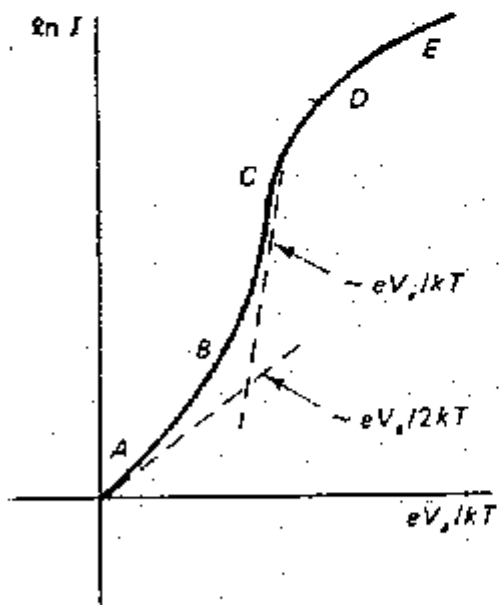


一、 簡答題：(以下每小題各 5 分，總分 20 分)

1. p-n 接面二極體與 Schottky 二極體都具有整流作用，但兩者在載子傳導機制 (mechanism) 上有何差異？
2. 當 p-n 接面二極體在順偏壓之下，為什麼少數載子傳導之行為模式為 diffusion current，而多數載子之模式為 drift current？
3. 為什麼在直接能隙 (direct bandgap) 半導體，其電子與電流的產生與結合效率高於間接能隙 (indirect bandgap) 半導體？
4. 二極體除了利用其順向導通逆向截止之特性外，尚可利用其 breakdown 行為做某些用途，請試舉一例。

二、

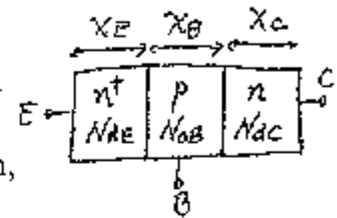
左圖為 p-n 接面二極體之電壓與電流特性曲線 (採用自然對數座標，而非線性座標)，其中 AB 段電流與電壓呈  $1/2kT$  關係，亦即為 recombination current，而 BC 段此關係變為  $1/kT$ ，亦即為 diffusion current。請問：(以下每小題各 6 分，總分 30 分)



1. recombination current 及 diffusion current 在 p-n 接面二極體中其個別傳導機制之物理涵意。
2. 為什麼在小電壓時 recombination current 先發生？GaAs p-n 接面 ( $E_g=1.42\text{eV}$ ) 及 Si p-n 接面 ( $E_g=1.1\text{eV}$ )，何者的 recombination current 較嚴重？說明之。
3. 在 DE 段電流的增加率又減緩，其原因為 p-n 接面之串接電阻所影響，為什麼串接電阻效應是顯現在高電流區域，而非低電流區域？
4. p-n 接面二極體在操作上會發生 junction capacitance 及 diffusion capacitance，請分別解釋其物理意義。
5. 若 p 型及 n 型區域其雜質濃度均為  $10^{17}\text{cm}^{-3}$ ，請問在逆向電壓的操作下，最可能產生何種 breakdown？其原因為何？

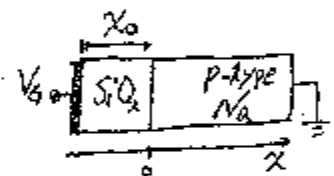
三.

- (3分) (a) 若  $V_E = V_B = V_C = 0$  V, 畫出 Energy-band diagram, charge density 對空間  $x$  的分佈圖.
- (4分) (b) If  $V_B = 0$  V,  $V_E = -0.6$  V,  $V_C = 5$  V, 畫出 Energy-band diagram, minority carrier 對空間  $x$  的分佈圖.
- (4分) (c) 要如何設計使電晶體的電流增益變大? 如何改變摻雜濃度及寬度等等.
- (4分) (d) 如何偏壓使電晶體進入 saturation region?



四.

- (3分) (a) MOS-C, 系統中 flat-band voltage  $V_{FB} = \phi_{ms} - \frac{Q_o}{C_o}$ , 請解釋各項的物理意義.  
 $Q_o$  的位置在何處? 若  $Q_o$  的位置改放在 oxide 的中間, 則上式要如何修改?
- (3分) (b) 若 gate 用  $n^+$ -polysilicon, 設 polysilicon 內  $E_F = E_C$ , 請列出  $\phi_{ms}$  與  $E_g, N_A$  的關係式.
- (4分) (c) 畫出 C-V 特性曲線, 高頻與低頻有何不同? 為什麼?



五.

- (3分) (a) 何謂 MOSFET 的 body effect?
- (4分) (b) MOSFET 在 subthreshold region 時, 主要的導通電流是 drift current or diffusion? 為什麼?
- (3分) (c) 為什麼  $n^+pn$  電晶體, 在 active region 時,  $V_{CE}$  增加, collector current 幾乎可以保持水平? 什麼叫 punch-through breakdown?

六.

一理想 MOS 系統中, 設  $V_G = V_T =$  threshold voltage 時,  $n(x=0) = N_A$ .

- (3分) (a)  $V_G = V_T$  時, 畫出 charge density 對空間  $x$  的分佈圖.
- (4分) (b)  $V_G = V_T$  時, 推導出空乏區寬度  $X_{dm}$  與  $N_A$  的關係式, 並推導出  $\phi_s$  與  $N_A$  的關係式.
- (4分) (c) 列出 threshold voltage  $V_T$  與  $X_{dm}, N_A$  之關係式.
- (4分) (d) 若 p-type 改成 n-type,  $N_A$  改成  $N_d$ , 請重複回答(c).

