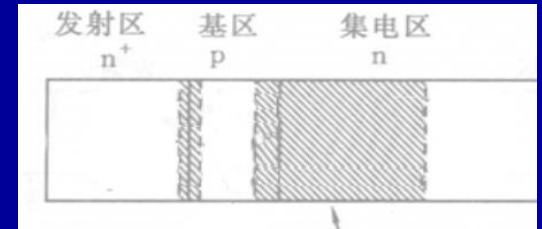


第三章习题



◆第1-2讲习题

1. 计算随C-B结电压变化，中性基区宽度的变化。考虑均匀掺杂的硅双极晶体管， $T=300\text{K}$ ，基区掺杂浓度为 $N_B=5\times 10^{16}\text{cm}^{-3}$ ，集电区掺杂浓度为 $N_C=2\times 10^{15}\text{cm}^{-3}$ 。假定冶金结宽度为 $0.70\mu\text{m}$ 。计算C-B结电压从 2V 变化到 10V 时，中性基区宽度的变化。

解：

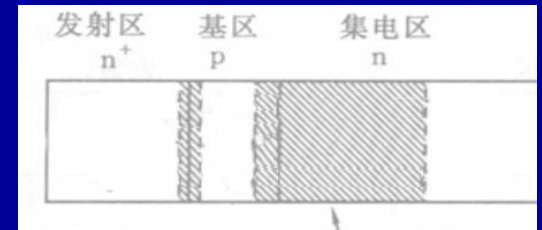
集电结在基区中的宽度为

$$X_{dB} = \left\{ \frac{2\varepsilon_s(V_{bi} + V_{CB})}{q} \left[\frac{N_C}{N_B} \frac{1}{N_B + N_C} \right] \right\}^{1/2}$$

代入数据得到

$$\begin{aligned} X_{dB} &= \left\{ \frac{2 \times 11.7 \times 8.85 \times 10^{-12} (V_{bi} + V_{CB})}{1.6 \times 10^{-19}} \left[\frac{2 \times 10^{15}}{5 \times 10^{16}} \times \frac{1}{2 \times 10^{15} \times 10^6 + 5 \times 10^{16} \times 10^6} \right] \right\}^{1/2} \\ &= \{(9.96 \times 10^{-16})(V_{bi} + V_{CB})\}^{1/2} \end{aligned}$$

第三章习题



内建电势差为

$$V_{bi} = \frac{kT}{q} \ln \left(\frac{N_B N_C}{n_i^2} \right) = 0.697V$$

当 $V_{CB}=2V$ 时

$$X_{dB} = \{(9.96 \times 10^{-16}) \times (0.697 + 2)\}^{1/2} = 0.052\mu m$$

当 $V_{CB}=10V$ 时

$$X_{dB} = \{(9.96 \times 10^{-16}) \times (0.697 + 10)\}^{1/2} = 0.103\mu m$$

因为B-E结正偏，所以发射结耗尽层较小，将其忽略，则可计算出中性基区宽度 x_B 为

当 $V_{CB}=2V$ 时

$$x_B = 0.70 - 0.052 = 0.648\mu m$$

当 $V_{CB}=10V$ 时

$$x_B = 0.70 - 0.103 = 0.597\mu m$$

所以当C-B结电压从2V变化到10V时，中性基区宽度从 $0.648\mu m$ 变化到 $0.597\mu m$ 。

第三章习题

◆第1-2讲习题

2. 以下列参数计算一个硅双极晶体管在 $T=300\text{K}$ 时的共发射极电流增益。

$$\begin{array}{ll} D_E = 10 \text{ cm}^2/\text{s} & x_B = 0.70 \text{ } \mu\text{m} \\ D_B = 25 \text{ cm}^2/\text{s} & x_E = 0.50 \text{ } \mu\text{m} \\ \tau_{E0} = 1 \times 10^{-7} \text{ s} & N_E = 1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3} \\ \tau_{B0} = 5 \times 10^{-7} \text{ s} & N_B = 1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3} \\ J_{r0} = 5 \times 10^{-8} \text{ A/cm}^2 & V_{BE} = 0.65 \text{ V} \end{array}$$

解：

首先求共基极电流增益 α_0 , $\alpha_0 = \alpha_T \gamma$

$$\alpha_T = \frac{I_{nC}}{I_{nE}} = \text{sech}\left(\frac{W_b}{L_{nb}}\right) \approx 1 - \frac{W_b^2}{2L_{nb}^2}$$

$$\gamma = \frac{I_{nE}}{I_E} = \frac{1}{1 + \frac{D_{pe}}{D_{nb}} \frac{p_{ne0}}{n_{pb0}} \frac{W_b}{L_{pe}}}$$

计算一些必要的参数

参数计算如下：

$$p_{E0} = \frac{(1.5 \times 10^{10})^2}{1 \times 10^{18}} = 2.25 \times 10^2 \text{ cm}^{-3}$$

$$n_{B0} = \frac{(1.5 \times 10^{10})^2}{1 \times 10^{16}} = 2.25 \times 10^4 \text{ cm}^{-3}$$

$$L_E = \sqrt{D_E \tau_{E0}} = 10^{-3} \text{ cm}$$

$$L_B = \sqrt{D_B \tau_{B0}} = 3.54 \times 10^{-3} \text{ cm}$$

第三章习题

将计算得到的参数代入 $\alpha_T \gamma$ 的表达式

$$\alpha_T = \frac{I_{nC}}{I_{nE}} = \operatorname{sech}\left(\frac{W_b}{L_{nb}}\right) \approx 1 - \frac{W_b^2}{2L_{nb}^2} = 1 - \frac{(0.7 \times 10^{-4})^2}{2 \times (3.54 \times 10^{-3})^2} = 0.9998$$

$$\gamma = \frac{I_{nE}}{I_E} = \frac{1}{1 + \frac{D_{pe}}{D_{nb}} \frac{p_{ne0}}{n_{pb0}} \frac{W_b}{L_{pe}}} = \frac{1}{1 + \frac{10}{25} \times \frac{2.25 \times 10^2}{2.25 \times 10^4} \times \frac{0.7 \times 10^{-4}}{10^{-3}}} = 0.9997$$

所以, $\alpha_0 = \alpha_T \gamma = 0.9998 \times 0.9997 = 0.9995$

接着利用 α_0 求共发射极电流增益 β_0

$$\beta_0 = \frac{\alpha_0}{1 - \alpha_0} = \frac{0.9995}{1 - 0.9995} = 1999$$

第三章习题

◆第1-2讲习题

3.试确定发射区掺杂浓度与基区浓度之比，以使发射极注入效率系数达到 $\gamma=0.9967$ 。设想是一个npn型双极晶体管。为了简化计算，假定 $D_E=D_B$ ， $L_E=L_B$ ， $x_E=x_B$ 。

解：

$$\gamma = \frac{I_{nE}}{I_E} = \frac{1}{1 + \frac{D_{pe}}{D_{nb}} \frac{p_{ne0}}{n_{pb0}} \frac{W_b}{L_{pe}}}$$

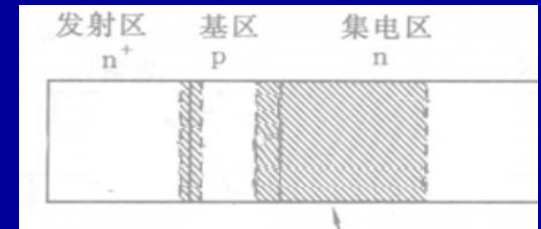


$$\gamma = \frac{I_{nE}}{I_E} = \frac{1}{1 + \frac{D_{pe}}{D_{nb}} \frac{p_{ne0}}{n_{pb0}} \frac{W_b}{L_{pe}}} = \frac{1}{1 + \frac{D_E}{D_B} \frac{n_i^2/N_E}{n_i^2/N_B} \frac{W_b}{L_{pe}}} = \frac{1}{1 + \frac{D_E}{D_B} \frac{N_B}{N_E} \frac{W_b}{L_{pe}}}$$

代入题中已知条件，可得

$$\frac{N_E}{N_B} = 302$$

第三章习题



◆第1-2讲习题

4. 试确定集电区掺杂浓度和集电区宽度，以满足穿通电压的要求。假设有一均匀掺杂的硅双极晶体管，基区宽度为 $0.5\mu\text{m}$ ，基区掺杂浓度为 $N_B = 10^{16}\text{cm}^{-3}$ 。穿通电压期望值为 $V_{pt} = 25\text{V}$ 。

解：

穿通电压表达式为

$$V_{pT} \simeq \frac{q}{2\epsilon_s} \frac{N_B}{N_C} (N_B + N_C) W_B^2$$

代入题中已知的数据

$$25 = \frac{1.6 \times 10^{-19}}{2 \times 11.7 \times 8.85 \times 10^{-12}} \times 10^2 \times \frac{10^{16}}{N_C} \times (10^{16} + N_C) \times (0.5 \times 10^{-4})^2$$

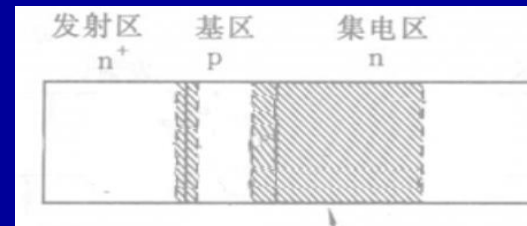
解得集电区掺杂浓度为

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

第三章习题

集电区的n型掺杂浓度必须保证集电结在集电区一侧的耗尽层小于集电区的宽度，这样集电区才不会被穿通

集电结耗尽区在集电区中的宽度为



$$x_n = \left[\frac{2\epsilon_s(V_{bi} + V_R)}{q} \left(\frac{N_B}{N_C} \frac{1}{N_B + N_C} \right) \right]^{1/2}$$

将 $V_R = V_{pt}$ 代入并忽略 V_{bi} ，可得

$$x_n = \left[\frac{2 \times 11.7 \times 8.85 \times 10^{-14} \times 25}{1.6 \times 10^{-19}} \times \left(\frac{10^{16}}{8.38 \times 10^{14}} \times \frac{1}{10^{16} + 8.38 \times 10^{14}} \right) \right]^{1/2} = 5.97 \mu m$$

所以集电区最小宽度为 $5.97 \mu m$

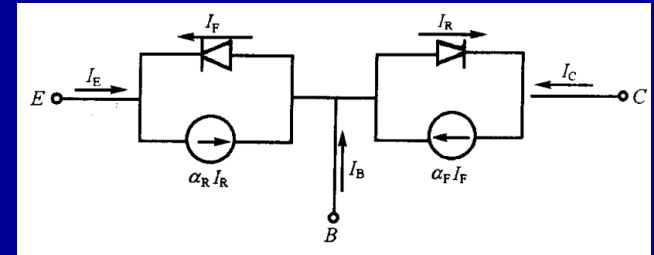
第三章习题

◆第3-4讲习题

1. 一个npn型双极晶体管工作在有源区。运用E-M模型，试将基极电流 I_B 用 α_F , α_R , I_{F0} , I_{R0} 和 V_{BE} 表示出来。

解：

E-M模型的基本方程



$$I_E = -I_{F0}[\exp(qV_{BE}/kT) - 1] + \alpha_R I_{R0}[\exp(qV_{BC}/kT) - 1]$$

$$I_C = -I_{R0}[\exp(qV_{BC}/kT) - 1] + \alpha_F I_{F0}[\exp(qV_{BE}/kT) - 1]$$

根据E-M模型等效电路可以得到

$$I_B = -(I_E + I_C) = -\left\{(\alpha_F I_{F0} - I_{F0})\left[\exp\left(\frac{qV_{BE}}{kT}\right) - 1\right] + (\alpha_R I_{R0} - I_{R0})\left[\exp\left(\frac{qV_{BC}}{kT}\right) - 1\right]\right\}$$

本题有源区即为放大区, $V_{BC} < 0$, 对上式做近似得到

$$I_B = -\left\{(\alpha_F I_{F0} - I_{F0})\left[\exp\left(\frac{qV_{BE}}{kT}\right) - 1\right] - (\alpha_R I_{R0} - I_{R0})\right\}$$

第三章习题

◆第3-4讲习题

2.考虑E-M模型，将基极悬空，以便使 $I_B=0$ 。证明，当施加B-E

结电压 V_{BE} 时，有 $I_C = I_{CEO} = I_{R0} \frac{1-\alpha_F\alpha_R}{1-\alpha_F}$

解：

$$I_E = -I_{F0}[\exp(qV_{BE}/kT)-1] + \alpha_R I_{R0}[\exp(qV_{BC}/kT)-1]$$

$$I_C = -I_{R0}[\exp(qV_{BC}/kT)-1] + \alpha_F I_{F0}[\exp(qV_{BE}/kT)-1]$$

当 $I_B=0$ 时，根据E-M模型的等效电路图得

$$I_E = -I_C$$



$$-I_{F0} \left[\exp\left(\frac{qV_{BE}}{kT}\right) - 1 \right] + \alpha_R I_{R0} \left[\exp\left(\frac{qV_{BC}}{kT}\right) - 1 \right] = I_{R0} \left[\exp\left(\frac{qV_{BC}}{kT}\right) - 1 \right] - \alpha_F I_{F0} \left[\exp\left(\frac{qV_{BE}}{kT}\right) - 1 \right]$$

$$V_{BC} < 0$$

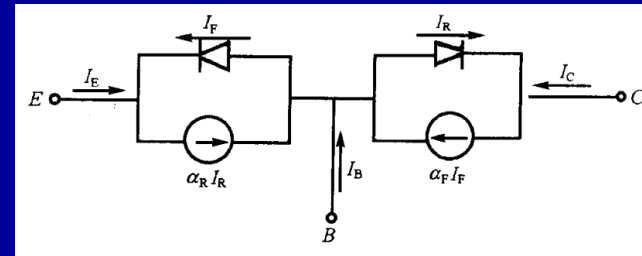
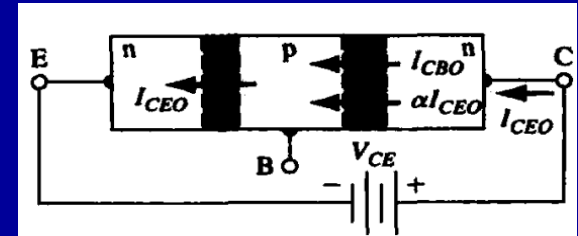


$$\left[\exp\left(\frac{qV_{BE}}{kT}\right) - 1 \right] = \frac{(\alpha_R - 1)I_{R0}}{\alpha_F I_{F0} - I_{F0}}$$

代入 I_C 的表达式，并考虑 $V_{BC} < 0$ 做近似



$$I_C = I_{R0} \frac{1 - \alpha_F \alpha_R}{1 - \alpha_F}$$



第三章习题

◆第3-4讲习题

3.考虑一个npn型硅晶体管, $T=300\text{K}$ 。假设其参数如下:

$I_E = 0.5 \text{ mA}$	$C_{je} = 0.8 \text{ pF}$
$x_B = 0.7 \mu\text{m}$	$D_n = 25 \text{ cm}^2/\text{s}$
$x_{dc} = 2.0 \mu\text{m}$	$r_c = 30 \Omega$
$C_{jc} = 0.08 \text{ pF}$	$\beta_0 = 50$

分别计算特征频率 f_T 和截止频率 f_β 。

解:

特征频率 f_T 的表达式为

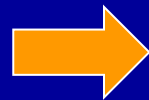
$$f_T = \beta_0 f_\beta = \frac{1}{2\pi} \frac{1}{\tau_F + \frac{kT}{qI_C} C_{jE} + (\frac{kT}{qI_C} + r_c) C_{jC}}$$

利用题中已知参数计算 f_T 表达式分母中的未知参量

$$\tau_F = \tau_B = \frac{x_B^2}{2D_n} = \frac{(0.7 \times 10^{-4})^2}{2 \times 25} = 9.8 \times 10^{-11} \text{ s}$$

第三章习题

$$I_C = \beta_0 I_B = 50 I_B$$
$$I_C + I_B = I_E = 0.5 \times 10^{-3} A$$



$$I_C = 0.49 \times 10^{-3} A$$

将计算得到的参量及题中已知的参数代入 f_T 的表达式

$$f_T = \frac{1}{2\pi} \times \frac{1}{9.8 \times 10^{-11} + \frac{0.026}{0.49 \times 10^{-3}} \times 0.8 \times 10^{-12} + \left(\frac{0.026}{0.49 \times 10^{-3}} + 30 \right) \times 0.08 \times 10^{-12}} = 1.08 \times 10^9 \text{ Hz}$$

截止频率 f_β 为

$$f_\beta = \frac{f_T}{\beta_0} = \frac{1.08 \times 10^9}{50} = 2.16 \times 10^7 \text{ Hz}$$

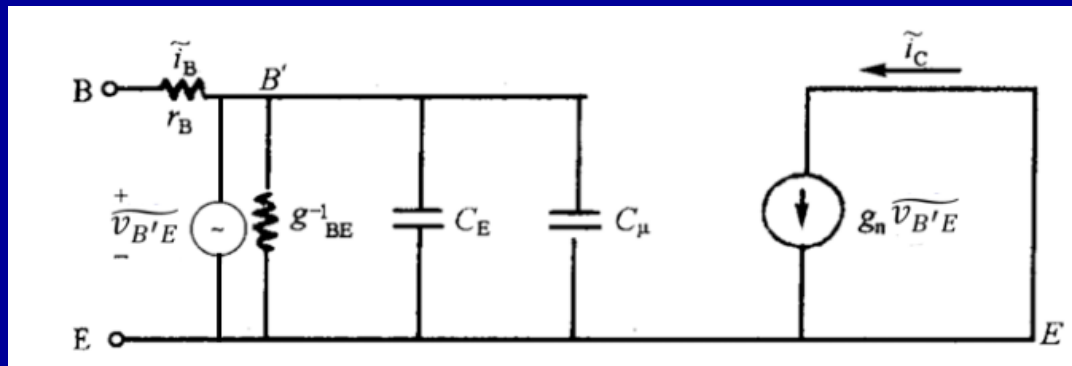
第三章习题

◆第3-4讲习题

4. 试确定小信号电流增益 β 下降到其低频的 $1/\sqrt{2}$ 时的频率。所有用到的物理量均用课件上的符号表示，只需算出表达式，不需算出具体数值。

解：

利用高频小信号等效电路求出电流增益 β 与频率的关系



$$\beta = \frac{\frac{g_m}{C_E + C_{\mu}}}{\frac{g_{BE}}{C_E + C_{\mu}} + j\omega} = \frac{\frac{g_m}{g_{BE}}}{1 + j\omega \frac{C_E + C_{\mu}}{g_{BE}}} = \frac{\beta_0}{1 + j\omega / \omega_{\beta}} = \frac{\beta_0}{1 + jf / f_{\beta}}$$

$$\beta_0 = \frac{g_m}{g_{BE}}$$

$$\omega_{\beta} = \frac{g_{BE}}{C_E + C_{\mu}}$$

$$f_{\beta} = \frac{1}{2\pi} \omega_{\beta}$$

第三章习题

所以电流增益 β 的大小为

$$|\beta| = \beta_0 / \sqrt{1 + (f/f_\beta)^2}$$

当 $|\beta|$ 下降到 $\beta_0/\sqrt{2}$ 时 $f = f_\beta$

因为 f_β 和 ω_β 间的关系为

$$f_\beta = \frac{1}{2\pi} \omega_\beta$$

ω_β 的表达式为

$$\omega_\beta = \frac{g_{BE}}{C_E + C_\mu}$$

所以 f_β 的表达式为

$$f_\beta = \frac{1}{2\pi} \omega_\beta = \frac{1}{2\pi} \frac{g_{BE}}{C_E + C_\mu}$$

第三章习题

◆第3-4讲习题

5. 一个npn型硅双极晶体管的面积为 10^{-3}cm^2 , $T=300\text{K}$, 中性基区宽度为 $1\mu\text{m}$, 掺杂浓度分别 $N_E=10^{18}\text{cm}^{-3}$, $N_B=10^{17}\text{cm}^{-3}$, $N_C=10^{16}\text{cm}^{-3}$ 。其他参数为 $D=20\text{cm}^2/\text{s}$, $\tau_{E0}=\tau_{B0}=10^{-7}\text{s}$, $\tau_{C0}=10^{-6}\text{s}$ 。假设晶体管工作在正向有源区。计算三种情况下的集电极电流：
(a) $V_{BE}=0.5\text{V}$, (b) $I_E=1.5\text{mA}$, (c) $I_B=2\mu\text{A}$ (计算涉及到的载流子扩散系数均用 D)

解：

(a) 正向有源状态下集电极电流 I_C 的表达式为

$$I_C = \frac{qAD_{nb}n_{pb0}}{W_b} \left[\exp\left(\frac{qV_{BE}}{kT}\right) - 1 \right] - qA \left(\frac{D_{nb}n_{pb0}}{W_b} + \frac{D_{pc}p_{nc0}}{L_{pc}} \right)$$

第三章习题

利用题中已知条件计算 I_C 表达式中的未知参数

$$n_{pb0} = \frac{n_i^2}{N_B} = \frac{(1.5 \times 10^{10})^2}{10^{17}} = 2.25 \times 10^3 \text{cm}^{-3}$$

$$p_{nc0} = \frac{n_i^2}{N_C} = \frac{(1.5 \times 10^{10})^2}{10^{16}} = 2.25 \times 10^4 \text{cm}^{-3}$$

$$L_{pc} = \sqrt{D\tau_{c0}} = \sqrt{20 \times 10^{-6}} = 0.0045 \text{cm}$$

将数据全部代入 I_C 表达式中，得到 I_C 的值

$$I_C = \frac{1.6 \times 10^{-19} \times 10^{-7} \times 20 \times 10^{-4} \times 2.25 \times 10^9}{10^{-6}} \times \left[\exp\left(\frac{0.5}{0.026}\right) - 1 \right] - 1.6 \times 10^{-19} \times 10^{-7} \times \left(\frac{20 \times 10^{-4} \times 2.25 \times 10^9}{10^{-6}} + \frac{20 \times 10^{-4} \times 2.25 \times 10^{10}}{4.5 \times 10^{-5}} \right) = 16.2 \mu\text{A}$$

第三章习题

(b) 已知 $I_E = 1.5\text{mA}$, 求 I_C

$$I_E = -qA \left(\frac{D_{nb}n_{pb0}}{W_b} + \frac{D_{pe}p_{ne0}}{L_{pe}} \right) \left[\exp\left(\frac{qV_{BE}}{kT}\right) - 1 \right] - \frac{qAD_{nb}n_{pb0}}{W_b}$$

对 I_E 取绝对值, 代入数据



$$V_{BE} = 0.6176\text{V}$$

代入到 I_C 的表达式中



$$I_C = \frac{1.6 \times 10^{-19} \times 10^{-7} \times 20 \times 10^{-4} \times 2.25 \times 10^9}{10^{-6}} \times \left[\exp\left(\frac{0.6176}{0.026}\right) - 1 \right] - 1.6 \times 10^{-19} \times 10^{-7} \times \left(\frac{20 \times 10^{-4} \times 2.25 \times 10^9}{10^{-6}} + \frac{20 \times 10^{-4} \times 2.25 \times 10^{10}}{4.5 \times 10^{-5}} \right) = 1.49\text{mA}$$

(c) 已知 $I_B = 2\mu\text{A}$, 求 I_C

利用题中条件先求共基极电流增益 α_0

$$\alpha_0 = \alpha_T \gamma = \left(1 - \frac{W_b^2}{2L_{nb}^2} \right) \left(1 + \frac{D_{pe} p_{ne0} W_b}{D_{nb} n_{pb0} L_{pe}} \right)^{-1}$$

第三章习题

代入数据可得到 α_0 的值为

$$\alpha_0 = \left(1 - \frac{1}{2 \times 200}\right) \times \left(1 + 1 \times \frac{10^{17}}{10^{18}} \times \frac{1}{14.1}\right)^{-1} = 0.9905$$

利用 α_0 与 β_0 间的关系求 β_0 的值

$$\beta_0 = \frac{\alpha_0}{1 - \alpha_0} = \frac{0.9905}{1 - 0.9905} = 104.26$$

因为 $\frac{I_C}{I_B} = \beta_0$, 所以 I_C 的值为

$$I_C = 104.26 \times 2 = 208.52 \mu A$$

第三章习题

◆第5讲习题

1.(a)如果由于制造的误差, 一组晶体管的中性基区宽度变化范围为 $0.800 \leq x \leq 1.00 \mu\text{m}$, 计算基区输运系数 α_T 的变化范围。假定 $L_B = 1.414 \times 10^{-3} \text{cm}$ 。(b)用(a)中的计算结果, 假定 $\gamma = 0.9967$, 计算共发射极电流增益的变化范围。

解:

(a) α_T 的表达式可以写成

$$\alpha_T = \frac{I_{nC}}{I_{nE}} = \text{sech}\left(\frac{x}{L_B}\right) \approx 1 - \frac{x^2}{2L_B^2}$$

将 L_B 及 x 的取值范围代入, 可得到 α_T 的变化范围为

$$0.9975 \leq \alpha_T \leq 0.9984$$

第三章习题

(b) 要计算共发射极电流增益可以先计算共基极电流增益

因为有 $\alpha_0 = \alpha_T \gamma$

所以若 $\gamma=0.9967$, 则 α_0 的变化范围为

$$0.9942 \leq \alpha_0 \leq 0.9951$$

共发射极电流增益 β_0 与共基极电流增益 α_0 之间存在以下关系

$$\beta_0 = \frac{\alpha_0}{1 - \alpha_0}$$

将 α_0 的变化范围代入上式可以得到 β_0 的变化范围为

$$171.41 \leq \beta_0 \leq 203.08$$

第三章习题

◆第5讲习题

2. 假定一个npn型双极晶体管在 $T=300K$ 时的少子参数如下：

$D_E=8\text{cm}^2/\text{s}$, $D_B=20\text{cm}^2/\text{s}$, $D_C=12\text{cm}^2/\text{s}$, $\tau_{E0}=10^{-8}\text{s}$, $\tau_{B0}=10^{-7}\text{s}$, $\tau_{C0}=10^{-6}\text{s}$ 。若发射区掺杂浓度为 $N_E=5\times 10^{18}\text{cm}^{-3}$ ，确定基区掺杂浓度，使得 $\gamma=0.9950$ 。假设 $x_E=2x_B=2\mu\text{m}$ 。

解：

基区电子扩散长度为

$$L_{nb} = \sqrt{D_B \tau_{B0}} = \sqrt{20 \times 10^{-7}} \times 10^4 = 14.1 \mu\text{m}$$

L_{nb} 远大于 x_B ，所以 γ 的表达式可以写成

$$\gamma = \frac{1}{1 + \frac{D_E N_B W_b}{D_B N_E L_{pe}}}$$

将题中相关数据代入可得

$$0.9950 = \frac{1}{1 + \frac{8}{20} \times \frac{N_B}{5 \times 10^{18}} \times \frac{10^{-4}}{\sqrt{8 \times 10^{-8}}}}$$

解上面方程式可得基区掺杂浓度为

$$N_B = 1.8 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$$

第三章习题

◆第5讲习题

3. 硅双极晶体管的基区宽度为 $W_B = 0.80 \mu\text{m}$ 。基区和集电区的掺杂浓度分别为 $N_B = 2 \times 10^{16} \text{cm}^{-3}$ 和 $N_C = 2 \times 10^{15} \text{cm}^{-3}$ 。试计算穿通击穿电压。

解：

穿通击穿电压表示为

$$V_{\text{PT}} \simeq \frac{q}{2\epsilon_s} \frac{N_B}{N_C} (N_B + N_C) W_B^2$$

将题中给出的数据代入式中可得穿通击穿电压的值为

$$V_{\text{PT}} = \frac{1.6 \times 10^{-19}}{2 \times 11.7 \times 8.85 \times 10^{-12}} \times 10^2 \times \frac{2 \times 10^{16}}{2 \times 10^{15}} \times (2 \times 10^{16} + 2 \times 10^{15}) \times (0.80 \times 10^{-4})^2 = 109 \text{V}$$

所以穿通击穿电压为109V

第三章习题

◆第5讲习题

4.考虑一个npn型双极晶体管，其基区中的参数如下： $D_n=20\text{cm}^2/\text{s}$ ， $n_{B0}=10^4\text{cm}^{-3}$ ， $x_B=1\mu\text{m}$ ， $A_{BE}=10^{-4}\text{cm}^2$ 。计算 (i) $v_{BE}=0.5\text{V}$ ，(ii) $v_{BE}=0.6\text{V}$ ，(iii) $v_{BE}=0.7\text{V}$ 三种情况下的集电极电流。

解：

适用于任何工作状态下的集电极电流的表达式为

$$I_C = a_{21} \left[\exp \left(\frac{qV_{be}}{kT} \right) - 1 \right] + a_{22} \left[\exp \left(\frac{qV_{bc}}{kT} \right) - 1 \right]$$

本题考虑晶体管工作在放大状态，做近似可将 I_C 的表达式重新书写为

$$I_C = \frac{qAD_{nb}n_{pb0}}{W_b} \left[\exp \left(\frac{qV_{BE}}{kT} \right) - 1 \right]$$

第三章习题

利用题中给出的数据可以计算

$$\frac{qA_{BE}D_n n_{B0}}{x_B} = \frac{1.6 \times 10^{-19} \times 10^{-8} \times 20 \times 10^{-4} \times 10^{10}}{10^{-6}} = 3.2 \times 10^{-14} A$$

(i) 当 $v_{BE}=0.5V$ 时, I_C 为

$$I_C = 3.2 \times 10^{-14} \times \left[\exp\left(\frac{0.5}{0.026}\right) - 1 \right] = 7.19 \mu A$$

(ii) 当 $v_{BE}=0.6V$ 时, I_C 为

$$I_C = 3.2 \times 10^{-14} \times \left[\exp\left(\frac{0.6}{0.026}\right) - 1 \right] = 337 \mu A$$

(iii) 当 $v_{BE}=0.7V$ 时, I_C 为

$$I_C = 3.2 \times 10^{-14} \times \left[\exp\left(\frac{0.7}{0.026}\right) - 1 \right] = 15800 \mu A$$

第三章习题

◆第5讲习题

5. 在一个特殊的双极晶体管中，基区渡越时间占总时间的20%。基区宽度为 $0.5\mu\text{m}$ ，基区扩散系数为 $D_B = 20\text{cm}^2/\text{s}$ 。试确定截止频率。

解：

特征频率 f_T 的表达式为

$$f_T = \beta_0 f_\beta = \frac{1}{2\pi} \frac{1}{\tau_F + \frac{kT}{qI_C} C_{jE} + (\frac{kT}{qI_C} + r_C) C_{jC}}$$

表达式中的三项之和为总时间常数，且 $\tau_F \approx \tau_B$ ， τ_B 可以通过下面式子求得

$$\tau_B = \frac{W^2}{2D_B} = \frac{(0.5 \times 10^{-4})^2}{2 \times 20} = 6.25 \times 10^{-11} \text{s}$$

第三章习题

由题意可得总时间常数为

$$\tau = \frac{6.25 \times 10^{-11}}{0.2} = 3.125 \times 10^{-10} \text{ s}$$

所以可以计算得到特征频率 f_T 的值为

$$f_T = \frac{1}{2\pi} \times \frac{1}{3.125 \times 10^{-10}} = 509 \text{ MHz}$$

所以截止频率表示为

$$f_\beta = \frac{f_T}{\beta_0} = \frac{509 \text{ MHz}}{\beta_0}$$

关于作业的几点建议

- ◆ 答题要规范，书写要工整
- ◆ 必要的公式一定要写出来，计算务必细心
- ◆ 必须的文字说明不能少，解题过程思路要清晰
- ◆ 做作业态度要摆正
- ◆ 鼓励和同学讨论问题，但是作业一定要按照自己的思路做一遍
- ◆ 作业拍照之后尽量贴入word文档，每次作业上传一个文档，不要上传若干张图片