

第一章 緒論

第一節 研究背景與動機

壹、源起

石化能源不斷的減少，這是無可避免的，因為石油輸出國由於政治因素，採取石油禁運政策，而在 1973 年出現了人類歷史上的第一次能源危機，7 年之後的 1980 年，又在伊朗出現革命政變下，再度爆發第二次的能源危機。隨後直至 2007 年，石油的價格不斷上升，從 1970 年的每桶不到 4 美元，經過 30 多年的全球市場演變，至今價格已經超過 70 美元。事實上，石化能源的儲存量不斷的減少中，根據統計地球上蘊藏的石油只能開採 40 年，天然氣僅存 60 年，雖然地球上，煤礦產能還有 155 年的存量，但是總有消耗殆盡的一天。

當然，核子能源是可以被考慮的技術，不過由於高污染，以及高技術問題、無法普及應用至民生產品，這都限制了核子能源的發展機會。所以在未來短短數十年間，人類已經有必要開發出新一代的能源技術，並且予以成熟化來降低對於石油、天然氣或其他礦產的依賴性。

20 年以前，期望利用太陽能源進行商用化發電幾乎不可能的問題，經過各方面的技術選擇與發展，在今天人類終究還是朝向以太陽能源為基礎來開發出，各式各樣的能源轉換技術，因為在截至可預期的未來這一段時間內，太陽能源可以說是可以被無止境的運用。

永續發展的技術主要包含能源、環保、資源、安全衛生…等領域，主要次領域含括再生能源、能源新利用、節約能源、能源效率管理、空氣污染防治、廢棄物處理與資源化、土壤污染整治、毒化物防災與管理、水源開發與處理、地質防災、工業安全衛生…

等。而再生能源¹(Renewable Energy)的部份如生質能²(Biomass)、地熱能³(Geothermal)、水力發電(Hydro Power)、太陽光電(Solar Power, PV)、太陽熱能發電⁴(Solar Thermal)、風力發電(Wind Power)等,不會產生CO₂的排放、優化環境、可永續發展、可在需求當地開發與利用,不論是併網發電⁵或離網發電、供暖或制冷、運輸或交通,各式能源也各自尋求最佳的解決方案,亦是石油供需與氣候變遷問題的有效解決方案之一(陳婉如,2006)。

為了使我們的社會能夠持續成長與繁榮,我們需要永續發展這個世界。可再生能源已是實際可以運作的,但時至今日仍是相對上昂貴的,但可由圖 1-1-1 看出,以前大都運用傳統生質能(Traditional Biomass,如木材)及煤碳(Coal)來產生能源,近 100 年式運用燃油(Oil)、液化天然氣(Natural Gas Liquids, NGLs)、汽油(Gas)等,最近 50 年也都加入核能與水力來產生能源,近 20 多年就上述各種可再生能源來發展,尤其未來 20 年以後應該是蓬勃發展的時代。

¹ 根據聯合國環境規劃署 (UNEP) 的定義,「再生能源」(Renewable energy) 係指理論上能取之不盡的天然資源,過程中不會產生污染物,例如太陽能、風能、地熱能、水力能、潮汐能、生質能等,都是轉化自然界的能量成為能源,並在短時間內(幾年之內,相對於億年以上才能形成的石化燃料)就可以再生。2007/6/3 上網於<http://e-info.org.tw/column/eccpda/2004/ec04031601.htm>

² 所謂生質能,是將生質物變成能源來利用。由於生質物具有再生性,和風能、太陽能一樣,取之不盡,用之不竭,也因此成為再生能源的重要來源。根據行政院的評估,生質能在台灣的應用潛力,未來將佔總再生能源潛力的 45%至 52%。例如農委會也與經濟部合作,投入能源作物的開發,規劃在北中南三個地區選定休耕田區,種植向日葵、大豆及油菜等能源作物,將這些能源作物轉化為生質燃料,發展生質柴油。2007/6/3 上網於<http://investintaiwan.nat.gov.tw/zh-tw/news/200605/2006050801.html>

³ 地熱能就是利用地球岩層內的熱能。我們地球核心是非常熱的一根據最近的估計是攝氏 5,500 度(華氏 9,932 度),而地球地面上三公尺的氣溫全年介乎於攝氏 10-16 度(華氏 50-60 度)左右。地熱能就是利用處於熱源的水庫,供應熱水到需要熱能的地方。地熱能的水,可用來提供家庭和溫室的暖氣,和甚至融化道路上的積雪。2007/6/3 上網於
<http://www.greenpeace.org/china/ch/campaigns/stop-climate-change/solutions/geothermal>

⁴ 太陽熱能發電站製造出相當多的電力,遠比一個家庭能用的電力多得多,集中日光到小小但高效能的太陽能蒐集器。所以會叫做太陽熱能發電站是因為它們既製造電也製造熱。目前市場上有很多不同的設計,而且很快就會變得大眾都負擔得起的。在未來,太陽熱能發電站預料將能與風力爭搶電力網絡的一塊大餅。風力和太陽熱能是完美的夥伴,即使風不吹了,太陽還是很有可能照耀著。2007/6/3 上網於
<http://www.earthday.org.tw/climate/climate070427.htm>

⁵ 與電力公司所提供用戶的電源交互利用,發電量小於用電量時,便使用電力公司的電,若本身發電量大於用電量,還可以賣回電力公司。

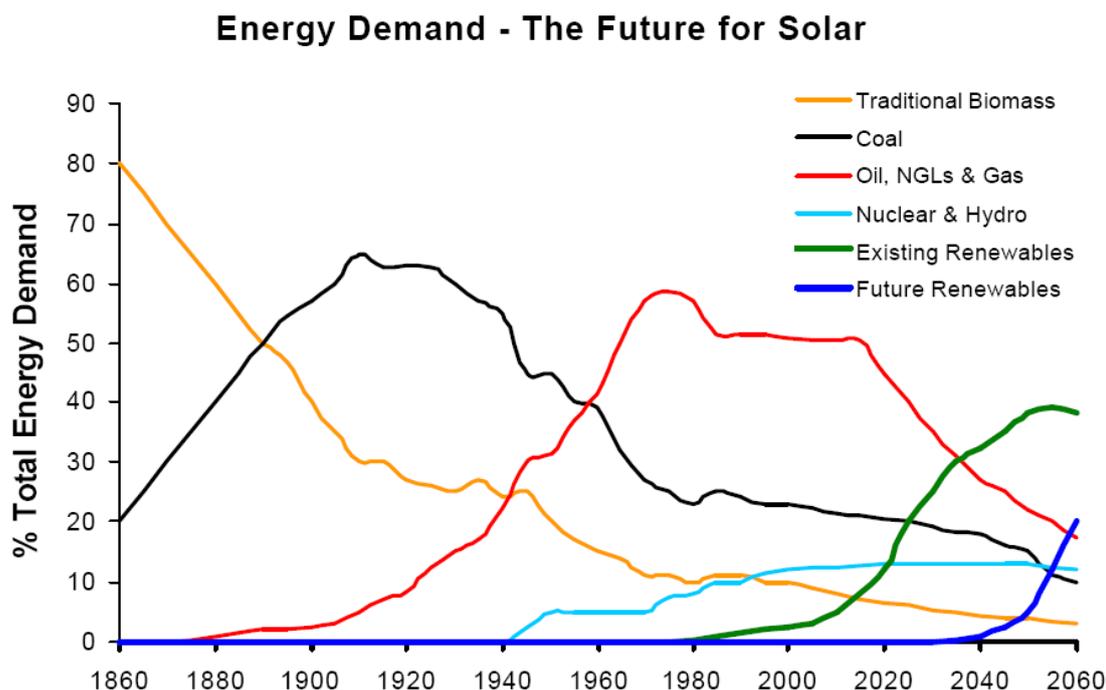


圖1-1-1 未來能源需求曲線-太陽能的未來⁶

貳、太陽光電的相關條件

一、太陽光電是獨特的新能源⁷

由上可知，傳統能源所排放的二氧化碳更是造成地球暖化現象的一大原因，因此，不論是就能源危機的觀點，亦或是環保潔淨的考量，尋求有別於傳統能源的再生能源，已經成為國際間不可避免的趨勢；眾多替代能源之中，太陽能乾淨、安靜無聲，而且可依照需求設計安裝在各種不同大小的應用載具中，可說是一種最具特色的新能源。

二、太陽能技術尚無全面商用化環境⁸

雖然現今的太陽能應用在商用化的條件上尚不成熟，但是與過去數年前相比，已經突破了相當多的課題與技術門檻。從全球的太陽能市場可以發現，平均每年都是以2位數的幅度成長，如果不是因為受限於材料的因素，相信成長幅度會有更大的表現。根

⁶ 資料來源：STI/IPP(the Institute of Plasma Physics), 2003

⁷ 熊谷秀, GAS 2006

⁸ Digitimes 2006/11/13

據統計，2005年太陽能模組市場成長到53億美元；2010年，太陽能模組市場則預計可達120億美元。但是2006年整體太陽能電池市場預計僅能達1,680百萬瓦特，較2005年成長約5%。這是因為歷經最近一段時間的成長熱潮後，多晶矽供應商無法維持大量OEM的需求，這些公司已經把供給未來2~3年所需的材料都預售一空。導致2006年太陽能市場的成長呈現趨緩現象。不過，隨著更多的多晶矽能量被有效利用，太陽能領域將自2007年初恢復成長。在此同時，太陽能模組市場也將成長15~20%。(電子時報，2006)

太陽能必須利用各式的能量轉換器，轉換成其他形態的能量，例如利用集熱器將太陽能源轉換成熱能，再轉換成電能，或者是過光合作用等的植物，換成生物質能等等的技術，才能將所轉換出來的能量再利用或者儲存。並非可以毫無止境的進行轉換，因為隨著轉換次數越多，最終所得到的能源效率便會越低。

三、利用太陽能進行水分解發電

全球已經發展出各種技術來將太陽能源轉換成所需的電能或是熱能。不過在眾多技術當中，利用水分解發電是被視為有應用潛力的太陽能發電技術。由於水是無污染特性的材料，並且利用水所分解出來的氫氣，熱效率更是高達石化材料的3倍以上，所以，到目前為止，大多數的科學家都認為，這是最理想的次世代能源技術。以目前來說，可以分為四種方式利用太陽能進行產生氫氣，包括了熱分解⁹、電解水¹⁰、生物質和光電化學分解¹¹等。

⁹熱分解是利用太陽能將水加熱，將水或水蒸汽加熱到攝氏溫度3000度以上，讓水中的氫和氧進行分解，隨後再利用氫氣燃燒進行發電。

¹⁰電解水是，利用太陽光和電解水相結合產生氫氣，進行發電，是目前應用較廣泛且比較成熟的方法，並且氫氣的轉換效率達到約75~85%左右，不過轉換的過程中耗電較大，從能量利用的觀點來看是較不划算。

¹¹生物或廢棄物分解，來製造氫氣是較新的觀念，不過繼技術上還是處於開發的階段。光電化學分解是由日本業者提出，日本學者利用n型二氧化鈦半導體電極作為陽極，而以鉑材料作為陰極，而發展成太陽能光電化學電池。在太陽光照射下，以鉑作為材料的陰極就可以產生氫氣，而在陽極產生氧氣，兩個電極用導線連接，便可以出現電流通過而獲得電能。但是氫氣效率很低，僅0.4%左右，利用這樣的方式還需要經過相當長的研發時間。

不過在實際商業使用上，如果期望成功且順利地進行水分解動作，這種高電位的濕式太陽電池，仍舊需要解決兩方面的問題。就是半導體的帶能量和水分解反應電位間的搭配，以及電極的安定性。事實上，無論利用濕式太陽電池分解或者是熱化學分解等的技術，在多年以前就被開發出來，不過因為，在技術以及轉換效率上一直無法獲的突破，致使利用太陽能水分解達到發電目標一直無法實現。不過，以今天的技術能力而言，在大多領域的困難都已陸續獲得解決，接下來最重要的門檻就僅剩，如何達到商業化的低成本目標。

四、利用矽材料將光能轉換成電能之成本

就以技術成熟度以及商用化經驗來說，利用矽材料開發太陽能發電的技術發展是最為迅速且能被肯定的。不過，因為矽材料的短缺讓市場的發展產生一些阻礙。所以，在面對材料的缺乏情況下，太陽能電池模組業者無不朝向將 Cell 薄型化，來確保產量以及降低成本，在過去幾年裡，價格已下降了 30~40%，但是市場的發展要求進一步降低成本。降低成本的關鍵是光電晶片的成本。因為 Cell 晶片成本約佔生產成本的 60%。其他製程材料約佔 17%，人力成本約佔 7%。由於太陽電池材料佔生產費用的 75% 左右，因此降低成本最直接的辦法就是減少化在 Cell 材料上的費用。一方面減少材料的使用量，另一方面減小 Cell 的厚度，而利用現有的設備生產較大尺寸的 Cell，以得到最大的產量。

但更新的研究(PHOTON International March 2007)，指出整體太陽光電系統成本結構分析如圖 1-1-2。以 2006 年的生產太陽能電力為例(日本、德國等較大市場)，量測 2007 年太陽能電力成本為 0.25 歐元/kWh，這包含從供應鏈 TCS12—Silicon(晶矽)—ingot(晶錠)—wafer(晶圓)—cell(電池)—module(模組)—inverter(變流器)—BOS13—installation(安裝)到太陽能系統安裝完畢的階段之所有成本。預估在製造太

¹² 矽礦階段，pre-silicon

¹³ Balance-of-system equipment

陽電池模組約需成本 0.15 歐元/kWh，而從變流器到安裝完畢使用約需成本 0.1 歐元/kWh。此也不包含所有政策補助與稅收的減免。這和之前許多台灣研究單位(如工研院太陽光電研究中心)的成本及價格分析有極大的出入。

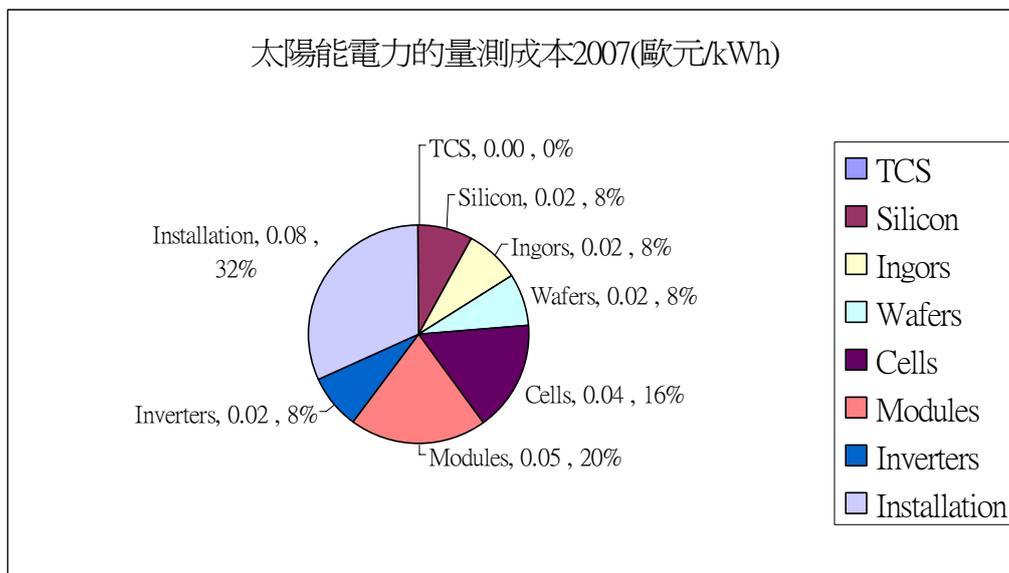


圖 1-1-2 2007 量測太陽光電系統成本結構
本研究繪製，資料來源:PHOTON International march 2007

因此為了加速能夠取代燃料發電時代的來臨，還是得降低太陽能發電模組的成本，也就成為當下最緊迫的課題。目前各種技術中，還是以結晶矽的轉換效率約 20% 為最高，所以目前 90% 的太陽能發電模組是使用結晶矽作為材料，由於近幾年結晶矽的缺料，太陽能發電模組裡矽原料價格節節高漲，假使無法有效克服成本問題的話，那麼期望能夠大幅取代燃料發電的目標幾乎是遙不可及了。就現階段而言，和其他技術相較結晶矽的轉換效率最高，自然不太可能捨掉結晶矽，完全改採轉換效率約 10% 左右，使用化合物的 CIS 材料，甚至於效率更低以有機材料的染料敏化型等等的太陽能發電系統。理由是，無論是化合物的 CIS 材料，或使有機材料的染料敏化型就材料成本而言都是不錯的想法，但是，也不太可能放棄技術最為成熟的結晶矽製程。

參、各國政府太陽光電政策

一、美國

美國加州百萬太陽能屋頂法案¹⁴(SBI)，美國加州阿諾史瓦辛格在 2006 年 8 月 21 日正式簽署加州百萬太陽能屋頂 (Million Solar Roofs) 法案，該法案已在 (2007) 年 1 月 1 日起正式生效運作。此項法案於 2004 年提出，計畫用超過 32 億美元的經費在未來 10 年內，將目前加州太陽能發電從 100 百萬瓦 (100MW) 增加至 3000 百萬瓦 (3000MW)，約可提供 220 萬戶家庭的用電需求，是目前全球最的的太陽能最大計畫之一。使用 3000MW 的太陽能發電，約可減少 300 萬噸溫室氣體的排放，或相當於減少 100 萬輛汽車排放的廢氣。目前加州約兩萬戶住宅、公司及政府單位安裝太陽能發電裝置，距離百萬戶目標還遙遠。裝置太陽能發電屋頂價格並不便宜，一般住宅約要兩萬美元左右，如加上政府補助等優惠措施，民眾仍須自費負擔約一萬美元。太陽能電力能夠儲存起來，作為晚間和陰天期間使用，剩餘電力可賣回給電力公司，每個月電費開銷，至少可節省一半以上。

二、德國

德國於 2000 年通過再生能源法(Renewable Energy Law)，以固定優惠收購電價鼓勵提供綠色電力之再生能源事業，對再生能源電廠以 20 年期提供 0.99 馬克/kWh 優惠收購價(即併網系統)，2002 年一月一日以後運轉之新設備，每年減少 5%，等到全國太陽光電能之裝置容量超過 300KW 後之下一年底，則停止優惠收購電價義務；2004 年四月德國通過再生能源法之補充修訂，併網系統補助改為每度電 0.457 歐元(偏遠地區)，30KW 以下之屋頂系統 0.574 歐元、建築外牆 0.624 歐元，30KW 以上屋頂系統

¹⁴ 百萬太陽能屋頂法案是 2004 年由加州參議員Murray提出，而後受到州長阿諾的支持，2005 年 6 月經參議院表決通過，但因加州政府與當地工會的意見相左，因此眾議院於 2005 年 9 月下旬予以否決，不過在環保人士努力之下，2006 年 6 月眾議院再以 43：15 的票數決議通過SBI 法案，參議院再以 36：4 通過該項法案，再由阿諾州長簽署公告完成立法，2007 年 1 月 1 日起正式實施。

0.556 歐元、建築外牆 0.6 歐元，自 2005 年起對新設備收購電價費率每年減少 5%，但裝勵目標量上限由 350MW 提高為 1000MW；由於條件優惠且大幅放寬，因而使當年度德國太陽光電系統裝設大幅增加至 366MW(+152%)，一舉超越日本的 277MW(+27%)成為全球最大太陽光電系統裝設地區。也因為德國許多研究單位的提議，因此有些補助於今年也會漸漸考慮減低。

三、日本

1993 年底，日本全國累計太陽光電系統發電量為 24.3MW，如表 1-1-1 所示，當時太陽能發電價格高昂，達 26.54 美元/W；由於日本 80% 能源仰賴進口，為降低能源進口依賴度，加上避免全球暖化的危機，日本 1993 年推行新陽光計畫(New Sunshine Project)，並於 1994 年宣佈新能源導入之基本原則，希望降低進口汽油能源之倚賴，並期望能達成京都議定書有關 2008~2012 年期間將全國廢氣排放量較 1990 年水準減少 6%；經過了十年時間，日本太陽光電系統發電量成長了 35 倍，系統平均成本降低了 76%，政府獎勵補助金額亦自 11.94 美元/W 降至 0.85 美元/W，單位補助降幅高達 93%。日本在太陽光電系統發展如此成功，主要為政府政策打一開始就將發展重心置於刺激有效需求(Demand)及產業發展(Industry)，以獲得規模經濟來降低太陽光電發電成本為目標，在通產省¹⁵(METI)的主導下，日本積極鼓勵企業發展太陽光電系統、提供一般家庭、企業或建築商裝設太陽能設備的補助，同時國家研究中心並陸續研發如太陽能汽車、路燈、熱水器等新技術並移轉予產業界，最重要的是併網系統(Net Metering)的建立，所謂併網系統是指使用者能將太陽光電系統發電之多餘電力賣回給電力公司，此項措施除能鼓勵家庭或企業裝設太陽光電系統外，更重要的是在集結各使用太陽能系統的社區用戶後將能自成一個生生不息的發電系統，有效減少對傳統發電方式的依賴；2004 年日本太陽光電系統累計裝設量(Accumulated Installation)約達 1137MW，佔全球的半數！

¹⁵ Japanese Ministry of Economy, Trade and Industry

表 1-1-1 日本太陽光電系統的成功

	累計裝設量 (MW)	系統平均成本(美元 /W)	補助金額(美元/ W)
1993 年 底	24.3	26.54	11.94
2003 年 底	859.6	6.5	0.85
成果	35 倍	降低 76%	降低 93%

資料來源：Environment California； Dec. 2005

四、中國

1995 年中國政府即已頒佈首部「電力法」，明確鼓勵太陽能等可再生能源，並同時施行「風力發電併網運行的管理規定」。此外，中國大陸政府亦有採用經濟激勵政策來鼓勵再生能源產業之發展，例如：投資貼息補貼（國家經貿委每年以 1.2 億元人民幣供貼息貸款）、對用戶進行補貼、及提供稅收減免，並有低利貸款政策（給予 2% 財政貼息），另針對風力發電亦有電價優惠措施；此外，部分地區之地方政府亦對小型風電機與小型 PV 光電系統之推廣給予較大之補貼扶植。

另一方面，中國大陸對於可再生能源之研發工作亦相當重視，「九五」期間已投入 6 千萬人民幣補貼再生能源科技之研發，並建立一批國家級的試驗室和研究團隊。最近新訂定之十五計畫¹⁶，亦特別針對新能源和可再生能源產業之發展目標作出規劃；十五期間有關風能與太陽能發電之發展重點為：太陽能光熱利用，重點發展熱管型平板集熱器、內置金屬流道之玻璃真空集熱管、真空管悶曬熱水器、太陽熱水系統之應用軟體與硬體、研發太陽能熱利用、空調及暖氣與建築一體化技術、推廣太陽 PV 發電系統；

風力發電：研發 6 千瓦級以上風力發電機組，實現規模化生產、研發無齒輪箱、多

¹⁶資料來源：www.itri.org.tw/chi/services/ieknews/m1907-B10-20000-23B2-0.PDF，960528 上網

級低速發電機、變速橫頻等新型風力發電機組、提高 10 千瓦以下離網型風力發電機生產技術、推廣風/光互補、風/柴互補、及風/光/柴聯合供電系統。

中國政府所頒佈之「電力法」中，利用投資貼息補貼、對用戶進行補貼、提供稅收減免、低利貸款等政策，鼓勵再生能源之應用。另外於推動策略上，國家計畫委員為解決西部無電力鄉鎮之電力問題，進行西電東送、光明工程等工作。未來，有鑑於國內太陽光電產業化為發展初期，未來產業政策包含所得稅減免等產業振興方案，爭取國外金援、擴大融資管道、設立產業發展投資基金等融資措施，建構完備國家品質監督機制、新能源資源地理資料系統、人才培育等產業及商業化等基盤建設，最後，則藉由北京綠色奧運工程、太陽能建築一體模式製程促進工程實施。總而言之，中國大陸以擴大工程、補助、稅賦減免、優惠電價等方式擴大內需市場，並藉由所得稅減免、擴增集資管道及完備基盤建設等方式提升其太陽光電之產業能量，期望提昇其產業競爭力，減緩能源危機，如下表 1-1-2 為中國大陸太陽光電產業重大投資，其中還包含德國與日本等其他國家的合作計畫，目前世界使用太陽電池的前 1、2 名在如此佈局市場中。(劉佳怡，2005/11)

表 1-1-2 中國大陸太陽光電產業重大投資表

單位：百萬美元

項目名稱	出資方	金額	主要內容	執行期間	執行地域
光明工程 先導項目	國家發改委 地方政府	4.832	建立村落電站和用戶系統，幫助建立銷售網絡和加強機構能力建設。	2000-	西藏、內蒙古、甘肅
送電到鄉工程	原國家計委 地方政府	314.08	建立集中電站。	2002-2003	新疆、西藏、甘肅、陝西、內蒙古、四川、青海
內蒙古新能源 通電計畫	內蒙古 自治區政府	271.8	補貼窮村用戶系統。	2001-	內蒙古
世界銀行、全球環境 基金 REDP 項目	全球環境基金	25.5	補貼窮村用戶系統銷售，幫助機構能力建設和技術進步。	2002-2007	新疆、西藏、甘肅、內蒙古、四川、青海
絲綢之路照明計畫	荷蘭政府	18.248	補貼窮村用戶系統。	2002-2006	新疆
德援 KFW 項目	德國政府	34.406	建立村落電站和用戶系統，幫助建立銷售網絡和加強機構能力建設。	2003-2005	新疆、雲南、西藏、甘肅
德援 GTZ 項目	德國政府	6.087	技術支持及培訓。	2003-	青海、雲南、西藏、甘肅
加拿大太陽能項目	加拿大政府	2.788	建立示範電站及管理培	2003-2005	內蒙古

日本援助 NEDO 項目	日本政府	4.654	訓。 建立示範電站：實驗是建設。	1998-2002	新疆、西藏、甘肅、陝西、寧夏、內蒙古、四川、青海、雲南、廣東、浙江、河北
合計	682.395				
中國大陸政府投入 (合計)	590.712				

說明：KFW 項目全稱為：中德財政合作西部太陽能項目；GTZ 項目全稱為：中德技術合作在鄉村地區應用可再生能源改善當地發展項目。

資料來源：中國可再生能源發展項目辦公室；工研院 IEK-ITIS 計畫 (2005/08)

五、台灣

台灣目前發展再生能源，行政院已同意大幅提高太陽能和風力發電的收購價格。目前收購價格一律每度電 2 元，行政院同意，太陽能光電提高至 10 元，海上風力發電提高至 2.7 元。新收購價格將於「再生能源發展條例」完成立法後實施。行政院已經核定了經濟部所擬定的「再生能源風光雙十計畫」，「雙十」是指「10 億瓦 (100 萬度) 風力推廣方案」及「10 萬戶太陽光電推動方案」，提高其發電的收購價格是達到目標的主要手段。提高收購價格的法源是「再生能源發展條例」，該條例草案正於立法院審議。提高收購價格必須等到立法通過才後才行。該條例草案已到朝野協商階段，經濟部原草案版本，太陽光電未來每度電的收購價格是 8 元，朝野協商協議，提高至 10 元，風力發電、陸上風力發電維持 2 元，但海上風力發電提高至 2.7 元。行政院意見與朝野協商結果一致，官員指出，未來收購價格將訂在法中。行政院核定的結果，對國內發展太陽能非常有利，除了提高太能光電每度電收購價格外，為了達到推廣家戶使用太陽能，該雙十計畫還將對設備提供半額的補助。如表 1-1-3 為各國對太陽光電系統發展規劃及展望。

表 1-1-3 各國對太陽光電系統發展規劃及展望

地區	相關法案或計劃	近期進度	目標	倍率
歐盟	再生能源發展白皮書	2002 年 0.39GW	2010 年 3GW	7.7 倍
美國	美國加州百萬太陽	2004 年 1 億	2025 年 50 億	50 倍

	能屋頂(SB1)	kwh	kwh	
日本	新陽光計劃	1999年 20.5MW	2010年 482KW	23.5倍
南韓	能源技術研發計劃	2003年 2.7千公秉油當量	2011年 341千公秉油當量	126倍
中國	2000-2015年新能源和可再生能源產業發展要點	2003年 5MW	2015年 320MW	64倍
台灣	能源白皮書	2003年 0.3MW	2010年 55MW	183倍

資料來源：IEK，Dec. 2005

肆、台灣太陽能電池產業技術發展

整體產業鏈細分，包括矽晶材料、矽晶圓製造、太陽能電池、模版、周邊設備和系統安裝商，台灣累計投入的業者超過30家以上，投資金額超過百億元。台灣太陽能電池產業技術發展優劣勢之分析¹⁷，太陽能電池生產技術與國內雄厚基礎的半導體產業製程技術相似，因此我國太陽能電池技術具有快速發展的潛力，目前除了中美矽晶公司投資生產矽晶錠(Ingot)外，尚志半導體亦轉投資綠能科技，另外還有合晶、嘉晶(薄膜長晶，2007)等。茂迪更將跨入太陽能電池上游原料矽晶片的生產領域，促使國內太陽能電池產業上游供應鏈更加穩固。

若以產業供應鏈的完整性衡量國內太陽能電池的競爭力，雖然中游太陽能電池產製能力已不成問題，但上游矽晶圓及其材料多自國外進口，且缺乏本土的設備支援，因此在目前國內市場有限的情況下及研發經費仍有限下，整個產業的國際競爭力顯得薄弱，如要發展國內太陽能電池技術，仍須政府強化產業政策與研發技術投入。太陽能電池發展之優劣勢分析，見表1-1-4。

表 1-1-4 台灣太陽能電池產業技術發展優劣勢分析

¹⁷ 2006 產業技術白皮書

<p>優勢</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 國內半導體產業人才基礎雄厚，發展結晶矽太陽能電池進入障礙低。 ● 國內半導體製程管理經驗豐富，適合轉型投入太陽能電池生產領域。 ● 我台灣半導體光電以及電子相關工業基礎與技術能力投入太陽能電池工業具競爭力 	<p>劣勢</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 矽原料缺乏影響國內太陽能電池產銷。 ● 國內太陽能電池光電轉換效率與國際仍有差距。 ● 生產設備仰賴進口，無法有效降低生產成本。電池模板用封裝材料均自國外進口，成本高。 ● 系統驗證體系與標準尚未建立，不易開拓市場。 ● 廠商規模小產值不大，競爭體質較差。
<p>機會</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 全球太陽能電池產業市場呈現 23~30% 高度年成長率。 ● 能源危機，石化能源價格高漲，加速替代性再生能源需求開發。 ● 環保意識抬頭，京都議定書 2005 年 2 月實施，潔淨再生能源需求推廣擴大。 ● 再生能源發展條例立法中，提供產業發展配套措施。 	<p>威脅</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 上游矽材料為日、德、美少數供應商控制。 ● 太陽能電池主要生產設備(高溫爐、PECVD)仰賴歐、美、日進口。 ● 韓國 2003 年起推動再生能源發展，至 2011 年預計投入 76 億美元經費，56% 用於太陽光電，其推動措施之力道已超越我國。 ● 中國大陸已通過再生能源法，以內需市場誘因扶持境內產業競爭力。

本研究編製 資料來源：工研院太陽光電科技中心，2006 年 6 月

伍、智慧財產權

一、智財資源與規劃

而面對再生能源的崛起，尤其針對這幾年火紅的太陽光電產業，是否在智慧財產資源與規劃上，甚至面對可預見未來全球競爭的訴訟上有些可以努力與着力的地方，以下先對幾個智慧財產相關專有名詞做說明。

營業秘密：是合理的保密措施使它不能成為公知的事實。所有的公、民營企業幾乎都很難管理營業秘密，來讓營業秘密為自己企業帶更龐大的經濟利益，包括商品化

或在授權的交易市場發揮效用。營業秘密必須要具有商業價值性、秘密性且擁有者必須採取合理的保密措施，所以特別需要持續採取各項合理保護措施才能夠維繫營業秘密的品質；首先，應將其所有資訊區分，列出應以營業秘密方式保護的資訊；再者，應該建立安全適當的管理措施，保護應秘密的資訊，例如專人的指定、營業秘密管理政策的制定、企業營業場所的管理、營業秘密資訊的管理、企業員工的管理、非企業員工的管理、資訊通訊和電腦系統秘密的維護等，但是，為確保營業秘密所採行的管理措施須合理、低成本、有效率，而且不致干擾組織的正常營運。因此，營業秘密的品質在於擁有者的管理能力，在於不讓該項營業秘密變成公司的麻煩事情的管理能力。營業秘密的價值在商品化和規模。例如可口可樂，大家都說他的 Know-how 很值錢，其實應該是 know-how 和商標的價值結合一起。

專利：其實存在很大品質問題。品質不能外求，而應內求。每一種智慧財產的品質應回歸至該智慧財產的成立要件來作觀察。專利，是新穎性、進步性、揭露性；只要是會妨礙該智慧財產權要件的成立時，就是欠缺品質。當智慧財產有好的品質時，才能充分發揮智慧財產的排他性。所以我們可以從智慧財產否是有效，以及它可以產生多大的排他效力來衡量他的品質。過去專利的工具，例如引證率、科學關聯度（SL）、即時影響力(CII)等，去分析一篇專利的品質。的確是很難做到的，因為申請專利範圍(Claim)的好壞，無法從引證率加以判斷；獨立項與附屬項的很多組合也無法從上述指標來達成，包括所謂的Essential Patent¹⁸都做不到。例如：有專利的WiMax技術是無法從被引證率、科學關聯度來推論其價值的。

積體電路電路布局，重要性越來越低。因為同一個標的，位移到專利。1985年，美國剛實行IC layout（IC佈局）的法律，因為該年代，IC layout不能申請專利，很多firmware（韌體）不能申請專利，所以該法有其時代性背景。但後來因為可專利項目放寬後¹⁹，便使IC layout變的不是那麼重要。只要去觀察，近幾年有誰去申請該法來保護

¹⁸ 核心專利

¹⁹ 包括商業模式也可申請專利。

自己的IC layout，便可得知。因為，該法賦予的權利不如著作權；獨占性也不如專利權。該法只是在過渡時期中，作為智慧財產保護種類不足而採用的工具，隨著著作權和專利權的權能被擴大，可專利項目的增加，即降低該法在經濟上的價值及法律上的重要性。

商標：是顯著性。當某個商標成為品牌，因此說是商標品質好，是有些倒果為因。有時誤把品牌的要素當品質，即是混淆了商標的價值與品質概念間的不同。商標品質問題較少，而商標的問題不是商標本身，而是在商標以外的品牌要素。例如：Intel、IBM、Microsoft、Cisco、Apple、Dell，這些商標都是字母組成，並沒有意義。廠商將之提升至品牌，讓眾人熟知，但是卻不是商標本身，而是品牌的因素。因為有龐大的研發支撐，有好的製造、市場通路去塑造這些品牌²⁰。

著作權：是原創性。容易辨識，但是品質與價值不易辨識。

專利權、商標權、著作權及營業秘密等等，縱使法律存在了很久，但有無形成智慧財產應有的文化？例如在各公司的研發時須注意的流程或是專利佈局等等，所以，問題的關鍵不在智慧財產權法律本身，而在他配合商業環境與行為時，應該注意的措施與公司政策。

二、智財方法的運用²¹

積體電路佈局難以成為行銷標的，其標的亦可透過軟體專利與著作權保護，智慧財產最重要的一件事，在於「產業定位」。智慧財產定位比有形產品定位更重要，但智慧財產產生過程未曾有產業定位的思維作業，這也說明台灣申請許多美國專利卻無法用，以及台灣專利為何無用的原因，因為產業及市場都不在台灣。智慧財產局可做功能改變，不是只鼓勵申請，應可做其他扮演角色的改變。以無線通訊 3G/4G 為例，要如

²⁰ 商標念了很多，但這些把商標變成品牌的關鍵因素卻都不知道，因此，談商標法都是多餘的。

²¹ 周延鵬, 2006 一堂課 2000 億

何區別核心專利 (Essential Patent) 是否真正牢不可破，要從其是否可真正達到「不可或缺、不可迴避、不可替代」，從產業實務來看，真正達到的並不多。

第二節 研究目的與觀察

期望除了能為台灣目前正在起步的太陽能光電的智慧財產相關佈局與措施作一些研究與建言外，也希望能將一套未來新興產業（再生能源產業或永續發展產業）智財分析與佈局的方法論，實際驗證及修正其可行性。藉由此次從智慧財產角度的研究，了解今天以及未來太陽能發電的機會與趨勢。

台灣新的投資案有很多，例如原光碟大廠及跨足電影行業的中環，投資百分百股份的富陽光電，2007年7月25日廠房動土典禮，11月完工，2008年Q2量產非晶矽—薄膜太陽能電池，國內首家。定於2007年3月於湖口啟用新廠的太陽光電能源科技公司(BigSun)²²，今年以一條生產線（30MW）進入太陽能電池製造行列，預計2007年6月將下訂二條線，原則上每年產能增加60MW，2010年達到210MW，並且也規劃上游長晶領域，全球約為60家，BigSun投入最上游的細砂經煉（60MW）。UPS大廠科風公司於2006年轉投資成立科冠能源科技公司，已生產5吋、6吋單晶矽MonoCrystalline及多晶矽MultiCrystalline的太陽能電池產品，近期也開發成功的Inverter太陽能產品。模組及系統方面，2006年8月成立的頂晶科技（鼎元光電LED子公司）為太陽能模組專業廠，在節能議題上，LED與太陽能結合是絕佳組合。

2002年成立的太陽能電池廠大陸無錫尚德（Suntech），已在2006年的產能晉身全球第三大，產出量全球第四，預計2010年增至1GW，2008開始量產薄膜太陽能電池。

太陽能電池的技術或各方面發展，其實可以就特別幾個國家的太陽能電池模組生產的規模，便可以看出該國未來的實施例一定會愈來愈多，後面模組的開發，除了變流器比較獨立製作研發外，其他相關模組的安裝，大部分還是以該國國內的模組廠為主，也就是該國未來的太陽能電池的消耗與消費便與此成正比。以圖1-2-1所示，為德國32家廠

²² 經濟日報D1 96年3月13日

商在太陽電池模組的製作規模，以 MW 計，在 2006 年的產能為 666.9MW，2006 年的產量為 318.4MW，2007 年的規劃產能為 1074.4MW，2007 年的規劃產量為 541.2MW。

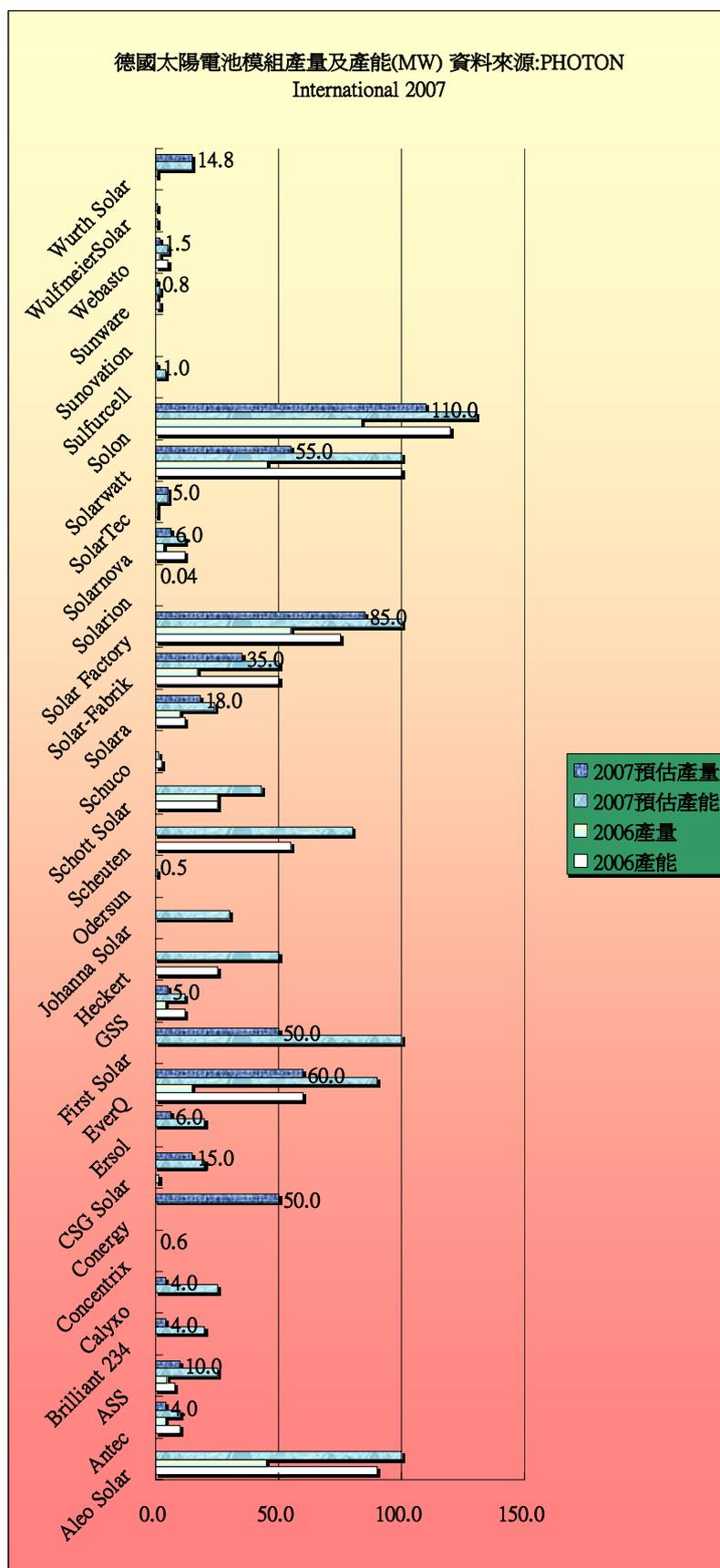


圖 1-2-1 德國 32 家廠商在太陽電池模組的製作規模 本研究編製

以圖 1-2-2 所示，為日本 11 家廠商在太陽電池模組的製作規模，以 MW 計(只是在資料整理上，日本的許多廠商並沒有完整公開此資訊，因此有低估非常嚴重的結果)，在 2006 年的產能為 545MW，2006 年的產量為 544.8MW，2007 年的規劃產能為 230.5MW，2007 年的規劃產量為 54MW。一般預估，2007 年的太陽電池模組產量與產能相較於前一年大約至少成長 100%，大概與德國相近。

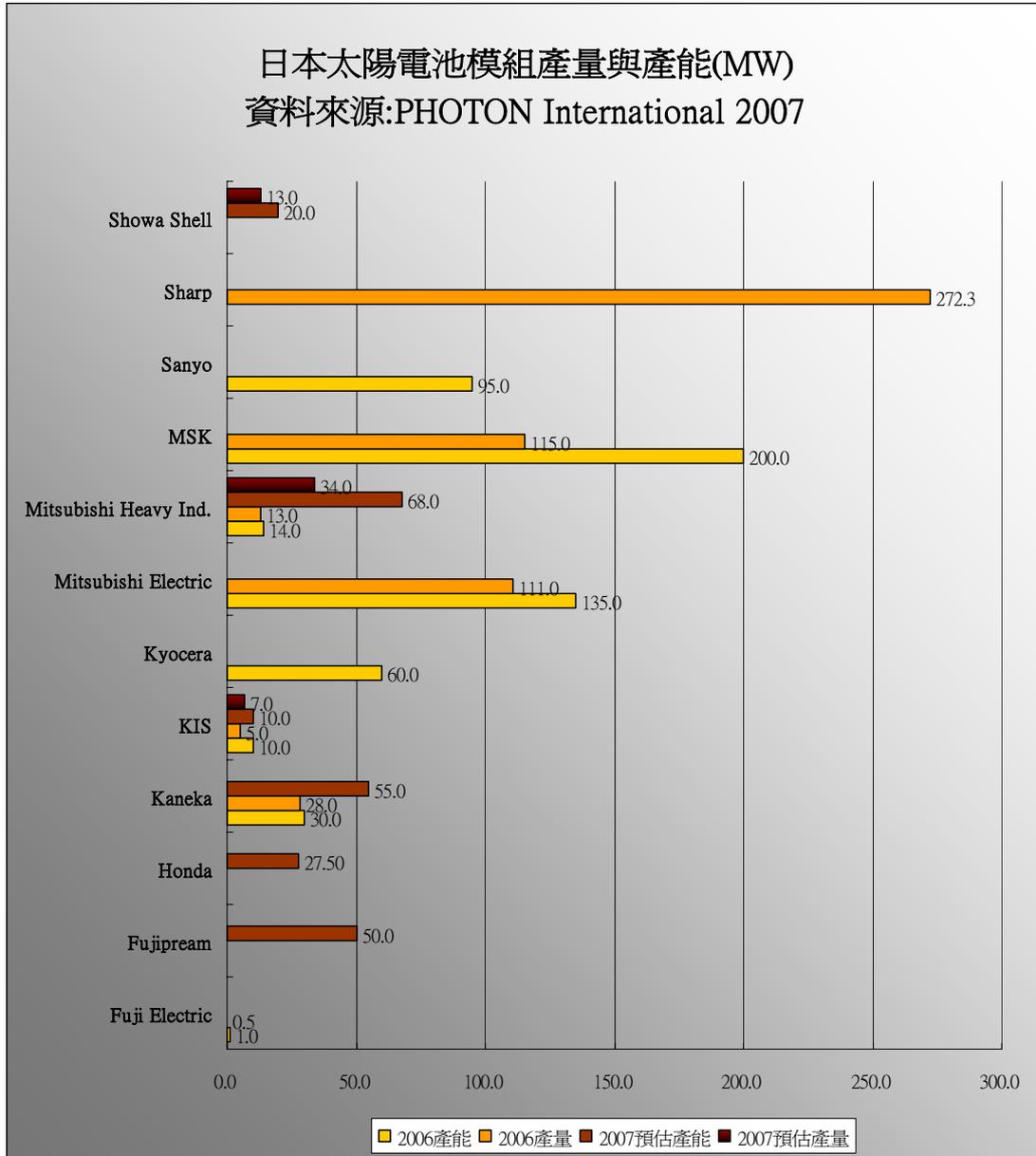


圖 1-2-2 日本 11 家廠商在太陽電池模組的製作規模 本研究編製

以圖 1-2-3 所示，為中國 30 家廠商在太陽電池模組的製作規模，以 MW 計，中國的成長是非常驚人的，由圖中可知，在 2006 年的產能為 1252.1MW，2006 年的產量為 512.4MW，2007 年的規劃產能為 2045MW，2007 年的規劃產量為 1117MW。預估在 2007 年實際的太陽電池模組安裝規模上應該會成為全球第一位。

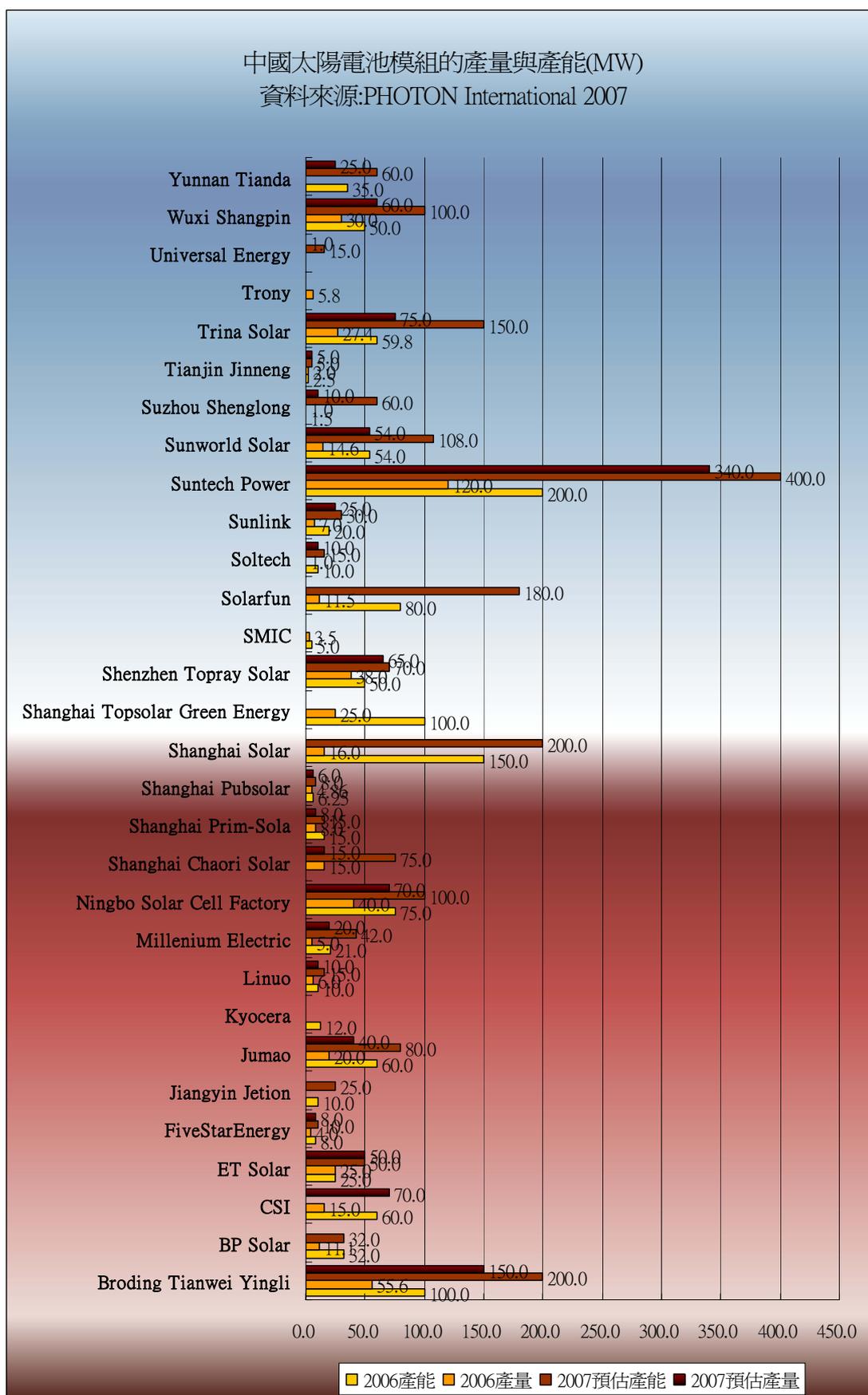


圖 1-2-3 中國 30 家廠商在太陽電池模組的製作規模 本研究編製

以圖 1-2-4 所示，為美國 19 家廠商在太陽電池模組的製作規模，以 MW 計，美國也是因為近幾年政府對再生能源的要求與重視，由圖中可知，在 2006 年的產能為 435.7MW，2006 年的產量為 169.9MW，2007 年的規劃產能為 520.3MW，2007 年的規劃產量為 225.5MW。

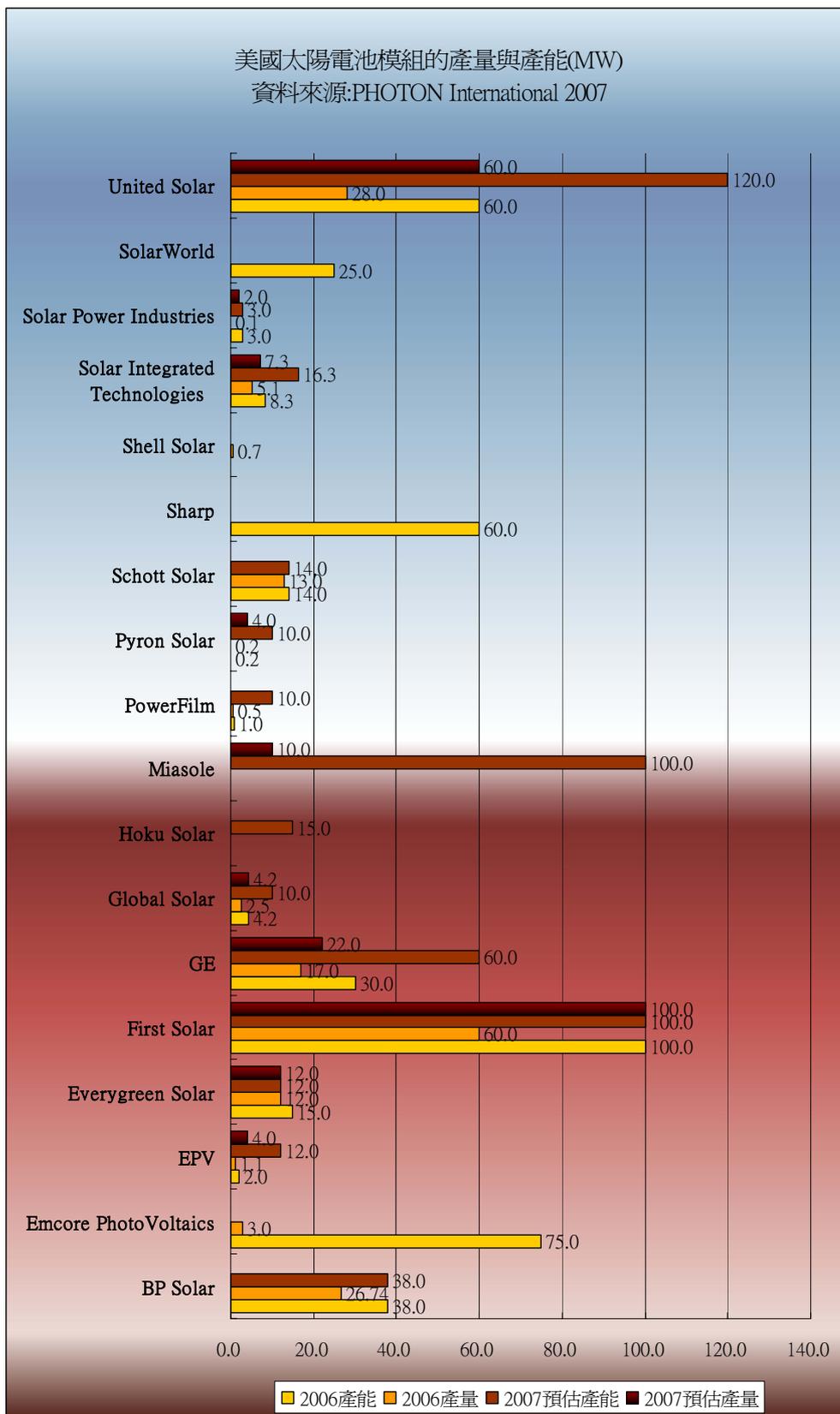


圖 1-2-4 美國 19 家廠商在太陽電池模組的製作規模 本研究編製

因此可以觀察該國太陽電池模組出口的情形，如圖 1-2-5 德國太陽電池模組出口

百分比所示，2006 年德國太陽電池模組出口比例約為 52.3%，2007 年預估為 51.4%，更能證實該國的太陽模組製造約有 50%是在國內安裝使用。也可以由過去事實證明，之前都是德國與日本在太陽電池及模組呈現技術領導的地位。

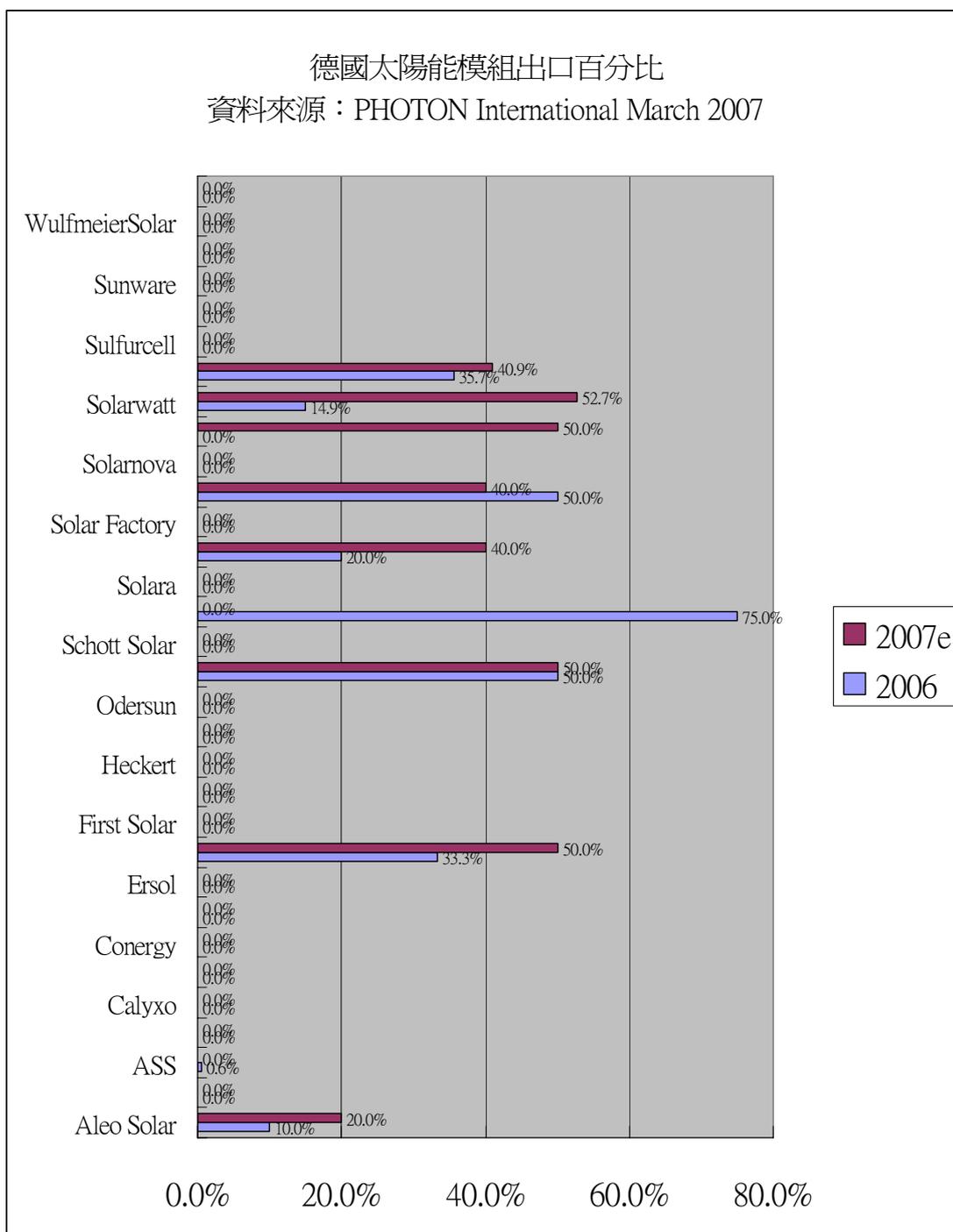


圖 1-2-5 德國太陽電池模組出口百分比 本研究編製

台灣的太陽電池業者的產量產能表，如圖 1-2-6 所示，以茂迪(Motech)來說，2006 年的產能為 200MW，2006 年的產量只有 102MW，2007 年預估產量為 204MW，以益通(E-Ton)來說，2006 年的產能為 100MW，2006 年的產量只有 35MW，2007 年預估產量為 70MW，

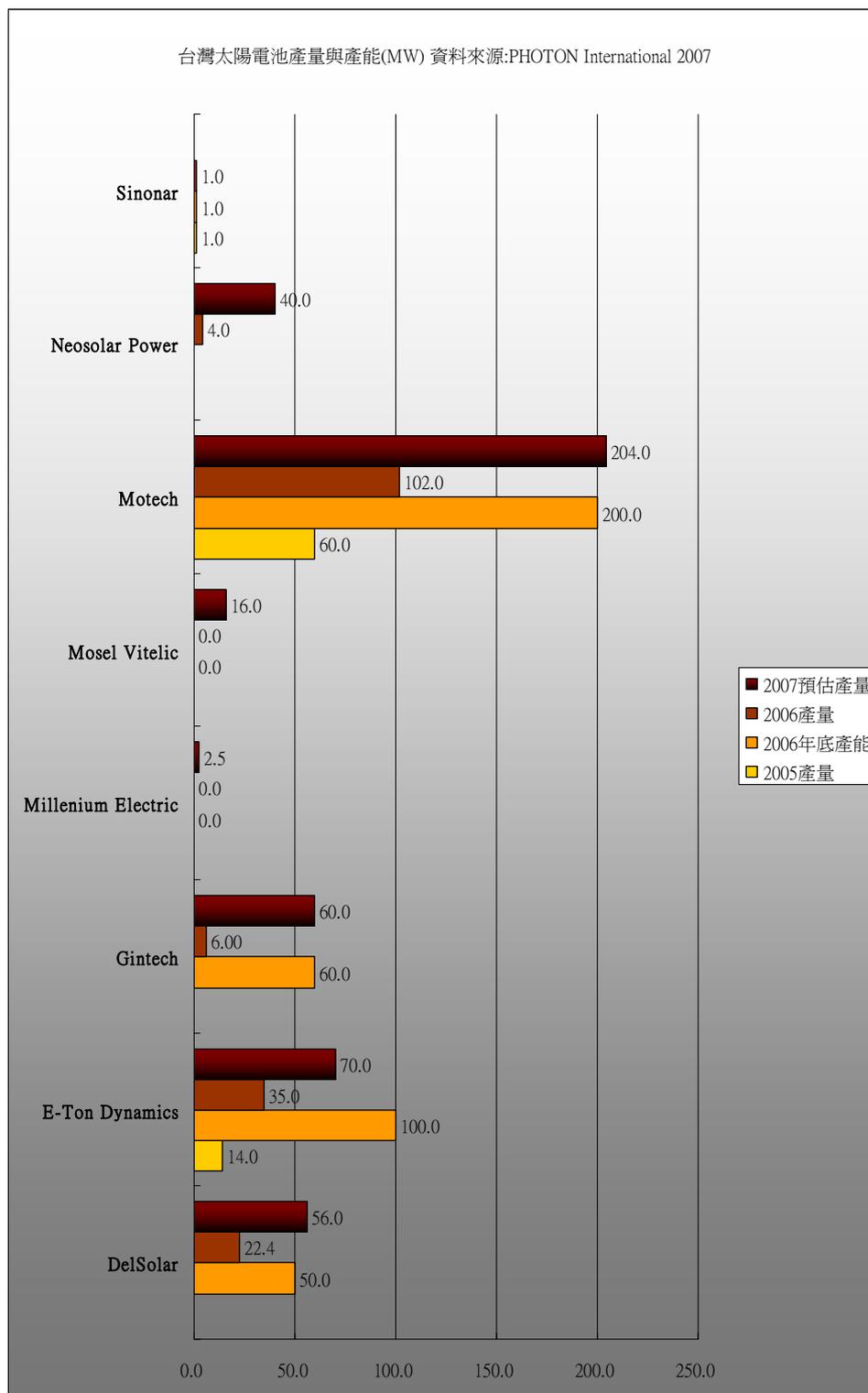


圖 1-2-6 台灣太陽電池的產量與產能 本研究編製

綜合上述，產量與產能的變化除來自本身公司的限制外，還有上游太陽電池料源，以及合約、產品穩定性、下游的產業價值鏈等問題，台灣廠商除了在商業面的關係與合約的運作能力外，不可忽視的還是太陽電池的轉換效率，以及製程的效能問題。

第三節 研究範疇與名詞定義

本研究範疇是整體太陽光電產業，由於此產業鏈結性強，故從最上由原物料到最下游的系統安裝及應於產品均包含於本研究中，但主要是以產業中的關鍵製造元件「太陽能電池」為主，由於太陽能電池的轉換效率或新技術的開發，如減少矽用量、薄膜技術、有機物質材料及各種集光式太陽電池的設計等，要能作好智慧財產權的規劃與應用，首先在商業面、技術面要有更深一層的理解後，才能將全球以申請或申請中的專利來做技術拆解，從此技術拆解過程中，也可以歸納出目前全球各公司與各區域的技術開發概況，以便作為台灣太陽光電產業的研發單位及公司單位作更完整的專利部署、規劃與制定未來技術研發方向，或及早作迴避設計的考量與開發。其實在研究調查的過程中，很不幸的目前國內幾家堪稱世界前五大的太陽電池製造商，在疲於奔命於矽材料的取得，併購與策略聯盟的商業考量，或是上下游的產業鏈的建構，似乎已經沒有歷練或能力去處理未來可能智慧財產權相關的事務，就拿國內茂迪或是益通來說，其開廠建構太陽能電池的關鍵，幾乎都是在那茂迪左元淮²³總經理與益通總經理蔡進耀²⁴的身上，中國的尚德也是因為負責人施正榮²⁵在 2001 年留澳光能科學家返回中國創業，這種創業

²³ 左元淮:1978 年，左博士於美國紐約西華大學（Yeshiva University）獲得物理學博士學位。畢業後，他曾先後服務於美國太空總署（NASA）以及史丹佛研究中心（SRI）。1981 年，左博士加入了美國科羅拉多州「再生能源中心」（NREL）的研究團隊，擔任資深研究員的工作。至此，開始了長達 18 年與再生能源密不可分的生活。1999 年，左博士進入茂迪光電事業部擔任總經理一職，他同時也是茂迪董事會的一員，參與了茂迪光電事業部由無至有的過程。時至今日，左博士以他長達 25 年的深厚相關產業經歷，持續地領導著茂迪光電事業部，與時並進。96 年 6 月 4 日上網於http://www.motech.com.tw/Solar_team_C.asp

²⁴ 德國斯圖嘉大學電機博士畢業的蔡進耀，是德國貝克勒獎（有「太陽能界諾貝爾獎」之稱）得主 Bloss，生前最後一個「關門弟子」。他的博士論文就是研究太空用的太陽能電池，還曾參與過歐盟跨國性的太陽能研究計畫。在 1996 年回到台灣之後，面對對太陽能還完全陌生的產業環境，並無法立刻一展長才。蔡進耀先是到成大做博士後研究，後來又到中鋼投資策略部門，除了在中鋼內部從事光電相關的研究，也幫忙創投部門評估光電產業投資標的技術實力。直到後來，遇上了當時已決定投入太陽能電池產業的基益董事長吳世章。兩個都對環保事業充滿熱情的人，當場一拍即合，也不管能不能在短期內獲利，就這樣毅然地開啓益通的創業之路。96 年 6 月 4 日上網於<http://www.techvantage.com.tw/content/053/053082.asp>

²⁵ 1988 年，他獲得了往澳大利亞公派留學的機會。雖然學物理的施正榮最初祇是把留學當作見世面，但在澳大利亞的學習中，一次偶然的機會，他發現太陽能電池在西方國家有著廣泛的應用，於是產生了興趣。既然做了研究方向的選擇，就要師從最優秀的科學家。他打聽到當時新南威爾士大學最著名的太陽能光伏科學家是馬丁·格林；一個陽光明媚的下午，施正榮敲開了馬丁·格林的大門。馬丁·格林聽說來意之後，告訴施正榮這裡不招人。"我跟他解釋，自己就是來學習的，沒有工資也不要緊。"能拿到工資當然好，但為了避免被拒絕，施正榮寧願犧牲工資來換取師從名師的機會。不缺學生的馬丁·格林接受了這個來自中國的新學生。進入實驗室之後，施正榮暗下决心要超過其他人。因為祇有比別人更優秀才能獲得導師和同門的尊重，也才對得起自己的付出。幾年下來，施正榮已經能將太陽能電池的轉換率達到 19% 左右，當時同門的轉換率一般達不到這個高度。接下來施正榮又碰到了機會：實驗室二樓正在研究太陽能薄膜電池，這種技術一旦應用，會帶來強大的生產力。施正榮再次向導師馬丁·格林提出加入課題組的申請，導師欣然同意。努力就有回報。1992 年施正榮獲得太陽能科學博士學位，留校任太陽能研究中心研究員；1995 年籌建太平洋太陽能研究中心，任執行技術董事，並擁有了 10 多項太陽能電池技術發明專

模式在草創前幾年的確有它的效果與獲利存在，但從未來 20 年的角度來看，太陽能光電每年兩位數的成長，遲早都有訴訟的可能性發生，並非一味地改良轉換效率或代工就能相安無事，本論文就太陽電池專利部署、技術分析及相關於新式樣專利(Design Patent)、商標等來做研究探討，並且以美國專利局的專利申請為研究範疇。

對於太陽能各國及各政府政策，或是太陽光電模組的專利部分，因研究時間與人員關係，留待以後再做討論。

由於太陽光電產業中涉及許多專業名詞，尤其在太陽電池領域，從現世代到次世代太陽電池的技術發展過程，所衍生的專有技術名詞與縮寫，故在此列出一些重要的專業名詞如下，主要資料來源為「2007 我國產業生命力之新契機研討會一次世代太陽電池發展契機」、工業材料雜誌、光連雜誌、PIDA 協會相關書籍等

- 瓩(kW)：千瓦，指發電設備容量的計算單位；1 瓩=1000 瓦(Watt)
- 瓩時(kWh)：此為衡量發電量的單位，乃指使用 1000 瓦的電器設備為時 1 小時所需消耗的電力；也稱之為度。
- 峰瓩(kWp)：p 指 peak，也就是所謂的峰值。峰瓩指的是所裝設的太陽電池模組，在攝氏 25 度及 15%的轉換效率等標準狀況下，其最大發電量的總和；通常一峰瓩可發 3~4 度電。
- MW(Mega Watt)：百萬瓦，太陽電池公司的產能、產出等，通常採用此一單位。
- 轉換效率：太陽光最強時的日照，照在 1 平方米大的太陽能電池上時，若全部吸收光能即可發出約 1000 瓦的電。以轉換效率 15%的太陽能電池而言，便是指太陽能電池可將 15%的太陽光能轉換為電能，而產生 150 瓦的電力。

而太陽電池的技術領域專有名詞，如表 1-3-1 所示。

表 1-3-1 太陽電池專有名詞縮寫一覽表

英文縮寫	原文	中文
PV	Photovoltaic	太陽光電
TF	Thin Film	薄膜
a-Si	Amorphous silicon	非晶矽
μ -Si	Micro-crystalline silicon	微晶矽
CdTe	Cadmium Telluride	碲碲
CIS/CIGS	Cadmium Indium (Gallium) Diselenide	銅銦鎵硒
DSSC	Dye-Sensitized solar Cell	染料敏化太陽電池
Mono c-Si	Mono-crystalline silicon	單晶矽
Multi c-Si	Multi-crystalline silicon	多晶矽
	Ribbon/sheet c-Si	帶狀/片狀晶矽
HIT	Heterojunction with intrinsic Thin	HIT 混合型太陽電池

	layer	
BIPV	Building-integrated photovoltaic	建材一體型太陽電池模組
MW	Megawatt	百萬瓦特
GW	Gigawatt	十億瓦特
aSuS	a-Si/ μ -Si Solar Cell(Tandem Solar Cell, Hybrid Solar Cell, Micromorph Solar Cell	非晶矽與微晶矽堆疊式太陽電池
EPT	Energy Pay-back Time	製造能源回收時間
TCO	Transparent Conductive Oxide	透明電極
FTO	Fluorinated Tin Oxide	氟摻雜氧化錫
AZO	Aluminum Doped Zinc Oxide	鋁摻雜氧化鋅
PECVD	Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition	電漿輔助化學氣相沉積
LPCVD	Low Pressure Chemical Vapor Deposition	低壓化學氣相沉積
PVD	Physical Vapor Deposition	物理氣相沉積

本研究彙整，資料來源:2007 我國產業生命力之新契機研討會

第四節 研究流程與方法

研究資料調查時間為 2006 年 1 月至今，範圍遍及全球，主要以太陽能電池產業的上中下游為範疇，針對本論文所提太陽能光電產業，以目前全球發展的情形，大都聚焦於太陽能電池產業。如圖 1-4-1 所示。

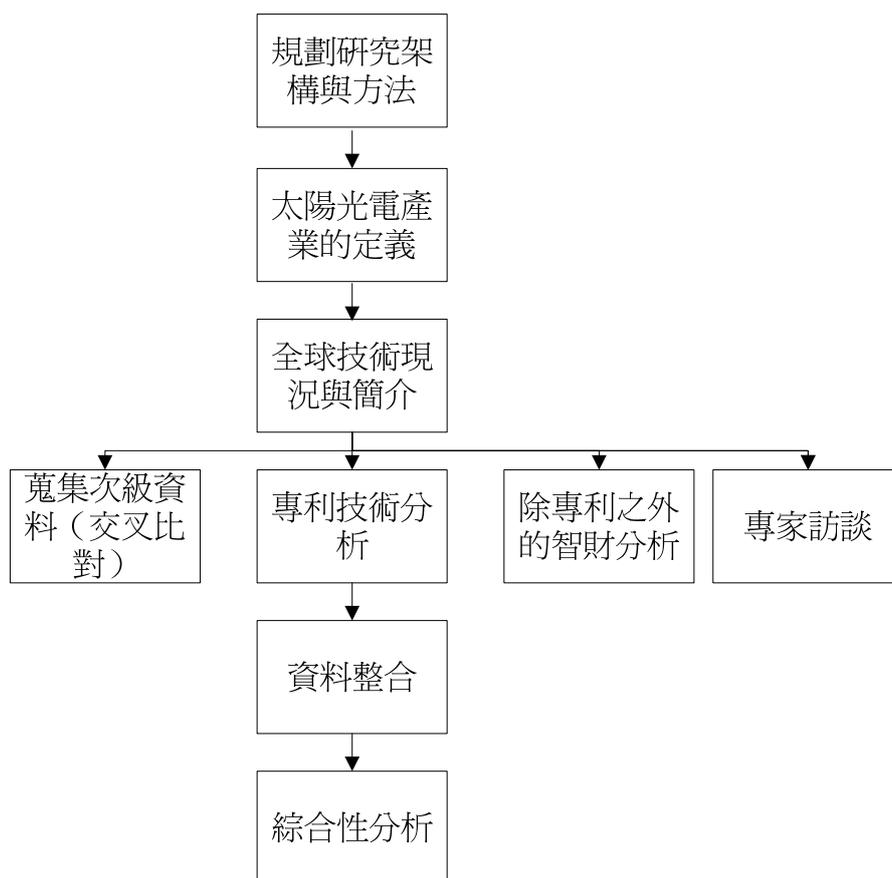


圖 1-4-1 研究架構

第五節 研究限制

本論文研究不包含各國政策、各公司財務等對專利或是技術的影響，主要是以目前矽晶圓太陽電池製造的較新技術，與薄膜太陽電池的研發走向，來作為技術拆解的參考，輔以相關全球 PV 的資訊來對照比較，專利索引部分也只以美國專利局 USPTO 為索引地區，不包含其他各國，論文內引用的數據資訊，也盡量與許多報導輔以對照，以 IT IS 或是 PV NEWS 等較為公信力的雜誌期刊提供的最新研究資訊為主。