

半导体物理

课后作业03 参考解答

助教：王晓荣072052058@fudan.edu.cn

杨金东072052053@fudan.edu.cn

1、设点阵常数为 a 的一维晶体，导带极小值附近能量 $E_c(k)$ 和价带极大值附近能量 $E_v(k)$ 分别为：

$$E_c(k) = \frac{\hbar^2 k^2}{3m_0} + \frac{\hbar^2 (k - k_1)^2}{m_0} \qquad E_v(k) = \frac{\hbar^2 k_1^2}{6m_0} - \frac{3\hbar^2 k^2}{m_0}$$

其中， m_0 为电子惯性质量， $k_1 = \pi/a$ ， $a = 0.314\text{nm}$ ，求解：

(1) 禁带宽度

解：

$$E_c(k)_{\min} = \frac{\hbar^2 k_1^2}{4m_0} \qquad (k = \frac{3}{4}k_1)$$

$$E_v(k)_{\max} = \frac{\hbar^2 k_1^2}{6m_0} \qquad (k = 0)$$

则禁带宽度：

$$E_g = E_c(k)_{\min} - E_v(k)_{\max} = \frac{1}{12} \frac{\hbar^2 k_1^2}{m_0}$$

(2) 导带底电子有效质量

$$\left. \begin{aligned} E(k) - E\left(\frac{3}{4}k_1\right) &= \frac{1}{2} \frac{d^2 E}{dk^2} \bigg|_{k=\frac{3}{4}k_1} \cdot \left(k - \frac{3}{4}k_1\right)^2 \\ E(k) &= E\left(\frac{3}{4}k_1\right) + \frac{\hbar^2 \left(k - \frac{3}{4}k_1\right)^2}{2m_n^*} \end{aligned} \right\} \Rightarrow$$

$$m_n^* = \hbar^2 / \frac{d^2 E}{dk^2} \bigg|_{k=\frac{3}{4}k_1} = \frac{3}{8} m_0$$

(3) 价带顶电子有效质量

$$\left. \begin{aligned} E(0) - E(k) &= \frac{1}{2} \frac{d^2 E}{dk^2} \bigg|_{k=0} \cdot k^2 \\ E(k) &= E(0) - \frac{\hbar^2 k^2}{2m_n^*} \end{aligned} \right\} \Rightarrow$$

$$m_n^* = \hbar^2 / \left(\frac{d^2 E}{dk^2} \bigg|_{k=0} \right) = -\frac{1}{6} m_0$$

(4) 价带顶电子跃迁到导带底时电子准动量的变化

准动量 $P = \hbar k$

$$P_c = \hbar k \Big|_{k=\frac{3}{4}k_1}$$

$$P_v = 0 \Big|_{k=0}$$

则: $\Delta P = P_c - P_v = \frac{3}{4}\hbar k_1$

2、点阵常数为0.25nm的一维晶体，当外加 10^2V/m ， 10^7V/m 的电场时，试分别计算电子自能带底运动到能带顶所需的时间。

解：

$$\frac{dk}{dt} = \frac{-q|\vec{E}|}{\hbar}$$

说明所有电子都以同一速度在波矢空间内漂移，则：能带底部到顶部对应的k变化量为半个布里渊区宽度

$$t = \frac{\pi / a}{q|E| / \hbar}$$

$$t_1 = 8.82 \times 10^{-8} \text{ s}$$

$$t_2 = 8.82 \times 10^{-13} \text{ s}$$