

东南大学考研复习卷(C 卷)

课程名称 半导体物理 929 编辑时间 2013-1 得分
适用专业 电子科学与技术 考试形式 闭卷 考试时间长度 180 分钟

室温下 $k_0T = 0.026eV$, 电子电量 $e = 1.6 \times 10^{-19}C$ 。

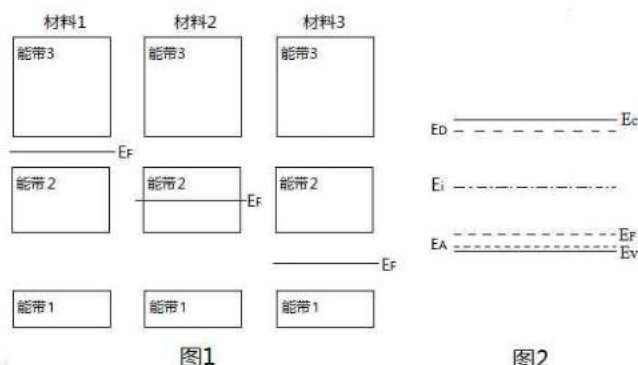
一、 填空题 (每空 1 分, 共 35 分)

1. 金是一种常用的深能级杂质, 金在硅中的施主能级在价带顶上方 $0.35eV$ 处, 受主能级在导带底带下方 $0.54eV$ 处。硅的禁带宽度 $E_g = 1.12eV$, 金在硅中的受主能级有一半被电子占据, 则该硅是 _____ 型半导体, 其原因是 _____ 。
2. 对于由直接复合过程所决定的半导体, (1) 在载流子完全耗尽的半导体区域, 存在 _____ (填“净产生”、“净复合”或“净产生等于净复合”); (2) 在只有少数载流子耗尽的半导体区域, 存在 _____ (同上)。对于由间接复合过程所决定的半导体, 非平衡载流子的复合率 $U = \frac{N_t c_n c_p (np - n_i^2)}{c_n(n + n_i) + c_p(p + p_i)}$, 式中 c_n 表示 _____ ; 当复合中心能级的位置越接近禁带中央时, 复合中心的复合作用越强, 因此应用中常掺入 _____ 杂质来降低非平衡载流子的寿命。
3. 某半导体导带极值沿[110]轴位于布里渊区边界上, 那么该半导体共有 _____ 个导带底, 在第一布里渊区有 _____ 个等能椭球面。对于硅, 查得 $m_e = 0.98m_0$, $m_h = 0.19m_0$, 则导带底的电子状态密度有效质量为 _____ , 电导有效质量为 _____ 。
4. 固体中的电子遵循费米狄拉克统计分布, 它是在考虑了电子的不可分辨性、电子的波动性以及泡利不相容原理的基础上推导出来的。费米狄拉克分布指出: 热平衡条件下, 电子在允许的能态 E 上的分布几率为 _____ 。根据费米狄拉克统计分布, 费米能级被电子占据的几率为 _____ , 费米能级是绝对零度时电子刚好填满对应的能级。能带图中的费米能级描述了热平衡载流子的分布, 引入准费米能级的目的是为了 _____ ; 费米狄拉克分布可用波尔兹满分布近似的条件是 _____ 。
5. 当 PN 结施加反向偏压, 并增到某一数值时, 反向电流密度突然增加的现象称为击穿, 反向击穿有两种机理, 两种情况都必须达到一个临界的电场后, 才会发生击穿。第一种称为 _____ , 击穿电压较低, 只有几伏; 另一种击穿电压较高的称为 _____ 。

_____, 击穿电压从几伏到几千伏。对于半导体材料Si、Ge和GaAs形成的PN结同一掺杂浓度下, _____的雪崩击穿电压最大, 其原因是_____。

6. 肖特基结与PN结的正向开启电压哪个大? _____; 肖特基结与PN结的反向饱和电流哪个大? _____, 其原因是_____。
7. 图1给出了三种假想的晶体材料(其能量垂直变化)的不同能带图。按照费米能级的不同可将材料分为金属、绝缘体和半导体。材料_____是金属, 材料_____是绝缘体, 材料_____是半导体。

8. 如图2所示的是一掺杂的直接带隙半导体的平衡能带图。该半导体是N型是P型? 还是不能确定? _____。以下哪些条件可以形成右面的能带图? _____。



- a. 非常高的温度
b. 非常高的受主掺杂
c. 非常高的施主掺杂

9. 在分析PN结的过程中, 假设载流子的热产生和复合主要发生在中性区。在这样的前提下, 二极管中的正偏电流主要是过剩少数载流子在中性区复合而形成的; 同样, 反向饱和电流是由于中性区的热产生的电子空穴对扩散进入耗尽区, 然后在电场的作用下发生漂移而形成的。因此PN结的理想伏安特性与实际伏安特性并不是完全吻合。

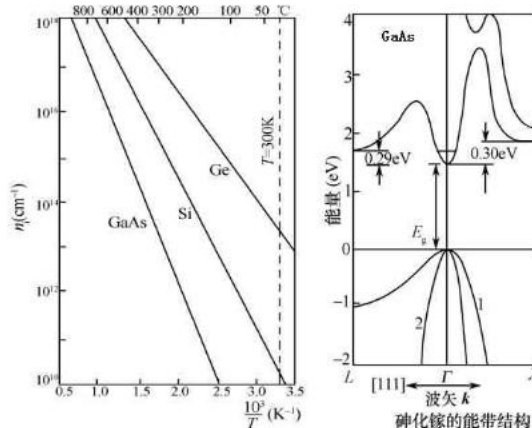
在实际半导体二极管中, 反向饱和电流由_____电流组成; PN结理想伏安特性与实际伏安特性产生差别的原因是在正向小电压下忽略了势垒区的_____电流, 在正向大电压下忽略了扩散区的_____电流, 在反向偏压下忽略了势垒区的_____电流。

10. 有3个硅样品, 甲掺有浓度为 10^{13} cm^{-3} 的铝, 乙掺有浓度为 10^{17} cm^{-3} 的硼和 10^{17} cm^{-3} 的磷, 丙掺有浓度为 10^{17} cm^{-3} 的镓。室温下, 这些样品的电阻率由高到低的顺序是_____, 电子迁移率由高到低的顺序是_____, 费米能级由高到低的顺序是_____。

11. 室温下, 某n型单晶硅掺入的施主杂质浓度 N_D 大于另一块n型锗掺入的施主杂质浓度, _____的平衡少数浓度较大, 原因是_____。

二、 简答题（共 72 分）

1.(12分) 下左图为实验测的半导体材料Si、Ge和GaAs的本征载流子浓度与温度的关系，试解释说明这种关系，并据图比较Si、Ge和GaAs的禁带宽度大小，解释说明GaAs更适合用作高温器件。



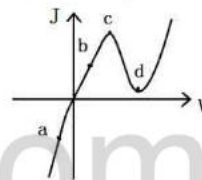
2.(10分) 什么是本征半导体和本征激发？

3.(12分) 何为简并半导体？其杂质能级如何变化，为什么？

4.(12分) 上右图给出了GaAs能带结构，试据图定性分析电子漂移速度与电场强度的关系。

5.(12分) 解释半导体物理中的概念复合和产生，解释说明复合率和产生率这两概念。

6.(14分) 隧道二极管的电流电压特性如图所示，试分别画出a、b、c、d四点的能带图并简单解释；解释说明隧道二极管相对于pn结二极管的优势。



三、 计算题（共 43 分）

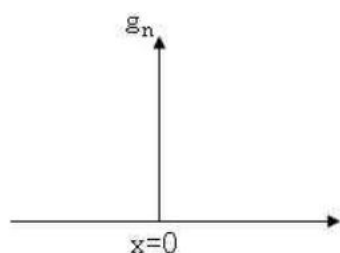
1.(13分) 一块Ge材料(本征载流子浓度 $n_i = 2.5 \times 10^{13} \text{ cm}^{-3}$), 其中均匀掺有 $5 \times 10^{13} \text{ cm}^{-3}$ 的施主杂质和 $2.5 \times 10^{13} \text{ cm}^{-3}$ 的受主杂质, $D_n = 100 \text{ cm}^2 / \text{s}$, $D_p = 50 \text{ cm}^2 / \text{s}$ 。试计算该样品的电导率。设该样品的电子亲和势为 4.0 eV , 则它与功函数为 4.5 eV 的金属接触时, 功函数之差为多大? 所形成的接触是整流接触还是欧姆接触? 画出接触后的能带图。

2.(15分) 设一无限大均匀 p 型半导体, 无外场作用。非平衡少数电子只在 $x=0$ 处以 g_n 产生率产生, 即小注入。少数载流子电子将分别向正负 x 方向扩散, 如图所示。室温下 ($T=300\text{K}$), 半导体的掺杂浓度 $N_A=5\times 10^{16}\text{cm}^{-3}$, 少数载流子电子的寿命为 $0.5\mu\text{s}$, 电子的迁移率 $\mu_n=1000\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$, $x=0$ 处非平衡载流子电子的浓度为 10^{15}cm^{-3} 。(提

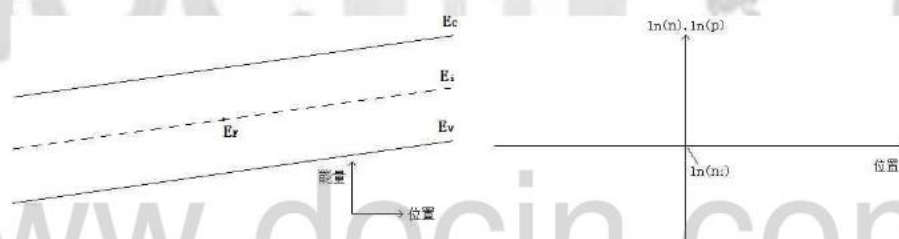
示: 非平衡载流子的连续性方程为 $\frac{\partial n}{\partial t} = D_n \frac{\partial^2 n}{\partial x^2} + n\mu_n \frac{d\varepsilon}{dx} + \varepsilon\mu_n \frac{\partial n}{\partial x} - \frac{\Delta n}{\tau_n} + g_n$)

(1) 求稳态时的非平衡少数载流子浓度分布;

(2) 什么位置时非平衡少数载流子浓度为 10^{14}cm^{-3} ?



3.(15分) 某半导体样品的热平衡图和内建电场 ε 如图所示:



- 穿过上图的能带, 画出通过点 E_F 的费米能级;
- 在能带图上, 画出电场方向。电场为常数还是和位置有关?
- 指出在热平衡条件下, 由扩散和漂移形成的电子和空穴的电流密度的方向;
- 如右上图, 在整个样品的宽度范围内画出电子和空穴的浓度与位置之间的关系。注意: 载流子浓度采用半对数的形式给出, 这样载流子浓度的指数变化在图上表现为直线, 并且横坐标对应本征载流子浓度 n_i 。