

1、在 pnp BJT 中, base區的少數載子表示如下:

$$\Delta p(x) = Ae^{-x/L_p} + Be^{x/L_p}$$

在 $x = 0$, $\Delta p = \Delta p_1$, 在 $x = W_n$, $\Delta p = \Delta p_2$ 。

(10分)(a) 如果

$$A = \frac{\Delta p_1 \cdot f_1 - \Delta p_2 \cdot f_2}{e^{W_n/L_p} - e^{-W_n/L_p}}$$

求出 f_1 及 f_2 的表示式。

(10分)(b) 如果

$$\Delta p(x) = \Delta p_1 \frac{\sinh(f_3)}{\sinh(\frac{W_n}{L_p})} + \Delta p_2 \frac{\sinh(f_4)}{\sinh(\frac{W_n}{L_p})}$$

求出 f_3 及 f_4 的表示式。

2、(20分) 假設

$$I_{Dsat} = I_p \left\{ \frac{1}{3} - \left[1 - \left(\frac{V_G - V_T}{V_p} \right) \right] + \frac{2}{3} \left[1 - \left(\frac{V_G - V_T}{V_p} \right) \right]^{3/2} \right\}$$

如果 $(V_G - V_T)/V_p \ll 1$, 利用 Taylor series, I_{Dsat} 可以化簡成爲

$$I_{Dsat} = \beta(V_G - V_T)^2$$

求出 β 的表示式, β 爲 I_p 及 V_p 的函數。

3、(20分) 假設有一 n-channel GaAs MESFET, n-channel 的 doping 爲 $N_d = 2.2 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$, channel 的厚度爲 $0.6 \mu\text{m}$, built-in voltage $V_{bi} = 0.631 \text{ V}$, 求出 threshold voltage V_T 。 $q = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$, $\epsilon_{\text{GaAs}} = 109.74 \times 10^{-14} \text{ F/cm}$ 。

4、如果 n-channel MOSFET 的 threshold voltage 表示如下:

$$V_T = \phi_{ms} + 2\phi_B + \gamma\sqrt{2\phi_B}$$

(5分)(a) 說明 ϕ_{ms} 的物理意義。

(5分)(b) 如果 $\phi_B = f_1(N_a)$, ϕ_B 爲 N_a 的函數, 且 $\phi_B > 0$, N_a 爲 p-type substrate 的 doping concentration, 求出 $f_1(N_a)$ 之表示式。

(5分)(c) 如果 $\gamma = f_2(N_a)/C'_{ox}$, C'_{ox} 爲 oxide 的單位面積電容值, 求出 $f_2(N_a)$ 之表示式。

(5分)(d) 如果 $V_{BS} = V_B - V_S = -2 \text{ V}$, V_B 爲 substate 的端點電壓, V_S 爲 source 的端點電壓, 設 ΔV_T 爲 V_T 的增量 求出 ΔV_T 的表示式。

5、圖1中爲一 CMOS inverter, 輸出端爲開路, $V_{DD} = 5 \text{ V}$, n-channel MOSFET 在線性區及飽和區之 I-V 公式分別表示如下:

$$\text{線性區: } I_D = \beta_n [2(V_{GS} - V_T)V_{DS} - V_{DS}^2]$$

$$\text{飽和區: } I_D = \beta_n (V_{GS} - V_T)^2$$

p-channel MOSFET 之 I-V 公式, 可由 n-channel 之公式修正得到, 並假設 n-channel MOSFET 之 $V_{Tn} = 1 \text{ V}$, $\beta_n = 1 \text{ mA/V}^2$, p-channel MOSFET 之 $V_{Tp} = -1 \text{ V}$, $\beta_p = 1 \text{ mA/V}^2$ 。

(10分)(a) 如果 $V_i = 2.0 \text{ V}$, 計算出 I_D 的電流值。

(10分)(b) 如果 $V_i = 3.0 \text{ V}$, 計算出 I_D 的電流值。

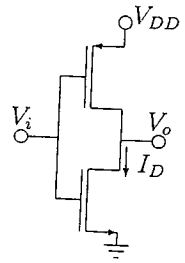


圖1