



Ch. 06 二極體特性 03



參考資料:

1. 電子學 I 陳清良 編著 龍騰文化
2. 基本電學 I 康嘉宗 李天良 李源永 陳昭博 編著 復文書局
3. 電子學 / 高立圖書出版
原著：Mitchel E. Schultz
審訂：沈志忠
編譯：余永平 郭有順 蔡忠良

[4. http://score.ptivs.ptc.edu.tw/chenjy/ELECTRON/ELECTRON.HTM](http://score.ptivs.ptc.edu.tw/chenjy/ELECTRON/ELECTRON.HTM)

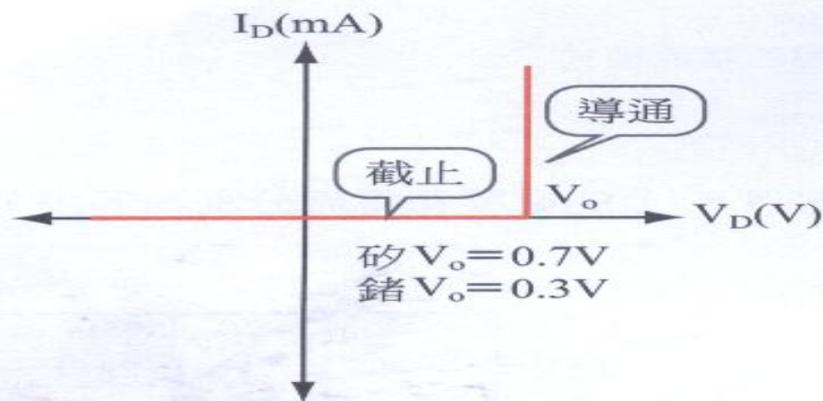


6-1 定值電壓模型

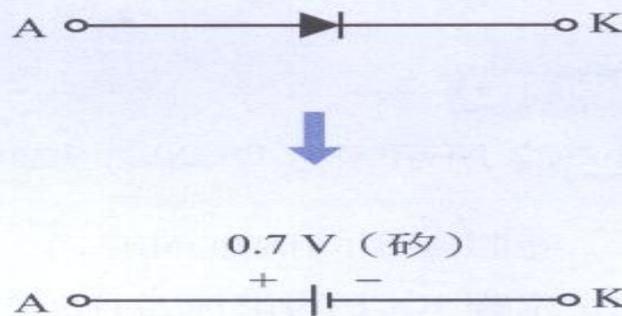


順向偏壓大於 V_0 時可視為導通，小於 V_0 時可視為截止的，如下圖所示。

在定值電壓模型裡，考慮障壁電壓但忽略了順向內阻 r_{ac} （因很小可用垂直線來取代）。



(a) V-I 特性曲線



(b) 等效電路

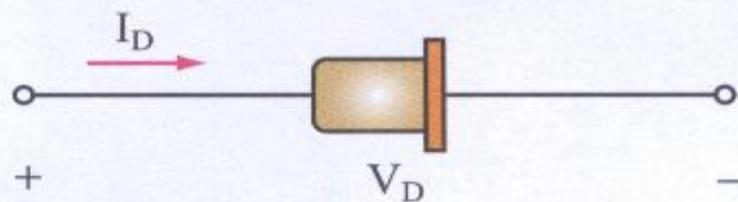
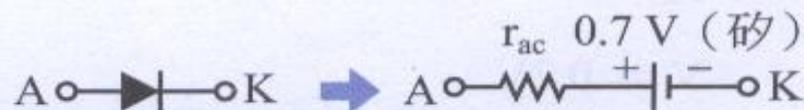
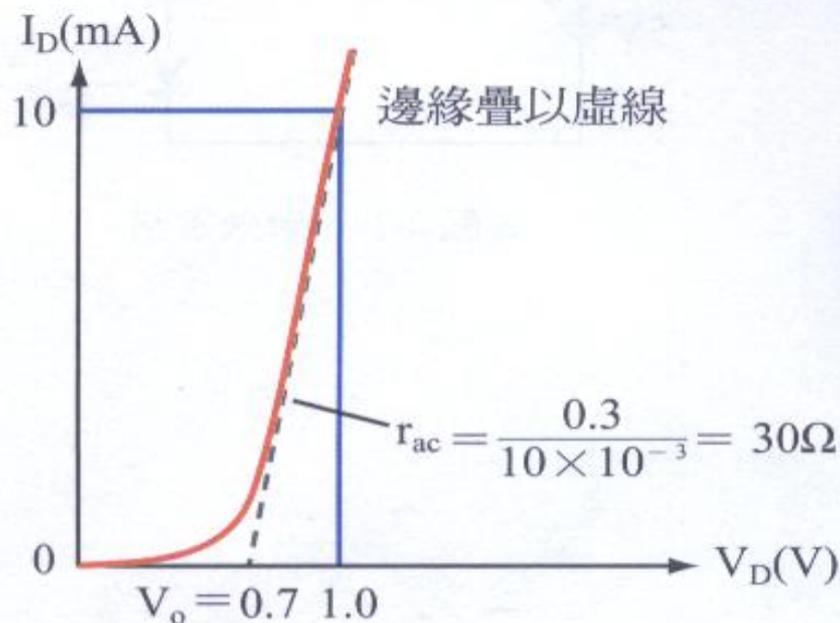
▲ 圖 2-24 定值電壓模型



6-2 片斷線性模型



在片斷線性模型裡，除了考慮障壁電壓存在外，還要多考慮順向內阻 r_{ac} （用片斷式線性等效電路來逼近式取代/First Approximation）。



▲圖 2-28 二極體的片斷式線性等效電路



A: 計算題 13 / r_{ac} ??



就一個二極體來說(Fig. 2-28)，如果在 $V_D = 1V$ 時 $I_D = 10 \text{ mA}$ ，對矽製二極體來說，要達到 $0.7 V$ 時它的特性曲線才會快速上升，所以

$$r_{ac} (\text{Si}) = \Delta V / \Delta I = (1 - 0.7) / (10 \times 10^{-3} - 0) \\ = 0.3 / 10 \times 10^{-3} = 30 \Omega$$

對鍺製二極體而言，它的 r_{ac} 是

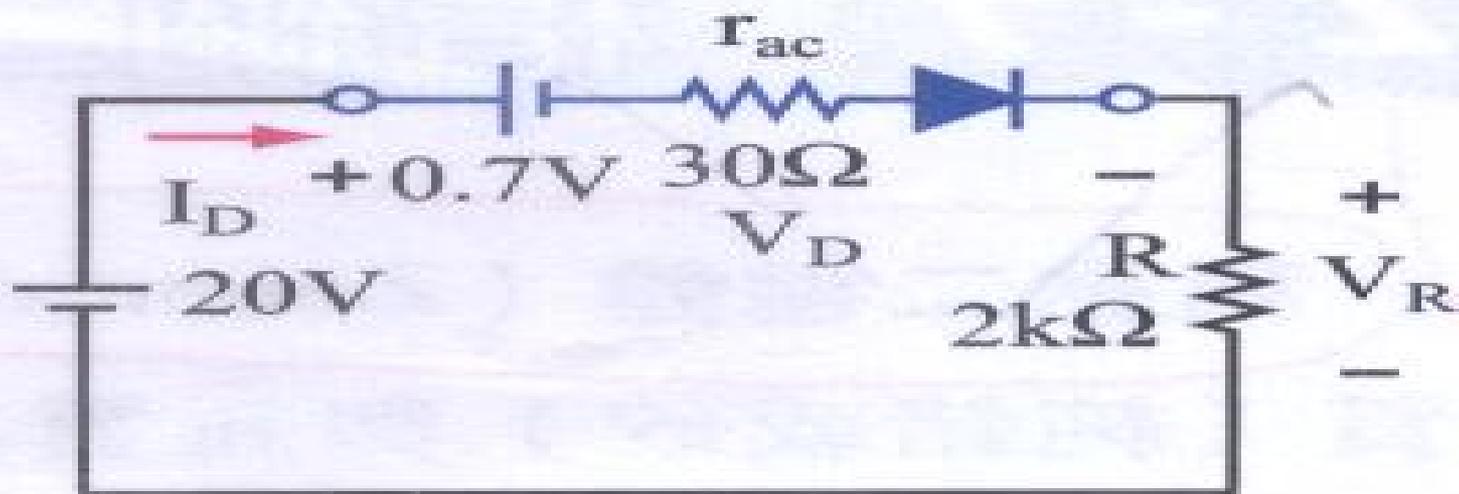
$$r_{ac} (\text{Ge}) = \Delta V / \Delta I = (1 - 0.3) / (10 \times 10^{-3} - 0) \\ = 0.7 / 10 \times 10^{-3} = 70 \Omega$$



計算題 14



如圖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 兩端的電壓降 V_R 、二極體的總電壓降 V_D 以及二極體的等效直流電阻 R_{dc} 各為



▲ 圖 2-29 電路圖



A: 計算題 14



(1) $\because 20V \gg 0.7V$ ，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：在串聯電路中各電壓降和各電阻值成比例關係，ie. $V_1 : V_2 = R_1 : R_2$

$$\begin{aligned}\therefore V_R (V_1) &= V_2 \times (R_1 / R_2) \\ &= (20 - 0.7) \times (2k\Omega / 2k\Omega + 30\Omega) \\ &= 19.3 \times (2,000 / 2,030) = 19.0 \text{ V}\end{aligned}$$



A: 計算題 14



(2) 流過這電路的直流電流是：

$$\begin{aligned} I_D &= V / R = (20 - 0.7) \text{ V} / 2,030 \ \Omega = 9.507 \times 10^{-3} \text{ A} \\ &= 9.507 \text{ mA} \end{aligned}$$

二極體兩端的電壓降為：

$$\begin{aligned} V_D &= 0.7 + I_D \times r_{ac} = 0.7 + (9.507 \times 10^{-3} \times 30) \\ &= 0.9852 \doteq 1 \text{ V} \end{aligned}$$

(3) 二極體的等效直流電阻：

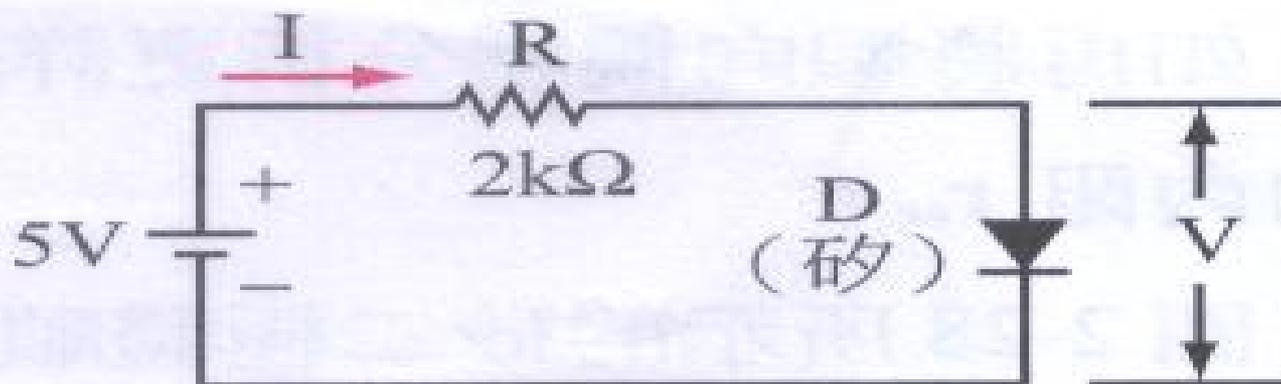
$$\begin{aligned} R_{dc} &= V_D / I_D \\ &= 1 / 9.507 \times 10^{-3} \\ &\doteq 105.18 \ \Omega \end{aligned}$$



計算題 15



應用簡化二極體，片斷線性模型法(假設 $V_0 = 0.7 \text{ V}$ ， $r_{ac} = 20 \ \Omega$)，求圖2-25之 I 與 V 值分別為多少？



▲ 圖 2-25 電路圖



A: 計算題 15



流過這電路的電流是：

$$\begin{aligned} I &= V / R &&= (5.0 - 0.7) \text{ V} / (2\text{k} + 20) \Omega \\ &&&= 2.128 \times 10^{-3} \text{ A} \\ &&&= 2.128 \text{ mA} \end{aligned}$$

流過二極體的電壓是：

$$\begin{aligned} V &= V_0 + I * r_{ac} = 0.7 + I \times r_{ac} \\ &= 0.7 + (2.128 \times 10^{-3} \times 20) \\ &= 0.7 + 0.042 \doteq 0.742 \text{ V} \end{aligned}$$



6-2 伏-安 特性曲線



- 當順向電壓小於 $0.7\text{ V} (<V_B)$ 時，二極體(矽質材料)的電流很小。
- 順向偏壓超過 $0.7\text{ V} (>V_B)$ 時，二極體的電流即突然增加。
- 0.7 V 是矽質pn接面的障壁電壓之近似值。
- 0.3 V 是鍺質pn接面的障壁電壓之近似值。



6-3 崩潰電壓 V_{BR}



- 逆向偏壓到崩潰電壓 (Breakdown Voltage) V_{BR} 之前，二極體的電流非常的小。 $V_{BR}(\text{Si}) \doteq -250 \text{ V}$; $I_S(\text{Si}) \doteq 1.0 \text{ nA}$. S: Situation/ 飽和
- 在崩潰前的電流，主要是由熱能產生之少數電流載子所造成。
- 漏電流主要是隨溫度上升而增加，而且幾乎與逆向電壓的大小變化無關
- 當逆向偏壓電壓 V_R 太大時，會發生突然崩潰的現象。



崩潰的意義？



- 在p區由熱所產生的自由電子，在二極體中移動時，會被電壓源加速到非常高的速度。
- 這些高速的電子會與其他軌道的價電子碰撞，使得被撞擊的價電子脫離原子的束縛而成為自由電子，進而被加速到很高的速度，因而驅逐出更多的自由電子。此過程是累增的，又稱為累增崩潰(Avalanche Breakdown)，最後產生突然崩潰的效應。
- 當到達崩潰電壓 V_{BR} 時，逆向電流 I_R 突然迅速地增加。



崩潰電壓 V_{BR}

$V_B (\text{Si}) \doteq 0.7 \text{ V}$
 $V_{BR} (\text{Si}) \doteq -250 \text{ V}$
 $I_S (\text{Si}) \doteq 1.0 \text{ nA}$

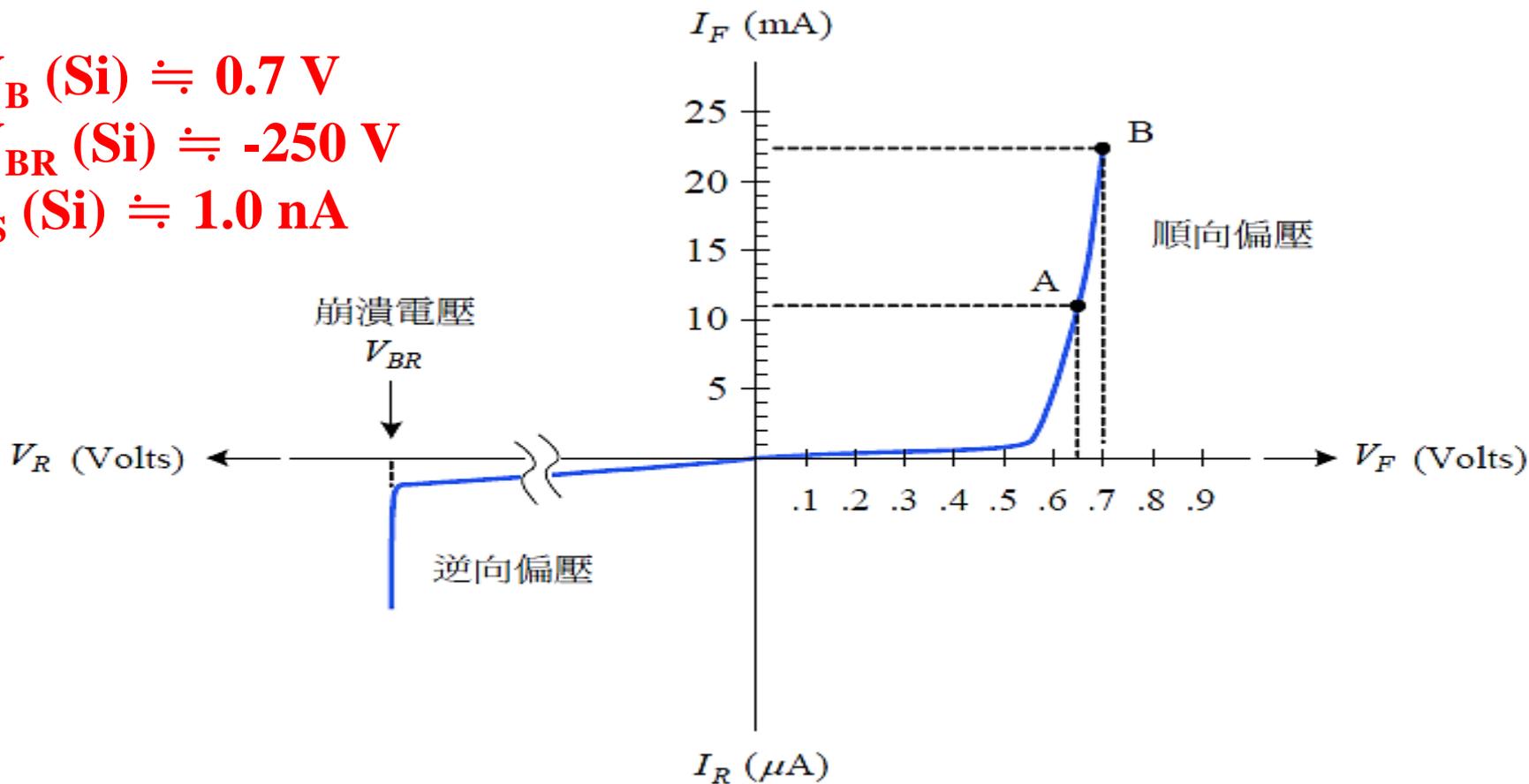


圖 1-10 矽二極體的伏—安特性曲線。



二極體的直流電阻

- 順向偏壓的二極體之直流電阻可以

$$R_F = \frac{V_F}{I_F} \quad (1-1)$$

其中 V_F 是順向電壓降， I_F 為順向電流。



A: 計算題 16



例題 1

對於圖 1-10 中的二極體曲線，試計算在點 A 與點 B 之直流電阻。

答：利用 (1-1) 式，計算過程為

$$\text{點 } A : R_F = \frac{V_F}{I_F} = \frac{0.65 \text{ V}}{11 \text{ mA}} = 59 \Omega$$

$$\text{點 } B : R_F = \frac{V_F}{I_F} = \frac{0.7 \text{ V}}{22.5 \text{ mA}} = 31.1 \Omega$$

注意，當二極體電流愈大，其順向電阻 R_F 愈小。



歐姆計檢查二極體



正常的二極體量測結果：一方向的電阻非常大，另一方向就非常小。就矽質二極體而言，逆向電阻 R_R ：順向電阻 $R_F \doteq 1,000 : 1$ 。

若二極體是短路(導通)的，則測出兩方向的電阻都很低；若二極體是斷路(非導通)的，則測出兩方向的電阻都很大。

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。



數位電表檢查二極體



數位電表量測二極體的電阻檔位被稱為低功率歐姆(Lower Power Ohm, LP Ω)檔。

若二極體是短路(導通)的，則會顯示非常低或零的讀值；若二極體是斷路(非導通)的，則測出兩方向的電阻都會超過範圍(Over)的情況。

