

國立臺北大學通識教育中心
「能源概論」通識課程
(Week 6)

進度：太陽能

李育明

國立臺北大學公共事務學院
自然資源與環境管理研究所 教授

March 27, 2009

授課大綱

- 前言：太陽能的特性
- 太陽能的利用
 - 熱能 (電磁波) vs. 電能 (光子)
 - 被動式 vs. 主動式
- 被動式光熱能應用
- 主動式熱能應用
 - 太陽能熱水器、暖氣系統、冷氣系統
 - 太陽熱能發電
- 太陽光電
 - 太陽能電池、太陽能模組
 - BIPV與住家應用
- 應用實例

太陽能的形成

☐ 太陽由 **78% 氫** 和 **20% 氦** 所組成，已有約50億年歷史。直徑 **1.39×10^6 km**，為地球的**109**倍

☐ 核心：
密度為 **150 g/cm^3** ，半徑約為太陽半徑的1/4，溫度 **$1.6 \times 10^7 \text{ }^\circ\text{C}$**

☐ 太陽表面的核融合反應

■ **4個氫**→**1個氦**+**能量**+**2個中子**
(質量損失**0.00729 g/g**)

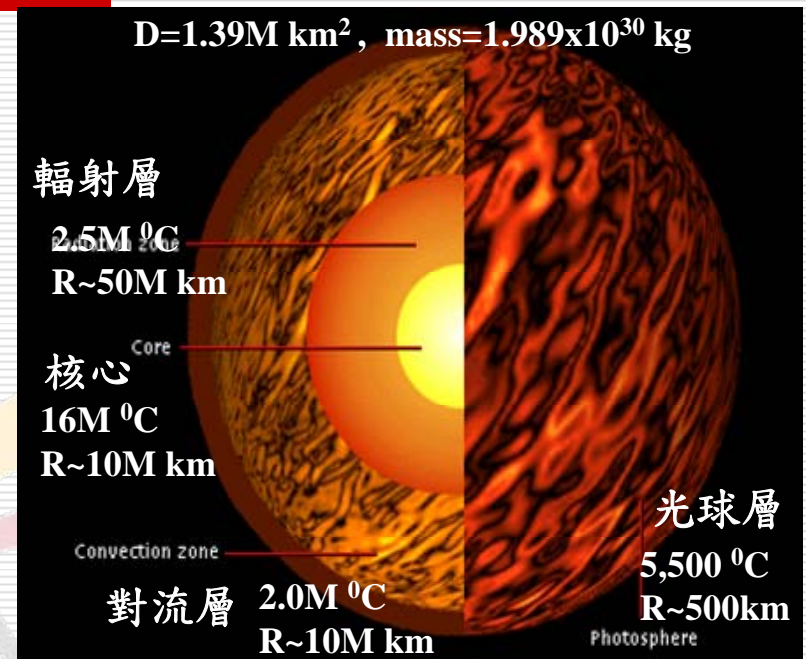
■ 每秒鐘有大約7億公噸的氫融合成6億9千5百萬公噸的氦，其間損失的5百萬噸質量即轉換為龐大的 γ 射線能量

■ **$3.9 \times 10^{26} \text{ W} = 3.9 \times 10^{20} \text{ MW} \sim 3.9 \times 10^{17}$** 商用核分裂反應爐

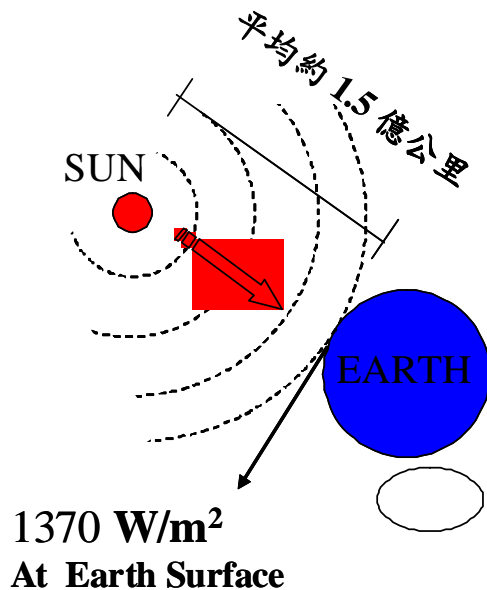
■ 地球表面的太陽輻射功率大約為 **$8.5 \times 10^{10} \text{ kW}$**

☐ 地球表面的**太陽輻射**一小時的能量大約等於**全人類一年消耗能量**

■ 如何利用？如何傳遞？



太陽能可說是地球能源之母



●植物進行**光合作用**，將太陽能轉換為自身的養分。而動物再藉由食物鏈關係直接或間接攝取植物，形成本身的能量來源。

●不同地表吸收熱能的能力不同，產生了溫度上的差異。而溫差就造成壓力上的差異，大氣就因不同地區上的壓差而形成了氣象上的變化，也就產生了**風**

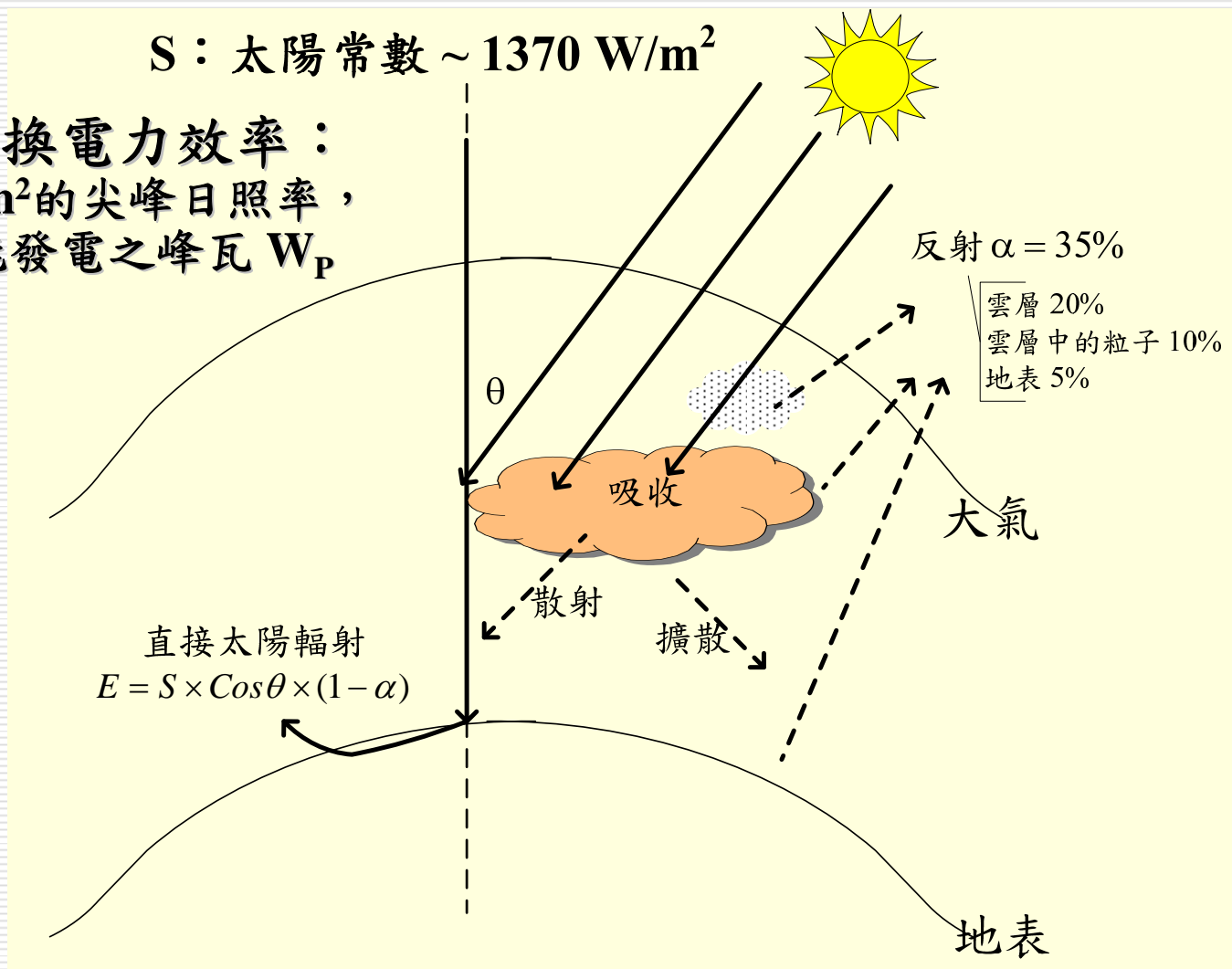
●氣象產生降雨，**水力**發電是藉由水庫在較高處所蓄積的水所產生的位能，引水向下衝擊推動渦輪發電機後轉變成動能與電能。

●太陽輻射對海洋不同水深所造成的溫度差，也可以形成利用海洋溫差所形成的**海洋能**。

●太陽能可以說是地球上所有生命的基礎。我們使用的許多**石化燃料**或者傳統火力發電廠所用的煤，也因此都可以看做是由太陽能轉換而來。

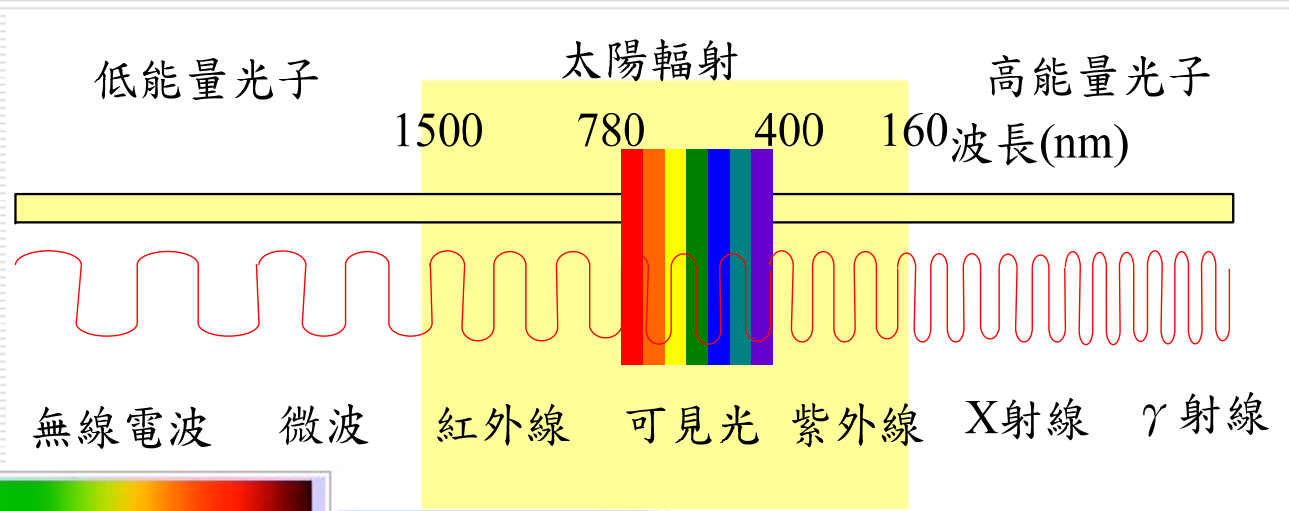
地面的日照強度： 與太陽光的反射及照射角度有關

- ☐ 太陽能轉換電力效率：
以 1000W/m^2 的尖峰日照率，
換算太陽能發電之峰瓦 W_P



太陽能的直接利用：主要以利用可見光為主

- 直接收集太陽熱能轉換為熱能或電能 (電磁波特性的)
- 直接轉換太陽光能為電能 (光子特性的)



violet	380–450 nm
blue	450–495 nm
green	495–570 nm
yellow	570–590 nm
orange	590–620 nm
red	620–750 nm

太陽能的利用方式

□ 被動式 (Passive Solar)：採光與建築物控溫

- 將建築物的設計與環境考量相結合，並配合建築材料的使用，使得建築物易於吸收太陽能或隔絕太陽能。

□ 主動式 (Active Solar)：太陽熱能與太陽光電

- 太陽熱能：
例如太陽能熱水器、太陽能冷氣系統、或是以大規模集熱設施形成集熱式太陽能發電廠，此種太陽能電廠的運作原理是將太陽光以反射鏡加以集中，藉著集中太陽能所產生的高熱來使水汽化產生蒸汽，可以提供區域性的熱能，也可以進而推動渦輪發電機產生電力。
- 太陽光能：
利用太陽能電池將光能直接轉換為電能。

被動式太陽能技術與應用

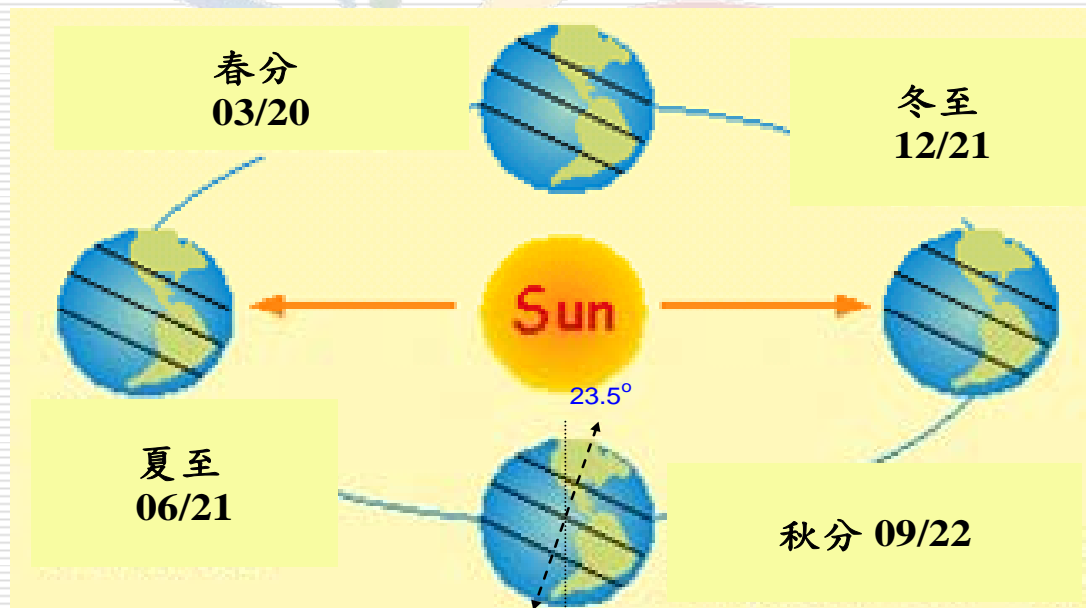
□ 被動式太陽能

■ 照明光源或調節室內溫度

■ 建築物的方位：

由於地球自轉軸在公轉面上的傾斜，為充分使用太陽熱做為冬天的熱源或使其成為自然光源，北半球的建築物最好是面向南方。南半球的建築物最好是面向北方。

■ 北半球的南方：山陽、水陰



被動式太陽能利用：建築物採光

□ 羅馬萬神殿 (Pantheon)

奇妙的屋頂，整座建築唯一採光的地方。



被動式利用太陽能：採光與控溫

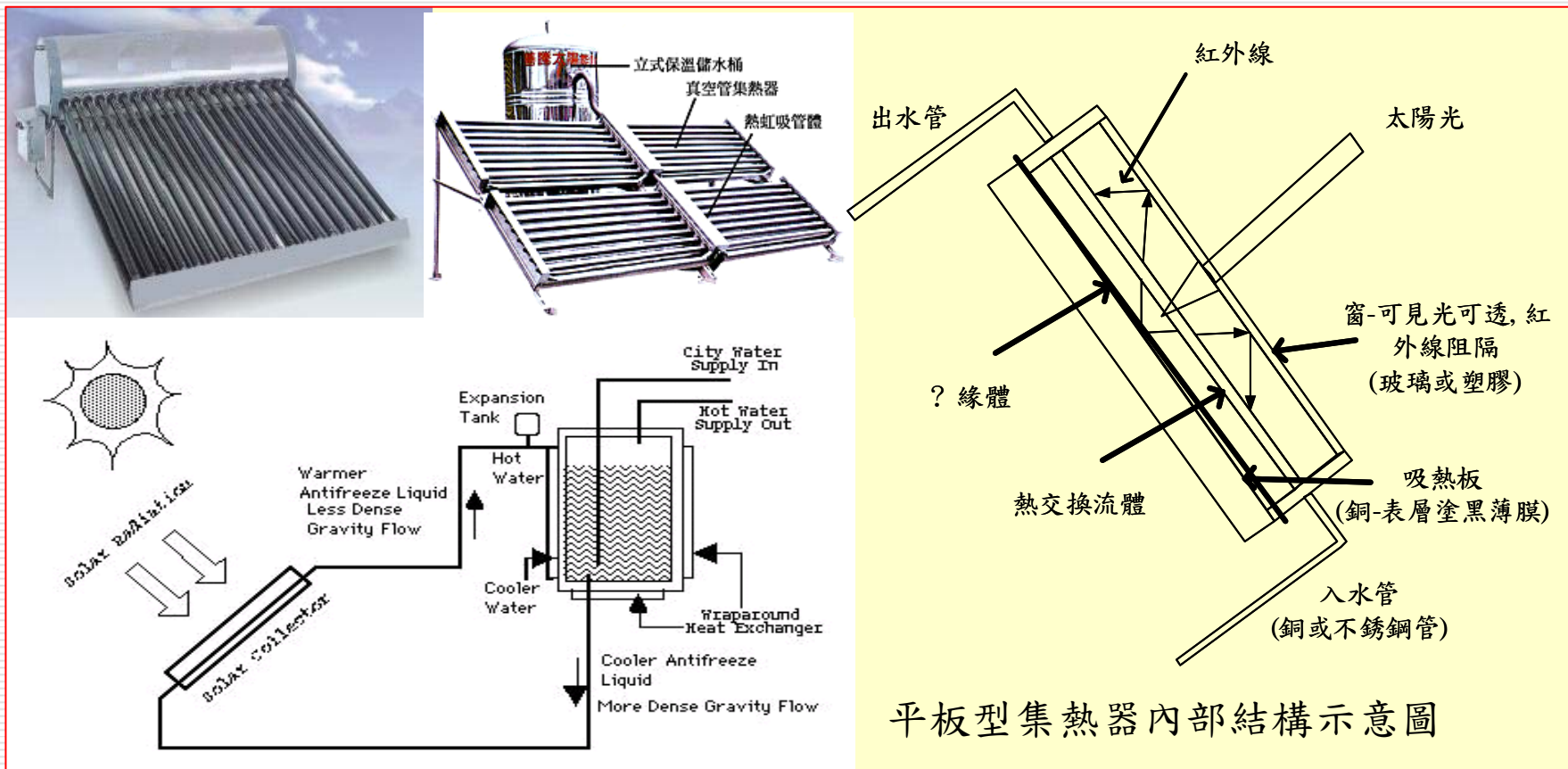
- 地鼠窩式的飯店：**Das Goger**
- 位於奧地利格拉茲南方**Burgenland**鎮
- 飯店建築物塑造**冬暖夏涼**的環境，將客房「埋入」草皮土堆中，形成類似地鼠窩的建築型態；而在客房門前的走道也充分採光並引入水流，形成「**門前有小河**」的特殊景象。



太陽熱能技術與應用 (Solar Thermal)

☐ 太陽能熱水系統 (Solar Water Heating)

■ 自然循環平板型及真空型 (家庭)



太陽能熱水器

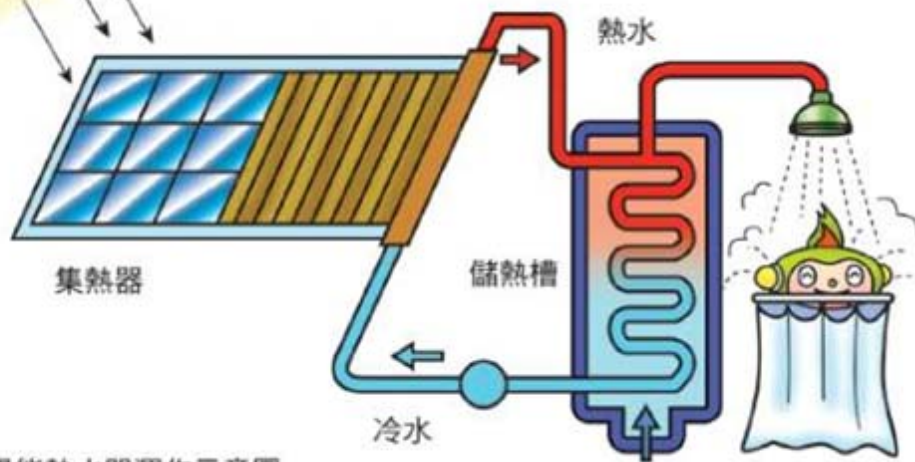
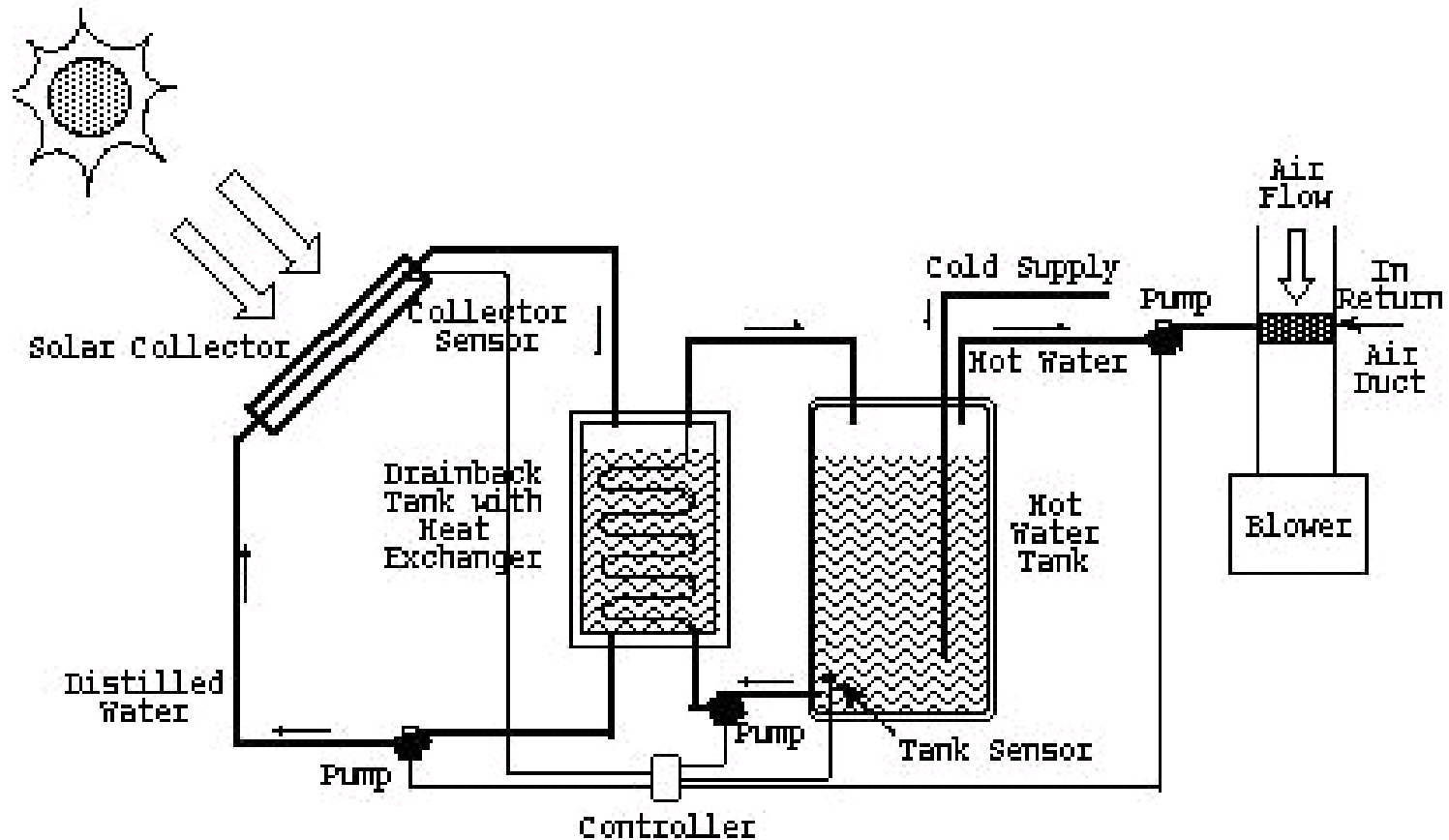


圖7 太陽能熱水器運作示意圖

太陽能熱水器與其它熱水系統之比較

項目/系統別	電熱水器	瓦斯熱水器	鍋 爐	太陽能系統
設備費	16萬	20萬	15萬	35萬
使用年限	5-7年	4-5年	5-7年	10-15年
燃料類別	電	液化石油氣 天然瓦斯	燃料油	無
燃料效率	0.9	0.6/0.6	0.7	集熱效率：0.6
燃料費/年	20萬	16萬	13萬	6萬
操作過程	簡易	簡易	麻煩	免操作
安全性	有漏電之虞	有中毒、 爆炸之虞	有爆炸之虞	無安全顧慮
費用問題	費用最高	需付燃料費	需付燃料費	無燃料費
其 它	長期總經費比 太陽能系統高	長期總經費比 太陽能系統高	長期總經費比 太陽能系統高	1.可做屋頂隔熱 2.需有安裝場所

太陽能暖氣系統 (Solar Space Heating)

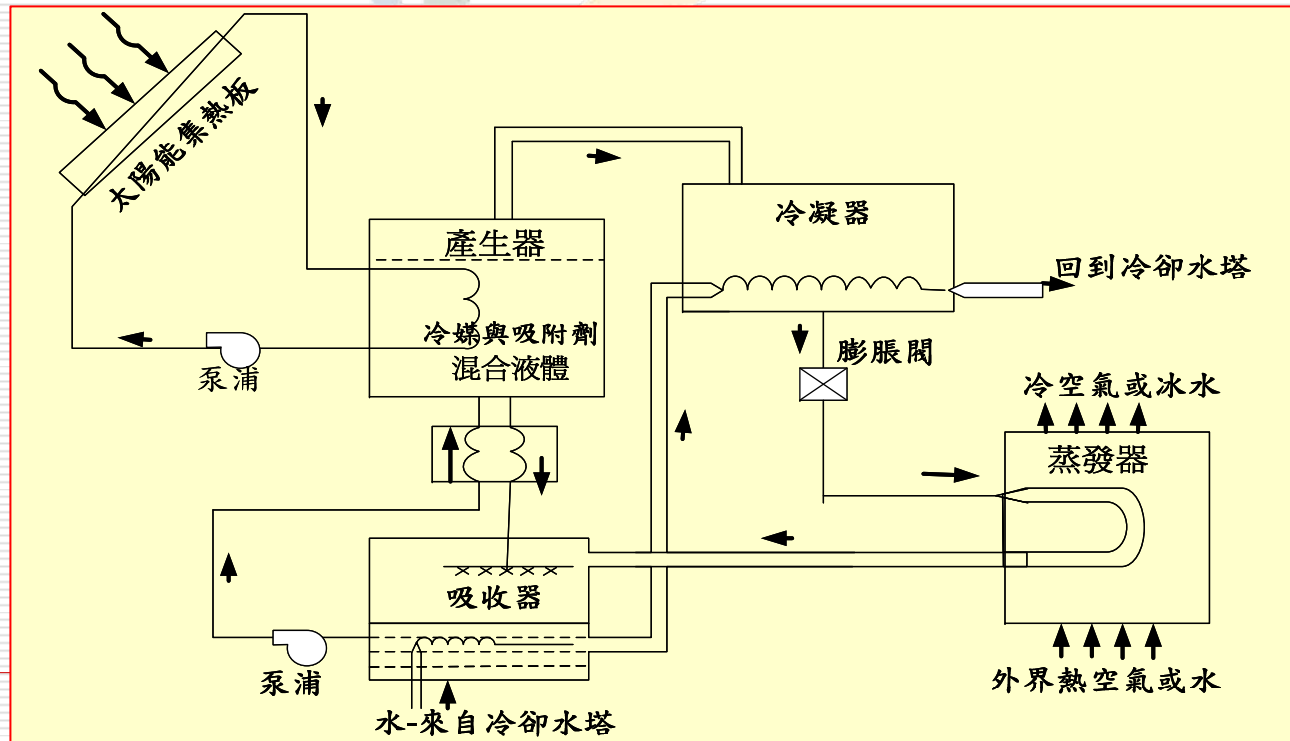


Source: <http://www.greenbuilder.com/sourcebook/HeatCool.html>

太陽能空調系統 (Solar Cooling and Refrigeration)

□ 雙效吸收冷卻循環裝置

- 利用集熱器之熱 ($71\sim 99^{\circ}\text{C}$)來分離冷媒和吸附劑混合溶液
- 冷媒一般用水，吸附劑則通常是溴化鋰
- 冷媒通過膨脹閥，壓力和溫度會降低，當冷媒通過熱交換的蒸發器時，低溫度的冷媒吸收其中的熱，造成空氣或水溫度降低，進而形成冷氣輸入室內或冰水機。



太陽熱能發電技術 (Solar Thermal Electricity)

☐ 太陽熱能發電：

- 中央聚光塔式集熱器
- 線槽式集熱器
- 太陽塔發電系統



圖1 中央聚光塔式集熱器



圖2 線槽式集熱器

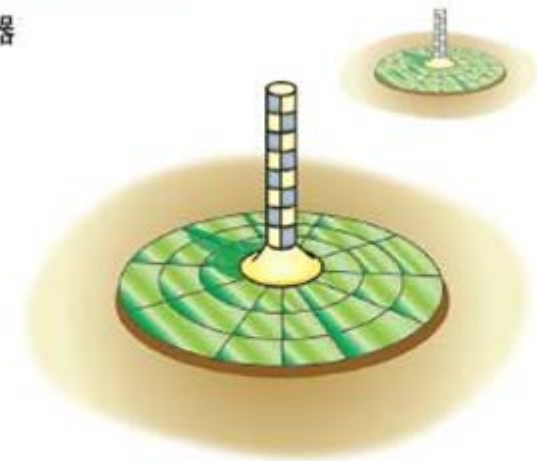
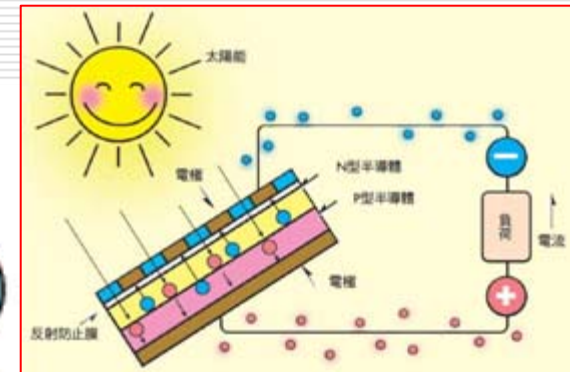
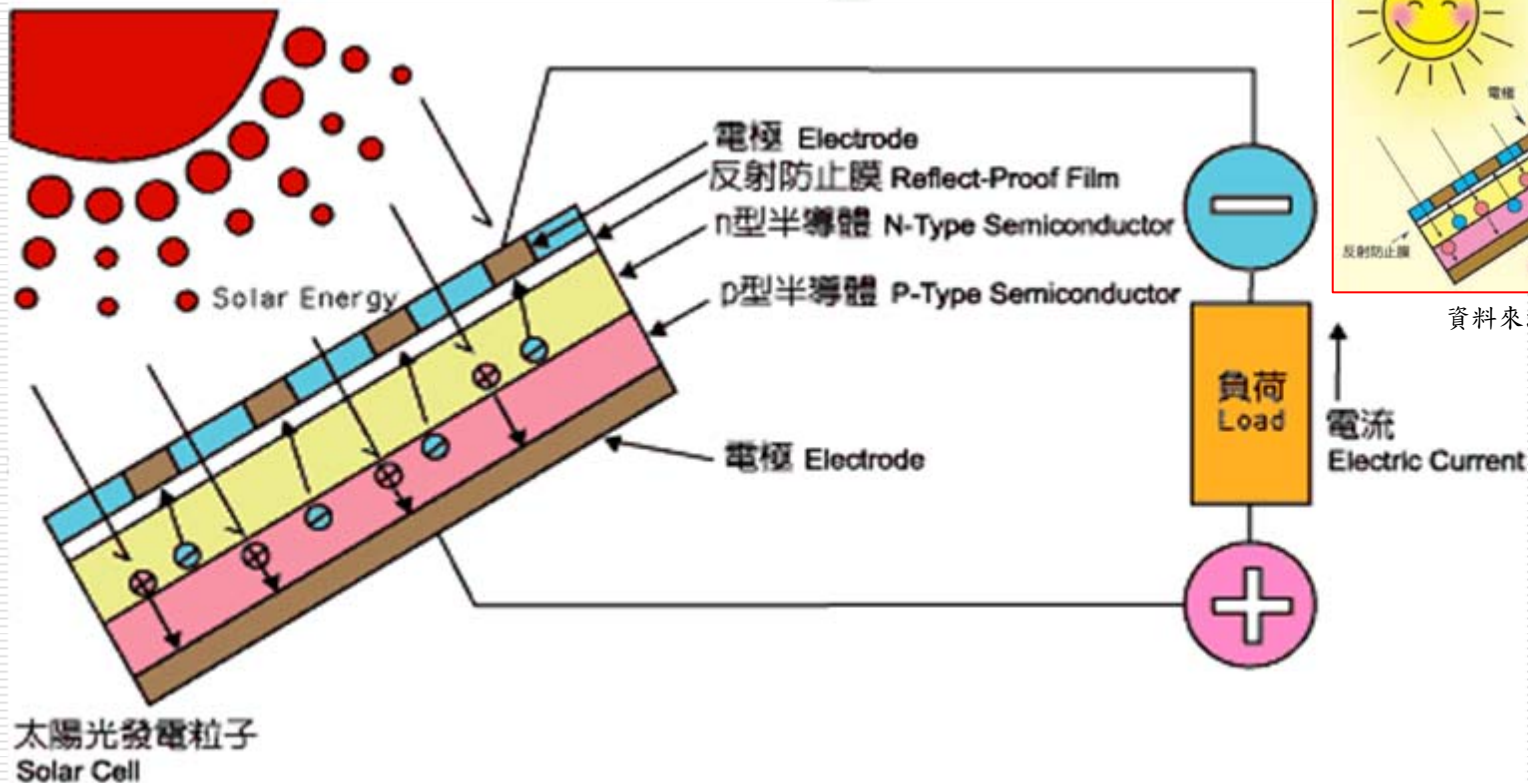


圖3 太陽塔發電系統

太陽能發電原理

- 太陽電池 (solar cell) 通常是以半導體製程製成的，將太陽光照射在其上，太陽電池吸收太陽光後，能透過p型半導體及n型半導體使其產生電子(負極)及電洞(正極)，同時分離電子與電洞而形成電壓降，再經由導線傳輸至負載。



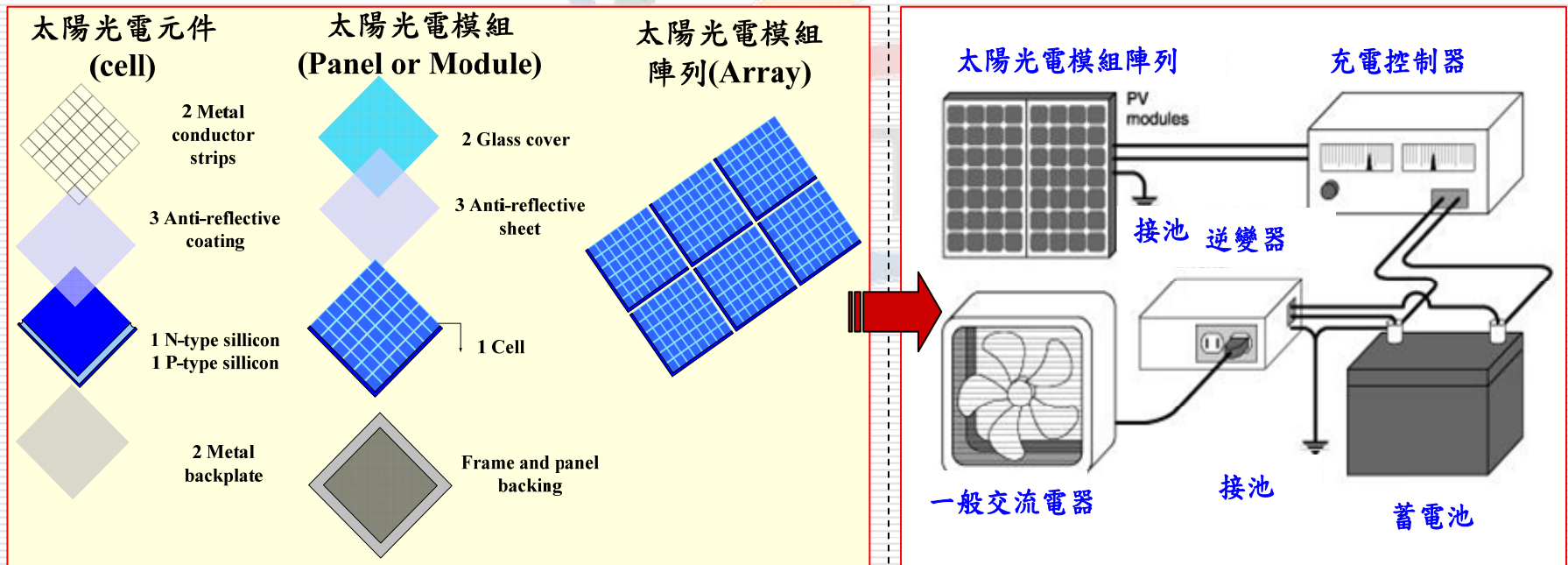
資料來源：《認識綠色新能源》

太陽光能發電系統 (Solar Photovoltaic)

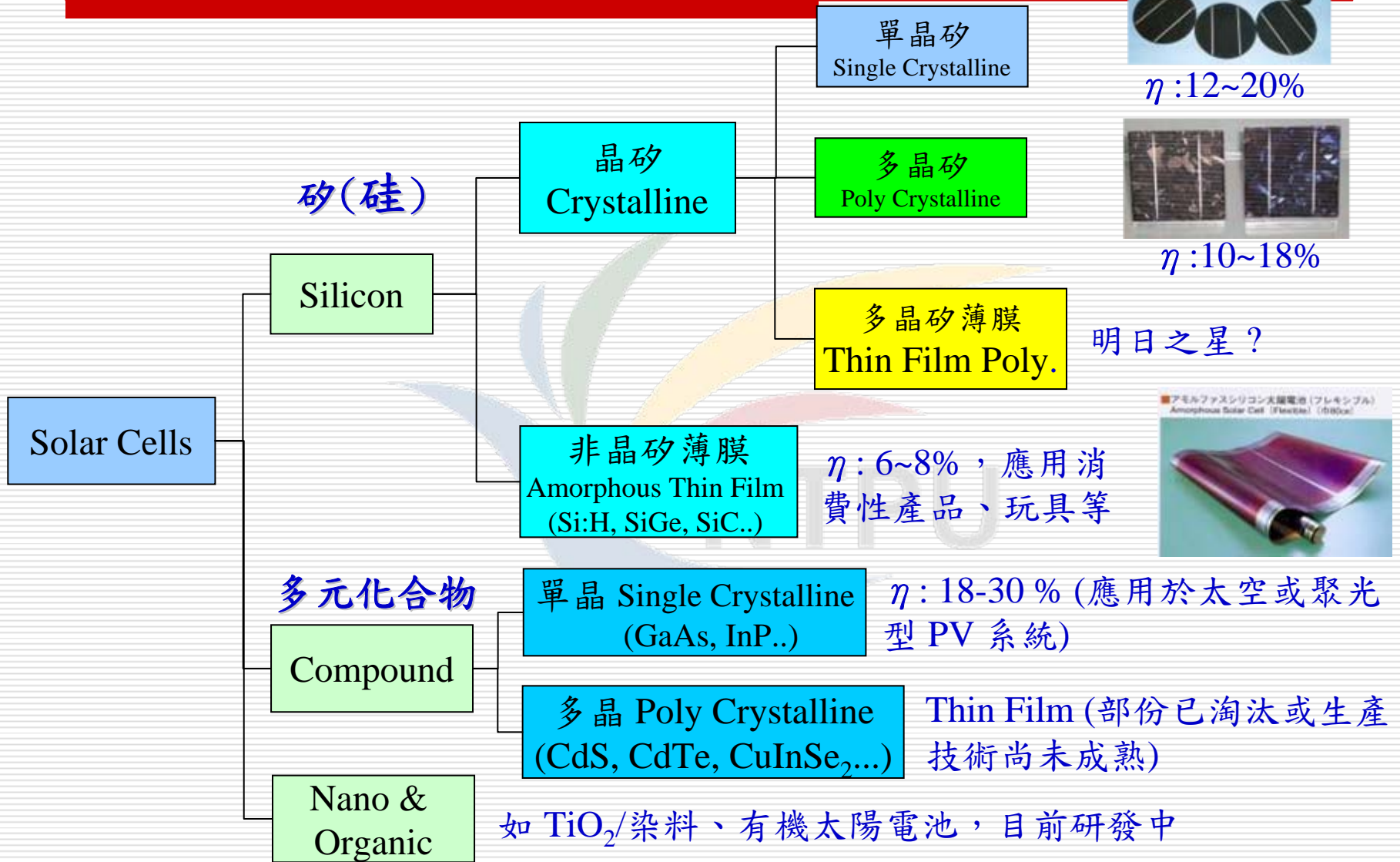
☐ 太陽能發電：太陽光電

- **太陽電池**：以半導體元件 (Cells) 為基礎，太陽電池為具備接合面半導體所組成的二極體，可將太陽光能轉為直流電能。
- **太陽能模組**：集合數個元件組成太陽能模組 (module or panel)
- **半導體材質**：矽晶系、化合物半導體 (銦、鎵...)
- **染料敏化**：染料敏化奈米晶格太陽電池

Dye-Sensitized Nanocrystalline Solar Cell (DSSC)



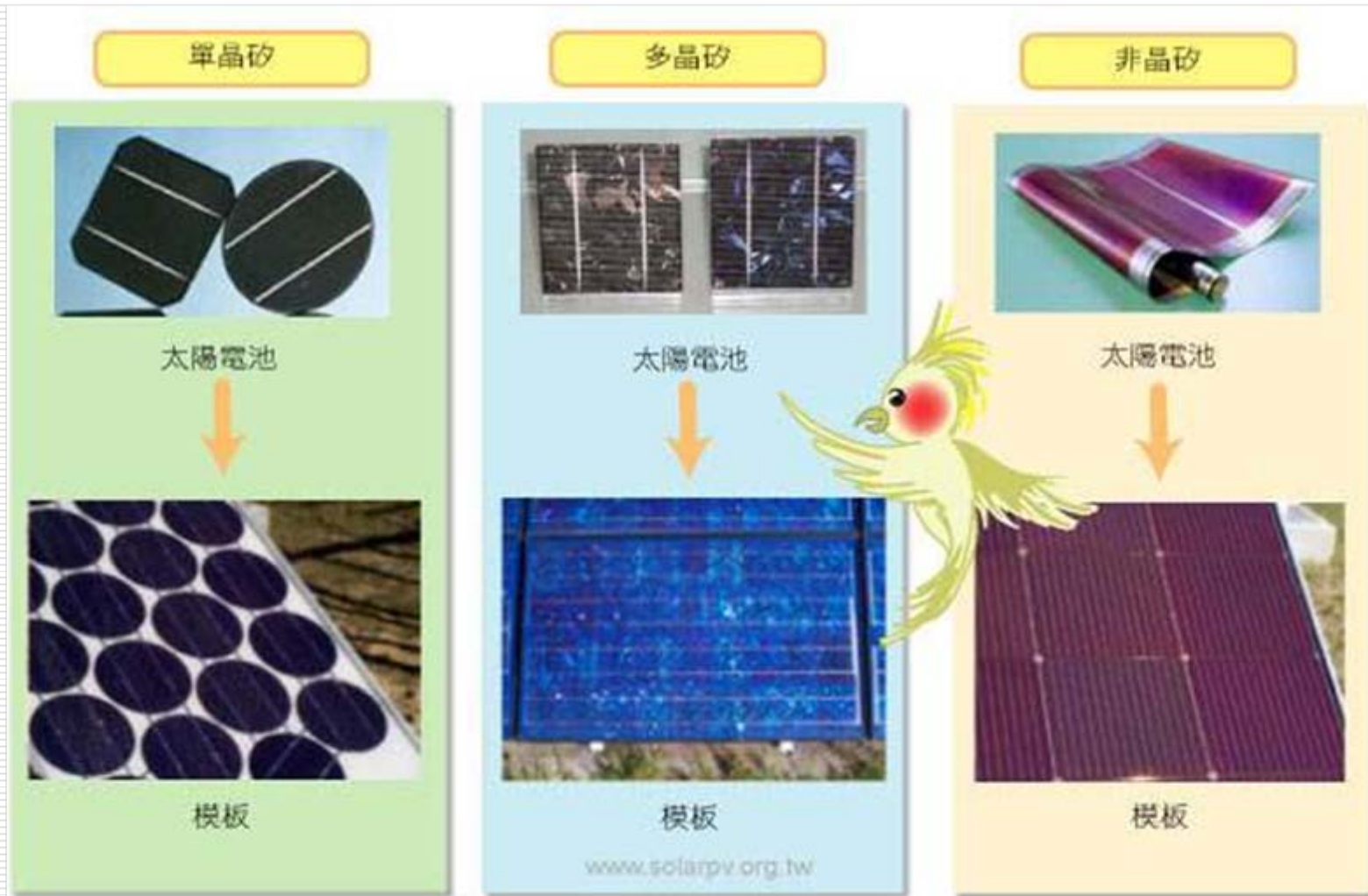
太陽能電池種類



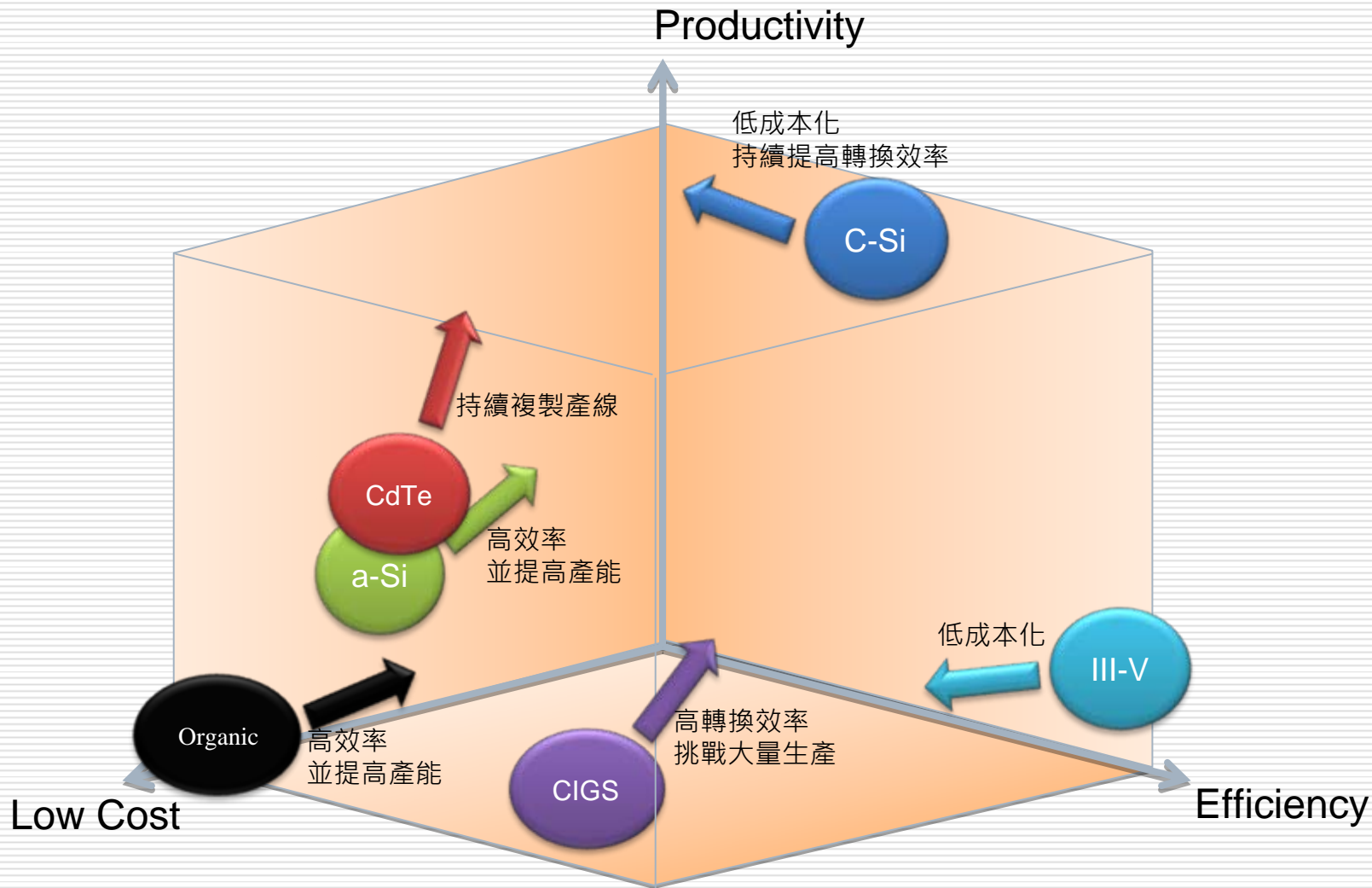
太陽電池的種類

太陽電池種類		半導體材料	市場模組轉換效率
矽	結晶矽	單結晶 (晶圓型)	10~14%
		多結晶	9~12%
	非晶矽	α -Si、 α -SiO、 α -SiGe	6~9%
化合物半導體	2元素	GaAs (晶圓型)	18~30%
		CdS、CdTe薄膜型	10~12%
	3元素	CuInSe ₂ (薄膜型)	10~12%
有機半導體			1%以下

常見的太陽電池及模板外觀



太陽光電產業技術發展趨勢



太陽光電的發展歷史

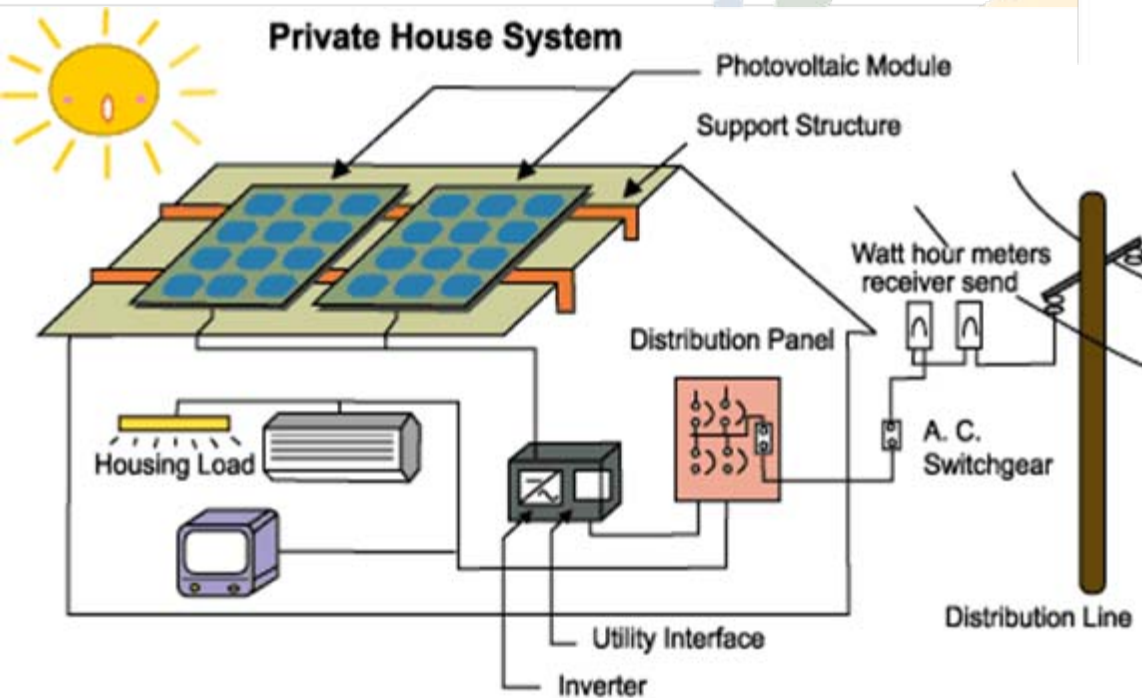
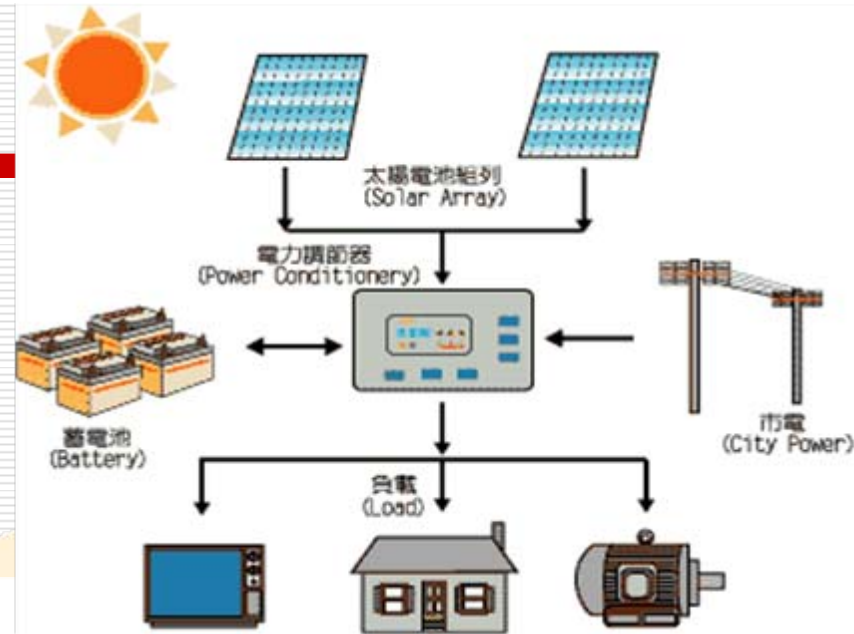
- 1839 Henri Becquerel 首先發現光電效應
- 1879 Adams and Day 於硒觀測到光電效應
- 1900 Planck 提出光的量子性質理論
- 1905 愛因斯坦發表光電效應的理論
- 1940 Mott and Schottky 發表固態整流元件(二極體)理論
- 1949 Bardeen, Brattain and Shockley 發明電晶體
- 1954 貝爾實驗室Chapin等人發表第一個矽太陽電池元件
- 1954 Renolds 等人發表硫化鎘 (cadmium sulphide)太陽電池
- 1958 第一座採用砷化鎵太陽光電模板的人造衛星先鋒一號
- 1976 Carlson 製作出第一個非晶薄膜太陽電池
- 1982 第一座太陽光電發電站 (1 MW) 建於加州 Hysperia
- 1990 與公用電力併聯之太陽光發電系統技術開始成熟
- 2000 建材一體型太陽電池應用(BIPV)開始蓬勃發展

建築整合型太陽光電系統 (Building Integrated Photovoltaic, BIPV)



家戶太陽能利用方式

- 獨立式系統
- 併聯系統



住家太陽光電系統

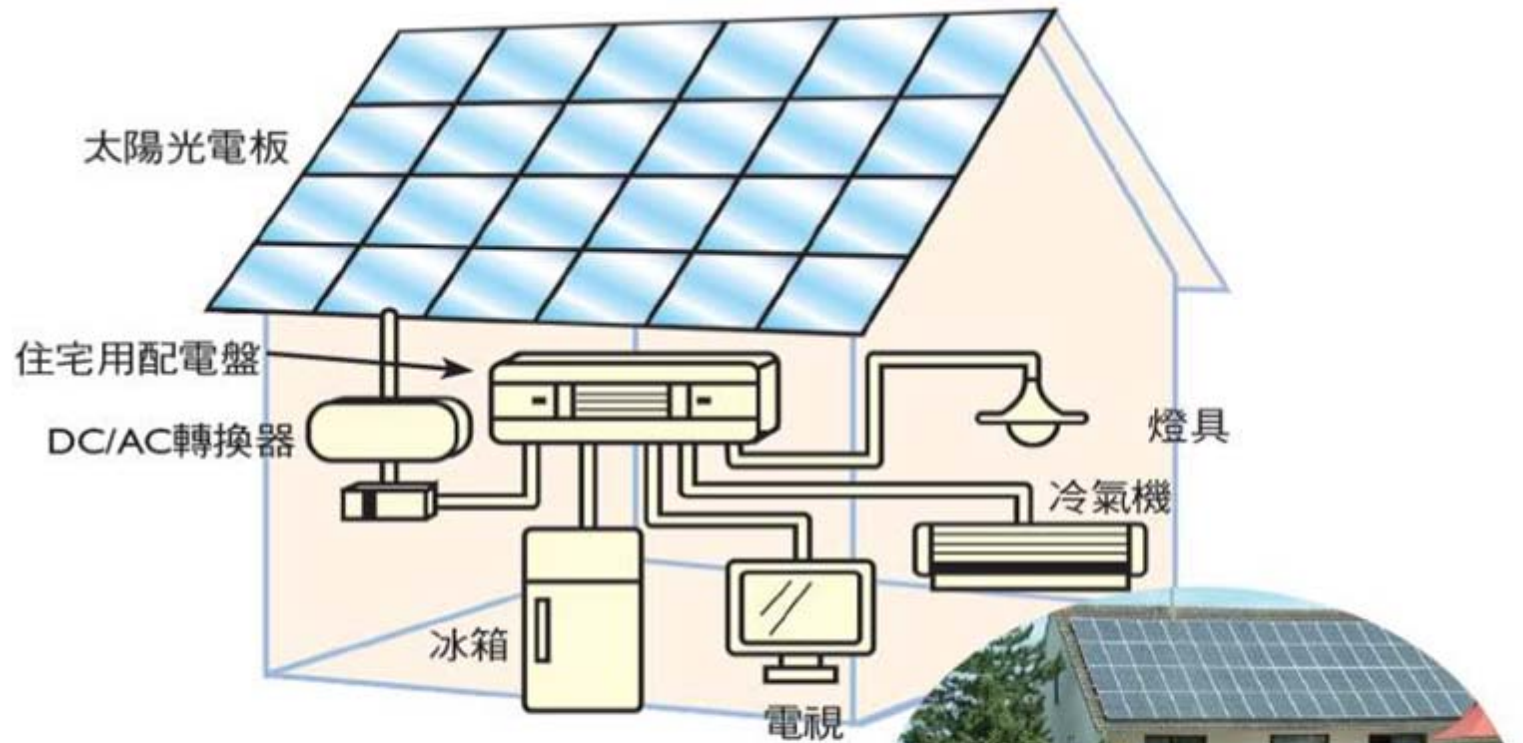
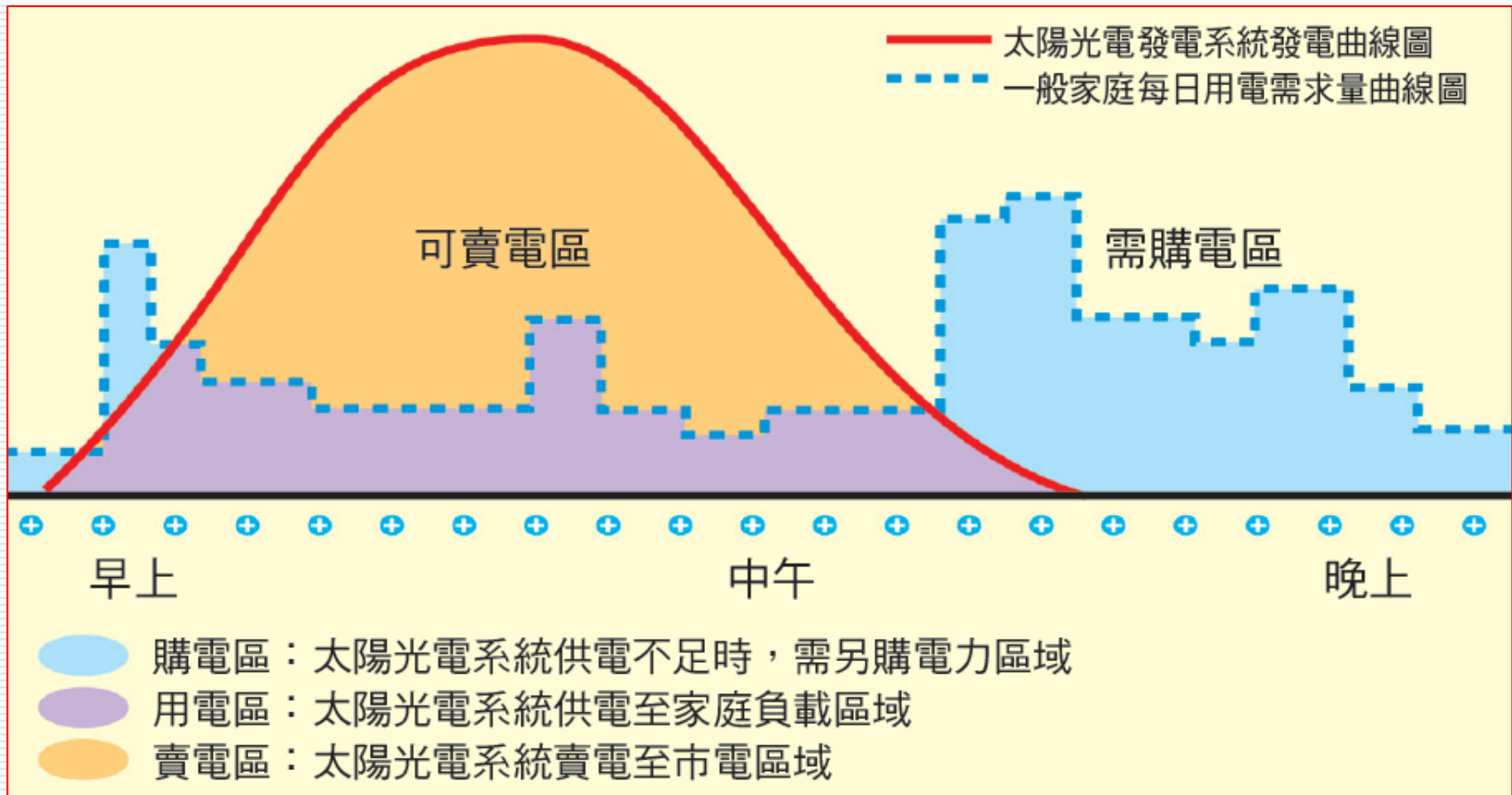


圖5 太陽光電系統運作示意圖

- ❑ 直/交流電力轉換器 (inverter)
- ❑ 離網電力：自行利用
- ❑ 併聯電力公司的主要電網



併聯型太陽光電系統：購電、用電、賣電曲線圖



- 離峰用電、尖峰用電
- 直交流電力轉換器與電表換裝

太陽能的應用



我國太陽光電產業鏈

產業鏈

多矽晶材料

矽晶片

太陽能電池

太陽光電模組

太陽光電系統
與應用產品

福聚太陽能
環球半導體
山陽科技
元晶
AE Poly(美國)
科冠

中美矽晶
綠能科技
合晶科技
(錦州陽光)
茂迪(內製)
旺矽科技
統懋半導體
台灣半導體
峰毅光電
旭晶能源
達能

茂迪、昱晶、
益通、新日光、
旺能、昇陽、
茂矽、太陽光電、
科冠、大豐、
太極能源、耀華、
長生能源
鑫筌、聯相、
亞崙、樂福、
威奈聯合、綠能、
富陽光電、
旭能光電、大億光
能、宇通、旭泓、
奇美能源、八陽、
禧通、友達

頂晶
生耀光電
知光能源
立碁
茂暘
奈米龍
全能
永炬光電
日光能器
中國電器
伸浦
鍊德、科風
和鑫
大晶光電
干布、茂鑫

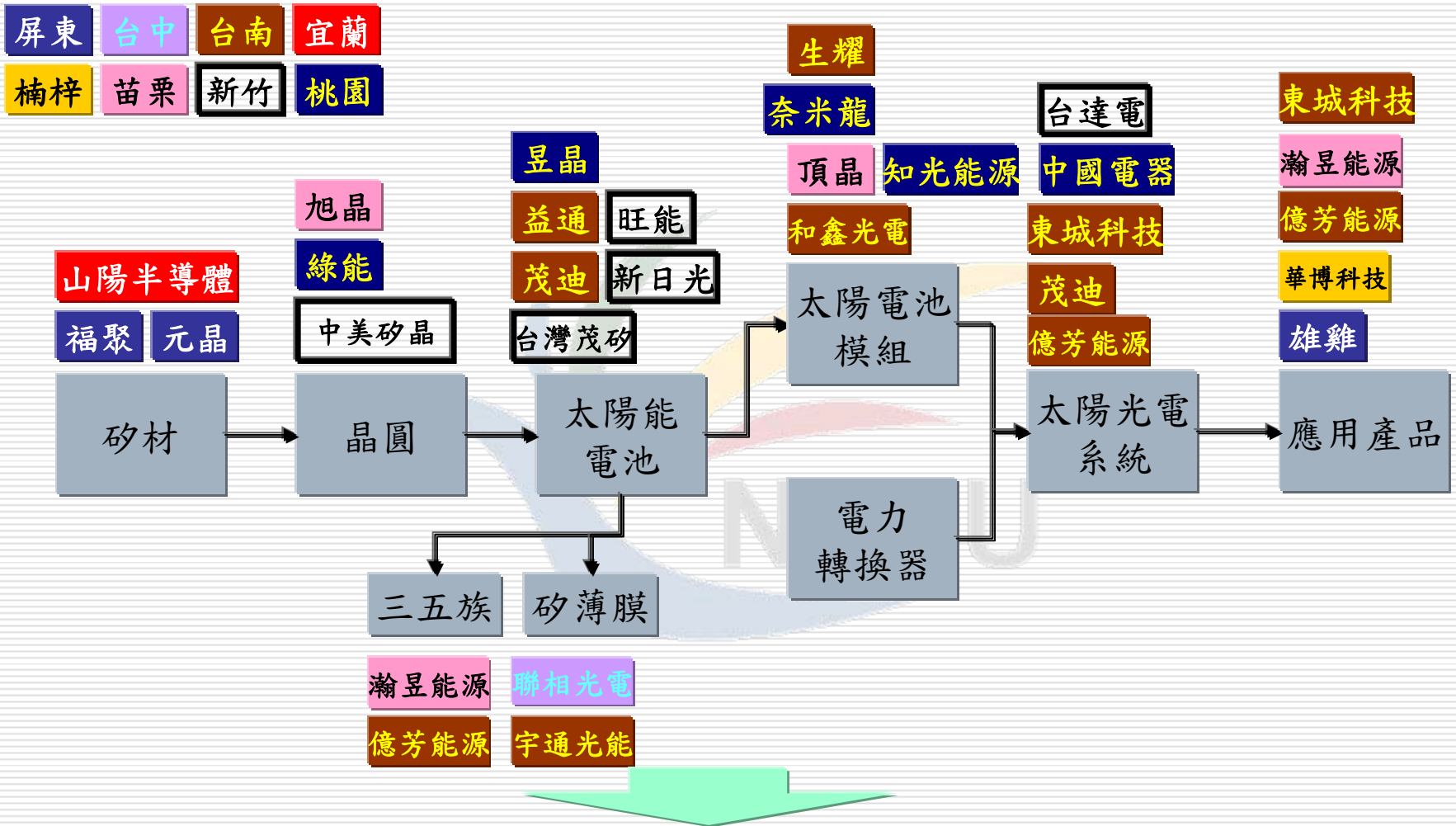
茂迪、台達電、奈米
龍、華旭環能、中國
電器、永炬光電、東
城科技、冠宇宙、傳
典、太陽動力、鼎
鼎、聚桓、金華成、
羅森、夏普光電、伸
浦、崇越電通、統
昱、永旭能源、台
邦、同昱、強而青、
興達科技、鯨威、日
光能、大豐、宇太、
旭辰、旭邦、千附、
信合、科宥、雄雞、
正峰、工易、耀能

國內相關廠商

2005廠商數	0家	2家	8家	5家	25家
2006廠商數	0家	2家	13家	8家	27家
2007廠商數	2家	7家	24家	14家	29家
2008廠商數	7家	10家	28家	18家	36家

註：藍色字體為已投產業者，黑色為未投產業者

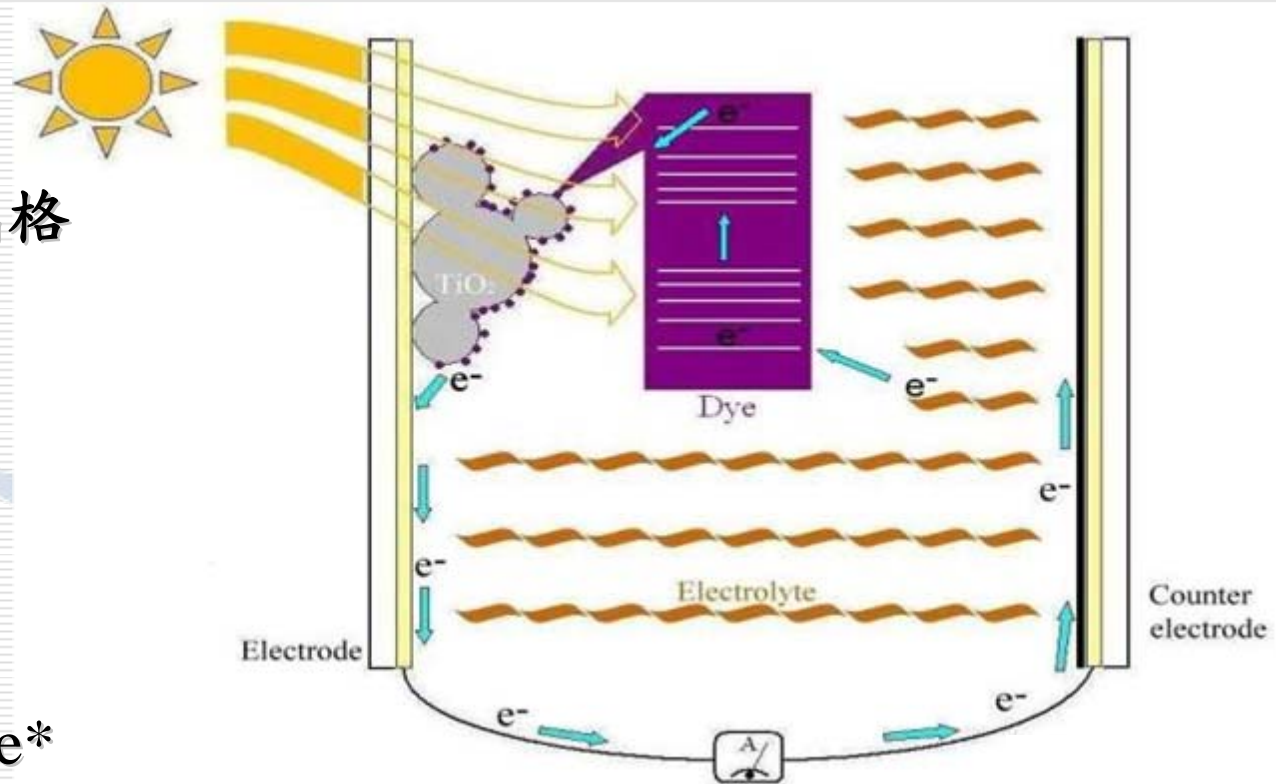
國內太陽光電業者區域分佈



- 由業者投資地點而自動形成群聚雛形(如台南地區)
- ? → 更有利於產業價值提升的產業群聚型態

染料敏化奈米晶格太陽電池

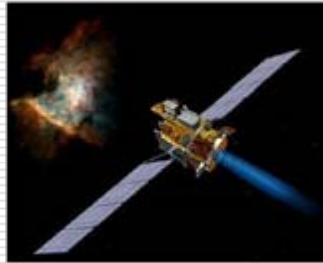
□ DSSC
染料敏化奈米晶格
太陽電池
Dye-Sensitized
Nanocrystalline
Solar Cell



1. $\text{Dye} + \text{light} \rightarrow \text{Dye}^*$
2. $\text{Dye}^* + \text{TiO}_2 \rightarrow e^-[\text{TiO}_2] + \text{Dye}^+$
3. $e^-[\text{TiO}_2] + \text{C.E.} \rightarrow \text{TiO}_2 + e^-[\text{C.E.}] + \text{energy}$
4. $\frac{1}{2} \text{I}_3^- + e^-[\text{C.E.}] \rightarrow \frac{3}{2} \text{I}^- + \text{C.E.}$

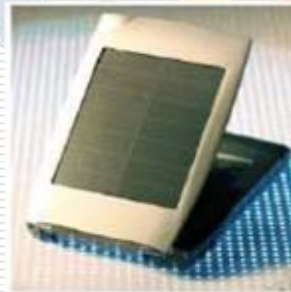
太陽光電發電之應用領域

• 太空用發電系統



• 交通工具之電源(車、船、飛機、飛行船....)

• 攜帶式電源



• 消費性電子產品之電源(手錶、時鐘、電子計算機、充電器、燈、玩具)

• 偏遠地區發電系統(山區、離島、....)



• 交通標誌、號誌之電源

• 住宅用電力系統

• 產業工商用電力系統

• 緊急防災用電力系統

• 發電廠

太陽能的應用 (1/2)

應用方向	應用項目
民生相關應用	太陽電池供電的計算機、手錶、收音機、手電筒、野營燈、照相機、兒童玩具等
建築與家用電力應用	傳統屋頂式太陽光電系統、建築整合型太陽光電系統(辦公大樓帷幕牆或外牆、停車場屋頂或遮陽棚、大樓天井、候車亭或車站屋頂)、太陽電池與太陽能集熱複合系統
交通與道路應用	太陽能車、太陽能路燈、交通號誌、交通指示牌、公路緊急電話、太陽能電動車充電站、燈塔照明
通訊系統應用	以太陽能供電的電話或微波中繼站、無線中繼站基地台、衛星通信、偏遠地區電話箱、或雷達站等

太陽能的應用 (2/2)

應用方向	應用項目
農林漁牧與偏遠地區應用	以太陽能供電的農宅、溫室栽培、灌溉、自動灑水系統、農牧電籬、乳品冷藏、漁池或養殖池的揚水與自動餵食系統、離島地區電力系統、高山地區民宿或避難屋等
緊急與防災應用	以太陽能供電的區域型緊急供電系統，例如醫院、公園、學校等緊急供電；氣象或地震觀測站、河川水位或海堤安全觀測站等。
與其它能源結合應用	在偏遠但陽光充足地區與基載電力(諸如柴油發電系統)形成離尖峰用電搭配調節的功效，甚至與風力發電系統結合形成在日夜或季節上的互補電力供應功能
國防與太空應用	攜型太陽充電系統供應戰時小部隊電力、太陽電力通訊設備、軌道衛星或無人太空船的太陽能供電系統等。較長程尖端的研究甚至包括太陽能無人飛行器、太陽能衛星電力站

太陽能停看聽

- 太陽能利用型態：「熱能」與「光能」
 - 太陽熱能，用於熱水系統、冷氣系統及熱能發電系統；
 - 太陽光能發電，利用太陽能電池，將太陽光能轉換成直流電。
- 太陽光電環境污染問題：
 - 太陽光電因使用半導體矽晶材料，製造時會有蝕刻廢水、去光阻廢水、酸性氣體、揮發性有機物等污染問題。
 - 使用時和太陽能熱能利用一樣，幾乎不會造成環境污染。
 - 生命週期觀點：太陽能電池使用壽命長達20年，太陽能電池製造階段對環境的衝擊可以分攤。
- 太陽光電發電成本較高：
 - 不適合一般用途，或是用來集中式發電。
 - 適用於：輸電線路不易到達的偏遠地區；緊急、救災等用途。
- 技術進步、『再生能源發展條例』



再生能源發電技術發展現況 與經營展望—太陽光電

工研院 太陽光電科技中心

產業發展組 組長

林江財

2006年12月06日

獨立型太陽光電發電系統應用例



偏遠地區沒有
電力供應

太陽電池可提供燈
光、電視、汲水.....



太陽光電消費性產品

Solar PV charger



微星展示太陽能MP3，充一次電可以聽2小時的音樂，預定年底前推出。

記者陳易辰／攝影



Solar PV Jacket



太陽光電充電式背包



Standard Adaptors & Chargers

Price: NT\$ 6,450

<http://www.voltaicsystems.com/adaptors.shtml>

太陽光電在沙漠上的應用

