

A photograph of a lush green field, likely a rice paddy, in the top left corner.

太陽光電科技

經濟部能源局

2007年11月20日



內容綱要

壹、我國太陽光電產業科技發展目標

貳、全球太陽光電產業科技發展現況與趨勢

參、台灣發展太陽光電產業的利基與挑戰

肆、太陽光電產業發展機會與技術佈局

伍、太陽光電發展策略

陸、太陽光電技術研發重點構想

- 矽晶太陽電池現況檢視與研發重點
 - 矽薄膜太陽電池現況檢視與研發重點
- CIGS 太陽電池現況檢視與發展重點
 - 聚光型 III-V 族太陽電池技術現況與發展重點
- 更前瞻更基礎的電池研究

柒、結論

附錄及討論題綱



壹、我國太陽光電產業科技發展目標

- ◆ 國內太陽電池產值將自 2006 年的 NT\$ 212 億元，成長至 **2015 年的 NT\$ 4,000 億元**，產值成長 20 倍 (2x 國際)
- ◆ 2015 年太陽光電系統技術發電成本目標 **NT\$ 7/kWh**
- ◆ 強化再生能源政策與積極獎勵國內太陽光電設置，裝置容量目標 2010 年 31MWp，2015 年達 320MWp

貳、全球太陽光電產業科技發展現況與趨勢

一、全球太陽光電產業發展情勢變化

1. 全球太陽光電產業產值規模

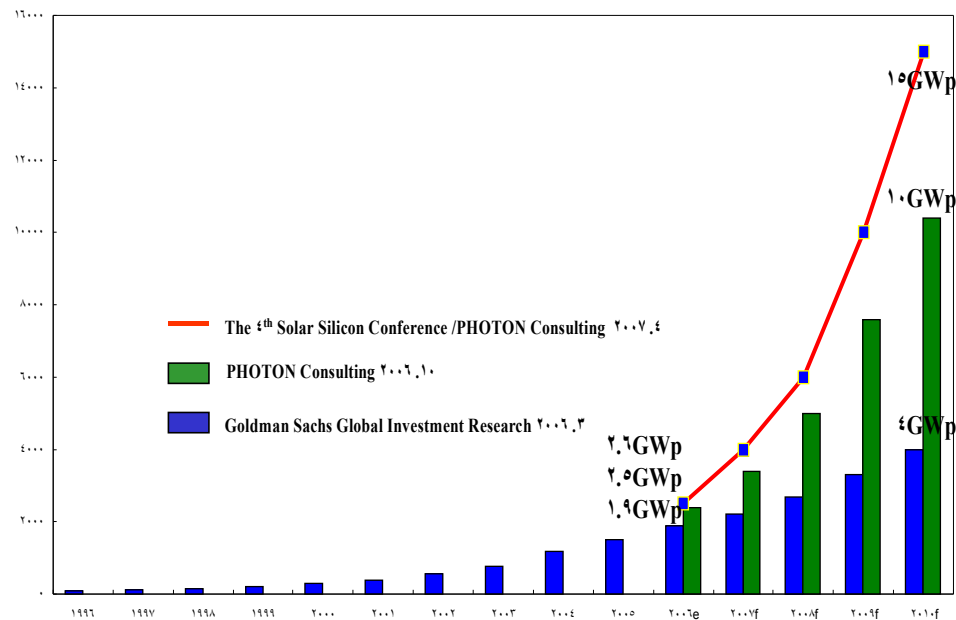
產業處成長初期，2005年整體矽晶電池產業產值239億美元；2006年產值增至368億美元。（平均成長率50%以上）

2. 全球太陽電池產量預測樂觀

2000~2006年平均成長率43.7%，2010年全球產量10GWp，成長率40~60%。

3. 全球太陽光發電系統市場維持高度成長

2001~2006年平均成長率38.4%，2010年設置量5.7GWp；成長率30~43%。



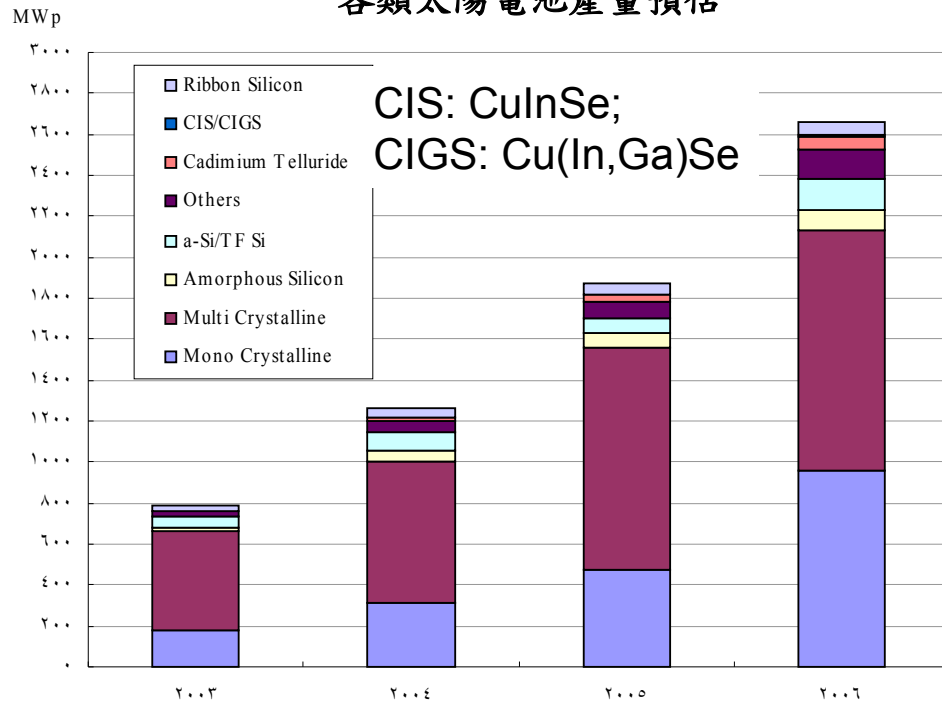
資料來源：工研院太陽光電科技中心 整理
(2007/08)

貳、全球太陽光電產業科技發展現況與趨勢 (續)

二、產業發展趨勢：

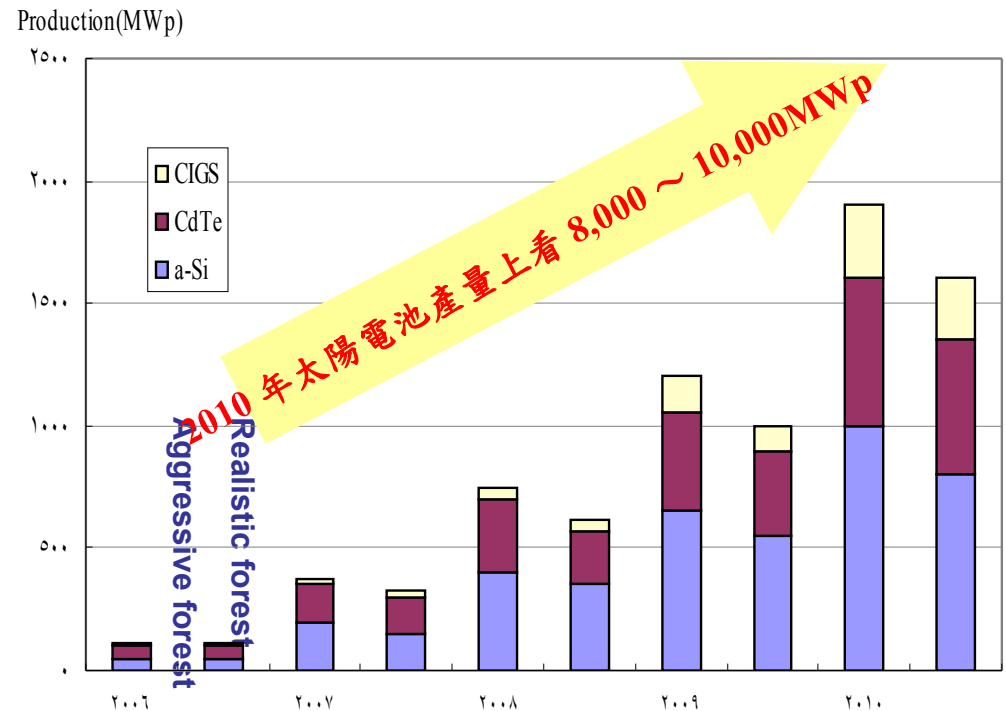
- 至 2020 年矽晶依然是主流，但薄膜太陽電池比重將逐漸增加，市場預估至 2010 年太陽電池產量上看 8 ~ 10GWp，薄膜太陽電池將佔 15 ~ 20%。

各類太陽電池產量預估



資料來源： PV News, April 2007.

薄膜太陽電池產量



資料來源： Solar Photovoltaics, Deutsche Bank Securities, July 2007.5

貳、全球太陽光電產業科技發展現況與趨勢 (續)

2. 太陽光電在各國政策驅動下，快速成長。

3. 預估太陽光電系統至 2015
~ 2020 年即具價格競爭力

▶各國 2015 年發電成本預估：

— 歐盟 € 0.15/kWh ，

— 美國預估 ¢ 8-10/kWh ，

— 日本預估 ¥ 18.5/kWh ，

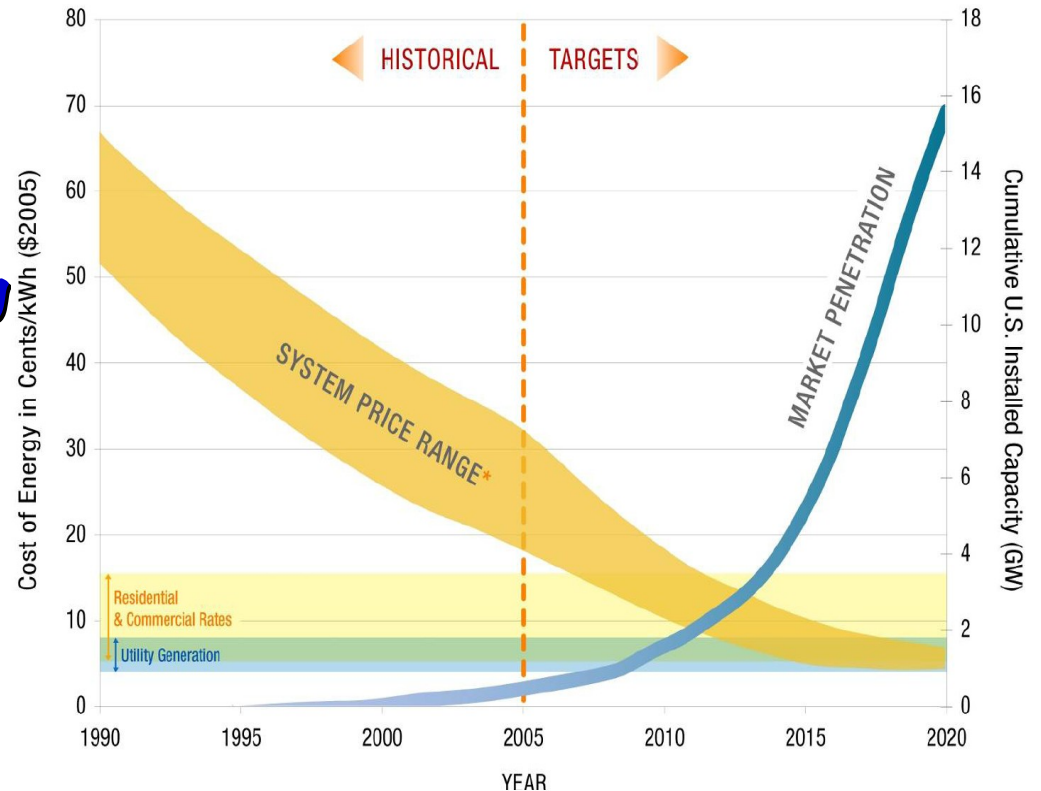
(約相當於新台幣 3 ~ 7 元)

電池製造成本約 US\$1/Wp

資料來源：1. DOE Solar Energy Program Overview, DOE Solar Energy Technologies Program, Aug. 2007.

2. A strategic Research Agenda for PV Solar Energy Technology, EC, 2007.

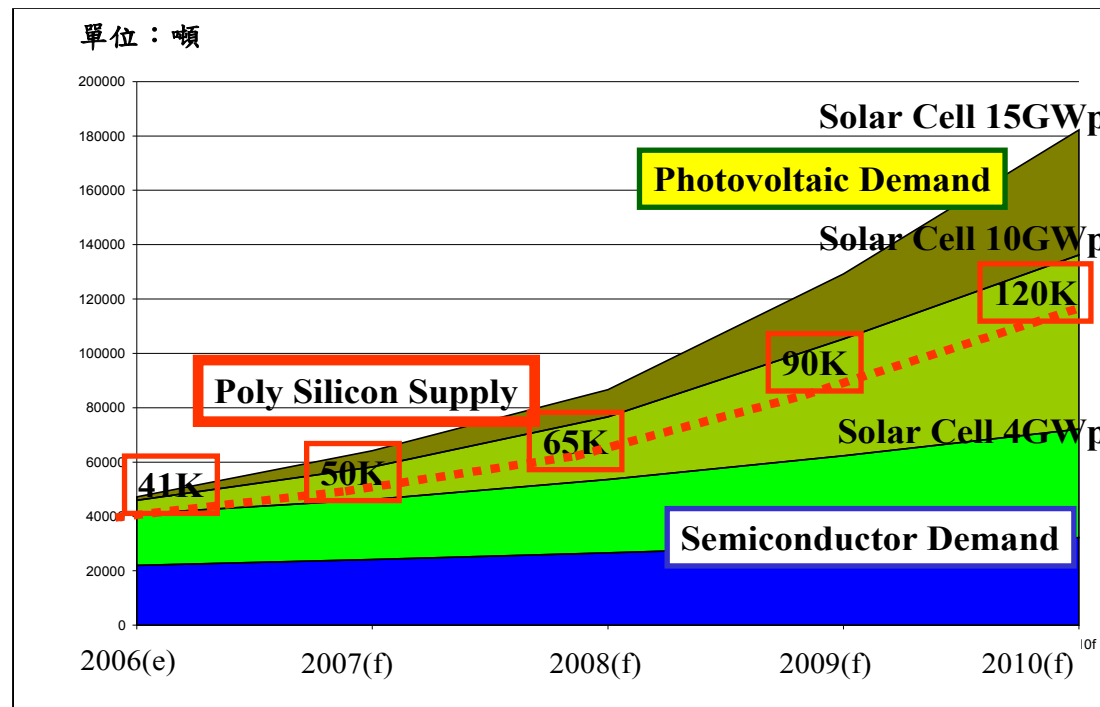
3. Overview of “PV Roadmap Toward 2030”, NEDO, Japan, June 2004.



貳、全球太陽光電產業科技發展現況與趨勢 (續)

4. 多晶矽材料至 2010 年仍供不應求

2006 年矽產能 3.5 萬噸，2007 年達 3.9 萬噸，2008 年預估達 5.7 萬噸
(太陽能佔 55% 平均價格 US\$78/kg，2007 年價格已突破 US\$120/kg)；
國內太陽電池廠產能利用率只有四成

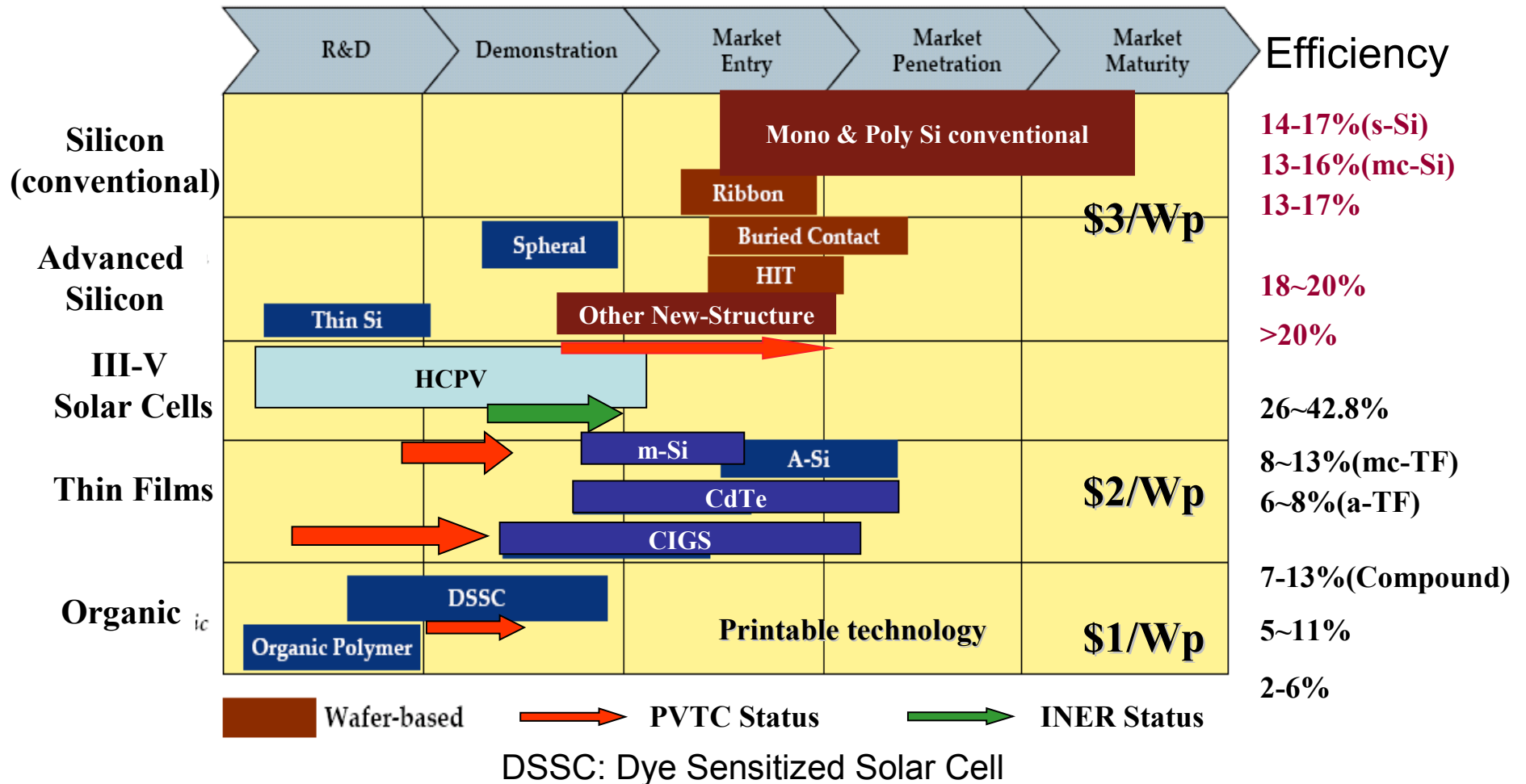


資料來源：工研院太陽光電科技中心 整理 (2007/08)



貳、全球太陽光電產業科技發展現況與趨勢 (續)

5. 目前太陽電池技術開發百家爭鳴，未來勝出取決於成本及效率





貳、全球太陽光電產業科技發展現況與趨勢 (續)

6. 不同世代太陽電池進入市場的時間

PV Technology	PV Generation	Forecast time from market acceptance to decline
Silicon Crystalline	1	1970 - 2020
Silicon Amorphous	2	1983 - 2025
Silicon Thin Film	2	2001 - 2050
CdTe	2	1995 - 2010
CIS/CIGS other 3/5, 2/4/6	2	2000 - 2050 ?
DSSC	3	2003 - 2055
DSSC - hybrid	3+	2015 - 2100
Organic - hybrid	3+	2015 - 2100
Biological	4	2030 - 2100+

資料來源：Sylvia Tulloch, Sustainable Technologies International Pty Ltd.



貳、全球太陽光電產業科技發展現況與趨勢 (續)

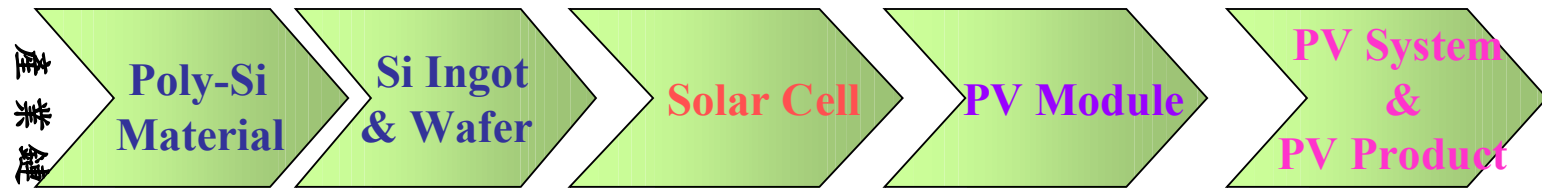
7. 高聚光III -V 族太陽光電系統於國際上係屬新興市場，Sharp 預估高聚光III -V 族太陽電池，2030 年具產業化能力

- 目前國內系統設置費 US\$ 11/Wp (100kW 設置成本)
- 高聚光太陽光發電 (HCPV) 多接面堆疊式太陽電池研製，能量轉換效率 2007 年達 33% 以上，2010 年達 40%，2014 年達 45%，2020 年達 50% 以上。
- 國內業界合作量產，2008 年裝置容量目標 1 MW，2010 年 10MW。
- 2012 年 HCPV 元件製造成本由 US\$ 5/Wp 降至 US\$ 2.5/Wp

貳、全球太陽光電產業科技發展現況與趨勢 (續)

三、台灣太陽光電產業現況

1. 台灣已有 70 餘家廠商投入；矽晶 16 家、薄膜 10 家，模組 15 家；矽晶圓廠 6 家
2. 仰賴國外市場及原料；上游材料；中游元件進組件 Solar Cells 下游系統



國內相關廠商

目前無生產
中油(規劃中)
李長榮
(規劃海外生產)
工研院投入火法
冶金自主技術
開發

中美矽晶
綠能科技
合晶科技(上海)

茂迪(昆山)

旺矽科技
...等6家

茂迪、益通
旺能、昱晶
昇陽、新日光

大豐(光華)

科冠、茂矽
太陽光電能源

鑫筌
聯相(晶能)

綠能、大億光能
...等26家

頂晶科技

奈米龍
全能
立基

生耀光電
茂暘
...等15家

茂迪、中國電器、永炬光
電、奈米龍科技、冠宇宙
、台達電...等28家

國內III-V族太陽電池

- 太陽電池磊晶廠：3家
- 接收器封裝廠：4家
- 太陽電池元件製程廠：2家
- 聚光模組廠：3家
- 太陽光追蹤器製造廠：3家



參、台灣發展太陽光電產業的利基與挑戰

一、台灣太陽光電產業發展之利基

1. 具有半導體及平面顯示產業之製造與管理技術
2. 專業分工與國際大廠策略聯盟
3. 引進 Turnkey 技術直接投入量產，有效管理快速獲利

二、面臨的挑戰

1. Turnkey 技術技術門檻低，無差異化，缺乏長遠競爭力
2. 缺乏高效率技術的解決方案
3. 原料、技術、設備受制於國外，不利未來發展
4. 缺乏系統整合驗證之技術能量，附加價值較難提升



肆、太陽光電產業發展機會與技術佈局

兩階段佈局

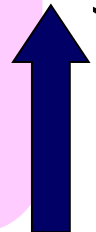
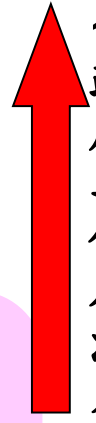
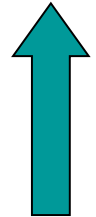


現階段迫切導入之技術

- 低成本矽材開發
- 低成本高效率矽晶太陽電池與模組技術開發
 - 高效率矽薄膜太陽電池與模組技術開發
- CIGS 太陽電池與模組技術開發
 - 模組效率提升與壽命延長技術開發
 - 系統效能提升與併網技術研究

快速導入

專業 / 科學 / 技術 / 產品 / 開發 / 主導性 / 產業 / 界




能源科技研發
(政府單位及法人)

未來導入之技術
現階段佈局

- 聚光型高效率化合物半導體太陽電池技術開發
- 染料敏化太陽電池與封裝技術開發
- 有機太陽電池與封裝技術開發
- 奈米結構材料與元件技術開發

提早佈局

學術基礎研究

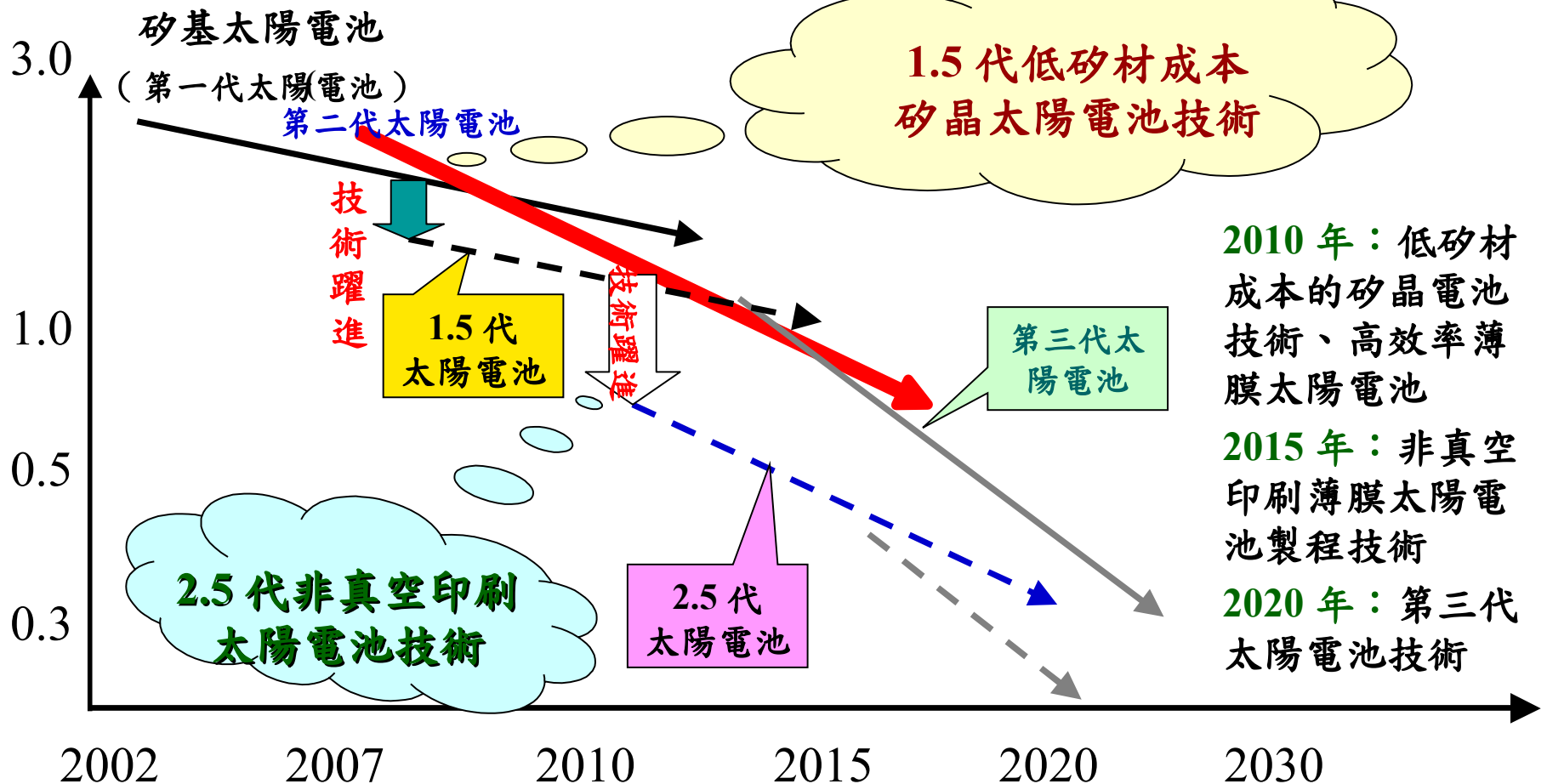


伍、太陽光電發展策略

- 聚焦資源開發高效率薄膜太陽電池技術與設備
- 致力於關鍵智權專利佈局，為產業創造領先的鋁機
- 協助機械設備產業切入太陽電池領域，開發自動化製程量產 / 檢測設備，製造高良率、高效率太陽光電產品
- 強化產品的驗證（品質）、系統設計與設計應用
- 提早佈局次世代電池技術 (DSSC, Polymer, etc..) 及相關材料科技

陸、太陽光電技術研發構想

Log (US\$/Wp)



陸一、矽晶太陽電池現況檢視與研發重點

□ 矽晶太陽電池研發能力與國際定位檢視

技術項目	國內		國際	
	實驗室階段	量產	實驗室階段	量產
單晶矽 太陽電池效率	20.51% 7.14cm ² FZ 矽晶片 (工研院)	15~17% 125mm×125mm or 156mm×156mm	24.7% 4cm ² FZ 矽晶片 (UNSW)	16~22% 100mm×100mm 三洋 HIT 19.5% CZ 125mm×125mm SunPower 22.4% FZ
多晶矽 太陽電池效率	19.1% 7.14cm ² 多晶矽 (工研院)	14~16% 125mm×125mm or 156mm×156mm	20.3% 1.002cm ² 多晶矽 (FhG-ISE)	16~18% 156mm×156mm Kyocera 18%

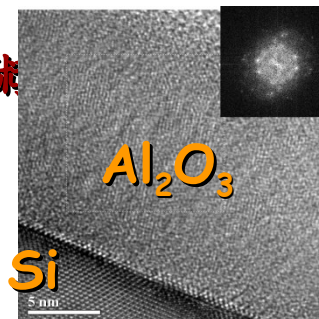
□ 技術研發重點：2010 多晶效率 18% 可量產技術

1. 低成本矽材開發與新電池結構設計 (< US\$2/Wp)
2. 新電池製程技術與設備整合開發

— 奈米鍍膜鈍化技術 (電池效率提升 1 ~ 2%)

— 反應式電漿技術 (提升電池效率 1 ~ 1.5% , 對產值貢獻

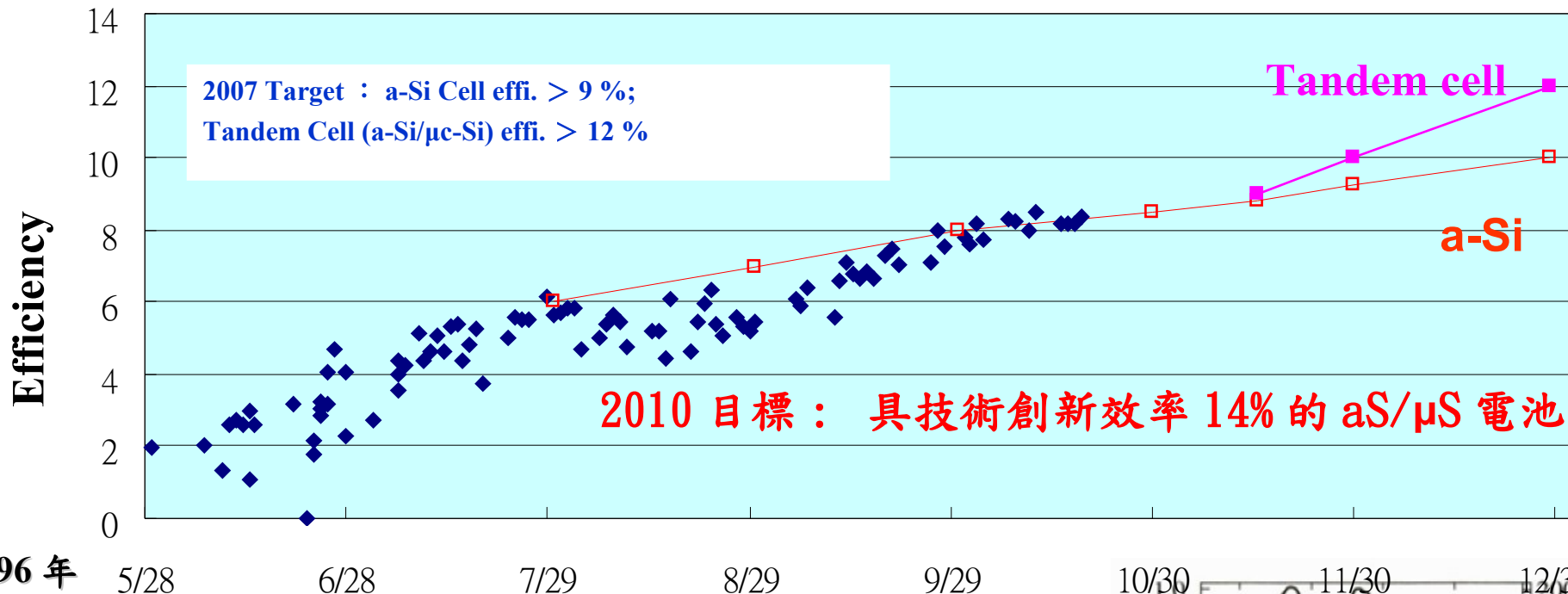
7~10%)



陸二、矽薄膜太陽電池現況檢視與研發重點

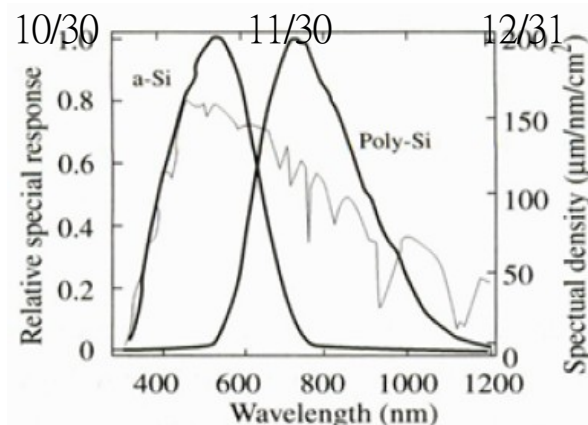
技術研發現況

台灣產業現況：預計 2008 Q4 量產，效率 < 7%



技術研發重點：

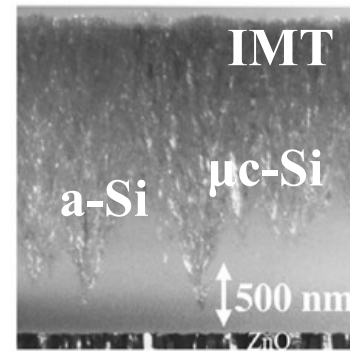
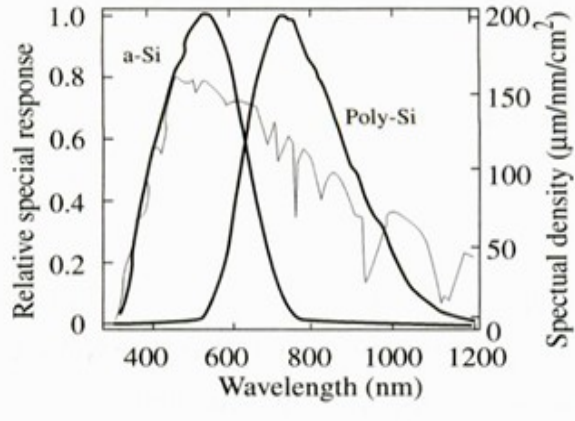
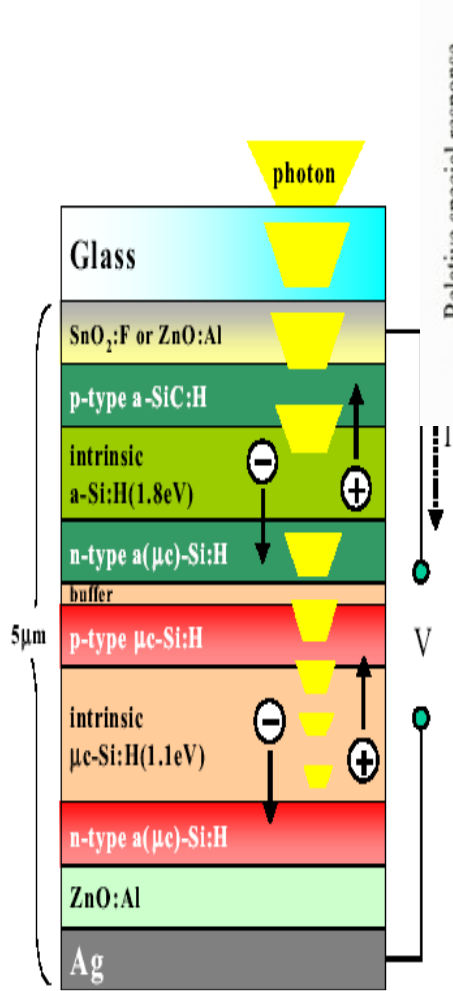
1. 高速鍍膜率製程與設備開發降低成本
2. 光學管理技術，提昇效率，二十多項專利佐已



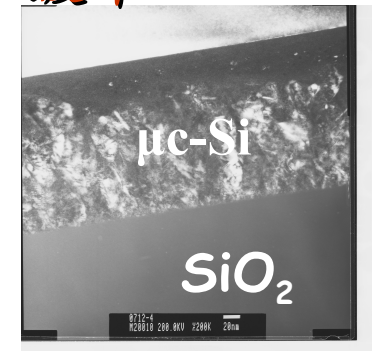


陸二、矽薄膜太陽電池現況檢視與研發重點 (續)

鍍率 > 1nm/s



VHF PECVD



PVTC

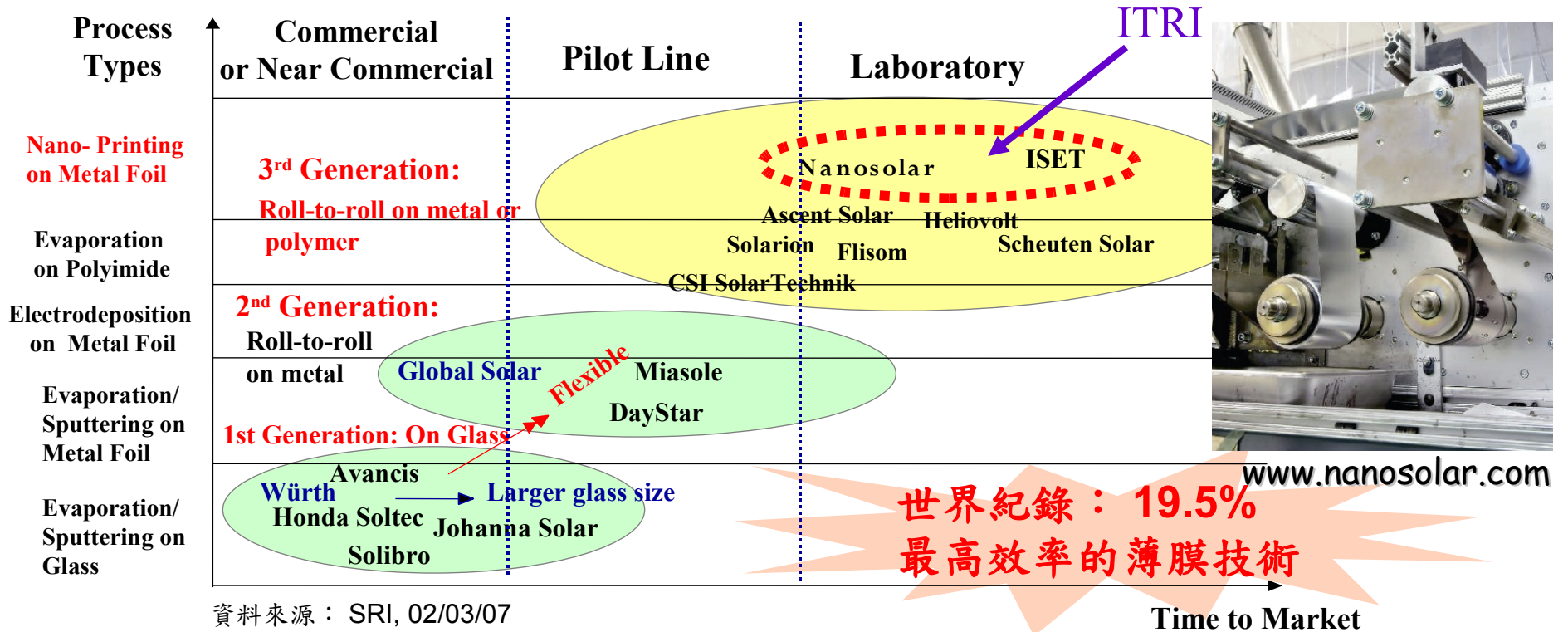


a-Si/μc-Si Tandem cell



陸三、 CIGS 太陽電池現況檢視與發展重點

□ CIGS 太陽電池全球技術發展藍圖



□ 技術研發重點：

1. 非真空奈米印刷製程技術，技術門檻高，最具競爭力

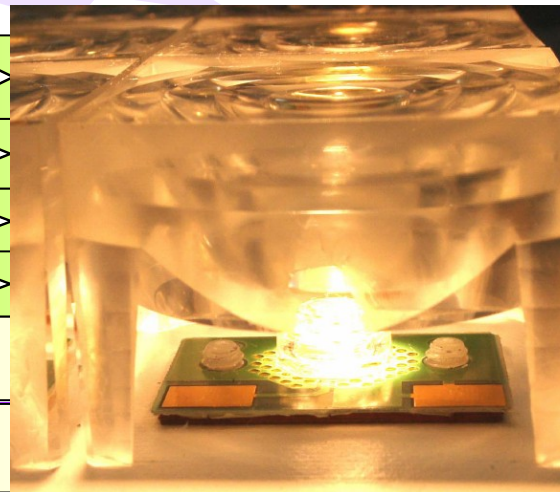


陸四、聚光型 III-V 族太陽電池技術發展重點

利用便宜的光學系統來減少電池成本

技術發展藍圖與現況檢視 世界紀錄：電池效率 40.7%

		現在 ~2008	2009-2010	2011-2012
太陽電池效率		31%	35%	40%
聚光倍率		476X	545X	700X
系統效率		20%	26%	30%
磊晶材料與結構		3 subcell 2 tunnel junction		4 subcell 3 tunnel junction
成本	元件成本 (系統成本)	5 USD/Wp (9 USD/Wp)		2.5 USD/Wp (6 USD/Wp)



技術研發重點

1. 建立奈米薄膜穿隧式接面製作技術，開發 Nitride 系列電池材料及磊晶技術，增進聚倍率，提升電池效率 (> 50% 以上)
2. 降低元件製造成本 (由 US\$5/Wp 到 < US\$2/Wp)

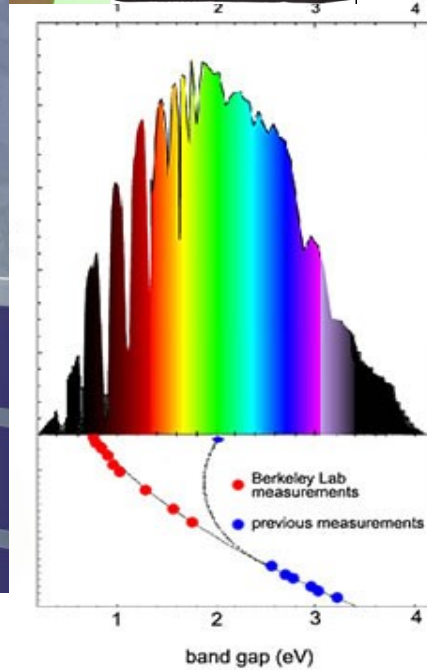
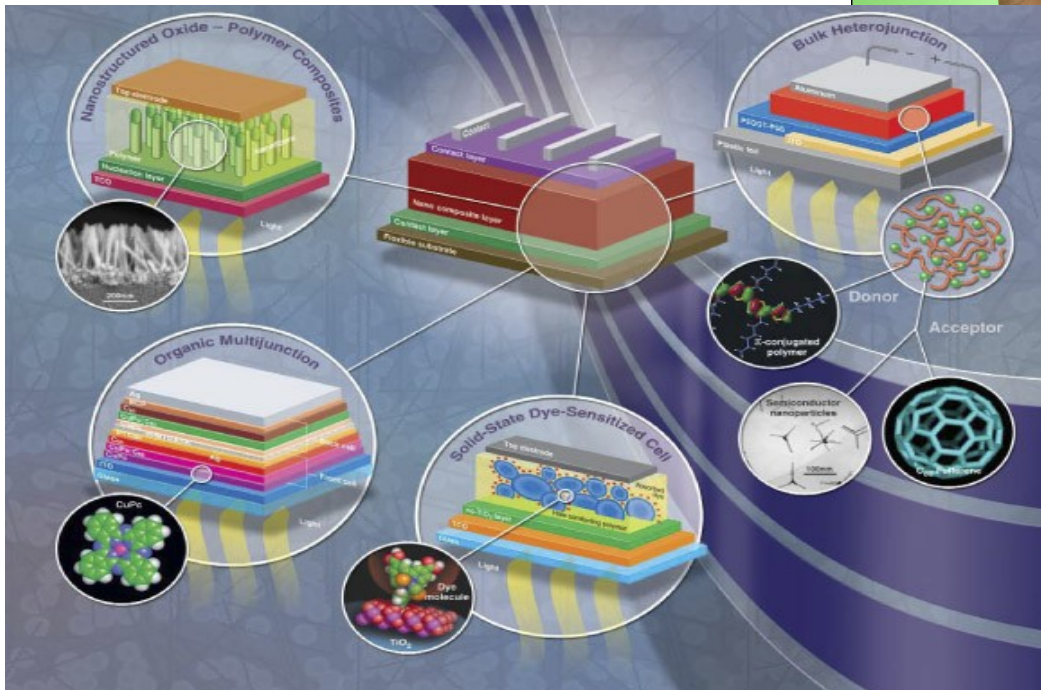




陸五、更前瞻更基礎的電池研究

Game changer 技術仰賴基礎的研究創

新
新概念、新材料、新的製程
技術... (DSSC, organics,
quantum dots...)



MRS Bulletin, January 2005



柒、結 論

太陽光電產業持續快速發展，但關鍵課題在於成本

。

應在原料、設備及技術上積極佈局投入。

擴大內需，驗證技術及品質，全球佈局。

加速高效率薄膜太陽電池技術開發，快速導入量產

。

提早佈局次世代技術開發，掌握材料與製程技術

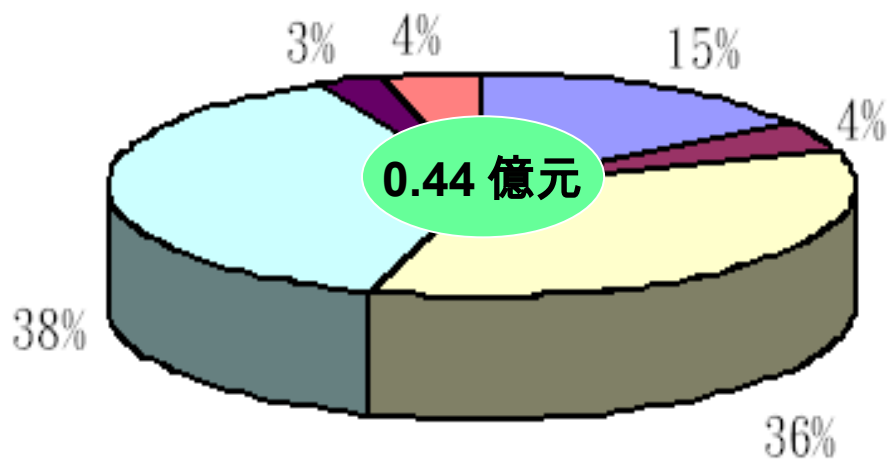
。

□ 加強基礎研究，培育產業技術人才。

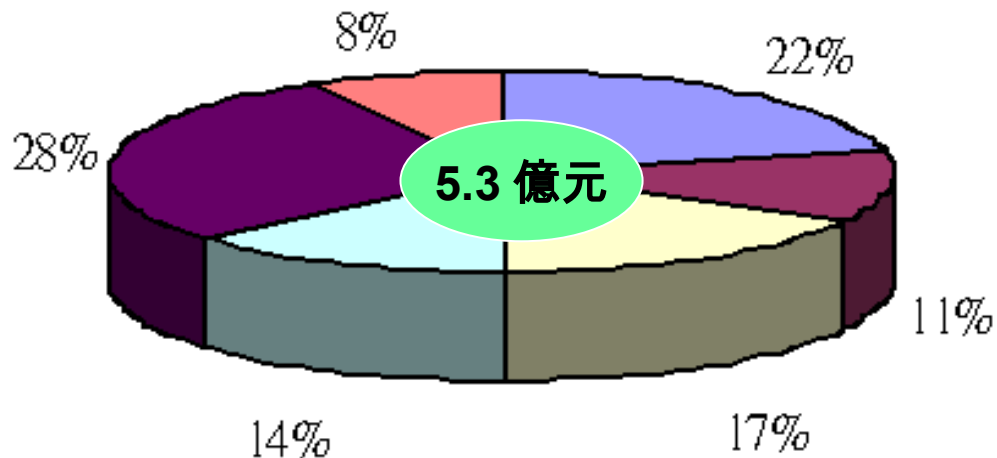


附件一、政府在太陽光電領域之資源配置

□ 國科會支持學界投入太陽光電基礎研發之資源配置



□ 能源科技研發投入在政府及法人進行太陽光電產業化技術研發之資源配置



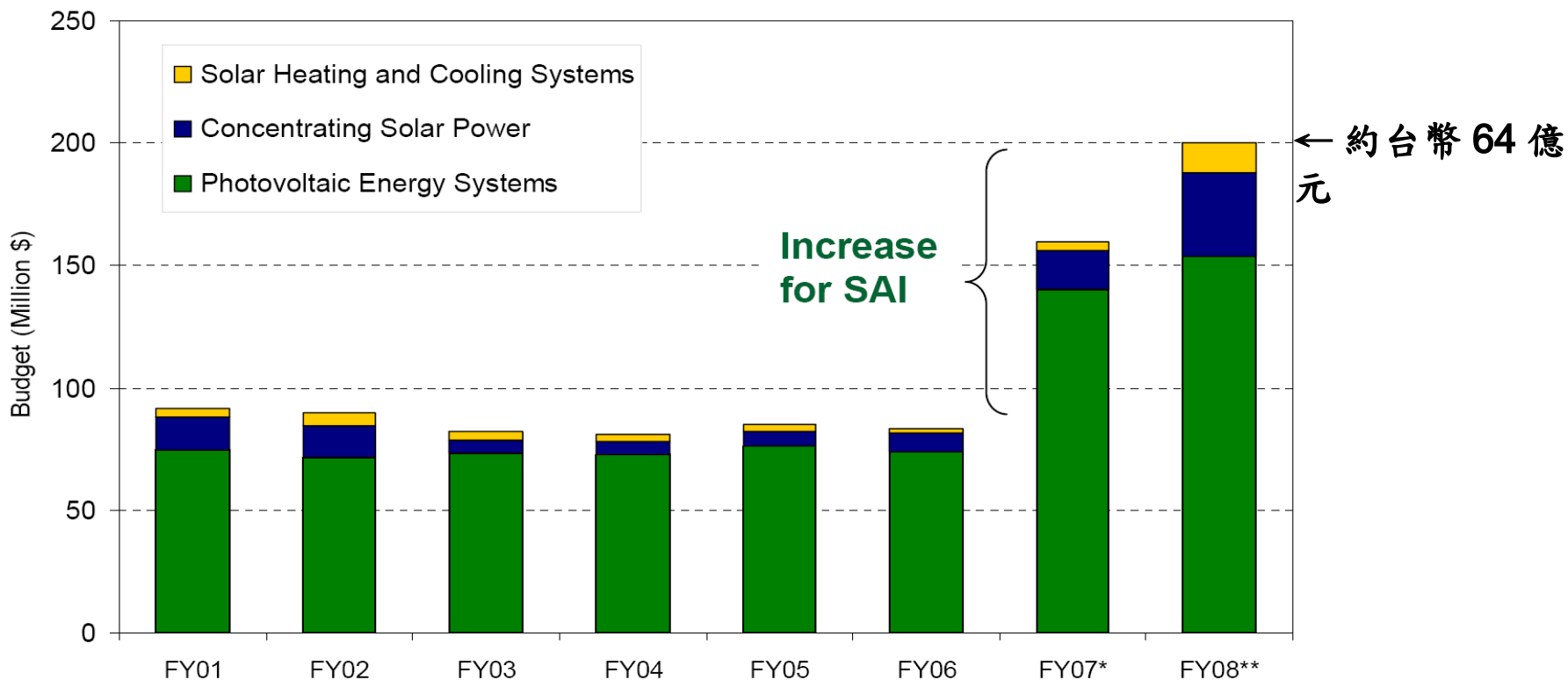
■ 模組及系統應用 ■ 矽晶及矽材 ■ 薄膜 ■ 第三代 ■ III-V族 ■ 推廣

□ 業界科專及主導性新產品支持業界投入太陽光電研發之經費 1.38 億元

□ 太陽光電系統設置補助款經費 4.3 億元 Total=7.12+4.3= NT\$ 11.42 億元



附件二、美國能源部投入太陽能技術研發資源



With one last investment push, the Federal government will realize full value of 30-years of RD&D with a major new CLEAN energy source.

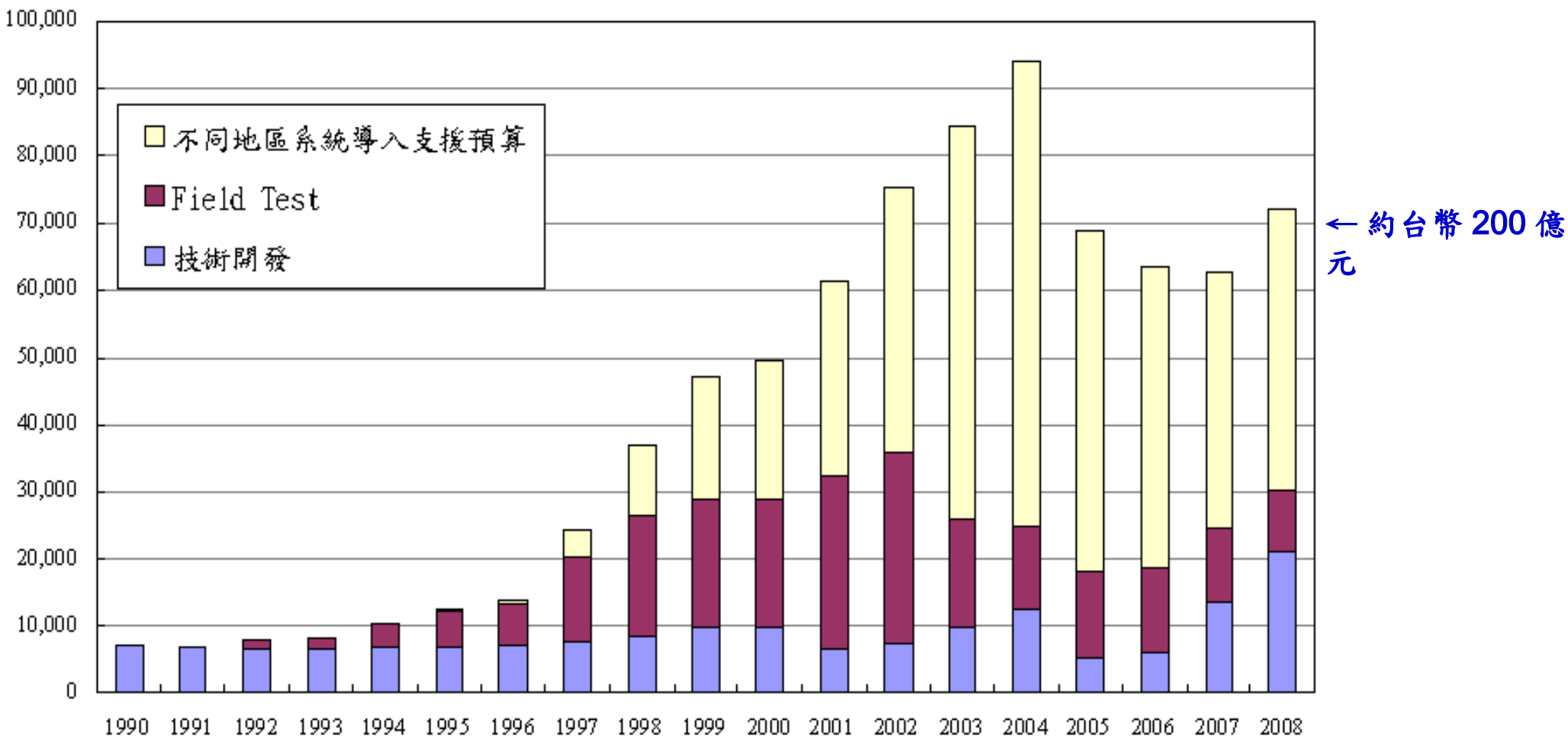
* President's Request for FY07 was \$148M, final FY07 CR provided \$159M.

** President's Request for FY08 was \$148M, current House mark for FY08 is \$200M.



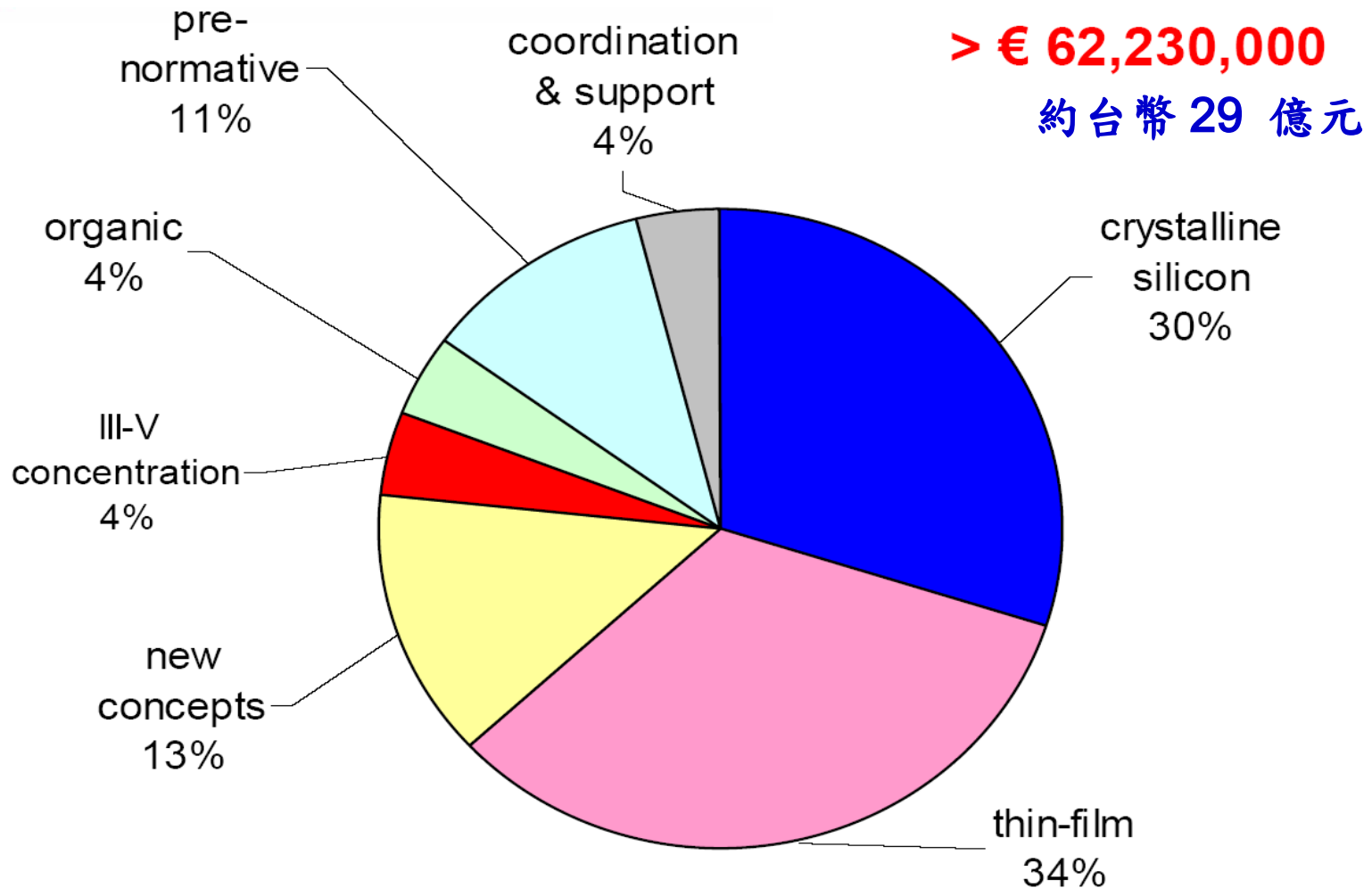
附件三、日本政府投入太陽光電領域之資源

單位：百萬日圓





附件四、歐盟 2007 年投入太陽光電研發之資源



Data from 1st, 2nd, 3rd energy calls. Some projects are still under negotiation.



討論題綱

如何建構具競爭力的太陽光電產業？

(一) 技術佈局 (3/7 的研發投入)：

1. 發展具國際競爭力的矽晶電池技術：低成本多晶矽原料技術，高效率超薄

矽晶電池技術

2. 積極開發次世代太陽電池技術與專利智權佈局

— 薄膜電池：低成本高效率製程技術與生產設備 (2012)

— 新概念電池：有機電池，聚光電池，非真空印刷技術 (2015)

(二) 產業策略：建立完整的產業鍊，加速原料與設備技術引進及研發佈局，產品驗證的環境建構

(三) 擴大內需：建構具誘因的推廣政策，建立併聯電網技術能量與環境 (320MWp by 2015)

(四) 人才策略：基礎學程，重點研發中心，短期訓練，人才引進