

微电子专业基础实验

——第三次实验

信息科学技术学院

姓名：胡睿 PB17061124

实 验 报 告

评分：

信 院 系 17 级 姓名 胡 睿 日期 2021-01-19 NO. _____

【实验题目】 二极管电学特性测试

【实验目的】

1. 了解器件研究的重要一环——器件的测试，掌握肖特基二极管的测试方法；
2. 对所制备的器件进行在线的直流测试和参数提取，掌握肖特基二极管的提参方法；
3. 判断器件制备是否成功；
4. 了解掌握该器件的主要特性；
5. 学习 Keithley2400 源表，探针台和 Labview 的使用。

【实验仪器】

Keithley2400 源表一台，SM-4 多探针电学测量平台一台，PC 电脑一台（配置 Labview 软件），GPIB 连接线一根

【实验内容】

1. Keithley2400 源表和 Labview 使用；
2. SM-4 多探针电学测量平台使用；
3. 上述三仪器结合使用测试所制备肖特基二极管的常温 I-V 特性，电压范围为-2~5V，将测试曲线文件保存；
4. 对所测曲线进行参数提取。

【实验步骤】

实验设备如下图所示，首先接通电源、打开电源开关并打开抽气泵，将显微镜上的样品固定真空控制开关关闭，将待测器件放置到样品台中心位置。

实 验 报 告

评分：

信 院 系 17 级 姓名 胡 睿 日期 2021-01-19 NO. _____



打开真空泵泵开关,打开显微镜上的样品固定真空控制开关用以真空吸附样品;旋动移动样品台的一大一小分别对应 XY 方向移动的旋钮,把被测样品移动到显微镜的最中心位置,用眼睛对准目镜确定样品是否在中心位置;用手移动磁铁吸附的探针座,把探针针尖移动到被测样品的中心点,尽可能接近即可。

接下来旋动显微镜变倍旋钮,把倍率调到最小使视野范围最大;眼睛对准目镜,观测被测样品的 PAD 及探针针尖是否在上一位置,如果均在视野范围内,则旋动探针座的 XYZ 方向移动的旋钮移动探针至 PAD 中心点,同时旋动变倍旋钮放大显微镜至合适倍率;通过显微镜观测被测 PAD 点及探针针尖,两个点聚焦逐步清晰;同时不断调整探针座的 XYZ 轴,直至把探针扎到 PAD 点上。确认是否扎上主要有两个方法:【1】看 2400 表是否有信号输入或输出;【2】从显微镜观察探针座的 Z 轴下降至 PAD 点时是否有平行的移动,若出现平行移动则表明已扎上。

将另外一根探针扎到样品台上,由于样品台与样品背面相连接且与周围绝缘隔离,因此可以测量得到金半接触的二极管特性。

打开 Keithley2400 源表给二极管加偏置,用 GPIB 连接线将 2400 源表和计算机连接。打开计算机软件 Labview 点击“start”得到并保存测量结果。

实 验 报 告

评分:

信 院 系 17 级 姓名 胡 睿 日期 2021-01-19 NO. _____

【提取参数】

肖特基金属半导体接触的电流电压公式为

$$J=J_s \left[\exp\left(\frac{V}{nV_T}\right) - 1 \right]$$

式中 n 为理想因子, J_s 为反向饱和电流密度, V_T 为热电压, V 和 J 分别为电压和电流密度。

在正向电压比较大时, 上式简化为

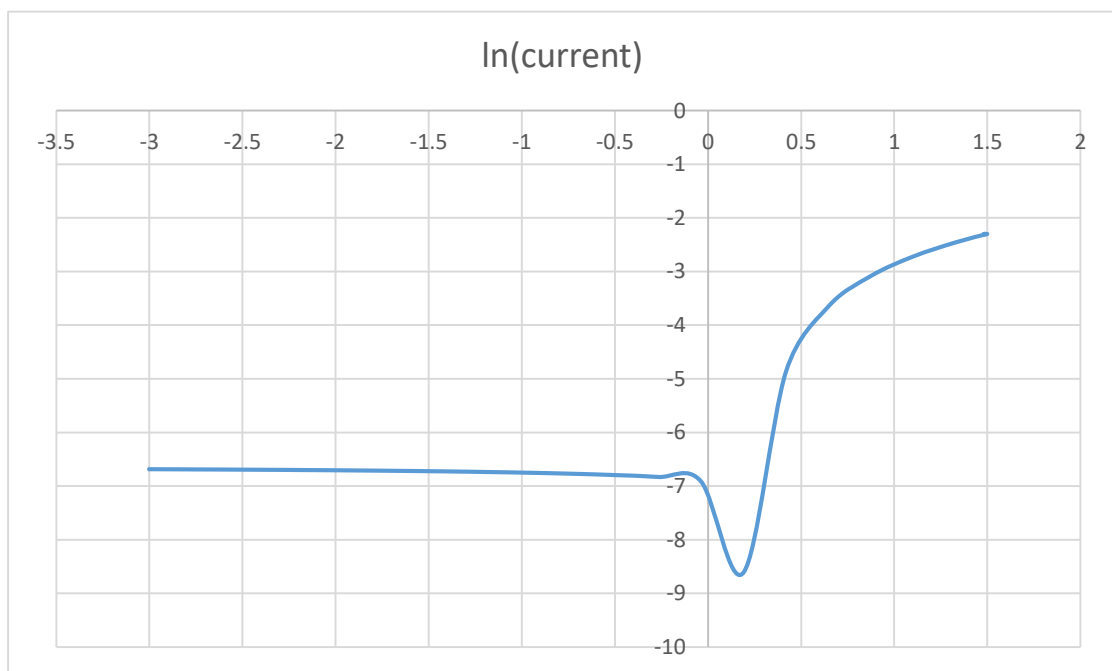
$$J=J_s \exp\left(\frac{V}{nV_T}\right)$$

若考虑串联电阻的影响, 则上式变为

$$I=I_s \exp\left[\frac{V-IR_s}{nV_T}\right]$$

进一步地, 上式可转化为

$$\frac{dV}{d(\ln I)} = IR_s + nV_T$$



实 验 报 告

评分：

信 院 系 17 级 姓名 胡 睿 日期 2021-01-19 NO. _____

在半对数坐标(横坐标为线性坐标,纵坐标为对数坐标)上,可以提取如下参数:

(1) 理想因子的提取: 在图中找到线性区域, 根据下式可以得到该段线性区域的斜率:

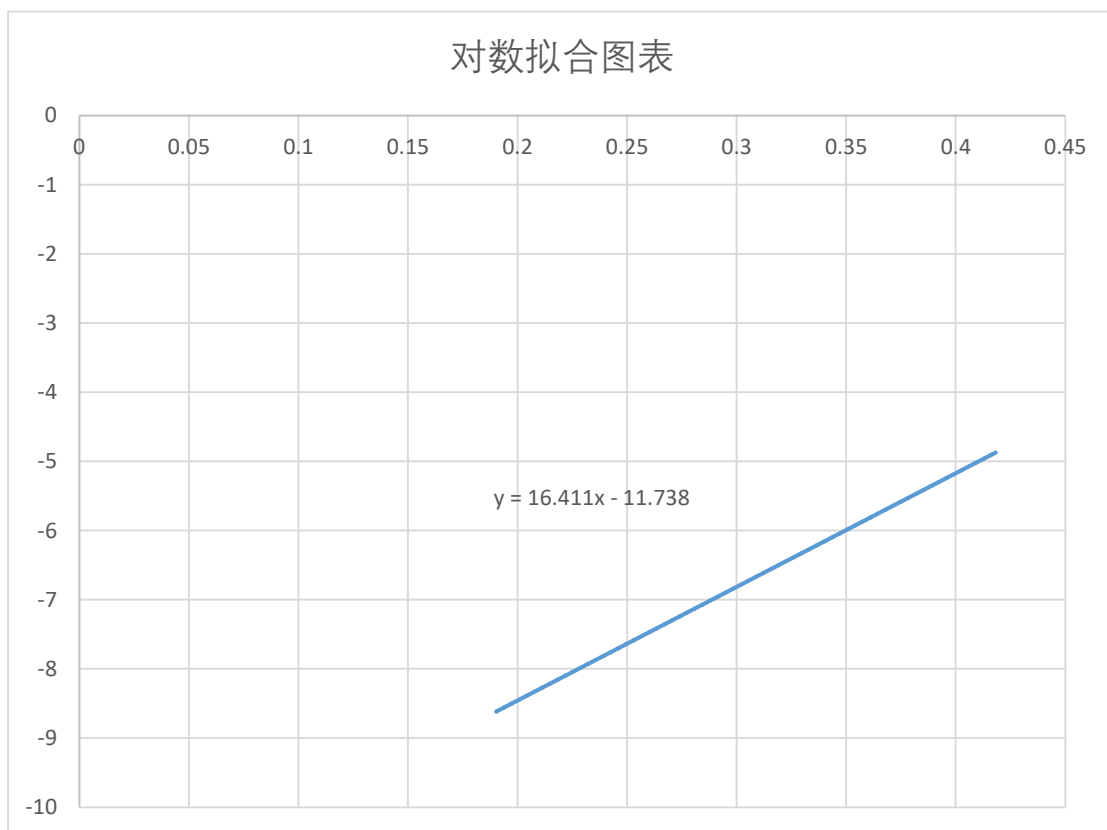
$$\begin{aligned}\text{斜率} &= \frac{\ln(J_1) - \ln(J_2)}{V_1 - V_2} \\ &= \frac{(-4.873) - (-8.615)}{0.418 - 0.190} = 16.41228\end{aligned}$$

因此 ($V_T = kT/q$ 取 300K 下热电压)

$$n = \frac{1}{\text{斜率} \times V_T} = \frac{1}{16.41228 \times 26m} = 2.34346$$

(2) 饱和电流密度的提取: 在图中找到线性区域, 直线的延长线和纵轴的交点即为饱和电流密度 J_s , 原因是:

$$J = J_s \exp\left(\frac{V}{nV_T}\right) \quad (\text{正向})$$



实 验 报 告

评分:

信 院 系 17 级 姓名 胡 睿 日期 2021-01-19 NO. _____

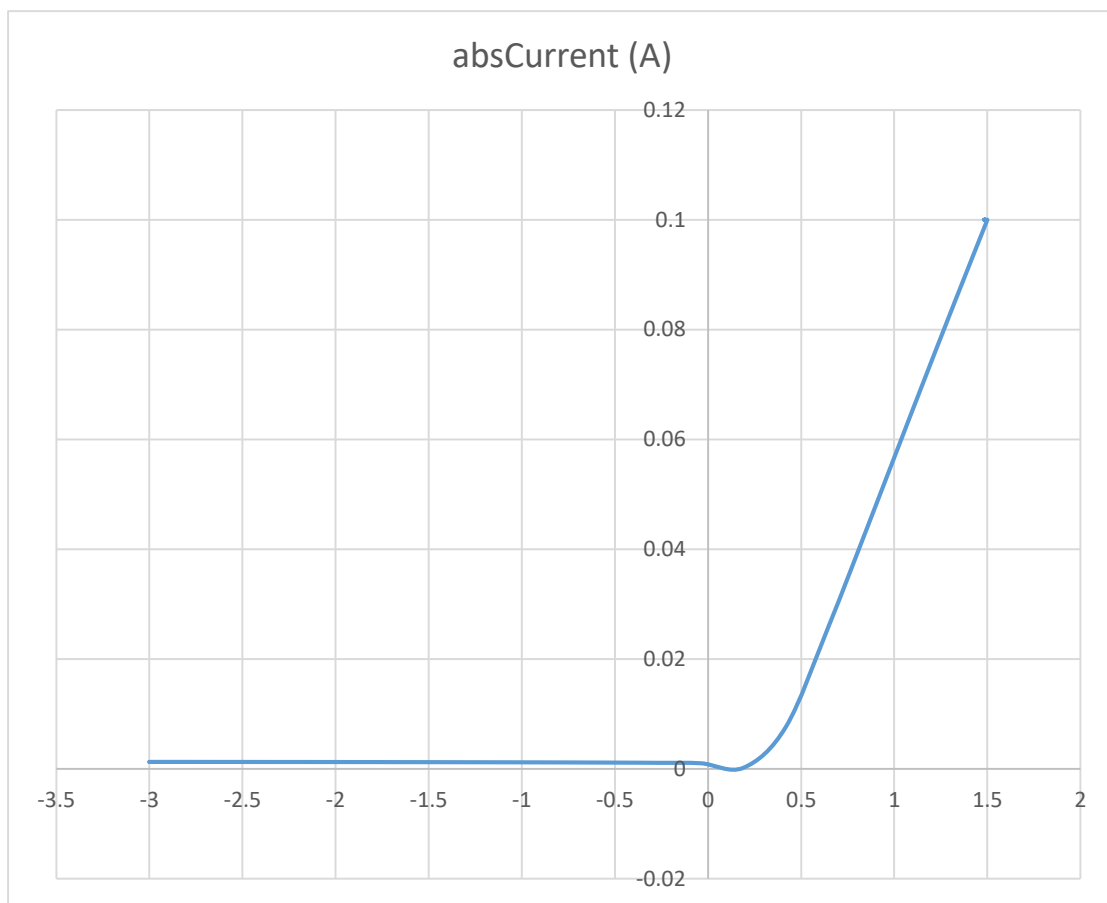
对线性区进行拟合后可以得到饱和电流密度:

$$\begin{aligned}\ln I_S &= -11.738 \\ I_S &= 7.985 \times 10^{-6} \text{ A} \\ J_S &= \frac{7.985 \times 10^{-6}}{A} \text{ A/m}^2 (A \text{ 代表器件横截面积})\end{aligned}$$

在线性坐标（横纵均为线性坐标）上，可以提取如下参数：

(3) 开启电压的提取：图中电流开始出现增长的起点对应的电压即为开启电压

V_{bi} 。



$V_{bi} = 0.19V$

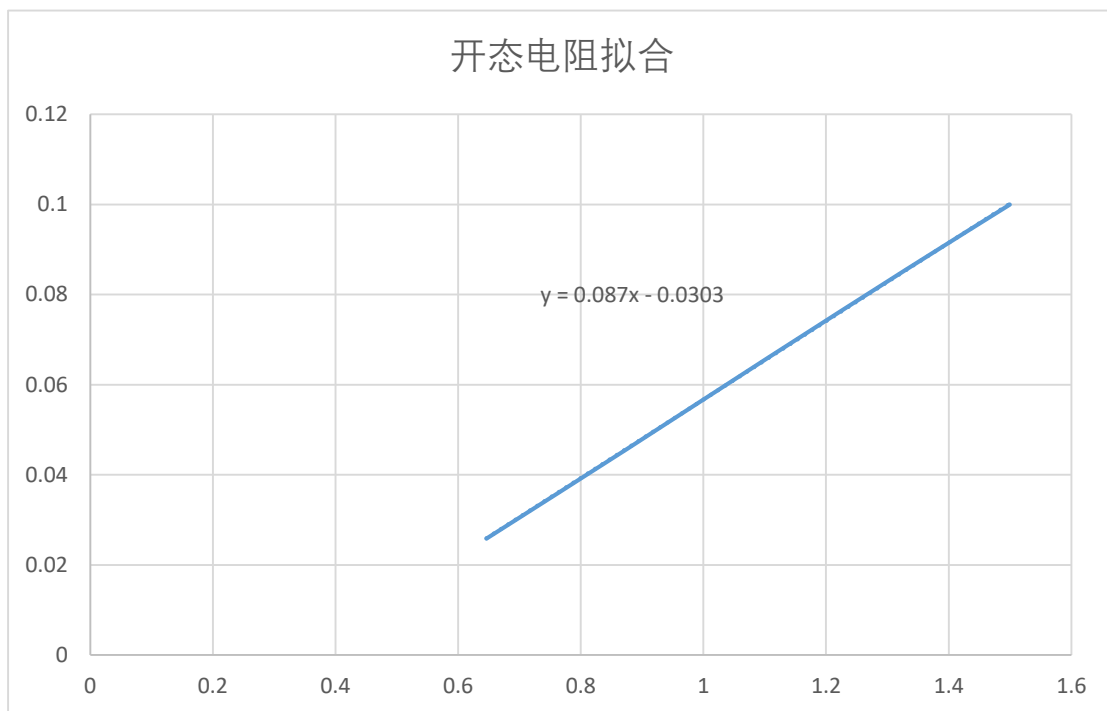
(4) 开态电阻的提取：在图中找到正向电流-电压变化的线性区域，其斜率的倒数即为开态电阻 R_{ON} ：

$$R_{on} = \frac{1}{\text{斜率}} = \frac{V_3 - V_4}{I_3 - I_4}$$

实 验 报 告

评分:

信 院 系 17 级 姓名 胡 睿 日期 2021-01-19 NO. _____



$$R_{ON} = \frac{1}{\text{斜率}} = \frac{1}{0.087} = 11.49425\Omega$$

(5) 正向电流密度的提取 (2V 下): 在图 2 中找到+2V 电压对应的电流密度即为 2V 下的正向电流密度 $J_{@2V}$ 。

曲线中没有电压对应 2V 的点, 最大电压为 1.5V, +1.5V 电压对应的电流密度即 1.5V 下的正向电流密度 $J_{@1.5V} = \frac{0.1}{A}$ (A 代表器件横截面积)。

计算得到如下参数:

(6) 整流比的提取: 根据如下表达式计算出整流比:

$$\text{整流比} = \frac{J_{@2V}}{J_{S@-2V}}$$
$$\text{整流比} = \frac{J_{@1.5V}}{J_{@-1.5V}} = \frac{I_{@1.5V}}{I_{@-1.5V}} = \frac{0.1}{0.001197} = 83.5421$$

(7) 势垒高度的提取: 根据如下表达式计算出势垒高度 ϕ_B :

$$J_s = RT^2 e^{-\phi_B/V_T}$$

实 验 报 告

评分:

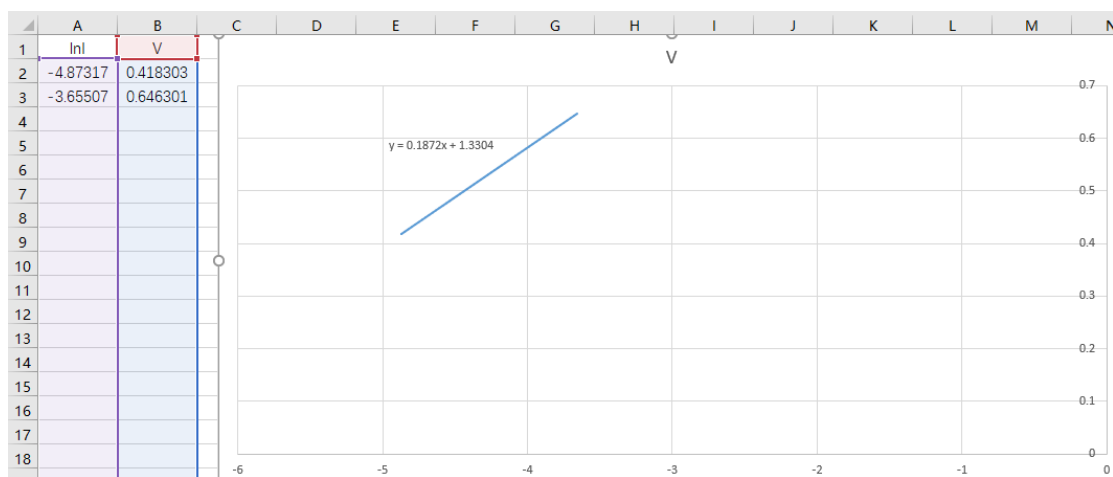
信 院 系 17 级 姓名 胡 睿 日期 2021-01-19 NO. _____

$$\phi_B = -V_T \ln\left(\frac{J_s}{RT^2}\right)$$

式中 V_T 为热电压, T 为温度 (实验室温度如果没测可取 300K), R 为里查孙常数, 对于 n-Si 来说, $R=110.4\text{A}/(\text{cm}^2\text{K}^2)$ 。

$$\begin{aligned}\phi_B &= -V_T \ln\left(\frac{J_s}{RT^2}\right) = -26 \times \ln\left(\frac{7.985 \times 10^{-6}}{A \times 110.4 \times 10^{-4} \times 300^2}\right) \\ &= -26 \times (-18.63928 - \ln A) = 26 \times (18.63928 + \ln A) \text{mV}\end{aligned}$$

(8) 串联电阻的提取: 由表达式, 作出 $\frac{dV}{d(\ln I)}$ 和 I 的关系曲线, 曲线的斜率即为串联电阻 R_s 。



串联电阻 $R_s = 0.1872\Omega$ 。

【实验收获】

1. 掌握了肖特基二极管的测试方法;
2. 学习了 Keithley2400 源表、Labview 和 SM-4 多探针电学测量平台的使用;
3. 测试了所制备肖特基二极管的常温 I-V 特性并对所制备的器件进行在线的直流测试和参数提取, 掌握肖特基二极管的提参方法;