



經濟部標準檢驗局臺中分局

99 年度自行研究計畫

報告書編號：99BSMI-14

探討以臺中分局建構太陽能發電可行性 方案

經濟部標準檢驗局臺中分局 編印

中華民國 99 年 12 月 31 日

本報告書僅供政府機關參考，請勿轉載

標準檢驗局臺中分局 99 年度自行研究報告 提要表		填表人：楊承崇 填表日期：99.12.31	
研究報告名稱	探討以臺中分局建構太陽能發電可行性方案		
研究單位 及研究人員	第三課 楊承崇、黃昭貴、鍾瑞 芬、顏永仁	研究 期程	自 99 年 1 月 15 日 至 99 年 12 月 31 日
報 告 內 容 提 要			
一、研究緣起與目的： 溫室效應 (Greenhouse Effect)、全球暖化 (Global Warming) 相關議題持續熱烈討論，而規範各國二氧化碳 (CO₂) 排放減量標準的「京都議定書」在 2005 年 2 月 16 日已正式生效，目前我國雖然不是締約國，現階段未規範減量責任，但以 2006 年 CO₂ 排放總量居第 22 位(270.33 百萬噸/年，佔全球 0.96%)，人均排放量佔全球第 16 位(11.87 噸-年/人)之情況，未來勢必受到來自締約國之壓力。美國眾議院 2009 年 6 月 26 日通過能源與安全法，同意 2020 年溫室氣體排放量回到 2005 年再減 17% 的水準，2050 年溫室氣體排放量回到 2005 年再減 83% 的水準；歐盟同意 2020 年溫室氣體排放量回到 1990 年再減 20% 的水準；日本 2009 年 7 月 10 日宣佈 2020 年溫室氣體排放量回到 2005 年再減 15% 的水準。 有鑑於此行政院「節能減碳推動委員會」於 2010 年 1 月 18 日通過短、中、長期節能減碳目標，短期為 2020 年回到 2005 年水準，即須減碳 8,700 萬噸，約當 2005 年排放量的三成；中期為 2025 年回到 2000 年水準；長期為 2050 年回到 2000 年水準的一半。為達到減量 8,700 萬噸目標，行政院規劃將從淨源、節流、境外採購碳權、植林，和開徵能源稅、碳權交易、擴大民營電廠、綠建築、重大投資案抵換碳權等方向，多管齊下，訂出各項目減量配額。其中配額最高、減量最大宗的是潔淨能源，達 4,100 萬噸；其次是境外碳權購買，預估達 2,670 萬噸。在淨源部分，將透過提高低碳如天然氣、再生能源、核能等發電比率，預料將有利能源三法全數過關施行，也有利再生能源產業發展，並將同步配合再生能源產業登陸鬆綁的政策，以利企業在對岸取得碳權排放的抵換權。 環保署為「因應哥本哈根協定之溫室氣體排放減緩方案及減量目標」，首度公布政府節能減碳的減量目標、配額。行政院預訂在 2010 年 1 月底以「非附件一」方式，向聯合國提交我國節能減碳最適方案，避免企業遭到制裁。			

因此本研究目的在配合國家潔淨能源政策，推廣太陽能源管理機制，實施 CO2 盤查、登錄、查驗證制度以建構石化產業減量能力；及推動石化產業自願性減量協議等實質減量措施等因應未來締約國減量要求之行動，而發展溫室氣體全面盤、登錄、查證工作之啟動機制。

二、研究方法與過程

法規與標準研讀及技術資料蒐集分析。

蒐集市面上各類型太陽能發電已成熟方案，分析比較。

規劃本分局建置太陽能發電最佳可行性方案。

利用至台灣中油股份有限公司查所屬煉油廠及台電公司發電廠之 ISO 14064 溫室氣體查證業務時蒐集相關資料及查證過程之總結報告及查證經驗，並參考其他輔導認證機構之資料融合分析後，對照 ISO 14064-1 標準條文，以求建立能源產業 CO2 管理機制，實施 CO2 盤查、登錄、查驗證制度以建構石化產業減量能力；及推動石化產業自願性減量協議等實質減量措施等因應未來締約國減量要求之行動，而發展溫室氣體全面盤、登錄、查證工作之啟動機制。

三、研究發現與建議：

石化廠已建立「溫室氣體盤查系統填報準則」(附件 1)供所屬各單位使用，並定期檢討修訂，其中包含『源、分類、計算公式、係數』，以及部分計算方法及係數來源；上述分類、公式、係數已委外建置全公司之「申報平台」供各單位填報使用，有關平台工具與準則間之準確性、完整性與一致性，未來查證時應納入查核。

可行性方案與措施之採行時有以下幾相項：

1、舉辦公用設備及特殊製程(產業別)盤查技術研討會

聘請外部專家講授 IPCC 溫室氣體盤查指導之公用設備、特殊製程(產業別)盤查技術、係數及原理，並搭配各產業現場案例加以說明，以強化模擬查證之成效。

2、擴大辦理高耗能產業之模擬查證

考量本局現有規劃人力及資源，將聯絡水泥、煉油、化工、造紙、煉鋼等高耗能產業之標竿廠商，並依其規劃及執行 GHG 盤查之現況，應可擴大辦理模擬查證之產業。

3、分組辦理技術資料研讀

以全局性 GHG 技術開發小組加入現有查證員依專長混合分組，就各大行業之製程(特殊)排放盤查技術資料進行研讀，並不定期辦理心得、新資訊

分享，以快速累積本局查證人員專業技能。

4、持續建立高耗能產業查證技術資料庫

藉由分組資料研讀、課堂討論及模擬查證之心得彙整，持續開發其他高耗能產業查證技術資料庫，供未來本局查證人員及廠商參用。

探討以臺中分局建構太陽能發電可行性方案

研究人員：

楊技士承崇、黃技士昭貴、鍾技佐瑞芬、顏技士永仁

第一章 緒論

1-1 研究動機與目的

溫室效應 (Greenhouse Effect)、全球暖化 (Global Warming) 相關議題持續熱烈討論，而規範各國二氧化碳 (CO₂) 排放減量標準的「京都議定書」在 2005 年 2 月 16 日已正式生效，然而隨著 2012 年承諾期將屆未來即將邁入後京都時期 (Post-Kyoto)，因應此議題，各國紛紛開始訂定減量目標。美國眾議院 2009 年 6 月 26 日通過能源與安全法，同意 2020 年溫室氣體排放量回到 2005 年再減 17% 的水準，2050 年溫室氣體排放量回到 2005 年再減 83% 的水準；歐盟同意 2020 年溫室氣體排放量回到 1990 年再減 20% 的水準；日本 2009 年 7 月 10 日宣佈 2020 年溫室氣體排放量回到 2005 年再減 15% 的水準。

我國雖然不是締約國，現階段未規範減量責任，但以 2006 年 CO₂ 排放總量居第 22 位 (270.33 百萬噸/年，佔全球 0.96%)，人均排放量佔全球第 16 位 (11.87 噸-年/人) 之情況，未來勢必受到來自締約國之壓力。有鑑於此行政院「節能減碳推動委員會」於 2010 年 1 月 18 日通過短、中、長期節能減碳目標，短期為 2020 年回到 2005 年水準，即須減碳 8,700 萬噸，約當 2005 年排放量

的三成；中期為2025年回到2000年水準；長期為2050年回到2000年水準的一半。為達到減量8,700萬噸目標，行政院規劃將從淨源、節流、境外採購碳權、植林，和開徵能源稅、碳權交易、擴大民營電廠、綠建築、重大投資案抵換碳權等方向，多管齊下，訂出各項目減量配額。其中配額最高、減量最大宗的是潔淨能源，達4,100萬噸；其次是境外碳權購買，預估達2,670萬噸。在淨源部分，將透過提高低碳如天然氣、再生能源、核能等發電比率，預料將有利能源三法全數過關施行，也有利再生能源產業發展，並將同步配合再生能源產業登陸鬆綁的政策，以利企業在對岸取得碳權排放的抵換權。環保署為「因應哥本哈根協定之溫室氣體排放減緩方案及減量目標」，首度公布政府節能減碳的減量目標、配額。行政院預訂在2010年1月底以「非附件一」方式，向聯合國提交我國節能減碳最適方案，避免企業遭到制裁。

當今世界面臨全球能源供應安全、氣候劇變變遷的挑戰下，低碳能源與節能減碳技術之開發，以及新興的綠色能源產業發展等，已成為各國相互競爭的主流技術與產業。國際能源組織與國際能源會議也共同呼籲節能減碳與新技術研發的重要性，2009年G8「八國高峰會」認為：加速能源高效率與低碳能源技術之開發與創新是最有效的措施，亦可帶動經濟復甦成長。由於2008年起之全球金融危機導致能源投資減緩，能源設施投資之不足將直接影響能源供應安全，綠能投資之減緩亦影響全球中長程CO₂減量目標之達成。台灣在面臨全球經濟蕭條、氣候變遷及能源價格巨幅變動的衝擊下，相較於其他國家的能源及經

濟情勢，更加險峻、脆弱，必須及時思索如何因應及突破現況，為台灣的永續發展找到契機與活路。此外，由於能源議題亦攸關國家安全，而且能源的選擇必須為30年、50年，甚至更久遠以後的子孫與環境負責。

2009年11月行政院為落實能源科技發展的目標制訂16項旗艦方案，包括：「綠色運輸網絡方案」、「綠色能源產業旭升方案」、「再生能源倍增方案」、「智慧型電表基礎建設(AMI)」，「產業結構低碳化推動方案」、「低碳城市方案」、「生態城市綠建築推動方案」、「能源國家型科技計畫」、「國家溫室氣體減量推動方案」、「永續能源基本法」立法、「能源發展綱領」政策環評、「長期電力負載預測與電源開發規劃」、「電業自由化方案」、「核能發電合理使用評估方案」、「能源價格合理反映方案」、「全方位能源科技人才培育方案」，上述16項旗艦方案執行期程主要為2010年至2012年，預計投入經費共計2,200億元，期能從能源、產業、社會、住商、運輸、科技等各構面達成國家能源及產業科技發展的整體政策目標，其中在：

1. 整體面：完善國家溫室氣體減量及永續能源發展策略規劃，確立我國低碳永續發展政策藍圖。
2. 能源面：促進低碳能源發展，創造自由競爭電業環境，完善「智慧型電網及電表」能源管理系統，引導能源供需端朝低碳化方向發展。
3. 產業面：引導產業結構低碳化，推展綠色能源產業，加速我國低碳產業布局及搶占低碳發展商機。
4. 社會面：分期建構低碳社區、低碳城市、低碳生活圈及再生能源生活圈，逐

步推廣低碳能源的使用、節能設施的鋪設及低碳生活模式的塑造。

本分局忝為政府機關的一分子應當責無旁貸配合國家溫室氣體減量及永續能源發展策略規劃，引導能源供需端朝低碳化方向發展，因此藉「綠色能源產業旭升方案」、「生態城市綠建築推動方案」、「能源國家型科技計畫」、「國家溫室氣體減量推動方案」之研究以探討臺中分局建構太陽能發電可行性方案為目的，研究結論與建議將提供未來節能減碳、建構低碳綠能建築、發展太陽能發電及推動太陽能發電構建完善「智慧型電網及電表」能源管理系統之再生能源生活圈，逐步推廣低碳能源的使用、鋪設節能設施及塑造低碳生活模式的參考。

1-2 研究範圍與方法

本報告係藉資料蒐集、實際參訪、資料分析與最佳可行方案比對太陽能發電原理、並比較國內及國際新型太陽能電池發展現況，以及國內及國際最新建太陽能電池發電系統模組現況，並說明適宜導入太陽能發電的策略探討臺中分局建構太陽能發電最佳可行性方案。

第二章 國際能源產業技術發展趨勢

依據國際能源總署(International Energy Agency；IEA)於2008年世界能源展望報告指出，為解決未來全球能源短缺及環境污染等衝擊問題，新能源科技之開發與推廣將扮演關鍵角色。近年來，全球金融危機導致能源投資減緩，亦受國際間各界的重視，紛紛提出新綠色新政「Green New Deal」，加強綠能之投資，已蔚為風潮，並進一步帶動國際間能源科技之擴大發展。

一、全球能源供需成長趨勢

國際能源總署於2008年發表的「2008年世界能源展望」，預測全球能源初級能源需求在2006年到2030間將成長45%，年平均增長率為1.6%，從2006年到2030年從117.3億噸油當量增長170.1億噸油當量，主要再於中國和印度的經濟持續強勁成長，在2006年至2030年間其初級能源需求的增加將占全世界初級能源總需求增加量的一半以上，全球能源初級能源需求與年平均成長率如表2-1-1所示。

表2-1-1 全球初級能源需求預測 (單位：百萬公噸油當量)

能源別	2000	2006	2015	2030	2005-2030 年平均成長率
煤 炭	2,292	3,053	4,023	4,908	2.0%
石 油	3,649	4,029	4,525	5,109	1.0%
天然氣	2,088	2,407	2,903	3,670	1.8%
核 能	675	728	817	901	0.9%
水力發電	225	261	321	414	1.9%
生質能	1,045	1,186	1,375	1,662	1.4%
其他再生能源	55	66	158	350	7.2%
合計	10,034	11,730	14,121	17,014	1.6%

資料來源：IEA, World Energy Outlook 2008

2009年丹麥哥本哈根會談的主題是擬訂定後京都議定書之全球氣候變遷政策與制度，所提出之450政策情境，即以達到大氣CO₂濃度維持在450ppm目標下的政策與制度。OECD與主要國家依部門分別採取排放核配和交易的彈性機制，其中發電部門採用上限與交易制度(Cap and Trade)，工業與運輸部門採用國際部門別與措施，建築部門採用國家政策與措施。其他國家的氣候變遷政策制度則以國家政策與措施之階層推動。2009年底丹麥哥本哈根會談結果雖未達成簽署減量協定 (l e g a l l y binding deal)，但已造成國際間之重視與多數共識如下，將影響未來國際上政策、科技與產業之發展：

- 1、 需儘速採取具體行動，以維持全球大氣溫升在2 以內。
- 2、 需發展與應用新潔淨能源技術。
- 3、 需有充足資源與基金推動適應措施與減排措施 (A d a p t a t i o n & Mitigation)。

二、國際間能源科技之發展目標與策略

國際間為因應能源新挑戰包括全球能源供應安全、氣候變遷的抑制，以及新興的綠色能源產業發展等，應用科技抗暖化，需加速能源新技術之開發與創新、推廣與擴散等，已成為國際間能源科技之發展目標。

能源科技之發展目標

近年來八國高峰會議(G8)會議中揭露國際間能源科技之發展，以清潔、智慧與競爭能源為發展目標(Aiming at a Clean, Clever and Competitive Energy uture)。

國際能源總署(IEA)在2008年出版的「能源科技展望」報告中指出，透過發展因應溫室氣體減量及替代化石能源等技術，將可有效減緩溫室氣體的排放，因此新科技的發展為未來人類在氣候變遷衝擊下，得以繼續生存的主要措施。依據國際能源總署評估之結論，全球能源至2050年前欲達成永續能源供需體系，主要需仰賴的能源科技，包括開發永續能源環境所需之關鍵技術、提升各部門能源使用效率、改善能源供應安全、降低能源供應與使用所造成之環境污染等。對抗全球暖化，發展關鍵綠能技術之政策目標如下：

- (一) 開發關鍵技術以達成永續能源體系。
- (二) 大幅提升運輸、工業與建築等部門能源使用效率。
- (三) 發電系統朝向低碳或無碳。
- (四) 運輸生質能源之大量使用與降低成本。
- (五) 透過新技術之開發創新、降低成本，以利新技術與產品之擴散。

為避免二氧化碳在本世紀中加倍，如何達到二氧化碳之減量目標，國際間這方面的研究與評估很多，但結果趨於一致，即全球要有效減碳，維持大氣碳平均(Stabilization)之關鍵，需仰賴新技術之開發並普及應用。所需要的技術範疇包含當今已商業化或正開發中之技術，但仍需透過技術之創新、新技術成本效益之提升，以及促使既有高效率技術之普及等手段。國際能源總署發佈了《能源技術展望2008》(Energy Technology Perspective 2008)，由《能源技術展望2008》中假設的基準情境與減半情境分析，這兩個情境的假設主要是根據CO₂排放量和CO₂濃度來劃分：

(一) 基準情境 (Baseline Scenario) : 假設全球CO₂排放量會從2005年的27Gt增加到2050年的62Gt, CO₂濃度從現在的385ppm達到550ppm。

(二) 減半情境 (Blue Map Scenario) : 假設到2050年全球CO₂排放量為14G t, 並且2050年之後CO₂排放量會保持一個較平穩的發展態勢, 2050年CO₂濃度為450ppm。

主要國家政府之能源研發策略

世界主要國家政府能源科技之研發策略, 多以支持長程能源科技研發為主, 但對於可產生效益之技術, 則多以鼓勵民間工業參與合資研發, 主要國家政府所採取之能源研發策略整理如下:

- 由政府提供穩定與持續的研發經費, 同時並鼓勵民間投入研發。
- 提供金融稅制優惠、法制標準等激勵措施, 協助工業界和消費者採納低成本或者功能更好的先進技術。
- 能源效率技術之研發列為最優先推動領域, 改善的能源效率可降低能源供應方面的投資需求。
- 著重應用導向之研發, 應用階段比研發階段投入更多的資源。
- 建構穩定的政策環境以加速創新和新能源技術的市場推廣, 包括協助解決非經濟和非技術方面之壁壘與推廣障礙等。
- 推動國際合作, 透過多邊或雙邊國際合作, 以擴大能源科技研發效益。

(一)歐洲聯盟

歐盟27個會員國家自2007年11月共同訂定非常積極的能源政策目標

(20-20-20 by 2020) , 亦即到2020年時能源效率提升20%、清潔再生能源占比20%以上 , CO₂排放量降至1990排放量再減排20%。為達成此項目標所採行的策略如下 :

1. 2007年11月起推動「 歐盟策略能源科技計畫(E U Strategic Energy Technology Plan ; SET-Plan) 」 。

- 集中歐盟國家資源支援達成目標的科技研究。
- 燃煤與燃氣電廠利用碳捕獲與封存技術(2020年前完成)。
- 第二代生質燃料、太陽光電、大規模離岸風力發電、氫燃料電池
(再生能源占比20%以上產生質燃油占比10% 以上)。
- 第四代核能電廠技術、核融合。
- 交通、家電與工業系統節能技術。

2. 持續推動2006年10月起推動之「 能源效率行動計畫(Energy Efficiency Action Plan) , 目標為至2020年節約能源20%。

- 運輸：高燃油效率車、大眾運輸工具、推廣生質燃油。
- 家電：提高能源效率標準、加強標示、部分電器施行強制性能源效率標準。
 - 建築：改善歐盟建築建材能源效率、修正建築技術規則。
 - 提高發電效率與輸配電效率。
 - 提供「競爭與創新計畫基金(CIP)」7.2 億歐元(2007□2013) , 支持智慧型歐洲能源計畫。

3. 歐盟欲達成2020年之目標 , 未來10年面臨的技術挑戰如下 :

- 第二代生質燃料需能取代傳統化石燃油，且其生產過程需為永續生產。
- 促進碳捕獲與封存技術之商化與應用，需經由工業級規模之示範與系統效率等研究。
- 最大型風機之發電量需加倍，並率先應用於海域風機。
- 大型光電及聚光型太陽發電系統之商業化示範。
- 建構單一與智慧型歐洲電力網，進行大規模整合再生能源與分散式能源系統。
- 擴大建築、運輸與工業等部門之節能產品與系統市場。
- 維持核分裂技術之競爭優勢，核廢料處理的長程解決。

(二)美國

美國歐巴馬總統上任後，即制訂非常積極的能源政策，加速投資環境友善的能源發展與應用，並強調需仰賴技術解決能源與環境問題，預定未來10年內投入1,500億美元推動清潔能源計畫（為目前經費的2倍），推動政策方向如下：

- 發展下一代生質燃油及燃油設施
- 加速複合動力車之商業化
- 發展商業化級規模的再生能源
- 推動數位化電力網
- 推動煤低碳技術之商業化與應用
- 提高能源效率2030年全國能源密集度改善50 %

美國新政府的能源政策訂有具體之目標如下：

- 電力結構：再生能源比例2012年10%；2025年25%
- 運輸部門：6年內至少100萬輛150哩/加侖的插入式電動車在美國道路運行，2025年前車輛燃油效率提高一倍
- 能源效率：至2030年總體能源效率提高50%
- 對外依賴：10年內停止美國進口石油
- CO2排放：2050年CO2排放降至1990年排放量之80%
- 其他：外海油田鑽探、二次採油(EOR)、碳捕獲與封存、核能

美國能源部規劃之推動清潔能源計畫「溫室氣體變遷技術計畫」，係以成立內閣階層之政策指導與評估機制，整合十餘個政府單位共同規劃與協調分配資源，計畫包括再生能源、輸配系統、能源效率、核融合、核能、碳捕獲封存、清潔化石料、氫與燃料電池等，另亦推動示範計畫與應用計畫。

(三)日本

日本能源政策的主軸以往著重於石油所衍生的問題，強調節約能源與替代石油能源。惟近年來溫室氣體減量相關課題，已為國際間矚目因應課題，2007年4月日本政府提出「Cool Earth 50」計畫，針對全球2050年溫室氣體排放減半之目標，認為只利用目前已發展之技術是無法達成，必須開發創新技術才有機會達到溫室氣體排放減半之目標。日本「Cool Earth—Innovative Energy Technology Program」目前著重於供應端與需求端之效率提升與低碳技術之發展，已選定21項優先發展的技術：

1. 發輸配電

- (1) 高效率燃氣電廠
- (2) 高效率燃煤電廠
- (3) 碳捕獲封存技術
- (4) 創新光電技術
- (5) 新核電技術
- (6) 高效率超導體輸電

2. 運輸部門

- (1) 智慧型運輸系統
- (2) 燃料電池車
- (3) 插入式複合動力車/電動車
- (4) 運輸用生質燃料生產技術

3. 工業部門

- (1) 創新材料生產與加工
- (2) 創新鋼鐵製程技術

4. 住商部門

- (1) 高效率住宅與建築
- (2) 下一代高效率照明
- (3) 定置型燃料電池
- (4) 超高效率熱幫浦
- (5) 高效率資訊元件與系統

(6) 住宅能源管理系統/建築能源管理系統/區域能源管理系統

5. 其他

(1) 高性能能源電能儲存

(2) 電力電子技術

(3) 氫能生產輸儲技術

三、國際間能源科技之發展重點方向

依據國際能源總署之評鑑，國際間未來能源科技發展之重點方向將集中於開發低碳技術，尤其包括全球能源革命性技術領域需的新技術之開發。IEA評鑑之能源科技範圍甚廣，依據G8高峰會議指示，發展里程之研發領域與重點方向IEA就未來具減碳潛能、2015年至2030年間極需技術突破之關鍵技術如表2-1-4所示。就本研究之發電技術研發重點方向關鍵技術在未來10至15年間之研發重點方向，包括基礎研究、應用研究、示範、推廣、商業化說明如后。

(一) 燃煤、燃氣電廠CO₂捕獲與封存技術(CCS)

燃煤、燃氣化石燃料電廠應用C C S技術主要有三種方式：包括燃燒前、燃燒後以及富氧燃燒(oxy-fuel combustion)三種方式，研發方向在降低CO₂捕獲成本及改進系統效率。研發重點亦包括進行大規模電廠示範、封存場監測與驗證技術；開發第二代新捕獲技術，包括薄膜、固體吸附以及熱製程等。化石燃料電廠C C S技術研發之目標在改善電廠效率之損失，2010年之損失為10-12%，希望在2015至2020年間改善至8%。

(二) 核能發電技術(第三代、第四代)

90年代開發之第三代核電技術，已具安全性、經濟性，以及“被動安全”特性。阻礙核能發展的三個主要因素為：巨額資金成本、公眾對放射性

表2-1-4 國際間需突破之關鍵低碳能源技術

發電部門	工業部門
■ 化石電廠CO₂捕獲與封存技術 ■ 核能發電技術 ■ 陸域與海域風力發電 ■ 生質能氣化複循環與混燒技術 ■ 太陽光電 ■ 聚光型太陽能 ■ 氣化複循環燃煤發電 ■ 超臨界(SCSC/USCSC)燃煤發電	工業應用CO ₂ 捕獲與封存技術 ■ 生質能煉製技術 ■ 替代原料/進料與燃料技術 ■ 基本材料業之創新製程
	建築部門
	建築節能技術 ■ 加熱與冷卻技術 ■ 高效率家電
	交通部門
	運輸能源效率技術 ■ 第二代生質燃油 ■ 電動及插入式車 ■ 氫能燃料電池車

SCSC：Supercritical steam cycle, USCSC: Ultra supercritical steam cycle

資料來源：整理自IEA，Energy Technology Perspectives, 2008

核廢物和核事故的反對態度，以及核武器的可能擴散。第四代核電技術的發展目標即為研究解決這些問題，降低成本，減少核廢料、增強安全性以提高大眾之接受度，可望在2030年後商業化。第四代核電技術包括系統技術(鈉冷卻快速反應器、氣冷或鉛冷快速反應器、高溫反應器、超臨界水反應器、熔融鹽反應器、加速器近臨界系統)，燃料系統、強化安全之材料、核廢棄物處理、核燃料與循環處理等技術，預定2030年達到示範階段。此外，國際間亦進行中小型反應器之研發，以應用於小規模電網或偏遠孤立區域，成本較低可解決大規模資金籌措困難。

(三) 陸域與海域風力發電

陸域風能技術方面將著重於高效率、大翼板以及先進的控制裝置，場址與電力儲存技術，以提高效率降低成本。海域風力發電之技術發展方向，包括開發強韌、低維修成本、高可靠性之風機；研發海域風力電網技術如風能預測、電網衝擊；高壓電網開發、海域風電場監控與通訊技術；另開發海域風電場所需之運輸及後勤維修技術。

(四) 生質能氣化複循環與混燒技術

氣化複循環與C C S技術之研發重點，包括進行連續進料自動氣化小規模系統開發、燃料與氣體淨化技術、氣化場之示範等。預定2015年可完成紙漿廠黑液氣化複循環與CCS技術之示範系統。

(五) 太陽光電

太陽能光電技術之研發，主要著重低成本太陽光電技術之持續的研發和推廣應用，包括提高轉換效率、新材料、新製程等。前瞻基礎研究方向包括：薄膜電池之材料/結構/回收研究；第三代電池之化性物性與材料研究等。應用研究則包括矽晶及薄膜電池模組技術(高效率、省材料)、系統性能(BOP)、建築整合、系統最適化(儲存、併聯)、先進製造與設備(高產率、低成本、大面積與適用其他工業技術)等。

(六) 聚光型太陽能發電(CSP)

開發大規模C S P新系統技術，如壓氣式複合氣渦輪機、高溫與高轉換之氣體吸收塔；開發C S P發電與海水淡化廠；備用儲熱系統技術；太陽能轉製氫氣或其他能源載體等。目標為2025年大規模C S P電廠技術商業化，並配合長程直流輸電網。

(七) 氣化複循環燃煤發電

研發重點在發展氧氣分離之離子交換薄膜、廢熱回收應用與煤之儲備、高壓飼煤技術、氣化複循環與碳捕獲封存技術與系統之整合。另開發高效率渦輪機、進行不同種類煤碳之氣化廠示範；氣化複循環與燃料電池整合應用；氣化複循環之目標為電廠效率之損失由2010年7-9%，至2015至2020年期間改善至5-6%。電廠效率則由目前38-44%(LHV，不含CCS)，至2050年改善至51-54%(不含CCS)，45-48%(含CCS)。

(八) 超臨界(SCSC/USCSC)燃煤發電

發展耐高蒸汽溫度之低成本材料(應用奈米技術、新合金技術)、高溫合金製

管技術 富氧系統(替代碳捕獲技術)等。目標為超臨界USCSC燃煤發電(700-800C 蒸氣)效率由目前45%至2020年達50-55%。

(九) 其他發電技術

在中短期二氧化碳減量潛力較小之重點發電技術，包括地熱發電、海洋能與燃料電池。

四、全球綠能產業發展趨勢

(一)全球綠色能源產業發展

在全球面臨氣候變遷與節能減碳的挑戰下，新興的綠能產業已成為各國逐鹿的主流能源產業。近年來全球綠能需求持續增加，已帶動相關產業蓬勃發展，以太陽光電、風力發電產業發展最為快速，本研究即以太陽光電發電產業研究探討為主題，來說明全球太陽能源產業發展。國際太陽光電產業發展，2008年累積裝置容量約12GWp，產值約263億美元；預估2015年累積裝置容量達65GWp，產值可達1,000億美元以上。德國、美國與中國等國在政府政策帶動下，以國內市場為基礎，已領先搶占到全球市場之有利地位。台灣在面臨全球經濟蕭條、氣候變遷及能源價格巨幅變動的衝擊下，相較於其他國家的能源及經濟情勢，更加險峻、脆弱，必須及時思索如何因應及突破現況，為台灣的永續發展找到契機與活路。此外，由於能源議題亦攸關國家安全，而且能源的選擇必須為30年、50年，甚至更久遠以後的子孫與環境負責。

。

德國

德國太陽光電推廣始自 1990年推出「一千戶太陽能屋頂計畫」，1999年~2003年實施「十萬戶太陽能屋頂計畫」；2004年4月德國通過E E G法令補充修訂，低利貸款、優惠購電，補助優惠大幅放寬。設置部分，德國自2004年取代日本成為全球第一大太陽光電市場；2008年西班牙市場暴增，德國退居全球第二大，設置量1,500MW_p。生產方面，2008年德國為全球第二大太陽電池生產國。

美國

美國太陽光電推廣始自1997年美國政府揭示「百萬太陽能屋頂計畫」，2007年加州又推出百萬太陽能住宅計畫，協助家庭及企業建立太陽光電設備，並提供獎勵補助。設置部分，美國市場平穩成長，2008年為全球第三大市場，設置量342MW_p。生產方面，2008年美國為全球第五大太陽電池生產國。2009年1月美國政府提出「New Energy for America」計畫，未來10年將投資1,500億美元於再生能源相關產業。

中國

中國自2005年2月28日審議通過「可再生能源法」，2006年1月1日開始施行，2007年制訂「可再生能源中長期發展規劃」。設置部分，中國太陽光電發電系統多為農村電氣用，年裝置量約10~20MW_p，2008年安裝40MW_p，為全球第十大市場。生產方面，中國廠商大量投入，2008年已成為全球第一大太陽電池生產國。為促進太陽光電產業化與規模化發展，培育戰略性新興產業，2009年7月中國財政部、科技部與國家能源局共同擬訂「金太陽示範工程財政補助資

金管理暫行辦法」，提高對一些省市推展太陽光電系統設置項目補助。

(二)全球綠能產業市場展望

依據國際能源總署於2009年5月金融危機影響全球能源投資之報告，揭露2008年起之全球金融危機導致能源投資減緩，能源設施投資不足將直接影響能源供應安全，且綠能投資之減緩亦影響全球中長程CO₂減量目標之達成。

2009年初起各國的金融危機紓困方案又轉向綠能之投資，據估計匯豐銀行調查顯示(HSBC, 2009)，2009年2月止全球各主要國家政府施行之紓困基金已累計總額2兆7,960億美元，其中綠能基礎建設（低碳電力、能源效率、淨水/減廢）之投入約4,360億美元，占15.6%。美國與中國為主要的綠能投資國。

國際能源總署亦就未來綠能產業科技發展所帶動之全球減碳市場潛力與投資加以評估，碳市場價格在50美元/噸CO₂時，2005至2050年全球投資節能減碳約在17兆美元，相當於全球國內生產毛額(GDP)之0.4%；碳市場價格若達200美元/噸CO₂時，投資額可達45兆美元，占全球GDP之1.1%。主要新技術之發展與擴散情境分析如圖2-1-4所示，各類新技術將依其成本效益之不同，分不同階段的擴散與應用。其中節約能源技術目前最具成本效益將優先應用，依次為低碳發電技術、燃料轉換與碳捕獲封存技術，運輸燃料技術等，亦將帶動相關產業之市場發展。

展望全球氣候變遷與綠能之未來潮流，各國政府的綠能產業政策主軸，均將以加強技術研發與製造能力，加速產業技術滲透與升級，透過厚植產業基礎，期以成為能源技術與生產大國為目標。依據國際能源總署提出之未來國際能源

科技發展之重點方向，其中有關綠能產技術之發展，可歸納為傳統能源產業潔淨化技術、節約能源產業技術、低碳能源產業技術等關鍵領域，其中低碳能源產業技術未來發展趨勢：當前太陽能、風能、生質能、地熱、水力、海洋能等再生能源屬低碳或無碳能源，因此被各國列為關鍵研發項目。依據國際能源總署評估，至2030年再生能源的供應將占全球能源供應量的8%。德國、西班牙等國透過立法獎勵，成功帶動太陽光電與風力發電產業發展的案例，值得我國借鏡。另核能發電已成為部分國家低碳能源的選項之一，鄰近的日本、南韓、中國與印度等國皆擴展核能發電，2030年後將採用的第四代(Gen-IV)核能電廠兼具減少放射性廢棄物及防止核武擴散等優點。

第三章 我國能源產業技術發展政策目標

能源產業技術是能源科技的一環，在面對全球能源匱乏、環境變遷之挑戰，我國能源技術的政策目標旨在發展節能減碳技術，以建構低碳家園並發展能源產業，同時兼顧能源安全、經濟發展及環境保護等三大主軸，能源產業科技發展也須兼顧此三大主軸並從我國最有利基產業出發，從最需強化的面向擬訂發展政策目標。

因應國際節能減碳的趨勢，我國在永續能源政策綱領中明訂二氧化碳排放量，未來將降至2000年排放量，而在提升能源效率方面則要求未來8年每年提高能源效率2%以上，且能源密集度於2015年時能較2005年下降20%以上。在此深具挑戰的目標下，政府必須以政策導引科技研發方式，協助產業調整因應，順應國際能源產業發展趨勢且從中尋求新的商機。

2008年全球原油價格飆漲至147美元的歷史新高後，各國皆積極投入綠能技術的開發，相較於美日歐等先進國家，我國能源科技研發資源相對不足。為能即早進入全球綠能產業供應鏈，政府採取之研發策略以集中資源優先發展利基技術為主，同時考量能源、環保效益高；國際產業關聯性大、技術前瞻領先；

及可與我國既有優勢產業結合並具有門檻效果之技術優先投入研發，以導引產業朝低碳經濟的目標發展。

為達成上述目標，近年政府多次召開全國之能源政策會議，並針對各項能源議題，與各界溝通共商因應策略與行動方案，以建構更為完善的能源技術發展環境。

經濟部在2008年10月「新兆元能源產業旗艦計畫」中，從我國現階段積極發展的能源科技中遴選出兩大類為我國能源產業範疇，(1)潔淨能源類：太陽能、風能、生質能、氫能與燃料電池、水力、海洋能、地熱；(2)節約能源類：節能照明、高效能空調、省能運具、高效能能源管理。經濟部2009年4月23日，依全國能源會議對我國未來能源產業發展之結論：「選定重點產業，依產業特性與技術潛力加以扶植」，擬訂「綠色能源產業旭升方案」進一步從能源產業中，界定「綠色能源產業」可分為兩大類產業包括：(1)主力產業：太陽光電、LED照明；(2)一般具潛力產業：風力發電、生質燃料、氫能與燃料電池、能源資通訊、電動車輛。並將上述七項能源產業定義成為當前發展的重點能源產業。

本章針對我國未來能源產業科技發展所面臨之課題進行剖析、提出因應對策，並分析介紹我國能源產業科技發展之政策目標。

一、我國能源產業科技發展所面臨之課題

本節將從產業永續發展、結構調整、能源效率提升、及研發能量之角度分析我國能源產業所面臨之課題，以供說明後續因應對策及政策目標擬訂之精神。

（一）低碳社會與產業永續發展課題

我國「永續能源政策綱領」中明訂，二氧化碳排放量應於2020年前降至2008年的排放量，並於2025年回到2000年排放量目標，未來並將視後京都時期協議後續發展調整減量目標。同時在2009年的全國能源會議中訂定我國低碳經濟目標，規範2025年需較2005年(9.65公升油當量/仟元)下降50%以上，同時每年提高能源效率2%以上，相關目標對產業轉型升級將造成巨大衝擊。

聯合國氣候變化綱要公約於1997年通過京都議定書，其中包括建立全球溫室氣體交易市場機制之條文，目的為在針對溫室氣體排放總量管制的前提下，透過市場的交易達成溫室氣體的減量與管制目的。因應國際碳排放的各項管制及要求，目前有關碳足跡之建構，行政院環保署已有碳足跡標籤供申請使用，整個制度正在建構中，預計2010年第三季即可由廠商申請使用。

低碳社會的建構與產業永續發展必須仰賴周全之法制基礎，因此「全國能源會議」中揭櫫制訂「永續能源基本法」作為上位法源，以達成建構潔淨能源經濟體系及優質生活的目標。而建構潔淨能源經濟體系須藉由「能源稅條例」的制訂以財政、稅務與金融的激勵措施，創造低碳能源經濟的誘因與驅動力。因此政府在面臨經濟成長及永續發展的兩難課題中，應積極取得全民共識並制訂相關法規將為當務之急。

（二）低碳能源產業結構調整課題

1、加速低碳科技之發展為達成低碳能源產業結構調整目標的首要課題，在於達成低碳能源產業之永續發展、減少自然資源消耗、降低環境衝擊的公平正義精

神下。政府須妥善規劃有效突破現有低碳科技之技術發展門檻，並引導產業進行低碳產品生命週期之原料生產、設計與製程之調整。

2、各國再生能源的應用多受限於主觀自然環境條件之限制，而低碳產業結構則受到客觀之技術發展和產品生命週期之要求，在環境與技術的主客觀條件的限制下，為使低碳能源產業達到結構調整的目標，對於研發技術之規劃須考量全球技術發展趨勢與市場成本等條件變動。因此對於再生能源之發展目標，須思考如何規劃正確且適合於我國之長期發展目標，並能適時檢討、修正以符合國際變動之趨勢。

3、因應全球原油蘊藏日漸枯竭，能源科技發展逐漸朝向低碳社會的目標邁進，未來以電能作為主要動力來源之高效率運輸設施，及以電力為主之各項節能減碳裝置的開發將成為主流，此將促成我國整體能源產業結構的調整，並改變能源科技研發的方向。

（三）產業結構低碳化與能源效率提升課題

1、1990至2008年之19年間我國二氧化碳排放量約成長130%，2008年排放二氧化碳2億5千5百萬公噸，其中工業部門之排放佔總量的52%。此因台灣過去為維持經濟高度成長而降低產業生產成本，故長期壓抑能源價格；致使工業耗能普遍存在效率問題。面對國際能源價格高漲及全球節能減碳之趨勢，未來如何促使產業逐步邁向「低碳化」，提升單位碳排放的附加價值，並調整產業體質以因應國際間日趨嚴格的壓力，將是嚴峻的課題。

2、產業能源效率的提升除可降低產業之經營成本創造更高的利潤，在節能減碳

的趨勢下亦能稍緩其所面對的壓力。產業進行能源效率改善的過程中，將需提撥額外的經營成本以購置節能設備或汰換老舊機器。所以政府對於能源效率改善之相關法規制訂，以及產業對於結構之重整與轉型所應共同審慎且積極面對。

（四）能源產業研發能量不足課題

1、我國能源科技研究起步晚：第八次全國科學技術會議中指出德國、日本等先進國家於1970~1980年代即投入發展能源相關科技，我國自1990年代才投入研發時間起步較晚，且研發經費亦低於先進國家。根據2005年的統計，美國投入再生能源領域之研發經費總額為我國的17倍，日本8倍，德國6倍。即使是人口僅有1,600萬的荷蘭，其投入再生能源領域的研發經費也達到我國的2倍，研發經費不足將成為我國節能減碳技術開發取得突破性進展的瓶頸之一。

2、科技人才供需的落差：台灣產業在面對全球競爭的環境下，科技研發將面臨創新研發人才資源的缺口的危機。我國能源產業正處轉型的關鍵期，因此急需專業技術人力以支援產業結構轉型所需。目前正規教育體系對人才養成時間較長且課程目標無法直接支援產業界，因此未來對於人才質量之提升必須進行長遠的規劃。

3、科技學術成果與產業發展落差：2007年我國政府之研發經費已達1,018億元，約佔全國研發經費的29%。故應採取有系統及效率的方式從學術成果中，遴選出具有應用潛力的科學創新或專利應用技術，以解決能源產業科技發展所面臨之問題，並可構思如何整合基礎研究成果並給予加值利用，充分結合產業與學術研究的能量。

二、能源產業科技發展之因應策略

低碳永續發展、產業結構低碳化及節能減碳科技發展等為我國在發展能源產業科技時所亟需面對的課題，因此對於能源產業科技之推動策略可從以下三個面向進行：一、建立產業永續發展驅動力；二、調整能源及產業成低碳結構；三、培育產業科技人才。推動之因應策略說明如下：

（一）建立能源產業科技永續發展驅動力

能源產業科技永續發展的驅動力培養可分為兩階段實施，第一階段藉由獎勵政策的施行以引導關鍵投資、塑造良好產業環境及並尋求關鍵技術突圍，以提升國內產品價值與產能，培植產業競爭力；第二階段則藉由擴大內需市場、出口轉進，形成國內市場後再拓展全球市場商機。上述驅動產業科技發展策略分述如下：

1、培植產業競爭力

- 1-1. 大型綠能投資計畫列入國發基金優先重點投資項目，以帶動產業投資風潮。
- 1-2. 國發基金優先投資創投基金轉投資綠能產業，協助一般投資案解決資金問題。
- 1-3. 成立「綠能產業服務團隊」，協助廠商排除障礙促進投資。
- 1-4. 建構「再生能源、節約能源產品標準及檢測平台」與國際同步，並訂定產品相關法規及標準。
- 1-5. 建置「綠能產品國際驗證實驗室」以利外銷。

1-6. 建構新技術產品驗證場域，以驗證新能源技術與產品之可靠性。

1-7. 結合「能源國家型計畫」發展相關科技以支持綠能產業發展，並培育菁英人才。

1-8. 5年內至少投入200億元研發經費，提升綠能產業之關鍵技術效率及協助建立自主化技術。

1-9. 成立「綠能產業技術服務團隊」，協助廠商全面提升技術水準。

2、拓展全球市場商機

2-1. 藉由2009年6月12日通過之「再生能源發展條例」獎勵投資與設備裝設，創造650萬瓩至1,000萬瓩之再生能源市場。

2-2. 「振興經濟擴大公共建設投資計畫」納入10%綠色內涵營造需求。

2-3. 補助新興綠能產品之示範應用。

2-4. 五年內政府將投入250億元，以推動再生能源與節約能源設置及補助。

2-5. 藉兩岸搭橋計畫強化能源產業之產業鏈，並擴大市場以利全球布局；同時規劃利用試點市場創造綠色產品商機。

2-6. 組織海外參展/拓銷團，規劃2年共20團以協助廠商儘速切入國際大廠供應鏈。

2-7. 運用新鄭和計畫支援出口貸款、轉融資與保險共計55億元，拓銷海外新興市場。

(二)調整能源及產業成低碳結構

台灣發展綠色能源產業具三大優勢：1、IT產業基礎厚實，製程及管理經驗豐富；

2、機電、金屬、複合材料、電子控制等傳統產業具製造能量與人力豐沛；3、國內半導體、薄膜平面顯示器人才基礎佳，優勢技術易移轉至綠能產業。因此欲調整產業轉型為低碳生產結構，宜先結合上述具優勢的產業，而政府之推動策略亦應著眼於領先全球之科技項目，強化研發策略規劃的深度及廣度，從消費面與供給面進行技術需求評估及技術地圖探討與布局，進而從其中找到適當之切入點，以具體掌握關鍵技術與成功策略。此外應強化能源產品之應用環境與溝通平台，提升附加價值，並建立國內各項能源產業相關產品之標準與驗證規範與制度，以確保產品品質加速拓展國外市場。

（三）培育產業科技人才

為強化產業人才之培育，行政院擬訂「2015年經濟發展願景第一階段三年衝刺計畫（2007-2009年）」，對於「產業人力」規劃部份聚焦於「整合人力供需資訊，適時調整人力資源策略」、「加強職能培訓/培育，即時補充產業技術人力」、「發展彈性學制，契合產業變動需求」、「鬆綁人事制度，加值產學合作綜效」四個重點，未來並將配合供需調查機制、培育、延攬及人力資源流通運用等相關措施，使培育機制能符合產業變動之需求。並確保高技術及高知識產業發展所需人力資源能達到「量足」、「質精」、及「彈性流通運用」的目標。同時在2009年全國能源會議中亦針對能源產業「延攬與培育頂尖科技人才」提出相關策略如下：

- 1、倍增菁英留學人數，厚植尖端科技及能源專才。
- 2、延攬國際人才，提升國際競爭力。

3、加強專才培訓、國際交流與接軌，引進與推廣新知及尖端技術。

三、國家能源產業科技主要政策目標

在達成能源產業科技發展目標的過程中，由政府制訂相關政策並引領公、民營機構全力推動與執行，是促成產業發展的重要關鍵。2008年9月4日行政院通過「永續能源政策綱領」，並以此為基礎進一步擬定「節能減碳行動方案」。該方案係彙集能源、產業、運輸、環境、生活等五大構面之節能減碳具體措施，輔以完善之法規基礎與相關配套機制之整體規劃。各構面之主要具體政策包括：

（一）能源面：

一方面朝向以水力、風力、無碳再生能源及調整能源供給結構等構面發展，另一方面藉電廠汰舊換新、改善輸電網結構、降低輸電線路損失等來提升電力部門之效率。

（二）產業面：

推動製造業朝向低碳結構調整，以逐年降低CO₂排放密集度，並發展具潛力再生能源與節能減碳產業，研發替代材料等，具體作法上包括推動太陽光電產業旗艦計畫與新興能源技術服務業等。

（三）運輸面：

建構智慧型運輸系統，如整合道路交通管理網絡；建立都市人本交通環境與綠色運具，如建置自行車道、交通寧靜區與行人徒步道等；推廣電動機車及計程車全面瓦斯化等。

（四）環境面：

以低碳節能綠建築為主軸，並推動節能照明革命，以提升住商部門用電效率達國際水準，並創造智慧節能家庭生活模式。

（五）生活面：

推廣全民減碳運動，倡導民眾及企業進行廢棄物回收利用。

（六）法規與相關的配套機制：

除推動「溫室氣體減量法」、「再生能源發展條例」以及能源相關法規之立法與修訂外，未來5年內將投入308億元成立能源國家型科技計畫，充實我國能源科技研發能量。此外，也將加速建置溫室氣體盤查等相關制度與排放清冊，並規劃國內溫室氣體總量管制及排放抵減（交易）制度。

藉由「永續能源政策綱領」明確之五大構面及法規與相關的配套機制之宣示，使引導能源政策會議，擬訂討論方向，再經由多方專家學者共同研商以達成共識，呈行政院核定，據以制訂推動方案與計畫以達成能源產業科技發展的目標。其中2009年「全國能源會議」以及行政院第29次科技顧問會議「綠色能源產業」結論，對未來能源產業之發展影響深遠。茲將重要結論摘錄如下：

2009年「全國能源會議」

2009年舉行之「全國能源會議」中，針對「永續發展與能源安全」、「能源管理與效率提升」、「能源價格與市場開放」、「能源產業與科技發展」等四項議題提出我國能源及產業科技發展的策略，其內容如下所述：

1. 永續發展與能源安全

(1) 我國溫室氣體減量目標共識：2025年的CO₂排放量回到2000年的水準，於2016至2020年間回到2008年的排放量。

(2) 研訂永續能源基本法

(3) 逐步建造再生能源示範生活圈

(4) 建造低碳城市與低碳生活圈

(5) 新增重大投資應以綠色能源產業及非能源密集產業為優先

2. 能源管理與效率提升

(1) 推動示範生態化工業區

(2) 新建築朝綠建築設計

(3) 推動建築物節能減碳標示制度

(4) 政府政策規劃應具「碳中和(Carbon Neutral)」概念

(5) 儘速通過「溫室氣體減量法」，以建構溫室氣體減少能量。

3. 能源價格與市場開放

(1) 以綠色電價觀點合理反映綠色能源價格

(2) 探討收購綠色電力合理價格之機制

(3) 建置先進電表系統與管理平台

(4) 檢討電價結構，加大電價級距納入節能誘因。

(5) 開放用戶購電選擇權

(6) 開放民間投資及參與發、輸、配電業，並設置電力調度中心，逐步開放電力市場。

4. 能源科技與產業發展

- (1) 重點研發新能源科技、再生能源科技與節能減碳科技。
- (2) 推動「能源國家型科技計畫」與「新能源產業旗艦計畫」。
- (3) 推動太陽光電及LED照明等，已具經濟規模之主力產業。
- (4) 協助風力發電、生質燃料、氫能、燃料電池(發電與運輸)、能源資通訊、輕型電動車等具潛力綠能產業之發展。
- (5) 三年內完成10萬戶太陽能屋頂計畫之推動。
- (6) 推動能源科學教育，推廣大眾與通識教育。

行政院第29次科技顧問會議「綠色能源產業」議題

在全球氣候變遷與節能減碳趨勢中，各國積極推動再生能源與節約能源產業，台灣必須快速切入全球能源產業鏈，開創台灣產業發展新領域。在行政院第29次科技顧問會議對於「綠色能源產業」發展的結論包括：

1. 綠色新政是國際潮流，政府投入綠能產業發展，應全面性的分析全球趨勢並進行深入研究，善用台灣產業既有優勢及人才基礎（如ICT等），選擇具特色之關鍵項目(如Smart Grid 或Battery)，集中資源全力發展。
2. 節約能源對二氧化碳減量具立即顯著貢獻，應優先投入節能技術研發與推廣，提高能源使用效率，以減少能源供應之投資。
3. 關鍵技術專利布局為綠能產業發展的要件之一，應透過政策指導與經費分配，善用學界之研發能量，強化綠能科技的創新，並利用能源國家型科技計畫進行相關基礎科技的研發；另藉由引介國發基金或創投公司提供資金協助業界

併購國外公司或引進專利，以強化智權，促使技術扎根。

4. 政府應訂定具投資誘因之合理再生能源躉購費率，以提升國內再生能源設置量，並藉由低碳島的示範建置，擴大國內綠能市場之應用，進而累積國內廠商技術能量與設置實績，以進軍國際市場。綠能產業的發展將不只是生產與製造，更應進一步延伸到能源服務與應用的新領域，擴大綠能產業的價值鏈。

四、能源產業科技相關政策目標的落實方案

2009年11月行政院為落實能源科技發展的目標，根據上節所述會議結論制訂行動方案。其主要的內容歸納為16項旗艦方案，包括：「綠色運輸網絡方案」、「綠色能源產業旭升方案」、「再生能源倍增方案」、「智慧型電表基礎建設(AMI)」，「產業結構低碳化推動方案」、「低碳城市方案」、「生態城市綠建築推動方案」、「能源國家型科技計畫」、「國家溫室氣體減量推動方案」、「永續能源基本法」立法、「能源發展綱領」政策環評、「長期電力負載預測與電源開發規劃」、「電業自由化方案」、「核能發電合理使用評估方案」、「能源價格合理反映方案」、「全方位能源科技人才培育方案」，上述16項旗艦方案執行期程主要為2010年至2012年，預計投入經費共計2,200億元，期能從能源、產業、社會、住商、運輸、科技等各構面達成以下之整體政策目標：

1. 整體面：完善國家溫室氣體減量及永續能源發展策略規劃，確立我國低碳永續發展政策藍圖。
2. 能源面：促進低碳能源發展，創造自由競爭電業環境，完善「智慧型電網及

電表」能源管理系統，引導能源供需端朝低碳化方向發展。

3. 產業面：引導產業結構低碳化，推展綠色能源產業，加速我國低碳產業布局及搶占低碳發展商機。
4. 社會面：分期建構低碳社區、低碳城市、低碳生活圈及再生能源生活圈，逐步推廣低碳能源的使用、節能設施的鋪設及低碳生活模式的塑造。
5. 住商面：深化綠建築理念、推廣綠建材，引領新舊建築朝綠建築方向發展，實施建築物節能減碳標示制度，營造城鄉綠建築新景觀。
6. 運輸面：建立綠色運輸系統，便捷公共運輸服務，加速自行車軟硬體的建設，營造低碳運輸環境。
7. 科技面：推動「能源國家型科技計畫」，發展國家能源科技重點研發領域，培養能源科技的高級人才。

前項旗艦計畫中與能源產業息息相關者可歸納成三大類，第一類促進綠能產業發展，如「綠色能源產業旭升方案」、「再生能源倍增方案」、「智慧型電表基礎建設(AMI)」及「產業結構低碳化推動方案」等；第二類型塑低碳城市，建置產業示範平台，如「生態城市綠建築推動方案」、「低碳城市方案」等；第三類 發展前瞻能源產業科技及培育產業科技人才，如「能源國家型科技計畫」等，分別說明如下：

「綠色能源產業旭升方案」行動計畫

行政院於2009年4月23日宣布啟動「綠色能源產業旭升方案」，以積極推動我國具有產業良好基礎及躍升能量的綠色能源產業，為使我國得於10年內發展

成為能源產業大國，引領台灣的社會邁入低碳化與產業高值化的境界。

行動計畫目標在於打造台灣成為能源技術與生產大國，並成為全球前三大太陽電池生產大國、全球最大LED光源及模組供應國以及全球風力發電系統供應商之一。其內容包括：

1. 以太陽光電、LED光電照明、風力發電、生質燃料、氫能與電池、能源資訊、電動車輛等7項為能源產業發展主軸。
2. 以技術突圍、關鍵投資、環境塑造、內需擴大、出口轉進等五大策略，加速產業技術滲透與升級，建立具國際競爭力之產業能量，搶佔國際市場。

「綠色能源產業旭升方案」行動計畫的執行期程為2009年執行至2012年，預計投入經費計約374億元。預估將能帶動民間投資2,000億元以上，綠能產業產值可望由2009年之1,603億元躍升至2015年之1兆1,580億元，並創造11萬個就業機會。

生態城市綠建築推動方案

行政院為推行節能減碳並活絡綠建築產業，於2008年1月11日通過「生態城市綠建築推動方案」後經行政院整合為16旗艦方案之一，其目的主要為推行節能減碳政策，期望以政策激發民間綠建築產業活力與積極參與之意願，並建置能源產業示範平台，擴大內需，以全面推動綠建築產業。為使綠建築產業持續茁壯發展，且擴大綠建築之層次至生態社區、生態城市，乃至北中南東四大低碳生活圈，以達成國土永續發展之目標，同時減少住商部門溫室氣體排放量。

方案內容包括：推動生態城市與綠建築概念，獎助地方政府與民間共同參與，建立綠建材市場機制，加強建築節能，並獎勵開創性綠建築設計，及更新診斷與改造既有建築物，提升建築能源效率，以擴大生態環境效益，獎助地方政府辦理綠建築推動方案及民間綠建築改善示範計畫與擴大綠建材標章評定項目及提升產品數量等。計畫執行期程自2008年至2011年，預計投入經費約20億元。

能源國家型科技計畫

依據 2007年全國產業科技會議所擬定之15項能源科技發展主軸，及同年12月行政院科技會報第23次會議決議通過之「能源國家型科技計畫」（National Energy Program；NEP）。能源國家型計畫旨在：

整合資源、規劃能源科技發展策略，遴選我國未來能源科技重點研發領域。以提升我國能源科技研發能量及培育產業科技人才，相關規劃內容說明如下：

1. 能源科技策略：研究能源政策，探討節能減碳、新暨潔淨能源、能源管理類、能源產業各類科技策略。
2. 再生能源技術：發展太陽能、風力發電、生質能源、海洋能源、氫能、核能工程及地質能源技術。
3. 節能減碳技術：發展淨煤、碳捕獲與封存技術、冷凍空調、建築節能、交通運輸、工業節能、照明與電器、植林減碳、智慧電網、先進讀表基礎建設等技術。
4. 人才培育：加強科學教育基礎研究、深化學校能源教育、宣導大眾科普教育、

技術規範建立與產品應用。

五、我國太陽能產業技術發展推動現況

行政院於2009年4月啟動「綠色能源產業旭升方案」，以作為我國能源產業發展的上位原則，並加速相關科技研發工作的進行。以下將就2007至2008年間政府推動我國能源產業科技研發之現況及成果進行說明。

一、太陽光電產業科技研發

太陽光電產業科技的研發及推動重點在研發於矽晶太陽電池技術、太陽光電模組技術研發、太陽光電系統技術研發、染料敏化太陽電池實用化技術及太陽光電模組驗證實驗室建置等，其主要推動重點如下：

(一) 提升太陽電池與模組技術能力達國際水準，包括薄型矽晶片太陽電池研製、封裝技術開發及太陽光電模組檢測驗證技術等。

1. 薄型矽晶片太陽電池的研製：目前已完成玻璃基板矽薄膜太陽電池枚葉式(cluster)設備設計，並完成PECVD腔體、透明導電膜LPCVD機台等關鍵模組的設計開發。在晶片研發上已完成4吋晶片與5吋晶片，其晶片翹曲度至1.1mm以下。

而於薄晶片鈍化層處理方面則可使載子生命期加長至30 μ sec以上。

2. 封裝技術開發：目前已成功開發大尺寸薄型矽晶電池模組封裝技術，有效提高最大輸出功率至310 MWp。且已通過IEC 61215測試並減少15%以上之矽原料之耗用。大面積電池效率最高光電轉換效率可達6.8%。

3. 太陽光電模組檢測驗證技術：藉由與德國萊因公司(TUV)太陽電池模組驗

證實驗室的技術交流，成功建立機械負荷測試與冰雹衝擊測試等設備系統檢測驗證技術。在薄膜太陽電池模組性能驗證上則完成IEC 61646驗證技術能量與測試設備建立、IEC 61730太陽電池模組安全驗證技術，和矽晶太陽電池模組驗證實驗室之CBTL國際認證作業。

(二) 積極布局第三代太陽電池技術，如染料敏化太陽電池實用化、軟性太陽電池技術開發。

在第三代太陽電池的染料開發上，目前已完成嘗試開發nanocomposite gel electrolyte，以 Al_2O_3 及 TiO_2 為粒子並可成膠。最新之技術發展已可用新型鈦金屬染料(CYC-B6L)組裝成電池，其經優化後光電流密度可大幅提升，且光電轉換效率可達到7.42%。

(三) 開發關鍵材料與設備

太陽光電製程設備開發上，選用4顆電池經過串聯的電池模組效率損失可在5%內並完成2,500小時UV測試。同時完成51kWp現地測試用太陽光電發電系統與監測系統，建立系統最佳化設計技術。

二、能源資通訊技術

能源資通訊技術產業科技的研發及推動重點包括：

(一) 併聯技術開發

完成100 kVA通用型併聯保護模組原型機製作及測試，其電力調節器最大轉換效率大於95%。

(二) 開發智慧型能源感測儀錶技術及能源監控管理平台完成具溫度、壓力、振動與轉速等感測功能之感測器，量測頻寬為精度12 bits、擷取速度12.5KHz，同時並具備2.4G/IEEE802.15.4傳輸能力與資料重傳機制。

(三) 開發家庭電器待機電力管理插座

完成具備主從管理功能之待機電力管理插座，可有效降低80%以上之家庭現有待機電力耗能。

(四) 分散型電網控制技術開發

開發出低功率無線及電力線通訊控制器，使用於家庭與工廠節能管理，可有效降低80%以上之家庭現有待機電力耗能。

此外能源資通訊技術產業科技的研發及推動尚有通用型併聯保護模組原型機製作及測試調校、台電系統衝擊分析技術開發、分散型電網控制技術開發、併聯規範問題檢討與推廣與節能管理控制器開發等。

三、電能儲存材料與系統技術

我國之電能儲存材料與系統技術之重點在於發展混合型之高功率中大型鋰電池，其產業科技的研發及推動重點在於：

(一) 開發混合動力用高功率鋰電池及材料系統

在高功率鋰電池材料之研發上，為提升鋰電池使用的安全性，其改善單元電池可通過穿刺、短路及18V之過充電測試。並開發8A h，144 V高壓電池系統，在112A連續放電下可送出80%額定容量。

(二) 鋰電池應用特性研究與應用技術開發

高功率鋰電池能量密度提升至80Wh/kg以上，重量功率密度可達2,600W/kg。電池10秒最大放電電流>160A、120A連續放電可送出80%額定容量。

四、建築節能與能源管理技術

建築節能與能源管理技術產業科技的研發及推動重點在於：

(一) 建築物外殼節能材料開發及應用

完成總陽光反射率 > 60%及VHR < 0.9之防眩光塗料備製與調光性能分析。含PDLC薄膜之電可調光膠合玻璃開發，以及結合紅外線反射塗層及紫外線吸收層製作全波段光智慧型元件。

(二) 節能建材功能測試及驗證

面積1,400×1,700厚100mm之整合型導光材料窗戶，可導60度以下低角度陽光，並於導光深度7m情形下提升照度達18.2~94%。

(三) 能源管理專家診斷系統程式開發

完成專家診斷系統包含日常節能指標EAC節能評估項目中空調主機、冰水主機、可變風量系統、照明系統等。

第四章 太陽能發電原理與國內及國際新型太陽能電池發展現況

我國政府於97年6月5日核定「永續能源政策綱領」訂出發展潔淨能源的目標，全國二氧化碳排放減量於2016年至2020年間回到2008年排放量，於2025年回到2000年排放量之水準。

聯合國氣候高峰大會98年12月在哥哈根舉行，全球192 個國家領導人聚集一堂，討論著如何透過節能減碳、會議中也達成協議，各國在2010年2月1日前，向聯合國提出2020年減排目標，對抗全球暖化的問題。

我國雖然不是締約國，現階段未規範減量責任，但以2006年CO₂排放總量居第22位(270.33百萬噸/年，佔全球0.96%)；人均排放量佔全球第16位(11.87噸-年/人)，未來勢必受到來自締約國之壓力。

政府目前正積極發展再生能源，減少碳排放量問題，其中太陽能光電發電更是當前政府大力支持發展的再生能源之一。推動太陽能光電系統，建置台灣

太陽光電發電系統的典範，進而將台灣光電產業系統推向國際市場成為世界的先峰。

一、取之不盡、用之不絕的太陽能

太陽幅射照到地球之光能量非常鉅大，達到 $18 \times 10^{13} \text{ kW}$ 其源密度約 1 kW/m^2 ，其中約有30%被大氣和雲反射到太空，剩下約 $12.6 \times 10^{13} \text{ kW}$ 分別到達大地和海洋，太陽每日照射在地球之能源 $12.6 \times 10^{13} \text{ kW}$ 僅佔太陽能源之二十二億分之一，若這些光能可以轉換成電能，則一小時太陽照射在地球之能源約可供應地球一整年之所需能源 ($1.4 \times 10^{10} \text{ kW}$) 消耗量。根據研究推測地球能源現階段可供開採的石油尚可採43年、煤174年、天然氣56年、鈾66年，但只要太陽繼續發光發熱，太陽能可以是取之不盡、用之不絕，研究推測太陽的壽命大約還能繼續發光發熱50億年。所以太陽能是免費的，取之不盡、用之不竭的能源，它又與石油、煤等石化燃料不同，不會污染地球環境是潔淨的能源。

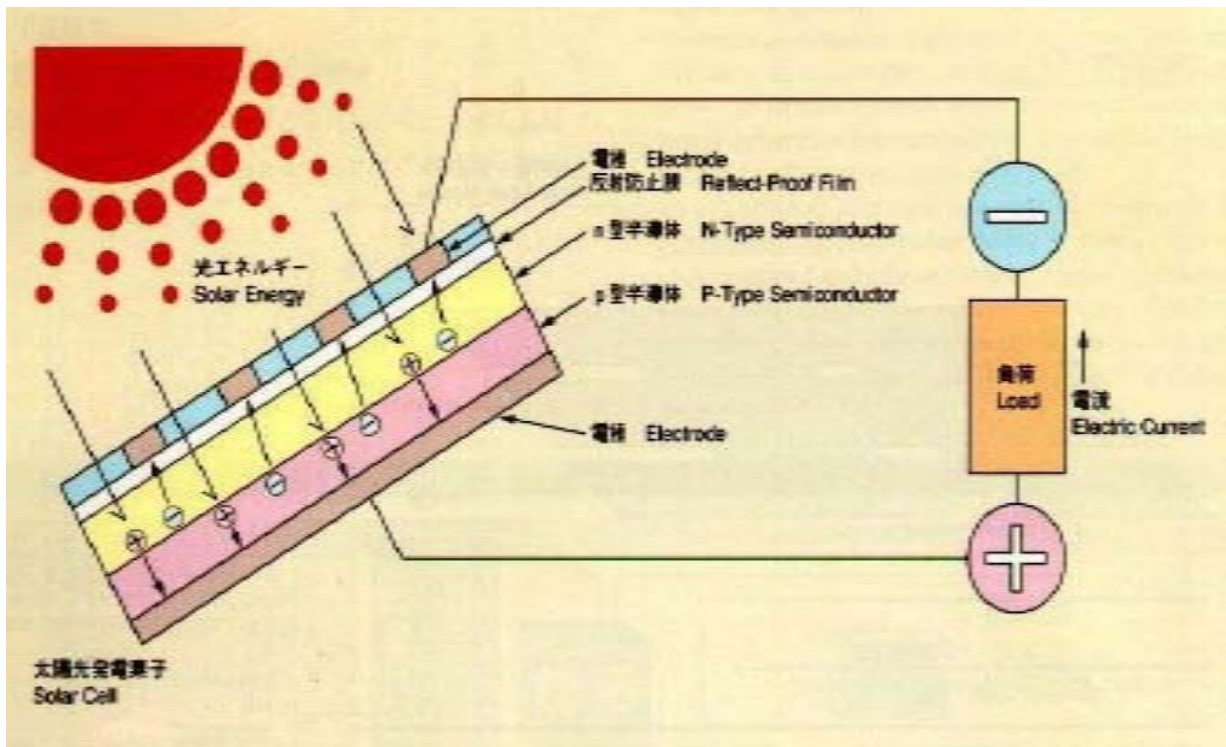
二、太陽能光電發電

(一) 太陽能光電發電原理

將太陽光能轉換成電能就是「太陽能發電」(Photovoltaic power generation ; 簡稱PV) 又稱光伏發電 (Photovoltaics) 。

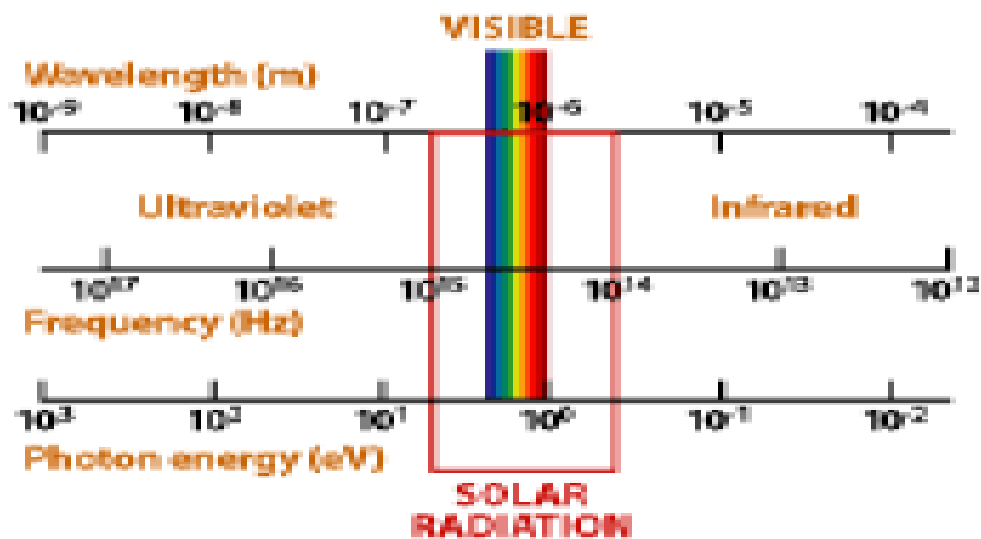
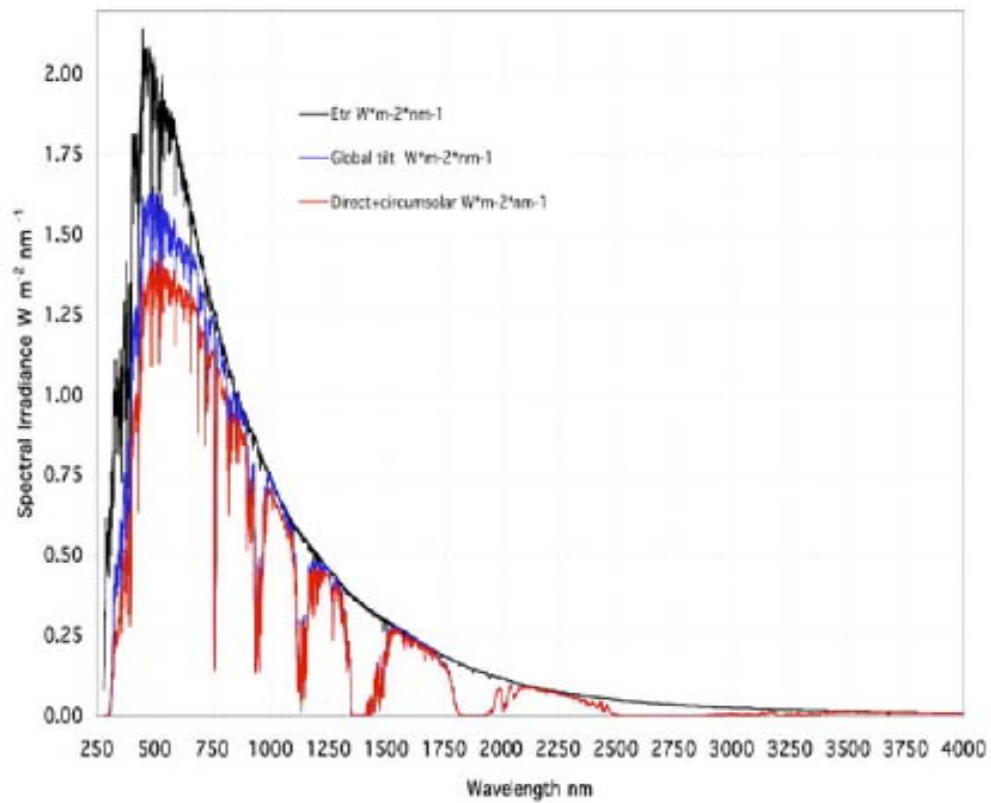
其發電原理是將太陽光照射在太陽電池上，太陽電池吸收太陽光能透過下層 p-型半導體 (電洞：原子少1個電子所形成的空位，常用為元素週期表IIIA族之硼) 及上層 n-型半導體(自由電子：原子多1個電子形成多餘的電子可以自由移動而

稱之，常用為元素週期表VA族之磷)，同時分離電子與電洞而形成電壓降，再經由導線形成外部回路傳輸至負載或使電氣化產品運作。如下圖所示：



簡單的說，太陽光電的發電原理，是利用太陽電池吸收 $0.2\ \mu\text{m}$ $0.4\ \mu\text{m}$ 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。如下圖：

ASTM G173-03 Reference Spectra



資料來源: <http://www.nrel.gov/ncpv/>

（二）太陽能光電發電特性

- 1、太陽光電又稱光伏發電，Photovoltaics(PV)，太陽電池(Solar Cell) 可將光能直接轉換為直流電能，但不會儲存能量，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。
- 2、太陽電池無需燃料、無廢棄物與污染、無轉動組件與噪音。太陽電池壽命長久，可達二十年以上。外型尺寸可隨意變化，應用廣泛(小至消費性產品--如計算機，大至發電廠)。
- 3、發電量大小隨日光強度而變，可以輔助尖峰電力之不足(併聯型)。
- 4、設計為阻隔輻射熱或半透光型模板，可與建築物結合(如BIPV型太陽能光電系統)。

太陽能是地球上最潔淨，也用之不竭取之不盡的能源，而太陽光電(photovoltaics；PV)之特點為利用太陽電池(Solar Cell)將太陽光能直接轉化為電能，是最便利且低污染、無噪音、安全性高、操作簡單、分散式之再生能源電力系統。可裝置在任何地方，任何大小，可獨立使用，也可以併網使用。太陽光電的運用對於抑制尖峰用電、環境保護等有極大助益。

三、國內外技術發展現況

太陽光電經過五十年的發展，除了設置成本仍然偏高，市場應用多元而廣泛，且已經是相當便利的發電技術。隨著石化能源的耗竭，各國也積極尋找替

代能源，而先進國家也認為太陽能應該是未來最有機會解決能源的技術選項，並積極透過政策手段補助，提高產業投資意願以大量生產來引導成本的下降。而目前世界各國推動太陽光電發電之多重目的包括：因應溫室氣體減量排放、因應能源危機發展多元化再生能源、建立分散式電力網路區域自主供電、創造太陽光電產業與就業等。

目前全球約有46個國家推動太陽光電發展，其中德、日、美及西班牙、義大利、韓國等國家均積極推動太陽光電發電系統之研發與設置推廣，而近年全球太陽光電發電容量急速增加，成為全球快速成長的產業。2005~2007年太陽光電系統市場平均年成長率為35%，依據European Photovoltaic Industry Association (EPIA)調查2008年全球太陽光電系統設置量5.5GWp，更較2007年大幅成長133%。目前各國政府雖普遍的支持太陽光電資源，不過依據EPIA調查，區域市場中仍以歐洲市場之設置量最大2008年4,503MWp占全球81%，另外過去十年全球89%的市場多集中在前十大市場，而2008年是個大驚奇，由於西班牙市場系統設置容量2008年超乎預期成長達2,511MWp；占全球市場45%，因此前十大市場更高達95%的占有率。

2008年驚奇之後會趨緩，尤其2009年西班牙補助額度減少一半，加上2008年第三季全球金融風暴影響延伸至太陽光電業，受到信用市場緊縮造成廠商撤銷訂單或客戶延後訂單，系統設置趨於保守，因此價格下滑，但此將會加速Grid Parity到來，可能再創更大的驚奇。且受到金融風暴之影響，日本、美國等國家為了刺激內需市場發展，反而逆勢加碼相關綠能產業投資，使得太陽光

電產業在不景氣的潮流下，未必悲觀。依據EPIA保守預估至2012年全球市場成長17%，樂觀預估34%。

(一) 太陽光電產品技術發展

由於太陽光電系統多元化的應用與更多創新性系統設計提出，除與建築物一體的系統設置、包括養殖魚場的系統設置，組合建物的系統設置等提出各式創新構想，而為選擇更適合之太陽電池應用與產生更佳效率及達到更低成本，因此在不同材料間也積極尋求研發更佳之太陽電池。

1. 未來十年仍將以結晶矽太陽電池為主

2007年使用單晶矽晶片製作之太陽電池市場占有率為42.2%、使用多晶矽晶片製作之太陽電池市場占有率為45.2%；相較2006年市場占有率分別為：單晶矽28.4%、多晶矽55.8%。2007年銷售統計結果，矽晶太陽電池的占有率89.6%(包括其他結晶矽：Ribbon、HIT)，其數字雖較2006年稍為下降，主要原因應為CdTe太陽電池的崛起，但隨者矽晶太陽電池價格的再降低，預計其在未來十年之內，仍占有重要地位。

2. CdTe成為薄膜太陽電池市場的霸主

III-V族半導體太陽電池雖致力於降低成本，但目前大多使用於聚光型系統(HCPV，包含聚光鏡、散熱板、追日裝置等)上。薄膜太陽電池雖有低成本潛力，市占率也逐漸增加，已經超過10%的太陽電池市場占有率，但開發至今仍無法有效克服效率低與穩定性的問題，另外生產設備成本昂貴。特別是非晶矽薄膜太

陽電池效率無法提升以及必須克服效率衰減的問題，預估將逐漸被非晶矽/微晶矽堆疊型(tandem)為主的矽薄膜太陽電池所取代。

美國的First Solar以生產II-VI族化合物太陽電池CdS/CdTe為主，2008年挾其低成本(<\$1/Wp)及約10%的模組效率，迅速躍居世界第二大太陽電池生產廠商，成為薄膜太陽電池市場的霸主，但CdS/CdTe太陽電池卻潛藏著環保的議題。銅銦鎵硒CIGS (Cu(InGa)Se₂，Copper Indium Gallium Disenillide)太陽電池則是2009年以後最被看好的薄膜太陽電池，若不是受到2008年底金融海嘯的影響，已經有許多的廠商躍躍欲試。但銅銦鎵硒CIGS太陽電池還是存在著製程量產不易控制的問題，使其真正能夠大量生產的時程一延再延。

奈米晶體染料敏化太陽電池是利用低成本奈米二氧化鈦晶粒和有機染料泡在電解質溶液中所製成，目前國內外已有許多廠商投入研發，國際大廠如Sony等也競相投入，是極具潛力的下世代太陽電池。

(二) 太陽光電技術發展方向

1. 矽材技術發展項目

太陽光電是政府重點支持之再生能源產業技術，由於國外環保綠色意識高漲及各國補貼政策導向，帶動國內太陽電池相關產業蓬勃發展。近期政府積極推動無碳再生能源使用與擴大發展低碳潔淨能源，將提高自主能源及潔淨能源比例為主要策略，其中太陽光能是最可期待之重點發展方向。太陽電池世代演進與發展的研發工作，必須找到一可伸展且持續開發的主軸與目標，才有可能

累積產業化的實力。產業化的要求不外乎「成本」與「效能」兩大因素，根據日本新能源事業部(NEDO)規劃的長程科技發展藍圖，太陽電池「發電成本」必須與傳統發電成本具相當之競爭潛力，方可免除政策補助之必要性。同時NEDO也指出，太陽電池的全面普及到Tera-Watts，將有待更新型的材料、結構與製程技術。基於上述理由，國內技術研發主軸為「低成本矽材電池先以技術」為主要標的，同時朝向奈米化發展以降低材料用量與成本，再以低成本冶金級矽為載具，並利用雞尾酒法結合各種改質技術製成低成本冶金級新結構太陽電池。

結晶矽太陽電池所以在全球市場能有如此大的比重，主要是因為其所具備的幾個特點：光電轉換效率高、基本技術成熟、高信賴性、發電特性安定，從利用於人造衛星，燈塔等的經驗，已知具有三十年以上的使用壽命。目前除在電池效率技術持續精進外，低成本多晶矽技術已為結晶矽太陽電池發展、普及與產業競爭之重要關鍵。

目前國內進行之相關計畫中，與矽晶電池研發為主之「低成本矽材電池技術」計畫為最主要之科研計畫，計畫內與矽晶關鍵原材料息息相關之「多晶矽火法冶金」技術，目標即為以發展建立國內自主研發、低成本之多晶矽生產技術為重點。其中製程技術發展項下設計，以一次熔煉、濕法冶金結合水噴粉體技術、火法精煉暨方向性凝固法，由冶金級矽純化至6N高純度多晶矽。學理上利用熱力學自由能差距反應設計，輔以濕式冶金酸化反應，將過渡金屬系統與三五族系統之雜質元素分批去除，再經由精煉條件最佳化設計後之方向性鑄造技術，使多晶矽鑄錠電性品質達到太陽電池原料可用之規格(solar grade)。除

了針對材料物理特性研發並持續改善，並進行pilot的規劃評估，尋求國內廠商投入pilot的建置，此外也將強化基礎研究，更明確解析電池表現與晶粒尺寸、材料純度及雜質等原料間之聯繫關係。全程目標除純度、效率等性能表現外，預期原料開發成本將低於20美元/kg以下，使國內相關產業廠家擺脫原料完全受制國外少數廠家之夢魘。目前在國內外技術發展情形如下：

（1）國外發展現況

近期國外技術發展上，仍以較成熟之西門子法多晶矽建廠擴廠為主，但由於傳統西門子法潛在之技術取得不易、擴充不易、耗能、污染、工安等疑慮問題，業界開始同時關心西門子多晶矽未來可能之競爭技術，2008年4月第5屆世界矽材會議後，公認以冶金法（或物理法）製備冶金級多晶矽（UMG）最有機會，也最受矚目，並在Elkem、JFE、Dow Corning、Nippon Steel、Timminco等國際大廠大規模投入研發下，一度深受矚目。

以中國大陸為首之冶金法多晶矽廠家，在技術與品質未臻成熟下，仍順著全球多晶矽缺貨之推波助瀾，使冶金級多晶矽以不成熟技術產品之姿強推入市場，未及站穩市場，即在2008年第四季後之全球金融風暴下，遭遇重大之市場與技術問題，熱潮暫退，並使冶金級多晶矽暫時退出市場，回到研發領域，惟此同時，受太陽電池需求減少，庫存過高難以去化下，導致全球多晶矽供需逆轉、價格大跌，亦間接造成西門子新廠建廠之資金與成本問題放大，加上全能生產與未來擴廠技術不確定性仍高，西門子廠在此波風暴下，並未能蒙獲其利，整體而言，冶金法雖退回研究領域，但對西門子法之潛在壓力仍大，國際

間多家大廠皆開始同時投入小規模冶金法研究，以保未來整體技術與產品線競爭優勢。

由於冶金法有漸成為國際發展低成本矽材之明日技術趨勢，因此國內以冶金法切入並已發展一種「可以大量生產」的「低價」太陽能電池級高純度矽原料技術為願景，期望能解決矽晶圓基(Silicon Wafer Based)太陽能電池原物料缺乏之困境，並藉以填補國內太陽能電池產業最欠缺，但卻足以決定成敗之多晶矽原材料供應端問題。在可預見的未來，以年產500噸、投資金額約新台幣5億元為設計基礎，除可創造產值超過新台幣10億元之直接產業效益外，透過技術移轉協助國內產業建立全世界最具競爭力之「太陽電池級矽」供應鏈，並垂直整合國內已臻成熟之下游模組業與中游晶片業，將可建構具侵略性之太陽能電池產業聚落。

(2) 國內發展現況

國內多晶矽材原料技術部份以西門子法為分界，非西門子法部分，以冶金法為例，長期欠缺佈局矽晶原材料精煉與冶煉技術領域，故相關人才極缺，矽烷類西門子法化工技術，則由於技術、工安與市場問題亦少研發，故當多晶矽材原料之產業問題放大時，加以國際相關各技術無完整Turnkey引進機會，國內產業顯得難以應變，在此情況下，國內產業亦如中國大陸一般，在國內成熟技術大廠不願暨轉下，仍以引進技術保證不完備之西門子次級技術團隊為新廠機會，包括正投入西門子建廠、評估與投資之財力較雄厚公司（如台化、福聚、科冠），而在非西門子製程之投入方面，因進入資本小，近期易熱，包括SRI

製程（元晶、旭晶源、山陽）及所謂碳熱還原法（太陽光、瑞晶），惟多僅止於極小批量投入試製，基礎研究人力投入極缺，而實際從事較大規模製程基礎研發者，僅止於工研院之火法冶金矽純化計畫，目前國內太陽光電產業鏈對多晶矽之殷切需求，因大環境景氣不佳而稍緩，但在未來三年內極可能在模組降價刺激大幅需求之預測下，再現多晶矽供需緊俏之覆轍，故加速投入相對低投資、低耗能之矽原材相關技術，仍是世界相關產業重點發展方向，對國內矽晶電池產業而言，發展穩定品質之多晶矽技術，搭配現有業者之矽基太陽電池效率提升技術，將有機會使國內已夠基礎穩定之太陽電池產業鏈擺脫原料被控制之惡夢，除期望多晶矽原料不虞匱乏外，亦希望能以低成本方式製備太陽能電池用多晶矽原料，以根本解決太陽能電池發展與普及之瓶頸問題，使台灣真正成為國際太陽電池品牌重鎮。目前工研院低成本矽材電池技術之開發，全程以實驗室級高純度多晶矽鑄錠為目標，多晶矽鑄錠內組成特性可達： $B < 1 \text{ ppmw}$ 、 $P < 0.2 \text{ ppmw}$ ， $(\text{Fe} + \text{Ti} + \text{Al}) < 0.5 \text{ ppmw}$ ， $\Omega > 0.5 \text{ ohm-cm}$ ， $\tau > 1.5 \mu \text{ s}$ ；目前純度技術進展約在5N~5N8間，採用低成本矽材搭配改質技術完成之太陽電池效率則可達>12%。

2. 結晶矽太陽電池技術發展項目

目前國內外製程技術之發展，皆是針對如何提高效率進行改進，同時亦必須考量到成本之降低。由於市場擴大，產品競爭性升高，一些大公司積極投入新技術的開發，目前提高效率方面，有些是現有製程之改良，有些則採用新結

構來改善效率。

在現有製程加以改良之技術上，有選擇性射極技術(Selective Emitter)、表面鈍化技術(Surface Passivation)、背面點接觸技術(Back Surface Point Contact)、黑面電池(Black Cell)技術等。

就新結構發展的技術項目，有IBC (Interdigitated Back Contact)結構、HIT (Heterojunction with Intrinsic Thin Layer)結構、MWT(Metal Wrapthrough)結構、EWT(Emitter Wrap through)結構、PERT(Passivated emitter rear totally diffused cell)結構、Laser-grooved Buried Contact結構等，已經開始為量產所運用。另有使用N-type晶片的太陽電池技術，也開始進入了接近產品的階段。其各項技術，目前在國內外技術發展情形如下：

(1) 國外發展現況

國外技術發展上，矽晶圓太陽電池之最高轉換效率(25%)，在2008年10月由澳洲新南威爾斯大學(UNSW)再度創下記錄，其所使用技術為PERT技術的延伸。而在較接近產業的技術上，UNSW的B. Tjahjono 利用雷射選擇區域摻雜的方式，產生低濃度摻雜的射極與高濃度的接觸區，來製作選擇性射極結構，使得電池具有較高的短路電流、開路電壓與填充因子，進而提高電池的效率，目前最佳化元件效率可達17.66% ($J_{sc}=35.15\text{ mA/cm}^2$ 、 $V_{oc}=633\text{ mV}$ 與 $F.F.=0.75$)。

在量產產品上，則有無錫尚德發表Pluto結構，其主要為利用雷射刻溝與電鍍製程的選擇性射極結構，其Finger線寬可細達 $25\text{ }\mu\text{m}$ ，間距為 1 mm ，顯見其有當高的射極阻值，最高效率單晶可達19% ($V_{oc}=642\text{ mV}$ ， $J_{sc}=37.23\text{ mA/cm}^2$ ，

FF= 79.5)。

美國SunPower所開發的指叉背接觸(Interdigitated Back-contact ; IBC)太陽電池。依舊是量產電池的最高記錄保持者，其特色在於將PN接合製作於背面成指叉狀，且電極只在背面配置，正面完全沒有金屬電極的遮蔽，增加了入射光線的數量。其最新設計將背面電極形成的n型和p型擴散層間隔從原來的2mm改為1mm，減少擴散層間隔使載子達到電極的距離縮短，進而提高了轉換效率達到23.4%。

而隨者IBC結構原始專利的即將到期，其他公司亦開始投入相關研究，最近的發表有德國最大的研究機構Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems (ISE)所發表的4cm²電池，效率最高可達19.3%(J_{sc}=38.2 mA/cm²、V_{oc}=655mV與F.F.=0.77)。以及日本Sharp所發表的IBC試產結果，其以CZ晶片製作，在backside的p/n之間加入n-的區域，藉由此項製程可將晶片效率提升至20.7%；另外，Sharp亦展示了利用SMT(Surface Mount Technology)的75W模組封裝技術，其FF在封裝後損失只有1%。德國Q-Cells亦開始投入背電極電池的研究，其藉由背面鈍化減少介面再結合損失，並增加金屬的導電度以及內部背面之反射，將效率提高到21.0% (4cm², Cz : J_{sc}=40.8 mA/cm²、V_{oc}=655mV、F.F.=0.79)，同時間將面積放大至100 cm² (厚度130 μm)仍得到20.5%之效率(J_{sc}=38.5mA/cm²、V_{oc}=677mV、F.F.=0.79)。

在多晶矽太陽電池方面，日本京瓷開發另一種型式的背電極電池，稱為金屬貫穿結構(MWT ; Metal Wrap Through)，其為在晶片上進行鑽孔，將表面的

Busbar藉由貫穿孔內的金屬導引到背面，如此，則可減少正面的Busbar遮光面積。在MWT結構上，配合高品質少雜質之多晶矽晶圓，以及乾蝕刻結構化表面吸光結構，另外減少電極線寬，將多晶矽太陽電池的效率提高到18.5%(面積150mm×155mm)。

M W T太陽電池亦有多家研究機構開始投入，荷蘭能源研究院(Energy Research Centre of the Netherlands，簡稱ECN)有關金屬貫穿電極太陽電池(MWT solar cell)的最新成果，提出將PUM太陽電池(即MWT)，和Pasha結構(rear passivation and conductance)結合的太陽電池，Pasha其實就是背面鈍化結構，但其背面不是用點接觸，而是用網印的對稱電極。其整合PUM與Pasha兩種結構的太陽電池稱為ASPIRe結構，亦即MWT + Backside passivation，得到最高效率16.4%的多晶太陽電池。

另外，日本三洋電機所開發的HIT (Heterojunction with Intrinsic Thin Layer)型電池，又提升了其製程技術，以更好的異質界面提升開路電壓 V_{oc} ，減少透明導電膜及非晶矽中的光學損失來提升短路電流 I_{sc} ，以串聯電阻的降低來提升FF，把電池效率從原來的22.3%提高到23%($J_{sc}=39.5\text{ mA/cm}^2$ 、 $V_{oc}=729\text{ mV}$ 與 $F.F.=0.8$ ，面積為 100.5 cm^2)。

其他方面，德國的Institute for Solar Energy Research Hameln /Emmerthal (ISFH)，與Eindhoven University的Hoex合作，發表使用原子層沉積鈍化的高效率太陽電池。其指出氧化鋁(Al_2O_3)的鈍化作用，主要是由於其鈍化膜內的負固定電荷(negative fixed charge)所造成，其並發表了配合氧化鋁(Al_2O_3)鈍化的PERC結

構，在p-type晶片上達到了20.6%的最佳效率，其參數分別為 $V_{oc}=660\text{ mV}$ ， $J_{sc}=39\text{ mA/cm}^2$ ， $FF=80.1$ ，在n-type晶片的最佳效率則為23.2%，其參數分別為 $V_{oc}=703.6\text{ mV}$ ， $J_{sc}=41.2\text{ mA/cm}^2$ ， $FF=80.2$ 。

另有其他使用n-type晶片的太陽電池，如ECN所開發的利用BBR₃製作正面射極，背面用磷的同時擴散做BSF，並在背面做Nitride的鈍化層，再正背面同時網印製作電極，其特點為在背面鈍化前浸泡硝酸製造氧化層，約可提高效率2%，結果在n-type晶片的最佳效率則為18.3%，其餘參數分別為 $V_{oc}=630\text{ mV}$ ， $J_{sc}=37.3\text{ mA/cm}^2$ ， $FF=77.8$ 。

如上所介紹，最近的矽晶太陽電池研發趨勢為高效率電池的量產化，其使用結構為如IBC、MWT的背電池結構，主要方向為增加光的吸收；另一方向為再結合作用的抑制，如利用表面鈍化的HIT，以及利用淺接合的Selective Emitter等；但不論何種結構，其可量產化都為現在研究的重點，從此，也可看出現在產業界對於高效率化的迫切需求。

（2）國內發展現況

國內目前主要的生產技術多向國外做Turnkey設備引進，在技術發展上，國內業者開始注意到Turnkey技術引進所衍生的效率限制問題，太陽電池廠商如茂迪、益通、旺能著手聘請國際知名學者來技術指導，開發高效率太陽電池。雖然未有正式的發表，但具一般了解其技術皆以選擇性射極技術為主，效率在單晶矽太陽電池上已可到達18%。但整體而言，國內太陽電池業界對於2010年以後的技術需求，或其後更高效率新結構電池的開發，目前仍缺乏具體佈局。因

此國內業者應結合實驗室的成效來強化自有技術的市場競爭力。

3. 矽薄膜太陽電池技術發展項目

矽薄膜太陽電池具有使用的矽原料較少、製造能源回收期較短及可形成透光型玻璃帷幕整合於建材中。此外，可藉著太陽電池轉換效率的不斷提升，其製造成本具有可降至每瓦一元美金以下的潛力，與其他技術相比，將會有很大的競爭力。而目前薄膜太陽電池中已大量生產且商品化的是非晶矽(a-Si)薄膜太陽電池，不過a-Si薄膜有嚴重的照光穩定性問題(照光效率衰退約20~30%)，以及光電轉換效率僅在5.5%左右，使得非晶矽(a-Si)薄膜太陽電池市場競爭力顯得相對弱勢。自1994年以來，電漿輔助化學氣相沉積(P E C V D)系統中使用的射頻(RF,13.56 MHz)電源產生器開始有研究單位以40或60 MHz之高頻(HighFrequency ; HF)電源產生器來取代，除了可增加鍍膜速度外，亦可有效降低離子對薄膜轟擊效應。而在沉積薄膜上，則一樣使用大量H₂氣稀釋，可產生具有照光穩定性較高之微晶矽(μ c-Si)薄膜，使得μ c-Si薄膜太陽電池研發開始熱絡。但不論是a-Si或μ c-Si單一能隙太陽電池，其效率很難超過10%。因此a-Si薄膜太陽電池與μ c-Si薄膜太陽電池串聯的堆疊式太陽電池，可有效增加太陽光譜的吸收範圍，效率將可超過10%，並可提高照光穩定性。

a-Si/μ c-Si堆疊式薄膜太陽電池為矽薄膜太陽電池的發展趨勢，要實現此新式太陽電池量產仍有技術瓶頸待突破：(1)a-Si薄膜穩定化技術；(2)高品質μ c-Si薄膜快速鍍膜技術；(3)透明導電膜製程技術；(4)介面層/中間層的結構設計。

(1) 國外發展現況

(a) 微晶矽薄膜沉積技術

在微晶矽薄膜沉積技術方面，2007年，Applied Materials (AMAT)成功以8.5代(2.2m×2.6m×3mm) PECVD系統開發出 μ c-Si薄膜；而AMAT目前展示的1.4m² a-Si/ μ c-Si堆疊型薄膜太陽電池模組，效率為8%(115Wp)。AMAT計畫藉由8.5代的高效率矽薄膜太陽電池的整廠輸出設備Turnkey Solution，將可有效降低薄膜太陽電池單位面積的成本，進而使每瓦發電成本小於\$1/Wp。

日本三菱重工(MHI)採用的VHF (60MHz)PECVD枚葉型機台是由2個p-doped型CVD腔體、2個Intrinsic型CVD腔體及1個n-doped型CVD腔體組成；使用的玻璃基板大小為1,400mm×1,100mm，電極設計則以梯形(Ladder-Shape)管狀電極來取代平板電極。VHF電漿源分別由梯形電極兩側引入，利用相調變(Phase Modulation)技術克服駐波效應的影響。MHI目前製作之a-Si/ μ c-Si堆疊型薄膜太陽電池模組效率約12.83%，且MHI已於2007年設立一a-Si/ μ c-Si堆疊型薄膜太陽電池廠，年產能預計為40 MWp。日本IHI則是採用U型管狀電極設計，當VHF(85MHz)電漿源引入電極內，利用管狀電極到轉折點之間的距離來解決駐波效應；日本Sharp除了利用管狀電極設計來鍍膜外，其VHF電漿源(60MHz)改採脈衝式，使氣相中的自由基互相反應時間縮短，減少聚合物產生的機會，為了後續的機台開發製作，sharp公司與日本東京電子公司(TEL)結盟於2008年末，以期能創造出在矽薄膜產業更大的價值。

Oerlikon踏進太陽電池研發的時間較AMAT早，該公司早先已經提供玻璃基

板1.4m²大的KAI PECVD量產機台給Ersol、CSG和Schott Solar等公司使用；KAI 1200 PECVD為枚葉式機台，為採用VHF(40.68 MHz)為電漿源，有兩個主要CVD腔體，其電漿頻率為40 MHz，玻璃基板面積為1,300mm×1,100mm，每個CVD腔體有10個反應室。由其a-Si薄膜鍍膜速度比較可發現，其不同鍍膜腔體及不同反應室的a-Si鍍膜速度幾乎相同，約為3.7Å/s，薄膜不均勻度則在12~16%之間。目前採用Asahi S nO₂:F玻璃在KAI 1200，a-Si太陽電池模組初始效率到達9.23%，其不同腔體和反應室內的不均勻度在5%之內。目前採用LP-CVD成長的ZnO:B薄膜在KAI 1200時，微晶矽薄膜的鍍膜速度約為5Å/s，薄膜厚度不均勻度為9%。經Raman量測，不管X-軸、Y-軸或對角方向的結晶程度皆介於60~70%間。其在1.4m²大的玻璃，做出a-Si/μc-Si堆疊型薄膜太陽電池，模組效率9.46%，為目前公布最高效率，並且開始銷售至世界各地，如：歐洲、中國大陸、台灣等。2009年4月起，已陸續將相關設備的銷售與維護業務交由日本東京電子公司(TEL)負責，因此Sharp、TEL、Oerlikon三方聯盟合作關係對矽薄膜產業產生的漣漪效應，值得期待。

日本產業綜合研究院(AIST)亦開發高壓枯竭法(High-Pressure Depletion; HPD)加上VHF電漿源來進行μc-Si的高速鍍膜。此技術是在狹窄電極間距離(<10mm)內施加高反應壓力(5~10 torr)，使SiH₄在氣相中發生枯竭現象，以利結晶矽產生。但當玻璃基板大到一定面積後，玻璃基板將有翹曲問題，如何維持電極間距離將有其困難度，有待相關技術門檻被克服，除了在製程技術上的持續改進外，日本三洋(Sanyo)亦研究發展局部電漿侷限化學氣相沉

積(Local Plasma Confinement CVD)技術與設備,來解決微晶矽薄膜高速鍍膜的瓶頸。

(b) TCO薄膜沉積技術

在TCO薄膜沉積技術方面,目前TCO基板可跟Asahi購買商規SnO₂:F透明導電玻璃;或是以濺鍍(Sputter)或低壓化學氣相沉積法(Low Pressure CVD)方式於玻璃上沉積ZnO:Al薄膜。德國FZJ IPV以Sputter方法製作ZnO:Al薄膜,各先進國也有進展,表面粗糙度較小,需再以0.5% HCl水溶液將Z表面蝕刻成有Texture結構來增加光的散射。但此法所製作之ZnO:Al薄膜波長在700nm之後會有吸收,這將影響太陽電池吸光層在長波段的吸收。

瑞士IMT便以LPCVD系統中為主,通入DEZ、B₂H₆和H₂O氣體,於基板溫度250℃下成長ZnO薄膜,表面結構為V形。藉由控制DEZ/B₂H₆比例,除了可製作有Texture的ZnO薄膜,所成長ZnO薄膜導電度高及載子濃度低,在紅外光的吸收較小。而當ZnO薄膜再經電漿處理過後,表面形態會由V形轉變為U形Texture。隨著電漿處理時間增加,所製作的μc-Si薄膜太陽電池其VOC及FF皆會上升,JSC小幅下降。這有可能是μc-Si在ZnO表面內部有微小凹凸不平之處不易成長,容易有空隙及缺陷產生,造成載子在這邊發生複合,進而影響電場分佈,使得VOC下降。但ZnO經電漿處理後,微小凹凸不平處消失,且由於Texture角度(θ)仍是相同,所以並不會影響光捕捉的效果,JSC也就不會有太大的變化。

Oerlikon技轉IMT的LPCVD-ZnO技術,並將面積放大為1.1×1.3m²,已於今年量產此機台。德國Ersol於2007年3月已採用LPCVD機台應用於a-Si薄膜太陽電

池的製作上。在LPCVD機台中，由DEZ/B₂H₆濃度可控制ZnO表面的凹凸結構，和其對光散射的結果。其Tact Time為3.4分鐘；Haze為10~25%；整片玻璃Y軸方向的片電阻介於10~8 Ω/之間，光譜在400-1,100 nm的穿透度大於92%。

(2) 國內發展現況

國內目前在薄膜太陽電池開發上，已宣布投入的廠商包括大豐能源科技、鑫笙能源科技、聯相光電、綠能科技、旭能科技、富陽光電、大億光能、宇通光能、奇美能源、八陽光電等10家。其技術與設備主要是由美國應用材料、EPV、Nano PV、瑞士Oerlikon、日本ULVAC等提供，大多數(八家)只有在非晶矽薄膜太陽電池，僅有少數(兩家)投身於高效率的薄膜太陽電池生產。而目前國外的太陽電池設備廠商、薄膜太陽電池製造商和研究單位在 μ c-Si大面積鍍膜技術都有其自行研發機台及系統能力，並且不可能將重要核心技術外流。國內目前都是直接外購設備來發展太陽電池，同屬重要的透明導電層玻璃(TCO glass)原材料，也掌握於日系旭硝子(AGC)與板硝子(NSG)兩家大廠，而對於面臨金融大海嘯過後所造成太陽電池模組價格直落與美國First Solar CdTe薄膜太陽電池競爭的雙重壓力下，除了必須將矽薄膜太陽電池轉換效率持續提高外，還必須將PECVD核心製程設備與透明導電層玻璃完成自製技術開發，才可使矽薄膜太陽電池製造成本達到美金\$1/W_p目標，提升國內矽薄膜廠商的競爭力。

4. CIGS薄膜太陽電池技術發展項目

薄膜太陽能電池近幾年發展迅速，至2008年底美國NREL已開發出光電轉換效率20%之CIGS薄膜太陽能電池技術，顯示CIGS薄膜太陽能電池光電轉換效率

仍有成長空間，此光電轉換效率已接近多晶矽太陽能電池，維持薄膜太陽能電池中光電轉換效率第一的優勢。因此，至2009年全世界已有二十幾家CIGS薄膜太陽能電池模組生產公司，顯示CIGS薄膜太陽能電池大量生產技術已漸趨成熟，對於後續CIGS薄膜太陽能電池產業發展與市場占有率提升有極大的幫助。現今CIGS薄膜太陽能電池技術種類繁多，並無標準製程技術可言，也因此，導致CIGS薄膜太陽能電池生產規模擴充緩慢，加上量產設備未標準化以至於現階段無成熟整線設備可供使用。

現有商品化CIGS模組效率在10-12%之間，最佳CIGS模組效率已達13%，顯示商品CIGS模組效率在三年內可達到13%；此模組效率代表在CIGS模組應用市場上，已能跨入屋頂型市場。故在未來應用市場中，CIGS薄膜太陽能電池模組已能應用於發電廠、屋頂型發電裝置、可攜式3C產品、太空與軍事應用及建築整合型發電裝置(BIPV)上。現階段製作CIGS薄膜太陽能電池模組技術有真空製程與非真空製程兩類；真空製程為現階段量產常用的製程技術，非真空製程技術著眼在未來5年之後，可大幅降低生產成本之製程技術；然而，不管是真空製程技術或非真空製程技術，都是在製作CIGS薄膜光吸收層，並使用不同製程技術達到相同目的；也因此，未來CIGS薄膜太陽能電池技術發展，在真空製程技術與非真空製程技術上會並行。

(1) 國外發展現況

目前國際上發展CIGS薄膜太陽能電池技術的國家以美國、德國與日本為主，其中美國是所有國家中發展最久，技術累積最完整也最豐富；德國與日本

技術發展時間較短，但在量產技術開發部分最積極，表3-2-2-2為現今CIGS薄膜太陽能電池技術重要公司。大部分都是真空製程技術，只有美國Nanosolar屬非真空印刷製程技術；真空製程技術公司中，以美國GSE與德國Würth Solar使用共蒸鍍製程技術，此兩家公司在製程技術開發上各有獨特之處；另在濺鍍製程技術部份，德國Avancis、Sulfurcells與日本Showa Shell、Honda都是濺鍍技術的開發者，也因為，製程技術多樣性導致CIGS薄膜太陽能電池產能擴充速度緩慢，後續CIGS薄膜太陽能電池量產發展，在這些公司的拓展下前景可期。

（2）國內發展現況

國內相對於國外對CIGS薄膜太陽能電池技術開發較晚，在基礎研究與量產技術開發上相對不足，如何在短時間內追趕上歐美日各國技術水準，應是現階段政府與產業界需要共同努力的方向。現階段國內廠商投入CIGS太陽電池研發現況，國內廠商投入的時間只有3-4年，在技術累積與發展相對不足下必須面臨大量生產的壓力，應是現階段廠商投入後欲突破的困境。因此，購買整線製程設備與技術的公司有一家，利用自有技術整合現有設備的公司有三家，可提供整線量產設備公司有一家，這些公司在未來國內CIGS薄膜太陽能產業中扮演著相當重要的角色，也是國內推動CIGS產業發展最重要的動力。

5. 奈米晶體染料敏化太陽電池技術發展項目

染料敏化太陽電池是屬於第三代的有機太陽電池，具有低成本與矽薄膜太陽電池能源轉換效率相近的特性。這是因為它選用的原料成本低加上製程容易與簡單的製程設備，可有效的降低太陽電池發電成本至所預測的US\$0.2/W_p。

1991年第一個高效率染料敏化太陽電池由Prof. M. Gratzel於Nature上發表8%的能源轉換率後，近來其光電轉換效率更提高到12.2%，第三代分子級仿生太陽電池於是成為再生能源的主要研發方向之一。此外染料敏化太陽電池不僅成本低廉，僅約傳統矽基材太陽電池成本的1/5~1/10（視製程與有機材料成本而定），對於商業化推展有相當大的助益，另一項特點是染料敏化太陽電池具有半透明（Semi-transparent）的特性，因此適合於建材化（特別是建築窗材）的整合，相當適用於需要大量空調與照明電力負載的現代化玻璃帷幕大樓，同時作為遮陽、絕熱及發電利用的功能，達到建築物節能與產能的雙重能源效益，極可能成為下一世代廣泛應用的太陽能利用技術。

在染料敏化太陽電池相關研發上，目前仍是基礎研究及實用化研發兩者並重。前者大多由具學術性的研究單位進行，重點在相關工作原理之基礎研究上；後者部分則多由工業界或相關研究單位進行製程研發、大尺寸化、製程放大、效率提升及穩定性等實用化相關研究。

（1）國外發展現況

染料敏化太陽電池的商品化發展目前以日本最積極投入，不論從專利申請數或論文發表數而言，染料敏化太陽電池的研發活動，在全球屬日本最為活躍。可是若從商品化的層面來看，則只有透明導電膜、二氧化鈦漿料(Paste)、封裝膠材等零件材料的少量銷售，其他如染料、電解液則僅是在提供試作樣本的階段。

在玻璃基板方面的模組化中，除了Aisin精機與Fujikura外，Sharp和Sony等也進行著大面積化、耐久性的測試評估與實用性的發展。在塑膠基板方面的模組

化中，Peccell在愛知萬國博覽會(2005年)會場展。現階段國內廠商投入CIGS太陽電池研發現況銖德/銖寶新能綠陽正峰威奈聯合CIGS製程技術共蒸鍍濺鍍濺鍍印刷塗佈濺鍍模組尺寸60cm x 120 cm、110 cm x140 cm、110 cm x140cm、110 cm x140 cm、730 cm x950 cm產能>25 MW、30MW、30 MW、30 MW >10 MW專利佈局無靶材製程設備建置方式自行整合Centropherm turn-key自行整合自行整合自行整合30cm×30cm之大型面板的耐久性試驗等，呈現出邁向實用化技術的開發之路。日本的模組開發狀況，日本以外地區染料敏化太陽電池的商品化源自於接受EPFL專利授權的Solaronix和Dyesol。Solaronix的主要事業是銷售染料、二氧化鈦漿料等耗材給各國企業及研究機構，也販售10cm x 10cm的展示模組。

STI則在1995年取得專利授權後，經過1999年模組的開發，於2001年完成商業生產規模的發電模組的製造設備。2002年納入了CSIRO及墨爾本大學的大面積染料敏化太陽電池，詳情可參考其網頁的介紹。該公司在2003年與瑞士的Greatcell合作，最近並實質地與Dyesol展開整體性的營運(Dyesol-STI)。Dyesol在2005年12月與希臘的企業簽訂合作開發染料敏化太陽電池製造設備的契約，被認為其商業量產的活動相當活躍。2005年之後Dyesol更積極推廣染料敏化太陽電池的產業化活動，相繼於韓國與歐洲強化其設備與應用開發。

在模組方面，與Solaronix共同研究的荷蘭的ECN則展開單電池12,000小時的安定性驗證工作，在第三屆太陽光世界發電會議中，率先發表其30cm×30cm的試作品，然而此後未再有進一步的報告。此外，德國的INAP也一樣，於

1999年以112cm²的電池獲得轉換效率7%的報告，可是之後就無進一步的報告出現。在美國，接受軍方合約的Konarka公司，則強調其以Roll-to-Roll技術進行塑膠薄膜型可撓式染料敏化太陽電池的開發。

此外，在中國、台灣、韓國，於大學或公家機構都有針對基礎研究與邁向實用化的發展上，嘗試製作大面積模組(中國)或塑膠基板(韓國)的染料敏化太陽電池，期待早日能達到實用效果。上述各公司及研究單位的模組開發動向，整理如表3-2-2-5所示。

2) 國內發展現況

國內工研院自2002年投入染料敏化太陽電池的開發以來，積極建立各元件材料的開發與製程技術，同時積極與國內產學研專家合作，已在國內建立良好的基礎；目前已建立TiO₂漿料製作技術、陽極多孔性薄膜與陰極網印製作、離子液體合成、電解質溶液配方、封裝技術與大面積電池10cm×10cm製作等多項自主性技術，並以自行開發之材料製作出高穩定性的染料敏化太陽電池模組，其光電轉換效率已達到世界水準。

在10cm×10cm大面積電池開發方面，根據以往研究結果為基礎，在染料敏化太陽電池的效率提昇部份，可著眼於金屬電極製程參數優化，電極活性面積設計、網印條件設置、TiO₂電極厚度及燒結條件最佳化、染料純化、電解質優化、玻璃間隙控制等部分進行，結果在75%的活性面積之下，可以得到6.47%的效率。

以活性面積75%之長條型電池進行製程優化，針對工作電極進行成膜最佳

化，根據文獻表示將UV-O3加入TiO₂網印製程中，可減少TiO₂膜中binder的殘碳量，增加染料吸附量，使受激發之電子具有較長的電子壽命進而達到效率提升之目的。因此將TiO₂網印製程進行調整，於步驟中加入UV-O3之處理步驟；另外，對金屬電極製程做參數優化，提高電池製程穩定性後，以染料N719，電解液系統為AN溶劑為主進行電池製作，結果可得一最佳電池性能，其電池開路電壓為0.69V，閉路電流為15.81mA/cm²，填充因子為0.64，轉換效率為7.0%，電量已可接近0.5W。

而目前染料敏化太陽電池的議題，仍然著重於效率和穩定性，如何進一步提升電池效率、製程良率、長效測試甚至放大至大面積模組技術是工研院努力的重點，由其當活性面積越高其效率未必會增加，其間必須克服封裝、面電阻、圖案設計與製程穩定度，未來期待可朝向整線製程方向邁進。

目前國內在能源局、國科會及工研院的整合之下，由學界針對較具基礎研究及前瞻之議題進行深入探討；工業界或相關研究單位則進行製程研發、大尺寸化、製程放大、效率提升及穩定性等實用化相關研究。目前國內工業界以先期研發為主；研究單位則以工研院太陽光電科技中心及學界的研究團隊為主。

6. 太陽光電模組技術發展項目

太陽電池封裝主要目的為保護模組內部的電池與連結之線路，或將電池黏著在(玻璃)基版上，不受外界空氣中水份、氧氣、及灰塵等的侵害，或是因為與電池接觸材料的衰敗及金屬層離子的解離擴散至電池內部而致降低光電轉換效率，若選用良好的封裝材料，不但使電池內部不受外界的污染並可延長模板之

使用壽命。

在太陽光電模組方面，有三大重點目標：(1)降低生產成本；(2)提升轉換效率；(3)通過可靠性測試。

為了達成此一目標，包括歐盟與NEDO等都致力於開發薄型太陽光電模組封裝技術以降低模組成本，但2008年底至2009年初，隨著多晶矽價格大幅下降，短時間內晶片成本不再是主要困擾問題，薄型矽晶模組封裝技術暫時不為主流重點，降低成本與提升轉換效率的重點方向仍以積極開發高效率模組封裝技術，減少封裝功率損失提升模組效率為主。在薄膜模組封裝技術部分，國外驗證實驗室統計發現薄膜模組在加速環境老化測試容易失敗，尤其是高溫高濕與濕漏電流測試，因此薄膜模組封裝技術將以開發高壽命、高可靠性的封裝材料與模組結構為主，以降低成本。

高效率模組封裝技術方面，太陽模組封裝材料之性能會降低模組封裝效率，需針對模組封裝材料的光學損失及封裝焊接材料的電學損失進行研究，以建立高效率模組結構設計技術與封裝材料技術。高效率模組封裝技術研發方向，一方面降低模組封裝材料界面接合所造成光反射，另一方面針對封裝焊接材料成份與新形式串接技術開發，降低電學阻抗的損失，此外隨著各種新結構的電池開發，未來新結構太陽電池模組封裝技術開發將成為自主高效率模組技術的重要關鍵。

(1) 國外發展現況

依據日本NEDO和歐洲EU在太陽晶片與封裝模組效率指標顯示，2010年矽

晶模組效率約為16%；至2013年模組效率為17%；至2015為18%；至2020年為20%。目前技術發展方向如下：

(a) 發展光學界面減損技術，增加模組入光量。目前結晶矽太陽電池最為成熟的產品幾乎全是H-grid電極設計，模組效率約在12~14.5%之間，為了減少封裝效率損失，增加模組入光量是解決方法之一，如Saint-Gobain Glass及BP Solar Isofoton等公司在玻璃表面使用多層式抗反射鍍膜處理及表面纖化結構設計以提升模組入光量，減少封裝損失。

(b) 發展新結構高效率矽晶電池封裝技術，提升模組效率。傳統H-grid太陽電池之封裝需進行正、反面導電條串接，此模組技術常見的缺點有：電池表面電極遮光，造成效率下降；電池正、反面串接動作，易造成破片，導致生產良率下降，對薄型晶片封裝更是考驗；相鄰電池之正、反面串接需預留較大的電池間距，產生電池排列無法太過密集，降低模組有效發電面積等。因應這些問題，國際大廠紛紛投入高效率背電極結構太陽電池技術開發，針對不同背電極設計將有不同封裝技術需求。SunPower是最具代表性的公司，由自有高效率電池IBC結構技術發展至高效率模組技術，於2009年中已可量產19.6%效率的模組；ECN利用MWT背電極太陽電池技術發展模組整線封裝技術，於2009年4月發佈模組效率可達16.4% (aperture area)，並準備進行IEC 61215驗證測試，證明新結構模組封裝技術可以符合太陽光電品質要求，該技術已技轉給Solland公司。其他，如Kyocera、Sharp等國際大廠，亦正式宣告實驗室研發進度，但尚未量產。Advent Solar使用EWT背電極技術發展新結構電池，並擁有整合的模組封裝專利，於1997

年獲證，稱為MMA (Monolithic Module Assembly)技術，已有量產實證，但量產模組效率並沒有比現有H-grid電池製作的模組高，因此將回到實驗室階段繼續研發。由此可見，新結構高效率電池封裝技術，是一專屬的高效率電池至高效率模組的整合技術，國際上各研究單位與大型公司競相投入，但並不是大家都成功。

(c) 改良式H-grid傳統電池之高效率模組封裝技術：傳統H-grid電池模組短期內仍為市場主流，因此有公司針對傳統H-grid電池的封裝技術進行改良，如Day4公司。透過密佈銅線與電池finger直接接觸，使電池可以不需透過遮光面積較大的導電條傳輸電流，降低遮光損失，並具有降低串聯電阻之功能，減少封裝損失。

(2) 國內發展現況

國內工研院自1995年投入太陽光電模組技術的開發以來，積極建立各種產品的開發與製程技術已在國內建立良好的基礎，目前在標準型太陽光電模組與雙層玻璃透光型建材一體型模組。在生產設備都朝自動化量產設備，設備以來自德國、日本與美國，與世界一流廠商同步，廠商包括頂晶、奈米龍、茂暘、立、知光、生耀、全能等。雖然國內市場規模較小，唯有靠歐美國際市場外銷為主，但近年來成長迅速，同時搭配工業技術研究院與德國TUV之驗證實驗室建立，更有助於業者快速發展，成長可期。國內發展現況大致如下：

(a) 雙層玻璃透光型建材一體型模組開發：近年來由於能源局推廣方案如Solar Top、世運會大型系統的推出，帶動國內雙層玻璃透光型建材一體型模組研究開

發，目前業界能製作模組尺寸已到達2m×2m大型模組。建材一體型與建築結合形成美觀之外表，並具發電與降低成本雙重效益，在臺灣人口密度高，土地稀少，若能有效充份利用建築物有效面積，又能對環保盡一份力量，相信是未來之趨勢。(b) 太陽光電模組驗證測試：目前太陽光電模組驗證測試包括IEC 61215與UL1703。其中通過IEC驗證在歐洲與日本市場銷售較易獲得消費者認可，而UL驗證是進入美國市場必備的。目前國內廠商皆大都已送德國TUV進行驗證，今年已有四家取得IEC驗證。而已有多家正向UL送測中。而未來正朝IEC 61730之安全性規範的驗證，為世界之趨勢。

(c) 太陽光電模組朝大尺寸化：太陽光電模組朝大尺寸化亦為降低成本之方法，目前國內模組廠正都以210W大型模組為主，在框架結構強度，模組絕緣與接地，接線盒設計上都達國際要求。

(d) 太陽光電模組之效率提高：高效率模組封裝技術方面，針對光學特性要求，選用適當材料，另一方面針對封裝焊接材料之焊接可靠度提升，降低電學阻抗的損失。另外，工研院亦進行高效率新結構太陽電池模組封裝技術，為下一波主流技術進行佈局。

(e) 國內封裝材料自主化：透過工業局主導性新產品補助計畫，國內廠商紛紛進行封裝材料開發，如EVA與焊接導電條等，強化材料自主，加深國內在太陽光電產業的佈局。

7. III-V族太陽電池技術發展項目

不同於矽基太陽能電池技術，III-V族化合物半導體材料可形成二元、三元、

四元化合物組合；多為直接能隙；具有較高的吸收係數；且可吸收太陽光譜能帶較廣；耐熱程度佳，有助提升太陽電池光電轉換效率。現階段新穎III-V族太陽電池設計可分為兩大部分：第一，利用III-V族化合物半導體材料特性所組成之異質接面結構(heterostructure)多接面(multi-junction)堆疊式太陽電池，如圖3-2-2-1所示。這些新穎的設計是以不同能隙的化合物材料依序分層堆積，如：磷化銦鎵(InGaP)能隙約為1.9電子伏特(eV)；砷化鎵(GaAs)能隙約為1.47電子伏特。一般而言，矽晶材料吸收太陽光譜為400~1,100奈米波長之可見光。而III-V族多接面太陽電池可吸收300~1,900奈米波長之可見光能帶，轉換效率因此大幅提高。目前以砷化鎵為主的太陽能電池轉換效率約為18~40%。未來，這些太陽能電池轉換效率具有達45%以上的潛力。第二，太陽電池聚光式模組應用，聚光模組透過追日系統(s u n tracker)與菲斯涅爾透鏡(Fresnel lens)將入射光聚焦至一小面積內，由聚焦倍率來設計所需太陽能晶片大小(如圖3-2-2-2)。因而所需之太陽能電池晶片面積可大幅減少，連帶降低太陽能電池製作成本。III-V族化合物太陽能電池搭配高倍率聚焦模組，系統轉換效能也相對提高。目前西班牙已有首座300萬伏特的聚光型III-V族太陽能發電廠，之後另有一座1,000萬伏特的電廠待完工；希臘也計畫興建一座160萬伏特的發電廠，以及規劃提高到1,000萬伏特。表3-2-2-6為

近年來國際間完成或已簽約興建之高功率聚焦式太陽能發電廠。另外，目前多接面III-V族太陽能電池搭配聚光式模組系統的發電成本每瓦約2.5~4美元，低於高功率聚焦式矽基太陽能電池組的每瓦4美元。聚光式模組由於發電功率

高，市場上常將之定位在100千瓦的應用產品上；又其佔地面積小、土地利用率高、發電單位成本相對低廉；又我國III-V族半導體磊晶技術上的成熟度、磊晶片高良率、商品化的高產能在國際間具有高評價，故綜合上述特點我國適合在此領域深耕發展。

(1) 國外發展現況

國外技術發展上，目前最熱門的三接面磷化銦鎵/砷化鎵/鍺太陽能電池轉換效率約為35~40.7%。其中最高紀錄40.7%為美國Spectrolab公司所創下，又緊追在後的Emcore公司也有高達39%的多接面III-V族太陽能電池產品。2008年，美國能源部再生能源實驗室(National Renewable Energy Laboratory；NREL)與Emcore公司研究證實，利用晶格不匹配磊晶長成的多接面太陽能電池已經能夠與三接面磷化銦鎵/砷化鎵/鍺太陽能電池匹敵。這項研究使用所謂的反向變質多接面(inverted metamorphic multi-junction；IMM)技術，其中包含成長具晶格匹配的磷化銦鎵及砷化鎵接面到鍺或砷化鎵基板，而磷化銦鎵則是第一個底部太陽能電池(subcell)沉積在鍺基板上的研究。任何差排(dislocation)被限制在低能隙的砷化銦鎵(InGaAs)接面，該接面沉積在磷化銦鎵/砷化鎵雙接面的頂部。關鍵在於這個設計維持磷化銦鎵/砷化鎵接面品質將控制元件整體轉換效能。經模擬在AM0照度(AM0 illumination)及沒有聚光系統下可以提高轉換效率至39.4%。Emcore公司估計在2010年可利用此技術將轉換效率提升至45%。此外，國際商業儀器公司(International Business Machines Corporation；IBM)在聚焦式模組用的冷卻系統上也有顯著的改良。利用新開發的緩流注入(Lenient Steam Injection；

LSI)冷卻系統在太陽能電池晶片與冷卻用的銅片間置入一層含有銻與銦的化合物金屬層，可使整個電池模組至多溫度上升至85℃，減緩聚光式太陽能電池晶片因高熱造成元件操作不穩定。下表3-2-2-7為世界各大廠所製造堆疊式III-V族太陽電池之相關資料：

(2) 國內發展現況

國內發展方面，由於我國已成為世界前四大太陽能電池製造國家，長期以來投注大量心血研發太陽能相關產品。尤以國內各大廠擁有成熟的有機金屬氣相沉積(Metal-Organic Chemical Vapor Deposition；MOCVD)技術；製程從前段到後段，包含晶棒 (ingot)、晶圓、晶片、模組(module)每一個環節都有相關廠商支援供應。在太陽能晶片製程中每個環節皆需要嚴格的品管，因製程中若良率有參差不齊的狀況，則會影響太陽能電池模組的發電功率。

國內目前III-V（俗稱三五族）太陽能電池計有(按筆畫次序)太聚、日立、台達電、全新、東貝、佰鴻、海德威、華上、華旭、晶電、嘉晶、億光、億芳、慶聲、禧通、穩懋、瀚昱能源等公司投入此產業。其中，台達電已宣布與美國Spectrolab公司共同合作開發完成轉換效率超過35%的III-V族聚光型太陽能電池接收器模組，並積極開發矽晶圓以外的太陽能電池替代材料。在上游砷化鎵磊晶的部份，全新光電挾其在發光二極體(light emitting diode；LED)與異質接面雙載子電晶體(heterostructure bipolar transistor；HBT)元件磊晶技術，目前暫居領先地位。全新光電先前取得原子能委員會核能研究所聚光型太陽能發電系統

中的太陽能電池標案中，當時在500倍的聚光倍率下轉換效率已達34.2%以上，不過目前已進展至逾38%；而華上光電產品之轉換效率亦達35%；晶元光電則因起步較晚，目前轉換效率已突破30%；另外，億芳能源為億光電子於III-V族太陽能產業的布局公司，業已投入太陽能電池研發與設計。在國內相關大廠紛紛投入或布局下，無疑是看好III-V族半導體於太陽能上的應用與市場潛力，表3-2-2-8為國內在聚光型太陽能電池相關的產業供應鏈。

學術界方面，國內如：台灣大學、清華大學、交通大學、成等，在研究III-V族材料科學的人員培育上更是不遺餘力。每年在國際期刊發表之論文數量與投入相關產業的就業人力亦逐年提升。

8. 聚光型太陽光發電技術發展項目

依據2007年10月20~22日產業科技策略會議結論，聚光型高效率太陽電池技術已列為太陽光電科技發展目標之一。2009年4月23日行政院提出「綠色能源產業旭升方案」，將太陽光電與LED產業歸類為主力能源產業(能源光電雙雄)，期望於2015年形成完整太陽光電產業聚落，為全球前三大太陽電池生產大國。再者，在行政院積極推動下，「再生能源發展條例」已於2009年7月8日由政府頒佈，必可有效帶動太陽光發電之國內市場需求，讓我國之太陽電池產業，因內需市場之出現而進入一個更穩健發展且更具國際競爭力之階段。而高效率聚光型太陽電池係由III-V族化合物半導體材料製成，此一材料亦是製作LED元件的主要材料，我國無論在專業人力及產製設備上皆具有極高的國際競爭力，因此，基於台灣相關光電半導體雄厚產業基礎及政府大力支持之雙重效應下，

將有利於我國推展聚光型太陽光發電產業，並進軍國際市場。

(1) 國外發展現況

高聚光太陽光發電(High Concentration Photovaltaic；HCPV)技術係採用聚光透鏡將太陽光能量匯集於一焦點上，入射於小面積且國內在聚光型太陽電池相關的產業供應鏈國內聚光型太陽能電池產業供應鏈有磊晶晶片太聚能源，全新光電，晶元光電，華上光電，嘉晶電子，禧通科技，穩懋半導體，瀚昱能源。晶圓封裝海德威電子。試驗設備慶聲科技。太陽能模組立碁光能，東貝光電，佰鴻工業，億光電子，億芳能源。接收模組台達電子，華旭環能。

高能量轉換效率之太陽電池表面，以大幅減少太陽電池之使用量，進而達到提升效率並降低成本的目標。依據美國能源部評估資料顯示，高聚光太陽光發電系統在聚光倍率達1,000倍及太陽電池效率為40%時，系統的建置成本將有機會降至約1U S D/W，與傳統化石燃料發電系統建置成本相當，極具市場競爭力。

根據Photon International雜誌的資料顯示，聚光型太陽電池的市場自2007年到2008年，由25MW增加至85MW，到了2010年，美國E M C O R E公司預估，市場將成長至500MW。另依據日本Sharp公司於2007年2月在CSI Research and Development Workshop發表之評估資料顯示，自2010年起，傳統單、多晶矽太陽電池之市場將趨於飽和，未來將由新興太陽電池(聚光型太陽電池、薄膜太陽電池、有機太陽電池及新型太陽電池)占有一半以上之市場。Sharp公司進一步評估，聚光型太陽電池是已具有產業化能力的新興太陽電池技術，於2020年，聚光型太陽電池的市場將有12GW的規模，將成為太陽電池市場主流之一。

目前國內外關於III-V族化合物半導體太陽電池之技術發展，多集中於堆疊式多接面太陽電池結構，而相關結構發展又多以晶格不匹配之多接面太陽電池磊晶結構為主，國內以該結構搭配厚金製程製作之太陽電池能量轉換效率已經可達39.6%；國外製作之太陽電池能量轉換效率則可達39.7%，若再搭配使用調變漸進式緩衝層，國外之高度晶格不匹配多接面太陽電池更可達到41.1%之高能量轉換效率。另外若以反轉型(Inverted)晶格不匹配之多接面太陽電池磊晶結構搭配厚銀製程，國外太陽電池已可達40.8%之能量轉換效率。所以使用晶格不匹配或反轉型晶格不匹配之多接面太陽電池磊晶結構，搭配低串聯電阻之厚金或厚銀電極製程，為目前相關技術發展之重點與主流。

聚光型太陽電池模組主要分為兩種形式，一是折射式聚光模組；另一種則是反射式聚光模組。不論是折射式或反射式之聚光模組，都必須考量追日裝置之特性與功能，才能設計出最佳化之聚光模組，有效提升整體聚光型太陽光發電(CPV)系統之輸出功率。行政院原子能委員會核能研究所(以下簡稱核研所)是國內第一個投入CPV技術開發之研究機構，從2003年開始迄今，模組之聚光比為476倍，小型量產之效率為24%~26%，實驗室最佳紀錄是27.2%。美國Amonix公司是全球第一家研發折射式CPV技術之公司，該公司自1989年成立之始，就進行CPV發電系統之設計、製作與戶外測試。模組之聚光比為500，平均效率為26.5%。反射式聚光系統之代表為SolFocus公司，模組效率大於26%。值得一提的是SolFocus的CPV系統超過95%比例是使用鋁和玻璃，這兩項材料獲得容易，因此可以降低礦物開採與能源系統建置之衝突性，使其技術擴展較容易。

太陽光追蹤器可應用在聚光型及非聚光型太陽光發電系統，技術指標包括追蹤精度及單支太陽光追蹤器承載太陽電池模組總輸出功率。應用在非聚光型太陽光發電系統，有Wattsun、GreenTec、DegerEnergie、Conergy、SOLON Mover、Solenergy、InSpira、Dobon'sTechnology等多家公司，最高的追蹤精度約1度；應用在聚光型太陽光發電系統，如美國Amonix及SolFocus所發展之太陽光追蹤器，其追蹤精度皆可達到0.1度。國內核研所投入太陽光追蹤器研發已有數年，目前已完成單支7.5 kW聚光型太陽光追蹤器，追蹤精度已可低於0.3度，未來目標將研製追蹤精度低於0.1度之太陽光追蹤器。

現階段國際電工委員會電工產品(IECEE)所認可的太陽電池模組驗證測試多以通過IEC61215或61646標準測試為主，計有法國(LCIE)、德國(TUV、VDE)、義大利(ESTI)、印度(ETDC)、日本(JET)、荷蘭(KEMA)、西班牙(CIEMAT、Fundacion Cener)、美國(UL)、韓國(KTL)及中國(TIPS)等多個國家認證組織或認證實驗室，其認可範圍為矽晶圓所製造的平板模組或薄膜太陽電池模組。而美國UL安全試驗所、美國電氣測試實驗室(ETL)及加拿大標準協會(CSA)則通過UL1703之太陽電池模組安規測試。對於聚光模組驗證，最近因IEC62108國際規範於2007年12月發行，因此未來將逐漸會有通過聚光模組驗證的產品問市，目前僅知德國TUV實驗室及美國UL實驗室已取得國際電工委員會之聚光型太陽電池模組驗證測試認證資格，而SolFocus成為全球首家獲得聚光型太陽光發電模組之IEC認證的公司，其經過德國萊茵TUV光電測試實驗室執行IEC62108規範相關測試。

目前全球計有13家以上[3]的廠商投入高效率III-V族聚光型太陽電池製作，30家以上的公司投入高聚光型太陽光發電產業，並且部分公司已有商業用產品進入太陽光發電市場。美國SolFocus公司將與EMPE Solar公司簽約，於2010年底在西班牙南部建立超過10 MW的聚光型太陽光發電系統，為目前歐洲最大型之聚光型太陽光發電系統發展計畫。澳洲Solar Systems公司於2008年開始在Victoria西北部建立154MW的HCPV太陽光發電廠，預計於2013年完成。

（2）國內發展現況

核研所於2003年由太陽電池特性量測技術建立，至聚光型太陽電池設計製作與測試、模組及追蹤器研發、系統整合、系統精進、研發創新，於2007年10月31日完成100 kW HCPV系統建置，隨技術精進及國際光發電應用環境開展，目前已臻產業化能力。另預定於2009年底完成MW級HCPV示範系統，屆時將成為亞洲最大的聚光型太陽光發電示範場，預期將有助於擴大HCPV系統在國內、外市場上之應用潛力。目前核研所開發模組之聚光比為476倍，小型量產之效率為24%~26%，實驗室最佳紀錄是27.2%；億芳能源公司標準型模組效率為25%，迷你型效率為27%；華旭環能公司產品效率為22%~25%。目前我國產、學、研各界正積極進行聚光型太陽光發電系統相關技術研發與產業能量建立工作(表3-2-2-9)，學術界包括台大、清華、交通等十餘所大專院校，主要進行聚光型太陽電池、聚光模組及太陽光追蹤器等項目之研發。

在研究機構方面，核研所致力於建立本土化之聚光型太陽光發電系統相關產業發展基礎。在產業界方面，由於我國化合物光電半導體產業具有完整的產

業鏈及量產能力，目前以發光二極體的產製為主，業界期望應用III-V族半導體材料製作高效率太陽電池，進而製成HCPV系統並投入市場，以促使台灣光電半導體之產業領域更具多樣性與國際競爭力，因此約有22家公司已分別投入聚光型太陽電池、聚光模組、太陽光追蹤器及HCPV系統等一項或多項產業領域。依據產業領域區分，約有8家公司投入聚光型太陽電池產業、8家投入聚光模組(含組件)產業、8家投入太陽光追蹤器產業及6家投入HCPV系統整合產業。

9. 太陽光電系統技術發展項目

太陽光電系統產品的發展朝向多元而創新的應用，目前在太陽光電系統的設置，除普遍採用的屋頂型(Roof PV Systems)與地面設置(Ground – mounted Systems)外，另外還有建築整合型太陽光電系統(Building Integrated PV ; BIPV)之應用，太陽光電模組除了接受太陽光發電外，亦可作為天窗、外觀牆面與遮陽棚等不同功能應用，既為建築之一部份，又有發電之效能。在太陽光電系統發展方面，有三大發展目標：

- A. 降低系統安裝價格。
- B. 提高系統發電性能。
- C. 提高系統長期運轉可靠性。

為了達成此等目標，可朝標準化系統元件、模組化系統設計、施工規範制定、變流器可靠性提升、降低施工費用、簡化申請行政流程（補助作業流程、併聯申請流程）等方面努力，以降低系統安裝價格、提升系統發電性能並降低系統發電成本。此外，BIPV發電系統發展方面，可建立下列關鍵技術：

- A. 半透光模組技術：雙面使用玻璃，並須配合建築須要運用各種厚度之玻璃。
- B. Inverter小型化及美化設計技術：配合建築型式，使用小數量之模組串接，故須使用多量但小型化之inverter，並可配合建物，加強外觀之美化。
- C. 模組支撐設計及安裝技術：因應建築多樣化之要求，需設計選用適當之支撐設計及特殊之安裝方式。
- D. 系統設計模擬技術：為使BIPV能發揮最大效用，運用電腦模擬規劃系統串併聯架構，以獲得最大電力。
- E. 結構設計模擬技術：由於BIPV模組亦為建材之一部份，故須符合建築法規對結構安全之要求，須運用電腦模擬技術設計以支撐結構。

(1) 國外發展現況

依據P V N ews的報導，2008年全球太陽光電系統市場安裝量總計5,559MWp，較2007年成長133%，2008年系統市場安裝量前4大國家依序為：西班牙（2,511 MWp）、德國（1,500 MWp）、美國（342 MWp）及日本（230 MWp），其中西班牙的安裝量從2007年的560MWp到2008年的2,511MWp成長3.48倍最為驚人。由於受到2008年第4季開始的金融風暴影響，一般預測2009年系統安裝市場將衰退或持平發展，視各國政府補助政策而定。2009年全球系統安裝價格預估約\$5/Wp，相較於2007年約\$7.6/Wp有很大幅度之下降（系統安裝價格仍依不同設置方式與場址特性而定）。

大型太陽光電發電系統安裝（系統容量 200kWp）是國外系統發展的一大特色，2008年大型系統約安裝1,000套系統以上，當年度大型系統安裝容量即超

過2.5GWp，累積安裝容量超過3.6GWp(平均每套系統容量1.8MWp)；西班牙、德國與美國為前3大大型系統安裝國家，分別安裝750、500與370套系統。目前全球單一系統最大容量為60MWp，2008年9月完工，位於西班牙Olmedilla de Alarcon。此外，12家歐洲企業將集資4,000億歐元（約新台幣18.5兆元），在北非摩洛哥、突尼西亞、埃及以及中東約旦等國沙漠地區打造大型太陽能發電廠，供應歐洲零二氧化碳排放的乾淨電力。這項計畫名為「沙漠科技」，參與企業包括工程技術商艾波比（ABB）和西門子、德國能源公司E.ON 和RWE、德意志銀行與慕尼黑再保集團等。預估該太陽能電廠產生的電力可達1,000億瓦，到2050年之前，這些太陽能電廠將可供給歐洲15%的電力。

國外系統技術發展方向如下：

- A. 增加變流器(Inverter)可靠性，壽命提高至20年。
- B. 降低BOS (Balance-of-System)的成本，低成本的電子元件、支撐架與配線安裝成本。
- C. 大型實證系統中導入新型儲能系統。
- D. 可供高效率模組使用的一般用途追日機構。
- E. 發展標準化的系統元件，以達經濟規模之製造與更換。
- F. 預製隨時可安裝之單元，尤其是針對大型併聯型系統。
- G. 具孤島運轉能力的新系統架構與新技術。

（2）國內發展現況

至2009年7月24日止，國內政府補助系統完工436件、累積系統容量4,809kWp。

儘管國內系統安裝市場小，2008年完工1,496kWp，相對於2007年完工754kWp有將近1倍的成長。目前國內單一系統容量，已完工的系統為高雄市主場館的1,027kWp（BIPV型式），施工中的系統是台中火力發電廠的1,500kWp。2008年台灣安裝市場上的系統廠商約有40家，但大部分的系統廠商施工案數偏低，為數一半以上的系統廠商僅有1-2個施工案例，因此，在系統設計與施工經驗與能力方面仍普遍不足，尤其在大型系統的設計與施工方面，雖然已有高雄市主場館1,027kWp的完成，以及台電公司台中火力發電廠1,500kWp的施工案，但國內系統廠商要走向國際市場仍有一段距離。目前國內一般系統安裝價格在新台幣20萬元/kWp左右，依不同設置方式與場址特性而定。

國內安裝之太陽光電發電系統仍採用晶矽模組為主，少部份為非晶矽模組，而III-V族聚光型系統有2個政府補助申請案正施工中；國內有關聚光型系統的設置經驗不多，仍待觀察其發電性能。目前國內推廣設置以平屋頂設置為大宗，少部份為地面設置或建築整合（BIPV）系統。國內系統技術發展仍以安裝量之擴充以及廠商設置能力之建立為主，目前國內系統技術發展之努力方向有：

- A. 擴大市場規模，有利設置成本下降。
- B. 提升系統設置技術能量與設置經驗。
- C. 推動陽光社區與大型系統的實證研究。
- D. 促成大型系統設置機會，適度引進國際廠商技術合作。
- E. 制定變流器驗證標準，順暢系統申請併聯作業。
- F. 設置系統之建築規定或土地取得之法規鬆綁，營造建築整合系統與大型發電

系統發展之有利環境。

2009年6月12日立法院第7屆第3會期第17次會議通過「再生能源發展條例」，明訂再生能源發電設備獎勵總量為總裝置容量六百五十萬瓩至一千萬瓩，預期此將為國內安裝市場帶來期盼與榮景，國內廠商安裝技術能量也將隨之成長。

四、國內外發展競爭力分析

台灣天然資源缺乏，屬缺乏自主能源的國家，能源進口依存度高達99.3%，但台灣具極佳技術研發與製造能力，深化能源技術發展，可望成為能源技術與生產大國，引領台灣產業的低碳化及高值化。

目前在政府產業政策支持下，國內太陽光電產業規模已明顯擴大，產業技術不斷提升，但在國際市場之競爭，國內產業仍存有普遍的問題，產業供應鏈建構速度不足，不僅缺乏關鍵原材料(如矽材料，封裝材料，TCO玻璃等)，關鍵設備(例如PECVD)與差異化的關鍵技術外，在模組與系統的認證能力也相當缺乏。國內產業的一些困難非短期即能解決，仍需持續推動以克服。

在產業供應鏈方面，國內至今仍缺乏上游矽材料之供應，過去主要由Hemlock、Tokuyama、Wacker、REC、MEMC、Mitsubishi Material及Sumitomo Titanium七家廠商控制市場，但隨著韓國、中國大陸的多家廠商紛紛投入生產行列，自2004年的缺料問題已較趨緩，廠商已較易取得矽材料，而矽材料價格自2009年起也大幅下降。然而若矽材料仍完全依賴進口，矽材料之供應與價格變

動仍將使整個產業擴展受限，因此政府已政策推動矽材料自主技術及關鍵投資，目前則多家廠商規劃要投入，包括山陽在北部的利澤工業區設廠，旭晶與科冠，分別在中部的中科虎尾基地和彰濱工業區設廠，元晶和福聚則落腳南部的加工出口區屏東基地設廠。但是預期國內於2010年始有產量開出，矽原料的自給自足，廠商能順利生產與降低成本仍是目前應該努力的方向。

此外國內太陽光電廠商，太快以太陽電池的Turnkey技術切入，技術缺乏差異化；且Turnkey技術門檻低，效率不高，缺乏長期競爭優勢。尤其，國內廠商以半導體及面板產業基礎的技術優勢，快速以Turnkey投入次世代的薄膜太陽電池生產，但缺乏像日本廠商在薄膜領域的專利佈局，在面對近期市場價格大幅下滑，太陽電池轉換效率仍低於國際先進水準，即競爭力不足。而從長遠的角度考量，若要深耕太陽光電產業，如果沒有因應長期降價的策略與提升研發人才培育與持續研發低成本高效率技術及生產設備與關鍵材料支援，那國內產業仍將面對極大的危機。

同時，若以國內整體產業技術的競爭力分析，中游的太陽電池一直是整個產業發展的重點，不過2009年全球金融風暴影響延伸至太陽光電業。受到信用市場緊縮造成廠商撤銷訂單或客戶延後訂單，系統設置趨於保守，因此太陽電池元件價格快速下滑，太陽光電廠商營運上受到相當大的衝擊，因此也紛紛佈局至下游系統整合設計，以接近市場獲取訂單。然而過去內需市場小，國內後端系統整合廠商規模弱小，目前隨著再生能源設置條例立法通過，以及振興經濟方案之推動，政府應創造內需市場，輔以各種設置專案以協助模組及系統業

者運用內需市場提升技術，並進行模組認證與系統廠商評鑑，如此將能逐步建立在國際市場競爭之模組與系統廠商。

尤其面對中國大陸同樣以大量生產太陽電池元件潛在競爭威脅下，國內更需加快提升系統設置技術以進入國際市場。而國內太陽光電產業發展仍需政策刺激市場需求擴大及強化研發技術投入，以提升競爭優勢。關於我國太陽光電產業技術發展之SWOT分析如（表3-2-2-10）。

三、國內外技術發展指標比較

（一）矽材技術項目

現階段非西門子低成本多晶矽材料研發，由於屬於資本密集與技術密集之技術特性，由於不確定性仍大、技術流程複雜、研發資金與人力投入皆多，國外幾乎皆由廠家主導，也由於多由廠家主導，技術know-how部分保護皆大，加以電池製程日益進步，使矽原料純度標準需求，漸有下修（即漸鬆）之趨勢，實際技術指標並無法完全確認，

但目前可以確認的是，主要各大廠純化指標，大致鎖定在5N5~6N5之間，表3-2-2-11為工研院對主要廠家近期資訊蒐集資訊。

（二）結晶矽太陽電池技術項目

矽晶太陽電池的研發趨勢明確，為使用高載子壽命之薄晶片及提高效率以期減低成本，世界各國大廠無論在量產能力或技術上都積極在研發，期能達成提升光電轉換效率之指標。觀察目前量產銷售之單晶矽太陽電池之光電轉換

換效率，國外一般標準製程約與國內同，為16~18%，但國外使用特殊製程者，如Sunpower的IBC製程效率最高可達23.4%，SANYO HIT效率最高可達23.0%；目前國外實驗室小面積有製作出25%之產品，但是使用品質好、成本高之FZ級矽晶片與多道Photolithography的技術，製程複雜、使用材料昂貴，因此不適用於大量產品化，國內實驗室亦能做到22.05%。多晶矽太陽電池所使用之多晶矽晶片材料成本較單晶矽為低，但多晶矽存在許多晶界(Grain Boundary)，因此光電轉換效率較單晶矽為低，目前量產效率，就標準製程而言，國內外差異並不大，為15~16.5%；國外使用特製程者，如Kyocera的MWT結構可以做到18.5%；目前實驗室中有開發光電轉換效率20.3%的技術，但製程複雜、昂貴，尚無法商品化，國內實驗室則做到19.10%。

(三) 矽薄膜太陽電池技術項目

至於以微晶矽/非晶矽為主矽薄膜太陽電池，早期即有鐘淵化學(Kaneka)、三菱重工(Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.; MHI)、三洋(Sanyo)、富士電機(Fuji)、United Solar、夏普(Sharp)等公司發展，但從2007年Oerlikon、Applied Material與ULVAC等Turnkey設備商的入量產技術開發，目前最高Cell效率15%為Kaneka以加入Intermediate Layer技術所得到的。然而，模組效率隨著公司使用不同的玻璃基板面積，會有不同的效率值，較難比較，目前國外商品化量產技術則落在7~9%左右。國內工研院則在能源局支持下，於2006年開始投入矽薄膜太陽電池技術研發，至今已完成15cm×15cm 研發設備建置，而非晶矽薄膜太陽電池國內自1989年即有生產但效率僅約5.5%，實驗室效率則可達12%，並且96cm²

面積小模組堆疊型電池效率也達到大於11%，並且於2008年開始進行55 cm×70 cm等整線設備開發，特別著重於PECVD核心設備研發，目標朝設備自主研發，以厚實國內自有技術開發，創造技術差異化。

(四) CIGS薄膜太陽電池技術項目

表3-2-2-12為國內技術發展指標與歐盟及美國技術發展指標做比較，表中可清楚發現兩個主要時間點，即2010年與2015年，特別是2015年的技術指標都以模組效率14-15%為標的；因此，國內技術指標應與歐盟及美國相同，在2015年國內CIGS模組技術應達到14-15%水準，整體展開如下所示：

(五) 奈米晶體染料敏化太陽電池技術項目

染料敏化太陽電池的發展，此種電池是利用低成本奈米二氧化鈦晶粒和有機染料泡在電解質溶液中所製成。於1991年由瑞士M. Grätzel教授於Nature專刊上發表8%的電池轉換效率後，目前已經達到12.2% (0.146cm²)及次模組亦達10%(Arakawa教授，10cm×10cm, black dye)。這幾年來染料敏化太陽電池在實驗室及商業化用途持續發展，在染料敏化太陽電池的研發中，全球當屬日本最為活躍，玻璃基板的模組化方面，有Aisin精機、Fujikura等公司著力於大面積化及耐久性，並朝向實用化的方向發展；在塑膠基板電池方面，Pecell公司以30cm×30cm之大型面板進行耐久性試驗，並持續朝實用化技術開發。在國內，工業界以先期研發為主，包括製程及封裝材料開發、染料開發等；研究單位以工研院太陽光電科技中心的研究團隊為主，在能源局的支持之下，目前則進行100cm²面積電池效率>5%之技術開發及長期穩定性測試。國內學術界在國科會的支持

之下亦有許多大學投入相關基礎研究。

(六) 太陽光電模組技術項目

太陽光電模組之一般型模板之技術發展，國外已朝大型化模板（超過200Wp）及大尺寸晶片（已達6吋矽晶片）發展，藉以降低生產成本，傳統H-grid電池之封裝，模組廠商效率一般在12%~14.5%之間。BIPV建築整合型太陽光電模板之發展以德國與日本發展最為迅速。國內太陽光電模組封裝技術大致也已成熟，目前積極輔導廠商通過國際驗證，讓產品品質測試可達到UL、IEC測試規範要求。另外國內封裝材料如低鐵質玻璃、EVA、Tedlar過去由於使用量少，國內生產不具經濟生產規模，需仰賴進口，近年隨著國內眾多廠商投入模組生產，國內產能擴大，亦有廠商規劃投入封裝材料之生產。在BIPV模板開發上，雙層玻璃BIPV模板有越來越多公司具有生產能力。近年來，中國大陸模組廠商林立，透過低價工資策略進行價格戰，相較歐、美、日等模組廠而言，售價約低\$0.4~0.6/W，主要關鍵在於模組品質之差異，因此國內廠商必須透過品質管控與加深模組高品質測試要求，利用高品質測率避開與中國大陸進行不良的削價競爭模式。

(七) III-V (三五)族太陽電池技術項目

目前國內外廣泛使用之磷化銦鎵/砷化鎵/鍺三接面太陽電池結構，為目前高效率聚光式III-V族太陽能電池發展大宗。其優點為：直接能隙材料，具有高吸收係數；多接面太陽能電池可吸收寬頻段之太陽光譜並轉換效率達38%以上；元件的高溫衰減程度相對低且抗輻射性良好。缺點方面：原料成本高，磊晶用

之金屬有機化學氣相沉積機台維護不易。此外，反向變質多接面成長技術將會是下一代III-V族太陽能電池在元件上的發展重點，因其在無聚光模組下已可提高轉換效率至39.4%。在聚光模組方面，所搭配的追日系統須能精準追蹤太陽光入射方向，確保太陽光垂直照射系統；在高倍率聚焦所要求的誤差可達每一百倍聚焦下低於0.06度；抗風能力目前已達到每小時177公里的程度。圖3-2-2-3為Emcore公司對於聚焦式III-V族太陽能電池發展所做的時程表。

另外，日前III-V族太陽能電池技術發展可歸納下列幾個方向：

1. 開發新型聚光模組以提高聚光倍率並降低成本。
2. 利用異質接面磊晶技術，並使用低成本基板材料，以降低成本。
3. 應用異質接面工程及能隙觀念，由三接面提升至四接面或多層接面以增加太陽能吸收效率，並提高光電流。
4. 結合新型量子井與量子點概念增益太陽能電池效率。
5. 結合以III-V族氮化物材料為主之氮化銦(InN)、氮化銦鎵(InGa_N)、氮化鋁鎵(AlGa_N)異質接面結構。

(八) 聚光型太陽光發電技術項目

全球目前超過30家公司或機構投入聚光型太陽光發電系統的開發，聚光型太陽電池模組之技術指標為光電轉換效率與聚光倍率。國內核研所開發之模組，聚光比為476倍，小型量產效率為24%~26%，實驗室最佳紀錄是27.2%。美國Amo n i x公司是全世界第一家研發C P V技術之公司，模組之聚光比為500倍，平均效率為26.5%。SolFocus的反射式聚光系統，模組效率大於26%。西班牙

牙Sol3g公司所開發折射式之聚光模組，聚光倍率為476倍，模組效率約28%。

Concentrix SolarGmbH公司研發之聚光模組，聚光比為500倍時，模組轉換效率可達28.5%。Sharp公司開發之產品聚光比700倍，模組效率為28%。

太陽光追蹤器可應用在聚光型及非聚光型太陽光發電系統，技術指標包括追蹤精度及單支太陽光追蹤器承載太陽電池模組總輸出功率。應用在非聚光型太陽光發電系統，有Wattsun、GreenTec、DegerEnergie、Conergy、SOLON Mover、Solenergy、InSpira、Dobon'sTechnology等多家公司，最高的追蹤精度約1度；應用在聚光型太陽光發電系統，如美國Amonix及SolFocus公司所發展之太陽光追蹤器，追蹤精度皆可達到0.1度；目前單支太陽光追蹤器承載太陽電池模組總輸出功率則以中國大陸Sunco Renewable Energies發展出的70 kW大型聚光型太陽光追蹤器為最大。國內核研所投入太陽光追蹤器研發已有數年，目前已完成單支7.5 kW聚光型太陽光追蹤器，追蹤精度已可低於0.3度，未來目標將研製追蹤精度低於0.1度及單支50 kW之大型聚光型太陽光追蹤器。國內工研院與德國TUV萊因實驗室合作，建立符合IEC61215規範之平板型模組驗證實驗室，而核研所則與美國UL合作，建置符合IEC62108規範之聚光型太陽電池模組檢測與驗證技術，以及相關測試平台，國內成立太陽電池模組驗證實驗室，將可協助國內太陽能產業取得所需之模組測試認證標章。

(九) 太陽光電系統技術項目

全球走向超大型發電廠設置與群聚式太陽光電系統(陽光社區)實證研究，目前單一系統最大容量為60MWp(西班牙Olmédilla de Alarcón, 2008年9月

完工),最大陽光社區為2006年完工的日本群馬縣太田市(Otta City)陽光社區(553 戶、2.129MWp)。此外,十二家歐洲企業將集資四千億歐元投入「沙漠科技」計畫,預期2050年之前可供給歐洲百分之十五的電力;日本正積極要投入電力自主型之陽光社區實證研究,將使用儲能系統提供夜間電力供應。國外一般系統性能比(Performance Ratio)約在70~80%之間。

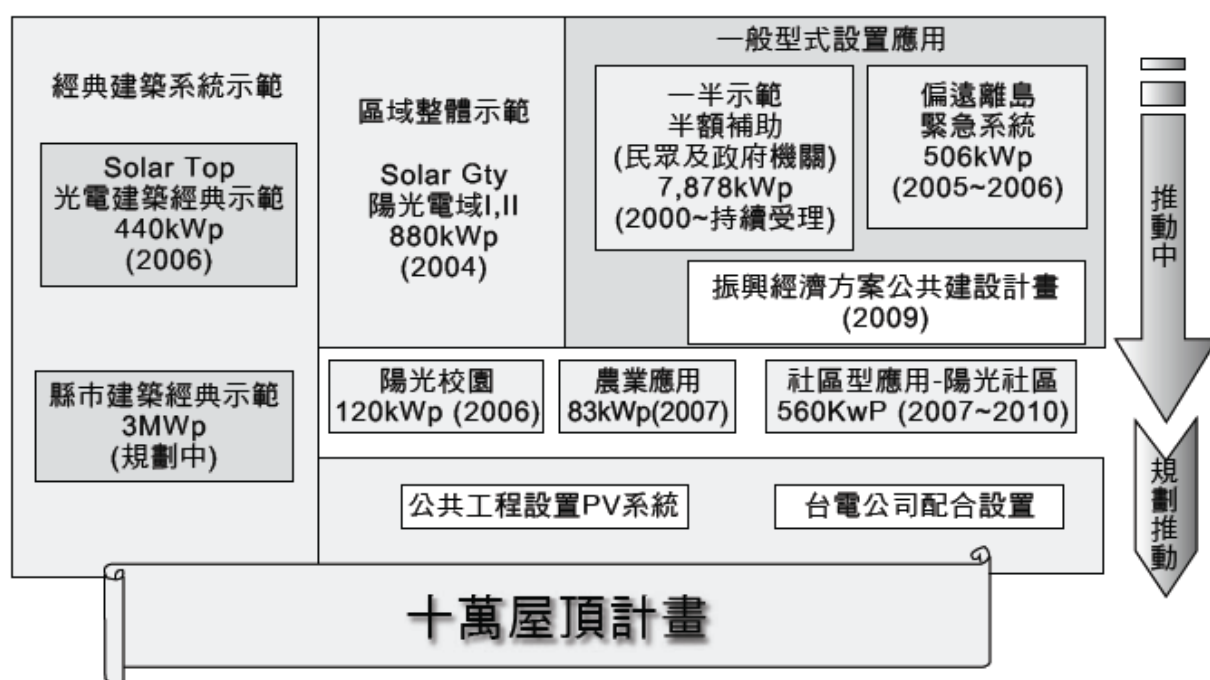
目前國內單一系統最大裝置容量為1,027kWp,在系統發電性能field test 設置研究方面,國內96年才開始進行總容量51kWp、21台Inverters之研究設置,1案陽光社區案例(19戶、40kWp),國內近來新設置系統性能比(Performance Ratio)約在70-80%,與國際相當。

四、國內推廣應用效益評估

國內的太陽光電發電系統推動,經濟部能源局除了投注經費進行技術研發之外,2000年5月,由當時的「經濟部能源委員會」頒訂實施的「太陽光電發電示範系統設置補助辦法」及相關申請須知,以作為國內首先大力推動太陽光電發電系統設置利用的開始。直至現今,太陽光電發電在台灣的角色已漸受重視,不僅我國太陽光電相關產業蓬勃發展;就使用設置方面,更決定國內太陽光電之設置利用於西元2015年應達到設置使用十萬戶(合計容量320MWp),2025年達到1,000MWp之政策目標。

在台灣有發展太陽光電之良好條件,由於地理環境優越,台灣位於北回歸線北緯23.5度上,日照充沛,高於德、日等國家。自2000年實施「太陽光電發電

示範系統設置補助要點」後，目前在市場的應用推廣方面，台灣也與德、日先進國家一樣採取獎勵補助措施，推廣太陽光電多元化應用設計，從2000年起推行陽光屋頂(Solar Roof)、2004年推出陽光電城(Solar City)、光電經典建築(Solar Top) 偏遠離島緊急防災、陽光校園(Solar Campus) 目前更將推廣陽光社區(Solar Community)、農林應用以及政策推動公共工程有義務設置太陽光電系統如圖3-2-2-4：



資料來源：工研院太陽光電科技中心(2009/01)

2009年在「振興經濟擴大投資 - 太陽光電示範設置」，更以政府公共建築導入太陽光電設置方式，藉以振興國內經濟、創造就業，而未來四年5,000億元的擴大公共建設，將有10%經費用於裝置綠能概念設施，藉由各項推廣措施與展示效果，創造內需市場並帶動產業。

而多元化應用專案的推動政策下，國內太陽光電系統設置量不斷擴大，由初始每年設置量100kWp以下，近三年國內市場規模均倍速擴大，2006年完工容量

約300kWp；2007增加一倍至787kWp，2008年國內市場規模更達到2,038.9kWp，較2007年成長2.6倍。至2008年底國內太陽光電系統累計設置容量達4.099MWp。而2009年至6月30日止已完成設置359kWp，規劃設置中則達9.8MWp，預期2009年國內市場規模將大幅擴增。因此經過多年多元化的專案推動下，太陽光電發電系統的設置利用，在國內已逐漸起步，而經濟部能源局受理設置補助申請之件數亦逐年增加，民眾對太陽光電的認識、接受度及系統申設量皆有明顯的成長。

另外目前國內太陽光電示範系統遍佈北、中、南、花東及離島，做為國內示範展示，而國內應用市場區隔，政府單位、民間機構、學校為主要市場。過去以學校設置數量較多，但近期民間機構即私人企業設置增多，尤其2009年1~6月提出申請設置，多為產業界提出申請設置較大型之PV系統，隨著國內在太陽光電產業之茁壯，未來在產業用太陽光電系統將會是國內市場重要應用。且2009年6月「再生能源發展條例」通過實施，設置的太陽光電系統的電力，以優惠的價格回售給電力公司，提升國內系統設置報酬，相信將會把我國的太陽光電能源利用帶上更樂觀的前景。

同時藉由國內市場的推廣，國內太陽光電產業逐漸形成，尤其近幾年在政府產業政策支持下，台灣太陽光電產業快速的成長，產值規模倍速增長，從2005年新台幣70億元，達到2007年535億元；而去年(2008年)產值更突破千億台幣。同時順應全球太陽光電市場成長趨勢，國內生產廠商數快速增加，於2009年國內已有80餘家廠商投入；計有15家矽晶、13家薄膜太陽電池廠，18家模組廠；

10家矽晶圓廠；系統及應用產品廠商30餘家。另外2008年台灣太陽電池產量達850MWp佔全球12%，太陽電池產量已位居全球第四的重要地位。

五、國內未來重點技術推動策略與發展時程

(一) 推動策略

政府在產業發展策略下積極推動各項方案，自2006年、2007年分別召開「太陽光電發展策略」研商會議，研擬出「太陽光電產業行動計畫」。2008年11月則擴大研提「新兆元能源產業旗艦計畫」，規劃透過能源產業旗艦計畫，深化能源技術發展，加速產業技術滲透與升級，提升產業價值，引領台灣產業的低碳化及高值化。相關規劃內容經過能源局及經濟部多次研議暨修正，於2009年4月「綠色能源產業旭升方案」經行政院核定，確立我國綠色能源產業【包括太陽光電、LED照明光電、風力發電、生質燃料、氫能與燃料電池、能源資通訊、電動車輛等】推動發展目標、重點推動方向及策略之整合規劃。其後又依此策略下，政府相關部門進一步研議「綠色能源產業旭升方案行動計畫」，主要具體行動內容與結論包括：

1. 在2年內協助國內一半以上廠商(至少3家),提升多晶矽太陽電池效率達國際水準(17%以上)。
2. 在2年內協助國內一半以上廠商(至少3家),提升矽薄膜太陽電池效率達國際水準(9%以上)。
3. 在2年內協助主要廠商，提升太陽電池模組效率達國際水準(15.5%以上)。
4. 在4年內提升國內矽晶太陽電池效率達國際水準(22%以上)。

5. 在4年內提升國內染料敏化太陽電池次模組效率達國際水準（9%以上）。
6. 在4年內提升國內CIGS太陽電池模組轉換效率達國際水準（12%以上）。
7. 協助3家多晶矽原料廠完成建廠。
8. 加速太陽光發電整合發展：建立聚光型太陽光發電產業。
9. 太陽光電國際模組認證實驗室。
10. 建立模組亞太地區檢測驗證服務：縮短亞太地區業者取得國際認證時程與節省費用。
11. 因應新科技的發展，建立新形式產品系統性能與可靠性的評估技術，協助產業開發新產品。
12. 建立兩岸交流平台，進行全球佈局。
13. 拓展太陽光電歐、美及中國大陸與印度主要市場，規劃2年計20團。
14. 爭取出口貸款、轉融資與保險優惠協助拓銷市場計55億元。
15. 2009~2011年加速台電公司10 MW太陽光電發電系統設置。
16. 培植大系統廠商及建置大系統技術能力。
17. 2009~2011年加速推動民間太陽光電發電系統設置12 MW。
18. 振興經濟擴大公共建設投資計畫包括老舊校舍、交通場站、農村再生、市場改建、工業區更新等具教育、景觀、示範功能者，建議規劃裝置太陽光電系統(預計30 MW裝置容量)。

(二) 發展時程

在技術的發展時程上，面對全球愈來愈多太陽光電廠商的投入，產品技

術不斷提升，國內短、中、長期技術研發即以國際技術Roadmap為發展之指標，始能於國際市場上競爭，並得以推動太陽光電系統設置之普及化。而目前國內技術發展上，矽晶太陽電池已發展數十年，相關技術和半導體製程技術相容，具有技術發展能量，但光電轉換效率與國際尚有差距。

因此現階段迫切需快速導入之技術包括：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、模組效率提升、系統效能提升與併網技術研究；而學術基礎研究需提早佈局未來導入之技術包括：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等。

唯面對國際競爭，國內將持續投入太陽電池材料及元件結構設計創新，並整合薄膜與奈米材料科技，在技術推動上以參照國際技術發展為基準訂定技術發展藍圖，如表3-2-2-14為我國太陽光電技術發展Roadmap，及表3-2-2-15為我國聚光型太陽光發電技術發展Roadmap。技術之發展以達到提高太陽光電效率、降低系統成本、提高壽命與可靠度，強化國際競爭力，以與歐、美、日在太陽光電領域同佔重要地位。

第四章 以臺中分局建構太陽能發電可行性分析

一、簡介

(一) 臺中分局地理位置

臺中分局位於臺中市南區，地理位置為東經120.4度，北緯24.09度，年平均溫度約23℃，年雨量1700mm，近30年來年平均日照時數為2043.2小時，居下表各地區之第7位，優越地理位置具有發展太陽能發電的潛勢。

地名	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月	合計	統計期間
淡水	80.8	70.8	85.8	98.4	134.1	147.2	216.8	212.5	167.0	134.7	103.7	89.5	1541.3	1981-2010
臺北	80.6	71.3	89.6	92.6	113.7	121.7	179.0	188.9	153.7	124.0	99.4	90.7	1405.2	1981-2010
基隆	56.7	52.1	73.7	84.1	106.1	127.4	213.9	203.6	142.2	93.0	68.9	55.0	1276.7	1981-2010
花蓮	70.2	64.5	82.4	92.6	119.5	162.7	246.5	224.3	152.0	120.8	90.5	77.9	1503.9	1981-2010
蘇澳	64.7	62.1	85.1	90.9	117.2	160.0	246.7	226.4	151.3	93.8	71.0	64.0	1433.2	1984-2010
宜蘭	69.7	64.2	87.1	92.2	115.4	144.4	224.2	212.1	146.0	96.5	73.9	69.9	1395.6	1981-2010
澎湖	111.5	94.7	125.2	148.8	179.3	200.4	264.8	240.4	213.8	189.9	139.1	123.3	2031.2	1981-2010
臺南	179.4	158.3	178.8	172.8	186.9	181.7	210.8	189.1	179.2	196.2	172.6	175.0	2180.8	1981-2010
高雄	174.7	165.8	187.0	189.1	198.5	199.9	221.4	193.7	175.7	182.4	162.2	161.8	2212.2	1981-2010
嘉義	165.1	134.2	151.3	150.4	172.6	181.0	214.2	192.5	181.2	189.7	163.6	170.9	2066.7	1981-2010
臺中	176.6	140.6	149.9	137.8	158.7	160.1	199.6	178.7	175.8	203.7	179.4	182.3	2043.2	1981-2010
新竹	105.3	92.5	97.4	105.2	149.5	177.0	236.6	210.2	196.0	191.1	151.9	138.1	1850.8	1992-2010
恆春	168.0	165.1	199.7	192.6	193.9	183.6	221.0	195.5	177.2	198.1	177.7	161.4	2233.8	1981-2010
成功	73.6	64.1	79.7	91.5	127.1	174.1	234.3	212.1	154.4	140.1	103.5	85.5	1540	1981-2010
日月潭	162.2	131.5	125.7	104.2	115.1	113.7	155.4	135.3	122.7	148.2	162.8	169.2	1646.0	1981-2010
臺東	95.8	83.6	104.2	115.0	143.4	188.7	245.1	219.4	160.6	150.4	119.1	102.5	1727.8	1981-2010
梧棲	150.7	113.5	132.3	142.5	172.5	183.5	238.7	213.2	194.0	206.5	167.0	165.5	2079.9	1981-2010

(二) 臺中分局太陽光電發電 SWOT 分析：

臺中分局太陽光電發電 SWOT 分析圖

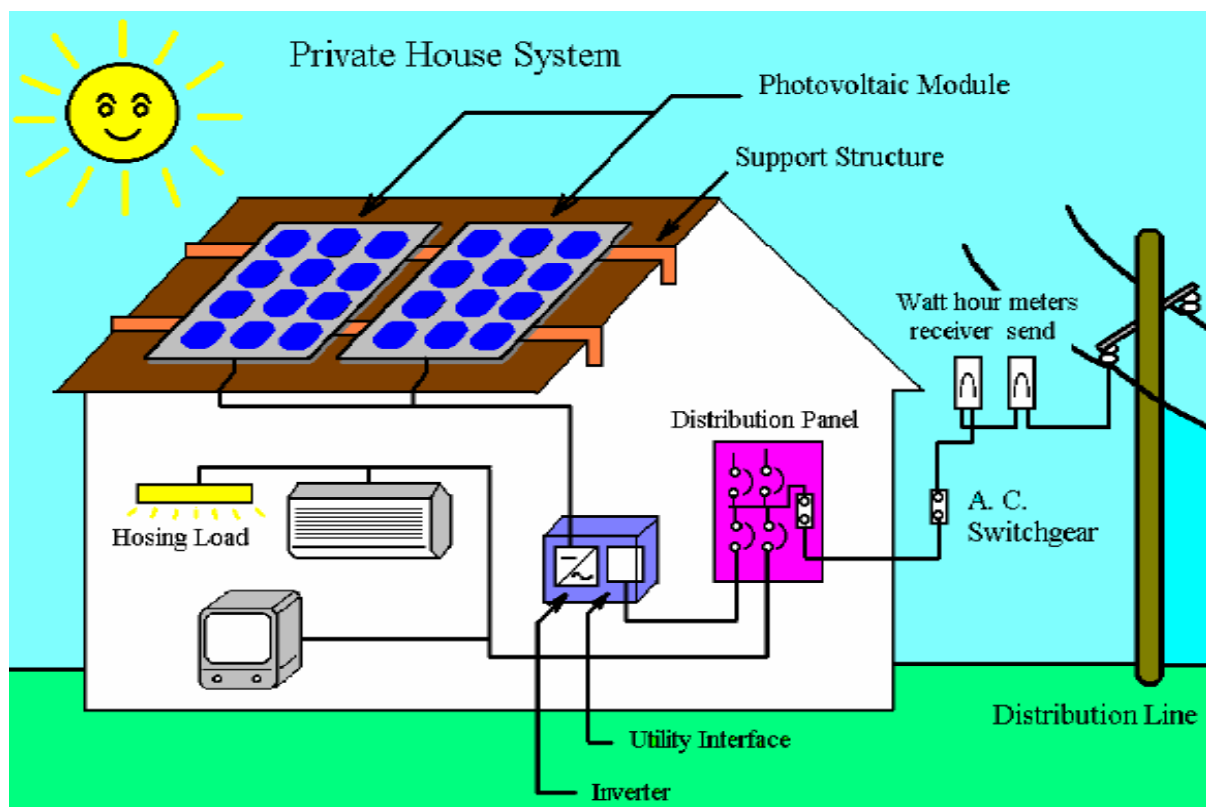
優勢 (Strengths)	劣勢 (Weaknesses)
1. 地理位置優越日照充沛。 2. 國內半導體產業人才基礎雄厚，具良好之製造管理與品質掌握。同時國內面板製造管理經驗豐富，適合轉投入薄膜太陽電池生產領域。 3. 區域廣大適合與建築結合的太陽光電多元化應用設計能力，推行陽光屋頂(Solar Roof)、推出陽光電城(Solar City)、光電經典建築(Solar Top)、陽光社區(Solar Community)。	1. 太陽電池以 Turnkey 技術切入，技術無差異，而光電轉換效率與國際大廠仍有差距，需持續投入研發。 2. 缺乏關鍵原材料(如矽材料，封裝材料，TCO 玻璃等)，影響國內太陽電池生產、銷售。 3. 矽晶太陽光電生產設備自製率已提升，次世代薄膜太陽光電生產設備尚在開發，自製比率仍需提升。 4. 東面及南面有高樓阻擋陽光，尤其東面高樓延遲日照時間，縮短日照時數。
機會 (Opportunities)	威脅 (Threats)
1. 全球各國持續政策推動太陽光電系統設置下，太陽光電市場持續成長。 2. 全球高度重視氣候變遷與節能減碳的趨勢中，綠色新政為全球施政新潮流，積極發展淨潔能源。 3. 再生能源發展條例立法通過，提供產業發展法源依據，並將透過購電措施擴大內需市場規模。 4. 行政院積極辦理「公共建築太陽光電系統示範計畫」以振興經濟，擴大公共建設投資。	1. 國內上游矽材料生產仍未自主。 2. 東面及南面有高樓，太陽光電生產設備反射陽光對其會產生炫光光害。 3. 太陽光電生產設備建置後，未來保固養護預算經費來源。

二、臺中分局太陽光電系統建置系統評估

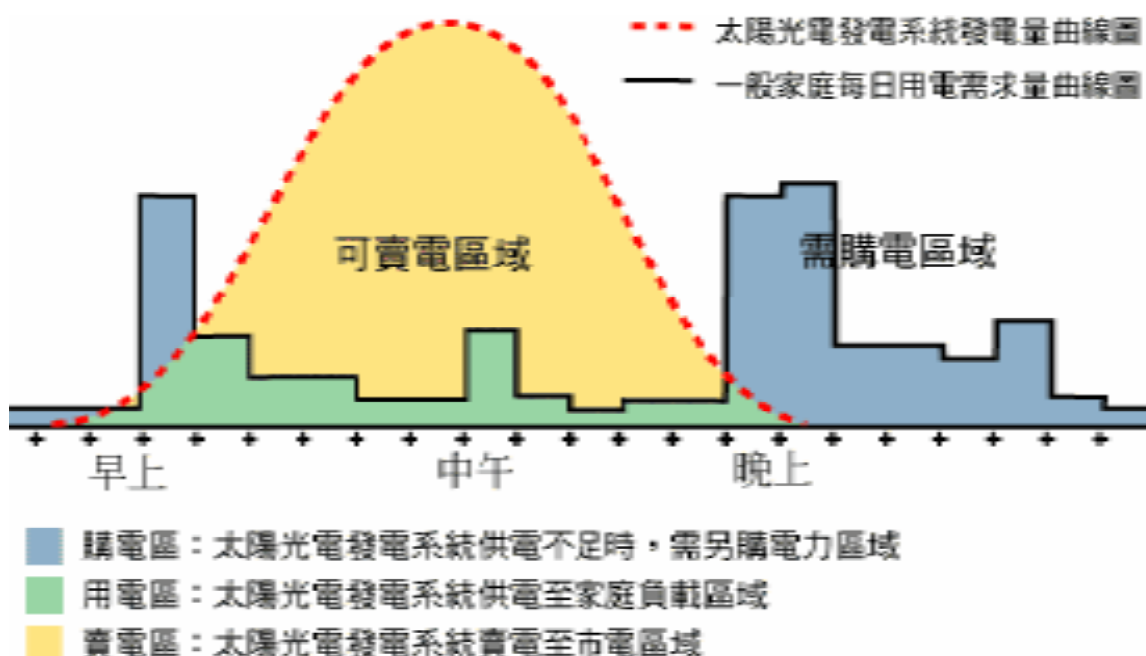
臺中分局發展太陽能發電必須改變思維，建立「以建築物為主體，能源設備為建築的附屬物，去思索將能源功能直接融入建築主體的設計」觀念，這意味著建築物主體不只是建築，同時也具有吸收太陽能或節約能源的功能。這種

「多功能」的概念，不但可使永續能源理念融入建築特色(綠建築)，創造其社會價值，在能源經濟效益上也可大為提高。因此，「與建築結合的太陽能應用技術」，將建築材料設計成兼具可吸取或節約能源的功能，是未來需努力的目標。完成建築物整合化規劃，除可適用於雨棚或遮陽罩或傾斜屋頂等建築物整合化領域應用外，並可以建置於平頂屋頂及庭園上，促進太陽能光電模組走向建築整合化應用，有助於國內太陽能光電模組在新建物的規劃應用如住宅與併聯型太陽光電發電系統圖，併聯型系統發電及負載之時間關係。

住宅與併聯型太陽光電發電系統圖



併聯型系統發電及負載之時間關係



(一) 太陽光電發電效能之影響因子

- 1、陽光入射角：太陽光入射角度改變，模板效率改變。系統設置處需為不遮蔭，朝南面及傾斜23.5度為最佳。
- 2、陽光光譜變化：太陽光光譜不同，模板效率改變。
- 3、日照量變化：日照量不同，模板輸出並非常數。
- 4、模板溫度：模板溫度升高，效率降低(影響最大)。
- 5、太陽電池/模板特性差異與不匹配損失。
- 6、負載匹配：負載未配合最大功率輸出。

(二) 太陽光電系統建置型式有：

踞置型

1. 貼覆式：Roof-mounted 模板貼覆建築物外表包覆材架設，其與建築物間高度間距在 10 cm 以內。
2. 架高式：Ground-mounted 模板矗立建築物平頂或地面架設，其高度間距在 150 cm 以下。

建材一體型

1. BIPV：Build-in (Building-Integration) 替代屋頂、牆面、窗戶且兼具建築物外表包覆材之建材。
2. CIPV：CIPV (Construction integrated Photovoltaics) 以結構支架所支撐的太陽能光電模組系統。

(三) 太陽光電系統設置方式及應用

系統設置處需為不遮蔭，朝南面及傾斜 23.5 度為最佳，設置方式及應用包括：

集中設置

- 1、中、大型太陽光發電廠
- 2、空曠地、鹽灘地、海埔新生地、河川地、沙漠
- 3、廢棄垃圾掩埋場、高山頂
- 4、大型體育場或展覽場或工廠屋頂

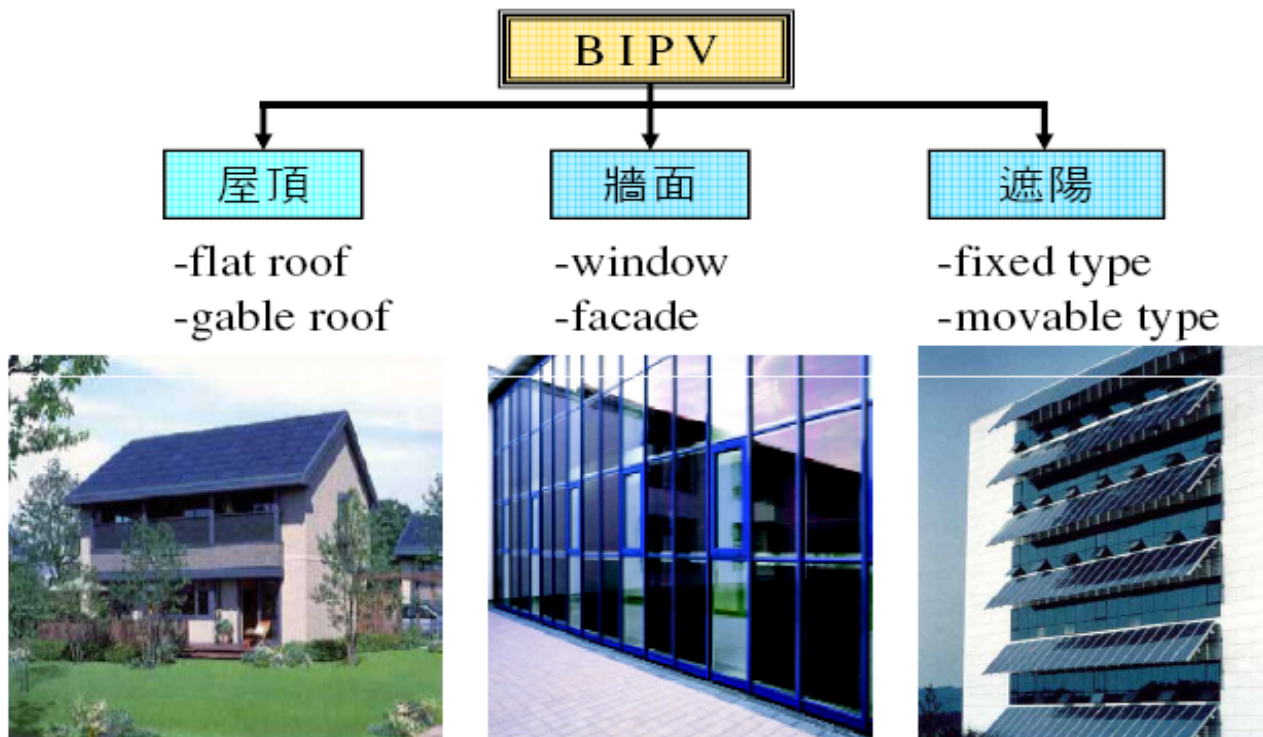
分散設置

1、建築物屋頂平台、地面

2、路燈、庭園燈、展示板、交通號誌、移動式

3、建材一體型(BIPV)包括：

停車棚、公車亭、遮陽篷、斜瓦屋頂、隔音牆、大樓帷幕牆、天井採光罩、透明屋頂。



資料來源：<http://www.gmp-architekten.de>

建築物室內採光應用設計-

建物之採光設計，搭配有效的空間應用，藉由玻璃及 PV 面板的透光及隔音搭配，將光的律動及外景的視野融入生活步調，在視覺感官的享受中，被巧妙的結合與應用。

(四) 太陽光電系統BIPV建置-設計考量

什麼是BIPV？就是建築整合型太陽光電發電系統(Building Integrated Photovoltaic module, BIPV)。亦即所設置太陽光電發電系統，除單純作為發電系統外，尚需建築或設施物整合，取代部份建材功能，如取代外牆、天窗、屋頂或遮陽、建築或設施本體等。以太陽光電系統（PV）模板為建材，進行建築物外觀構造設計，達到建築與發電之雙重功能太陽光電系統模組。

1、BIPV建置考量：

座落方位、日照狀態、環境評估、遮蔭問題、需求評估、效益評估、建築生態評估、法規依循、成本考量、安全控制、材料取得、配合廠商、建築視覺搭配、生物氣候評估。

2、建置BIPV優點：

2-1 可有效利用建築物的外表大面積。

2-2 高可見度、高宣傳效果。

2-3 可替代建築物的外表包覆材料。

2-4 代替屋頂、牆面、窗戶之建材。

2-5 可遮陽，降低建築物外表溫度(節能)。

2-6 兼具建材及發電之功能(產能)。

3、BIPV常面臨之問題：

3-1 BIPV常面臨設置空間與面積利用之問題。

3-2 都會區大樓林立擁擠，彼此遮蔽了陽光之照射量。

3-3 建築物座落之緯度、方位，及環境干擾因素。

3-4 與建築結合一體，除需互相遷就外，設計與施工均較複雜，技術要求度很高價格仍相當昂貴。

3-5 晶矽模板背部因通風較差，溫度可能上升至60°C或更高，導致發電效率降低10%以上。

3-6 大部分採取垂直設置，將減少約40%的發電量。

3-7 當陰影遮蔽一片模組的一部分時，將減少整片模組及其他串聯模組之發電量。

三、臺中分局建置太陽能發電系統模組之型式

縱觀建立「以建築物為主體，能源設備為建築的附屬物，去思索將能源功能直接融入建築主體的設計」觀念，因此建議：

臺中分局太陽光電系統設置方式應採用「分散設置」：

因為臺中分局腹地地面廣闊，建築物各有特色包括：屋頂平台、地面、路燈、庭園燈、展示板、停車棚、斜瓦屋頂、大樓帷幕牆。

臺中分局太陽光電系統建置型式應採用「建材一體型」：包括

1、BIPV 型：

替代屋頂、牆面、窗戶且兼具建築物外表包覆太陽能光電模組系統，此 BIPV 型系統可應用可捲曲非晶系之 CIGS 薄膜太陽電池技術，現有商品化 CIGS 組效率在 10-12%之間，最佳 CIGS 模組效率已達 13%；CIGS 模組在市場上應用，已能跨入屋頂型市場，已能應用於發電廠、屋頂型發電裝置、可攜式 3C 產品、太空與軍事應用及建築整合型發電裝置(BIPV)上。

2、CIPV型：

在屋頂平台、地面以結構支架所支撐的太陽能光電模組系統，此CIPV型系統可應用具備太陽光追蹤器在聚光型太陽光發電系統（HCPV），技術指標包括追蹤精度及單支太陽光追蹤器承載太陽電池模組總輸出功率，目前聚光型太陽光發電系統模組已經發展至聚光比在500倍的聚光倍率下轉換效率已達34.2%以上，太陽光追蹤器，追蹤控制精度為 $<0.4^{\circ}$ ，耗電量 $<5\%$ ，承載荷重可達2,000 kg。

（一）太陽光電系統BIPV/CIPV型系統建置-評估考量

1kWp太陽電池組列平均佔地面積約為 $10\sim15\text{m}^2$ (3~5) 坪，依本分局各棟建築物屋頂（夏季約10小時，冬季約8小時）具有發展1000 kWp容量太陽光電模組發電系統，但礙於目前分局建築物分布格局及老舊樓板結構問題，影響建置太陽光電模組發電系統之規模，若未來能妥善規劃應能發揮最大潛能，建議：

- 1、辦公大樓以屋頂式：1.5 kWp太陽光追蹤器聚光型太陽光發電系統設置20~30座太陽電池，計約30~45kWp容量之太陽電池組。
- 2、於其他建築物屋頂及辦公大樓遮陽構造：可設置可捲曲非晶系之CIGS薄膜太

陽電池組，約可設置40~45kWp容量之太陽電池組。

3、辦公大樓前草地：為太陽光電系統示範區，設置2~4座5 kWp太陽光追蹤器聚光型太陽光發電系統計約10~20kWp容量之太陽電池組。

三套合計約110kWp容量之太陽光發電系統。實際 kWp 數需經結構設計精算、度量以確定其實際kWp 數。

太陽光追蹤器製程技術

 SolarTrax Tracker本體結構(150W) • 最大承載重量220kg • 經緯度雙線性螺桿，原始精度>10度，搭配 INER MPPT控制策略，追蹤精度可達1.5度	 WattSun 傳動結構+ INER支架及支柱(1.2 kW) • 最大承載重量600kg • 方位蝸輪鏈、仰角 Actuator，追蹤精度1度（類比式控制電路）
 INER Tracker本體結構(1.5 kW) • 最大承載重量600kg • INER 光感測器及數位式控制電路，追蹤精度0.4度	 INER Tracker本體結構(5 kW) • 最大承載重量 2,000 kg • INER光感測器及數位式控制電路，追蹤精度0.4度

HCPV相關技術重要成果

市電併聯 HCPV發電示範系統統計資料 (2008.01.14~2008.01.18)

5kW HCPV最高效率：	21.97 %	時間：	2008/01/18 13:16
5kW HCPV最低效率：	21.01 %	時間：	2008/01/18 13:53
5kW HCPV平均效率：	21.72 %		
1.5kW HCPV最高效率：	21.96 %	時間：	2008/01/17 13:28
1.5kW HCPV最低效率：	21.66 %	時間：	2008/01/18 13:40
1.5kW HCPV平均效率：	21.89 %		



立柱式5kW HCPV系統



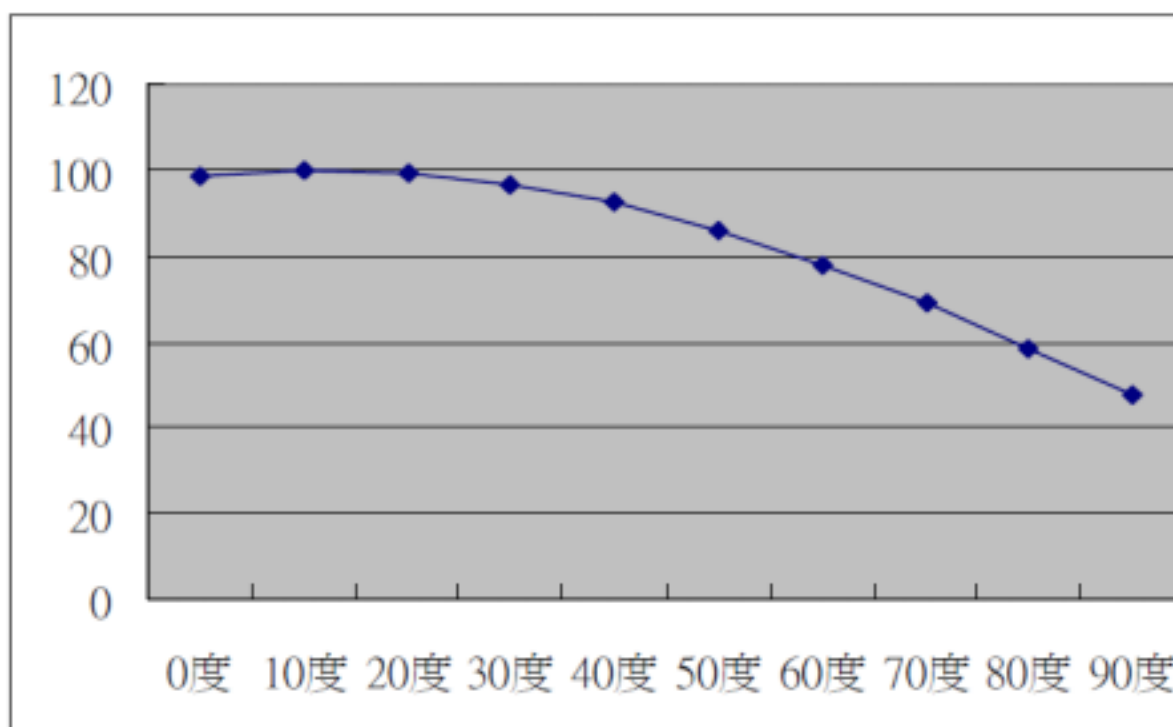
屋頂式1.5kW HCPV系統

(二) 太陽光電系統設置環境

- 1、日照充足：無光障害，模板架設角度以朝正南傾斜 $23\sim 25^\circ$ 為佳(設置地點之緯度角)。
- 2、週邊環境：應考慮建築物空間、鹽害雷害、風況、天候、溫度、防潮、排水及地盤狀況等考量。
- 3、建築結構：樑、柱等位置應考量載重設計，架設於外牆需考量強度設計。
- 4、電氣設備：了解電氣設備現況，必須確保電氣設備的安全，以掌握建置時電氣配線與施工路徑。
- 5、傾斜角與方位角：

傾斜角應介於10度~30度，方位角與正南夾角小於30度之間。若方位角或傾

斜角較為特殊，則需要評估發電量下降的幅度。



不同傾斜角發電量的變化情形（資料來源：工業技術研究院）

（三）電力換流器：選用通過驗證之換流器

1. 以室外型為佳，室內型次之(需專屬室內空間、噪音及散熱問題)。
2. 不需外接變壓器為佳，外接變壓器造成：降低效率、增加成本、佔空間、噪音及散熱問題。

（四）架台結構：

1. 因應環境因素，慎選支撐架材質，所有焊接與鑽孔處，應於安裝前進行防蝕處理。
2. 考慮高度、風壓、地震慎選結構強度與型式。

（五）太陽光電系統模組應符合國內及國外驗證機構之驗證標準

1、國際太陽光電模板 IEC 認可之驗證單位及測試機構

矽晶模板品質驗證 IEC 61215、JIS C8990、CEC503

薄膜模板品質驗證 IEC 61646、JIS C8991、CEC701

模板安全驗證(2007) IEC 61730

Country	Member Body	NCB	CBTL
France	LCIE by delegation from UTE	LCIE	
Germany	Deutsches Komitee der IEC	VDE TUV Rh	VDE TUV RH PS GmbH
India	BIS	STQC	ETDC
Italy	IMQ SpA	IMQ S.p.A.	ESTI
Japan	JISC	JET	JET Yokohama
Netherlands	Netherlands National Committee of the IEC	KEMA	KEMA Quality B.V
Spain	AENOR	AENOR	CIEMAT
USA	US National Committee of the IECEE	UL Inc.	UL Inc. ASU
Taiwan			ITRI

Reference: <http://WWW.IECEE.ORG>

2、國際太陽光電系統 Inverter(換流器)之認證機構

國家	認證機構/實驗室	認證標準
德國	VDE Testing and Certification Institute	VDE 0126 VDE 0126-1-1
美國	Underwriters Laboratories Inc.	UL 1741
日本	Japan Electrical Safety & Environment Technology Laboratories (JET) 財団法人電気安全環境研究所	太陽電池発電システム用系統連系装置等の試験方法

3、我國太陽光電國家標準制定情況

我國光電產品已於 81 年 11 月 20 日開始制定並公布國家標準，使光電產品品質與安全性有所規範：

已制定公布	CNS 13059-1 光電伏打元件（第一部：光電伏打電流—電壓特性量測）(IEC 60904-1) CNS 13059-2 光電伏打元件（第二部：基準太陽電池之要求）(IEC 60904-2) CNS 13059-3 光電伏打元件（第三部：具光譜照射光參考數據之陸上光電伏打（P V）太陽元件量測原理）(IEC 60904-3)	CNS 13059-1~ CNS 13059-3 於 81.11.20 公布
已制定公布	CNS 13059-5 光電伏打元件（第五部：利用開路電壓法決定光電伏打元件之等效電池溫度）(IEC 60904-5) CNS 13059-6 光電伏打元件（第六部：基準太陽電池模組之要求）(IEC 60904-6) CNS 13059-7 光電伏打元件（第七部：光電伏打元件測試中所產生光譜不匹配誤差之計算）(IEC 60904-7) CNS 13059-8 光電伏打元件（第八部：光電伏打元件光譜響應之量測）(IEC 60904-8) CNS 13059-9 光電伏打元件（第九部：太陽模擬器之性能要求）(IEC 60904-9) CNS 13059-10 光電伏打元件（第十部：線性量測法）(IEC 60904-10)	CNS 13059-5~ CNS 13059-10 於 91.12.5 公布
已制定公布	CNS 15113 太陽光電能源系統：名詞與符號(IEC 61836)	CNS 15113~ CNS 15120 於

	CNS 15114 結晶矽陸上太陽光電模組 - 設計確認和型式認可(IEC 61215) CNS 15115 薄膜矽陸上太陽光電模組 - 設計確認和型式認可(IEC 61646) CNS 15116 太陽光電模組紫外線測試(IEC 61345) CNS 15117 太陽光電系統 - 電力調節器 - 量測效率之程序(IEC 61683) CNS 15118-1 太陽光電模組之安全確認 - 第 1 部：構造要求(IEC 61730-1) CNS 15118-2 太陽光電模組之安全確認 - 第 2 部：測試要求(IEC 61730-2) CNS 15119 太陽光電系統之性能監測 - 量測、數據交換與分析指南(IEC 61724) CNS 15120 太陽光電發電系統用之二次電池 - 一般要求與測試方法(IEC 61427)	96.9.14 公布
制定中	IEC 61277 地面用太陽光電發電系統—概述與指南 IEC 61701 太陽光電模組之鹽霧腐蝕試驗 IEC 61721 太陽光電模組抗衝擊能力試驗 IEC 61829 結晶矽太陽光電陣列之 I-V 現場測試 IEC 60364-7-712 建築物電之設立-第 7-712 部特別設立地點之要求-太陽光電電力供應系統	預計 97 年 6 月底完成
待制定	IEC 61173 太陽光電發電系統過壓保護—指南 IEC 61194 獨立太陽光電系統的參數特性 IEC 61702 太陽光電-水泵直接耦合系統之標定 IEC 61725 陽光日分布之分析式描述 IEC 62111 可再生能源用於分散型農村電力化之	工研院太陽光電科技中心研擬中,俟該中心將草案送局後再積極辦理。

	技術規範 IEC 61727 太陽光電系統與電力網聯接之特徵參數	
--	-------------------------------------	--

四、預期效益與衝擊評估

（一）臺中分局建構太陽能發電預期效益

1、與國際對抗二氧化碳趨勢接軌，配合政府節能減碳政策，推動太陽能光電系統，減少二氧化碳排放量，建構低碳綠能建築

根據本研究計畫臺中分局可建置容量110 kWp之太陽光發電系統，臺中市年平均日照時數為2043.2小時，太陽光發電系統將可以發出224,763度（kWp-小時）電量，約為臺中分局1年用電量之2/3，每年可節省經費將近新台幣50萬元，同時減少CO₂ 排放量140,027公斤CO₂e（98 年度電力排放係數 = 0.623 公斤CO₂e/度），以目前國際碳交易市場行情當全球碳市場價格在US\$50~80/噸CO₂，每年約可創造7000~11200美元（新台幣約210,000~336,000元）碳基金。

2、解決本分局用電量問題，提昇檢試驗環境與水準，提供人民最佳的服務品質
依據政府節能減碳政策，本分局每年需配合減少 5% 用電量，導致不能提供最適合實驗室檢測環境，尤其對溫濕度敏感的物質影響至鉅。不僅如此，檢測之精密儀器其準確度及精密度亦受實驗室溫濕度環境影響，重覆校準不僅影響試驗結果品質，且延遲試驗報告時間影響人民權益。若解決本分局用電量問題，當可提昇檢試驗環境與水準，提供人民最佳的服務品質。

3、建構太陽能光電發電系統成為各機構典範，提升本局形象

遵循國家「永續能源政策綱領」，配合「節能減碳行動方案」，建構太陽能光電發電系統低碳社區、低碳城市、低碳生活圈及再生能源生活圈的典範，逐步推廣低碳能源的使用、節能設施的鋪設及低碳生活模式的塑造，提升本局形象。

（二）臺中分局建構太陽能發電衝擊評估

1、建構「再生能源、節約能源產品標準及檢測平台」與國際同步

加速訂定產品相關法規及標準，建置實驗室試檢測試設備與能力，提供產品安全、性能等方面的檢測品質，使太陽能光電產品能夠滿足國內與國際間的規範要求。

2、加強職能培訓與培育創新研發與檢測技術菁英人才

我國太陽能光電產業在面對全球競爭的環境下，將面臨創新研發與檢測試驗人才資源的缺口的危機。我國能源產業正處轉型的關鍵期，因此急需專業技術人力以支援產業結構轉型所需。未來對於人才質量之提升必須進行長遠的規劃，並配合供需調查機制、培育、延攬及人力資源流通運用等相關措施，使培育機制能符合產業變動之需求。並確保高技術及高知識產業發展所需人力資源能達到「量足」、「質精」、及「彈性流通運用」的目標。

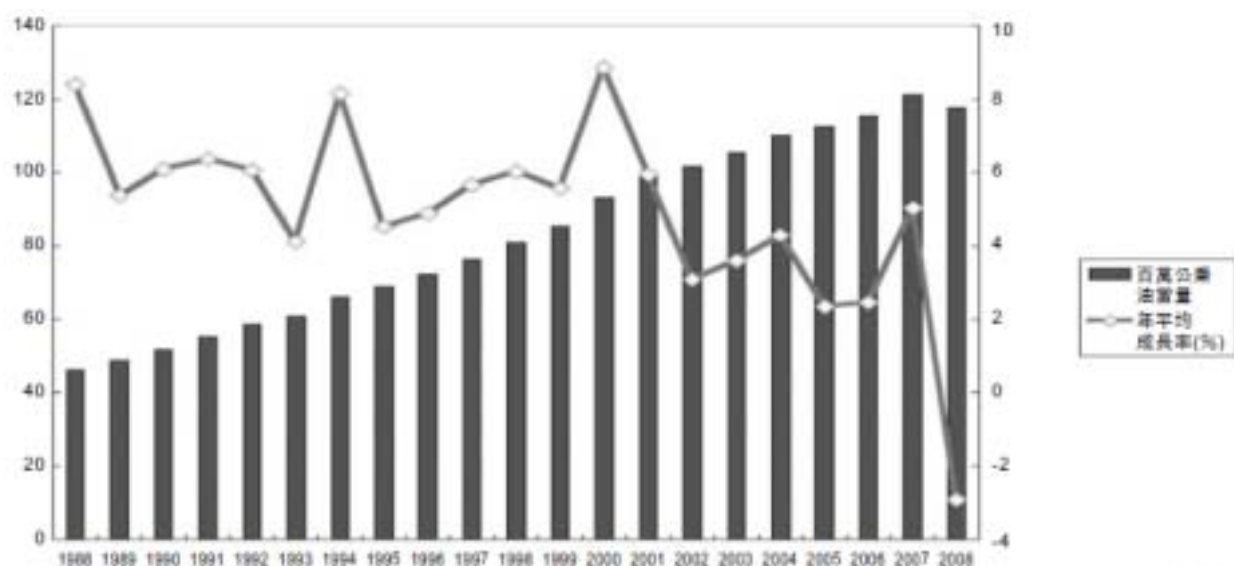
第五章 結論與建議

全球暖化及溫室氣體的議題，在全球各國都不斷有新的因應對策產生，各國政府、工商團體、環保團體及各行各業，每天無不接受浪潮般襲來之溫室氣體相關資訊，也使得人為溫室氣體排放的控管與減量，早已成為一種顯學。

台灣是一個海洋國家，海洋帶來的威脅和衝擊是最為直接和嚴重的，如何因應氣候變遷的衝擊無疑是政府和全民刻不容緩的要務。我國雖因國際地位特殊，無法簽署聯合國氣候變化綱要公約與京都議定書，然就經濟層面而言，我國屬於外銷型經濟，與國際連動關係強烈，相關國際環保公約與各國環保政策制定對我國的影響均相當顯著，長期則可能須承擔國際賦予發展中國家的實質減量責任。因此馬總統指示政府要善盡國際公民的責任，一方面要「節流」，另一方面要「淨源」。故我國應及早面對並採取行動，積極執行調適策略減少氣候變遷造成衝擊，並分階段推動溫室氣體減量策略，將低減量成本及對企業之衝擊。

由於近二十年來經濟高度成長，能源消費亦穩定成長，1988至2008年間我國能源需要年平均成長4.96%，如圖4-1-1所示。2008年台灣有 99.3%能源仰賴進口，其中又以化石能源為主，其進口值已占國內生產毛額比例高達15.79%。因此，台灣在面臨全球經濟蕭條、氣候變遷及能源價格巨幅變動的衝擊下，相較於其他國家的能源及經濟情勢，更加險峻、脆弱，必須及時思索如何因應及突破現況，為台灣的永續發展找到契機與活路。此外，由於能源議題亦攸關國家

安全，而且能源的選擇必須為30年、50年，甚至更久遠以後的子孫與環境負責。



資料來源：中華民國97年能源統計手冊

圖 5-1 1988 至 2008 年間我國能源需要及年平均成長率

本分局忝為政府機關的一分子當責無旁貸配合國家溫室氣體減量及永續能源發展策略規劃，引導能源供需端朝低碳化方向發展，因此藉建構太陽能發電可行性方案為目的，研究提供未來節能減碳、建構低碳綠能建築、發展太陽能發電及推動太陽能發電構建完善「智慧型電網及電表」能源管理系統之再生能源生活圈，逐步推廣低碳能源的使用、鋪設節能設施及塑造低碳生活模式的參考。同時本於職權加速訂定產品相關法規及標準，建置實驗室試檢測試設備與能力，加強職能培訓與培育創新研發與檢測技術菁英人才，提供產品安全、性能等方面的檢測品質，使太陽能光電產品能夠滿足國內與國際間的規範要求。在綠能產業方面，國內產業規模或應用市場尚處於萌芽階段之潛力產業，依產業特性與技術潛力加以扶植，建立國內市場示範應用、維持產業活力等為主要策略。本研究擬提出以下建議，提供本局未來執行及推廣之參考。

一、與國際對抗二氧化碳趨勢接軌，配合政府節能減碳政策，推動太陽能光電系統，減少二氧化碳排放量，建構低碳綠能建築

行政院院會，於2008年6月通過「永續能源政策綱領」；在該綱領-「淨源節流」乙節中，政府並宣示將積極發展無碳再生能源，有效運用再生能源開發潛力，於2025年占發電系統的8%，並以以風力發電、太陽光電、生質能為主要推動項目，致力技術研發降低成本及提高設置誘因，並輔以推動其他再生能源發電如地熱、海洋能、氫能等，全面有效運用再生資源，以達目標。

目前政府訂定的再生能源推廣太陽光電方面目標有：加強太陽光電系統設置，以2010年2.1萬瓩、2015年32萬瓩、2020年57萬瓩、2025年80萬瓩為目標；推動代表性建築物、交通設施等太陽光電示範系統；加強太陽光電系統研發，推動建築物整合系統發展，期望於2025年達10~12萬戶，每戶5瓩。

評估本分分局地理位置優越具備發展太陽能發電的潛勢，若能以建置 BIPV 太陽光發電系統為主軸，有效利用建築物的外表大面積，以矽晶模板、薄膜模板等太陽光發電系統替代建築物的外表包覆材料、代替屋頂、牆面、窗戶之建材，此等太陽光發電系統不僅可遮陽且降低建築物外表溫度(節能) 兼具建材及發電之功能(產能)。另輔以CIPV型，且具備太陽光追蹤器在聚光型太陽光發電系統 (HCPV) 太陽光發電系統建在屋頂平台或地面以結構支架所支撐的太陽能光電模組系統。以現況研究規劃為建置建置容量110 kWp之太陽光發電系統，若未來能總體規劃開發，以建置 BIPV 太陽光發電系統為主軸，輔以CIPV型具備太陽光追蹤器在聚光型太陽光發電系統 (HCPV) 太陽光發電

系，將可以開發超過1000 kWp容量太陽光電模組發電系統，足可供應臺中分局使用，同時多餘的電量利用構建完善「智慧型電網及電表」能源管理系統，引導能源供需端朝低碳化方向發展，並引導產業結構低碳化，推展綠色能源產業，加速我國低碳產業布局及搶占低碳發展商機。推動分期建構低碳社區、低碳城市、低碳生活圈及再生能源生活圈，逐步推廣低碳能源的使用、節能設施的鋪設及低碳生活模式的塑造。

二、標準檢驗局應主導再生能源產品暨周邊支援產品之檢測/驗證國家標準與規範

目前國際上尚無能源產品之共識性定義，依據應用之目的可分為二大類：(1)與能源效率相關之產品，(2)與能源產生相關之產品。國內目前於「與能源效率相關產品」已推動「能源之星」與「節能標章」兩類之驗證活動。此兩項驗證均係自願性之驗證計畫，指導單位分別為行政院環境保護署及經濟部能源局，但執行驗證機構各僅指定一家，並採取封閉式之運作模式，多年來均由政府權責機關長期之補助與推動，且廠商申請驗證費用均是免費的，因此尚無驗證與認證市場的積極誘因存在。

至於「與能源產生相關」類之能源產品的發展與新興能源科技息息相關，目前與製造及品質相關之國際標準亦正處於發展階段，而與此類能源產品之效能標準和驗證/認證相關之規範與標誌制度的發展進度雖較綠色產品為慢，但在國際公約與環境議題持續在國際間擴散的進程中，亦將陸續建構完整之能源產

品認證標準與認證制，此類規範主要是與再生能源技術相關硬體設備與元件之性能與安全標準與規範太陽能發電系統的主要零組件包括太陽能模組及模板(Photovoltaic Module & Panel)、接線盒 (Junction Box)、變流器及電源轉換器等。這些產品由於長期在戶外使用，因此歐美各國對在其境內銷售的太陽能產品均訂有嚴格的安全和性能要求,UL 及IEC 針對太陽能光電零組件的主要標準規範：

(一) 太陽能模組及模板

- 1、UL 1703 平板型太陽能組件安全認證標準 (Flat-Plate Photovoltaic Modules and Panels)。
- 2、IEC 61215 陸地用晶體矽太陽能組性能測試標準 (Crystalline Silicon Terrestrial Photovoltaic Modules - Design Qualification and Type Approval)。
- 3、IEC 61646 陸地用薄膜型太陽能組性能測試標準 (Thin-film Terrestrial Photovoltaic Modules Design Qualification and Type Approval)。
- 4、IEC 61730 太陽能組件安全及性能測試標準 (Photovoltaic Module Safety Qualification)。

(二) 太陽能光電系統主要配件

UL 1741 太陽能發電系統用變流器、電源轉換器、控制器及連接設備至供電系統安全認證標準 (Inverters, Converters, Controllers and Interconnection System Equipment for Use With Distributed Energy Resources)。

2 . UL 4703 太陽能光電用電線安全標準 (Outline for Photovoltaic Wire)

相較於各國我國光電產品已於81年11月20日開始制定並公布國家標準，使光電產品品質與安全性有所規範，目前仍持續修制定中。能源產品認驗證標準與認驗證制修定而是以建立能源產品之性能與安全性相關標準、測試技術與平台為目標，包括能源產品之效率、可靠度測試技術，風險評估與安全性測試技術；而所有測試之準確與公信力則建立在量測儀器設備之校正技術、及具可追溯性之標準。並對以公布之國際標準，研定符合國際規範之國家標準及建構與國際接軌之國家量測標準體系，有助國際合作及相互承認等為重點，提升我國產業的市場競爭優勢，帶動新能源技術與產業之發展。

三、建立本局再生能源科技人員培育平台，加強職能培訓與培育創新研發與檢測技術菁英人才

隨著全球再生能源的需求遽增，各國致力於訂定再生能源獎勵政策的同時，太陽能光電模組市場規模及成長率均相當看好。國內能源產品之驗證需求將隨政府政策之推動，而會日漸增高，唯因設備技術層次與驗證水平限制等因素，驗證市場仍將由國際驗證機構主導。建議標準檢驗局對內規劃建構完整之能源產品認驗證標準與認驗證制度，建立符合國際規範及本局高品質要求再生能源科技人力培育平台，網羅不同專業之各單位（業務組、各分局及受託機構）人員，加強能源產品職能培訓與培育創新研發與檢測技術菁英人才。並藉由完整、分級之能源產品認驗證標準與認驗證專業訓練（含基礎訓練、實務演練、進階訓

練)，儲備國內再生能源產業之溫室氣體查證人力資源。對外主導國內相關法人單位與國際驗證機構合作，逐步引進驗證與檢測技術，提供相關驗證資訊、檢測技術發展趨勢、技術諮詢及相關驗證服務等服務，進而掌握太陽光電發電技術標準和國際標準趨勢，加速國內資訊與國際同步化，提升國際競爭力。

公共工程或公有建築物設置再生能源設備作業準則

一、源起

再生能源為永續之潔淨能源，國內再生能源自然資源條件豐富，惟設備設置成本相較其他石化能源屬於偏高，有需經由政府政策推動方能大量推廣應用。鑒於每年皆有許多公共工程興建，倘於興建規劃中即包含再生能源之設置，不但

可減少二次施工之不便，且因經費來源及設置場址易於控管，有助促成再生能源之大量應用，並可貫徹政府推動再生能源之決心。

尤以再生能源為明日之星，各工業大國莫不傾力提升裝置容量及技術開發，我國自然條件極適合發展，由公共工程率先設置再生能源發電設備，不但具有節能效果，並可帶動民間產業發展，有助整體能源及經濟效益之提升。

再生能源發展條例經立法院三讀通過，其中第12條規定：「政府於新建、改建公共工程或公有建築物時，其工程條件符合再生能源設置條件者，優先裝置再生能源發電設備。」爰訂定本作業準則，俾為各機關設置再生能源發電設備之參考。

二、設備及產品定義

(一)太陽光電發電系統：係指利用太陽電池轉換太陽光能為電能並可展示太陽光電發電應用功效之整體設備。

三、設置方式及條件

(一)太陽光電發電系統

1. 設置方式

A. 設置於空地、屋頂、道路邊坡、道路隔音牆。

B. 取代部份建築材料之建築整合型太陽光電系統（BIPV），如車站或航站之屋頂、採光罩、月台頂棚等。及一般建築之外牆、屋頂、窗戶、玻璃、遮陽板、雨披等。

C. 結合開放空間照明燈具、路燈、道路指引燈、景觀燈具

D. 公共藝術造型

E. 觀光遊船棚頂設置，作為電力輔助

2. 設置條件

類別	注意事項	內容說明
客 觀 與 環 境 條 件	設置地點	設置地點應考量日照良好，避免高樓、建物、雜物、大樹等蔭影遮蔽。
	面積需求	太陽光電發電系統，依使用模組型式、晶片材料差異，所需設置容量每一kWp所需面積10~15平方公尺
	方位需求	太陽光電發電系統模組設置，以面南為優先考慮方位。
	傾斜角度需求	除取代玻璃帷幕者(應搭配適當之太陽光電模組)外，以併聯型系統而言，為取得全年最多日射量，達到較高發電量，模組最佳傾斜角約以10~20度為原則，且以朝南面為佳。 系統應有適當傾斜角度以利疏水及模組清潔。
	結構與材料	考量海島型氣候，尤以濱海、離島等含鹽份水氣量大，容易造成模組與支撐結構之鏽蝕，應特別要求材料之處理與使用已儘量符合模組20年之使用期與系統5年保固期。
系 統 形 式	建築結合型或一般型	為免佔用多餘空間，並降低成本，應優先考量以太陽光電發電系統取代建材，如屋頂、雨披、遮陽棚板、窗戶、玻璃帷幕或外牆等部份。如為增加景觀設計性，得採用雙層玻璃透光太陽光電模組，惟費用較一般不透光模組為高。
系 統 設	產品要求(太陽光電發電模組)	太陽光電發電系統模組，應優先使用品質較佳者，且應符合下列標準規範之一者： (一)中華民國國家標準(CNS)：CNS15114、CNS15115、 CNS62108。(擇一) (二)國際電工委員會(International

置		Electrotechnical Commission, 簡稱IEC) : IEC61215、 IEC61646。(擇一) (三)日本工業規格(JIS) : JISC8990、JISC8991。(擇一)
	系統施工	太陽光電發電系統設置，建議以具施工經驗之廠商為優先考量。
	相關法令	太陽光電發電系統設置，應符合政府建築法或其他法令之規定。 建築物設置太陽光電發電設備高度在一點五公尺以下者免申請雜項執照。至其結構安全部分應由依法登記開業之建築師或土木技師或結構技師簽證。(內政部92年4月22日台內營字第0920085758號函)
	系統併聯	太陽光電發電系統之併聯設置，應申請併聯電力公司之同意。
	系統維護	太陽光電發電系統設置，應規劃後續系統維護管理人員及經費。建議應取得系統設置廠商至少五年保固同意文件。
示範教育	示範教育	太陽光電發電系統設置，應考量再生能源宣導及教育功能，設置於顯目處，並可搭配宣導活動及文宣，增進公共工程之形象及展示效益。
緊急防災	緊急備用供電	太陽光電發電系統設置，除日常電力輔助使用外，可考慮其獨立運轉供電特性，提供備用電力以供電力中斷等緊急情況使用。

