

第二章 习题答案

1、硅突变结二极管的掺杂浓度为： $N_D=1\times 10^{15}\text{cm}^{-3}$ ， $N_A=1\times 10^{18}\text{cm}^{-3}$ 。在室温下计算：（1）内建电势差；（2）耗尽层宽度；（3）零偏下最大内建电场。

$$(1) V_D = \frac{kT}{q} \ln \left(\frac{N_A N_D}{n_i^2} \right) = 0.0259 \ln \frac{10^{15} \times 10^{18}}{(1.02 \times 10^{10})^2} = 0.774V; \text{ 带入 } 0.026 \text{ 结果 } 0.777V。$$

$$(2) X_D = \sqrt{\frac{2\varepsilon_s V_D}{qN_D}} = \sqrt{\frac{2 \times 11.9 \times 8.854 \times 10^{-14} \times 0.777}{1.6 \times 10^{-19} \times 10^{15}}} = 1.01 \times 10^{-4} \text{ cm};$$

$$(3) E_{\max} = -\frac{qN_D x_n}{\varepsilon_s} = -\frac{1.6 \times 10^{-19} \times 10^{15} \times 1.01 \times 10^{-4}}{11.9 \times 8.854 \times 10^{-14}} = -1.53 \times 10^4 \text{ V/cm};$$

第二章 习题答案

- 2、考虑掺杂浓度为 $N_D=N_A=2\times 10^{16}\text{cm}^{-3}$ 的硅突变PN结， $T=300\text{K}$ ，1) 计算中性区内P区与N区费米能级的位置；内建电势 V_{bi} ；结两侧空间电荷区宽度 x_n, x_p 。
(2) 画出PN结平衡能带图并标注(1)中计算结果。

$$(1) \text{ 在n区有: } E_F - E_{Fi} = kT \ln \left(\frac{N_D}{n_i} \right) = 0.0259 \ln \left(\frac{2 \times 10^{16}}{1.02 \times 10^{10}} \right) = 0.375 \text{ eV},$$

$$\text{p区同理, } E_F - E_{Fi} = -0.375 \text{ eV};$$

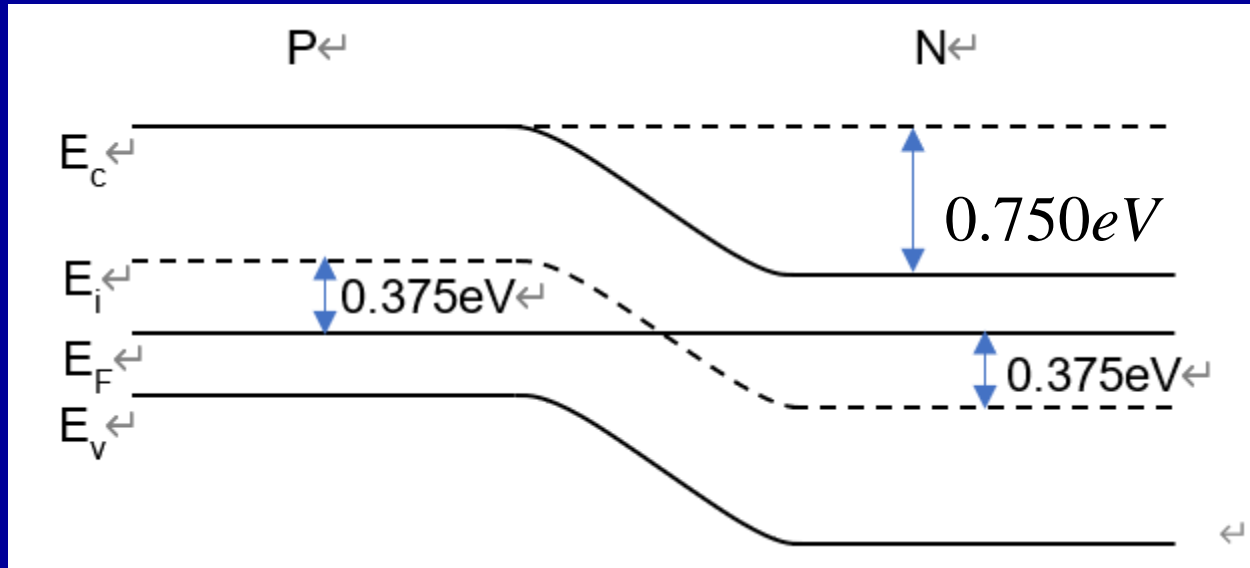
$$(2) V_D = 0.375 + 0.375 = 0.750 \text{ eV};$$

第二章 习题答案

$$(3) x_n = \sqrt{\frac{2\varepsilon_s V_D}{q} \frac{N_A}{N_D(N_A + N_D)}} =$$
$$\sqrt{\frac{2 \times 11.9 \times 8.854 \times 10^{-14} \times 0.750}{1.6 \times 10^{-19}} \frac{2 \times 10^{16}}{2 \times 10^{16} \times 4 \times 10^{16}}} = 0.157 \mu m$$

同理, $x_p = 0.157 \mu m$

第二章 习题答案



第二章 习题答案

3、计算零偏和施加反偏电压时，pn 结中的空间电荷区宽度变化了多少？ $T=300\text{K}$ 时，硅 pn 结的掺杂浓度为 $N_A=10^{16}\text{ cm}^{-3}$ ， $N_D=10^{15}\text{ cm}^{-3}$ 。假定 $n_i=1.5\times 10^{10}\text{ cm}^{-3}$ ， $V_R=5\text{ V}$ 。

$$V_D = \frac{kT}{q} \ln \left(\frac{N_A N_D}{n_i^2} \right) = 0.026 \ln \frac{10^{16} \times 10^{15}}{(1.5 \times 10^{10})^2} = 0.637\text{V}$$

$$x = \sqrt{\frac{2V_D \epsilon_s}{q} \frac{N_A + N_D}{N_A \times N_D}} = 0.961 \times 10^{-4} \text{ cm}$$

$$x' = \sqrt{\frac{2(V_D + V_R) \epsilon_s}{q} \frac{N_A + N_D}{N_A \times N_D}} = 2.86 \times 10^{-4} \text{ cm}$$

$$\Delta x = x' - x = 1.90 \times 10^{-4} \text{ cm}$$

第二章 习题答案

4、T=300K时，GaAs反偏pn结的最大电场为
 $|E_{\max}| = 2.5 \times 10^5 \text{V/cm}$ ，掺杂浓度为 $N_A = 8 \times 10^{15} \text{cm}^{-3}$ ， $N_D = 5 \times 10^{15} \text{cm}^{-3}$ 。确定产生这个最大电场的反偏电压的大小。

$$V_D = \frac{kT}{q} \ln \left(\frac{N_A N_D}{n_i^2} \right) = 0.0259 \ln \frac{5 \times 10^{15} \times 8 \times 10^{15}}{(2.1 \times 10^6)^2} = 1.13 \text{V};$$

$$|E_{\max}| = \frac{q N_D x_n}{\epsilon_s}, \text{ 得 } x_n = \frac{|E_{\max}| \epsilon_s}{q N_D} = \frac{2.5 \times 10^5 \times 13.1 \times 8.854 \times 10^{-14}}{1.6 \times 10^{-19} \times 5 \times 10^{15}} = 3.625 \times 10^{-4} \text{cm};$$

第二章 习题答案

4、T=300K时，GaAs反偏pn结的最大电场为
 $|E_{\max}| = 2.5 \times 10^5 \text{V/cm}$ ，掺杂浓度为 $N_A = 8 \times 10^{15} \text{cm}^{-3}$ ， $N_D = 5 \times 10^{15} \text{cm}^{-3}$ 。确定产生这个最大电场的反偏电压的大小。

$$\text{由 } x_n = \sqrt{\frac{2\varepsilon_s(V_D + V_R)}{q} \frac{N_A}{N_D(N_A + N_D)}},$$

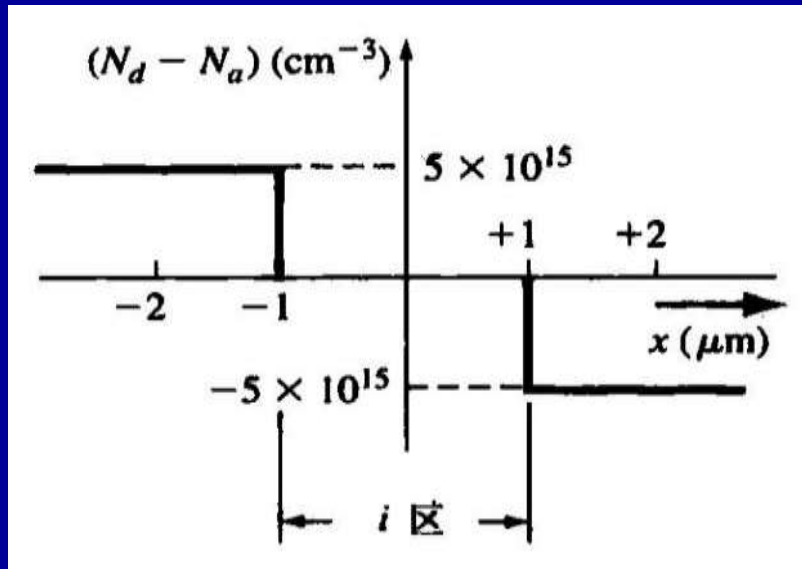
$$\text{得: } V_R = \frac{qx_n^2}{2\varepsilon_s} \frac{N_D(N_A + N_D)}{N_A} - V_D =$$

$$\frac{1.6 \times 10^{-19} \times (3.625 \times 10^{-4})^2}{2 \times 13.1 \times 8.854 \times 10^{-14}} \frac{5 \times 10^{15} \times (5 \times 10^{15} + 8 \times 10^{15})}{8 \times 10^{15}} - 1.13 = 72.5 \text{V}。$$

第二章 习题答案

5、硅PIN结的掺杂曲线如图，“I”对应着理想本征区。本征区内没有杂质掺杂。给PIN结外加一个反偏电场，以使空间电荷区占据从 $-1.5\mu\text{m}$ 到 $1.5\mu\text{m}$ 的所有区域。

(1)采用泊松方程计算出 $x=0$ 处的电场，(2)画出PIN结电场随距离变化的曲线，(3)计算出外加反偏电压的大小。



第二章 习题答案

$$(1) \frac{d^2 \varphi_i}{dx^2} = -\frac{\rho(x)}{\varepsilon_s} = -\frac{dE}{dx}$$

当 $-1.5 < x < -1\mu m$ 时, $\rho(x) = qN_D$, $\frac{dE}{dx} = \frac{qN_D}{\varepsilon_s}$ 有:

$$E = \frac{qN_D x}{\varepsilon_s} + C_1。$$

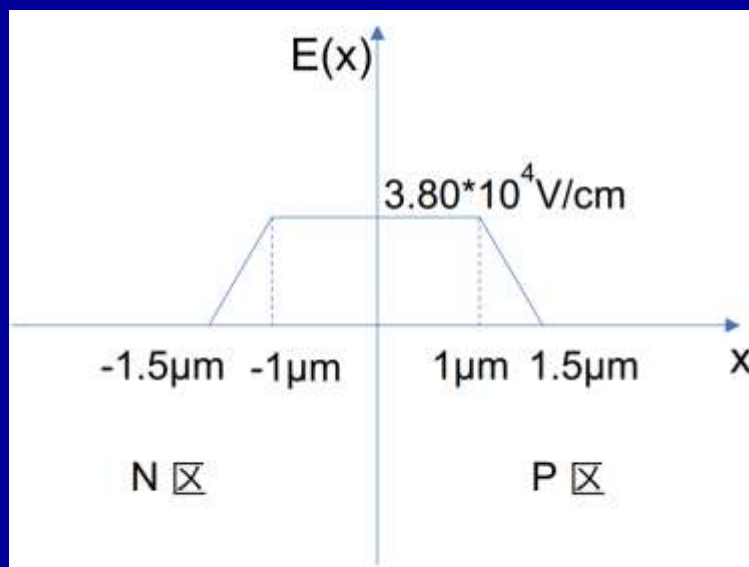
因为 $x = -x_1 = -1.5\mu m$ 时, $E = 0$, 得 $C_1 = \frac{qN_D x_1}{\varepsilon_s}$, 所

$$以 E = \frac{qN_D}{\varepsilon_s} (x + x_1)。$$

当 $-1 < x < 1\mu m$ 时, $\rho(x) = 0$, $\frac{dE}{dx} = 0$, 有: $E = E(-1)。$

$$所以 E(0) = E(-1) = \frac{1.6 \times 10^{-19} \times 5 \times 10^{15}}{11.9 \times 8.854 \times 10^{-14}} (-1 + 1.5) \times 10^{-4} = 3.80 \times 10^4 V/cm。$$

第二章 习题答案



(3) 和pn结结构相比，掺杂浓度不变，所以零偏内建电势保持不变。

$$V_{D0} = \frac{kT}{q} \ln \left(\frac{N_A N_D}{n_i^2} \right) = 0.0259 \ln \frac{5 \times 10^{15} \times 5 \times 10^{15}}{(1.5 \times 10^{10})^2} = 0.659 \text{ V},$$

$$\text{可得 } V_R = (2 + 3) \times 10^{-4} \times 3.80 \times 10^4 \div 2 - 0.659 = 8.84 \text{ V}。$$

第二章 习题答案

6、考虑 $T=300\text{K}$ 时的均匀掺杂GaAs PN结，其N区的 $E_F - E_{Fi} = 0.365\text{eV}$ ，P区的 $E_F - E_{Fi} = 0.330\text{eV}$ ， $\alpha = 5.4 \times 10^{-4} \text{eV/K}$ ， $\beta = 204 \text{K}$ ， $T=300\text{K}$ 时 n_i 为 $1 \times 10^7 \text{cm}^{-3}$ 。杂质完全电离， $E_g(0) = 1.519 \text{eV}$ ，请参考以下两式：

$$E_g(T) = E_g(0) - \frac{\alpha T^2}{T - \beta}$$

$$\begin{aligned} n_i &= N_c \exp\left(-\frac{E_c - E_i}{kT}\right) = N_v \exp\left(-\frac{E_i - E_v}{kT}\right) \\ &= \sqrt{N_c N_v} \exp\left(-\frac{E_g}{2kT}\right) \\ &= 4.9 \times 10^{15} \left(\frac{m_{de} m_{dh}}{m_0^2}\right)^{3/4} M_c^{1/2} T^{3/2} \exp\left(-\frac{E_g}{2kT}\right) \end{aligned} \quad (28)$$

画出 $T=400 \text{K}$ 时该pn结的能带图，标注费米能级的位置。给出计算过程。

第二章 习题答案

$$(2) N_D = n_i \exp\left(\frac{E_F - E_{Fi}}{kT}\right) = 10^7 \exp\left(\frac{0.365}{0.026}\right) = 3.42 \times 10^{13} \text{ cm}^{-3}$$

$$N_A = n_i \exp\left(\frac{E_{Fi} - E_F}{kT}\right) = 10^7 \exp\left(\frac{0.330}{0.026}\right) = 1.32 \times 10^{12} \text{ cm}^{-3}$$

$$E_g(300) = E_g(0) - \frac{5.4 \times 10^{-4} \times 300^2}{300 - 204} = 1.01 \text{ eV}$$

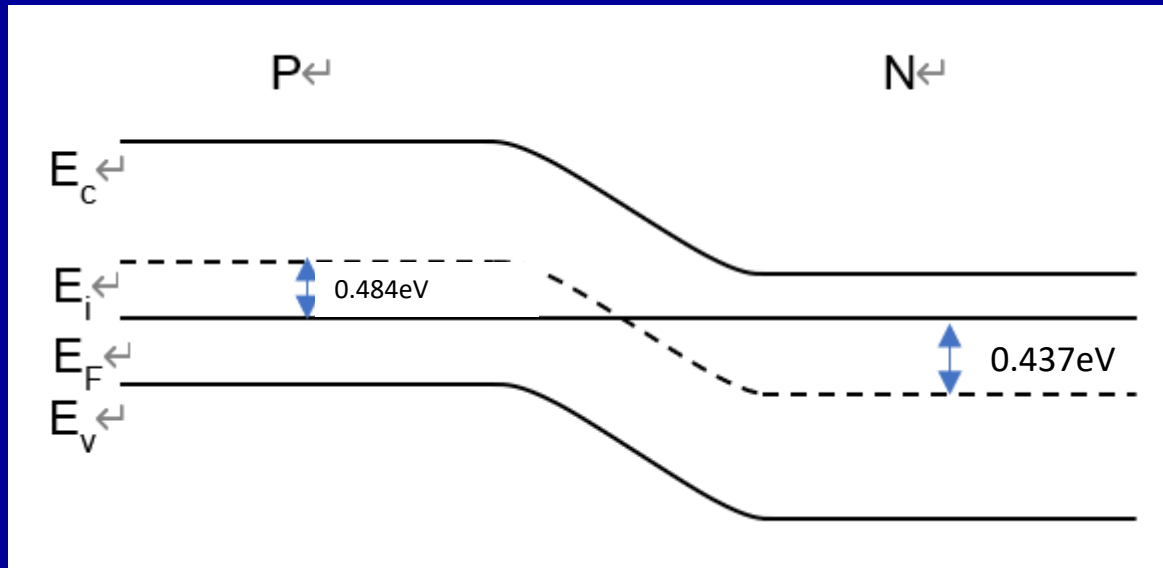
$$E_g(400) = E_g(0) - \frac{5.4 \times 10^{-4} \times 400^2}{400 - 204} = 1.08 \text{ eV}$$

$$\begin{aligned} n_i &= N_C \exp\left(-\frac{E_C - E_i}{kT}\right) = N_V \exp\left(-\frac{E_i - E_V}{kT}\right) \\ &= \sqrt{N_C N_V} \exp\left(-\frac{E_g}{2kT}\right) \\ &= 4.9 \times 10^{15} \left(\frac{m_{de} m_{dh}}{m_0^2}\right)^{3/4} M_C^{1/2} \Gamma^{3/2} \exp\left(-\frac{E_g}{2kT}\right) \end{aligned}$$

$$n_i(400) = n_i(300) \times \left(\frac{400}{300}\right)^{1.5} \exp\left(\frac{2k \cdot 300}{1.01} - \frac{2k \cdot 400}{1.08}\right) = 1.15 \times 10^7 \text{ cm}^{-3}$$

第二章 习题答案

$$n: E_F - E_i = \frac{kT}{q} \ln\left(\frac{N_D}{n_i}\right) = 0.484\text{eV} \quad p: -(E_F - E_i) = \frac{kT}{q} \ln\left(\frac{N_A}{n_i}\right) = 0.437\text{eV}$$



第二章 习题答案

1、施加正向偏压时，求PN结空间电荷区边缘处的少子空穴浓度。 $T=300\text{K}$ ，掺杂浓度为 $N_A=6\times 10^{15}\text{cm}^{-3}$ ， $N_D=10^{16}\text{cm}^{-3}$ ，正偏电压为 $V_f=0.6\text{V}$ 。假定 $n_i=1.02\times 10^{10}\text{cm}^{-3}$ 。

由结定律知：

$$n(-x_p) = n_{p0} \exp(qV_f/kT)$$

$$p(x_n) = p_{n0} \exp(qV_f/kT)$$

热平衡下少子空穴浓度为

$$n_{p0} = n_i^2/N_A = (1.02\times 10^{10})^2/(6\times 10^{15}) = 1.73\times 10^4\text{cm}^{-3}$$

$$p_{n0} = n_i^2/N_D = (1.02\times 10^{10})^2/10^{16} = 1.04\times 10^4\text{cm}^{-3}$$

\therefore 代入结定律，则有

$$n(-x_p) = 1.73\times 10^4 \exp(0.6/0.0259) = 1.99\times 10^{14}\text{cm}^{-3}$$

$$p(x_n) = 1.04\times 10^4 \exp(0.6/0.0259) = 1.20\times 10^{14}\text{cm}^{-3}$$

第二章 习题答案

2、GaAs PN结的掺杂浓度为 $N_A=4\times 10^{16}\text{cm}^{-3}$, $N_D=2\times 10^{17}\text{cm}^{-3}$, 结面积为 $A=10^{-3}\text{cm}^2$, 外加正偏电压 $V=1.5\text{V}$ 。设 $n_i=1.8\times 10^6\text{cm}^{-3}$, $D_n=205\text{cm}^2/\text{s}$, $D_p=9.8\text{cm}^2/\text{s}$, $\tau_{n0}=5\times 10^{-8}\text{s}$, $\tau_{p0}=10^{-8}\text{s}$ 。计算 (1) 空间电荷区边缘的少子电子扩散电流; (2) 空间电荷区边缘的少子空穴扩散电流; (3) PN结二极管的总电流。

$$(1) J_n(-x_p) = \frac{qD_n n_{p0}}{L_n} \exp\left(\frac{qV}{kT}\right) = \frac{qn_i^2}{N_A} \sqrt{\frac{D_n}{\tau_{n0}}} \exp\left(\frac{qV}{kT}\right)$$

$$= \frac{(1.6\times 10^{-19})(1.8\times 10^6)^2}{4\times 10^{16}} \sqrt{\frac{205}{5\times 10^{-8}}} \times \exp\left(\frac{1.5}{0.0259}\right) = 1.18 \times 10^7 \text{A/cm}^2,$$

$$I_n = AJ_n(-x_p) = 10^{-3} \times 1.18 \times 10^7 \text{A/cm}^2 = 1.18 \times 10^4 \text{A};$$

第二章 习题答案

$$\begin{aligned}(2) J_p(x_n) &= \frac{qD_p p_{n0}}{L_p} \exp\left(\frac{qV}{kT}\right) = \frac{qn_i^2}{N_D} \sqrt{\frac{D_p}{\tau_{p0}}} \exp\left(\frac{qV}{kT}\right) \\ &= \frac{(1.6 \times 10^{-19})(1.8 \times 10^6)^2}{2 \times 10^{17}} \sqrt{\frac{9.8}{10^{-8}}} \times \exp\left(\frac{1.5}{0.0259}\right) = 1.15 \times \\ &10^6 A/cm^2,\end{aligned}$$

$$I_p = AJ_p(x_n) = 10^{-3} \times 1.15 \times 10^6 A/cm^2 = 1.15 \times 10^3 A;$$

$$(3) I = I_n + I_p = 1.18 \times 10^4 + 1.15 \times 10^3 = 1.29 \times 10^4 A.$$

第二章 习题答案

3、理想硅PN结的掺杂浓度为 $N_D=3\times 10^{16}\text{cm}^{-3}$,
 $N_A=2.5\times 10^{16}\text{cm}^{-3}$, 结的横截面积为 $A=4\times 10^{-4}\text{cm}^2$ 。
 $D_n=25\text{cm}^2/\text{s}$, $D_p=10\text{cm}^2/\text{s}$, $\tau_{n0}=2\times 10^{-7}\text{s}$, $\tau_{p0}=8\times 10^{-8}\text{s}$ 。
设 $n_i=1.5\times 10^{10}\text{cm}^{-3}$ 。计算 (1) 空穴形成的理想反向饱和电流; (2) 电子形成的理想反向饱和电流; (3) 外加正偏压 $V_a=0.6V_{bi}$ 时, x_n 处的空穴浓度; (4) 外加正偏压 $V_a=0.8V_{bi}$ 时, x_n 处的电子浓度。

$$\begin{aligned}(1) I_{sp} &= A \left(\frac{qD_p p_{n0}}{L_p} \right) = Aq \sqrt{\frac{D_p}{\tau_{p0}}} \frac{n_i^2}{N_D} \\ &= 4 \times 10^{-4} \times 1.6 \times 10^{-19} \sqrt{\frac{10}{8 \times 10^{-8}}} \frac{(1.5 \times 10^{10})^2}{3 \times 10^{16}} = 5.37 \times \\ &10^{-15} \text{A};\end{aligned}$$

第二章 习题答案

$$\begin{aligned}(2) \quad I_{sn} &= A \left(\frac{q D_n n_{p0}}{L_n} \right) = A q \sqrt{\frac{D_n}{\tau_{n0}}} \frac{n_i^2}{N_A} \\ &= 4 \times 10^{-4} \times 1.6 \times 10^{-19} \sqrt{\frac{25}{2 \times 10^{-7}}} \frac{(1.5 \times 10^{10})^2}{2.5 \times 10^{16}} = \\ &6.44 \times 10^{-15} \text{ A};\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}(3) \quad V_D &= \frac{kT}{q} \ln \left(\frac{N_A N_D}{n_i^2} \right) = 0.0259 \ln \frac{3 \times 10^{16} \times 2.5 \times 10^{16}}{(1.5 \times 10^{10})^2} = \\ &0.746826 \text{ V},\end{aligned}$$

$$V_a = 0.6 V_D = 0.6 \times 0.746826 = 0.44810 \text{ V},$$

$$\begin{aligned}p_n(x_n) &= p_{n0} \exp \left(\frac{q V_a}{kT} \right) = \frac{n_i^2}{N_D} \exp \left(\frac{q V_a}{kT} \right) = \\ &\frac{(1.5 \times 10^{10})^2}{3 \times 10^{16}} \exp \left(\frac{0.44810}{0.0259} \right) = 2.45 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3};\end{aligned}$$

$$(4) \quad n_n(x_n) = N_D = 3.00 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}.$$

第二次作业

第二章 习题答案

4、理想的 p^+n 结为 $T=300\text{ K}$ 时均匀掺杂的冶金结。掺杂浓度的关系为 $N_A=40N_D$ 。内建电势差为 $V_D=0.69\text{ V}$ 。反偏电压 $V_R=5\text{ V}$ 。设 $n_i=1.5\times 10^{10}\text{ cm}^{-3}$, $\epsilon_r=11.9$ 。计算：(1) N_A 、 N_D ；(2) x_p 、 x_n ；(3) $|E_{\max}|$ ；(4) C' (单位面积的势垒电容)。

$$V_D = \frac{kT}{q} \ln \left(\frac{N_A N_D}{n_i^2} \right)$$

$$0.69 = 0.0259 \ln \frac{40 N_D^2}{n_i^2} = 0.0259 (\ln 40 + 2 \ln \frac{N_D}{n_i})$$

$$N_D = 1.45 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3} \quad N_A = 5.78 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$$

第二章 习题答案

4、理想的 p^+n 结为 $T=300\text{ K}$ 时均匀掺杂的冶金结。掺杂浓度的关系为 $N_A=40N_D$ 。内建电势差为 $V_D=0.69\text{ V}$ 。反偏电压 $V_R=5\text{ V}$ 。设 $n_i=1.5\times 10^{10}\text{ cm}^{-3}$, $\epsilon_r=11.9$ 。计算：(1) N_A 、 N_D ；(2) x_p 、 x_n ；(3) $|E_{\max}|$ ；(4) C' (单位面积的势垒电容)。

$$x_n = \sqrt{\frac{2\epsilon_s(V_D+V_R)}{q} \frac{N_A}{N_D(N_A+N_D)}} = 2.31\mu m$$

$$x_p = \frac{x_n}{40} = 0.058\mu m$$

$$|E_{\max}| = \frac{qN_Dx_n}{\epsilon_s} = 4.82\times 10^4\text{ V/cm}$$

$$C' = \frac{\epsilon_r\epsilon_0}{x_n+x_p} = 4.43\times 10^{-5}\text{ F/m}^2$$

第二章 习题答案

5、考虑反偏电压8V时的硅p+n结。(1) 当P区掺杂浓度变为原来的四倍时, 求内建电势差的变化量; (2) 当P区掺杂浓度由 N_a 变为 $4N_a$ 时, 求势垒电容的变化比率。

$$(1) V_D = \frac{kT}{q} \ln \left(\frac{N_A N_D}{n_i^2} \right),$$

$$\text{所以 } V_D(4N_A) - V_D(N_A) = \frac{kT}{q} \ln \left(\frac{4N_A N_D}{n_i^2} \right) - \frac{kT}{q} \ln \left(\frac{N_A N_D}{n_i^2} \right) = \frac{kT}{q} \ln(4) = 0.0359V;$$

(2) 因为p⁺n结, 所以几乎不变

第二章 习题答案

6、反偏电压 $V_R=1V$ ， $T=300K$ 时，GaAs PN结的总势垒电容为 $1.2pF$ 。其中一侧的掺杂浓度为 $5 \times 10^{16}cm^{-3}$ ，内建电势差 $V_D=1.2V$ 。设 $n_i=1.8 \times 10^6cm^{-3}$ ， $\epsilon_r=13.1$ 。（1）计算另一侧的掺杂浓度；（2）结的横截面积；（3）当结电容变为 $0.8pF$ 时的反偏电压 V_R 。

$$(1) V_D = \frac{kT}{q} \ln \left(\frac{N_A N_D}{n_i^2} \right) = 0.0259 \ln \left[\frac{5 \times 10^{16} N_D}{(1.8 \times 10^6)^2} \right] = 1.20,$$

$$\text{解得: } N_D = 8.58 \times 10^{15} cm^{-3};$$

$$(2) C = AC' = A \sqrt{\frac{q \epsilon_s N_A N_D}{2(V_D + V_R)(N_A + N_D)}}$$

第二章 习题答案

$$= A \sqrt{\frac{1.6 \times 10^{-19} \times 13.1 \times 8.854 \times 10^{-14}}{2 \times (1.20 + 1)} \frac{5 \times 10^{16} \times 8.58 \times 10^{15}}{5 \times 10^{16} + 8.58 \times 10^{15}}} = 1.2 \times 10^{-12},$$

解得: $A = 6.83 \times 10^{-5} \text{ cm}^2;$

$$(3) C = AC' = A \sqrt{\frac{q \varepsilon_s N_A N_D}{2(V_D + V_R)(N_A + N_D)}}$$

$$\frac{C_1}{C_2} = \frac{1.2}{0.8} = \sqrt{\frac{V_D + V_{R1}}{V_D + V_{R2}}} = \sqrt{\frac{1 + 1.2}{1 + V_{R2}}}$$

解得 $V_R = 3.75 \text{ V}$

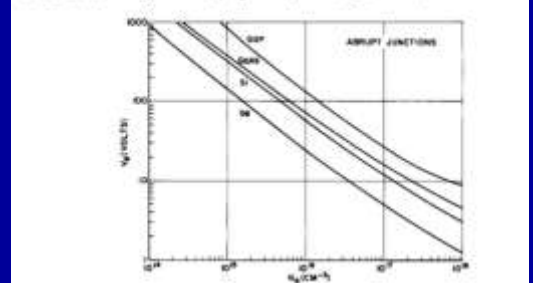
第二章 习题答案

1、突变硅p+n结中n区的掺杂浓度为 $N_d=4 \times 10^{15} \text{cm}^{-3}$ 。当雪崩击穿发生时，不让耗尽区到达欧姆接触(穿透)的最小n区长度是多少？

读图得： $V_B \approx 100\text{V}$ ，

$$x_n \approx \sqrt{\frac{2\varepsilon_s V_B}{qN_D}} = \sqrt{\frac{2 \times 11.9 \times 8.854 \times 10^{-14} \times 100}{1.6 \times 10^{-19} \times 4 \times 10^{15}}} = 5.69 \times 10^{-4} \text{cm}。$$

突变结： $V_B = 60(E_B/1.1)^{3/2} (N_B/10^{16})^{-3/4}$



2、硅pn结的掺杂浓度为 $N_d=N_a=5 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 。发生齐纳击穿时的临界电场为 10^6V/cm 。设 $n_i=1.5 \times 10^{10} \text{cm}^{-3}$ ， $\varepsilon_r=11.9$ 。求击穿电压的值(不忽略内建电势)。

第二章 习题答案

$$V_D = \frac{kT}{q} \ln \left(\frac{N_A N_D}{n_i^2} \right) =$$

$$0.0259 \ln \left[\frac{5 \times 10^{18} \times 5 \times 10^{18}}{(1.5 \times 10^{10})^2} \right] = 1.017V,$$

$$\text{由 } |E_{max}| = \frac{q N_D x_n}{\epsilon_s}, \text{ 有 } 10^6 = \frac{1.6 \times 10^{-19} \times 5 \times 10^{18} x_n}{11.9 \times 8.854 \times 10^{-14}},$$

$$\text{解得: } x_n = 1.317 \times 10^{-6} \text{ cm},$$

$$\text{又因为: } x_n = \sqrt{\frac{2\epsilon_s(V_D + V_R)}{q} \frac{N_A}{N_D(N_A + N_D)}},$$

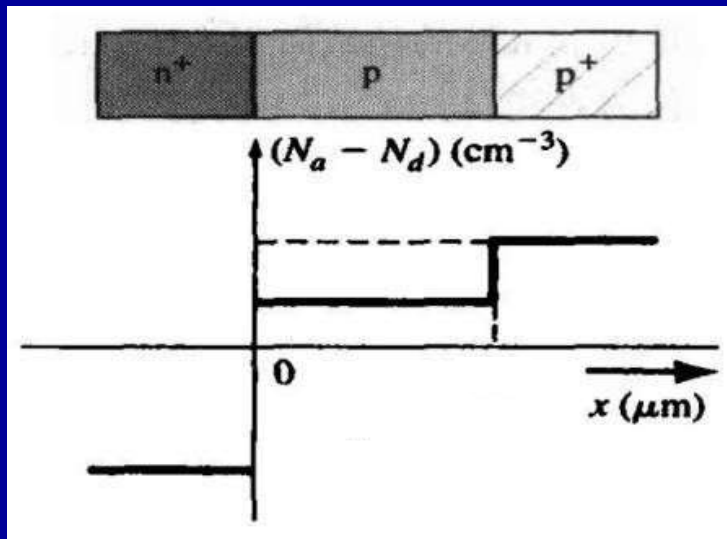
$$\text{有: } 1.317 \times 10^{-6} =$$

$$\sqrt{\frac{2 \times 11.9 \times 8.854 \times 10^{-14} \times (1.017 + V_R)}{1.6 \times 10^{-19}} \frac{1}{2 \times 5 \times 10^{18}}},$$

$$\text{解得: } V_R = 0.30V。$$

第二章 习题答案

3、二极管的掺杂曲线经常如图所示，即所谓的n+pp+二极管。反偏时，耗尽区必须处于p区内，以防止过早的击穿。p区的掺杂浓度为 $2 \times 10^{15} \text{cm}^{-3}$ 。 $\epsilon_r = 11.9$ 。计算使耗尽区处于p区内并且不发生击穿的反偏电压，假设p区长度为(a) $75 \mu\text{m}$ 、(b) $150 \mu\text{m}$ 。确定每种情况下，是耗尽区最大宽度先产生还是击穿先产生(忽略内建电势)？（可以当成n+p结构考虑）



第二章 习题答案

$$(1) x_p \approx \sqrt{\frac{2\varepsilon_s(V_R+V_D)}{qN_A}},$$

$$\text{有: } 75 \times 10^{-4} = \sqrt{\frac{2 \times 11.9 \times 8.854 \times 10^{-14} \times V_R}{1.6 \times 10^{-19}}} \frac{1}{2 \times 10^{15}},$$

$$\text{解得: } V_R = 8.54 \times 10^3 \text{ V},$$

读图，击穿电压在180V左右，所以先击穿。

$$(2) 150 \times 10^{-4} = \sqrt{\frac{2 \times 11.9 \times 8.854 \times 10^{-14} \times V_R}{1.6 \times 10^{-19}}} \frac{1}{2 \times 10^{15}},$$

$$\text{解得: } V_R = 1.71 \times 10^4 \text{ V}, \text{ 先击穿。}$$