



南昌大学

2023~2024 学年秋季学期 《大学物理实验》

实验报告

得分	评阅人

题 目： 实验二 PN 结特性研究

学 院： 先进制造学院

专业班级： 智能制造工程 221 班

学生姓名： 朱紫华

学 号： 5908122030

指导老师： 全祖赐老师

二 O 二三年九月制

PN 结特性研究

一、实验目的

- 1.测量同一温度下,正向电压随正向电流的变化关系,绘制伏安特性曲线,掌握 PN 结正向伏安特性。
- 2.在同一恒定正向电流条件下,测绘 PN 结正向压降随温度变化的曲线,掌握 PN 结正向温度特性,并由此确定其灵敏度和被测 PN 结材料的禁带宽度。
- 3.学习指数函数的曲线回归的方法,并计算玻尔兹曼常数 k ,估算反向饱和电流。
- 4.扩展探索:用给定的 PN 结测量未知温度。



二、实验仪器

PN 结正向特性综合实验仪、DH-SJ5 温度传感器实验装置、恒温电炉

三、实验原理

1. 相关概念:

价带:与价电子能级相对应的能带

导带:价带以上能量最低的允带

禁带:导带与价带之间的能量区间

①本征半导体

物质的导电性能取决于原子结构,常用的半导体材料硅(Si)和锗(Ge)均为四价元素。

具有晶体结构的纯净半导体称为本征半导体。

②杂质半导体

在本征半导体中掺入少量适合的杂质元素,通过扩散工艺,便可得到杂质半导体:

如掺入五价元素(如磷)使其取代晶格中硅原子的位置,就形成了 N 型半导体;

多子: N 型半导体中,自由电子的浓度大于空穴的浓度。

如掺入三价元素(如硼)使其取代晶格中硅原子的位置,就形成了 P 型半导体。

多子: P 型半导体中则是空穴浓度大于自由电子浓度。

2. PN 结正向伏安特性

PN 结加正向电压时，呈现低电阻，具有较大的正向扩散电流；加反向电压时，呈现高电阻，具有很小的反向漂移电流。

理想情况下，PN 结的正向电流 I_F 和正向压降 V_F 存在如下近似关系：

$$I_F \approx I_S e^{\frac{qV_F}{kT}}$$

q 为电子电荷； k 为玻尔兹曼常数； T 为绝对温度； I_S 为反向饱和电流，与 PN 结材料的禁带宽度以及温度有关的系数。

$$I_F \approx I_S e^{\frac{qV_F}{kT}}$$

求解玻尔兹曼常数 k ，（ T 稳定）

方法 1：对比法

$$k = \frac{q}{T} \ln \frac{I_{F2}}{I_{F1}} (V_{F1} - V_{F2})$$

方法 2：利用 Excel 或 Origin 软件进行指数函数的曲线回归

$$I_F = A e^{BV_F} \quad (A = I_S, B = \frac{q}{kT})$$

3. PN 结正向压降随温度变化（电流一定）

PN 结温度传感器的基本方程：

$$V_F = V_{g(0)} - \left(\frac{k}{q} \ln \frac{C}{I_F} \right) T - \frac{kT}{q} \ln T^r = V_1 + V_{n1}$$

其中线性项： $V_1 = V_{g(0)} - \left(\frac{k}{q} \ln \frac{C}{I_F} \right) T$

非线性项（忽略） $V_{n1} = -\frac{kT}{q} \ln T^r$

$$V_1 = V_{g(0)} - \left(\frac{k}{q} \ln \frac{C}{I_F} \right) T$$

PN 结温度传感器灵敏度及 PN 结材料的禁带宽度

①利用 Excel 或 Origin 软件对 $V_F - T$ 数据进行直线拟合 $V_F = AT + B$

斜率 A 即灵敏度 S ， Bq 为材料禁带宽度 $E_{g(0)}$

②或者： $E_{g(0)} = qV_{g(0)}$

四、实验内容及步骤

1. PN 结正向伏安特性

（1）实验装置连接：

“加热电流”、“风扇电流”开关均置于“关”的位置，接上加热电源线。插好 Pt100 温度传感器和 PN 结温度传感器。PN 结引出线分别插入试验仪上的 $V+$ 、 $V-$ 和 $I+$ 、 $I-$ ，注意插头的颜色和插孔的位置。

(2) 打开电源开关，温度传感器实验装置将显示出室温 T_R ，记录起始温度 T_R 。

(3) 仪器通电预热 10 分钟后进行实验。

首先将试验仪上的电流量程置于 $\times 1$ 档，再调整电流调节旋钮，观察对应的 V_F 值。如果电流表显示值到达 1000，则改用大一档量程，记录电压、电流表（表 1）。

2. PN 结正向温度特性

(1) 选择合适的正向电流（ $I_F = 60\mu A$ ）并保持不变。

(2) 温度传感器实验装置上的“加热电流”开关置“开”位置。

根据目标温度，选择合适的加热电流，在实验时间允许的情况下，加热电流可以取得小一点，如 0.3~0.6 之间。

随着加热炉内温度升高，记录对应的 V_F 和 T（表 2）。

五、数据记录

1. PN 结正向电压与正向电流的关系

序号	1	2	3	4	5	6
$V_F(V)$	0.350	0.360	0.370	0.380	0.390	0.400
$I_F(\mu A)$	0.015	0.026	0.042	0.065	0.099	0.149
序号	7	8	9	10	11	12
$V_F(V)$	0.410	0.420	0.430	0.440	0.450	0.460
$I_F(\mu A)$	0.224	0.335	0.497	0.735	1.100	1.620
序号	13	14	15	16	17	18
$V_F(V)$	0.470	0.480	0.490	0.500	0.510	0.520
$I_F(\mu A)$	2.370	3.500	5.320	7.650	11.400	16.600
序号	19	20	21	22	23	24
$V_F(V)$	0.530	0.540	0.550	0.560	0.570	0.580
$I_F(\mu A)$	24.900	37.400	54.400	80.200	119.000	178.000

2. 同一 V_F 下，正向电压与温度的关系

序号	1	2	3	4	5	6
T(°C)	35	40	45	50	55	60
$V_F(V)$	0.523	0.511	0.498	0.485	0.472	0.461
序号	7	8	9	10	11	12
T (°C)	65	70	75	80	85	90
$V_F(V)$	0.448	0.434	0.421	0.408	0.395	0.383

注意：

实验过程中，正向电流 I_F 应小于 $100\mu A$ 并保持不变；

六、实验注意事项

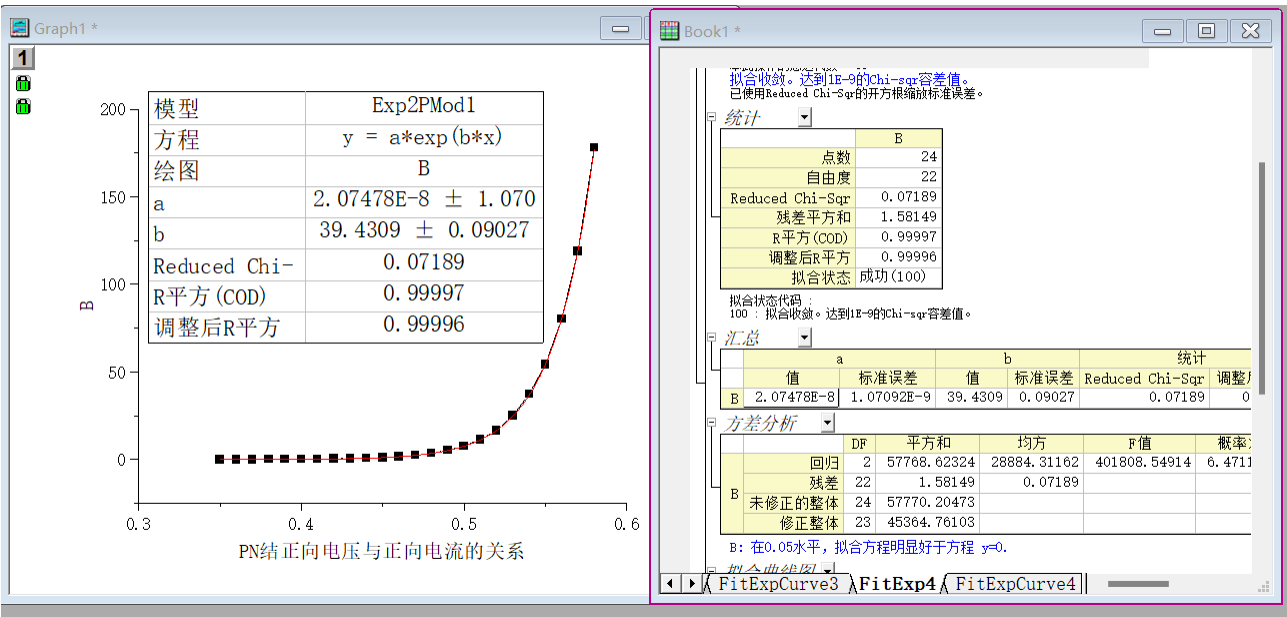
- ①在选择电流量程时在保证测量范围的前提下尽量 选择小档位,以提高精度。
- ②仪器的电压表测量电压量程仅为 $2V$, 请不要超量程使用或者测量其他未知电压。
- ③正向电流与温度的关系实验中, 一般选择小于 $100\mu A$ ($50\mu A$) 的正向电流, 以减少热效应。
- ④加热装置温升不应超过 $120^{\circ}C$, 否则将造成仪器老化或故障。
- ⑤仪器的连接线要注意使用, 有插口方向的对齐插拔, 插拔时不可用力过猛, 使用完毕后, 一定要切断电源。

七、实验数据处理

1.PN 结正向伏安特性

根据实验数据（表 1）绘制伏安特性曲线，利用 Excel 或 Origin 软件进行指数函数的曲线回归，求出玻尔兹曼常数。

$$I_F = Ae^{BV_F} \quad (A = I_s, B = \frac{q}{kT})$$
$$\therefore k = \frac{q}{BT}$$



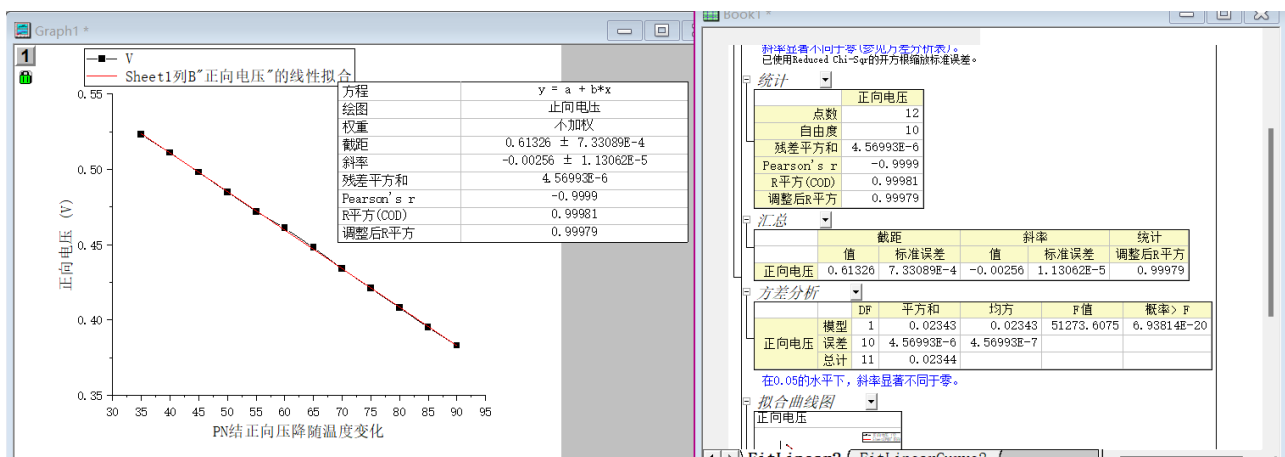
2.PN 结正向温度特性

- ①根据表二利用 Excel 或 Origin 软件对 $V_F - T$ 数据进行直线拟合，即得

$$V_F = AT + B$$

斜率 A 即灵敏度 S, Bq 为材料禁带宽度 $E_g(0)$ 。

- ②与公认值 $E_g(0) = 1.21eV$ 比较，并求其相对误差。



南昌大学物理实验报告

学生姓名: _____ 学号: _____ 专业班级: _____ 班级编号: _____

实验时间: ____ 时 ____ 分 第 ____ 周 星期 ____ 座位号: ____ 教师编号: ____ 成绩: ____

1. PN结正向电压与正向电流的关系

序号	1	2	3	4	5	6
$V_F(V)$	0.350	0.360	0.370	0.380	0.390	0.400
$I_F(\mu A)$	0.015	0.026	0.042	0.065	0.099	0.149
序号	7	8	9	10	11	12
$V_F(V)$	0.410	0.420	0.430	0.440	0.450	0.460
$I_F(\mu A)$	0.224	0.335	0.497	0.735	1.100	1.620
序号	13	14	15	16	17	18
$V_F(V)$	0.470	0.480	0.490	0.500	0.510	0.520
$I_F(\mu A)$	2.370	3.500	5.320	7.650	11.400	16.600
序号	19	20	21	22	23	24
$V_F(V)$	0.530	0.540	0.550	0.560	0.570	0.580
$I_F(\mu A)$	24.900	37.400	54.400	80.200	119.000	178.000

全祖赐

刘小天 5908122029
朱紫华 5908122030
彭锋 5908122013
吴锦瑞 5908122011

2022-10-8



南昌大学物理实验报告

学生姓名: _____ 学号: _____ 专业班级: _____ 班级编号: _____

实验时间: _____ 时 _____ 分 第 _____ 周 星期 _____ 座位号: _____ 教师编号: _____ 成绩: _____

2. 同一 V_F 下, 正向电压与温度的关系

序号	1	2	3	4	5	6
$T(^{\circ}\text{C})$	35	40	45	50	55	60
$V_F(\text{V})$	0.523	0.511	0.498	0.485	0.472	0.461
序号	7	8	9	10	11	12
$T(^{\circ}\text{C})$	65	70	75	80	85	90
$V_F(\text{V})$	0.448	0.434	0.421	0.408	0.395	0.383

仝祖赐

2023-10-9

刘小英 5908122029

朱紫华 5908122030

彭辉 5908122015

吴锦瑞 5908122011

八、误差分析

- 1、加热电流过大，导致升温速度较快。
- 2、环境温度的变化。
- 3、时间不允许，不然可以多次实验求平均值。
- 4、仪器稳定性也是影响实验数据误差的一个方面，如电流表电压表的稳定性。

九、实验小结及思考

本次实验没有难的操作，也不需要人工进行调整，要做的只是计数，但由于为了加热均匀，减小实验误差，我们组加热电流取的并不大。通过该实验我理解了 PN 结的单向导电性，还有正向电压随温度的变化关系，正向电压与正向电流间的关系。实验数据处理也并不困难，只是简单的拟合函数。