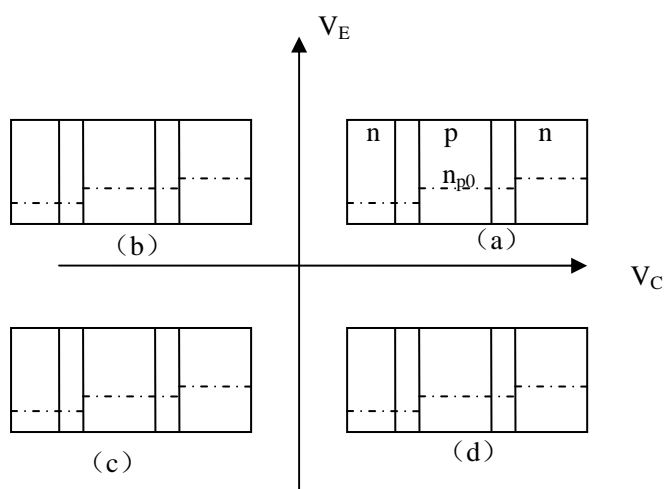


半导体器件期末试题（A）（2003. 1）

一、（10 分）在下图中画出发射区、基区和收集区少子分布示意图，说明晶体管的工作模式和工作条件。



二、（20 分）求 p-n 结长二极管 n 区和 p 区的少子分布，电流分布 $I_n(x)$ 、 $I_p(x)$ 和总电流 I 。

三、（10 分）用费米能级恒定的观点解释平衡 p-n 结空间电荷区的形成。画出空间电荷取得示意图和平衡 p-n 界的能带图。

四、（10 分）导出饱和电流 I_0 对温度 T 的依赖关系。

五、（10 分）说明 $V_{TH} = \Phi_{ms} + \Psi_{Si} - Q_0/C_0 - Q_B/C_0$ 中的各项物理意义，如果器件为 n 沟 MOST，判断上式右端各项的正负号。

六、（10 分）画出能带图，说明发光管的工作原理。

七、（10 分）画出结型场效应晶体管小信号等效电路图，证明其截至频率为 $f_{co} = g_m / 2\pi C_G$ 。式中 g_m 和 C_G 分别为跨导和栅电容。

八、（10 分）若 P 型半导体杂质分布为 $N_a(x) = N_0 e^{-ax}$ ， a 为常数。计算自建电势和自建电场。

九、(10 分) npn 晶体管基区杂质分布为 $N_a(x) = N_0 e^{\frac{-ax}{x_B}}$ ，计算基区输运因子 β_T 。

[注]: $\beta_T = 1 - \left(\frac{1}{L_n^2} \right) \int_0^{x_B} \frac{dx}{N_a(x)} \left[\int_0^{x_B} N_a(x) dx \right]$

半导体器件期末试题 (B) (2003)

一、(15 分) 根据载流子漂移和扩散的观点, 解释 p-n 结空间电荷区的形成并画出平衡 p-n 结空间电荷区的示意图。

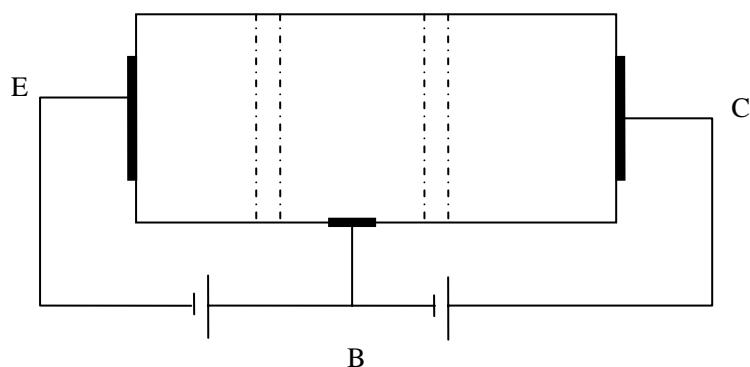
二、(15 分) GaAs 二极管的顶面上生长一层 AlGaAs 层, 对于 GaAs 发光管来说, 有什么好处?

三、(20 分) 证明在 p-n 结空间电荷区边缘处, 少子浓度为 $n_p = e^{\frac{V}{V_T}}$ 。

四、(15 分) 画出金属——半导体肖特基势垒在热平衡, 正向偏压和反偏压三种情况下的能带图。

五、(15 分) 画出结型场效应晶体管结构示意图, 简述其工作原理。

六、(20 分) 在下图中画出个电流分量, 写出各级电流的表达式及相互关系。晶体管为 npn。



半导体器件期末试题 (A)

吉林大学电子科学与工程学院 2003. 12. 22)

一、(5 分) 解释克尔克 (kirk) 效应。

二、(10 分) 画出采用金属搭接的肖脱基势垒二极管的结构示意图。

与 P-N 结二极管比较, 肖脱基势垒二极管的主要特点是什么?

三、(10 分) 在 GaAs 发光管的顶层上生长一层附加的 AlGaAs 已形成光学窗口。它的主要作用是什么?

四、(10 分) 根据载流子漂移和扩散的观点解释 P-N 结空间电荷区的形成。

五、(10 分) 画出 JFET 交流小信号等效电路图。根据等效电路图证明, 截至频率为

$$f_{co} = \frac{g_m}{2\pi C_G}。 \text{ 式中 } C_G = C_{gs} + C_{gd}。$$

六、(15 分) P-N 结长二极管处于反偏压状态。空间电荷区边界分别为 $-x_p$ 和 x_p 。边界条件取为 $n_p(-x_p) = 0$ 、 $n_p(-\infty) = n_{p0}$ 、 $p_n(x_n) = 0$ 和 $p_n(\infty) = p_{n0}$ 。

1、解扩散方程求少子分布 $n_p(x)$ 和 $p_n(x)$; 电流分布 $I_n(x)$ 和 $I_p(x)$ 以及总电流 I 。

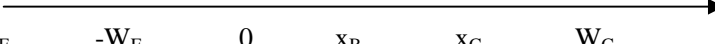
2、画出 $n_p(x)$, $p_n(x)$, $|I_n(x)|$ 和 $|I_p(x)|$ 分布示意图。

七、(10 分) 若基区杂质分布 $N_d(x) = N_0 e^{-ax/x_B}$, 试计算基区渡越时间 τ_B 。

$$\text{注: } \tau_B = \frac{1}{D_n} \int_0^{x_B} \frac{dx}{N_d} \left[\int_0^{x_B} N_d dx \right]。$$

八、(5 分) 写出 MOSFET 阈值电压 V_{TH} 表达式, 说明各项的意义。

九、(10 分)



图中各点依次为 NPN 晶体管发射区欧姆接触处 ($-x_E$)，发射结空间电荷区在发射区和基区中的边界 ($0, x_B$)，集电结空间电荷区在其区和集电区中边界 (x_B, x_C) 和集电区欧姆接触处 (W_C)。

1、写出 $-W_E$ ， 0 ， x_B 和 x_C 处少子的边界值 $p_n(-W_E)$ ， $n_p(0)$ ， $n_p(x_B)$ 和 $p_n(x_C)$ 。

2、若 $p_n(-x_E)=p_{NE0}$ ， $p_n(W_C)=P_{NC0}$ ，画出各区少子的分布示意图。

十、(15 分) 设 P^+-N 结空间电荷区边界分别为 $-x_p$ 和 x_n ，利用 $np = n_i^2 e^{V/V_T}$ 导出 P^+ 区为小注入， n 区空穴注入为一般情况的 $p_n(x_n)$ 表达式。给出 n 区空穴为小注入和大注入两种情况下的 $p_n(x_p)$ 表达式。

半导体器件期末试题 (B)

(吉林大学电子科学与工程学院 2003. 12. 22)

一、(20 分) 根据热平衡系统费米能级恒定的观点, 解释 P-N 结空间电荷区的形成。

二、(20 分) 长 P-N 结, 边界条件取为 $n_p(-x_p) = n_{p0}e^{V/V_T}$ 、 $n_p(-\infty) = n_{p0}$ 、 $p_n(x_n) = p_{n0}e^{V/V_T}$ 和 $p_n(\infty) = p_{n0}$ 。

1、解扩散方程求少子分布 $n_p(x)$ 和 $p_n(x)$; 电流分布 $I_n(x)$ 和 $I_p(x)$ 以及总电流 I 。

2、画出载流子分布和电流分布示意图, 说明少子电流转换成多子电流的过程。

三、(15 分) 画出金属和 n 型半导体形成肖脱基接触的能带图, 包括热平衡, 正偏和反偏三种情况。

四、(15 分) 说明晶体管 (NPN) 放大工作原理, 画图说明个电流分量, 写出各级电流 (I_E , I_B , I_C) 表达式。

五、(15 分) 画出能带图说明发光二极管的工作原理。

六 (15 分) 写出 MOSFET 阈值电压 V_{TH} 表达式, 说明各项的意义。

半导体器件期末试题 2004 年

一、(20 分) 回答下列各题

- 1、P-N 结少子正向注入和反向抽取
- 2、光生伏特效应
- 3、JFET 沟道夹断
- 4、欧姆接触
- 5、LED 的辐射复合效率

二、(20 分) P⁺-N 长二极管受到以光源均匀照射，所引起的 e-h 对的产生率 G_L ，解扩散方程证明：

$$(a) \Delta p_n = \left[p_{n0} (e^{V/V_T} - 1) - G_L \frac{L_p^2}{D_p} \right] e^{-x/L_p} + \frac{G_L L_p^2}{D_p}, (x > 0)$$

$$\Delta n_p = \left[n_{p0} (e^{V/V_T} - 1) - G_L \frac{L_n^2}{D_n} \right] e^{x/L_p} + \frac{G_L L_n^2}{D_n}, (x < 0)$$

(b) 短路电流 I_L 为

$$I_L = qAG_L (L_n + L_p)$$

注：边界条件取为：

$$\begin{cases} x=0, p_n = p_{n0} e^{V/V_T}, n_p = n_{p0} e^{V/V_T} \\ x=\infty, p_n = p_{n0} \\ x=-\infty, n_p = n_{p0} \end{cases}$$

三、(10 分) 对于双极结型晶体管 (BJT)

1、画出电流分两示意图，写出各极电流 I_E ， I_B ， I_C 的表示式以及三者之间的关系式。

2、写出在 $x=-x_E$ ， $x=-w_E$ ， $x=0$ ， $x=x_B$ ， $x=x_C$ 和 $x=\infty$ 处少子边界条件。

3、说明 BJT 的放大作用。

四、(10 分) 画出肖特基势垒钳位晶体管的电路图和集成结构示意图。

五、(10 分) 写出 MOSFET 阈值电压表示式, 说明式中各项所代表的物理意义。

六、(15 分) 若晶体管基区渡越时间为 $\tau_B = \frac{1}{D_n} \int_0^{x_B} \frac{dx}{N_a} \left[\int_0^{x_B} N_a dx \right]$

1、 N_a =常数

2、 $N_a = N_0 e^{-ax/x_B}$

计算 τ_B

七、(15 分) 根据 $I_n = qAn_p\mu_n\varepsilon + qAD_n \frac{dn_p}{dx}$ 和 $\varepsilon = -\frac{d\Psi}{dx}$

证明: $\Psi_0 = \Psi_n - \Psi_p = V_T \ln \frac{N_a N_d}{n_i^2}$

1999 年半导体器件原理期末补考试题

- 1、(15 分) 共基极和共发射极接法两种输出曲线的异同点是什么？指出其原因？
- 2、(10 分) 晶体管的反向电流有几种，他们格式有什么原因引起的？
- 3、(10 分) 什么是发射极电流集边效应？采取哪些措施来克服集边效应？
- 4、(20 分) 什么是共基极截止频率？共发射极截止频率？特征频率？最高震荡频率？
- 5、(15 分) 在开关过程中，基区中的电子和空穴的复合作用对开启时间有什么影响？从开关角度看复合作用大些好还是小些好？为什么？
- 6、(10 分) 什么是晶体管的热噪声？指出其产生的原因及频谱特性？
- 7、(10 分) 简述肖克莱二极管的工作原理？
- 8、(10 分) 在共发射极电路中，如果晶体管短路电流放大系数为 β ，early 电压为 $|V_{ea}|$ ，求输出端电压为 V_{ce} 时的电流放大系数 β ？

2003 年半导体物理学期末试卷 (A)

一、完成下列各题 (45 分)

1、根据晶体中共有化运动电子的能量谱值的特点，示意地画出一维晶体中电子能量 E 和波矢 k 之间的关系曲线的三种形式（即扩展区形式、重复形式和简约形式，假设晶体的晶格常数 a ）

2 假设某晶体价带顶附近的电子能量为 $E(k) = E_0 - Ak^2$ ，其中， E_0 ， A 都为与波矢 k 无关的常数，如果将该价带顶附近一波矢为 k_0 的电子移走，试求出遗留下来的空穴的有效质量、速度和能量。

3、试分别求出室温下 Si、Ge、GaAs 的本征吸收长波限的波长。

4 一半导体样品中有浓度为 N_d 的施主杂质，同时还有浓度为 N_a 的受主杂质，假设 $N_a > N_d$ ，试写出各种温度下的电中性条件。

5、已知在某 N 型半导体样品中进行光注入时，非平衡少子的连续性方程为：

$$\frac{\partial \Delta p}{\partial t} = -\mu_p E \frac{\partial \Delta p}{\partial x} + D_p \frac{\partial^2 \Delta p}{\partial x^2} - \frac{\Delta p}{\tau} + G$$

其中， E 为样品中沿 x 方向的电场

强度，试分别在下列条件下，简化连续性方程。（1）稳态时；（2）杂质分布均匀，并且光被样品均匀吸收时（不考虑表面复合）；（3）样品内电场极其微弱时；（4）停止光照后。

6、假设复合中心的种类和浓度不变，且复合中心能级始终处于禁带的上半部的某位置不变，试根据 Shockley-Read 公式，考虑同一种材料的半导体样品，讨论在不同的导电类型的导电性能时，非平衡载流子的近似寿命。

7、设 Si 材料的导带能谷中，电子的纵向有效质量为 m_1 ，横向有效

质量为 m_t ，如果外加电场 E 沿 $[100]$ 方向，试分别写出 $[100]$ 和 $[010]$ 方向能谷中电子的加速度。

二、(12 分) 已知在某杂质补偿的非简并半导体样品中，施主浓度为 N_d ，受主浓度为 N_a ，电子的迁移率 μ_n 大于空穴的迁移率 μ_p ，设在某一温度 T_0 时，杂质已经全部电离，此时测得该样品的霍尔系数 $R_H(T_0) = 0$ ，电导率 $\sigma(T_0) = \sigma_0$ ，已知两种载流子的霍尔系数公式为

$$R_h = \frac{p\mu_p^2 - n\mu_n^2}{e(p\mu_p + n\mu_n)^2}, \text{ 试判断该样品的导电类型，并证明：}$$

$$\sigma_0 = e \frac{\mu_n \mu_p}{\mu_n - \mu_p} (N_a - N_d)$$

三、(15 分) 一个有杂质补偿的半导体样品，已经掺入的受主浓度 $N_a = 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ ，设室温下其费米能级 E_f 恰好与施主能级 E_d 重合，导带电子浓度为 $n_0 = 5 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ ，试求出：

1、样品中的施主浓度 N_d 。(设施主杂质能级的简并因子 $g_d = 2$)

2、电离杂质和中性杂质的浓度各是多少？

3、设室温下该样品的本征载流子浓度 $n_i = 5 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ ，若此时向其内部均匀注入浓度为 $\Delta n = \Delta p = 5 \times 10^{12} \text{ cm}^{-3}$ 的过程载流子，试计算此时少子的准费米能级与本征费米能级 E_i 的差值。($\ln 10 = 2.3$)

四、(18 分) 对于 MOS 结构的电容器，根据外加电压的不同，半导体表面的空间电荷区有积累层、耗尽层、反型层三种类型，以 P 型半导体为例，

1、试分别画出这三种情况下的半导体表面及内部的能带图

2、证明：开始出现强反型时，表面势 V_s 为费米势 Φ_f 的二倍，

即： $V_s = 2\Phi_f$

3、设该 P 型半导体样品中，受主浓度为 N_a ，相对介电常数为 ϵ_r ，利用耗尽层近似，证明空间电荷区宽度 x_0 为表面是 V_s 的关系式为：

$$x_0 = \left(\frac{3\epsilon_r \epsilon_0}{N_a e} V_s \right)^{1/2}$$

五、（10 分）以下分别是本征 Ge 和本征 GaAs 材料在室温下的吸收谱图，试根据他们的吸收谱的不同，判断他们的能带结构的差异，并说明理由。

插入图片

明

2005 年半导体器件物理复试试题

一. (20 分) 回答或解释下列问题:

耗尽近似 穿通击穿 kirk 效应 光生伏打效应

二. (15 分) 根据扩散电流和修正欧姆定律证明, 加偏压 V 的 PN 结经过扩散区, 空穴准费能级改变 $\Delta E_F = qV$ 。

三. (15 分) 与 PN 结二极管比较, 金属-半导体结二极管有哪些优点?

四. (15 分) 写出实际 MOSFET 阈值电压的表达式。说明式中各项的物理意义。

五. (20 分) 导出 N^+PN 缓变基区晶体管中基区电子分布 $n_p(x)$ 和电子电流 I_n 的表达式。

六. (15 分) 画出 JFET 小信号等效电路图。根据等效电路图写出输入电流和输出电流的表达式。求出截止频率

。

期末考试题部分

半导体物理 (1999 年 6 月) (A)

一. 名词解释和回答问题: (20 分)

1. 什么是霍尔效应?
2. 砷化镓晶体中有, 描述原子振动的格波有几支, 其中有几只

声学波,几只光学波?

3. 什么是丹倍效应?
4. 迁移率的物理意义是什么, 它由哪些因素决定?
5. 某晶体中, 导带电子的能量可以表示为:
$$E(\vec{k}) = Ak_x^2 + Bk_y^2 + Ck_z^2$$
, 式中 A、B、C 为常数, 试写出电子在电场 \vec{E} 中的加速度表达式。
6. 一个 P 型半导体构成的理想 MOS 电容器, 试画出高频 C-V 曲线, 并标出归一化平带电容。
7. 写出 N 型半导体的少子连续性方程。

二. (20 分) 一个施主浓度为 N_d 的 N 型半导体:

1. 在一般条件下, 写出电中性条件;
2. 在饱和电离区, 写出多子和少子浓度公式;
3. 在饱和电离区, 导出费米能级公式, 并画出费米能级在禁带中的位置随施主浓度变化的示意图。

三. (20 分) 说明半导体中的本征吸收(什么是本征吸收、本征吸收限、与本征吸收有关的电子跃迁过程)和杂质吸收(画图说明有几种类型的杂质吸收), 并指出它们对应的吸收光谱有什么特点。

四. (20 分) 一个受主浓度为 N_a 的 P 型半导体:

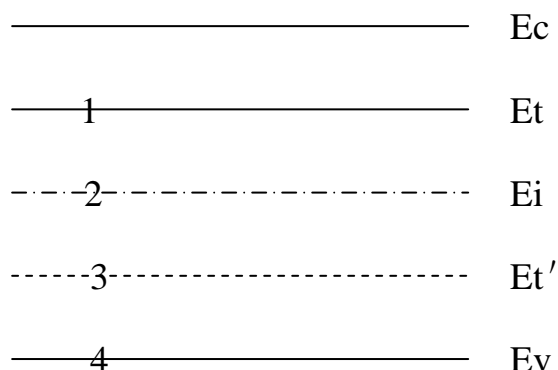
1. 在表面空间电荷区为积累层、耗尽层和反型层三种情况下, 分别画出能带图 (要求画出费米能级和本征费米能级);
2. 画出开始出现强反型层时的能带图, 导出开始出现强反型层

的条件；

3. 设 $Na = 1.5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ ，试求出开始出现强反型层时的表面势
(已知：室温下，本征载流子浓度 $n_i = 1.5 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ ， $kT/e = 0.026 \text{ eV}$ ， $\ln 10 = 2.3$)

五. (20 分)

1. 画图说明通过复合中心的复合和产生过程中包含的四种基本过程，写出这些过程的速率；
2. 写出通过复合中心复合的寿命公式；
3. 设复合中心能级 E_t 在导带底 E_c 和本征费米能 E_i 之间，用 E_t' 表示在 E_i 之下与 E_t 对称的位置，试按图中所示的四个区域讨论寿命与载流子浓度的关系。



半导体物理（1999 年 6 月）(B)

一. 名词解释和回答问题：(20 分)

- 1.什么是霍尔效应?
- 2.什么是声子?
- 3.什么是光电导效应?
- 4.迁移率的物理意义是什么, 它由哪些因素决定?
- 5.某晶体中, 导带电子的能量可以表示为: $E(\vec{k}) = Ak_x^2 + Bk_y^2 + Ck_z^2$,
式中 A、B、C 为常数, 试写出电子在电场 \vec{E} 中的加速度表达式。
- 6.一个 P 型半导体构成的理想 MOS 电容器, 试画出高频 C-V 曲线,
并标出归一化平带电容。
- 7.什么是耗尽层近似?

二. (20 分) 一个施主浓度为 N_d 的 N 型半导体:

1. 在一般条件下, 写出电中性条件;
2. 在饱和电离区, 写出多子和少子浓度公式;
3. 在饱和电离区, 导出费米能级公式, 并画出费米能级在禁带中的位置随施主浓度变化的示意图。

三. (20 分) 说明半导体中的本征吸收(什么是本征吸收、本征吸收限、与本征吸收有关的电子跃迁过程)和杂质吸收(画图说明有几种类型的杂质吸收), 并指出它们对应的吸收光谱有什么特点。

四. (20 分) 一个受主浓度为 N_a 的 P 型半导体:

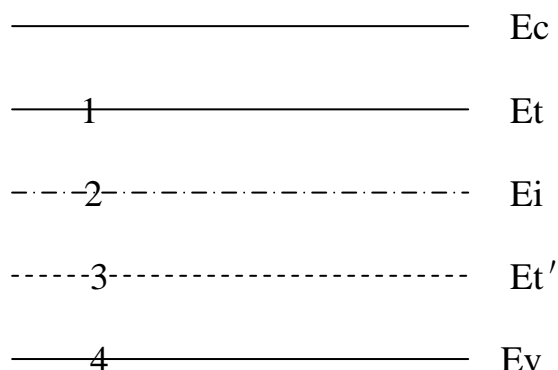
- a) 在表面空间电荷区为积累层、耗尽层和反型层三种情况下, 分别画出能带图 (要求画出费米能级和本征费米能级);
- b) 画出开始出现强反型层时的能带图, 导出开始出现强反型层的

条件;

- c) 设 $Na = 1.5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$, 试求出开始出现强反型层时的表面势
(已知: 室温下, 本征载流子浓度 $n_i = 1.5 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$, $kT/e = 0.026 \text{ eV}$, $\ln 10 = 2.3$)

五. (20 分)

- a) 画图说明通过复合中心的复合和产生过程中包含的四种基本过程, 写出这些过程的速率;
- b) 写出通过复合中心复合的寿命公式;
- c) 设复合中心能级 E_t 在导带底 E_c 和本征费米能 E_i 之间, 用 $E_{t'}$ 表示在 E_i 之下与 E_t 对称的位置, 试按图中所示的四个区域讨论寿命与载流子浓度的关系。



半导体物理考题

一、名词解释和回答问题:

1. 砷化镓晶体中有, 描述原子振动的格波有几支, 其中有几只声

学波,几只光学波?

2. 迁移率的物理意义是什么, 它由哪些因素决定?
3. 什么是霍尔效应? 对于掺杂半导体, 怎么样利用霍尔效应实验判断导电类型?
4. 若价带附近有一个共有运动速度为 v_n , 有效质量为 m_n^* , 波矢为 k_n , 能量为 E 的电子被激发到导带, 从而在价带产生一个空穴, 写出该空穴的电荷, 共有化运动速度, 波矢, 有效质量, 准动量, 能量。
5. 画图说明通过复合中心的复合和产生过程中包含的四种基本过程。
6. 简要说明晶体中能量谱值的特点。

二. (20 分) 一个施主浓度为 N_d 的 N 型半导体:

1. 在一般条件下, 写出电中性条件;
2. 在饱和电离区, 写出多子和少子浓度公式;
3. 在饱和电离区, 导出费米能级公式, 并画出费米能级在禁带中的位置随施主浓度变化的示意图。

三. (20 分) 说明半导体中的本征吸收(什么是本征吸收、本征吸收限、与本征吸收有关的电子跃迁过程)和杂质吸收(画图说明有几种类型的杂质吸收), 并指出它们对应的吸收光谱有什么特点。

四. (20 分) 一个受主浓度为 N_a 的 P 型半导体:

1. 在表面空间电荷区为积累层、耗尽层和反型层三种情况下, 分

别画出能带图（要求画出费米能级和本征费米能级）；

2. 出开始出现强反型层时的能带图，导出开始出现强反型层的条件；

3. 设 $Na = 1.5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ ，试求出开始出现强反型层时的表面势（已知：室温下，本征载流子浓度 $n_i = 1.5 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ ， $kT/e = 0.026 \text{ eV}$ ， $\ln 10 = 2.3$ ）

五.（15 分）用光照射 N 型半导体样品，假设光被均匀吸收，电子空穴对产生率为 G ，空穴的寿命为 τ ，开始光照时，即 $t = 0$ ， $\Delta P = 0$ 。

1. 写出一般情况下少子连续性方程；
2. 求出在光照开始后任意时刻的过剩载流子浓度 ΔP ；
3. 求出在光照达到稳定时的过剩载流子浓度。

半导体器件期末试题(A)

一.（10 分）写出晶体管的四种工作模式，并标明各自的工作条件。

二.（15 分）已知， $n = n_i e^{(\psi - \phi_n)}$ ， $I_n = qA \left(n \mu_n \mathcal{E} + D_n \frac{dn}{dx} \right)$ ，试证明：

$$J_n = -\sigma_n(x) \frac{d\phi_n}{dx}, \text{ 其中 } \sigma_n = qn\mu_n.$$

三.（15 分）试证明在 p-n 结边界处有如下边界条件成立：

$$n_p = n_{po} e^{V/V_T}$$

四. (10 分) 设 $\phi_m > \phi_s$, 画出金属与 n 型半导体接触的能带图, 包括

(a)、接触之前和 (b) 接触之后并且处于热平衡情况。

五. (15 分) 假设 p^+n 场二极管受到一光源均匀照射, 所引起的电子空穴对产生率为 G_L , 解二极管 n 侧扩散方程, 以证明:

$$(1) \Delta p = \left[p_{n0} (e^{V/V_T} - 1) - G_L \frac{L_p^2}{D_p} \right] e^{-x/L_p} + \frac{G_L L_p^2}{D_p}$$

(2) 计算 $J_p(x)$

$$(\text{注: } n \text{ 侧 } D_p \frac{d^2 \Delta p}{dx^2} + G_L - \frac{\Delta p}{\tau_p} = 0, L_p^2 = D_p \tau_p)$$

六. (10 分) 方程 $V_{TH} = \phi_{ms}' + \varphi_{si} - \frac{Q_0}{C_0} - \frac{Q_B}{C_0}$ 中各项的物理意义,

对于 n-沟和 p-沟两种情况, 如果 $\phi_{ms}' < \varphi_{si}$, 分别将 “>” 或 “<” 号填入下表。

	ϕ_{ms}'	φ_{si}	$-\frac{Q_0}{C_0}$	$-\frac{Q_B}{C_0}$
n-沟	0	0	0	0
p-沟	0	0	0	0

七. (10 分) 画出 GaAs 肖脱基势垒场效应晶体管的结构示意图, 并简

要说明它的优点。

八. (15 分) 若基区输运因子 $\beta_T = 1 - \frac{1}{L_n^2} \int_0^{x_B} \left(\frac{1}{N_a} \int_x^{x_B} N_a dx \right) dx$, 证明:

(1) 对于均匀掺杂基区, $\beta_T = 1 - \frac{1}{2} \frac{x_B^2}{L_n^2}$

(2) 若基区杂质分布为 $N_a = N_0 e^{-ax/x_B}$, 导出 β_T 的表达式。

半导体器件期末考试题

一. (10 分) 写出晶体管的四种工作模式, 并标明各自的工作条件。

二. (20 分) 试由 $I_n = qA \left(n\mu_n \varepsilon + D_n \frac{dn}{dx} \right)$ 出发, 证明在热平衡时 p-n

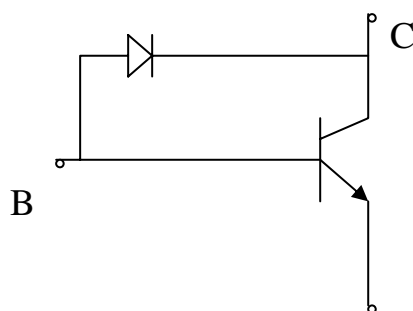
结的势垒高度值: $\varphi_0 = \varphi_n - \varphi_p = V_T \ln \frac{N_a N_d}{n_i^2}$, 已知。

三. (24 分)

(1) 画出能带图, 说明 LED 的工作原理。

(2) 解释晶体管 h_{FE} 在小电流范围内随 I_c 减小而下降的现象。

(3) 说出图示集成器件的名称、用途和工作原理。



四. (24 分) 假设 p^+n 场二极管受到一光源均匀照射, 所引起的电子空穴对产生率为 G_L (常数)。

(1) 如果 n 侧过剩空穴浓度为:

$$\Delta p = \left[p_{n0} (e^{V/V_T} - 1) - G_L \frac{L_p^2}{D_p} \right] e^{-x/L_p} + \frac{G_L L_p^2}{D_p}$$

写出 p 侧 Δn 的表达式。

(2) 由 (1) 求出总电流 $I = I_p + I_n$ 的表达式。

(3) 由 (2) 写出光电流 I_L 的表达式。

五. (16 分)

画出 n-p-n 晶体管的示意图, 并表示出所有的电流成分, 分别写出 I_E 、 I_C 、 I_B 的表达式及 I_E 、 I_C 、 I_B 所满足的方程式。