一：电荷输运现象

Tuesday, February 25, 2020 02:22

1. 预习作业：
    a. 一、判断对错，并说明原因。
        i. 平均漂移速度总是正比于外加电场强度;
            1) 错;
            2) 当电场过强时，漂移速度会达到饱和；
        ii. 电流密度正比于电场强度，比例系数为电导;
            1) 错;
            2) 比例系数为电阻率;
            3) J=$\sigma \cdot \varepsilon$；
        iii. 扩散流密度由载流子浓度决定;
            1) 错;
            2) 扩散流密度由载流子浓度梯度决定；
            3) 空穴扩散流密度= $-qD_p\nabla p$；
            4) 电子扩散流密度= $qD_n\nabla n$；
        iv. 载流子的漂移速度可以随着外加电场强度的增大而不断增大;
            1) 错；
            2) 当外加电场增大时，漂移速度先增大，漂移运动后的电子和空穴会产生内建电场。当内建电场达到一定强度后会与外电场抵消，使漂移运动停止；
        v. 只要存在载流子浓度梯度，就一定会产生电流；
            1) 错；
            2) 当外界电场方向与空穴浓度梯度相反(或与电子浓度梯度相同)时，可能阻碍扩散电流产生；
        vi. 只要存在电场，就一定会产生电流；
            1) 错；
            2) 电场中要存在自由载流子才能产生电流；
        vii. 载流子的有效质量越大，迁移率越小；
            1) 错；
            2) 载流子的迁移率除了与电导有效质量有关，还与其所带电荷量和动量弛豫时间有关；
        viii. 载流子的漂移速度与温度有关；
            1) 对；
            2) 当温度高时，相同条件下载流子的动能更大，速度更块；
        ix. 载流子的扩散运动与温度无关；
            1) 错；
            2) 扩散系数与温度有关；
            3) $D = \mu_p k_B T$；
        x. 电子的扩散流密度的方向与空穴的扩散流密度方向相同；
            1) 错；
            2) 扩散运动是由载流子本身存在浓度梯度产生的；

b. 计算题：已知一块均匀掺杂的N型Si材料，掺杂浓度为$10^{16}cm^{-3}$，为长方体形状，长度$1cm$，宽度$0.5cm$，厚度为$1.6mm$，在上、下两个大面上蒸镀电极（假设电极的接触电阻可忽略不计），沿厚度方向上施加$1.6V$电压，测量得到电流强度为$8A$，试完成以下小题：

i. 计算该材料的电导率；

$$R = \frac{U}{I}$$
$$= \frac{1.6V}{8A} = 0.2\ \Omega$$
$$\rho = \frac{R \cdot S}{L}$$
$$= \frac{0.2\Omega \times 0.5\times10^{-2}m \times 1\times10^{-2}m}{1.6\times10^{-3}m}$$
$$= \frac{1}{160}\ \Omega \cdot \mathrm{m}$$
$$\sigma = \frac{1}{\rho}$$
$$= 160\ S/m$$

ii. 计算电子的迁移率；

$N-Si$:

$$\sigma = nq\mu_n = en\mu_n$$
$$\Rightarrow \mu_n = \frac{\sigma}{nq}$$
$$= \frac{1.6S/cm}{10^{16}cm^{-3}\times1.6\times10^{-19}C}$$
$$= 10^3 \mathrm{cm}^2/\mathrm{V}\cdot\mathrm{s}$$

iii. 计算电子的平均漂移速度；

$$\bar{v}_n = \mu_n \cdot \bar{\varepsilon}$$
$$= \text{-}10^3 cm^2/V\cdot s \times \frac{1.6V}{0.16cm}$$
$$= \text{-}10^4 cm/s$$

iv. 估算电子的动量弛豫时间；

$$\because m_{cn}^*(Si) = 0.26m_0$$
$$\mu_n = \frac{e\tau_n}{m_{cn}^*}$$
$$\Rightarrow \tau_n = \frac{\mu_n m_{cn}^*}{e}$$
$$= \frac{10^3 cm^2/V\cdot s \times 0.26\times9.1\times10^{-31}kg}{1.6\times10^{-19}C}$$
$$\approx 1.48\times10^{-13}s$$(国际单位用m计算)

v. 估算电子在漂移过程中平均每秒钟与晶格碰撞多少次；

$$\frac{1}{\tau_n} = 6.76\times10^{12}\ s^{-1} = 6.76\ GHz$$

2. 作业：第一课课后题；