

太陽光能  
發電元件

# 太陽能電池

利用太陽能電池來實現太陽能源的開發，  
是21世紀極有發展潛力的光電技術之一。

楊素華 蔡泰成

## 取之不盡的太陽能

從太陽輻射出來的能量非常龐大，是人類賴以維生的主要能源。太陽能傳送到地球大氣層以後，一部分被大氣層吸收，一部分反射回太空中，另外一部分則會被地表接收，

照射在地球的能量可以達到平均每平方公尺地面約有180瓦特。如果能夠充分地轉換、應用地表所吸收的龐大能量，對於那些遠離輸送電網的偏遠地區，可以成為最佳的能量來源。

最近，由於環保意識的抬頭和其他能源的逐漸枯竭，太陽能源又開始受到大家的重視。此外，因為台灣缺乏能源資源，90%以上的能源必須從國外進口，因此，加強新能源的研發是有其必要的。

台灣地處亞熱帶，陽光充足，日照量大，非常適合利用太陽能做為新能源。太陽能除了可以用曝曬、集光點燃等方法直接利用外，也可以把它轉換成熱能和電能進一步加以使用。例如，在日常生活中常用的太陽能熱水器，就是把太陽能

**太陽光是取之不盡，用之不竭的天然能源，除了沒有能源耗盡的疑慮之外，也可以避免能源被壟斷的問題。**

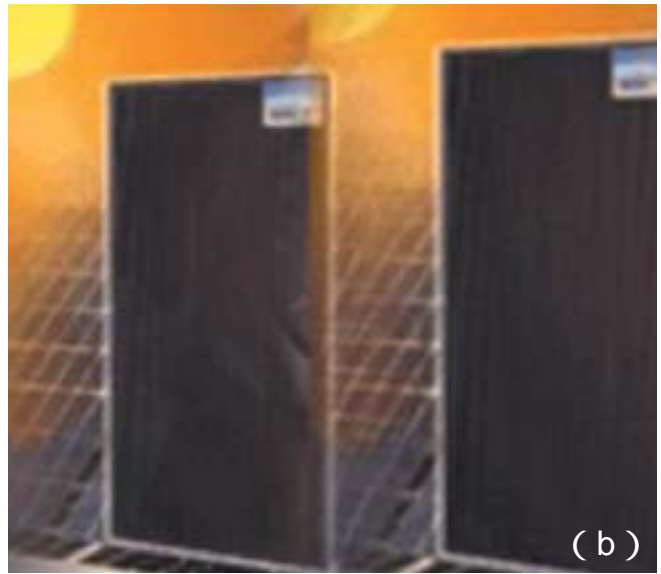
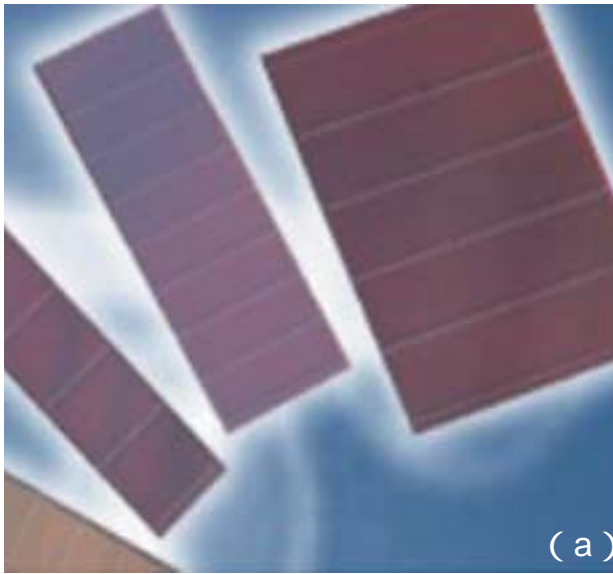
人們早在春秋戰國時代以前，就已經發現如何利用太陽能。在史書中也曾經記載「司垣氏掌水夫燧，取火於日」和「陽燧見日，則燃而為火」。根據考證，在這當中的「夫燧」和「陽燧」，就是類似凹面鏡的聚光集熱裝置。

以太陽能發展的歷史來說，光照射到材料上所引起的「光起電力」行為，早在19世紀的時候就已經發現了。到了1930年代，照相機的曝光計廣泛地使用這一個原理。接著，到了1950年代，隨著半導體物性的逐漸了解，以及加工技術的進步，第一個太陽能電池在1954年誕生在美國的貝爾實驗室。1973年發生了石油危機，讓世界各國察覺到能源開發的重要性。由於太陽光是取之不盡，用之不竭的天然能源，除了沒有能源耗盡的疑慮之外，也可以避免能源被壟斷的問題，因此各國也積極地發展太陽能源的應用科技，期望由增加太陽能源的利用來減低對化石能源的依賴性。



資料來源：茂迪股份有限公司

中鋼的太陽能系統



(a) 太陽能電池的外觀 (b) 太陽能電池模組。使用數個太陽能電池組成太陽能電池模組，可以有效率地吸收太陽能。

轉換成熱能的運用實例。

在太陽能轉換為電能方面，大部分是利用太陽能板把光能轉換為電能，例如電子計算機上的太陽能電池板等都是具體

的應用例子。從最近這幾年太陽能源發展的趨勢來看，利用太陽能電池實現太陽能源的開發，因為技術進展十分快速，極有可能成為21世紀最有發展潛力的光電技術中的一種。

## 太陽能電池的材料

太陽能電池的發電能源來自太陽

**台灣地處亞熱帶，陽光充足，日照量大，非常適合利用太陽能做為新能源。**

光，而太陽輻射的光譜主要是以可見光為中心，波長從0.3微米的紫外光到數微米的紅外光是主要的分布範圍。如果換算成光子的能量，則大約在0.3到4電子伏特之間，因此能隙大小在這個範圍內的材料，像矽材，會具有比較好的光電轉換效率。

矽系太陽能電池的材料，主要可以分為單晶矽、多晶矽和非晶矽3大類。在單晶矽的材料中，矽原子具有高度的周期性排列。目前，成長單晶矽最重要的技術是利用柴氏長晶法，

把高純度的多晶矽熔融在坩鍋中，再把晶種插入矽熔融液，用適當的速率旋轉並緩慢地往上拉引做成矽晶柱，然後再把晶柱加以切割，就可以得到單晶矽晶圓。

至於多晶矽是指材料由許多不同的小單晶所構成，它的製作方法是把熔融的矽鑄造固化而形成。而非晶矽則是指整個材料中，只在幾個原子或分子的範圍內，原子的排列具有周期性，甚至在有些材料中，根本沒有周期性的原子排列結構。它的製作方法通常是用電漿式化學氣相沉積法，在基板上長成非晶矽的薄膜。由於材料



原子排列的結構可以區分成單晶組態、多晶組態和非晶組態。

的晶體結構不同，因此，用不同的材料設計出太陽能電池時，它們的光電特性也會有所不同。

一般來說，單晶矽太陽能電池的光電轉換效率最高，使用年限也比較長，比較適合於發電廠或交通照明號誌等場所的使用。世界上，生產太陽能電池的主要大廠，例如德國的西門子及日本的夏普公司，都以生產這類型的單晶矽太陽能電池為主。

至於多晶矽太陽能電池，因為它的多晶特性，在切割和再加工的手續上，比單晶和非晶矽更困難，效率方面也比單晶矽太陽能電池的低。不過，簡單的製程和低廉的成本是它的最重要特色。所以，在部分低功率的電力應用系統上，便採用這類型的太陽能電池。對於非晶矽的太陽能電池來說，由於價格最便宜，生產速度也最快，所以非晶矽太陽能電池也比較常應用在消費性電子產品上，而且新的應用也在不斷地研發中。

太陽能電池除了可以選用矽材料外，還可以採用其他的材料來製作，例如碲化鎘、碲化鎳、碲化鎳等化合物半導體的材料，也可以製作高效率的太陽能電池。但是，因為這些材料的成本比較高，製成的元件只適用在一些比較特殊的

應用上。

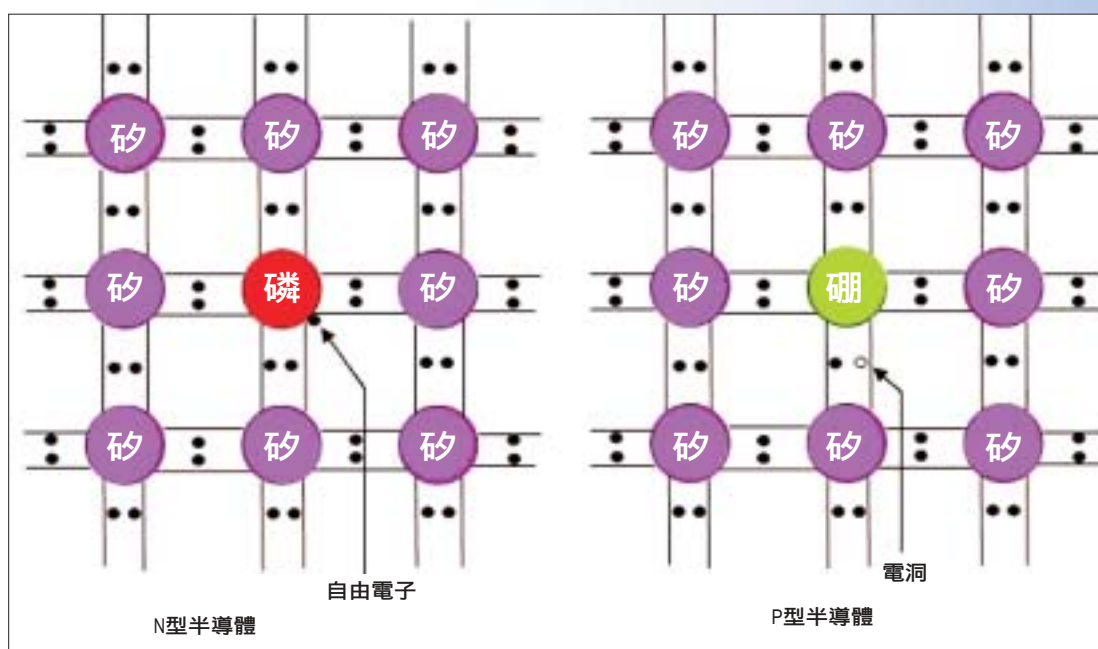
## 光電轉換原理

讓我們用構造最簡單的單晶矽太陽能電池，來說明太陽能電池的光起電力原理。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硼原子，例



如果在純矽中摻入擁有 5 個價電子的磷原子，磷原子會和鄰近的矽原子形成共價鍵，這時候會多出 1 個自由電子，這一類型就是 N 型半導體。同樣地，如果摻入三價的硼原子，由於硼原子缺少 1 個價電子和矽原子產生鍵結，就會形成電洞，這就是所謂的 P 型半導體。

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。

## 太陽能電池的發展

自1960年代開始，美國發射的人造衛星就已經利用太陽能電池做為能量的來源。到了70年代能源危機時，人們開始把太陽能電池的應用轉移到一般的民生用途上。

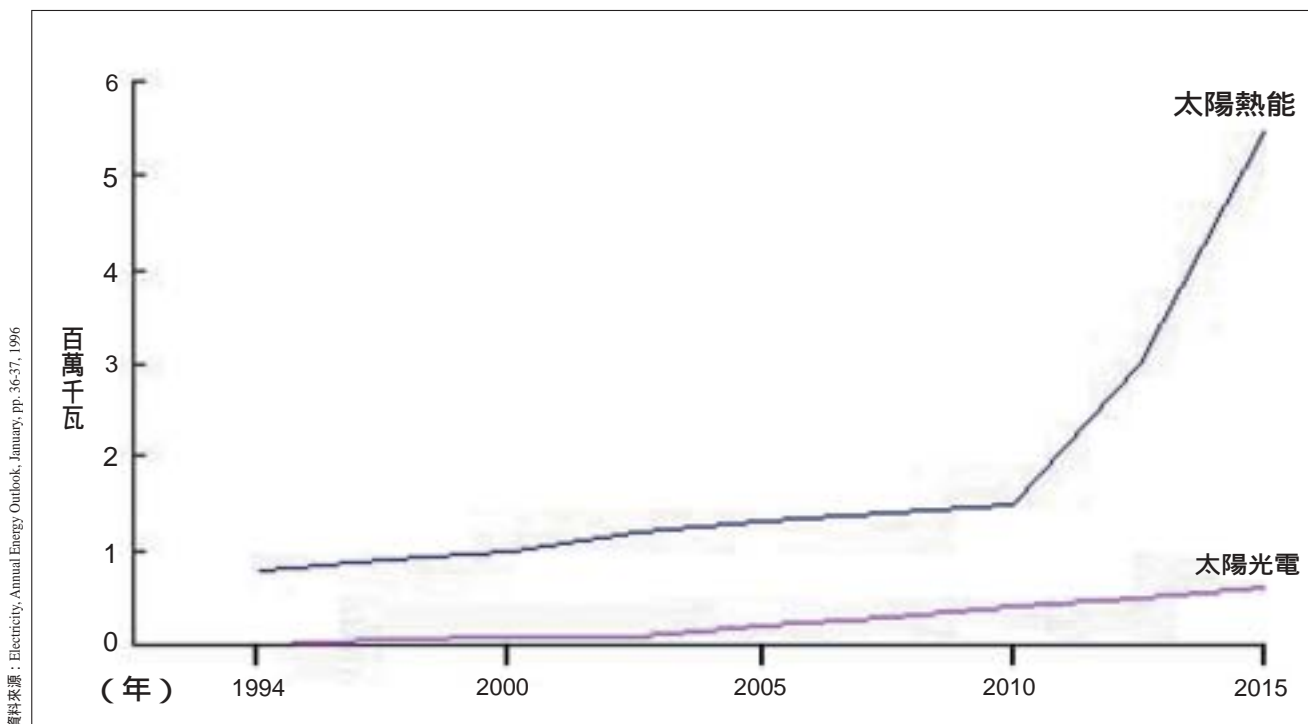
目前，在美國、日本和以色列等國家，已經大量使用太陽能裝置，更朝商業化的目標前進。在這些國家中，美國於1983年在加州建立世界上最大的太陽能電廠，它的發電量可以高達16百萬瓦特。南非、波札那、納米比亞和非洲南部的其他國家也設立專案，鼓勵偏遠的鄉村地區安裝低成本的太陽能電池發電系統。

而推行太陽能發電最積極的國家首推日本。1994年日本實施補助獎勵辦法，推廣每戶3,000瓦特的「市電

併聯型太陽光電能系統」。在第一年，政府補助49%的經費，以後的補助再逐年遞減。「市電併聯型太陽光電能系統」是在日照充足的時候，由太陽能電池提供電能給自家的負載用，若有多餘的電力則另行儲存。當發電量不足或者不發電的時候，所需要的電力再由電力公司提供。

到了1996年，日本有2,600戶裝置太陽能發電系統，裝設總容量已經有8百萬瓦特。一年後，已經有9,400戶裝置，裝設的總容量也達到了32百萬瓦特。近年來由於環保意識的高漲和政府補助金的制度，預估日本住家用太陽能電池的需求量，也會急速增加。

在產業方面，1999年日本太陽能電池總產量是86百萬瓦特，到了2000年已經增加到120百萬瓦特，產量連續兩年位居世界第一。最近，日本許多太陽能電池廠商，例如夏普公司、



美國太陽能源的預測

資料來源：Electricity, Annual Energy Outlook, January, pp. 36-37, 1996

三菱重工，更紛紛擴建生產工廠。

在美國方面，前總統柯林頓先生所提出的「Million Roofs Solar Power」方案，打算在2010年以前，建設完成100萬戶太陽能發電系統。

除了日本和美國之外，德國也從1990年起，開始實施千屋計畫，每戶太陽能發電的裝置容量在1-5千瓦特之間，政府補助70%的經費。到了1995年，已經有2,250戶裝設太陽能系統，總裝置容量也達到5.6百萬瓦特。此外，荷蘭政府也預計在2020年，太陽能系統的總裝置容量可以達到1,450百萬瓦特。至於其他各國，例如瑞士、挪威及澳洲等國，也都推行每年數千戶的太陽能電池安裝計畫。

在台灣方面，目前生產太陽能電池的主要廠商有光華、茂迪和士林電機等公司。光華開發科技公司從1988年，就以生產非晶矽太陽能電池為主，主要應用在消耗性電子產品上，像手表、計算機等。在1999年，茂迪公司開始在台南科學工業園區設廠，以生產單晶矽和多晶矽的太陽能電池為主。士林電機也曾經派研發團隊到美國接受訓練，學習衛星所使用的太陽能電池板的製造和封裝技術，同時在1999年成功發射中華衛星一號後，更進一步投入民生用途的太陽能電池研發。

此外，工業技術研究院材料所也成功地開發出太陽能電池的製造與封裝技術，並把技術轉移給茂迪公司及士林電機公司，以推廣國內的太陽能發電事業。近年來，國內廠商對太陽能電池事業的投資也逐漸感到興趣，主要原因除了國際市場的供不應求外，另一因素則是政府從1999年起，開始大力推展太陽能電池發電，並且著手推動各項獎勵措施，因此投入這一個事業的業者也明顯增加。

目前，國內在推行太陽能發電的工作上還有一些難題，最主要的原因是若比較一般的市電和太陽能發電的申請手續，申請市電顯然方便很多，而且太陽能發電的設置必須先投入一筆資金。基於經濟方面的考量，對一般民眾來說確實比較難以接受。

即使如此，換一個角度來看，台灣具有日照量充足、半導體和電力電子產業發展健全和政府極力推廣等優厚條件，再加上可能的能源危機，以及環保意識普及等，太陽能發電事業在台灣確實具有非常大的發展空間。相信只要能夠大幅降低製造成本，便可以迎頭趕上其他國家，並占有一席之地。

## 展望

夜間不能發電是太陽能電池的一大缺點，但是針對這一個缺點有兩種方式可以克服。第一種方式是把白天的太陽光能轉成其他的能量形式加以儲存，例如蓄電池、飛輪裝置、抽蓄發電廠等，到黑夜的時候再把儲存的能量釋放出來。

另外一種方式是美國和日本兩國正在進行的「衛星太陽能發電廠」計畫（Satellite Solar Power Station, SPSS），這一個計畫的工作項目就是在太空中找到一個能夠不斷接受太陽光的地方，例如在赤道附近上空，發射具有太陽能電池或熱能發電系統的衛星，利用人造衛星在太空中吸收太陽能來發電。由於免除了晝夜、溫差及氣候等因素影響，人造衛星可以連續不停且穩定地接收太陽能，再把它轉換為電能，然後以微波的方式傳回地球，經過地球微波接收站接收後，再轉換回來成為電能，輸送到各個地方。

在目前，由於科學家們不斷的研究，再加上半導體產業技術的進步，太陽能電池的效率也逐漸增加，而且發電系統的單位成本也正逐年下降。因此，隨著太陽能電池效率的增加、成本的降低以及環保意識的高漲，太陽能電池的使用也會愈來愈普遍。現在，太陽能電池已經被廣泛運用在日常生活中，例如手表、計算機、汽車、飛機等，可見它有很大的發展潛力，相信未來太陽能電池可以在能源的運用上扮演重要的角色。

楊素華 蔡泰成  
高雄應用科技大學