

Electronics/ Mid-test

_____ 學系 _____ 年 _____ 班 學號 _____ 姓名 _____

Department: _____ Class _____ No. _____ Name _____

壹、是非題 (Truth or False) 50 % @ 2 %

- (0) 1. 電洞展現正電荷的特性。
- (0) 2. 矽是半導體材料。
- (x) 3. 半導體只有一個價電子。
- (0) 4. 今日幾乎所有的二極體、電晶體及積體電路都是由矽製成。
- (0) 5. 對於矽質 pn 接面，其障壁電壓近似於 0.7V
- (0) 6. 在二極體符號上，箭頭所指的方向是傳統電流流動方向。
- (x) 7. 二極體不能用歐姆計檢測。
- (0) 8. 二極體是一種非線性元件。
- (x) 9. 一個短路的二極體在某一方向將測得一很低的電阻，而在另一方向將測得一很高的電阻。
- (0) 10. 理想上，一個逆向偏壓的二極體，其動作就像一個具有無限大電阻的開路開關。
- (0) 11. 最佳金屬導體只有一個價電子。
- (0) 12. 摻雜是指將雜質原子加入純質半導體材料中的過程。
- (x) 13. 二極體是一種雙向元件，允許電流雙向流通。
- (0) 14. “偏壓”可定義為一個控制電壓或電流。
- (0) 15. 在逆向偏壓二極體中的漏電流，主要是存在於二極體兩邊的少數電流載子所造成。
- (0) 16. 對於鍺質二極體，其障壁電壓近似於 0.3V。
- (0) 17. 對於二極體，崩潰現象發生於當逆向偏壓太大時。
- (x) 18. 數位電表絕不可用於檢測二極體的狀況。
- (0) 19. 二極體的體電阻 r_B 是 p 及 n 材料的電阻。
- (x) 20. 當分析二極體電路時，第一種近似法將提供最精確的答案。
- (x) 21. n 型半導體材料所含有的電洞數量比自由電子數量多。
- (0) 22. 電洞是半導體晶體中共價鏈結構的一個空洞。
- (x) 23. 二極體的直流電阻對於所有的二極體電流值皆維持定值。
- (0) 24. 對於良好的矽質二極體，其逆向電阻 R_R 對順向電阻 R_F 的比值應大於或等於 1000:1。
- (0) 25. 半導體具有 4 個價電子。

貳、選擇題 (Multiple Choice) 60 % @ 2 %

- (A) 1. 在矽二極體中，逆向漏電流為 (A) 非常小 (B) 相當大 (C) 不受溫度影響 (D) (A)與(C)皆是。
- (B) 2. 在矽晶體中，共價鍵是因下列何者所造成？(A) 加入非純質電子 (B) 價

電子被鄰近的原子共用 (C) 材料中有許多自由電子 (D) 摻雜。

- (B) 3. 一個純質半導體材料稱為 (A) 固體導體 (B) 本質半導體 (C) 非本質半導體 (D) 本質導體。
- (C) 4. 下列何者電流容易流動? (A) 絕緣體 (B) 逆向偏壓二極體 (C) 順向偏壓二極體 (D) 偏壓電壓為零的二極體。
- (A) 5. 對於逆向偏壓二極體 (A) 空乏區變得較寬 (B) 空乏區變得較窄 (C) 電流容易流動 (D) 空乏區的寬度不變。
- (D) 6. 在矽晶體的共價鏈結構上的空洞稱為 (A) 禁止間隙 (B) 負離子 (C) 自由電子 (D) 電洞。
- (D) 7. 為使矽原子具有最佳電子穩定性，需要多少個價電子數? (A) 零 (B) 一個 (C) 四個 (D) 八個。
- (C) 8. 在 n 型半導體材料中，每一個五價原子提供 (A) 數個電洞 (B) 一個電洞 (C) 一個自由電子 (D) 一個負離子。
- (B) 9. 在室溫下(25 °C)，本質半導體材料類似 (A) 一個導體 (B) 一個絕緣體 (C) 一個二極體 (D) 一個電晶體。
- (D) 10. 加入雜質原子到本質半導體 (A)增加導電性 (B) 減少導電性 (C) 稱為摻雜 (D) (A)與(C) 皆是。
- (A) 11. 對於順向偏壓的 pn 界面 (A)自由電子流動的方向與二極體符號上的箭頭方向相反 (B)自由電子流動的方向與二極體符號上的箭頭方向相同 (C) 傳統電流的方向與二極體符號上的箭頭方向相反 (D)無電流流動。
- (D) 12. 二極體的體電阻 r_B 取決於 (A) p 與 n 材料的摻雜程度 (B) p 與 n 材料的物理尺寸 (C)加於二極體的電壓大小 (D) (A)與(B) 皆是。
- (D) 13. 理想的二極體具有 (A) 當逆向偏壓時為零電阻，當順向偏壓時為無限大電阻 (B) 任何時刻皆為零電阻 (C) 任何時刻皆為無限大電阻 (D) 當順向偏壓時為零電阻，當逆向偏壓時為無限大電阻。
- (D) 14. 二極體的第二種近似包含 (A)僅有體電阻 (B) 只有障壁電壓 V_B (C) V_B 及 r_B 皆有 (D) 外部電路阻抗與電壓源。
- (D) 15. 二極體的體電阻 r_B 等於 (A) 直流電阻 (B) 當逆向偏壓時為零歐姆 (C) 二極體的總電壓對總電流之比值 (D) 二極體的電壓變化量對電流變化量之比值。
- (A) 16. 對於二極體 (A) P 區稱為陽極而 N 區稱為陰極 (B) P 區稱為陰極而 N 區稱為陽極 (C) P 區稱為集極而 N 區稱為射極 (D) 電流可雙向流動。
- (D) 17. 對於矽質二極體， R_R 對 R_F 之比應大於 (A) 1:1 (B) 10:1 (C) 100:1 (D)1000:1
- (D) 18. 二極體的崩潰電壓 (A)等於障壁電壓 V_B (B)二極體停止導電處之電壓 (C) 通常小於或等於 1V (D)崩潰現象發生時之電壓。
- (B) 19. 若二極體在兩個方向皆測得無限大的電阻，則此二極體 (A) 短路 (B) 開路 (C) 漏電 (D) 良好。

- (B) 20. 若在理想二極體兩端之順向電壓 V_F 是假設為 (A) 0.7V (B) 0V (C) 0.3V (D) 等於電源電壓。
- (B) 21. 二極體的逆向漏電流 I_R (A) 當溫度加時減少 (B) 當溫度增加時增加 (C) 不受溫度影響 (D) 通常可假設等於順向電流 I_F 的一半。
- (B) 22. 經摻雜的半導體材料稱為 (A) 本質半導體 (B) 非本質半導體 (C) 本質導體 (D) 固體導體。
- (C) 23. 最佳導體具有 (A) 4 個共價電子 (B) 8 個共價電子 (C) 只有一個共價電子 (D) 沒有共價電子。
- (D) 24. 增加矽晶體的溫度，何者的數目會增加？ (A) 晶體中的原子 (B) 晶體中的電子 (C) 晶體中的質子 (D) 由熱產生的電子-電洞對。
- (C) 25. 二極體是下列何者的實例？ (A) 線性元件 (B) 良好的放大器 (C) 非線性元件 (D) 以上皆是。
- (A) 26. 二極體的空乏區的寬度，隨著逆向偏壓的增加而產生何種變化？ (A) 增加 (B) 減少 (C) 不變 (D) 先減後增。
- (B) 27. 在室溫下，未加偏壓之 PN 二極體在 P-N 接面附近的狀況為 (A) P 型半導體帶正電，N 型半導體帶負電 (B) P 型半導體帶負電，N 型半導體帶正電 (C) P 型及 N 型半導體皆不帶電 (D) P 型及 N 型半導體所帶之電性不固定。
- (D) 28. 所謂理想二極體，下列敘述何者錯誤？ (A) 順向時視為短路，逆向時視為開路 (B) 順向電阻等於零，逆向電阻無限大 (C) 無順向電壓降，無逆向電流 (D) 順向電壓等於零，逆向電流無限大。
- (D) 29. 對一處於絕對零度 (0 K) 之本質半導體，在此本質半導體之兩端加一電流；若此本質半導體並未發生崩潰，則在本質半導體內 (A) 有電子流，也有電洞流 (B) 有電子流，但沒有電洞流 (C) 沒有電子流，但有電洞流 (D) 沒有電子流，也沒有電洞流。
- (C) 30. 在矽半導體材料中，摻入三價的雜質，請問半導體形成何種形式？半導體內部的多數載子為何？此塊半導體之電性為何？ (A) N 型半導體；電子；電中性 (B) N 型半導體；電子；負電 (C) P 型半導體；電洞；電中性 (D) P 型半導體；電洞；正電。

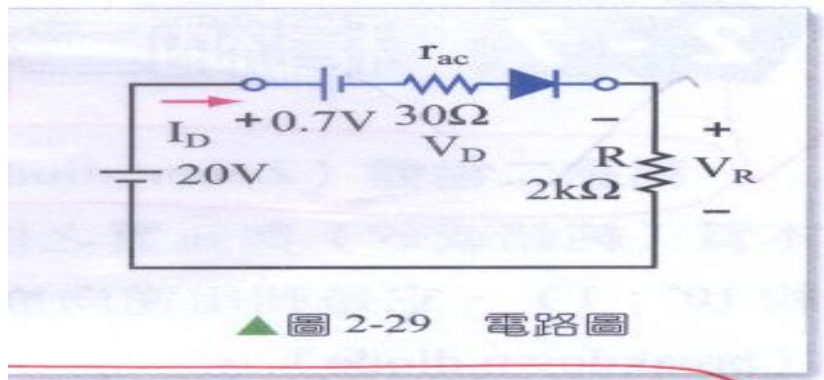
參、專有名詞/中英(英文全文)對照翻譯 (Terminology Translation) 34 % @ 2 %

1. 突崩/累增崩潰 **Avalanche Breakdown**
2. I_{FSM} **最大順向突波電流額定值/ Maximum Forward-Surge Current Rating**
3. $LP\Omega$ **低功率歐姆/ Lower Power Ohm**
4. 空乏區 **Depletion Zone**
5. 障壁電壓 **Barrier Potential**
6. PIV **逆向峰值電壓/Peak Inverse Voltage**
7. DRAM **動態隨機存取儲存器/ Dynamic Random Access Memory**

8. FPCB Flexible Printed Circuit Board/ 軟性印刷電路板
 9. HBT Heterojunction Bipolar Transistor/ 異質介面雙極電晶體
 10. VLSI Very Large Scale Integration/ 超大型積體電路

肆、計算題 (Counting)

1. 如下圖 2-29 所示的直流電路(為片斷式線性等效電路)，試計算電阻 R(修訂為 5 kΩ)兩端的電壓降 V_R 、二極體(矽質材料/ V_B 為 0.6 V ; r_{ac} 為 40 Ω)的總電壓降 V_D 以及二極體的等效直流電阻 R_{dc} 各為何? 40 % @ 10 %



A1: $V_R = 19.25 \text{ V}$ (取小數點二位數)

A2: $I_D = 3.85 \text{ mA}$ (取小數點二位數)

$V_D = 0.75 \text{ V}$ (取小數點二位數)

A3: $R_{dc} \approx 196 \text{ } \Omega$ (取整數)

PS:

(1) $\because 20\text{V} \gg 0.7\text{V}$ ，所以理想二極體是順偏的，並且可用短路/導通的等效來替換，再根據分壓定律而得到：串聯電路中電壓降和電阻值成比例關係，ie. V_1 :

$$V_2 = R_1 : R_2$$

$$\therefore V_R (V_1) = V_2 \times (R_1 / R_2)$$

$$= (20 - 0.6) \times (5\text{k}\Omega / 5\text{k}\Omega + 40\Omega)$$

$$= 19.4 \times (5,000 / 5,040) = 19.25 \text{ V}$$

(2) 流過這電路的直流電流是：

$$I_D = V / R = (20 - 0.6) \text{ V} / 5,040 \text{ } \Omega = 3.85 \times 10^{-3} \text{ A}$$

$$= 3.85 \text{ mA}$$

二極體兩端的電壓降為：

$$V_D = 0.6 + I_D \times r_{ac} = 0.6 + (3.85 \times 10^{-3} \times 40)$$

$$= 0.75 \text{ V}$$

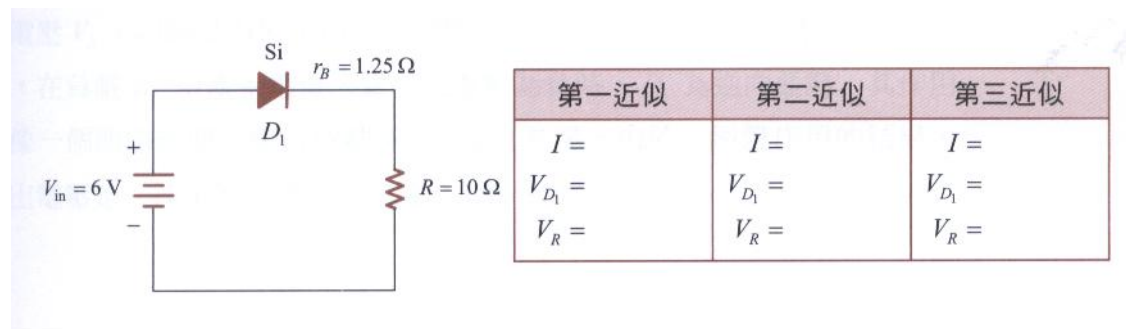
(3) 二極體的等效直流電阻：

$$R_{dc} = V_D / I_D$$

$$= 0.75 / 3.85 \times 10^{-3}$$

$$\approx 196 \text{ } \Omega$$

2. 如下圖所示(修定為 $V_{in} = 12\text{ V}$; $r_B = 6.68\ \Omega$; $R = 18\ \Omega$)，分別用第一、第二及第三近似法，求解下表中之未知數。90% @ 10%



第一近似：

- A1: $I = 666.67$ (取小數二位數) mA
 A2: $V_{D_1} (B) = 0.00$ (取小數二位數) V
 A3: $V_R = 12.00$ (取小數二位數) V

第二近似：

- A1: $I = 627.78$ (取小數二位數) mA
 A2: $V_{D_1} (B) = 0.70$ (取小數二位數) V
 A3: $V_R = 11.30$ (取小數二位數) V

第三近似：

- A1: $I = 457.86$ (取小數二位數) mA
 A2: $V_{D_1} (B) = 3.76$ (取小數二位數) V
 A3: $V_R = 8.24$ (取小數二位數) V

3. 假設二極體(鍺材質)之外加逆向電壓 V_R 提高到 -20 V ，則其逆向電流 I 為何？10% @ 10%

- A: $-1\ I_s$ (取整數)
 PS: $\because V_R \geq V_{BR} (-50\text{ V})$ 。
 $\therefore I = I_s \times [e^{-V/(\eta V_T)} - 1]$
 $= I_s \times [e^{-20V/(1 \times 25\text{ mV})} - 1]$
 $\approx -1\ I_s$

4. 假設一矽二極體，在常溫 25°C 時的順向電壓降為 0.7 V ，試計算溫度升高至 85°C 時之順向電壓值為？10% @ 10%

- A: 0.55 V (取小數點二位數)
 PS: $V_{D(85^\circ\text{C})} = V_{D(25^\circ\text{C})} + (-2.5\text{ mV}/^\circ\text{C}) \times (T_2 - T_1)$
 $= V_{D(25^\circ\text{C})} + (-2.5\text{ mV}/^\circ\text{C}) \times (85^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C})$
 $= 0.7\text{ V} - 0.15\text{ V} = 0.55\text{ V}$

5. 純矽半導體本質濃度 $n_i = 1.8 \times 10^{10}$ 原子/cm³，其密度為 5.5×10^{22} 原子/cm³，若每 10^8 個矽原子加入一個砷原子，則將成為何種類型的半導體？其電洞濃度為多少？ 20 % @ 10 %

A1: n 型半導體

A2: 589.1×10^3 電洞/cm³ (取小數點一位數 $\times 10^3$)

PS:

$$n_i^2 = N_A * N_D \quad (3-2)$$

n_i : 本質半導體濃度 N_A : 電洞(Acceptor)濃度 N_D : 自由電子濃度

矽 + 砷 = n-type. ie. Majority: 電子。

$$\text{矽: 砷} = 10^8 : 1 = 5.5 \times 10^{22} : N_D$$

$$N_D = 5.5 \times 10^{22} / 1 \times 10^8 = 5.5 \times 10^{14} \text{ 電子/cm}^3$$

$$N_A = n_i^2 / N_D = (1.8 \times 10^{10})^2 / 5.5 \times 10^{14} = 589.1 \times 10^3 \text{ 電洞/cm}^3。$$

6. 假設二極體(鍺材質)之外加順向電壓 V_F 提高到 0.6 V，則其順向電流 I 為何？ 10 % @ 10 %

A: ≈ 26.489 A (取小數點三位數)

PS: $\because V_F \geq V_B (= 0.3 \text{ V})。$

$$\therefore I = I_S \times [e^{V/(\eta V_T)} - 1]$$

$$= I_S \times [e^{0.6 \text{ V}/(1 \times 25 \text{ mV})} - 1]$$

$$= 1 \mu\text{A} \times (e^{24} - 1)$$

$$\approx 1 \times 10^{-6} \times (2.649 \times 10^{10} - 1) \approx 26.489 \text{ A}$$

即 P 型與 N 形重疊，空乏區消失，如同短路導通，開始產生有使用價值的電流了。

7. 有一 PN 二極體的逆向飽和電流於 300K 時 $1 \mu\text{A}$ ，於 400 K 時 I_S 應為？ 10 % @ 10 %

A: $1,024 \mu\text{A}$ (取整數)

PS: $I_{S2} = I_{S1} \times 2^{(T2 - T1)/10}$

I_{S1} : 溫度為 T_1 時之逆向飽和電流

I_{S2} : 溫度為 T_2 時之逆向飽和電流

$$= 1 \mu\text{A} \times 2^{(400 - 300)/10}$$

$$= 1 \mu\text{A} \times 2^{10}$$

$$= 1,024 \mu\text{A}$$