

實 習 一

pn 接面二極體之特性分析

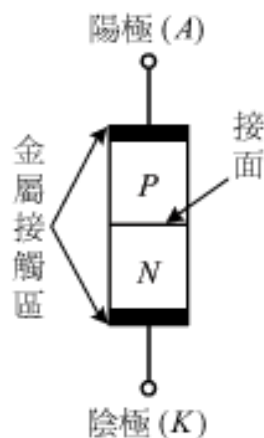
◆ 實習目的

1. 學習 pn 接面二極體之極性的辨識方法。
2. 學習 pn 接面二極體之好或壞的判斷方法。
3. 藉由實習過程，以瞭解 pn 接面二極體之基本原理與電壓 - 電流特性曲線。



相 關 知 識

- ◆ 結合 p 型與 n 型半導體材料所組成的基本半導體元件，稱為 **pn 接面二極體** (pn Junction Diode)，而此元件之**構造、符號與實體圖**，如右圖所示。
- ◆ pn 接面二極體是屬於一種**單向元件**，即僅允許電流由某一方向流動，而另一方向之電流幾乎等於零。
- ◆ 觀察右圖可知，二極體為一兩端元件，而連接 p 型區域之一端稱為**陽極** (Anode)；連接 n 型區域之一端稱為**陰極**。
- ◆ 當正電壓施加於陽極，負電壓施加於陰極時，則二極體接受**順向偏壓** (Forward bias)；反之，若負電壓施加於陽極，正電壓施加於陰極，則二極體接受**逆向偏壓** (Reverse bias)。
- ◆ 接著分成 4 個部分，分別討論二極體施加順向與逆向偏壓之**物理現象**、**電氣特性**、**二極體之伏特 - 安培特性曲線**與利用類比式三用電表**判斷二極體之極性**的方法。



(a)



(b)

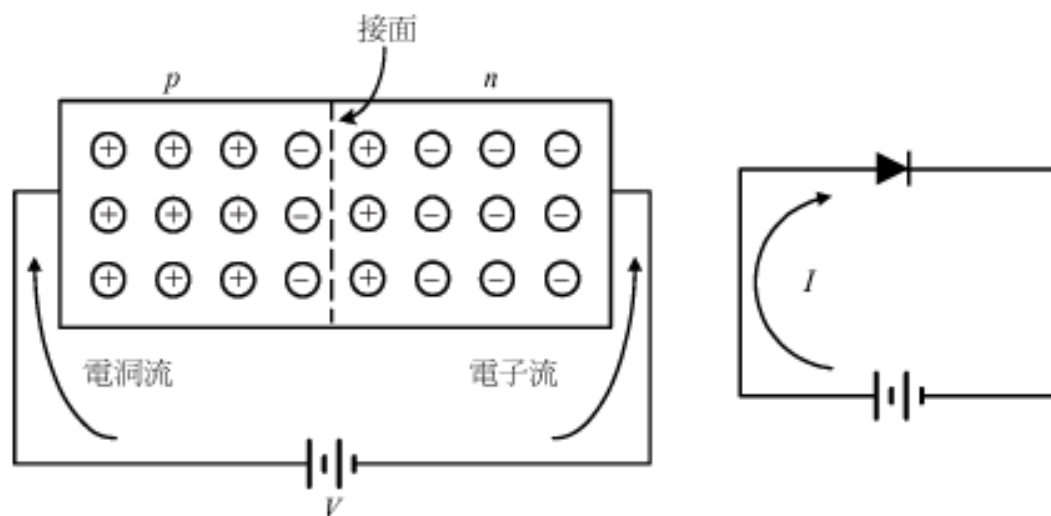


(c)



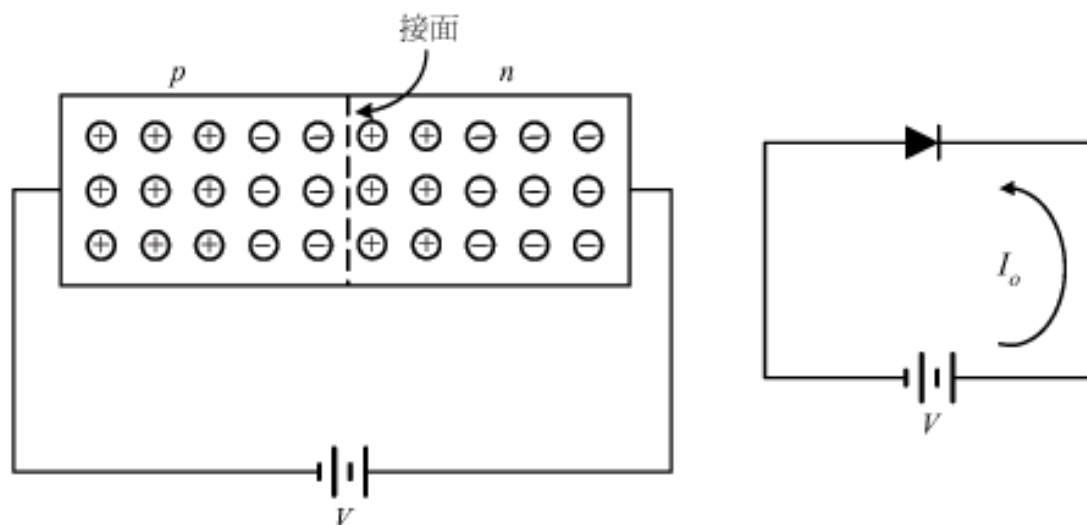
接受順向偏壓之二極體

- ◆ 某一電源電壓 V 跨接於二極體兩端，若電源的正端接到 p 型區域，而負端接於 n 型區域，則此二極體便承受順向偏壓 (Forward-bias)，如下圖所示。
- ◆ 當外加電源電壓 V 大到足以克服空乏區之障壁電壓 V_B (Barrier Potential; V_B ，而障壁電壓 V_B ，亦稱為二極體之切入電壓 V_D) 時，便會產生一個大電流通過 pn 介面。



接受逆向偏壓之二極體

- ◆ 某一電源電壓 V 跨接於二極體兩端，若電源的正端接到 n 型區域，負端接於 p 型區域，則此二極體便承受逆向偏壓 (Reverse-biased)，如下圖所示。
- ◆ 接受逆向偏壓之二極體，因無電流通過 pn 接面，故可視為開路狀態，對理想二極體而言，可等效為一無窮大之阻抗。

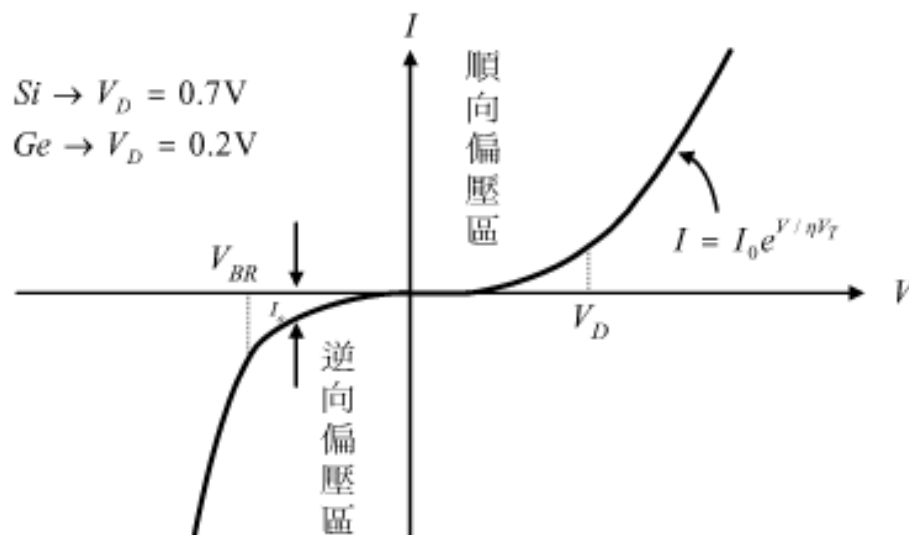


二極體之伏特 - 安培特性曲線

- ◆ 當二極體加上**順向偏壓**後（此電壓大於 V_D 時），通過二極體之**電流**大小會與**外加電壓**成**指數函數**之關係，而此關係可用**數學式**來表示如下

$$I_D = I_o (e^{V/\eta V_T} - 1) \quad , \quad V_T = \frac{kT}{q}$$

- ◆ 當二極體接受順向偏壓超過**障壁電壓**時，可視為**短路**狀態，因此會有一大電流通過二極體；若施予逆向偏壓時，則僅有**微小之漏電流**，且此電流之大小會隨外加電壓之變大，而些微的增加。
- ◆ 當**逆向偏壓**過大時，可能會造成二極體之**突然崩潰** (Breakdown)，如此將會造成逆向電流突然增大，此時二極體便會進入崩潰區工作（此逆向電壓有可能造成二極體之**損壞**）。



- ◆ 若在**室溫** (25°C) 之條件下，二極體操作於**順向工作區**時，因 $e^{V/\eta V_T} \gg 1$ ，通過**二極體之電流** I_D ，可近似為

$$I_D \approx I_o e^{V/\eta V_T}$$

- ◆ 二極體**不應該在崩潰區工作**，而崩潰電壓 (Breakdown voltage) 之大小，通常會因**不同編號之二極體而異**，各個二極體製造廠商皆會提供此參數，此逆向崩潰電壓一般定義為**峰值反相電壓** (Peak Inverse Voltage, PIV)。
- ◆ 電子實習常用之二極體之**規格**，包括**編號**、**最大容許電流**與**崩潰電壓**等特性，如下表所示。

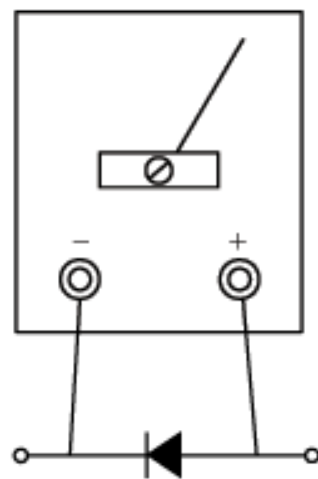
表 1-1 電子實習常用之二極體之規格

編 號	1N4001	1N4002	1N4003
規 格	1A50V	1A100V	1A200V

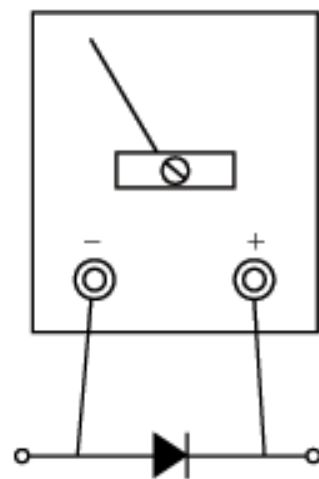


使用類比三用電表判斷二極體之極性與好、壞的方法

- ◆ 若已知二極體之陽、陰極之極性，則可將三用電表之旋鈕撥至「 $R \times 1K$ 」的歐姆檔位，並進行一次歸零調整，接著將測試棒之正輸出電壓連接至二極體之陽極 (A)，負輸出電壓接至二極體之陰極 (K)，此時二極體接受順向偏壓 (Forward Bias)，則三用電表之指針應有明顯之偏轉，如右下圖所示；若將測試棒之正輸出電壓接至二極體之陰極 (K)，負輸出電壓接至二極體之陽極 (A)，此時二極體接受逆向偏壓 (Reverse Bias)，則三用電表之指針應無任何偏轉，如左下圖所示。
- ◆ 若對二極體之測量可滿足上述條件，則表示為良好二極體；若上述兩種測量方式，三用電表之指針皆有明顯偏轉或完全不偏轉，則表示為不良二極體。
- ◆ 右圖所標示之「+」與「-」端，分別表示三用電表置於「 Ω 」檔時，電表輸出端之正、負電壓，而非三用電表面板所標示之正 (+)、負 (-) 端。



(a) 二極體接受順向偏壓



(b) 二極體接受逆向偏壓



實習步驟與結果

(一) 二極體陽、陰極與好、壞之判別

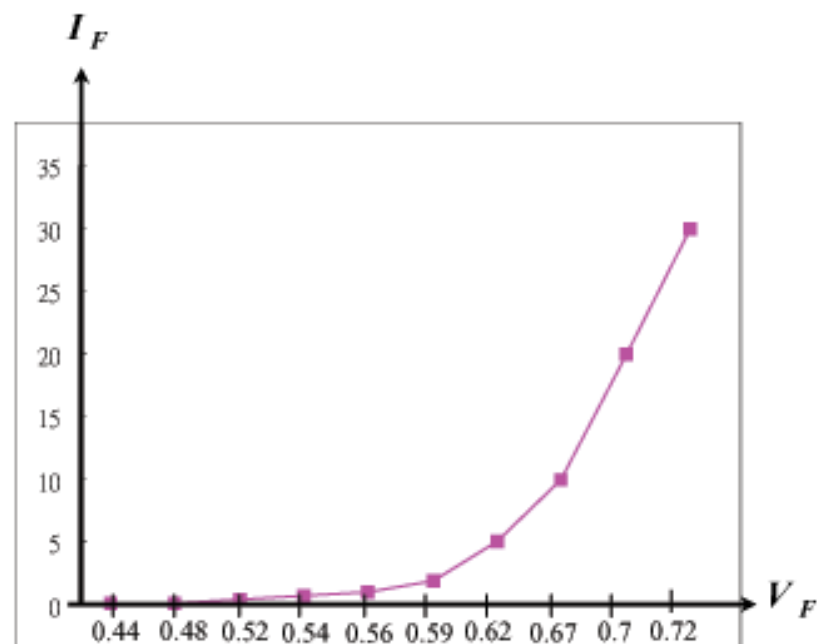
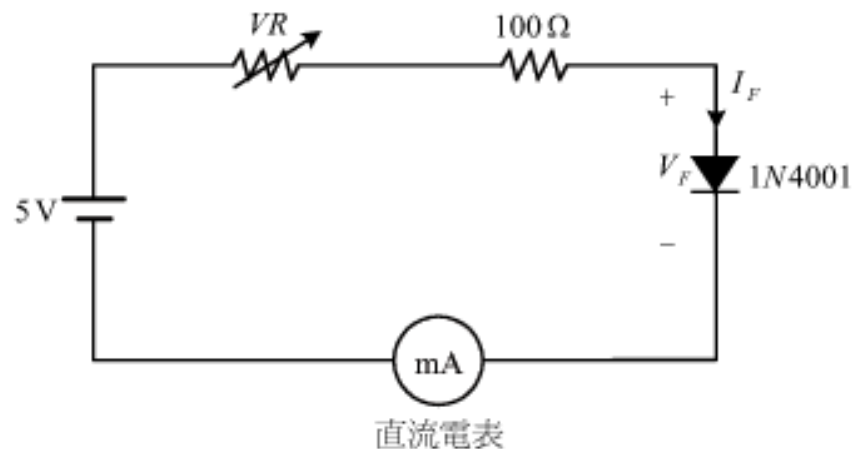
1. 首先將三用電表之旋鈕撥至「 $R \times 1K$ 」的歐姆檔位，接著確定電表之正、負電壓輸出端與進行歸零調整，並由「二極體 (1N4001)」之實體，以判斷出陽、陰極之端點。
2. 接著將三用電表之正電壓輸出端，連接至「二極體」的陽極，負電壓輸出端，連接至「二極體」的陰極，並觀察三用電表之指針是否有明顯之偏轉？是。
3. 繼續將三用電表之正電壓輸出端，連接至「二極體」的陰極，負電壓輸出端，連接至「二極體」的陽極，並觀察三用電表之指針是否有有明顯之偏轉？否。
4. 根據上面之測量，以判斷此「二極體」之好、壞？好。



(二) 接受順向偏壓之二極體的 $V_F - I_F$ 特性曲線

表 1-2 不同順向電流之二極體兩端壓降

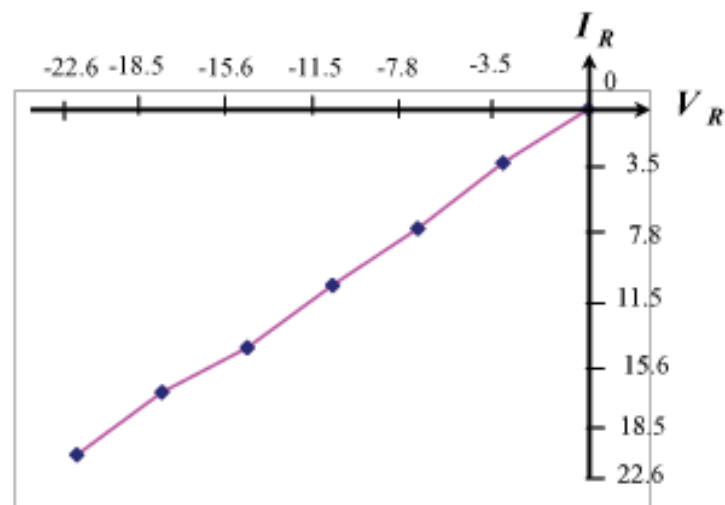
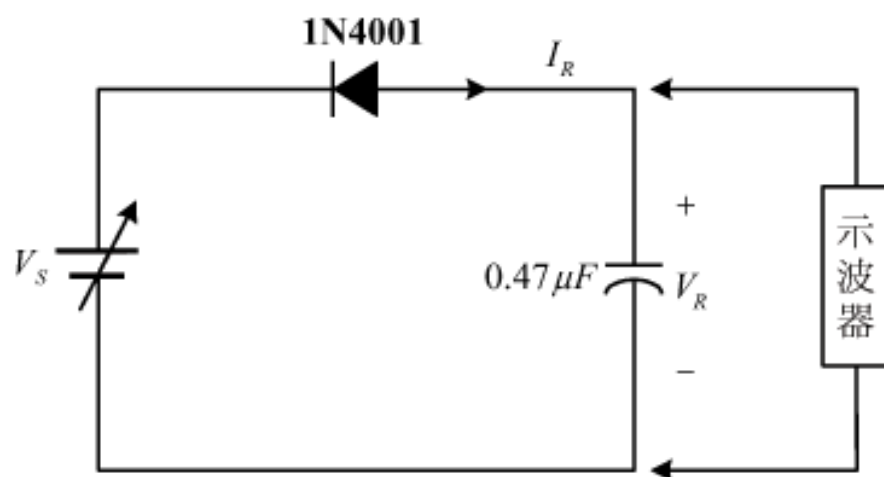
I_F (mA)	0.1	0.2	0.5	0.8	1.0	2	5	10	20	30
V_F (V)	0.44	0.48	0.52	0.54	0.56	0.59	0.62	0.67	0.7	0.72

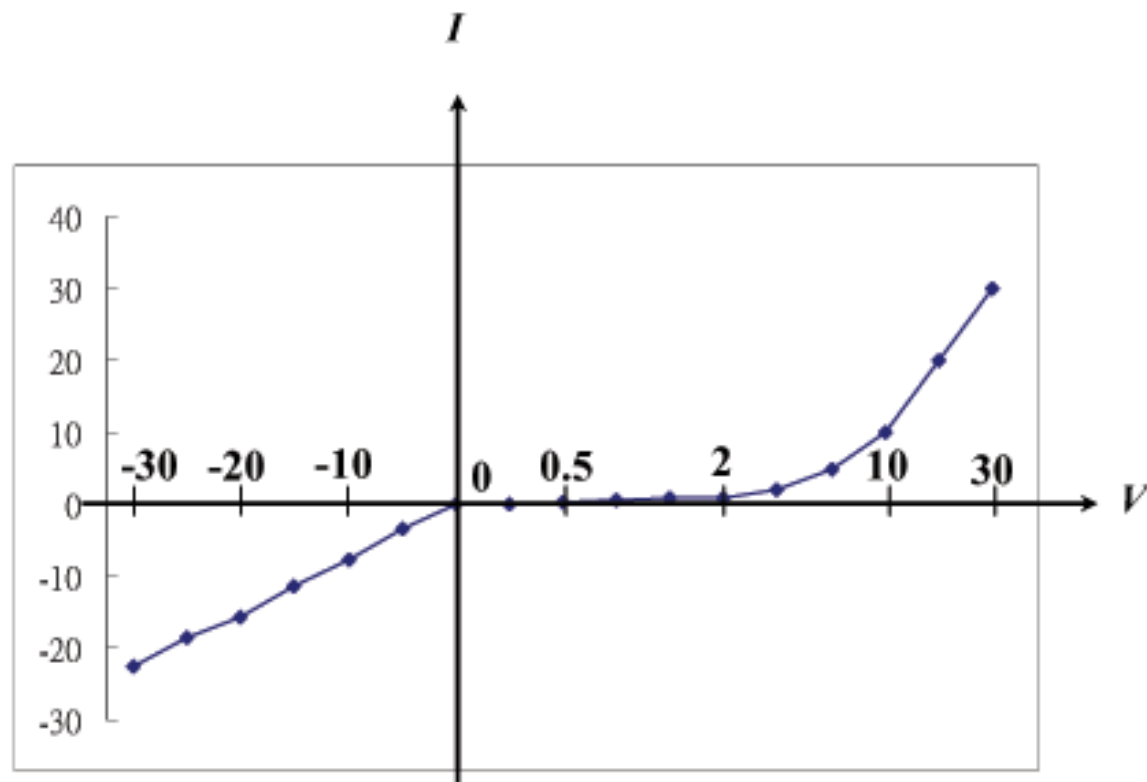


(三) 接受逆向偏壓之二極體的 $V_R - I_R$ 特性曲線

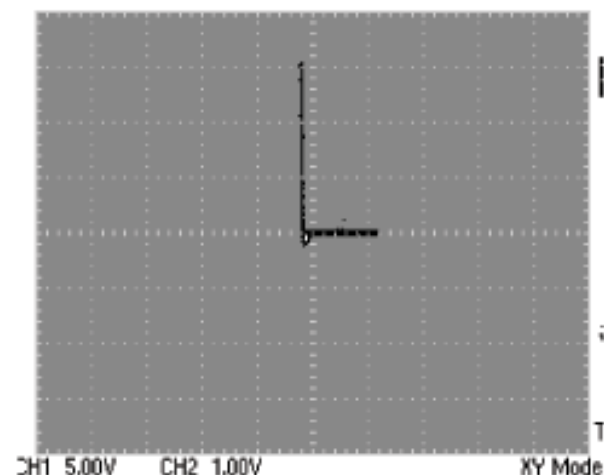
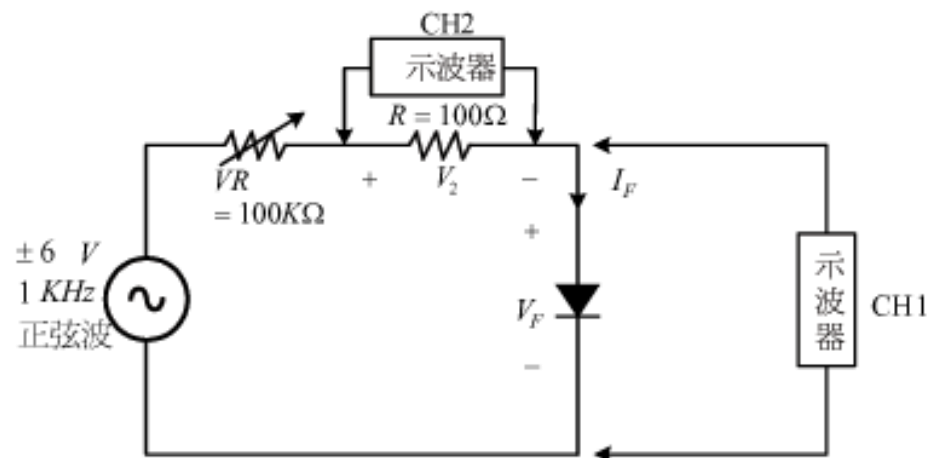
表 1-3 加入不同逆向偏壓之二極體兩端的壓降

V_S (V)	0	5	10	15	20	25	30
V_R (V)	0	3.5	7.8	11.5	15.6	18.5	22.6
$I_R = \frac{V_R}{R_{in}} (\mu A)$	0	3.5	7.8	11.5	15.6	18.5	22.6





(四) 利用示波器直接測量接受順向偏壓之二極體的 $V_F - I_F$ 特性曲線



註：實際上，使用示波器僅可測量電壓值，而測量 pn 接面二極體電壓 - 電流特性曲線，因電流 I_F 與所求之電流方向相反，因此使用「 $X-Y$ 模式」測量所得之二極體電壓 - 電流特性曲線（如右圖之虛線）與實際二極體電壓 - 電流特性曲線相反（如右圖之實線）。

