

BBK lost_clouds

半导体物理与器件—问答题

背包客/落云

Apy6631@outlook.com

2023 年 5 月 6 日

目录

1	前言	1
2	正文	2
2.1	什么叫本征激发？温度越高，本征激发的载流子越多，为什么？试定性说明之。	2
2.2	试定性说明 Ge 、 Si 的禁带宽度具有负温度系数的原因。 . .	2
2.3	试指出空穴的主要特征。	2
2.4	简述 Ge 、 Si 和 $GaAs$ 的能带结构的主要特征。	3
2.5	某 一 维 晶 体 的 电 子 能 带 为	
	$E(k) = E_0[1 - 0.1 \cos(k\alpha) - 0.3 \sin(k\alpha)]$	
	其中 $E_0 = 3eV$ ，晶格常数 $a = 5 \times 10^{-11}m$ 。	
	求：	4
2.5.1	能带宽度；	4
2.5.2	能带底和能带顶的有效质量。	4
2.6	空间电荷区是怎样形成的。画出零偏与反偏状态下 pn 结的能带图。	5
3	结语	6

1 前言

同上一个文本，写这个是为了练习一下 LaTeX 的使用，文本来自互联网及 AI。

2 正文

2.1 什么叫本征激发？温度越高，本征激发的载流子越多，为什么？试定性说明之。

解：在一定温度下，价带电子获得足够的能量 ($\geq E_g$) 被激发到导带成为导电电子的过程就是本征激发。其结果是在半导体中出现成对的电子-空穴对。如果温度升高，则禁带宽度变窄，跃迁所需的能量变小，将会有更多的电子被激发到导带中。

2.2 试定性说明 Ge 、 Si 的禁带宽度具有负温度系数的原因。

解：电子的共有化运动导致孤立原子的能级形成能带，即允带和禁带。温度升高，则电子的共有化运动加剧，导致允带进一步分裂、变宽；允带变宽，则导致允带与允带之间的禁带相对变窄。反之，温度降低，将导致禁带变宽。

因此， Ge 、 Si 的禁带宽度具有负温度系数。

2.3 试指出空穴的主要特征。

解：空穴是未被电子占据的空量子态，被用来描述半满带中的大量电子的集体运动状态，是准粒子。主要特征如下：

- A 荷正电： $+q$
- B 空穴浓度表示为 p (电子浓度表示为 n)
- C $E_p = -E_n$
- D $m_p^* = -m_n^*$

2.4 简述 Ge 、 Si 和 $GaAs$ 的能带结构的主要特征。

表 1: Ge 、 Si :

- (a) $E_g(Si : 0K) = 1.21eV; E_g(Ge : 0K) = 1.170eV$
- (b) 间接能隙结构
- (c) 禁带宽度 E_g 随温度增加而减小

表 2: $GaAs$

- (a) $E_g 300K = 1.428eV; E_g(0K) = 1.522eV$
- (b) 直接能隙结构;
- (c) E_g 负温度系数特性: $\frac{dE_g}{dT} = -3.95 \times 10^{-4}eV/K$

2.5 某一维晶体的电子能带为

$$E(k) = E_0[1 - 0.1 \cos(k\alpha) - 0.3 \sin(k\alpha)]$$

其中 $E_0 = 3eV$ ，晶格常数 $a = 5 \times 10^{-11}m$ 。

求：

2.5.1 能带宽度；

由题意得：

$$\frac{dE}{dk} = 0.1\alpha E_0[\sin(k\alpha) - 3 \cos(k\alpha)] \quad (1)$$

$$\frac{dE^2}{d^2k} = 0.1\alpha^2 E_0[\cos(k\alpha) + 3 \sin(k\alpha)] \quad (2)$$

令 $\frac{dE}{dk} = 0$ ，得 $tg(k\alpha) = \frac{1}{3}$

$$\therefore k_1\alpha = 18.4349^\circ; k_2\alpha = 198.4349^\circ$$

当 $\therefore k_1\alpha = 18.4349^\circ$ ， $\frac{dE^2}{d^2k} = 0.1\alpha^2 E_0(\cos 18.4349 + 3 \sin 18.4349) = 2.88 \times 10^{-40} > 0$ ，对应能带极小值；

当 $\therefore k_2\alpha = 198.4349^\circ$ ， $\frac{dE^2}{d^2k} = 0.1\alpha^2 E_0(\cos 198.4349 + 3 \sin 198.4349) = 2.88 \times 10^{-40} < 0$ ，对应能带极大值。

$$\text{则能带宽度 } \Delta E = E_{max} - E_{min} = 1.1384eV$$

2.5.2 能带底和能带顶的有效质量。

$$\text{则} \begin{cases} (m_n^*)_{\text{带底}} = [\frac{1}{h^2}(\frac{dE^2}{d^2k})]^{-1} = [\frac{2.28 \times 10^{-40}}{(6.625 \times 10^{-34})^2}]^{-1} = 1.925 \times 10^{-27}(kg) \\ (m_n^*)_{\text{带顶}} = [\frac{1}{h^2}(\frac{dE^2}{d^2k})]^{-1} = [\frac{2.28 \times 10^{-40}}{(6.625 \times 10^{-34})^2}]^{-1} = 1.925 \times 10^{-27}(kg) \end{cases}$$

答：能带宽度约为 $1.1384eV$ ，能带顶部电子的有效质量约为 $1.925 \times$

$10^{-27}kg$ ，能带底部电子的有效质量约为 $-1.925 \times 10^{-27}kg$ 。

2.6 空间电荷区是怎样形成的。画出零偏与反偏状态下 **pn** 结的能带图。

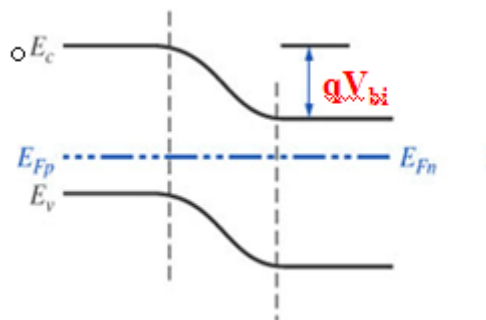


图 1: PN 节零偏时的结构图

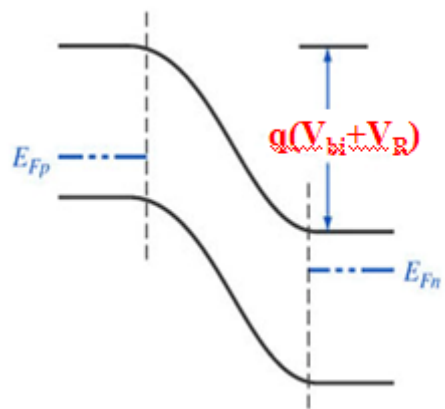


图 2: PN 节反偏时的结构图

3 结语

此处首行缩进 2 字符 连续使用是这种效果，然而
空一空行继续使用会是这种效果。

此处首行缩进 2 字符连续使用是这种效果，然而空一空行继续
使用会是这种效果。