

## 实验十二 肖特基二极管仿真与版图设计

实验目的: 在给定的实验室工艺条件下, 设计一个肖特基势垒二极管, 进一步学习使用 Athena 和 Atlas 仿真工具, 以及学习使用 Klayout 版图设计工具

方法: 通过 Athena 和 Atlas 得到器件的纵向结构; 通过 Klayout 得到器件的横向结构

### 1. 肖特基势垒二极管工艺流程及器件结构

肖特基势垒二极管加工步骤如下:

- (1) 清洗 n 型掺杂 Si 衬底 (2 英寸, 掺杂浓度 $\sim 1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ );
- (2) 在衬底背面采用磁控溅射方法依次沉积 10nm 厚的 Ti 和 50nm 厚的 Au 薄膜作为欧姆电极;
- (3) 在衬底正面光刻: 清洗、涂胶 (正胶)、烘烤、曝光、显影、定影 (用超净间已有的光刻掩模版);
- (4) 采用电子束蒸发或磁控溅射方法沉积 50nm 厚的 Pt 薄膜;
- (5) 用丙酮剥离, 形成图形化的肖特基电极;
- (6) 退火, 400°C, N<sub>2</sub>。

根据以上工艺, 可得器件初步的纵向结构如下:



图 1

器件初步的横向结构如下:

图 2 实际上就是器件一次光刻的版图 (注意: 后面画版图时还需画上 Pad 压焊点)。

### 2. 编写该器件的 Athena 程序, 以得到器件精确的结构图

首先创建一个初始结构: 打开 DeckBuild, 在文本窗口中输入语句 go athena, 然后在 Commands 中选择 Mesh Define 菜单项, 在  $1\mu\text{m} \times 2\mu\text{m}$  的区域内创建非均匀网格: 在 X 方向, 在 Location 栏输入值 0, 在 Spacing 栏输入值如 0.1, 同时在 Comment 栏输入注释如 “Non-Uniform Grid( $1\mu\text{m} \times 2\mu\text{m}$ )”, 也可不输, 单击 Insert 按钮。在 X=0.5 和 X=1 处, 分别插入第二和第三个网格线定义线, 并将网格间距设为 0.01。在 Y 方向, 在 Location 栏输入值 0, 然后在 Spacing 栏输入网格间距值为 0.01, 单击 Insert 按钮, 并继续插入第二, 第

三个 Y 方向的网格定义点，位置分别设为 1, 2，网格间距设为 0.05。最后，单击 Write 按钮，

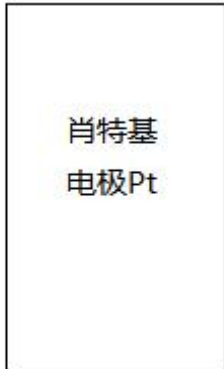


图 2

即在文本窗口中写入了初始结构程序。

3. 定义初始衬底

在 Commands 菜单中选择 Mesh Initialize...选项，Material 选 Silicon，Orientation 选 100，Impurity 选 Phosphorus，杂质浓度设为  $1.0 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ ，Dimensionality 选 2D（二维情况），Comment 栏可任意填，然后单击 Write 按钮，写入网格初始化的有关信息。至此，文本窗口中程序如图 3。

```
go athena
# Non-Uniform Grid(1um*2um)
line x loc=0.00 spac=0.10
line x loc=0.5 spac=0.01
line x loc=1 spac=0.01

line y loc=0.00 spac=0.01
line y loc=1 spac=0.05
line y loc=2 spac=0.05
# Initial Silicon Structure
init silicon c.phosphor=1.0e18 orientation=100 two.d
```

图 3

4. 运行 Athena 并绘图

我们可以观察此时的器件结构应如图 4。

5. 沉积 Pt 薄膜并剥离

（1）利用 Process Deposit 菜单，一个厚度为  $0.05 \mu\text{m}$  的 Pt 层将被淀积到器件表面，具体步骤：在 Material 菜单中选择 Platinum，并将其厚度值设为 0.05；对于 Grid specification

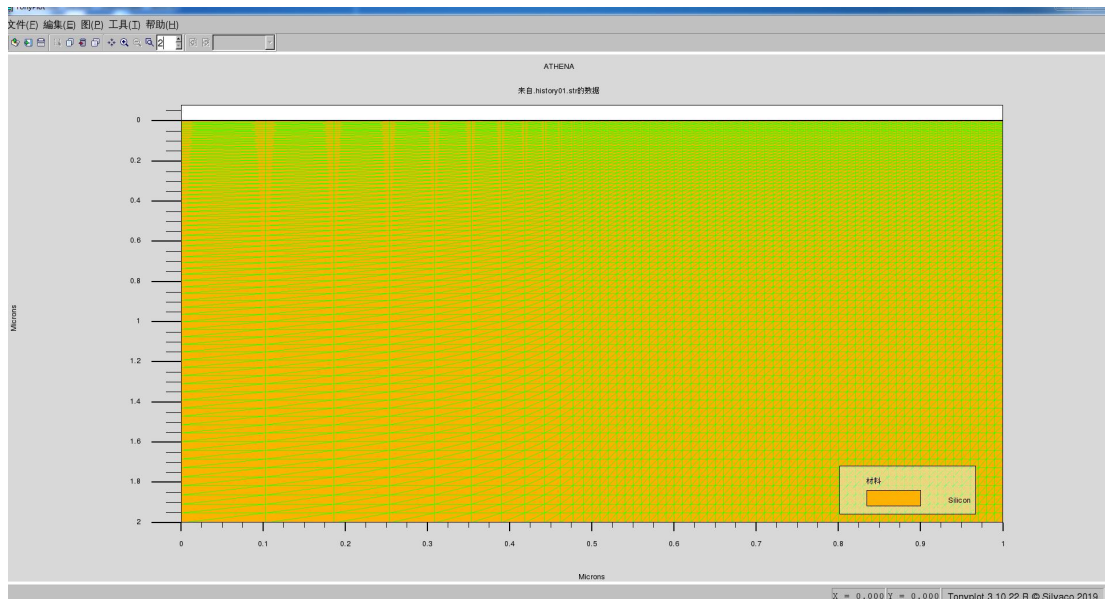


图 4

参数，将 Total number of grid layers 设为 2；在 Comment 栏中输入 Platinum Deposition，单击 Write 按钮，出现如下语句：

```
#Platinum Deposition
```

```
deposit platinum thick=0.05 divisions=2
```

然后，利用 Etch 菜单，铂层将从  $x=0.5\mu\text{m}$  向左刻蚀，步骤是：在 Etch 菜单的 Geometrical Type 一栏中，单击 Left；在 Material 栏中，选择 Platinum；在 Etch location 栏中输入值 0.5；在 Comment 栏中输入 Etch Platinum，单击 Write：

```
#Etch Platinum
```

```
etch platinum left p1.x=0.5
```

(2) 运行 Athena 并绘图，此时器件结构如图 5 所示。

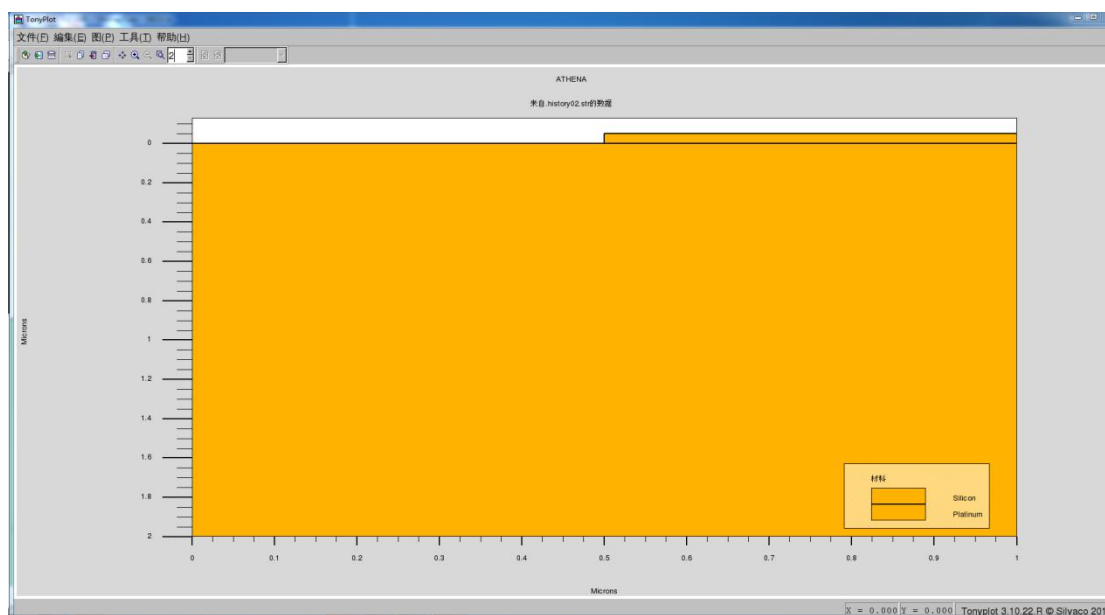


图 5

## 6. 半个 SBD 结构的镜像

在 Commands 菜单中，依次选择 Structure 和 Mirror 项，将完整的 SBD 结构得到。

## 7. 电极的确定

将肖特基势垒二极管电极确定，步骤如下：(1)在 Commands 菜单中，依次选择 Structure 和 Electrode 项，Structure Electrode 菜单将会出现，在 Type 栏中，选择 Specified Position；在 Name 栏中，输入 anode；单击 X Position 并将其值设为 0.8；单击 Y Position 并将其值设为 -0.05。单击 Write 按钮，下面的语句将会出现在输入文件中：

```
electrode name=anode x=0.80 y=-0.05
```

(2)在 Athena 中，backside 电极可以放在结构的底部：在 Structure Electrode 菜单的 Type 栏选择 backside，在 Name 栏输入 cathode，得到如下语句：

```
electrode name=cathode backside
```

(3)继续运行输入文件，从 Deckbuild 输出窗口中可以看到相关说明。

随着电极的确定，SBD 结构也已经完成了。

## 8. 保存 Athena 结构文件

(1)在 Commands 菜单中选择 File I/O，单击 Save 按钮并建立一个新的文件名 SBD.str，单击 Write 按钮。(2)继续运行输入文件并将 SBD.str 结构文件绘制出来，如图 6。

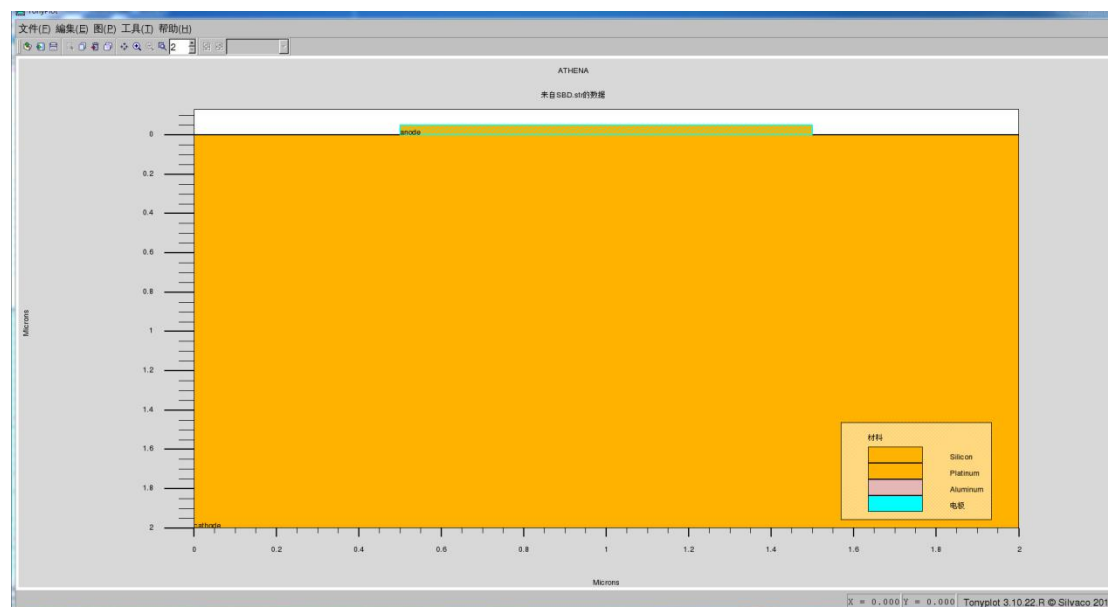


图 6

作业 1：请描述所仿真的器件结构（如掺杂浓度，厚度）。

至此，Athena 工艺仿真已全部完成，接下来进行 Atlas 器件仿真：

## 9. 创建 Atlas 输入文档

输入下列语句：

```
go atlas
```

并载入有 Athena 创建的“SBD.str”结构文件。

## 10. 模型命令组

Material 语句可直接在文本文件中键入：

```
material material=Si taun0=1e-7 taup0=1e-7
```

接下来键入 Model 语句来定义物理模型：

```
models srh conmob fldmob
```

再接下来应用 **Contact** 来定义肖特基接触：

contact name=anode workfunction=5.65

以上语句定义了 Pt 的功函数 (=5.65eV)。

## 12.数值求解方法命令组

**Method** 语句可通过如下方法设定：

(1) 在 **Commands** 菜单中，依次选择 **Solutions** 和 **Method...**项，**Method** 菜单将会出现。在 **Method** 栏中选择 **Newton** 和 **Gummel** 选项；默认设定的最大重复数为 25，这个值可以根据需要修改。

(2) 单击 **Write** 按钮，写入 **Method** 语句，至此写入的 Atlas 语句如图 7。

```
go atlas
mesh infile=SBD.str
material material=Si taun0=1e-7 taup0=1e-7
models srh conmob fldmob
contact name=anode workfunction=5.65
method newton gummel itlimit=25 trap atrap=0.5 maxtrap=4 autonr nrccriterion=0.1 tol.time=5e-3
```

图 7

## 13.解决方案命令组

在解决方案命令组中，需要使用 **log** 语句来输出并保存包含端口特性计算结果在内的记录文件，用 **solve** 语句来对不同偏置条件进行求解。过程如下：

(1) 在 **Commands** 菜单中，依次选择 **Solutions** 和 **Solve...**项，**Deckbuild: Atlas Test** 菜单将会出现；单击 **Properties:** 在 **Log file** 栏中将文件名改为“SBD01\_”，如图 8 所示。

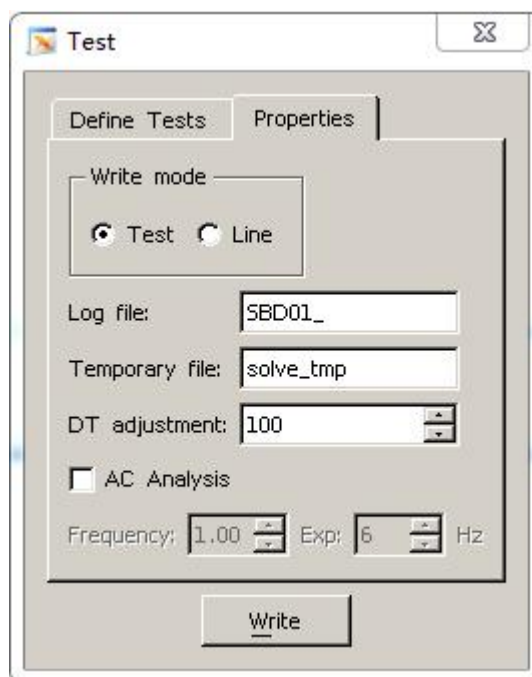


图 8

(2) 单击 **Define Tests**，然后将鼠标移至 **Worksheet** 区域，单击鼠标右键并选择 **Add new row**。一个新行被添加到了 **Worksheet** 中，如图 9 所示。

(3) 将鼠标移至 **gate** 参数上，单击鼠标左键，会出现一个电极名的列表，选择 **anode**。

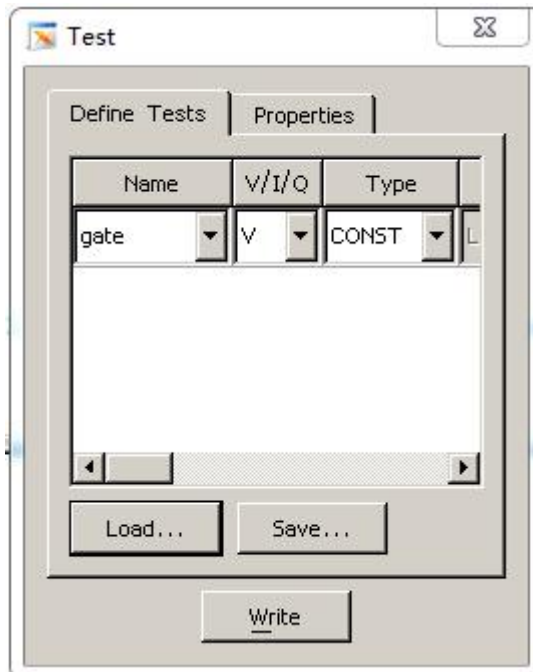


图 9

(4) 在 anode 行中，将鼠标移至 CONST 类型上，单击鼠标左键并选择 VAR1。分别将 Initial Bias, Final Bias 和 Delta 的值设为 0.05, 1.0 和 0.05。

(5) 单击 Write 按钮，如下语句将会出现在 Deckbuild 文本窗口中：

```
solve init
log outf=SBD01_0.log
solve name=anode vanode=0.05 vfinal=1.0 vstep=0.05
```

第二条语句是 log 语句，这条语句用来将由 Atlas 计算得出的所有仿真结果保存在 SBD01\_0.log 文件中。

#### 14. 使用 Tonyplot 绘出结果和结束

可键入如下语句：

```
tonyplot SBD.str
tonyplot SBD01_0.log
quit
```

运行程序，看所编的程序能否通过。如图 10 为非线性的电流-电压特性图。

保存文件。

作业 2：请给出所设计器件的:纵向结构图，I-V 特性图。

#### 15. Klayout 版图设计

Klayout 使用参照附加的 Klayout 操作手册(klayout.pdf)。Pad 压焊点尺寸为  $50\mu\text{m} \times 50\mu\text{m}$ 。

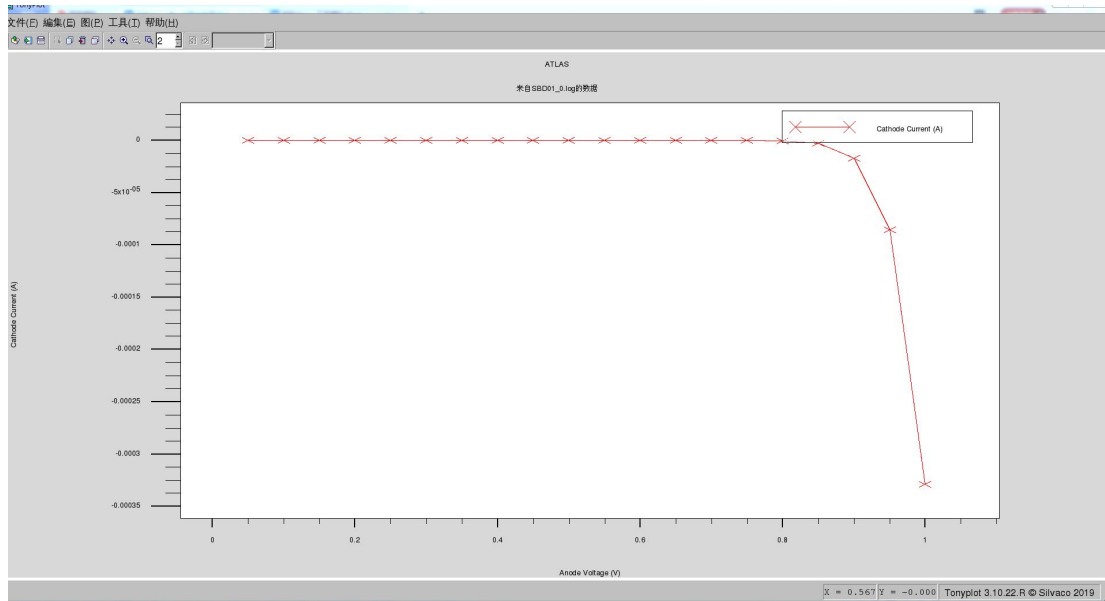


图 10

作业:3: 请给出所设计器件的横向结构图（即版图）。