

太陽能電池的特徵曲線

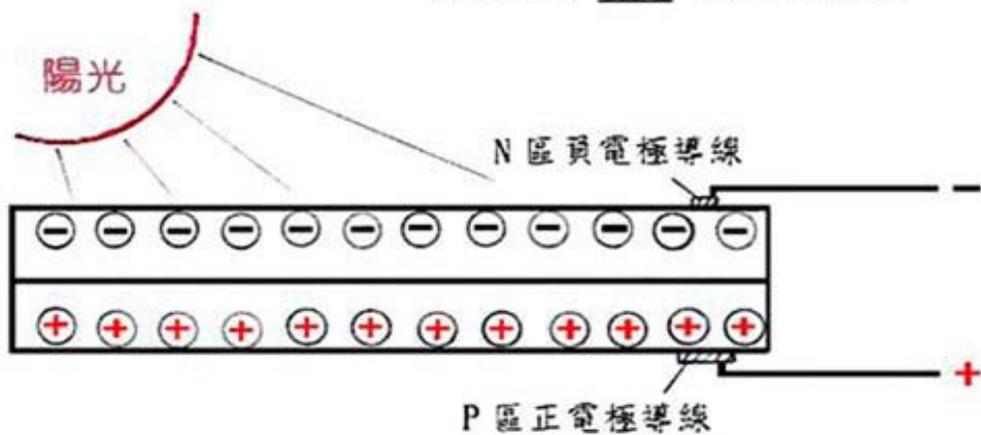
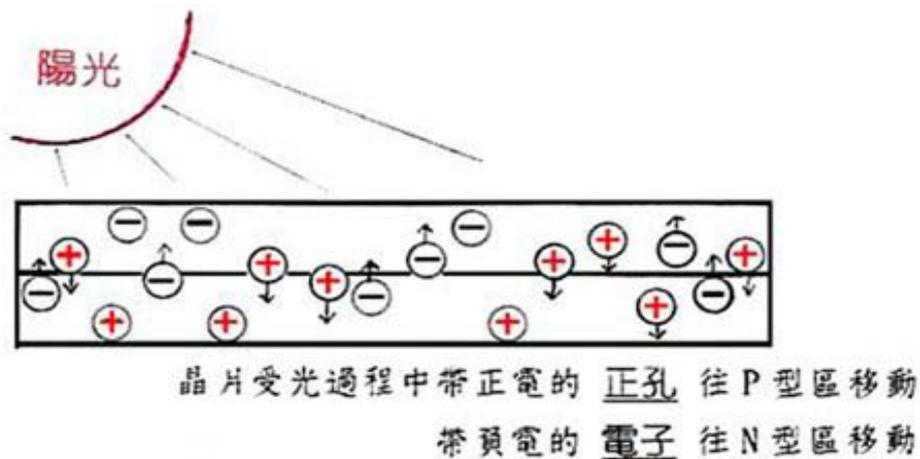
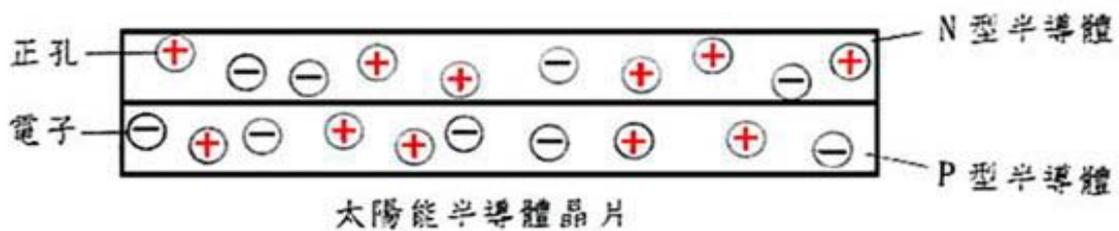
【目的】

1. 認識太陽能電池及其發電原理，並繪製太陽能電池的特徵曲線。
2. 探討有哪些因素會影響太陽能電池的發電。
3. 測試太陽能電池性能的好壞。

【原理】

太陽能電池是將太陽能轉換成電能的裝置，且不需要透過電解質來傳遞導電離子，而是改採半導體產生電子—電洞對來獲得電位。

太陽能電池發電原理



晶片受光後負電子從 N 區負電極流出負電

製圖：查丁壬

以構造最簡單的單晶矽太陽能電池，來說明太陽能電池的光電轉換原理。首先由材料方面談起，矽是現在各種半導體產業中最重要，而且使用最廣泛的電子材料。它的來源是矽砂（二氧化矽），原料取得很容易，成本也比較低。在元素周期表裡，矽的原子序是 14，晶體是鑽石結構，屬於第 IV 族元素。所謂的第 IV 族元素，是指在它的外層電子軌域上，有 4 個電子環繞原子核運行，而這 4 個電子又稱為價電子。每個矽的 4 個外層電子分別和 4 個鄰近矽原子中的一個外層電子兩兩成對，形成共價鍵。如果在純矽中摻入擁有 5 個價電子的原子，例如磷原子，這個雜質原子會取代矽原子的位置。但是，當擁有 5 個價電子的磷原子和鄰近的矽原子形成共價鍵的時候，會多出 1 個自由電子，這個自由電子是一個帶負電的載子。我們把這個提供自由電子的雜質原子稱為施體，而摻雜施體的半導體就稱為 N 型半導體。同樣地，如果在純矽中摻入三價的原子，例如硼原子，這個三價的雜質原子會取代矽原子的位置。但因為硼原子只可以提供 3 個價電子和鄰近的矽原子形成共價鍵，因此會在硼原子的周圍產生 1 個空缺，這個空缺就被稱作電洞，這電洞可以當成一個帶正電的載子。通常，我們把這一個提供電洞的雜質原子稱作受體，同時把摻雜受體的半導體稱為 P 型半導體。

當 P 型及 N 型半導體互相接觸時，N 型半導體內的電子會湧入 P 型半導體中，以填補其內的電洞。在 P-N 接面附近，因電子—電洞的結合形成一個載子空乏區，而 P 型及 N 型半導體中也因而分別帶有負、正電荷，因此形成一個內建電場。當太陽光照射到這 P-N 結構時，P 型和 N 型半導體因吸收太陽光而產生電子—電洞對。由於空乏區所提供的內建電場，可以讓半導體內所產生的電子在電池內流動，因此若經由電極把電流引出，就可以形成一個完整的太陽能電池。

【方法】

以白熾燈為模擬光源，照射在太陽能電池上，畫出太陽能電池的電流-電壓曲線，並找出其最大功率。

將太陽能電池直接拿到戶外去照射太陽光，測試其性能好壞。

要判別一個太陽能電池性能的好壞，最重要的就是轉換效率（ η ），轉換效率定義為： $\eta = \frac{P_m}{P_{in}} \times 100\% = \frac{I_m V_m}{P_{in}} \times 100\%$ ，其中 P_{in} 為太陽光入射功率， P_m 為最大輸出功率， I_m 與 V_m 分別為在最大輸出功率時的電流與電壓。

【儀器】

太陽能電池一片、熱電偶一支、吹風機一支、可變電阻一個、三用電錶兩台、白熾燈一個、玻璃片兩片、溫度計一支、150 cm 光具座一個

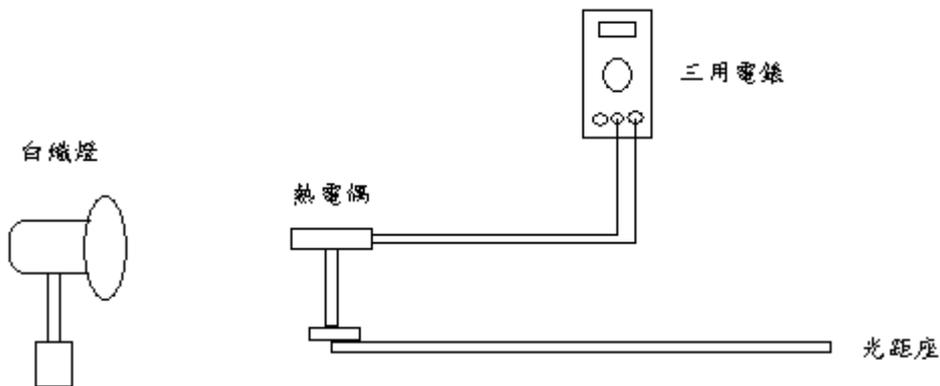
【注意事項】

- ※1. 所有電器的電源插頭均需經過變壓器，將電壓由 110V 升至 220V。
- 2. 熱電偶請小心使用，不使用時，請確實收入箱子，避免損壞。
- ※3. 切勿讓太陽能電池和白熾燈的距離小於 50 cm，以免造成太陽能電池的損壞。
- 4. 嚴禁任意玩弄吹風機。吹風機的熱風二檔會燒毀變壓器，請勿使用。

【步驟】

1. 光源照度 J 與距離 s 的關係

(1) 將白熾燈和熱電偶（放置於光距座的 0 cm 處）調整至同一高度，使其成一直線，熱電偶並接上三用電錶（轉至直流電壓檔）。



圖一 實驗裝置簡圖

(2) 將兩者拉開到相距 50 cm 後，每次將熱電偶向後拉 5 cm，測量熱電偶的讀值，直到熱電偶的位置在 100 cm 為止。

(3) 由靈敏度 0.16mV/mW 換算成光源照度，以距離 s (cm) 為橫軸，光源照度 J ($\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$) 為縱軸畫圖。

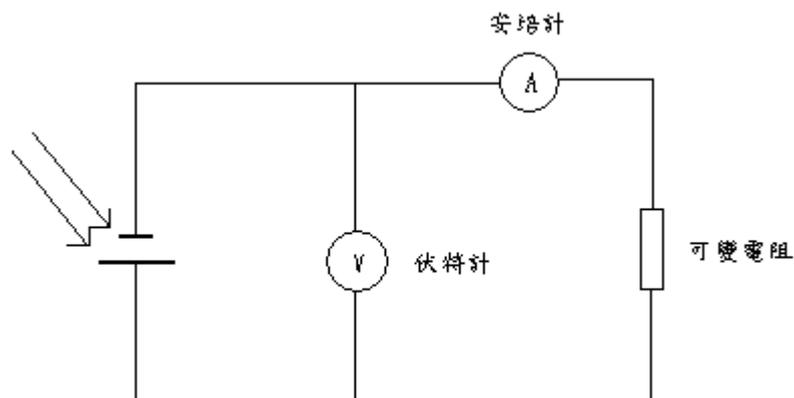
2. 太陽能電池的短路電流 I_s 和斷路電壓 U_0

【註】短路電流：未接線路下，太陽能電池的可輸出電流。

斷路電壓：未接線路下，太陽能電池的可輸出電壓。

(1) 取下熱電偶，放上太陽能電池（放置於光距座的 0 cm 處），再與安培計、伏特計和可變電阻組成如圖二所示的電路。

【注意】太陽能電池與白熾燈距離要大於 50 cm



圖二 測量電流電壓曲線電路圖

(2) 將白熾燈和太陽能電池拉開到相距 50 cm 後，每次將太陽能電池向後拉 5 cm，測量短路電流 I_s 和斷路電壓 U_0 的讀值，直到太陽能電池的位置在 100 cm 為止。

(3) 以光源照度 J ($\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$) 為橫軸，短路電流 I_s (mA) 和斷路電壓 U_0 (V) 為縱軸畫圖。

3. 太陽能電池的電流-電壓曲線與最大功率

- (1) 承步驟 2. 的實驗裝置不變，將太陽能電池放置於光距座的 20 cm 處。
- (2) 逐次改變可變電阻的電阻值，記錄太陽能電池的電流和電壓值。(至少要有 15 點以上)
- (3) 以電壓為橫軸，電流為縱軸畫圖。
- (4) 將太陽能電池向後拉到 50、80 cm 處，重複步驟 (2)、(3)。
- (5) 從電流-電壓曲線圖中，找出太陽能電池在不同光源照度下的最大功率，並在圖上標出。

4. 探討不同條件的環境下，太陽能電池的工作情形

- (1) 承步驟 2. 的實驗裝置不變，將太陽能電池固定於光距座的任一位置上，重複步驟 3. (2)、(3)。
- (2) 在太陽能電池前方放置一塊玻璃，重複步驟 3. (2)、(3)。
- (3) 在太陽能電池前方放置二塊玻璃，重複步驟 3. (2)、(3)。
- (4) 以吹風機的冷風一檔吹著太陽能電池，重複步驟 3. (2)、(3)。
- (5) 以吹風機的冷風二檔吹著太陽能電池，重複步驟 3. (2)、(3)。
- (6) 以吹風機的熱風一檔吹著太陽能電池，重複步驟 3. (2)、(3)。

5. 以太陽光取代白熾燈，測試太陽能電池的性能好壞。

- (1) 將熱電偶和圖二的實驗裝置搬到戶外，讓太陽能電池正對著太陽。
- (2) 先以圖二的實驗裝置，重複步驟 3. (2)、(3)。
- (3) 從電流-電壓曲線圖中，找出太陽能電池在太陽光的照射下，其最大功率，並在圖上標出。
- (4) 再將熱電偶接上三用電錶，並轉至直流電壓檔，測得熱電偶的讀值。
- (5) 由靈敏度 0.16mV/mW 計算出太陽光的強度。
- (6) 計算太陽能電池的轉換效率 (η)。

【問題】

1. 何謂照度？光源照度 J 與距離 s 的關係為何？
2. 實驗步驟 2. 中，為何須測量‘短路’電流和‘斷路’電壓？
3. 試說明光源照度 J 與短路電流 I_s 和斷路電壓 U_0 的關係
4. 試找出影響太陽能電池的因素有哪些？其原因為何？
5. 試討論實驗室提供的太陽能電池，其性能如何？

【參考資料】

1. 『認識太陽能電池』，中華太陽能聯誼會 <http://www.solar-i.com/know.html>
2. 科學發展月刊 2005 年 6 月 390 期，p. 52-54，『太陽光能發電元件——太陽能電池』，楊素華、蔡泰成著。

太陽能電池的特徵曲線—進階實驗

【目的】

在了解太陽能電池發電原理後，試著尋找能作為太陽能電池的材料，並進行性能好壞的測試。

【儀器】

太陽能電池的測試基座一片、可變電阻一個、三用電錶兩台、白熾燈一個

【材料】

同學自行尋找，它可以是液體的（用燒杯盛裝），也可以是固體的（請將材料製作於載玻片上）。

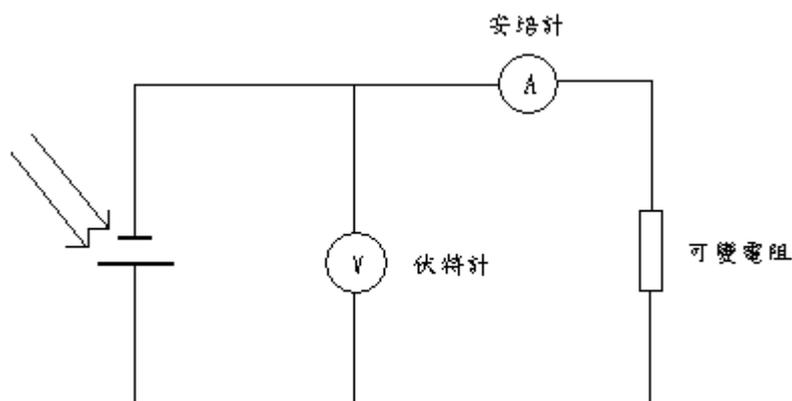
【步驟】

1. 將預測試的材料與太陽能電池的測試基座組合起來，液體者請將兩根鱷魚夾電線夾著碳棒後，插入液體中，固體者請以銀膠將待測物與兩根電線黏接。
2. 太陽能電池的短路電流 I_s 和斷路電壓 U_0 。

【註】短路電流：未接線路下，太陽能電池的可輸出電流。

斷路電壓：未接線路下，太陽能電池的可輸出電壓。

- (1) 將組裝好的太陽能電池與安培計、伏特計和可變電阻組合成如下圖所示的電路。



圖二 測量電流電壓曲線電路圖

- (2) 將白熾燈和組裝好的太陽能電池調整至同一高度，使其成一直線，測量短路電流 I_s 和斷路電壓 U_0 的讀值。

(3) 若能測量出短路電流 I_s 和斷路電壓 U_0 ，代表該材料符合太陽能電池的發電原理，可以作為太陽能電池的材料，並進行更深一層的測試；若無任何數據，代表該材料不能拿來作為太陽能電池的材料。

3. 重複步驟 1. 2.，找出能作為太陽能電池的材料。
4. 根據實驗結果，歸納出哪些材料能作為太陽能電池的材料，哪些不能，為什麼？
5. 將使用過的燒杯清洗乾淨後，繳還給助教；載玻片請回收，勿任意丟棄。