

面向粒子物理实验的半导体探测器研发项目

一、 导师与团队基本信息	
导师姓名	徐子骏
所在院所名称	中国科学院高能物理研究所
职称/职务	特聘青年研究员
导师或课题组介绍网址:	https://people.ucas.ac.cn/~zijunxu
电子邮箱和联系电话	xuzj@ihep.ac.cn , 18811463826
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	LHCb 和 CEPC 粒子物理实验。面向粒子物理和天体物理的半导体探测器研发。
日常协助指导人	博士后: 蔡孟珂、刘康。
二、 项目基本情况	
项目名称	粒子物理实验上的半导体探测器研发
项目科学意义	以硅材料为代表的半导体探测器, 因其卓越的位置分辨率、探测速度快、易模块化集成以及抗辐射能力强等特点, 是粒子物理实验上最重要的探测器之一, 用于测量带电粒子飞行径迹。在核物理、航空航天、医学影像、国土安全等其它领域也有广泛的应用。例如, 在空间探测中, 它们被用于测量宇宙线; 在核物理研究中, 用于粒子鉴别和中子成像; 在同步辐射线站中, 用于 X 射线探测; 在医学

	领域，它们对于质子/重离子肿瘤治疗、医学成像等有重要作用。
使用的实验方法、仪器设备、数据软件	Allpix2、geant4、root 软件模拟带电粒子在探测器内的能量沉积和收集；FPGA 电路板、高性能示波器、数字化仪、NIM 读出系统、信号发生器、万级洁净间、高低压源表、LCR 表、激光、高精度位置测量仪等。
本科生研究任务	利用 Allpix2、geant4、root 软件模拟不同类型带电粒子在不同情况下在半导体探测器内的能量沉积、信号收集和电路处理。与高能所内的实测结果进行比对。
大致时间安排	5 月-6 月进行文献调研；7 月-8 月在高能所学习半导体探测器的研发和使用；9 月-第二年 5 月进行探测器性能模拟，指导探测器设计；第二年 6 月，进行总结汇报。
预期目标和成果形式	理解半导体探测器的运行原理和初步掌握探测器的使用；构建一套半导体探测器模拟软件框架；对若干感兴趣的探测器性能参数进行设计优化。
实践地点	北京玉泉路园区 + 远程
三、 对学生的要求与保障措施	
拟接收人数	1-2
专业知识要求	有基本的物理学知识，如粒子物理、核物理、粒子探测器技术等。有一定的计算机或电子学知识，譬如 C/C++/python 编程、模电、数电、Linux 操作系统、单片机等。以上知识只要求部分了解、不要求全部掌握，兴趣和学习新知识的能力比已有的知识重要。
工作时间要求	不影响正常的上课。寒暑假能够来高能所现场。
课题组支持条件	提供实验耗材、餐补、交通和住宿费用等

项目简介

1、项目科学意义

以硅材料为代表的半导体探测器，因其卓越的位置分辨率、探测速度快、易模块化集成以及抗辐射能力强等特点，是粒子物理实验上最重要的探测器之一，用于测量带电粒子飞行径迹。在核物理、航空航天、医学影像、国土安全等其它领域也有广泛的应用。例如，在空间探测中，它们被用于测量宇宙线；在核物理研究中，用于粒子鉴别和中子成像；在同步辐射线站中，用于 X 射线探测；在医学领域，它们对于质子/重离子肿瘤治疗、医学成像等有重要作用。

目前在主流粒子物理实验中成功应用的半导体探测器包括硅像素和硅微条探测器等。而其中常见的复合型 (Hybrid) 硅像素探测器为传感器和前端读出电路分开，通过倒装焊等技术连接。复合型像素探测器单元面积到 $50 \times 50 \mu\text{m}^2$ 以下很难进一步降低，而且其结构特点决定其厚度（引起径迹散射的物质质量）较难降低。集成传感器和前端电子学的单片型主动像素传感器

(Monolithic Active Pixel Sensor, MAPS) 从原理上突破这些限制，可在更小的像素单元内集成更丰富的功能。

该项目包括：基于国产 HV-CMOS 工艺开发研制 MAPS 小尺寸原理样机和实验室已经有的硅微条传感器，对传感器芯片性能进行测试和软件模拟。性能实测在寒暑假期间进行。软件模拟远程开展。

2、使用的实验方法、仪器设备、数据软件等

Allpix2、geant4、root 软件模拟带电粒子在探测器内的能量沉积和收集；FPGA 电路板、高性能示波器、数字化仪、NIM 读出系统、信号发生器、万级洁净间、高低压源表、LCR 表、激光、高精度位置测量仪等。

3、对学生专业知识背景等方面的要求

有基本的物理学知识，如粒子物理、核物理、粒子探测器技术等。有一定的计算机或电子学知识，譬如 C/C++/python 编程、模电、数电、Linux 操作系统、单片机等。以上知识只要求部分了解、不要求全部掌握，兴趣和学习新知识的能力比已有的知识重要。

4、项目预期目标、成果和收获

根据学生的实际情况进行培养，期望能够理解半导体探测器对高能粒子的探测原理，理解硬件、固件和软件上各类数据处理的基本概念。在高原所期间，使用熟练掌握半导体探测器——包括硅像素和硅微条探测器；远程期间进行软件模拟仿真，最终构建出一套半导体探测器模拟软件框架；对若干感兴趣的探测器性能参数进行设计优化。

以上工作内容为从事粒子物理与核物理研究打下坚实基础。发自内心的兴趣爱好是科研最大的驱动力，在最前沿的科研活动中学习科学知识，培养实验技能、锻炼思维方式、磨砺科研品质。