

新型半导体探测器研制项目介绍

一、 导师与团队基本信息	
导师姓名	严琪
所在院所名称	中国科学院高能物理研究所
职称/职务	研究员
导师或课题组介绍网址:	https://people.ucas.edu.cn/~yanqi
电子邮箱和联系电话	qyan@ihep.ac.cn 158 2548 9766
一级学科	物理学
二级学科	粒子物理与原子核物理
主要研究方向	粒子物理实验、大型粒子磁谱仪、半导体探测器技术
日常协助指导人	导师本人、课题组内老师、博士后进行系统指导
二、 项目基本情况	
项目名称	新型半导体探测器研制
项目科学意义	高能物理是探索物质微观结构和宇宙基本规律的核心基础学科，其发展对探测器技术提出了在极端条件下实现粒子超高精度测量的严苛需求，包括高能量、高亮度和高辐照等复杂

	<p>工作环境。半导体探测器凭借其高集成度、优异的探测灵敏度和测量精度，已成为当前发展最快的探测器技术之一，在粒子电探测和光电探测领域展现出显著优势。尤其在粒子径迹探测方面，半导体探测器凭借其高精度位置分辨、优良的探测灵敏度以及极低的物质质量，已逐步成为主流技术路线，并在国际大型强子对撞机（LHC）等地面实验以及以阿尔法磁谱仪（AMS）为代表的空间粒子物理实验中大规模应用。</p> <p>针对下一代高时间精度、高位置分辨和低功耗的半导体探测器应用需求，项目团队围绕新型半导体传感器及配套专用集成电路和系统级集成关键技术开展研究，致力于研制低噪声、高位置分辨、高时间精度、高集成度、低功耗和强抗辐照性能的新型半导体传感器与读出芯片、并完成全链条半导体探测器系统研发。重点推进传感器和读出芯片研发研制、以及系统集成关键技术攻关。项目研发目标包括：国际上首款兼具优于 10 μm 位置分辨率和 40 ps 时间分辨率的大尺寸硅基粒子传感器；首款兼具高时间精度（时间精度 30 ps 以内）、高位置分辨（匹配 10 μm 位置测量精度）、低功耗、高集成度的半导体探测器读出芯片；以及完整高精度半导体探测器系统的研制。该项目将助力我国精密探测器技术迈向国际前沿，为下一代对撞机实验和太空磁谱仪等重大装置提供核心技术支撑。同时，相关核心技术在宇宙线探测、核物理、受控核聚变、同步辐射光源 X 射线探测、医学物理、及高端工业无损检测等领域具有广阔应用前景，具备重要的学科交叉价值和显著的社会效益，为本科生提供参与前沿半导体探测器研发和粒子物理实验的独特科研平台。</p>
<p>使用的实验方法、仪器设备、数据软件</p>	<p>项目团队拥有国内最齐备的先进半导体探测器全链条自主研发能力和专业研究队伍，涵盖半导体传感器设计与工艺制备、ASIC 前端读出芯片设计、系统电子学与数据采集系统开发，机械结构与冷却系统研发及整体探测器系统集成实现、以及探测器软件与数据分析等全套关键环节。</p> <p>学生将进行粒子探测器技术、统计物理及数据分析工具 ROOT 等的基础学习。根据不同研究方向，分别开展相关训练：从事半导体传感器设计的学生将学习 TCAD 仿真工具；偏电路设计的学生将学习模拟电路 SPICE、FPGA 开发语言 Verilog 及相关 EDA 工具；从事探测器测试与系统集成的学生将学习 CAD 及粒子仿真工具 Geant4、以及探测器数据处理方法等。</p> <p>团队配备完整的半导体探测器软硬件基础，包括： (1) 实验室高性能工作站与服务器集群，计算资源和软件能够</p>

	<p>充分满足各种仿真和数据处理分析需求，可进行远程登陆工作。</p> <p>(2) 硬件开发与仪器测试平台：实验室配有多套 Xilinx 系列 FPGA 开发套件、配备了高性能混合信号示波器（如 Keysight MXR608 系列）、高精度数字源表等，能满足各类探测器电学性能测试。</p> <p>(3) 半导体探测器性能测试平台：团队具备完整的半导体探测器硬件测试平台，包括半导体探测器洁净间（开展 I-C、C-V 测试以及传感器组装）、激光精密测试系统、标准 β 测试平台，并配套低噪声读出电子学系统，可进行半导体探测器整体集成与综合测试。</p> <p>学生将根据研究方向开展系统针对性训练。</p>
<p>本科生研究任务</p>	<p>学生将进行基础粒子物理实验系统学习，并参与新型半导体探测器的前沿一线研发工作，接受体系化科研训练。研究内容将根据学生的能力和兴趣进行分工，根据不同研究方向开展相关训练（从事半导体传感器设计的学生将学习 TCAD 仿真工具；偏电路设计的学生将学习模拟电路 SPICE、FPGA 开发语言 Verilog 及相关 EDA 工具；从事探测器测试与系统集成的学生将学习 CAD 及粒子仿真工具 Geant4、以及探测器数据处理方法等）。在课题组指导下，学生将逐步深入参与相关课题的开发和优化。同时，学生还可参与半导体探测器全链条的研发与测试，拓展知识面并积累科研实践经验。</p>
<p>大致时间安排</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 每周进行线上例会（建议尽量参加），进行讨论指导 • 5 月：开展线上培训，进行粒子探测器实验技术、统计物理及数据分析工具 ROOT 等的基础学习，并确定半导体探测器研发方向 • 6 月：根据所选研究方向，开展相关开发软件学习并熟悉研发工作 • 7-8 月：赴高能所开展集中实习（项目组承担相关费用） • 8 月底：撰写总结报告 • 鼓励后续持续参与课题组线上及线下研发工作

<p>预期目标和成果形式</p>	<p>通过参与本项目，学生将系统了解前沿粒子探测技术与实验物理方法，掌握半导体探测器硬件与软件的综合研发能力，并在传感器设计研发、读出系统研发、或探测器测试与系统集成方面积累专业技能。依托课题组先进科研平台，学生将拓展学术视野，参与真实科研任务，提升创新能力。项目预期形成阶段性研究成果，包括原型验证结果及相关半导体探测器研发成果，优秀者有机会发表探测器前沿技术相关论文。表现突出的学生可长期深入参与项目研究，将研究成果应用于实际探测器系统（包括将自己设计的传感器和芯片流片等），获得完整的工程实践经验。项目组作为国内最齐备的粒子半导体探测器研发团队，覆盖高性能传感器设计、电子学、读出系统、探测器模块、机械加工与冷却系统等全链条，聚焦面向前沿粒子物理实验的关键探测器技术突破及原理样机研制，为学生提供多样化科研兴趣点与成长空间，同时积累半导体探测器的宝贵研发经验。</p>
<p>实践地点</p>	<p>北京玉泉路园区</p>
<p>三、 对学生的要求与保障措施</p>	
<p>拟接收人数</p>	<p>3</p>
<p>专业知识要求</p>	<p>对申请者之前的研究背景不作严格要求，但需对基础粒子物理有兴趣，具备良好的学习能力和踏实认真的工作态度。入选学生无需担心专业基础，课题组将提供系统的集中培训与持续指导，帮助其逐步掌握相关知识与技能。课题组注重培养具有发展潜力的本科生，鼓励长期参与前沿基础物理实验研究，并已支持多名学生持续开展相关科研工作。同时，项目组通过每周线上会议开展交流与指导。</p>
<p>工作时间要求</p>	<p>鼓励学生在学期内每周抽出一定时间参与科研工作，尽量参加每周线上讨论与交流；同时鼓励利用寒暑假或其他时间赴高能所项目组实验室开展实习，逐步深度参与相关研究工作。</p>
<p>课题组支持条件</p>	<p>课题组致力于吸引优秀学生长期培养，并为研究生人才储备提供支持。研发相关费用（包括差旅、实习期间住宿与餐补、实验耗材等）均由课题组承担。优秀学生毕业后可进入课题组攻读研究生。团队拥有国内最齐备的先进半导体粒子探测器全链条自主研发能力和专业研究队伍，涵盖半导体传感器</p>

	<p>设计与工艺制备、ASIC 前端读出芯片设计、系统电子学与数据采集系统开发，机械结构与冷却系统研发及整体探测器系统集成实现、以及探测器软件与数据分析等全套关键环节。实验室硬件方面，团队具备完善的半导体探测器研发与系统集成平台：有两个半导体洁净间实验室，配备探针测试台、打线机及探测器模块组装设备，可完成器件电学性能表征与模块封装集成；另有一个电子学实验室以及两个半导体探测器测试与集成实验室，配备电子学测试平台、皮秒激光测试系统、β源测试系统、读出系统测试平台、打印设备及高性能计算服务器等，可系统开展传感器与读出芯片的设计研发、性能测试与系统评估。此外，团队还拥有一个机械加工实验室和一个低温冷却实验室，为探测器研发提供完整支撑。</p>
--	---