三维碳化硅高时间分辨率探测器研究

科学问题:

3D-SiC 探测器深能级陷阱的产生机理及其对器件时间响应特性的影响机制

高剂量辐照在探测器中引致产生的深能级陷阱由于较长的发射时间会降低探测器的时间分辨率，影响电荷收集效率等性能。探索高流强质子和高能中子辐照环境引致的缺陷性质，构建完整的缺陷性质与器件探测性能的关联图谱的研究是本课题组在本项目中将解决的关键科学问题。

在研究内容上，将研究探究高辐照条件下深能级陷阱的类型、分布及形成原因，并建立深能级陷阱和探测器性能指标之间的机理。基于缺陷的提取和分析，建立 3D-SiC 探测器抗辐照理论模型，在器件仿真中提供相应的缺陷参数，准确预测探测器辐照后的时间分辨率性能。

工作计划：

1.3D-SiC 探测器的电学测试及陷阱性质研究

首先，对非辐照和辐照后的探测器均测试电流-电压、电容-电压特性，以及评估器件噪声，泄露电流大小等。之后利用深能级瞬态谱（DLTS）和电导法对辐照前后的 3D-SiC 探测器均分别提取和分析体内陷阱和表面态密度分布，如辐照前器件的本征陷阱特性及高辐照条件引入的陷阱能级、浓度、陷阱对载流子的发射时间和捕获时间等。进而还可以分析在低温至高温的宽温度范围内，不同缺陷及表面态的性质及其对载流子的行为的温度特性，为研发抗辐照室温 3D-SiC 快时间探测器提供充分的理论支撑。

2.建立陷阱与器件工艺、辐照处理的联系，优化工艺流程

通过对不同辐照或工艺手段处理引致的缺陷性质，建立新生陷阱与质子/中子辐照过程的关联。对不同辐照类型、剂量，不同通孔工艺处理，不同尺寸的样品，逐一分析和比较陷阱特性和器件特性，可定量研究 3D-SiC 探测器中缺陷的性质对探测器性能的影响。

另外，利用退火等工艺手段，研究通过退火工艺控制（或部分消除）陷阱的浓度、捕获截面、发射速率等，进一步研究探测器性能与新生陷阱的对应关系，找到恢复探测器高时间分辨率的方法。

3.利用拉普拉斯深能级瞬态谱精确剥离具有相似能级的陷阱

本研究利用深能级瞬态谱（DLTS）技术和电导法对体内陷阱和表面态进行全面表征之余，针对测试中可能出现具有相近能级位置的陷阱，采用拉普拉斯深能级瞬态谱（Laplace DLTS）精确剥离陷阱能级，可以极大提升提取陷阱的精度，为确定陷阱可能的来源和后续工艺改进提供依据。另外，针对 3D-SiC 探测器的三维结构，可利用双脉冲 DLTS 的技术手段定位陷阱空间分布，可以表征出辐照后陷阱浓度在探测器中的分布情况。结合损伤恢复工艺，揭示探测器时间分辨率受辐照引致的陷阱物性/表面态协调控制的物理机制。