

類 科：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、半導體材料矽 (Si) 及砷化鎵 (GaAs)：

(一)試分別指出其為何種晶格結構 (crystal structure)？(5 分)

(二)請說明兩者之能帶圖結構各為直接能隙 (direct bandgap) 或間接能隙 (indirect bandgap)？(10 分)

二、砷化鎵 (GaAs) 於溫度 $T = 300\text{ K}$ 時，其能隙 (bandgap) $E_g = 1.42\text{ eV}$ 、本質載子濃度 (intrinsic carrier concentration) $n_{i,300K} = 2.26 \times 10^6\text{ cm}^{-3}$ ；波茲曼常數 (Boltzmann's constant) $k = 8.62 \times 10^{-5}\text{ eV/K}$ 。設升溫至 $T = 450\text{ K}$ 時，其 E_g 維持不變，試求砷化鎵在 450 K 之本質載子濃度 $n_{i,450K} = ?$ (10 分)

三、假設在一半導體中之載子傳輸以漂移 (drift) 為主要機制：

(一)請說明「載子遷移率 (carrier mobility, μ)」之物理意義？(10 分)(二)請寫出 μ 之物理單位？(5 分)

四、假設在矽 (Si) 半導體中，其電子濃度依位置 x 變化之分布函數可表示為 $n(x) = 10^{15} e^{-x/L_n}\text{ cm}^{-3}$ ($x \geq 0$)，電子之擴散長度 (diffusion length) $L_n = 10^{-4}\text{ cm}$ ，電子之擴散率 (diffusivity) $D_n = 25\text{ cm}^2/\text{s}$ ，單位電量 $q = 1.6 \times 10^{-19}\text{ C}$ 。試求在 $x = 2\text{ }\mu\text{m}$ 處，電子擴散電流密度 $J_n = ?$ (10 分)

五、請說明 p-n 接面因外加逆向偏壓、導致接面崩潰 (junction breakdown) 時，常見之兩種物理機制？(10 分)

六、請分別說明：短通道效應 (short-channel effect) 及窄通道效應 (narrow-channel effect)，對於金屬-氧化物-半導體場效電晶體 (MOSFET) 臨界電壓 (threshold voltage, V_T) 之影響？(10 分)

七、「基極寬度調變 (base width modulation) 效應」為雙極性電晶體 (bipolar transistor) 非理想效應 (nonideal effects) 之其一，請說明導致此效應之原因及其對於電晶體共射極輸出特性曲線 ($I_C - V_{CE}$) 之影響？(10 分)

八、假設以氟原子 (F) 進行矽 (Si) 或二氧化矽 (SiO_2) 的蝕刻時，其蝕刻率可表示為：

$$\text{蝕刻率 (nm/min)} = A \times n_F \times T^{1/2} \times e^{-E_a/RT}$$

其中，氣體常數 $R = 1.987\text{ cal-K}$ ，該常數 (A) 及活化能 (E_a) 參數值表列如下：

材料	A	E_a
Si	2.86×10^{-13}	2.48 kcal/mol
SiO_2	6.14×10^{-14}	3.76 kcal/mol

假設氟原子濃度 $n_F = 3 \times 10^{15}\text{ cm}^{-3}$ ，試求在溫度 $T = 300\text{ K}$ 時，其對 SiO_2 與 Si 的蝕刻選擇比為何？(20 分)