

单片有源像素芯片 ALPIDE 的原型读出电子学设计及测试进展

单片有源像素探测器 (Monolithic Active Pixel Sensors, MAPS) 作为一种新型的半导体探测器件, 对于大型粒子物理实验的顶点探测 (内层径迹探测) 具有独特的优势, 目前已经在国外的 STAR、ALICE 实验升级中获得应用, 并将在下一代粒子物理实验 (如 CEPC、STCF) 中继续发挥不可替代的作用。

国外在多年就开始了 MAPS 的研发, 目前发展得比较成熟、且性能指标领先的主要有法国斯特拉斯堡 IPHC 研究所的 MIMOSA 芯片、以及欧洲核子中心 (CERN) 的 ALPIDE 芯片等。国内的粒子物理界, 包括高能物理研究所、华中师范大学、山东大学等单位近几年也启动了 MAPS 芯片的自主设计, 已经取得了良好的进展。然而, 未来要将硅像素探测器成功应用于国内的大型实验中, 除了要开展芯片设计的技术攻关, 提前在读出电子学方向开展预研也具有重要意义, 需要探索的关键技术主要包括 MAPS 芯片与前端电子学板的集成工艺、海量像素通道所需要的高速数据传输和前端实时处理、以及后端数据获取的设计等。通过这些预研, 不仅能够为将来国内的 MAPS 器件大规模工程应用积累经验, 也可作为当前国内的 MAPS 芯片设计团队的器件测试和实验应用提供有力支持。

本论文作者通过国家自然科学基金的支持、以及通过参与华中师范大学在国内牵头的“ALICE 实验硅像素探测器升级”重大国际合作项目, 近两年来在中国科大开展了以 ALPIDE 为基础的 MAPS 芯片读出电子学研究, 设计完成了一套原型读出电子学系统 (主要包括 MAPS 芯片 Carrier 板、数据获取板、以及基于 Qt 的数据采集/实时图形显示软件), 实现了对 pALPIDE3 及 ALPIDE 两个版本 MAPS 芯片的接口控制和数据读出, 还采用 Fe-55 放射源、软 X 射线源等手段对 ALPIDE 芯片进行了测试, 得到了该芯片的探测效率、时间分辨等一系列指标, 并开展了 X 光成像应用的初步探索。该课题的研究仍在进行当中, 目前我们正在搭建一个由多层 MAPS 构成的原型径迹探测系统, 并计划开展地面宇宙线测试和束流实验, 同时还希望更进一步地探索将 MAPS 的应用拓展到小型空间粒子天文仪器 (载荷) 的径迹探测器中。

Primary author: Dr 封, 常青 (University of Science and Technology of China)

Co-authors: Mr LIU, Jun (Central China Normal University); 杨, 晨飞 (University of Science and Technology of China); Prof. 刘, 树彬 (University of Science and Technology of China)