

# 太陽能電池產業技術與標準初探



作者：樊晉源、林品華、張書豪、洪文琪、陳曉郁

財團法人國家實驗研究院科技政策研究與資訊中心 編印

中華民國 104 年 5 月



**太陽能電池產業技術與標準初探**  
**Solar industry technologies and standards**  
**Discussion**

樊晉源、林品華、張書豪、洪文琪、陳曉郁



## 摘要

觀能源發展領域中，替代性能源議題，在這幾年內不斷被強調，而乾淨替代能源主流，現階段發展最具有優勢，且最具有競爭力的，首推太陽能。台灣廠商在太陽能產業之發展可說是獨樹一幟，不但整體產業鏈完善，更重要的是技術能量及學研發能量發展均非常優異，根據科技部(前國科會)國家型計畫能源辦公室之分析，台灣在太陽能產業整體排名世界第四，另外依據昱晶能源科技股份有限公司資料，更顯現出台灣太陽能電池產業製造排名佔世界第二，僅低於中國大陸。整體而言，台灣之太陽能技術發展可說相當成熟，但不同於其他國家能源產業發展主要以供應本國市場為主，台灣之太陽能產業發展以出口為主，因此台灣太陽能產業整體受到國際市場景氣循環狀況息息相關，包含產品之上游供應、以及下游之產業需求，都受到景氣狀況之影響。為此，本研究運用標準、專利、學術前沿及政策面四個構面，針對此一產業面進行初探，並進一步針對此一趨勢，提出五項建議，期望此五項建議可以有效提升我國在此一領域之發展，並協助相關單位進行未來發展。

關鍵字：太陽能產業、染料敏化電池、薄膜太陽能電池、矽晶太陽能電池、專利佈局分析、技術標準分析

## **Abstract**

In the field of up-to-date energy development, alternative energies have been emphasized repeatedly. And within the alternative energies, solar energy is the most competitive method at present. Taiwan has one of the most well developed solar energy industry supported by extraordinary technological research background and an integrated supply chain. According to a recent research done by Office of National Energy Program, the Ministry of Technology and Science, the size of the solar energy industry of Taiwan is ranked at the fourth position globally. Furthermore, the industry of solar cell manufacturing of Taiwan seconds only to China in global scale based on a researched performed by Gintech Energy corp. Despite the fact that the overall solar energy industry of Taiwan is so firmly established, the “export dominated” feature of this industry caused itself to be easily effected by the global economy. Hence, this study will introduce the solar energy industry of Taiwan in the aspects of standard, patent, academic front and related policy. Upon the understanding, this study will further propose five suggestions. Hopefully, the suggestions can be used for the industry’s elevation.

**KEY WORDS :** Solar Industry 、 Dye-sensitized solar cell 、 Thin Film solar cell 、 Silicon Based solar cell 、 Patent Strategy Analysis 、 Technical standard analysis

## 執行摘要

綜觀能源發展領域中，替代性能源議題，更在這幾年內，不斷被強調，主要在於原本人類主要依賴之火力及煤礦能源發展，在 20 世紀開始就不斷被質疑其污染性及危險性。而主要替代能源「核能」更在 20 世紀末期及 21 世紀初期，發生包含蘇聯之車諾比、美國之三哩島、日本之 311 事件，被世人真正了解在其產生巨大能量之際，所帶來的污染及危險源遠超過世人所能掌控。因此替代性能源議題中，乾淨能源之發展，逐漸成為一大主流。而乾淨能源中，現階段發展最具有優勢，且最具有競爭力的，首推太陽能。

現今眾多替代能源產業發展中，台灣廠商在太陽能產業之發展可說是獨樹一幟，不但整體產業鏈完善，更重要的是技術能量及學研發能量發展均非常優秀，根據科技部(前國科會)國家型計畫能源辦公室之分析，台灣在太陽能產業整體排名世界第四，另外依據昱晶能源科技股份有限公司之資料，更顯現出台灣太陽能電池產業製造排名佔世界第二，僅低於中國大陸。整體而言，台灣之太陽能技術發展可說相當成熟，此一產業也可說是台灣堅實之發展利基。

但不同於其他國家能源產業發展主要以供應本國市場為主，台灣之太陽能產業發展以出口為主，這主要是因為台灣本土之能源運用仍以火力及核能為主，替代性能源僅佔整體比率 4.5%。因此台灣太陽能產業整體受到國際市場景氣循環狀況息息相關，包含產品之上游供應、以及下游之產業需求，都受到景氣狀況之影響。雖然有完善之產業發展，但相對而言卻常受到上游矽晶圓供應量不足，及下游買家需求之問題。進一步而言，各國之政策補貼與懲罰性政策，也直接影響到我國太陽能市場之發展性。如何有效面對與改善太陽能產業，並進一步思考太陽能產業之狀況，可說是現今太陽能產業界最大之問題。

有鑑於此，本研究報告嘗試藉由標準、專利、學術論文、政策四方面，思考整體太陽能產業未來相關替代點之機會，並從中找尋出相對應之相關技術，思考台灣在此一產業之定位。從中有效提供台灣產業之適當發展途徑。並探索

新世代太陽能技術之合適性，從中發掘新世代太陽能技術應用之新的途徑。

藉由上述一系列研究，本團隊發現太陽能發電成本較高，又容易受到氣候因素影響，造成供電不穩，所以發展初期確實需要國家進行政策補貼，但政府補貼又是造成再生能源成本增加的原因。往往因執行不力，如電網建設進度不佳、價格補貼過高，造成電價高漲。因此，就政策上，補貼只能作為短期推動措施或方案之一，不然會逐漸加重政府、民眾及業者的負擔。像美國在 2014-2018 年能源計畫，就將政策重點放在加強建設、提高產業競爭力及增加就業機會上。尤其政府政策上雖需重視環境保護，但仍須提升國家經濟。像德國在其新興能源政策白皮書上亦說明將投入在提升能源效率、強化家電產品節能，及新興能源開發。在政策上就明顯走向不以財務補貼為主要推動方案，未來或許可以提供作為國內後續政策之擬定參考。

透過此報告，可發現現階段太陽能雖然無法替代主流之能源產業，但在替代能源產業中，仍是最具有發展之重點產業之一。進一步針對太陽能電池之整體狀況進行分析，可發現主流仍是矽晶圓之相對應產品。因此類似薄膜太陽能電池及染料敏化這一類型之替代性太陽能電池之發展只能由不同之應用領域進行發展。藉由支援消費性商品及裝置藝術產品，似乎可以將產品市場有效區隔，並做出不同之規範。

相關太陽能電池發展，政策建議如下：

- 1. 替代性電池主要均著眼於矽晶圓的提煉困難，浪費大幅資源提煉之單晶矽及多晶矽電池，似乎並不是未來之能源發展取向。**

雖然現今矽晶圓價格屢創新低，平均價格達到最低點，平均矽晶圓及多晶矽模組價格僅約 0.7 和 0.4 美金，且短期內並無升高趨勢，這一切因素均使得各類



型太陽能電池似乎仍不能取代矽晶圓之太陽能電池，這對替代性電池之發展，展開毀滅性的打擊。但是綜觀現階段矽晶圓之發展，仍需要龐大的資源建構矽精煉廠，而矽精煉廠也需要消耗龐大的能源才能提煉出優質的矽，進一步才可以製成有價值的晶圓。這一切均是資源龐大消耗之產業，現階段雖然矽晶圓價格頗低，但主要均是因為政府補貼，市場惡性競爭之因素。矽晶太陽能電池現階段之發展，頗有可能像當初記憶體競爭市場狀況，價格飆漲又暴跌，如何有效在面臨此一循環之際，發展獨特之替代技術，此部分將是替代性太陽能電池，也是染料敏化電池之重要契機。此外依據工研院之研究，未來銀等貴重金屬傳導之價格增加，此部分會對傳統矽晶電池之成本造成影響，也間接會使市場產生變化，這部分將是替代性太陽能電池下一階段最為值得關注之重點事項。

**2. 現今替代性電池，仍建議以可撓性，攜帶性的輔助類型電池為主，這部分電池發展較不需考量繁複的使用效率，對於可靠度要求也較低。建議可以增加此部分電池之效能為主。**

替代性太陽能電池(包含有機薄膜、染料敏化、鈣鈦礦。)現今在發電量部分，坦白說仍未能滿足或替代傳統之矽晶圓電池，因此勢必需要與現今之電池產業進行區隔，因此小型消費裝置之充電量及發電量，即是此一領域之重點研究。此一領域雖然發電量及利潤不像大型矽晶充電站，但是卻可積沙成塔，有效提升此類型替代電池之發展狀況。這部分可說是現階段最適合此類型電池發展之重點，建議可運用此類型電池之強項，搭配 3C 產品，有效提升產業狀況。

### **3. 政策支援部分**

我國現階段之替代性電池發展，在染料敏化部分居於世界領先地位，有機及薄膜部分表現頗為亮眼，但面臨矽晶圓之搶市，僅能建議國家以政策性補助之觀點，協助廠商。

現階段我國在染料敏化部份發展居於世界領先地位，且民間許多廠商及政府補助單位均積極準備發展染料敏化之驗證，然而現階段隨著新世代技術的不斷提升，許多政府補助也逐漸消失，第二期國家型能源計畫，對於染料敏化部分較缺乏補助。整體而言太陽能電池科技仍需存在政策支援部分，如果缺乏政策支援，那原本產業及學術之研發將會毀於一旦。建議政府應該積極思考我國在太陽能電池產業中之定位，畢竟現階段晶圓型太陽能電池上游之技術，幾乎都掌握在中國廠商手中，對於矽原料之提煉，仍需要與上游廠商進行議價，因此建議此類型替代性能源產業仍適當之補貼，幫助其成長。

#### **4. 詳細且完整定位現階段太陽能電池之能量狀況，並有效整合學界及產業界研發能量。**

學界在新技術及新市場的投入，往往會較業界來的快速，這一部分在於業界比較注重市場與利潤，而學界注重的是新技術及突破性技術之提升，在一年來針對此一主題之研究中，發覺學術界與產業業界經常在資訊不對稱之狀況下，做同樣一件事，只是方向不同，營運規模不同。建議未來政府單位可以有效增加一平台，提升學界與業界之溝通，加強針對各種不同類型之新世代太陽能技術交流，不單單僅針對技術部分，也必須針對認證、市場、效率及績效部分，有效做出完整之情報交流與分析，此一平台才能發揮其功效。

#### **5. 加強關注中國市場，思考策略目的。**

雖然現階段中國不論是在專利及市場的盤點，表現都不如先進國家。但是中國強項在於合併及爭取世界技術，並有效吸收其優缺點，發展自我技術。根據工研院之研究報告，可發現現階段中國已經大量吸收各國替代性太陽能技術。許多歐美國家太陽能電池領導廠商在面臨財務危機之際，都由中資廠商進行接手，尤

其是替代性太陽能電池，替代性太陽能電池在矽晶電池大幅度降低價格之後，不論是薄膜、有機、染料敏化均面臨重大危機，而這些技術均有系統，有效率地被中國廠商收購，現階段中國廠商已經擁有世界領導大廠之薄膜及有機電池之各類型重點專利。為此，似乎更應關注中國廠商之能量發展，並思考中國廠商之動作，建議與中國廠商合作，針對能源產業下一步及早規劃。

總而言之，現階段能源產業中，太陽能電池可說是最具有產業化之替代性能源，而耗能較低之能源電池類似於染料敏化這一類型電池具有降低污染，低成本發電效率、可撓性等眾多優點，這類電池之前景看好，不但對於現今消費市場可以有所幫助，更可以有效提升市場。建議政府部門及國家單位對於此類科技發展，不但需要適時提供相關研究支柱，更需要針對發展之重點產業提供策略性補助，如此才能搶先先機，有效在外部環境不佳之狀況下，保有不敗之地，等待下一波市場之趨勢。

# 目錄

摘要 .....	III
ABSTRACT .....	IV
執行摘要 .....	V
<b>1. 研究目的與範圍 .....</b>	<b>1</b>
1.1 前言 .....	1
1.2 替代能源產業現階段分析 .....	4
<b>2. 技術與關連產業 .....</b>	<b>10</b>
2.1 太陽能電池發電原理 .....	10
<b>3. 產業與市場環境分析 .....</b>	<b>20</b>
3.1 矽晶圓電池之整體產業環境概略介紹 .....	20
3.2 替代性太陽能電池整體產業分析 .....	26
<b>4. 重要標準組織與技術標準化動態 .....</b>	<b>36</b>
4.1 標準規範之於太陽光電產業的重要性 .....	36
4.1.1 主要國際標準組織簡介 .....	37
4.2 國家標準與國際標準之關係 .....	45
4.3 重要國家認證機構介紹 .....	46
4.4 小結 .....	53
<b>5. 專利及學術前沿競爭趨勢分析 .....</b>	<b>55</b>
5.1 國家別競爭力比較 .....	55
5.2 太陽能電池相關專利之重要機構分佈 .....	63
5.3 研究前沿分析 .....	70
5.4 小結 .....	81
<b>6. 相關能源政策、未來發展與建議 .....</b>	<b>82</b>
參考文獻 .....	100

## 表目錄

表 2-1 矽晶圓太陽能電池優缺點.....	12
表 3-1 薄膜太陽能電池價格.....	28
表 4-1 太陽光電裝置之 IEC 標準.....	40
表 4-2 太陽光電模組之 IEC 標準.....	42
表 4-3 太陽光電系統之 IEC 標準.....	43
表 4-4 IEC 認可之驗證單位與試驗機構.....	46
表 5-1 太陽能電池 CPC 分類與定義.....	55
表 5-2 各國太陽能電池技術之專利分類數量.....	57
表 5-3 6 個較少發展的 CPC.....	59
表 5-4 太陽能電池技術 CPC 分類專利趨勢表.....	62
表 5-5 太陽能電池論文之主要發表機構.....	72
表 5-6 重要出版期刊資訊.....	74
表 5-7 太陽能電池相關研究前沿#1.....	75
表 5-8 太陽能電池相關研究前沿#2.....	78
表 5-9 太陽能電池相關研究前沿#3.....	80
表 6-1 太陽能電池關鍵字.....	94
表 6-2 太陽能電池專利檢索式.....	95

## 圖目錄

圖 2-1 太陽電池發電原理圖 (本研究整理).....	10
圖 2-2 太陽能電池之世代發展圖 (本研究整理).....	11
圖 2-3 薄膜太陽能電池原理 .....	14
圖 2-4 染料敏化太陽能電池之結構圖 .....	15
圖 2-5 染料敏化太陽能電池之組成及光電轉換機制示意圖 .....	16
圖 2-6 染料敏化太陽能電池發展路徑圖 .....	17
圖 3-1 各類型太陽能電池市占率 .....	21
圖 3-2 現今太陽能矽晶圓電池整體產業鏈圖 .....	24
圖 3-3 現今太陽能染料敏化電池整體產業鏈圖 .....	32
圖 3-4 我國相關染料敏化電池產業鏈 .....	33
圖 4-1 太陽光電產品主要市場之認證要求示意圖 .....	37
圖 4-2 IEC 組織圖 .....	38
圖 4-3 各標準間的關聯狀況 .....	45
圖 5-1 太陽能電池專利分類圖 .....	59
圖 5-2 太陽能電池技術公開年趨勢 .....	60
圖 5-3 太陽能電池技術申請年趨勢 .....	60
圖 5-4 太陽能電池技術優先權年分析 .....	61
圖 5-5 太陽能電池技術分布國家分析 .....	62
圖 5-6 太陽能電池技術 CPC 分類專利地圖 .....	63
圖 5-7 太陽能電池相關 uspto 專利-原始專利權人國籍分析 .....	64
圖 5-8 太陽能相關專利-第一專利權人分析 .....	65
圖 5-9 太陽能標準相關專利-考慮專利轉讓之最新專利權人 (受讓人) 分析 .....	66
圖 5-10 標準太陽能相關專利前十大專利權人近 10 年專利申請累計概況 .....	67
圖 5-11 太陽能相關專利前十大(最新)專利權人近 10 年專利分佈累計概況 .....	68
圖 5-12 台灣太陽能電池專利之機構分佈 .....	69
圖 5-13 全球太陽能相關之論文發表趨勢 .....	70
圖 5-14 全球主要國家太陽能相關之論文發表趨勢 .....	71
圖 5-15 全球主要國家太陽能相關之發表比重 .....	72
圖 6-1 未來太陽能市場發電效率預測圖 .....	92
圖 6-2 太陽能電池申請年趨勢 .....	96

# 1. 研究目的與範圍

## 1.1 前言

自進入 21 世紀以來，隨著人口的暴增，能源的需求逐漸提高，各國對於確保能源的開發與掌握，無一不盡全力。這也直接顯示「能源」這一議題之重要性。此一議題之出現，也逐漸改變現階段世界競爭態勢，整體態勢已由 19 世紀領土之競爭、20 世紀技術能力之競爭，轉化為 21 世紀能源領域之競爭。「能源」已經成為人類進入 21 世紀以來，越來越重視之話題。

綜觀能源發展領域中，替代性能源議題，更在這幾年內，不斷被強調，主要在於原本人類主要依賴之火力及煤礦能源發展，在 20 世紀開始就不斷被質疑其污染性及危險性。而主要替代能源「核能」更在 20 世紀末期及 21 世紀初期，發生包含蘇聯之車諾比、美國之三哩島、日本之 311 事件，被世人真正了解在其產生巨大能量之際，所帶來的污染及危險源遠超過世人所能掌控。因此替代性能源議題中，乾淨能源之發展，逐漸成為一大主流。而乾淨能源中，現階段發展最具有優勢，且最具有競爭力的，首推太陽能。

太陽能產業發展長久以來均為重要之替代能源。不同於核能之複雜及危險、火力之易產生污染、水力之不易取得、風能之季節性需求，太陽能相比較上述各類型能源，顯得較為穩定及低成本。有鑑於此，在現今替代能源之發展計畫中，太陽能相關議題一直是最為重要之研究。如何有效針對此一產業進行發展，又如何妥善提升現今之太陽能發電技術，此部分現階段而言是至為重要之關鍵議題。

現今眾多替代能源產業發展中，台灣廠商在太陽能產業之發展可說是獨樹一幟，不但整體產業鏈完善，更重要的是技術能量及學研發能量發展均非常優異，根據科技部(前國科會)國家型計畫能源辦公室<sup>1</sup>之分析，台灣在太陽能產業整體排名世界第四，另外依據昱晶能源科技<sup>2</sup>之資料，更顯現出台灣太陽能電池產業製造排名佔世界第二，僅低於中國大陸。整體而言，台灣之太陽能技術發展可說相當成熟，此一產業也可說是台灣堅實之發展利基。依照台灣大學光電研究所所長<sup>3</sup>表示，現階段台灣光電領域產值已經超過兩兆台幣，佔台灣 GDP 的六分之一以上(約 16%)。單純計算太陽光電領域，產值也超過 1572 億台幣，此一領域也佔台灣 GDP 超過 1%；而現階段進一步針對全球光電產業產值約 4,000 億美元，其中台灣佔 17%，達 650 億美元，光以太陽能光電領域來看，已達到 60 億美元，佔全球光電領域 2%，以台灣人口僅佔全球 0.35% 情況來看，這部分可說成果卓著。另外現階段台灣本身之太陽光電發展，出口比重與國內比重相比，仍然以國內比重為主，但出口比重佔世界 18%，此部分是世界第二位。在世界上僅次於中國。

但不同於其他國家能源產業發展主要以供應本國市場為主，台灣之太陽能產業發展以出口為主，這主要是因為台灣本土之能源運用仍以火力及核能為主，替代性能源僅佔整體比率 4.5%<sup>4</sup>。依照 2012 年之數據，火力發電量占比達 75.2%，再生能源(包含太陽及水力)占比為 4.5%，核能為 18.8%，雖然我國政府不斷藉由各類型計畫<sup>5</sup>，加強補助，但由於我國本身地狹人稠，且補助後之產品價格相較一般產品優勢並不明顯，故現階段我國之太陽能市場仍以出口為主；整體出口比重佔所有產品之比重約 76%，僅有 24% 作為內銷(參照 2012 年太陽光電

---

<sup>1</sup> 科技部 能源國家型科技計畫 第一期總成果摘要報告書

<sup>2</sup> 兩岸矽晶太陽能電池產業之營運策略分析 陳匡宇 2012 未出版之碩士論文

<sup>3</sup> DIGITIMES 台灣大學光電創新研究中心主任林清富之專訪

<sup>4</sup> 參照台灣電力公司 網頁介紹

[http://www.taipower.com.tw/content/new\\_info/new\\_info-c40.aspx?LinkID=13](http://www.taipower.com.tw/content/new_info/new_info-c40.aspx?LinkID=13)

<sup>5</sup> 參考經濟部能源局 再生能源發展條例



市場與產業技術發展年鑑<sup>6</sup>)。因此台灣太陽能產業整體受到國際市場景氣循環狀況息息相關，包含產品之上游供應、以及下游之產業需求，都受到景氣狀況之影響。雖然有完善之產業發展，但相對而言卻常受到上游矽晶圓供應量不足，及下游買家需求之問題。進一步而言，各國之政策補貼與懲罰性政策，也直接影響到我國太陽能市場之發展性。如何有效面對與改善太陽能產業，並進一步思考太陽能產業之狀況，可說是現今太陽能產業界最大之問題。

從另一角度思考，現階段太陽能產業面臨之危機，不類似於其他能源產業面臨之技術能量商業化之問題。現階段替代性能源產業中，僅有太陽能產業在我國已發展成完整之產業供應鏈，且在替代性能源市場中，太陽能之發展領先包含風能、潮汐能、地熱能、生質能。因此太陽能是至為關鍵之重要替代性能源。依照能源局 103 年 5 月 12 日修訂之我國再生能源開發目標<sup>7</sup>，未來四年內太陽能發展將取代水力，由現今之 84.2 萬瓦提升至 212 萬瓦，最終目標期望為在 119 年，達到 620 萬瓦之發電電力，其重要性自然不言可喻。由此敘述，發現太陽能技術發展成熟，主要面臨問題在於產業供應鏈、產品價格、市場供需相關問題。因此在太陽能產業供應鏈中，如何解決上游矽晶圓及下游產業變化多面項問題並進一步有效拓展整體太陽能產業發展，進一步協助太陽能產業技術擴散，這部分可說極為重要。

為此，本研究報告嘗試藉由太陽能電池產技術、標準與規範等三個不同角度，思考整體太陽能產業未來相關替代點之機會，並從中找尋出相對應之技術，思考台灣在此一產業之定位。從中有效提供台灣產業之適當發展途徑。並探索新世代太陽能技術之合適性，從中發掘新世代太陽能技術應用之新的途徑，進一步從中找尋出新世代太陽能技術之關鍵，思考未來太陽能技術發展之契機。

---

<sup>6</sup> 2012 年太陽光電市場與產業技術發展年鑑 太陽光電產業協會

<sup>7</sup> 參考經濟部能源局 能源報導網站 <http://energymonthly.tier.org.tw/index.asp>

本報告將再第一章第二小節中，針對替代性能源進行一介紹，並由替代性能源之專利及文獻，點出太陽能產業鏈適合發展之重點。第二章針對現階段之各類型太陽能技術，進行分析與介紹，並依照其發展技術週期，進行完整之概略介紹。第三章則針對太陽能產業之市場部分進行完整介紹，並針對重點廠商進行分析。第四章則由重要標準組織與技術標準化動態出發，從中針對重點之太陽能產業標準、重點之技術標準化發展動態進行統整，並從中針對重點之產業標準，重點之產業發展機構，做一初步統整，進一步進行重點廠商表現介紹。第五章由專利及學術領域領域進行廣泛之大範圍分析，針對太陽能產業之大致科學研究及技術研究產出，完整進行介紹，並進一步針對染料敏化太陽能電池之表現，進行統整與分析。第六章則由相關能源政策、未來發展與建議進行檢討，並思考本篇研究之結論，提出給予廠商、產業、國家之不同建議，完整思考太陽能市場之沿革，從中找尋新的契機。

## 1.2 替代能源產業現階段分析

現今替代能源產業可說是最熱門之議題，如何有效透過大自然之資源，取得適當之能源，並進一步生生不息使用，協助人類社會不斷發展。這部分一直困擾著不同研究人員，也因此驅使研究人員積極去尋找相關之議題進行突破。

各國對於替代能源技術之發展，從 1970 年代開始，就不曾間斷。我國更於 2008 年開始，由行政院定調「永續能源政策綱領」<sup>8</sup>，而科技部更於 2009 年開始，跨部會持續推動能源國家型科技計畫<sup>9</sup>，從原本單純領域研究，拓展成整合部會及各學者之重點發展項目。這一系列之工作，都積極證明能源產業在

---

<sup>8</sup>行政院會於民國 97 年 6 月 5 日通過「永續能源政策綱領」。其揭示的政策目標為兼顧「能源安全」、「經濟發展」與「環境保護」，以滿足未來世代發展之需要

<sup>9</sup> 能源國家型科技計畫：民國 98 年，國科會整合研發資源與配合節能減碳政策，推動跨部會署合作之「能源國家型科技計畫」。依據行政院「永續能源政策綱領」，瞄準能源政策目標，透過科技研發「提升能源安全」、「改善溫室氣體排放」、「開創能源產業」，篩選國家能源科技重點研發領域，針對能源科技策略提出具未來性、前瞻性之研究計畫。

我國受到前所未有之重視，進一步由原本之個人研究領域拓展成國家政策發展領域，如何有效拓展此一重點領域之發展，至為重要。

然而，現階段台灣畢竟資源極度匱乏，能源領域研究眾多，如何有效聚焦真正具有能量之能源產業，並進一步使其成為我國能源產業重要之發展能量，協助資源分配者可將重點資源分配至重點產業。相信這是研究人員及產業發展者最為在乎之關鍵議題。因此，如何有效拓展產業發展能量，並進一步集中資源進行發展，這一部分需要研究人員現階段針對產業能量及計畫發展方向進行盤點，並藉此了解整體產業之需求。

有鑑於此，本研究團隊首先針對國家型能源計畫第一期之發展相關路徑進行盤點與分析，將各類型能源計畫之優缺點及產業化途徑，做出詳盡之整理。並透過專利及產業化狀況，進行完整評估，選定我國適合發展之產業，並進一步進行整理。以下即針對國家型能源計畫第一期能源計畫之各發展重點，進行相關盤點分析，分別針對能源發展相關領域進行說明：(詳細資料可參考附件 1)

- 太陽光電領域：現階段太陽光電領域主要優點在於能源轉換安靜，無汙染，且系統功率隨太陽能狀況進行調整，而且模組化，使用壽命長，重點是台灣在此一領域發展不論是產業狀況及生產狀況，均居於世界主流地位。現階段總產量為世界第二<sup>10</sup>，總產值超過新台幣 1680 億元，而專利數量也超過 287 件<sup>11</sup>。在替代性能源領域發展具有優勢，整體而言值得注意。但缺點在於系統輸出功率隨日照強度變化，無法作為基載電力，需進一步搭配智慧點網系統進行管理，太陽光電模組

---

<sup>10</sup> 參考自 2012 年 光電市場與產業技術發展年鑑 光電科技工業協進會出版

<sup>11</sup> 專利數量主要參考自美國 uspto 網站，

設置時，須排除遮蔭區域。最重要重點在於發電成本較傳統發電高。這部分是亟需克服之地方。

- 氫能系統：氫做為燃料能源，有其優越之勢。根據分析，氫的燃燒熱值高，每 1,000 克氫燃燒後的熱量約為汽油的三倍，酒精的 3.9 倍，焦炭的 4.5 倍，在提供能量方面，顯然比目前使用的石化燃料來的。且氫可以由水來製取，而水則是地球上豐富的資源。氫燃燒後的產物只有水，對環境不會造成污染。但其缺點也在於成本過高，且轉換效率較不穩定，整體而言較運用在儲能系統中，較不能運用於大範圍之發電。且我國在此一領域之發展，專利數量明顯較少(參考 USPTO，僅有 33 筆。)產業化發展狀況較不明顯。
- 生質能源系統：生質能源整體而言，其表現在於可以提供廉價能源(在某些條件之下)並可進一步將生質轉化成燃料有效減少環境公害(例如垃圾-->燃料)進一步與其他非傳統性能源相較之下，技術上難題較小且可再生利用，但其缺點在於單位土地面積之生質能密度偏低，整體而言缺乏適合栽種植物之土地。且其生質能水份偏多(50%~95%)，處理之成本過高。我國在此一領域之發展狀況也較不明顯，整體發展也不理想。
- 核能安全：核能整體而言，表現均比各類型替代性能源佳，主要優點及在於可以運用少量的核子燃料即可產生大量的能量，且輸送(搬運)及儲存均容易。低濃縮鈾 1 噸具有相當於約 5 萬噸的重油之能量。且其發電成本比火力電廠低，也可說是現階段最為主要之能源。但重點在於其發電廠之建設成本高於火力、水力電廠。且運用直接循環式反應爐時爐內發生之蒸氣直接導入 汽輪機，操作時須注意帶有輻射線蒸氣。在事故發生時有輻射線污染產生之熱災害及致命之損害。在日本 311 地震發生核能災害後，現階段政策及輿論更逐漸偏向停止發展，

且台灣在此一領域也屬於技術輸入國，嚴格說來並無相關產業。

- 海洋與地質能源：海洋與地質能源之優點在於用之不竭，空氣污染低，土地干擾少，不需燃料。且發電廠可座落於海洋上，無購地覓地之苦，另可產生許多有價值的副產品，如氫氣、冷凍、空調、冷藏、藥品等，其中氫氣更是燃料電池的動力來源，有利於再生能源的共生。可帶動產業科技的發展，如海洋科技、海洋工程、海洋生物科技。但其缺點在於能源轉換效率偏低，且發電量低，而台灣沿海潮汐狀況僅有固定時節，整體適合施工期間過短，對於能源發展效率緩不救急，且現階段仍沒有產業化狀況。
- 離岸風力相關，離岸風力也是相關產業之重點發展要素，整體而言離岸風力主要優點在於可使用較大面積的完整區塊，易於規劃。且較無噪音問題，風機可以設計的更有效率，同樣機組平均效率可提高 5% 以上。但其缺點也在於須使用海中基礎，施工困難，造價昂貴。且其良好風場難尋，一般平均風速較高，可以施工、吊裝的時間受限，工期長，難度高，風險較大。另外接近困難，萬一故障或無法定期維修，導致停機，修復時間難以掌握，可能使停電時間過長，降低可用率。且維護成本高，需動用船舶或直昇機等交通工具，所費不貲。現階段我國正積極發展此一產業，但整體而言仍有待加強。
- 地熱暨天然氣水合物部分，則也是以產業潛力能源為主，現階段發展有限。

綜觀上述分析成果，可發現我國現階段雖然對多項替代性能源進行研究，但整體而言要應用至產業發展均還需要更進一步努力之空間，眾多能源新技術，包含生質能、地熱能、潮汐能、離岸風能這些領域技術，現階段在專利技術、國家產業發展及技術發展部分均有不足，且實用化仍須很長的路走，大致上多

項技術甚至需要超過 10 年才可實用化，此類型技術是否可行，現階段是否可以運用至產業，進一步有效解決我國替代能源不足之問題，答案不言可喻。

因此，現階段如何選擇適宜發展之技術，並有效解決能源危機，本研究建議宜用已經具有產業化基礎之研究領域進行，由各項能源技術盤點可發現，現階段最具有發展能量之能源技術，首推太陽能光電及氫能應用。此類型應用，我國均有充足之發展，此部分可做為我國重點產業研究之方向。不過進一步而言，可發現現階段此兩種技術之應用，均跟電池產業息息相關，氫能及儲能技術，較偏重運用燃料電池技術，進行運用，而太陽能光電技術發展現階段更是以電池技術做為主要發展方向；此類型產業布局我國現階段均表現優異，整體而言均有較為優異之發展空間，可說是現階段具有優勢之發展產業。

雖然台灣太陽能光電及氫能和儲能技術產業在替代能源領域具有優勢，如前所述，現階段台灣太陽能電池產量市佔率佔世界第 2<sup>12</sup>，而氫能電池則已有完整之產業鏈，且政府單位多運用各類型大型計劃支援<sup>13</sup>。但此兩類技術最大問題在於投入成本過高，且容易受到經濟景氣循環變動之影響。不同於風能及潮汐能發展，現階段光電及儲能技術多半都運用至消費性產品，大至汽車產業、小至手機及一般家用產品。而消費性產品使用多半跟景氣有很大之連結關係，且面對供應鏈之需求也必須考量，因為包含不同法規、不同使用者、不同終端產品也間接造成各類型不同之需求，整體表現使得我國雖在此兩領域具有完整之產業鏈，卻並沒有達成應有之優勢，發展依然受到供應鏈之限制，整體表現居於劣勢。

---

<sup>12</sup> 台灣太陽能電池現階段不論市佔率、產量，均居於世界第二。資料來源 天下雜誌

<sup>13</sup> 氫能電池發展部分，參考 綠能對台灣產業轉型之機會與挑戰 工研院內部報告

在這兩個技術中，尤其以太陽光電之表現最為顯著。太陽光電技術發展可說是我國現階段之重點核心。我國在此領域有完整之上中下游廠商(第三章將針對細部內容進行介紹。)，早期太陽能產業產品供不應求時，我國廠商為了擴大產能，多花重資購買矽晶圓原料，再花重資進行設備建置，但當矽晶圓產能逐漸回穩之際，太陽能之需求逐漸回穩，我國市場開始逐漸受到生產過剩及龐大投資之影響，整體回收逐漸緩慢，導致市場受到嚴重之打擊，而多家廠商也開始針對此一狀況，進行各自之不同解決方案。除此之外，近年來各國針對太陽能電池產品進行反傾銷政策<sup>14</sup>(此部分將在第六章進行詳細介紹)，這部分是更是嚴重打擊台灣市場，整個台灣太陽能市場，受到大小不一的影響，如何有效提升太陽能技術運用，並進一步降低依賴矽晶圓技術之威脅，此部分是現今太陽能產業積極重視之問題。

本篇報告之目的，及在於希望提出規畫分析方向，配合專利及科學論文概況為主，進一步搭配產業、技術標準、潛在市場規劃、政策面進行分析，期望提出一個初步分析構面及意見，思考台灣太陽能電池產業之發展方向。進一步由中找到適當之發展可能性，提出正確之政策建議。藉此有效提升太陽能電池產業之能量，協助我國廠商找出最為適當之替代性能源。

---

<sup>14</sup> 包含美國、歐洲、澳洲均針對中國及台灣之太陽能電池產品，開始進行反傾銷相關調查，其中尤其以美國課以懲罰性之雙反之重稅對中國與台灣之太陽能產業進行重大之打擊。

## 2. 技術與關連產業

此章節將分為兩部份，第一部分主要針對太陽能電池相關之技術結構及相關技術基礎進行分析，並藉此介紹相關技術之重點連結方向，依照技術相關應用，提出相對應之說明。

太陽能產業之技術：

### 2.1 太陽能電池發電原理

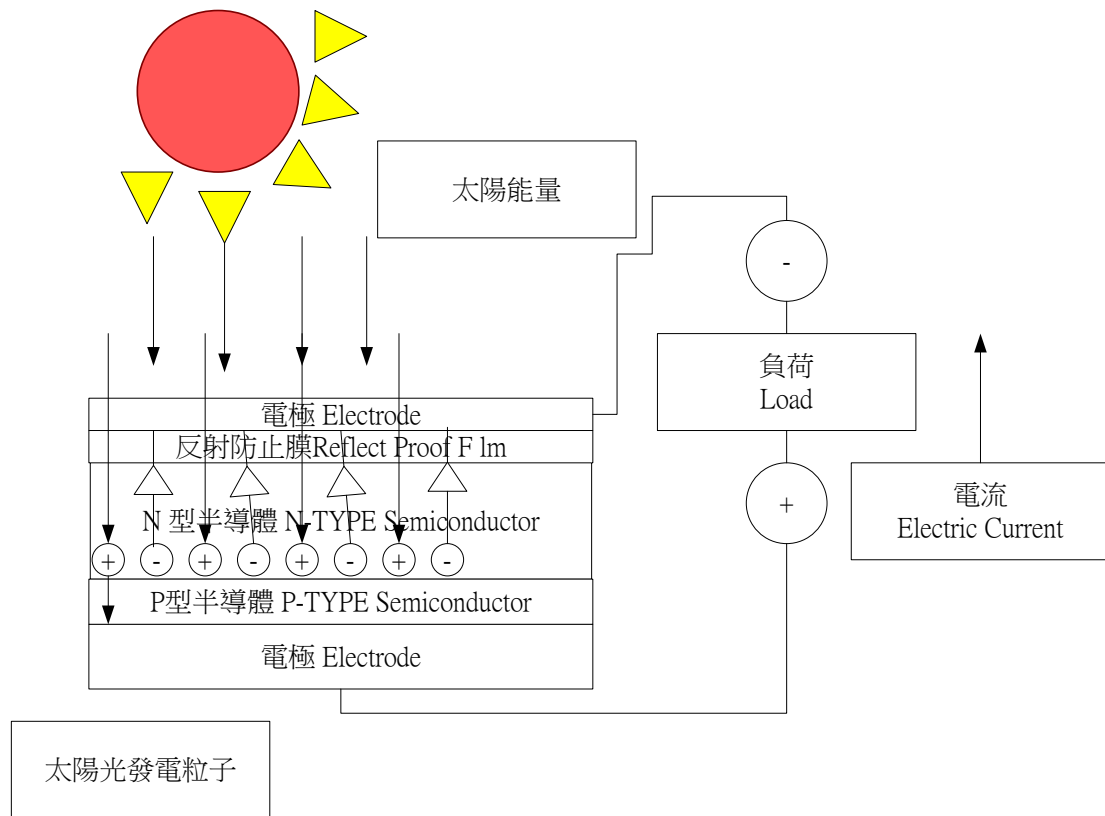


圖 2-1 太陽電池發電原理圖 (本研究整理)

太陽能電池主要發電原理是將太陽光照射在太陽電池上，使太陽電池吸收太陽光能，並透過圖中的 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。簡單的



說，其發電原理就是利用太陽電池吸收  $0.2\mu\text{m}\sim 0.4\mu\text{m}$  波長的太陽光，將光能直接轉變成電能輸出的一種發電方式。但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。

至於太陽能電池技術發展，主要可由圖 2-2 所表示：

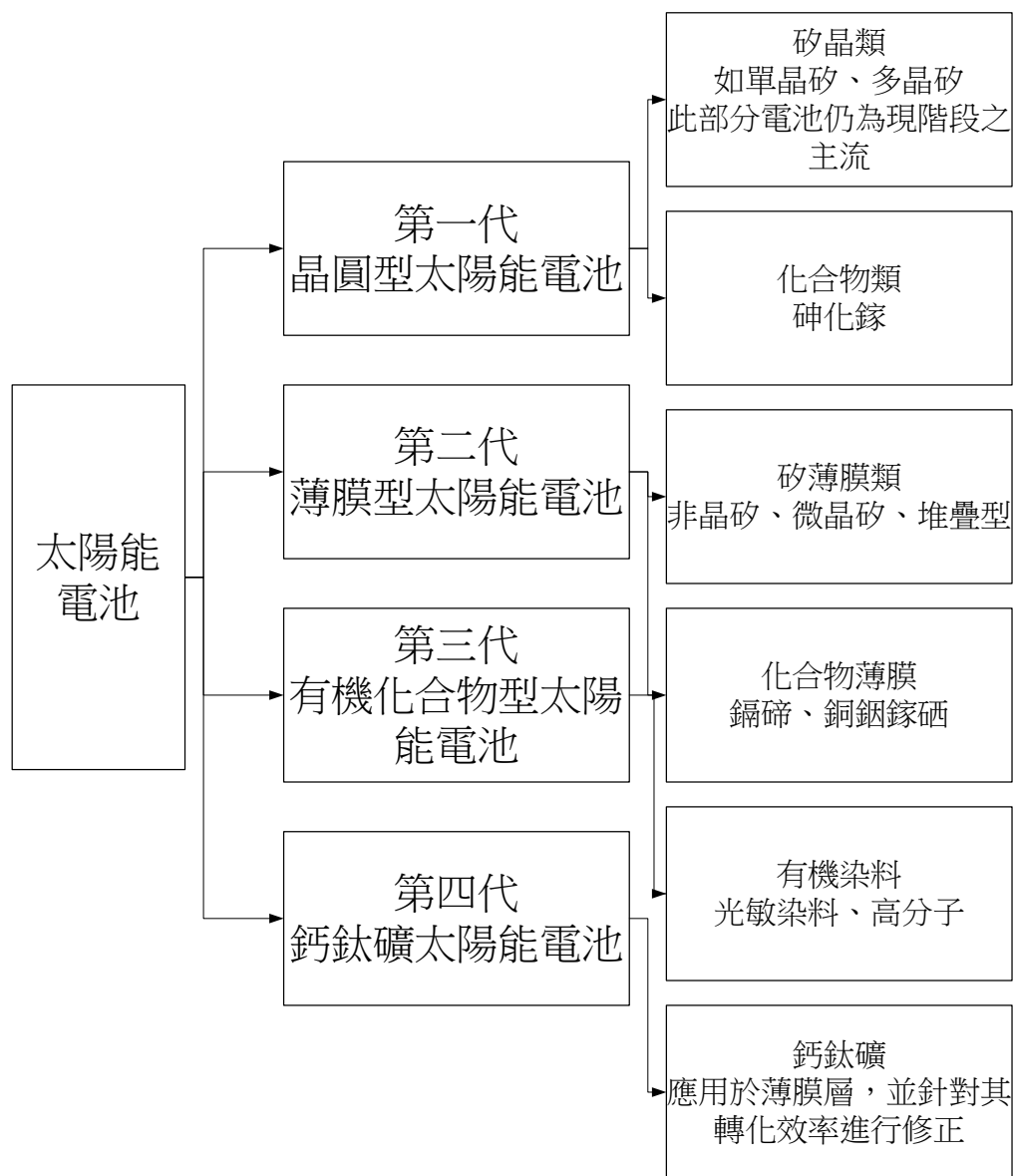


圖 2-2 太陽能電池之世代發展圖 (本研究整理)

透過圖 2-2 敘述，太陽能產業技術發展整體而言大致可用四個階段進行歸納，第一個階段主要發展仍以矽晶圓為主，這也是現階段發展最成熟的光電板技術。主要原因在於單晶效率最高、非晶價格最便宜，且無需封裝，生產也最快。至於另外一種產品多晶的切割及下游再加工較不易，現階段發展仍不如單晶及非晶。

至於矽晶圓太陽能電池之優劣，參考<sup>15</sup>王孟傑等人之著作，整理如表 2-1

表 2-1 矽晶圓太陽能電池優缺點

種類	結構	優點	缺點	發展方向
單晶矽	組成原子按照一定規則週期性排列	發電力與電壓範圍廣，轉換效率高，使用年限長	製作成本高、製作時間長	高效率大面積之面板
多晶矽	由不同排列方式進行矽原子堆積	製作步驟簡單，不須使用 CZ 或 FZ 法成長單晶圓	效率不如單晶矽	新材料應用，新結構製作，安定性提升
非晶矽	矽原子混亂排列，沒有規則	成本最低，主要用於消費性電子	有光劣化現象	安定性提升 採用 tandem cell 結構、薄膜化層

現階段矽晶圓太陽能光電產品仍是國際市場之主流，綜合上述可知，矽晶圓特性在於轉換效率高，耐高溫、強光下轉換效率佳、設備成本低、量產速度快、良率高等優勢。矽晶圓雖然優勢較強，但相對而言其技術仍受到矽原料之

<sup>15</sup> 參考自 王孟傑 “2012 年全球前三大之產業/產品-矽晶太陽能電池” ITIS 評析

影響。且矽需要純化的過程中，往往耗費極大之能量。建構矽晶圓純化之廠房及設備，需要龐大資金，根據太陽能專家胡邵德先生的敘述，此部分建構往往需要超過 2000-3000 萬台幣之資金，因此材料成本高。多晶矽太陽能電池的厚度大部分為 200 $\mu\text{m}$  左右，於製造大面積發電模組時對矽原料用量龐大，然而系統真正運作時卻只有上層接觸光源的 5 ~ 7 $\mu\text{m}$  真正派上用場，著實直接浪費純化後的矽以及間接浪費過程中的能源。為此，矽晶圓太陽能電池之整體效率被人所詬病，畢竟其整體雖然轉換效率佳，優點多；但是卻需要超過整體生產金額 10-20 倍之發展金額來進行製造，這部分著實讓人所詬病。

而同樣的由於矽的發展並不僅僅供應于太陽能電池，因此在 2008 年，遭遇供應鏈供需不平衡，導致矽材料價格突然飆升，而太陽能電池產業突然面臨重大危機，這時眾多廠商思考是否可以盡量減少矽的運用，並進一步從中盡量增加轉換效率；為此，薄膜太陽能電池產品順勢應運而生，此部分也可被視之為第二代太陽能電池。薄膜太陽能電池運用化學電氣相沉積法製作出矽薄膜，此外也可運用不同之技術手法，針對因此對於矽的要求不再需要加工成晶圓這麼複雜。且矽薄膜太陽能電池理論上而言，其整體在能源回收期、發電量、低照度下所展示之高效率部分較傳統矽晶太陽能電池表現佳，整體發展具有相當大之潛力。關於薄膜太陽能電池之運用方式，煩請參考圖 2-3 綠能科技針對薄膜太陽能電池介紹。

## 薄膜太陽能電池原理

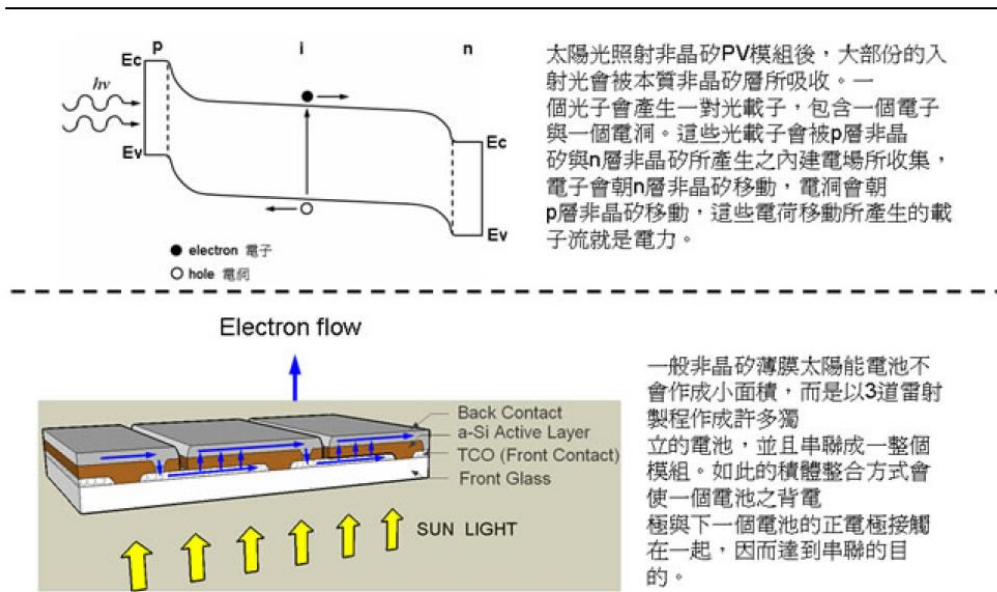


圖 2-3 薄膜太陽能電池原理

(參考及引用自 [http://www.getinc.com.tw/tw/TF/tf\\_principles.html](http://www.getinc.com.tw/tw/TF/tf_principles.html) GREEN

Energy TECHNOLOGY 綠能科技介紹)

現階段薄膜太陽能電池遇到最大之問題，在於缺乏主流之製程(2012 光電科技工業協進會)；薄膜太陽能電池主要技術分為三種，分別為矽薄膜、CdTe、CIS 及 CIGS，這三種技術發展中以矽薄膜產業化能量最早，現階段已有完整之產業鏈。但受限於傳統太陽能矽晶圓電池價格大幅降低，現階段矽薄膜成長逐漸停滯，且矽薄膜之轉換效率一直無法提高，然其轉換效率偏低，10%的 Tandem 技術需要 7%非晶矽薄膜 (Amorphous Silicon, a-Si) 幾近兩倍的投資成本，也無法與其他薄膜技術相比，若在同一應用平台上 (如地面電廠)，效能與成本都不具競爭力。至於薄膜電池另一技術碲化鎘 (CdTe, Cadmium telluride)，則由業界龍頭 First Solar 不斷地突破，成本已降至每瓦 0.73 美元的水準，然而其下降幅度已明顯趨緩，顯見已達一定的技術門檻；而新興技術銅銦硒化物 (Copper Indium Selenide CIS) 和銅銦鎵硒化物 (Copper Indium Gallium Selenide CIGS) 有令人期待的實驗室效率，量產模組效率也比其他薄膜技術高，然成本下降仍

不夠快，在局勢多變且價格快速下滑的太陽光電產業之生存能力也備受考驗。

<sup>16</sup>更令人覺得雪上加霜的是，現階段太陽能廠商受惠於矽晶圓之價格大跌，各家大廠均積極擴充其傳統矽晶圓太陽能電池之產能。整體而言進一步壓縮薄膜太陽能電池之生產狀況，因此現階段薄膜太陽能電池之發展仍有待整體產業之環境狀況改善及生產技術進一步進行整合。

至於第三代之太陽能電池，則是以「染料敏化(Dye-Sensitized Solar Cells, DSSC)」為主。不同於前述兩種太陽能電池均強調大規模製造，大成本投入；DSSC 染料敏化太陽能電池主要運用光學原理，並結合基礎化學相關應用，有效將原本僅可運用昂貴的矽晶圓或複雜的製造過程製造出之太陽能產品，快速且方便運用低價及取得較為容易之製造方法，製造出此一系之產品。依照光電科技工業協進會之研究報告指出，DSSC 染料敏化太陽能電池主要組成類似三明治結構元件，第一層主要以氧化物半導體薄膜吸附光敏染料並進一步形成工作電極；第二層則是以含氧化還原對之電解質，第三層則進一步運用催化層修飾對電極，整體運作模式如圖 2-4 及圖 2-5 所示<sup>17</sup>

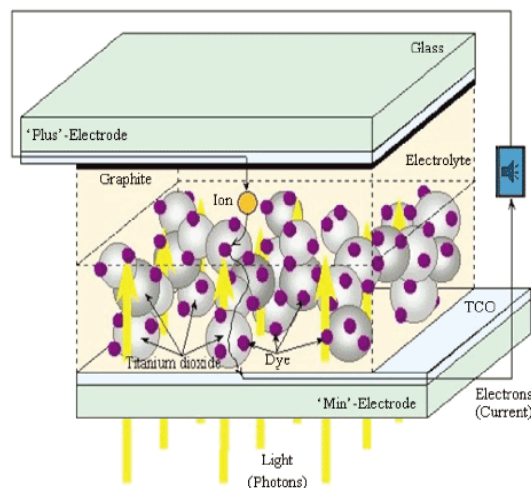


圖 2-4 染料敏化太陽能電池之結構圖  
(摘錄自東華大學研究論文)

<sup>16</sup> 摘錄自工研院 IEK 王孟傑 泥淖中求生存的薄膜太陽能—薄膜太陽光電產業技術發展趨勢

<sup>17</sup> 摘錄自 東華大學研究論文 及 中央大學 吳春桂 教授

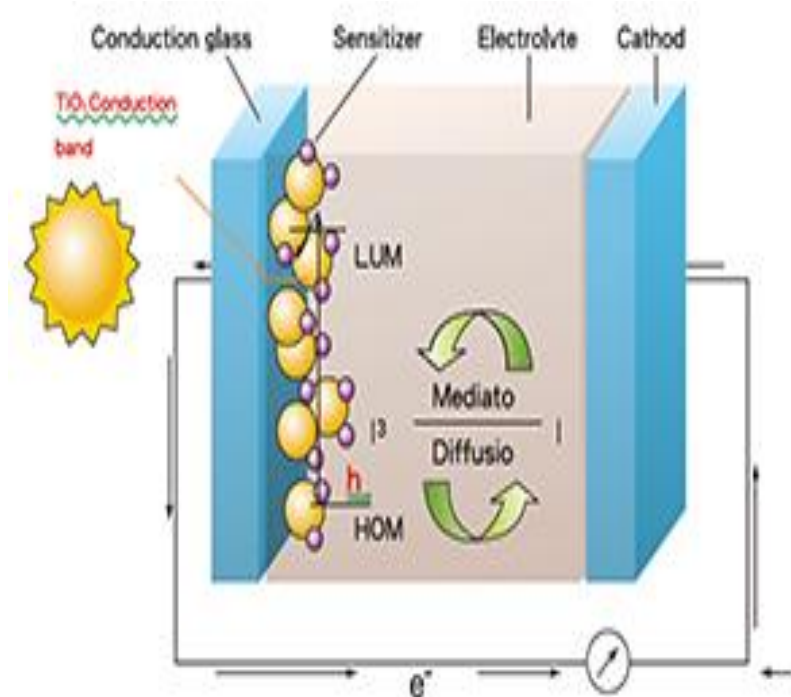


圖 2-5 染料敏化太陽能電池之組成及光電轉換機制示意圖  
(摘錄自中央大學 吳春桂教授發表之央大校刊)

進一步針對染料敏化太陽能電池之運作進行分析，可發現染料敏化太陽能電池中，其發電轉換機制可簡單分為四個步驟（如圖 2-5 之箭頭所示）1：首先吸附在 TiO<sub>2</sub> 半導體表面上的染料分子在照光後吸收了光子的能量，使其電子由 HOMO 軌域躍遷至 LUMO 軌域形成激態(Dye + hv → Dye\*);在染料 LUMO 軌域的電子快速的注入至 TiO<sub>2</sub> 半導體的傳導帶，並藉由擴散將電子傳導至外電路中，染料分子本身因失去電子而被氧化產生電洞 (Dye\* → Dye<sup>+</sup> + e<sup>-</sup>); 另一方面電解質中的碘離子 (I<sup>-</sup>) 將電子傳給染料而本身氧化成 I<sub>3</sub><sup>-</sup>，染料分子則還原成中性態 (2Dye<sup>+</sup> + 3I<sup>-</sup> → 2Dye + I<sub>3</sub><sup>-</sup>); I<sub>3</sub><sup>-</sup> 離子得到由外電路傳導至對電極上的電子而還原成 I<sup>-</sup> (I<sub>3</sub><sup>-</sup> + 2 e<sup>-</sup> → 3I<sup>-</sup>)，形成一迴路。其中染料分子因其決定電子生成的多寡，成為電池最重要的核心成分之一。染料敏化太陽能電池中所用的染料分子，根據化學組成與結構的不同粗分為金屬錯合物、有機小分子、紫質分子衍生物以及有機高分子等。

現今染料敏化太陽能電池之發展最大困境，仍是光電轉換率部分有較為顯著之問題，整體而言，現今晶圓電池之光電轉換率依照產品性質不同，多半可落在 20-30%之間。而薄膜型電池，其產品轉換效率則多半落在 10%-20%之間，染料敏化太陽能電池之理論轉化效率可達 30%，但現今實驗室內部轉換效率最高仍落在 11%-12%之間，至於實際之商用產品轉換效率，則仍未有明顯之提升。因此，如何有效提升染料敏化太陽能電池之效率，並使其能有效成為重要之替代性能源技術；這一部分仍是現今此一領域廠商急欲解決之重要性問題。

目前主要解決此一問題之重要技術，大致上分為三種；第一種為開發新穎之染料來解決吸光技術低或提高吸收光譜寬、第二種為下修調整電解質之氧化還原電位以提升開路電壓、第三種則是參考生物行光合作用之型態，推出仿生概念之染料敏化太陽能電池，運用葉綠素活性中心之紫質結構，藉此提升染料敏化電池之效率。藉由此三種效應，期望有效拓展染料敏化電池之效率，並使其可以顯著提升。

現今染料敏化電池技術發展歷程可參考如圖 2-6：

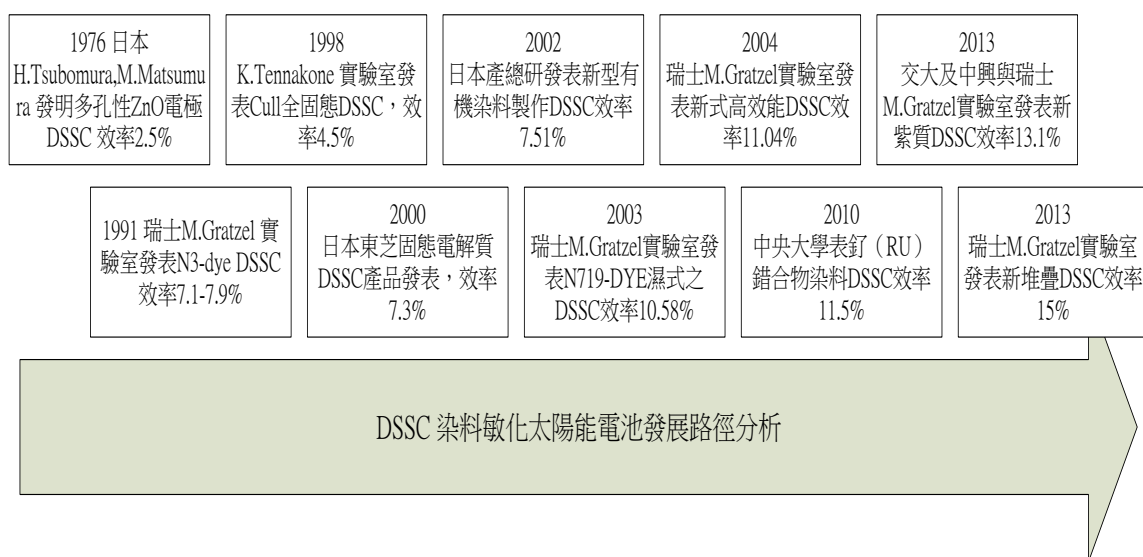


圖 2-6 染料敏化太陽能電池發展路徑圖 (本研究整理)

由 2-6 圖中，可發覺染料敏化太陽能電池之發展，多半都是朝前面所述之三種方向進行發展，而近年來染料敏化太陽能電池之效率也有明顯之進步，其實驗室效率已逐漸達到產量化之可能性，整體發展也逐漸開始走出實驗室，成為真正具有量產化可能性之產品。但染料敏化太陽能電池在面臨製程產品時，卻面臨一重大問題，此部分即是液態電解質所產生的封裝與漏液問題很大一部分影響了元件的穩定性，因此固態元件之染料敏化電池逐漸成為發展之重點。但固態元件之染料敏化技術仍有待開發，現階段染料敏化之效率仍待加強。

第四類型之太陽能電池，也就是所謂之鈣鈦礦(Perovskite-CaTiO<sub>3</sub>)電池，可謂近年來太陽能科學界發展之新星，此類型電使用鈣鈦礦(Perovskite-CaTiO<sub>3</sub>)作為半導體界面，運用鈣鈦礦作為半導體界面之研究非常早，在 2004 年即有相關研究報告產生，但近年來此類型研究有突飛猛進之趨勢，尤其是賓州大學 (University of Pennsylvania) 能源創新研究中心 (Penn Center for EnergyInnovation) 副主任 Andrew Rappe 及牛津大學的亨利·司奈斯 (HenrySnaith)和加州大學洛杉磯分校的華裔科學家楊陽，此三人之最新研究，均有效提升此類型電池之轉化效率。理論上鈣鈦礦(Perovskite-CaTiO<sub>3</sub>)電池轉化效率將可達到 50%，現階段研究之實用轉化效率也接近 19%，學者普遍認為，此一電池有可能成為新一世代之重點發展產品，更可望達到近似於矽晶太陽能電池之效率，有效達成太陽能電池市場之突破。但現階段也有諸多研究學者對於鈣鈦礦(Perovskite-CaTiO<sub>3</sub>)電池提出質疑，主要質疑在於鈣鈦礦(Perovskite-CaTiO<sub>3</sub>)電池仍會產出鉛等影響環境之廢溶料，另外此一電池現階段也缺乏相關之環境及效能認證，這部分尚待廠商及學研機構積極針對相關認證或標準進行努力。



為此，可發覺現今太陽能電池發展，縱然新世代太陽能電池不斷推陳出新，但不論是在發電效率及發電成本上，以及效能認證上，仍有很大的進步空間。現階段各類型太陽能電池中，仍以傳統矽晶圓電池發展為主流，至於其他電池，發展較為成熟，較有可能威脅矽晶太陽能電池地位的，當屬薄膜太陽能電池家族為主。但是受限於矽晶圓價格大跌，加上現階段薄膜電池技術僅有 CIGS 較有突破，整體而言表現仍無法撼動矽晶圓電池之地位。

至於更新一代之染料敏化電池及鈣鈦礦電池，整體而言仍有非常大之產業化發展空間，在染料電池面，我國更是掌握現階段之次高效率鈣金屬及紫質染料之發展，而產業界部分則對於關鍵之網印於封裝加工技術具有一定之掌握。近年來台灣廠商更主動出擊，針對各種包含太陽能產業相關之標準進行申請。期望藉由第三世代染料敏化太陽能電池技術之發展，有效拓展我國太陽能市場，搶占市場先機。

### 3. 產業與市場環境分析

第二章主要針對太陽能電池技術發展與技術脈絡進行介紹，第三章則進一步針對太陽能電池產業與市場環境進行分析，至於相關政府補助政策則會於第六章進行概述。本章節首先針對最為普遍之矽晶圓太陽能電池產業進行介紹，第二章節再針對各類型替代行太陽能產業進行介紹，包含薄膜、染料敏化、進行介紹，並由內文中針對相關市場價格狀況進行介紹與說明。至於鈣鈦礦電池，由於其發展仍屬於實驗室階段，現階段表現仍然無法產業化，故在此一部分並未進行分析。

#### 3.1 矽晶圓電池之整體產業環境概略介紹

太陽能電池產業現今整體仍是以矽晶圓為大宗，主要原因在於矽晶圓技術發展最早，製程最穩定，且現階段各國所製造的矽晶圓太陽能光電產品，供給大於需求，造成整體模組價格不斷探底，依照工研院張佳文分析師<sup>18</sup>之分析，現階段矽晶電池價格已從兩年前平均每瓦發電成本 1.9 元美元，降至 0.7 美元。在加上現存的各大廠，尤其是中國大陸，更急速擴張產能，因此造成整體價格不斷探底，市場仍舊以結晶矽太陽能電池為主。而來自於光電科技工業協進會<sup>19</sup>資料進行分析，可發現太陽能電池領域中，結晶矽仍是居於領導地位，整體所占比率高居 80% 以上，薄膜則居次，現今所佔市場約接近 12%，至於新世代之染料敏化及其他類型部分，則整體比重僅佔不到 5%。因此現階段染料敏化電池之市場發展，仍有很大進步空間。不過由於市場對於替代性能源需求仍強，再加上未來各國仍對節能減碳擁有一定之共識，太陽能光電未來每一年市場需求，依照各家研究單位估計<sup>20</sup>，其發展均會呈現倍速形成長，整體而言估計到

<sup>18</sup> 張佳文 2014 太陽光電技術發展與產業概況 新竹清華大學

<sup>19</sup> 2013 年太陽光電市場與產業技術年鑑 光電科技工業協進會

<sup>20</sup> 包含 IDTechEx 之研究報告

<http://www.epdtonthenet.net/article/44693/Thin-film-PV-and-batteries-is-a-market-reaching--45-billi>

西元 2020 年，至少會有 80-90GW 之需求，而染料敏化太陽能電池及薄膜太陽能電池最保守估計，也將擁有 20% 之市場空間，這意味著至少有將近 10GW 之發電量，及 2000 億美元之上、中、下游市場<sup>21</sup>。整體而言雖不能取代現階段結晶矽太陽能電池之市場地位，但應可有效輔助結晶矽之太陽能產品，占有一定市場量。依照圖 3-1 為元智大學之研究報告，更估計至 2020 年，染料敏化電池及薄膜電池佔有 50% 之市場，前景非常樂觀。

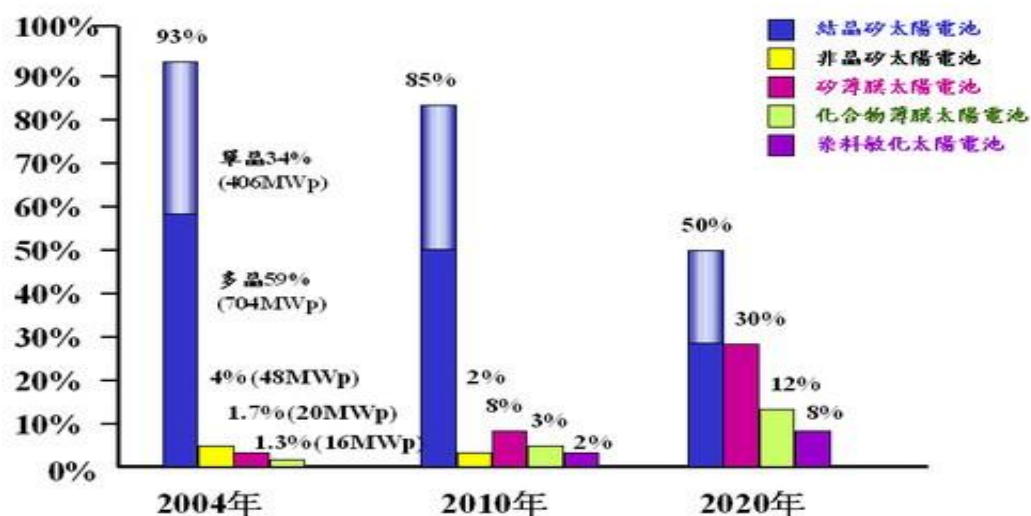


圖 3-1 各類型太陽能電池市占率  
(摘錄自元智大學 薄膜太陽能電池中心 報告)

但不論如何，綜觀而言，現階段太陽能電池整體產業鏈發展仍是以矽晶圓及薄膜太陽能電池兩者為主；在傳統矽晶圓太陽能產業中，產業鏈發展多半是依照下列幾各領域進行發展，分別為上游之多晶矽、長晶、切晶、中游之電池、模組、下游系統、通路或垂直整合，整體而言，上游之多晶矽、長晶及切晶部分，主要技術仍是以引進國外技術為主，我國現階段對於多晶矽、長晶及切晶

[on-by-2021.aspx](#)

SNE RESEARCH 之研究報告

[http://www.sneresearch.com/eng/service/report\\_show.php?id=562&sub\\_cat=](http://www.sneresearch.com/eng/service/report_show.php?id=562&sub_cat=)

Academic Dictionaries and Encyclopedias

<http://en.academic.ru/dic.nsf/enwiki/931515>

<sup>21</sup> 預測資料來自 2012 和 2013 太陽光電市場與產業技術發展年鑑及 EPIA Global market outlook for photovoltaics 2014-2018

部分，多是以投資引進國外技術，做為主要上游之供應商。現階段本國廠商在上游發展部分，因為受到 2010 年及 2011 年太陽能市場崩盤之影響，導致產值受到重創，整體而言現階段台灣上游多晶矽廠商投入狀況仍有待加強，主要現階段僅有福聚太陽能<sup>22</sup>投產狀況較佳，達到每年 8000 噸，其他廠商或轉型、抑或投產效能不明，整體狀況仍不明朗。

至於同屬於上游之矽晶圓廠商，整體發展表現則比多晶矽狀況稍佳，包含達能、綠能及中美矽晶，整體表現雖有受到 2010 及 2011 年之太陽能市場崩盤之影響，但近年來太陽能產業逐漸谷底反彈，根據 EnergyTrend 評估，現階段整體太陽能產業預估 2014 全球裝機量可達 42GW、另一家研究機構 Solarbuzz 更樂觀預估可較 2013 年成 6%，達到 49GW。此部分之趨勢也相對讓本國之重點晶圓廠商相對樂觀。包含綠能及中美晶均有明確之投產計畫，而其他廠商包含也均看好此一市場，現正積極擴廠中。

相對上游廠商積極投產部分，中游電池廠商現階段表現受到市場波動影響更為嚴重，且由於之前太陽能電池中游廠商供應鏈隨著各國政策及產能的波動，導致高轉換效能之產品競爭激烈，但中低效率之轉換效能產品卻因為市場因素，成為低價清庫存商品，這種狀況導致市場行情不斷被打破，在 2010 及 2011 之市場崩盤狀況下，太陽能電池整體市場表現呈現供過於求，所以電池產業不斷在技術部分推陳出新，而高效能轉換產品現階段仍舊以晶圓產品表現較佳，自然也阻礙了各類型新技術之突破。廠商為了有效搶食市場，反而積極投入已經熟悉的技術，進行上中下游之整合，期望運用有效率之一條鞭的生產方式，降低成本，提高效率。而現階段主要之大型太陽能電池廠商，包含茂迪與昱晶，均積極整合，如茂迪轉投資產業上游，而昱晶更進一步整合下游模組與系統商，進一步針對太陽能產業多方進行投資與分析。

---

<sup>22</sup> 現階段福聚太陽能受到主要股東李長榮化工(李長榮化工管線為台灣高雄氣爆主因)之影響，第二季財報累計虧損 157 億元，負債總額超過資產總額 87 億元。

至於下游廠商部分，現階段模組廠表現也受到整體環境之影響，產業現階段也逐漸走向垂直整合，包含茂迪與福聚、綠能進行結盟，台達電與旺能進行整合，而友達與 Sunpower 及 M.Setek 進行整合。至於昱晶，其公司本身則在 2012 年整併其下游的子公司昊晶及昱昕，有效針對太陽能產業進行垂直整合。

透過此段敘述，可發現現今矽晶太陽能產業所面臨之問題，主要在於矽晶上游供應鏈對於下游之變動掌握不佳，整體而言此種方式應可視為供應鏈之問題。起因在於各國相繼政策補貼太陽能產品，導致整個供應鏈消費者端產生需求，而模組又間接影響到中游及上游，重點是上游之矽晶圓供需除了供應太陽能電池外，更受到其他電子產品的影響，整體狀況表現非常容易受到各類型電子產業之波動與變動，這使得整個供應鏈表現變化較大，而這也間接導致整個中下游之供應鏈受到波急，整體表現不如預期。現今台灣整體矽晶圓半導體產業逐漸走向垂直整合及策略同盟的路線。不論是電池廠及模組廠均逐漸往上游進行整合，除了確保出貨供應鏈之能量外，更進一步期望完整整合上下游，有效創造利潤。

針對現今整體矽晶圓太陽能之產業鏈，以及我國重點發展廠商所面臨之困境，本研究特地將此整理成圖 3-2，在圖 3-2 中分別針對相關之重點產業鏈模式及國內和國外重點廠商名單進行分析，並從中針對現階段國內發展之困境及預期政策進行解釋。

由此可知，現階段國內產業與國際廠商均逐漸走向整合，國外許多大型太陽能製造工廠均整合晶圓、晶片、電池及模組廠商，系統性加強整體供應鏈之綜效。我國廠商現階段也分別在政府政策支援下，持續由大型企業(友達及台

積電)帶頭，創造相關產業聚落。期望為此，替我國太陽能產業加分。



圖 3-2 現今太陽能矽晶圓電池整體產業鏈圖

(國研院政策中心 整理)

由前述資料，可發覺現今太陽能電池產業，尤其是傳統以矽晶圓為主之太陽能產業，面臨幾項重要之問題，分別概述如下：

1. 上游原物料之供給不穩定：長久以來太陽能電池都是以矽晶圓做為主要之製造介面，主因在於矽晶圓轉換效率高，可耐高溫，設備成本低，量產速度快等眾多優點，嚴格說來現今矽晶圓現階段仍是太陽能電池產業之發展主力，但近年來隨著供應鏈問題不斷嚴重化，再加上矽原料雖然存量豐富，但是需要花高額之資金進行精煉，因此，替代性太陽能原料問題不斷被人重新提起。這也是現今積極開拓新世代太陽能電池之重要原因。
2. 傳統矽晶圓太陽能電池幾乎都適合大範圍之充電版為主，因此較為適合針對大型太陽能電廠站，家用太陽能電池板，這類型太陽能電池均是已大片模組化面板為主，但現今家電及 3C 產品充斥，大面積及大範圍之基板似乎不能滿足現今家電型產品之需求，整體而言不外乎價格太高，且電池不能彎曲。因此可撓式電池逐漸成為現階段發展之核心。而這部分也是現今太陽能電池發展之新世代重點。
3. 成本問題：現階段矽晶圓廠之建廠成本頗高，因為單純之矽必須經過一系列過程才可純化為晶圓，而後晶圓也須經過一系列過程才可運用做為太陽能電池，因此整體而言矽晶圓廠之重要性非常高，整體而言，現階段至少需投資超過 2000 萬新台幣，才可建立一矽晶圓廠。但是新世代太陽能電池卻不需如此繁瑣及高昂的製程，省略了複雜的矽加工技術，整體只需大約實驗室等級(40-50 萬新台幣)即可生產，為此有效省去了大筆資金。

為克服上述技術，新世代之太陽能電池技術不斷推陳出新，其原理不外乎兩個，一是減少矽原料的運用，抑或是提升矽原料之運用效率，此類型一般以薄膜型太陽能電池為大宗，另一部分則是完全思考不運用矽作為原料，此部分

即是新世代技術，染料敏化電池。下一小節及對於替代性太陽能電池產品(薄膜電池及染料敏化電池)之技術及產業鏈進行分析，並針對重要廠商及整體環境做一概略介紹

### 3.2 替代性太陽能電池整體產業分析

替代性電池產業部分，將針對薄膜電池及染料敏化電池部分，進行詳細分析。此兩類替代性電池發展分別屬於第二代及第三代電池，整體而言薄膜電池發展時間較長，效率在 2010 年就已由突破，其產業效率發展也較高，整體看好度在替代性電池領域居於高峰，但近年來受到國際矽晶圓價格下降，新世代薄膜電池發展也受到限制，整體表現更因矽晶太陽能電池降價之強勢影響，發展逐漸緩慢。

現階段薄膜電池中，如第二章所述，主要發展以矽薄膜、碲化鎘(Cadmium Telluride CdTe)、銅銦硒化物(Copper Indium Selenide CIS)與銅銦鎵硒化物(Copper Indium Gallium Selenide CIGS)這四種技術為主，其中碲化鎘(Cadmium Telluride CdTe)技術之發電效率可達到 17.3%，但產生之鎘對環境污染一職是最大之問題，至於銅銦硒化物(Copper Indium Selenide CIS)與銅銦鎵硒化物(Copper Indium Gallium Selenide CIGS)兩種製程表現均非常類似，可視之為近似製程，其整體表現佳，其發電效率可達到 20.3%，但是缺點為製程不穩定，缺乏主流製程，導致產業難以擴大創新，此部分可說是其致命傷。

現階段薄膜電池中，主要以銅銦硒化物(Copper Indium Selenide CIS)和銅銦鎵硒化物(Copper Indium Gallium Selenide CIGS)薄膜電池之未來最為看好<sup>23</sup>，因此廠商分析也針對這兩種技術之重點發展廠商進行探討，大致說來此一技術

---

<sup>23</sup> 參考 2012 年太陽光電市場與產業技術發展年鑑 科技工業協進會報告



之廠商，可以依其製程分為下列四大類，分別敘述如下：

真空製程：真空製程主要以共蒸鍍與濺鍍為主，共蒸鍍之重點廠商主要以 solarion、solibro、Wurth solar、Ascent、global solar、PV NEXT 為主。至於濺鍍製程，則是以 Honda Soltech、Solar Frontier、Avancis、Johanan Solar、Scheuten、Sulfurcell、Illies Renewables、Daystar、Heliovolt 為主

至於非真空製程部分，則以化學電鍍及溼式塗佈製程為主，重點廠商發展數量較少，大致包含化學電鍍部分廠商為 CIS solartechnik、Odersun、solo power，而塗佈製程部分，則是以 PVflex solar、ISNET、Nanosolar、Jennfeng 這三家廠商為主。

在上述幾家大廠中，主要針對重點之數家大廠，進行介紹。其中最不可忽視的主要廠商極為日本的 Solar Frontier，這家公司為日本昭和殼牌石油旗下子公司，其產品主要以不含鎘之 CIS 化合物為主要之薄膜材料，其公司現階段保有市售產品瓦數最大，轉換效率最高之產品應用，此家廠商現階段產能接近 1GW，可說是世界最大之 CIGS 領導太陽能廠。至於排名第二的為德國之 Q-Cell，此家廠商旗下之重點廠商 solibro 也曾經年產能高達 135MW，但現階段已破產。至於非真空製程部分，則是以 Nanosolar 為主，此家廠商現階段可以做到效率 15.9%，但當產品放大時，效率面積遞減，則其效率僅剩 11%。至於台灣之重點廠商，則主要以新能光電為主及台積太陽能為主，新能光電現階段為世界排名前 15 名之 CIGS 廠商，主要產能約為 30MW，未來可擴充至 45MW。相比世界各國發展，仍有很大之進步空間。而我國台積電轉投資之台積太陽能，現階段發展也不遑多讓，多次打破 CIGS 技術之轉換率世界紀錄，現階段可以達到超過 15.7% 之轉換率，在 2014 年第三季其產能更預估可以達到 120MW，預計

2016-2017 年可以達到 400-500MW，整體表現將可躍居世界前五名，發展讓人指日可待。

總而言之，現階段 CIGS 發展，可說是最有可能替代傳統矽晶圓之太陽能電池。但嚴格說來，其價格及發電效率比起矽晶太陽能電池，仍較不具優勢。畢竟矽晶太陽能電池價格由每瓦 1.95 元降至現階段每瓦 0.7 元，而 CIGS 與 CDTE 甚至是矽薄膜部份，其價格原本就在每瓦 0.8 元至 1 元之間，因此現階段相比將完全不具優勢，且製程仍未進行統整，整體發展效率仍有待加強，因此未來如何發展，仍牽涉到矽晶圓之市場價格，才可進一步進行規劃。相關價格比較煩請參照表 3-1

表 3-1 薄膜太陽能電池價格

	矽薄膜	CdTe	CIGS
實驗室模組效率	13-14%	16%	18.2%
量產模組效率	6-10%	12.2%	10-13.5%
生產成本(平均)	\$0.8/W	\$0.73/W	>=\$1/W

資料來源：工研院 IEK

至於另一類型之替代性太陽能電池，為第三代之染料敏化太陽能電池。染料敏化電池發展比上述之薄膜更短，且其產業鏈更不完整，多半是廠商及實驗室之自行運用技術進行開發，並由廠商各自掌握最為關鍵之技術，整體而言國際上表現較為著名之產業化大廠，大致介紹如下：

#### 1. 3G Solar

3G Solar 是著名的 DSSC 製造商，位在以色列。主要運用瑞士實驗室之技術，成功將小尺寸之太陽能電池板製作成大型之太陽能電池板，在其公司網頁

中，明確展示出其技術及產品，主要產品除了製作小型可供電子產品及 3C 產品運作之太陽能電池之外，更包含可製作大型，包覆於大樓外圍之太陽能電池模組。此間公司之技術來自於與瑞士著名之 EPFL 實驗室合作，整體而言其轉換效率雖然僅有 7.2%，但是生產成本極低(採用印刷式，將染料包覆在玻璃內，進一步印刷印製)，所以使得其比單純的矽晶圓電池節省至少 1/4 成本。此產品也被現今以色列國內多家企業運用，下一目標為歐洲之能源市場。

## 2. Dyesol

Dyesol 公司位於澳洲，主要是由澳洲之 STA 公司演化而來，而澳洲 STA 公司之技術可說是第一個實踐染料敏化電池(DSSC)可大規模生產的量產化技術。其主要技術來源來自於瑞士 EPFL 實驗室。在 2013 年更宣稱其固態性 DSSC 效率可達 11.03%，其轉換效率已遠超過現今國際上相類似之產品。基本上 Dyesol 公司之 DSSC 發展不同於 3G Solar，Dyesol 公司採用與國外積極合作，且有效拓展整體之研發能量，現階段 Dyesol 公司之產品線也非常廣泛，主要包含三大類型，分別為第一類折疊式及移動戶外充電設備用電池或室內低功率充電用電池，這類電池壽命大約五年，主要即是 DSSC 中之重點發展技術。第二類則與第一類相當，但要求壽命擴增為十年。第三類則為期望做到矽晶電池的強項，也就是運用於屋頂及大樓外圍之面板，此部分 Dyesol 公司的產品通過嚴格的測試，經實驗證實可以有效運作 35 年。而有鑑於此，現階段包含韓國、我國等各政府研究機構，均與 Dyesol 公司針對染料敏化電池進行合作，並期望能夠快速進行量產化，有效提供各國市場需求。

## 3. G24i Power

G24i Power 主要全名為 G24 Innovations POWER，位於英國，公司主要業務一開始負責投資新創事業並籌組新創資金，後因接受美國 Konarka 公司之 1350

萬美金之投資，轉型製作 DSSC 太陽能電池，初期運用 Konarka 公司技轉之薄膜印刷技術有效產出 DSSC 輕量化和移動化之 DSSC 電池，總體產能在 2007 年及達到 25MW，值得注意的是 EPFL DSSC 太陽能電池之父 Michael Graetzel 教授是公司董事之一。現階段 G24i Power 已經重組，新公司名稱改為 GCELL，地點仍是位於英國之新南威而斯，本身仍致力發展 DSSC 太陽能電池。不同於其他公司逐漸強調將 DSSC 邁入大型化之市場，G24i Power 致力於建構小型，輕量化即可移動之 DSSC 電池，並進一步拓增產能，推出新一世代之產品。現階段 G24i Power 之轉換效率仍在 3% 左右，故其生產重點著重於可攜帶式充電電池。

#### 4. Fujikura

Fujikura 是日本著名之電子元件生產公司，主要致力於各類型不同技術之電子元件生產。Fujikura 在電子元件廠商中算是領導廠商，有鑑於如何有效利用電能，並提升工作環境效率，此部分一值是 Fujikura 公司所積極研究的主題之一。為此，Fujikura 公司在 2012 年，運用其獨特之研究技術，結合無線技術與電子設備，有效針對電池相關之接線操作和遠端制開關和無線傳感器技術，進一步開發出高效低光染料敏化太陽能電池運用於室內光線微弱之環境，此一染料電池之發電效率在弱光環境下遠高於現今傳統 DSSC 之發電效率，可到達 18%。此技術 Fujikura 已申請專利，並運用於其室內照明產品中，做為替 LED 等產品充電之模組。此外，Fujikura 也針對大面積大尺寸之 DSSC 進行研究，並有數篇專利，但整體而言發展仍沒有其新式代技術吸睛。

除了上述幾家較具代表性的國際大廠之外，整體而言現階段國際染料敏化產業鏈之發展並不完整，雖然藉由 Konarka 及歐洲 EPFL 發展出之技術已可將染料敏化電池進行量產之印刷技術，但現階段染料敏化電池技術在染料部分均

屬於各家廠商之機密，整體而言各家廠商均各自掌握關鍵技術，並自行開發其染料敏化電池產品，因此染料敏化電池產業聯盟現階段發展並沒有傳統矽晶圓太陽能電池產業發展能量。至於染料敏化電池市場發電成本部分，由於各家產品多半仍屬於實驗性質，僅有少部分量產，故現階段染料敏化電池之成本均屬於估計，依照經濟部<sup>24</sup>之報告顯示，未來染料敏化電池發電成本將有可能降低至每瓦發電成本為 0.2 元美金，這部分將為現在矽晶圓電池成本的 1/3-1/5 之間，這使得染料敏化電池之發展，在替代性太陽能電池模組中，會較現有產品具有一定之優勢。

現階段國際染料電池產業鏈，嚴格而言，大致可參考圖 3-3，基本上在技術發展部分，仍是以 EPFL 實驗室居於國際領先地位，各國現階段在發展染料敏化電池，技術部分仍多少都與此一實驗室進行合作。至於染料部分，現階段能夠量產化並提供之染料，主要僅有三家，包含瑞士 Solaronix、澳洲 Dyesol 及台灣永光化學，主要在於染料敏化之現階段染料技術仍尚待突破，而大家均積極發展自有之獨特染料技術，因此整體而言，雖然染料敏化之量產可能性有所突破，但量產性仍待加強。

至於中下游部分，現階段均是以各大廠之自行發展技術為主，整體而言此部分在 Konarka 進行第一次產業化技術發展之後，整個產業已呈現充足之進步，因此現階段重點在於染料敏化電池之染料運用是否可以有效提升整體效率，並達到一定之穩定度，藉此思考我國之在此一產業之未來發展性。

---

<sup>24</sup> 經濟部能源局「2007 年能源科技白皮書。」

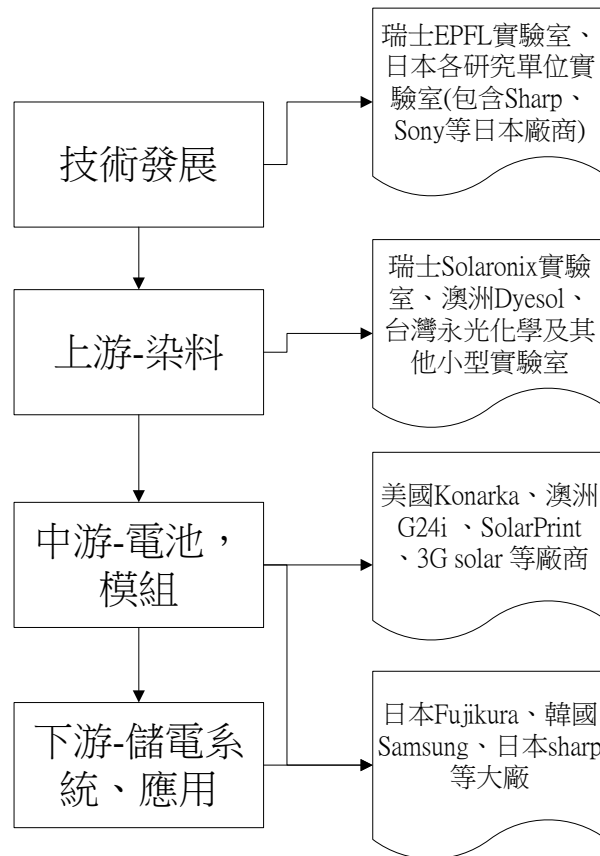


圖 3-3 現今太陽能染料敏化電池整體產業鏈圖  
(國研院政策中心 整理)

我國染料敏化太陽能電池發展在 2012 年開始有顯著之進展，此部分主要受到傳統矽晶圓之波動，造成太陽能產業整體市場狀況大跌，多家太陽能電池製造廠逐漸思考在面臨此一狀況下，是否該逐漸減少傳統矽晶圓之需求，進一步尋找替代性之產品，而染料敏化技術成本低、製造過程低廉，因此成為我國積極發展之重點技術。由 2012 年開始，不論是科技部或經濟部，均投入此項技術並進行發展，關於政策面將會在第七章提出，而此一章節主要針對本國之染料敏化產業進行分析。

依照我國現行投入之染料敏化電池狀況，整體而言產業鏈發展已有初步雛形，外加法人領域及學術領域之研究有效拓展，整體發展呈現樂觀且穩定之狀況，現階段除了眾多太陽能電池領域大廠逐漸開始積極進入此一領域之外，更

多原本並不屬於此一領域之化學廠商，也均投入研發此一領域。現階段我國之染料敏化電池領域之重點發展廠商，可參考圖 3-4，相關重點廠商介紹如下：

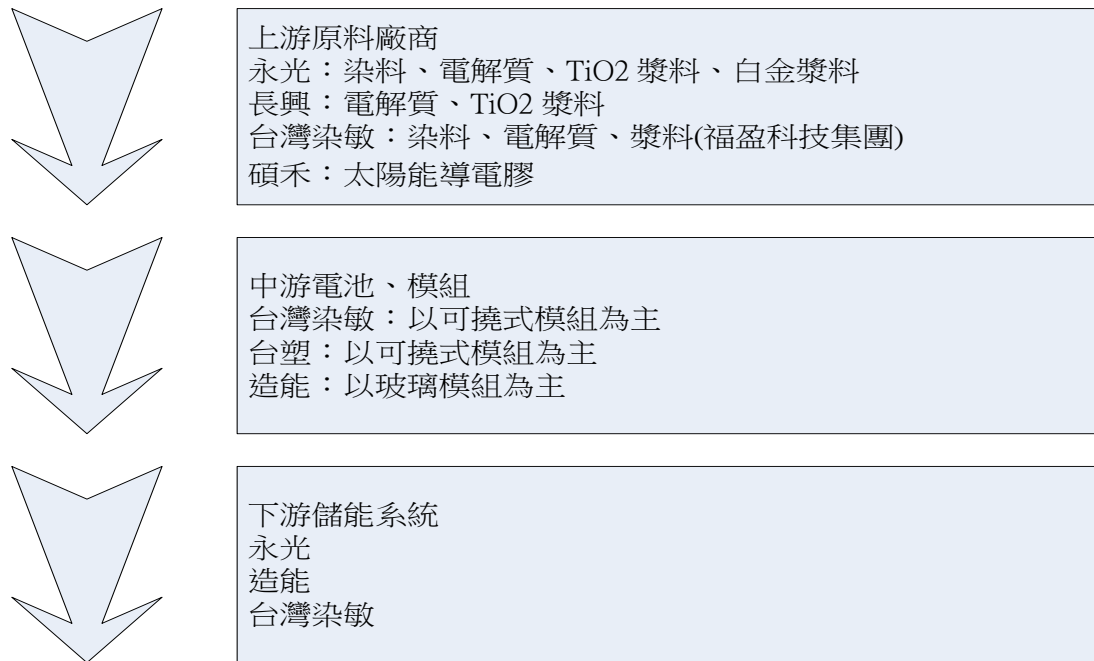


圖 3-4 我國相關染料敏化電池產業鏈  
(改編自成功大學 染料敏化電池聯盟)

1. 上游原料廠商：現階段我國上游原料廠商主要發展多以電解質及 TiO<sub>2</sub> 漿料為主，最重要的染料部分，現階段似乎只有永光(主要已可針對包含新型鈦金屬染料及有機染料進行量產。)至於台灣染敏，現階段則主要以紫質分子作為光染敏染料，雖然其本身價格及效能號稱比鈦金屬染料價格來的更為優異，但是在量產性部分不如永光化工。

除了染料部分，上游使用之漿料及導電之電解質部分，包含長興及台灣染敏和碩禾均有生產，此部分現階段各公司均有能量進行自製。永光、長興及台灣染敏主要自製之漿料均以 TiO<sub>2</sub> 為主，其他導電膠及各種電解質發展部分也均大同小異，整體差異性不大

2. 中游電池及模組部分，此部分現階段在染料敏化電池發展中，均以可撓式模組發展為主，而可撓式模組主要使用在消費性電子商品均多。而大量式

的太陽能電廠發電及家用發電，整體而言仍是以玻璃模組為主。現階段染料敏化模組發展在大型聚電及導電狀況下，雖然整體在實驗室測試狀況下並無問題，但進一步運用至產業時，似乎仍面臨不穩定之問題。

3. 儲能系統部分：現階段儲能部分主要仍是以造能及台灣染敏兩家為主，而造能本身則是針對台陽能電池下游之玻璃面板及各類型模組(含儲能系統)進行設計與製造，台灣染敏則是期望橫跨染料敏化電池之上中下游，並進一步針對玻璃、鈦版、及塑膠各類型材料之基材，建立完整之儲能及下游系統。

現今台灣染料敏化電池產業整體發展表現不錯，但坦白而言，比較國外著名之染料敏化電池產業發展，可發覺仍有許多地方值得加強。首先也是最重要的地方，及在於染料敏化之核心，染料之製造。現階段台灣染料製造部分最為著名的，首推永光化學，永光化學主要發展 DSSC 之核心在於染料部分，而現階段染料也是發展染料敏化電池最為昂貴的部分，以現行可量產化染料而言，最常使用的鈦金屬染料，價格非常高昂，每公克價格由 11 萬台幣至 2 萬台幣不等。因為鈦金屬是屬於稀有金屬，這也間接限制染料敏化電池發展之狀況，畢竟染料敏化電池整體而言是最重要的就是染料，因此染料價格之狀況也成為眾多研究學者積極想克服的地方。現階段台灣學者雖提出不須使用稀有金屬之紫質染料，但整體而言發展性仍遠不如鈦金屬，而此一部份也是其他廠商所欲積極克服之問題，包含台灣染敏等。

至於模組及儲能部分，整體而言發展與世界大廠面臨之問題大體相同，重點就是在實驗室測試時，整體效能均可達到標準，但放大至一般生產時，整體效能就可能不如原本；依照工研院童永梁經理<sup>25</sup>之敘述，實驗室之研究主要是用低沸點的溶劑當作電解質，此種電池可做到較高的效率，但若量產應用可

---

<sup>25</sup> 內容意見參考至本中心 103 年 8 月 30 日舉行之專家座談



能需考慮其電池長效方面的表現。報導中的電池面積 $\sim 0.2\text{cm}^2$ ，比原子筆筆尖大一些，一般染料敏電池要能應用大多要  $100\text{cm}^2$  附近，在放大的過程，幾乎沒在文獻報導中提起，因此，若以產業化為出發點，如何放大製程，使模組仍有高的效率，因此童經理認為未來整體重點將是開發能夠延長使用壽命的關鍵材料，並進一步思考如何有效應用至染料敏化產業，此部分才是至為關鍵。

展望未來，太陽能產業現階段仍有很大的努力空間，矽晶圓價格較具有波動性，導致整體產業鏈供需有較大之風險，而替代性太陽能電池(含括染料敏化、薄膜電池、其他相關領域應用電池。)的發電效率，產業普及性，及整體市場發展狀況，現階段仍無法和矽晶圓進行比較，但展望其未來卻可以有效彌補矽晶圓之發展之不足之處，並且成為重要之替代性來源。整體而言現階段太陽能產業前景仍頗為看好，但是諸多不穩定因素仍然造成產業非常大之不確定，因此對於染料敏化電池亦或是矽晶圓電池，甚至是各類型替代性太陽能電池之發展，均是重大之挑戰，建議未來是必須針對技術部分，進行加強與了解，並進一步思考各類型電池之適當應用方向，尤其是透過專利及技術分析部分進行了解，此部分才可進一步針對此一方向，有效進行思考。

## 4. 重要標準組織與技術標準化動態

在完整了解整體產業狀況及產業相關訊息之關聯後，本研究進一步針對重要標準組織及技術標準化之相關資訊進行分析，藉此提供讀者瞭解相關重要標準與技術之發展狀況，以及能進一步取得之相關資源。

### 4.1 標準規範之於太陽光電產業的重要性

現階段太陽光電產業之整體產業鏈大致可分成上游材料與設備、中游之太陽能電池與模組，以及下游之太陽光電系統。太陽光電產業在綠色環保訴求下，是近年發展相當快速的產業，只是在國際上尚未形成特定以「太陽能光電」為單一主軸的國際標準組織，目前國際電氣技術標準協會 (International Electro-Technical Commission, IEC) 有制定標準規範，以作為太陽能電池模組的測試依據，並積極地推動此一國際認證制度。但這仍不能稱上是適用於全球任何國家的一套國際化標準，原因在於各區域性或個別國家仍有其各自的限制與要求，例如北美地區的 UL 標準、德國的 TÜV 萊因認證標準、日本的 JET 認證標準等，亦均是極具代表性的檢測國際標準規範。現今，也有相關的產業標準組織逐漸形成，主要是國際半導體設備暨材料協會 (Semiconductor Equipment and Materials International, SEMI)，其有設立專門針對太陽能光電產業相關的專門委員會，針對該產業相關測試技術或方法提出研議。

尚未有特定以「太陽能光電」為單一主軸的國際標準組織，這並非意謂此產業的技術不受規範，相反地，由於太陽能光電相關產品須於戶外環境長時間使用，考量太陽能光電模組材料成本，其使用壽命須達 20 年以上方能將發電成本降至合理範圍，因此太陽能光電模組的使用壽命至少達到 20 年以上已是國際上普遍的要求，也因此標準與認證變得相對格外重要；然而現行的這些標準與認證，看

似相當眾多且繁雜，主要乃是在現有的國際標準組織之下、區域性標準、或各國各自的國家標準下另行規範，或者是由具聲望的實驗室來進行認證。

由於各國對於太陽能光電產品的品質多訂有一系列的標準，相關產品若要進入各國市場就得要通過相關標準的驗證才能銷售，這也是台灣產品要打進國際市場必須通過的考驗與重要門檻。一般而言，製造商必須經由國際認證制度認可之單位，通過一系列的檢驗測試後，取得相關認證報告與檢驗書後，才能將產品輸入各國市場。尤其是國內企業主要仍以外銷市場為主，當產品欲進入外國市場時，就必須要具有認證標準或符合規範，產品經認證也才能有效傳達產品的性能、耐用性、安全性和合規性等品質要求（如圖 4-1 所示）。

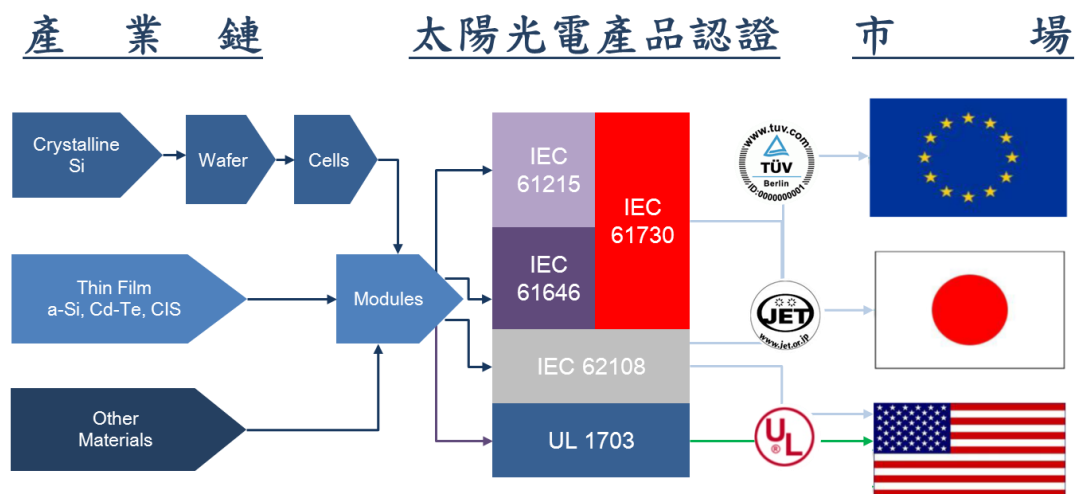


圖 4-1 太陽光電產品主要市場之認證要求示意圖  
資料來源：陳震偉（2013）

#### 4.1.1 主要國際標準組織簡介

##### (1) 國際電氣技術標準協會(International Electrotechnical Commission, IEC)

IEC 成立於 1906 年，是全球第一個國際性電工標準化機構，總部設置在日內瓦。IEC 主要負責電氣、電子領域的國際標準化工作，也是目前在此相關領域居於領導地位的國際性標準發展組織，其領域範圍涵蓋電子工程、電磁、電

聲、多媒體、電訊、能源製造與傳送，以及相關的一般性原則，當然也包括了太陽光電系統。。

IEC組織下可分為標準化與適合性評估(認證)兩個委員會(參見下圖4-2)。標準化部分由標準管理委員會(Standardization Management Board, SMB)負責，並交由其下的技術委員會(Technical Committees, TC)、次技術委員會(Subcommittees, SC)進行，截至2014年11月5日止，IEC計有97個技術委員會與77個次技術委員會，以及500個工作小組(Working Group, WG)。其中太陽能領域是由TC82太陽光電系統(Solar photovoltaic energy systems)技術委員會所負責，其中的工作小組WG3負責系統(System)、WG6負責平衡系統組件(Balance of System Components)。目前這兩個工作小組針對PV系統設計、安裝、性能測試驗證、安全與組件可靠度等議題進行標準的討論與制定。

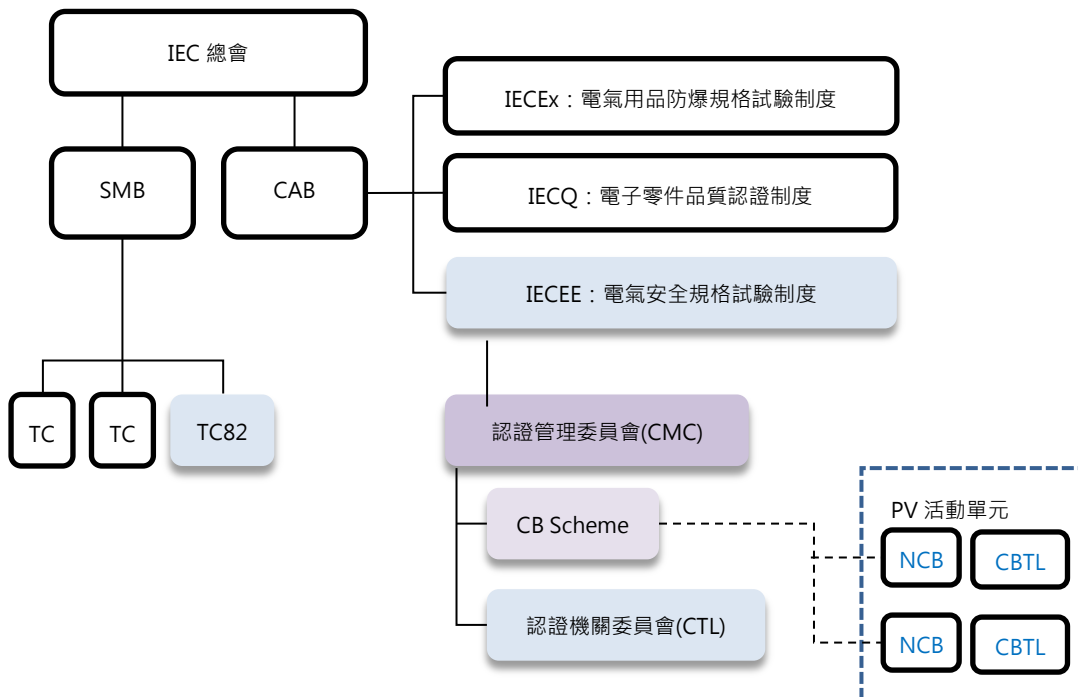


圖 4-2 IEC 組織圖  
資料來源：參考自 IEC 網站

在適合性評估（認證）部分是由適合性評估委員會（Conformity Assessment Board, CAB）負責，關於太陽光電相關認證與標準化活動則交由其下的電氣機器安全規格適合性試驗制度（IEC System of Conformity Assessment Schemes for Electrotechnical Equipment and Components, IECEE）負責，IECEE 一般又簡稱為電氣安全規格試驗制度。所以一般所稱「太陽光電國際認證制度」皆在 IECEE 體制之下。

電氣安全規格試驗制度下設有認證管理委員會（Certification Management Committee, 簡稱 CMC），在 CMC 的管理下進行 CB Scheme。CB Scheme 為電工產品測試憑證相互認可的體系 (Scheme of the IECEE for Mutual Recognition of Test Certificates for Electrotechnical Equipment and Components, 簡稱 CB Scheme)，是基於相互承認協議的原則所發展的，意即製造商若獲得國家認證單位 (National Certification Body, NCB) 的 CB 測試證書 (CS Test Certificate, CBTCs)，便可依此向其他會員國家申請驗證標章，目的在為了推動與簡化國家級認證或批准，從而達到促進國際貿易之目的。

凡是參與 IECEE 的每個會員國皆需指定負責認可與核發 CB 測試報告 (CS Test Report, CBTRs) 與 CB 測試證書的國家認證單位。依規定，國家認證單位必須在內部品質體系與技術方面符合特定的標準，才能獲證成為 CB 體系的成員。其可分為兩種資格，包括：認可的國家認證單位 (Recognizing NCB) 及發證和認可的國家認證單位 (Issuing and Recognizing NCB)。前者是承認 CB 測試報告與 CB 測試證書獲得其國家產品認證的核可單位；後者則除認可外，另有核發 CB 測試報告與 CB 測試證書的授權。在某些成員國，NCB 往往並不進行測試工作，而由其認可的 CB 測試實驗室 (CB Testing Laboratory, 簡稱 CBTL) 來進行。

CBTL 按 IEC 標準和已聲明的國家差異對產品進行測試，並按統一的格式出具 CB 測試報告。此外，為因應個別國家的符合性要求，CB 體系亦承認調和標準以外的要求。這些國家差異標準允許個別國家認可符合當地特殊狀況的要求。國家認證機構在適當的情況下，會在其測試計畫中加入不同國家的國家差異標準（UL, 2007）。

簡言之，由 IEC 運作的 CB 體系，為一申請特定產品安全認證的國際性機構，並提供多個國家地區，可相互承認 CB 測試證書與 CB 測試報告的管道，其觸角可遍佈北美、南美、歐洲、亞洲、澳洲及非洲等 54 個國家（截至 2014/11/5 為止）。然而，很遺憾的是由於我國非聯合國會員，不能加入 IEC 成為 IEC 或 CB 的會員國，國內廠商無緣透過自己的 NCB 提出申請及測試，大致我國廠商都會向歐洲各國的 NCB 提出申請。

IEC 所發佈之太陽能檢測相關標準相當多，其中時常被提及的如 IEC 61215 是與矽晶產品性能測試相關的標準；IEC 61646 是與薄膜產品性能測試相關的標準；IEC 61730、IEC 61701 則是與模組安規測試相關的標準。本研究將其稍微區分為太陽光電裝置、太陽光電模組、太陽光電系統三個部分整理如下表 4-1、表 4-2、表 4-3。

表 4-1 太陽光電裝置之 IEC 標準

標準編號	名稱
IEC 60904-1 (2006)	光伏電流-電壓特性的測量 太陽光電裝置 - 第 1 部：太陽光電電流-電壓特性的量測 Photovoltaic devices - Part 1: Measurement of photovoltaic current-voltage characteristics
IEC 60904-2	第 2 部：標準太陽能裝置要求

(2007)	Part 2: Requirements for reference solar devices
IEC 60904-3 (2008)	第 3 部：地面用太陽光電裝置的量測原理及標準光譜照度資料 Measurement principles for terrestrial photovoltaic solar devices with reference spectral irradiance data
IEC 60904-4 (2009)	第 4 部：標準太陽光電裝置:建立校正追溯程序 Reference solar devices—Procedures for establishing calibration traceability
IEC 60904-5 (2011)	第 5 部：用開路電壓法確定太陽光電等效電池溫度 Determination of the equivalent cell temperature of photovoltaic devices by the open-circuit voltage method
IEC 60904-7 (2008)	第 7 部：太陽光電裝置量測過程中引起的光譜失配誤差計算 Computation of the spectral mismatch correction for measurements of photovoltaic devices
IEC 60904-8 (2014)	第 8 部：太陽光電光譜響應的量測 Measurement of spectral responsivity of a photovoltaic device
IEC 60904-9 (2007)	第 9 部：太陽光模擬器性能要求 Solar simulator performance requirements
IEC 60904-10 (2009)	第 10 部：線性測量方法 Methods of linearity measurement
IEC 60891 (2009)	矽晶型太陽光電裝置 I-V 特性之溫度和照度修正方法 Procedures for temperature and irradiance corrections to measured I - V characteristics of crystalline silicon photovoltaic devices

資料來源：參考 IEC 網站、陳震偉 (2013)；本研究整理

表 4-2 太陽光電模組之 IEC 標準

標準編號	名稱
IEC 61215 (2005)	矽晶型太陽光電模組(PV)-設計鑑定和形式認證 Crystalline Silicon Terrestrial Photovoltaic Modules-Design Qualification and Type Approval
IEC 61646(2008)	薄膜型太陽光電模組-設計鑑定和形式認證 Thin -film Terrestrial Photovoltaic Modules - Design Qualification and Type Approval
IEC 61730 (2004)	太陽光電模組安全及性能測試標準 Photovoltaic Module Safety Qualification
IEC 61730-1(2013)	太陽光電模組之安全確認—第 1 部:構造要求(Photovoltaic module safety qualification - Part 1: Requirements for construction)
IEC 61730-2(2012)	太陽光電模組之安全確認—第 2 部:測試要求(Photovoltaic module safety qualification - Part 2: Requirements for testing)
IEC 61853-1(2011)	太陽光電模組性能測試和能量等級-第 1 部:光照和溫度性能測量 和功率額定值 Photovoltaic (PV) module performance testing and energy rating - Part 1: Irradiance and temperature performance measurements and power rating
IEC 62108(2007)	聚光太陽光電模組和組件-設計鑑定和形式認證 Concentrator Photovoltaic (CPV) Modules and Assemblies -Design Qualification and Type Approval
IEC 61701(2011)	太陽光電模組鹽霧腐蝕測試 Salt mist corrosion testing of photovoltaic (PV) modules
IEC 62716(2013)	太陽光電模組氨氣腐蝕測試 Photovoltaic (PV) modules - Ammonia corrosion testing

資料來源：參考 IEC 網站、陳震偉（2013）；本研究整理



表 4-3 太陽光電系統之 IEC 標準

標準編號	名稱
IEC 61724 (1988)	太陽光電系統之性能監測—量測、數據交換與分析指南 Photovoltaic system performance monitoring- Guidelines for measurement, data exchange and analysis
IEC 61727 (2004)	PV 系統併網相容性 photovoltaic (PV) systems - Characteristics of the utility interface
IEC 61829 (2008)	矽晶型太陽光電陣列 I-V 特性之實地量測 Crystalline silicon photovoltaic (PV) array - On-site measurement of I-V characteristics
IEC 62446 (2009)	併網型太陽光電系統 Grid connected photovoltaic systems - Minimum requirements for system documentation, commissioning tests and inspection
IEC 62548 (2013)	太陽光電陣列設計要求 Photovoltaic (PV) Arrays – Design requirements

資料來源：參考 IEC 網站、陳震偉（2013）；本研究整理

## (2) SEMI (Semiconductor Equipment and Materials International) 國際半導體製造設備材料協會

SEMI 成立於 1970 年，為一國際性的產業協會，長期致力於促進半導體、平面顯示器、微電子(MEMS)與太陽能光電等產業之整體發展，在日本、中國、韓國、歐洲地區、新加坡、莫斯科及台灣皆設有辦公室，其中 SEMI 台灣 (SEMI Taiwan) 於 1996 年成立。

SEMI 其實算是我國廠商投入頗深的標準制定平台。目前 SEMI Taiwan 運作中的國際產業技術標準委員會，計有：SEMI Taiwan I&C 國際產業技術標準委員

會、SEMI Taiwan EHS 國際產業技術標準委員會、SEMI Taiwan FPD 國際產業技術標準委員會、SEMI Taiwan PV 國際產業技術標準委員會及 SEMI Taiwan 3DS IC 國際產業技術標準委員會等 5 個。

關於 SEMI PV 國際產業技術標準委員會的設置背景，在於目前 PV 產業在材料規格、測試方法等方面的基本參數並沒有統一的標準，致使製造或 IP 取得成本過高，因此 SEMI 在 2006 年 9 月召集相關業者於歐洲舉行第一次 PV 國際產業技術標準會議，期望能協助太陽能電池和模組廠商降低貿易門檻與整體持有成本，同時針對太陽能產業生產設備到終端產品建立一套國際化標準，因而 SEMI 在歐洲、北美、日本及台灣 4 處均設有 PV 標準委員會。

「SEMI 台灣太陽光電國際產業技術標準委員會」是繼歐洲、北美、日本之後，SEMI PV Group 於 2009 年 7 月在全球成立的第 4 個 PV 標準委員會。目前委員會下設置有 5 個工作小組，包括：建材一體型太陽光電 (Building Integrated PV (BIPV))、有機和染料敏化太陽能電池 (Organic and Dye Sensitized Solar Cell)、太陽光電包裝性能 (PV Package Performance)、太陽光電可靠性測試方法(PV Reliability Test Method)、太陽光電晶圓量測方法(PV Wafer Measurement Method)。

SEMI 截至目前為止 (2014/6/28) 在 PV 相關之標準計有 54 項，然而這些標準尚未涉及有機和染料敏化太陽能電池的相關測試，據悉染料敏化太陽能電池相關的第 1 個標準正在討論與形成中，而提出者正是我國的工作小組，這也是 SEMI 在全球第一個與有機和染料敏化太陽能電池相關的工作小組。有關於「SEMI 台灣太陽光電國際產業技術標準委員會」下的有機和染料敏化太陽能電池工作小組 (SEMI OPV/DSSC Task Force)，其成員機構包括：成功大學、東華大學、明新科技大學、工業技術研究院、金頓科技及永光化學。

## 4.2 國家標準與國際標準之關係

在歐洲地區常見的是 EN 標準 (European Norm)，EN 是由歐洲標準化委員會 (European Committee for Standardization, CEN) 和歐洲電氣標準化委員會 (European Committee for Electrotechnical Standardization, CENELEC) 認證的歐洲統一標準。各國會有各自的國家標準，如德國 DIN 標準、英國 BS 標準、丹麥 DS 標準等，但每當有新的 EN 標準推出時，各會員國通常必須於 6 個月以內，將本國的國家標準進行更換修改。

除了歐洲地區外，在亞太地區也有美國的 ANSI 標準、加拿大的 CSA 標準、日本的 JIS 標準，即便我國也有屬於自己的中華民國國家標準 (Chinese National Standards, 縮寫 CNS)，CNS 中與太陽光電相關的標準內容乃是我國經濟部標準檢驗局參照國際電氣技術標準協會所公布之 IEC 國際標準而制定。相關標準間的關聯狀況，約可經由下圖 4-3 做一瞭解。

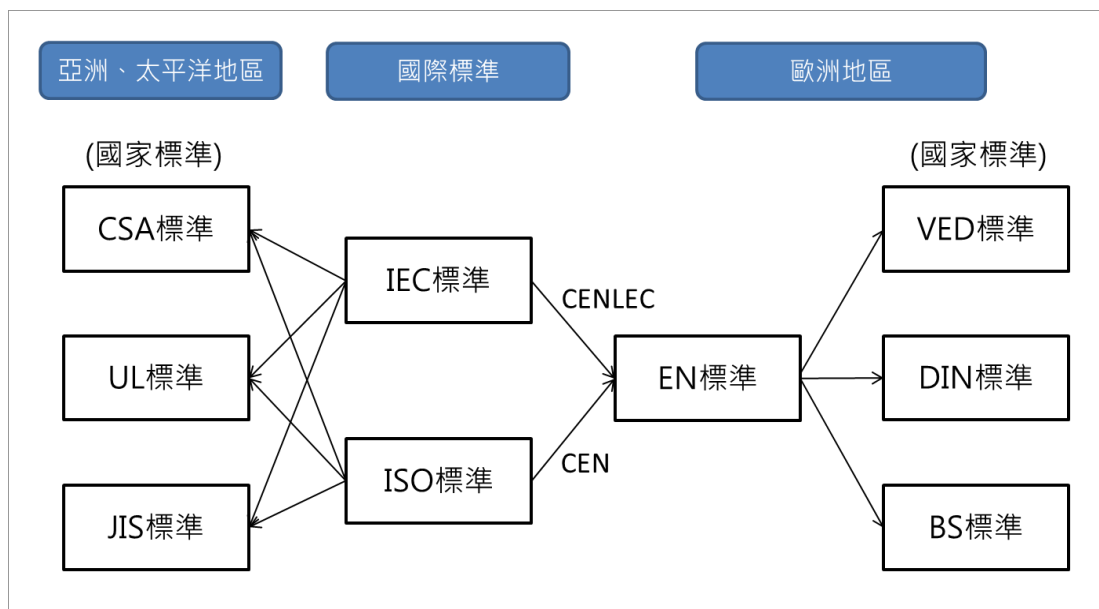


圖 4-3 各標準間的關聯狀況  
資料來源：IDEC 株式会社 (2014)

### 4.3 重要國家認證機構介紹

在 CB Scheme 下，IECEE 各成員國認證機構以 IEC 標準為基礎對太陽光電相關產品安全性能進行測試，其測試結果即 CB 測試報告和 CB 測試證書得以在各成員國間得到相互的認可。CB 驗證實驗室（CBTL）是 CB 體系所接受的實驗室，於特定 NCB 之下對一個或多個產品類別進行測試並頒發 CB 測試報告。

由於太陽光電產品需經嚴謹的測試程序，因此相關的驗證單位須受認可，並且試驗機構也須受到驗證單位的監督，如此發證的證書才會有公信力。目前（2014/11/5）IECEE 認可之太陽光電領域的 NCB 共有 15 國，包括奧地利、比利時、法國、德國、匈牙利、印度、義大利、日本、韓國、荷蘭、西班牙、新加坡、瑞典、瑞士及美國。經 IEC 認可之太陽光電相關驗證實驗室計有 48 家，相關國家驗證機構及驗證實驗室整理如下表 4-4 所示，其中不乏有各認證機構在台的分公司及國內的研究驗證機構。

表 4-4 IEC 認可之驗證單位與試驗機構

國家	會員成員	國家認證機構 (NCB)	驗證實驗室 (CBTL)
奧地利	OVE	OVE	Arsenal Research, Österreichisches Forschungs- und Prüfzentrum Arsenal Ges.m.b.H (OFPZ Arsenal)
比利時	SGS Belgium N.V. - Division SGS-CEBEC	SGS Belgium N.V. - Division SGS-CEBEC	SGS Germany GmbH CTS
			Microelectronics/Photovoltaics CBTL National Centre of Supervision and Inspection on Solar Photovoltaic Products

			Quality (CPVT)
法國	LCIE by delegation from UTE	LCIE	LCIE China
德國	Deutsches Komitee der IEC	VDE	VDE
			Fraunhofer ISE (Institut für Solare Energiesysteme) TestLab PV Modules (TLPV)
			CPVT
		TÜV Rheinland LGA Products GmbH	TÜV Rh PS GmbH
			TÜV Rh Taiwan
			ITRI
			TÜV Rh Shanghai
			TÜV Rh Italia S.r.l.
			TÜV Rheinland Energie und Umwelt GmbH
		TÜV SÜD PS	PI Berlin
			YOT
			TTC Taiwan
			RETC
			Nanjing CQC - Trusted Testing Technology Co., Ltd.
		TÜV InterCert GmbH	Eurotest Laboratori Srl
Albarubens Srl			
TÜV NORD GmbH	Shenzhen Electronic Product Quality Testing Center (SET)		

			AT4 Wireless
			Taiwan Electric Research and Testing Center (TERTEC)
			National Center of Supervision & Inspection on Solar Photovoltaic Products Quality (CPVT)
匈牙利	TÜV Rheinland InterCert Kft., Division MEEI	TÜV Rheinland InterCert Kft., MEEI Division	TÜV Rheinland InterCert Kft., MEEI Division
印度	BIS	STQC	ETDC
義大利	IMQ SpA	ICIM S.p.A	Eurofins Modulo Uno
		IMQ S.p.A.	IMQ S.p.A.
日本	JISC	JET	JET Toyo
		TÜV Rh Japan	TÜV Rh Yokohama
			TÜV Rh Shanghai
			TÜV Rh Taiwan
TÜV Rheinland (India) Pvt. Ltd.			
韓國	KATS	NREC	KTL
			KIER
荷蘭	NEC	KIWA	KIWA Italia S.p.A.
西班牙	AENOR	AENOR	Fundacion Cener-CIEMAT
新加坡	Spring Singapore	ITS Singapore	ITS Shanghai
瑞典	SEK SVENSK	Intertek Semko AB	Intertek Testing Services Taiwan Ltd.

	ELSTANDARD		
瑞士	Electrosuisse	Electrosuisse	CBTL SUPSI - Swiss PV Module Test Centre
美國	US National Committee of the IECEE	UL (US)	UL Inc.
			Exova Canada
			UL-CCIC
			QSTC
			UL Int. Germany
			UL Japan
		ITS USA	ITS Los Angeles
TÜV RH NA	TÜV RH PTL		

資料來源：IECEE，2014。取自：<http://www.iecee.org/pv/html/pvcntris.htm>

針對幾個重要的國家級認證機構，如北美的 UL(美國)、歐洲的 TÜV(德國)、VDE(德國)及日本的 JET，進一步說明如下。

### (1)UL(美國)

UL(Underwriters Laboratories Inc.)成立於1894年，是一家獨立的產品安全認證機構，在測試(Testing)、檢驗(Inspection)、認證(Certification)、稽核(Auditing)及檢測(Validation)方面是領先全球的佼佼者，總公司在美國的伊利諾州。該機構制定工業產品的安全標準並且接受委託進行產品測試。在美國，根據州法律、市條例等大部分區域都強制使用 UL 認證產品，故向美國進行產品輸出時，取得 UL 認證被視為是必要條件。

在 UL 標準中，UL 1703 是針對平板型太陽能電池面板與太陽能電池模組的安全標準，有別於 IEC 61215 主要是針對太陽能電池模組的電與熱性能進行測

試，UL 1703 則是以更嚴格的標準涵蓋太陽能電池的性能測試、安全測試和長期可靠度測試，因此相較 IEC 61215 的安全性要求更為嚴苛。再者，針對在太陽能電池系統週邊設備方面，UL 也訂有 UL 873 和 UL 1741 加以規範系統設備、電源和整流器等相關設備（江志宏，2014）。

UL 在台設有據點，UL 台灣成立於 1988 年，是 UL 美國總部第一個在海外設置的授權實驗室。目前 UL 台灣的服務據點在台北，擁有亞太地區先進完備的測試檢驗設備及實驗室，可提供亞洲及台灣市場與太陽光電相關的檢測與認證服務。

身為 IECCE 認可的國家認證機構 (National Certification Bodies, NCBs)，UL 及全球各地的子公司可以為製造商測試產品，以符合 IEC 標準或 IEC 標準調和 (Harmonized) 的國家標準、以及製造商為行銷特定國家而必須額外符合的國家差異標準。

## (2) TÜV (德國)

TÜV (Technischer Überwachungs-Verein) 成立於 1872 年，總部位於德國科隆，是德國最大的獨立民間技術檢查機構，為享譽全球的第三方驗證機構，提供諮詢、檢測和驗證服務。其受政府委託，對電氣設備、機械、汽車、醫療設備、運動器具、玩具、鍋爐等各種產品進行產品安全標準的符合性檢查及認證，同時亦為機械指令、低電壓指令、EMC 指令的 EU 公認認證機構。

在 2009 年，成為全球領先的太陽光電測試機構，並在亞洲、美國和德國等地區設立了 9 個實驗室。TÜV 的幾個分公司，包括 TÜV Rheinland LGA Products GmbH (萊茵技術檢查公司)、TÜV SÜD PS、TÜV InterCert GmbH、TÜV NORD GmbH



等皆是 IEC 認可的國家認證機構，旗下實驗室也被 IECCE 國際認證系統列為太陽能類產品的認證測試實驗室。

TÜV 提供太陽光電產品相關的資格鑑定和驗證服務，包括：太陽能模組、併網系統、電源轉化器、框架、電纜和連接器等，主要按照國內和國際標準進行測試。TÜV 在台也設有據點，台灣德國萊因技術監護顧問公司設立在台北，在台中也有分公司。此外，工研院太陽光電測試實驗室於 2009 年與德國 TÜV Rheinland 合作，取得 CBTL 太陽光電測試實驗室之認證。而位於高雄的財團法人電信技術中心(TTC Taiwan)的通訊與光電實驗室，也在 2011 年取得 TÜV SÜD 認可之 CBTL 太陽能測試實驗室資格。台灣大電力研究試驗中心(Taiwan Electric Research and Testing Center, TERTEC)的太陽光電模組實驗室更於 2012 年順利通過 TÜV NORD 之換證審核，再次取得 TÜV NORD 的認證資格。

### (3)VDE (德國)

VDE (Verband Deutscher Elektrotechniker e.V.) 是德國電氣工程師協會的簡稱，也是德國著名的測試機構，總部在德國法蘭克福，此團體所制定的標準被稱為 VDE 標準，並直接參與德國國家標準的制定。VDE 標誌只有 VDE 公司才能授權使用 VDE 標誌，這點作法與 UL 相同，VDE 亦是 IECCE 認可的國家認證機構。

旗下的 VDE 測試與認證研究所 (VDE Testing and Certification Institute) 成立於 1920 年，主要提供 VDE 標準的認證服務，目前為歐洲最有經驗且在全球享譽盛名的驗證機構之一。VDE 本身是一中立、獨立機構，其相關實驗室乃依據廠商的申請，依照德國 VDE 標準、歐洲 EN 標準或 IEC 標準等針對相關產品進行檢驗與認證。

#### (4) JET (日本)

一般財團法人電器安全環境研究所 (Japan Electrical Safety & Environment Technology Laboratories, 簡稱 JET) 成立於 1963 年，是日本政府指定的實施型式認可實驗的機構。由於進入日本市場的大部分電器產品需要符合日本電氣用品安全法之要求，即便產品已有他國的安規，但根據成品的要求也應滿足相關安全認證。JET 有項太陽光電認證計畫 (JET PVM Certification Scheme)，經完成測試檢驗後的太陽光電產品將授予產品型號，其驗證基礎乃是基於 IEC/IEC 調和 JIS 標準下進行。

目前我國財團法人台灣大電力研究試驗中心與日本 JET 自 2001 年起簽署了工廠檢查方面及部分產品檢測的合作協定，由該中心負責 JET 認證之台灣工廠的年度工廠檢查業務，以及 S-MARK 的申請、體系認證合作，並有日本 JET 專家長期進駐指導，可協助廠商在電器產品輸日認證的申請，以順利獲得 PSE-Mark 和 S-Mark，將提高產品的市場競爭力，有助於產品進入日本市場 (台灣大電力研究試驗中心，2014)。

#### 4.4 小結

透過本章節的訊息提供，可歸類以下幾個重點。

**(1) 標準的規範對於太陽能光電產業相當重要，我國相關產業以外銷出口導向為主更是如此**

由於太陽光電模組材料成本昂貴，要達到一定使用年限才能令發電成本降至合理範圍，而 20 年以上的產品使用壽命已是普遍的要求；再者這些產品往往是放置於戶外接受風吹日曬雨淋，因此產品性能與安全性需受到嚴格的把關。當涉及貿易輸出入時，產品要符合該市場的標準且取得認證則變得相對地重要，尤其我國相關產業是以出口導向為主，其相對重要性則更高。

**(2) IEC 是目前全球最重要的標準組織，但新興太陽能相關技術的產業標準卻付之闕如**

IEC 目前是太陽光電系統領域中全球最重要的標準組織，其規範了太陽光電裝置、太陽光電模組、太陽光電系統等相關標準，但是針對太陽光電相關的新興技術標準（如染料敏化太陽能電池等）目前則相對缺少。其一的重要原因無非是 IEC 標準從草案至制訂完成需花 4~5 年時間，在新興技術上相對較無法及時回應產業需求。再者，我國也非 IEC 會員國，國內業者在相關標準制定上無可施力之處。

**(3) SEMI 的相關產業標準正在形成，我國廠商當積極把握參與時機，投入太陽能相關新興應用的產業標準制定**

相對 IEC 而言，SEMI 以主導產業標準制訂之姿態崛起，因一年有 7 次投票(voting)時間，這使得 SEMI 的標準制定可大幅縮短作業時間至 1~2 年，因此近年來 SEMI 已成為國內業者積極參與的國際標準制定平台，包括工研院及部分民間廠商已有積極投入，預期全球首個與染料敏化太陽能電池相關標準將是由我國工作小組提出制定，國內產業其他廠商建議可多關注參與此產業標準制定平台。

#### **(4) 區域性或部分國家仍有個別差異要求，取得共通性標準是主要趨勢**

歐美日皆訂有嚴格的安全和可靠性等要求，IEC 是屬於歐系標準，也是目前最為廣泛使用之標準，除了歐洲國家外，日本 JIS 標準、國內 CNS 標準及中國制定標準代碼為 GB 皆採用 IEC 標準進行認證；UL 則是美系標準，目前美國、加拿大均採用此標準。其中 UL 針對太陽能變頻器有安全標準的規範(UL 1741)，而 UL 1703 標準除太陽能模組外，還涵蓋週邊組件如變流器 (converter/inverter)、線纜(wire)、連接器(connector)與連結盒(conjunction box)的檢測，這其中的個別差異廠商仍須留意。

#### **(5) 重要的國家認證機構在台多設有據點，國內也有認可的驗證實驗室，廠商應掌握相關資訊，方能有效縮短驗證的時間成本**

重要的國家認證機構包括北美的 UL、歐洲的 TÜV 在台都有直接的據點，同樣的，國內還有許多的驗證實驗室是 IEC 國家認證機構所認可的，包括：工研院太陽光電測試實驗室、財團法人電信技術中心 (TTC Taiwan) 的通訊與光電實驗室，以及台灣大電力研究試驗中心 (Taiwan Electric Research and Testing Center, TERTEC) 的太陽光電模組實驗室等。廠商對於這些在地的驗證實驗室可善加利用，方能有效縮短驗證的時間成本。

## 5. 專利及學術前沿競爭趨勢分析

前四章節中，主要針對太陽能產業整體狀況及各類型太陽能電池標準進行介紹，主要目的期望針對背景環境，協助讀者做一初步瞭解。在此一章節中，進一步運用專利資料及文獻資料盤點，針對技術專利及科學論文之表現，進行概略性之統計分析與盤點，並進一步從中評估各國之技術能量及學術發展能量。本研究主要運用 Thomson Innovation 專利統計資料庫及 Web of Science 論文文獻資料庫，針對國家專利競爭力、各國在各大專利局之佈局、各國之科學研究論文表現及重點引用表現進行統整，藉此思考太陽能電池及替代性太陽能電池未來發展定位。

### 5.1 國家別競爭力比較

第一階段先針對各國專利局之專利，進行完整之統計分析。並進一步針對各國之表現，進行概述。本研究首先藉由 EPO(European Patent Office)的 CPC 分類系統檢索 Solar cell，整理出太陽能電池相關的 CPC 有 18 個分類，如表 5-1 所示，主要分布在 H01L31/00(Semiconductor devices sensitive to infra-red radiation, light, electromagnetic radiation of shorter wavelength or corpuscular radiation and adapted either for the conversion of the energy of such radiation into electrical energy or for the control of electrical energy by such radiation; Processes or apparatus peculiar to the manufacture or treatment thereof or of parts thereof; Details thereof)及 Y02E10/00(Energy generation through renewable energy sources)等兩個分類。

表 5-1 太陽能電池 CPC 分類與定義

CPC 分類	定義
H01L31/02008	for solar cells or solar cell modules
H01L31/02021	for solar cells (Electrical connection means, e.g. junction boxes, specially

CPC 分類	定義
	adapted for structural association with photovoltaic modules H02S40/34)
H01L31/02167	Coatings {for solar cells}
H01L31/022425	Electrodes{for solar cells}
H01L31/0284	{comprising porous silicon as part of the active layer(s)} ( { porous silicon as antireflective layer for photodiodes H01L31/0216 ; for solar cells H01L31/02168 } )
H01L31/0504	{specially adapted for series or parallel connection of solar cells in a module}
H01L31/068	the potential barriers being only of the PN homojunction type, e.g. bulk silicon PN homojunction solar cells or thin film polycrystalline silicon PN homojunction solar cells
H01L31/0725	Multiple junction or tandem solar cells
H01L31/073	comprising only AIIIV compound semiconductors, e.g. CdS/CdTe solar cells
H01L31/0735	comprising only AIIIV compound semiconductors, e.g. GaAs/AlGaAs or InP/GaInAs solar cells
H01L31/074	comprising a heterojunction with an element of the fourth group of the Periodic System, e.g. ITO/Si, GaAs/Si or CdTe/Si solar cells
H01L31/0745	comprising a AIVBIV heterojunction, e.g. Si/Ge, SiGe/Si or Si/SiC solar cells
H01L31/0749	including a AIBIIICVI compound, e.g. CdS/CuInSe <sub>2</sub> [CIS] heterojunction solar cells
H01L31/076	Multiple junction or tandem solar cells(the potential barriers being only of the PIN type)
H01L31/188	{Apparatus specially adapted for automatic interconnection of solar cells in a module}
Y02E 10/542	Dye sensitized solar cells

CPC 分類	定義
Y02E10/543	Solar cells from Group II-VI materials
Y02E10/544	Solar cells from Group III-V materials

進一步統計了 18 個太陽能電池相關的 CPC 分類在五個區域的專利數量，包括全世界、美國(US)、日本(JP)、歐洲專利局(EP)、中國(CN)與台灣(TW)，整理如表 5-2 所示，在這太陽能電池領域的 18 個 CPC 中，全世界專利最集中的 CPC 是 Y02E10/542(染料敏化太陽能電池技術)，擁有 14,467 筆專利及 H01L31/022425(太陽能電池的電極技術)，擁有 10,040 筆專利；其中，Y02E10/542 主要掌控在日本手中，日本擁有 4,581 筆專利；H01L31/022425 則在美國數量最多，擁有 2,375 筆；中國的專利數量也在 Y02E10/542 最多，擁有 1,983 筆；而台灣的專利數量也主要在 Y02E10/542 及 H01L31/022425 的兩個領域最多，Y02E10/542 更是兵家必爭之地，台灣廠商若要發展此兩個領域，要特別注意專利迴避。整體而言，美國與日本為太陽能電池技術的前兩大國家，歐洲專利局排名第三，中國也緊追在後，而台灣則只有 2,143 筆專利分布在這 18 個 CPC 之中。換句話說，台灣在太陽能電池技術領域中並沒有明顯優勢。

表 5-2 各國太陽能電池技術之專利分類數量

CPC 分類		全世界	美國	日本	歐洲	中國	台灣
1	H01L31/02008	1572	404	154	200	148	43
2	H01L31/02021	2502	684	164	328	226	51
3	H01L31/02167	2337	586	219	325	225	131
4	H01L31/022425	10040	2375	1124	1339	1079	571
5	H01L31/0284	136	35	10	23	7	2
6	H01L31/0504	1559	445	159	187	171	64

CPC 分類		全世界	美國	日本	歐洲	中國	台灣
7	H01L31/068	4245	1114	413	553	419	260
8	H01L31/0725	1057	392	75	112	86	47
9	H01L31/073	1098	355	48	146	107	21
10	H01L31/0735	587	229	45	52	50	30
11	H01L31/074	226	72	14	30	21	12
12	H01L31/0745	489	155	68	60	48	14
13	H01L31/0749	2838	802	289	350	248	88
14	H01L31/076	2375	582	309	351	272	95
15	H01L31/188	776	145	100	117	93	32
16	Y02E 10/542	14467	1911	4581	1308	1983	471
17	Y02E10/543	2414	538	684	274	169	47
18	Y02E10/544	4974	1553	957	549	332	164
總計		53692	12377	9413	6304	5684	2143

根據表 5-2，全世界的 18 個 CPC 當中，有 5 個 CPC 的專利數量少於 1000 筆，分別是 H01L31/0284、H01L31/0735、H01L31/074、H01L31/0745 和 H01L31/188。我們認為專利數量小於 1000 筆的 CPC，因為各國擁有專利數量不多的原因，這部分或許是台灣廠商可發展的領域，表 5-3 顯示了 5 個 CPC 領域的專利數量與優先年，H01L31/0284 的優先年僅到 2012 年，可能技術發展遇到瓶頸或暫無發展價值；另外，H01L31/0735、H01L31/0744、H01L31/0745 及 H01L31/188 的 4 個 CPC 的優先年皆持續到 2013 年，代表持續有人申請這些領域，但數量不多，可能會是台灣廠商專利佈局的機會。



表 5-3 6 個較少發展的 CPC

CPC 分類	全世界專利數量	最後優先年
H01L31/0284	136	2012
H01L31/0735	587	2013
H01L31/074	226	2013
H01L31/0745	489	2013
H01L31/188	776	2013

由圖 5-1 可看出太陽能電池技術的 CPC 分類主要集中於 Y02E0010542(染料敏化太陽電池)約有 6800 筆專利擁有此分類號、Y02E001050(光伏發電)與 H01L0031022425(用於太陽能電池)約有 2200 筆專利擁有此分類號，而其他 CPC 號都低於 2000 筆，由此可見太陽能電池技術專利布局方向十分清楚，台灣廠商可以依循此技術與布局方向來發展。

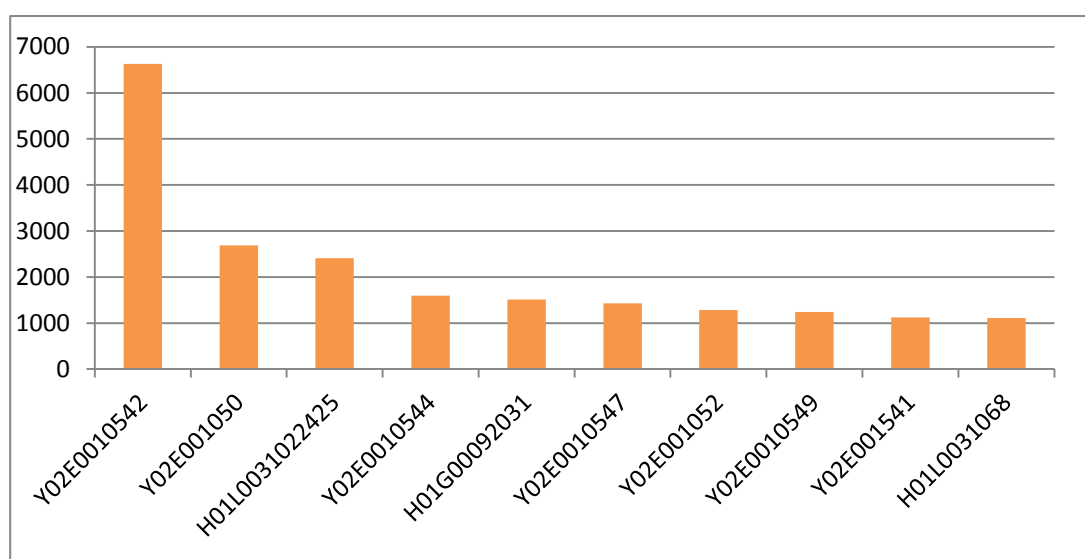


圖 5-1 太陽能電池專利分類圖

進一步針對太陽能電池之專利公開年、申請年及優先權年進行分析，由圖 5-2 可以發現太陽能電池技術的公開數，自 2007 年開始成長，在 2010 至 2014 年這期間為成長率最高的五年，且目前公開數量持續成長中，這代表全球太陽能

電池技術還是有成長的空間，可以為廠商持續布局之重點。

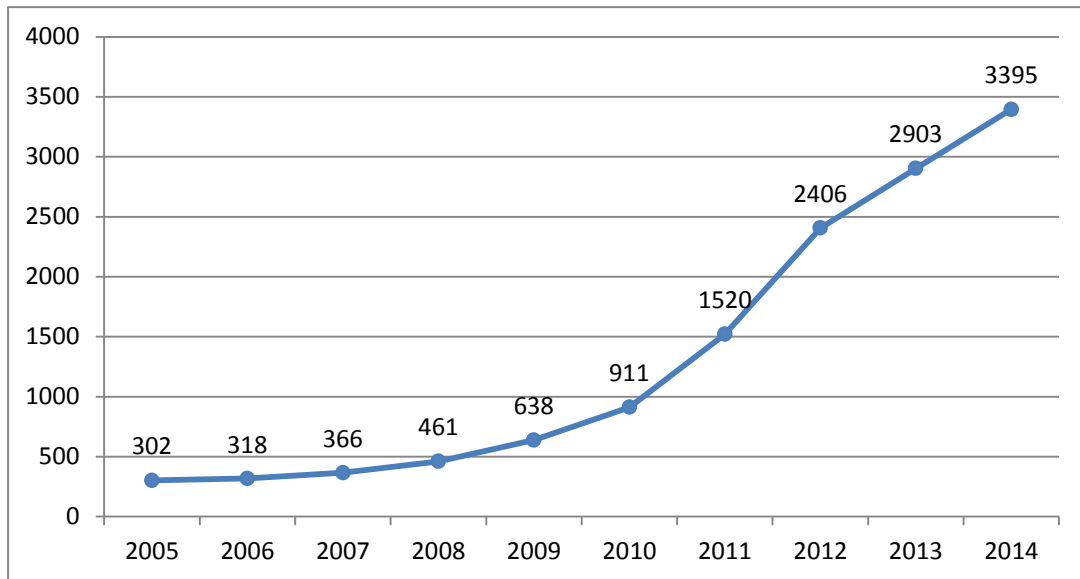


圖 5-2 太陽能電池技術公開年趨勢

至於申請年分析部分，則可以由圖 5-3 進行了解，透過圖 5-3 發現太陽能電池技術的申請數，自 2005 年開始成長，在 2007 至 2011 年這期間為成長率最高的五年，為近年來資料受限於仍審查中資料(18 個月公開期)尚未公開，故其趨勢仍有待觀察。

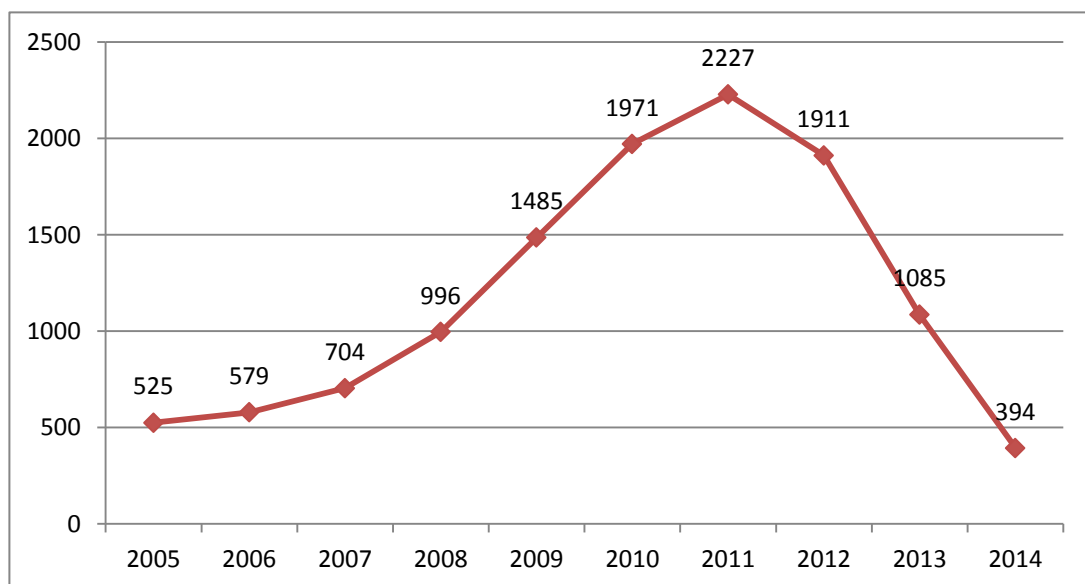


圖 5-3 太陽能電池技術申請年趨勢

至於優先權年分析，由圖 5-4 以發現太陽能電池技術的優先權數，自 2005 年開始成長，在 2006 至 2010 年這期間為成長率最高的五年，且目前優先權數量還是有一定的成長，代表全球太陽能電池技術還是有一定的成長空間，可以為廠商持續布局之重點。

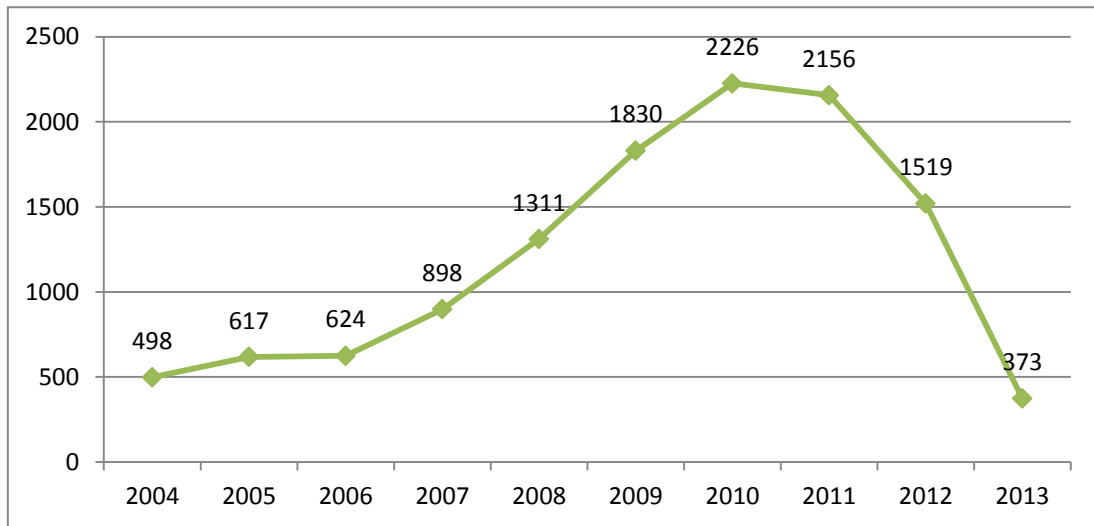


圖 5-4 太陽能電池技術優先權年分析

進一步針對國家別分析，圖 5-5 可發現太陽能電池技術的技術分布國家之前三名主要為日本擁有 5249 筆的專利為目前之龍頭，第二名是美國擁有 3197 筆專利緊追在後，而中國則擁有約 1646 筆專利，由此可知目前太陽能電池技術布局的國家還是以日本為首。

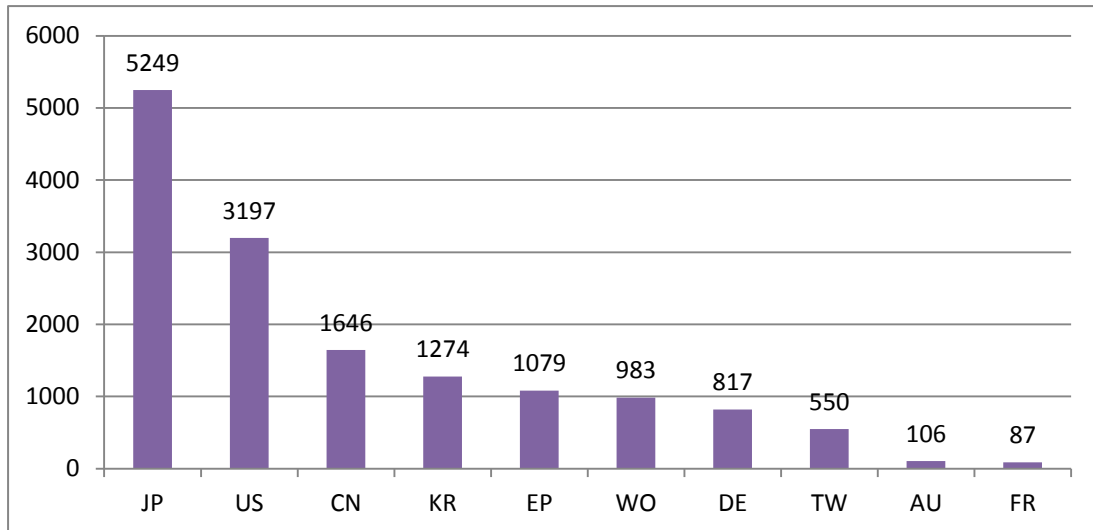


圖 5-5 太陽能電池技術分布國家分析

上述資料受限於主要查詢資料庫(Thomson Innovation)之分析 30000 筆資料限制，主要均鎖定近 10 年之資料為主，分析趨勢為 2004-2014，至於專利技術領域，為了強化了解整體技術之發展方向，本研究進一步將時間往前推移，將時間設定在 1990 至 2014 年，從圖 5-6 太陽能電池技術 CPC 分類專利地圖的集中趨勢可以發現大多集中在半導體有 4226 筆專利、表面類有 3907 筆專利、導電有 3622 筆專利，其他還包括染料溶液、電池、電力轉換...等。前 10 大關鍵技術之專利如表 5-4 所示：

表 5-4 太陽能電池技術 CPC 分類專利趨勢表

關鍵技術	1990-2014 之數量
Semiconductor	4226 筆
Surface	3907 筆
Conductive	3622 筆
Dye Solution , Solution	3431 筆
Photoelectric , Photoelectric Conversion	3412 筆
Conversion Efficiency , Efficiency	3388 筆
Dyesensitized , Dyesensitized Solar	3358 筆

Thin Film , Film	3323 筆
Material	3184 筆
Device	3110 筆



圖 5-6 太陽能電池技術 CPC 分類專利地圖(1990-2014 年)

進一步透過資料概述，可發覺現階段太陽能電池領域整體發展仍居於成長階段，但是技術成長逐漸由傳統之半導體技術(矽晶電池技術。)轉化至染料、紫質及其他相關領域之替代性電池技術。尤其替代性技術之專利，已經逐漸逼近傳統半導體之技術總和。這證明在國際市場中，半導體技術之矽晶電池發展似乎已經逐漸成熟，新世代之替代性電池表現已經逐漸成為技術發展之主流。(相關趨勢煩請參考圖 5-6)

## 5.2 太陽能電池相關專利之重要機構分佈

透過前述之檢索，可知各國運用 wipo 專利佈局，仍以美國市場為主。因此進一步將專利表現鎖定美國市場，篩選上述資料集並運用美國專利資料庫進行檢所，針對重點廠商之布局策略進行分析。本研究持續使用 Thomson Innovation 檢索，搜尋範圍改為美國專利商標局(USPTO)，時間則為 1990 迄今(考量第一階段 1990 前均無相關重點專利。)；搜尋結果找到 11,665 筆專利，並運用 INPADOC 分析後得到 7083 個家族。依原始專利權人所在地分析，如圖 5-7 所示，可知相關專利以美國所佔比重最高（30%），其次為日本（27%）、其他國家（19%），台灣也佔有 6%之比重。

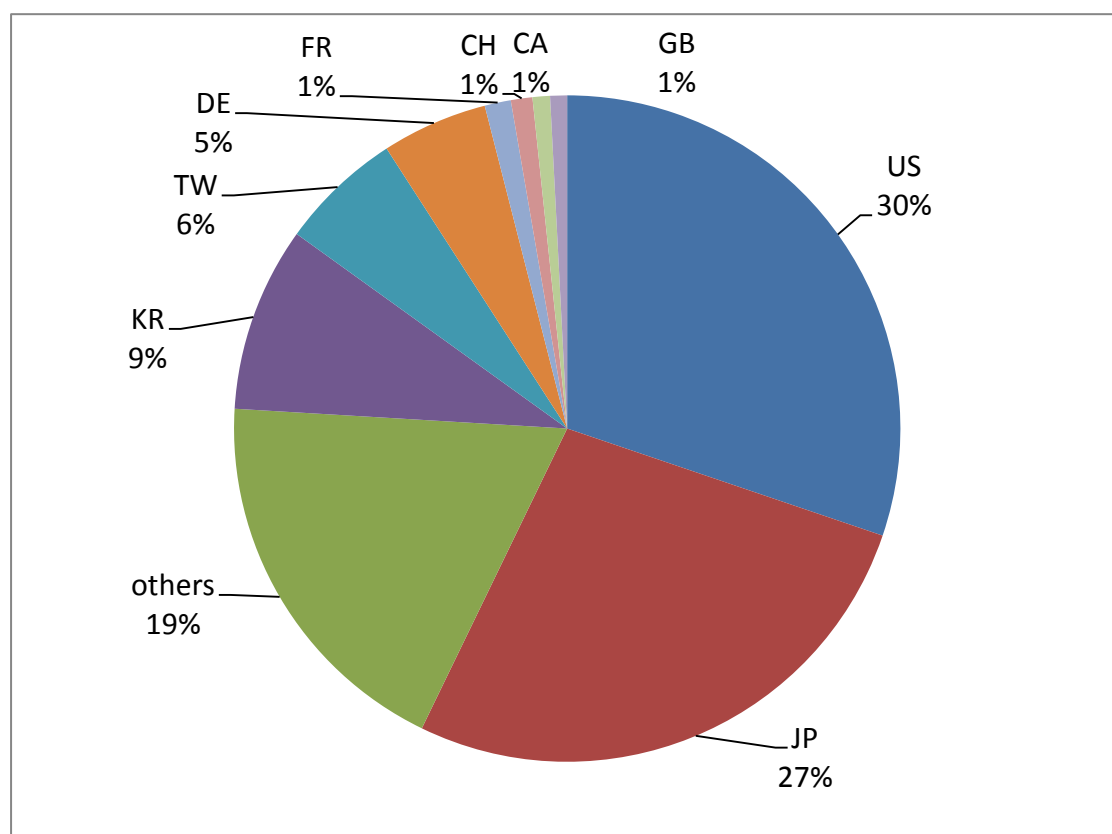


圖 5-7 太陽能電池相關 uspto 專利-原始專利權人國籍分析

進一步依原始專利權人分析（參見圖 5-8 太陽能相關專利-第一專利權人分析），專利擁有數前 10 名為：日本佳能(CANON KK)、日本三洋電機(SANYO ELECTRIC CO)、美國杜邦公司(DU PONT)、日本夏普(SHARP KK)、美國應用材料(APPLIED

MATERIALS)、美國第一太陽能(FIRST SOLAR INC)、韓國三星電子(SAMSUNG ELECTORNICS)、韓國三星 SDI(SAMSUNG SDI CO LTD)、日本富士軟片 (FUJI PHOTO FILM CO LTD)。其中 CANON KK 為最大的專利權人站了 15%的比例,第二名 SANYO ELECTRIC CO 則占了 12%的比例,而 DU PONT 與 SHARP KK 同時擁有 7%的比例,並列第三。

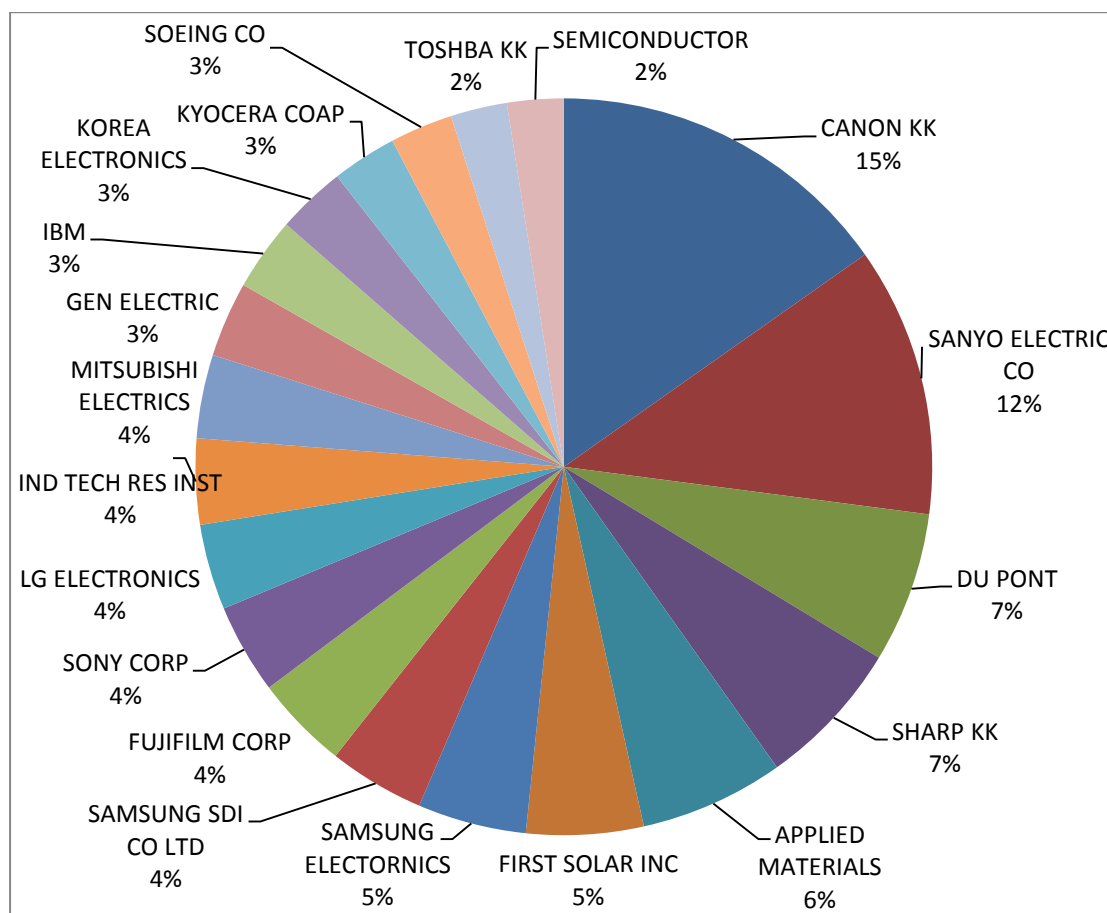


圖 5-8 太陽能相關專利-第一專利權人分析

進一步考慮專利轉讓現況,依最新專利權人(受讓人)分析(參見圖 5-9 太陽能標準相關專利-考慮專利轉讓之最新專利權人(受讓人)分析),專利擁有數前 9 名為:美國應用材料(APPLIED MATERIALS)、日本佳能(CANON KK)、韓國 LG(LG ELECTRONICS INC)、美國杜邦公司(DU PONT)、美國第一太陽能(FIRST SOLAR INC)、日本夏普(SHARP KABUSHIKI KAISHA)、日本富士軟片 (FUJIFILM CORPORATION)、日本三洋電機(SANYO ELECTRIC CO)、美國 JPMORGAN 銀行、日本 SONY 企業(SONY

CORPORATION,TOKYO,JP)。其中第一名為美國應用材料(APPLIED MATERIALS)，此家公司之專利受讓數在美國佔有 14%，第二名為日本佳能(CANON KK)與韓國 LG(LG ELECTRONICS INC)兩者並列，佔有 13%之多。

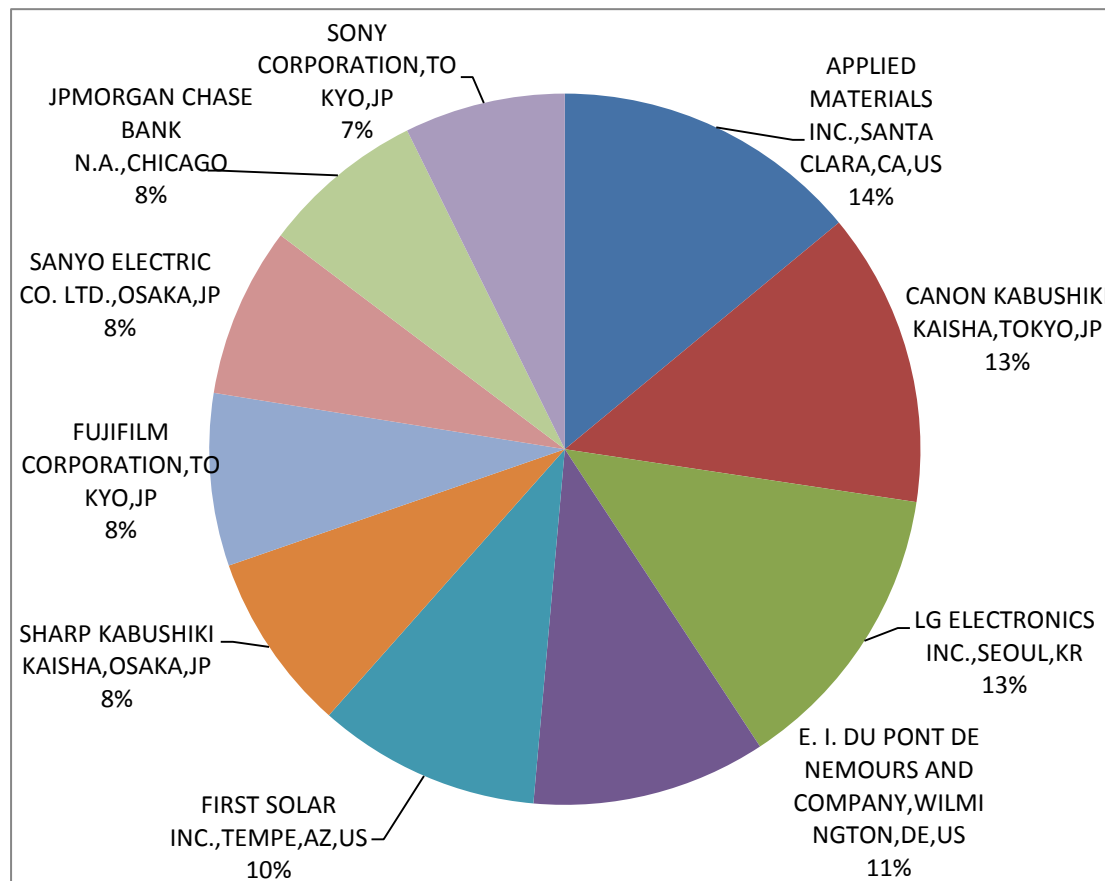


圖 5-9 太陽能標準相關專利-考慮專利轉讓之最新專利權人（受讓人）分析

藉由兩者交叉分析，可發現日本在太陽能電池領域，尤其在美國專利局之投入，比起美國本土廠商可說有過之而無不及。包括：佳能(CANON KK)、三洋電機(SANYO ELECTRIC CO)及夏普(SHARP KABUSHIKI KAISHA)和日本富士軟片等，而美國本土廠商則是以應用材料(APPLIED MATERIALS)、第一太陽能(FIRST SOLAR INC)、杜邦公司(DU PONT)為主。至於韓國主要仍是以三星集團為主，其旗下的 Samsung SDI 成立於 1970 年，是顯示面板與能源領域的製造商，在混合鋰電池研究及燃料電池技術一直處於世界的前沿。



進一步針對美國專利商標局(USPTO)近 10 年的太陽能電池專利概況進行分析,如圖 5-10 所示,可發現前十大專利權人中,三洋電機(SANYO ELECTRIC CO)從 2008 年開始專利數量大幅上升,2014 年略為下滑,專利數量排名第二;杜邦(DU PONT)則在 2009 年開始急起直追,目前累積專利數量第一名;第三名的應用材料(APPLIED MATERIALS INC)自 2007 年開始穩定成長,但在 2013 之後下滑至今;三星電子(SAMSUNG ELECTRONICS)、三星 SDI(SAMSUNG SDI)、索尼(SONY CORP)及第一太陽能公司(FIRST SOLAR)則是從 2010 年開始快速增加專利數量;另外,值得關注的是 IBM 及 LG 等後起之秀,皆是在 2011 年後專利數量有明顯的成長。

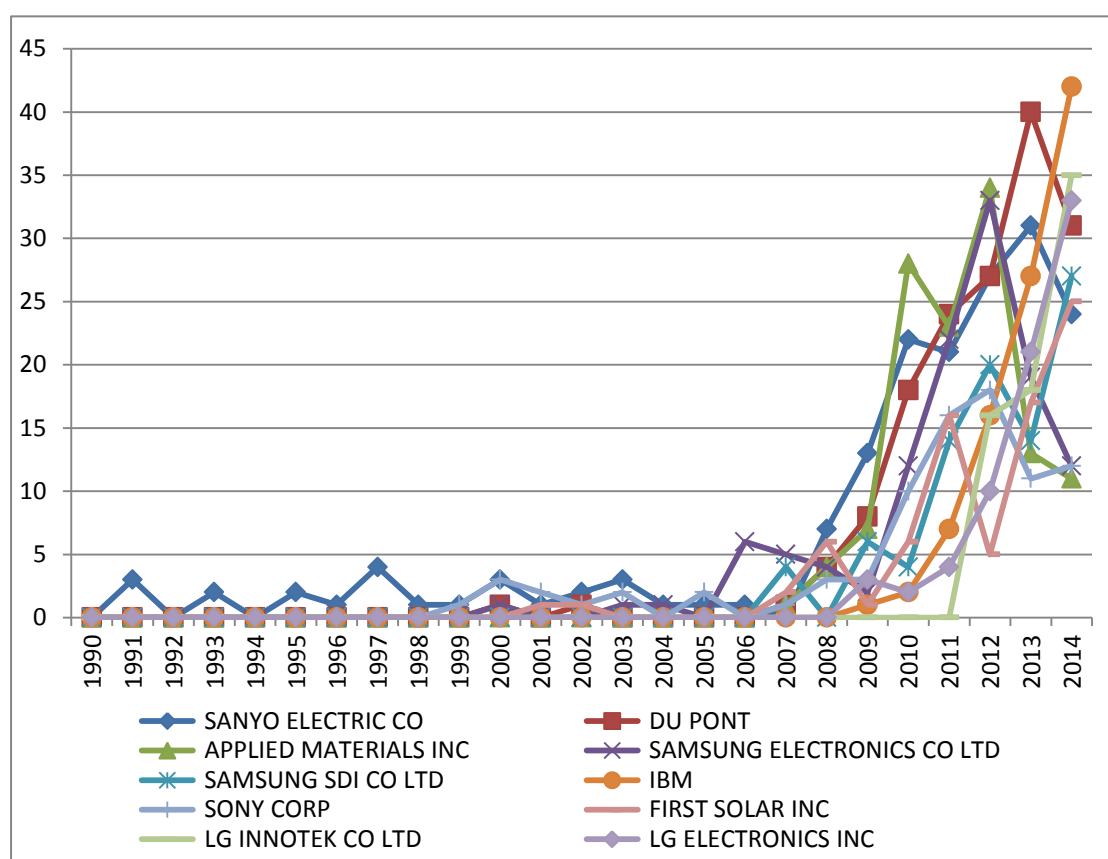


圖 5-10 標準太陽能相關專利前十大專利權人近 10 年專利申請累計概況

考慮專利轉讓的現況後,整理出轉讓後的最新專利權人之專利數量累積趨勢,如圖 5-10 所示,三洋電機(SANYO ELECTRIC CO)依然為專利擁有專最多的廠商;

其次為三星 SDI (SAMSUNG SDI)、杜邦(DU PONT)、LG 電子(LG ELECTRONICS)及應用材料(APPLIED MATERIALS INC)；另外，摩根大通(JPMORGAN CHASE BANK)則承接了第一太陽能公司(FIRST SOLAR INC)大部分的專利。

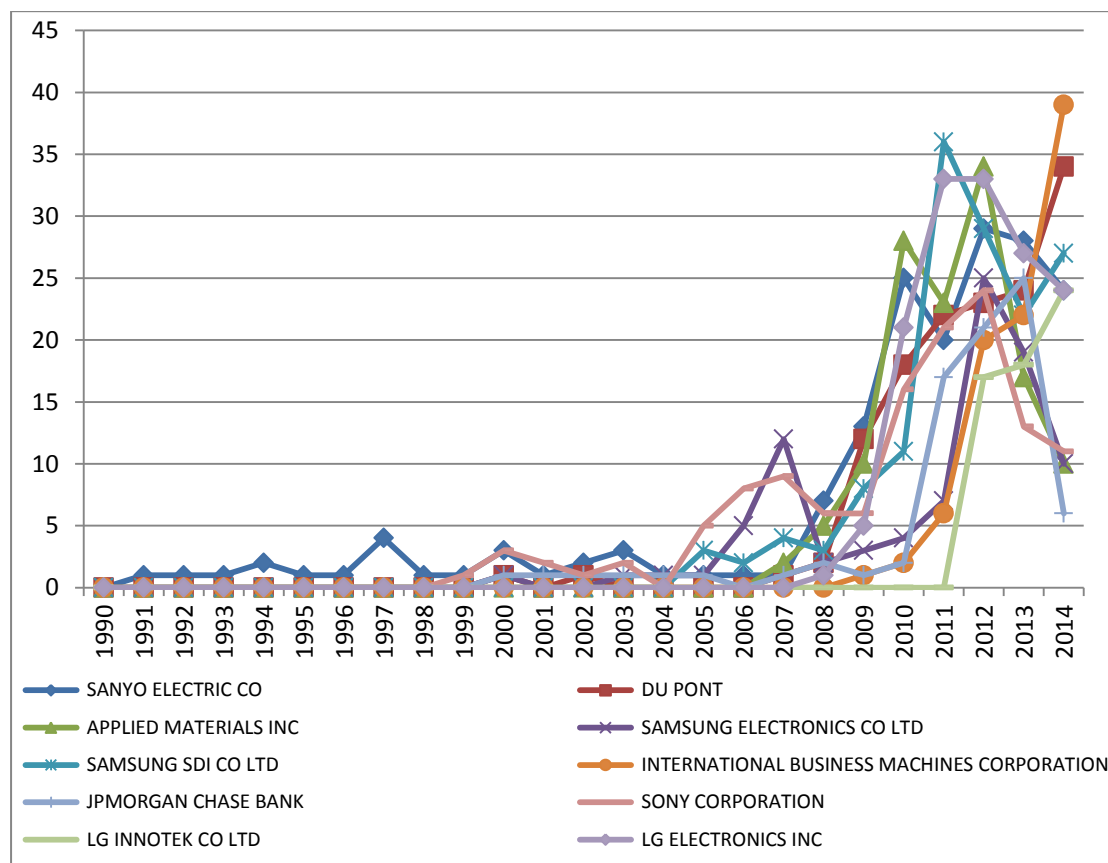


圖 5-11 太陽能相關專利前十大(最新)專利權人近 10 年專利分佈累計概況

進一步將眼光轉到我國，台灣機構太陽能電池於美國專利局之布局前十名，如圖 5-112 所示，以工業技術研究院(IND TECH RES INST)最多專利數，擁有 59 筆或占比 38%；另外廠商包含長興材料(ETERNAL CHEMICAL CO)、宇通光能(AURIA SOLAR CO LTD)、友達光電(AU OPTRONICS CORP)、聯相光電(NEXPOWER TECHNOLOGY)及永光化學(EVERLIGHT USA INC)；其中永光化學以美國分公司做為申請，台灣永光化學公司無觀察到廠商之活動；整體而言，我國在此領域研究主要是以學研單位為主，像是上述提及之工研院，另外包括國立臺灣大學(UNIV NAT TAIWAN)、國立清華大學(NAT UNIV TSINGHUA)、國立成功大學(UNIV NAT CHENG

KUNG)及國立中央大學(UNIV NAT CENT)。

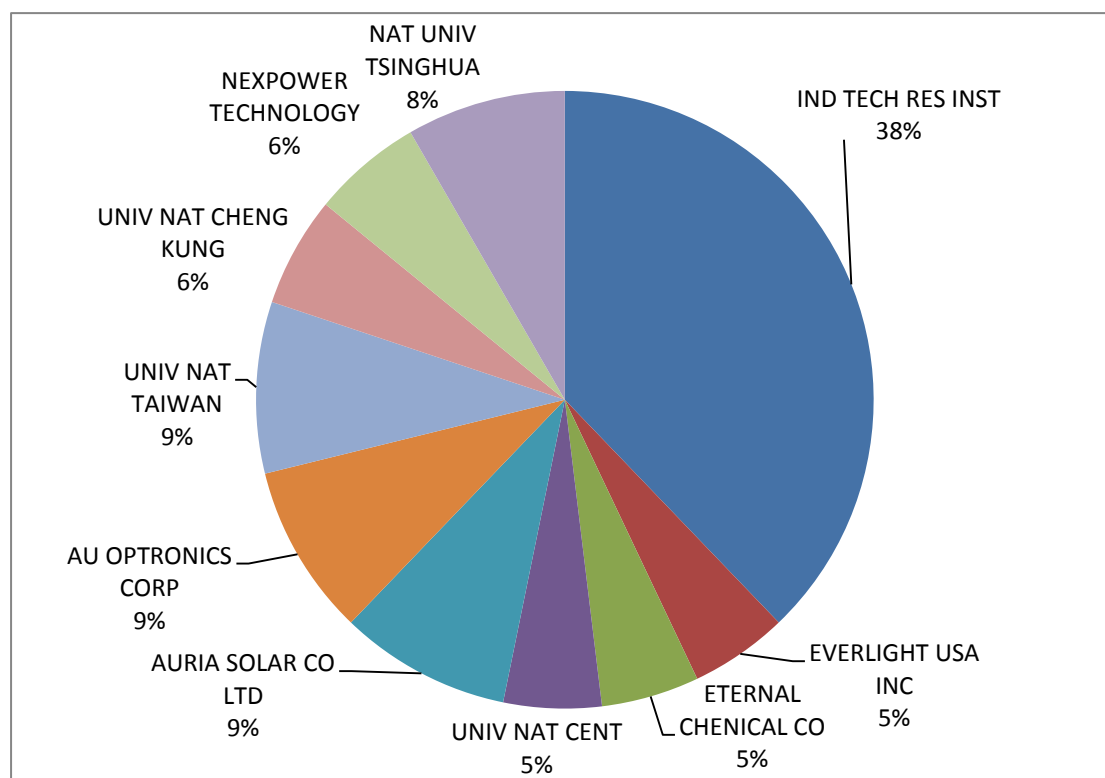


圖 5-12 台灣太陽能電池專利之機構分佈

由此一初步分析過程，可發掘現階段太陽能領域之技術領導廠商，仍是以美國及日本為主，而重點技術分布，則主要以 H01L，Y02E 這兩者為主。其中 H01L 為半導體裝置，Y02E 則為染料敏化相關電池之發展為主，透過此一布局，可發現現今太陽能廠商發展仍是偏重於矽晶太陽能電池之技術突破，並包括運用導電、電極之各類型研究，但重點之替代太陽能電池部分，現階段國際五大專利局之發展，以染料敏化及替代性電池之能量發展為主，這部分雖然個別專利數量加總仍不如傳統之 H01L，但在近年來發展已逐漸提升。至於現階段最值得注意的廠商，仍是以韓國之三星集團和 LG 集團，這兩大集團從 2008 年開始，及不斷獲准太陽能相關專利，現階段表現比起美國跟日本之重點廠商，可說是毫不遜色。藉由韓國之專利數量與我國進行比較，可發現我國之表現實在不如韓國。我國之專利數量仍是以工業技術研究院為主，其他專利分散於學校及廠商間，此部分實在值得思考是否有能力應付韓國廠商技術在美國市場之威脅。這部分值得未來關注與注

意。

### 5.3 研究前沿分析

本研究進一步針對學術論文角度進行分析，近年來面臨能源短缺、能源價格高漲等問題，替代性能源的發展成為了各國科技政策發展的重點，其中太陽能可說是替代能源中穩定且低成本之重點能源，也為目前各國科學研究所探討的焦點。本研究檢索 SCI-expanded 資料庫，分析太陽能以及染料敏化太陽能電池相關的學術產出，以了解全球的趨勢以及我國學術能量的強弱。根據統計，太陽能相關的學術研究，在近年來有逐漸上升的趨勢，尤其在 2008 年以後，相關學術論文的量有相當大幅度地成長。2013 年全球發表了近 14000 筆太陽能發電相關的論文，而這樣的趨勢仍在持續中。(如圖 5-13 所示)

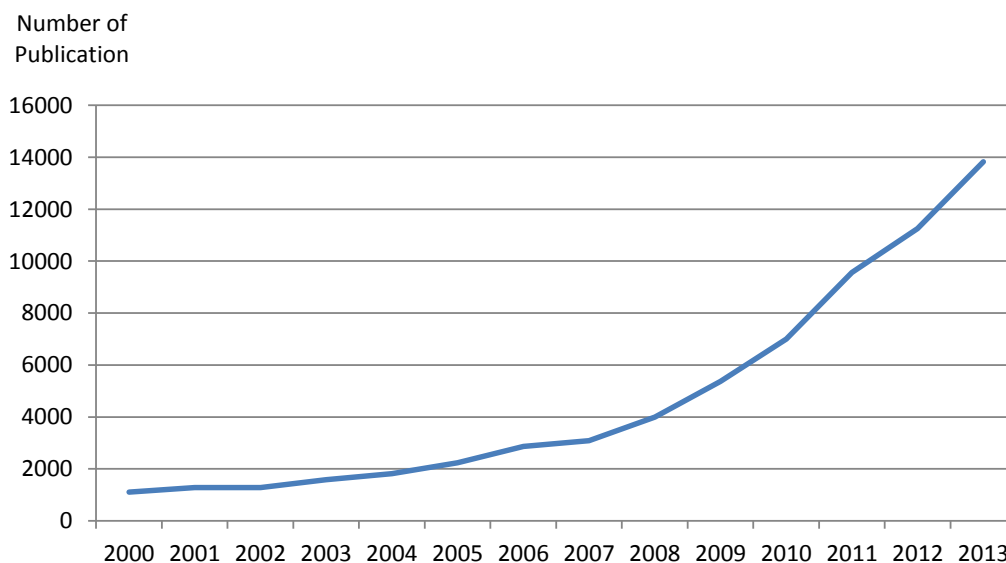


圖 5-13 全球太陽能相關之論文發表趨勢

細究各國的發表情形，太陽能相關研究主要國家包括了美國、中國、日本、韓國、德國、印度以及台灣。其中美國佔了 17% 的論文發表量，是最主要的發表國家，其次是中國，佔了 15% 的論文發表量。就各年趨勢來看，中國的論文發表量在近年來急起直追，於 2011 年後已經超越了美國，成為近兩年全球太陽能發

表量最高的國家。其次，日本、韓國、德國、印度以及台灣等的發表量約於 4%~8% 之間，亦為在太陽能相關學術研究上佔有一席之地之國家。台灣目前每年約有 750 篇左右的論文與太陽能發電相關。

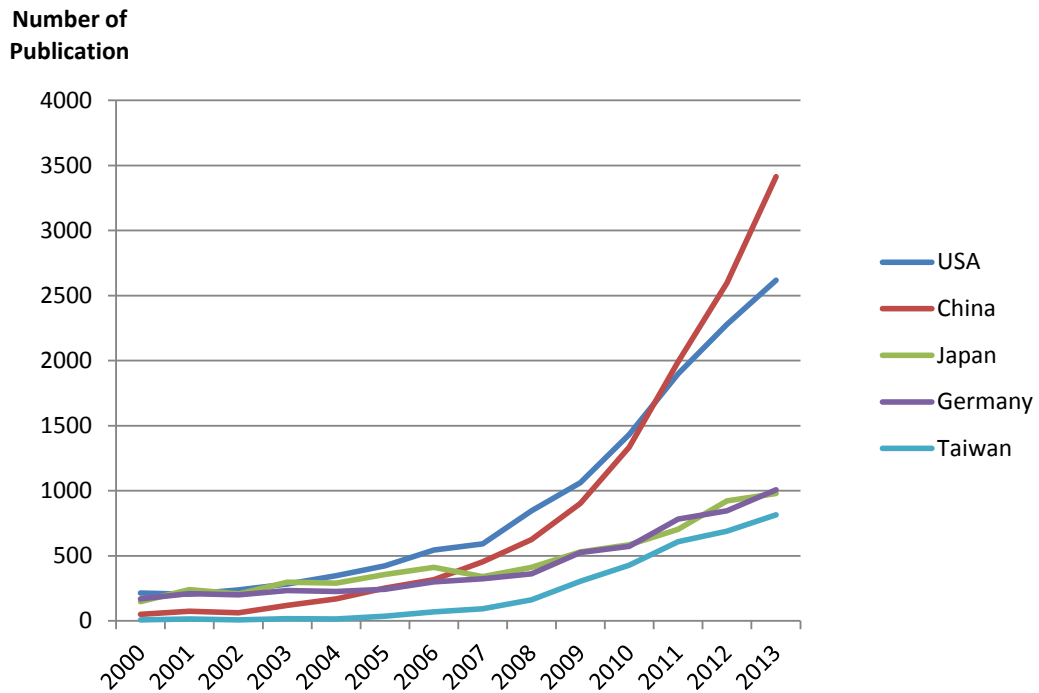


圖 5-14 全球主要國家太陽能相關之論文發表趨勢

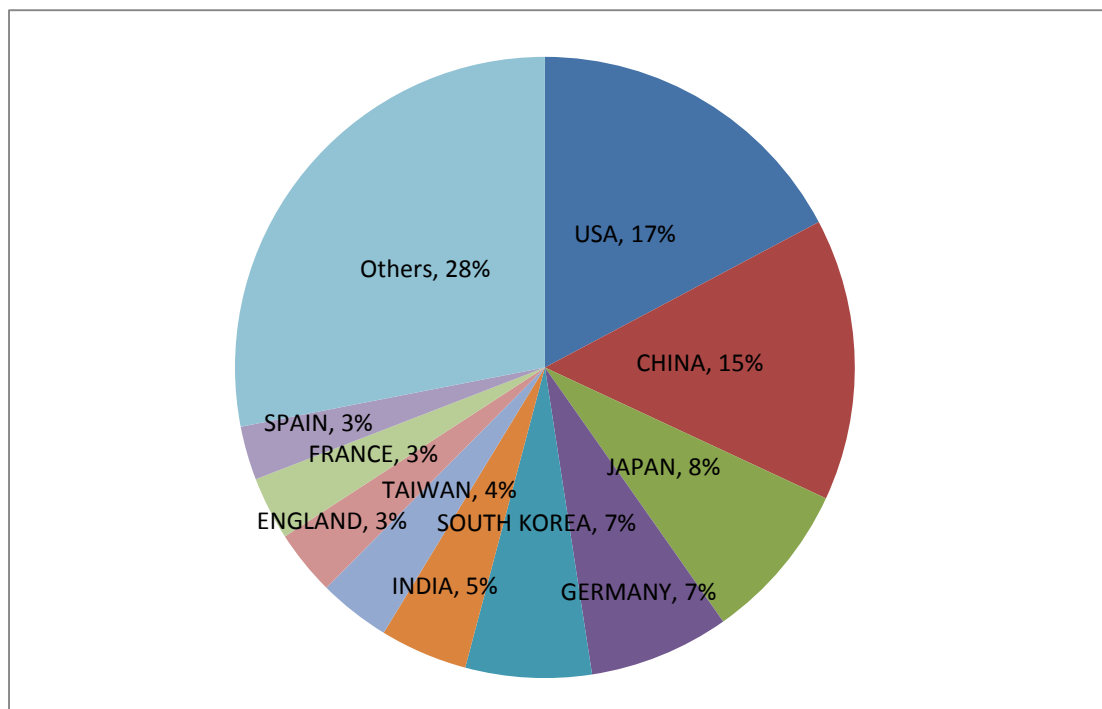


圖 5-15 全球主要國家太陽能相關之發表比重

表 5-5 顯示太陽能電池研究的主要發表機構。前五名分別為中國的中國科學院、美國能源部、美國加州大學系統、法國國家科學研究中心以及美國國家可再生能源實驗室。其中中國科學院與美國能源部共有多達 3000 多篇染料敏化太陽能電池研究，其餘主要發表機構約有 700 多至 1000 多篇論文的發表。

表 5-5 太陽能電池論文之主要發表機構

機構	國別	記錄
中國科學院	中國	3890
美國能源部	美國	3192
加州大學系統	美國	1966
法國國家科學研究中心	法國	1944
國家可再生能源實驗室	美國	1544
德國亥姆霍茲聯合會	德國	1135
德國柏林亥姆霍茲	德國	1029

材料與能源中心	HZB		
日本產業技術綜合研究所	NATIONAL INSTITUTE OF ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE TECHNOLOGY AIST	日本	1024
瑞士洛桑聯邦理工學院	ECOLE POLYTECHNIQUE FEDERALE DE LAUSANNE	瑞士	1003
台灣國立台灣大學	NATIONAL TAIWAN UNIVERSITY	台灣	987
日本大阪大學	OSAKA UNIVERSITY	日本	859
澳洲新南威爾士大學	UNIVERSITY OF NEW SOUTH WALES	澳洲	832
印度理工學院	INDIAN INSTITUTE OF TECHNOLOGY IIT	印度	797
德國弗勞恩霍夫應用研究促進協會	FRAUNHOFER GESELLSCHAFT	德國	796
韓國科學技術院	KOREA INSTITUTE OF SCIENCE TECHNOLOGY	韓國	794
英國倫敦帝國學院	IMPERIAL COLLEGE LONDON	英國	792
日本科學技術振興機構	JAPAN SCIENCE TECHNOLOGY AGENCY JST	日本	775
印度科學與工業研究理事會	COUNCIL OF SCIENTIFIC INDUSTRIAL RESEARCH CSIR INDIA	印度	772
俄羅斯科學院	RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES	俄羅斯	761
德國馬克斯普朗克協會	MAX PLANCK SOCIETY	德國	734

表 5-6 顯示太陽能電池主要發表的期刊。前五名分別為 J SOLAR ENERGY MATERIALS AND SOLAR CELLS、APPLIED PHYSICS LETTERS、JOURNAL OF APPLIED PHYSICS、JOURNAL OF PHYSICAL CHEMISTRY C 以及 PROGRESS IN PHOTOVOLTAICS。這些期刊可做為想了解太陽能電池全球研究焦點的重要來源。

表太陽能電池論文之主要發表期刊

表 5-6 重要出版期刊資訊

來源出版品標題	記錄
SOLAR ENERGY MATERIALS AND SOLAR CELLS	4651
APPLIED PHYSICS LETTERS	3418
THIN SOLID FILMS	3076
JOURNAL OF APPLIED PHYSICS	2689
JOURNAL OF PHYSICAL CHEMISTRY C	2383
PROGRESS IN PHOTOVOLTAICS	1266
SOLAR ENERGY	1265
JOURNAL OF MATERIALS CHEMISTRY	1242
ABSTRACTS OF PAPERS OF THE AMERICAN CHEMICAL SOCIETY	1138
ACS APPLIED MATERIALS INTERFACES	990

研究前沿(Research Front)為 Thomson Reuters 所發行之 Essential Science Indicators 資料庫中的分析項目。其依照共同引用的關係將高被引論文集合起來，並透過群聚分析(Cluster Analysis)，形成群聚，用一串前沿關鍵字來代表該前沿之研究內容。其用途可用於獲知目前領域的重要研究成果，反映出當前科學家重點關注的方向，並用以了解新的突破可能出現之處。以下列出了台灣論文發表篇數有兩篇以上的太陽能電池相關的研究前沿，其關鍵字、論文發表國家以及包含之論文數。並將台灣的論文列出，瞭解台灣學術研究前沿為何？第一個台灣論文為主前沿，其關鍵字包含了 HIGHLY EFFICIENT MESOSCOPIC DYE-SENSITIZED SOLAR CELLS; HIGHLY EFFICIENT DYE-SENSITIZED SOLAR CELLS; SOLAR PHOTOVOLTAIC CELLS; PORPHYRIN-SENSITIZED SOLAR CELLS; HIGH-EFFICIENCY DYE-SENSITIZED SOLAR CELL，該前沿共有 13 篇文章，其中台灣即佔了其中的六篇。其他發表國家包括了日本、美國、西班牙以及瑞士。台灣的論文主要為交通大學刁維光教授、清華大學陳建添教授、中興大學葉鎮宇教授，以及林敬堯博士所合作發表之論文，包括了 Novel Zinc



Porphyrin Sensitizers For Dye-Sensitized Solar Cells: Synthesis And Spectral, Electrochemical, and Photovoltaic Properties 等六篇文章。第二個前沿共有 12 篇文章，其關鍵字包含了 DONOR-ACCEPTOR POLYMER BULK HETEROJUNCTION SOLAR CELL POWER CONVERSION EFFICIENCIES; POLYMER BULK HETEROJUNCTION SOLAR CELLS; PLASMONIC POLYMER TANDEM SOLAR CELL; POLYMER SOLAR CELLS; ORGANIC SOLAR CELLS，台灣有兩篇論文名列其中，皆為交通大學光電系陳方中教授之團隊所發表。第三個前沿有兩篇文章，前沿關鍵字包含了 HIGHLY EFFICIENT DYE-SENSITIZED SOLAR CELLS; DYE-SENSITIZED SOLAR CELLS; ZINC PORPHYRIN SENSITIZERS; PORPHYRIN SENSITIZERS; SYNTHESIS，皆為交通大學刁維光教授以及中興大學葉鎮宇教授團隊所發表。(煩請參考表 5-7 至 5-9)

表 5-7 太陽能電池相關研究前沿#1

#3 前沿關鍵字	前沿包含國家	前沿包含論文數
HIGHLY EFFICIENT MESOSCOPIC DYE-SENSITIZED SOLAR CELLS; HIGHLY EFFICIENT DYE-SENSITIZED SOLAR CELLS; SOLAR PHOTOVOLTAIC CELLS; PORPHYRIN-SENSITIZED SOLAR CELLS; HIGH-EFFICIENCY DYE-SENSITIZED SOLAR CELL	Japan 3 Spain 1 Switzerland 1 Taiwan 6 US 1	13
台灣前沿		
篇名 NOVEL ZINC PORPHYRIN SENSITIZERS FOR DYE-SENSITIZED SOLAR CELLS: SYNTHESIS AND SPECTRAL, ELECTROCHEMICAL, AND		

PHOTOVOLTAIC PROPERTIES

期刊 CHEM-EUR J 15 (6): 1403-1412 2009

機構 Natl Chiao Tung Univ,  
Natl Chung Hsing Univ

被引用次數 102

篇名 SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF PORPHYRIN  
SENSITIZERS WITH VARIOUS ELECTRON-DONATING SUBSTITUENTS  
FOR HIGHLY EFFICIENT DYE-SENSITIZED SOLAR CELLS

期刊 J MATER CHEM 20 (6): 1127-1134 2010

機構 Natl Chiao Tung Univ  
Natl Chung Hsing Univ

被引用次數 60

篇名 A STRATEGY TO DESIGN HIGHLY EFFICIENT PORPHYRIN  
SENSITIZERS FOR DYE-SENSITIZED SOLAR CELLS

期刊 CHEM COMMUN 47 (31): 8910-8912 2011

機構 Natl Chi Nan Univ  
Natl Chiao Tung Univ  
Natl Chiao Tung Univ

被引用次數 35

篇名  
ENHANCED LIGHT HARVESTING WITH PI-CONJUGATED CYCLIC  
AROMATIC HYDROCARBONS FOR PORPHYRIN-SENSITIZED SOLAR  
CELLS.

期刊 ENERGY ENVIRON SCI 4 (5): 1788-1795 MAY 2011

機構 Natl Chi Nan Univ

Natl Chiao Tung Univ

Natl Chiao Tung Univ

被引用次數 27

篇名

ENHANCED PHOTOVOLTAIC PERFORMANCE WITH CO-SENSITIZATION  
OF PORPHYRIN AND AN ORGANIC DYE IN DYE-SENSITIZED SOLAR  
CELLS.

期刊 ENERGY ENVIRON SCI 5 (4): 6460-6464 APR 2012

機構 Natl Chiao Tung Univ

Natl Chiao Tung Univ

Natl Taiwan Normal Univ

Natl Tsing Hua Univ

Natl Chi Nan Univ

被引用次數 12

ENVELOPING PORPHYRINS FOR EFFICIENT DYE-SENSITIZED SOLAR  
CELLS

期刊 ENERGY ENVIRON SCI 5 (5): 6933-6940 MAY 2012

機構

Natl Chi Nan Univ

Natl Chiao Tung Univ

Natl Chiao Tung Univ,

被引用次數 11

表 5-8 太陽能電池相關研究前沿#2

#2 前沿關鍵字	前沿包含國家	前沿包含論文數
DONOR-ACCEPTOR POLYMER BULK HETEROJUNCTION SOLAR CELL POWER CONVERSION EFFICIENCIES; POLYMER BULK HETEROJUNCTION SOLAR CELLS; PLASMONIC POLYMER TANDEM SOLAR CELL; POLYMER SOLAR CELLS; ORGANIC SOLAR CELLS	US 4 South Korea 3 China 3 Taiwan 2	12
台灣前沿		
<p>                             篇名 SURFACE PLASMONIC EFFECTS OF METALLIC NANOPARTICLES                              ON THE PERFORMANCE OF POLYMER BULK HETEROJUNCTION SOLAR                              CELLS                              期刊 ACS NANO 5 (2): 959-967 FEB 2011                              機構                              Natl Chiao Tung Univ, Dept Photon                              Natl Chiao Tung Univ, Display Inst                              Natl Chiao Tung Univ, Inst Electroopt Engn                              Acad Sinica, Res Ctr Appl Sci                              Natl Tsing Hua Univ, Dept Chem                              Natl Chiao Tung Univ, Dept Appl Chem                              被引用次數 230                         </p>		
<p>                             篇名 PLASMONIC-ENHANCED POLYMER PHOTOVOLTAIC DEVICES                              INCORPORATING SOLUTION-PROCESSABLE METAL NANOPARTICLES                         </p>		

期刊 APPL PHYS LETT 95 (1): - JUL 6 2009

機構

Natl Chiao Tung Univ, Dept Photon, Hsinchu 30010, Taiwan

Natl Chiao Tung Univ, Display Inst, Hsinchu 30010, Taiwan

Natl Chiao Tung Univ, Inst Electroopt Engn, Hsinchu 30013, Taiwan

Natl Tsing Hua Univ, Dept Chem, Hsinchu 30013, Taiwan

被引用次數 115

表 5-9 太陽能電池相關研究前沿#3

#1 前沿關鍵字	前沿包含國家	前沿包含 論文數
HIGHLY EFFICIENT DYE-SENSITIZED SOLAR CELLS; DYE-SENSITIZED SOLAR CELLS; ZINC PORPHYRIN SENSITIZERS; PORPHYRIN SENSITIZERS; SYNTHESIS	Taiwan	2
台灣前沿		
<p>篇名 NOVEL ZINC PORPHYRIN SENSITIZERS FOR DYE-SENSITIZED SOLAR CELLS: SYNTHESIS AND SPECTRAL, ELECTROCHEMICAL, AND PHOTOVOLTAIC PROPERTIES</p> <p>期刊 CHEM-EUR J 15 (6): 1403-1412 2009</p> <p>機構 Natl Chiao Tung Univ, Dept Appl Chem Natl Chung Hsing Univ, Dept Chem</p> <p>被引用次數 197</p>		
<p>篇名 Synthesis and characterization of porphyrin sensitizers with various electron-donating substituents for highly efficient dye-sensitized solar cells</p> <p>期刊 J MATER CHEM 20 (6): 1127-1134 2010</p> <p>機構 Natl Chiao Tung Univ, Dept Appl Chem Natl Chung Hsing Univ, Dept Chem</p> <p>被引用次數 123</p>		

綜觀學術前沿所述，可知在學術研究部分，我國階段在太陽能電池表現部分居，主要研究前沿論文是以染料敏化(第三代太陽能電池)表現最佳，不論在引用、前沿表現部分，不輸世界一流之研究。至於太陽能論文之總體數量表現，台灣表現最佳機構為國立台灣大學，總體數量表現在世界居於第十名，在亞洲僅次中國科學院及日本產業總和技術研究所。但進一步將我國之論文表現與專利表現進行整體分析，確發覺論文研究表現之成果似乎沒有明顯帶動技術表現之成長。在美國專利局專利數量最多之前十大廠商中，完全沒有我國廠商。我國表現最佳的為工業技術研究院。整體排名在美國智財局也僅為第 18 名，單一表現屈居於韓國三星集團及 LG 集團之後。於因此現階段台灣學術界在太陽能技術領域之表現，似乎並沒有呈現在產業上，有鑑於此，政府單位是必須要針對此一構面，積極思考建立一統合平台，努力促進產業與學術之交流及溝通。除此之外也必須深思，現階段學術研究之成果是否可以有效產業化，對於業界有無幫助，並進一步透過此一過程，持續讓學界與業界進行交流。

#### 5.4 小結

本章節之分析時間部分，在技術部分主要以近 10 年趨勢做為分類，找尋出近似之 cpc，之後再以此一模式引導出近 20 年來之機構分布，由機構分布中期望協助讀者找尋出適合之機構分布。最後再導入學術前沿之狀況，協助研究者對於全貌有更進一步之了解。受限於資料庫分析之資料擁有狀況(專利資料庫資料至 1990-2014，學術論文資料庫資料僅至 2000-2014)，為完整呈現出各自發展趨勢，故資料狀況以各單獨研究主題為主，透過此一分析，期望協助研究人員可以藉由此一部分，找尋出適合之判斷分析趨勢。

## 6. 相關能源政策、未來發展與建議

依照前文所述，本研究可發現現階段太陽能產業之發展較各類型之替代能源發展更為完整、更為成熟，但整體而言，現階段產量仍無法與煤炭、石油、核能等主流能源發展進行比較，因此發展太陽能產業勢必需要政策進行支援。而現階段常用的政策支援工具包括獎勵、補貼、減/免稅等<sup>26</sup>，其中補貼為常見的措施，主要用來引導業者朝向政策目標、快速推動相關產業發展，若長期運用，除了財政難以支撐外，也會降低市場競爭能力。就以近期再生能源補貼方案來看，相關政策實施後，確實在扶持產業發展、建置基礎建設、研發高階技術、透明市場交易等方面頗有建樹，但以國家整體發展而言，確實非長久之計。以下將就各國發展情況進行瞭解：

### (一) 歐盟

歐盟 2009 年 7 月推動名為 Roadmap 2050 計畫，擬調整能源結構，透過市場運作與碳排放交易，朝向自由市場交易及減碳目標發展，即 2050 年減到 1990 年排碳量的八成。在政策推動上，是以刺激再生能源需求、支持相關技術發展，及提高能源使用效率為主。尤其配合歐盟政策，即以歐盟能源架構為基礎進行整合並建立電網，讓各國無須發展所有的電力系統，而是找出適合該國國內地形氣候發展的再生能源，同時解決單一能源供電量不穩定及環境安全的問題。是以歐盟各國在能源發展的著力點，因各國情況不同，使得其政策走向亦不相近。然而歐盟早期對於再生能源的補貼，間接促使各國提出類似的政策。彭博社新興能源財經數據顯示，2005 年至今，歐盟國家已針對可再生能源計畫投入 6000 億歐元。就技術發展前期的經費投入，確實能促進產業發展，但長期投入對各國來說，確實是頗為沈重的負擔。因

---

<sup>26</sup> 科技政策研究與資訊中心 政策資源組 政策工具特性表



此，歐盟在 2014 年 4 月通過限制新能源補貼指南，自 7 月起開始實施，對於進口能源徵收附加費及免除國內能源產業附加費的部分提出限制，即透過減稅的方式來提供補貼，但業者必須多負擔百分之二十的電力成本。

受到經濟不振的影響，歐盟國家對於再生能源的補貼逐年減少中，而由政府提供再生能源進口及生產廠商部分補貼的方式也有所調整。自 2017 年起，歐盟將限制再生能源如太陽能、生質能及風力發電之補貼，改推動比較市場化的其他措施方案，如價格競爭或相關產業金融投資策略來推動能源產業持續發展。歐盟取消補貼的原因，除了經費負擔壓力沉重外，還包括像強制高耗能產業使用再生能源，造成企業經營成本過高，降低企業的國際競爭力。為此，其再生能源之走向，也影響到太陽能整體產業之發展方向，此部分更使歐洲各國之太陽能產業政策，產生較為大方向之變動。

## （二）德國

德國政府透過政策補貼，推動產業朝向再生能源發展，並逐漸降低傳統發電的比例。2013 年數據顯示，德國能源結構為傳統火力發電如煤佔四成、天然氣佔 12%、核能佔 16%，而再生能源（包括太陽能、風力發電、水力發電、生質能、垃圾焚化等）佔全國發電量的四分之一。德國政府已宣布將於 2022 年關閉境內所有的核電廠，並設法取代傳統的石化燃料，將以增加頁岩氣及再生能源發電發展，預計 2020 年將增加發電量至 35%，2050 年增加到 8 成。但德國政府的做法不僅工業用電費用增加，使得企業經營成本提高，反倒降低德國產業的全球競爭力。德國政府每年補貼再生能源總金額超過 200 億歐元，預期還將增加至 230 億。除了造成德國財政的重大負擔外，也造成民間家庭用電費用的持續增加。

德國政府 2000 年通過再生能源法，以保證收購 20 年方式鼓勵發展再生能源，同時向用電戶收取電費以補貼再生能源，旨為擴大及改進「10 萬屋頂計畫」及「電力輸送法修正案」，此一法案設計提高對太陽光電設置更優厚的獎勵條件。「十萬屋頂計畫」依據「裝置容積分級補助」概念，對德國境內任何新設置太陽光電發電系統進行低利貸款補助，「再生能源法」則提供太陽光發電為期 20 年優厚固定電力收購價格。此一「10 萬屋頂計畫」提供貸款開始 2 年毋須償還本金，只要能提供屋頂來裝設太陽光發電設備，就能參與「十萬屋頂計畫」，而參與者再藉由販售電力所得償還購置太陽光電設備費用，加上「再生能源法」中收購價格逐年遞減 5% 條件，引發德國太陽能發電設備裝置熱潮。也因此除德國大電廠 RWE 及西門子集團等都積極投資相關產業外，並吸引許多國家效法。<sup>27</sup>

雖然德國整體再生能源發展受惠於此一政策，發展逐漸興盛。但整體而言，市場發展趨勢逐漸朝向低 FIT(feed-in tariffs；FIT 收購太陽能電力補助政策)，因此德國政府在 2012 啟動新的太陽能補助政策，主要差異點在於裝置系統設備高於 10MW 停止補助，並從 2013 年 1 月 1 日起實施「部份買回」措施。這對德國市場造成重大影響，也間接造成太陽能市場逐漸萎縮。

爾後，德國政府於 2014 年提出再生能源法修正草案，降低對於新生能源的補貼，包括太陽能補貼上限為 2.5GW，並免徵高耗能產業使用再生能源之相關附加費用，再生能源法案修正條文實施後，在附加費用上亦進行多項調整，例如：發電量上萬瓦的用戶將被課徵附加費用；若高耗能產業自行發電，業者只需繳交約百分之十五左右的附加費用。政府也將調整原先保證收購能源的約定，改採以競標方式銷售再生能源，期望能源價格能朝向自由市場決定來發展。這樣再生能源政策比較能繼續推動，不然光靠補貼，總有一

---

<sup>27</sup> 參考自 <http://www.tpvia.org.tw/index.php?do=tech&pid=4&id=273> 台灣太陽產業光電協會

天政府財政將無法承擔，亦將大幅影響國家經濟發展。

綜觀德國之政策，剛開始為協助產業發展，採取補貼政策，但之後由於補貼發展造成市場過於浮濫，政府支出過多，且相對而言更逐漸產生能源之浪費。因此逐漸走向能源競標及自由市場之機制，由能源價格競標及輔導廠商向銀行貸款之狀況，進一步強化發展廠商之體質。德國之表現，其實可做為其他國家之參考機制。

### (三) 英國

英國能源配置屬混合式結構，目前全國總電量約 14% 是再生能源發電，未來還會再成長。英國政府預計自 2014 年第 3 季起，針對大型再生能源如風力發電、太陽能及生質能源等大型設施提供補貼，每年最高補貼金額應不超過 2 億英鎊，經費來源將從向用電戶收取電費或隨電費徵稅。主要補貼太陽能、生質能及陸上風力發電等三項，希望透過政策推動，刺激再生能源發展，並提供就業機會。

由於英國政府期望以較低的社會成本來發展電力市場，意指政府補貼比外界預期少。這可能導致基礎建設趨緩，不僅大幅減少大型太陽能發電廠的建置，也將導致產業發展與競爭力不足，恐將無法依預期即確保再生電力供應充足並取代傳統火力及核能發電。眼見英國政府對於大型太陽能發展廠的補貼計畫將於 2016 年結束，其他根據《再生能源義務法》所推動的補貼方案也只進行到 2017 年底，對於用電戶的影響也較為有限，但仍規劃 2020 年預期達到再生能源佔總發電量之 15% 的目標。

### (四) 西班牙

太陽能產業容易受到政策影響，政府也常透過補貼來降低碳排放、改變能源結構，並提升再生能源產業之市場競爭力。以西班牙為例，西班牙政府

積極發展能源，也提供高額補助，從 2007 年 1.93 億歐元提高至 2012 年 81 億歐元，總共為政府累積了 260 億歐元的債務，即使 2013 年減少 27 億歐元的補貼，仍然導致再生能源產業發展走向不樂觀的前景。而西班牙政府將部分電費轉嫁給業者，以該國經濟發展的現況來看，也為產業增加不少負荷，五萬多間太陽能廠也正面臨經營危機。儘管在 2014 年 7 月西班牙政府也試著將再生能源投資報酬率訂定在 7.5%，但再生能源業者仍飽受成本增加的衝擊。

## （五）美國

美國各州政府為激勵再生能源發展，強制規定再生能源佔總發電量一定比例，此法稱為「再生能源標準」(Renewable Portfolio Standard；RPS)，在 2011 年已有 38 個州訂定 RPS。在此制度下，電力公司揹負再生能源發電的義務，沒有達到目標的電力公司可購買「再生能源憑證」(Renewable Energy Certificate；REC) 來完成義務。而目前各州政府及當地電力公司提供多元補助方案，各州的太陽能系統報酬率不一。<sup>28</sup>

美國太陽光電系統補助多元，主要有 3 大管道可取得補助來源：

1. 來自聯邦政府的 1603 法案，從 2012 年到 2016 年提供 30% 稅賦抵免，系統成本 30% 可申請稅額扣抵。另外美國能源局亦提供太陽能低利貸款，供系統商或住戶申請。
2. 來自各州政府、市政府提供的多元太陽光電系統補助。各州政府對再生能源的積極程度不同，提供的補助亦有差別，主要補助方式包括每瓦補助、收購電價、稅賦減免補助、低利貸款方案。
3. 地方電力公司為達到州政府要求的再生能源比率要求，提供多元補

---

<sup>28</sup> 參考自 2012 年太陽光電市場與產業技術發展年鑑 太陽光電產業協會

助方案激勵當地住戶、企業申請安裝太陽能系統。補助方式包括提供每瓦補助、簽訂電價收購協議、優惠貸款等方案。

綜觀美國之太陽能政策發展，主要仍是以多元補助之方式進行補助，因此這也造成美國市場之變化頗大，由於有利可圖，因此現階段中國廠商之太陽能產品均大幅銷往美國，逐漸成為美國太陽能市場之核心，這也造成美國開始提出“雙反”之策略罰則，由此徵收反傾銷稅及反補貼稅，總計被徵收約 26.33%至 165.04%的臨時反傾銷稅。這也間接造成台灣廠商受到重大衝擊。原本台灣廠商並不在此一雙反範圍內，但現階段由於台灣廠商與中國廠商合作密切，這一部分也受到頗為龐大之衝擊。

## （六）中國

中國之太陽能相關政策方案，主要以 12-5 計畫做為指導原則，另外結合金太陽示範工程規劃進行補助與補貼，太陽能產業方面，十二五規劃目標於 2015 年太陽能系統安裝量達 10GW 以上，而 2010 年底前，大陸累積總安裝量僅 1GW 左右。欲在 2015 年達到十二五規畫目標，平均每年需安裝 2GW 太陽光電系統。實際安裝狀況亦很可能超過市場預期，而使得大陸太陽能系統安裝市場大爆發。至於金太陽計畫，則是透過設備補助方式推動大陸太陽能系統安裝量成長。2009 年金太陽示範工程提供併網系統成本 50%補助，獨立型系統成本 70%補助。2011 年則是改變補助方式，改採併網型系統每瓦補助人民幣 9 元，薄膜型系統每瓦補助人民幣 8 元，獨立型系統另議，至於 2012 則更進一步降低裝置系統每瓦補助，金額由原定的人民幣 9 元調降為人民幣 8 元，而 2012 年每瓦補助金額則下調到每瓦 7 元。而對於獨立型太陽能系統、風光互補發電等項目的補助標準，將另行確定。

## (七) 日本

日本政府受到 311 大地震的威脅，導致國內對於替代能源之發展聲音頗大，現階段對於太陽能光電政策，主要採取補貼政策方式進行。補貼狀況依照 10kw 做為分水嶺，10kw 以下分為住宅型及非住宅型，收購電力期限為 10 年。而 10kw 以上，則收購期限為 20 年，都是以 42 日圓為主。至於設備補貼部分，則主要偏重於住宅型，設備補貼狀況依照每 kw 之金額，進行分類，每 kw 最高補助 3.5 萬日圓。

現階段日本政府對於補貼政策，也開始重新思考中。依照 Energy trend 最新報導，日本經產省能源礦業廳日前提出對現行再生能源「固定價格收購制度」應注意事項，並歸納出改善「偏重收購太陽能電」為修法重點，相關學者專家討論會將持續進行，預計年底前可提出具體改革方案。主要有鑑於收購電價對於產業發展雖有利，但支出過於龐大，多家電廠已串聯不進行補助，或針對其他替代能源進行補助探討。

## (八) 我國

我國再生能源目前以風力發電與太陽能為主。國內於 2009 年通過再生能源發展條例，透過簽訂長期合約以固定價格保證收購（躉購）的方式，激勵民間裝設再生能源設備。至 2013 年再生能源發電量已佔總裝置容量的 9.1%，達到 3,760.6 百萬瓦，能源局預計 2030 年再生能源發電量可達到 13,750 百萬瓦，其中太陽能增加幅度可望最大。目前國內太陽能裝置容量為 324.6 百萬瓦，相較於 2009 年僅 9.5 百萬瓦，大幅增加了 34 倍。

從不同地域來看，嘉義以南地區多裝設太陽光電面板，中彰以北沿岸地區則以裝設風力發電設備為主。未來行政院農委會將開放地層下陷區域及受

汙染農地設置太陽光電面板，預計在雲林、屏東等地區釋出近 5,000 公頃土地；台南地區也利用已荒廢之鹽田，裝設太陽光電面板，並積極推動社區參與，除能得到較優惠的保證收購費率外，還能獲得地方政府提供相關的設備補助。其發電成效，像高雄地區興達鹽灘太陽能光電廠，運用矽晶太陽能板，其滿載發電量每小時約能發電 4600 度，全年總發電量約 592 萬度，可供應 1600 戶家庭用電。

藉由上述政策研究，本團隊發現太陽能發電成本較高，又容易受到氣候因素影響，造成供電不穩，所以發展初期確實需要國家進行政策補貼，但政府補貼又是造成再生能源成本增加的原因。往往因執行不力，如電網建設進度不佳、價格補貼過高，造成電價高漲。因此，就政策上，補貼只能作為短期推動措施或方案之一，不然會逐漸加重政府、民眾及業者的負擔。政策部分，可發現各國在補貼部分逐漸均以減少為原則，傾向以自由市場走向作為判斷，並輔以硬體及軟體之建設協助，甚至是針對貸款部分進行協助。像美國在 2014-2018 年能源計畫，就將政策重點放在加強建設、提高產業競爭力及增加就業機會上。尤其政府政策上雖需重視環境保護，但仍須提升國家經濟。像德國在其新興能源政策白皮書上亦說明將投入在提升能源效率、強化家電產品節能，及新興能源開發。在政策上就明顯走向不以財務補貼為主要推動方案，未來或許可以提供作為國內後續政策之擬定參考。

至於進一步針對各國之反傾銷政策進行思考，可發現除了美國開始積極針對中國大陸之“雙反”，進行徵收反傾銷稅及反補貼稅之外，更重要的是包含澳洲、印度及歐洲等國，也開始逐漸針對反傾銷之部分，進行調查。以印度<sup>29</sup>而言，就鎖定美國、中國大陸、台灣與馬來西亞太陽能大廠之產品。印

---

<sup>29</sup> 參考自理財網 相關訊息

<http://www.moneydj.com/KMDJ/News/NewsViewer.aspx?a=a54db15a-6ef1-4cae-8e38-4f49868e1f3f>

度政府並宣稱此四個國家已對當地太陽能業者 Indosolar Ltd.、Websol Energy System Ltd.以及 Jupiter Solar Power Ltd.構成實質性的損害，估計有超過 20 家企業以比自家市場便宜一半以上的價格在印度販售太陽能設備。未來印度會採取何種策略，仍難以估計。

至於澳洲<sup>30</sup>政府反傾銷調查委員會則於今年五月，宣佈將對中國輸澳的模組成品與半成品展開反傾銷調查。調查期間自 2012 年 7 月 1 日起至 2013 年 12 月 31 日為止，該委員會將蒐集該段時間輸入澳洲相關產品的資料來判斷是否有傾銷的情形產生。依照相關資料顯示，若該調查成立，委員會將在 2014 年 10 月 16 日對國會提交調查案的報告。歐盟<sup>31</sup>則於今年五月，宣布對從中國進口的太陽能玻璃實施反傾銷、反補貼的「雙反」懲罰性關稅，稅率最高達 36.1%，為期 5 年。同時，澳洲政府也繼美、歐之後宣佈，將對從中國進口的太陽能板展開反傾銷調查。歐盟針對中國太陽能玻璃出口商課徵反傾銷稅從 0.4%至 36.1%間不等，反補貼稅從 3.2%至 17.1%不等，依個別出口商造成歐盟市場的損害程度決定。

現階段透過政策部分之分析，可發現太陽能整體而言受益於矽晶圓產量充足，加上各國政策補貼，整體而言市場發展頗為強勁，2014 年可說近幾年表現最佳的一年。但縱然矽晶圓表現超過大家想像，可是現今風險仍持續存在，包含各國對於補貼部分均開始緊縮，且對於傾銷政策均開始嚴格監控，甚至啟動報復性懲罰。為此，似乎顯示出薄膜及染料敏化這一類型之替代性太陽能電池之發展之機會，現階段薄膜電池在價格部分與矽晶模組的報價，價差約 15.4%，大概為 US\$0.1/watt，而轉換效率差距則在 4% 左右。但如

---

#ixzz31n7zf2NV

<sup>30</sup> 參考自 Energy trend 澳洲宣佈對中國太陽能模組展開反傾銷調查 台廠有機會漁翁得利  
<http://pv.energytrend.com.tw/research/20140514-8387.html>

<sup>31</sup> 參考自 Energy trend 歐盟對中國太陽能玻璃課懲罰性關稅 信義光伏最慘重  
<http://pv.energytrend.com.tw/news/20140516-8395.html>



果進一步將雙反的效應加上考量，矽晶模組成本將大幅增加至 30%-40%，而相同規模下薄膜產品的發電量高出矽晶產品 10% 左右，因此相對應而言，薄膜電池之優勢就顯得較為明顯。至於染料敏化電池部分，其主要發展以支援消費型商品為主，對於大發電(超過 20MW 發電站。)之運用仍不是其主要發展核心。因此反而可以開拓另外一條通路。此外，染料敏化電池具有具有低照度發電能力、多彩與容易客製化特性，可以隨著使用方式的不同，做到不一樣的形狀、顏色、撓曲。其最大利基在於生產時不需昂貴的真空設備與高潔淨度的廠房設施，所使用的材料成本也相對低廉，具有極佳的競爭優勢。簡而言之，染敏電池是有可能搭配消費性商品及無線充電市場，成為另一波之商機。

但嚴格說來，現階段對於替代性電池部分，最為困擾的應仍是發電轉換效率。依照 NREL 效率圖(圖 6-1)，可發現現階段各類型替代電池之轉換效率，表現最好的薄膜 CIGS 落在 15%-17% 之間。此部分之能量轉換效率其實僅比矽晶圓電池稍遜一籌，但不論製程發展，成本效應，廠商發展部分，仍明顯遜於矽晶圓電池。未來是否有可能替代矽晶圓電池，此部分實在值得思考與分析。

至於替代性太陽能電池之最新技術，當屬第四代之鈣鈦礦電池，鈣鈦礦電池在不到 10 年的發展，其轉換效率超過染料敏化，逼近薄膜 CIGS。但鈣鈦礦電池在量產化部分，仍面臨許多問題，主要問題即在於鈣鈦礦之副產品為鉛，而鉛現階段已是各國在能源製造中明定之有害物質。雖然許多研究者對於鉛跟矽所造成的汙染爭論不休，但現實狀況下，鈣鈦礦要量產化仍需克服此一問題。現階段有美國學者運用錫取代鈣鈦礦，但能源轉換效率明顯下降，僅達到 7.5%；另外鈣鈦礦電池之效率再現性部分也令人質疑，現階段

再現性仍不夠理想，電池之轉換效率並不穩定，這部分仍讓人對其量產化擔憂。

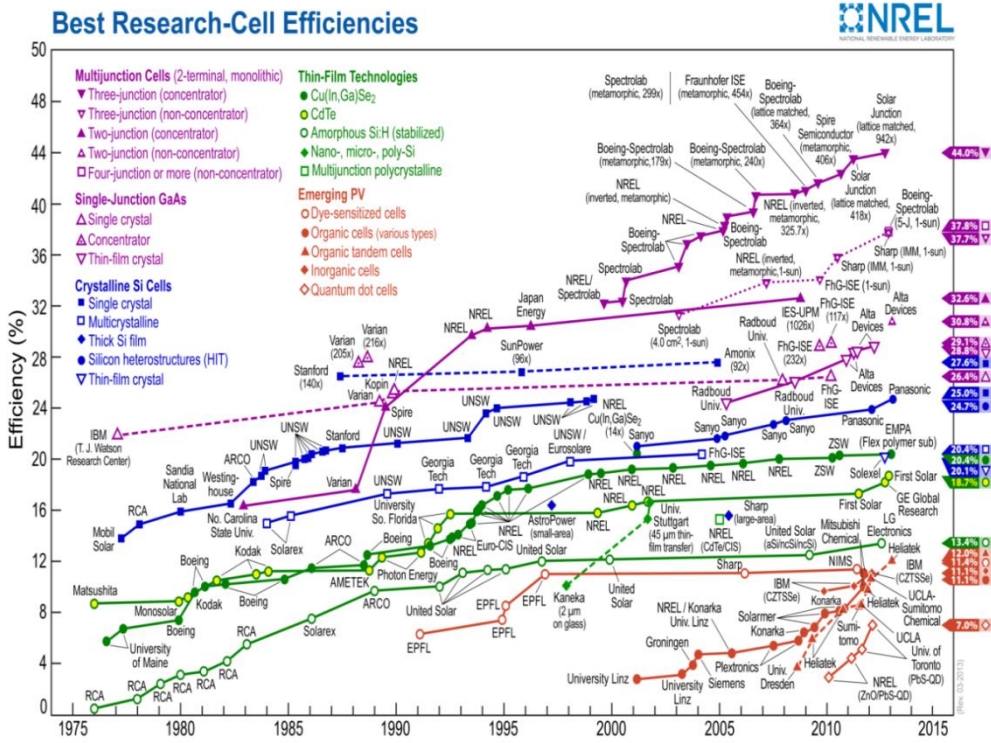


圖 6-1 未來太陽能市場發電效率預測圖

摘錄自美國 NREL RESEARCH REPORT

為此，統整前述各項政策，及本研究報告，可針對現階段太陽能電池發展，依照其產業、技術、政策、研究個構面，分別分析建議如下

**1. 在產業及技術面，替代性電池之發展主要均著眼於矽晶圓的提煉困難，浪費大幅資源，因而產生替代性。**

雖然現今矽晶圓價格屢創新低，平均價格達到最低點，平均矽晶圓及多晶矽模組價格僅約 0.7 和 0.4 美金，且短期內並無升高趨勢，這一切因素均使得各類型太陽能電池似乎仍不能取代矽晶圓之太陽能電池，這對替代性電池之發展，展開毀滅性的打擊。但是綜觀現階段矽晶圓之發展，仍需要龐大的資源建構矽精煉

廠，而矽精煉廠也需要消耗龐大的能源才能提煉出優質的矽，進一步才可以製成有價值的晶圓。這一切均是資源龐大消耗之產業，現階段雖然矽晶圓價格頗低，但主要均是因為政府補貼，市場惡性競爭之因素。但有鑑於各國政府對於矽晶太陽能電池進行反傾銷，且各國逐漸將太陽能市場趨勢轉向為自由市場機制，這一切不確定因素，均有可能像當初記憶體競爭市場狀況，價格飆漲又暴跌，如何有效在面臨此一循環之際，發展獨特之替代技術，此部分將是替代性太陽能電池，也是染料敏化電池之重要契機。此外依據工研院之研究<sup>32</sup>，未來銀等貴重金屬傳導之價格增加，將也會導致矽晶電池之市場競爭擴大，這部分將是替代性能源之下一階段值得關注之重點事項。有鑑於此，現階段替代性太陽能電池不論是薄膜或染料敏化，甚至鈣鈦礦電池正好是最佳之替代品，在我國面對雙反之壓力下，發展此一技術，讓技術更為穩定強佔市場，此部分更可說是刻不容緩。

**2. 在技術面，現今替代性電池，仍建議以可撓性、攜帶性的輔助類型電池為主，這部分電池發展較不需考量繁複的使用效率，對於可靠度要求也較低。建議可以增加此部分電池之效能為主。**

替代性太陽能電池(包含有機薄膜、染料敏化、鈣鈦礦。)現今在發電量部分，坦白說仍未能滿足或替代傳統之矽晶圓電池，因此勢必需要與現今之電池產業進行區隔，因此小型消費裝置之充電量及發電量，即是此一領域之重點研究。此一領域雖然發電量及利潤不像大型矽晶充電站，但是卻可積沙成塔，有效提升此類型替代電池之發展狀況。更何況現階段無線充電技術已被預估為下一世代之重點評估技術，依據北美智權報<sup>33</sup>分析，未來此一市場在 4 年內有至少 80 億美元之商機。這部分可說是現階段最適合此類型電池發展之重點，畢竟替代性電池相較矽晶圓電池，具有可撓性、無毒、且便宜之特性，這比傳統之線圈電池，甚至是

---

<sup>32</sup> 王孟傑“2012 年全球前三大之產業/產品-矽晶太陽能電池” ITIS 評析  
張佳文“2014 太陽光電技術發展與產業概況” 新竹清華大學

<sup>33</sup> 參照北美智權報 無線充電商機不設「線」 四年預估成長 40 倍

[http://www.naipo.com/portals/1/web\\_tw/Knowledge\\_Center/Industry\\_Economy/publish-255.htm](http://www.naipo.com/portals/1/web_tw/Knowledge_Center/Industry_Economy/publish-255.htm)

最新之鈣鈦礦電池均有競爭力。傳統之線圈電池對於可撓性部分表現不如替代性之染料敏化及薄膜，而鈣鈦礦電池則會產生有毒物質鉛，如果去掉鉛表現尚還不如染料敏化電池。且染料敏化電池在弱光環境下仍可充電，此種特性也強過各類性太陽能電池。因此建議未來市場可考量運用此類型電池，搭配 3C 產品，有效提升染料敏化電池之產業狀況。

3. 政策支援部分，我國現階段之替代性電池發展，在染料敏化部分居於世界領先地位，有機及薄膜部分表現頗為亮眼，但面臨矽晶圓之搶市，僅能建議國家以政策性補助之觀點，協助廠商。至於矽晶圓太陽能電池部分，則建議以強化市場機制，培養廠商面對外銷競爭之能量。

根據本研究之 2.1 節的圖 2-2，將太陽能電池分為四種類型，分別為第一代的晶圓型太陽能電池、第二代的薄膜型太陽能電池、第三代的有機化合物型太陽能電池及第四代的鈣鈦礦太陽能電池；為了進一步進行四種類型的專利趨勢分析，本研究根據各類型的太陽能電池技術，選擇適合的關鍵字，如表 6-1 所示。

表 6-1 太陽能電池關鍵字

代	型	類	關鍵字
一	晶圓型太陽能電池	矽晶類	單晶矽(Monocrystalline Silicon; crystalline silicon)及多晶矽(Poly-Silicon)
		化合物類	砷化鎵(GaAs)
二	薄膜型太陽能電池	矽薄膜類	非晶矽(Amorphous silicon)、微晶矽(Nanocrystalline Silicon; Microcrystalline Silico)及堆疊型(tandem)
		化合物薄膜	碲化鎘(CdTe)、銅銦鎵碲(CIGS)
三	有機化合物型太陽能電池	有機染料	光敏化染料(Dye sensitized solar cells)及有機高分子(Polymer; Organic Photovoltaic)
四	鈣鈦礦太陽能電池	鈣鈦礦	鈣鈦礦(Perovskite)

在 Thomson Innovation 中的進階檢索中，CTB 代表著標題(Title)、摘要(Abstract)及權利項(Claims)。四種類型的太陽能電池技術之專利檢索式，如表 6-2 所示，從檢索結果可以發現，第一代晶圓型太陽能電池的全球專利數共有 4,897 筆，經過 INPADOC 家族分析後，有 2,746 筆；第二代薄膜型太陽能電池的全球專利數共有 6276 筆，經過 INPADOC 家族分析後，有 3,192 筆；第三代有機化合物型太陽能電池的全球專利數共有 13,913 筆，經過 INPADOC 家族分析後，有 6,989 筆；第四代鈣鈦礦太陽能電池的全球專利數共有 133 筆，經過 INPADOC 家族分析後，有 93 筆。可得知第三代的有機化合物型太陽能電池為近 20 年來累積專利數最多的技術。

表 6-2 太陽能電池專利檢索式

代	型	Thomson Innovation 檢索式	檢索結果
一	晶圓型太陽能電池	CTB=(solar cell) and CTB=("Monocrystalline silicon" or "crystalline silicon" or "Poly silicon" or GaAs) AND DP>=(19950101) AND DP<=(20141231);	全球專利數:4897 INPADOC 家族數:2746
二	薄膜型太陽能電池	CTB=(solar cell) and CTB=("Amorphous silicon" or "Nanocrystalline Silicon" or "Microcrystalline Silicon" or tandem or CdTe or CIGS ) AND DP>=(19950101) AND DP<=(20141231);	全球專利數:6276 INPADOC 家族數:3192
三	有機化合物型太陽能電池	CTB=(solar cell) and CTB=("Dye sensitized" or Polymer or "Organic Photovoltaic") AND DP>=(19950101) AND DP<=(20141231);	全球專利數:13913 INPADOC 家族數:6989
四	鈣鈦礦太陽能電池	CTB=(solar cell) and CTB=(Perovskite) AND DP>=(19950101) AND DP<=(20141231);	全球專利數:133 INPADOC 家族數:93

此四代太陽能電池雖然在時間上有其先後，但在轉換效率、發電成本、可靠性及環境汙染等項目各有優缺點；像是轉換效率的差異，DIGITIMES(2013)目前單晶矽與多晶矽太陽能電池效率分別為 25% 和 20%，薄膜太陽能電池為 10%~18%，光敏化染料太陽能電池為 10.4%；EnergyTrend(2014)轉換效率進步快，

5 年時間從 3.8% 升到 19.3%。在近 20 年的四代太陽能電池申請年趨勢可以發現，1995 至 2000 年為二代的薄膜型太陽能電池專利申請數最多，2001 至 2014 年則變成三代的有機化合物型太陽能電池專利申請數最多；值得注意的是，二代的 2011 年、一代及三代的 2012 年專利申請數都開始呈現下降趨勢，唯有四代的鈣鈦礦太陽能電池呈現穩定上升，如圖 6-1 所示。

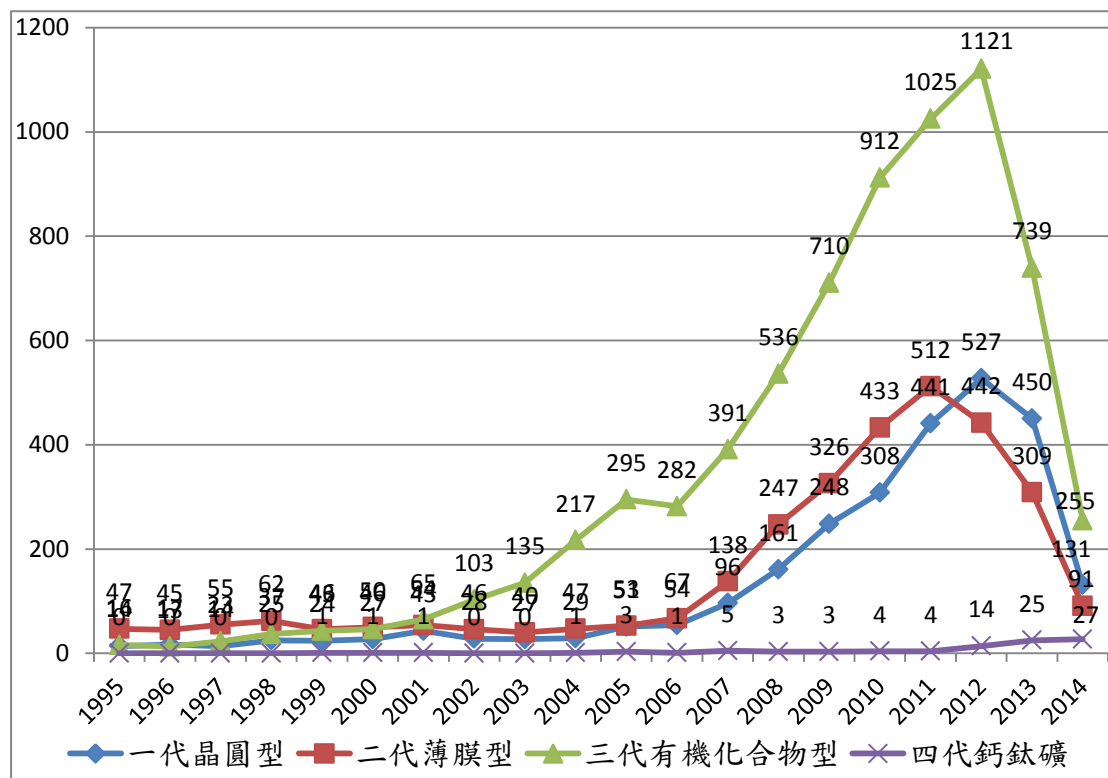


圖 6-2 太陽能電池申請年趨勢

透過此一分析結果，可發覺現階段太陽能電池之申請週期，不論在一、二、三世代均已呈現下滑趨勢，此種趨勢值得我國政府積極注意。現階段我國在染料敏化部份發展居於世界領先地位，且民間許多廠商及政府補助單位均積極準備發展染料敏化之驗證，然而現階段隨著新世代技術的不斷提升，許多政府補助也逐漸消失，第二期國家型能源計畫，及對於染料敏化部分較缺乏補助。整體而言太陽能電池科技仍需存在政策支援部分，如果缺乏政策支援，那原本產業及學術之研發將會毀於一旦。建議政府應該積極思考我國在太陽能電池產業中之定位，畢竟現階段晶圓型太陽能電池上游之技術，幾乎都掌握在中國廠商手中，對於矽原

料之提煉，仍需要與上游廠商進行議價，因此建議此類型替代性能源產業仍適當之補貼，以幫助其成長。

但此一方法不適用於我國之矽晶圓電池，畢竟我國矽晶圓電池發展成熟，如果仍持續補貼，未來可能難以面對其他國家之競爭。一個成熟的產業應該藉由自由競爭市場來提升其競爭能量。不成熟技術才應多多補貼。

至於薄膜太陽能電池部分，此部分現階段技術申請趨勢已趨近於飽和，此部分未來發展能量亦較無法突破，建議政府應該思考是否應該逐漸將此類型補助，轉嫁於第三代或第四代電池，並以此進行下一代電池技術之突破。

#### **4. 在產業標準部分，建議詳細且完整定位現階段太陽能電池之能量狀況，並有效整合學界及產業界研發能量。**

學界在新技術及新市場的投入，往往會較業界來的快速，這一部分在於業界比較注重市場與利潤，而學界注重的是新技術及突破性技術之提升，在一年來針對此一主題之研究中，發覺學術界與產業業界經常在資訊不對稱之狀況下，做同樣一件事，只是方向不同，營運規模不同。以推廣新世代染料敏化電池技術標準這一案例，現階段台灣廠商部分，以永光化學為首，結合成功大學、東華大學、明新科技大學、工業技術研究院、金頓科技(參照第四章)已在 SEMI 申請建立染料敏化太陽能電池之標準，但同一時間，國科會(科技部)資助之國立中央大學新世代太陽能電池中心，也針對 IEC60904 標準，協助廠商進行檢測。雙方立場及出發點均是良善，但在不同平台下，這也造成資源之浪費，且染料敏化及薄膜這類型太陽能電池，是否可用 IEC60904 標準來進行檢測，也值得商榷。建議未來政府單位可以有效擴展平台，提升學界與業界之溝通，加強針對各種不同類型之新世代太陽能技術交流，不單單僅針對技術部分，也必須針對認證、市場、效率及績效部分，有效做出完整之情報交流與分析，此一平台才能發揮其功效。

## 5. 加強關注中國市場，思考策略目的。

雖然現階段中國不論是在專利及市場的盤點，表現都不如先進國家。但是中國強項在於合併及爭取世界技術，並有效吸收其優缺點，發展自我技術。根據工研院之研究報告，可發現現階段中國已經大量吸收各國替代性太陽能技術。許多歐美國家太陽能電池領導廠商在面臨財務危機之際，都由中資廠商進行接手，尤其是替代性太陽能電池，替代性太陽能電池在矽晶電池大幅度降低價格之後，不論是薄膜、有機、染料敏化均面臨重大危機，而這些技術均有系統，有效率地被中國廠商收購，現階段中國廠商已經擁有世界領導大廠之薄膜及有機電池之各類型重點專利。為此，似乎更應關注中國廠商之能量發展，並思考中國廠商之動作，建議與中國廠商合作，針對能源產業下一步及早規劃。

更進一步研究，現階段中國太陽能廠商受到雙反之影響，矽晶圓產品外銷可說遭受重創，雖然中國內需市場龐大，短時間不會受到影響，但長時間而言，對於矽晶圓產品外銷則頗為不利，因此未來不受雙反影響之薄膜及染料敏化勢必及有可能成為下一波太陽能電池發展之重點。這部分建議未來應該適當針對替代性產品多加發展，並積極與中國市場合作。

總而言之，現階段能源產業中，太陽能電池可說是最具有產業化之替代性能源，而在矽晶圓及替代性太陽能電池部分，面臨多變之競爭環境勢必讓產業及廠商必須快速反應以面臨不同之挑戰。矽晶圓產能雖然現階段能量沒有問題，價格也居於穩定，但整體而言受到各國逐漸減緩補貼及雙反政策之影響，未來發展仍然有些許變數。建議未來矽晶圓產品仍然朝向大領域，大範圍之電廠進行發展，但也建議各國應朝向德國及美國之政策發展途徑，逐漸減少實質性的補貼，而改以健全電價躉售市場制度，健全銀行貸款制度等綜合性完善軟硬體政策與其配合。至於替代性太陽能電池，包含薄膜及染料敏化等太陽能電池，則建議分別依照其



特性，進行不同之政策輔導。薄膜電池現階段具有節省矽晶圓，且發電效率可與矽晶圓比擬之優點，且重點是薄膜電池現階段仍不是雙反之目標，因此建議我國廠商或政府可在此一階段，針對薄膜太陽能電池之廠商進行實質補貼，進一步拓展外銷環境。至於染料敏化電池，由於短時間其效能仍無法和矽晶圓電池及薄膜電池進行競爭，但此類型電池具有降低汙染，低成本發電效率、可撓性、及微光發電等眾多優點，則建議可進一步針對消費市場進行發展，尤其建議政府在此一技術尚未成熟過程，是必須要積極統合平台，強勢進行政策幫助，如此才能搶先機，有效在外部環境不佳之狀況下，保有不敗之地，等待下一波市場之趨勢。

最後，太陽能產業基本上很多構面，嚴格說來必須透過政府政策強力補助下，才可進行發展，畢竟現階段替代能源在完全取代主要能源部分，仍有一段空間。因此政府、廠商、學術界、消費者四個角色，仍有必要認清政策、技術、科學、價格這四個構面必須互相平衡，政策面操作過多，雖然可以確保價格對消費者具有優勢，但廠商卻可能滿足於技術水準，不積極思考開發新一代技術，最後各國也都運用政策面進行產業阻擋，導致產品瞬間面臨價格劣勢。因此過多政策面補貼勢必對於技術面及科學面會產生較為不良之影響，但不補貼則價格又會較為高昂，這是結構性複雜問題，建議用一全面完整性角度，進行探討；而不能僅用單一構面，進行分析。未來期望藉由此篇太陽能電池標準技術初探，進一步針對廠商，市場之互動，進行更為詳盡之分析。

## 參考文獻

- 台灣大電力研究試驗中心(2014)。電器試驗處/日本電器安全環境研究所(JET) 台灣窗口。上網日期：2014年5月30日，取自：  
[http://www.tertec.org.tw/\\_project/JET/introduction.htm](http://www.tertec.org.tw/_project/JET/introduction.htm)
- 江志宏 (2014)。UL1703 平板型太陽能組件安全認證標準(Flat-Plate Photovoltaic Modules and Panels)。上網日期：2014年5月30日，取自：  
[http://www.kson.com.tw/chinese/study\\_23-9.htm](http://www.kson.com.tw/chinese/study_23-9.htm)
- 陳震偉 (Chen-Wei Chen) (2013)。國際 IEC 太陽光電系統之標準與檢測技術介紹。工研院。上網日期：2014年5月30日，取自：  
<http://www.ee.uch.edu.tw/green2013/downloads%5Cspeech04.pdf>
- IDEC 株式会社 (2014)。認證產品一覽表及相關資料。上網日期：2014年5月30日，取自：  
[https://www.idec.com/language/chinese\\_t/catalog/IDEC06T\\_07750778.pdf](https://www.idec.com/language/chinese_t/catalog/IDEC06T_07750778.pdf)
- IEC (2014)。IEC 官方網頁。上網日期：2014年11月5日，取自：  
<http://www.semi.org/>
- SEMI (2014)。上網日期：2014年5月30日，取自：SEMI (2014)。SEMI 官方網頁。上網日期：2014年5月30日，取自：<http://www.semi.org/>
- UL (2007)。CB 體系的運作方式。UL 通訊，第 21 期 (2007/3)。上網日期：2014年11月5日，取自：  
<http://www.ul.com/asiaonthemark/tw-zh/2007-Issue21/page2a.htm>
- 科技部 能源國家型科技計畫 第一期總成果摘要報告書
- 兩岸矽晶太陽能電池產業之營運策略分析 陳匡宇 2012 未出版之碩士論文
- DIGITIMES 台灣大學光電創新研究中心主任 林清富 之專訪
- 參照台灣電力公司 網頁介紹

[http://www.taipower.com.tw/content/new\\_info/new\\_info-c40.aspx?LinkID=13](http://www.taipower.com.tw/content/new_info/new_info-c40.aspx?LinkID=13)

- 參考經濟部能源局 再生能源發展條例
- 2012 年太陽光電市場與產業技術發展年鑑 太陽光電產業協會
- 王孟傑 “2012 年全球前三大之產業/產品-矽晶太陽能電池” IT IS 評析
- 張佳文 “2014 太陽光電技術發展與產業概況” 新竹清華大學 2014 染料敏化電池研討會
- 2013 年太陽光電市場與產業技術年鑑 光電科技工業協進會
- IDTechEx 之研究報告

<http://www.epdtonthenet.net/article/44693/Thin-film-PV-and-batteries-is-a-market-reaching--45-billion-by-2021.aspx>

- SNE RESEARCH 之研究報告
- [http://www.sneresearch.com/eng/service/report\\_show.php?id=562&sub\\_cat=](http://www.sneresearch.com/eng/service/report_show.php?id=562&sub_cat=)
- Academic Dictionaries and Encyclopedias<http://en.academic.ru/dic.nsf/enwiki/931515>
- 2012 和 2013 太陽光電市場與產業技術發展年鑑
- EPIA Global market outlook for photovoltaics 2014-2018
- 經濟部能源局 「2007 年能源科技白皮書。」
- 鄒小平 鈣鈦礦太陽電池技術研究領域前沿發展報告 北京市自然科學基金 研究文章
- 無線充電商機不設「線」 四年預估成長 40 倍 參考至北美智權報
- [http://www.naipo.com/portals/1/web\\_tw/Knowledge\\_Center/Industry\\_Economy/publish-255.htm](http://www.naipo.com/portals/1/web_tw/Knowledge_Center/Industry_Economy/publish-255.htm)
- Amaresh Mishra, Markus K. R. Fischer, and Peter Buerle., Metal-Free Organic Dyes for Dye-Sensitized Solar Cells: From Structure: Property Relationships to Design Rules, Angew. Chem. Int. Ed. 2009, 48, 2474 – 2499.

- Arman sedghi, Hoda nourmohammadi miankushki, Effect of Multi Walled Carbon Nanotubes as Counter Electrode on Dye Sensitized Solar Cells, Int. J. Electrochem. Sci., 9 (2014) 2029 – 2037.
- William A. Vallejo L., Cesar A. Quiñones S. and Johann A. Hernandez S., The Chemistry and Physics of Dye-Sensitized Solar Cells, [www.intechopen.com](http://www.intechopen.com)
- 楊茹媛、翁敏航、陳皇宇、張育綺, 由專利分析看染料敏化太陽能電池趨勢, 光連雙月刊 2008 年 5 月 · No.75.
- A. K. K. Kyaw, H. Tintang, T. Wu, L. Ke, C. Peh, Z. H. Huang, X. T. Zeng, H. V. Demir, Q. Zhang, and X. W. Sun, Dye-sensitized solar cell with a titanium-oxide-modified carbon nanotube transparent electrode, APPLIED PHYSICS LETTERS 99, 021107 (2011).
- 莊衍松, 台塑 DSSC 拚後年量產 BIPV 應用具爆發力, Digitime, 2013/12/18.

## 附件-1 國家型能源計畫第一期實用化成果盤點

能源類別	能源領域優點	能源領域缺點	台灣現有狀況分析 專利量	世界現有狀況分析 專利量	產業化 狀況	現階段是否有完整之專利及文獻分析	第二期 國家型 計畫主 軸重點	建議分析重點
能源技術分項 / 太陽 光電子項	1.安靜、無汙染、較傳統能源減少二氧化碳排放。2.系統發電功率大小隨日照強度(W/m <sup>2</sup> )而變。3.系統容量可依需求設計。4.模組除發電功能外，亦可設計成具有一般建材之隔熱、隔音、遮陽等功能。5.太陽光電模組壽命長，可達二十年以上。	1.系統輸出功率隨日照強度變化，無法作為基載電力。2.太陽光電模組設置時，須排除遮蔭區域。3.發電量受天候條件影響。4.發電成本較傳統發電高。	287(含太陽熱能)	12376(含太陽熱能)	發電成本比傳統過高	有	是	現階段台灣廠商積極發展，建議朝細項進行專利及產業分析
能源技術分項 / 氫能 系統子項	氫做為燃料能源，有其優越之勢。根據分析，氫的燃燒熱值高，每1,000克氫燃燒後的熱量約為汽油的三倍，酒精的3.9倍，焦炭的4.5倍，在提供能量方面，顯然比目前使用的石化燃料來的。且氫可以由	A.反應及穩定性不一：目前技術的瓶頸在於電池組系統的性能受限於反應性與穩定性。B.成本高：就燃料電池所使用的材料而言，因為使用鉑為催化劑，雖然可以有效提高發電效率，但也增加了成本	33(與儲能合併)	5800(與儲能合併)	市場太小	有	與儲能較為相關	燃料電池發展已趨成熟，現階段各項分析均已完成。

	水來製取，而水則是地球上豐富的資源。氫燃燒後的產物只有水，對環境不會造成污染。							
能源技術分項 / 生質能源子項	1.提供低硫燃料 2.提供廉價能源(在某些條件之下) 3.將生質轉化成燃料可減少環境公害(例如垃圾-->燃料) 4.與其他非傳統性能源相較之下，技術上難題較小 5.可再生利用	1.植物僅能將極少量之太陽能轉化為生質能 2.單位土地面積之生質能密度偏低 3.缺乏適合栽種植物之土地 4.生質能水份偏多(50%~95%) 5.生質能量不及化石能量	23	4,474	地域環境/食物缺乏	有	是	此項能源技術將會與人爭食，並且台灣現階段缺乏完整之地點。
能源技術分項 / 儲能技術子項	燃料電池：顯著改善空氣污染及溫室效應特點為免充電、無火花、低噪音、高機動性等，蓄電池：目前技術成熟，製造上的成本也相較便宜，惟其	惟其材料成本偏高及技術發展都是未來待克服的方向。壽命較短、容量較小、高污染、安全性較差等問題存在。	33(與儲能合併)	5800(與儲能合併)	市場太小	有	是	同燃料電池
能源技術分項 / 核能安全專案計畫	(1) 以少量的核子燃料即可產生大量的能量，而其輸送(搬運)及儲存均容易。低濃縮鈾1噸具有相當於約5萬噸的重油之能量。 (2)核子燃料以	(1)同容量發電廠之建設成本高於汽力、水力電廠。 (2)單位輸出蒸氣消耗量為汽力電廠之1.6~1.8倍。 (3)用直接循環式反應爐時爐內發生之蒸氣直接導入汽輪機，操作	0	3,813	政策因素	有		現階段政策因素不鼓勵發展

	<p>資源而言，可望能供應。</p> <p>(3)在環境保全上為有利，而乾淨的能量供給源。</p> <p>(4)將來開發高束增殖爐及核融合爐後，即成為豐富的能源。</p> <p>(5)利用中子撞擊天然鈾原子核引起連鎖反應發生大量核能轉換熱量加熱水推動原動機。</p> <p>(6)核能變成熟能之裝置稱為反應爐。</p> <p>(7)少量之核燃料供大量能量。輸送、儲藏容易。由發生電力比較，低濃縮鈾1噸等於重油5萬噸之燃料。</p> <p>(8)核能電廠之機單輸出容量係大容量式，一般超過1000MW以上。</p> <p>(9)核能燃料資源豐富。</p> <p>(10)設廠選取人煙稀少，使用冷</p>	<p>時須注意帶有輻射線蒸氣。</p> <p>(4)事故發生時有輻射線污染產生之熱災害及致命之損害。</p>				
--	--	--	--	--	--	--

	<p>卻水便利之靠海地區。</p> <p>(11)汽輪機及復水器比汽力電廠大。</p> <p>(12)在負載因數80%，其發電成本比汽力電廠低，並繼續降低中。</p>							
能源技術分項 / 海洋與地質能源子項	<p>用之不竭，空氣污染低，土地干擾少。不需燃料。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>發電廠可座落於海洋上，無購地覓地之苦。</li> <li>可分餉出淡水，解決海島的工業及飲水及工業用水。</li> <li>可產生許多有價值的副產品，如氫氣、冷凍、空調、冷藏、藥品等，其中氫氣更是燃料電池的動力來源，有利於再生能源的共生。</li> <li>可帶動產業科技的發展，如海洋科技、海洋工程、海洋生物科技。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>以經濟層面觀之，其成本較同樣發電量的燃煤發電廠或其他發電方式來得高。</li> <li>以技術層面觀之，海洋工程困難。</li> <li>以能源轉換效率觀之，與一般火力發電廠相比，其能源轉換效率相對偏低。</li> </ul>	16(wave/tide)	711(wave/tide)	技術/平台未建立	有	是	缺乏技術平台，產業化較低
節能減碳分項 / 照明與電器子項			411	5,065	成本高	有	第二階段國家型計畫	這部分均以服務為主，較缺乏研究能量



							重點， 節能主 軸中 心，僅 包含住 商、工 業、運 輸	
淨煤捕碳儲碳主軸	有效降低碳排放，提升環境整體能量	相對技術經費高、成本過高	1	610	缺乏 R/D	較缺乏專利	是	現階段成本過高，技術過於先進，產業化腳步能量較低
智慧電網與先進讀表 主軸	節能、省電、可與網絡連接，有效串起通訊技術與能量	民眾對於計費的疑慮、資通安全性與隱私權的質疑、用電資料所有權問題	123	3,924	技術/平台未建立	有	是	現階段建議針對通訊技術及 IOT 領域進行分析
離岸風力主軸	1. 可使用較大面积的完整區塊，易於規劃。 2. 同一區之陸域風場，有較高的平均風速。 3. 由於海面平坦，擾流較小易於獲取風能亦可減低風機的疲勞應力。 4. 具較低的風剪效應，可使用較低高度的塔架。 5. 無噪音問題，風機可以設計的更有效率，同樣機組平均效率可提高5%以上。 6. 大型機組遠	1. 須使用海中基礎，施工困難，造價昂貴。 2. 使用海底電纜連接，布線施工及材料費用較高。 3. 若岸邊無較大電網，須增加在線路及輸變電設施上的投資。 4. 良好的風場，一般平均風速較高，可以施工、吊裝的時間受限，工期長，難度高，風險較大。 5. 由於接近困難，萬一故障或無法定期維修，	44(含 onshore)	2084(含 onshore)	技術/平台未建立	有	是	台灣現階段缺乏相關產業，整體缺乏能量，現階段全靠外購維持

	離岸上，無景觀衝擊及噪音問題，容易獲得支持。	導致停機，修復時間難以掌握，可能使停電時間過長，降低可用率。 6. 維護成本高，需動用船舶或直昇機等交通工具，所費不貲。					
地熱暨天然氣水合物 主軸	替代性能源潛力佳	較無法	16(geothermal),4(甲烷)	642(geothermal),1,390(甲烷)	缺乏R/D(甲烷)/資源少(地熱)	較缺乏專利	產業應用性不高

## 太陽能電池產業技術與標準初探

### Solar industry technologies and standards Discussion

---

作者：樊晉源、林品華、張書豪、洪文琪、陳曉郁

發行人：莊裕澤

出版者：財團法人國家實驗研究院科技政策研究與資訊中心

地址：10636 台北市大安區和平東路 2 段 106 號 1 樓、14-15 樓

經銷機構：財團法人國家實驗研究院科技政策研究與資訊中心

地址：10636 台北市大安區和平東路 2 段 106 號 1 樓、14-15 樓

網址：<http://www.stpi.narl.org.tw/>

電話：(02) 2737-7657

傳真：(02) 2737-7448

劃撥帳號：01001541

劃撥戶名：財團法人國家實驗研究院科技政策研究與資訊中心

出版日期：中華民國 104 年 5 月初版

定價：新台幣 3000 元

ISBN 9789576191695(PDF)

