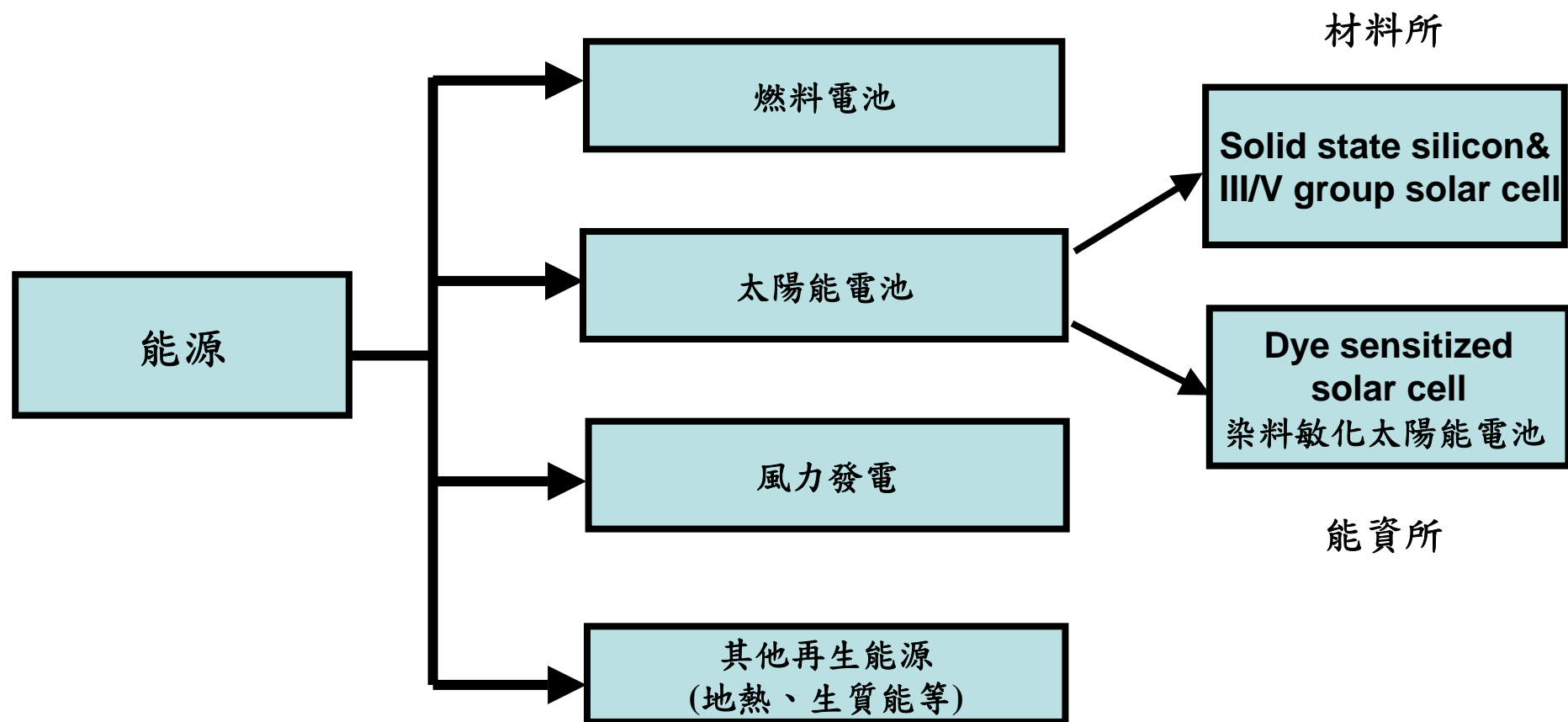




工研院 能資所 吳志明

2005.11.16

1. 能源危機與溫室效應
2. 再生能源之明日之星-太陽能發電
 - Solid state silicon and III/V group solar cells
(固態矽與三五族太陽能電池)
 - Dye-sensitized solar cells
(染料敏化太陽能電池)
3. 奈米技術之應用
4. 太陽光電系統
5. Acknowledgements



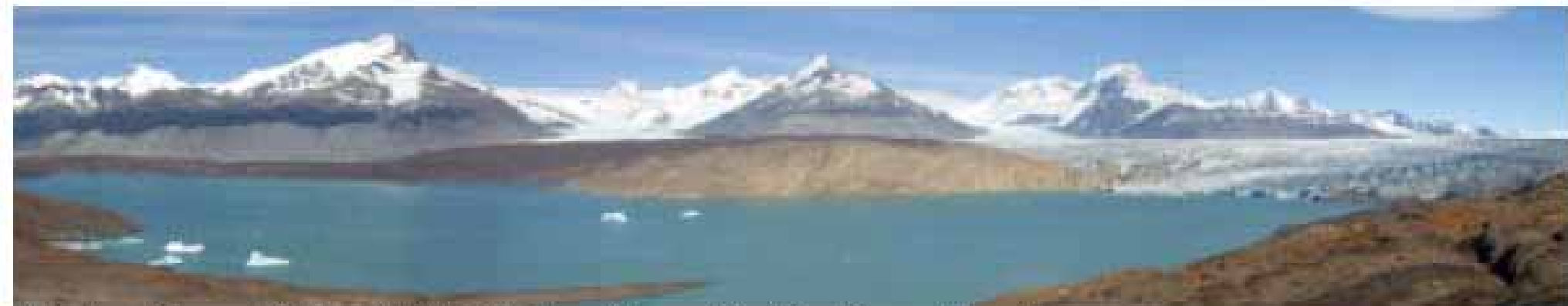
1. 能源危機與溫室效應

溫室效應使地球平均氣溫一直升高



© Archivo Museo Sarmiento

Original photograph taken in 1928 of the Upsala Glacier, Patagonia, Argentina



© Greenpeace/Alamy

Climate Impact Documentation: Patagonia (Chile : 2004). Composite image of Upsala Glacier, Patagonia, Argentina.

1928年與2004年阿根廷的冰河消退對照

資料來源：Renewable Energy The Solution to Climate Change，www.erec-renewables.org

全球氣候變化趨勢統計

- 20世紀全球平均地表氣溫升幅約 $0.6\sim 1^{\circ}\text{C}$ 。
- 自1950年以來極低溫度的頻率減少，出現極高溫度的頻率略增。
- 20世紀全球海平面平均高度已上升 $0.1-0.2\text{ m}$ 。
- 20世紀全球發生嚴重乾旱及洪水頻率略增。
- 20世紀北半球中高緯度地區發生豪雨的頻率已經增加 $2\%-4\%$
- 20世紀中高緯度地雲層增加 2% 。
- 衛星資料顯示，自1960年代末期以來全球覆雪面積以減少 10% 。
- 地面觀測資料顯示，20世紀北半球中高緯度的湖泊及河面覆冰期以減少兩週。

溫室氣體與地球暖化

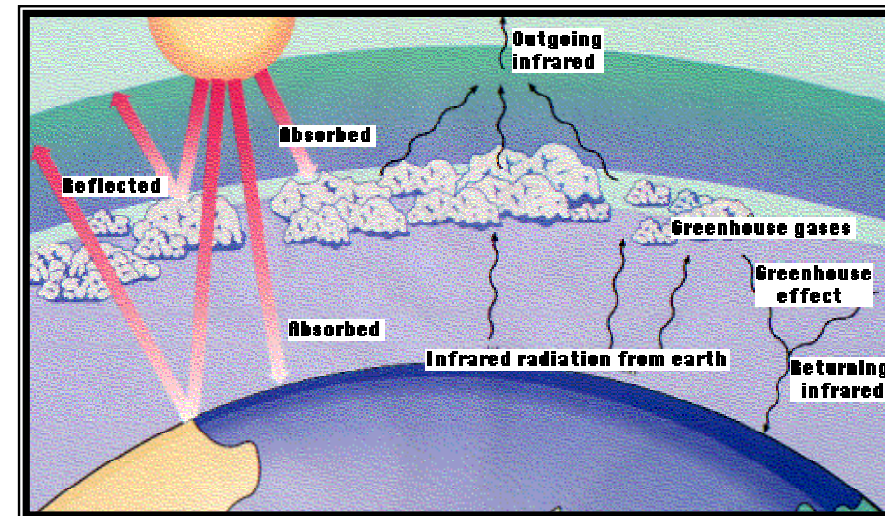
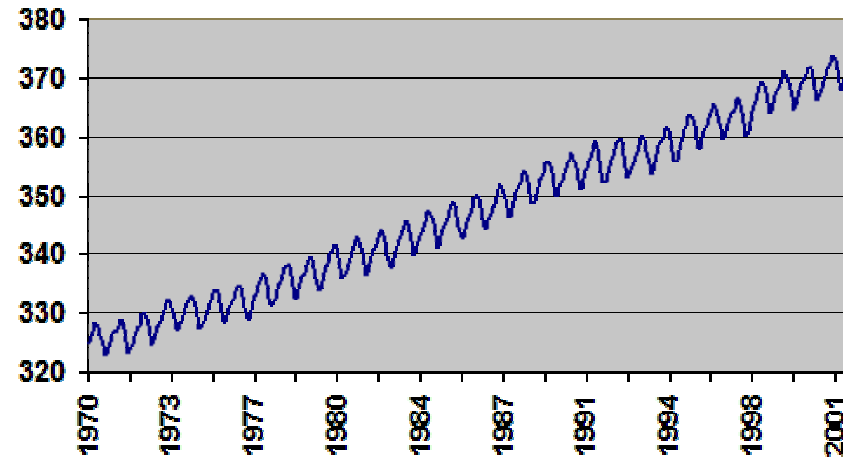
自1890年以來至今地球的「年平均溫度」上升0.6~1.0攝氏度

溫室氣體濃度升高造成地球溫暖化，一般認定六種溫室氣體(Greenhouse gas, GHG)：CO₂、(甲烷)CH₄、(氧化亞氮)N₂O、(氫氟碳物)HFCs、(全氟碳化物)PFC_s、(六氟化硫)SF₆

溫室氣體	工業革命前	1996	2100(BAU)
CO ₂ (ppm)	278	363	700
CH ₄ (ppb)	790	1780	3600
N ₂ O(ppb)	270	310	420
HFCs(ppt)	0	980	1107

*Tom M.L.Wigley

Atmospheric CO₂ Concentration at Mauna Loa (ppm)



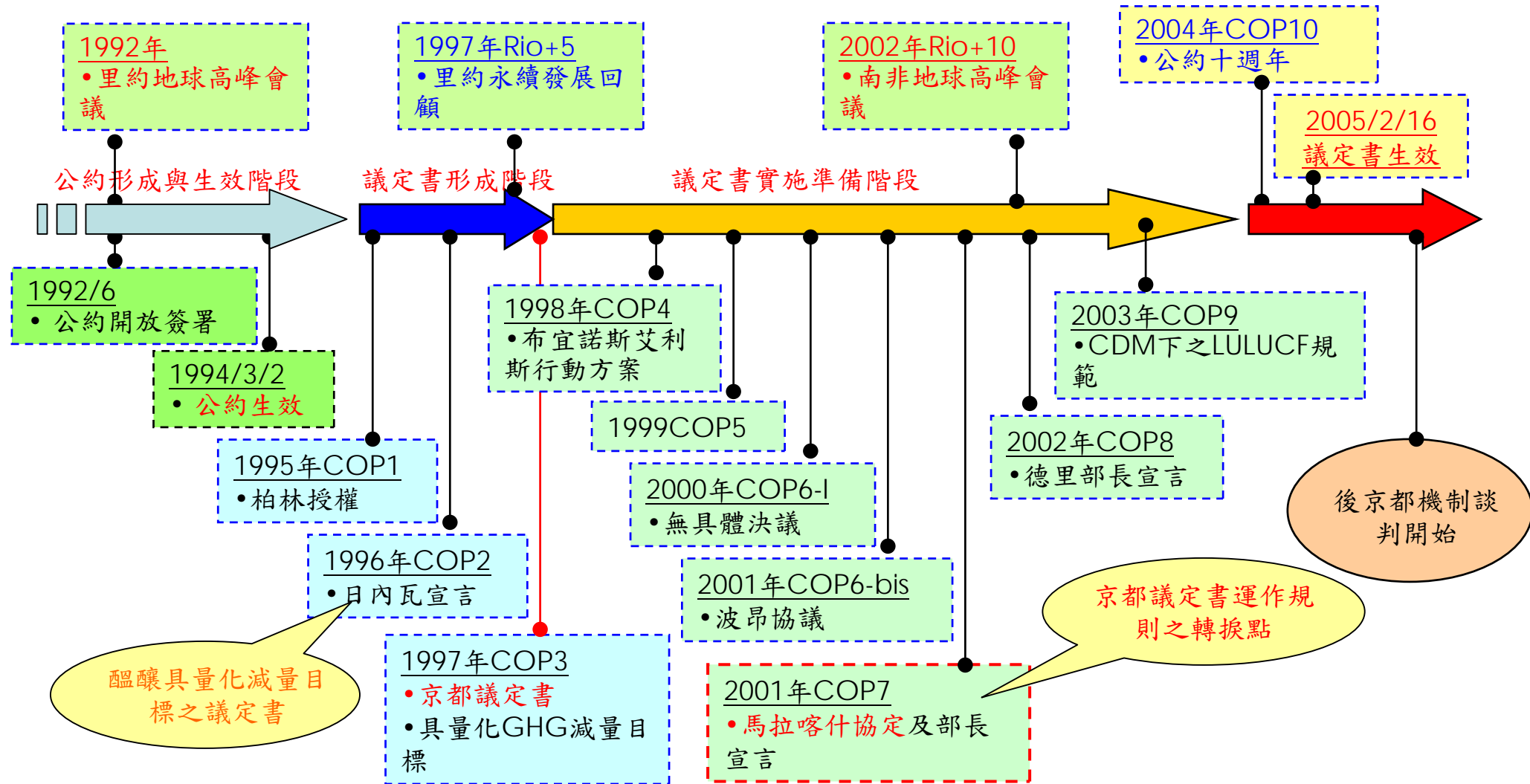
Humanity's Top Ten Problems for next 50 years

1. ENERGY
2. WATER
3. FOOD
4. ENVIRONMENT
5. POVERTY
6. TERRORISM & WAR
7. DISEASE
8. EDUCATION
9. DEMOCRACY
10. POPULATION



Source: Richard Smalley, Energy & Nanotechnology Conference
Rice University, Houston May 3, 2003

氣候變化公約與議定書發展

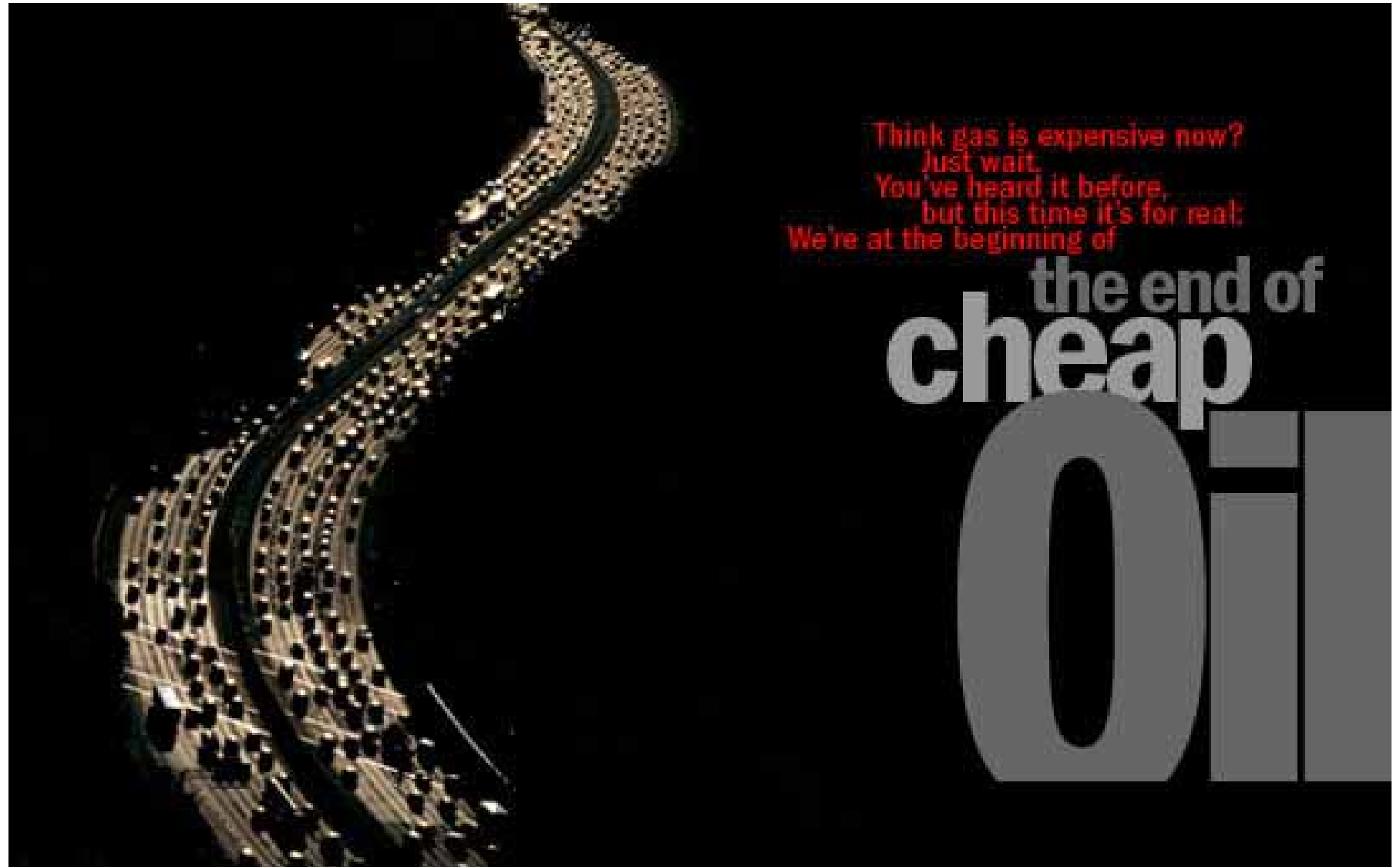


京都議定書

- 由36個工業國共同訂定法律規範約束溫室氣體的排放量。
- 2008-2012年降低排放總量到1990年水準5.2%以下。
- 各國皆訂定達成使用再生能源比例佔總體佔總體使用能源12%~15%之目標。
- 6種管制溫室氣體
前三類: CO₂、甲烷與氧化亞氮—回到1990年標準。
後三類: 氫氟碳化物、全氟化碳與六氟化硫回到1995年標準。

新能源: 包括太陽能、風能、生質能、地熱、水力、海洋潮汐、波浪...等符合環境永續發展物質，以及可生生不息、循環再利用的再生能源，另外還有就是氫能；關於氫能之應用，目前多以燃料電池來體現。

No more cheap oil



National Geography, June 2004

傳統能源存量有限

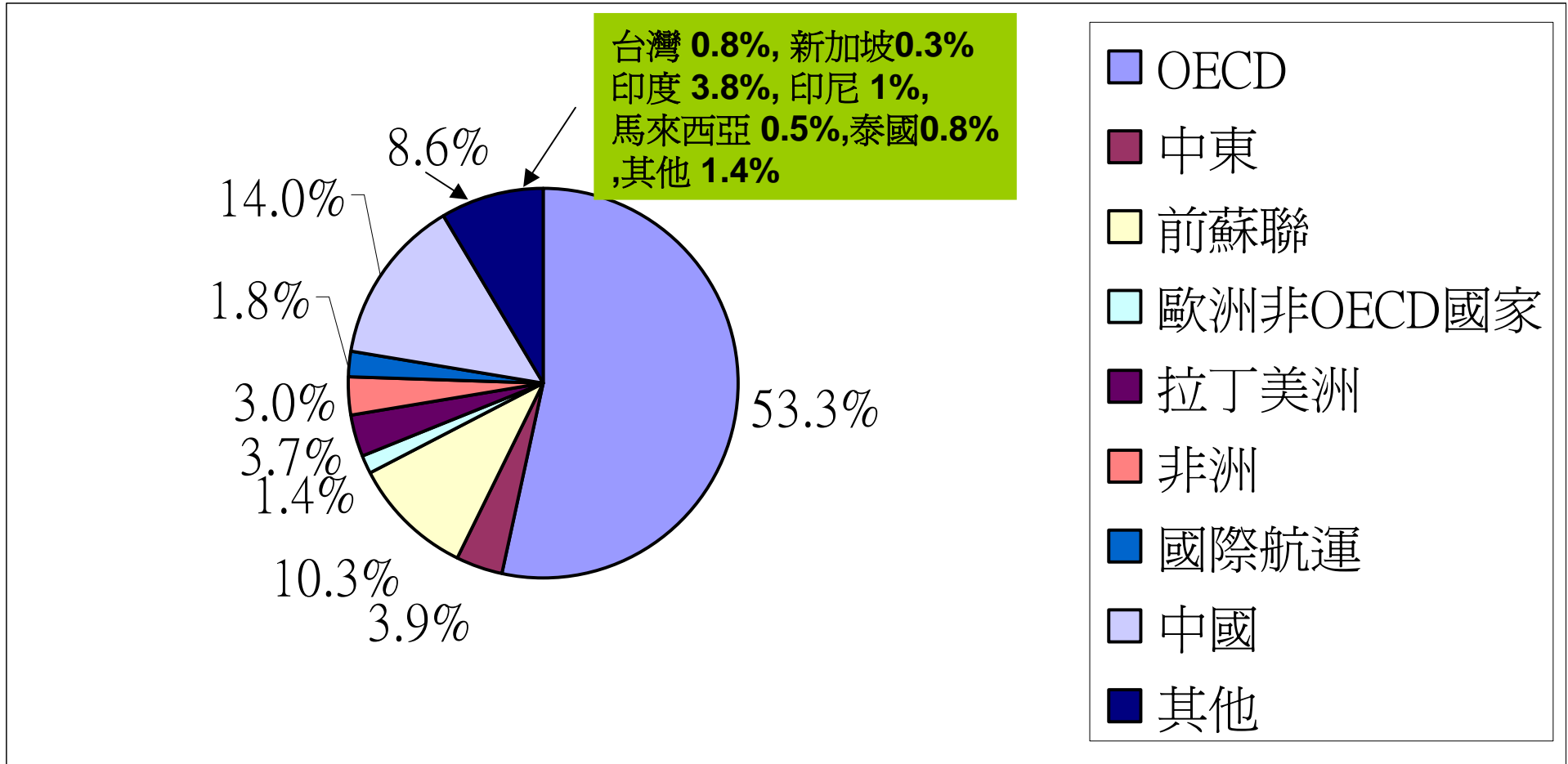
- 目前地球平均溫度比20年前高了0.2°C 以上
- 石油儲藏量剩下1兆338億桶(Barrel)，可使用43年
- 天然氣儲藏量剩下146兆立方公尺，可使用62年
- 煤儲藏量剩下9,842億噸，可使用230年
- 鈾儲藏量剩下395萬噸，可使用64年

但是不必等到石油耗盡，能源的價格將會飆漲到
大家都無法承受！

台灣所使用能源，98%仰賴進口！

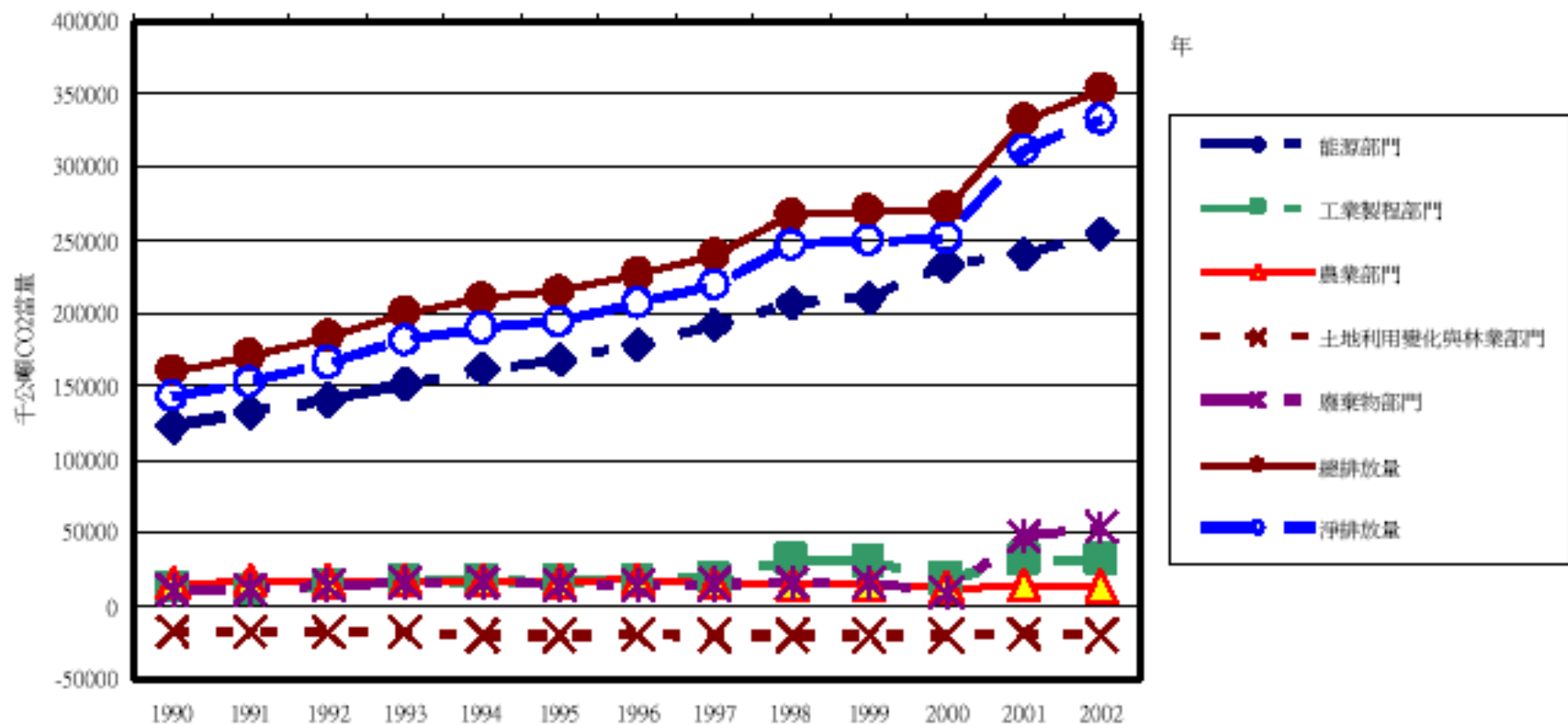
全世界至少20億人口，目前仍無電可用！

台灣二氧化碳產生與世界各國比較



OECD :經濟合作與發展組織

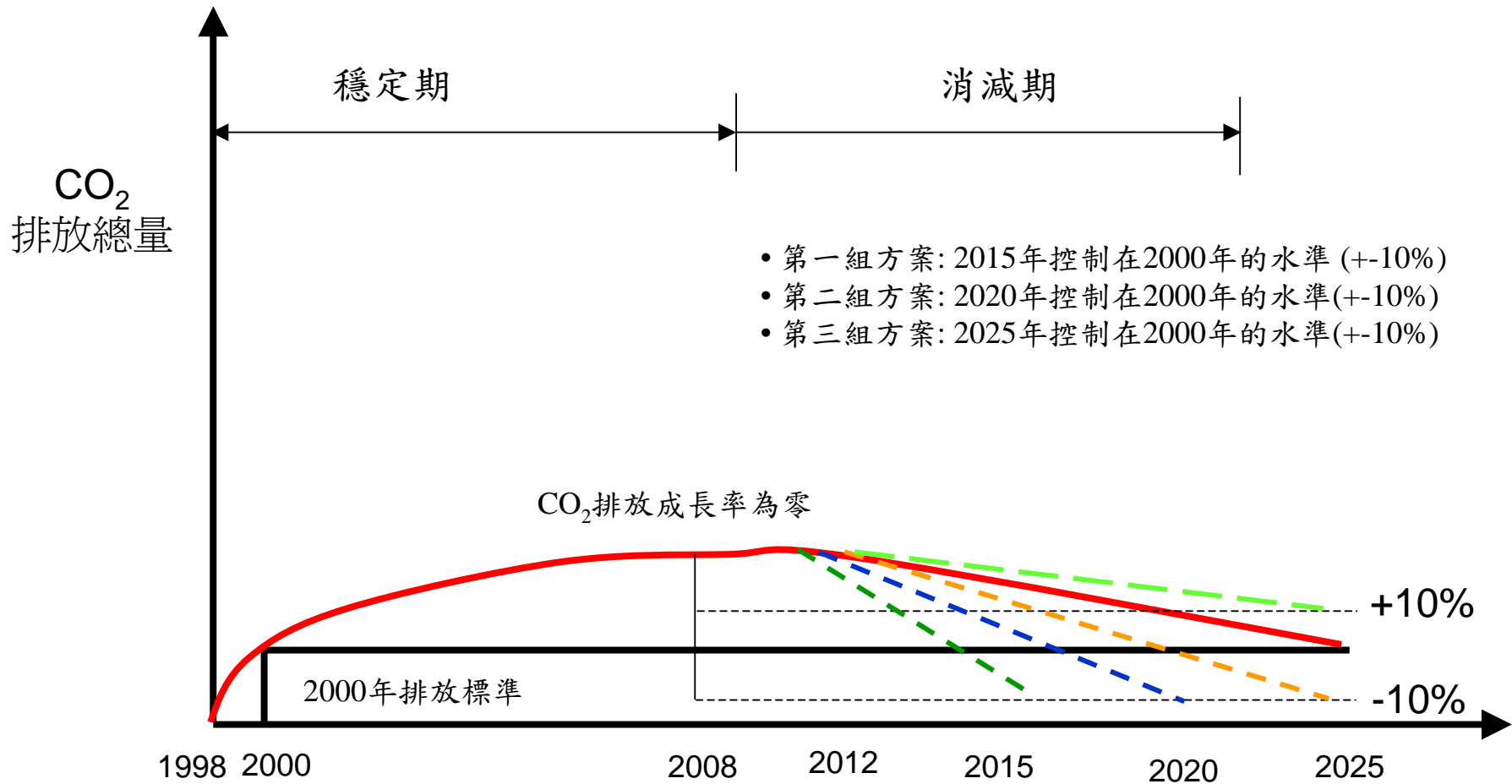
台灣地區溫室氣體排放趨勢



我國 1990~2002 年各部門別溫室氣體排放與吸收量趨勢

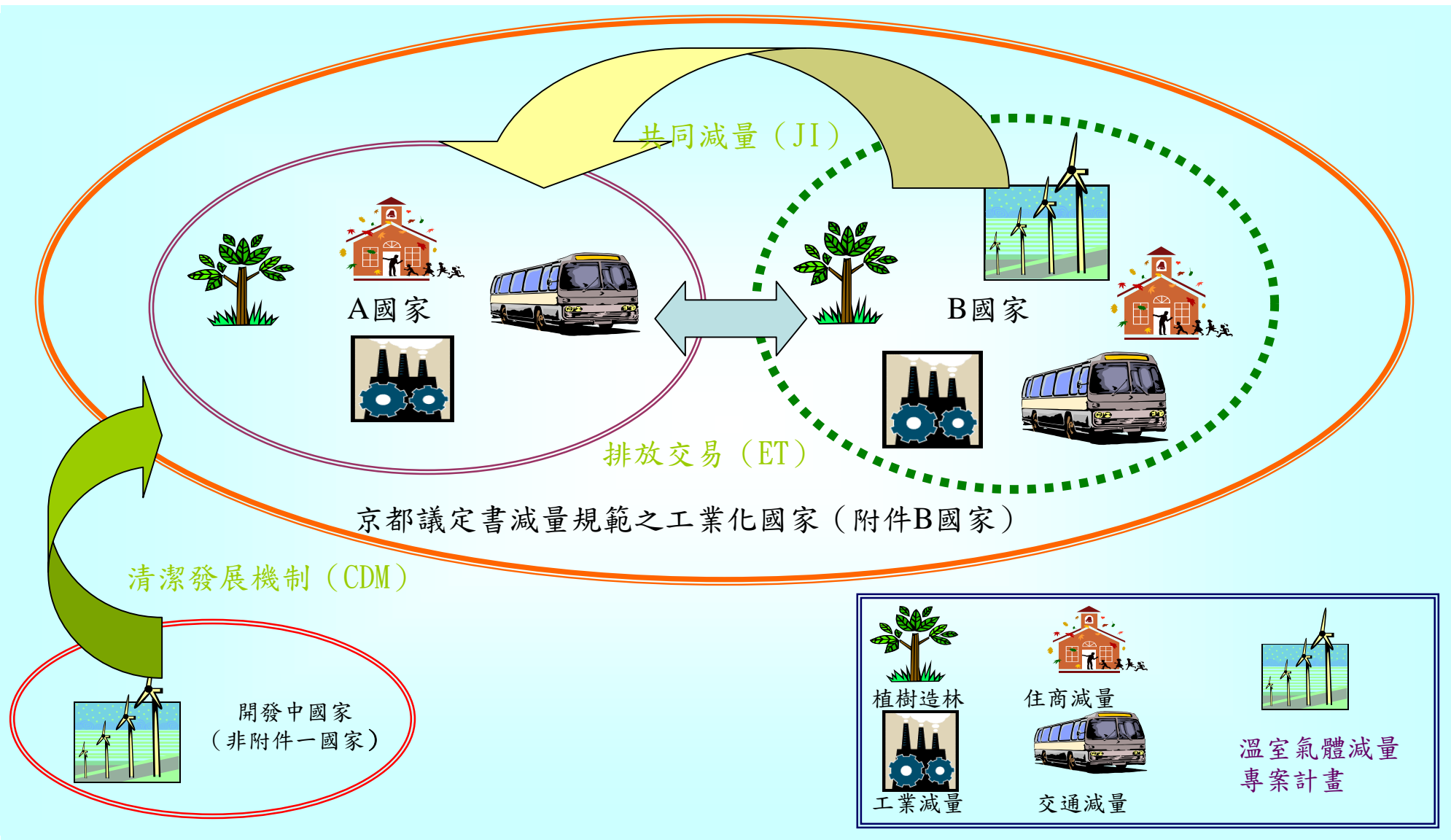
資料來源:經濟部能源局;中央研究院

台灣CO₂減量目標示意圖



- 依照工業國經驗，必須先將能源排放達到穩定狀態之後才有能力論及減少CO₂排放。
- 切線為CO₂排放成長率。
- 2008-2012年，將二氧化碳排放成長幅度緩和，並逐步將成長歸零，再依規劃之三組方式進行減量。

京都議定書的機制



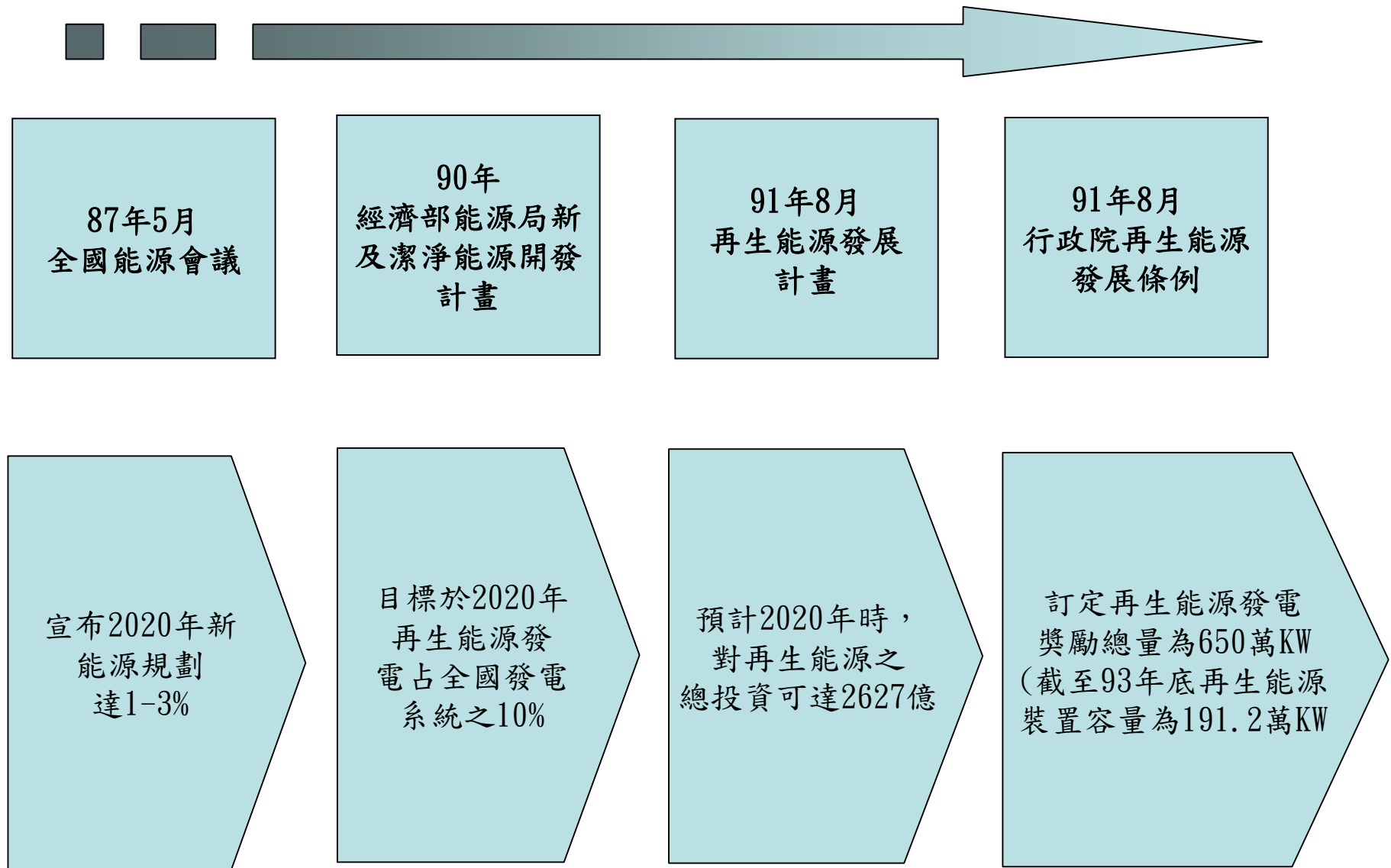
國內產業之衝擊

台電每發一度電將產生
0.5 kg之CO₂，約佔全國
CO₂排放總量之三分之一，
為全國產業溫室氣體之首

ISO國際標準組織已成立
“氣候變遷工作小組”檢討ISO
14000認證制度關於溫室氣體
減量之應用

依環保署規劃，至2010年前
CO₂排放量成長率必須減緩至
2%-3%，2010年~2020年零成長
，2020年以後開始進入減量期

- 台電公司積極進行各類再生能源之應用評估。
- 企業需提早重視環保問題，因應貿易制裁、ISO認證或被課徵碳稅。
- 政府鼓勵再生能源，企業設置在生能源提升形象。
- 植樹造林，設置在生能源，抵減溫室氣體排放量



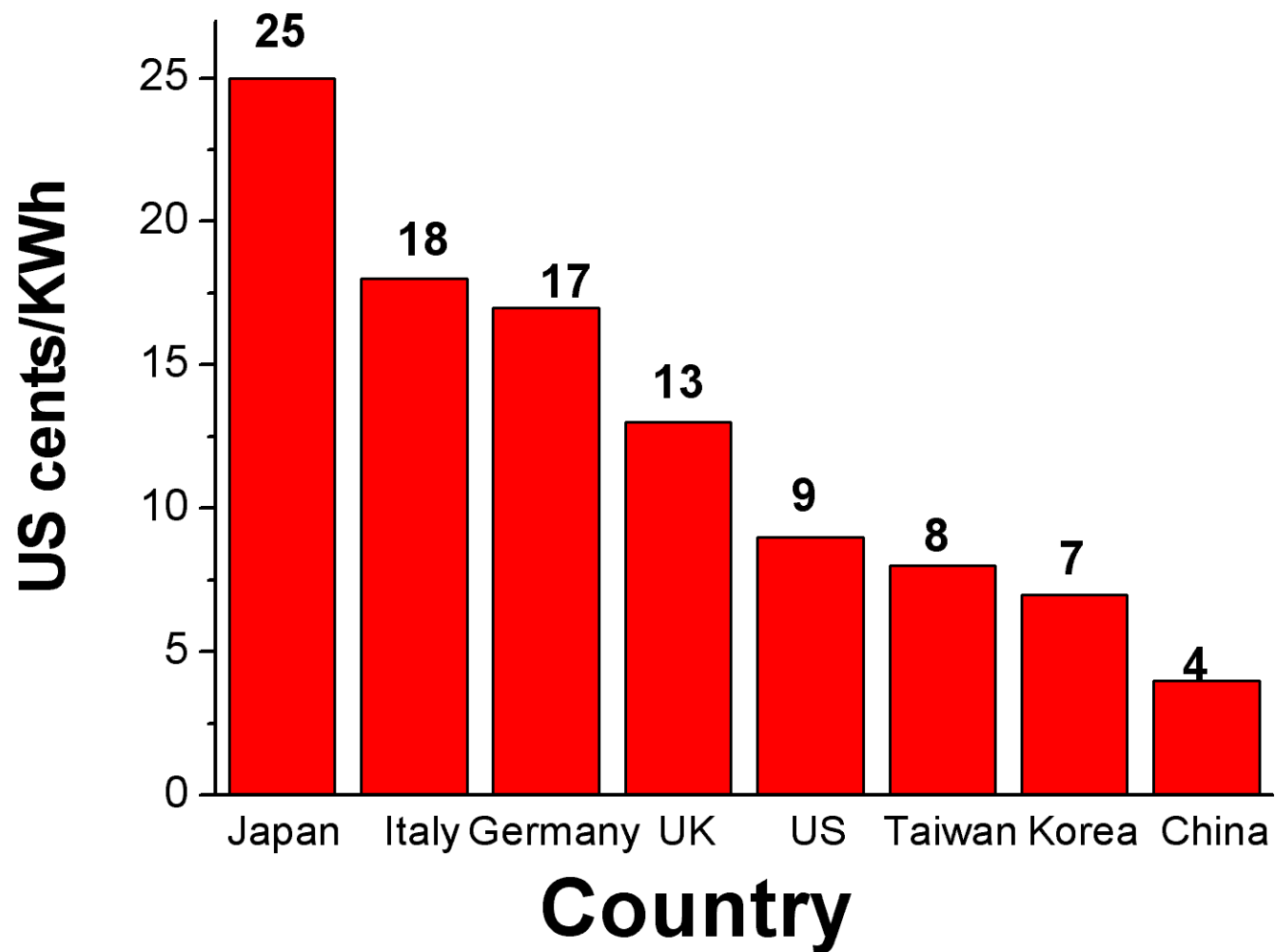
台灣現行再生能源獎勵措施

種類	獎勵措施名稱	推動現況
太陽光電	太陽光發電示範系統設置補助要點 •補助金額: 15萬元/kW •補助上限:系統設置費50%	目前累計設置完成69套示範系統(618kW)
地熱	地熱發電示範系統設置補助要點 •補助上限:地熱探勘成本50%	正協助推動宜蘭清水地熱利用，初期規劃設置5kW示範廠
再生能源電能收購	台電再生能源收購作業要點	<ol style="list-style-type: none"> 1. 以每度電2元收購 2. 目前以評估通過9.9萬kW 3. 再生能源總收購由30萬KW擴增至 60萬kW
財稅獎勵	促進產業升級要點	<ol style="list-style-type: none"> 1. 公司設置新及潔淨能源設備支出11%內，得底免營利事業所得稅 2. 低利貸款 3. 兩年加數折舊
	公司購置節約能源或利用新及能源設備或技術適用投資抵免辦法	
	關稅減免	

主要國家再生能源措施

國家	主要措施	未來措施
德國	再生能源優先法(Act on Granting Priority to Renewable Sources)，規範公用電業有向再生能源發電者購買電力的義務	2010年再生能源發電量佔比為12.5%
英國	公用事業法(Utilities Act)，要求電業之電力供應必須一部分產自政府認可之再生能源，稱為再生能源義務。(Renewable Obligation)	2010年再生能源發電量佔比約10%
日本	電業之再生能源比義務(Renewable Portfolio Standards, RPS)。要求電力公司一定比例之電力需求來自再生能源。	2010年再生能源發電量佔比約10.8%

各國電價比一比



水力發電

例: 西寶水力發電場

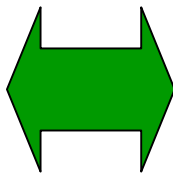
發電量: 74 MW

總預算: 113億

工期: 7年

環境影響: 砍掉100公頃原始森林
，使用大量水泥

溫室氣體: 每生產1公噸水泥，
便會排出0.89公噸CO₂



太陽光發電

發電量: 74MW

總預算: 200公頃

面積: 75公頃

地點: 無遮蔭空地即可

環境影響: 無溫室氣體產生，
無噪音

為何鼓勵太陽能發電

台電傳統發電

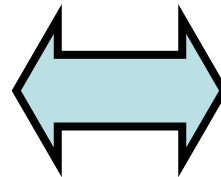
溫室氣體排放之環保問題
地方抗爭
成本隨國際能源情勢波動
電力需求面管理問題
夏季需求量大，尖峰負載量
超過電力公司所能提供之發電量

1989年實施季節電價制度
希望能在夏季減低一般用戶用電
以抑制尖峰用電為目標以提高能源
使用率避免投資浪費

太陽能發電

無需燃料、無廢棄物污染
無轉動組件及噪音發電量大小隨
日光強度而變，夏季發電量大，
以自然能源替代石化燃料
建立自主能源

輔助尖峰電力之不足達到提高
能源使用率避免投資浪費與
建築結合可阻隔輻射熱
達到雙重之節能效果



2. 再生能源的明日之星 - 太陽能電池

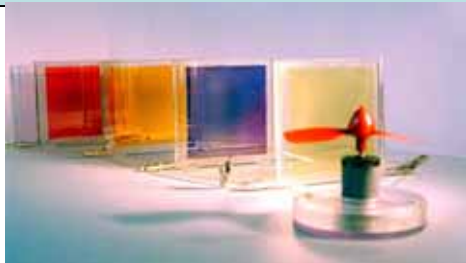
Notable events in the history of photovoltaics

- 1839 Becquerel (FR) discovered photogalvanic effect in liquid electrolytes
- 1873 Smith (UK) discovered photoconductivity of solid Se
- 1877 Adams and Day (UK) discover photogeneration of current in Se tubes; the first observation of PV effect in solids
- 1883 Fritts (US) makes first large solar cell using Se film
- 1954 First 6% efficiency solar cells reported: Si (Bell lab, US) and Cu₂S/CdS (Air Force, US)
- 1955 Hoffman electronics (US) offers 2% efficient Si PV cells at \$1500/W
- 1958 NASA Vanguard satellite with Si backup solar array
- 1959 Hoffman electronics (US) offers 10% efficient Si PV cells
- 1963 Sharp Corp. (JP) produces first commercial Si modules
- 1966 NASA Orbiting Astronomical Observatory launched with 1kW array
- 1970 First GaAs heterostructure solar cells by Alferov, Andreev et al., in the USSR
- 1972 First PV conference to include a session on terrestrial application (IEEE)
- 1973 A big year in photovoltaics:
 - World oil crisis spurs many nations to consider renewable energy including photovoltaics
 - Cherry Hill conference in US: established photovoltaics potential and legitimacy for government research funding
 - World's first solar powered residence (Uni. Of Delaware, US) built with Cu₂S (not c-Si) solar modules



Notable events in the history of photovoltaics

- 1974 Project Sunshine initiated in Japan to foster growth of PV industry and applications
Tyco (US) grows 2.5cm wide Si ribbon for photovoltaics, first alternative to Si wafers
- 1975 First book dedicated to PV science and technology by Hovel (US)
- 1980 First thin-film solar cell >10% using Cu₂S/CdS (US)
- 1981 350kW concentrator array installed in Saudi Arabia
- 1982 First 1MW utility scale PV plant (CA, US) with Arco Si modules on 2-axis trackers
- 1984 6MW array installed in Carrisa Plains CA, US
- 1985 A big year for high efficiency Si solar cells:
Si solar cell >20% under standard sun light (UNSW, AU) and >25% under 200x concentration (Stanford Uni. US)
- 1986 First commercial thin-film power module, the a-Si G4000 from Arco Solar (US)
- 1987 Fourteen solar powered cars complete the 3200km World solar challenge race (AU) with the winner averaging 70kph
- 1994 GaInP/GaAs 2-terminal concentrator multijunction > 30% (NREL, US)
- 1995 “1000 roofs” German demonstration project to install PV on houses, which triggered the present favorable PV legislation in DE, JP and other countries
- 1996 Photoelectrochemical “dye-sensitized” solid/liquid cell achieves 11% (EPFL, CH)



Source: Handbook of PV science and engineering, John Wiley & Sons, 2003

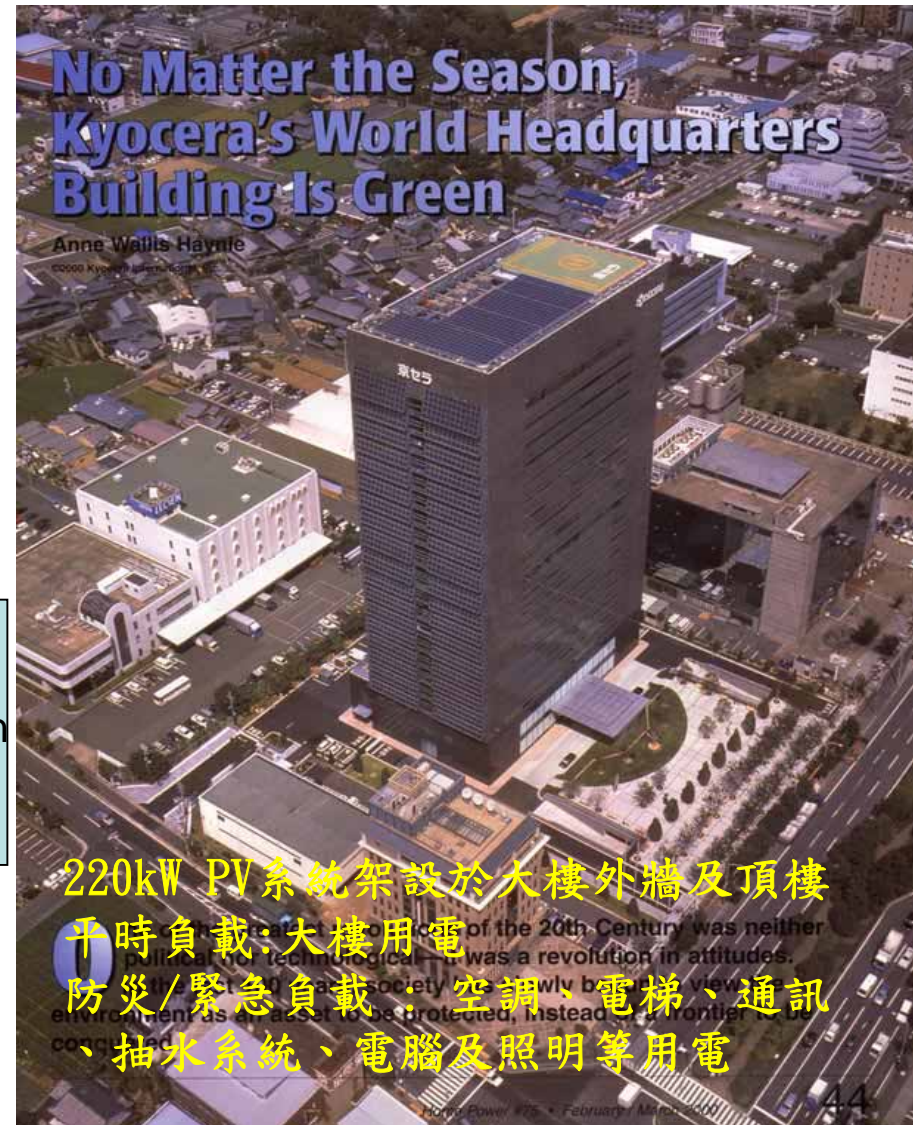
Notable events in the history of photovoltaics

1994 Worldwide PV production reaches 100MW per year

1995 Cu(InGa)Se₂ thin-film solar cell reaches 19% efficiency (NREL, US) comparable with multicrystalline Si.
 First concentration array for space launched on Deep space 1 by US (5kW using high efficiency GaInP/GaAs/Ge triple junction cells)

1999 Cumulative worldwide installed PV reaches 1000MW

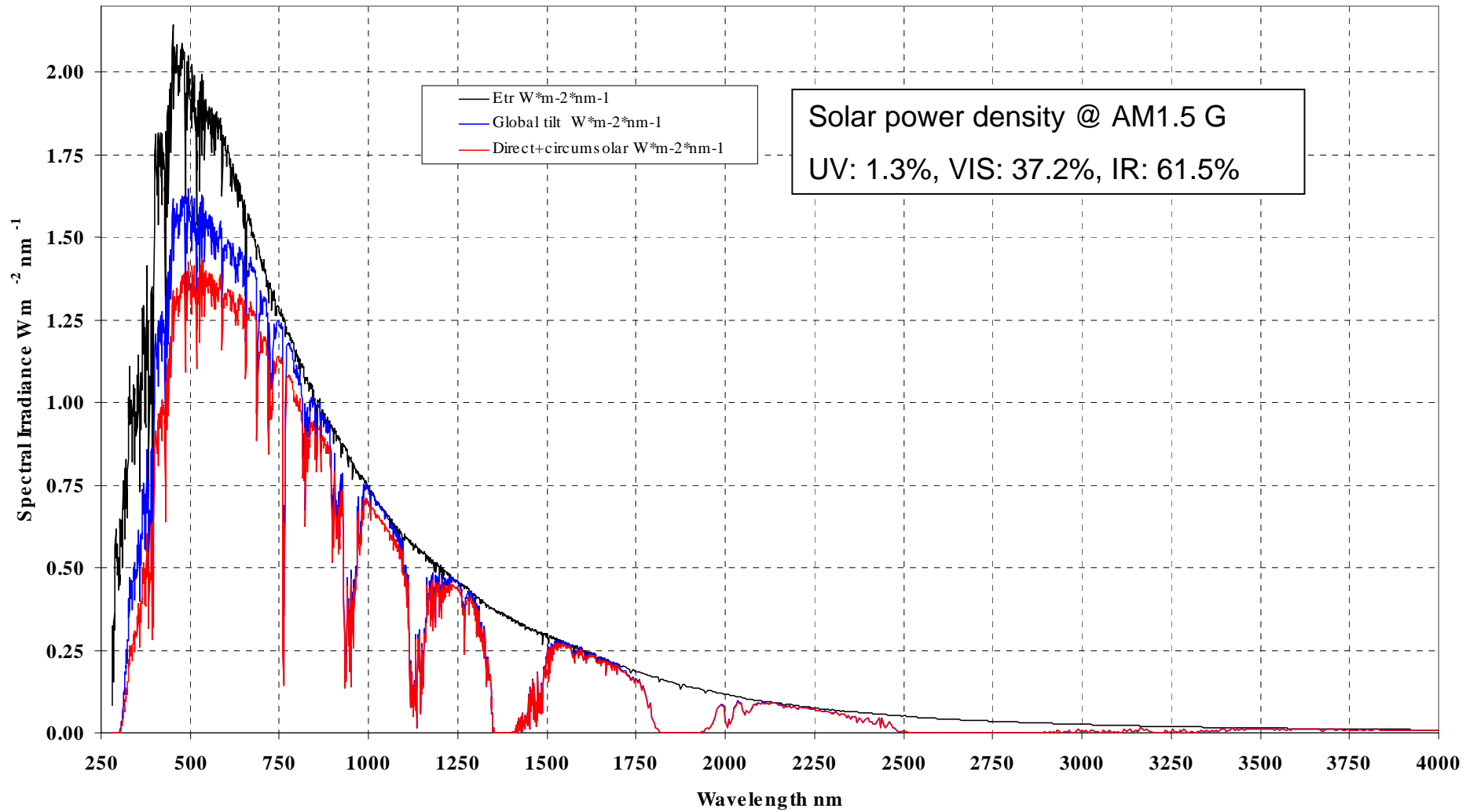
2002 Cumulative worldwide installed PV reaches 2000MW. It took 25 years to reach the first 1000MW and only 3 years to double it; production of c-Si cells exceed 100MW per year at Sharp Corp. (JP).



例：轉換效率： $\frac{16 \text{ W}}{100 \text{ W/m}^2} = 16\%$

Solar spectrum

ASTM G173-03 Reference Spectra

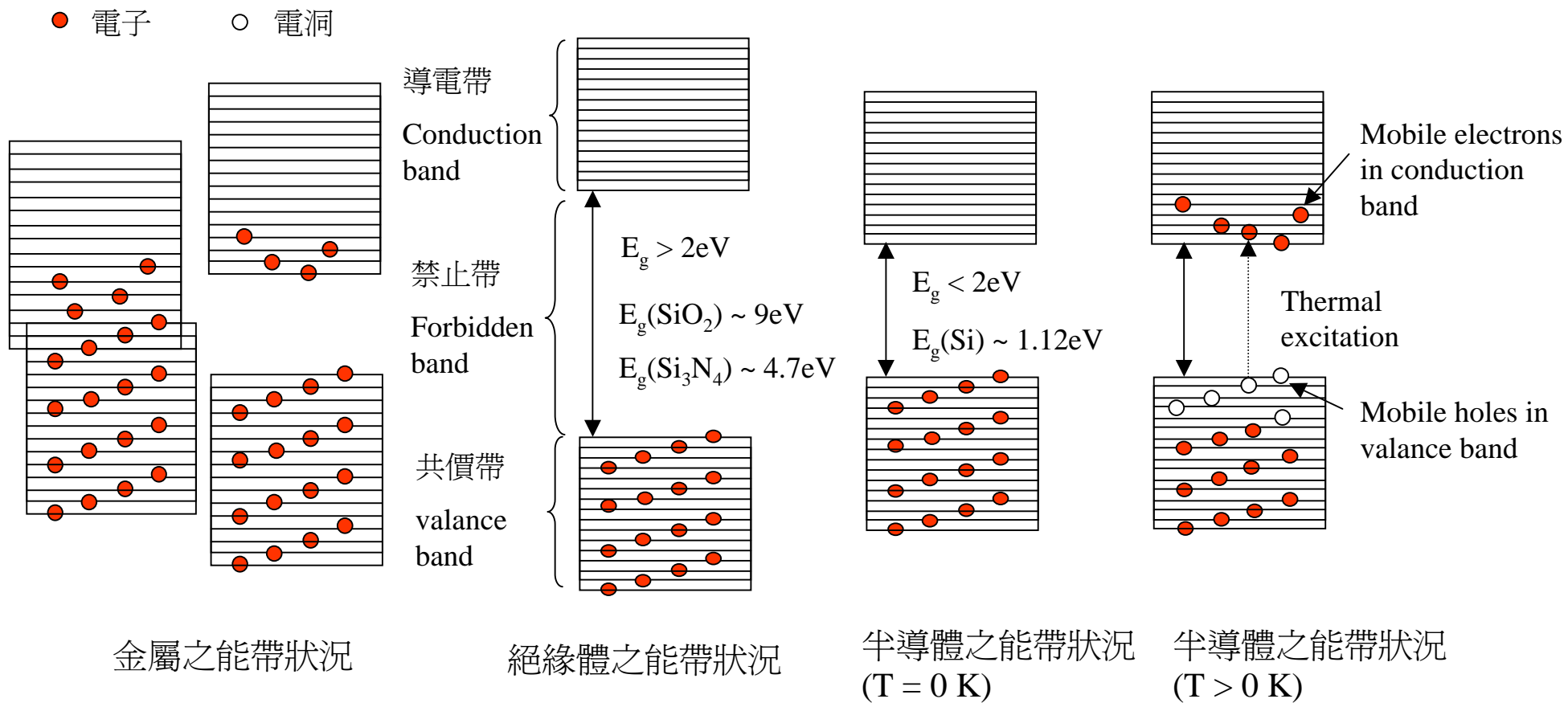


The solution is solar energy

Only 10 minutes of solar irradiation on the Earth's surface is equal to the total yearly human consumption.

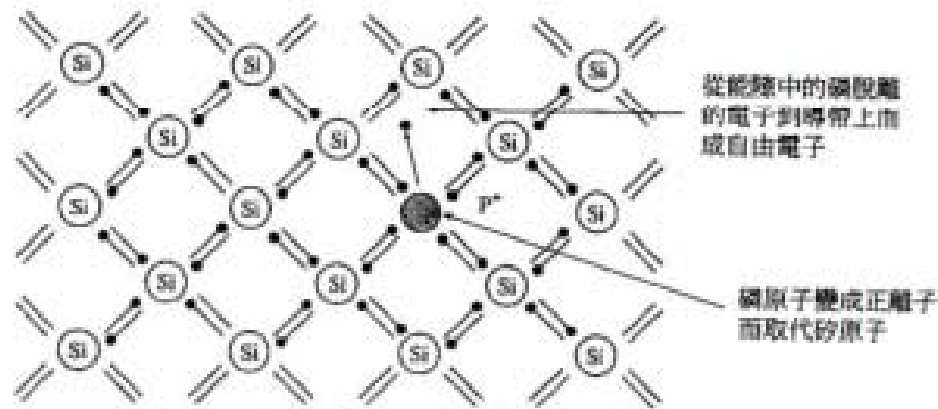
Therefore, if we could accomplish harvesting merely a fraction of the solar energy reaching the Earth, we would solve many problems associated with the energy, and the global environment.

金屬、半導體、絕緣體能帶關係圖



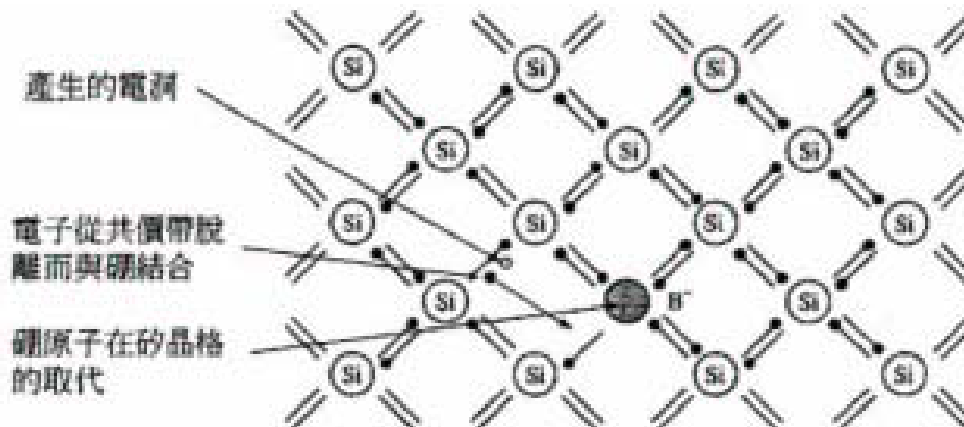
矽-n型與p型半導體

摻雜 Donor 的半導體成為 n 型半導體：



電子

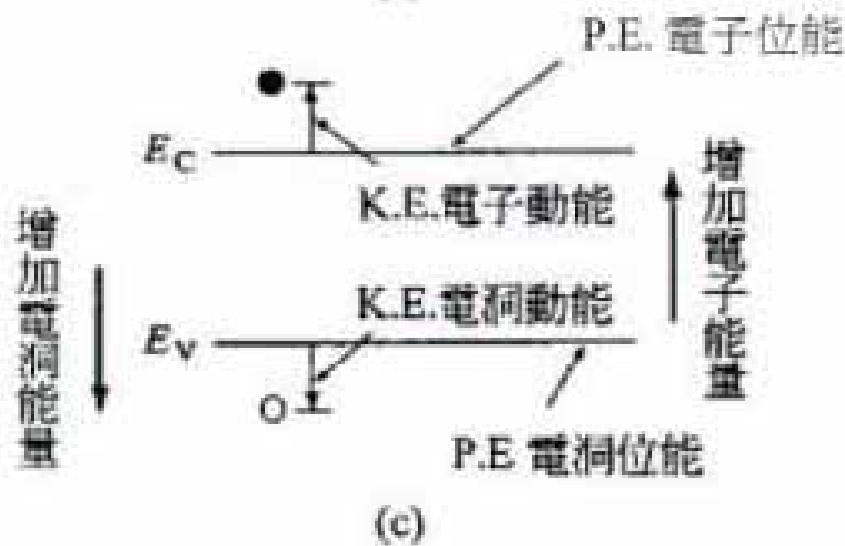
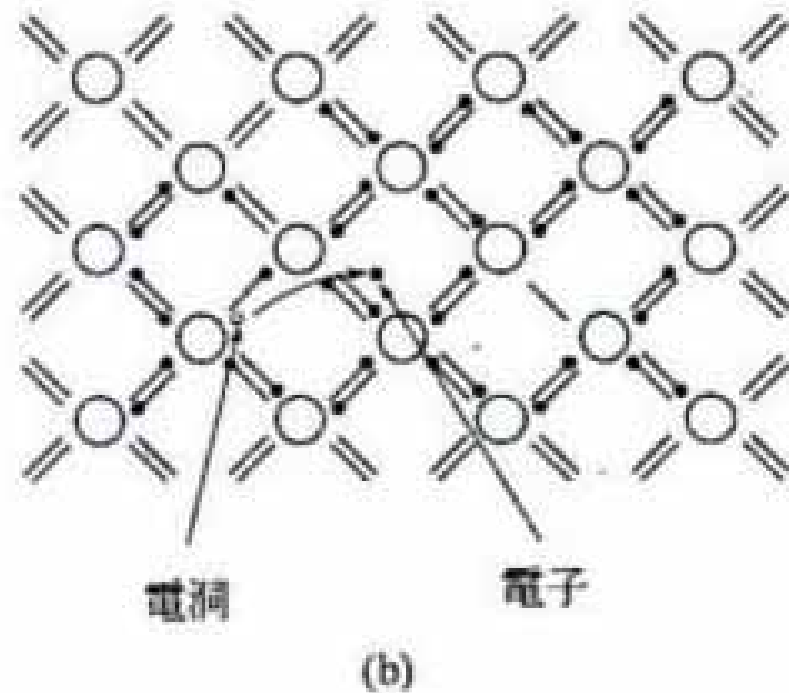
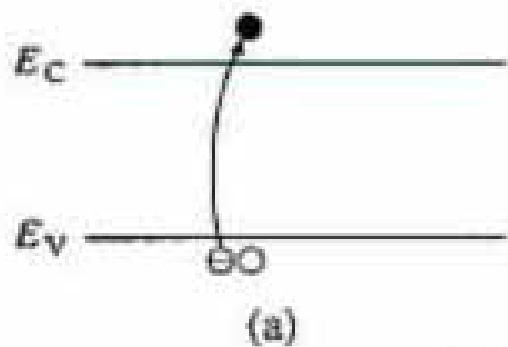
摻雜 acceptor 的半導體則成為 p 型半導體：



電洞

半導體之電子與電洞

共價帶中的一個電子接受能量被激發到傳導帶之後就會在共價帶中留下一個電子的空位，稱之為電洞，表示如下圖：

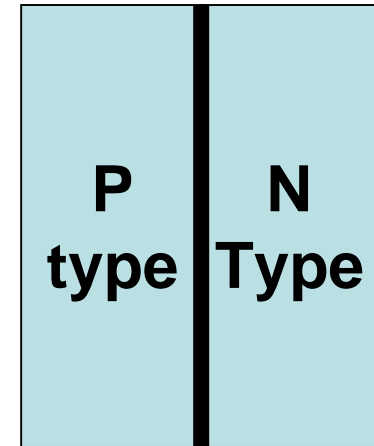
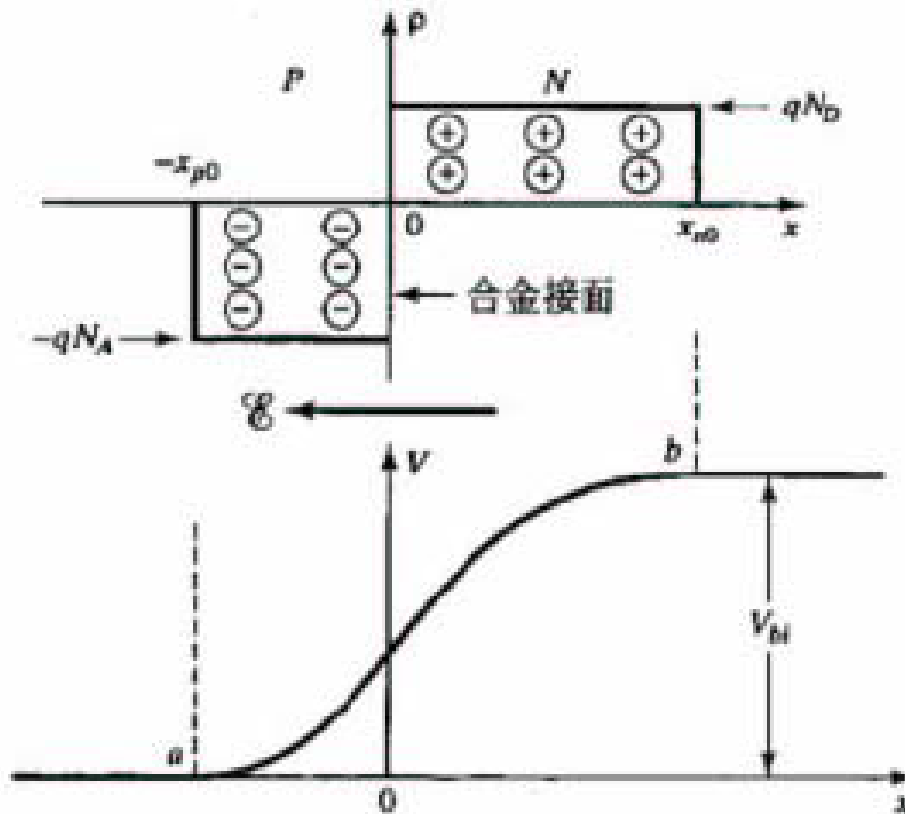


載子傳導現象

半導體材料因為電子或電洞之移動而導電，矽、鍺或砷化鎵本身之微電子或電洞數量低，要形成主要元件作動之電流，均要摻雜雜質來討論這些電子-電洞的物理現象。

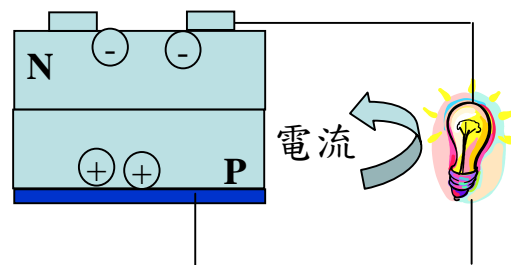
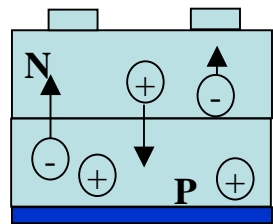
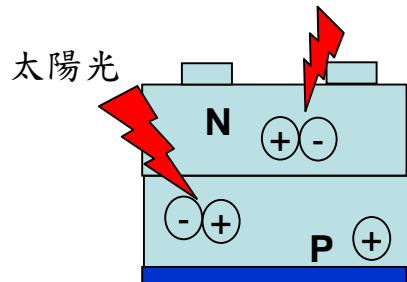
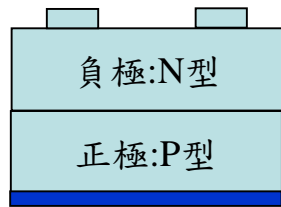
矽太陽能電池之PN接面構造

P型與N型半導體接合在一起時，N型中的電子會擴散到P型，將界面附近的電洞填滿，於是造成如下圖之空間電荷區。



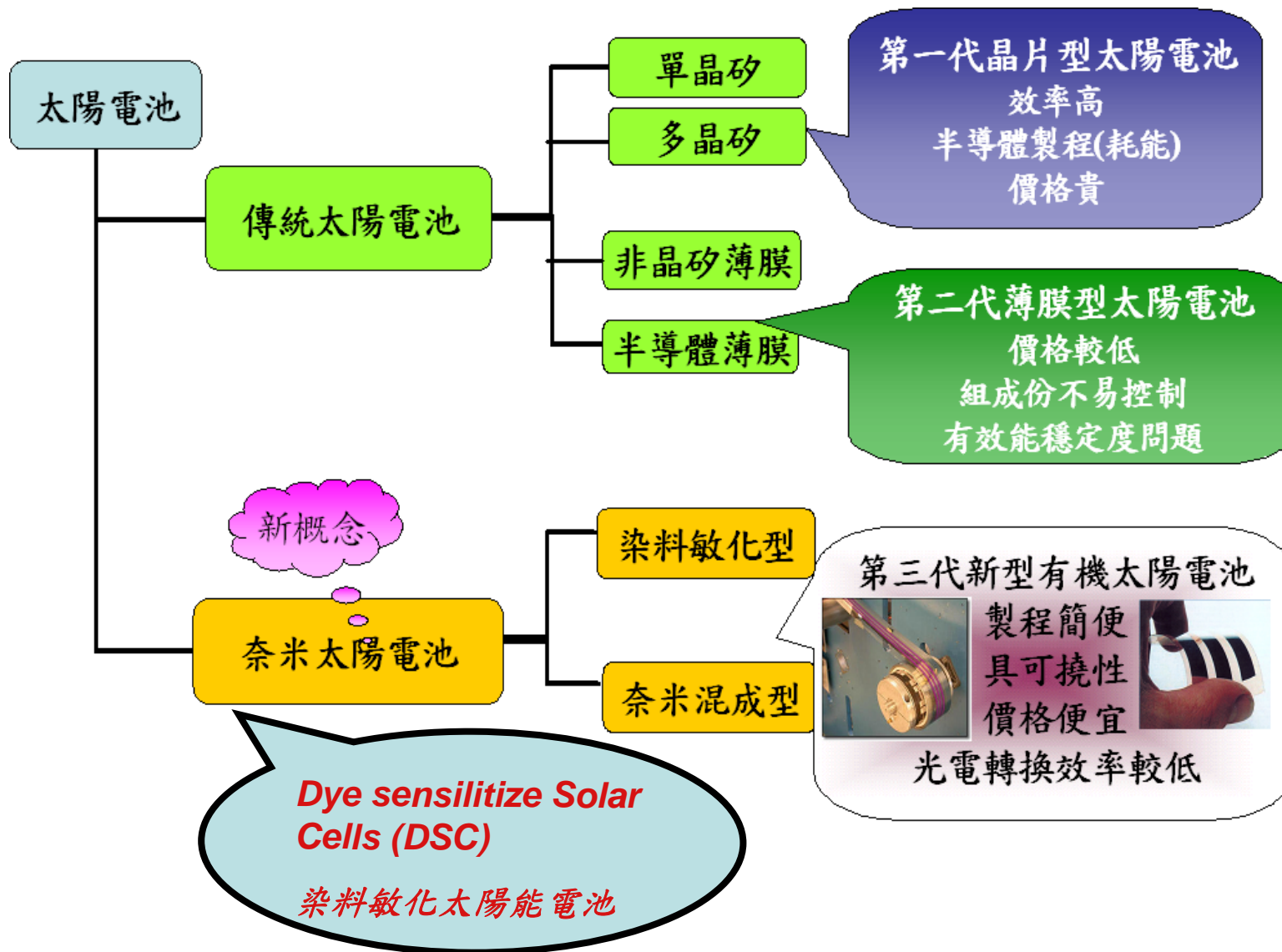
矽晶圓

太陽光電發電原理 (Si solar cell)

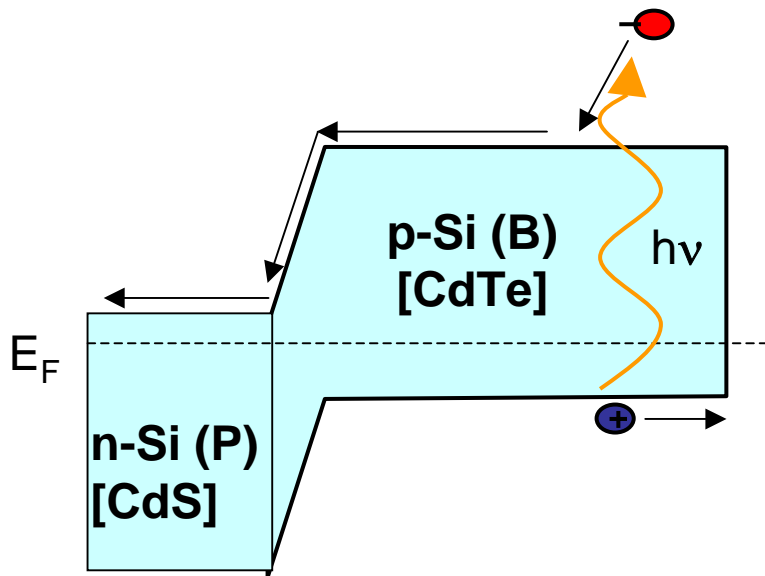


- 太陽能電池是以P型與N型半導體材料接合構成正及與負極。
- 當太陽光照射太陽電池時，陽光的能量會使半導體材料內部的正、負電荷分離(產生電子-電洞對)。
- 正、負電荷會分別往正(P極)極、負(N極)極方向移動並且聚集。
- 將太陽能電池正、負極接上負載時，將有電流流出可以對負載作功(燈會亮、馬達會轉)。

太陽電池的分類

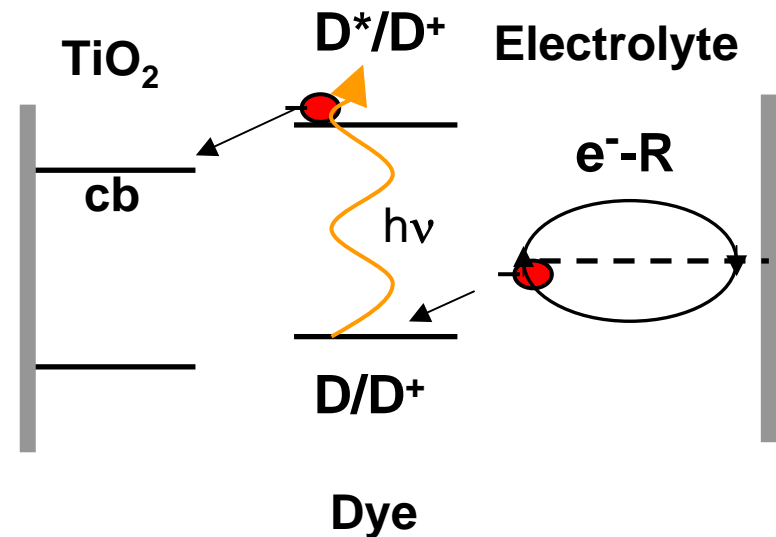


Silicon Photovoltaic Cells



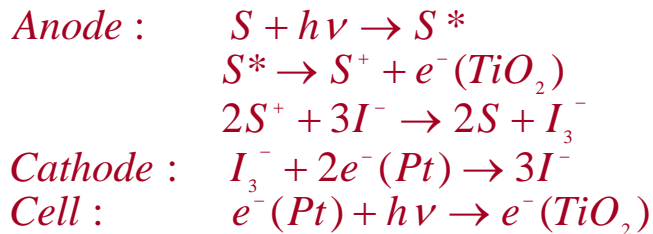
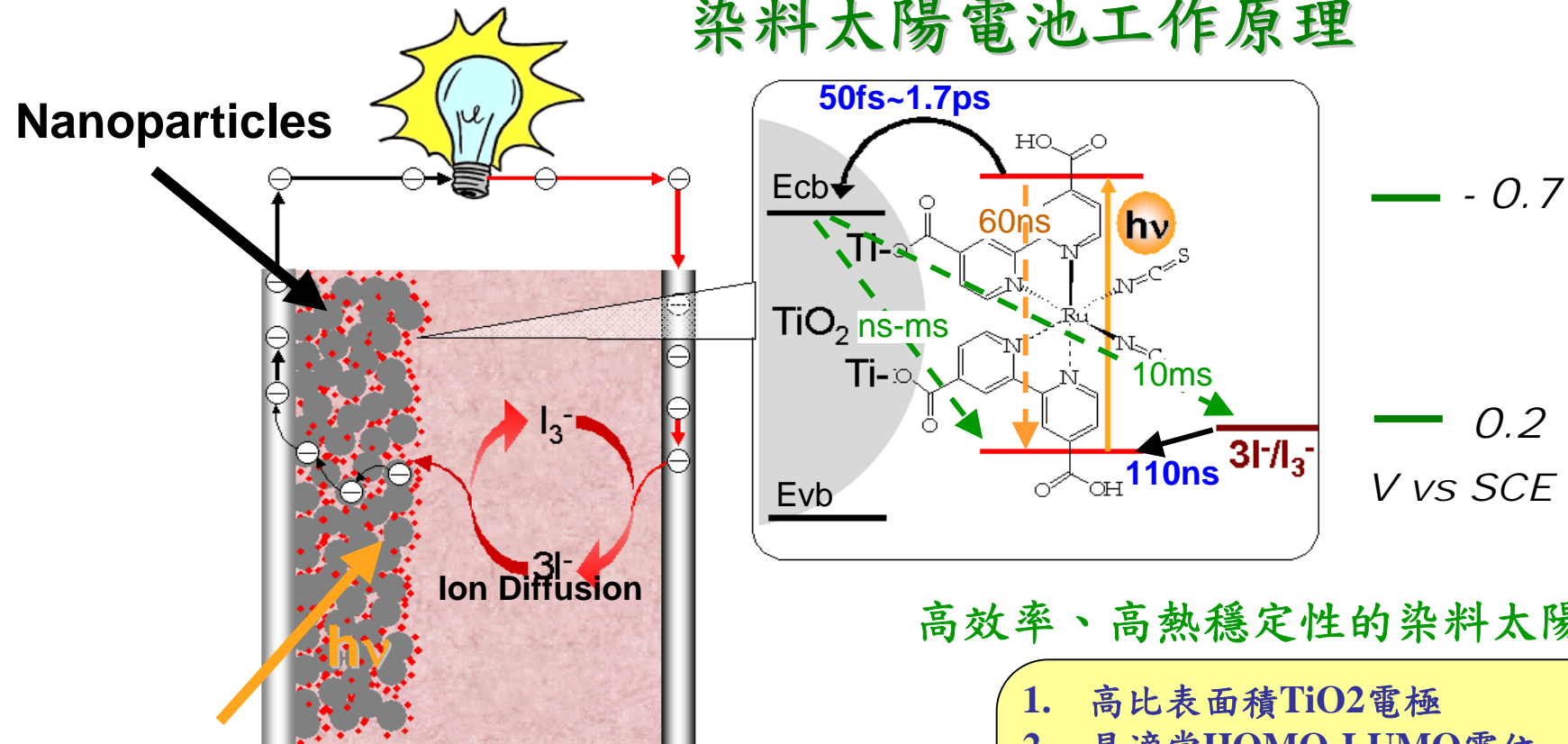
Charge separation by electric field within a p- and n-doped semiconductor material (Si, II-VI, a-Si: H)

Dye sensitized Solar Cells (DSC)



Charge separation by kinetic competition like in photosynthesis

染料太陽電池工作原理



Absorption
Electron injection
Regeneration

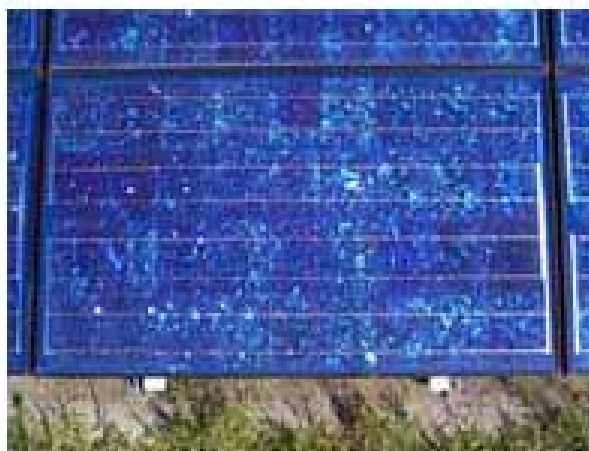
高效率、高熱穩定性的染料太陽電池需求

1. 高比表面積TiO₂電極
2. 具適當HOMO-LUMO電位、低bandgap的染料
3. 高催化能力的陰極電極
4. 快速氧化還原能力與高熱穩定性電解質
5. 寬工作電壓的溶劑

單晶與多晶矽晶圓的介紹



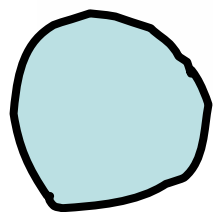
單晶矽太陽電池



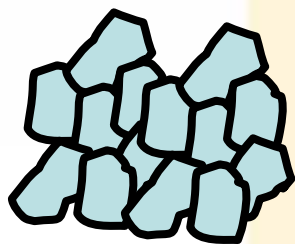
多晶矽太陽電池



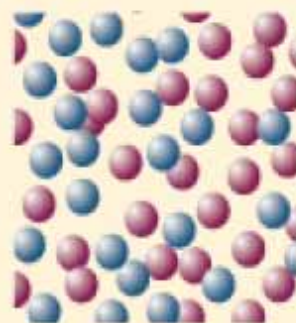
非晶矽太陽電池



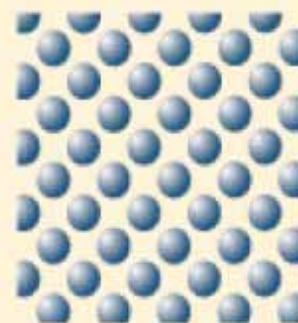
單晶



多晶



Amorphous



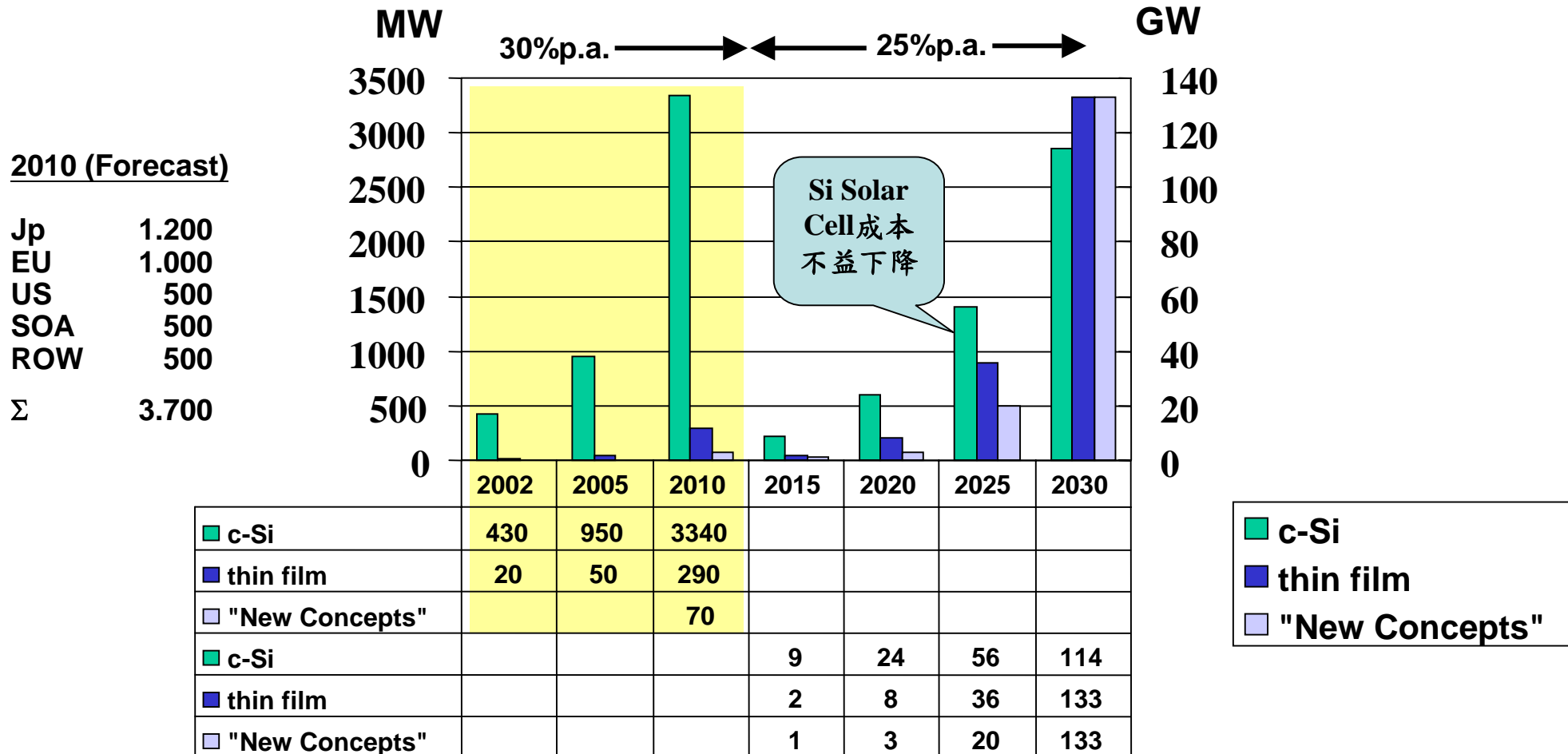
Crystal

結晶與非結晶示意圖

標準太陽光模擬器照射下太陽電池的效率分析

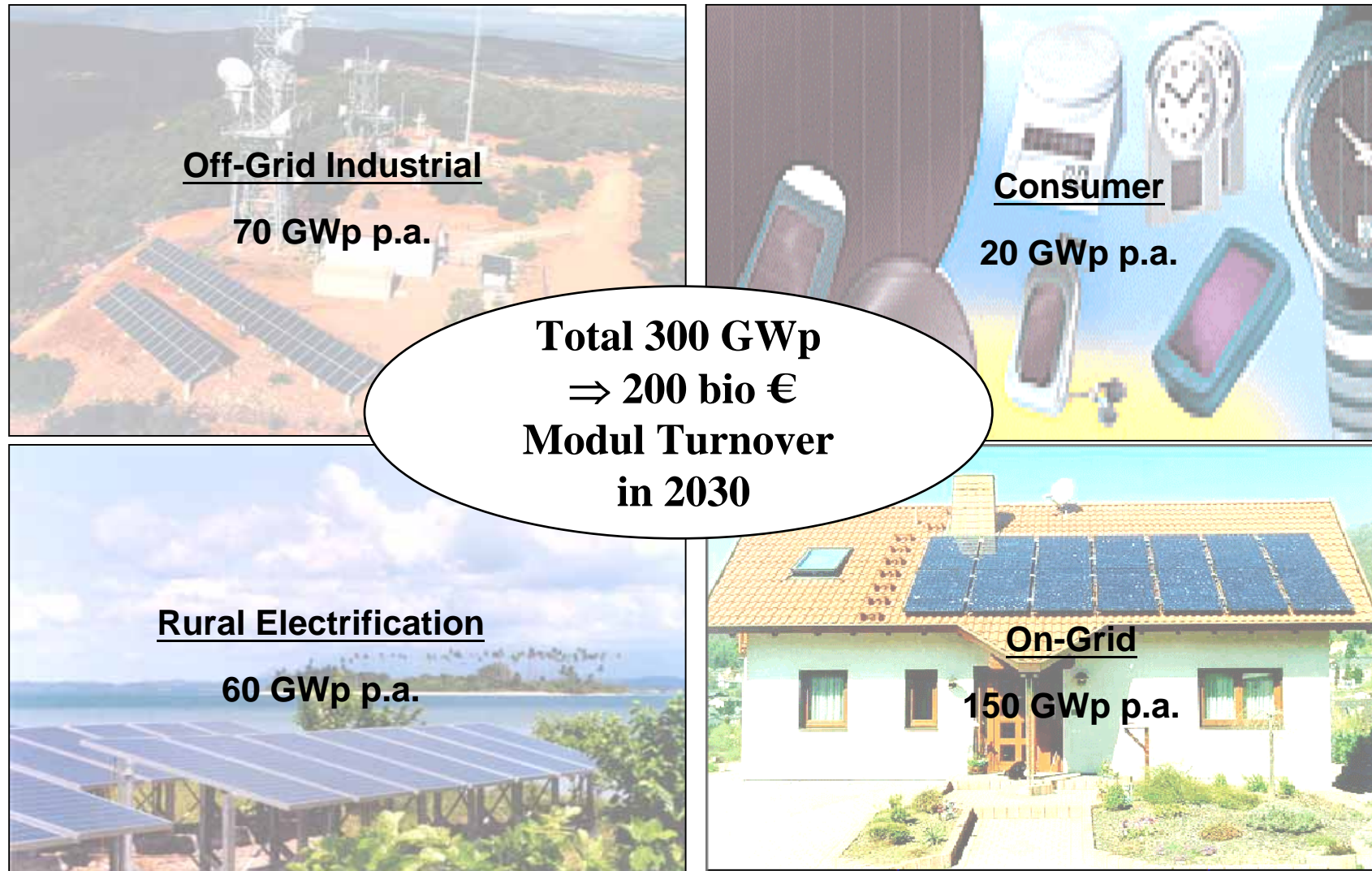
太陽電池種類		半導體材料	Cell轉換效率	模組轉換效率
第一代	矽	單結晶(晶圓型)	15~20%	14~18%
		多結晶 (晶圓型、薄膜型)	12~17%	10~16%
	非晶矽	a-Si、a-SiC、a-SiGe	8~13%	6~9%
第二代	化合物 半導體	III-V族	GaAs(晶圓/薄膜型)	18~35%
	II-VI族	CdS、CdTe薄膜型	10~14%	
	多元 化合物	CuInSe ₂ 薄膜型	12~16%	
第三代	有機物	TiO ₂ /Dye	7~11%	4~8%

Production Forecast of Solar Modules Using Different Technologies



Courtesy Dr. Winfried Hoffman, CEO, RWE, SCHOTT Solar GmbH

Market Size in 2030 for the four market segments



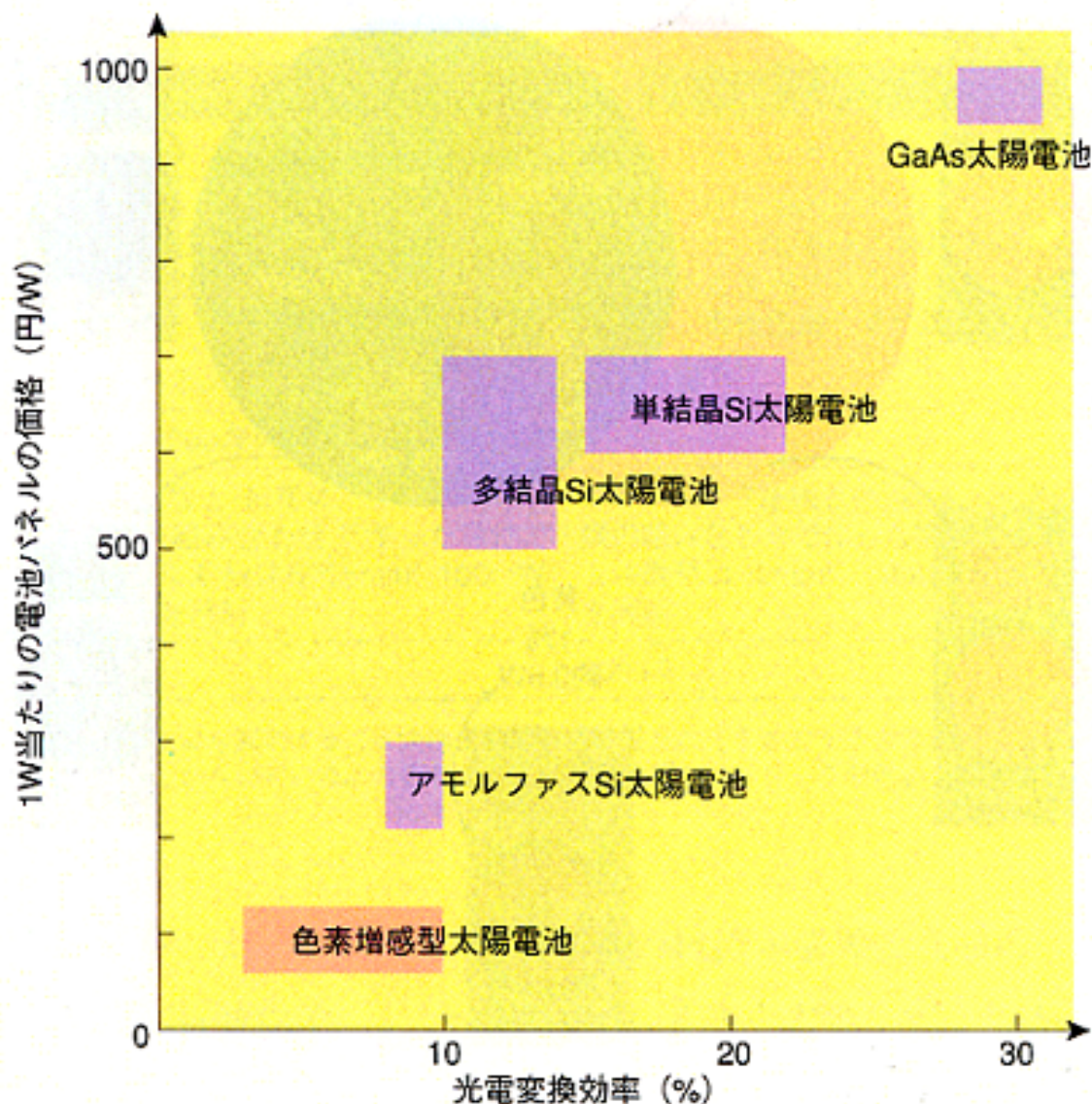
各式太陽電池成本分析

図3 1W当たりのパネル単価が格段に安い色素増感型太陽電池
 色素増感型太陽電池の大きな特徴に、製造コストの安さがある。1W当たりの電池パネルの価格が500円～700円と高い単結晶Si太陽電池や多結晶Si太陽電池に比べて、1/5～1/10の価格に抑えられるという。

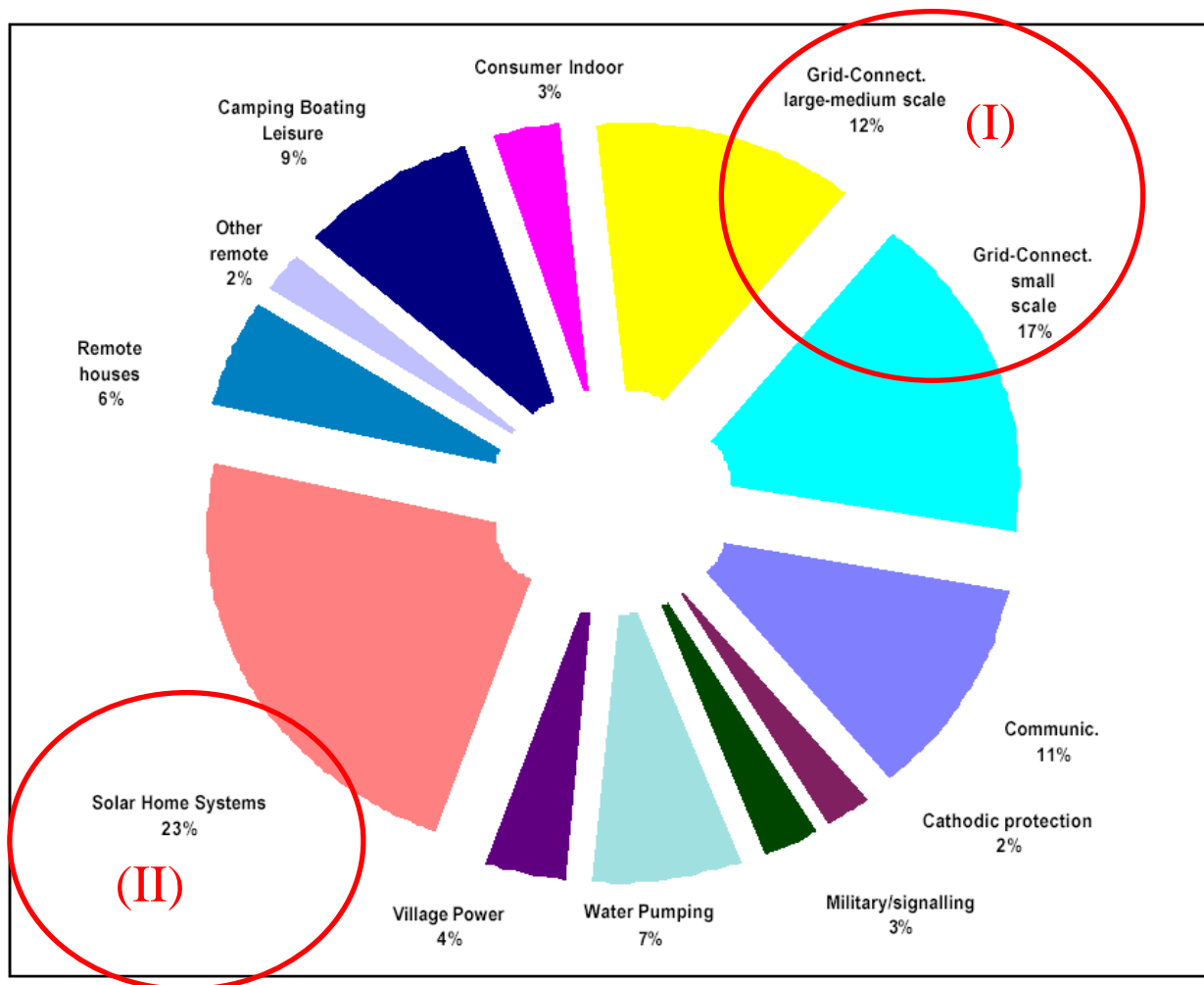
▶ 毎瓦発電量コスト比較:
 染料太陽電池為矽晶太陽電池的**1/5-1/10**。

資料來源:
 Nikkei Electronics
 (Japanese), 15, No.9, p-
 69(2003).

▶ 美國 Research Triangle
 institute(1994) 預測 **DSC** 太陽電池每瓦發電成本為美金**0.6元**。



PV module shipments by applications

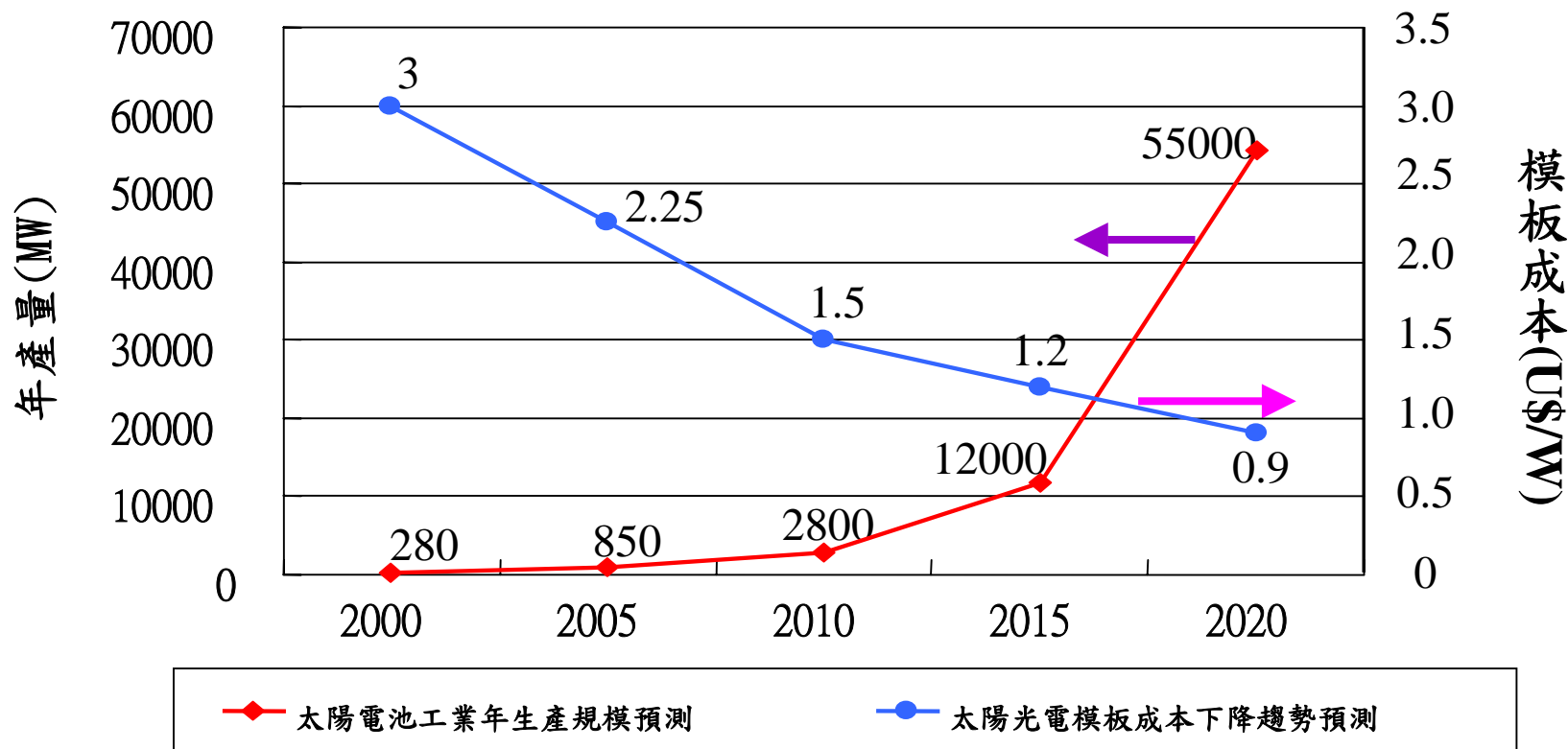


○維持全球PV市場成長之兩大需求：

(I) 德國及日本等之家用型Grid-connected PV-systems

(II) 第三世界中電網尚未到達地區之獨立型SHS (Solar Home Systems) 系統

◆ 2020年的全球生產規模預估為55,000MW，產值約US\$ 490億 (≈ NT\$1.65兆)



❖ 產能與效率提高：

資料來源：European Photovoltaic Industry Association, 2003

不論太陽電池或太陽光電系統均有價格普及化的趨勢，預估至2015年太陽光電系統每度電的發電成本將可達5~8元，可與傳統發電相競爭。

發電量換算

例如: 建造一組12 kW的太陽能模組系統

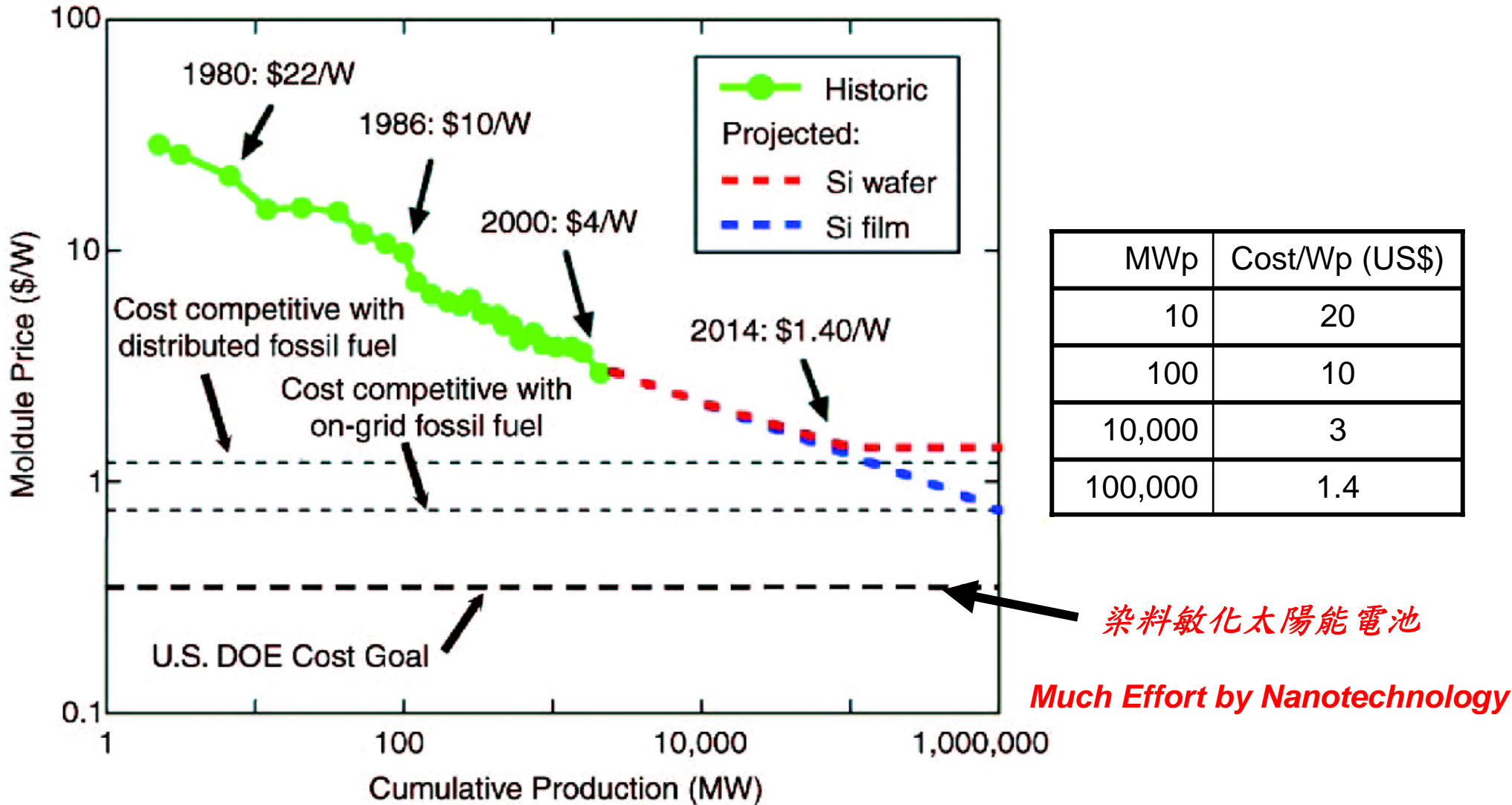
平均一天日照4 hours

則發電量為 $12\text{kW} \times 4\text{hours} = 48 \text{ kWhours} = 48\text{度電}$

若以一戶家庭平均一天約使用 $3\text{kW} \times 4 \text{ hours} = 12 \text{ kWhours}$,

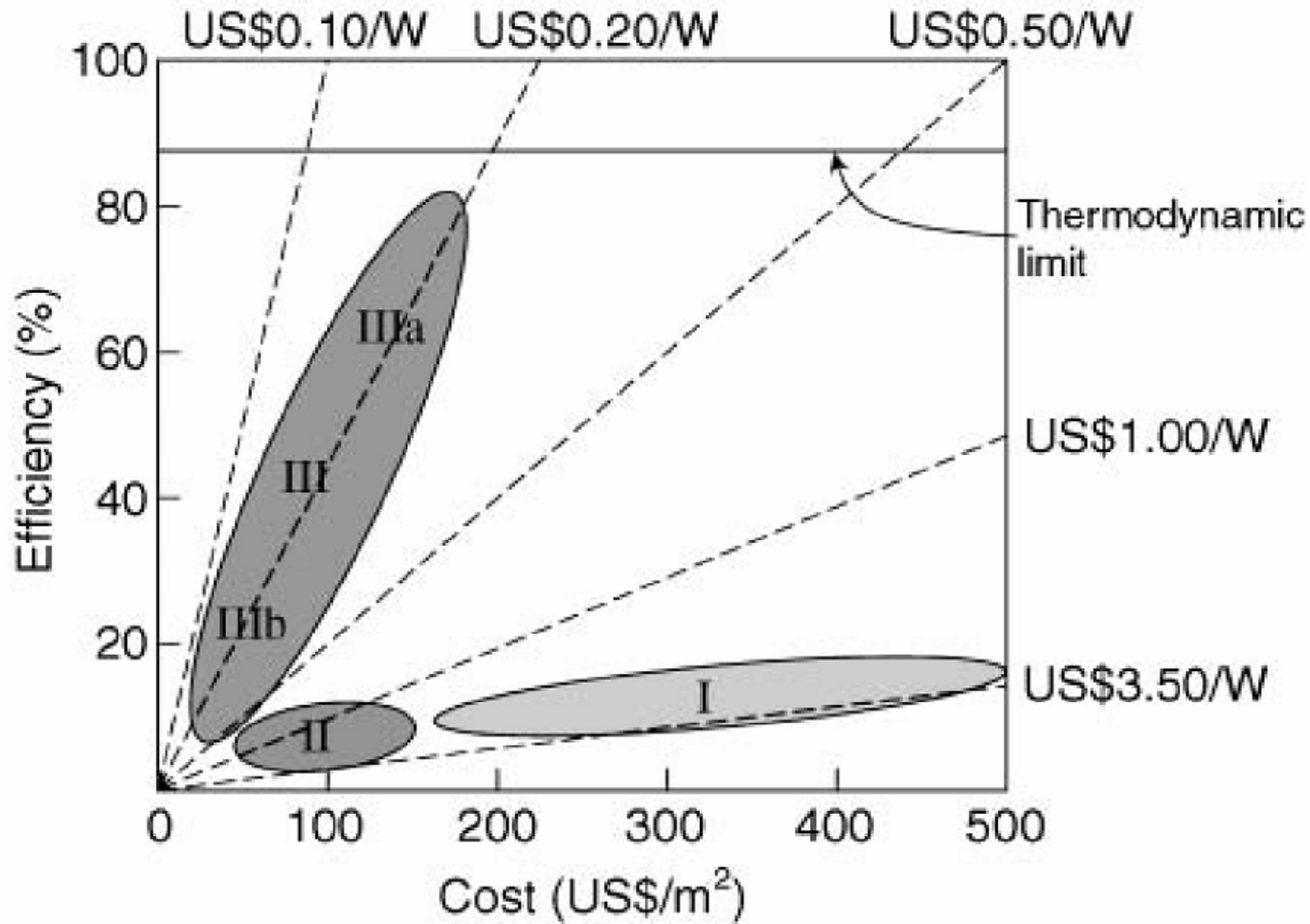
則48kWhours可供應約4戶家庭

矽晶太陽電池模組成本分析



Historical and projected costs for wafer c-Si and film c-Si photovoltaic modules versus their cumulative production (in megawatts).
 “Distributed fossil fuel” refers to off-grid generation of power, using, for instance, gas-driven generators.

太陽電池模組成本分析



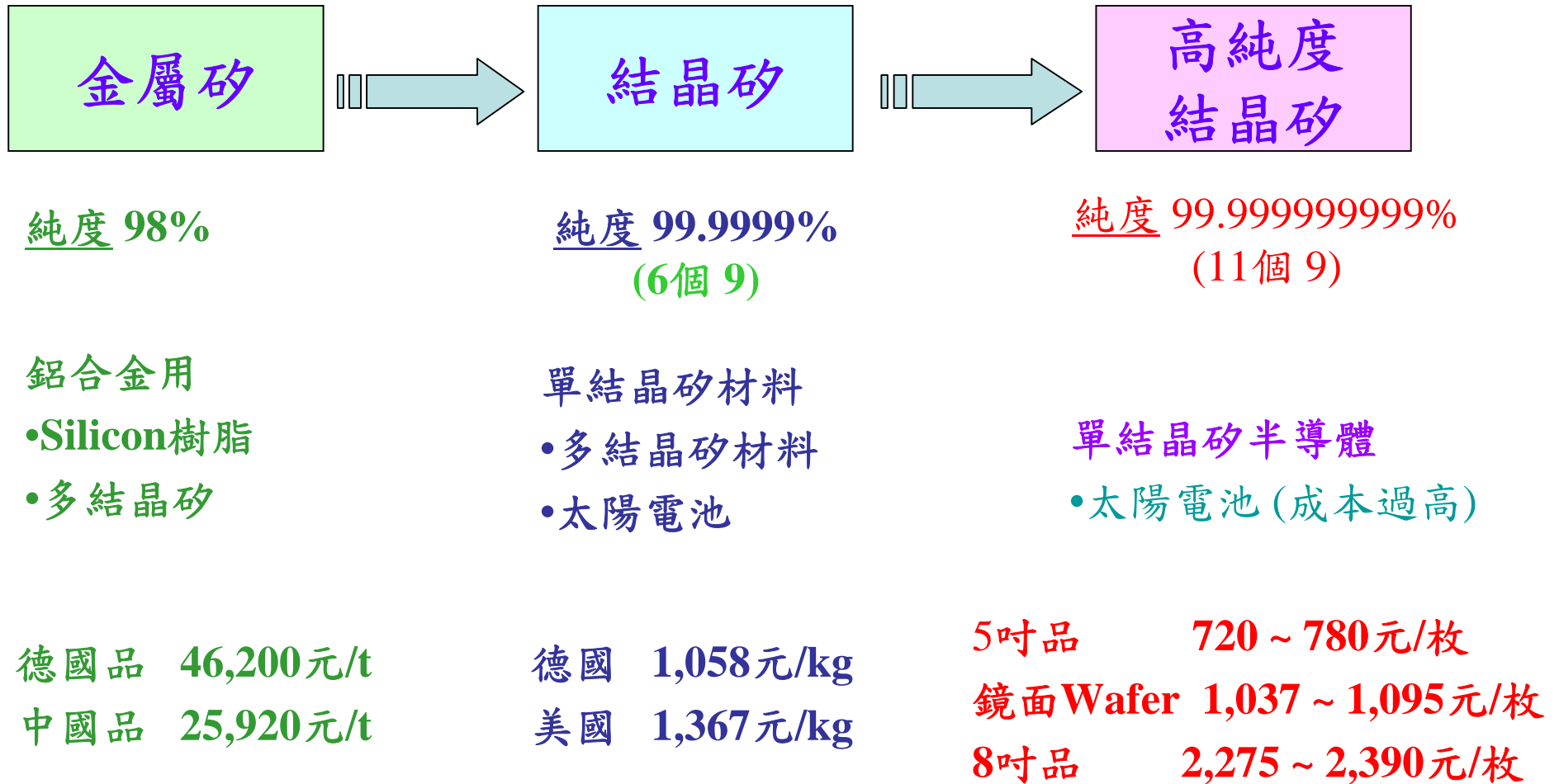
第一代矽晶太陽電池模組成本約為**US\$3.5/Wp**

第二代薄膜型太陽電池模組成本約為**US\$1.0/Wp**

第三代新型有機太陽電池模組成本約為**US\$0.5/Wp**
(NT\$:17)

Cost-efficiency analysis for first second-, and third-generation photovoltaic technologies (labeled I, II, and III, respectively). Region IIIa depicts very-high-efficiency devices that require novel mechanisms of device operation. Region IIIb—the region in which organic PV devices lie—depicts devices with moderate efficiencies and very low costs.

不同Si原料的應用與價格(2000年底)



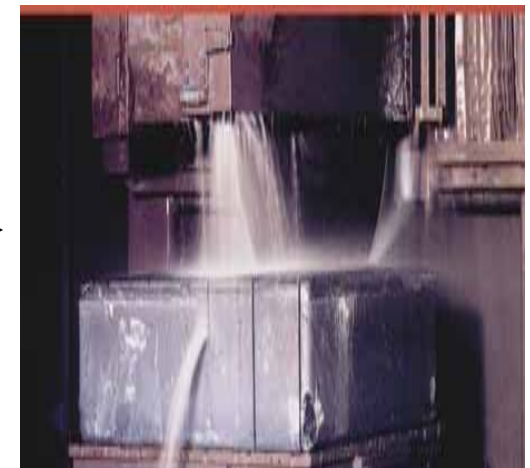
太陽電池之矽材料製作過程



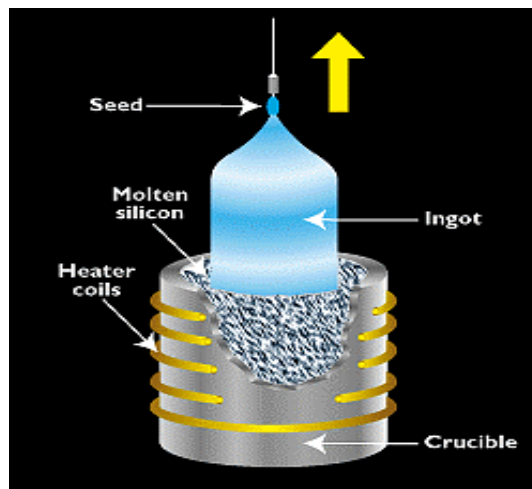
矽砂原材料



多晶矽長晶爐



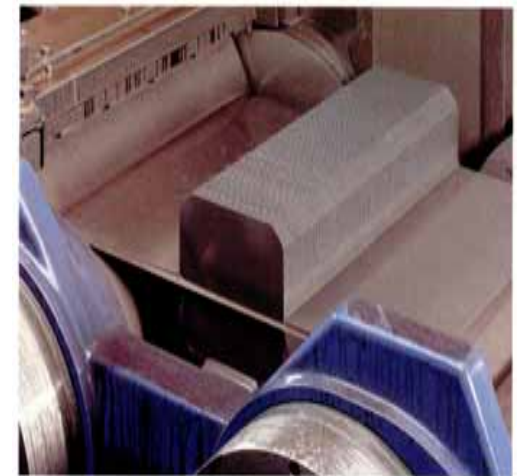
矽晶錠切割機



單晶矽拉晶製程



矽塊原材料、晶錠、晶片



矽晶片線切割機

單晶矽太陽電池製程

P-type Si Wafer

1. 清洗蝕刻



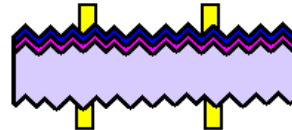
2. 磷擴散



3. 鍍抗反射層



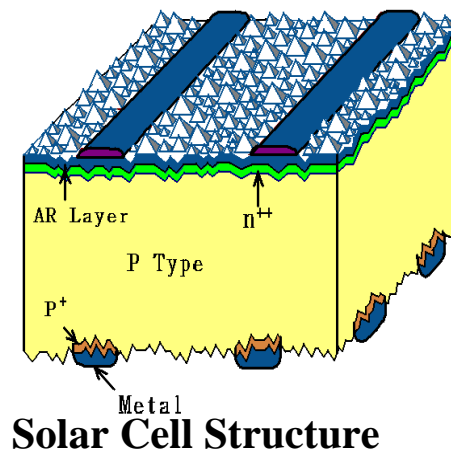
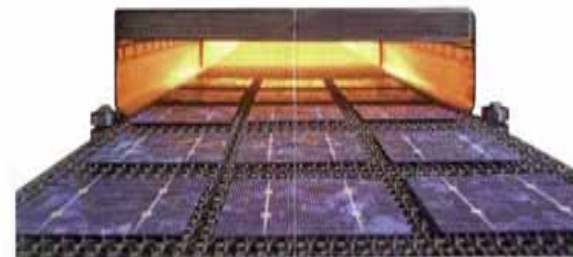
4. 網印



5. 燒結

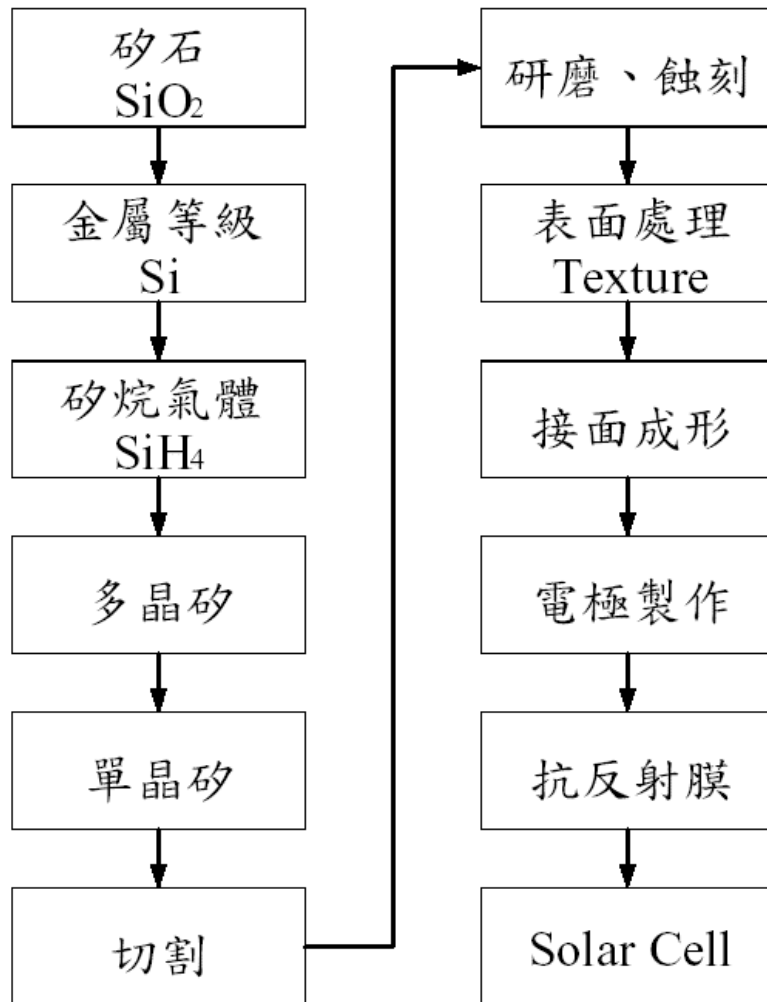


6. I-V測試



- 太陽電池的生產製造與IC、TFT-LCD製程類似，因此台灣具有量產及低成本優勢。

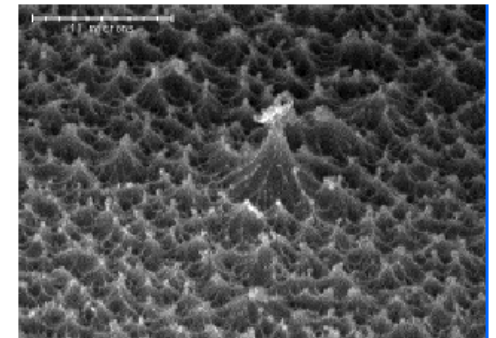
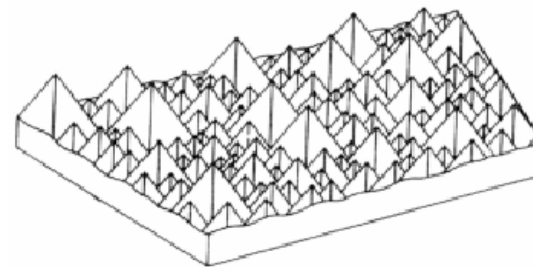
c-Si solar cells processing



單晶矽太陽電池製作流程圖

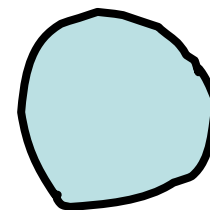
晶圓製作過程

- 矽砂還原
 - 矽烷 (Silane) 系氣體的製造
 - 矽烷系氣體的還原及熱分解
- 在矽砂的還原過程中，矽砂以電爐來還原，以得到純度 98% 左右的金屬 Si，在矽烷(Silane)系氣體的製造過程中，從金屬矽來製造矽烷系氣體（三氯矽烷(SiHCl₃)）或一矽烷(SiH₄)。在矽烷系氣體的還原及熱分解過程中，將這些氣體還原或以熱分解得到多晶矽。

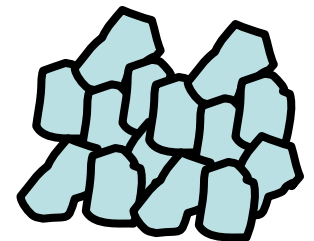


多晶太陽電池特性

多晶矽太陽光電池結晶構造較差主要的原因有兩個，一是本身含有雜質，二是矽在結晶的時候速度較快，矽原子沒有足夠的時間成單一晶格而形成許多結晶顆粒。效率差的原因是顆粒與顆粒間存在著結晶邊界，結晶邊界存在許多的懸浮鍵，懸浮鍵會與自由電子復合而使電流減少，而且結晶邊界的矽原子鍵結情況較差，容易受紫外線破壞而產生更多的懸浮鍵。隨著使用時間的增加，懸浮鍵的數目也會隨著增加，光電轉換效率因而逐漸衰退。



單晶

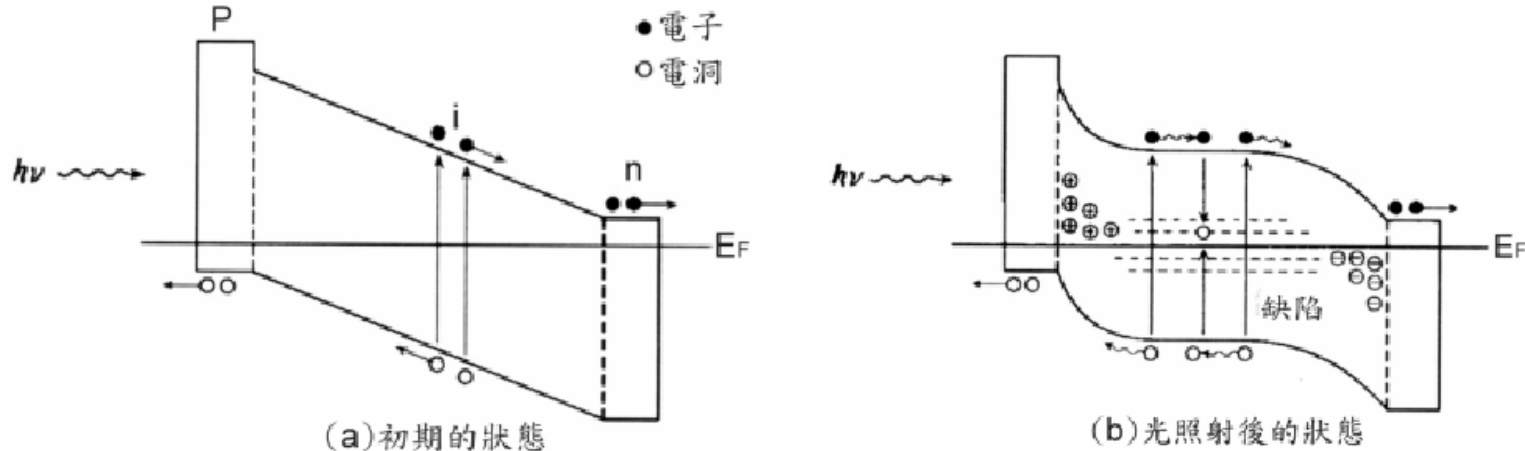


多晶

非晶矽太陽電池特性

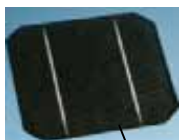
非晶矽太陽光電池與單晶矽太陽光電池或多晶矽太陽光電池的最主要差異是材料的不同，單晶矽太陽光電池或多晶矽太陽光電池的材料都是矽，而非晶矽太陽光電池的材料則是 SiH_4 。因為材料的不同而使非晶矽太陽光電池的構造與晶矽太陽光電池稍有不同。

非晶矽太陽光電池最大的優點是成本低，而缺點則是效率低並且其光電轉換效率會隨時間而衰化。

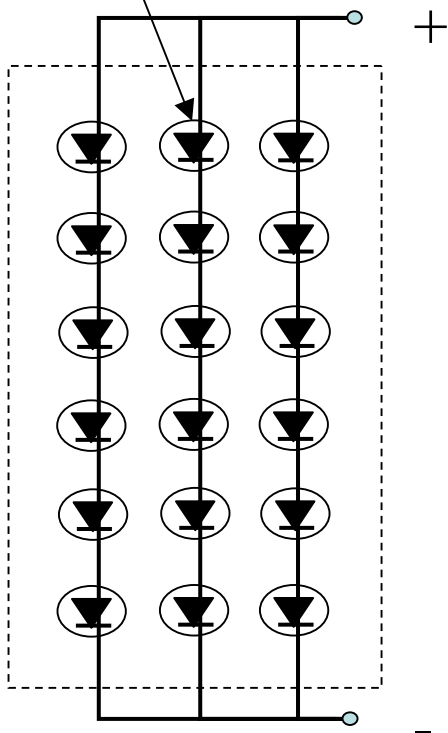


a-Si 太陽電池因光衰化所產生的能階變化示意圖

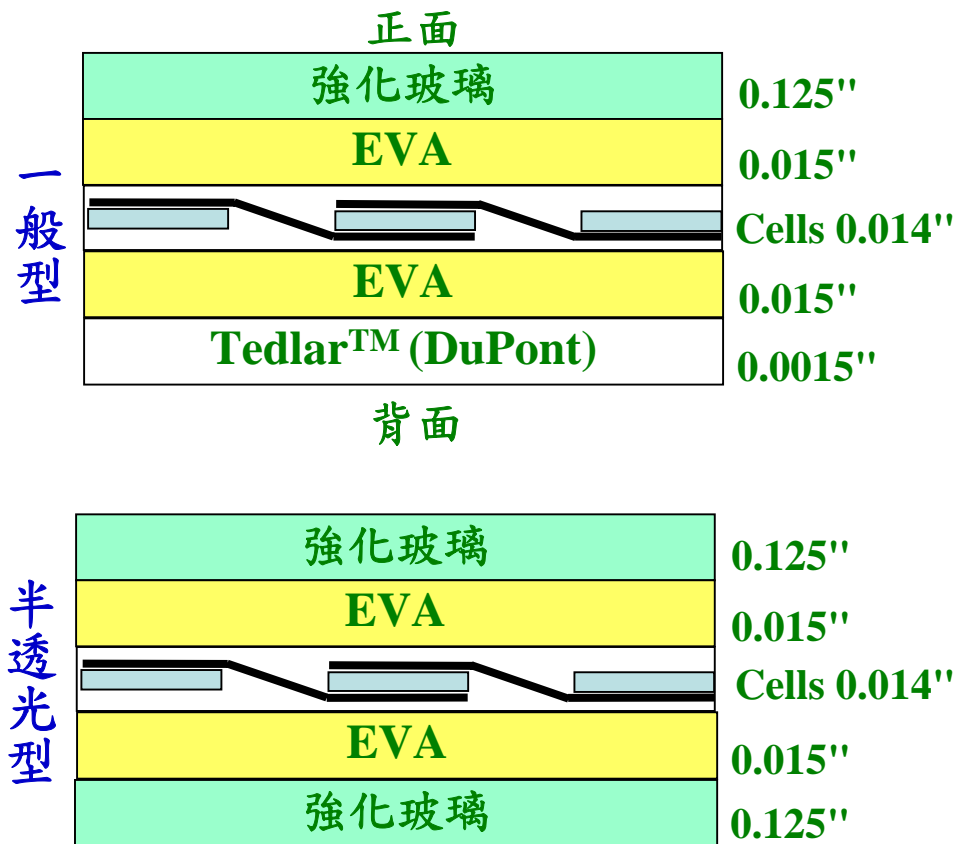
太陽電池模板之構成



單元太陽電池



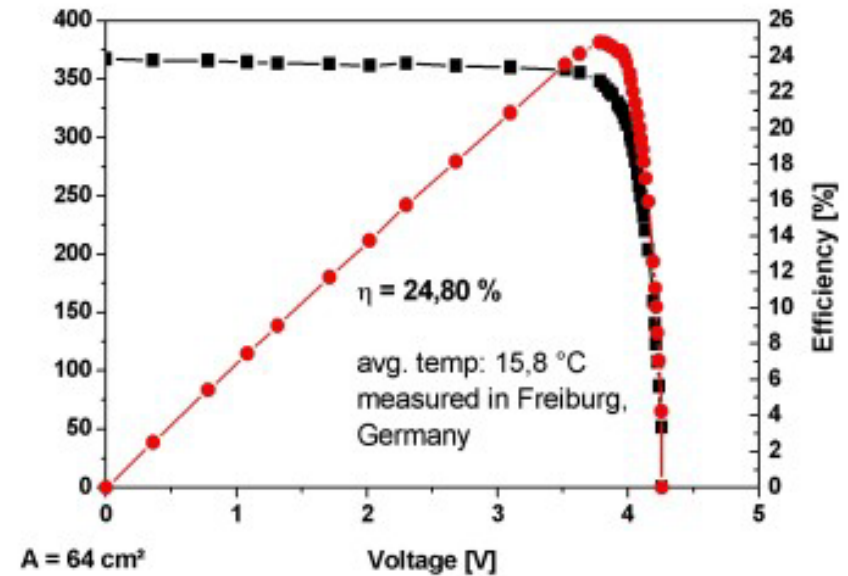
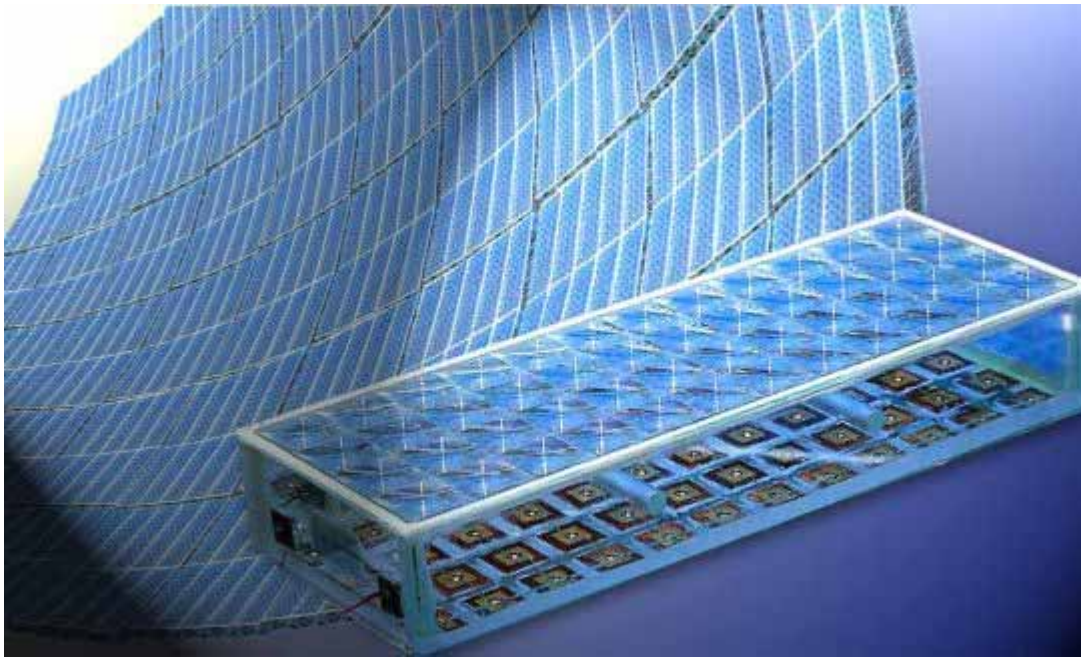
太陽電池模板外觀



太陽電池模板結構

太陽電池模板接線

III-V group PV cells and concentrator cells

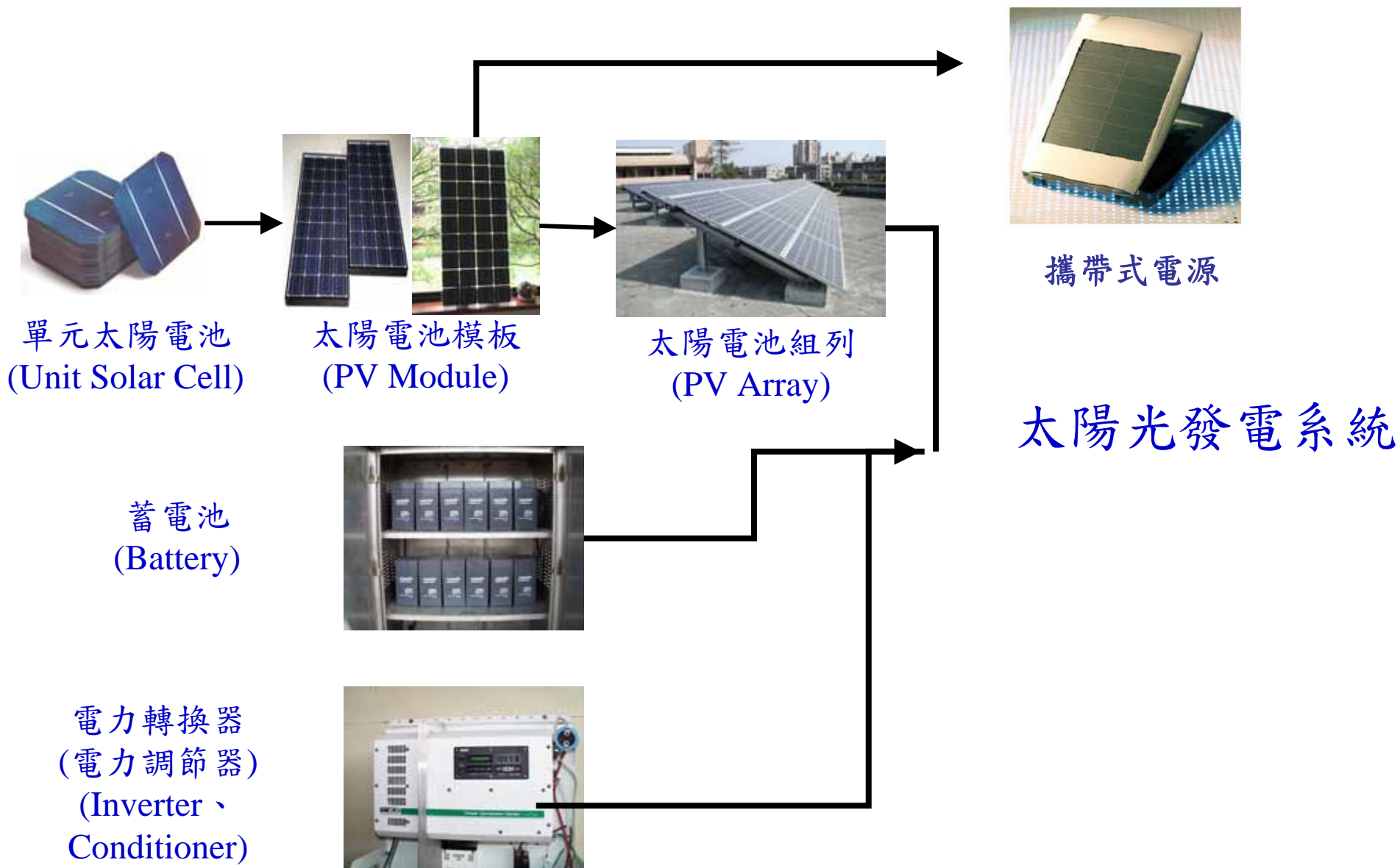


Material	Bandgap	Growth technique	Application
GaInP	1.9 eV	MOVPE	visible red emitter/receiver
GaAs	1.4 eV	MOVPE , LPE	1-sun and concentrator solar cells, Laser power and signal beaming
GaInAs	1.1 -1.4 eV	MOVPE	IR-emitter/receiver
GaInNAs	1 eV	MOVPE	Multijunction Solar Cell
AlGaAsSb	0.7 - 1 eV	MOVPE	Multijunction Solar Cell
GaSb	0.7 eV	Diffusion , MOVPE	Thermophotovoltaics , IR-Detector
Ge	0.7 eV	MOVPE	Thermophotovoltaics , IR-Detector

The outdoor efficiency of our current test modules under typical conditions in Freiburg, Germany is in the range of 23-25 %. These modules are working with GaInP/GaInAs tandem solar cells achieving efficiencies > 30 % at 150 suns. The next generation of our PV-concentrator modules will use GaInP/GaInAs/Ge triple-junction concentrator solar cells with an efficiency >35%. The intended module efficiency is expected to be > 28 % making this technology by far the most efficient solar energy converter in the world.

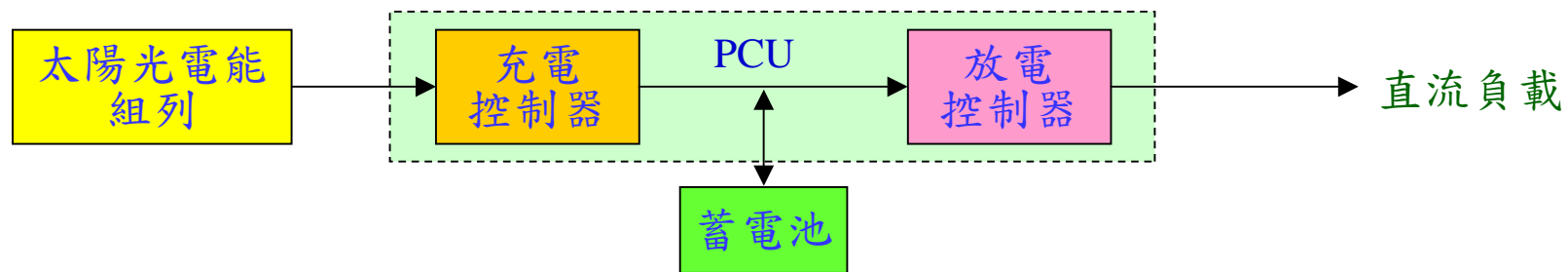
太陽光電系統之應用

太陽電池的關聯產品

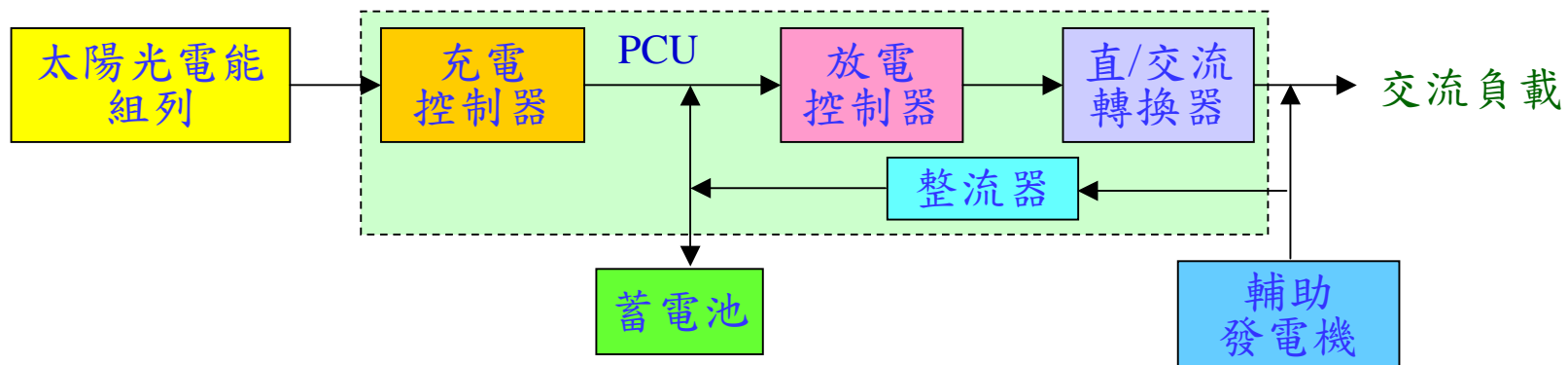


太陽能發電系統的種類

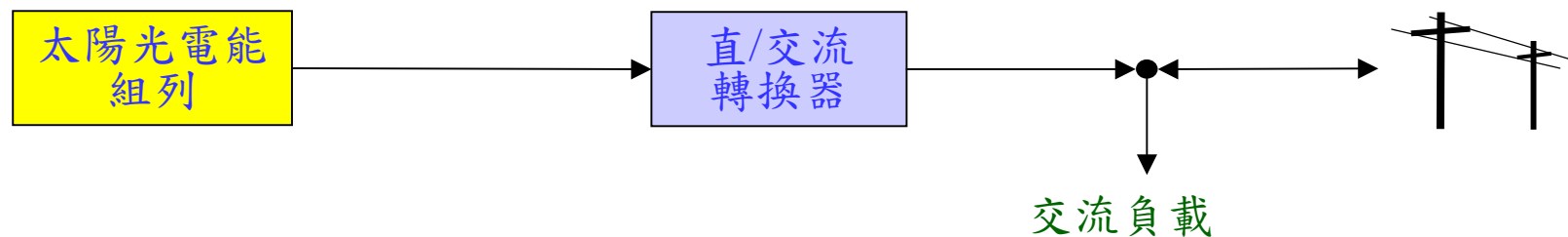
(A) 獨立系統
(Stand-Alone System)



(B) 混合系統
(Hybrid System)

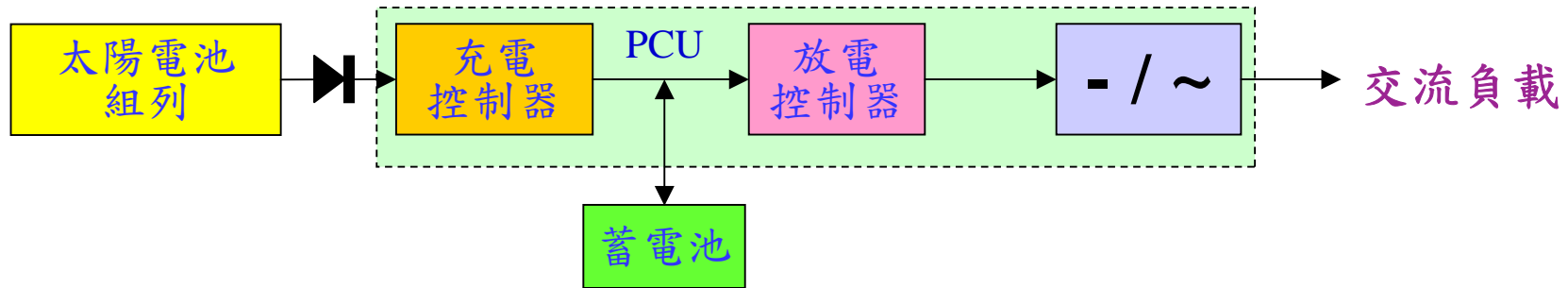


(C) 併聯系統
(Grid-connected System)



太陽能發電系統種類

獨立型 (Stand-Alone System)



直/交流轉換器壽命約10年

工作方式: 白天PV發電供負載與充電; 夜間蓄電池供電

缺點: 1. 定時維護或更新蓄電池

2. 能量損失較高

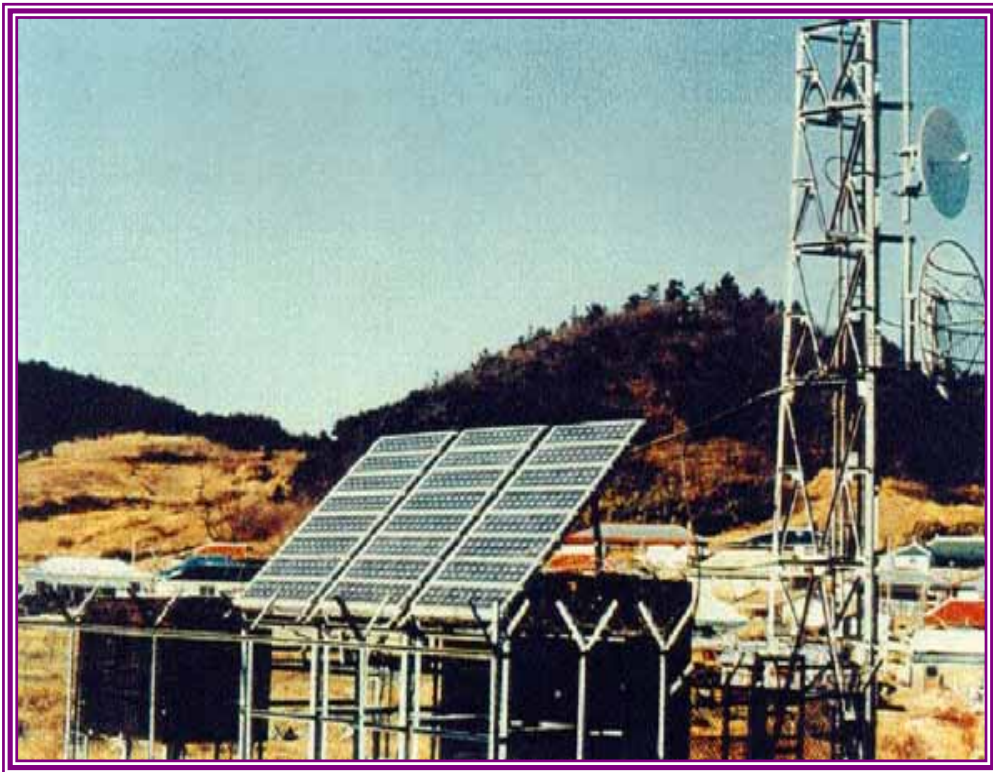
3. 需考量負載大小(必須自給自足)故PV系統不易設計

優點: 比架設輸配電設備成本低

適用地點: 高山及離島等市電無法到達處

太陽能發電系統種類

獨立型 (Stand-Alone System)

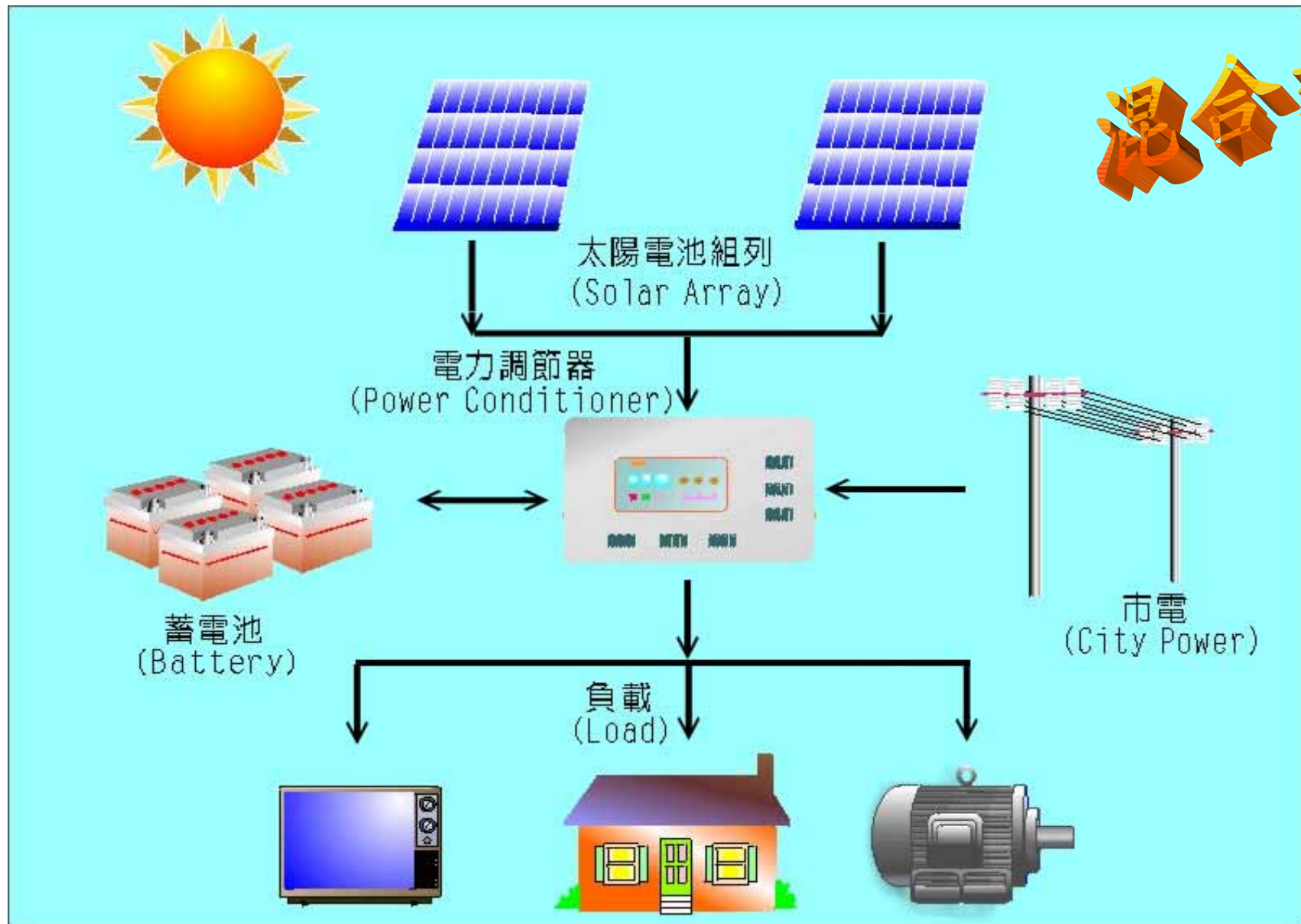


900W PV 系統，負載:無線通信中繼基地台100W
 $(100W * 24hr) / (0.7 * 5hr) * (1.3 \sim 1.5) < 900W$

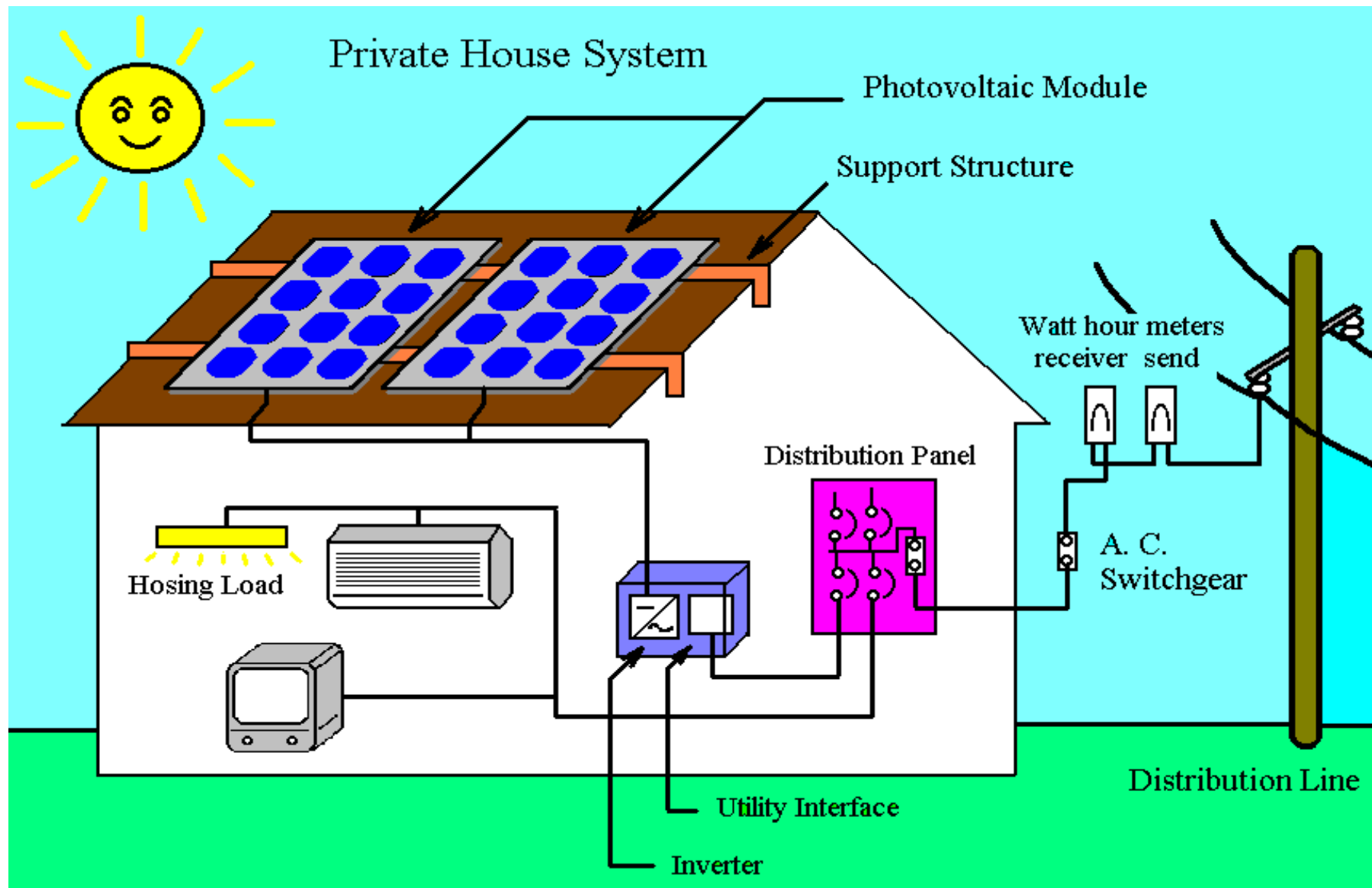


90kW離島用PV系統，韓國Ho-Do島應用於村落
(20戶)之照明、電視、收音機、通訊及抽水用電

太陽能發電系統種類

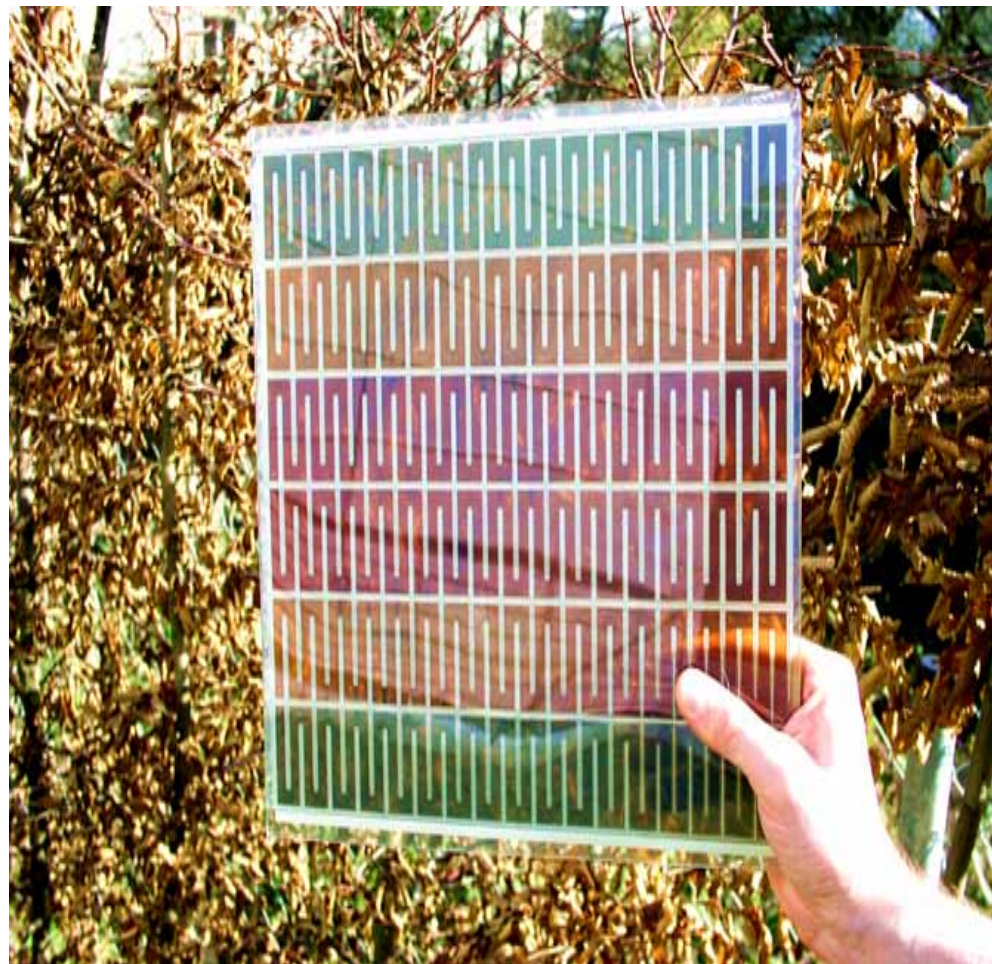
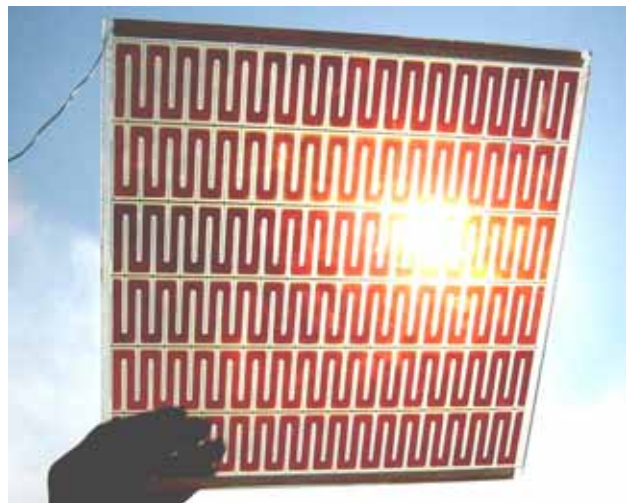
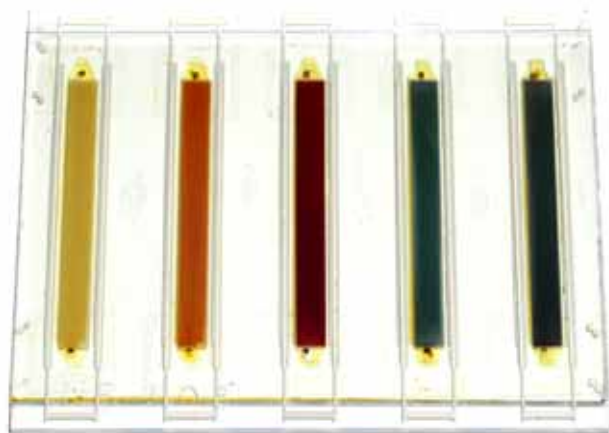


併聯型住宅用太陽光發電系統



太陽光發電之應用領域

Various colours in a series-connected dye solar cell modules



Courtesy Dr. Winfried Hoffman, CEO, RWE, SCHOTT Solar GmbH

Dye-Sensitized Solar Cells (DSC)



Advantage: easy to fabricate flexible cell

太陽光發電之應用領域

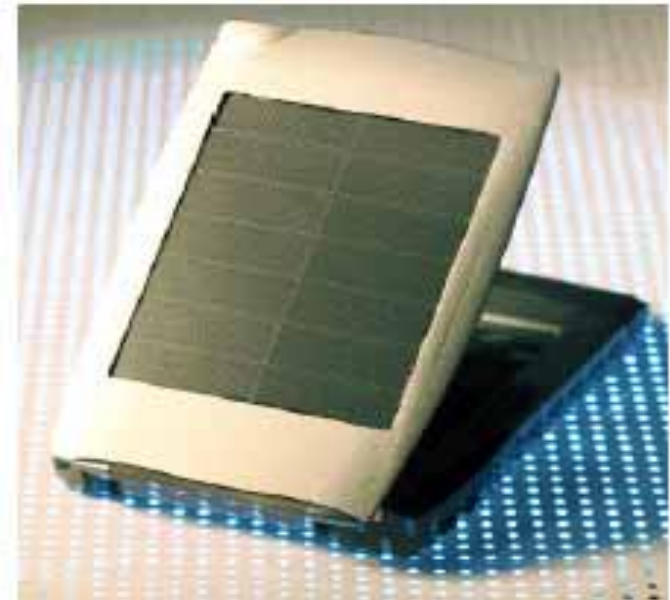
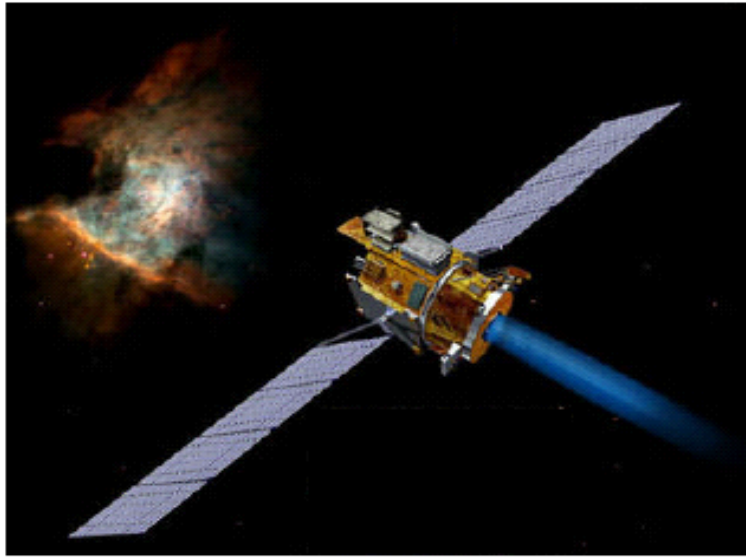


太陽光發電之應用領域





太陽光發電之應用領域



太陽電池應用例子



Mobile phone with PV power supply



A telephone booth supplied by photovoltaics with an energy management system

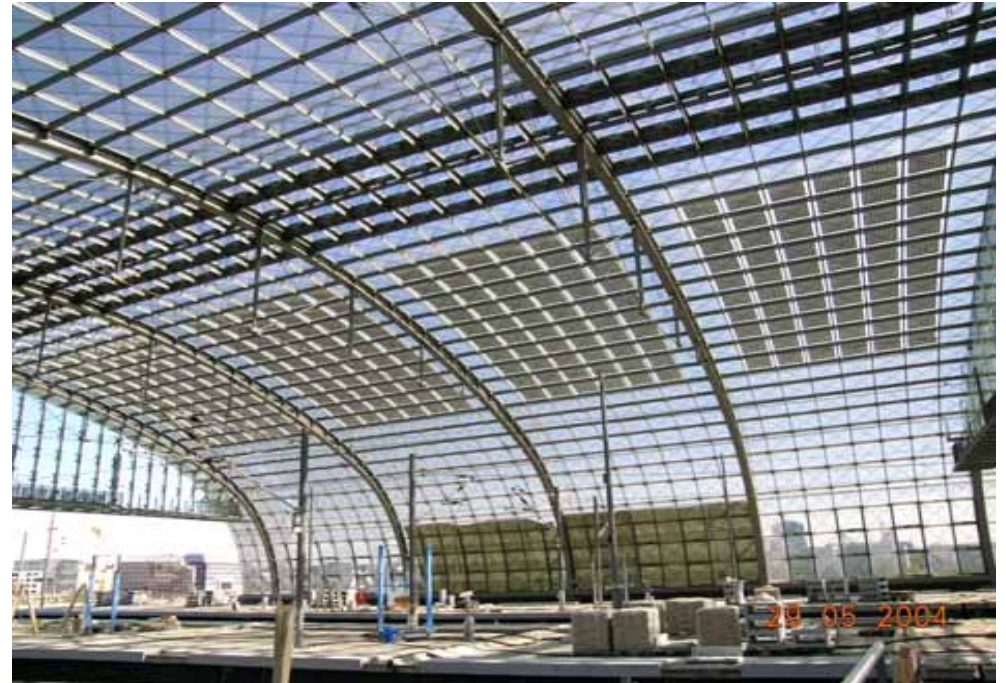
太陽電池手機充電器





ScotteVest於CES展示了一件功能強大的夾克。整和了太陽能面板，能用來給放在口袋中的移動電話、PDA、Game Boy、MP3播放器及其他移動設備充電。2004年春該款夾克的零售價將為300美元，不帶太陽能系統的款式將為200美元。

德國柏林 DB Lehrter 車站



建材一體型太陽光電(BIPV)興建案例



資料來源：工研院材料所德國Mont-Cenis玻璃屋拍攝，93年05月

建材一體型太陽光電(BIPV)興建案例



Semi-transparent architecture

LIGHT - TRANSPARENCY



- Transmission controllable through change of morphology of titania
- Colours depend on dye and electrolyte choice

大型 PV 發電系統

(德國 Sonnen, Bayern)



- **PV系統容量：1.7 MWp，集中設置**
- **Inverter：18 個 97 kW 市電併聯型 Inverter**
(資料來源：日本Sharp公司PV發電系統簡介資料)

混成式太陽光電與風力發電案例



混成式(Hybrid)風力與太陽光電(Guerinda, Spain)

The Helios prototype aviation of NASA



*To understand and protect our home planet
To explore the universe and search for life
To inspire the next generation of explorers
...as only NASA can.*



www.nasa.gov

The Helios Prototype
Aeronautics Desktop Series

Acknowledgements

- 經濟部能源局在計畫與經費的支持
- 瑞士 EPFL Prof. M. Graetzel, Dr. M. Nazeeruddin
- 工研院 曲新生 副院長
- 材料所 林江財 組長、郭禮青 經理、林俊男 博士
- 能資所 徐瑞鐘 副所長、吳文蒂 博士、謝坤龍 先生、陳冠良 先生、楊承哲 先生、
潘冠彰 先生、顏文治 主任
- 茂迪股份有限公司 張咀亮 總經理 書面資料提供

References

- Photocatalysis fundamentals and applications, John Wiley & Sons, 1989
- Handbook of PV science and engineering, John Wiley & Sons, 2003



E-Mail : jmwu@itri.org.tw