

109年公務人員特種考試警察人員、  
一般警察人員考試及109年特種考試  
交通事業鐵路人員考試試題

考試別：鐵路人員考試  
等別：高員三級考試  
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。

(三)本科目除專門名詞或數理公式外，應使用本國文字作答。

- 一、(一)請說明何謂「補償半導體 (compensated semiconductor)」？(5分)  
(二)請以數學表示式說明補償半導體具有「電中性 (charge neutrality)」之物理意義。(5分)
- 二、(一)請說明何謂「電子等效質量 (electron effective mass)」？(5分)  
(二)試以能量-波向量圖 ( $E-k$  diagram) 觀點，以數學表示式定義「電子等效質量」。(5分)
- 三、假設 p-型半導體中其多餘電子濃度 (excess electron concentration,  $\delta n$ ) 符合低階注入 (low injection) 之條件，請列出其一維雙極性傳輸方程式 (ambipolar transport equation) 之表示式，並說明其物理意義。(10分)
- 四、設有一金屬/n-型半導體界面：  
(一)請說明其形成整流接觸 (rectifying contact) 之條件，並繪出其能帶圖。(10分)  
(二)請說明其形成歐姆接觸 (ohmic contact) 之條件，並繪出其能帶圖。(10分)
- 五、有一均勻摻雜之矽半導體 pn 界面，若溫度  $T=300\text{ K}$ ，且其相關參數如下：電子擴散係數  $D_n=25\text{ cm}^2/\text{s}$ 、電洞擴散係數  $D_p=10\text{ cm}^2/\text{s}$ 、相同之施體與受體摻雜濃度  $N_A=N_D=10^{16}\text{ cm}^{-3}$ 、相同之電子與電洞生命週期  $\tau_{po}=\tau_{no}=5\times 10^{-7}\text{ s}$ 、本質載子濃度  $n_i=1.5\times 10^{10}\text{ cm}^{-3}$ 、單位電量  $q=1.6\times 10^{-19}\text{ C}$ 、波茲曼常數 (Boltzmann's constant)  $k=8.62\times 10^{-5}\text{ eV/K}$ 。試求：  
(一)此 pn 界面之逆向飽和電流密度  $J_s=?$  (8分)  
(二)若 pn 界面之外加順向偏壓  $V_a=0.65\text{ V}$  時，其電流密度=? (7分)

六、有一 n-型通道金屬-氧化物-半導體場效電晶體 (MOSFET)，其閘極寬度  $W = 15 \mu\text{m}$ 、閘極長度  $L = 2 \mu\text{m}$ 、閘極氧化層電容  $C_{ox} = 6.9 \times 10^{-8} \text{ F/cm}^2$ 。假設此電晶體操作於汲-源極電壓為  $V_{DS} = 0.1 \text{ V}$  之非飽和區 (non-saturation region)，已知於閘-源極電壓為  $V_{GS} = 1.5 \text{ V}$  時、其汲極電流  $I_D = 35 \mu\text{A}$ ，另於閘-源極電壓為  $V_{GS} = 2.5 \text{ V}$  時、其汲極電流  $I_D = 75 \mu\text{A}$ 。試求此 MOSFET 之：

(一) 電子遷移率  $\mu_n = ?$  (8 分)

(二) 臨界電壓  $V_T = ?$  (7 分)

七、(一) 試指出乾式蝕刻技術 (dry etching) 為等向性 (isotropic) 蝕刻或非等向性 (anisotropic) 蝕刻？ (5 分)

(二) 假設將  $1 \mu\text{m}$  厚的鋁 (Al) 薄膜沉積在平坦的場氧化層 (field oxide layer) 上，先以光阻在其上定義圖案後，再施以電漿蝕刻製程。已知鋁對於光阻之蝕刻選擇比維持在 3，假設有 30% 的過度蝕刻，試問在確保鋁金屬上表面不被侵蝕之條件下，所需的最薄光阻厚度為何？ (15 分)