



思考問題 (一)

1. 台灣的半導體工業，主要集中在何處？
2. 為何要學習半導體？
3. 試解釋類比與數位訊號的差異？
4. 試解釋類比與數位訊號的優缺點？
5. 試舉三例用到訊號處理的日常生活電子用品？
6. 為何需要將電子訊號放大？
7. 西元 2000 年的諾貝爾物理學獎頒給了積體電路的發明者，你覺得有何意涵？

21-1 半 導 體



思考問題 (二)

1. 物質依其導電性可分成幾類?
2. 電阻與電導有何差異?單位分別為?
3. 電阻與電阻率有何差異?單位分別為?
4. 由同一種元素可以構成不同性質的固體，稱為同素異形體，其物理性質大不相同，原因為何?試舉一例?
5. 固體依其排列方式可以分為單晶、多晶與非晶，電子元件的製作以何種材料為主?原因為何?



思考問題 (三)

1. 純矽本身為何導電度很低?
2. 純矽是靠何種原理導電?
3. 為何溫度愈高，半導體的導電度愈高?
4. 為何金屬的溫度愈高，導電度愈低?
5. 試舉出三五族及二六族半導體的組合?
6. 為何加入五價元素可以提高導電度?
7. 為何五價元素稱為施體原子?
8. 為何加入五價元素稱為 n 型半導體?
9. n 型半導體是電中性的嗎?



思考問題 (四)

1. 試述電洞的導電原理?
2. 試述 p 型半導體的導電原理?
3. 為何本質半導體中會有自由電子與電洞的產生?
4. 本質半導體中，自由電子與電洞濃度之大小關係為何?
5. n 型半導體中，多數載子與少數載子為何?
6. p 型半導體中，多數載子與少數載子為何?
7. 為何施體離子視為帶正電?
8. 為何受體離子視為帶負電?

21-3 三極體



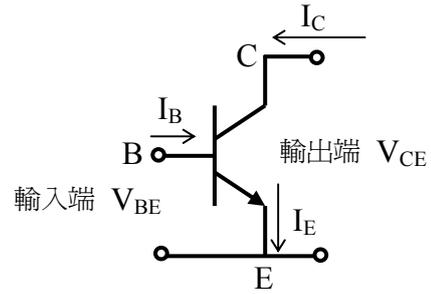
思考問題 (一)

- 1.若把三個 n 型半導體與 p 型半導體間隔直線排列，相鄰不重複，從排列組合的觀點，有幾種可能？
- 2.請簡畫出三極體的實際構造？npn 或 pnp 電晶體的兩個 n 或 p 對稱嗎？
- 3.試簡述射極(Emitter)與集極(Collector)的意義？與 FET 的何極類似？
- 4.試畫出 npn 及 pnp 三極體的圖示？箭頭代表何種意義？箭頭畫在何極上？
- 5.電晶體的三極中，何極的載子濃度最高？何極次之？何極最低？
- 6.電晶體的三極中，何極的面積最大，原因為何？
- 7.以 pn 間的順向偏壓與逆向偏壓分類，三極體的電壓接法有幾種可能？命名分別為何？為何我們通常只討論三種？
- 8.飽和區電流極大，截止區電流幾乎為零，分別可用於數位電路的何種設計？
- 9.順向主動區的電壓接法為何？(射基間與基集間的電壓為順偏或逆偏)
- 10.試以 pnp 三極體為例，說明在順向主動區的電流分布為何？比較 I_C 、 I_B 、 I_E 之間的關係？
- 11.試述三種組態的意義？『共』的意義為何？
- 12.類比電路中欲做訊號之放大，多半採用何種組態？



1. 右圖是何種組態?

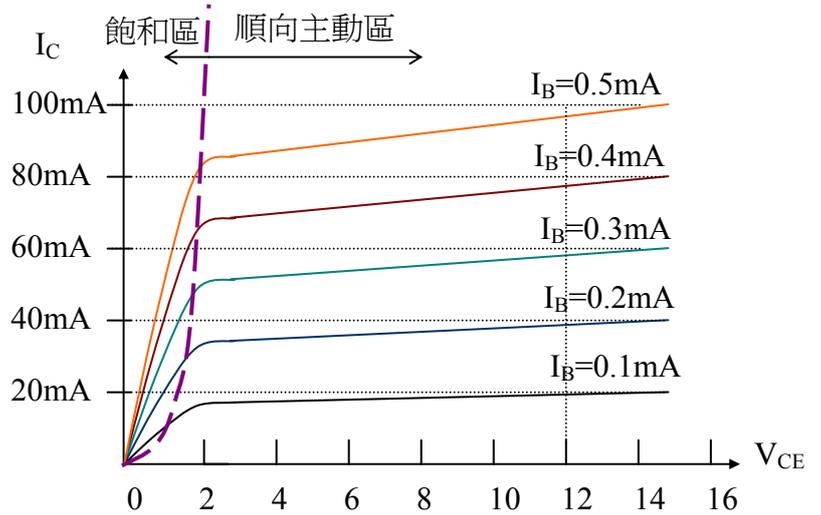
2. 請列出右圖電流 I_E 、 I_B 、 I_C 的關係式?



3. V_{BE} 一般電壓定為若干? 原因為何?

4. 參考右上圖的電晶體電路，當 $V_{CE} < V_{BE}$ 時，C、B 之間為何種偏壓(例如： $V_{BE}=0.7V$ ， $V_{CE}=0.3V$)? 處於何種操作模式?

5. 參考右上圖的電晶體電路，當 $V_{CE} > V_{BE}$ 時，C、B 之間為何種偏壓(例如： $V_{BE}=0.7V$ ， $V_{CE}=10V$)? 處於何種操作模式?



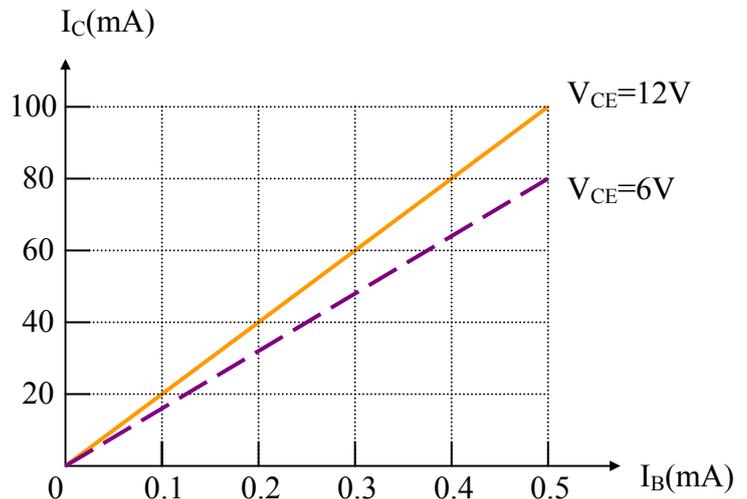
6. 假定 $V_{CE}=12V$ 固定，由圖中可發現 I_B 每增加 $0.1mA$ ， I_C 增加若干mA?

7. BJT 在順向主動區有放大訊號的作用，請問輸入訊號應加在何處? 輸出訊號在何處?

8. 假定 $V_{CE}=12V$ 固定，由圖中可發現 ΔI_C 約是幾倍的 ΔI_B ?

9. 定義 $\frac{I_C}{I_E} = \alpha$ 稱為共基極電流增益，一般 α 的值約為若干?

10. 定義 $\frac{I_C}{I_B} = \beta$ 稱為共射極電流增益，一般 β 的值約為若干?



11. 由 $I_E = I_B + I_C$ 可證明 α 與 β 的互換公式為何?

12. BJT 把電流(變化)放大了，是否代表違反能量守恆?

21-4 場效電晶體



思考問題 (一)

1. FET 的源極(Source)意義為何？
2. FET 的汲極(Drain)意義為何？
3. FET 的閘極(Gate)意義為何？
4. 何謂 p 通道的 FET？何謂 n 通道的 FET？
5. p 通道 FET 的閘極部份是何種半導體？利用何種偏壓(順或逆)控制通道的面積？
6. n 通道 FET 的閘極部份是何種半導體？利用何種偏壓(順或逆)控制通道的面積？
7. 試述歐姆區的工作原理及所利用的公式？
8. 請利用歐姆區的工作原理，解釋電晶體(TRANSfer-reSISTOR)的英文字義？
9. 試述截止(cut off)區的意義？
10. 試述飽和區的工作原理？
11. 截止區可以設計為數位電路中的何種概念？
12. 在飽和區中，閘極與汲極之間是屬於何種(順或逆)偏壓？
13. 歐姆區中，閘極、源極、汲極，何者間的空乏區較大？原因為何？
14. 若 FET 的電壓太大，會發生什麼事？
15. 試畫出 p-channel FET 及 n-channel FET 的符號？
16. p-channel FET 及 n-channel FET 的符號中，箭頭代表何種意義？
17. 為何 FET 的中文稱為「場效」電晶體？



1. 金氧半場效電晶體的「金氧半」各代表何種意義?
2. 金氧半場效電晶體的英文簡稱為?
3. MOS 的設計上為何電極只設計在同一面上?
4. 試述空乏型 MOS 的原理?
5. 試述增強型 MOS 原理? 試述臨界電壓的意義?
6. 試比較空乏型 MOS 與增強型 MOS 的不同?
7. 空乏型 NMOS 要在閘極加何種電壓(正或負)才能關閉通道? 屬於何種偏壓?
8. 空乏型 PMOS 要在閘極加何種電壓(正或負)才能關閉通道? 屬於何種偏壓?
9. 增強型 NMOS 要在閘極加何種電壓(正或負)才可導通? 理由為何?
10. 增強型 PMOS 要在閘極加何種電壓(正或負)才可導通? 理由為何?
11. 試畫出空乏型 NMOS、空乏型 PMOS 的符號? 箭頭代表何種意義? 箭頭要畫在哪一極?
12. 試畫出增強型 NMOS、增強型 PMOS 的符號? 箭頭代表何種意義? 箭頭要畫在哪一極?

21-0~1



思考問題 (一)

1. 台灣的半導體工業，主要集中在何處？
【答】：新竹科學園區有完整的半導體上、中、下游產業，群聚效應是台灣高科技產業的最大優勢。
2. 為何要學習半導體？
【答】：資訊社會中國民的基本常識。
3. 試解釋類比與數位訊號的差異？
【答】：數位是不連續(discontinue)，類比是連續(continue)的資料。
4. 試解釋類比與數位訊號的優缺點？
【答】：類比訊號容易受到雜訊干擾且不易再做進一步的處理。數位訊號的優點是不易受雜訊干擾且容易處理，但要付出失真與資料量龐大的缺點
5. 試舉三例用到訊號處理的日常生活電子用品？
【答】：大哥大、電腦、網路、CD、VCD、DVD、...。
6. 為何需要將電子訊號放大？
【答】：影音訊號必須放大為人的感官所能感受到的能量。
7. 西元 2000 年的諾貝爾物理學獎頒給了積體電路的發明者，你覺得有何意涵？
【答】：見證本世紀的資訊革命。



思考問題 (二)

1. 物質依其導電性可分成幾類？
【答】：導體、絕緣體、半導體。
2. 電阻與電導有何差異？單位分別為？
【答】：電阻(resistor)是導電的難度，單位用歐姆(Ω , Ohm)表示；電導(conductivity)是導電的易度，單位用西門(S, Simen)表示。
3. 電阻與電阻率有何差異？單位分別為？
【答】：電阻是總值，電阻率是由 $R = \rho \frac{L}{A}$ 而來，要考慮長度與截面積。
4. 由同一種元素可以構成不同性質的固體，稱為同素異形體，其物理性質大不相同，原因為何？試舉一例？
【答】：原子排列方式的不同，而有不同的物理特性。碳(C)的同素異形體有：鑽石、石墨、木炭、碳 60、...等。
5. 固體依其排列方式可以分為單晶、多晶與非晶，電子元件的製作以何種材料為主？原因為何？

【答】：單晶，物理性質較為穩定。



思考問題 (三)

1. 純矽本身為何導電度很低?

【答】：所有價電子處於全填滿的狀態，無自由電子。

2. 純矽是靠何種原理導電?

【答】：電子因熱運動，脫離共價鍵而形成自由電子(與電洞)。

3. 為何溫度愈高，半導體的導電度愈高?

【答】：溫度愈高，電子因熱運動，脫離共價鍵而形成自由電子的機率愈高。

4. 為何金屬的溫度愈高，導電度愈低?

【答】：溫度愈高，自由電子愈容易碰撞固定不動的原子。

5. 試舉出三五族及二六族半導體的組合?

【答】：砷化鎵(GaAs)是三五族的半導體。硒化鋅(ZnSe)是二六族的半導體。

6. 為何加入五價元素可以提高導電度?

【答】：扣除八隅體的價電子後，能增加 1 個自由電子。

7. 為何五價元素稱為施體原子?

【答】：提供 1 個自由電子。

8. 為何加入五價元素稱為 n 型半導體?

【答】：靠帶負電的自由電子導電。

9. n 型半導體是電中性的嗎?

【答】：雖然是靠帶負電的自由電子導電，但本身仍是電中性。p 型半導體，本質半導體亦是電中性。



思考問題 (四)

1. 試述電洞的導電原理?

【答】：電洞會使得旁邊的電子遞補過來，而在原處產生空位，其旁邊的電子又開始遞補，如此循環，造成電子的移動，而形成電流。

2. 試述 p 型半導體的導電原理?

【答】：加入三價元素後，矽+三價元素外層電子數變為 7 個，以八隅體規則來看是少 1 個，即產生 1 個電洞。

3. 為何本質半導體中會有自由電子與電洞的產生?

【答】：電子因熱運動，脫離共價鍵而形成自由電子(與電洞)。

4. 本質半導體中，自由電子與電洞濃度之大小關係為何?

【答】：本質半導體的電子、電洞是成對產生，成對消失，故兩者濃度相同

5. n 型半導體中，多數載子與少數載子為何?

【答】：n 型半導體中自由電子(n)的濃度大於電洞濃度(p)，自由電子為多數載子，

電洞為少數載子。

6.p 型半導體中，多數載子與少數載子為何？

【答】：p 型半導體中自由電子(n)的濃度小於電洞濃度(p)，電洞為多數載子，自由電子為少數載子。

7.為何施體離子視為帶正電？

【答】：施體元素原為電中性。提供一個電子出去導電，電子離開後，本身即帶 1 個正電。或者視為帶正電的離子，與一個電子結合。

8.為何受體離子視為帶負電？

【答】：受體元素原為電中性。提供一個電洞供電子填充，電子填充後，本身視為帶 1 個負電，或視為帶負電的離子與一個正的電洞結合。

21-3



1.若把三個 n 型半導體與 p 型半導體間隔直線排列，相鄰不重複，從排列組合的觀點，有幾種可能？

【答】：兩種，npn 及 pnp。

2.請簡畫出三極體的實際構造？npn 或 pnp 電晶體的兩個 n 或 p 對稱嗎？

【答】：略。不對稱。

3.試簡述射極(Emitter)與集極(Collector)的意義？與 FET 的何極類似？

【答】：射極：發射載子。集極：收集載子。BJT 的射極類似 FET 的源極(Source)，BJT 的集極類似 FET 的汲極(Drain)，BJT 的基極類似 FET 的閘極(Gate)。

4.試畫出 npn 及 pnp 三極體的圖示？箭頭代表何種意義？箭頭畫在何極上？

【答】：略。箭頭代表由 p 到 n 的方向。箭頭畫在射極(E 極)上。

5.電晶體的三極中，何極的載子濃度最高？何極次之？何極最低？

【答】：射極濃度最高，基極次之，集極最低。(E>B>C)

6.電晶體的三極中，何極的面積最大，原因為何？

【答】：集極面積最大，目的是希望收集全部的載子。

7.以 pn 間的順向偏壓與逆向偏壓分類，三極體的電壓接法有幾種可能？命名分別為何？為何我們通常只討論三種？

【答】：四種可能，分別是順向主動(EB 順偏、CB 逆偏)，飽和(EB 及 CB 皆順偏)，截止(EB 及 CB 皆逆偏)，逆向主動(EB 逆偏、CB 順偏)。實際電路設計上不會使用逆向主動區。

8.飽和區電流極大，截止區電流幾乎為零，分別可用於數位電路的何種設計？

【答】：開。關。

9. 順向主動區的電壓接法為何? (射基間與基集間的電壓為順偏或逆偏)

【答】：EB 順偏、CB 逆偏。

10. 試以 pnp 三極體為例，說明在順向主動區的電流分布為何? 比較 I_C 、 I_B 、 I_E 之間的關係?

【答】：射極電流大部份流往集極，少部份從基極流出。從電流不滅定律(電荷守恆定律)可得 $I_E = I_B + I_C$ 。

11. 試述三種組態的意義? 『共』的意義為何?

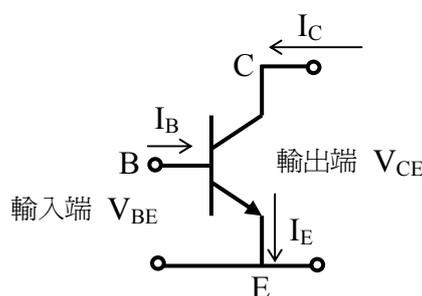
【答】：『共(common)』是輸入訊號與輸出訊號共用的參考點之意。

12. 類比電路中欲做訊號之放大，多半採用何種組態?

【答】：共射極組態。



思考問題 (二)



1. 右圖是何種組態?

【答】：共射極組態。

2. 請列出右圖電流 I_E 、 I_B 、 I_C 的關係式?

【答】：從電流不滅定律可得 $I_E = I_B + I_C$ 。

3. V_{BE} 一般電壓定為若干?

原因為何?

【答】： V_{BE} 扮演二極體的切入電壓，一般為

$V_{BE} = 0.7V$

4. 參考右圖，當 $V_{CE} < V_{BE}$ 時，C、B 之間為何種偏壓(例如： $V_{BE} = 0.7V$ ， $V_{CE} = 0.3V$)? 處於何種操作模式?

【答】：順偏。飽和區。

5. 參考右圖，當 $V_{CE} > V_{BE}$

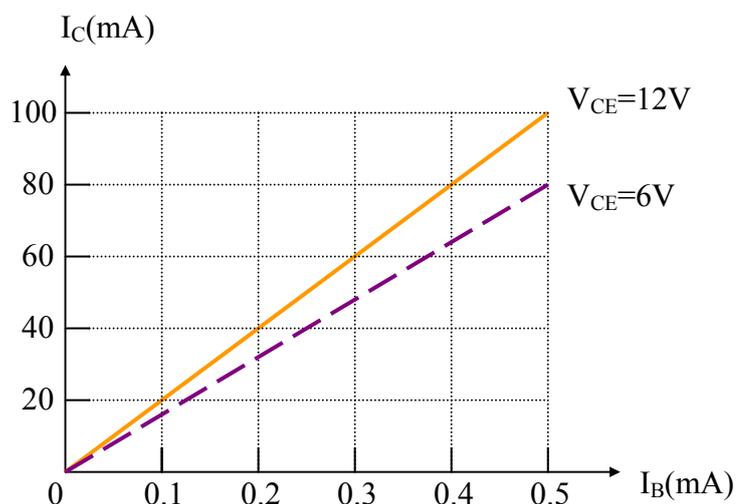
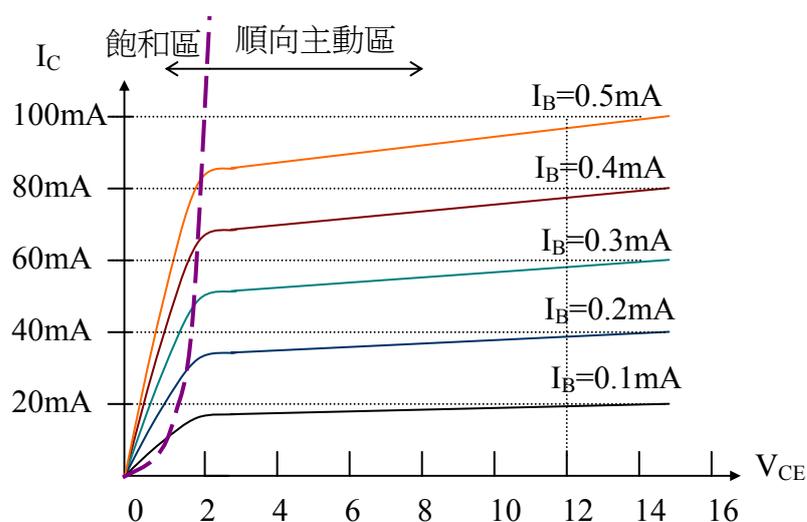
時，C、B 之間為何種偏壓(例如： $V_{BE} = 0.7V$ ， $V_{CE} = 10V$)? 處於何種操作模式?

【答】：逆偏。順向主動。

6. 假定 $V_{CE} = 12V$ 固定，由圖中可發現 I_B 每增加 $0.1mA$ ， I_C 增加若干mA?

【答】：20mA。

7. BJT 在順向主動區有放大訊號的作用，請問輸入訊號應加在何處? 輸出訊號在何處?



【答】： $I_B \cdot I_C$ 。

8. 假定 $V_{CE}=12V$ 固定，由圖中可發現 ΔI_C 約是幾倍的 ΔI_B ?

【答】：200

9. 定義 $\frac{I_C}{I_E} = \alpha$ 稱為共基極電流增益，一般 α 的值約為若干?

【答】：0.95~0.999

10. 定義 $\frac{I_C}{I_B} = \beta$ 稱為共射極電流增益，一般 β 的值約為若干?

【答】：一般約在 100~200 之間，特殊電晶體可達 1000。

11. 由 $I_E=I_B+I_C$ 可證明 α 與 β 的互換公式為何?

【答】： $\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha}$ 或 $\alpha = \frac{\beta}{1+\beta}$

12. BJT 把電流(變化)放大了，是否代表違反能量守恆?

【答】：BJT 是消耗較大但是無用的直流電功率，以放大較小但有用交流電訊號，並不違反能量守恆。

21-4



思考問題 (一)

1. FET 的源極(Source)意義為何?

【答】：提供載子的來源

2. FET 的汲極(Drain)意義為何?

【答】：汲取(接收)載子的電極，類似 BJT 的集極

3. FET 的閘極(Gate)意義為何?

【答】：控制閘門的寬度，決定要讓多少載子通過或關閉

4. 何謂 p 通道的 FET，載子為何? 何謂 n 通道的 FET，載子為何?

【答】：p 通道是由 p 型半導體組成，載子為電洞。n 通道是由 n 型半導體組成，載子為自由電子。

5. p 通道 FET 的閘極部份是何種半導體? 利用何種偏壓(順或逆)控制通道的面積?

【答】：n 型半導體，利用逆向偏壓控制空乏區的大小。

6. n 通道 FET 的閘極部份是何種半導體? 利用何種偏壓(順或逆)控制通道的面積?

【答】：p 型半導體，利用逆向偏壓控制空乏區的大小。

7. 試述歐姆區的工作原理及所利用的公式?

【答】：在閘極 G 與源極 S 之間加一逆向偏壓(閘極與汲極之間保持逆向偏壓)，使 pn 之間的空乏區變大。間接使得可以通過載子的 p 通道有效截面積

變小，根據電阻定律 $R = \rho \frac{L}{A}$ ，截面積愈小，電阻愈大。

8. 請利用歐姆區的工作原理，解釋電晶體(TRANSfer-reSISTOR)的英文字義?

【答】：利用 GS 之間的電場控制通道的截面積，來改變電阻。

9. 試述截止(cut off)區的意義?

【答】：在閘極 G 與源極 S 之間加一夠大的逆向偏壓，使得 pn 之間的空乏區占滿整個通道，載子無法通過，電流為零，此電壓稱為截止電壓或夾止電壓。

10. 試述飽和區的工作原理?

【答】：在閘極 G 與源極 S 之間加一逆向偏壓，雖然 pn 之間的空乏區未占滿整個通道，但是由於 GD 之間的逆向偏壓，使得靠近汲極的通道截面積變為零。此時，電壓愈大，電阻亦愈大，兩者的效應抵消($I = \frac{V}{R}$)，電流保持固定，稱為飽和區。

11. 截止區可以設計為數位電路中的何種概念?

【答】：可作為數位電路的『關(off)』。

12. 在飽和區中，閘極與汲極之間是屬於何種(順或逆)偏壓?

【答】：逆向偏壓。

13. 歐姆區中，閘極、源極、汲極，何者間的空乏區較大?原因為何?

【答】：由於 GD 之間的逆向偏壓較大，故空乏區較大。

14. 若 FET 的電壓太大，會發生什麼事?

【答】：電晶體燒掉，即崩潰。

15. 試畫出 p-channel FET 及 n-channel FET 的符號?

【答】：略

16. p-channel FET 及 n-channel FET 的符號中，箭頭代表何種意義?

【答】：類似 pn 二極體的方向。

17. 為何 FET 的中文稱為「場效」電晶體?

【答】：意為『接面間的電場效應的電晶體(Junction Field Effect Transistor)』。



思考問題 (二)

1. 金氧半場效電晶體的「金氧半」各代表何種意義?

【答】：金屬-氧化物-半導體(Metal Oxide Semiconductor)。

2. 金氧半場效電晶體的英文簡稱為?

【答】：MOS

3. MOS 的設計上為何電極只設計在同一面上?

【答】：IC 只能設計在晶圓的其中一面。

4. 試述空乏型 MOS 的原理?

【答】：利用 G、S 間的逆向偏壓，在通道中產生空乏區。

5. 試述增強型 MOS 原理?試述臨界電壓的意義?

【答】：增強型 MOS 並無載子通道，是靠加在閘極的電荷產生靜電感應來產生載子通道。恰可產生通道的電壓稱為臨界電壓。

6. 試比較空乏型 MOS 與增強型 MOS 的不同?

【答】：空乏型 MOS 原先已有載子通道，但增強型 MOS 原先無載子通道。

7. 空乏型 NMOS 要在閘極加何種電壓(正或負)才能關閉通道? 屬於何種偏壓?

【答】：正電壓。逆向偏壓。

8. 空乏型 PMOS 要在閘極加何種電壓(正或負)才能關閉通道? 屬於何種偏壓?

【答】：負電壓。逆向偏壓。

9. 增強型 NMOS 要在閘極加何種電壓(正或負)才可導通? 理由為何?

【答】：增強型 NMOS 要在閘極加正電壓(臨界電壓 $V_t = 1 \sim 3 \text{ V}$)，吸引電子形成通道。

10. 增強型 PMOS 要在閘極加何種電壓(正或負)才可導通? 理由為何?

【答】：增強型 PMOS 要在閘極加負電壓(臨界電壓 $V_t = 1 \sim 3 \text{ V}$)，吸引電洞形成通道。

11. 試畫出空乏型 NMOS、空乏型 PMOS 的符號? 箭頭代表何種意義? 箭頭要畫在哪一極?

【答】：箭頭代表電流導通的方向或 p 到 n 的方向。箭頭畫在 S 極。

12. 試畫出增強型 NMOS、增強型 PMOS 的符號? 箭頭代表何種意義? 箭頭要畫在哪一極?

【答】：箭頭代表電流導通的方向或 p 到 n 的方向。箭頭畫在 S 極。

