

102年公務人員特種考試外交領事人員及外交行政人員
考試、102年公務人員特種考試法務部調查局調查人員
考試、102年公務人員特種考試國家安全局國家安全情
報人員考試、102年公務人員特種考試民航人員考試、
102年公務人員特種考試經濟部專利商標審查人員考試試題

代號：70170 全一張
(正面)

考試別：專利商標審查人員

等別：三等考試

類科組：電子工程

科目：半導體元件

考試時間：2小時

座號：_____

※注意：(一)可以使用電子計算器。

(二)不必抄題，作答時請將試題題號及答案依照順序寫在試卷上，於本試題上作答者，不予計分。

一、計算矽原子之間的最小距離為多少公分(cm)? 矽晶格中每立方公分有多少矽原子?
矽晶格常數 (lattice constant) $a = 5.43 \text{ \AA} = 5.43 \times 10^{-8} \text{ cm}$ 。(20分)

二、有一陡接面 (abrupt junction) 的矽 p-n 二極體，p 型的濃度為 $N_a = 2 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ ，n 型的濃度為 $N_d = 1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ ，在零偏壓 $V_a = 0$ 之下，求出 p 型區的空乏區寬度 x_p ，n 型區的空乏區寬度 x_n 。若 $V_a = 0.5 \text{ V}$ ，求出 p 型區的空乏區寬度 x_p ，n 型區的空乏區寬度 x_n 。熱電壓 $V_t = kT/q = 0.0259 \text{ V}$ ，矽的本質濃度 $n_i = 1.0 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ ，矽的介電係數 $\epsilon_{Si} = 11.7 \times 8.85 \times 10^{-14} \text{ F/cm}$ 。(20分)

三、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 $x=W_n$ ， $\Delta p = \Delta p_2$ 。

(一)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)

(二)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。(10分)

四、假設有一 n-channel Si MESFET，n-channel 的 doping 為 $N_d = 1 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ ，channel 的厚度為 0.6 \mu m ，求出內建電壓 (built-in voltage) V_{bi} 及臨限電壓 (threshold voltage) V_T 。
 $q = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ ， $V_t = kT/q = 0.0259 \text{ V}$ ，Metal 的功函數 $q\Phi_m = 4.75 \text{ eV}$ ，Si 的電子親和力 (electron affinity) $qX = 4.05 \text{ eV}$ ，傳導帶電子的有效狀態密度 $N_c = 2.84 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ ，矽的本質濃度 $n_i = 1.0 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ ，矽的介電係數 $\epsilon_{Si} = 11.7 \times 8.85 \times 10^{-14} \text{ F/cm}$ 。(20分)

(請接背面)

102年公務人員特種考試外交領事人員及外交行政人員
考試、102年公務人員特種考試法務部調查局調查人員
考試、102年公務人員特種考試國家安全局國家安全情
報人員考試、102年公務人員特種考試民航人員考試、
102年公務人員特種考試經濟部專利商標審查人員考試試題

代號：70170 全一張
(背面)

考 試 別：專利商標審查人員
等 別：三等考試
類 科 組：電子工程
科 目：半導體元件

五、計算一理想 MOS 電容的臨限電壓 (threshold voltage) V_T 。MOS 的結構為金屬-氧化層-p 型矽半導體，設金屬的功函數 $q\Phi_m=4.1$ eV，p 型矽半導體的濃度為 $N_a=3 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ ，矽的電子親和力 (electron affinity) $qX=4.05$ eV，矽的能隙寬 $E_g=1.12$ eV，價電帶電洞的有效狀態密度 $N_v=1.04 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ ，氧化層的厚度 $t_{ox}=600 \text{ \AA}$ ，氧化層的介電係數 $\epsilon_{ox}=3.9 \times 8.85 \times 10^{-14} \text{ F/cm}$ ，矽的介電係數 $\epsilon_{Si}=11.7 \times 8.85 \times 10^{-14} \text{ F/cm}$ ，熱電壓 $V_t=kT/q=0.0259 \text{ V}$ 。(20 分)