

一.

TCAD 是什么？

TCAD 是一种利用计算机数值模拟技术来仿真半导体器件制造过程和电学特性的工具。Sentaurus TCAD 是 Synopsys 公司推出的 TCAD 套件，包含三个核心模块：

SDE：绘制器件几何形状、定义掺杂分布、生成仿真网格

SPROCESS：模拟实际工艺步骤（离子注入、扩散、氧化等）

SDEVICE：对器件施加电学偏置，求解半导体方程，获得电学特性

为什么做 TCAD？

可视化内部物理机制：可以看到器件内部无法直接测量的物理量（电场分布、电势分布、载流子浓度等），帮助理解器件工作原理

降低研发成本与缩短周期：在流片前快速测试大量设计参数组合，避免"设计-制造-测试"循环的高昂费用和漫长等待

研究极端条件与辐射效应：引入辐射损伤模型，预测器件在太空或高能物理实验等强辐射环境下的性能退化

二. TCAD 一定是网格越精细越好吗？谈谈对网格划分的理解

我的理解：

TCAD 采用有限元法（FEM）将连续的器件结构离散化成许多小单元（网格），物理方程被近似为网格节点上的代数方程进行数值求解。

网格划分需要在精度和计算资源之间取得平衡。

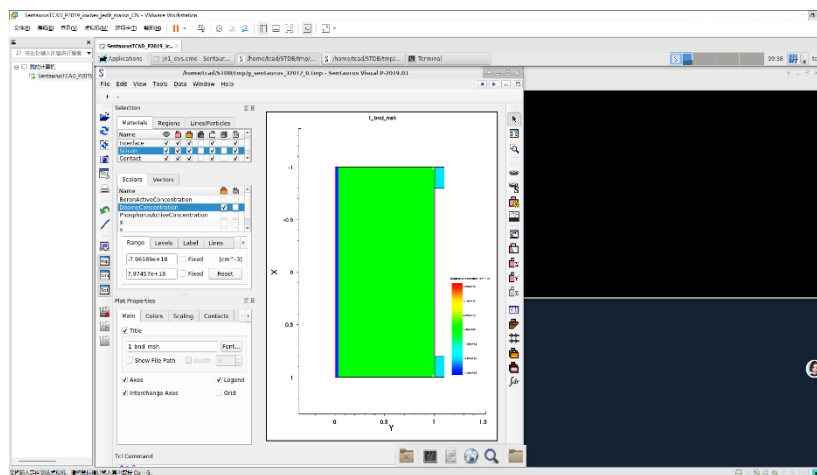
网格过于精细的缺点：

网格节点越多，求解方程越多，仿真时间成倍增加，

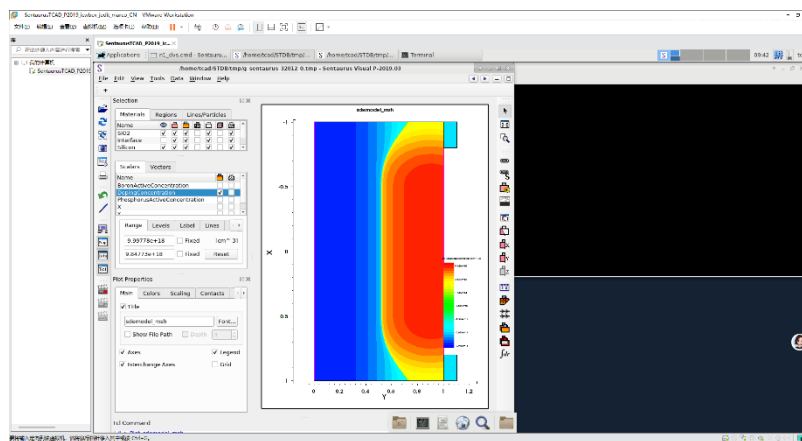
过于密集的网格可能导致矩阵条件数变差，数值求解难以收敛

输出文件（.tdr）非常大，不便存储和后处理

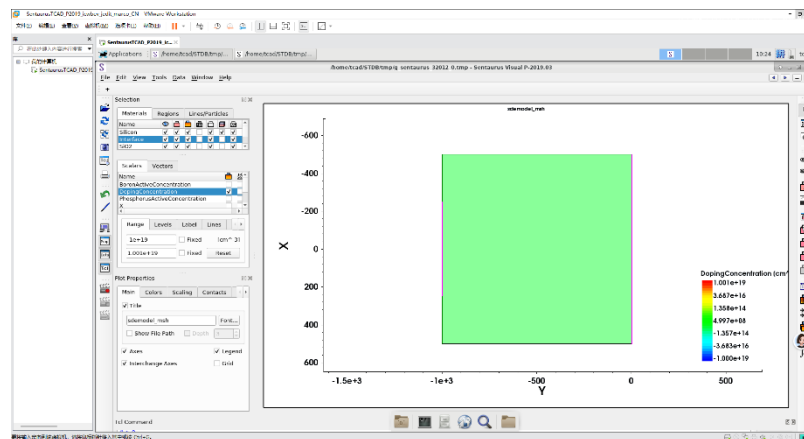
三.（做了好久实在做不出来，我真的尽力了老师）



我先是跟着前面基础的代码做做出是这个东西，然后我参考前面代码继续加，加完之后就无法运行了，然后我让 ai 改，改出来就很奇怪



这个就不对，然后我又试了后面给出的参考代码，得出了



但是我运行 sdevice 时就一直报错，我不知道为什么，搞了好久也始终弄不出器件的 IV、CV 特性图像. 也可能是我忘记了一些很重要的步骤搞错了.

理论上的电压变化：在 PIN 探测器 N++ 阳极两侧引入低浓度 N 型 JTE 高斯掺杂后，器件边缘电场集中效应被抑制，电场峰值明显降低；反映在反向 IV 曲线上，器件击穿电压大幅提高

四（这个加了和三一样很奇怪）

五. 为什么 LGAD 主流采用 P 型高阻硅（N++/P+增益层/P-/P++）而非 N 型结构？

核心原因：电子的迁移率远高于空穴。

在硅中，电子迁移率（约 $1400 \text{ cm}^2/\text{V} \cdot \text{s}$ ）是空穴迁移率（约 $450 \text{ cm}^2/\text{V} \cdot \text{s}$ ）的约 3 倍。网上找的不知道准确不

主流结构分析：

加反向偏压时，N++阴极接正高压，P++阳极接地，电场方向从顶部

指向底部。

粒子入射产生电子-空穴对，电子在电场作用下向上漂移向 N^{++} 阴极，首先进入 P^{+} 增益层触发雪崩，因电子迁移率高，能快速获得能量并高效触发雪崩倍增，整个信号由电子的漂移和倍增主导，上升时间极短，时间分辨率优异（~几十皮秒）

备选 N 型结构的问题：

若采用 N^{+} 增益层，需位于 P^{++} 阳极上方（器件底部），空穴（迁移率慢）需先漂移很长距离穿过整个 N -衬底才能到达增益层，到达前可能已被俘获或复合，信号损失大，空穴触发雪崩效率不如电子，信号形成时间受限于空穴的慢速漂移

老师有时间这次作业能不能录个视频讲解一下，因为之前上课的课好像没回放