

等 別：高員三級鐵路人員考試

類 科 別：電子工程

科 目：半導體工程

考試時間：2 小時

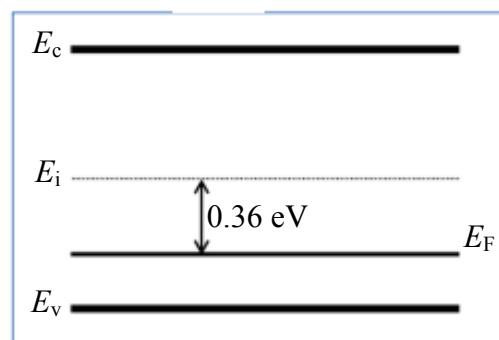
座號：_____

※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、有一均勻摻雜之 Si 晶片在 $T = 300\text{ K}$ 時之能帶圖如下所示，求：

- (一)此 Si 晶片之多數載子 (majority carriers) 為何種型態，n 型或 p 型？又此多數載子之濃度為何？(10 分)
- (二)此 Si 晶片之電阻係數 (resistivity) 約為多少？設 Si 之 $n_i = 10^{10}\text{ cm}^{-3}$ ，且電子與電洞之移動率各為 $\mu_n = 1600\text{ (公分)}^2 / \text{(伏特} \cdot \text{秒)}$ 與 $\mu_p = 450\text{ (公分)}^2 / \text{(伏特} \cdot \text{秒)}$ 。(10 分)



二、有一 n 通道之 Si MOSFET，設其長寬各為 $L = W = 1\text{ }\mu\text{m}$ ，有效閘極氧化層厚度為 $T_{\text{oxe}} = 3.45\text{ nm}$ （有效閘極電容為 $C_{\text{oxe}} = 10^{-6}\text{ F/cm}^2$ ），又閘極功函數 $\Phi_M = 4.03\text{ eV}$ ，且 Si 材之摻雜濃度 (bulk Si dopant concentration) 為 $N_A = 10^{17}\text{ cm}^{-3}$ （其對應之 Si 材功函數 $\Phi_S = 5.03\text{ eV}$ ，最大空乏區寬度為 $W_T = 100\text{ nm}$ ）。設 $T = 300\text{ K}$ ，Si 之 $n_i = 10^{10}\text{ cm}^{-3}$ ，求：

- (一)若此元件之固定氧化電荷 (fixed oxide charge)， Q_F 為每平方公分 10^{12} 的電子電荷，則其平帶電壓， V_{FB} ，應為多少？(10 分)
- (二)若此元件之空乏區電荷 Q_{dep} 為 $1.6 \times 10^{-7}\text{ C/cm}^2$ ，則其臨界電壓 V_T 為何？又此元件為增強型或是空乏型 (enhancement-mode or depletion-mode device)，請說明理由？(10 分)

三、請問答下列問題：

- (一)何謂 MOSFET 之短通道效應？為何會發生此效應？又此效應發生時會對元件之特性產生何種利或弊？為什麼？(10 分)
- (二)何謂後退的濃度分布 (retrograde channel doping profile)，又其較常用於長通道 MOSFET 或短通道 MOSFET 之製作？為什麼？(10 分)

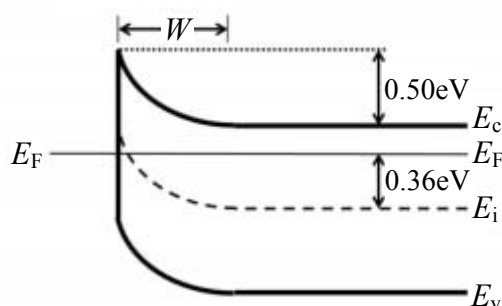
(請接背面)

等 別：高員三級鐵路人員考試

類 科 別：電子工程

科 目：半導體工程

- 四、在 $T = 300\text{ K}$ 時，有一金屬與 Si 接觸，其接面形成之平衡能帶如下圖所示，呈現整流態 (rectifying metal-Si contact)，設此 Si 之雜質摻雜濃度為 10^{16} cm^{-3} ，試求：
- 此金屬 / Si 接觸之 Schottky 能障， Φ_B ，及空乏區寬度， W ，各為何？(10 分)
 - 若欲將此金屬 / Si 接觸製作成歐姆態 (ohmic metal-Si contact)，則應作何處理？
(設 Si 之 ϵ_{Si} 為 $1.0 \times 10^{-12}\text{ F/cm}$) (10 分)

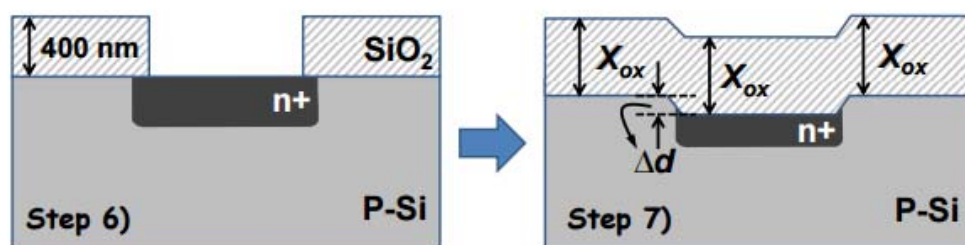


- 五、已知純 Si 之原子密度為 $5 \times 10^{22}\text{ cm}^{-3}$ ，而 SiO_2 之分子密度為 $2.2 \times 10^{22}\text{ cm}^{-3}$ 。設有一氧化製程如下列程序：

- ① 初始為 $\langle 100 \rangle$ 之 P 型 Si 晶片
- ② 成長 400 nm 之氧化層
- ③ 進行微影蝕刻 (Lithography)
- ④ 乾蝕刻 (Dry etch) 氧化層 400 nm
- ⑤ 去光阻
- ⑥ 擴散 (diffuse) 磷雜質以得到 (n+) 區
- ⑦ 濕氧化 (wet oxidation) t 分鐘

下列左圖表示經步驟 6 後得到之結構，若將之再進行步驟 7 之氧化後其結構則如下列右圖。試依據氧化的理論，計算：

- 成長一單位體積之 SiO_2 時，將消耗多少體積之 Si？(10 分)
- 下列右圖中之 Δd 為多少 μm ？(10 分)



左圖

右圖