

# PN 结正向电压温度特性预习报告

2020 级 计算机科学与技术（全英创新班） 王樾

**引言：**常见的温度传感器有热电偶、热敏电阻、测温电阻等。热电偶适用温度范围宽，但灵敏度低、线性差，热敏电阻灵敏度高，体积小，但线性差，测温电阻精度高、线性好，但灵敏度低且价格昂贵。而 PN 结温度传感器具有灵敏度高、热响应快、线性好、体积小、轻便等特点，在许多方面优于其他传感器，所以应用广泛。

## 一、实验目的

- (1) 了解 PN 结正向电压随温度变化的基本规律。
- (2) 在电源恒流条件下，测绘 PN 结正向电压随温度变化的关系曲线，并确定 PN 结的测温灵敏度和 PN 结材料的禁带宽度。

## 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。

## 三、实验原理

理想 PN 结的正向电流  $I_F$  和正向电压  $V_F$  存在如下近似关系：

$$I_F = I_n e^{\frac{qV_F}{kT}}$$

可以证明

$$I_n = CT^\gamma e^{\frac{qV_{g0}}{kT}}$$

其中， $C$  是 PN 结的一个常数， $k$  为玻尔兹曼常数， $\gamma$  在一定温度范围内也是常数。

联立得

$$V_F = V_{g0} - \left(\frac{k}{q} \ln \frac{C}{I_F}\right)T - \frac{kT}{q} \ln T^\gamma = V_1 + V_{nr}$$

其中

$$V_1 = V_{g0} - \left(\frac{k}{q} \ln \frac{C}{I_F}\right)T, V_{nr} = -\frac{kT}{q} \ln T^\gamma$$

当恒流供电（即  $I_F$  不变）条件下， $V_{nr}$  不变，此时 PN 结的正向电压  $V_F$  变化取决于线性项  $V_1$ ， $V_F$  非常近似于随温度升高而线性下降。

记斜率绝对值  $\frac{k}{q} \ln \frac{C}{I_F}$  为  $S$ ，定义其为 PN 结温度灵敏度，记  $t$  为摄氏温度，则有

$$\Delta V = St$$

PN 结材料的禁带宽度  $E_{g0}$  定义为电子电量  $q$  与  $0K$  时 PN 结材料的导带底和价带顶的电势差  $V_{g0}$  的乘积, 即  $E_{g0} = qV_{g0}$ 。由上式得

$$V_{g0} = V_F + \left(\frac{k}{q} \ln \frac{C}{I_F}\right)T = V_F + ST$$

代入  $0^\circ C$  时,  $T = 273.2K$ ,  $V_F = V_{F0}$ , 有

$$E_{g0} = qV_{g0} = q(V_{F0} + 273.2S)$$

通过该式即可求出 PN 结的禁带宽度。

#### 四、内容步骤

- (1) 首先将 DH-SJ 型温度传感器实验装置的“加热电流”与“风扇电流”置于关状态, 接上电源线。插好 Pt100 温度传感器和 PN 结温度传感器。打开开关, 显示出室温  $t_r$ , 记录起始温度  $t_r$ 。
- (2) 记录同一温度下正向电压随正向电流的变化关系。将电流量程置于“ $\times 1$ ”档, 调节电流调节旋钮, 观察  $V_F$  值读数的变化 (如果电流表显示值大于 1000 则可改用大一档量程)。记录一系列电压、电流值于表。
- (3) 记录在同一恒定电流条件下 PN 正向电压与温度的变化关系。首先选择合适的正向电流  $I_F$  (如  $I_F = 60\mu A$ ) 并保持不变。
- (4) 将温度传感器实验装置的“加热电流”开关打开, 根据目标温度, 选择合适的加热电流。条件允许时电流可以取得小一点, 如  $0.3 \sim 0.6A$  之间。
- (5) 在加热过程中, 记录对应的  $V_F$  和  $T$  于表。