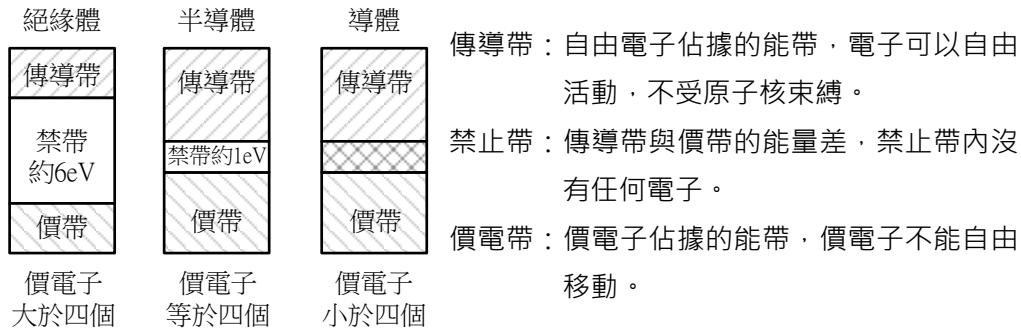
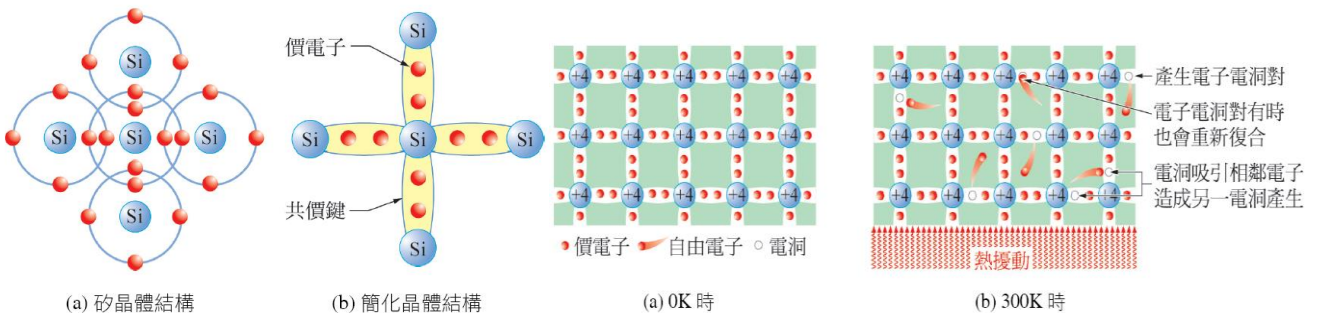


## CH2-1 本質半導體、CH2-2 P 型及 N 型半導體

1. 能階：不同軌道的能量差。



- 八隅體學說：任何一原子的最外層的價電子數等於 8 個時，將會呈現穩定狀態。
- 共價鍵：當本質半導體中一原子的 4 個價電子與相鄰原子的價電子共用時，使最外層軌道上有 8 個價電子而達到穩定的需求，稱為共價結合或共價鍵。
- 共價鍵斷裂：當溫度上升，價電子獲得足夠的能量後，將從共價鍵中游離而不再受共價鍵束縛。
- 半導體：四價的元素，其導電性介於絕緣體與導體之間元素，常用的半導體有矽和鍺。
- 本質半導體：或稱為純半導體，即半導體本身沒有摻雜其他的元素。



7. 外質半導體：在本質半導體中加入其它價數的元素。

### 7.1 加入三價元素：P 型半導體

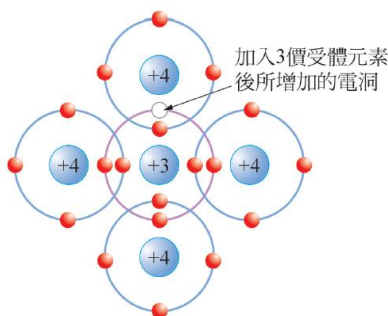


圖 2-7 加入 3 價受體元素的外質半導體結晶結構

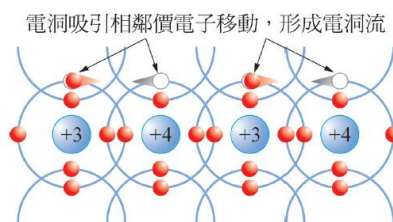


圖 2-8 電洞流的形成

### 7.2 加入五價元素：N 型半導體

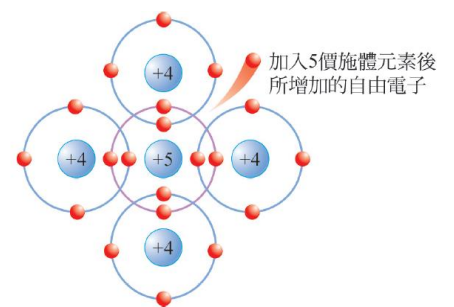


圖 2-9 加入 5 價施體元素的外質半導體結晶結構

8. P 型與 N 型半導體：

	摻雜		濃度		載子		電性	註
	元素種類	名稱	電洞	電子	多數	少數		
P 型	3 價元素	受體	較多	較少	電洞	電子	電中性	受體成為負離子
N 型	5 價元素	施體	較少	較多	電子	電洞	電中性	施體成為正離子

9. 濃度： $(n_i$ ：本質載子濃度· $n$ ：電子濃度· $p$ ：電洞濃度

$N_d$ ：施體濃度· $N_a$ ：受體濃度)

半導體	濃度關係	
本質	質量作用定律 $n \cdot p = n_i^2$ 且 $n = p = n_i$	由於電中性 ↓ 負電=正電 $N_a + n = N_d + p$
外質	P 型： $n \cdot p = n_i^2$ 且 $N_a \approx p > n$ N 型： $n \cdot p = n_i^2$ 且 $N_d \approx n > p$	

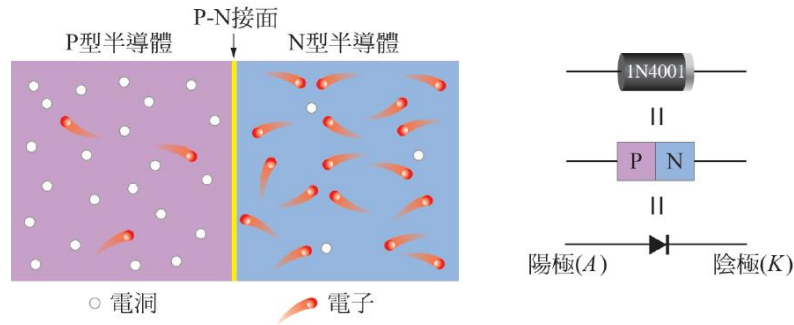
1. 純矽半導體本質濃度  $n_i = 1.5 \times 10^{10}$  原子/cm<sup>3</sup>，其密度為  $5 \times 10^{22}$  原子/cm<sup>3</sup>，若每  $10^8$  個矽原子加入一個硼原子，則將成為何種類型半導體？又電子濃度為多少？

- ( ) 1. 在矽半導體材料中，摻入三價的雜質，請問此半導體形成何種型式？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。 【93 四技二專】
- ( ) 2. 在本質半導體中，摻入何項雜質元素，即可成為 P 型半導體？ (A)磷 (B)硼 (C)砷 (D)銻。
- ( ) 3. 純半導體中最常使用的材料為鍺(Ge)和矽(Si)，兩者皆為幾價元素？ (A)3 價 (B)4 價 (C)5 價 (D)2 價 (E)以上皆非。 【86 四技電機】
- ( ) 4. N 型材料是在純半導體鍺或矽中，摻入微量的幾價元素？ (A)3 價 (B)4 價 (C)5 價 (D)2 價 (E)以上各價均可能。 【83 保甄電機】
- ( ) 5. 在 P 型半導體中，載子的狀況是 (A)只有電洞 (B)只有電子 (C)有多數電子及少數電洞 (D)有多數電洞及少數電子。 【89 四技聯招電子】
- ( ) 6. P 型半導體受熱(thermal)影響所產生的新電子或電洞數何者為多？ (A)電洞數 (B)電子數 (C)電子和電洞數一樣多 (D)不會產生新的電子或電洞數。 【88 二技電子電路】
- ( ) 7. 在 P 型半導體中，導電的多數載子為何者？ (A) 電子 (B) 原子核 (C) 電洞 (D) 離子
- ( ) 8. 下列關於 N 型半導體的敘述，何者正確？ (A) 比本質半導體導電性好 (B) 少數載子為電子 (C) 所摻雜質為三價元素 (D) 摻雜硼、鋁等雜質
- ( ) 9. 一純矽半導體，本質濃度  $n_i = 1.5 \times 10^{10}/\text{cm}^3$ ，原子密度為  $5 \times 10^{22}/\text{cm}^3$ ，若於每  $10^9$  個矽原子摻入 1 個施體 (donor) 雜質，則其電洞濃度為多少？(A)  $4.5 \times 10^5/\text{cm}^3$  (B)  $4.5 \times 10^6/\text{cm}^3$  (C)  $4.5 \times 10^7/\text{cm}^3$  (D)  $4.5 \times 10^8/\text{cm}^3$  【95 四技二專】
- ( ) 10. 下列敘述，何者錯誤？(A) 價電子位於原子核最外層軌道(B) 價電子成為自由電子會釋放熱能(C) 自由電子位於傳導帶(D) 價電子脫離原來的軌道所留下之空缺，稱為電洞 【95 四技二專】
- ( ) 11. 下列何者為摻入施體 (donor) 雜質後之半導體名稱？(A) P 型半導體 (B) N 型半導體(C) 本質半導體 (D) 載子半導體 【98 四技二專】

### CH2-3 P-N 接面二極體、CH2-4 二極體之偏壓

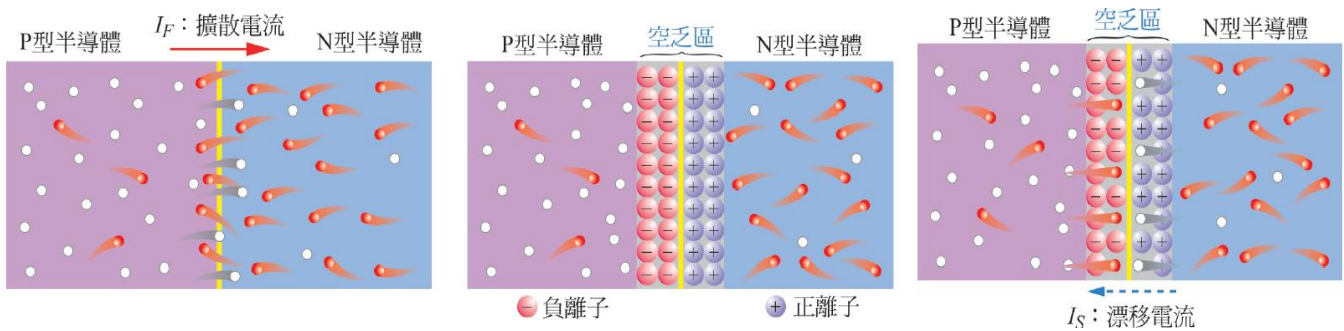
1. 二極體：將 P 型與 N 型半導體接合在一起，即成為二極體。

(1) P N 接面的形成

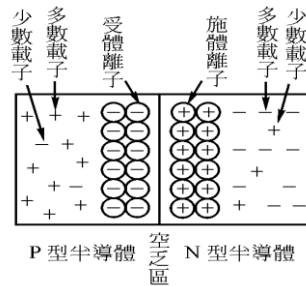


(2) 二極體的電流成分

- a. 擴散電流：由於載子濃度不均勻，造成濃度高往濃度低移動的電流
- b. 漂移電流：空乏區內少屬離子受電場吸引形成的電流



(3) 二極體結構：



範圍	P 型半導體		N 型半導體	
	空乏區外	空乏區內	空乏區內	空乏區外
載子	多數	電洞	沒有任何電子與電洞	
	少數	電子		
電性	電中性		帶正電的施體離子	電中性
	帶負電的受體離子		帶正電的施體離子	

- ※ 空乏區的形成是由於擴散作用和外加電壓無關。
- ※ 空乏區內 N 型半導體內有帶正電的施體離子，P 型半導體內有帶負電的受體離子，分離的正負電荷導致電位差，該電位可阻止多數載子繼續越過接面，該電位差稱為障壁電位，矽材質為 0.6~0.7V、鎳材質為 0.2~0.3V。

(2) 偏壓對二極體的影響：

順偏接法 (+)P—▶|—N(-) · 逆偏接法 (-)P—▶|—N(+)

	P 型	N 型	隨偏壓增加		電流	註
			空乏區	障壁電壓		
順偏	接高電位	接低電位	變窄	下降	由多數與少數載子產生	順偏電壓 > 障壁電壓 ⇒ 導電
逆偏	接低電位	接高電位	變寬	上升	有漏電電流 僅少數載子產生	逆偏電壓 < PIV ⇒ 不導電 逆偏電壓 > PIV ⇒ 燒毀

- ※ 當二極體順偏時，增加外加電壓使順偏電壓 > 障壁電壓，電流迅速增加之電壓值，此電壓稱為切入電壓。
- ※ 峰值逆向電壓(PIV)：不致使二極體產生崩潰的最大逆向電壓值。
- ※ 漏電電流：二極體逆偏時，由少數載子造成電流，與溫度有關而與電壓無關，溫度不變下為一定值，又稱逆向飽和電流，矽材質為 nA 等級、鍺材質為 μA 等級。
- ※ 當二極體加逆向偏壓時，若電壓持續增加到某一數值時，將會使電流大量的增加，稱為崩潰。

	累增崩潰(Avalanche effect)	稽納崩潰(Zener effect)
二極體摻雜濃度	低(空乏區寬)	高(空乏區窄)
崩潰電壓	> 6V	< 6V
崩潰電壓溫度係數	正	負

(3) 電壓與電流的關係：

$$I_D = I_S \left( e^{\frac{V_D}{\eta \cdot V_T}} - 1 \right)$$

$I_D$ ：二極體電流， $I_S$ ：逆向飽和電流， $V_D$ ：二極體外加電壓， $V_T$ ：熱電壓  
 $\eta$ ：理想因子，鍺  $\eta=1$ ，矽  $\eta=1(I_D > 25mA)$ ，矽  $\eta=2(I_D < 25mA)$

(4) 熱電壓： $V_T = \frac{kT}{q}$  (伏特)

(5) 電阻效應

a. 分佈電阻：二極體之內阻。

$$r_B = \frac{1-0.7}{I_F} \text{ (矽二極體)}, r_B = \frac{1-0.3}{I_F} \text{ (鍺二極體)}$$

b. 靜態電阻：二極體特性曲線上，任何一直流工作點上電壓與電流的比值。

$$R_{DC} = \frac{V_D}{I_D}$$

2. 矽二極體的兩端施加直流電壓為 0.9 伏特，並測得電流為 10 毫安培，則此二極體的靜態電阻為 (A)90 歐姆 (B)90 仟歐姆 (C)900 歐姆 (D)100 仟歐姆 (E)100 歐姆

- c. 動態電阻：又稱為交流電阻，二極體特性曲線上，任何一直流工作點上附近一小交流訊號電壓與電流的比值。

$$r_d = \frac{V_T}{I_D} = \frac{26mV}{I_D}$$

3. 在室溫時二極體電流為 6.5mA，則其交流順向電阻為 (A)0.5Ω (B)1.5Ω (C)2.5Ω (D)4Ω

(7) 溫度效應：

- 本質半導體與低摻雜濃度半導體呈負溫度效應（負的電阻溫度係數）
- 金屬或高摻雜濃度半導體呈正溫度效應
- 切入電壓：矽約  $-2.5mV/^\circ C$ ，鍺約  $-1mV/^\circ C$

4. 假設在 25°C 時，矽晶體的  $V_{BE}$  為 0.7 伏特，求在 65°C 時， $V_{BE}$  的值為多少？ (A)0.8V (B)0.6V (C)0.5V (D)0.4V

d. 逆向飽和電流  $I_S$ ：升高 1°C 約增加 8%，升高 10°C 約增加為 2 倍

5. 有一 PN 二極體逆向飽和電流於 300°K 時為  $1\mu A$ ，於 350°K 時  $I_S$  應為 (A)32  $\mu A$  (B)50  $\mu A$  (C)64  $\mu A$  (D)100  $\mu A$

- ( ) 1. 在室溫下，未加偏壓之 PN 二極體在 PN 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。 【92 四技二專】
- ( ) 2. 下列有關 PN 接面二極體(PN junction diode)特性之敘述，何者正確？ (A)在 P 型矽(P-type silicon)區域沒有電子存在 (B)空乏區(depletion region)的寬度隨著逆向偏壓的絕對值之增加而減少 (C)當矽的摻雜濃度越高時，其接面內建電壓(built-in voltage)的值越小 (D)以接面處為起點，空乏區的寬度會比較深入摻雜濃度較低的一邊。 【91 二技 - 電子類】
- ( ) 3. 下列半導體之敘述，何者錯誤？ (A)當加逆向偏壓於 PN 接面時，空乏區會變窄 (B)當加順向偏壓於 PN 接面時，空乏區外存在擴散電容 (C)在本質半導體中摻雜五價元素，可形成 N 型半導體 (D)當加小於崩潰電壓之逆向偏壓於 PN 接面時，仍有少數載子流動，此為逆向飽和電流。
- ( ) 4. 二極體施以逆向電壓時，仍有少量電流存在，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)無法斷定。 【87 電機保甄】
- ( ) 5. 一個二極體兩端施以 1V 之直流電壓，並測得有 20mA 之電流通過，則此二極體之靜態電阻為？ (A)50 (B)100 (C)200 (D)以上皆非。 【86 四技電機】

- ( )6. 有一個  $P-N$  接面的二極體，請問在  $N$  型半導體內的總電荷極性為 (A)正的 (B)負的 (C)中性的 (D)不能決定。【87 電子保甄】
- ( )7. 當  $P$  型及  $N$  型半導體接觸時，即會產生一空乏層(depletion layer)，而空乏層之寬度 (A) $N$  型半導體側較寬 (B) $P$  型半導體側較寬 (C)摻雜濃度低那側較寬 (D)摻雜濃度高那側較寬。
- ( )8. 二極體的空乏區，隨逆偏電壓增加而產生何種變化？(A) 增加 (B) 減少 (C) 不變 (D) 先減後增
- ( )9. 某矽二極體  $\eta=2$ ，熱電壓 (thermal voltage)  $V_T = 25 \text{ mV}$ 。若其順向電流為  $10 \text{ mA}$ ，則其動態電阻值為何？(A)  $5 \Omega$  (B)  $10 \Omega$  (C)  $15 \Omega$  (D)  $20 \Omega$  【97 四技二專】
- ( )10. 當二極體於逆向偏壓時，下列敘述何者正確？(A) 空乏區變寬、障壁電位增加 (B) 空乏區變窄、障壁電位增加 (C) 空乏區變寬、障壁電位減少 (D) 空乏區變窄、障壁電位減少【98 四技二專】
- ( )11. 未外加偏壓下，下列有關  $PN$  接面二極體空乏區的敘述，請問何者錯誤？  
 (A) 所形成的障壁電位，在空乏區  $N$  側的電位比  $P$  側的電位高  
 (B) 達到平衡狀態時，在空乏區  $P$  側中有電洞、在  $N$  側中有自由電子  
 (C) 在空乏區中， $P$  側有負離子、 $N$  側有正離子  
 (D)  $P$ 、 $N$  兩側空乏區的寬度，其所摻雜的雜質濃度愈高，則該側空乏區的寬度愈窄【102 專一】
- ( )12. 下列有關  $PN$  接面二極體的敘述，何者有誤？(A)矽二極體的障壁電位(barrier potential)較鍺二極體高 (B)二極體加順向偏壓後，空乏區變窄 (C)溫度上升時，障壁電壓上升 (D)溫度上升時，漏電流上升。【93 四技二專---電子專二】

CH2-6 二極體等效電路模型、CH2-7 稽納二極體

1. 二極體電路：

◎答題要訣：二極體電路分析依據題目所給條件決定使用何種模型，利用先假設後驗證來解題

◎詳細說明：一般在分析二極體電路時，常用的等效電路有四種，理想二極體模型、定值電壓模型、片斷線性模型及實際二極體模型，等效電路如下：

a. 理想二極體

特性曲線	等效電路	
	順偏	
	逆偏	

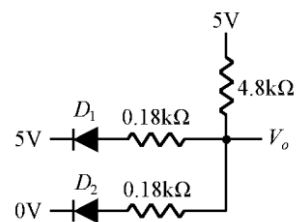
b. 定值電壓模型

特性曲線	等效電路	
	順偏	
	逆偏	

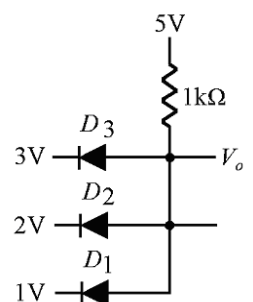
c. 片斷線性模型

特性曲線	等效電路	
	順偏	
	逆偏	

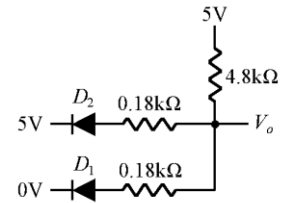
1. 下圖中若採用理想二極體模型，試求輸出電壓  $V_o = ?$



2. 下圖二極體採用定電壓模型，導通壓降 0.7V，試求輸出電壓  $V_o = ?$

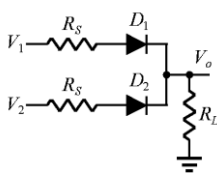


3. 二極體採用片斷線性模型，導通壓降 0.7V，導通電阻為  $20\Omega$ ，試求下圖之輸出電壓  $V_o = ?$

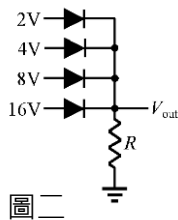


- ( ) 1. 請使用二極體近似模型計算圖一之電路，假設二極體  $D_1$  與  $D_2$  之切入電壓  $V_f = 0.7V$ 、順向電阻  $R_f = 200\Omega$ 、及逆向電阻  $R_r = \infty$ ，電路中之  $R_s = 1.8k\Omega$  及  $R_L = 12k\Omega$ ，當  $V_1 = V_2 = 2V$ ，請問  $V_o = ?$  (A)  $0.15V$  (B)  $1.8V$  (C)  $0.1V$  (D)  $1.2V$ 。 【93 四技二專】

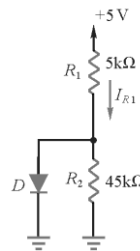
- ( ) 2. 在圖二之理想二極體電路中，輸出之電壓  $V_{out}$  為多少？ (A)  $2V$  (B)  $4V$  (C)  $8V$  (D)  $16V$ 。



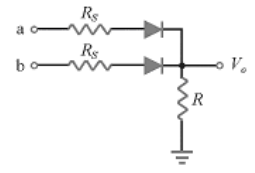
圖一



圖二

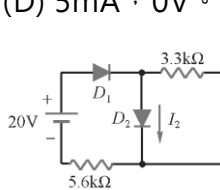


圖三

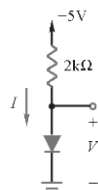


圖四

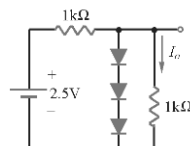
- ( ) 3. 如圖三所示電路，假設二極體  $D$  導通時兩端的電壓降為  $0.7V$ ，試求  $I_{R1}$  與  $R_1$  兩端的電壓值分別為何？ (A)  $0.86mA \cdot 4.3V$  (B)  $0.5mA \cdot 2.5V$  (C)  $1mA \cdot 5V$  (D)  $0mA \cdot 5V$ 。
- ( ) 4. 如圖四所示， $R = 25k\Omega$ ， $R_s = 1.3k\Omega$ ，假設二極體的切入電壓為  $0.6V$ ，順向電阻  $R_f = 200\Omega$ ，當  $V_a = V_b = 5V$  時， $V_o$  等於 (A)  $0V$  (B)  $4.27V$  (C)  $2.81V$  (D)  $5V$  (E)  $3.12V$ 。
- ( ) 5. 如圖五之迴路中， $D_1$ 、 $D_2$  為矽二極體，則  $I_2$  約為何值？ (A)  $2.7mA$  (B)  $3.1mA$  (C)  $3mA$  (D)  $3.9mA$ 。 【89 電機保甄】
- ( ) 6. 如圖六，求  $I$  與  $V$  (假設二極體為理想) (A)  $2.5mA \cdot 0V$  (B)  $0mA \cdot 0V$  (C)  $0.5mA \cdot 0V$  (D)  $5mA \cdot 0V$ 。



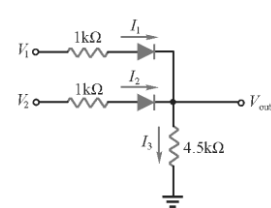
圖五



圖六

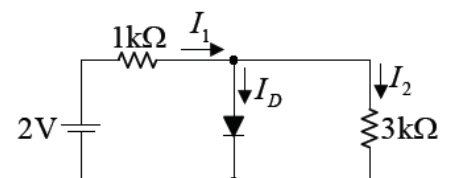


圖七



圖八

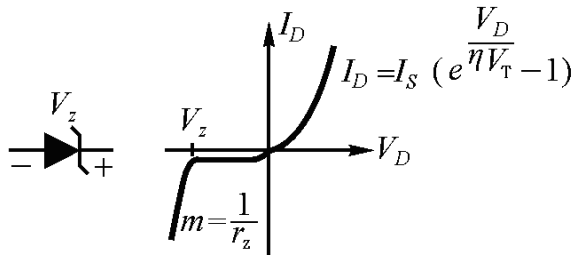
- ( ) 7. 如圖七所示之電路，其  $I_o$  為何 (設二極體在順向壓降為  $0.7V$  時 導通) ？ (A)  $0mA$  (B)  $1.25mA$  (C)  $2.1mA$  (D)  $2.5mA$ 。 【85 保甄電子】
- ( ) 8. 在圖八電路中，二極體之導通電壓  $V_D = 0.7V$ ，順向電阻  $R_f = 0\Omega$ ，逆向電阻  $R_r = \infty$ ，若  $V_1 = V_2 = 5V$ ，則 (A)  $I_1 = 0.3mA$  (B)  $I_2 = 0.43mA$  (C)  $I_3 = 0.7mA$  (D)  $V_{OUT} = 2.5V$ 。
- ( ) 9. 續上題，若  $V_1 = 5V$ ， $V_2 = 0V$ ，則 (A)  $I_1 = 0.5mA$  (B)  $I_2 = 0.78mA$  (C)  $I_3 = 0.6mA$  (D)  $V_{OUT} = 3.52V$ 。 【85 二技電子電路】
- ( ) 10. 如右圖所示電路，若不考慮二極體的順向電阻，二極體的障壁電壓為  $0.75V$ ，試求二極體的電流  $I_D$  大小為何？ (A)  $0mA$  (B)  $1mA$  (C)  $2mA$  (D)  $3mA$  【101 專一】





2. 稽納二極體

(1) 電路符號及特性曲線



(2) 稽納二極體模型

等效電路	
順偏	利用方程式 $I_D = I_S \cdot \left( e^{\frac{V_D}{V_T}} - 1 \right)$ 求解
逆偏	未崩潰 
	崩潰 

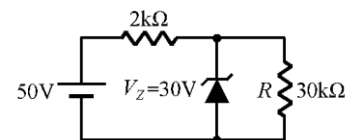
※使用於逆向偏壓當穩壓使用

3. 稽納二極體電路

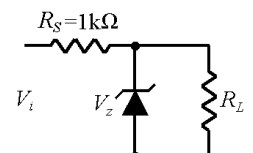
◎答題要訣：稽納二極體使用於逆向偏壓，電路分析方式先將稽納二極體開路，計算開路兩端之電壓，若電壓大於崩潰電壓帶入模型計算，電壓小於崩潰電壓該電壓即為稽納二極體兩端之電壓，稽納二極體使用於順向偏壓與二極體順偏相同

4. ◎詳細說明：一般在分析稽納二極體電路時，常用的等效電路有兩種。一是理想稽納二極體模型，崩潰時只有一定值電壓，二是非理想稽納二極體模型，崩潰時有一定值電壓及一串聯稽納電阻。

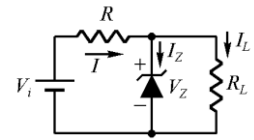
4. 如圖所示，求通過稽納二極體之電流為 (A)4mA (B)5mA (C)9mA (D)10mA。



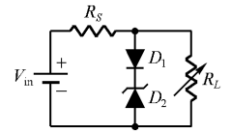
5. 如圖所示，若  $V_i=50V$ ， $V_z=10V$ 、 $I_{ZM}=32mA$ ，求  $R_L$  與  $I_L$  範圍？



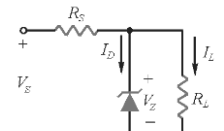
- ( ) 1. 稽納(Zener)電壓調整電路如圖所示，其中稽納二極體之  $V_Z=10V$ ， $I_Z=5mA\sim 20mA$ 。若  $V=100V$ ，請問電阻  $R$  的值需為多少，才能使稽納二極體在  $I_L=0\sim I_{L(max)}$  之間進行調節？且  $I_{L(max)}=?$   
 (A) $R=4.5K\Omega$ ， $I_{L(max)}=40mA$  (B) $R=4.5K\Omega$ ， $I_{L(max)}=15mA$   
 (C) $R=4.5K\Omega$ ， $I_{L(max)}=25mA$  (D) $R=18K\Omega$ ， $I_{L(max)}=15mA$ 。



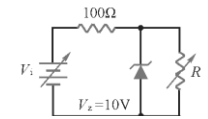
- ( ) 2. 圖中  $V_{in} = 20V$ 、 $R_S = 1k\Omega$ ，稽納二極體  $D_2$  的參數為  $V_Z = 9.3V$ 、 $I_{ZK} = 1mA$  及  $I_{ZM} = 6mA$ ，若忽略其稽納電阻，且二極體  $D_1$  之膝點電壓(knee voltage)為  $0.7V$ ，則可讓稽納二極體  $D_2$  正常運作之最低負載電阻  $R_L$  為：  
 (A) $959\Omega$  (B) $1.11k\Omega$  (C) $1.98k\Omega$  (D) $2.5k\Omega$ 。



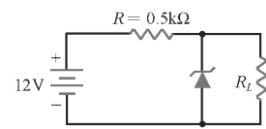
- ( ) 3. 如圖所示之稽納二極體(Zener diode)穩壓電路，設  $V_S = 170V$ 、 $V_Z = 50V$ ， $I_L$  之變動範圍由  $0$  至  $I_{max}$ ，若  $I_D$  最小為  $5mA$ 、最大為  $40mA$ ，則  $R_S$  為：  
 (A) $1k\Omega$  (B) $2k\Omega$  (C) $3k\Omega$  (D) $4k\Omega$ 。【91年二技電機類】



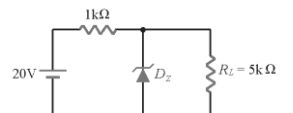
- ( ) 4. 如圖所示，若 Zener 二極體崩潰電壓為  $10V$ ，且  $12V \leq V_i \leq 15V$ ， $500\Omega \leq R_L \leq 1000\Omega$ ，則 Zener 二極體所消耗之最大功率為 (A) $0.5W$  (B) $0.4W$  (C) $0.3W$  (D) $0.2W$ 。  
 【88 四技電子】



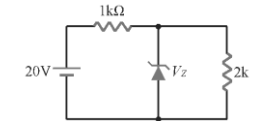
- ( ) 5. 如下圖所示電路，假設稽納(zener)二極體之  $r_z = 20\Omega$ ， $I_{ZK} = 2mA$ ， $V_Z = 6.7V$ ，試求稽納二極體能適當工作在崩潰區之最小負載電阻值  $R_L$  約為何？ (A) $1.2k\Omega$  (B) $0.8k\Omega$  (C) $2.5k\Omega$  (D) $0.5k\Omega$ 。



- ( ) 6. 如圖所示，若稽納二極體(Zener diode)之崩潰電壓為  $10V$ ，負載電阻  $R_L = 5k\Omega$ ，則該負載電阻之消耗功率為多少？ (A) $5mW$  (B) $20mW$  (C) $50mW$  (D) $100mW$  (E) $200mW$ 。【86 四技電子】

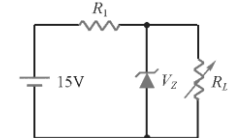


- ( ) 7. 如圖，稽納(Zener)二極體之崩潰電壓  $V_Z = 8V$ ，此稽納二極體之消耗功率大小為 (A) $16mW$  (B) $64mW$  (C) $24mW$  (D) $0W$ 。



- ( ) 8. 承上題，若電源改為  $10V$ ，則此稽納二極體消耗功率為 (A) $16mW$  (B) $64mW$  (C) $24mW$  (D) $0W$ 。  
 【88 四技推甄】

- ( ) 9. 如圖所示，其中稽納二極體(zener diode)電壓  $V_Z = 5V$ ，且其最大工作電流為  $15mA$ ，若負載的範圍為  $100\Omega \leq R_L \leq 500\Omega$ ，則  $R_1$  值最少為若干？ (A) $200\Omega$  (B) $300\Omega$  (C) $400\Omega$  (D) $500\Omega$ 。  
 【89 四技保甄電子】



- ( ) 10. 圖所示電路中，欲使  $I_Z=6mA$ ，則  $R$  值應為若干？ (A) $2k\Omega$  (B) $2.5k\Omega$  (C) $3k\Omega$  (D) $4K\Omega$ 。

- ( ) 11. 如圖 a 所示電路，當  $V_i=20V$  時， $V_o$  等於多少伏特？ (A) $10V$  (B) $12V$  (C) $15V$  (D) $20V$ 。

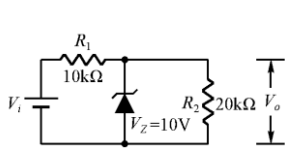
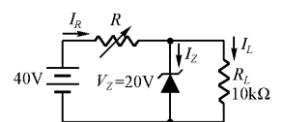


圖 a

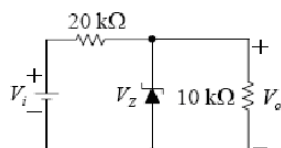


圖 b

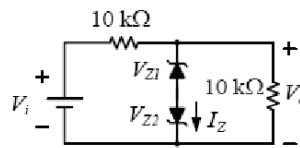


圖 c

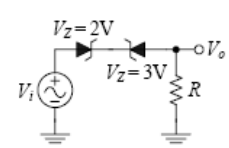


圖 d

- ( ) 12. 如圖 b 所示， $V_Z=30V$ ，稽納二極體的  $V_Z=15V$ ，則輸出電壓  $V_o$  為多少？ (A) $5V$  (B) $10V$  (C) $15V$  (D) $30V$

- ( ) 13. 如圖 c 所示， $V_i=30V$ ，稽納二極體具理想特性， $V_{Z1}=12V$ ， $V_{Z2}=15V$ ，則電流  $I_Z$  為多少？ (A) $0.6mA$  (B) $1.6mA$  (C) $2.6mA$  (D) $3.6mA$

- ( ) 13. 如圖 d 所示之電路，假設稽納二極體順向時為理想二極體， $V_i=6\sin\omega tV$ ， $R=500\Omega$ ，則  $V_o$  最大值為何？ (A) $2V$  (B) $3V$  (C) $5V$  (D) $6V$  【97四技二專】