2001级半导体器件物理期末试题A卷

（电子科学与工程学院 光电子与微电子系 2004.6.23）考试时间150分钟

一. 回答下列问题（20分）

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. P^+-N 长二极管受到一光源的均匀照射，所引起的e-h对的产生率为G_L. 解扩散方程，证明（20分）

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

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

(b)短路光电流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.对于双极结型晶体管（BJT）（10分）

1.画出电流分量示意图，写出各极电流I_E，I_B, I_C的电流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. 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. 写出MOSFET阈值电压的表示式，说明式中各项所代表的物理意义。

六. 若晶体管基区度越时间为

$$\tau_B=\frac{1}{D_n}\int_0^{x_B}\frac{1}{N_a}\left[\int_x^{x_B}N_a dx\right]dx$$

1. N_a=常数

2. $N_a=N_0e^{-ax/x_b}$

计算τ_B （15分）

七. 根据$I_n=qAn_p\mu_n\varepsilon+qAD_n\frac{dn_p}{dx}$和$\varepsilon=-\frac{d\psi}{dx}$

证明：$\psi_0=\psi_n-\psi_p=V_T\ln\frac{N_aN_d}{n_i^2}$ （15分）

2001 级《半导体器件物理》考试题 B 卷

1　绘出在偏压条件下 MOS 结构中对应

(a) 载流子积累（3 分）

(b) 耗尽以及　（3 分）

(c) 强反型的能带和电荷分布的示意图　（4 分）

采用 N 型衬底并忽略表面态和功函数的影响。

(总 10 分)

2　在 $p^+ - n$ 结二极管中，n 区的宽度 W_n 远小于 L_p，用 $I_p\Big|_{x=W_n} = qS\Delta p_n A$　(S 为表面复合速度)作为 n 侧末端的少数载流子电流，并以此为边界条件之一，推导出载流子和电流分布。绘出在 S=0 和 S=∞ 时 n 侧少数载流子的分布形状。　（10 分）

3　（a）PN 结的空穴注射效率定义为在 $x=0$ 处的 I_p / I 。

证明此效率可写成 $\gamma = \dfrac{I_p}{I} = \dfrac{1}{1+\sigma_n L_p / \sigma_p L_n}$　（5 分）

（b）在实际的二极管中怎样才能使 γ 接近 1。　（5 分）

（总分 10）

4　硅 N 沟道 JFET 具有如图 5-1a 的结构以及下参数：$N_a = 10^{18} cm^{-3}$，$N_d = 10^5 cm^{-3}$，$a = 2\mu m$ 和 $Z = 0.2cm$，计算：

（a）自建电势 ψ_0（5 分）

（b）夹断电压 V_{p0} 和 V_p（5 分）

（c）电导 G_0 以及（5 分）

（d）在栅极和漏极为零偏压时实际的沟道电导(5 分)　(总分 20 分)

5　试推导 N 沟道 JFET 的电流与电压关系。它的截止面 2a×2a，为 P^+ 所包围，器件长度为 L。（总分 15 分）

6　推导出金属-氧化物-半导体场效应晶体管

（a）表面电势（10 分）

（b）体电荷以及（5 分）

（c）表面电场的表达式（5 分）　（总分 20 分）

7　假设 $p^+ - n$ 二极管受到一个光源的均匀照射，所引起的电子-空穴产生速率为 G_L，解二极管的扩散方程以证明

$$\Delta p_n = \left[p_{n0}(e^{\frac{V}{VT}} - 1) - G_L \frac{L_p^2}{D_p} \right] e^{-\frac{x}{L_p}} + \frac{G_L L_p^2}{D_p}$$　（总分 15 分）

2001级半导体器件物理期末A卷答案

（2004.6.20）

一.（20分）

解：1 （1）[2分]　PN结在正偏压的作用下，空间电荷区势垒下降，N区电子扩散进入P区，P区空穴扩散进入N区，成为对方区域中的少数载流子。这种现象称为少子注入。

（2）[2分]　PN 结在反偏压作用下，空间电荷区势垒升高。飘移运动占优势，N区少子空穴在外场作用下飘移进入P区，同样P区电子在外场作用下飘移进入N区，这种现象叫做少子抽取。

2　[4分]　PN结吸收光子产生电子-空穴对，在空间电荷区作用下，空穴积累在P侧，电子积累在N侧，形成电势差——光生电动势。这种效应成为光生伏打效应。

3　[4分]　当增加JFET的栅电压或漏时，会使上下两个PN结的空间电荷区连通，载流子被耗尽，这种现象称为沟道夹断。

4　[4分]　欧姆接触定义为这样的一种接触，它不会引入较大的寄生电阻，也不是以改变半导体内的平衡载流子浓度。

5　[4分]　辐射复合的电子数占复合的电子数的百分比。

二 [20分]

证明：a. N区空穴　扩散方程

$$D_p\frac{d^2p_n}{dx^2}-\frac{p_n-p_{n0}}{\tau_p}+G_L=0$$

通解：$\Delta p_n=p_n-p_{n0}=Ae^{-x/L_p}+Be^{x/L_p}+G_L\tau_p$

其中 $L_p=\sqrt{D_p\tau_p}$　　$\tau_p=L_p^2/D_p$

边界条件

$$x=0,p_n-p_{n0}=p_{n0}\left(e^{\frac{v}{v_T}}-1\right)$$

$$x=\infty,p_n-p_{n0}=G_L\tau_p$$

代入通解：$\Delta p_n=\left[p_{n0}\left(e^{\frac{v}{v_T}}-1\right)-G_L\frac{L_p^2}{D_p}\right]e^{-x/L_p}+\frac{G_LL_p^2}{D_p}$

类似地得到 $\Delta n_p=\left[n_{p0}\left(e^{\frac{v}{v_T}}-1\right)-G_L\frac{L_n^2}{D_n}\right]e^{x/L_n}+\frac{G_LL_n^2}{D_n}$　　(x<0)-------（5分）

b. （5分）

$$I_p(x)=-qAD_p\frac{dp_n}{dx}=\frac{qAD_p}{L_p}\left[p_{n0}\left(e^{\frac{v}{v_T}}-1\right)-G_L\frac{L_p^2}{\tau_p}\right]e^{-x/L_p}$$

$$I_n(x)=qAD_n\frac{dn_p}{dx}=\frac{qAD_n}{L_n}\left[n_{p0}\left(e^{\frac{v}{v_T}}-1\right)-G_L\frac{L_n^2}{\tau_n}\right]e^{x/L_n}$$

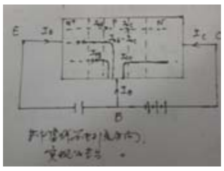
总电流：（5分）

$$I=I_p(0)+I_n(0)=qA\left(\frac{D_pp_{n0}}{L_p}+\frac{D_nn_{p0}}{L_n}\right)\left(e^{\frac{v}{v_T}}-1\right)-qAG_L(L_p+L_n)=I_0\left(e^{\frac{v}{v_T}}-1\right)-I_L$$

可见光电流为 $I_L=qAG_L(L_p+L_n)$

三.（10分）

1．电流分量示意图（3分）



其中虚线为电子流方向，实线为空穴流方向。

取 I_c, I_B, I_E 流入晶体管为正

I_{co} 包含集电极电子流 I_{uco}，空穴电流 I_{pco} 和产生电流 I_G

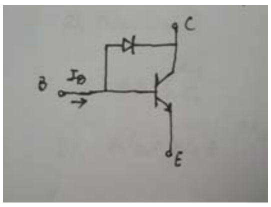
$$-I_E = I_{nE} + I_{pE} + I_{rg}$$
$$I_B = I_{pE} + I_{rg} + \left(I_{nE} - I_{nc}\right) - I_{co}$$
$$I_c = I_{nc} + I_{co}$$
$$I_E + I_B + I_c = 0$$

2. 少子边界条件（4 分）

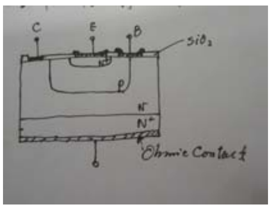
$$x = -x_E : p_{nE} = p_{nE0}$$
$$x = -w_{E:} p_{nE} = p_{nE0} e^{v_E / v_T}$$
$$x = 0 : n_p = n_{p0} e^{v_E / v_T}$$
$$x = x_{B:} n_p = n_{p0} e^{v_c / v_T}$$
$$x = x_c : p_{nc} = p_{nc0} e^{v_c / v_T}$$
$$x = \infty : p_{nc} = p_{nc0}$$

3.（3 分）答：BJT EB 结正偏，电子由发射区注入到 P 区（基区），在基区电子以扩散方式运动。一部分电子在基区复合，一部分到集电结。如果基区宽度 $x_b \ll L_n$，则大部分电子来到集电结，集电结反偏，在反偏结空间电荷区电场作用大，电子被扫入集电区，结果在集电结形成较大电流。正偏压发射结使反偏压集电结出现大电流，这就是 BJT 的放大作用。

四.（10 分）答：电路图 （5 分）



集成结构示意图（5 分）



五.解：$v_{TH} = v_{FB} + \varphi_{si} + \frac{-Q_B}{C_0} = \phi_{ms}^{'} + \varphi_{si} - \frac{Q_0}{C_0} - \frac{Q_B}{C_0}$ （5 分）

其中：$-\frac{Q_B}{C_0}$：形成强反型时，支撑半导体的体电荷 Q_B 所需的电压。

ψ_{si}：形成强反型时，使半导体表面能带弯曲到强反型状态所需的电压。

$\phi_{ms}^{'}$：克服功函数差引起的能带弯曲所需的电压。

$-\frac{Q_0}{C_0}$:克服 SiO_2 的电荷引起的。

V_{TH} 阈值电压：使 MOSFET 开启所需的最小栅偏压。

六.[15 分]

解：$\tau_B = \int_0^{x_B} \frac{dx}{v(x)} = \int_0^{x_B} \frac{n_p(x) qA}{I_n} dx$

$n_p(x) = \frac{I_n}{qAD_n N_a} \int_x^{x_B} N_a(x) dx$

$\tau_B = \frac{1}{D_n} \int_0^{x_B} \left(\frac{1}{N_a} \int_x^{x_B} N_a dx \right) dx$

a). $N_a = C$

$\tau_B = \frac{x_B^2}{2D_n}$

b). $N_a = N_0 e^{-ax/x_B}$

$\tau_B = \frac{x_B^2}{aD_n} \left[1 - \frac{1}{a}\left(1 - e^{-a}\right) \right]$

七.[15 分]

解：$I_n = qAn_p \mu_n \varepsilon + qAD_n \frac{dn_p}{dx}$

$\varepsilon = -\frac{d\psi}{dx},$

热平衡 $I_n = 0$ ：$\frac{d\psi}{dx} = \frac{D_n}{\mu_n} \frac{1}{n_p} \frac{dn_p}{dx}$

$\frac{D_n}{\mu_n} = v_{T,}$

$d\psi = v_T \frac{1}{n_p} \frac{dn_p}{dx}$

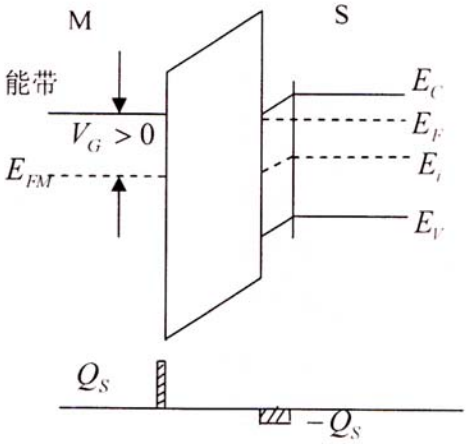
x_p □ x_n 积分：$\psi_0 = V_T \int_{+x_p(-x_p)}^{n_p(x_n)} \frac{1}{n_p} dn_p = V_T \ln \frac{n_p(x_n)}{n_p(-x_p)} = V_T \ln \frac{N_a N_d}{n_i^2}$

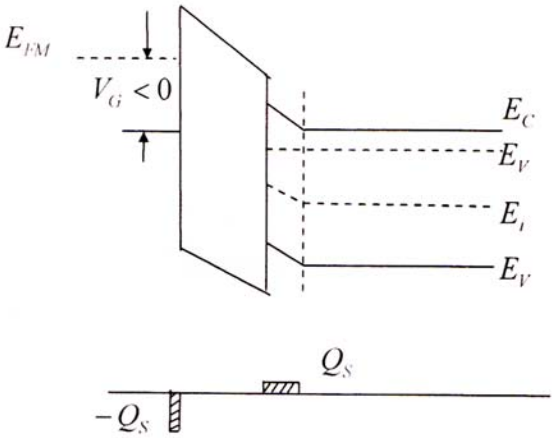
$\therefore \psi_0 = V_T \ln \frac{N_a N_d}{n_i^2}$

2001级《半导体器件物理》考试题B卷 答案

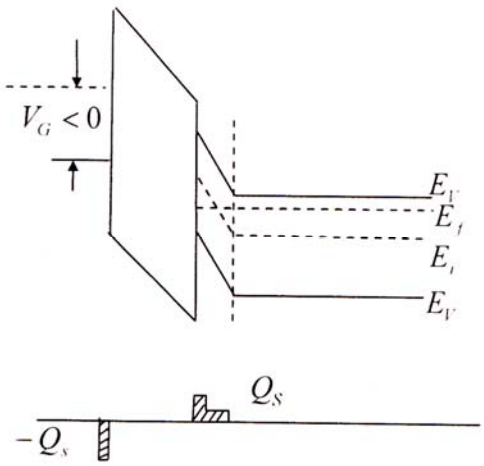
1　解：N型衬底

（1）载流子积累 $(V_G > 0)$　　　　（2）载流子耗尽 $(V_G < 0)$





（3）载流子强反型 $(V_G$ □ $0)$



2　解：连续方程

$$D_p \frac{d^2 \Delta p_n}{dx^2} - \frac{\Delta p_n}{\tau_p} = 0 \Rightarrow \Delta p_n = k_1 e^{-x/L_p} + k_2 e^{x/L_p}$$ ……………………（1分）

其中，$L_p = \sqrt{D_p \tau_p}$

由边界条件 $p_n(0) = p_{n0} e^{V/V_T}$，$I_p \big|_{x=W_n} = qS\Delta p_n A$ ………………（1分）

得到如下两式：

$k_1 + k_2 = p_{n0}\left(e^{V/V_T} - 1\right)$ ……………………………（1分）

$$I_p=-qA\frac{dp_n}{dx}D_p=qS\Delta p_nA\Rightarrow S\Delta p_n=-D_pqA\frac{dp_n}{dx}\Big|_{x=W_n}$$ …………（1 分）

由上述条件可得

$$\begin{cases} k_1=\dfrac{\left(S+\dfrac{D_p}{L_p}\right)e^{W_n/L_p}}{\left(S+\dfrac{D_p}{L_p}\right)e^{W_n/L_p}-\left(S-\dfrac{D_p}{L_p}\right)e^{-W_n/L_p}}p_{n0}\left(e^{V/V_T}-1\right) \\ k_2=\dfrac{\left(S-\dfrac{D_p}{L_p}\right)e^{-W_n/L_p}}{\left(S-\dfrac{D_p}{L_p}\right)e^{-W_n/L_p}-\left(S+\dfrac{D_p}{L_p}\right)e^{W_n/L_p}}p_{n0}\left(e^{V/V_T}-1\right) \end{cases}$$ …………（2 分）

所以

$$\Delta p_n=p_{n0}\left(e^{V/V_T}-1\right)\frac{S*sh\left(\dfrac{W_n-x}{L_p}\right)+\dfrac{D_p}{L_p}ch\left(\dfrac{W_n-x}{L_p}\right)}{S*sh\left(\dfrac{W_n}{L_p}\right)+\dfrac{D_p}{L_p}ch\left(\dfrac{W_n}{L_p}\right)}$$ ……………（2 分）

$$I_p=-qAD_p\frac{d\Delta p_n}{dx}\Rightarrow$$

$$\begin{cases} S=0 \quad \Delta p_n=p_{n0}\left(e^{V/V_T}-1\right)ch\dfrac{W_n-x}{L_p} \\ S=\infty \quad \Delta p_n=p_{n0}\left(e^{V/V_T}-1\right)\dfrac{L_p}{W_n}sh\dfrac{W_n-x}{L_p} \end{cases}$$ ……………（2 分）

3　（a）证明：

$$I_p(x_n)=\frac{qAD_pp_{n0}}{L_p}\left(e^{\frac{V}{V_T}}-1\right)$$ ………………………………（1 分）

$$I=\left(\frac{qAD_nn_{p0}}{L_n}+\frac{qAD_pp_{n0}}{L_p}\right)\left(e^{\frac{V}{V_T}}-1\right)$$ ………………………………（1 分）

$$\gamma=\frac{I_p}{I}=\frac{1}{1+\mu_nn_{p0}L_p/\mu_pn_{n0}L_n}$$ ………………………………（1 分）

而$\sigma_n=n_{p0}\mu_nq,\sigma_p=p_{n0}\mu_pq$ ………………………………（1 分）

所以$\gamma=\dfrac{I_p}{I}=\dfrac{1}{1+\sigma_nL_p/\sigma_pL_n}$ ………………………………………（1 分）

（b）$\gamma \to 1$

则 $\dfrac{\sigma_n L_p}{\sigma_p L_n}$ □ $1 \Rightarrow \sigma_n L_p$ □ $\sigma_p L_n$ ……………………………（1 分）

因为 $L_p = \sqrt{D_p \tau_p} = \sqrt{\mu_p V_T \tau_p}, L_n = \sqrt{D_n \tau_n} = \sqrt{\mu_n V_T \tau_n}$

而 $\sigma_n = n_{p0} \mu_n q, \sigma_p = p_{n0} \mu_p q, \tau_n \approx \tau_p$

所以 $n_{p0} \mu_n q \sqrt{\mu_p V_T \tau_p}$ □ $p_{n0} \mu_p q \sqrt{\mu_n V_T \tau_n}$ ………………（1 分）

即 $n_{p0} \sqrt{\mu_n}$ □ $p_{n0} \sqrt{\mu_p}$ ……………………（1 分）

所以 n_{p0} □ p_{n0} ………………………………（1 分）

又因为 $n_{p0} = \dfrac{n_i^2}{p_{p0}}, p_{n0} = \dfrac{n_i^2}{n_{n0}}$

所以 p_{p0} □ n_{n0} 即受主杂质浓度远大于施主杂质浓度。………（1 分）

4 解：

（a）

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

$$= 0.026 \ln \frac{10^{18} \times 10^{15}}{2.25 \times 10^{20}}$$ ………………………………（5 分）

$$= 0.76(V)$$

（b）

$$V_{p0} = \frac{q N_d a^2}{2k\varepsilon_0}$$

$$= \frac{1.6 \times 10^{-19} \times 10^{15} \times (2 \times 10^{-4})^2}{2 \times 12 \times 8.85 \times 10^{-14}}$$ ………………………………（3 分）

$$= 3.01(\mathrm{V})$$

$$V_p = V_{p0} - \psi_0 = 2.25(V)$$ ………………………………（2 分）

（c）

$$G_0 = \frac{2qaZu_n N_d}{L}$$

$$= \frac{2 \times 1.6 \times 10^{-19} \times 2 \times 10^{-4} \times 0.2 \times 1350 \times 10^{15}}{20 \times 10^{-4}}$$ ………………………（5 分）

$$= 8.64 \times 10^{-3} (\Omega^{-1})$$

（d）

$$G=\frac{2q(a-W)Zu_nN_d}{L}$$ ……………………………………（2 分）

$$W=\left[\frac{2k\varepsilon_0(V+\psi_0-V_G)}{qN_d}\right]^{1/2}=\left[\frac{2k\varepsilon_0\psi_0}{qN_d}\right]^{1/2}=\left[\frac{2\times 11.9\times 8.85\times 10^{-14}\times 0.76}{1.6\times 10^{-19}\times 10^{5}}\right]^{1/2}$$

$$=1.1\times 10^{-4}(cm)$$

……………………………………………………（2 分）

$$\therefore G=4.75\times 10^{-3}\Omega^{-1}$$ ……………………………………（1 分）

5　解：

$$I_D=-qu_n nA\varepsilon$$

$$=-4qu_n(a-W)^2\frac{dV}{dx}$$ …………………………（3 分）

$$W=\left[\frac{2k\varepsilon_0(V+\psi_0-V_G)}{qN_d}\right]^{1/2}$$ …………………………（3 分）

$$\therefore \int_0^L I_D dx=4qu_nN_d\int_0^{V_D}(a-W)^2 dV$$

$$=4qu_nN_d\int_0^{V_D}\left(a-\left[\frac{2k\varepsilon_0(V+\psi_0-V_G)}{qN_d}\right]^{1/2}\right)^2 dV$$

………………………………（4 分）

$$\therefore I_D=\frac{4qu_nN_d}{L}\int_0^{V_D}\left(a^2-2a\left[\frac{2k\varepsilon_0(V+\psi_0-V_G)}{qN_d}\right]^{1/2}+\frac{2k\varepsilon_0(V+\psi_0-V_G)}{qN_d}\right)dV$$

$$=\frac{4qu_nN_d}{L}\left[(a^2V_d-\frac{4}{3}a\sqrt{\frac{2k\varepsilon_0}{qN_d}}(V+\psi_0-V_G)^{3/2}+\frac{4}{3}a\sqrt{\frac{2k\varepsilon_0}{qN_d}}(\psi_0-V_G)^{3/2})\right]$$

$$+\frac{4qu_nN_d}{L}\left[\frac{k\varepsilon_0}{qN_d}(V_D+\psi_0-V_G)^2-\frac{k\varepsilon_0}{qN_d}(\psi_0-V_G)^2\right]$$

……………………………………………………（5 分）

6　解：

1）　$E_i(x)=E_{i0}-q\psi(x)$ ……………………………………（2 分）

$$n=n_ie^{\frac{E_F-E_i}{kT}}=n_ie^{\frac{E_F-E_{i0}+q\psi(x)}{kT}}=n_ie^{-\frac{\varphi_f}{V_T}}e^{\frac{\psi(x)}{V_T}}$$

$$p=n_ie^{\frac{E_i-E_F}{kT}}=n_ie^{\frac{\varphi_f}{V_T}}e^{-\frac{\psi(x)}{V_T}}$$

……………………………………（2 分）

强反型时：$n_s=p_0$ ……………………………………（2 分）

$$n_i e^{-\frac{\varphi_f}{V_T}} e^{\frac{\psi_{si}}{V_T}} = n_i e^{\frac{\varphi_f}{V_T}} \qquad \text{得}\ \psi_{si} = 2\varphi_f$$ ……………………（2 分）

$$\because p_0 = N_a = n_i e^{\frac{\varphi_f}{V_T}} \qquad \text{得}\ \varphi_f = V_T \ln\frac{N_a}{N_d}$$ ……………………（1 分）

则 $\psi_{si} = 2\varphi_f = 2V_T \ln\dfrac{N_a}{n_i}$ ……………………………………（1 分）

2） $x_{dm} = \sqrt{\dfrac{2k_s\varepsilon_0\psi_{si}}{qN_a}}$

$$\therefore Q_B = -qN_a x_{dm} = \sqrt{4qk_s\varepsilon_0 N_a V_T \ln\frac{N_a}{n_i}}$$ ……………………………（5 分）

3）

由柏松方程：$\dfrac{d^2\psi}{dx^2} = \dfrac{qN_a}{k_s\varepsilon_0}$

由 x 到 x_{dm} 积分，边界条件 $\dfrac{d\psi}{dx} = 0 \qquad x = x_{dm}$，可得

$$\frac{d\psi}{dx} = \frac{qN_a}{k_s\varepsilon_0}(x - x_{dm})$$ ………………………………………（2 分）

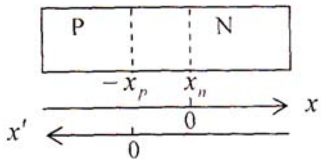
$$E = -\frac{d\psi(x)}{dx} = -\frac{qN_a}{k_s\varepsilon_0}(x - x_{dm})$$ ………………………………………（2 分）

表面电场：$x = 0$

$$E_m = \frac{qN_a}{k_s\varepsilon_0}\sqrt{\frac{2k_s\varepsilon_0\psi_{si}}{qN_a}} = \left(\frac{4qN_a V_T \ln\frac{N_a}{n_i}}{k_s\varepsilon_0}\right)^{1/2}$$ ……………………………（1 分）

7　解：$\because I_p = I_0\left(e^{\frac{V}{V_T}} - 1\right)$， ………………………………………（2 分）

V 加到 PN 结上，



当 $x > 0$ 时

$$D_p \frac{d^2 p_n}{dx^2} - \frac{p_n - p_{n0}}{\tau_p} + G_L = 0$$ …………（2 分）

$$\therefore \frac{d^2(p_n - p_{n0} - G_L\tau_p)}{dx^2} = \frac{p_n - p_{n0} - G_L\tau_p}{L_p^2}$$ ……………………（2 分 ）

其中，$L_p^2 = D_p \tau_p$

$\therefore p_n - p_{n0} = K_1 e^{-\frac{x}{L_p}} + K_2 e^{\frac{x}{L_p}} + G_L \tau_p$ （*）………………（2 分）

由边界条件，$\begin{cases} x = 0, \quad p_n = p_{n0} e^{\frac{V}{V_T}} \\ x = \infty, \quad \Delta p_n = G_L \tau_p \end{cases}$ ……………………（3 分）

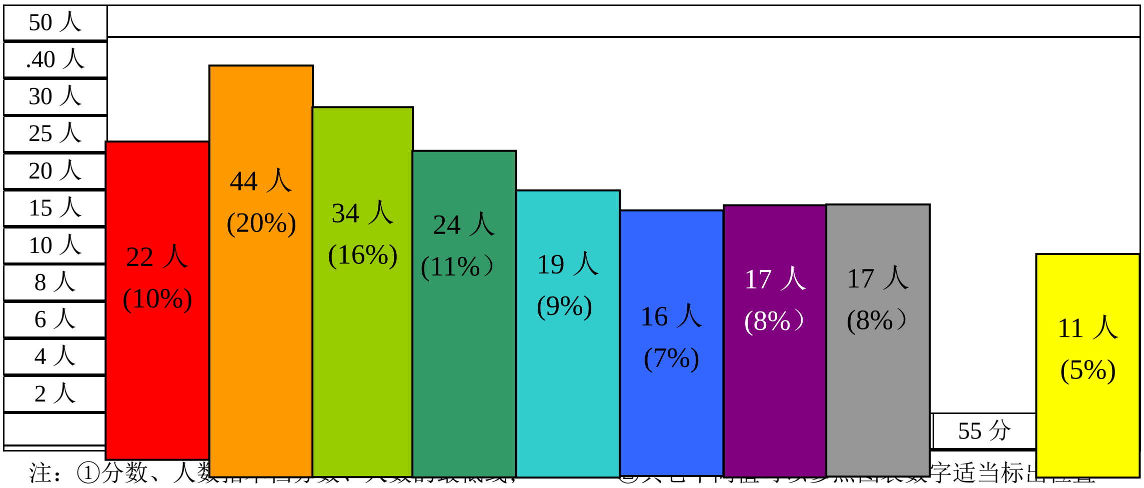
代入到（*）式中，得

$$\begin{cases} K_1 = p_{n0}(e^{\frac{V}{V_T}} - 1) - G_L \tau_p \\ K_2 = 0 \end{cases}$$ ………………（2 分）

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

吉林大学试卷分析报告

2001 级本科生《半导体器件物理》课程考试成绩分布图



注：①分数、人数 …… 字适当标出位置

2001 级本科生《半导体器件物理》课程学习状况分析

学生对所学知识的掌握情况，考核中反映出的学生能力和素质状况，考核中发现学生学习中存在的主要问题，加强该课程教学的想法等（本页不足可另附纸）

本次考试成绩分布：优秀率 30%，良好率 27%，及格及中等占大多数，考核情况正常。

考核中发现大部分学生基本理论掌握扎实，分析问题和解决问题的能力有所提高，很好地掌握了所学知识，达到了预期的教学效果。在解决实际问题的能力方面，部分同学有所欠缺。比如考试题中四(C)小题，是个实际设计的试题，部分同学反映出没有设计思想，也有部分同学有思想但未能画出器件结构示意图。试题六是平时作业和习题课中均未出现过的题目，是电路分析和参数设计的综合题，大部分同学完成得很好，反映了综合能力较强。有些同学的计算能力也需要提高。

评卷教师签字： 孟庆巨

2004 年 7 月 4 日