

Electronics/ Quiz 06

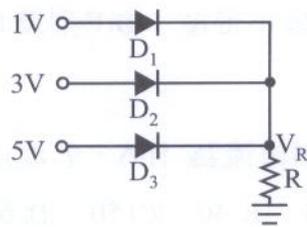
學系 _____ 年 _____ 班 學號 _____ 姓名 _____

Department: _____ Class _____ No. _____ Name _____

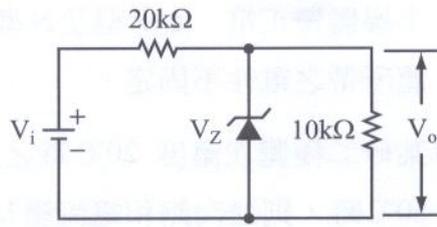
壹、是非題 (Truth or False)

貳、選擇題 (Multiple Choice) **10 % @ 2 %**

- (**C**) 1. PN 二極體，欲使達到順向偏壓，則應在 (A)P 加正極、N 加正極 (B)P 加負極、N 加正極 (C)P 加正極、N 加負極 (D)P 加負極、N 加負極。
- (**B**) 2. 二極體施以逆向偏壓時，能有少量電流存在，是因為 (A)多數載子的流動所致 (B)少數載子的流動所致 (C)主、副載子同時流動所致 (D)無法判定。
- (**A**) 3. 一般 PN 二極體(矽材質)兩端的順向偏壓，隨溫度的變化量約為 (A)-2.5 (B)-25 (C)+2.5 (D)+25 mV/°C。
- (**B**) 4. 某矽二極體在溫度 20°C 時之逆向飽和電流為 5 nA，若溫度上升至 50°C 時，則逆向飽和電流變為 (A)30 (B) 40 (C) 50 (D)60 nA。
- (**C**) 5. 如圖(4)所示之理想二極體電路中，若 $R = 1 \text{ k}\Omega$ ，則流經此電阻的電流為何？(A) 1 (B) 3 (C) 5 (D)9 mA。



▲圖(4)



▲圖(5)

參、專有名詞/中英(英文全文)對照翻譯 (Terminology Translation) **6 % @ 2 %**

1. 累增崩潰 **Avalanche Breakdown**
2. LPΩ **低功率歐姆/ Lower Power Ohm**

肆、填充題 (Blanks Filling) **54 % ; @ 2 %**

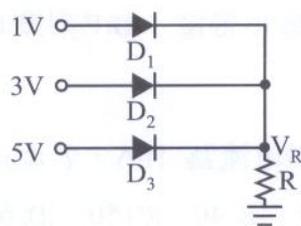
1. 二極體為一種單向非線性的元件，僅允許電流從某一固定方向(A)流過它到另一端(K) (A/P→K/N)。電流流(K/N→A/P)方向即電流的反方向。
2. 對矽(Si)而言，在 pn 接面的障壁電壓 V_B 約為 0.7V。對鍺(Ge)而言， V_B 約為 0.3V。說明矽質半導體要先克服障壁電壓來產生電流，所需的外部電壓源較鍺為大。
3. 障壁電壓的存在可使電流載子的擴散行為停止，即電流為零即空乏區有一既定的寬度。在空乏區域中，當摻入雜質濃度愈低，其擴散的深度或寬度愈大。
4. 順向偏壓即外接電源的正端(+)接到 p 型材料的 A 端；外接電源的負端(-)接到

n 型材料的 K 端。

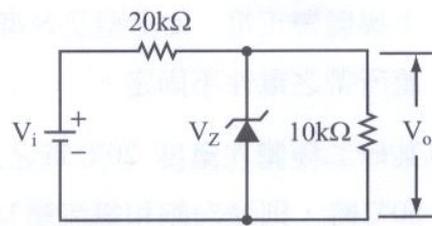
5. 逆向偏壓的效應使兩邊的電荷載子被推離界面，**增加**空乏區的寬度。逆向偏壓的結果，使二極體成為非導通狀態，就像開路(Open)的開關，其阻抗值近乎**無限大**。
6. 理想的二極體有**單向**導電的特性，如同交通號誌的單行道，只允許單方向導電；若接上順向電壓(V_F)會有一順向電流(I_F)，但由歐姆定律得知：順向電阻 R_F 為 **0** Ω ；若接上逆向偏壓(V_R)時，其逆向電流(I_R)為零，由歐姆定律得知：逆向電阻 R_R 近乎為 **∞** Ω 。
7. 將逆向偏壓提高到-20V、-30V.....時，只要在沒有超出逆向峰值電壓造成崩潰毀壞之前，其 I_S 均保持不變，亦即 I_S 與逆向偏壓大小幾乎**無關**。
8. 溫度愈高時，二極體的順向電壓降(即障壁電壓)愈**低**，飽和電流越**大**。當溫度每上升 1°C 時，鍺二極體之順向電壓降低率約為 **-1** $\text{mV}/^\circ\text{C}$ ；矽二極體之順向電壓降低率則約為 **-2.5** $\text{mV}/^\circ\text{C}$ 。
9. 溫度升高時，二極體之逆向飽和電流 I_S 亦隨之增加；一般而言，溫度每升高 1°C 時， I_S 會增加約 **7** %。
10. 就一個二極體來說，如果在 $V_D = 1\text{V}$ 時 $I_D = 10\text{mA}$ ，對矽製二極體來說，要達到 0.7V 時它的特性曲線才會快速上升，所以 r_{ac} (Si) 為 **30** Ω ；對鍺製二極體而言， r_{ac} (Ge) 為 **70** Ω 。
11. 就矽質二極體而言，逆向電阻 R_R ：順向電阻 R_F 其比值約為 **1,000 : 1**。
12. 用類比歐姆計量測二極體時，不宜使用 RX1 檔，最佳使用範圍是 **RX100** 檔。

伍、計算題 (Counting) 120 %

1. 如圖(4)所示之理想二極體電路中，若 $R = 1\text{k}\Omega$ ，則流經此電阻的電流為何？
10%



▲圖(4)

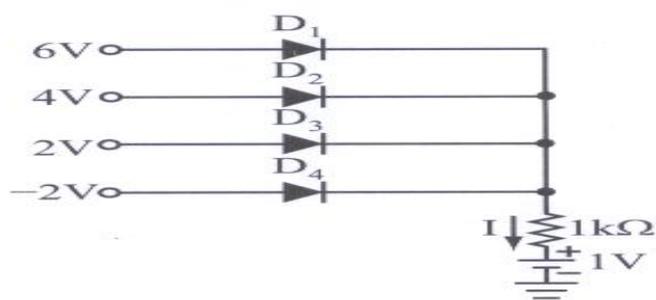


▲圖(5)

A: 5 mA (取整數)

PS: IF D_3 / ON, D_2 and D_1 / OFF. Then $I = V_R / R = 5/1\text{k} = 5\text{mA}$.

2. 如圖(6)所示之理想二極體電路中，求電路中電流 I 為何？ 10 %



▲圖(6)

A: 5 mA (取整數)

PS: IF D_1 / ON, D_2 , D_3 and D_4 / OFF. Then $I = V / R = 6 - 1 / 1k = 5 \text{ mA}$.

3. 純矽半導體本質濃度 $n_i = 1.5 \times 10^{10}$ 原子/cm³，其密度為 5×10^{22} 原子/cm³，若每 10^8 個矽原子加入一個硼原子，則將成為何種類型的半導體？其電子濃度為多少？ 20 % @ 10 %

A1: p 型半導體

A2: 4.5×10^5 電子/cm³ (取小數點一位數 $\times 10^5$)

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 + 鋁 = P-type. ie. Majority: 電洞。

$$\text{矽:鋁} = 10^8 : 1 = 5 \times 10^{22} : N_A$$

$$N_A = 5 \times 10^{22} / 1 \times 10^8 = 5 \times 10^{14} \text{ 電洞/cm}^3$$

$$N_D = n_i^2 / N_A = (1.5 \times 10^{10})^2 / 5 \times 10^{14} = 4.5 \times 10^5 \text{ 電子/cm}^3。$$

4. 假設二極體之外加順向電壓 V_F 提高到 1.0 V，則其順向電流 I 為何？ 10 %

A: $\approx 0.485 \text{ A}$ (取小數點三位數)

PS: $\because V_F \geq V_B (= 0.7 \text{ V})。$

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

$$= I_S \times [e^{1V/(2 \times 25 \text{ mV})} - 1]$$

$$= 1 \text{ nA} \times (e^{20} - 1)$$

$$\approx 1 \times 10^{-9} \times (8.886 \times 10^6 - 1) \approx 0.485 \text{ A}$$

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。

5. 假設二極體之外加逆向電壓 V_R 提高到 -30 V ，則其逆向電流 I 為何？ **10 %**

A: $-I_S$ (取整數)

PS: $\because V_R \geq V_{BR} (-250\text{ V})$ 。

$$\begin{aligned} \therefore I &= I_S \times [e^{V/(\eta V_T)} - 1] \\ &= I_S \times [e^{-30\text{V}/(2 \times 25\text{ mV})} - 1] \\ &\approx -I_S \end{aligned}$$

6. 假設一鍺二極體，在常溫 25°C 時的順向電壓降為 0.3V ，試計算溫度升高至 65°C 時之順向電壓值為？ **10 %**

A: 0.26 V (取小數點二位數)

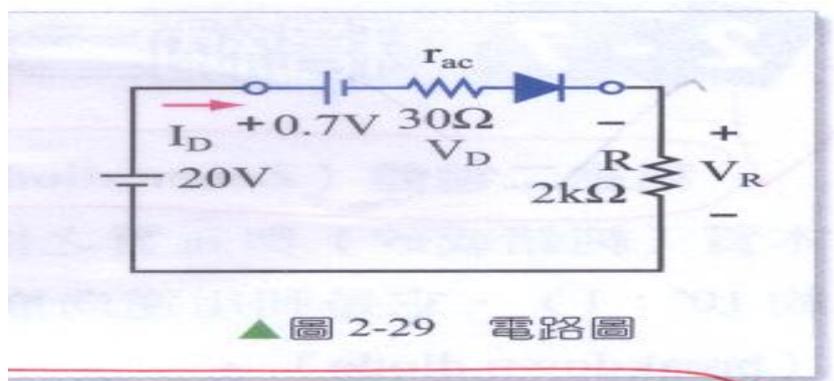
$$\begin{aligned} \text{PS: } V_{D(65^\circ\text{C})} &= V_{D(25^\circ\text{C})} + (-1\text{ mV}/^\circ\text{C}) \times (T_2 - T_1) \\ &= V_{D(25^\circ\text{C})} + (-1\text{ mV}/^\circ\text{C}) \times (65^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C}) \\ &= 0.3\text{ V} - 0.040\text{ V} = 0.26\text{ V} \end{aligned}$$

7. 有一 PN 二極體的逆向飽和電流於 300K 時 $1\mu\text{A}$ ，於 350 K 時 I_S 應為？ **10 %**

A: $32\ \mu\text{A}$ (取整數)

$$\begin{aligned} \text{PS: } I_{S2} &= I_{S1} \times 2^{(T_2 - T_1)/10} \\ I_{S1} &: \text{溫度為 } T_1 \text{ 時之逆向飽和電流} \\ I_{S2} &: \text{溫度為 } T_2 \text{ 時之逆向飽和電流} \\ &= 1\ \mu\text{A} \times 2^{(350 - 300)/10} \\ &= 1\ \mu\text{A} \times 2^5 \\ &= 32\ \mu\text{A} \end{aligned}$$

8. 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 $3\text{ k}\Omega$)兩端的電壓降 V_R 、二極體(鍺質材料/ V_B 為 0.3 V ; r_{ac} 為 70Ω)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: $I_D = 6.42 \text{ mA}$ (取小數點二位數)

$V_D = 0.749 \text{ V}$ (取小數點二位數)

A3: $R_{dc} \doteq 116 \Omega$ (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. $V_1 :$

$$V_2 = R_1 : R_2$$

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

$$= (20 - 0.3) \times (3\text{k}\Omega / (3\text{k}\Omega + 70\Omega))$$

$$= 19.7 \times (3,000 / 3,070) = 19.25 \text{ V}$$

(2) 流過這電路的直流電流是：

$$I_D = V / R = (20 - 0.3) \text{ V} / 3,070 \Omega = 6.42 \times 10^{-3} \text{ A}$$

$$= 6.42 \text{ mA}$$

二極體兩端的電壓降為：

$$V_D = 0.3 + I_D \times r_{ac} = 0.3 + (6.42 \times 10^{-3} \times 70)$$

$$= 0.749 \text{ V}$$

(3) 二極體的等效直流電阻：

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

$$= 0.749 / 6.42 \times 10^{-3}$$

$$\doteq 116 \Omega$$

陸、簡答題 (Short Answers) 30 %

一、當 P 型和 N 型半導體接觸時，即會產生一空乏區，試問在空乏區中含有什麼載子？ 10 %

A：含有不動的正、負離子。

PS: P 區為負離子，N 區為正離子，即缺乏自由電子和電洞。

二、試證明在鍺或矽二極體中，溫度每升高 10°C 時，其逆向飽和電流約將增加為原來的 2 倍？ 20 %

A: 假設在室溫 25°C 時， $I_S = 1\mu\text{A}$ ，則：

$$I_{S(25^\circ\text{C})} = 1\mu\text{A}$$

$$I_{S(26^\circ\text{C})} = 1\mu\text{A} \times (1+0.07)^1$$

$$I_{S(27^\circ\text{C})} = I_{S(26^\circ\text{C})} \times (1+0.07)^1 = 1\mu\text{A} \times (1+0.07)^2$$

$$I_{S(28^\circ\text{C})} = I_{S(27^\circ\text{C})} \times (1+0.07)^1 = 1\mu\text{A} \times (1+0.07)^3$$

在整個運算過程中，得知它是以等比級數在增加中，由於 $(1.07)^{10}=1.967 \approx 2$ ，故得到證明。 $I_{s2} = I_{s1} \times 2^{(T2 - T1) / 10}$

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