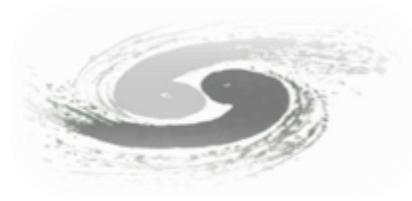


2024 年度考核报告

青年特聘研究员

樊云云，探测器一组

2024.11.21



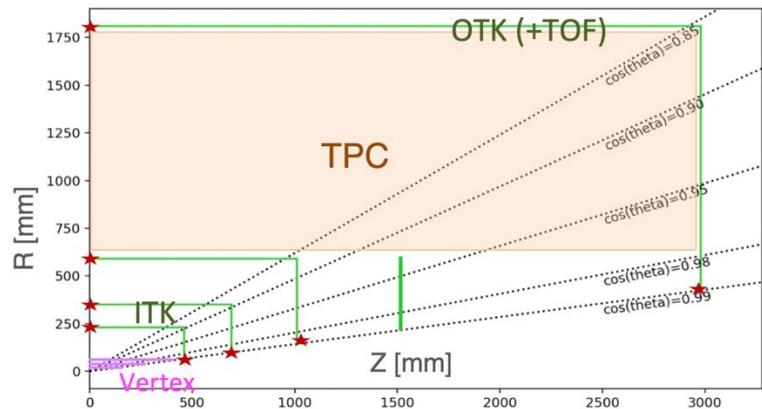


任务完成

- 基于CEPC 飞行时间及外径迹探测器研发
- ATLAS 高颗粒度时间探测器 (HGTD)
- ATLAS及CEPC 的亮度测试: Beam Monitor of ATLAS

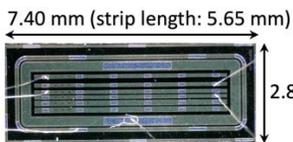
课题1: CEPC ToF & OTK

- 基于AC-LGAD技术的CEPC ToF & OTK 研发
 - ToF 带来的PID能力是对气体探测器的有效补充
 - AC-LGAD可同时提供位置及时间信息, 作为 OTK & ToF
 - 被选为目前CEPC Ref-TDR的外径迹探测器的baseline方案
 - 高能所设计微条型AC-LGAD: 时间分辨**37.5 ps**及位置分辨**8.3 μm**

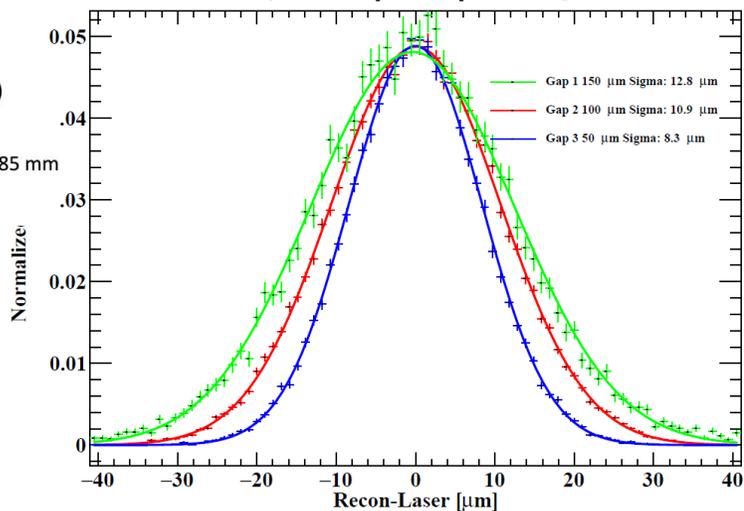


微条型AC-LGAD

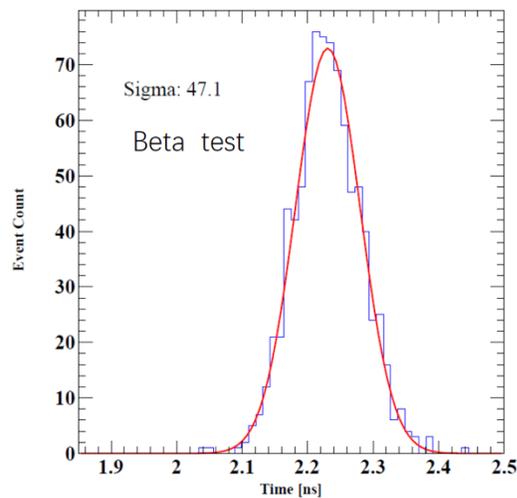
- ✓ 5.6mm length
- ✓ pitch 150μm
- 200μm 250μm



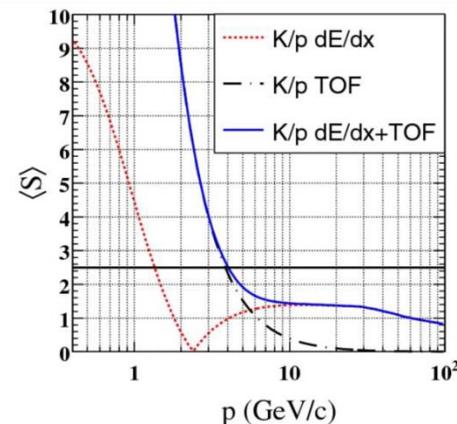
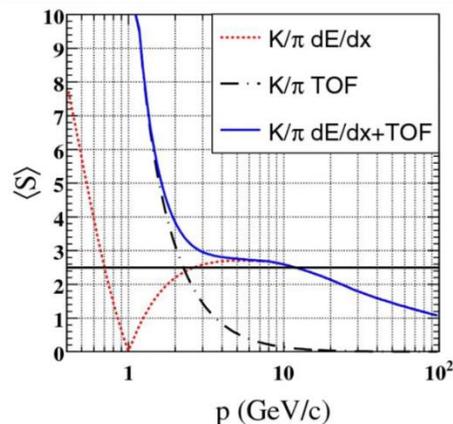
位置分辨 **8.3 μm**
(150 μm pitch)



时间分辨 **37.5 ps**



50ps ToF 对k/pi 及 k/p 分辨的提高



课题1: CEPC ToF & OTK

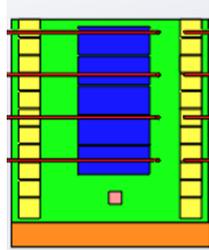
基于AC-LGAD技术的ToF & OTK 的探测器研发

被选为目前CEPC Ref-TDR的baseline 方案

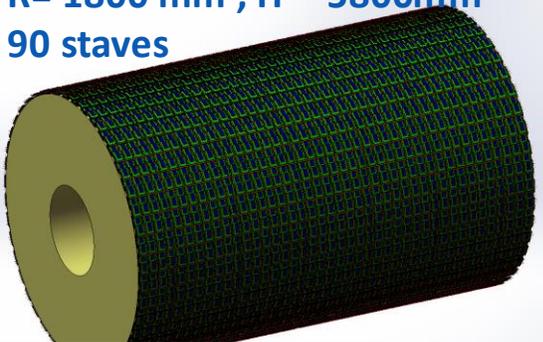
进行相关章节撰写

- 时间分辨 50 皮秒, phi 方向 10 微米, z方向 10 mm
- 机械设计, 散热及形变模拟 (与付金煜合作), 进行了三种散热方案计算, 水, 二氧化碳及R134a (汽车冷却液)
- 7cm 大AC-LGAD 传感器设计, 电子学, 功耗 $\sim 300 \text{ mW/cm}^2$, 热沉方案 (与赵梅, 严熊波合作)
- 模拟集成到实验软件框架中, CEPCSW (与傅成栋合作指导上交学生完成)

Module
137.8 mm x 160mm
22 ASICs

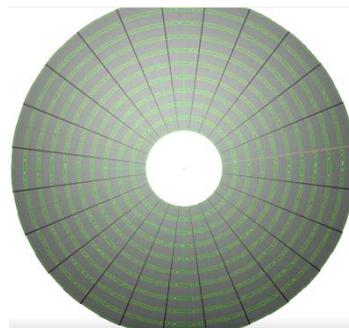


Barrel
R= 1800 mm , H~5800mm
90 staves

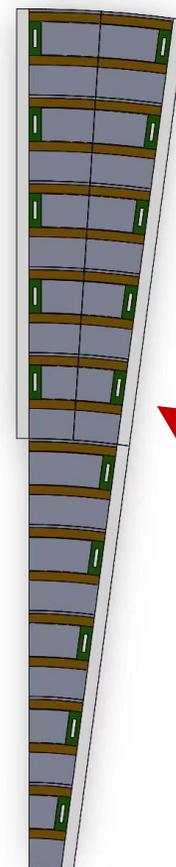


Module

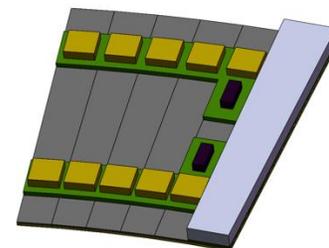
Endcap
R= 400 mm -1800 mm



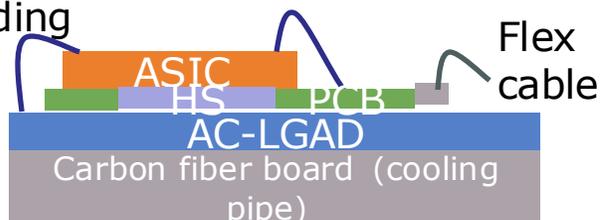
Petal



Sector Module
per row



Wire bonding

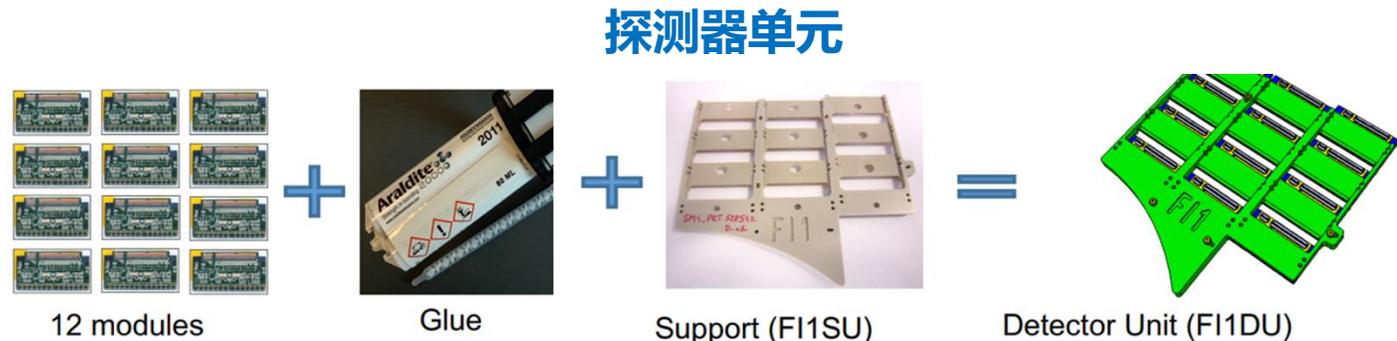


Heat sink(HS): Al;

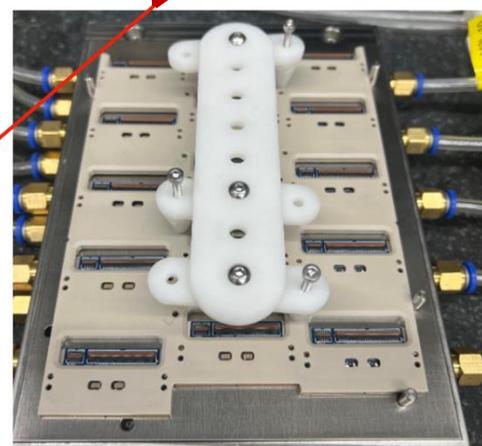
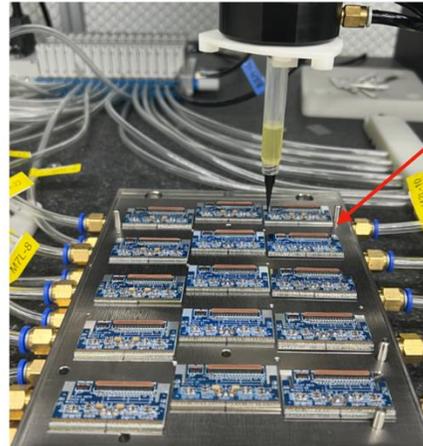
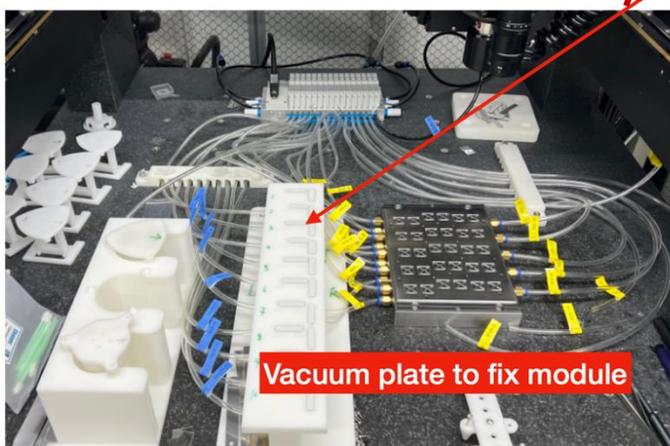
Long half stave
2900 mm x 160 mm
21 modules

课题2: ATLAS HGTD 探测器单元组装

- IHEP主导探测器单元模块及单元组装
 - 34%探测器模块组装, 3000个模块
 - 82个探测器单元, 33% (最大生产站点)
 - 做为所有探测器loading站点的backup
- 完成探测器单元组装站点评估:
 - 完成探测器loading 步骤设计
 - 自动组装台识别程序, 探测器单元工装, 转移工具
 - 2-3 探测器单元/周



探测器gantry loading 步骤





课题2: ATLAS HGTD 探测器单元组装

完成高能所探测器单元loading站点评估

– 完成Demonstrator 两个模块组装, **组装步骤安全可控**, 第二个模块完好度大幅提升

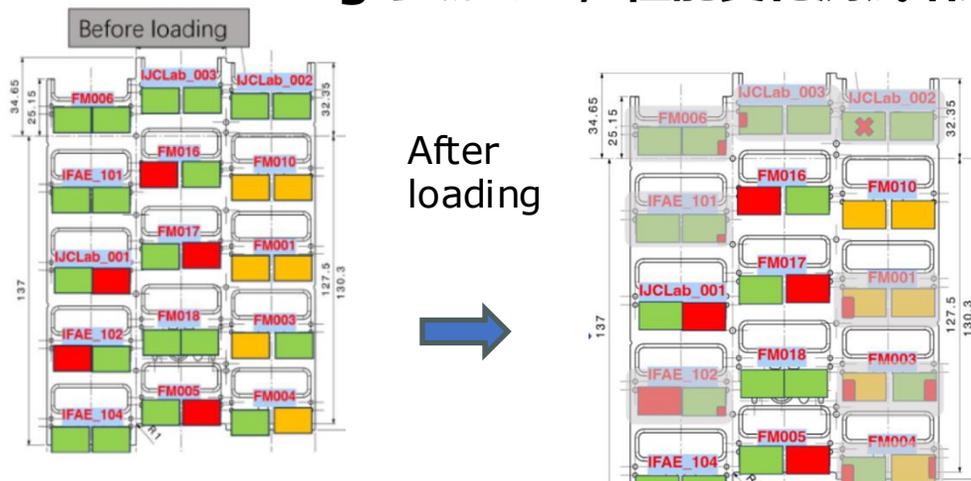
– 调整位置识别点, 规范module尺寸

– 改进Peek 探测器单元设计

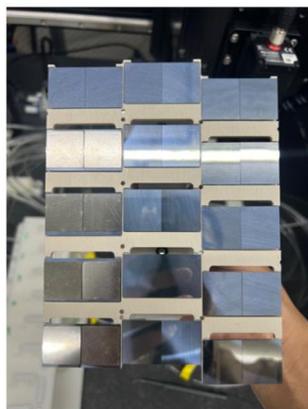
– 制定组装步骤, 完成CERN组装文件撰写

– **通过loading 站点评估**

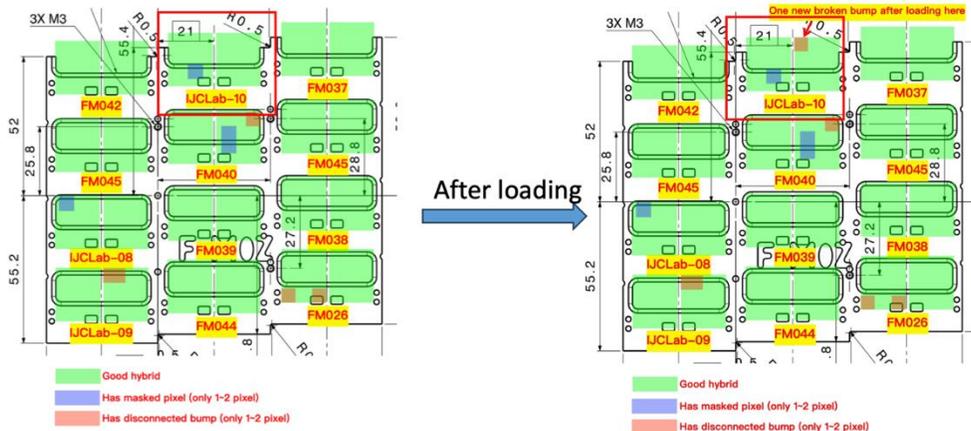
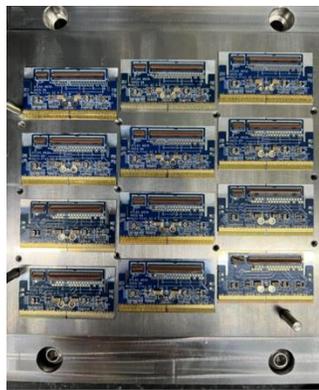
Loading 步骤前后, 性能变化测试结果



探测器单元1

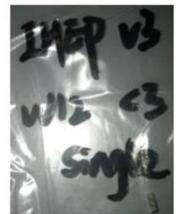


探测器单元2



课题3：掺碳LGAD 在ATLAS束流亮度测试中的应用

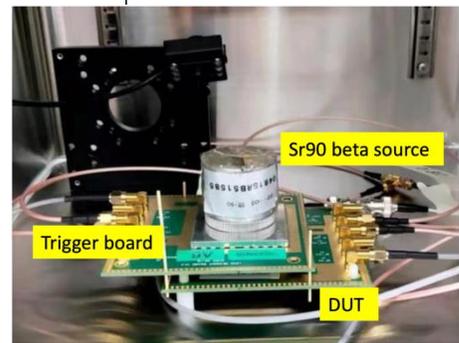
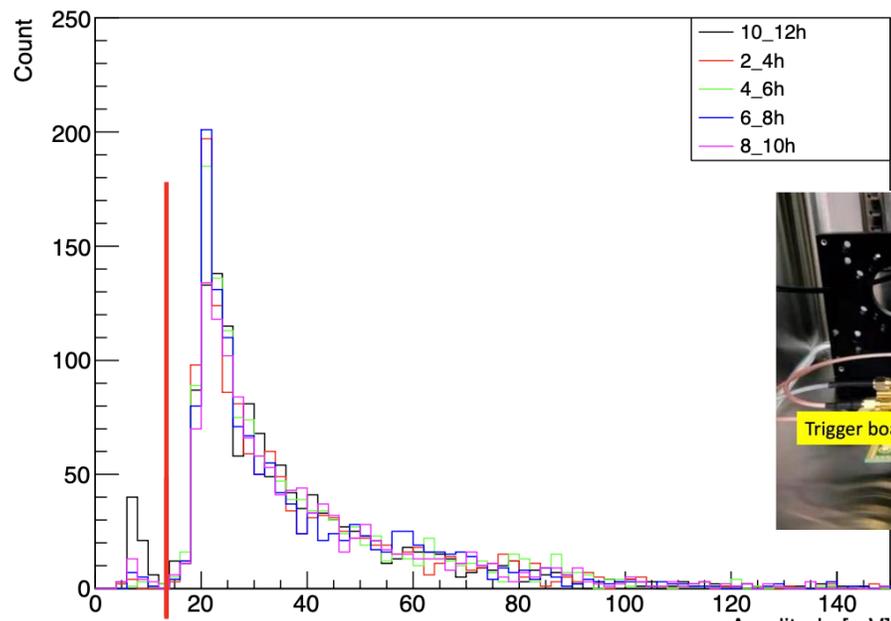
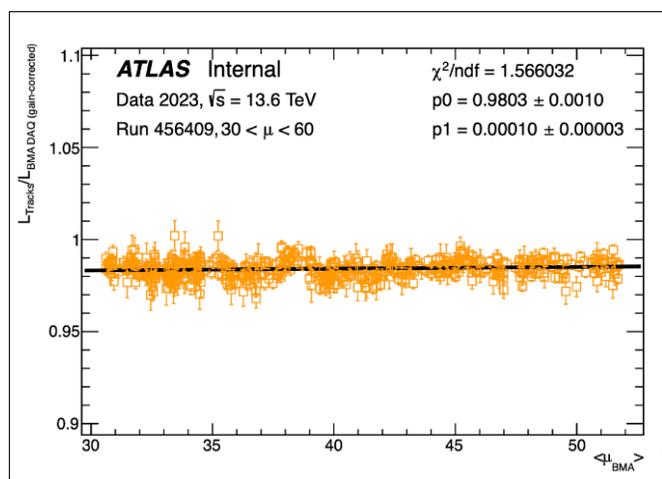
- HL-LHC 亮度测量的不确定性需要由现在的2%降低到1%：对物理测量非常重要
- LGAD在ATLAS JFC3束流测试中，**线性度和响应表现优异**
 - 使用LGAD的BMA已经批准安装进入ATLAS的亮度测试系统
 - 验证辐照后常温下时间分辨的稳定性初步测试：**辐照后，室温中运行状态稳定**



The Luminosity Oversight Group (ALOG) has recognized the key role that BMA can play in the **calibration transfer analysis**

8e14 Neq/cm²辐照后，室温运行中，国产超快硅传感器信号峰值与噪音峰的变化

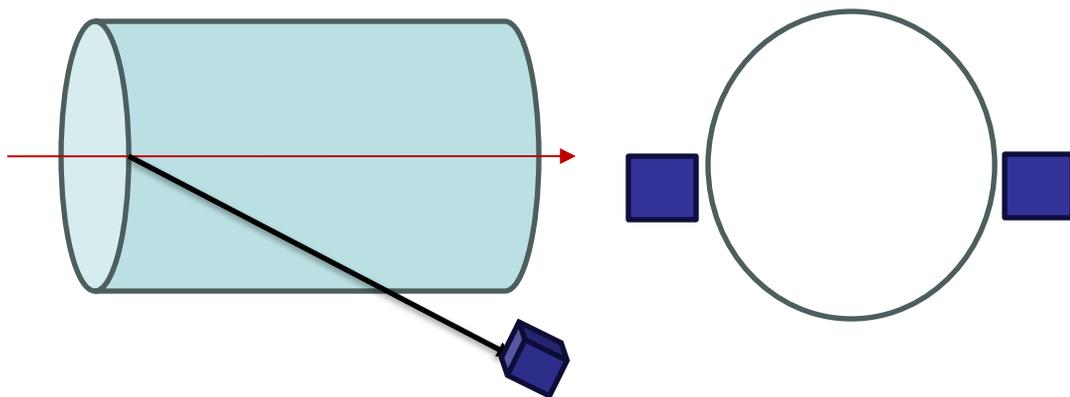
国产超快硅传感器与mu的关系



课题4：应用在CEPC上的快速亮度探测器

■ 完成CEPC初步方案设计

- LGAD 2 纳秒的快速信号，信号幅度大
- 位于束流管两侧，使用计数方法读出亮度信息
- 信号为Barbar 产生的电子

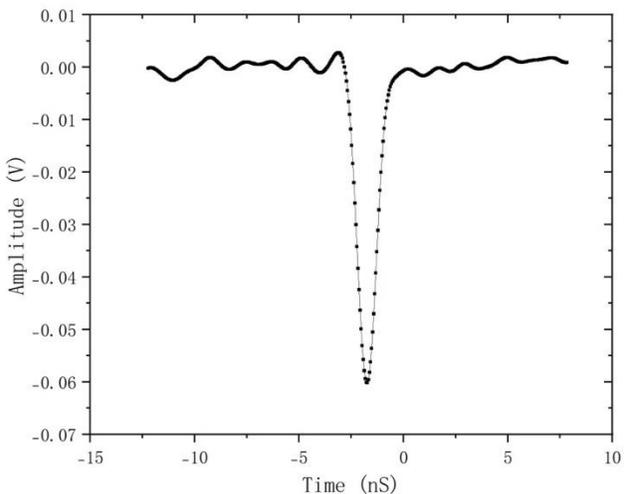


LGAD放置位置

✓ 和IJClab 合作将明年将LGAD放在SuperKEK束流管进行测试:

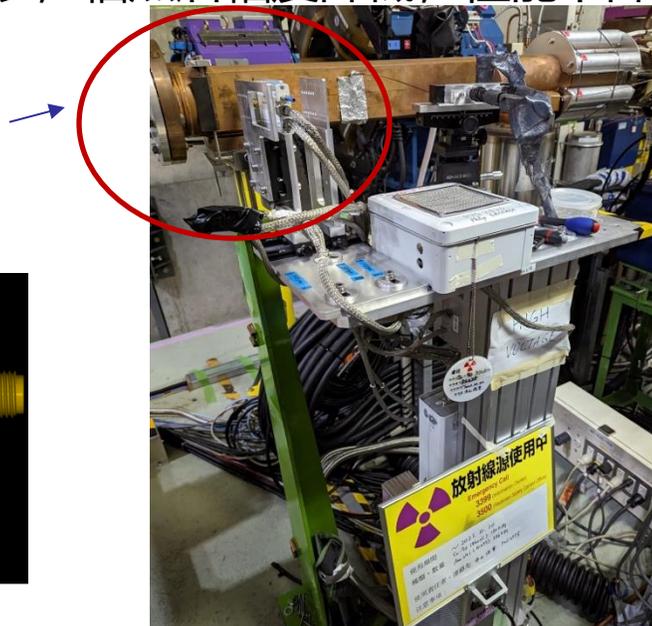
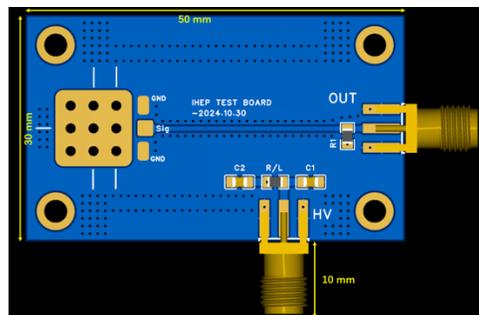
- ✓ 验证快速信号传输及亮度测试实际能力等
- SuperKEK 的金刚石探测器，信号4纳秒，辐照后幅度降低，性能下降

LGAD 典型信号波形



LGAD放置位置

LGAD测试版设计





项目申请及经费

- 本人新增项目：3项，其中包括获得院百人择优资助

项目名称	项目类别	项目总经费	本人负责经费	状态	本人角色	起止时间
抗辐照超快硅传感器的研发及应用	中科院百人计划B择优	400万	400万	项目执行中	项目负责人	2024-2027
半导体径迹探测器-OTK (ToF)	河南科学院		620万	项目执行中	参与	2024-2028
低功耗抗辐照超快硅传感器研究	核探测国家重点实验室项目	10万	10万	项目执行中	项目负责人	2024-2025
P型硅传感器的掺碳抗辐照微观机理研究	所内基金-谢家麟	6万	6万	项目执行中	项目负责人	2024-2026
低增益雪崩放大器的总剂量效应研究	国家自然科学基金委青年基金	30万	30万	项目执行中	项目负责人	2022年-2024年
国产抗辐照超快硅探测器在白光中子束流中的应用	松山湖科学城散裂中子源开放基金	30万	30万	项目执行中	项目负责人	2024年-2026年



项目申请及经费

- **提交2024国自然面上基金及优秀青年基金申请书**
- **参与1项大项目**
- 1. 国家自然科学基金委员会, 国家自然科学基金委员会与欧洲核子研究中心合作研究项目, ATLAS实验探测器Phase 2升级, 2020.01-2024.12, 3300万, 在研, 参与



学术交流情况:

积极参加国内外学术交流活动:

- ✓ 国际会议五次, 参加国内会议4次
- ✓ 举办国际会议HGTD Long week 一次, 参会人数达61人

1	樊云云	<u>1st DRD3 week on Solid State Detectors R&D</u>	2024.6.17	2024.6.21	CERN, Switzerland	国际会议	LGAD based Timing tracker development for future lepton collider	口头报告
2	樊云云	42ND INTERNATIONAL CONFERENCE ON HIGH ENERGY PHYSICS	2024.7.17	2024.7.24	Prague, Czech Republic	国际会议	Time of flight detector based on LGAD technology for the Circular Electron Positron Collider	口头报告
3	樊云云	24th International workshop on CEPC	2024.10.23	2024.10.27	Hangzhou, China	国际会议	PID Performance of CEPC ToF and Outer Tracker	口头报告
4	樊云云	24th International workshop on CEPC	2024.10.23	2024.10.27	Hangzhou, China	国际会议	CEPC ToF & Outer Tracker Detector	口头报告
5	樊云云	HGTD long week	2024.2.5	2024.2.9	CERN, Switzerland	国际会议	Assembly Status at IHEP	口头报告
6	樊云云	第一次HIAF高能终端谱仪合作组会议	2024.11.16	2024.11.18	广州, 惠州	国内会议	LGAD 探测器	



学术发展、交流及论文

国内会议报告

樊云云	中国物理学会高能物理分会第十四届全国粒子物理学术会议	2024.8.14	2024.8.18	山东, 青岛	国内会议	The Time of Flight & out tracker detector based on LGAD technology for	POSTER
樊云云	第一次HIAF高能终端谱仪合作组会议	2024.11.16	2024.11.18	广州, 惠州	国内会议	LGAD 探测器	大会特邀报告
樊云云	第四届半导体辐射探测器研讨会 (2024)	2024.5.23	2024.5.26	山东, 青岛	国内会议	LGAD用于大型强子对撞机ATLAS实验的亮度测试	口头报告
樊云云	第二十二届核电子学年会(2024)	2024.7.15	2024.7.17	山东, 青岛	国内会议	LGAD用于大型强子对撞机ATLAS实验的亮度测试	口头报告

作为通讯接收一篇SCI文章, 准备投稿一篇, 发表ATLAS 合作组文章两篇

1. W. Sun *et al.*, "Characterization of the response of IHEP-IME LGAD with shallow carbon to Gamma Irradiation," Nuclear Science and Techniques. (已经接收) (SCI, 共同通讯作者)
2. T.Y. Zhang *et al.*, "The proton irradiation effect on the carbonated LGAD developed by IHEP ," 准备投稿NIMA. (SCI, 共同通讯作者)
3. Combination of searches for Higgs boson decays into a photon and a massless dark photon using pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector (指导学生)
4. The ATLAS collaboration., Aad, G., Abbott, B. *et al.* Evidence of pair production of longitudinally polarised vector bosons and study of CP properties in ZZ \rightarrow 4ℓ events with the ATLAS detector at $\sqrt{s} = 13$ TeV. *J. High Energ. Phys.* **2023**, 107 (2023). [https://doi.org/10.1007/JHEP12\(2023\)107](https://doi.org/10.1007/JHEP12(2023)107) (指导学生)

- **担任CEPC L3 协调人：**进行CEPC OTK & ToF 探测器研发
- **指导多名学生及博后：**
 - **冯缘，张田园：**质子辐照实验对LGAD的抗辐照性能研究，初步结果已投DRD3 会议及NIMA
 - **孙维益：**strip 型AC-LGAD的性能测试研究，NST接收
 - **黄鑫辉：**指导进行HGTD detector unit的组装及zz的物理分析工作
 - **李薇（联合培养学生）：**使用缺陷产生模拟软件和实验结果结合进行掺碳的抗辐照微观机理研究，初步结果已被DRD3 会议接收
 - **丁厚干（联培学生）：**完成OTK桶部的几何设计，**余典（上交合作学生）：**完成OTK的几何条件，写入CEPCSW
 - **杨轩博后：**进行应用于ATLAS束流亮度的常温稳定性测试，准备投稿NIMA
- **担任NIMA审稿人**
- **担任北京市自然科学基金评审人**
- **参加ATLAS值班**



工作中的问题

- **通过去年订的目标：多和资深前辈及同辈交流，开阔了视野发现新问题：**
 - 对已有方向进行深挖不够
 - 需找到符合自身定位的有重要意义长期课题，并不断积累，出成体系的结果
 - 急需招募博后及学生，多在这方面下功夫



总结与未来计划

- **经费申请:**

- 本人新增项目: 3项, 其中包括获得院百人择优资助
- 作为课题负责人, 申请2024国自然面上及优秀青年项目
- 作为通讯发表1篇SCI文章, 2篇合作组文章, 1篇在投SCI文章

- **未来计划:**

a) **CEPC ToF & out Tracker 研发:** 厘米级 AC-LGAD 研发, 完成Ref-TDR撰写

b) **ATLAS phase II 升级研究:**

- ✓ ATLAS 高颗粒度时间探测器探测器单元研发
- ✓ ATLAS 束流亮度测试BMA的研发: 研究掺碳LGAD的信号长期稳定性衰减情况。

C) **使用ATLAS Hzz-4l 检验量子纠缠的物理分析**

D) **新型LGAD研究, 攻克现有大面积AC-LGAD时间分辨性能下降明显等问题, iLGAD等具有单**

Thanks for your attention!



- **Back up**

- **4、公共服务（值班、研究生考核和面试、年报撰写、文章审稿等等）**