

半导体器件物理复习指导纲要

说明：1.《半导体器件物理复习指导纲要》（以下简称《纲要》）是为吉林大学电子科学与工程学院本科生准备《半导体器件物理》课程的学期末考试所提供的参考资料。

2.《纲要》也可作为吉林大学微电子学与固体电子学专业攻读硕士学位研究生入学考试参考资料。作为研究生入学考试将出现百分之五~百分之十的更高能力考察题，这些题可能出现也可能没有出现在《纲要》中。

3.本科生的学期末考试将不考察《纲要》中所出现的“更高能力考察题”（※题）。

4.试题可能在《纲要》原题基础上略加变化。

5.○题—自《纲要》发布起两年内两年（含当年）不考试。

6.为适应不断深入的教学改革的需要，《纲要》的内容可能每年有所变化。变化将在国家精品课程《半导体器件物理与实验》网站《论坛》中通知。

7.《纲要》仅为参考资料，错误之处请谅解并欢迎指正。

吉林大学电子科学与工程学院 孟庆巨

复习内容

- 一. 基本概念与问题解释
- 二. 主要理论推导与命题证明
- 三. 主要图、表
- 四. 重要习题解答
- 五. 更高能力考察问题（包括※题）

参考资料

- 一. 孟庆巨 刘海波 孟庆辉著《半导体器件物理》 科学出版社 2005.1 第一次印刷~2007.3 第三次印刷
- 二. 学生课堂笔记
- 三.《半导体器件物理学习指导》 孟庆巨编 吉林大学国家精品课程网站—半导体器件物理
- 四.学生作业
- 五.历年期末试题
- 六. 历年吉林大学微电子学与固体电子学专业攻读硕士学位研究生入学试题及复试试题

第二章 PN 结

一. 基本概念与问题解释 (37 个)

PN 结 同质结 异质结 ○同型结 ○异型结 ○高低结 金属-半导体
结突变结 线性缓变结 单边突变结 空间电荷区 中性区 耗尽区 耗
尽近似 势垒区 少子扩散区 扩散近似 正向注入 反向抽取 正偏复
合电流 反偏产生电流 隧道电流 产生隧道电流的条件 隧道二极管
的主要特点 过渡电容(耗尽层电容) 扩散电容 等效电路 反向瞬变
电荷贮存 贮存电荷 隧道击穿 雪崩击穿 临界电场 雪崩倍增因子
雪崩击穿判据

利用热平衡费米能级恒定的观点分析 PN 结空间电荷区的形成。

从载流子扩散与漂移的角度分析 PN 结空间电荷区的形成。

根据载流子扩散与漂移的观点分析 PN 结的单向导电性。

写出边界条件公式 (2-29), (2-30), 说明 PN 结的正向注入和反向抽
取作用。

解答: 1.教材

2.学习指导。

二. 理论推导与命题证明 (12 个)

1 推导公式 (2-7) 即证明 PN 结空间电荷区内建电势差为

$$\psi_0 = \psi_n - \psi_p = V_T \ln \frac{N_d N_a}{n_i^2}$$

方法1: 教材P59推导方法

方法 2: 热平衡时净电子电流为零即

$$I_n = qA(D_n \frac{\partial n}{\partial x} + nu_n \varepsilon) = 0$$

方法 3.热平衡时系统的费米能级恒定,即利用

$$E_{FN}=E_{FP}$$

2.推导公式 (2-14) ~ (2-17)。

解: 教材 P60—P61 推导。

3.导出加偏压 V 的 PN 结空间电荷区边缘非平衡少数子浓度值。

解: 方法 1: 教材 P65 推导

※方法 2: 在 $x = x_n$ 处 $np = n_i^2 e^{V/V_T}$ 。方法 2 能够给出一般情况

下, 小注入, 大注入情况下的非平衡少数子浓度值。

4.推导公式 (2-37):

$$p_n - p_{n0} = p_{n0} (e^{V/V_T} - 1) \frac{\sinh\left(\frac{W_n - x}{L_p}\right)}{\sinh\left(\frac{W_n - x_n}{L_p}\right)} \quad \text{和}$$

$$n_p - n_{p0} = n_{p0} (e^{V/V_T} - 1) \frac{sh \frac{w_p + x}{L_n}}{sh \frac{w_p - x_p}{L_n}}$$

解：学习指导第二章 PN 结。

5. 推导 PN 结 I-V 特性公式 (2-48), (2-49)。

解：教材 P67-68

○6. 推导 PN 结空间电荷区的复合电流和产生电流即公式 (2-57) 和 (2-61)。

解：教材 P72—73

○7. 推导 PN 结 I-V 特性的温度依赖关系。

解：1. 教材 P77—78

2. 课堂笔记。

○8. 推导求杂质分布公式 (2-82)。

解：1. 教材 P79-80。

2. 学习指导。

9. 导出长 PN 结二极管交流小信号导纳表达式 (2-104)。

解：1. 教材 P77—78；

2. 学习指导。

10. 证明 PN 结 N 侧贮存空穴电荷为 $Q_s = \tau_p I_p(x_n)$

解：见学习指导。

○11. 利用电荷控制方程导出电荷贮存时间公式 (2-112)。

解：学习指导。

○12. 推导雪崩倍增因子公式 (2-124)。

解：1.教材 P89—90 推导

2. 课堂笔记。

三. 主要图、表 (5 个)

1. 正确画出热平衡 PN 结能带图 2-3, 根据能带图解释 PN 结空间电荷区的形成。

解答：1 教材 P58

2 学习指导

2.正确画出偏压 PN 结能带图 2-5; 根据能带图和修正欧姆定律分析 PN 结的单向导电性。

解答：1 教材 P63

2 学习指导

3. 正确画出 PN 结正,反偏压情况下少子分布,电流分布示意图 2-8、2-9。

解答：1 课堂笔记

2 学习指导

○4.隧道二极管工作原理能带图 2-12 和 I-V 特性图 2-14a。

解答：1 课堂笔记

2 学习指导

5.二极管等效电路图 2-20。

解答：1 课堂笔记

2 学习指导

四. 重要习题 (7 个)

2-3 , 2-5, 2-11, 2-12, 2-13,, 2-18, 2-19 (补)

解答: 1.学习指导

2.学生作业

2-19 (补) 解答:学生作业。

五更高能力考察问题 (3 个)

1.利用少子分布示意图 2-22 定性解释 PN 结反向瞬变现象。

2.※习题 2-17。

3.推导题 3 之方法 2.

第三章 双极结型晶体管

一. 基本概念与问题解释

发射极注射效率 基区输运因子 共基极直流电流增益 共发射极电流增益 共基极截止频率 共发射极截止频率 增益-带宽乘积 电流集聚效应 基区宽度调变效应 (Early 效应) 基区渡越时间 科尔克 (Kirk) 效应 输入导纳 跨导 根梅尔 (Gummel) 数 穿通击穿

BJT 的四种工作模式及工作条件

写出 BJT 的少子边界条件

定性及半定量说明 BJT 的开关作用。

二. 理论推导与命题证明 (6 个)

○1. 解扩散方程导出基区少子分布公式 (3-18), 电流公式 (3-19), (3-20)。

○2. 解扩散方程导出发射区少子空穴分布公式 (3-23), 电流公式 (3-24)

○3. 解扩散方程导出集电区少子空穴分布公式 (3-25), 电流公式 (3-26)

4. 导出 NPN 缓变基区晶体管:

1) 基区的缓变杂质分布引入的自建电场 :

2) 基区内电子分布 (3-55):

3) 电流 (3-56):

4) 基区输运因子 (3-59):

解: 1. 教材 P112-113 推导

2. 学习指导

5. 利用 α 和 h_{fe} 之间的关系证明: $\omega_\beta = \omega_\alpha (1 - \alpha_0)$ 。

证明:

$$h_{fe} = \frac{\alpha}{1 - \alpha} = \frac{\alpha_0 / (1 + j\omega / \omega_\alpha)}{1 - \alpha_0 / (1 + j\omega / \omega_\alpha)} = \frac{\alpha_0}{1 + j\omega / \omega_\alpha - \alpha_0} = \frac{\alpha_0 / (1 - \alpha_0)}{1 + j\omega / \omega_\alpha (1 - \alpha_0)} = \frac{h_{FE}}{1 + j\omega / \omega_\beta}$$

$$h_{fe} = \frac{h_{FE}}{1 + j\omega / \omega_\beta} \text{ 比较, 有:}$$

$$\omega_\beta = \omega_\alpha (1 - \alpha_0)。$$

○6. 根据基区电荷控制方程导出: $t_s = \tau_s \ln \frac{I_{B1} + I_{B2}}{I_{BA} + I_{B2}}$ (3-98)。

解: 详见学习指导

※4. 导出基区穿通电压

解: 见学习指导

三 重要图、表 (8 个)

1. 画出图3.6并根据图3-6说明BJT的放大作用。

解: 教材 p98-99

2. 画出BJT电流分量示意图3.7, 写出各极电流及极电流之间关系公式。(3-1) ~ (3-4)。

解: 教材p100

3. 解释图 3.13 中的电流增益随集电极电流的变化。

解: 1. 教材 P108

2. 学习指导

4. 画出四种工作模式少子分布示意图 3.14。

解: 教材 p109

5. 画出图 3-15c 并根据图 3-15c 写出 E-M 方程, 由 E-M 方程写出四种模式下 E-M 方程的具体形式。

解: 教材 p111 图 3-15.

$$I_E = -I_{F0} \left(e^{V_E/V_T} - 1 \right) + \alpha_R I_{R0} \left(e^{V_C/V_T} - 1 \right)$$
$$I_C = \alpha_F I_{F0} \left(e^{V_E/V_T} - 1 \right) - I_{R0} \left(e^{V_C/V_T} - 1 \right)$$

由 E-M 方程

1. 正向有源模式: $V_E > 0, V_C < 0$

$$I_E = -I_{F0} e^{V_E/V_T} - \alpha_R I_{R0}$$

$$I_C = \alpha_F I_{F0} e^{V_E/V_T} + I_{R0}$$

2. 反向有源模式: $V_E < 0, V_C > 0$

$$I_E = I_{F0} + \alpha_R I_{R0} (e^{V_C/V_T} - 1)$$

$$I_C = -\alpha_F I_{F0} - I_{R0} (e^{V_C/V_T} - 1)$$

3. 截止模式: $V_E < 0, V_C < 0$

$$I_E = I_{F0} - \alpha_R I_{R0}$$

$$I_C = -\alpha_F I_{F0} + I_{R0}$$

4. 饱和模式: $V_E > 0, V_C > 0$

$$I_E = -I_{F0} (e^{V_E/V_T} - 1) + \alpha_R I_{R0} (e^{V_C/V_T} - 1)$$

$$I_C = \alpha_F I_{F0} (e^{V_E/V_T} - 1) - I_{R0} (e^{V_C/V_T} - 1)$$

6. 画出 BJT 小信号等效电路图 3.23, 根据等效电路图导出公式 (3-85)

和 (3-86)。

解答: 1 教材 P120

2. 学习指导

3. 学生作业

7. 图 3-25 BJT 开关输出电流波形中

a. 导通延迟时间 t_d

b. 上升时间 t_r

c. 从 $0.9I_{CS}$ 上升到 I_{CS} 时段

d. 贮存时间 t_s

e. 下降时间 t_f

f. $t > t_f$ 时段

分别对应那种电荷输运过程?

解答: **a.** 导通延迟时间 t_d : 从反偏压改变到新电平, 结的耗尽层电容充电, 载流子渡越基区和集电结耗尽层。

b. 上升时间 t_r : 在这段时间内晶体管处于正向有源模式, 建立正向有源模式的贮存电荷 Q_B 。

c. 从 $0.9I_{CS}$ 上升到 I_{CS} 时段: 基极驱动继续提供电流, 造成贮存电荷 Q_{BX} 和 Q_C , 晶体管进入饱和状态。

d. 贮存时间 t_s

反向基极电流抽取基区中的贮存电荷 Q_{BX} 。贮存时间对应于去除过量少数载流子电荷 Q_{BX} 所需要的时间。

e. 下降时间 t_f : 去除正向有源模式贮存电荷 Q_B 。

f. $t > t_f$ 时段: 去除正向有源模式贮存电荷 Q_B 之后, 继续进行少子抽取, 使 $x=0$ 面上少子浓度从 $n_p = n_{p0}$ 到 $n_p = 0$, 达到反偏耗尽状态。

四. 重要习题 (8个)

3-1 解: 学生作业

3-6. 解: 1. 学习指导

2. 学生作业

3-7 解: 学生作业

3-8 解: 学生作业

3-9 解: 学生作业

3-12. 解: 学生作业

3-15. 解: 1.学习指导

2.学生作业

○3-17 解: 1.学习指导

2.学生作业

五. 更高能力考察问题 (4 个)

1.设 NPN 双极结型晶体管有效基区边界分别为 0 和 x_B 。在下列三种边界条件下解扩散方程求基区少子分布和电流分布 (2009 推免硕士生复试试题)。

$$(1) \quad n_p(0) = n_{p0} e^{V_E/V_T}, n_p(x_B) = 0;$$

$$(2) \quad n_p(0) = n_{p0}, n_p(x_B) = 0;$$

$$(3) \quad \frac{dn_p}{dx} = 0(x=0), n_p(x_B) = 0.$$

问题 (1) 给出的是穿透电流 I_{CEO}

问题 (2) 给出的是反偏 PN 结电流

问题 (3) 给出的是 I_{CBO} 即 BJT 的发射极开路, 集电极反向电流。

2.因此问题 1 的另一种提法: 导出 BJT 的 I_{CEO} 和 I_{CBO} 并与反偏 PN 结电流比较 (2009 推免硕士生复试试题)。

3.NPN 双极结型晶体管发射区杂质分布为 $N_{dE}(x)$ 。

1、导出发射区内建电场:

2、试求出发射区少子空穴分布 $p_E(x)$ 。

3、试求出发射区少子空穴电流 I_{pE} 。

(2009 推免硕士生复试试题)。

解： 1. $n = n_i e^{\psi/V_T}$, $n = N_d$

有 $\psi = V_T \ln \frac{N_d}{n}$

$$\varepsilon = -\frac{d\psi}{dx} = -\frac{V_T}{n_a} \frac{dN_a}{dx}$$

$$2. \quad I_{pE} = qA(p_E \mu_p \varepsilon - D_p \frac{dp_E}{dx})$$

$$= -qA(p_E \mu_p \frac{V_T}{N_d} + D_p \frac{dp_E}{dx})$$

$$N_d \frac{dp_E}{dx} + p_E \frac{dN_d}{dx} = -\frac{I_{pE} N_d}{qAD_p}$$

$$d(N_d p_E) = -\frac{I_{pE} N_d}{qAD_p}$$

对x从 $-x_E$ 到x积分：

$$N_d(x)p_E(x) - N_d(-x_E)p_E(-x_E) = -\frac{I_{pE}}{qAD_p} \int_{-x_E}^x N_d dx$$

$$N_d(-x_E)p_E(-x_E) = N_d(-x_E) \frac{n_i^2}{N_d(-x_E)} = n_i^2$$

$$p_E(x) = -\frac{I_{pE}}{qAD_p N_d} \int_{-x_E}^x N_d dx + \frac{n_i^2}{N_d}$$

$$3. \quad p_E(-W_E) = -\frac{I_{pE}}{qAD_p N_d(-W_E)} \int_{-x_E}^{-W_E} N_d dx + \frac{n_i^2}{N_d(-W_E)}$$

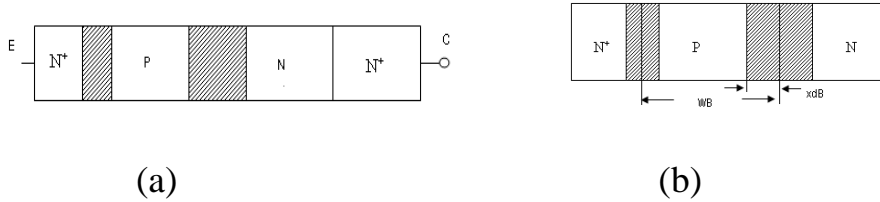
$$p_E(-W_E) = \frac{n_i^2}{N_d(-W_E)} e^{V_E/V_T} \quad \text{代入上式得}$$

$$I_{pE} = -\frac{qAD_p n_i^2}{\int_{-x_E}^0 N_d dx} (e^{V_E/V_T} - 1)$$

○4. 证明 BJT 的穿通击穿电压可用下式表示：

$$BV_{BC} = \frac{qW_B^2}{2k\varepsilon_0} \frac{N_a(N_a + N_{dc})}{N_{dc}}$$

解答：如图所示



w_B 为基区的冶金学宽度， x_{dB} 是 BC 结延伸到基区中的空间电荷区宽度，忽略发射结在零偏或正偏压时空间电荷区的宽度，那么当 $x_{dB} = w_B$ 时会发生基区穿通，从而有

$$x_{dB} = w_B = \left[\frac{2k\varepsilon_0(\psi_{0c} + V_{BC})}{qN_a} \frac{N_{dc}}{N_{dc} + N_a} \right]^{1/2} \quad (\text{利用了习题 2.5 的结果})$$

忽略内建电势差 ψ_{0c} ，穿通时集电结反偏压 $V_{BC} = BV_{BC}$ ，于是

$$BV_{BC} = \frac{qW_B^2}{2k\varepsilon_0} \frac{N_a(N_a + N_{dc})}{N_{dc}}$$

例：

一均匀基区硅BJT，基区宽度为 $0.5\mu m$ ，基区杂质浓度 $N_a = 10^{16} cm^{-3}$ 。

若穿通电压期望值为 $BV_{BC} = 25V$ ，集电区掺杂浓度为若干？如果不使集电区穿通，集电区宽度至少应大于多少？

解答：根据穿通击穿电压公式

$$25 = \frac{(1.6 \times 10^{-19})(0.5 \times 10^{-4})^2 (10^{16})(N_{dc} + 10^{16})}{2(11.9)(8.85 \times 10^{-14})N_{dc}} \quad \text{解得}$$

$$N_{dc} = 8.38 \times 10^{14} \text{ cm}^{-3}$$

集电区空间电荷区宽度

$$x_n = \left[\frac{2k\varepsilon_0(\psi_{0c} + BV_{BC})}{qN_{dc}} \frac{N_a}{N_a + N_{dc}} \right]^{1/2}$$

忽略 ψ_{0c} ，穿通击穿时， $BV_{BC}=25\text{V}$ ，则

$$x_n = \left[\frac{2(11.9)(8.85 \times 10^{14})(25)}{(1.6 \times 10^{-19})(8.38 \times 10^{14})} \frac{10^{16}}{10^{16} + 8.38 \times 10^{14}} \right]^{1/2}$$

$$= 5.97 \mu\text{m}$$

集电区宽度至少要大于 $5.97 \mu\text{m}$ 。

注：单边突变结，空间电荷区有关公式，由习题（2-5）给出。

第四章 金属半导体结

一. 基本概念与问题解释（7个）

M-S 结的两个效应 整流接触（整流结） 欧姆接触（非整流结）肖

特基势垒高度 肖特基效应（镜像力使势垒降低的效应）

肖特基势垒二极管和 PN 结二极管之间的比较。

解：基本区别在于肖特基势垒二极管是多子器件，PN 结二极管是少子器件。因此：（1）由于没有少数载流子贮存，贮存时间可忽略不计，肖特基势垒二极管对于高频和快速开关的应用来说是理想的；（2）由于多数载流子电流远高于少数载流子电流，肖特基势垒中的饱和电流远高于具有同样面积的 P-N 结二极管，因此，对于同样的电流，在肖特基势垒上的正向电压降要比 P-N 结上的低得多，低的接通电压

使得肖特基二极管对于箝位和限幅的应用具有吸引力；(3) 多子数目起伏小，因此肖特基二极管噪声小；(4) 温度特性好。

画出加偏压肖特基势垒能带图，说明肖特基势垒二极管的整流特性。

解：学习指导

为什么金属与重掺杂半导体接触可以形成欧姆接触？

解：1.教材 P154-155

2.学习指导

二. 理论推导与命题证明(2 个)

1.导出肖特基二极管 I-V 特性（理查德森-杜师曼方程）。

解：1.教材 P146-147

2.学习指导

2.证明镜像力使肖特基势垒高度降低：

$$\Delta\phi_b = \varepsilon x_m + \frac{q}{16\pi k \varepsilon_0 x_m} = 2\varepsilon x_m = \sqrt{\frac{q\varepsilon}{4\pi k \varepsilon_0}},$$

其中 $x_m = \left(\frac{q}{16\pi K \varepsilon_0 \varepsilon}\right)^{1/2}$

解：1.教材 P144-145

2.学习指导

3.课堂笔记

三 主要图、表 (5 个)

1.画出金属和 N 型半导体在形成理想接触前后的能带图 4-1 并说明肖特基势垒的形成。

解：1.教材 P139-140

2.学习指导

2.画出图 4-2，解释 M-S 结的单向导电性。

解：1.教材 P140-141

2.学习指导

3.画出集成结构示意图4.13说明肖特基势垒钳位晶体管的工作原理。

解：教材P153-154

4.根据图 4-9 说明 MIS 二极管工作原理。

解：教材P151

5. 画出图4.14说明M-S欧姆接触原理。

解：教材P154-155

四 重要习题 (2个)

4.3 解：1.学生作业

2.学习指导

4-10. 解：1.学生作业

2.学习指导

五. 更高能力考察问题 (暂无)

第五章 结型场效应晶体管和金属半导体 场效应晶体管

一. 基本概念与问题解释 (12 个)

场效应 单极器件(unipolar devices) 沟道夹断 夹断电压 内夹断电压 漏极导纳 跨导 栅极总电容 截止频率 沟道长度调制效应

○与 JFET 相比 MESFET 有哪些特点?

解答: (1) MESFET 工艺简单。M-S 工艺允许把沟道长度做得更短, 使得结电容更小, 有利于提高器件的开关速度和工作频率; (2) MESFET 多用砷化镓材料制作, 砷化镓的电子迁移率大约是硅的六倍, 因此可以制造出高频、高速器件。

什么是增强型和耗尽型 JFET?

解答: 耗尽型指 JFET 在栅偏压为零时就存在导电沟道, 而欲使沟道夹断, 必须给 P-N 结施加反向偏压, 使沟道内载流子耗尽。增强型 JFET 同增强型 MESFET 一样, 在栅偏压为零时, 沟道是夹断的, 只有外加正偏压时, 才能开始导电。考虑到 P 沟和 N 沟两类导电沟道, 则总共可有四种类型的 JFET 和 MESFET, 即 N 沟增强型, N 沟耗尽型, P 沟增强型和 P 沟耗尽型。

二. 理论推导与命题证明 (1 个)

导出夹断电压的表达式

解: 1.教材 P160

2.学习指导

三 主要图、表 (3 个)

1.画出结构示意图图 5.1，简述 JFET 得工作原理（图 5.1a、b 两图任画一个即可）。

解：1.教材 p158

2.学习指导

2.画出等效电路图5.9，导出JFET的截止频率；

解：1.教材 P164—1652.

2.学习指导

3.画出MESFET结构示意图5.12，说明MESFET工作原理。

四 重要习题 (4 个)

5-2 解：1.学生作业

2.学习指导

5-3. 解：1.学生作业

2.学习指导

○5.9，○5.10

解： 1.学生作业

2. 2005 级期末试题

五. 更高能力考察问题 (1 个)

※5.6 解：1.学生作业

2.学习指导

第六章 金属—氧化物—半导体场效应晶体管

一. 基本概念与问题解释 (11 个)

理想 MOS 结构的基本假设 ○载流子积累 ○载流子耗尽 ○载流子

反型 沟道电荷 ○表面电容 沟道电导 阈值电压 线性导纳 跨导

MOS 结构存在哪些氧化层电荷和界面陷阱电荷? 简述它们的基本属性。

答: 它们是: 界面陷阱电荷、氧化物固定电荷、氧化物陷阱电荷和可动离子电荷。

写出实际阈值电压的表达式并说明各项的物理意义。

二. 理论推导与命题证明 (6 个)

○1. 根据电磁场边界条件证明: $Q_M = -Q_S = k_0 \epsilon_0 \epsilon_s = k_s \epsilon_0 \epsilon_s$ 。

解答: 1. 教材 P174

2. 学习指导

○2. 导出反型和强反型条件。

解答: 1. 教材 P174

2. 学习指导

3. 证明 MOSFET 沟道电导为

$$g_I = -\frac{Z}{L} \mu_n Q_I$$

解答: 1. 教材 P186

2. 学习指导

4. 导出 MOS 理想结构的阈值电压 $V_{TH} = -\frac{Q_B}{C_0} + \psi_{Si}$ ，说明式中个项的物理意义。

解答：1. 教材 P186

2. 学习指导

○5. 假设单位面积上有正电荷 Q_0 位于二氧化硅层内，导出使能带平直所需的平带电压。如果氧化层中正电荷连续分布，电荷体密度为 $\rho(x)$ ，导出平带电压的表达式。

解答：1. 教材 P189-190

2. 学习指导

6. 导出萨支唐 (C.T.Sah) 方程 $I_D = C_0 \mu_n \frac{Z}{L} \left[(V_G - V_{TH}) V_D - \frac{V_D^2}{2} \right]$ 。

解答：1. 教材 P195

2. 学习指导

三 主要图、表 (4 个)

画出 MOSFET 结构示意图 6.1，简述其工作原理。

解答：1. 教材 P172

2. 学习指导

画出理想 MOS 结构能带图 6.2。

解答：1. 教材 P173

2. 学习指导

画出考虑金属和半导体功函数差的MOS结构能带图6.12。

解答：1.教材 P187-188

2.学习指导

画出等效电路图6.20，导出MOSFET的最高工作频率 f_0 。

解答：1.教材 P199

2.学习指导

四 重要习题 (6 个)

6.1 解答：1.学生作业

2.学习指导

6.2 解答：1.学生作业

2.学习指导

6-4. 解答：1.学生作业

2.学习指导

6.6 解答：1.学生作业

2.学习指导

6.12 解答：1.学生作业

2.学习指导

例题 6-2

解答：P195

五. 更高能力考察问题 (1 个)

○N 沟 MOSFET:

$$I_D = \frac{Z\mu_n C_o}{L} [(V_G - V_{TH})V_D - \frac{1}{2}V_D^2],$$

$$Z = 15\mu m, L = 2\mu m, C_o = 6.9 \times 10^{-8} F / cm^2.$$

1. 在线性区, 固定 $V_D = 0.10V$ 不变, 实验测得:

$V_G = 1.5V$ 时, $I_D = 35\mu A$; $V_G = 2.5V$ 时, $I_D = 75\mu A$ 。根据以上实验求沟道内载流子迁移率和阈值电压。

2. 可否使用饱和区漏电流公式 $I_D = \frac{Z\mu_n C_o}{2L} (V_G - V_{TH})^2$ 进行上述计算?

如果可以请给出计算步骤和结果。(2008 硕士研究生入学试题)

第七章 太阳能电池和光电二极管

一. 基本概念与问题解释 (8 个)

光生伏打效应 PN 结光生伏打效应及其物理过程 光生电动势 太阳能电池的效率 填充因子 FF 收集效率 光电二极管的量子效率 响应速度 (带宽)

说明 P-I-N 光电二极管的 I 层的作用。

解答: 1. 教材 P231-232

2. 学习指导

试述结光电二极管和太阳能电池的共同点和三个主要差别。

解答: 1. 学生作业

2. 学习指导

二. 理论推导与命题证明(1 个)

○ 导出太阳能电池的最大输出功率 P_m 。

解答：1.教材 P220

2.学习指导

三 主要图、表 (3 个)

1.用能带图7-5分析PN结光生伏特效应的物理过程。

解答：1.教材 P217

2.学习指导

2.画出太阳能电池的等效电路图 7-6，根据等效电路写出 I-V 特性。

解答：1.教材 P218

2.学习指导

3.画出 P-I-N 光电二极管的结构示意图和能带图 7-20，说明其工作原理。

解答：1.教材 P231-232

2.学习指导

四 重要习题 (3 个)

7-4. 解答：1.学生作业

2.学习指导

7-5. 利用习题 7-4 的结果推导 $I_L = qG_L(L_n + L_p)A$

解答：1.学生作业

2.学习指导

7-7. 解答: 1. 学生作业

2. 学习指导

五. 更高能力考察问题 (1 个)

为什么 P-InP/ I-InGaAs/N-InP P-I-N 光电二极管具有高的响应速度?

解答: 教材 P231 末段。

第八章 发光管与半导体激光器

一. 基本概念与问题解释 (12 个)

施主-受主对 (D-A 对) 复合 等电子陷阱复合 电致发光

注射效率 内量子效率 辐射效率 逸出率 外量子效率。

等电子陷阱能够有效地提高 GaP 的发光效率的物理原理是什么?

解答: 1. 教材 P247

2. 学习指导

解释 GaP:N. GaP:Zn-O 中的等电子陷阱复合发光现象。

解答: 1. 教材 P262

2. 学习指导

根据外量子效率公式 $\eta_e = \eta_i \left(\lambda + \bar{\alpha} V / A \bar{T} \right)^{-1} = \eta_i \left(1 + \bar{\alpha} x_j / \right)^{-1}$ 指出提高外量子效率的主要途径。

解答: 1. 教材 P257

2. 学习指导

二. 理论推导与命题证明

三 主要图、表 (2 个)

○1.画出能带图图 8.10 说明 PN 结 LED 工作原理。

解答：1.教材 P252

2.学习指导

2.结合图 8.18 说明光学窗口的作用。

解答：1.教材 P259

2.学习指导

四 重要习题 (2 个)

8.1 解答：1.学生作业

2.学习指导

8.4 解答：学生作业

五. 更高能力考察

导出辐射效率公式 (8-21)，指出提高辐射效率的有效途径。

注：《纲要》中大约提供 196 个，其中○题 31 个。

一. 基本概念与问题解释 (106 个)

二. 理论推导与命题证明 (28 个)

三 主要图表 (30 个)

四 重要习题 (32 个)

五. 更高能力考察问题 (11 个)

《纲要》本次发布日期：2008 年 5 月