

基于 Topmetal 传感器的电荷收集芯片性能研究与应用

Thursday, 10 August 2023 10:38 (12 minutes)

Topmetal 电荷传感器的工作原理是将芯片最顶层的部分金属块裸露出来，漂移到该金属块上的正或负电荷可不经雪崩直接被收集，经后续电路处理后读出。本文介绍了一款基于 Topmetal 传感器研发的电荷收集芯片 Topmetal-S，以及利用该芯片搭建的小型时间投影室 (TPC) 原型机。该芯片基于国产华虹宏力 (GSMC) 130 nm CMOS 工艺，主要包含一个正六边形电荷收集电极、电荷灵敏前置放大器 (CSA) 和为 CSA 提供偏置的数字模拟转换器。其中，CSA 的核心运放为单端折叠共源共栅结构，具有六个可调整的偏置电压。为抑制闪烁噪声，输入管采用了 PMOS 管并优化了尺寸。

电荷收集电极周围有一圈保护环用于聚焦。保护环与电极之间形成的保护环电容用于给 CSA 输入端注入周期脉冲信号。通过与已知电容构建的电桥平衡，测得的保护环电容 (输入电容) 值为 250 fF，芯片的等效噪声电荷为 110 e⁻。芯片输出的动态范围为 0-2.557 V，对应的最大电荷数为 63417 e⁻。在注入信号的下降时间为 1.92 ms 的情况下，芯片输出的上升时间约为 3 ms，输出输入比可达到 80 倍。长时间运行的结果表明芯片输出稳定性良好，几乎不受室温变化的影响。

基于该芯片搭建的小型 TPC 可用于研究芯片对电荷的收集能力。测试采用的物理信号来自 Am-241 衰变产生的 alpha，能量大约 5.5 MeV。TPC 的场笼长度为 17 cm，上面串联十个等值电阻以确保电场均匀。芯片上方 1 cm 处有一个半径为 3.5 mm 的聚焦板。通过调整芯片输出的衰减时间，可以观测到来自 Am-241 alpha 的信号，证实了芯片对电荷的直接收集能力。

Primary authors: 梁, 天宇 (华中师范大学); 杨, 懿琛 (中国科学院近代物理研究所); 郎, 磊 (华中师范大学); 高, 超嵩 (华中师范大学); 张, 冬亮 (华中师范大学); 汪, 虎林 (华中师范大学); 陈, 凯 (华中师范大学)

Presenter: 梁, 天宇 (华中师范大学)

Session Classification: 第二分会场 (RBS2)

Track Classification: 核电子学及其应用的研究成果