



成功大學

光電科技導論(通識中心課程)

Chapter 10

太陽光電



光電系

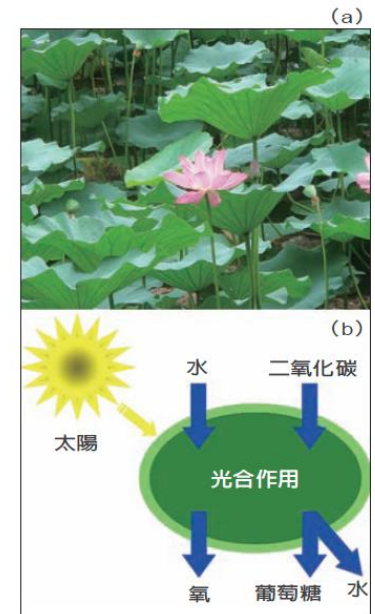
大綱

- 再生能源介紹
- 太陽光電產業介紹及原理簡介
- 太陽光電能板種類介紹



再生能源 (renewable energy)

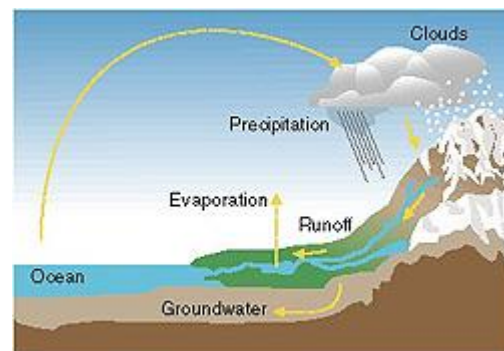
- 自然界中可永續利用之能源。



(a) 爭取光合作用而向上生長的綠色植物，(b) 光合作用示意圖。

再生能源分類

- 風力 (Wind Power)
- 水力能 (Hydropower)
- 海洋能 (Ocean Energy)
- 生質能 (Biomass Energy)
- 太陽熱能 (Solar thermal power)
- 太陽光電能 (Solar photovoltaic energy; PV)
- 地熱能 (Geothermal power)



太陽能(Solar Energy)

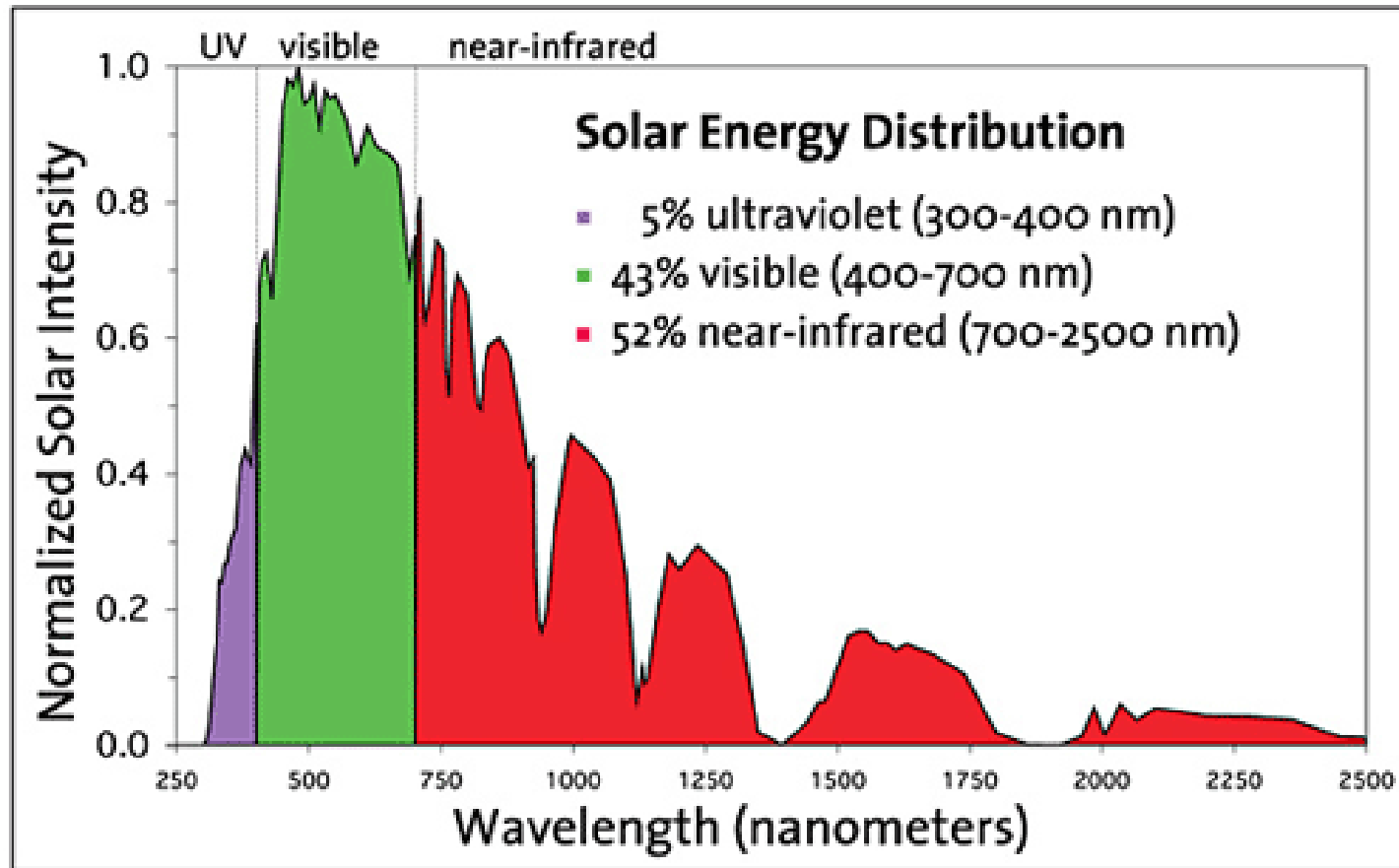
- 地球上的風能、水能、海洋溫差能、波浪能和生物質能以及部分潮汐能其實都是來源於太陽。
- 廣義的太陽能所包括的範圍非常大。
- 狹義的太陽能則限於太陽輻射能的光熱、光電和光化學的直接轉換。
- 太陽能既是一次能源，又是可再生的能源。
- 它資源豐富，既可免費使用，又無需運輸，對環境無任何污染。



太陽光電

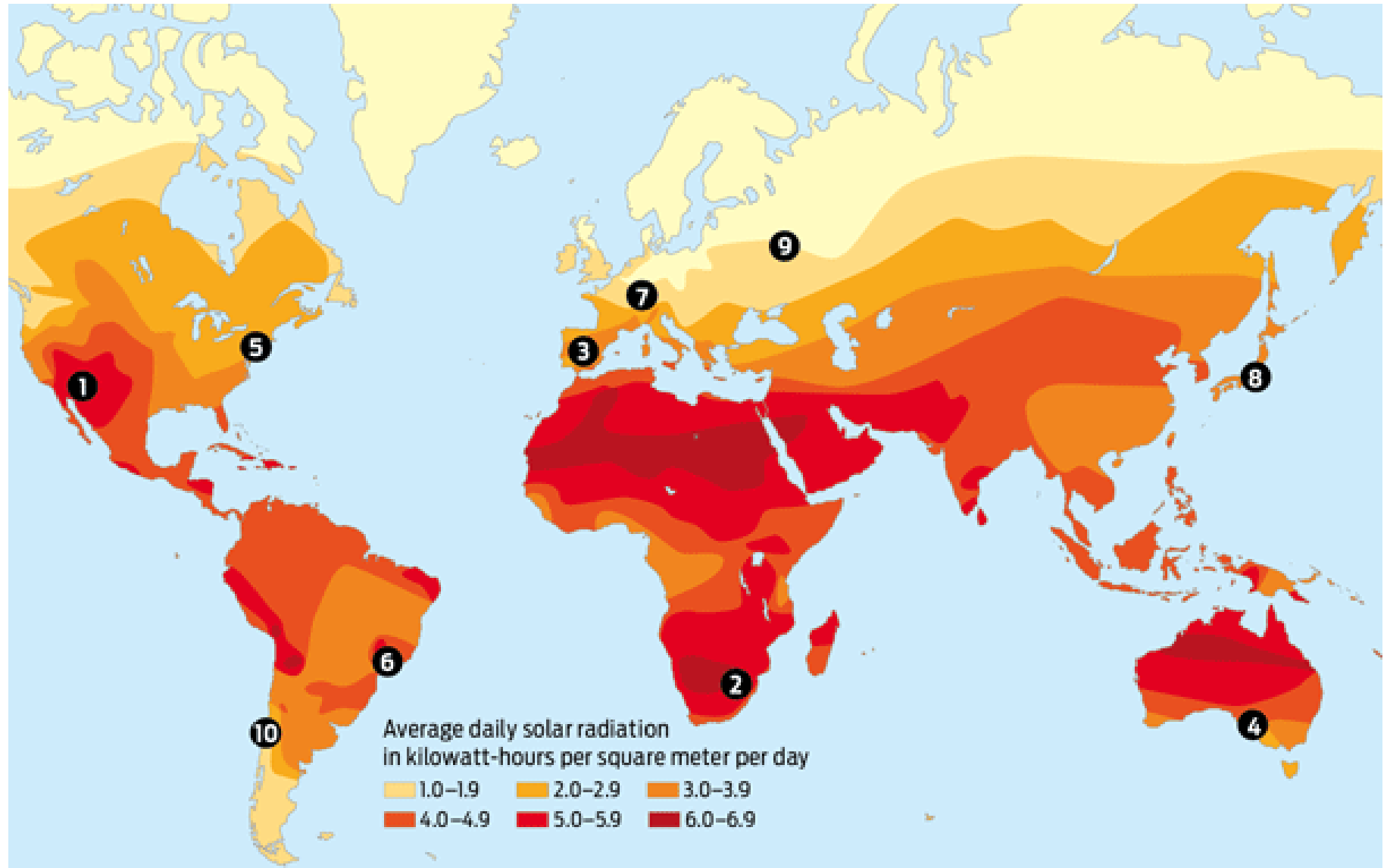
(Solar photovoltaic energy、PV)

Solar Energy Spectrum



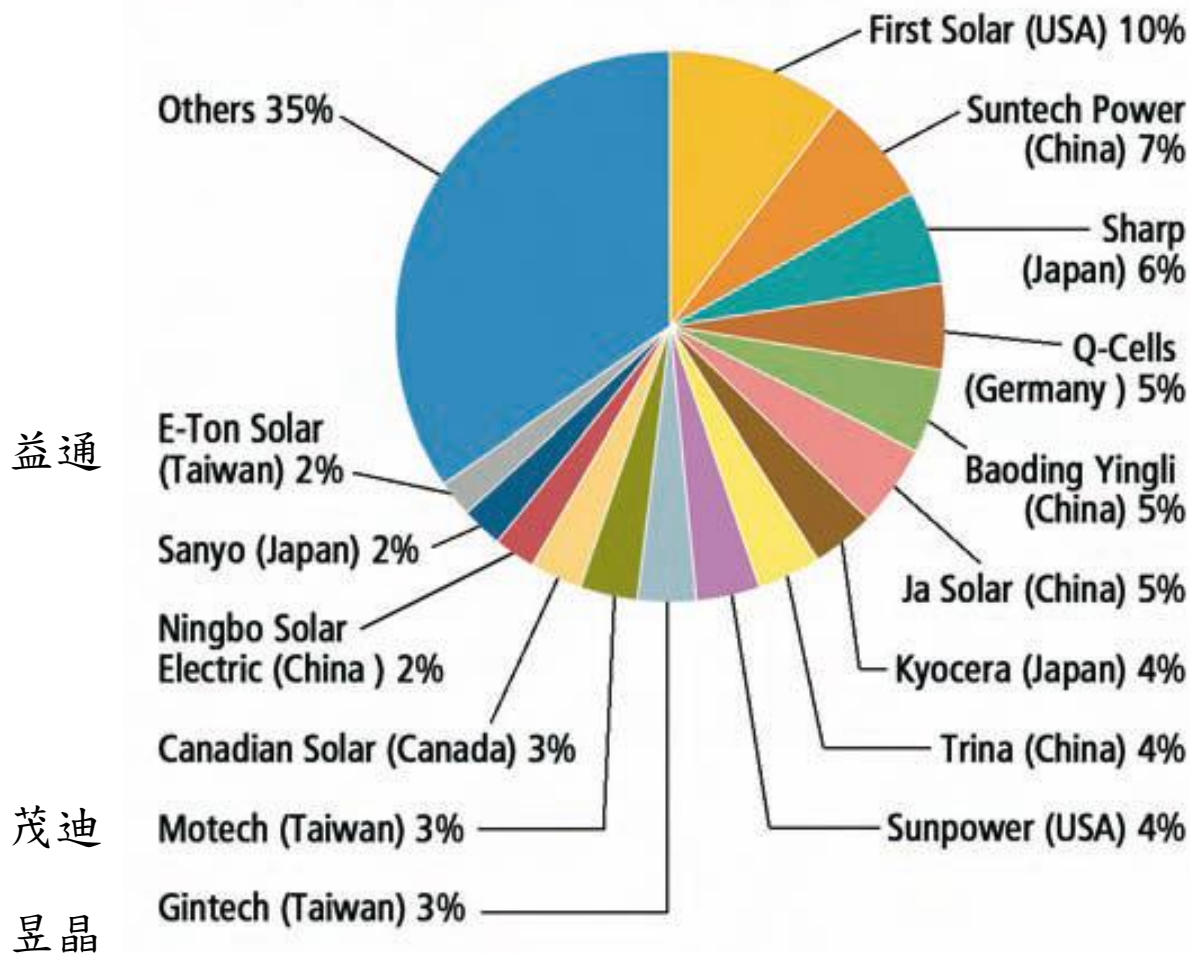
- Power reaching earth $1.37 \text{ KW} / \text{m}^2$
- Solar radiation includes wavelengths as short as 300 nanometers (nm) and as long as 4,045 nm

Average daily solar irradiation



Top 15 solar cell manufacturers in 2009

Figure 14. Market Shares of
Top 15 Solar PV Manufacturers, 2009



裝設太陽能發電容量全球前十名國家

Spain, Germany, USA, Italy, South Korea, Czech Republic

China, Portugal, Canada, France, French overseas departments/Reunion(留尼汪島), Belgium



<http://www.pvresources.com/en/top50pv.php>

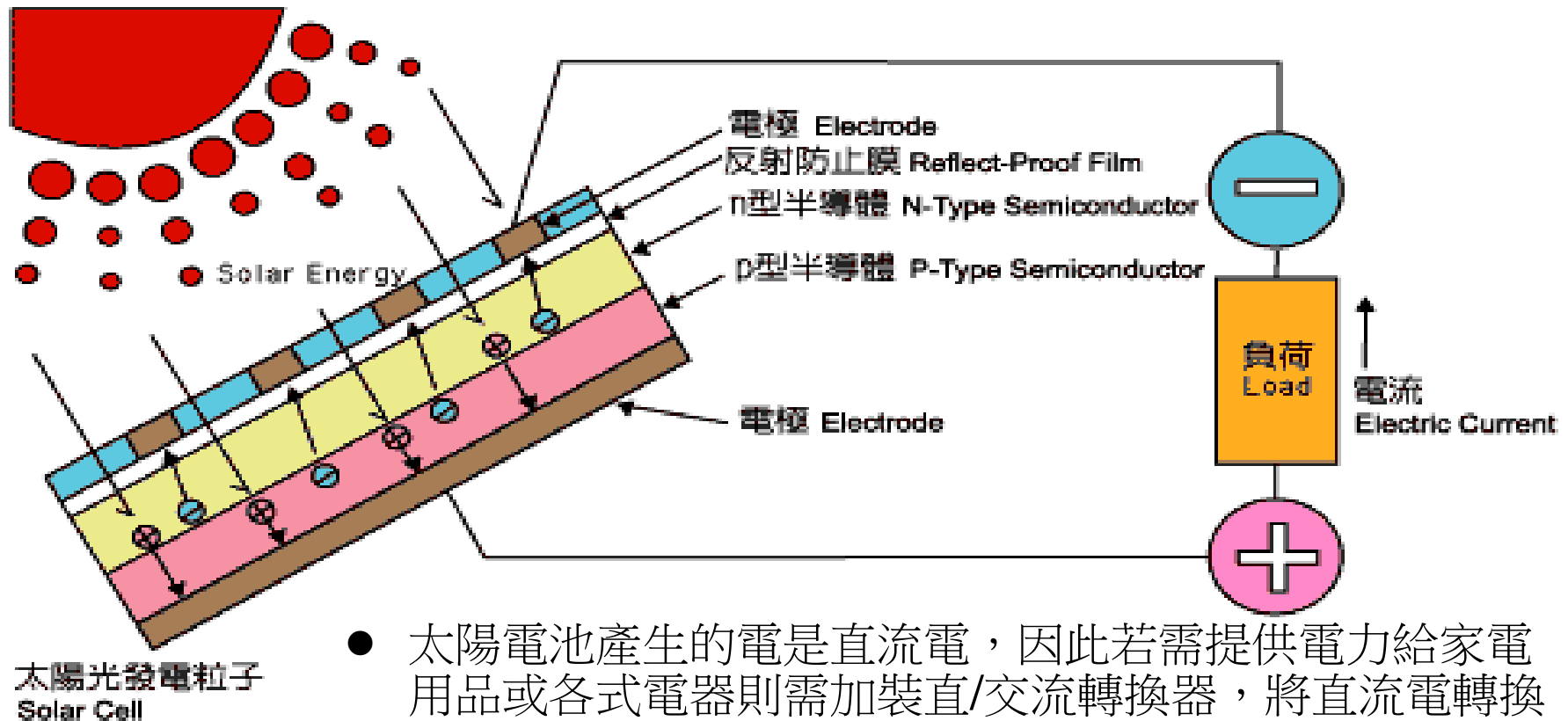


光電系所



太陽電池發電的原理

■ 太陽電池(solar cell)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。

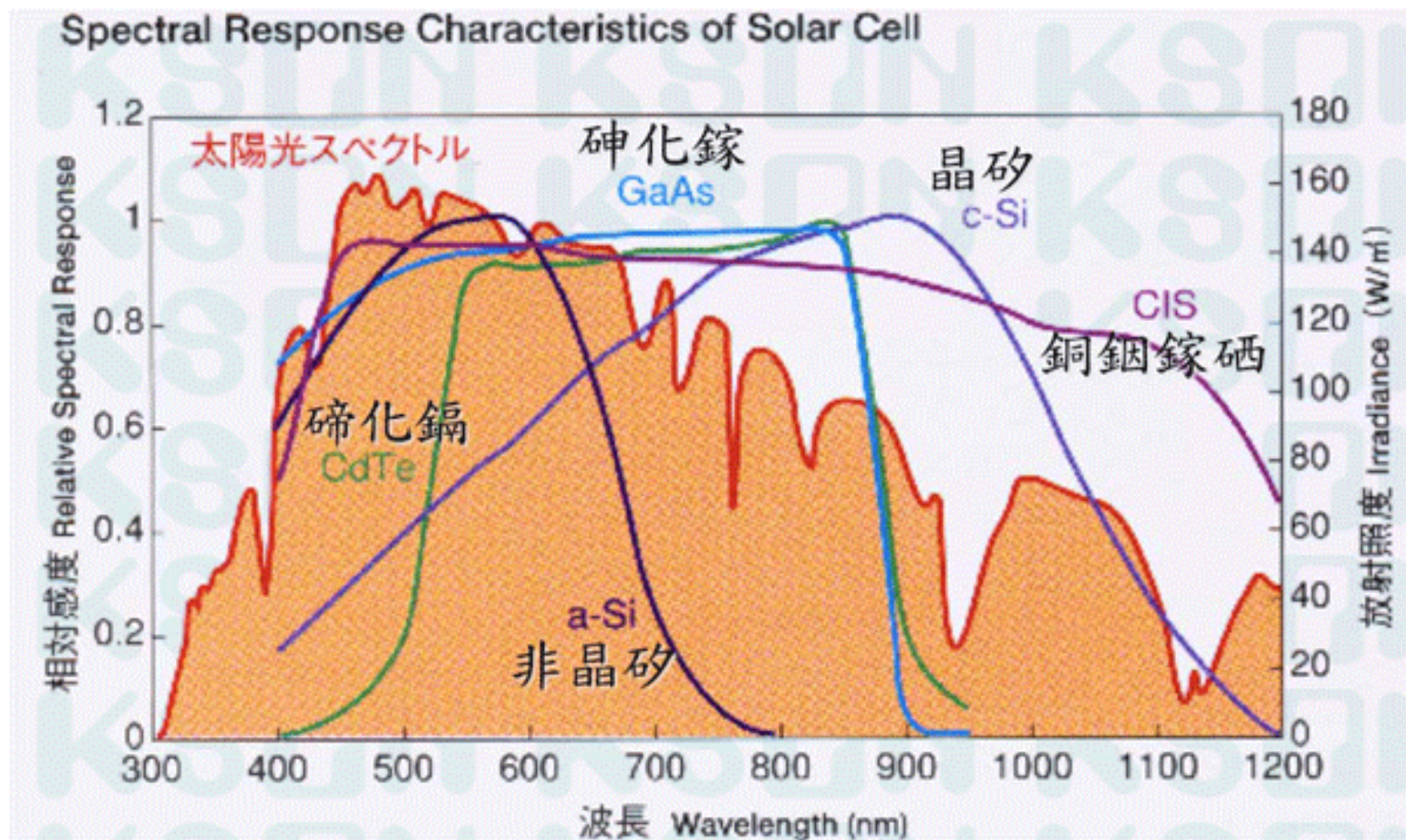


- 太陽電池產生的電是直流電，因此若需提供電力給家電用品或各式電器則需加裝直/交流轉換器，將直流電轉換成交流電，才能供電至家庭用電或工業用電。

太陽光電能的發展史

- 1953年，美國貝爾實驗室 Pearson 等三人首度完成矽質太陽電池的開發。早期太陽電池非常昂貴，只應用於玩具與手提收音機等的製作。太陽電池：USD300/W。傳統電力：USD0.5/W
- 1950 年代後期，美國發射美國第一顆人造衛星，但海軍不願採用太陽電池。人造衛星專家 Ziegler 博士獨排眾議，認為化學電池僅可供數天的電力，而太陽電池可提供數年的電力。
- 1950 年代後期太陽電池已被應用於人造衛星上，但當時NASA許多科學家仍指望使用核能於人造衛星上。但核能會有污染的問題，並且太陽電池專家設計出更大容量的太陽電池系統，可滿足各種人造衛星的電力需求。
- 1970 年代初期，太陽電池有了首次的地面應用市場。由於安全、易於安裝維護及可長期使用的特點，用於提供海上鑽油平台警示燈及警笛的電力

太陽能材料對光譜吸收能力表



太陽電池發展之三個世代 (Four generations of development)

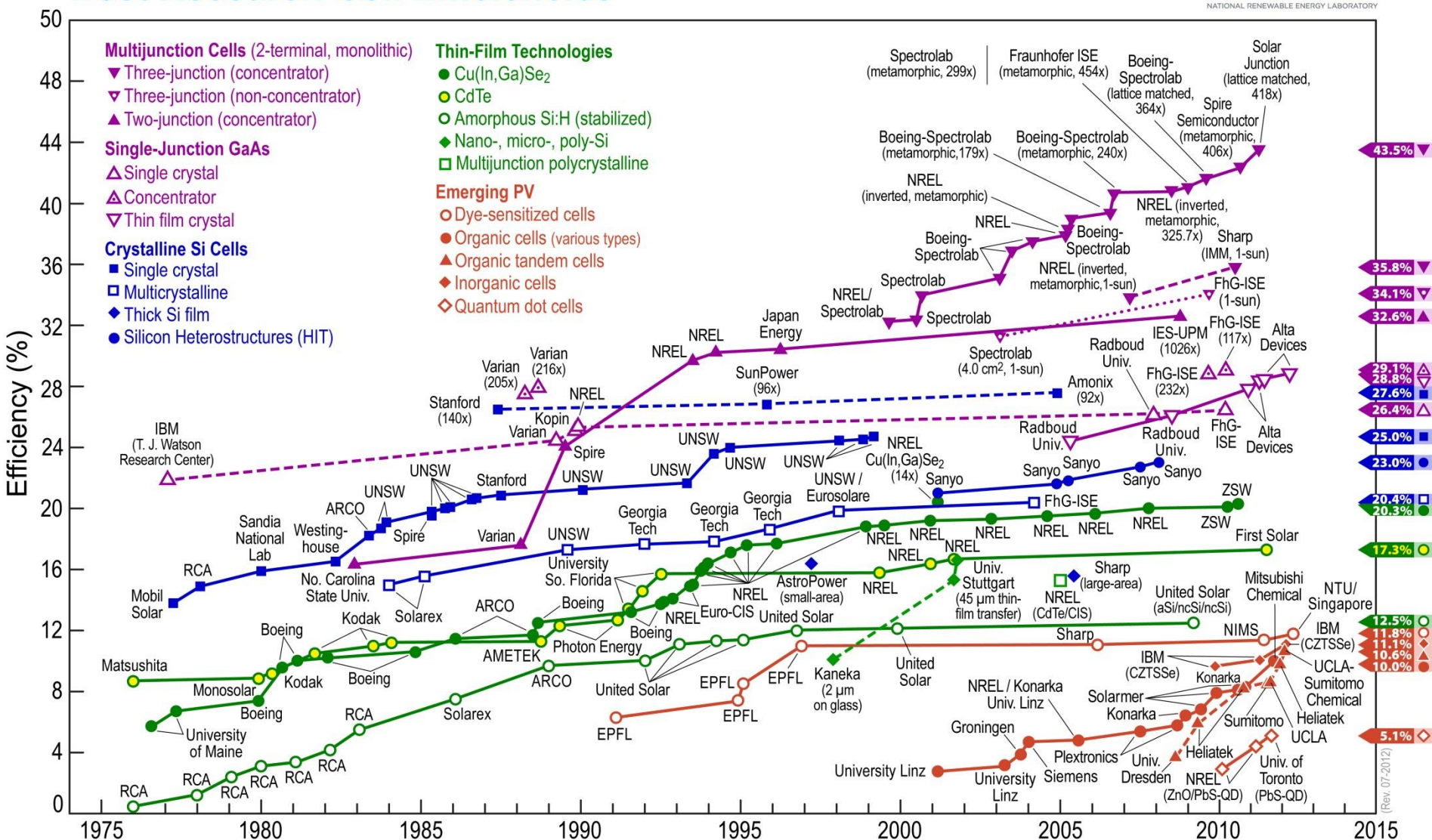
- 第一代: 基板矽晶 (Silicon Based)
- 第二代: 薄膜 (Thin Film)
- 第三代: 新觀念研發 (New Concept)



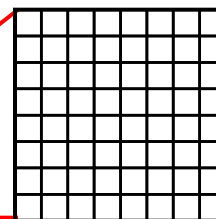
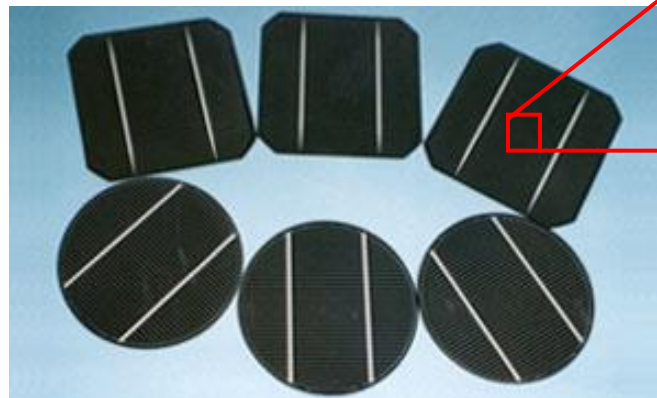
太陽能電池材料比較

太陽能電池種類		半導體材料	模組轉換效率
矽	結晶矽	<u>單晶矽</u> (晶圓型)	13 ~ 20 %
		<u>多晶矽</u> (晶圓型、薄膜型)	10 ~ 15 %
	非晶矽	α -Si、 α -SiO 、 α -SiGe	5 ~ 10 %
化合物半導體	二元素	GaAs(晶圓型)	GaAs 18 ~ 30 %
		CdS、CdTe (薄膜型)	7 ~ 10 %
	三元素	CuInSe ₂ (薄膜型)	8 ~ 10 %
染料型電池TiO ₂ (Dye Sensitized Solar Cell)			10 %
有機半導體 (有機薄膜太陽電池)			5%

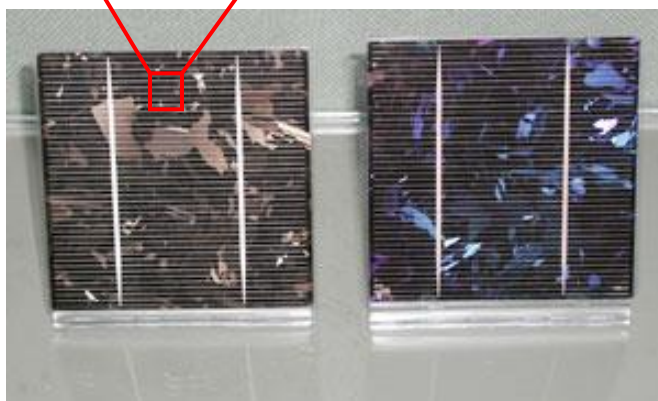
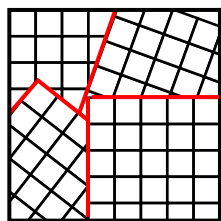
Best Research-Cell Efficiencies



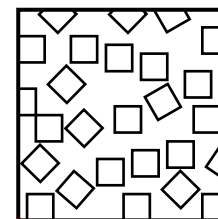
矽太陽能電池



單晶矽

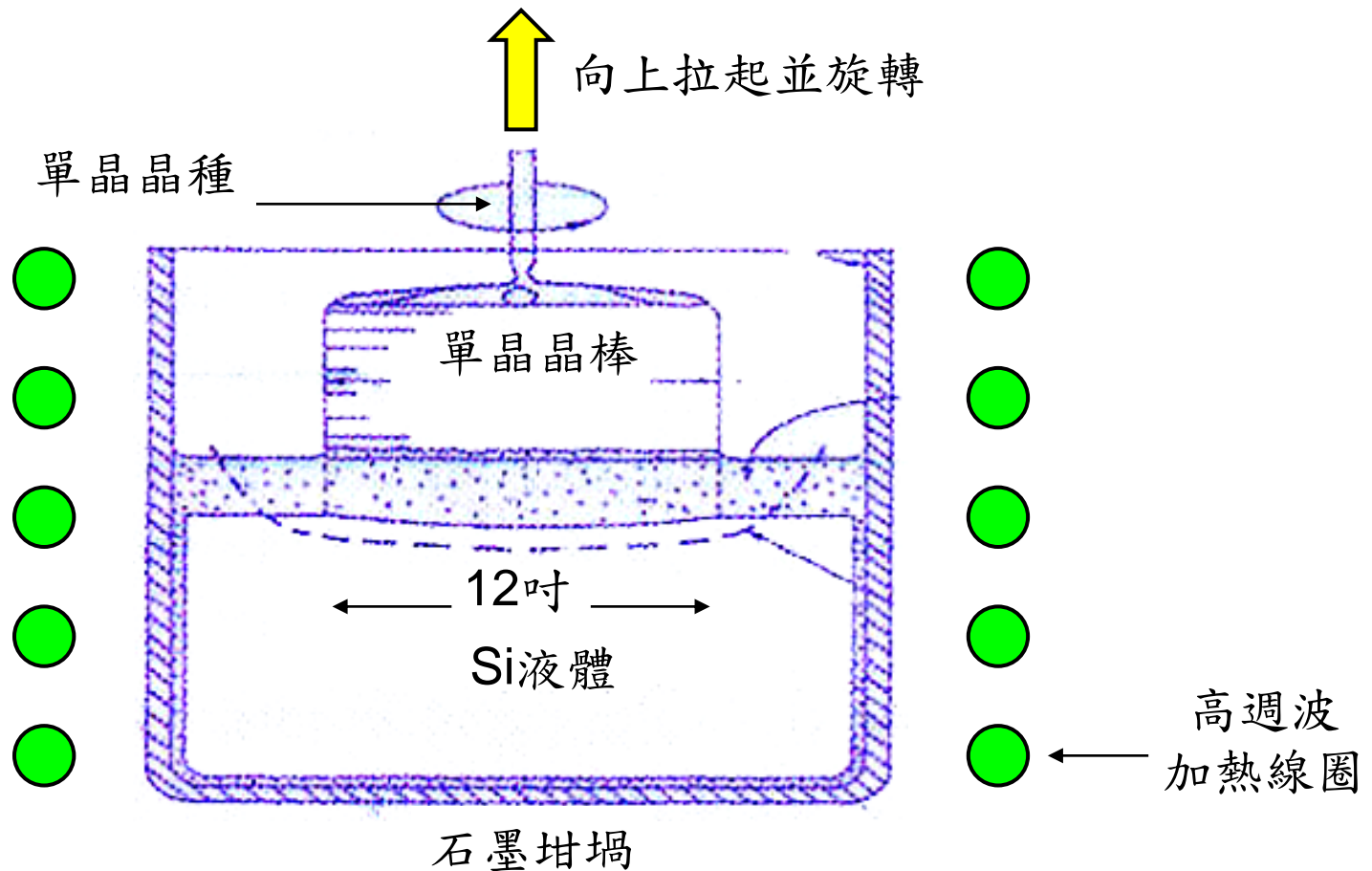


多晶矽



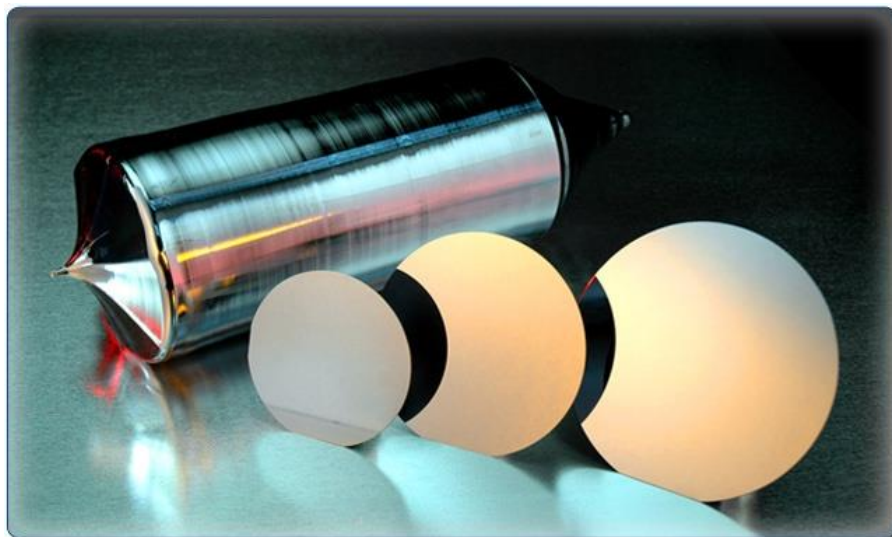
非晶矽

單晶矽太陽電池

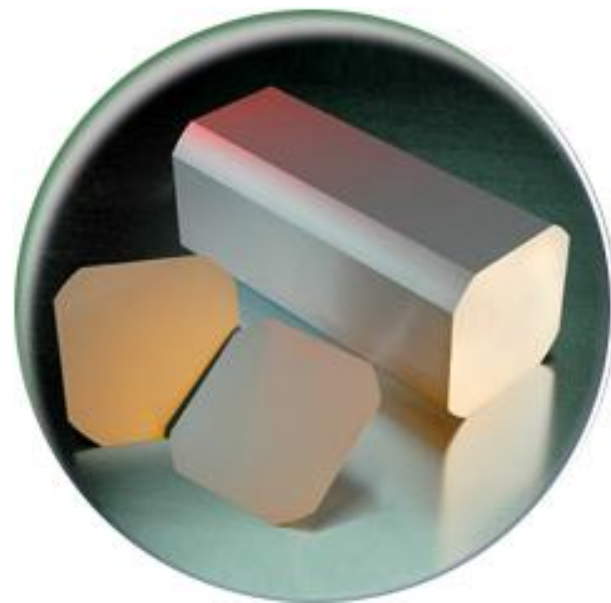


資料來源：新通訊元件雜誌，第三波資訊股份有限公司、www.saswafer.com.tw。

單晶矽太陽電池



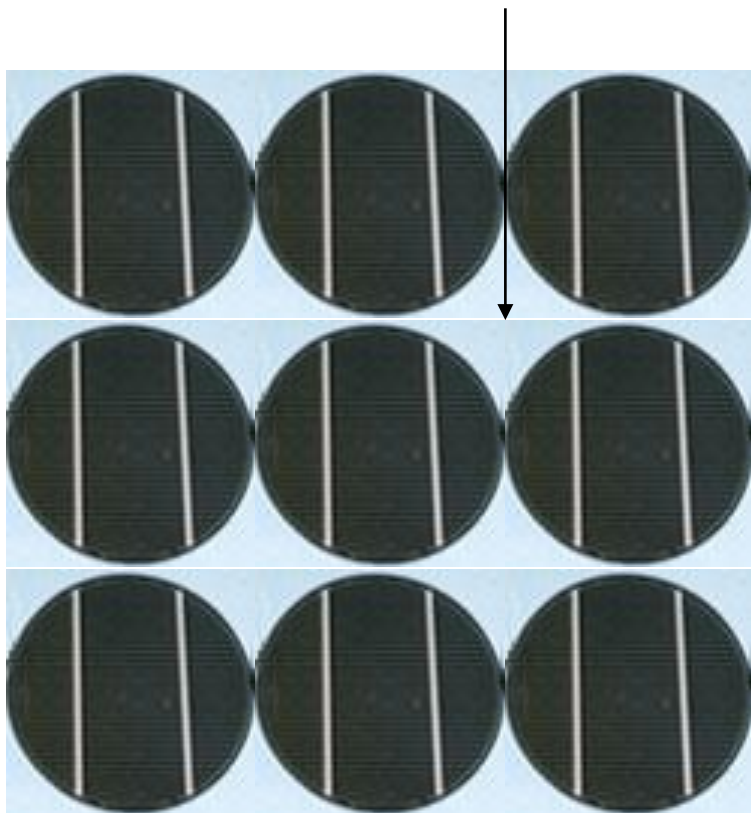
矽晶圓



矽晶方

單晶矽太陽電池

無法照射到太陽的區域



(a)



(b)

對於太陽電池而言，通常必須把許多晶片串聯成一方形陣，為了陣列排列的更緊密，大部分都先將單晶矽錠修角成四方形。

資料來源：經濟部能源局。

單晶矽太陽電池具備的幾個特點：

- **光電轉換效率高**：單晶矽太陽電池在實驗室階段能有 24% 的光電轉換效率，量產上亦可以達到約 15~18% 的晶片光電轉換效率。而多晶矽在實驗室的效率可達 19.8%，在量產上可達 13~16%。
- **基本技術成熟**：不論長晶、晶圓製作技術、或者是 pn 接合形成等，由於大部份技術和半導體技術共通，皆有長久的發展歷史。
- **高信賴性**：發電特性安定，從利用於人造衛星，燈塔等的經驗，已知具有三十年以上的使用壽命。



第二代薄膜太陽能電池

- 以薄膜製程來製造電池。

- 種類可分為

 - 多晶矽（Polycrystalline silicon）、

 - 非晶矽（amorphous silicon）、

 - 碲化鎘（Cadmium Telluride, CdTe）、

 - 銅銦硒化物（Copper Indium Selenide CIS）、

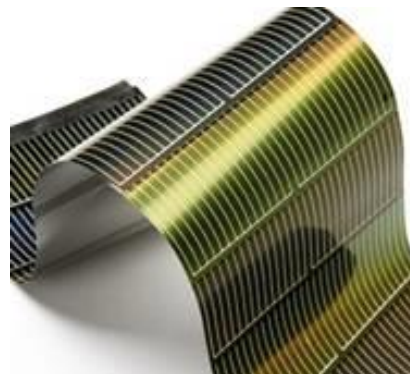
 - 銅銦鎵硒化物（Copper Indium Gallium Selenide CIGS）、

 - 砷化鎵（Gallium arsenide GaAs）



薄膜太陽電池

- 將薄薄一層的光電轉換層濺鍍在低成本的玻璃上，原料成本占成品成本比例相當低。
- CIGS 在單接面(single junction)薄膜太陽電池中能源轉換效率最高；美國能源署國家再生能源實驗室(National Renewable Energies Laboratory, NREL) 2008年3月24日宣佈CIGS 太陽電池發電效率已達19.9%。



可撓式非晶矽薄膜太陽電池

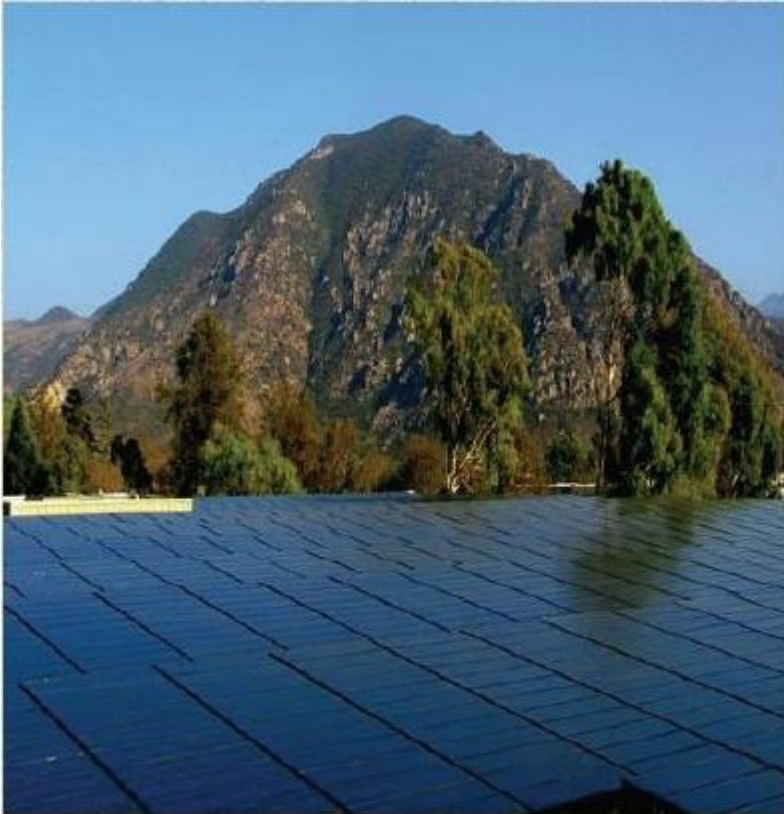


a-Si:H Thin-film Solar Cell (UniSolar)



光電系所

CIS薄膜太陽電池



245-kW rooftop, thin-film CIS-based solar electric array, Camarillo, California (Shell Solar Industries.)



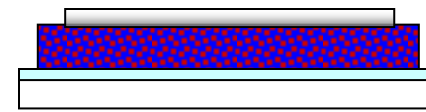
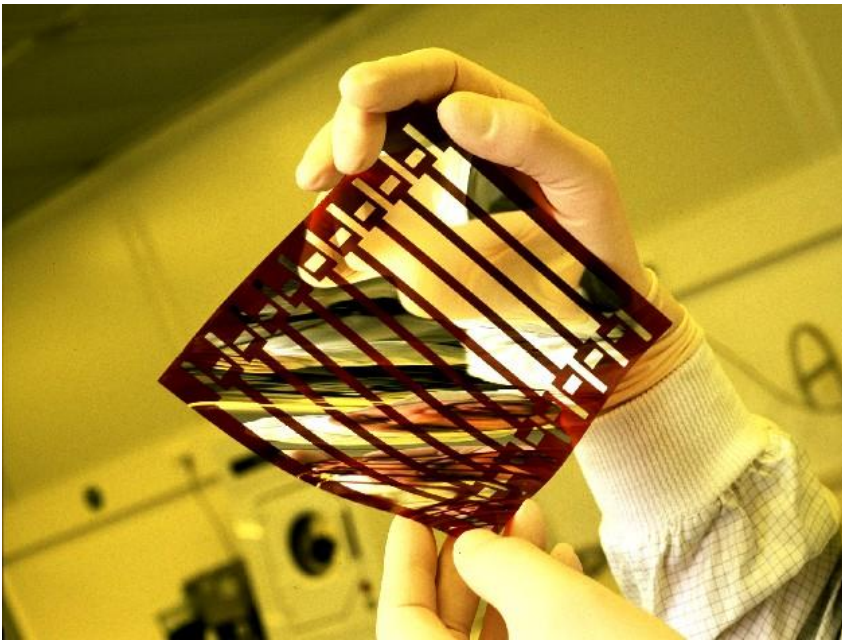
85-kW thin-film CIS-based BIPV facade, North Wales, UK

第三代太陽電池

- 與前代電池最大的不同是製程中導入有機物和奈米科技。種類有光化學太陽能電池、染料光敏化太陽能電池、高分子太陽能電池、奈米結晶太陽能電池。



有機太陽電池 (organic solar cells/ polymer solar cells)



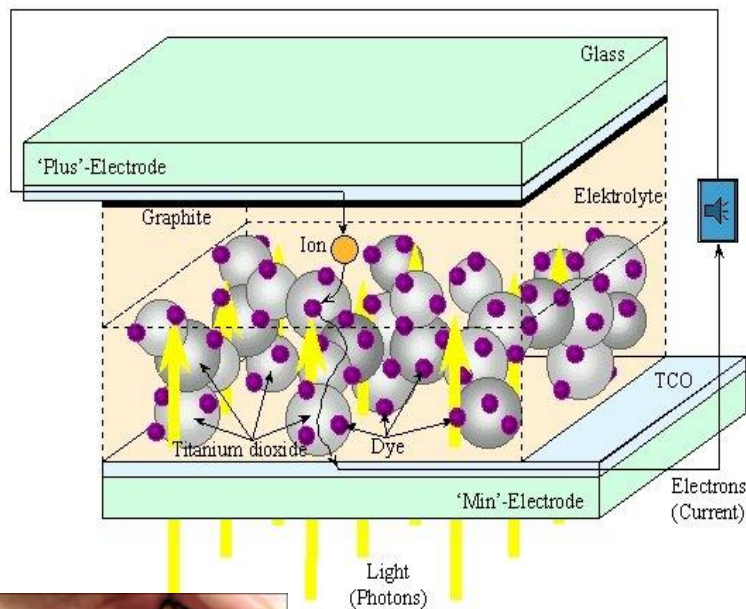
$h\nu$

具有可撓性、質量輕、低溫製程、成本低廉、便於大面積製造等優點，未來轉換效率仍有極大的進步空間

A **Flexible, printed** plastic solar cell with **high efficiency** made by SIMENS AG

染料敏化太陽能電池

Dye-Sensitized Solar Cells (DSSCs)

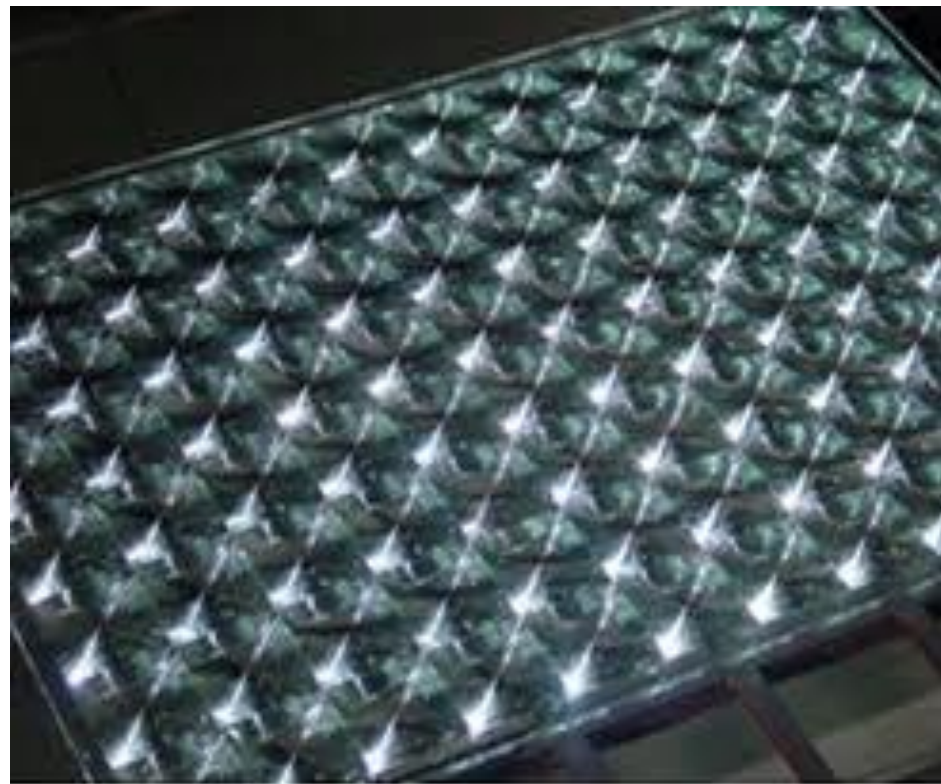


□ 優點在於原料成本低、製程容易與簡單的製程設備，未來可降低太陽電池發電成本至 US\$0.2/Wp 以下，為所有太陽電池中製作成本最低者，僅約傳統矽基材料太陽電池成本的 1/5~1/10。

□ 擁有半透明特性，因此適合建材化作為建築窗材，適用於玻璃帷幕大樓，同時作為遮陽、絕熱及發電利用的功能

聚光型太陽能電池

Concentrator Photovoltaic



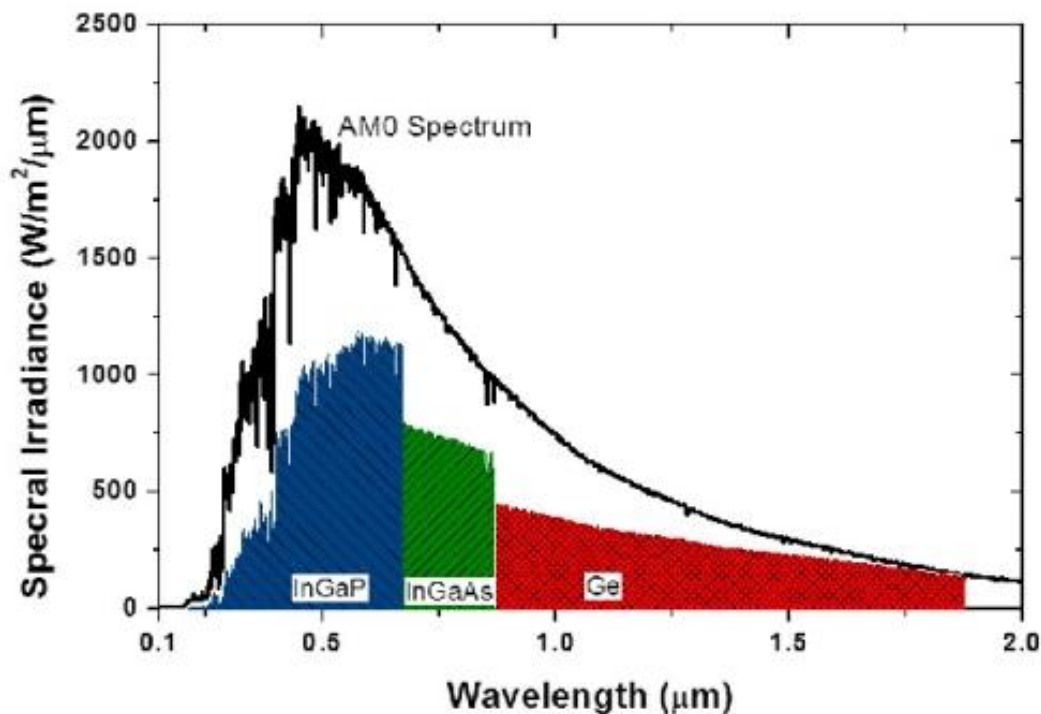
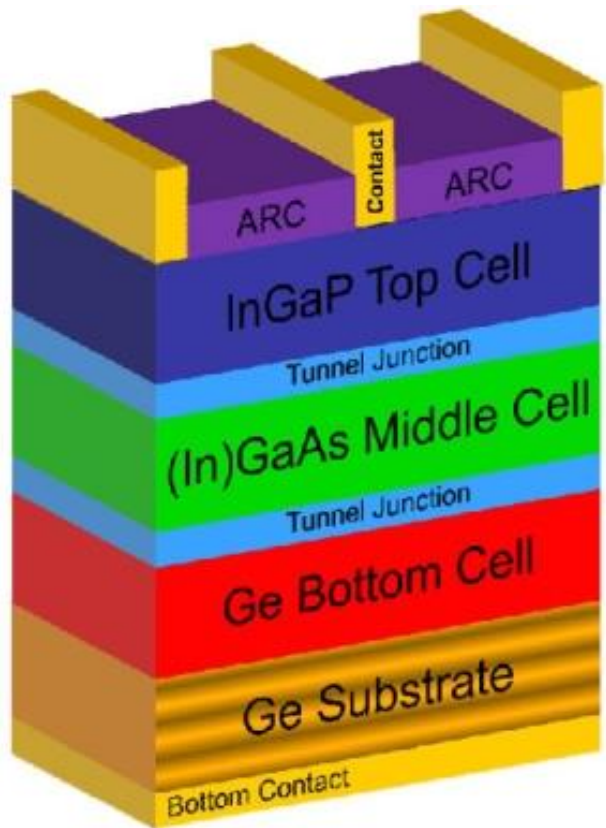
使用透鏡將光聚集到狹小的面積上來提高發電效率。

追日系統 (Solar tracker)



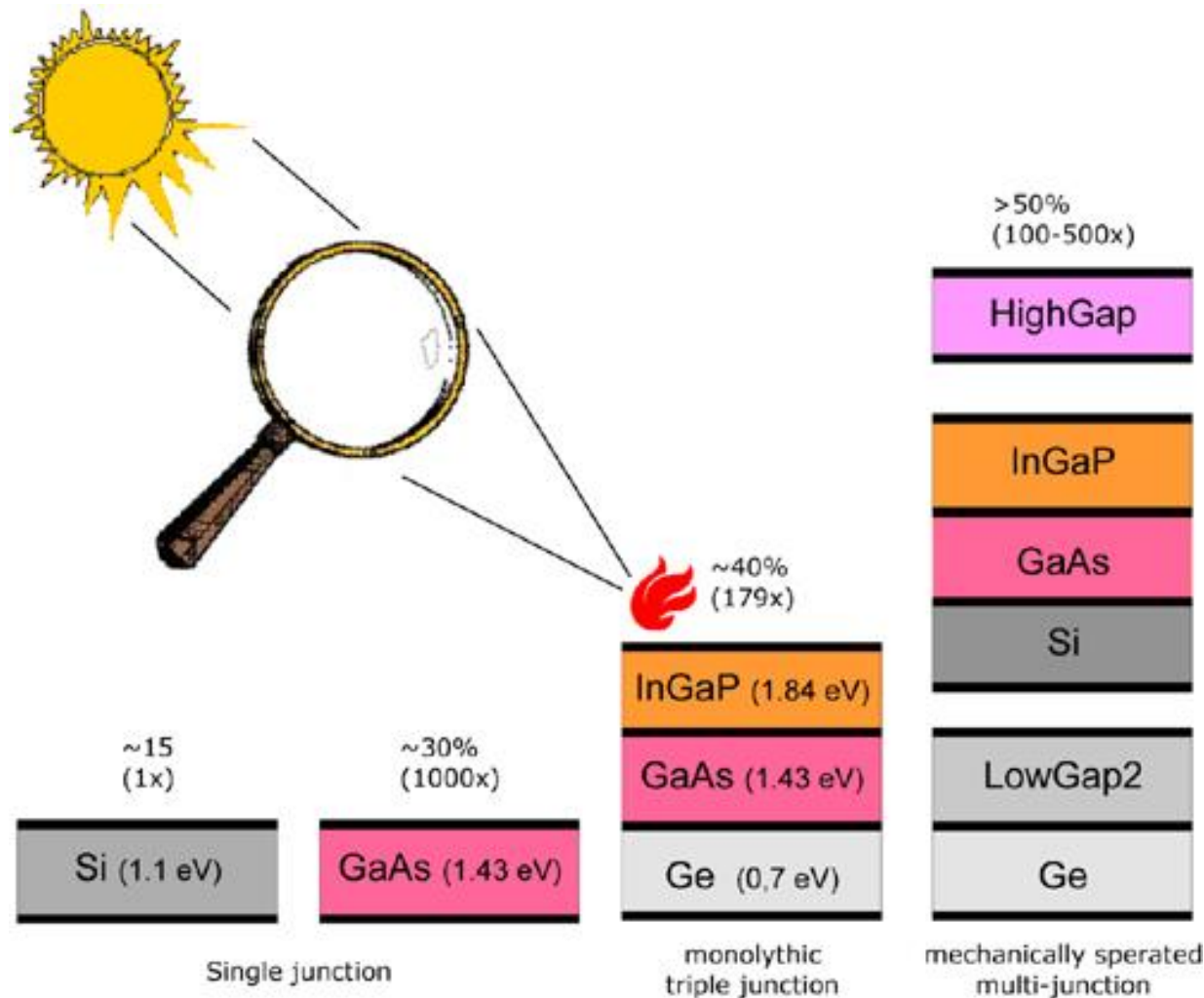
追蹤及定位太陽的位置，使太陽能版能接受最大的照度

串疊型電池 (Tandem Cell)

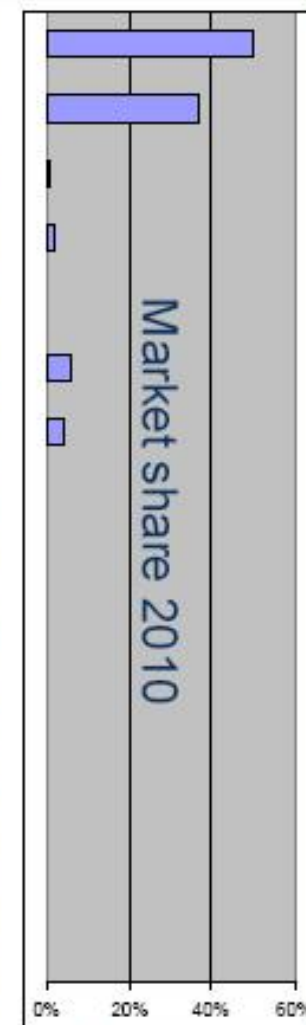
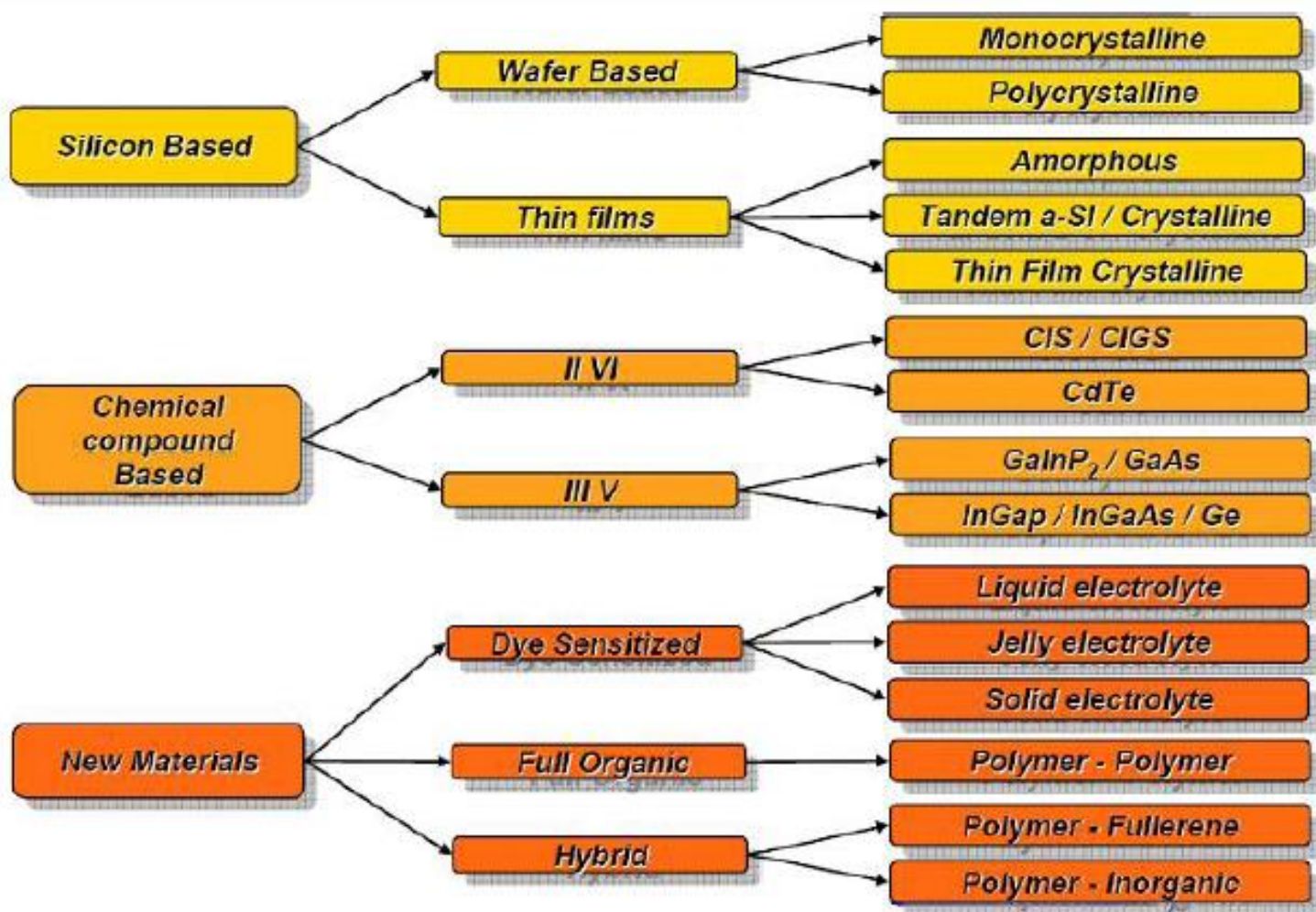


或叫多接面 (multi junction) 太陽電池，
藉由設計多層不同能隙的太陽能電池來達到吸收效率最佳化的結構設計。

Efficiency of different types of solar cells under direct light (silicon) and concentration



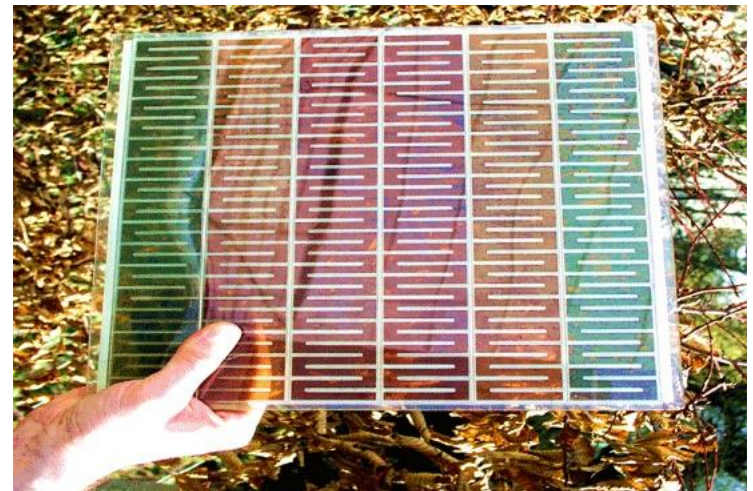
2010 太陽光電市場



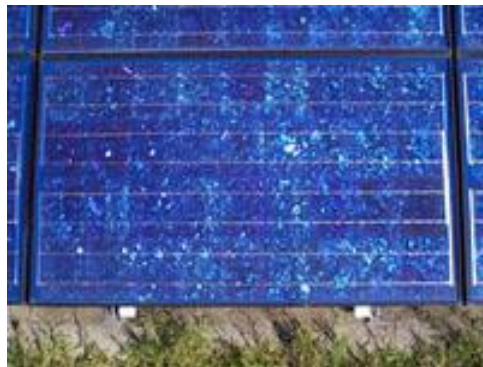
太陽電池模板外觀範例



單晶矽模板



半透光型模板



複晶矽模板



非晶矽模板

太陽光電發電系統



單元太陽電池
(Unit Solar Cell)



太陽電池模板
(PV Module)



太陽電池組列
(PV Array)



蓄電池
(Battery)



電力轉換器
(電力調節器)
(Inverter、
Conditioner)



→ 太陽光電發電系統

- 主要電源(獨立型系統)
- 輔助電源(併聯型系統)*
- 混合電源(防災型等.....)*

*可逆送電：在市電電力網上的逆向
能量輸送(相位超前)

太陽光電各種應用

Accessory



Integration



Embedment



光合作用

photosynthesis



(a) 爭取光合作用而向上生長的綠色植物，(b) 光合作用示意圖。



amazingly cheap and efficient

- “A leaf is an amazingly cheap and efficient solar cell,”
- “The best leaves can harvest 30 to 40 % of the light falling on them. The best solar cells we can build are between 15 and 20 percent efficient, and expensive to make.