



南昌大学

2023~2024 学年秋季学期 《大学物理实验》

预习报告

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

二〇二三年九月制

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：

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

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

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

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

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）。