

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)請說明什麼是「外質半導體 (extrinsic semiconductor)」？(5分)
(二)請列舉兩項影響外質半導體導電率 (conductivity) 之可能因素，並說明其影響方式。(10分)
- 二、請說明「質量作用定律 (mass action law)」之物理意義。(10分)
- 三、(一)漂移 (drift) 及擴散 (diffusion) 為半導體中載子傳輸之主要方式，請分別說明其物理機制。(10分)
(二)試列出「愛因斯坦關聯式 (Einstein relation)」之數學表示式 (mathematical equation)，並說明其物理意義。(10分)
- 四、金屬鎢 (W) 與 n-型矽 (Si) 半導體界面，溫度 $T = 300 \text{ K}$ ，其相關參數如下：鎢之功函數 $\Phi_m = 4.55 \text{ V}$ 、n-型矽半導體之摻雜濃度 $N_D = 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 、矽之電子親和力 $\chi = 4.01 \text{ V}$ 、矽之等效導電帶狀態密度 $N_C = 2.8 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 、矽之介電常數 $\epsilon = 11.7 \times \epsilon_0 = 11.7 \times 8.85 \times 10^{-14} \text{ F/cm}$ 、單位電量 $q = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ 、波茲曼常數 (Boltzmann's constant) $k = 8.62 \times 10^{-5} \text{ eV/K}$ 。試求在零偏壓情況下：(每小題 5 分，共 15 分)
(一)理想之蕭特基能障高度 (ideal Schottky barrier height) $\Phi_{B0} = ?$
(二)內建電位能障 (built-in potential barrier)， $qV_{bi} = ?$
(三)金屬-半導體界面之最大電場強度 $|E_{max}| = ?$
- 五、具有均勻摻雜陡峭界面 (abrupt junction) 之 $p^+ - n$ 二極體，請說明如何以電容-電壓 (C-V) 量測技術，萃取如下參數：(每小題 5 分，共 10 分)
(一)n-型區之施體摻雜濃度 $N_D = ?$
(二)內建電位能障， $qV_{bi} = ?$

六、具有 n-型通道金屬-氧化物-半導體接面場效電晶體 (MOSFET)，其相關參數如下：

通道長度 $L = 1.25 \mu\text{m}$ 、電子遷移率 $\mu_n = 650 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ 、閘極氧化層電容 $C_{ox} = 6.9 \times 10^{-8} \text{ F}/\text{cm}^2$ 、臨界電壓 $V_T = 0.65 \text{ V}$ 。在閘-源極偏壓 $V_{GS} = 5 \text{ V}$ 之下，試求：(每小題 5 分，共 10 分)

(一)當逐漸增加汲-源極偏壓，致使電晶體由線性區進入飽和區之汲-源極電壓 $V_{DS, sat} = ?$

(二)已知汲極飽和電流 $I_D (\text{sat}) = 4 \text{ mA}$ ，試求電晶體之通道寬度 $W = ?$

七、假設以熱氧化製程形成二氧化矽 (SiO_2)，其相關參數值表列如下：
(每小題 10 分，共 20 分)

材料	原子量或分子量	密度
Si	28.9 g/mole	$2.33 \text{ g}/\text{cm}^3$
SiO_2	60.08 g/mole	$2.21 \text{ g}/\text{cm}^3$

(一)試求 1 莫耳 (mole) 矽及 1 莫耳二氧化矽所占的體積分別為？

(二)如欲成長厚度為 100 nm 之二氧化矽層膜，需消耗矽之厚度為？