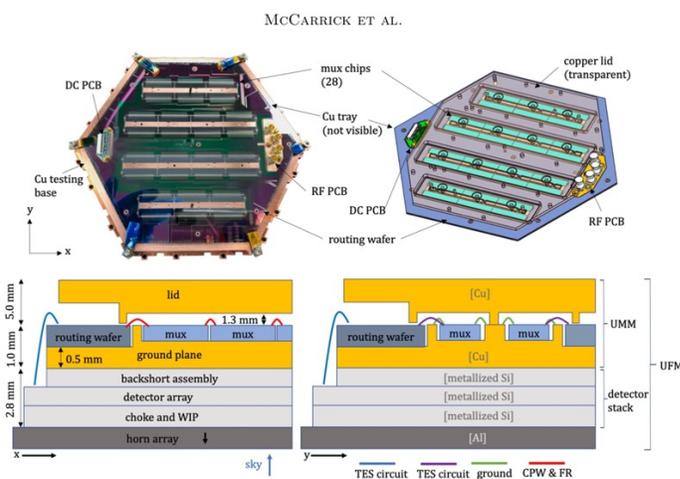
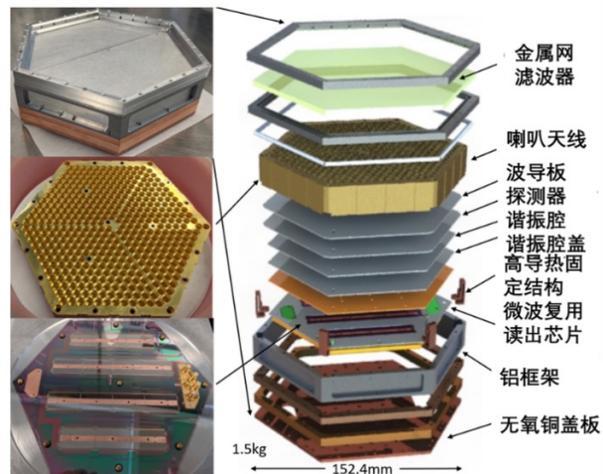
### 解决方案：

- 优化电路设计，保证像素单元的低功耗和低噪声
- 各像素进行独立读出和设置，减少串扰
- 封装试制多次迭代，实现高密度倒装焊工艺攻关

## 研究目标与创新点

研究内容	预期目标	创新点
TES探测器	探测频段82~105GHz 和 137~167GHz, 超导转变温度 <math>< 500\text{mK}</math>, 阵列本征噪声中值 $5 \times 10^{-17}\text{W/Hz}^{1/2}$	实现大规模TES探测器阵列的工程化批量生产。 实现系统级大规模焦平面探测器的研制。
微波复用读出芯片	谐振范围4-6GHz, 单读出芯片通道数 $\geq 200$ , 等效噪声电流中值 $< 100\text{pA/Hz}^{1/2}$	
探测器封装	探测器通道总数 $\geq 10000$ , 硅堆叠层间对准精度 $\leq 20\mu\text{m}$	

## 关键技术难点及解决方案



### 关键技术难点：

- 晶圆内制备的均匀性，晶圆间制备的一致性
- 极低温条件下引线可靠键合难题
- 探测器系统级标定及噪声检测难题

### 解决方案：

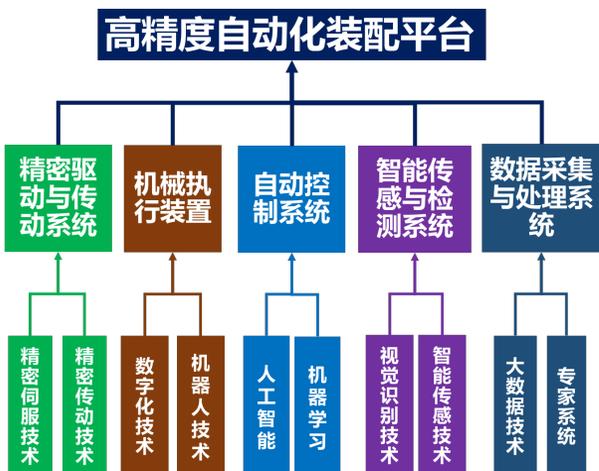
- 建立生产级低温超导探测技术专用工艺平台，迭代研究提高稳定性
- 优化引线键合的几何设计，使用有限元分析模拟连线的热应力和热变形
- 基于射频片上系统技术的大规模读出及检测方法

# 研究方向四：大规模工程应用与产业化技术

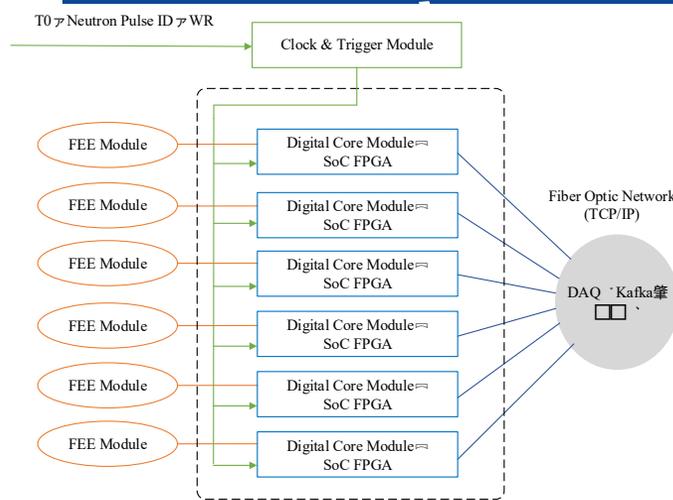
## 研究目标与创新点

研究内容	预期目标	创新点
探测器模块批产	迭代优化探测器批量生产流程，实现大规模工程应用与产业化	实现探测器大规模工程应用技术，为大科学装置建设提供支撑。 开发高性能通用数据流处理框架，实现高性能和高可靠的数据处理与数据共享，提高实验效率。
高性能读出电子学和数据获取系统	研制不同类型探测器专用ASIC芯片，实现高计数率、高集成度、低噪声和低功耗	
高性能通用数据流处理框架DSNI	开发分布式数据流处理框架DSNI系统，提供便捷的配置和自动化运维功能	

## 关键技术难点及解决方案



高精度自动化装配平台



高性能读出电子学系统

### 关键技术难点：

- 大规模批量集成质量控制技术
- 探测器模块批量生产的效率及一致性

### 解决方案：

- 研制基于机器视觉的高精度自动化装配检测平台，提高生产效率和工艺稳定性
- 采用模块化系统架构，便于技术迭代和扩展应用
- 开发智能组装平台，构建质量监控体系

**大科学装置应用**

解决大湾区大科学装置集群对高精度射线探测需求

**工程应用技术研究**

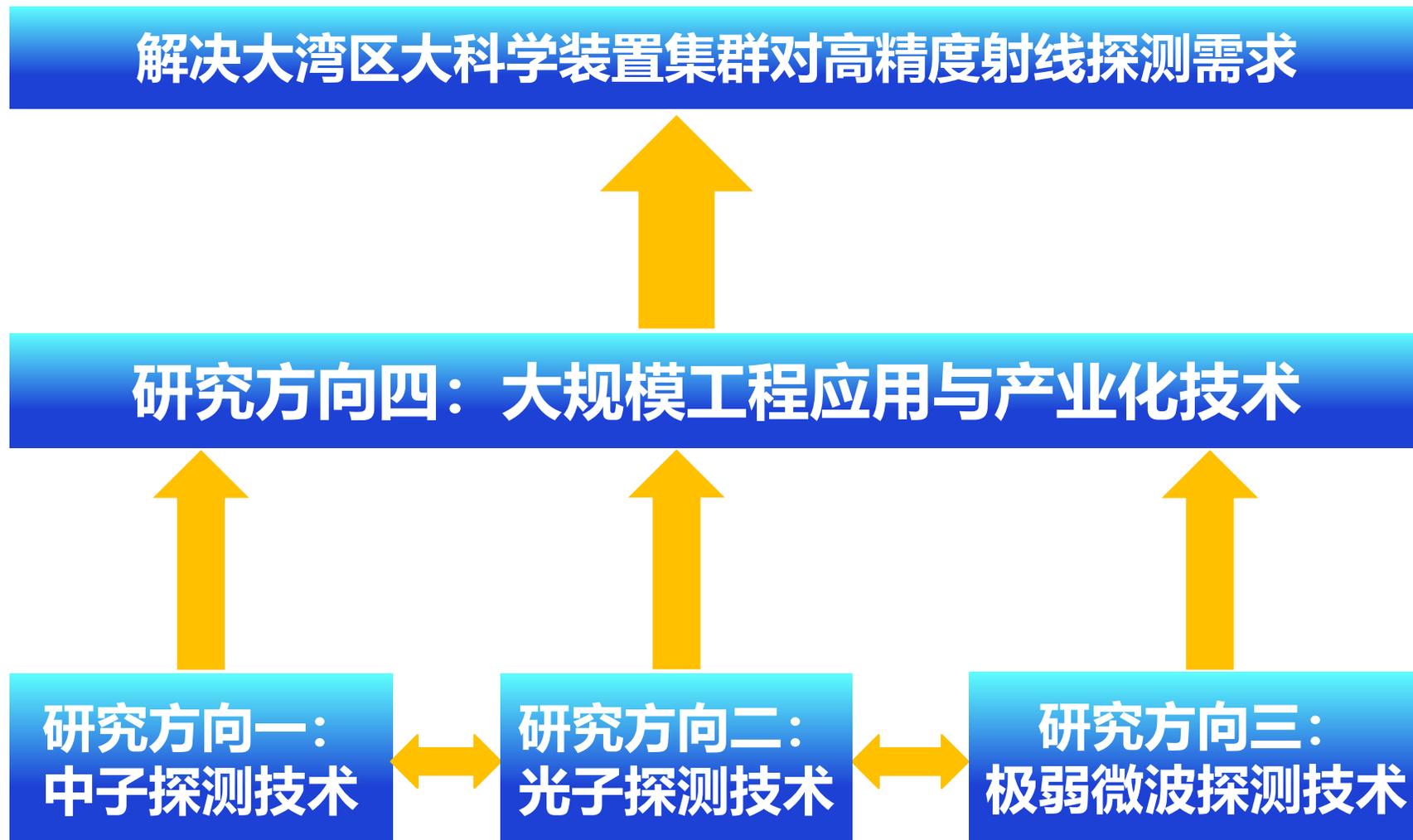
研究方向四：大规模工程应用与产业化技术

**关键技术研究**

研究方向一：  
中子探测技术

研究方向二：  
光子探测技术

研究方向三：  
极弱微波探测技术



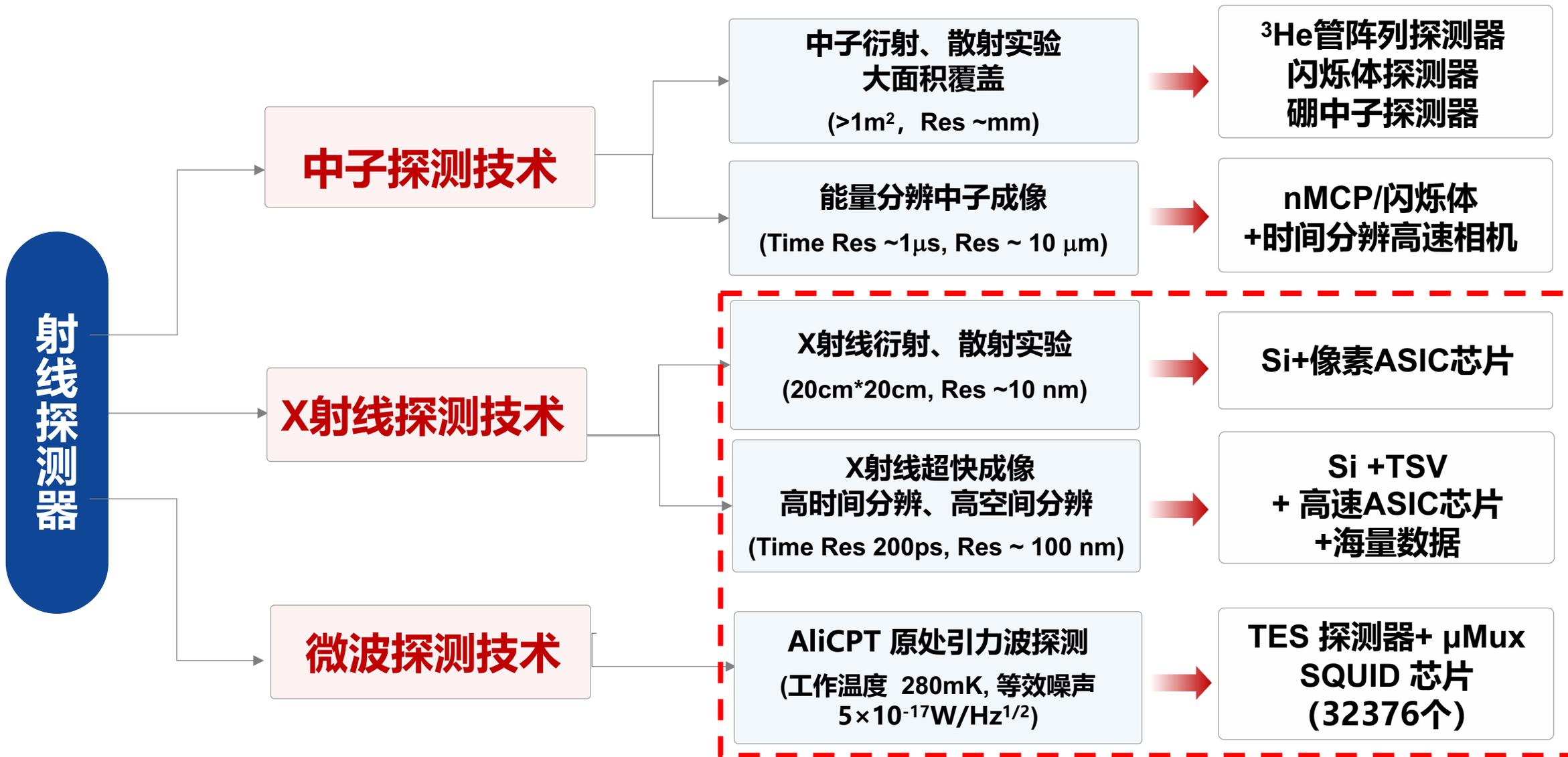
一 项目背景与团队介绍

二 实验室建设目标与内容

三 实验室建设进展

四 总结

## ▶ 发展多种探测技术，为大科学装置提供具有**国际竞争力**的探测器系统解决方案



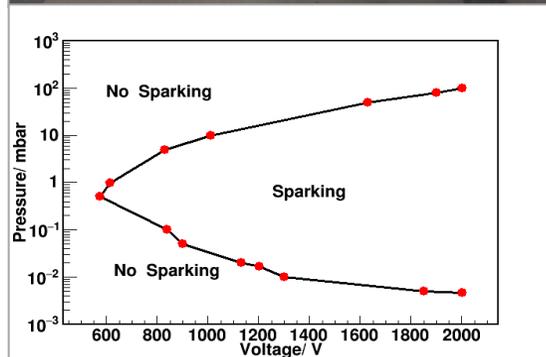
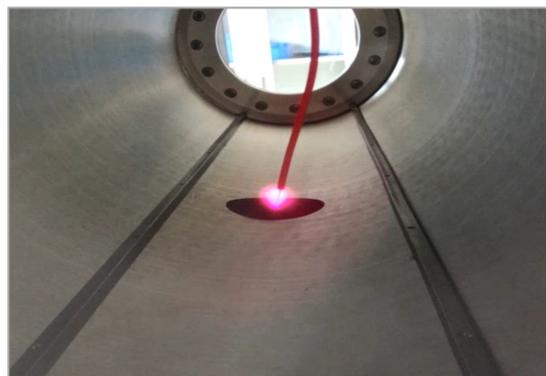
## 建立大面积<sup>3</sup>He管阵列探测器工程技术体系，为CSNS 谱仪建设提供强有力支撑

- 覆盖了大气、高、低真空不同工作环境下的3种主要技术方案
- 解决真空打火、电子学散热、空间狭小、系统噪声与通道一致性等难题。

### 模块化、标准化、流程化



### 探测器高压真空打火



### 技术方案不断升级、避免卡脖子、降低成本

- 已形成**大气、高、低真空**三种技术方案。
- 进口产品寻求国产化替代。
- 关键器件供应适配多品牌，避免单一来源。
- 设计和工艺流程标准化，培育多家机械制造工厂。
- 硼铝合金材料计划升级到内涂碳化硼铝板，降低加工难度和成本。
- 弱电连接尽量前端化、光纤化，降低噪声。

# 大面积 $^3\text{He}$ 管阵列探测器 - 工程应用

▶ 4台谱仪已开放运行, 3台谱仪正在调试(总3300只 $^3\text{He}$ 管, 47m<sup>2</sup>).

小角散射仪(低真空)@2018



反射谱仪 (大气环境)@2018



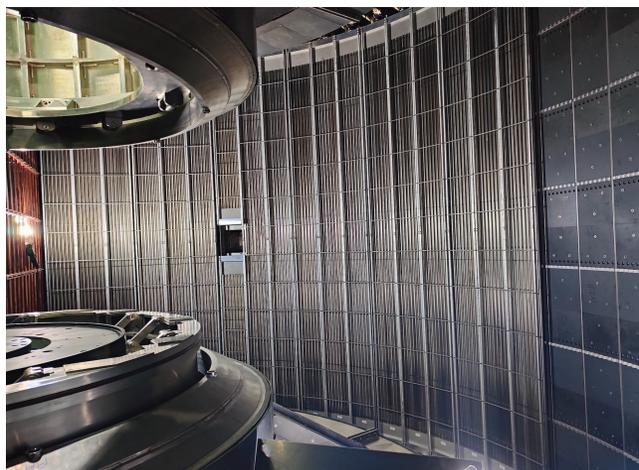
多物理谱仪 (大气环境)@2021



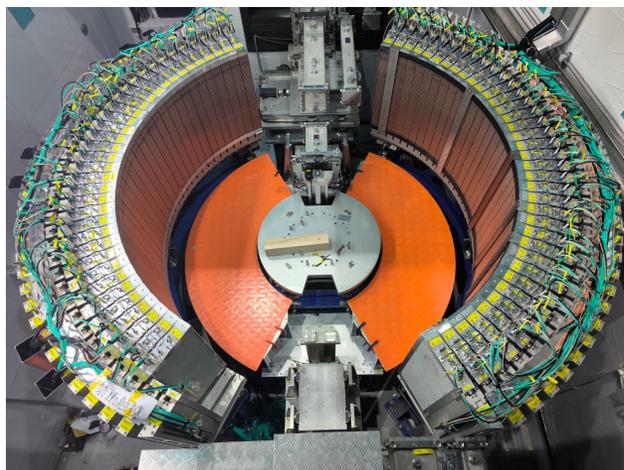
微小角散射仪(低真空)@2023



高能非弹谱仪 (高真空)@ 2023



高压谱仪 (大气环境)@ 2024



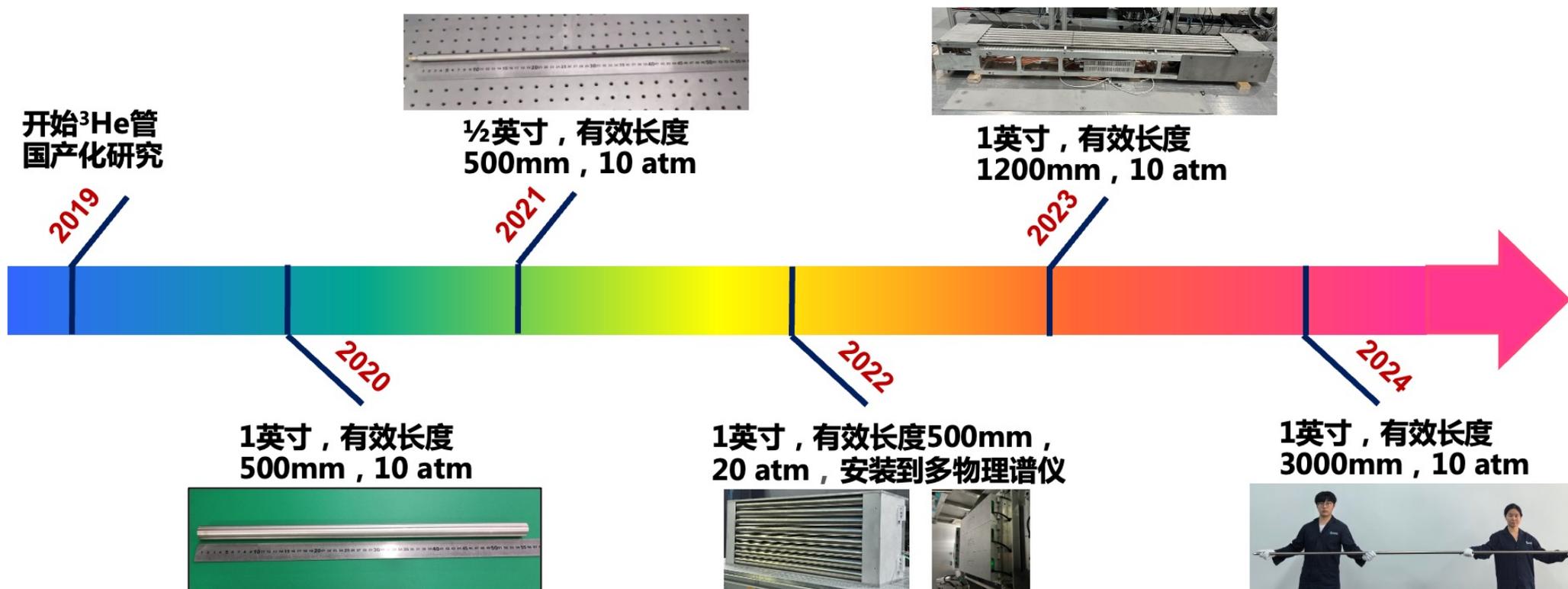
高分辨谱仪 (大气环境)@ 2024



# 成功研制出多种国产位敏型 $^3\text{He}$ 管探测器

## 攻克了系列关键技术，部分型号实现批量制造和工程应用

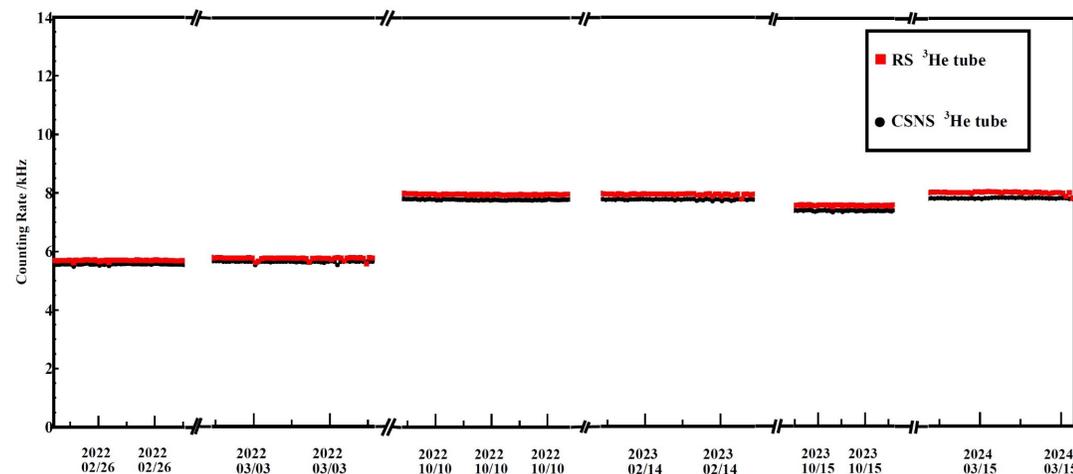
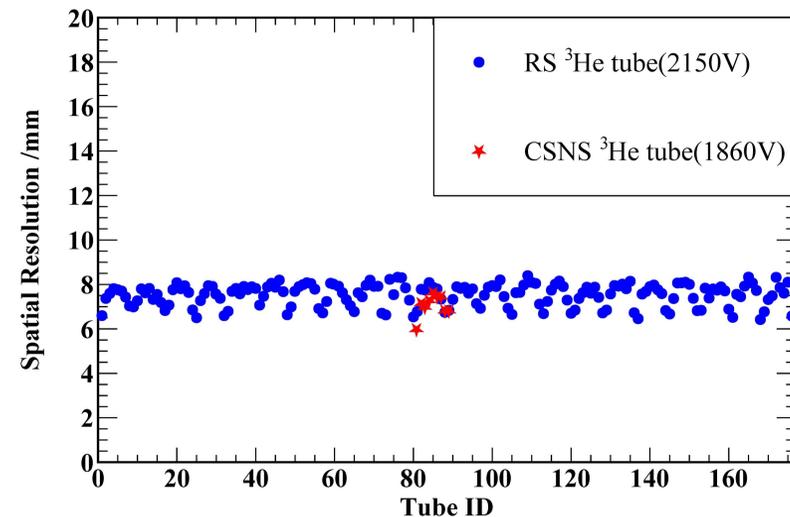
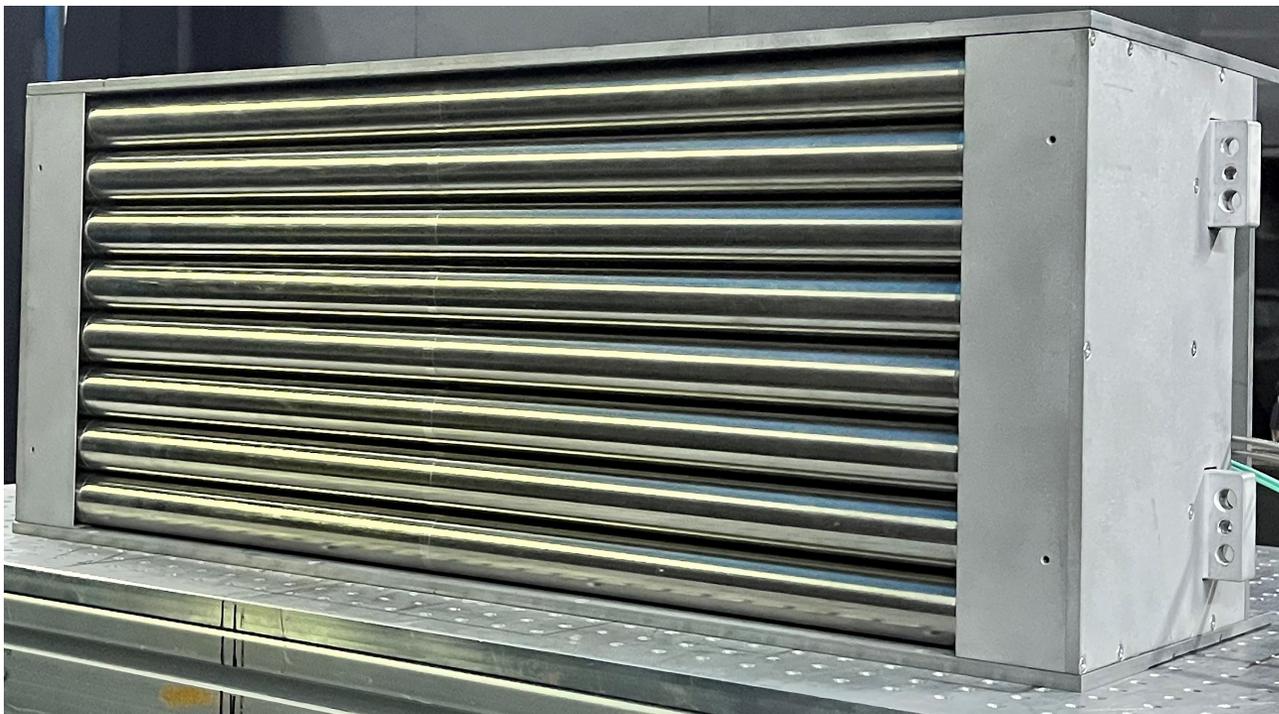
- 攻克了 $^3\text{He}$ 管制作技术，解决了高精度拉丝与焊接、高压绝缘、高气压密封等系列难题。
- 实现了 $^3\text{He}$ 气体回收与提纯技术，回收管道和不合格气体，提纯后再利用。



▶ 2022年1月，成功研制一批国产 $^3\text{He}$ 管探测器安装到多物理谱仪，**已稳定运行3年**

与进口 $^3\text{He}$ 管进行长期对照测试

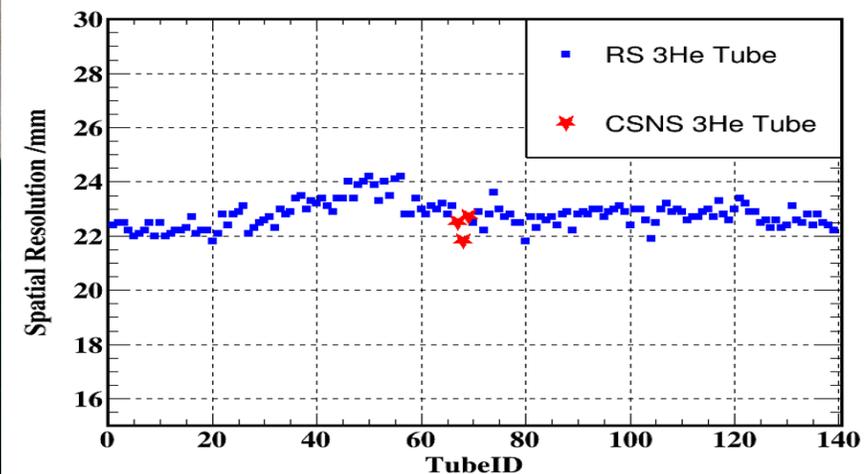
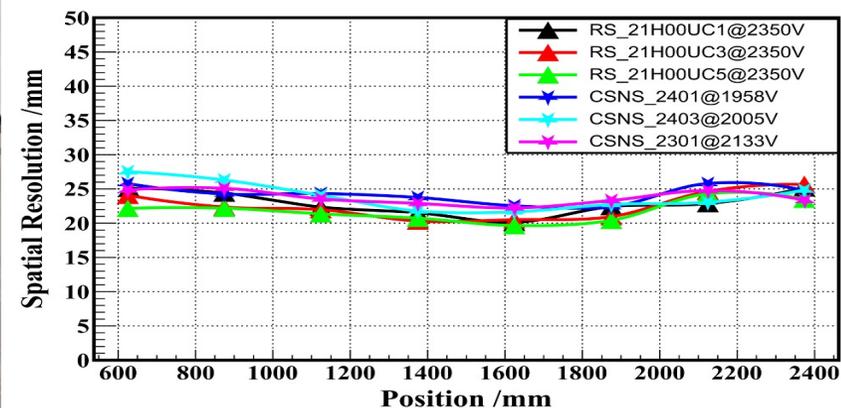
国产位敏型 $^3\text{He}$ 管探测器模块



# 国产位敏型<sup>3</sup>He管-3米长

## ▶ 2024年8月成功研制出3米长国产位敏型<sup>3</sup>He管探测器，完成实验室级技术研发

- CSNS束流测试结果表明：国产3米长位敏型<sup>3</sup>He管性能达到了美国进口产品水平。
- 打破了国外技术封锁，为CSNS II 工程建设奠定了坚实的技术基础。



# 大面积闪烁体探测器( $^6\text{LiF}/\text{ZnS}(\text{Ag})$ )

2010~2018

## 第一代探测器

0->1突破

实验室级到工程级产品



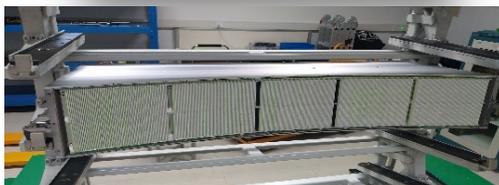
- 指标达国际前沿
- 工程应用：GPPD谱仪6m<sup>2</sup>空间覆盖

2018~2024

## 第二代探测器

性能指标进一步突破

实现批产和严格的质量控制



- 高集成，低功耗
- 工程应用：EMD、ERNI等谱仪  
8m<sup>2</sup>空间覆盖

2024~2029

## 第三代探测器

参数指标达到同类探测器的

国际前沿水平



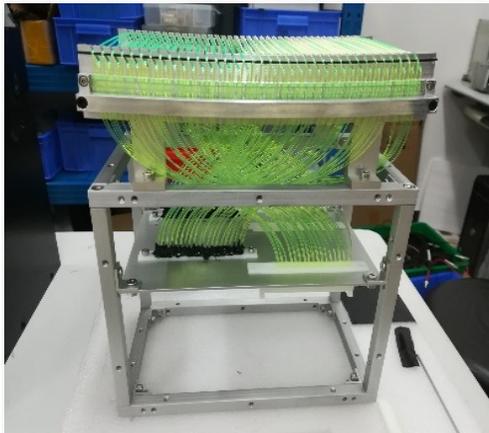
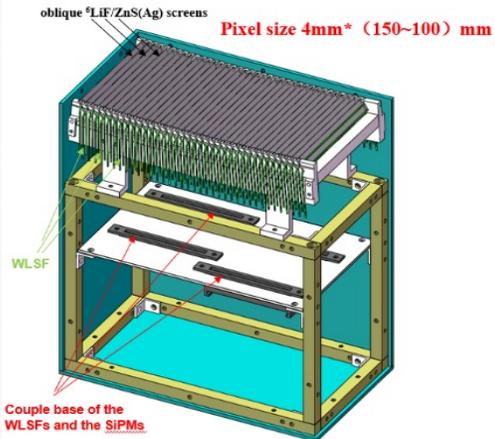
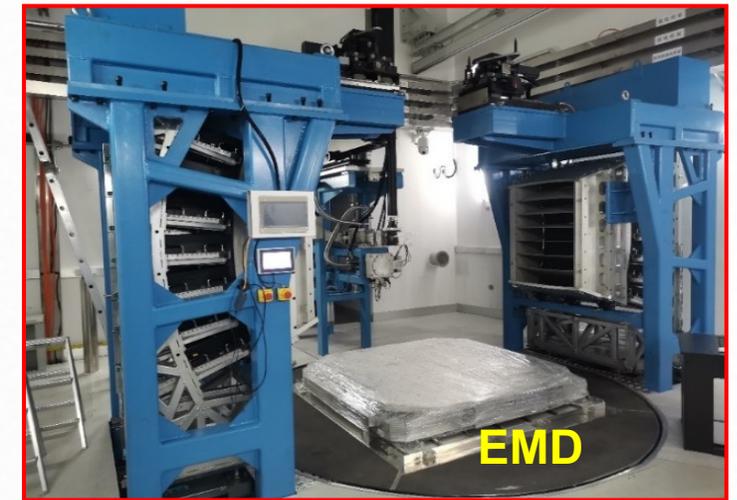
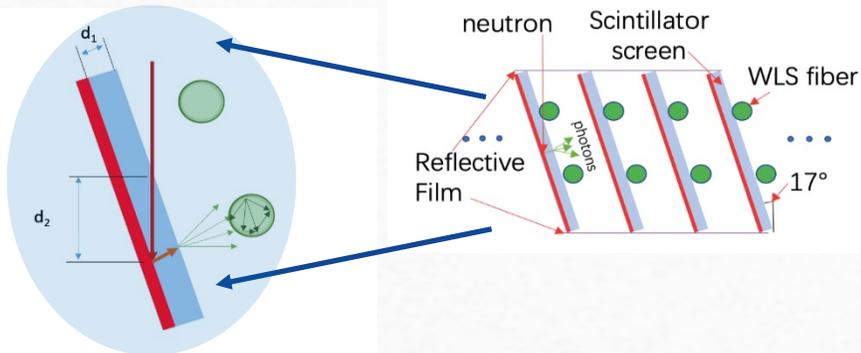
- 高位置分辨-----亚毫米级
- 真空下可工作
- 关键核心器件国产化替代
- 工程应用：二期谱仪

全自主研发的闪烁体中子探测器，实现在工程项目中的大面积应用

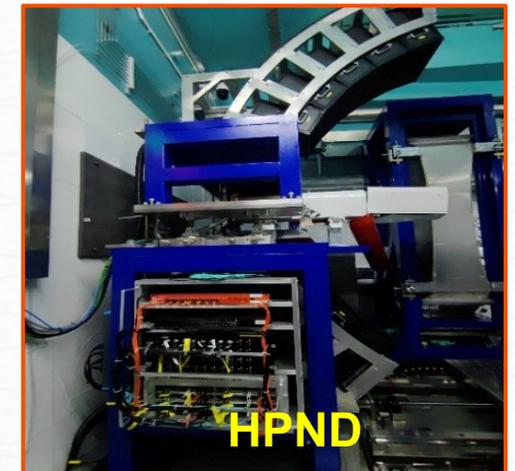
# 大面积闪烁体探测器 - 工程应用

## ▶ 斜入射闪烁体中子探测器: EMD(2023), ERNI(2023) and HP(2024)

- 探测方法:  ${}^6\text{LiF}/\text{ZnS}(\text{Ag})+\text{WLSF}+\text{SiPM}+\text{ASIC}$ , 探测效率:  $\geq 40\%$  @  $1\text{\AA}$



Detector module design



# 陶瓷GEM中子探测器

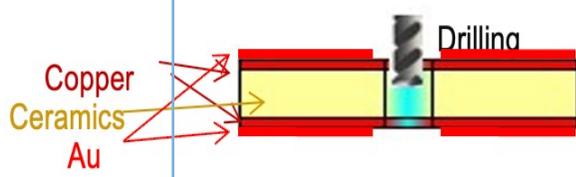
2009

开始GEM中子探测器研究



2013

提出并设计了中子专用陶瓷GEM



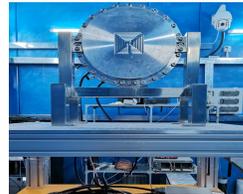
2017

实现中子束流监测器大科学工程应用(21台)



2020

实现密闭GEM中子探测器



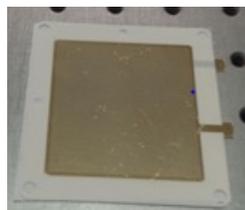
2012

实现标准GEM中子探测器



2015

实现小面积陶瓷GEM制备



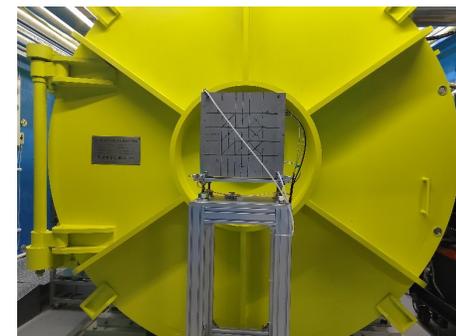
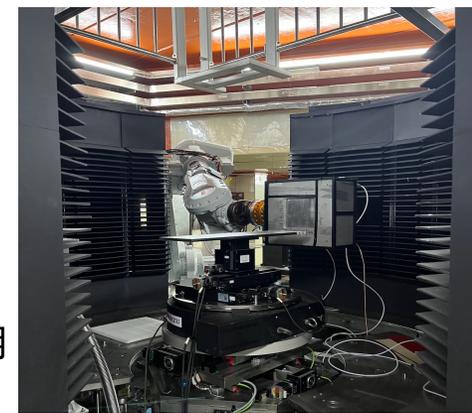
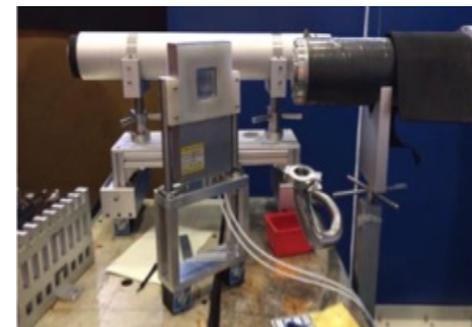
2019

实现大面积高效率GEM中子探测器



2022

- CSNS/CARR/CMRR 多台中子谱仪应用
- 英国ISIS VESUVIO谱仪应用



CPC 407, 2016  
NET, 52(6):1277, 2020  
NIMA, 962:163593, 2020  
NIMA, 995:165129, 2021  
JINST, 2021, 16: P06003

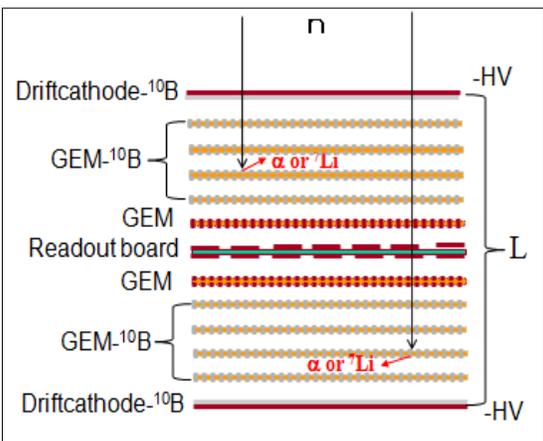
NIMA, 1024:166076, 2021  
IEEE TNS, 99:1, 2021  
JINST, 18:P010333, 2023  
Rev. Sci. Instrum. 94: 103304, 2023  
Rev. Sci. Instrum. 94, 093901, 2023

# 陶瓷GEM中子探测器

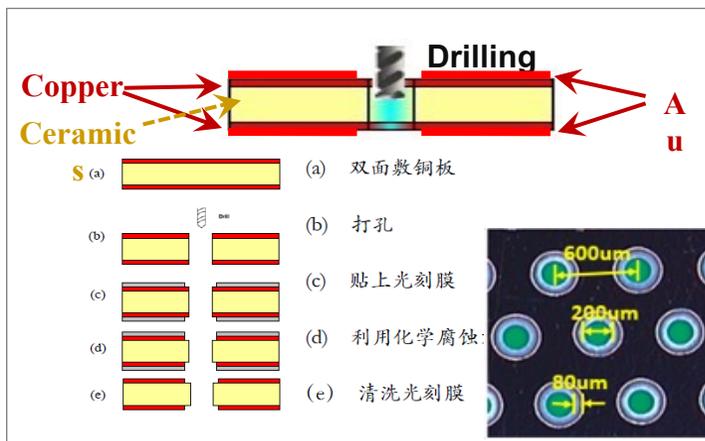
► 陶瓷GEM: 几乎不含氢, 中子散射少, 杂散本底低, 抗辐照, 耐烘烤。

■ 瞄准工程应用, 以陶瓷GEM为核心, 开展探测器设计与关键技术研究, 在国际上具有鲜明特色。

## 探测器设计



## 陶瓷 GEM 研制



## 大面积中子转换层硼膜制备

人民日报客户端 热点 直播 报刊 锐评 人民号平台 下载客户端

### 研制成功! 中子探测器关键技术实现国产化

人民日报客户端广东频道 资料库 2023-10-17 15:24 浏览量10.2万

据东莞发布消息, 近日位于东莞松山湖的中国散裂中子源探测器团队成功制备出目前国际上用于中子探测的碳化硼薄膜。这意味着, 中子探测器关键技术在国内实现国产化。

此次我国自主制备的高性能碳化硼薄膜样品单片面积达到1500mm×500mm, 薄膜厚度1微米, 全尺寸范围内厚度均匀性优于±1.32%, 是目前国际上用于中子探测的最大面积的碳化硼薄膜。

据悉, 位于松山湖科学城的中国散裂中子源被誉为观察微观世界的“超级显微镜”, 而中子探测器就是这个科学装置的“眼睛”, 用来发现样品的微观结构。

而依靠优异的性能, 基于硼转换的中子探测器已成为当前国际上研究的热点, 随着中国散裂中子源二期工程即将启动, 拟建的中子谱仪对大面积、高效率、位置灵敏的新型中子探测器需求紧迫。

▲自主研发的磁控溅射大面积硼膜专用设备

### 中子探测器关键技术和器件实现国产化

2023-10-17 19:53:11  
来源: 新华社

浏览量: 108.5万

新华视点 查看详情 >

记者从中国科学院高能物理研究所东莞研究部获悉, 近日, 中国散裂中子源探测器团队成功制备出高性能大面积碳化硼薄膜, 实现了中子探测器关键技术和器件的国产化。

CPC, 2016, 40(7):076002

## 多路ASIC芯片研发

性能参数	设计指标
输入电荷	±10fc ~ ±400fc
单通道计数率	大于1MHz
通道数	32
输出特性	阈值比较后数字信号 2.5V TTL
阈值	外置DAC可调

## 高速读出电子学研制

信号读出条

512路 (x, y方向)

DAC

ASIC

FPGA

前放+成形

甄别器

二维符合TOT测量位置重建

击中事例 (x,y,t)

光纤读出

电脑 & 数据获取

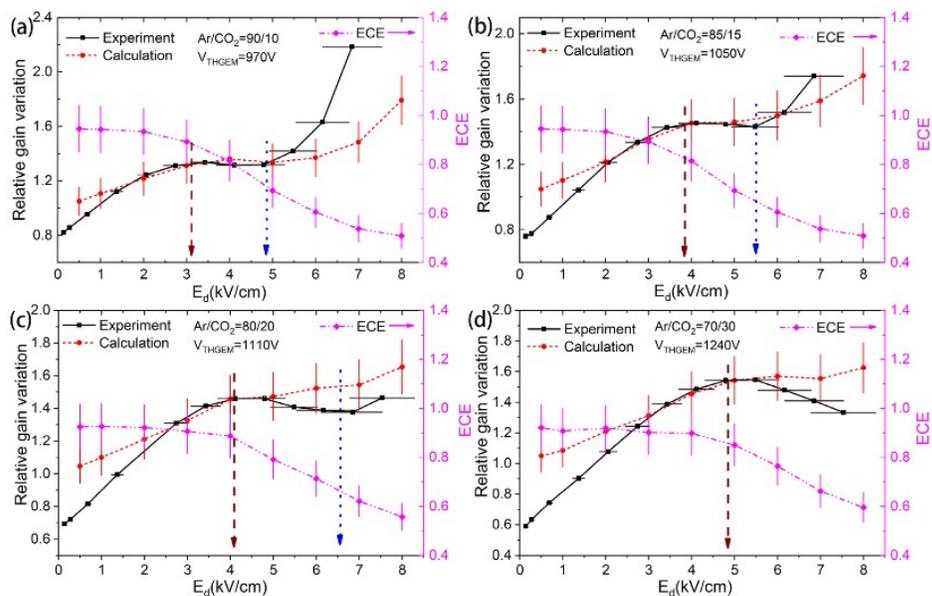
# 陶瓷GEM中子探测器 – 国际应用

为10余家单位提供了多批次陶瓷GEM和探测器，成功应用到国内、外多个大科学装置和实验

意大利国家核物理研究院INFN  
深入研究陶瓷GEM 增益性能  
NIMA, 2021, 988: 164907

英国散裂中子源ISIS  
VESUVIO谱仪GEM探测器  
JINST, 2021, 16: P06003

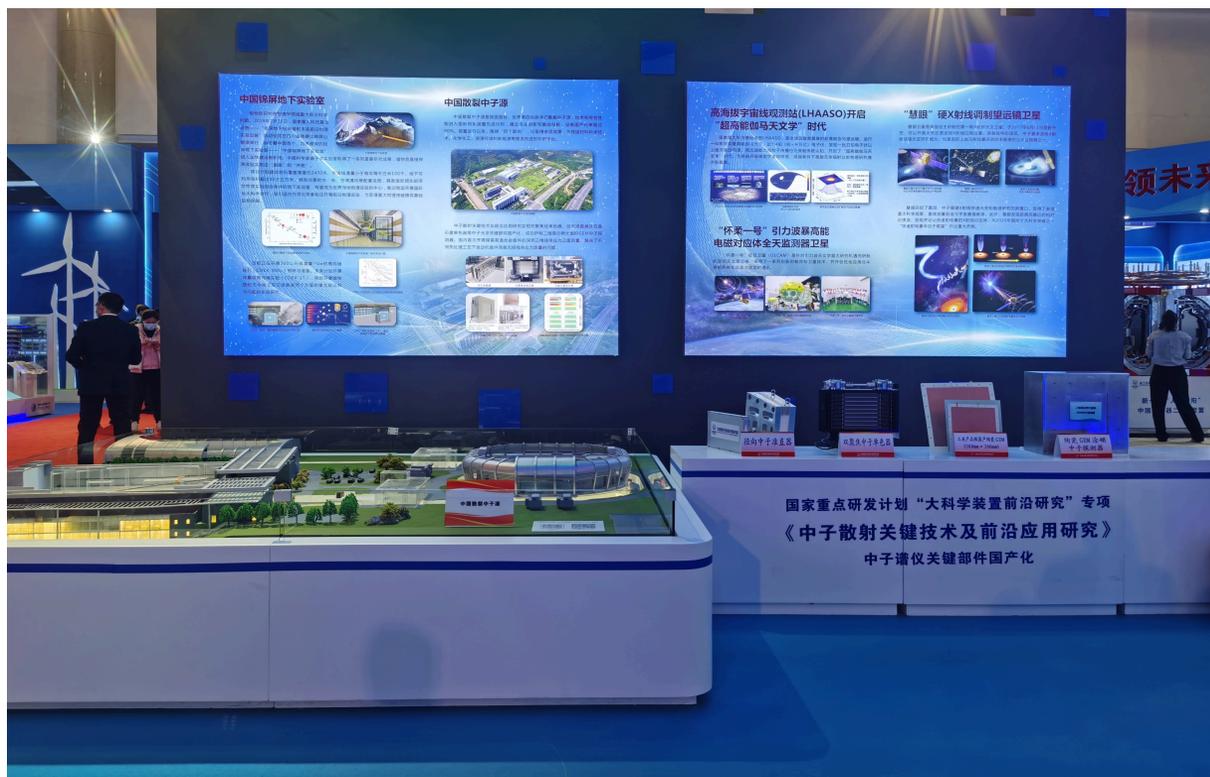
德国重离子研究中心GSI  
研发高效率探测器用于ESS  
NIMA, 2020, 953: 163051



# 陶瓷GEM中子探测器

2021年入选国家“十三五”科技创新成就展

2024年入选中国科学院自主研制科学仪器产品名录



中国科学院自主研制科学仪器 2024

数理与天文科学

## 陶瓷GEM中子探测器

Ceramic GEM Neutron Detector

MGEM、HGEM



# 中子成像探测器 – 工程应用

▶ 已成功应用到能量分辨中子成像谱仪，2023年7月通过验收并对外开放运行。

大视野成像探测器 (FOV: 220mm\*210mm, Res. 25  $\mu\text{m}$ )

能量分辨成像探测器  
FOV: 100mm\*100mm, Res.  $\sim 20 \mu\text{m}$  @  $\Delta\lambda/\lambda = 0.15\%$



# 高空间分辨中子成像探测器 - 微米级

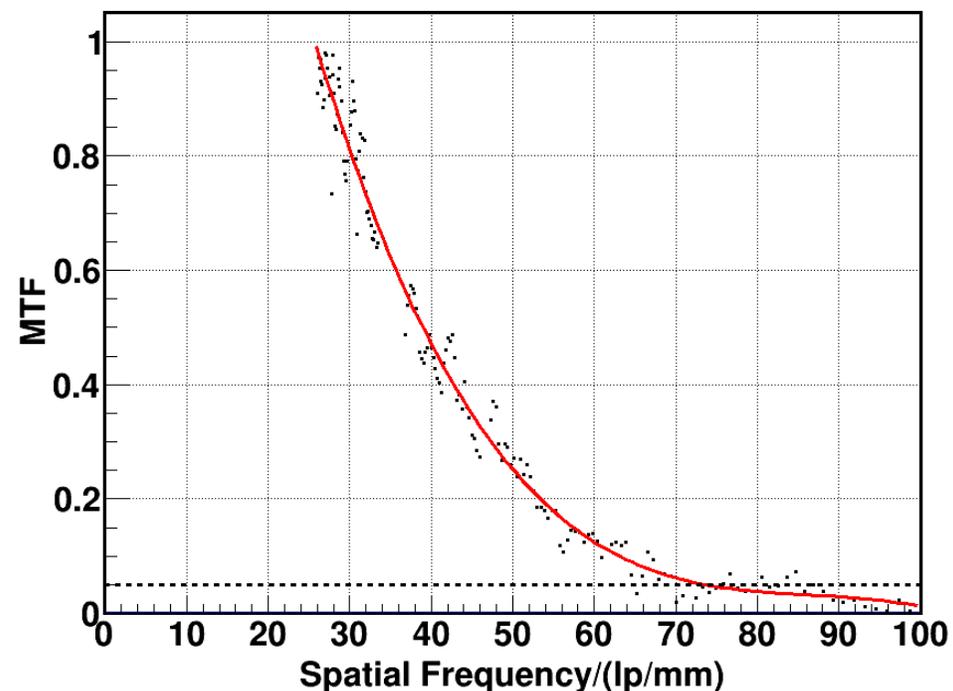
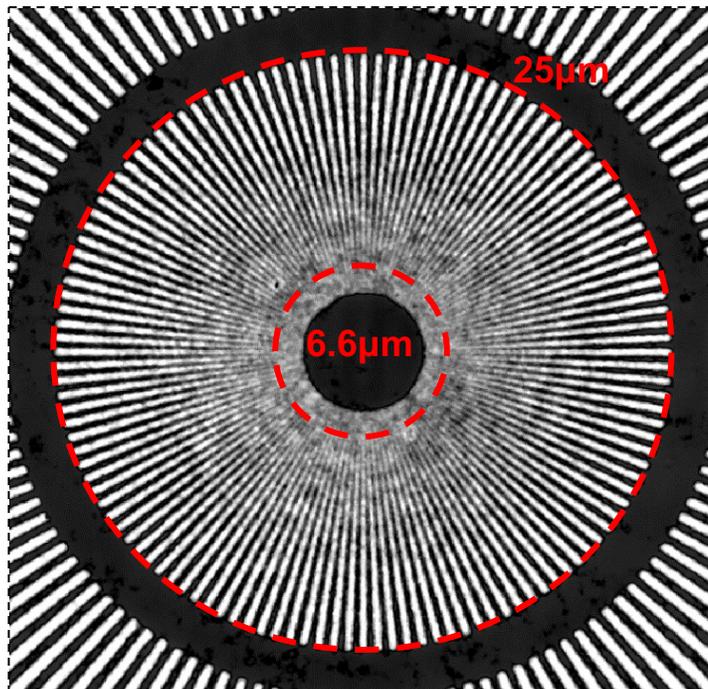
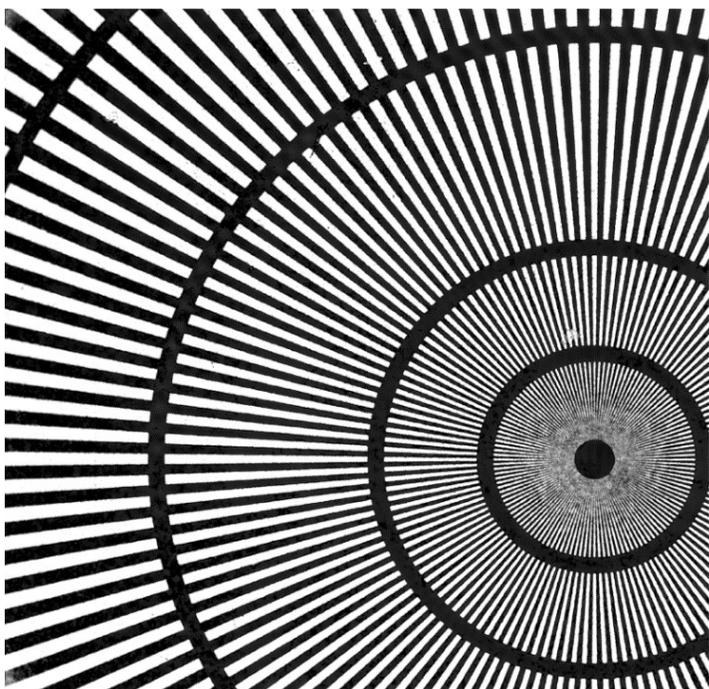
▶ 2024年4月，在能量分辨中子成像谱仪获得最佳空间分辨率**优于6.6  $\mu\text{m}$** (国际仅3家)

- 自主设计、研制的GOS超薄闪烁体( $^{157}\text{Gd}>88\%$ , 厚度 $4\mu\text{m}$ , 中科院理化所)。
- 科学级CCD读出, 光学放大倍数4.8倍, 采集36帧, 每帧曝光15分钟, 已成功用于谱仪用户实验。

ID: P1324010400002

## Siemens Star测试结果

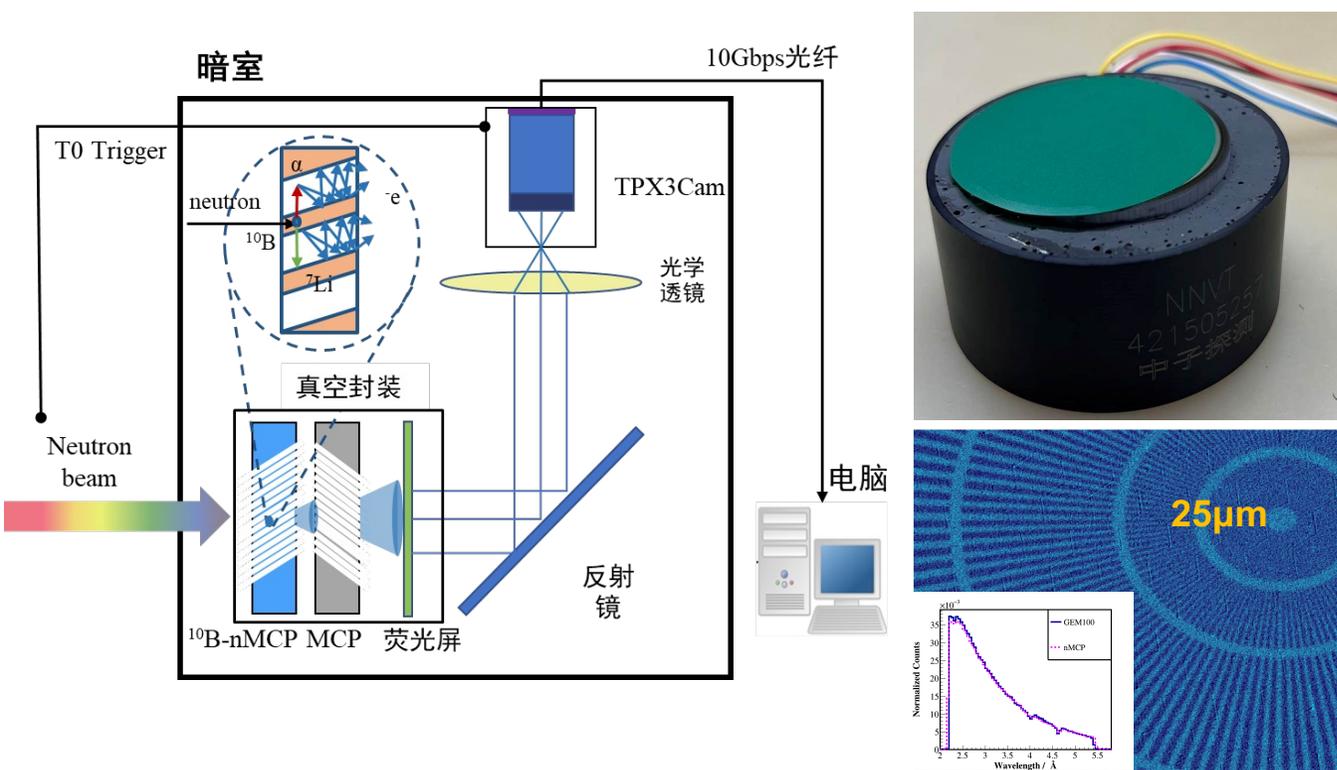
MTF: 73.6 lp/mm@ 5%, 对应 6.8  $\mu\text{m}$



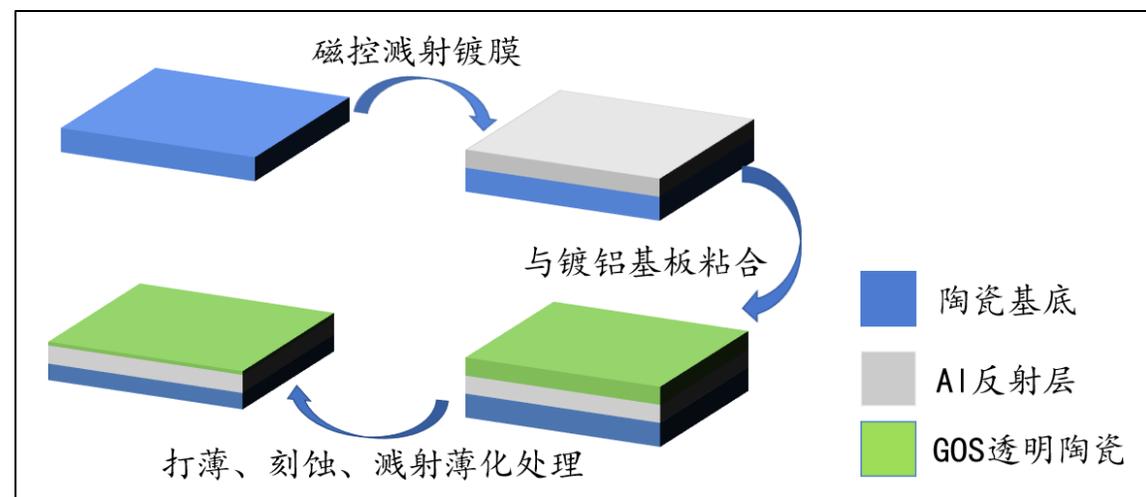
## 发展微秒级时间分辨，及微米、亚微米级空间分辨成像探测器。

- 研发中子像增强器，将中子转换和增强器集成到一个真空器件，提高集成度。
- 研发超薄透明陶瓷闪烁体、以及TimePix4(已获得CERN授权)相机。

### 方案一：中子像增强器



### 方案二：超薄透明陶瓷闪烁体



# 阿里原初引力波望远镜

▶ **阿里原初引力波望远镜是国内首个专注于原初引力波探测的研究项目，目前，阿里原初引力波探测实验一期建成并实现首光观测。**

## 阿里原初引力波探测实验一期建成并实现首光观测

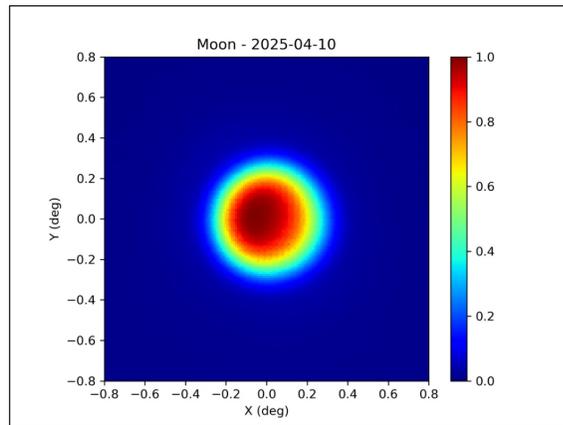
文章来源： 2025-07-13

[【大】](#) [【中】](#) [【小】](#)

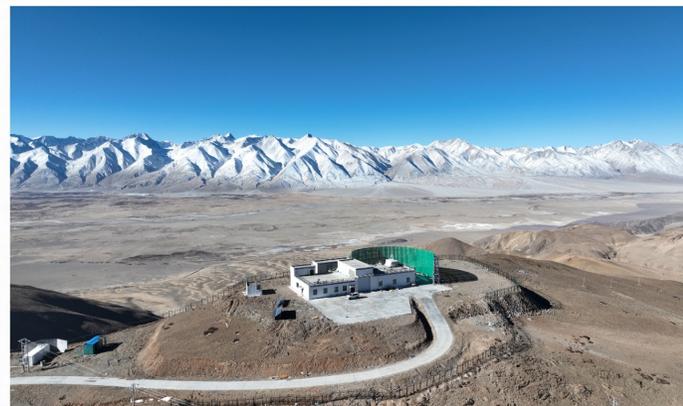
近日，由中国科学院高能物理研究所牵头的阿里原初引力波探测实验一期（AliCPT-1）建成并实现首光观测，成功获取了月球和木星辐射的150GHz频段清晰图像，标志着我国在原初引力波探测实验领域迈出了关键一步。

该实验是我国首个原初引力波探测实验，由中国科学院高能物理研究所张新民研究员团队于2014年提出，并于2016年底启动。在中国科学院、国家自然科学基金委员会以及科技部的支持下，阿里实验逐步发展成为一个“以我为主”的国际合作项目，由中国科学院高能物理研究所牵头，联合中国科学院国家天文台、美国斯坦福大学等国内外16家科研机构在西藏阿里地区海拔5250米的山脊上开展。经过8年的研制和建设，团队克服高原缺氧、国际合作环境恶化等困难，于今年完成了望远镜安装调试，顺利实现了阿里——北京望远镜远程操控和数据传输，成功验证了端到端功能和角分辨率等核心设计指标。

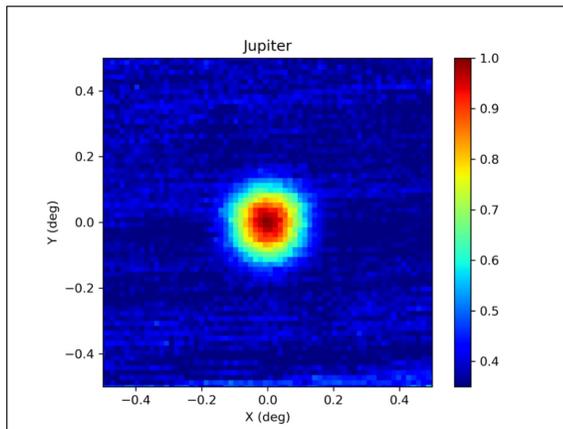
原初引力波探测被公认为重大基础科学前沿，是检验宇宙起源理论的关键实验。原初引力波探测实验包含多项关键技术，对我国原初引力波科学、低温超导探测器研制、宇宙微波背景辐射(CMB)数据分析以及台址科学等领域起到了重大的推动作用。原初引力波探测实验对于台址条件要求苛刻，目前全球共有3个主要原初引力波探测实验基地，其他2个均由美国主导，分别位于南极极点、智利阿塔卡马沙漠。



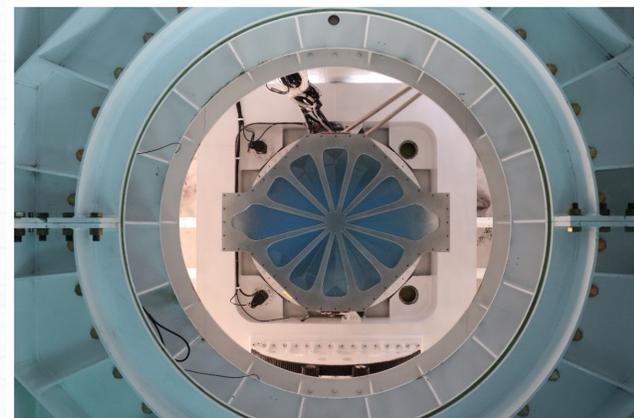
月球在150GHz的辐射图像



阿里原初引力波观测站



木星的150GHz辐射图像



从基地底部仰视望远镜接收机



- 中国散裂中子源是国家“十二五”期间重点建设的十二大科学装置之首，拥有**专业的实验场地**，具备探测器和电子学所需研究与实验平台，**面积33600平方米**，拥有高精度科研设备仪器165+套。



- 中山大学拟建设伽玛光子对撞机及综合束流设施平台，总面积**13000平方米**。其中伽玛光子对撞机装置楼**7000平方米**，产业转化实验室**6000平方米**。
- 东莞理工学院实验室总面积**600平方米**，建立了良好的研发、加工、分析及测试平台。

# 建立国际先进的微纳加工实验平台

- 依托“核探测与核电子学国家重点实验室”、“中国科学院粒子天体物理重点实验室”和“广东省高精度射线探测技术重点实验室”，建立了探测器微纳加工实验室，具备TES探测器的微加工能力，包括光刻、镀膜和刻蚀等工艺。

## 微纳加工实验平台



微纳加工实验室间-干级间（镀膜机/刻蚀机等）



微纳加工实验室间-光刻间（300nm光刻机，高精度显微镜）



微纳加工实验室间-万级间（台阶仪/应力仪/键合机等）



微纳加工实验室间-湿法间（匀胶机/清洗机/显影机等）



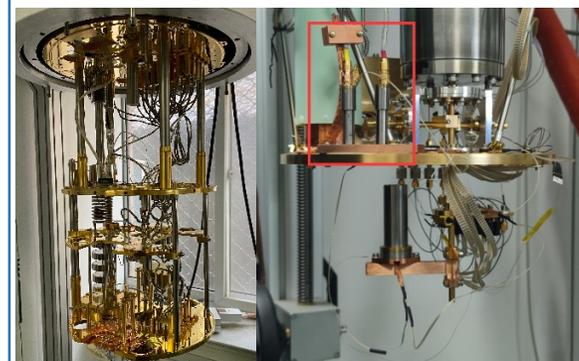
X射线镀膜工艺研究平台：镀膜机/XRD/原子力显微镜等



微加工及晶体成型平台：划片机等



低温测试平台



- ◆ 稀释制冷机（BlueFors LD250）最低温小于7mK,温度稳定性 $\pm 20\mu\text{K}$
- ◆ 绝热去磁制冷机(HPD Model 107K2)最低温小于20mK（温度波动小于 $2\mu\text{K}$ ）

- 聚焦中国散裂中子源二期、同步辐射光源、伽玛对撞机、阿里原初引力波观测站等大科学装置的需求，联合广东省优势团队，建立高精度射线探测技术实验室。
- 制定中长期发展规划，重点发展中子、光子(x射线和 $\gamma$ 射线)以及微波等射线探测技术与实验方法，攻克大规模工程应用技术。
- 基于工程和研发需求，建立了多种探测器研发平台，以具备国际竞争力为目标，同步推进工程建设与新技术探索研究。
- 研制了多种高性能的中子、光子以及微波探测器，部分探测器已实现工程应用。

**谢谢各位专家， 敬请批评指正！**

