**电子科技大学二零 九 至二零 一零 学年第 一 学期期 末 考试**

半导体物理 课程考试题 B卷 （ 120分钟） 考试形式： 闭卷 考试日期 2010年 元月 18日

课程成绩构成：平时 10 分， 期中 5 分， 实验 15 分， 期末 70 分

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 一 | 二 | 三 | 四 | 五 | 六 | 七 | 八 | 九 | 十 | 合计 | 复核人签名 |
| 得分 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 签名 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

得 分

1. 填空题: （共16分，每空1 分）
2. 简并半导体一般是 重 掺杂半导体，这时 电离杂质 对载流子的散射作用不可忽略。
3. 处在饱和电离区的N型Si半导体在温度升高后，电子迁移率会 下降/减小 ，电阻率会 上升/增大 。
4. 电子陷阱存在于 P/空穴 型半导体中。
5. 随温度的增加，P型半导体的霍尔系数的符号 由正变为负 。
6. 在半导体中同时掺入施主杂质和受主杂质，它们具有 杂质补偿 的作用，在制造各种半导体器件时，往往利用这种作用改变半导体的导电性能。
7. ZnO是一种宽禁带半导体，真空制备过程中通常会导致材料缺氧形成氧空位，存在氧空位的ZnO半导体为 N/电子 型半导体。
8. 相对Si而言，InSb是制作霍尔器件的较好材料，是因为其电子迁移率较 高/大 。
9. 掺金工艺通常用于制造高频器件。金掺入半导体Si中是一种 深能级 　　　 杂质，通常起 复合 中心的作用，使得载流子寿命减小。
10. 有效质量 概括了晶体内部势场对载流子的作用，可通过回旋共振实验来测量。
11. 某N型Si半导体的功函数WS 是，金属Al的功函数Wm是 eV， 该半导体和金属接触时的界面将会形成 反阻挡层接触/欧姆接触 。
12. 有效复合中心的能级位置靠近 禁带中心能级/本征费米能级/Ei 。
13. MIS结构中半导体表面处于临界强反型时，表面少子浓度等于内部多子浓度，表面反型少子的导电能力已经足够强，称此时金属板上所加电压为 开启电压/阈值电压 。
14. 金属和*n*型半导体接触形成肖特基势垒，若外加正向偏压于金属，则半导体表面电子势垒高度将降低，空间电荷区宽度将相应地（减少/变窄/变薄）。

得 分

1. 选择题（共15分，每题1 分）
2. 如果对半导体进行重掺杂，会出现的现象是 D 。
3. 禁带变宽
4. 少子迁移率增大
5. 多子浓度减小
6. 简并化
7. 已知室温下Si的本征载流子浓度为。处于稳态的某掺杂Si半导体中电子浓度，空穴浓度为，则该半导体 A 。
   1. 存在小注入的非平衡载流子
   2. 存在大注入的非平衡载流子
   3. 处于热平衡态
   4. 是简并半导体
8. 下面说法错误的是 D 。
   1. 若半导体导带中发现电子的几率为0，则该半导体必定处于绝对零度
   2. 计算简并半导体载流子浓度时不能用波尔兹曼统计代替费米统计
   3. 处于低温弱电离区的半导体，其迁移率和电导率都随温度升高而增大
   4. 半导体中，导带电子都处于导带底Ec能级位置
9. 下面说法正确的是 D 。
   1. 空穴是一种真实存在的微观粒子
   2. MIS结构电容可等效为绝缘层电容与半导体表面电容的的并联
   3. 稳态和热平衡态的物理含义是一样的
   4. 同一种半导体材料中，电子迁移率比空穴迁移率高
10. 空间实验室中失重状态下生长的GaAs与地面生长的GaAs相比，载流子迁移率要高，这是因为 B 。
    1. 无杂质污染
    2. 晶体生长更完整
    3. 化学配比更合理
    4. 宇宙射线的照射作用
11. 半导体中少数载流子寿命的大小主要决定于 A 。
    1. 复合机构
    2. 散射机构
    3. 禁带宽度
    4. 晶体结构
12. 若某材料电阻率随温度升高而单调下降，该材料是 A 。
    1. 本征半导体
    2. 杂质半导体
    3. 金属导体
    4. 简并半导体
13. 对于只含一种杂质的非简并ｐ型半导体，费米能级随温度上升而 D 。
    1. 上升
    2. 下降
    3. 不变
    4. 经过一极值后趋近Ei
14. GaAs具有微分负电导现象，原因在于在强电场作用下， A 。
    1. 载流子发生能谷间散射
    2. 载流子迁移率增大
    3. 载流子寿命变大
    4. 载流子浓度变小
15. 以下4种不同掺杂情况的N型Ge半导体中，室温下电子迁移率由大到小的顺序是 C 。
16. 掺入浓度1014 cm-3的P原子；
17. 掺入浓度1015 cm-3的P原子；
18. 掺入浓度2×1014 cm-3的P原子，浓度为1014 cm-3的B原子；
19. 掺入浓度3×1015 cm-3的P原子，浓度为2×1015 cm-3的B原子。
20. abcd
21. bcda
22. acbd
23. dcba
24. 以下4种Si半导体，室温下功函数由大到小的顺序是 C 。
25. 掺入浓度1016 cm-3的B原子；
26. 掺入浓度1016 cm-3的P原子；
27. 掺入浓度1016 cm-3的P原子，浓度为1015 cm-3的B原子；
28. 纯净硅。
29. abcd
30. cdba
31. adcb
32. dabc
33. 以下4种不同掺杂情况的半导体，热平衡时室温下少子浓度最高的是 D 。
34. 掺入浓度1015 cm-3 P原子的Si半导体；
35. 掺入浓度1014 cm-3 B原子的Si半导体；
36. 掺入浓度1015 cm-3 P原子Ge半导体；
37. 掺入浓度1014 cm-3 B原子Ge半导体。

（已知室温时：Si的本征载流子浓度，Ge的本征载流子浓度）

1. 直接复合时，小注入的P型半导体的非平衡载流子寿命 *?d*决定于 B 。
   1.  B. 
2.  D. 其它
3. 在金属-SiO2-p型Si构成的MIS结构中，SiO2中分布的可动正电荷不会影响 C 。
   1. 半导体表面势
   2. 平带电压
   3. 平带电容
   4. 器件的稳定性
4. 不考虑表面态的影响，如需在n型硅上做欧姆电极，以下四种金属中最适合的是 A 。
   1. In (Wm= eV)
   2. Cr (Wm= eV)
   3. Au (Wm= eV)
   4. Al (Wm= eV)

得 分

三、 问答题（共31分，共四题， 6 分＋10分＋10分＋5分）

1. 写出下面能带图代表的半导体类型，掺杂程度。 （6分）

*E*C

*E*V

*E*F

*E*i

*E*C

*E*V

*E*F

*E*i

*E*C

*E*V

*E*F

*E*i

*E*C

*E*V

*E*F

*E*i

*E*C

*E*V

*E*F

*E*C

*E*V

*E*F

*E*i

**(a)**

**(b)**

**(c)**

**(d)**

**(e)**

**(f)**

答：(a) 强*n*型 (b) 弱*p*型 (*c*) 本征型或高度补偿型

(*d*) 简并、*p*型 (*e*) 弱*n*型 (*f*) 强*p*型

2. 型半导体衬底形成的MIS结构，画出外加不同偏压下积累、平带、耗尽、反型四种状态的能带图。画出理想的低频和高频电容-电压曲线。解释平带电压。  **(10分)**

答： 图略（各2分，共8分）

平带电压：功函数或者绝缘层电荷等因素引起半导体内能带发生弯曲，为了恢复平带状态所需加的外加栅偏压。或者使半导体内没有能带弯曲时所加的栅电压。 （2分）

3. 写出至少两种测试载流子浓度的实验方法，并说明实验测试原理。 **（10分）**

答：可以采用**C-V测试**以及**霍耳效应**来测试载流子浓度；（2分）

方法⑴： *C*-*V*测试法：a)采用金半接触结构，测试*C*-*V*曲线，可以得到曲线为一条直线，斜率为，因此可以求出掺杂浓度*N*D或*N*A；b)若采用MIS结构，测试高频*C*-*V*曲线，由*C*-*V*曲线的最大值求出氧化层厚度*d*0，再结合最小值可以求出掺杂浓度；（4分）

方法⑵：霍耳效应。霍耳实验中，根据*I*x，*B*z，*d*，测出霍耳电压*V*H，由霍耳电压正负判断导电类型，因为 ，因此求出霍耳系数RH；再根据或求出载流子浓度。 （4分）

4. 在一维情况下，描写非平衡态半导体中载流子（空穴）运动规律的连续方程为：，请说明上述等式两边各个单项所代表的物理意义。 **（5分）**

答：――在x处，t时刻单位时间、单位体积中空穴的增加数；（1分）

――由于扩散，单位时间、单位体积中空穴的积累数；（1分）

――由于漂移，单位时间、单位体积中空穴的积累数；（1分）

――由于复合，单位时间、单位体积中空穴的消失数；（1分）

――由于其他原因，单位时间、单位体积中空穴的产生数。（1分）

得 分

四、 计算题（共38分，8＋10＋10＋10，共4题）

1. 有一块半导体硅材料，已知在室温下（300K）它的空穴浓度为p0=×1016cm-3,室温时硅的Eg=，ni=×1010cm-3，k0T=。 **（8分）**

⑴ 计算这块半导体材料的电子浓度；判断材料的导电类型；

⑵ 计算费米能级的位置。

解：（1）

（2分）

因为，故该材料为p型半导体。 （2分）

（2） （4分）

即该p型半导体的费米能级在禁带中线下处。

（1分＋2分＋1分）

2. 某p型Si半导体中受主杂质浓度为 NA=1017cm-3且在室温下完全电离， Si的电子亲和能为，禁带宽度为，，试求：

1. Si半导体费米能级位置及功函数；
2. 若不计表面态的影响，该p型Si半导体与银接触后是否能够形成阻挡层？已知银的功函数为WAg=。
3. 若能形成阻挡层，求半导体一侧的势垒高度和势垒宽度。

（室温下k0T=，Si介电常数*ε*r=12，*ε*0=×10-14F/cm，C） **(10分)**

解：1) 费米能级： （2分）

即位于禁带中心以下 eV位置 （即qVB= eV）

功函数： （2分）

2) 对于p型Si，因为能够形成空穴阻挡层 （2 分）

3) 半导体一侧的势垒高度： （2分）

势垒宽度： （2分）

3. 假设室温下某金属与SiO2及p型Si构成理想MIS结构，设Si半导体中受主杂质浓度为NA=×1015/cm3, SiO2厚度0.2 mm，SiO2介电常数，Si介电常数12。

1. 求开启电压VT；
2. 若SiO2-Si界面处存在固定的正电荷,实验测得VT=, 求固定正电荷的电荷量。

（k0T=，Si:,*ε*0=×10-14 F/cm，C）**(10分)**

解：1) 费米势： （2分）

表面电荷量： （1分）

绝缘层电容： （1分）

开启电压： （2分）

2) 开启电压变化即平带电压的变化： （2分）

固定电荷量： （2分）

4．Pt/Si肖特基二极管在T=300K时生长在掺杂浓度为ND=1016cm-3的n型<100>Si上。肖特基势垒高度为。计算1）En=EC-EF，2）qVD,，3）忽略势垒降低时的JST，4）使J=2A/cm2时的外加偏压V。 **（10分）**

解：

 （1分）

 （1分）

 （2分）

 （2分）

 （1分）

 （2分）

 （1分）