

國立交通大學

管理學院在職專班管理科學組

碩士論文

台灣在全球太陽光電產業競爭策略分析



研究生：簡 仁 德

指導教授：蔡 璧 徽 博士

中華民國九十六年六月



台灣在全球太陽光電產業競爭策略分析

學生：簡仁德

指導教授：蔡璧徽 博士

國立交通大學管理學院在職專班管理科學組

摘要

能源需求成長，主要石化能源逐漸枯竭，突顯再生能源的重要性及迫切性，促使近年來石化能源使用年限議題一再被強調，地球暖化現象持續惡化，以及國際原油價格持續盤旋於高檔，再生能源的應用更加受到重視，而歷年各種能源的使用比例，以石油、天然氣及煤礦為主，約占整體使用比重的 70% 以上，但隨著再生能源的開發，各國政府也致力於提高再生能源的使用的比例，其中因太陽能具有無污染、太陽光資源取得的便利性、發電品質穩定及發電成本逐年降低，因此各國政府近幾年皆加強於太陽光電產業之推動，伴隨著需求大幅成長造成的供不應求，產業內原有的廠商為求更大的規模經濟效益，紛紛宣佈大幅度擴產，同時也吸引了更多的新進者投入，因此可以預見太陽光電產業的未來競爭將更趨激烈。

全球太陽光電產業發展，大部分的廠商都以垂直整合策略模式經營；但隨著產業生命週期由萌芽期逐漸進入成長期，市場需求成長量大幅成長，規模經濟效益得以發揮，專業分工的策略經營模式也有相當不錯的經營績效，此一專業垂直分工的模式，符合台灣半導體等產業之發展優勢，及公司規模大部份為中小企業，具有彈性製程能力及經營。若由整體產業價值鏈討論，先天上台灣受限於國內市場較小，且終端系統應用出口性弱；在上游的發展上，雖然台灣 IC 產業發展競爭力強，但上游原材料矽材多仰賴進口，因此台灣在太陽光電產業的發展上呈現上下缺乏的中廣型態。因此未來在面對全球主要領導廠商的垂直整合及水平整併的策略，台灣太陽光電產業的競爭優勢為何，本研究將以 Porter 的鑽石模型及 SWOT 作總體性的分析，然後再針對個別標竿廠商作深入發展策略分析。本研究將探討台灣在不同於先進國家太陽光電產業發展之驅動力來自於政府政策激勵與獎勵補貼方案，如何以其獨特的競爭優勢一藉由長期半導體、TFT-LCD、LED 等產業累積的能量及產業群聚等因素與國際大廠競爭。

德國及日本主要廠商於產業發展初期即已進入，由於產業發展不成熟，因此多以垂直整合的經營策略，發展自給自足的模式藉以提升其競爭力。台灣則以專業分工的模式進入產業，以彈性的應變及製程的專業管理來加強其競爭優勢。但台灣具有過去長期累積的半導體、資訊電子及 TFT-LCD 等產業的技術能量與優勢的產業群聚，因此台灣的太陽光電產業是具有相對競爭優勢。太陽光電產業的競爭關鍵短期在於成本的降低，其發展策略可藉由規模經濟效益、提升光電轉換效率、節省原材料的使用及掌握上游原材料的穩定供應等四方面來因應；長期的發展上，必須持續研發新材料及新技術，避免破壞性創新效應，確保競爭優勢。

同樣地，台灣在太陽光電產業的發展上，在專利的保護上相對較弱，若不能提升這方面的能量，未來將會面臨中國具有優勢人工成本的嚴苛挑戰。而且台灣缺乏最上游的原料製造廠商，產業結構不夠完善，未來也必須強化產業架構完整性，加強產業整體的競爭優勢。

關鍵字：太陽光電產業、鑽石模型、SWOT 分析、垂直整合、專業分工



Competitive analysis of the Photovoltaic industry in Taiwan

Student: Ren-Der Jean

Advisor: Dr. Bi-huei Tsai

Institute of Management Science
National Chiao Tung University

Abstract

As demand for energy grows and principal fossil energies are increasingly exhausted, the importance and urgency of the development of renewable energies are becoming abundantly clear while more and more attention is being focused on the remaining life of the world's fossil energy reserve. Against the backdrop of deteriorating global warming and skyrocketing oil prices, application of renewable energies has attracted more attention than ever before. Traditionally, oil, natural gas and coal combined make up over 70% of energy in use; however, as a result of new advancements in renewable energies, governments around the globe are now committed to enhancing their shares in energy utilization. In particular, solar energy offers the benefits of zero pollution, ready availability of solar light resources, reliable quality and decreasing cost of the generated electricity; consequently, many countries have been actively promoting the photovoltaic industry in recent years. As market demand continues to outpace supply growth, incumbent suppliers are scrambling to significantly expand their production capacity in order to achieve economy of scale. In the meantime, a large number of newcomers have also been enticed into entering this market. Therefore, competition in the photovoltaic industry is expected to further intensify going forward.

The majority of global players in the photovoltaic industry have been operating on the strategy of vertical integration. However, as the industrial lifecycle moves from the embryonic stage into the growth stage, market demand is increasing exponentially and the benefits of economy of scale are being realized. As a result, the approach of professional specialization has also yielded encouraging results. Given the competitive advantages of Taiwan's semiconductor industry and the fact that the bulk of the country's private sector is comprised of small and medium sized companies with remarkable flexibility in manufacturing and business operation, this particular model of vertical specialization is well suited to Taiwan. In terms of the industrial value chain, Taiwan is disadvantaged by its small domestic market and weakness in export of end-use system applications. As for the development of upstream sectors, despite the strong IC industrial base, Taiwan is burdened by an over-reliance on imports for the supply of the raw material Silicon. Consequently, Taiwan's photovoltaic industry is characterized by a developmental imbalance where

the midstream part of the chain is much more established than the ineffectual upstream and downstream segments. This leads to the question of how Taiwan should position its photovoltaic industry in the face of aggressive vertical integration and horizontal consolidation moves carried out by leading global players. This paper employs Porter's Diamond Model, engages in comprehensive SWOT analysis and examines closely the development strategies adopted by a number of benchmark companies. This paper will explore how Taiwan is different from other advanced countries in terms of driving the photovoltaic industry through enabling policies and incentive programs implemented by the government. The focus is on how to leverage Taiwan's unique competitive advantages – particularly the accumulated capacity built up by the semiconductor, TFT-LCD and LED sectors over a long period of time and the resulting industrial clusters – in order to compete effectively against the leading companies in the world.

German and Japanese companies entered this industry at its early stage. Due to lack of industrial maturity at that time, they had to, for the most part, adopt the strategy of vertical integration as well as an operation model centered on self-sufficiency in order to stay competitive. In contrast, Taiwan came in with the professional specialization approach which aims to build competitive advantages on the strengths of flexible adaptation and professional management of the manufacturing processes. Comparatively speaking, as far as the development of the photovoltaic industry is concerned, Taiwan is better positioned because of its superior technical capacity and industrial clusters that have been established by the semiconductor, IT and TFT-LCD sectors after an extended period of success. In the short term, the key to competitiveness in the solar energy photovoltaic industry will be cost reduction, and a good response strategy should contain the following 4 elements: enlarged economy of scale, enhanced photo-electronic conversion efficiency, increased savings on raw materials used, and ensured supply of raw materials from upstream sources. For the long run, competitive advantages must be maintained through research and development of new materials and technologies in order to protect against disruptive innovations. In addition, Taiwan is still behind in patent protection for the photovoltaic industry. Failure to enhance capacity in this regard will translate to steeper challenges posed by China as the latter has a clear cost advantage. Furthermore, since there is no upstream manufacturers of raw materials in Taiwan, the supply chain still has a missing link. This shortcoming in the underlying industrial structure must be bridged before the level of competitiveness for the entire industry can be further enhanced.

Key words : photovoltaic industry, Porter's Diamond Model, SWOT analysis, vertical integration, vertical disintegration

誌 謝

在工作、家庭及課業的多方壓力下，有時候會興起打退堂鼓的念頭，但總算還是咬緊牙根撐過來了，首先得感謝指導教授蔡璧徽老師的體諒，寬宏大量的對待在職的老兵學生，在其鼓勵與協助下終於完成了這份論文。同時，要謝謝工研院太電中心林江財博士不厭其煩的提供相關資料及討論，讓論文內容能更具體充實；兩年來，一起走過的同學們，謝謝大家的陪伴與協助，謝謝你們與我分享喜怒哀樂及酸甜苦辣的點點滴滴。

更感謝親愛的老婆慧敏，謝謝妳的體貼與包容，讓我在沒辦法分擔家庭的時刻裡，體恤的負起陪伴及教導小孩的成長，無後顧之憂，能夠全力以赴，得以完成論文。

最後，隨著論文的完成，謝謝所有陪我走過的家人、師長及朋友們，祝福大家幸福快樂身體健康



目 錄

第一章 緒論	1
1-1 研究動機與目的	1
1-2 研究主題與研究架構	2
第二章 文獻回顧	4
2-1 產業環境	4
第三章 太陽光電介紹	16
3-1 太陽電池原理與製程	16
3-2 太陽電池的種類及特性	20
3-3 太陽光電系統種類	25
3-4 太陽電池未來發展	27
3-5 全球太陽光電產業現況	33
3-6 全球太陽光電產業規模	38
3-7 台灣太陽光電產業概況	40
3-8 太陽光電產業五力分析	41
第四章 台灣太陽光電產業競爭優勢分析	44
4-1 台灣太陽光電產業鑽石理論模型分析	44
第五章 個案分析	67
5-1 茂迪(Motech)公司發展策略分析	69
5-2 Q-Cells 公司發展策略分析	71
5-3 日本京瓷(Kyocera)公司發展策略	74
5-4 SolarWorld 公司發展策略分析	76
5-5 尚德(Suntech)公司的發展策略分析	79
5-6 垂直整合與專業分工經營模式比較	81
第六章 結論與建議	84
6-1 結論與建議	84
6-2 研究限制	85
6-3 後續研究建議	86
參考文獻	87
中文部分	87
英文部分	88

表 目 錄

表 1-1 全球前十大太陽電池廠商產量	1
表 1-2 全球主要廠商擴廠情形	2
表 2-1 PORTER (1980)之產業環境特性.....	4
表 2-2 產業生命週期對產業特徵之預測.....	6
表 2-3 國外文獻關於垂直整合的誘因及動機內容整理.....	13
表 3-1 太陽電池與半導體及 TFT-LCD 產業特性比較	20
表 3-2 太陽能電池材料特性比較	22
表 3-3 主要薄膜與新型矽太陽電池製造廠商與產量/產能	29
表 3-4 2006 年新型太陽電池投產動態.....	31
表 3-5 2006 年各廠商擴產動態.....	32
表 3-6 各種太陽電池技術之市場與技術比較.....	32
表 3-7 各國政府對太陽能系統設置之補助政策.....	38
表 3-8 全球太陽電池生產規模	38
表 3-9 全球主要太陽光電供應鏈廠商	40
表 3-10 台灣太陽電池產業投資概況	41
表 4-1 主要國家研發人力	46
表 4-2 高等教育學生占總人口比率	47
表 4-3 2005 年主要國家國民所得.....	48
表 4-4 主要國家研究發展活動比較 (2005 年).....	49
表 4-5 2006 年世界各主要國家國際競爭力與投資環境排名	50
表 4-6 國內太陽電池與模組規模.....	52
表 4-7 全球主要太陽光電公司專利數量統計.....	54
表 4-8 2006 年主要 SOLAR CELL 生產廠商技術指標.....	55
表 4-9 台灣太陽光電產業 SWOT 分析	65
表 4-10 日本及德國太陽光電產業 SWOT 分析	66
表 4-11 FACTORS INFLUENCING THE PV COSTS.....	66
表 5-1 全球主要太陽光電公司經營績效比較.....	68
表 5-2 茂迪公司歷年來的產能擴充及轉換效率進展	70
表 5-3 Q-CELLS 公司歷年來的產能擴充狀況	72
表 5-4 Q-CELLS 公司矽晶片薄化進展.....	72
表 5-5 KYOCERA 多晶太陽電池主要技術成長趨勢.....	74
表 5-6 SOLARWORLD 研發計畫與規劃時程.....	78
表 5-7 錫尚德銷售網路與策略.....	81
表 5-8 標竿樣本公司的營業利潤率	82
表 5-9 營業利潤率差異分析比較	82
表 5-10 主要的垂直整合型公司各部份經營績效.....	83

圖目錄

圖 1-1 研究架構.....	3
圖 2-1 產業生命週期.....	5
圖 2-2 SCP 模型.....	7
圖 2-3 波特的五力分析模型.....	9
圖 2-4 PORTER 的鑽石理論架構.....	11
圖 3-1 太陽電池工作原理.....	17
圖 3-2 太陽電池構造及發電原理.....	18
圖 3-3 傳統標準型太陽電池製程.....	18
圖 3-4 半導體製程流程.....	19
圖 3-5 TFT-LCD 製程流程圖.....	19
圖 3-6 太陽能電池分類圖.....	21
圖 3-7 獨立型(STAND-ALONE)太陽光電系統.....	25
圖 3-8 併聯型太陽光電系統.....	26
圖 3-9 防災型(獨立/併聯混合型)太陽光電系統.....	26
圖 3-10 傳統矽晶太陽電池與 HIT 太陽電池結構.....	27
圖 3-11 日本 SANYO 公司 HIT 太陽電池效率.....	28
圖 3-12 聚光型 PV 示意圖.....	28
圖 3-13 全球各類太陽電池技術專利申請篇數變遷.....	30
圖 3-14 全球各類太陽電池技術專利申請國家比例.....	31
圖 3-15 日本 SUNSHINE 計畫之太陽光發電技術開發概要.....	35
圖 3-16 太陽光電供應鏈各領域特性與產業結構.....	39
圖 3-17 台灣太陽光電產業結構分佈.....	41
圖 3-18 太陽光電產業現階段五力分析.....	43
圖 4-1 主要國家在美國「半導體元件與製造」類之專利件數與佔有率.....	45
圖 4-2 太陽電池用矽材料預估.....	48
圖 4-3 台灣太陽光電產業廠商分析.....	52
圖 4-4 產業群聚空間分佈示意圖.....	53
圖 4-5 1998-2010 年世界太陽電池市場生產規模.....	63
圖 4-6 全球至 2030 年各類太陽電池安裝量預估.....	63
圖 4-7 台灣太陽光電產業鑽石理論模型分析.....	65
圖 5-1 茂迪公司競爭策略.....	69
圖 5-2 Q-CELLS 公司競爭策略.....	71
圖 5-3 Q-CELLS 公司使用矽晶片大小進展.....	73
圖 5-4 KYOCERA 公司發展與技術研發佈局歷程.....	75
圖 5-5 SOLARWORLD 於太陽光電價值鏈之業務範疇.....	76
圖 5-6 SOLARWORLD 各事業公司之發展策略.....	78
圖 5-7 尚德公司的發展策略.....	80

第一章 緒論

1-1 研究動機與目的

能源需求成長，主要石化能源逐漸枯竭，突顯再生能源的重要性及迫切性—近年來石化能源使用年限議題一再被強調，地球暖化現象持續惡化，以及國際原油價格持續盤旋於高檔，再生能源的應用更加受到重視，而歷年各種能源的使用比例，以石油、天然氣及煤礦為主，約占整體使用比重的 70%以上，但隨著再生能源的開發，各國政府也致力於提高再生能源的使用的比例，其中因太陽能具有無污染、太陽光資源取得的便利性、發電品質穩定及發電成本逐年降低，因此各國政府近幾年皆加強於太陽光電產業之推動，最近 5 年全球太陽光電市場需求年複合成長率達 30.6%，使得太陽光電產業成為各國重視的新興產業，表 1-1 及 1-2 所示分別為全球前十大太陽電池生產廠商的產量及 2006 年擴產情形。伴隨著需求大幅成長造成的供不應求，產業內原有的廠商為求更大的規模經濟效益，紛紛宣佈大幅度擴產，同時也吸引了更多的新進者投入，因此可以預見太陽光電產業的未來競爭將更趨激烈。

表 1-1 全球前十大太陽電池廠商產量

		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Sharp	MW	50	75	123	198	324	434	428
	Market share	18%	19%	22%	26%	27%	17%	25%
Q-Cells	MW	-	-	8	28	75	253	160
	Market share	-	-	-	4%	6%	10%	9%
Kyocera	MW	42	54	60	72	105	180	142
	Market share	15%	14%	11%	9%	9%	7%	8%
Sanyo Electric	MW	17	19	35	35	65	155	125
	Market share	6%	5%	6%	5%	5%	6%	7%
Mitsubishi Electric	MW	12	14	24	42	75	111	100
	Market share	4%	4%	4%	6%	6%	4%	6%
Schott Solar	MW	14	23	30	42	63	96	95
	Market share	5%	6%	5%	6%	5%	4%	6%
BP Solar	MW	42	54	74	70	33	86	90
	Market share	15%	14%	13%	9%	3%	3%	5%
Suntech	MW	-	-	-	-	28	158	80
	Market share	-	-	-	-	2%	6%	5%
Motech	MW	-	4	8	17	28	110	38

		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
	Market share	-	-	-	-	3%	4%	3%
Shell Solar	MW	28	39	58	73	62	86	59
	Market share	10%	10%	10%	10%	5%	3%	3%
Isofoton	MW	10	18	27	35	53	61	53
	Market share	3%	5%	5%	5%	4%	2%	3%
Solarworld	MW	-	-	-	17	28	35	38
	Market share	-	-	-	2%	2%	1%	2%
Photowatt	MW	14	14	17	20	22	24	24
	Market share	5%	4%	3%	3%	2%	1%	1%
USSC	MW	3	4	4	7	14		22
	Market share	1%	1%	1%	1%	1%		1%
Others	MW	56	81	93	103	213		251
Total	MW	288	399	560	759	1,195	2,500	1,727

資料來源：PV news

表 1-2 全球主要廠商擴廠情形

Sharp	Increase from current 500MW in 2006
Q-Cells	Increase from around 230MW to 280MW in 2006
Kyocera	No additional capacity plan
Sanyo Electric	Increase from current 160MW to 250MW in 2007
Mitsubishi Electric	Increase from current 135MW to 203MW in 2006
Suntech	Increase from current 150MW to 240MW in 2006
Motech	Increase from current 85MW to 135MW in 2006
Solarworld	Increase from current 140MW in 2006

Source: PV news

綜觀而言，全球太陽光電產業發展，大部分的廠商都以垂直整合策略模式經營；但隨著產業生命週期由萌芽期逐漸進入成長期，市場需求大幅成長，規模經濟效益得以發揮，專業分工的策略經營模式也有相當不錯的經營績效，此一專業垂直分工的模式，符合台灣半導體等產業之發展優勢，及公司規模大部份為中小企業，具有彈性製程能力及經營特性。

1-2 研究主題與研究架構

若由整體產業價值鏈討論，先天上台灣受限於國內市場較小，且終端系統應用出口性弱；在上游的發展上，雖然台灣 IC 產業發展競爭力強，但上游原材料矽材多仰賴進口，因此台灣在太陽光電產業的發展上呈現上下缺乏的中廣型態。因

此未來在面對全球主要領導廠商的垂直整合及水平整併的策略，台灣太陽光電產業的競爭優勢為何，本研究將以 Porter 的鑽石模型及 SWOT 作總體性的分析，然後再針對個別標竿廠商作深入發展策略分析。本研究將探討台灣在不同於先進國家太陽光電產業發展之驅動力來自於政府政策激勵與獎勵補貼方案，如何以其獨特的競爭優勢一藉由長期半導體、TFT-LCD、LED 等產業累積的能量及產業群聚等因素與國際大廠競爭。本研究範圍包括太陽光電上中下游產業，研究架構如圖 1-1 所示，先回顧全球太陽光電產業領先國家，探討領導型國家太陽光電與台灣的總體競爭優勢比較，然後藉由產業內不同的競爭策略探討個案公司的發展策略，進一步探討整體太陽光電產業未來發展策略。

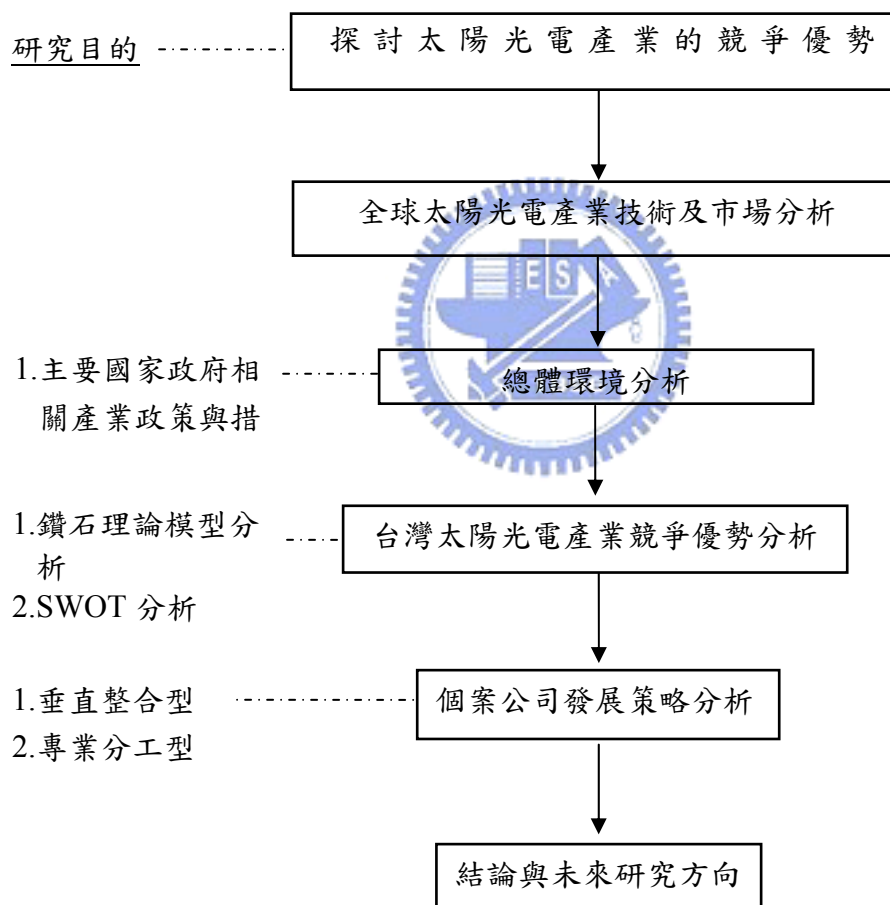


圖 1-1 研究架構

第二章 文獻回顧

2-1 產業環境

Porter (1980)將產業環境依成熟度及全球競爭程度歸類成初生型、分散型、變遷型、衰退型及全球性競爭五種，各種不同類型產業的特性如表2-1所示。

表 2- 1 Porter (1980)之產業環境特性

產業的環境	特性
分散型產業	是一個競爭廠商很多的環境，在此產業中，沒有一個廠商有足夠的市場佔有率去影響整個產業的變化，在此產業大部份為私人擁有之中小企業。
新興產業	是指一個剛剛成形，或因技術創新、相對成本關係轉變、消費者出現新需求、或經濟、社會的改變，而導致轉型的。
變遷產業	產業經過快速成長期進入比較緩和成長期，稱之為成熟性產業，但可經由創新或其他方式促使產業內部廠商繼續成長而加以延緩。
衰退產業	凡連續在一段相當長的時間內，單位銷售額呈現絕對下跌走勢的產業，而產業的衰退不能歸咎於營業週期、或其他短期的不連續現象。
全球性產業	競爭者的策略地位，在主要地理區域或國際市場，都受其整體全球地位根本影響。

資料來源：Porter (1980)

所謂的「產業競爭分析(Industry and Competitive Analysis)」，是企業經營時，一項相當重要的運用工具。一般企業在擬定策略通常先經由產業競爭分析，掌握產業特性及競爭狀況，然後再加以制定策略。有關產業分析的文獻相當多，而各種理論所持的觀點也有所不同。以下將針對有關產業分析之相關理論整理說明如下：

2-1-1 產業生命週期理論

產品生命週期理論是最常用來預測產業演變軌跡的分析工具，其基本假設認為產品均會歷經萌芽期、成長期、成熟期、衰退期四個階段。而造成產品成長或衰退的因素，主要是由於外在環境的變化，是無法經由個別公司加以改變產品生命週期的階段。在生命週期的各個階段中，產品均會呈現出不同的特性，因此個別企業必須針對不同的階段來調整其競爭策略以適應環境的改變，來維持其競爭優勢。Sundersan Srinivansan(2007)即以產業生命週期的模式探討印度在太陽光

電產業的發展策略。

產業生命週期的概念來自於產品生命週期，其概念與產品生命週期相似，根據Hill & Jones(1998)的定義，產業生命週期歷經導入期、成長期、震盪期、成熟期、衰退期等演化過程，如圖2-1所示。

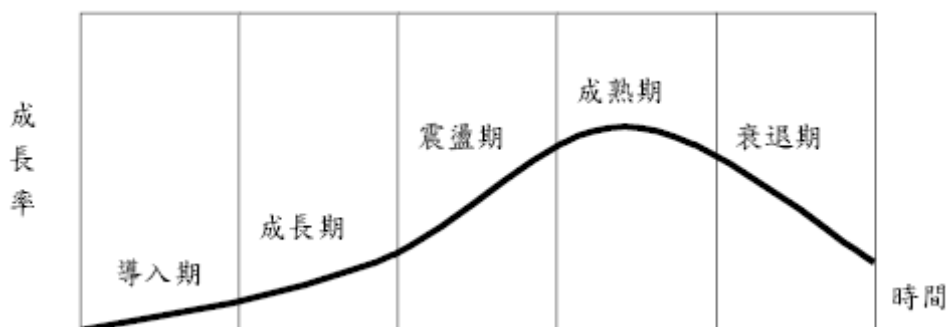


圖 2-1 產業生命週期

資料來源：Hill,C.W and G.R. Jones (1998), Strategic Management Theory, p.48

- a. 導入期(萌芽期)：導入期是指產業初步形成，因此一般顧客對此產業不甚熟悉，由於市場規模不大，因此企業尚未能藉由規模經濟效益來降低成本，因而此一階段價格偏高，所以在此階段產業成長較緩慢。一般在此階段廠商進入的決定是在於產業能否取得關鍵性因素(例如技術)。
- b. 成長期：當市場需求逐漸增加，產業轉而進入成長階段。在此階段中會有許多需求者的進入，導致市場需求呈現快速擴張(例如現階段的太陽光電產業)。
- c. 震盪期：市場需求不斷擴大，同時新的競爭者加入，此一階段的競爭相當激烈。而且由於企業預期市場將會快速成長，通常都會以樂觀性的預期來擴充產能，但由於成長性可能趨緩，因而可能會造成供過於求的現象。所以為了消化產量，企業可能會採取降價策略，來克服產業趨緩與阻礙新競爭者進入的問題，因此此一階段常常造成價格下降的現象。
- d. 成熟期：產業經過劇烈震盪後逐漸步入成熟階段。在成熟階段，市場需求呈現飽和現象，市場需求呈現停滯現象，在成熟期時期成長率一般都很低。一般在這個階段，技術已成熟且市場飽和，所以進入障礙會提高，且利潤率不高，對於潛在競爭者進入市場的誘因不大。
- e. 衰退期：大部份的產業最終會進入衰退階段，由於許多因素會使得成長率開

始轉變為負成長，這些因素包括了技術的替代、人口統計的變化、社會的改變、國際化的競爭等等。在此階段中，產能可能存在過剩問題，競爭程度仍然可能持續增加，因此企業可能會採取削價競爭而引發價格戰。

不同的產業可能呈現不同的產業生命週期型態，因此每個產業在每一個生命週期階段便會顯現出不同之產業特性，主要的產業特徵如表2-2所示。

表 2-2 產業生命週期對產業特徵之預測

生命週期階段	主要產業特徵
導入期	<ul style="list-style-type: none"> · 產品訂價較高 · 尚未發展良好的經銷通路 · 進入障礙主要來源為關鍵性因素之取得 · 競爭手段為教育消費者
成長期	<ul style="list-style-type: none"> · 獲得規模經濟效益使價格下降 · 經銷通路快速發展 · 潛在者的威脅度最高 · 競爭程度低 · 需求快速成長使企業增加營收
震盪期	<ul style="list-style-type: none"> · 競爭程度激烈 · 產生過多的產能 · 採用低價策略
成熟期	<ul style="list-style-type: none"> · 低市場成長率 · 進入障礙提高 · 潛在競爭威脅降低 · 產業及中度較高
衰退期	<ul style="list-style-type: none"> · 呈現負成長 · 競爭程度繼續增加 · 產能過剩進而產生削價競爭

資料來源：Hill, C.W. and G.R. Jones (1998), Strategic Management Theory, p.52

2-1-2 SCP 模型

Scherer 在1970年，綜合了Masov (1939)及Bain (1959)的觀點，於1980~1990年間，提出了完整的產業分析架構，如圖2-2所示。S-C-P (structure-conduct-performance)理論模式，主要是在探討產業中的市場結構、廠商行為與其經營績效三者之間的相互關係。

a. 市場結構：係指市場組織之特性，此特性會隨著時間而改變，因而影響市場內的定價與競爭模式。其主要的元素包括：買方與賣方數、產品差異性、進入障礙、成本結構、垂直整合、企業多角化等。

b.市場行為：係指企業為了因應市場結構變化而產生的策略行為，主要包括廠商在競爭過程中彼此影響、互動、調適的行為。

c.市場績效：是上述行為之結果，評估其在市場體系中表現在價格水準、技術、利潤率、經營績效、企業成長等方面的指標。

S-C-P 模式是以總體性的觀點來探討市場結構，其認為市場結構是由生產者的規模、產業集中程度、產品差異化、外在政策等多項因素所決定。在此種市場結構下所產生的競爭方式、行銷通路、訂價會有所不同，以致於影響其在投資、行銷、研發等決策行為，更進一步地去評定廠商績效、資源分配的效率與成長等。

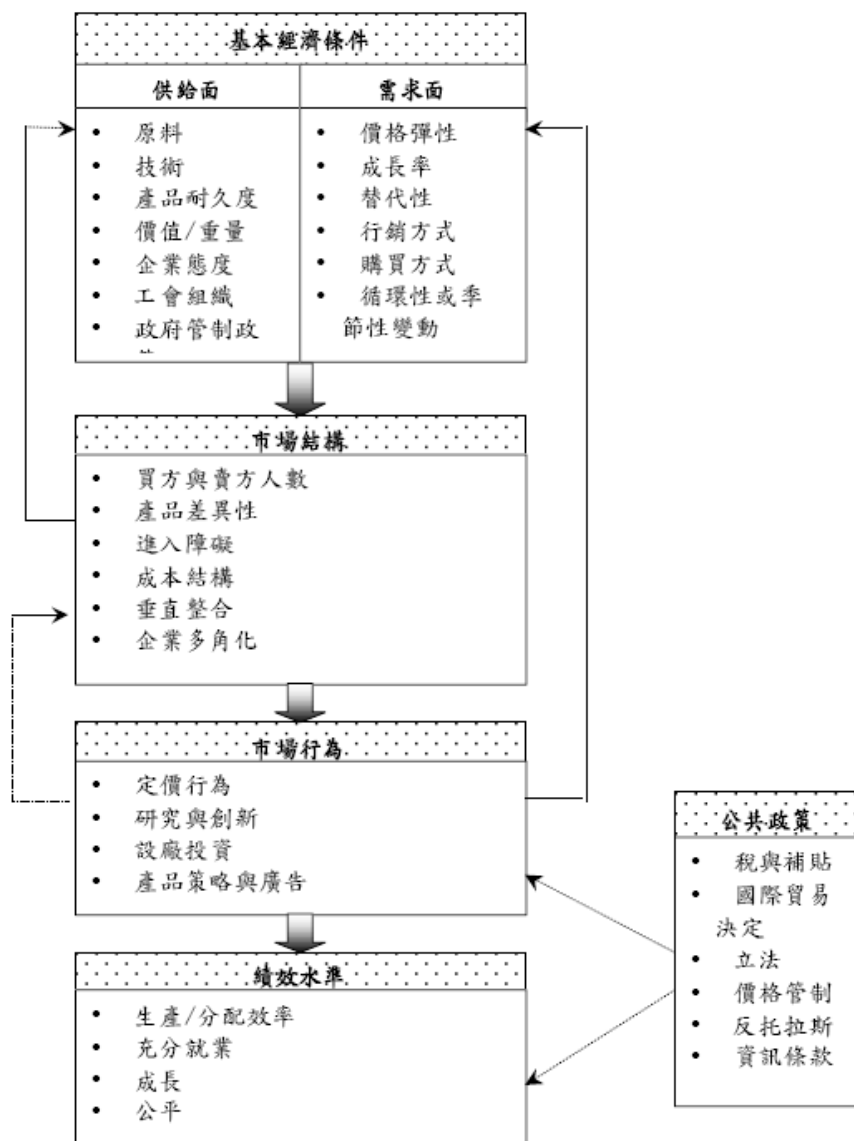


圖 2-2 SCP 模型

資料來源：F.M. Scherer (1990), Industrial Market Structure and Economic performance, 2nd ed., Boston: Houghton Mifflin Company.

2-1-3 Michael Porter 的五力分析模型

在整個產業間廠商彼此的競爭模式會受到產業結構很大影響，因此在1980年代Porter提出了五力分析的架構，其主張有五個因素會影響產業競爭及決定獨佔強度的結構，發展出五力分析模型，如圖2-3所示。Porter 認為透過五種競爭力的分析，有助於釐清企業所處的競爭環境，點出產業中競爭的關鍵因素，並界定出最能改善產業和企業本身獲利能力之策略性創新。五力分析模型中的五大競爭力如下：

- a. 潛在競爭者的威脅—新進入產業的廠商提供一些新的產能，不僅分享市場占有率，也會衝擊原來的市場結構。Aaker(1988)認為，產業界中凡具有市場及產品擴張策略、垂直整合策略、擁有特殊能力或資產待價而沽等策略的公司均為可能潛在的競爭對手。原有的廠商希望透過法令、特殊資源的取得、經濟規模等手段形成產業進入障礙，阻礙潛在競爭者進入。
- b. 產業內的競爭強度—產業中廠商家數之多寡是影響競爭強度的基本要素，除此之外，競爭者的同質性、產業產品的戰略價值，以及退出障礙的高低都會影響產業內的競爭強度。
- c. 供應商的談判力量—形成供應商談判能力主要的原因是基本的勞務或主要的零件、材料由少數廠商供應，沒有替代品，同時本身又欠缺向上游整合的能力。
- d. 客戶的談判力量—購買者的談判力量除了決定於購買的數量以外，購買者對產品的知悉程度、轉換成本的高低以及購買者向後整合的可能行都是主要的影響因素。
- e. 替代產品的威脅—替代品決定了本業廠商訂價上限，等於限制了一個產業可能獲得的投資報酬率。當替代品在價格或性能上所提供的替代方案愈有利時，則對產業利潤的限制就愈大。

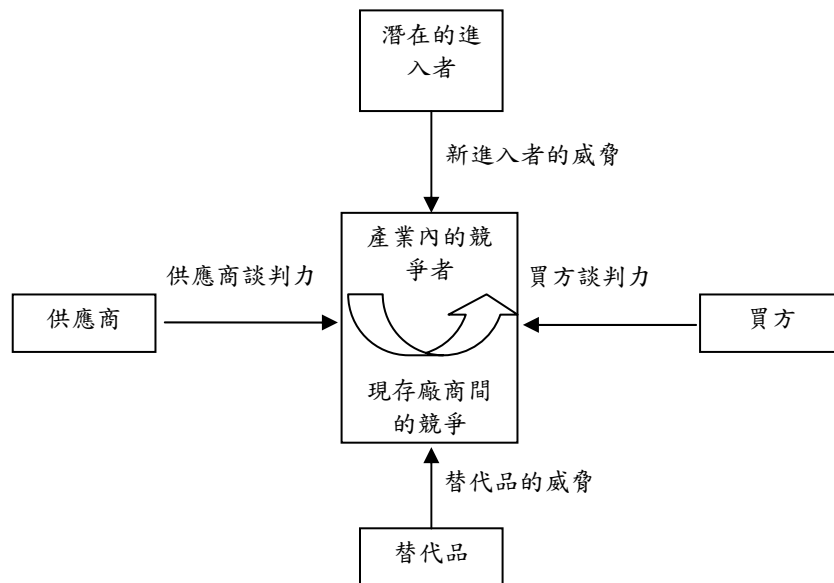


圖 2-3 波特的五力分析模型

資料來源： Michael Porter(1985)，Competitive Advantage, p.23

2-1-4 Michael Porter 的鑽石理論

在全球化的趨勢下，企業如何在國際競爭環境中取得優勢，這對於一個新興產業而言是相當值得探討的，Michael Porter(1990)在其著作「The Competitive Advantage of Nations」中，提出了鑽石理論的模型分析。Porter主張利用鑽石理論模型分析可以找出國家競爭優勢，過去幾年陸續有許多學者利用此一模型來探討國家的競爭分析，例如Deli Yang(2005)即以此一理論模型探討中國在軟體產業的競爭力。而所謂的國家競爭優勢是指一個國家或地區，能否成為某一產業的發展基地，因此事實上其討論的單位乃是「產業」，故此項理論是一種針對產業競爭力的分析模式其競爭力模式中，鑽石理論模型包含了六個可能會影響本國企業創造國內競爭優勢的因素，如圖2-4所示，分別說明如下：

a. 生產要素(Factor condition)－任何一個產業最上游的競爭條件，可能是國家與生俱來的，也可能是後天形成的，每個國家都擁有不同的要素稟賦，一個國家要能善用其俱有的優異生產條件來發展相關產業創新競爭優勢。生產要素主要可分成以下五大類：

(一)人力資源：人力的數量、技術及成本等。

(二)天然資源：天然資源的藏量與品質，包括可取得的土地、水源與礦物等，以及天候及地理位置。

(三)資本資源：金融產業的資金數量及成本，以及資本市場的結構等。

(四)基礎建設：基礎建設的數量、形式、品質與使用成本皆會影響競爭力。基礎建設包括了運輸系統、電訊系統、醫療系統、郵政系統等。

(五)知識資源：有關於財貨與勞務的科學、技術及市場知識的多寡。

Porter個人認為在大部分產業中，國家與生俱來的要素秉賦並不是最重要的競爭優勢來源，重要的是那些後天被創造出來的要素，尤其針對具高生產力產業。因此某一國家即使缺乏某些要素優勢，只要能透過其後天創造的知識資源、基礎建設等因素，仍然對取得競爭優勢有所助益。

b.需求條件(Demand condition)－國內的需求市場是國家競爭優勢的第二要素，市場對某特定產業所提供的產品或服務的需求本質，包含下游產業、應用市場規模之需求狀況等。

c.企業的策略、結構以及競爭(Firm strategy, Structure and Rivalry)－探討產業策略、環境、成功要素、產業營運狀況。激烈的國內競爭有助於促使國內廠商不斷地改善各種技術或進行技術創新以維持其競爭優勢，因此無形中也強化了該國在國際競爭上的優勢。

d.相關以及支援性產業(Related supporting industry)－若該產業在相關或支援性產業上具有競爭力時，則此產業相對的也較容易取得競爭優勢。一般所指的相關產業的競爭優勢通常是來自於彼此互補所達成的綜效，而這些綜效可以表現在研發、製造、通路型態、行銷知識與服務上的共通性。透過相關產業所產生的綜效，將能促進其在市場上的競爭力。

e.機會－機會因素通常是企業或政府無法事先預知的或掌控的偶發事件，它可能會對現有的市場競爭地位或鑽石理論中的其他構面產生影響，進而影響其競爭優勢。常見的事件有新發明、基礎科技的突破、戰爭、外在的政治發展、國外市場需求的改變等。

f.政府－政府在鑽石理論中是扮演影響者的角色，它對其他構面皆會產生一定程度的影響力，即其政策如何影響其他要素。例如，透過業務的管制，影響相關產業的發展或透過管制及其他法令，影響國內競爭狀況；透過政策的補助激勵，將促使市場需求的成長。Porter認為一個理想的政府角色應將政府定位為觸媒或挑戰者，它必須激勵並推動企業之使命與目標，並導引其競爭力之提昇。政府的角色應致力於創造一個環境，促使企業創造競爭優勢，儘量避免非

直接幫助或干預破壞市場行為的動作。例如洪秀婉(2003)即曾以國家創新系統及專利佈局探討台灣IC產業的現況及未來挑戰；Shih-Chang Hung(2006)也針對公部門在新興產業扮演的角色作深入探討及國家創新系統模型探討台灣在 TFT-LCD 的競爭策略；Joseph Z. Shyu(2002)則以台灣的創新策略探討台灣的競爭優勢。

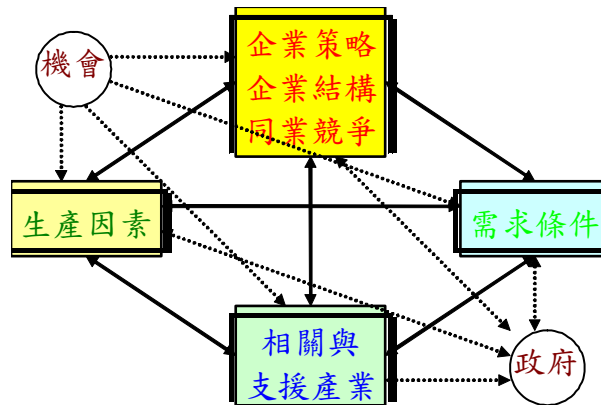


圖 2-4 Porter 的鑽石理論架構

資料來源：Porter(1990), Competitive Advantage of Nation, NY：The Free Press, p.127

2-1-5 SWOT分析法

面對全球化的競爭環境，了解全球產業的結構及內在與外在環境的變遷，是制定經營策略的必要衡量因素。SWOT 分析是企業管理理論中相當有名的策略性規劃，包括內在環境的優勢(Strength)與劣勢(Weakness)，以及外在環境的機會(Opportunity)與威脅(Threat)。產業內在環境指的是產業環境，而產業外在環境指的是對企業潛在的外部潛在衝擊力。

所謂 SWOT 分析－

1. 優勢(Strength)是組織所擁有的優點，在組織追求目標與因應競爭的過程中，較有利的內在環境因素；
2. 劣勢(Weakness)指的是組織所面對的缺點，是不利組織達成目標的內部因素；
3. 機會(Opportunity)指有利或幫助組織達成目標的外在環境因素；
4. 威脅(Threat)部分，為阻礙組織發展的外在環境因素。

組織藉由 SWOT 分析的結果，訂定充分掌握機會(O)、並運用組織的優勢(S)，化解組織的威脅(T)及矯正其劣勢(W)的策略，以求達成組織使命與目標。

本研究將以鑽石理論與 SWOT 分析，配合標竿公司的發展策略解析，針對台灣太陽光電產業在全球的競爭優勢作一深入探討及分析。

2-2 垂直整合策略理論

Coase(1937) 定義所謂的垂直整合，是指經由廠商內部完成投入產出活動，以取代在公開市場的購買投入以及銷售行為。若依據通路結構來分，當合併方式由下游往上游擴充，稱為「向上整合」，當合併由上游往下游延伸，則為「向下整合」。許多學者都針對垂直整合策略作過研究探討，例如 John Stuckey (1993) 認為垂直整合的策略為一具相當程度風險的策略且其退出障礙高；鄧美貞(2005) 則提出台灣在 IC 產業專業分工虛擬垂直整合的經營績效探討；Guido(1995)則以交易成本的理論觀點提出垂直整合策略適合於成熟產業；Chris(1997)則針對環境不確定性探討其對垂直整合策略的影響。Derek(2006)以專業分工或多角化策略經營策略來探討其競爭優勢。

Porter(1980)及 Hill and Jones(1988)提出企業採取垂直策略的效益如下：

- 降低成本—由於規模經濟效益，降低上游原料取得成本，進而提升經營績效。
- 減低風險—若上游原料供不應求將造成原材料價格上漲及取得不易，藉由垂直整合可降低風險。
- 提高進入障礙—可避免風險及降低成本，且公司規模較大，資金雄厚，對於新進入者會形成進入障礙。
- 確保產品品質—可以有效掌握上游原材料的供應品質，確保生產產品品質。
- 提高差異化能力—整合可以使廠商對生產及銷售掌握度較高，較容易創造差異化的優勢。

Porter(1980)及 Hill and Jones(1988)也提出了垂直整合的缺點如下：

- 更高的退出障礙—整合後需要更多的專屬資產，增加了退出障礙的困難度。
- 技術快速變化可能造成的劣勢—若技術進展太快，可能使得垂直整合的廠商因投資龐大造成經營劣勢。
- 資本投資要求—因垂直整合需要鉅額資本，可能造成資金成本的經營壓力。
- 降低策略合作彈性—因垂直整合造成與上下游的合作困難度將提高，經營較缺乏彈性。

參考林佩玲(2003)及葉恬寧(2005)整理有關國外文獻對於垂直整合的誘因及動機彙整如表 2-3 所示。

表 2-3 國外文獻關於垂直整合的誘因及動機內容整理

研究學者	年代	垂直整合誘因內容說明
Stigler	1951	Stigler 將產品生命週期分為導入、成熟及衰退期三階段。在導入及衰退期廠商採取垂直整合的動機較大，通常產業垂直整合程度較高。
Arrow	1975	提出垂直整合模式，向上整合可避免資源取得的不確定性。
Carlton	1979	廠商可透過垂直整合確保重要原料的取得，並可避免發生資訊不對稱的情況，減低錯誤決策的發生機率。
Matheson & Winter	1984	垂直整合可以減少外溢效果的發生。向下整合可以減少行銷層級，提高利潤率。
Klein & Williamson	1985	垂直整合可以降低交易成本。
Spulber	1989	利用層次經濟(Economics of sequence)證明：垂直整合後的成本小於個別總和成本。
Perry	1989	提出垂直整合五個利益： <ul style="list-style-type: none"> ■ 降低交易成本 ■ 向上整合確保功給的穩定 ■ 將外部性內部化以修正市場失靈的現象 ■ 避免政府法令限制 ■ 增加或創造市場力量
Hart & Tirole	1990	垂直整合可提高進入障礙。

資料來源：林佩玲(2003)、葉恬寧(2005)

而在探討垂直整合與專業分工的經營績效探討的相關理論有規模經濟理論及交易成本與知識經濟理論。規模經濟理論認為當企業以垂直整合的經營模式擴產，在規模經濟效益下可以提升企業的獲利率；但 Stigler(1951)也提出，企業採取垂直整合與專業分工經營模式與市場成長率有關，若市場成長率高，則產業可能會傾向專業分工，若市場成長趨緩則垂直整合模式可能較適合。交易成本理論則認為垂直整合模式，可有效降低機會主義、資訊不對稱等因素所造成的額外成本；知識交易理論則強調知識傳遞的效率，降低企業內部成本。

2-3 太陽光電學習曲線及政策激勵影響相關研究

再生能源的研究及如何加速成長一直以來都是能源專家學者關切的主題，尤其是學習曲線對於發電成本的影響更是關係著使用普及的重要關鍵；同樣地政策的激勵也扮演著重要地位，因此國際上陸續有許多學者發表相關方面的研究。Gregory

F. Nemet(2006)根據過去的數據，發覺太陽光電的技術進步速度高於任何的能源技術，從 1950 年代迄今其價格下降幅度幾近於 100 倍，到底是什麼因素促使其價格產生如此劇烈的變化呢？因此其針對太陽光電的歷史降價趨勢，建立其學習曲線特性，並建立簡單的分析模型，分別針對其製程因素探討其對成本影響的量化指數，進一步把成本降低的因素更具體的標示出來，發現工廠規模大小、模組光電轉換效率及矽材料的成本對於價格下降影響程度最大；Maya Papineau(2006)則提出太陽光電模組價格如何受到政府政策及研發經營對於學習曲線的影響，其發現研發的投資效益對於太陽光電產業價格影響不顯著；Kwok L. Shum(2007)探討評量美日兩國制度對於該國太陽光電產業的影響，日本到 2003 年底累計裝置量幾乎為美國的 3 倍，其以兩個不同的模型來分析此一差異，第一個為利用製造技術大量生產的模式來探討，第二模型則以類智財技術建立客製化導向探討，日本的策略是以量產考量政策來推動，主要為垂直整合公司經營以降低垂直分工模式的交易成本，其政府推動的策略除了以補貼獎勵及學習經驗的考量外，尚需考量國家在全球技術發展的狀態；Johan Albrecht(2006)則提出未來太陽光電使用比率 CAPM 模型與其他發電組合的探討，依據其假設條件(不同的學習曲線狀況)，太陽光電的價格將在 2015~2040 年間與市電具有競爭性，若考量化石能源的不確定價格風險因素，再生能源的使用將可降低其風險性，因此太陽光電的使用更具吸引力；Chihiro Watanable(2000)則針對日本太陽光電產業探討相關產業支源及技術外溢效應對於整體產業發展的影響作探討分析，Sunshine 計畫的效益—促使異業間的廣泛參與、促進產業內技術的進步及異業間的技術外溢效應、並吸引龐大的投資效益引起的產業技術價值的增進，因而促使太陽光電價格的迅速下降並進而增加太陽光電的生產，延伸促使太陽光電的研發強度增進，使得研發、市場成長及價格下降形成一個良性循環。國際上探討太陽光電相關研究大部份集中在如何使得太陽光電普及的總體面研究，在國內的部份陸續也有許多的探討，例如楊懷東(2005)針對太陽光電產業發展的問題，提出一些建議，並探討台灣在太陽光電產業的發展策略，重點以政府的態度為著眼點，如何藉由政策(例如再生能源法立法及研發補助計畫及人才培育等措施)，帶動國內市場需求，培養產業發展能量及完整產業鏈進而進軍國際市場；吳銀泉(2006)則採用質化與個案研究的方法，藉由能源產業經濟與政策、產品生命週期、產業價值鏈、鑽石理論及學習曲線等面向，探討日德台灣與中國的發展模式分析，並進而針對台灣與

大陸在太陽光電產業發展模式與競爭策略進行比較分析。陳彥豪(2005)以德國政策推動太陽光電的政策分析德國太陽光電的發展原因，從政策的角度觀點，分析德國太陽光電市場發展的原因，嘗試從過去政策與市場規模之關係和未來將施行的獎勵措施，並估算 2006~2010 年間德國太陽光電市場的規模。



第三章 太陽光電介紹

隨著原油價格持續飆漲、環保意識提高的影響及京都議定書之簽定，使得各國無不積極尋求太陽能、風力、地熱、水力發電、生質能、潮汐能等替代性能源。而 2000 年德國實施新再生能源法，以及各國政府相繼提高且明訂未來再生能源佔電力供應的比例及推行太陽光電系統補助計畫，太陽光電市場需求較以往年度大幅成長。另外，美國加州不但通過二十八億美元的太陽能計畫，緊接著在聯邦參議員能源委員會更通過「加州百萬太陽能屋頂法案 SB1」，鼓勵加州住宅屋頂裝設太陽光電模組。據歐盟太陽光電產業協會(EPIA)統計，從 1998 年起，太陽光電產業出貨量便以每年 35% 高速成長，2004 年的產業規模為七十億美元，國內工研院更估計，到 2010 年，全球太陽發電與光電業的產值將超過新台幣一兆五千億元。因此，在探討太陽光電產業的競爭優勢，同時也必須對其市場及技術發展趨勢，作一深入了解。因此，以下將針對太陽光電的全球發展及現況作一總體性探討。

3-1 太陽電池原理與製程

1954 年美國貝爾實驗室，首先利用矽整合技術，提出效率 6% 太陽光能轉換成電能的太陽電池，為太陽光伏現象的先驅。所謂的太陽電池(solar cell)係一種利用太陽光照射直接產生電的熱電轉換光電半導體元件，是一種光伏效應(photovoltaic effect; PV)。所謂的光伏特效應一般而言是指光子入射到半導體元件內產生電子-電洞對，電子和電洞因半導體 p-n 接面形成的內建電場作用而分離，電子和電洞往相反的方向各自傳輸至二端電極來輸出。如果入射光子在空間電荷區被吸收產生電子-電洞對，電子會因為內建電場的影響而向 n-型區漂移(drift)，而相對地，電洞會因為內建電場的影響而向 p-型區漂移。也就是說，入射光子在空間電荷區被吸收產生電子和電洞，因為內建電場的影響而產生從 n-型區向 p-型區的漂移電流，就是所謂的光電流 (photocurrent)。太陽電池發電原理如圖 3-1 所示。

太陽能電池發電原理

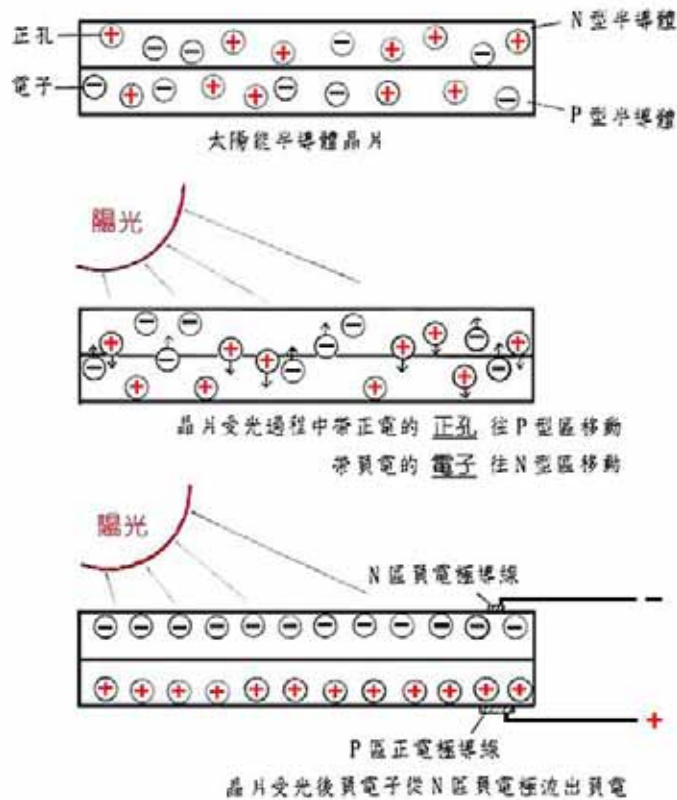


圖 3-1 太陽電池工作原理

資料來源：中華太陽能聯誼會，製圖：查丁壬

簡單而言，太陽電池構造是以 p-型與 n-型半導體材料接合形成電池的正極與負極。太陽光電發電原理—當陽光照射太陽電池時，入射陽光的能量會使半導體材料內的正、負電荷分離(產生電子-電洞對)。正電荷-電洞(Hole)、負電荷-電子(Electron)會分別往正(p-型)、負(n-型)極方向移動並且聚集。正、負極接上負載時，將會形成電流，可以對負載作功(燈泡會亮、馬達會轉)。如圖 3-2 所示。

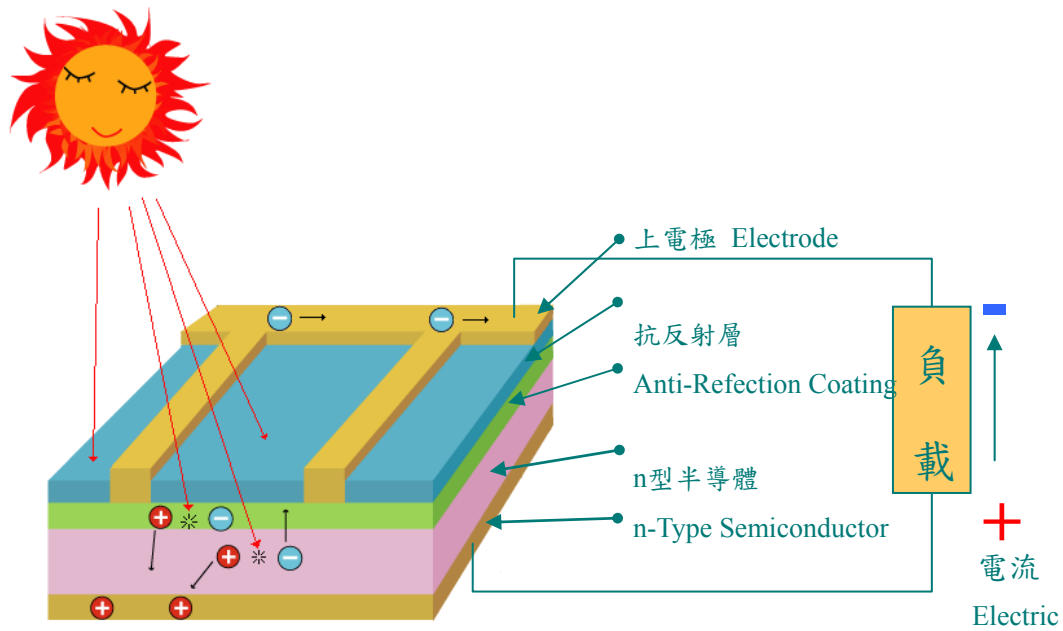


圖 3-2 太陽電池構造及發電原理

目前傳統標準型矽晶太陽電池的製造流程如圖 3-3 所示，其製程與半導體製程及 TFT-LCD 製程類似，如圖 3-4 及 3-5 所示，三個產業的產業特性比較如表 3-1 所示；而太陽電池製程相對於半導體或 TFT-LCD 製程顯得較簡單，而其模組製程與 TFT-LCD、LED 及資訊電子多有某種程度的類似。

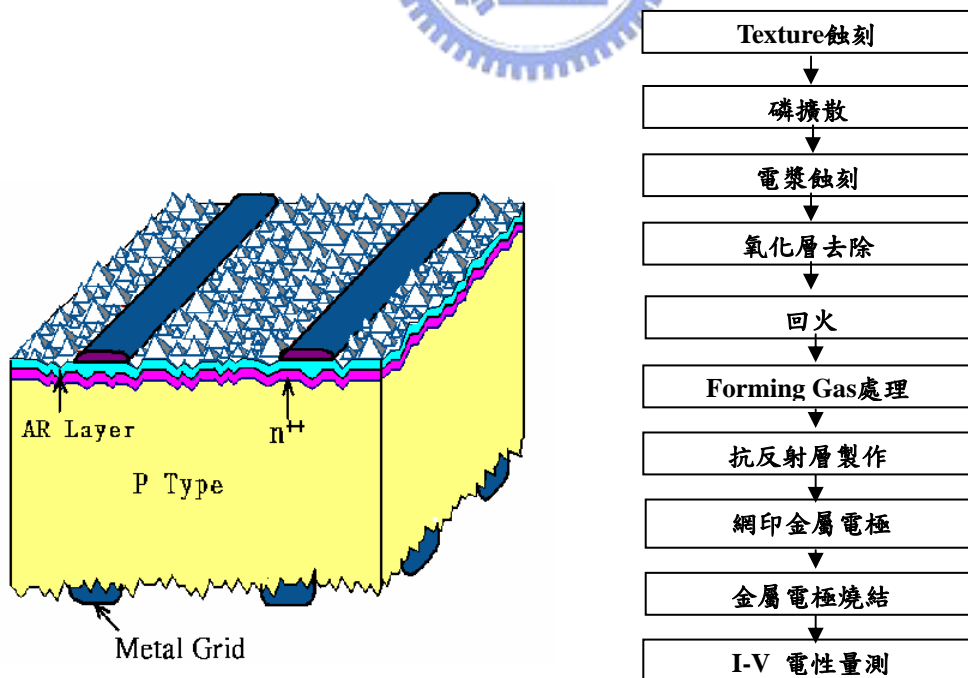


圖 3-3 傳統標準型太陽電池製程

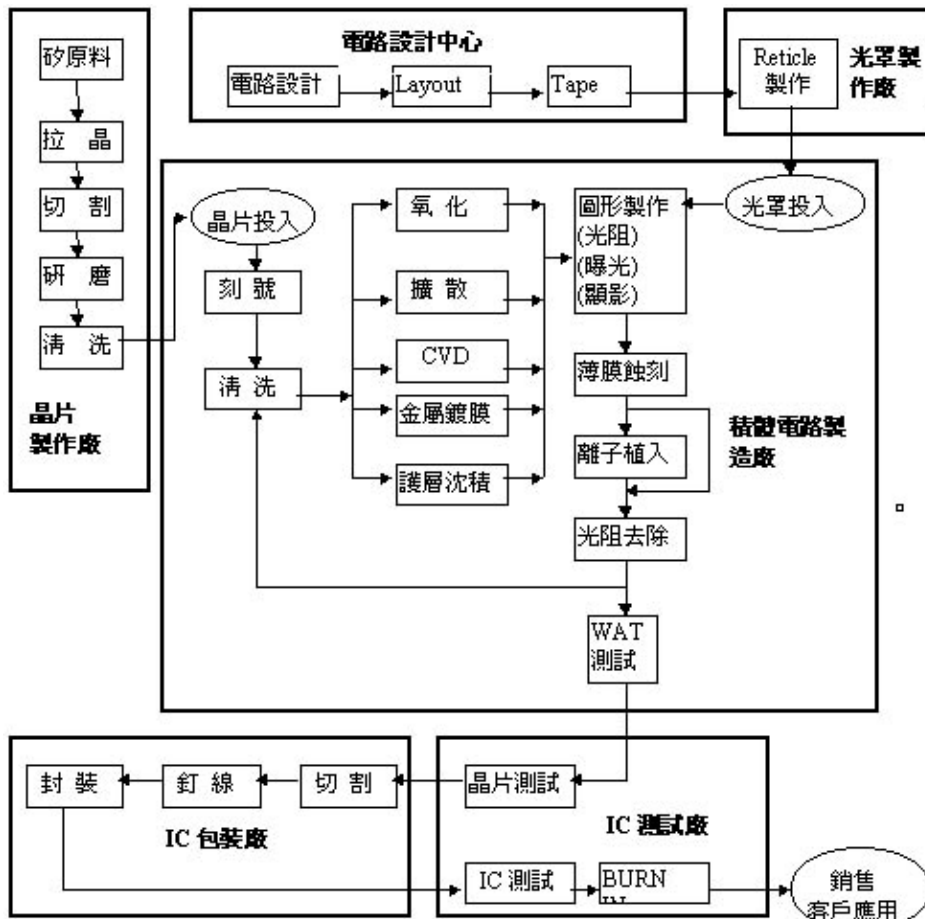


圖 3-4 半導體製程流程
資料來源：旺宏電子

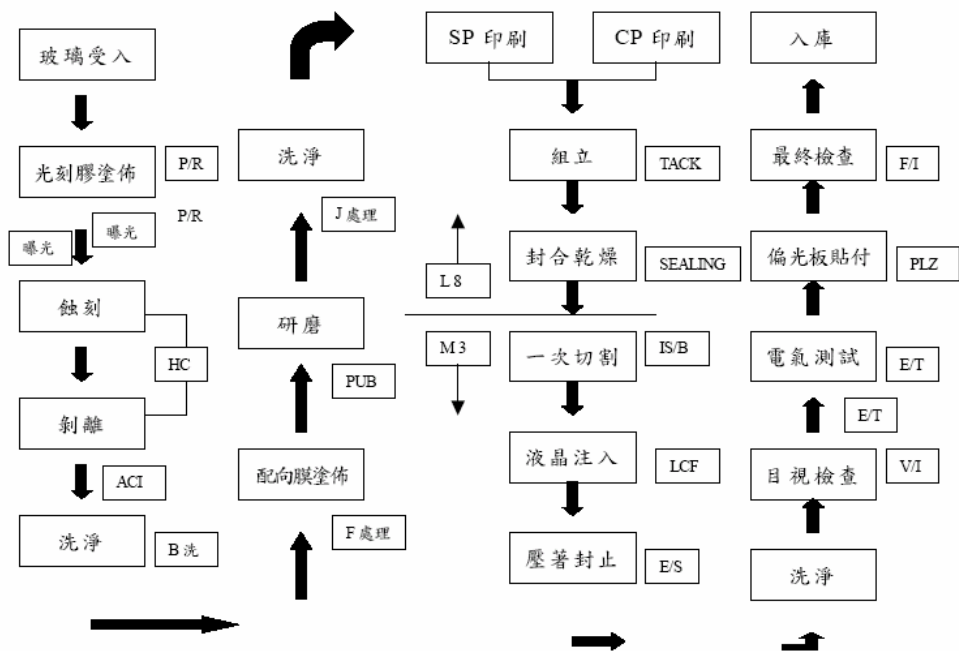
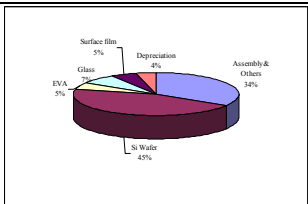
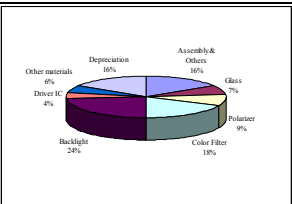
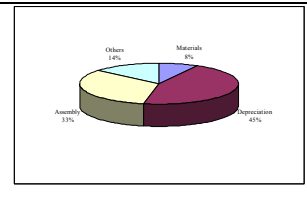


圖 3-5 TFT-LCD 製程流程圖

表 3-1 太陽電池與半導體及 TFT-LCD 產業特性比較

	太陽光電模組	液晶面板	半導體
成本結構			
產值及成長率	2005：51 億美元 2001~2005 CAGR：78%	2005：600 億美元 2001~2005 CAGR：42%	2005：2,270 億美元 2001~2005 CAGR：13%
結構	<ul style="list-style-type: none"> -投資資本較低 -較少的材料 -較低進入門檻 -大面積及效率提升，降低 PV 系統成本 -重點在降低材料成本 	<ul style="list-style-type: none"> -中度投資資本 -較多的材料 -中度進入門檻 -大面積及效率提升，提升畫質 -重點在降低材料成本及折舊費用 	<ul style="list-style-type: none"> -投資資本高 -較少的材料 -高進入門檻 -線寬線距縮小，降低成本 -重點在提高產能利用率以降低折舊費用
需求	<ul style="list-style-type: none"> -市場潛力大，成長前景佳 -替代性技術 -許多的替代品競爭 	<ul style="list-style-type: none"> -市場規模一定 -取代性技術 -替代品少 	<ul style="list-style-type: none"> -低度需求成長 -革命性技術，創造心應用 -限制性替代品
政府獎勵	<ul style="list-style-type: none"> -需求端：政府補助政策 -供應端：稅的減免優惠 	<ul style="list-style-type: none"> -需求端：自由市場 -供應端：稅的減免及低利貸款 	<ul style="list-style-type: none"> -需求端：自由市場 -供應端：成熟產業政府補助逐年下降

資料來源：Daiwa institute of research LTD

3-2 太陽電池的種類及特性

太陽能電池種類相當多，主要可分為矽基類和非矽基類兩大類，如圖 3-6 所示。矽基類依照不同的晶體構造，又可分為單晶矽(Single Crystal)太陽電池、多晶矽(Poly-Silicon)太陽電池、非晶矽(Amorphous)太陽電池三種；目前單晶矽與多晶矽太陽電池市場占有率高達 90%以上，若再加強矽結晶薄帶(ribbon)占有率更高達 93.6%，為市場的主流。非矽基類則有化合物半導體太陽能電池及其他太陽電池。化合物半導體太陽能電池主要以週期表中 III 族元素(Ga、In 等)與 V 族元素(P、As 等)所構成之半導體(例如 GaAs、InP 等)稱為 III-V 族化合物半導體太陽能電池，雖然轉換效率相對較高，但由於成本較高，大多應用於集光型系統，以太空應用為主，市場占有率低；另一類則是 II 族元素(Zn、Cd 等)與 VI 族元素(S、Se、Te 等)構成之半導體(例如 CdS、CdTe 等)稱為 II-VI 族化合物半導體太陽能電池，是屬於薄膜型太陽電池，雖然薄膜型具有成本較低的潛力特色，但截至目前為止，因轉換效率仍未能達到與矽晶同一水準，再加上穩定性與環保問題及製程量產不易控制，因此短期內尚難以矽晶太陽電池相抗衡。另外一類為無機太陽電

池包含有磷化鋅太陽電池、Se 系太陽電池、Cu₂S 系太陽電池等種類。最後一類為有機化合物染料敏化太陽電池，目前仍再積極開發提升轉換效率中，未來若能突破轉換效率的限制，在成本的考量上將有很大的競爭力。表 3-2 為各種太陽能電池材料之間光電轉換效能優劣比較。

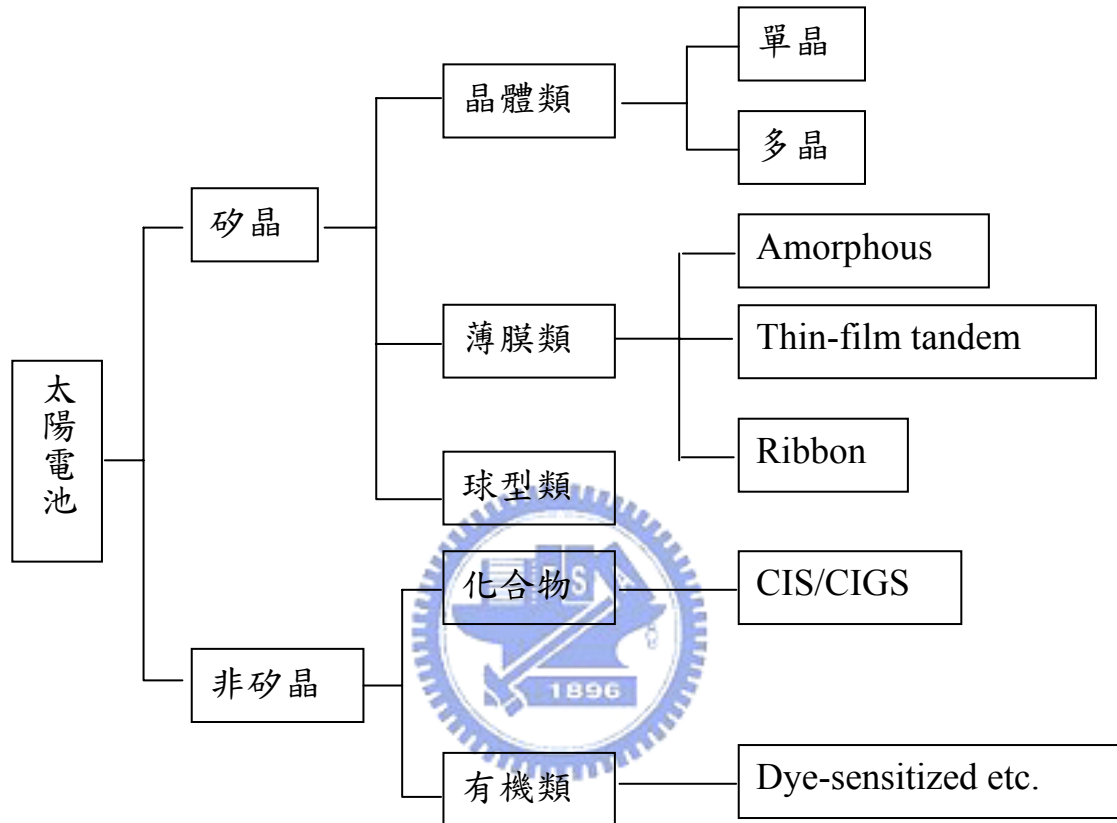


圖 3-6 太陽能電池分類圖

表 3-2 太陽能電池材料特性比較

型態	種類	材料		地面用轉換效率(%) AM 1.5G at 25°C		價格 (US\$/Wp)	備註
				實驗室面積 (cm ²)	商業化面積 (cm ²)		
Wafer Based	III-IV 族	砷化鎳	GaAs	25.1% (3.91 cm ²)		1000~2000	
			Multi-Junction GaInP/GaAs/Ge	32.0% (3.989 cm ²)			
	矽	單晶矽	Single-Crystalline Si	24.7% (4.00 cm ²)	15~18% (Dia.= 4''~6'')	2.5~3.5	
		多晶矽	Poly-Crystalline Si	20.3% (1.002 cm ²)	12~14% (Dia.= 4''~6'')	2~3	
		單/非晶矽 Hybrid	HIT	21.0% (101 cm ²)	19.5% (101 cm ²)		日本 Sanyo
Thin Film	矽	微晶矽	Micro-Crystalline Si	10.1% (1.199 cm ²)	< 8.2% (661 cm ²)		
		非晶矽/微晶 矽堆疊	Amorphous/Micro- Crystalline Si Tandem	12.1% (1.0 cm ²)	< 10.4% (905 cm ²)	2~3	
	II-VI 族		Cd-Te	16.5% (1.032 cm ²)	< 10.7% (4874 cm ²)		
	I-II-VI 族		CuInSe ₂	19.5% (0.41 cm ²)	< 13.4% (3459 cm ²)	2~3	
電化學	有機染料		Dye Sensitized TiO ₂	8.2% (2.36 cm ²)			

a. 結晶矽太陽電池

目前市場的主流技術，全球各大廠積極投入新技術的開發，主要發展方向為矽晶圓品質提升與厚度變薄、轉換效率提升與成本降低等。開發的目標希望在 2010 年轉換效率可提升至 20%，晶片厚度降至 160 μm ，製造成本降至目前的一半，而模組使用壽命提升至 30 年以上，更預期在 2030 年時轉換效率提升至 30% 以上。

A. 單晶矽太陽能電池

自從 1973 年石油危機後，各國政府開始重視開發高效率的太陽電池元件，發展替代性能源的技術。由於單晶矽能階屬於間接遷移型，在太陽光譜波長區段內，光吸收係數只有 10^{-3}cm ，因此需要較大的厚度 100 μm 增加光的吸收量。近年來，為了改善光吸收效率的問題，陸續已研發出各種增加光進入太陽電池提升之方法及其結構設計及改良，如射極保護型(Passivated Emitter Solar Cell, PESC)、微孔洞射極保護型(Micro Grooved Passivated Emitter Solar Cell, μgPESC)、背面擴散射極保護型(Passivated Emitter Rear Locally Diffused, PERL)、電極埋入式等單晶太陽電池，由於結構設計的改良，因此也促成單晶矽太陽電池之轉換效率得以不斷的穩定成長。目前工業生產的單晶矽太陽能電池效率可達 18.5%，而其理論極限效率約為 25%，且發電特

性極為穩定，約可達 20~30 年之耐久壽命等優異條件。一般單晶矽太陽電池多半多使用在人造衛星及汽車等，小面積需要較高發電轉換效率的地方。

B. 多晶矽太陽能電池

多晶矽太陽電池的結構與單晶矽類似，諸多單晶太陽電池的結構與製程技術皆可應用到多晶矽太陽能電池上，且多晶矽太陽能電池在原材料矽純度與結晶化的程度比單晶矽低，因此能夠有效地降低成本。目前由於多晶矽太陽能電池效率已經逐漸逼近單晶矽太陽電池，因此多晶矽太陽電池為目前生產的主流，其在矽基太陽能電池的市場佔有率超過 50% 以上。

C. 薄膜型太陽電池

目前全球積極開發的是如何在低成本基板(如不銹鋼，玻璃，銅甚至是可撓性有機基板上)，製做出薄膜型之多晶矽太陽電池。目前製程以低溫多晶矽薄膜(Low Temperature Poly-Silicon, LTPS)技術為主，一般可分成直接沉積技術和再結晶技術兩種類型。以直接沉積型而言，又可分成以下兩種技術：(1)常壓化學氣相沉積；(2)觸媒式化學氣相沉積。若以再結晶型技術，可分成以下三種技術：(1)固相再結晶技術；(2)雷射退火再結晶技術；(3)金屬誘發再結晶技術。在上述的技術當中，因常壓化學氣相沉積需在較高的製程溫度，目前的玻璃基板無法承受如此高的溫度，所以無法用於 LTPS 薄膜製程。而固相再結晶技術則是利用瞬間加熱(RTA)的方式讓 SiH_4 解離後沉積於表面形成多晶矽薄膜，但是瞬間的加熱會使玻璃基板產生不必要的殘留應力，甚至破裂，製程上控制不易，所以也不受廠商的廣泛使用。因此目前以多晶矽薄膜之低溫製程為主流，主要利用準分子雷射對基板上之非晶矽膜（或晶粒較小之多晶矽薄膜）照射（加熱）熔化，然後凝固成多晶矽薄膜，稱之為雷射退火技術（Laser Annealing, LA）或雷射結晶技術（Laser Crystallization Method）。由於準分子雷射之照射僅在局部區域，只讓照射區之矽薄膜部分承受較高之熱量，其他區域受到的影響則較小，因此稱之為低溫製程，這樣的製程將可因為基板局部加熱過程中，溫度不會過高將可避免基板之變形。另一個常用的 LTPS 製程為金屬誘發再結晶法(Metal Induced Crystallization, MIC)。相較於傳統的 SPC，薄層金屬在結晶形成前即先被包覆，而金屬成分即扮演了降低結晶化的活性功能。舉例來說，在製備多晶矽薄膜的方法中，鋁誘發的方式是較為簡單的，此方法能在較低

溫下（約 500-600°C）製造出多晶矽。當鋁與矽之成分約為 12.6%時，其共晶溫度最低，約在 577°C 左右。金屬誘發再結晶法則是將非晶矽膜與某些特定金屬接觸時，在約 500°C 以下的低溫退火後會反應產生矽化物，並以此為晶核誘發非晶矽的再結晶化以得到多晶矽的方式。對於多晶矽薄膜之製程中，所形成之晶粒越大越佳，這是由於晶粒越大、晶界（缺陷）越少，具有較大的載子移動率，因此電子元件的性能越好。由非晶矽薄膜轉變為多晶矽薄膜之製程可概分為高溫與低溫製程，不管以何種製造方式（如加熱融化再冷卻凝固、化學氣相沈積等），高溫是有利於晶粒之變大。不過高溫製程的缺點是會限制薄膜基材（Substrate）材料之選擇，因此像玻璃或塑膠等材料則無法作為高溫製程之基材，所以會增加製作成本。而低溫製程除了沒有上述高溫製程的缺點外，還可減少能量之消耗，降低殘留熱應力，減少雜質從基材進入薄膜，因此不少多晶矽薄膜都使用低溫製程，不過此製程目前所製成的晶粒不大，轉換效率較低，造成製程的相對成本較高。

除了在材料上的突破，為了提高上述三種太陽能矽電池的轉換效率，構造的改良也是大家致力發展的重點，以下為三種主要的結構設計：

(1)改良接合構造

為了達到太陽光照射後在半導體元件內產生的電子與電洞分離，取代從外部附加電壓的方法，改變成直接在半導體內部製造電場。

(2)改良電極構造

為了達到最少損失，得到良好的歐姆接觸(Ohmic contact)低的串聯電阻及受光面等問題，提出由 Finger 及 Bus bar 電極其形狀樣式及面積都是受光損失最小及串聯電阻最小等電極改良方法。

(3)改良封存光構造

由於 Si 在短波長區域有 54%及長波長區域內有 34%之反射損失，可運用不同折射率之透明材料作成反射防止膜(Anti-Reflection Coating)，以減少反射損失。由於太陽能電池之受光面為平坦鏡面雖有反射防膜也很難避免完全不反射。因此在光面上作出金字塔群結構，在某一金字塔面上向下方反射之光，可活用為其他金字塔中進入達多重反射效果，以減少反射作用。

D. 非晶矽太陽能電池技術

於 1970 年代，科學家即發現利用電漿化學氣相沈積(Plasma Chemical Vapor

Deposition, CVD)方法，以矽甲烷(SiH_4)氣體製備之非晶矽對於可見光具有良好的吸收係數及優良的光傳導等特性。其後經美國 RCA 公司製作出第一組非晶矽太陽電池，其轉換效率可達 2.4-5.5%。非晶矽的誕生至今已有一段歷史，由於轉換效率不高，一般非晶矽太陽電池主要作為民生用品，例如太陽能計算機、太陽能玩具等。由於具備低溫製程相容性，目前技術應用在可撓性基板上生產超薄且大面積非晶矽太陽電池。相較於矽晶而言，非晶矽太陽電池效率及穩定性較差，但具有低成本及大面積的優勢，就長期發展，必須改善其轉換效率及穩定性。例如如何藉由入射光子儘量導入、封存、吸收於結構中的設計，提高轉換效率的重點發展方向之一。

3-3 太陽光電系統種類

太陽能電池隨著轉換效率的提升、成本降低及環保意識抬頭，已逐漸的由 1950 年代太空科技用途移轉至一般民生用途，其應用系統有下列幾種：

1.獨立型(Stand-Alone)太陽光電系統，如圖 3-7 所示，適用地點：高山、離島、基地台...等市電無法到達處。工作方式：白天 PV 發電供負載並充電、夜間由電池供電，可以自給自足(必需搭配蓄電池)。缺點：

- a. 系統設計考慮因素多(組列、蓄電池容量、負載與陰天日數等安全係數，最佳化設計複雜)
- b. 無最大功率追蹤(MPPT)，搭配蓄電池使發電效能較差
- c. 蓄電池每日深度充(>0.2C 充電)/放電壽命短(約 500~600 Cycles)
- d. 太陽光發電量與負載需求量不搭配時、太陽光之發電能量利用率偏低 (負載需求搭配與安全係數為互相矛盾之設計)
- e. PV-柴油發電機，PV-風力...等混合系統為改善之方法

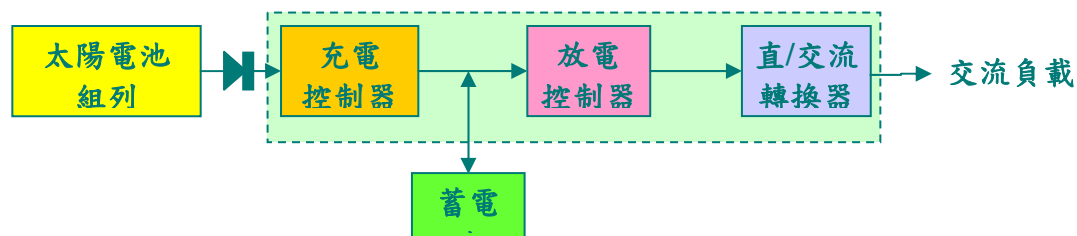


圖 3-7 獨立型(Stand-Alone)太陽光電系統

2. 併聯型太陽光電系統，如圖 3-8 所示，適用地點：電力正常送達之任何地點，作為輔助電源使用，工作方式：白天 PV 系統併聯發電、夜間由台電供電，將市電電力系統當作一個無限大、無窮壽命的免費蓄電池

優點：

- a. 系統簡單、不需安全係數設計、幾乎不需維護
- b. 具最大功率追蹤(MPPT)，發電效率高
- c. 太陽光之發電能量利用率高

缺點：

- a. 停電時為將自動關機，因而無電可用，無防災功能
- b. 一般併聯型 Inverter 無法直接搭配蓄電池使用 (具特殊功能者例外)
(MPPT 功能與蓄電池衝突；蓄電池與併聯發電原理互相矛盾)
- c. 如有自力運轉功能可為防災之部份效能(白天)

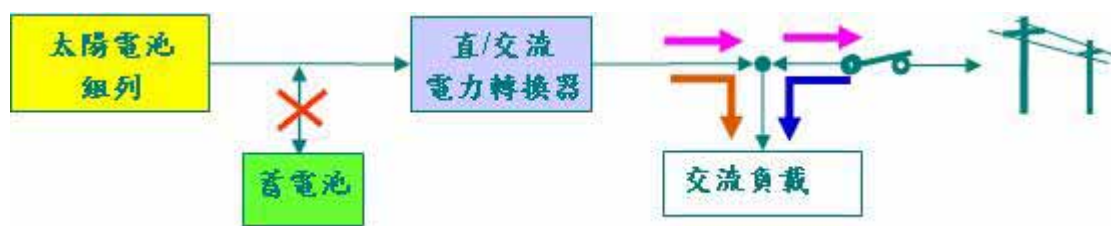


圖 3-8 併聯型太陽光電系統

3. 防災型(獨立/併聯混合型)太陽光電系統，如圖 3-9 所示，適用地點：有防災需求(照明、汲水、通信…)之公共設施；工作方式：平時 PV 併聯發電、效率高、利用率高、夜間由台電供電，視需要建置足夠之防災用電池，長時間停電時白天 PV 發電供負載並充電、夜間由電池供電，適合作為救災用電力來源；蓄電池平時(或定時)浮充保養，不需每日深度充放電，壽命可延長

缺點：包含兩種系統建置成本較高，系統較複雜

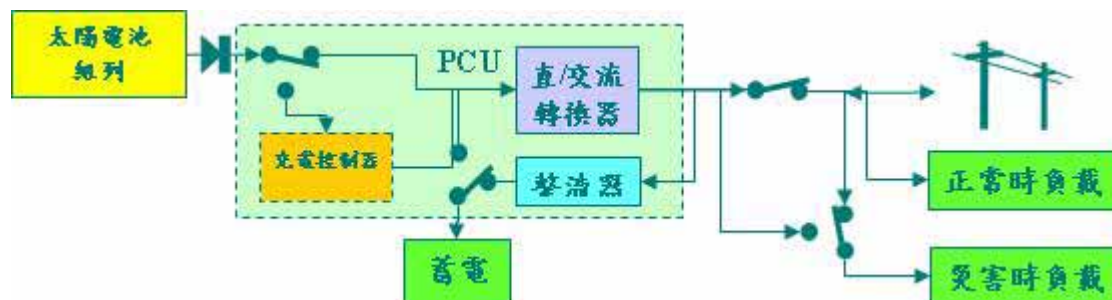


圖 3-9 防災型(獨立/併聯混合型)太陽光電系統

3-4 太陽電池未來發展

1. 多晶矽太陽電池發展願景與目標—由於全球多晶矽原材料供不應求，如何降低矽原料的使用為重要目標，目前全球主要廠商都致力於矽晶片厚度的降低(300→150 μm)；同樣地為了降低生產成本，大尺寸矽晶片(6~8 吋)也是未來發展主流的重點之一；轉換效率的提升，對於成本的降低，當然具有絕對的影響，因此提高轉換效率也是發展重點之一(15%→18%)；新結構與新製程結晶矽太陽電池技術開發，例如多晶矽晶片表面 Texturization 技術。

- a. 日本 Sanyo 公司 HIT 太陽電池結構及其轉換效率提升，如圖 3-10 及 3-11 所示，大量生產轉換效率可達 19.5%以上，在實驗室的小尺寸面積其轉換效率更可達 21.6%，均遠高於傳統矽晶技術的轉換效率水準。

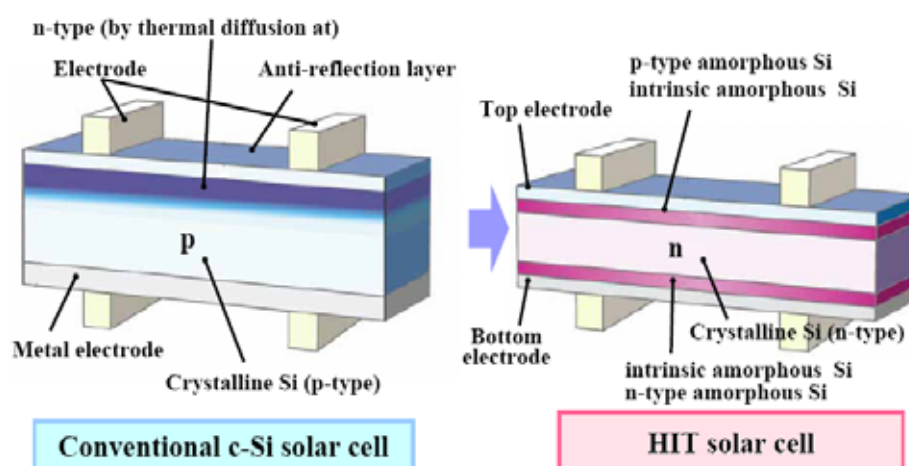


圖 3-10 傳統矽晶太陽電池與 HIT 太陽電池結構

資料來源：Sanyo Electrical Corporation, Japan, 2005

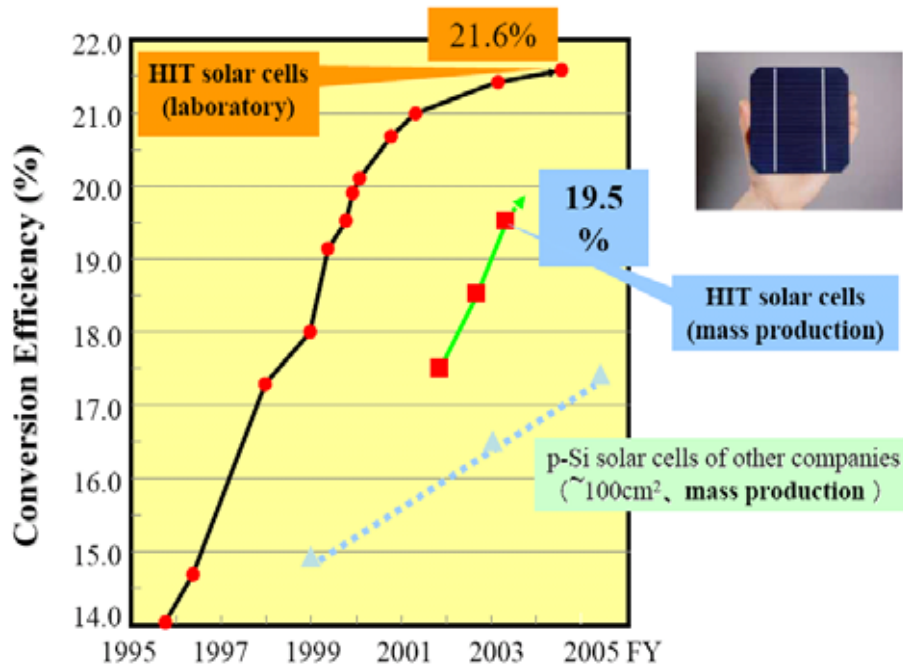


圖 3- 11 日本 Sanyo 公司 HIT 太陽電池效率

資料來源 :Sanyo Electrical Corporation, Japan, 2005

- b. 球狀矽太陽電池的發展，其發展的主要目的在節省原材料矽的使用，此一型的太陽電池在矽的使用量僅約為傳統結晶矽的 1/5 左右，對於減緩矽原料短缺情況將有突破性幫助，日系廠商 Fujipream、Kyocera 等公司都積極發展中，但目前仍具量產有一段差距。
- c. 聚光型(Concentrated)PV，如圖 3-12 所示，主要是利用以便宜的光學透鏡系統聚光，希望能讓太陽電池元件吸收更多的光能，透過太陽電池單位面積吸收光能的提升，並配合高效率的太陽電池元件，進一步達到提升整體太陽光電轉換效率。

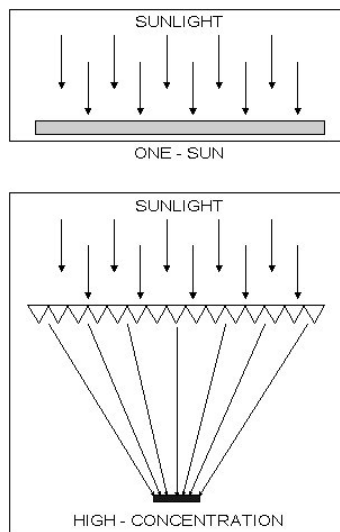


圖 3- 12 聚光型 PV 示意圖

2. 面對太陽光電需求強勁的情形，在原材料多晶矽擴張不及下，矽晶之外的其他類型太陽電池也有了新的發展契機，因而使得薄膜與新型太陽電池的發展受到相當的重視，表 3-3 為近年來太陽電池薄膜與新型太陽電池主要廠商與產量/產能的發展情形，在非晶矽的部分以美國、日本產量較多，在化合物半導體則以德、美兩國領先。

表 3-3 主要薄膜與新型矽太陽電池製造廠商與產量/產能

技術類型	廠 商	國 別	2004 年產量 (MW)	2004 年產能 (MW)	產能利用率 (%)
非晶矽	Kaneka Solartech	日本	17	20	85.00
	United Solar	美國	14	30	46.67
	MHI(三菱重工)	日本	8	10	80.00
	Sanyo	日本	5	5	100.00
	RWE Schott	德國	2	3	66.67
	光華	台灣	3	4	75.00
	ICP Global Technologies	英國	1.5	3.5	42.86
	津能電池	中國	0.5	5	10.00
	Bangkok Solar	泰國	--	5	--
	富士電子	日本	--	3	--
	創益電子	中國	2.5	3	83.33
	哈克斯能源	中國	0.8	2	40.00
CdTe	Antec Solar	德國	8	10	80.00
	First Solar	美國	4	10	40.00
CIS	Shell Solar	德國	3	5	60.00
	Global Solar	美國	2	3	66.67
	Wurth Solar	德國	0.4	0.4	100.00
EFG Ribbon	RWE Schott	德國	35	55	63.64
String Ribbon	Evergreen Solar	美國	7	15	46.67
HIT	Sanyo	日本	60	83	72.29
背接觸電池	Sunpower	美國	5	25	20.00
微球矽電池	Spheral Solar power	加國	--	--	--
Silver cell	Origin Energy	澳洲	--	5	--

資料來源：新材料在線(2006/08)

- a. 染料敏化(DSC)太陽能電池，由於具有大量生產、成本(僅為矽太陽電池的五分之一 ~ 十分之一)與環境優勢(能耗低、污染小)產品，所以成為當前研究和發展太陽電池的熱門課題之一，近幾年在實驗室的開發其轉換效率已可達到 10% 以上。
- b. 化合物半導體以 GaAs 之轉換效率最高，唯因基板、材料及其製作成本高，目前僅應用於太空應用及特殊用途。
- c. CdTe 太陽電池屬於 II-VI 族化合物半導體，對太陽光譜具有最佳的吸收係數，且為直接遷移型半導體，在物性上具有優越的地位。CuInSe₂(CIS)為三

元素化合物太陽電池，其特性同樣具有較佳的光吸收係數，CdTe 及 CuInSe₂ 均屬薄膜型太陽電池，但是這兩種薄膜太陽電池分別由於環保問題及大量生產不易問題，目前仍然停留在實驗室階段。

- d. 太陽光電專利發展概況—依據歐洲專利局(European Patent Office)統計在 1990~2004 年間在太陽光電領域的專利申請狀況，如圖 3-13 所示，每年申請的數量由 1990 年代前期的 500~600 篇增加到 2002 至 2004 年超過 1,900 篇；在 1998 年起有相當大的專利申請增加數量，主要的領域以非晶矽最多，依序為有機太陽電池及矽晶及系統部分。若以申請國家及技術來看，如圖 3-14 所示，申請國家的前三名依序是日本、美國及德國，矽晶的部分 82% 來自日本，非晶矽的部分日本更高達 93%，其它部分也有類似現象，這似乎與目前市場的主導國家相當吻合。由於智慧財產權的佈局將會影響到長期的發展策略及競爭力，因此其他太陽光電後進國家如台灣、中國及韓國等的發展，如何克服日美德三國在專利方面的部署，將會是一個相當重要的議題。

Global development of patent applications in the area of PV between 1990 and 2004

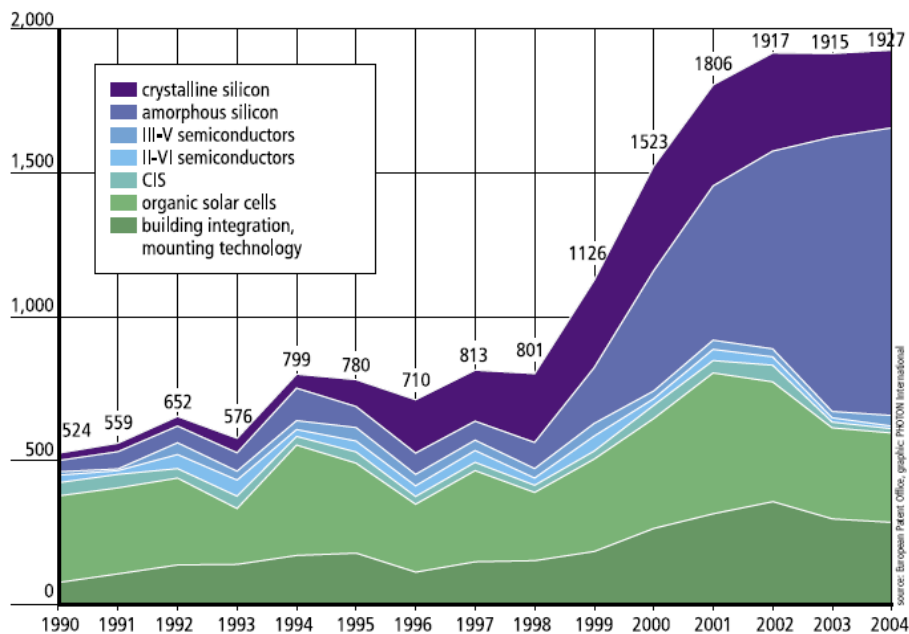


圖 3-13 全球各類太陽電池技術專利申請篇數變遷

資料來源： Photon International, November, 2005

Patent applications from 1990 to 2004, broken down for different PV technologies and countries

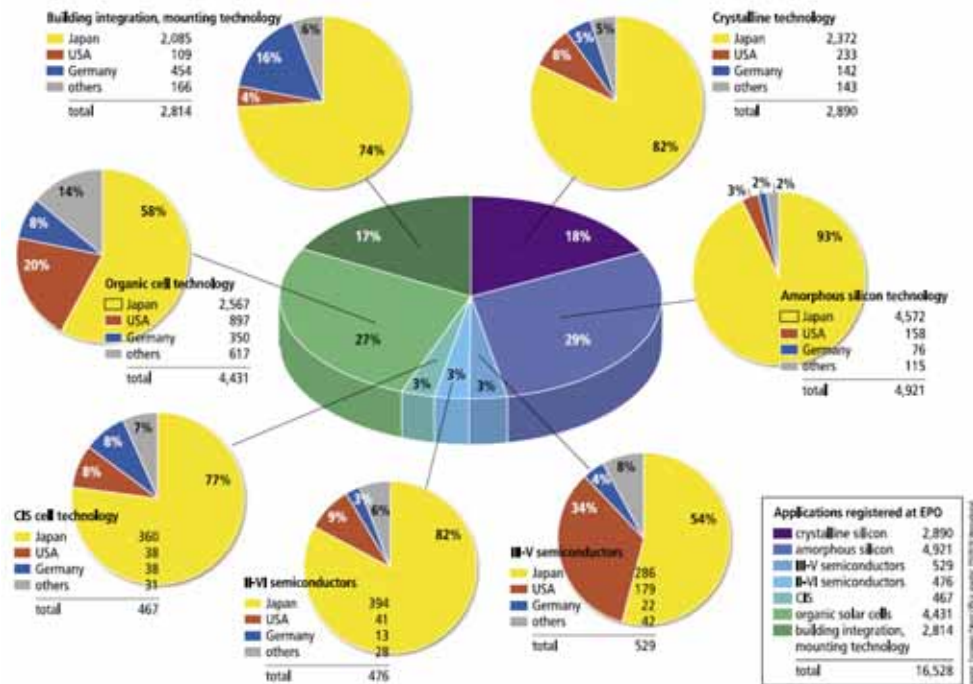


圖 3- 14 全球各類太陽電池技術專利申請國家比例

資料來源： Photon International, November, 2005

3. 為了降低成本，促使太陽光電發電成本與市電成本更接近，發展更高轉換效率的太陽電池，是全球太陽光電產業共同的发展目標，因此全球在 2006 年亦有許多廠商投入新型太陽電池的生產及擴產行列，希望能在未來的生產成本能更具競爭力，如表 3-4、3-5 所示，為 2006 年全球在新型太陽電池的動態及其擴展情形。

表 3- 4 2006 年新型太陽電池投產動態

廠商	產品/技術名稱	備註
Saint-Gobain	CIS 模組工廠	與 Shell 進行議價
Fraunhofer Institute for Solar Energy System	染料敏化太陽電池	4 月底宣佈投入染料敏化太陽電池
Solon AG	計畫投入 CIGS 薄膜太陽電池的生產	購買美國 Global Solar Energy Inc. 19% 股權，預期利用其來銷售模組
Sunpower	背接觸電池	擴產 100MW，發展高轉換效率電池。目前生產線上最低轉換效率為 20%。
加拿大第一自動化系統公司 ATS	Spherical Solar Power	成立子公司 Photowatt Technologies
Emcore	III-V 族高效率太陽電池	
希臘 Solar Technologies S.A.	DSC 模組	預計 2007 年產能 5,000m ² 的模組
Cyriyn Technologies Inc.	Triple-Junction Cells	GaInP/GaInAs/Ge，轉換效率 39%
Sunpower	背接觸單晶太陽電池	
Honda	CIGS Cells	預計 2007/10 量產，產能 27.5MW
Advent Solar Inc.	背接觸多晶太陽電池	產能 25MW

資料來源：工研院 IEK(2006/08)

表 3-5 2006 年各廠商擴產動態

廠商	產品/技術名稱	擴產規劃
Ersol	非晶矽薄膜太陽電池	預計 2007 年量產
Schott Solar GmbH	薄膜太陽電池	預計 2007 年量產，產能 30MW
Solar plus SA	非晶矽薄膜太陽電池	預計 2007 年量產，產量 4.5MW
Aleo solar GmbH	薄膜太陽電池(CIGS)	產能 30MW
Uni-solar	薄膜太陽電池	原產能 25MW，2007 年產能 100MW
EPOD International Inc.	非晶矽薄膜太陽電池	產量 8MW
ECD	薄膜太陽電池	預計 2007 年產能 100MW，2010 年 300MW
EPV	非晶矽薄膜太陽電池	預計 2007 年量產，產能 12.5MW
三菱重工	非晶矽/微晶矽薄膜太陽電池	產能 50MW
Kaneka	非晶矽薄膜太陽電池	2007 年產能 55MW
Ersol New Technologies GmbH	薄膜太陽電池	新技術研發與產品市場創新

資料來源：工研院 IEK(2006/08)

雖然新興技術如雨後春筍般冒出，表 3-6 為各種太陽電池市場與技術比較。新型矽晶技術屬傳統矽晶技術的延伸，製造成本較低，但轉換效率與傳統矽晶差異不大，因此受到市場矚目，發展的種類也相對較多。但目前太陽光電產業在優先考量成本及製造技術的成熟度的情形下，短期內傳統矽晶系技術仍然為主流，其他技術尚難撼動其市場地位。

表 3-6 各種太陽電池技術之市場與技術比較

電池技術	市場接受度	典型組件效率	製造技術	製造成本	壽命及穩定性
傳統矽晶技術					
單晶矽	高	15~17%	成熟	高	高
多晶矽	高	14~16%	成熟	較高	高
新型矽晶技術					
EFG Ribbon	較高	13~15%	專利技術，較成熟	較低	較高
String Ribbon	中	11~15%	專利技術，發展中	較低	較高
a-Si/sc-Si(HIT)	高	16~20%	專利技術，較成熟	中	高
背接觸電池	高	16~20%	發展中	較高	高
微球矽電池	發展中	--	不夠成熟	低	驗證中
Silver cell	發展中	--	不夠成熟	低	驗證中

電池技術	市場接受度	典型組件效率	製造技術	製造成本	壽命及穩定性
薄膜技術					
非晶矽	中	5~7%	中等	低	低
CdTe	高	7~9%	發展中	低	較低
CIS	高	9~11%	發展中	低	
GaAs	太空用	25~30%	成熟	很高	高

3-5 全球太陽光電產業現況

雖然傳統太陽電池成本比一般燃料發電高出許多，但因在石油與其他燃料能源資源有限、日益耗竭的情況下，發掘具環保與實用性較高的能源已是全球性關注的重要課題。由於地球永續及暖化的問題一再被提出討論，依據 2005 年的京都議定書協議，在 2012 年以前主要工業發達國家溫室氣體排放量需較 1990 年的基礎上平均減少 5.2% 排放量，這也是促使各國積極發展新興能源的關鍵因素之一，而在風力、水力、太陽等綠色環保能源當中，太陽能是最具潛力成為未來主要的環保能源，因此太陽能電池的研發繼 1970 年代石油危機後再次受到重視。太陽光是一種取之不盡的天然能源，其發送到地球上的能量只是它本身向外輻射能量的 22 億分之一。扣除在地球大氣層以及其它損失，地球地表每天吸收的太陽能量等於全世界一年總消耗能量的 200 倍，這是一個相當龐大的資源，若能善加利用，對於地球永續發展將是一大利多。太陽能是一種環保能源，它對環境沒有污染性，對國家來說，它是各國都能擁有的免費天然能源，大量而且豐富，能夠達到國內自給自足，無需購買燃料之優點。

就太陽光電發展來看，美國在 1990 年之前原為最大的供應生產國，但於 1990 年代中期逐漸被日本超越，目前日本在全球的生產占有率超過 5 成，美國則持續下降，歐洲則穩定的維持 20~30% 的市場占有率。以全球太陽光電市場而言，德國為主要需求國家，日本及美國其次，德日兩國約占 70% 之市場需求，德國為全球最大輸入國，而日本則為全球主要輸出國。因此以下針對德、日兩國在太陽光電產業推動政策作一簡單說明：

a. 日本太陽光電推動政策

日本經濟產業省，訂定 2010 年新能源發電量的使用目標為 12.2TWh，再生能源發電比率將佔全國電力供應量比例 1.35%。為了達成此一產業技術推動的目

標，日本 NEDO(New Energy and Industrial Technology Development Organization) 亦規劃 Sunshine 技術發展計畫如圖 3-15 所示。在技術研發的部分，1997 年前，以結晶矽太陽電池技術開發為主，2000 年以後則著重於薄膜、高效率太陽電池的技術開發，近年來則朝向先進太陽電池技術之開發，而系統部分則大量導入共通基礎技術之開發，朝向再生、再利用，及評估技術發展。市場促進部分，1993 年成立新陽光計畫 (New Sunshine Project)，1994 年新能源財團 (NEF) 補助個人住宅用太陽光電系統費用，並逐年調降補助金額。日本政府補助住宅用太陽光發電系統 (最大輸出 10kW) 由 1994 年每 kW 90 萬日圓，逐漸調降至 2001 年度的 12 萬日圓；其補助對象包括：太陽電池模組、架台、接續箱、直流側開關器、Inverter、保護裝置、電力產生計、剩餘電力賣電計、配線/配線器具之購入/安裝/工程之相關費用等；加上“Net Metering”誘因，即民眾以 PV 發電後之剩餘電力可併入電網，最後民眾繳交給電力公司之電費為其所使用電網電力扣除回饋電力後之費用；之後，由於市場需求逐漸擴大且產業發展漸趨成熟，政府補助金逐年下降，2003 年度每 kW 補助金已降為 9 萬日圓，2005 年更下降為 2 萬日圓，並希望未來產品的價格將逐漸轉由市場機制決定。

日本以技術開發與市場拓展之平衡發展，成功促進其產業發展國際競爭力，延續過去太陽光電發展，同時為能將新能源導入獨立運作機制，日本政府未來將聚焦於建立國際標準，不僅能積極維持技術領導地位，促進國內經濟，更能藉由調整其能源結構，強化國家競爭力。

主題	相關年度	Sunshine 計畫		1996		1997		2000		2003		2005	
		Sunshine 計畫		NSS 計畫(前期)		NSS 計畫(前期)		NSS 計畫(後期)		NSS 計畫(後期)		NSS 計畫(後期)	
太陽電池製造技術研究開發	結晶矽太陽電池	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	薄膜太陽電池	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	非晶太陽電池	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	薄膜多結晶 CIS	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	超高效率太陽電池	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	高效率太陽電池	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	能源使用合理化研製	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
太陽光發電系統技術研究開發	利用系統、周邊技術	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	設置技術	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	周邊安裝系統	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	評估系統技術	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
資源開發	最新世代太陽光發電系統技術開發(提案公開徵求)	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→

資料來源：ECO 特集，「於 NEDO 的太陽光發電技術的開發現狀及動向」

圖 3-15 日本 Sunshine 計畫之太陽光發電技術開發概要

b. 德國太陽光電推動政策

依據德國太陽光電市場分析與預測(陳彥豪，能源季刊，2005.10)所述，德國是推廣太陽光發電相當成功的國家，其累積裝置量在 2005 年已達到 1.5GW，在全世界僅次於日本。這些成功主要是歸因於政府政策獎勵措施的導入和經驗累積。德國由於全體國民的高度環保意識，在 2002 年正式放棄核能發電。除了限制核能發展外，減少二氧化碳保護環境的理念亦受到全民的支持。減少二氧化碳的排放，最直接的方法就是降低石化能源使用。未來由於核能電廠的除役和石化能源減量使用，德國的能源缺口勢必逐漸擴大。德國政府全面實施開發再生能源的策略，以因應替代及滿足其能源需求。為了加速太陽光電產業的發展，德國政府除了致力投入技術發展，更積極的實施各種補助及激勵相關政策及措施，提升消費者使用意願，促使太陽光電累積建置量能大幅成長。以下將針對德國推廣太陽光電的政策與措施作一簡單說明。

1. 千屋頂計畫與電力輸送法修正案

在 1990 年代初期，德國政府為了改變其過度依賴進口的能源結構，希望在石化及核能為主的能源結構中引進再生能源的使用，太陽光電即是其中之一。「千屋頂計畫」(Bund Länder 1000 Dächer Photovoltaik Programm)即是在此一背景下

誕生，也是德國第一個太陽光電示範計畫。此計畫的目的是為了測試分散式的太陽光電發電系統實際串連到發電網絡的情形，並探討太陽光電發電系統對一般家庭的經濟效益。

目前由於再生能源的發電成本較高，再生能源的使用仍無法和一般石化能源競爭，因此再生能源通常必需受到政策的保護，才能持續發展。1991 年德國通過「電力輸送法修正案」(Novellierung des Stromeinspeisungsgesetz)對再生能源的發展提供最基本的保障。法案中規定，電力公司有義務收購當地所有運用再生能源所產出的電力。收購電價必須高於平均電價的 90%。此法案是再生能源法(Erneuerbare-Energie-Gesetz, EEG) 的前身，也是首先提出「再生能源強制收購」概念的法案。1991 年「千屋頂計畫」執行也因「電力輸送法修正案」的執行，因此在短時間內就完成 1000 座太陽光電發電系統的裝置。不過好景不常，隔年卻鮮少再有新的系統加入，其主要原因乃因缺乏利益誘因，78Cent/kWh 的發電補貼遠低於所要償還的貸款支出，對裝置者而言，投資太陽光電系統幾乎是無利可圖的。

2. 邦政府推廣計畫

繼千屋頂計畫之後，1995 年後由各邦政府提出的推廣計畫(Länderprogramme) 所取代。大多數的推廣計畫都是對太陽光電設備提供各種不同比例的補助。初期以資本補助為主，後期則採低利融資的方式。低利融資的補助方式有助於降低邦政府的財政壓力。1999 年後聯邦政府著手整合各邦的推廣計畫，提出「十萬屋頂計畫」(100.000Däche-Programm)，在進行此計畫的同時，原先各邦政府的資本補助推廣計畫仍舊持續進行。

3. 十萬屋頂計畫與再生能源法

德國推行再生能源推廣策略中，最廣為人知的莫過於 1999 年推動的「十萬屋頂計畫」和 2000 年通過的「再生能源法」，其可視為「千屋頂計畫」及「電力輸送法修正案」政策推動的擴大及延續。新的政策推動設計，提高對太陽光發電更優厚的獎勵及激勵條件。「十萬屋頂計畫」依據「裝置容積分級補助」的概念對德國境內的任何新設太陽光電系統設置進行低利貸款補助。「再生能源法」則提供太陽光發電為期 20 年的優厚固定電力收購價格。由於「十萬屋頂計畫」所提供的貸款前兩年不須償還本金，參與者可輕鬆的運用電力販售所得逐步償還購置太陽光發電設備的成本。換言之任何人只要能提供屋頂裝設太陽光發電設

備，就能參與「十萬屋頂計畫」。如此的低門檻設計加上「再生能源法」中「收購價格逐年遞減 5%」的機制，「十萬屋頂計畫」和「再生能源法」在德國掀起了太陽光電設備裝置熱潮，帶動德國的太陽光電市場需求。

4.2005 年後之新獎勵措施

「十萬屋頂計畫」在 2003 年 12 月畫下句點。修正案中把「差異獎勵」的概念引進到太陽光電發展之中。法案中對不同形式的發電設備，例如連接電力網路或不連接電力網路，給予不同的「獎勵金」，其目的在引導該能源事業的走向。這種「差異獎勵、引導發展」的概念，可有效的引導新技術進入市場。

「太陽光發電設備貸款補助」的工作在 2004 年由「KfW 二氧化碳減量計畫 (KfW-Programm zur CO₂-Minderung)」及「您陽光照射地方計畫 (Ihr Platz an der Sonne)」接棒。前者針對自用住宅的小型系統，裝置容量小於 15 kW 之發電系統，進行補助，後者則針對大於 15 kW 的發電系統。緊接著在 2005 年推出「太陽光發電計畫 (Solarstrom Erzeugen)」接續「KfW 二氧化碳減量計畫」的任務。

「再生能源法修正案」與各項新的措施最重要的目的在宣示，投資太陽光電事業能持續獲利。

5. 輔助措施

除了提供各項發電系統的補助外，在「十萬屋頂計畫」執行的同時，德國政府導入了「能源稅環保新制 (ökologischen Steuerreform)」。從改變「使用非再生能源成本」，推動能源結構的改變，輔助再生能源的推行。該修正案除了明文規定稅金提高的比例外，並依照專款專用的原則，規劃收入的 90% 必需使用於「再生能源支持計畫計 (Das Programm "Förderung Erneuerbarer Energien")」。

c. 美國、中國、英國等國的太陽光電推動政策

德國、日本為全球發展太陽能之先驅國，但隨著累計設置達一定規模後，需求成長性將逐漸減緩。但新興地區美國加州百萬屋頂法案開始實施及中國、歐洲政府積極推動，太陽能需求持續成長可以預期，如表 3-7 為各國政府對太陽能系統設置之補助政策。

表 3-7 各國政府對太陽能系統設置之補助政策

國家	設置目標	補助措施	
		設置之獎勵措施	電力公司買電措施
德國	2015 年達到 10 萬戶屋頂計畫，電力公司買電上限 1,000MW	低利融資	保險收購 20 年 收購價格為 0.46 歐元/kWh
日本	預計 2010 年太陽能系統裝置達 4,820MW	依住宅與產業用途補助不同	與賣電價格相當 電力公司願以更高價收購
美國	各州補助不同，但過半數州政府均有補助；加州政府屋頂計畫(2007~17 年達 3,000MW)	28 億美元之獎勵金 未獲補助部份，5%可抵所得稅 100%無息貸款	4 億元之獎勵措施 預計執行 2016 年
英國	再生能源發電比率計畫： 第一階段：2010 年達 10% 第二階段：2020 年達 20%	依不同瓦數補助設置費用	依不同瓦數補助設置費用 另有特別補助
義大利	萬戶屋頂計畫	總設置費用的 75%	無
西班牙	2010 年累計太陽能系統裝置達 135MW	依裝置量大小補助費用	以 5kWh 補助區分單位
中國(上海)	2015 年達成 10 萬戶屋頂計畫	實施預算高達 100 億人民幣	

資料來源：工研院太電中心

3-6 全球太陽光電產業規模

由於太陽電池的市場應用日漸普及，近五年來的成長率皆超過 30%以上，2004 年因德國實施新再生能源法，大幅放寬政府補助政策，當年度的安裝量達 366MW，首度超過日本成全球最大裝設國，2004 年全球太陽電池成長率高達 68.8%，市場規模達 1,256MW，2005 年雖受上游原料供應不足的限制，仍有 45% 的成長達到 1,818MW，2006 年則為 2,500MW，雖然仍然飽受原料短缺的限制，成長率仍在 4 成以上。全球太陽電池市場以日本、歐洲及美國為主，如表 3-8 所示，以 2005 年產量而言，占全球產量之 82.2%，2006 年則下降為 71.3%，其它地區的產量也逐漸增加中，顯見發展地區由原來的日、德、美為主已逐漸擴展到亞洲的台灣、中國甚至韓國等國家。

表 3-8 全球太陽電池生產規模

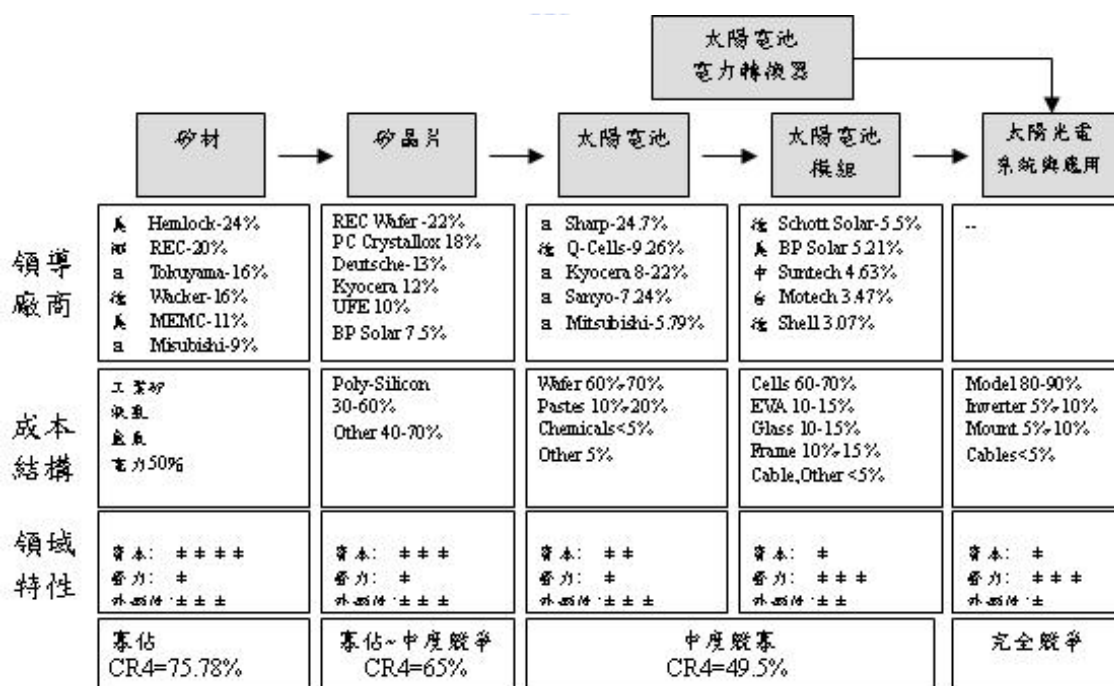
單位：MW

國家 \ 年度		1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
		每年生產規模	日本	80.0	128.6	171.2	251.1	363.9	594.1	824.3	927.5
	歐洲	40.0	60.7	86.4	135.1	193.4	344.1	515.3	657.3
	美國	60.8	75.0	100.3	120.6	103.0	141.5	154.8	201.6
	其他	20.5	23.4	32.6	55.1	83.8	176.3	323.3	714.0
	合計	201.3	287.7	390.5	561.8	744.1	1,256.0	1,817.7	2500.3

模	成長率(%)	29.95	42.90	35.77	43.84	32.45	68.80	45.00	40.28
---	--------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

資料來源：PV NEWS；Photon International March 2006

在太陽光電產業鏈，越往上游多晶矽原材料，為高耗能與資本密集的產業特性，資本密集度由下游往上游更趨顯著，而愈往下游，模組組裝及系統安裝，則相對呈現勞力密集的特性。而越往上游產業結構越趨向寡占市場競爭，越往下游則越趨向完全競爭市場，如圖 3-16 所示為太陽光電供應鏈各領域特性與產業結構。表 3-9 所示為全球主要太陽光電供應鏈的廠商。目前太陽光電產業正處於產品生命週期的萌芽期至成長期階段，因此初期的領導廠商以日本 Kyocera、Sharp...及德國 REC、Solarworld...等垂直整合型的廠商為主要領導廠商，逐漸的也出現專業分工型的領導廠商，例如德國的 Q-Cells 及台灣的 Motech、E-Ton 等公司。隨著 2004 年起需求市場成長迅速，造成多晶矽原材料短缺，使得如何取得原物料穩定供應為短期發展的重要關鍵因素，因此於 2005 年起專業分工的領導廠商，也開始進行各種同的策略整合的方式來強化上游的關係。



說明:成本結構比重數據為該次產業佔下游之成本比重;CR4表前4大廠商市佔率總合
資料來源:工研院IEKI(2006/06)

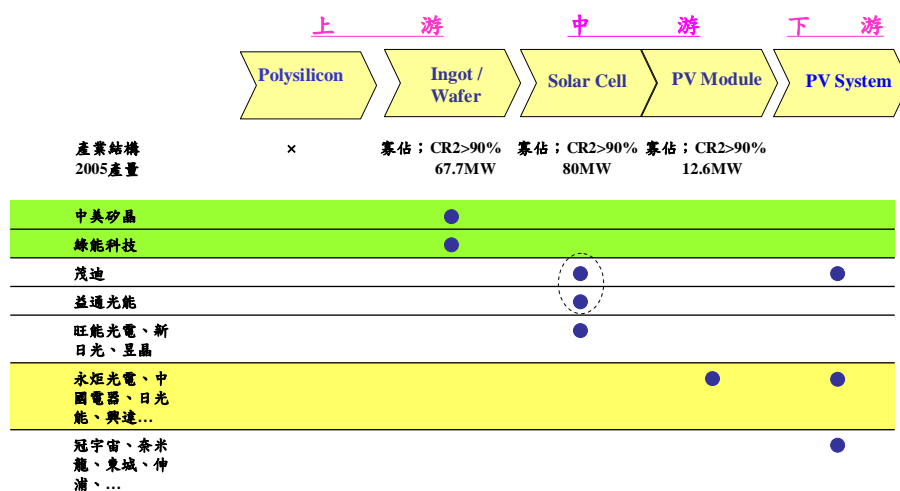
圖 3-16 太陽光電供應鏈各領域特性與產業結構

表 3-9 全球主要太陽光電供應鏈廠商

領域類型	Solar Grade Silicon	產量(噸)	Ingot/Wafer	產量 (MW)	Solar Cells	產量 (MW)	Solar Module	產量 (MW)
整合型廠商	AsiMi &SGS	2,300	Scanerwafer	200		--	Scanmodule	--
	Mitsubishi Materials	300	SUMCO	35	Scancell	100	Mitsubishi Electric	--
			Sharp	--	Mitsubishi Electric	428	Sharp	--
			Kyocera	200	Sharp	142	Kyocera	--
			Shell Solar	55	Kyocera	59	Shell Solar	--
			BP Solar	50	Shell Solar	90	BP Solar	--
			Solec	35	BP Solar	125	Sanyo	--
			SolarWorld	--	Sanyo	--	SolarWorld	--
			RWE Schott Solar	60	SolarWorld	95	RWE Schott Solar	--
			Evergreen Solar	15	RWE Schott Solar	--	Evergreen Solar	--
					Photowatt	24	Photowatt	--
					Evergreen Solar	30	GE	--
					Photowatt	53	Suntech Power	--
					GE	192	Kanaka	--
					Isofoton	--	First Solar	60
					Suntech Power			
				晶龍集團	First Solar	--		--
			Deutsche Solar	晶龍集團	0		--	
			Yingli Solar	Deutsche Solar	38			
			Hemlock	Yingli Solar				
	Hemlock MEMC	2,700 700	MEMC	22		20	Yingli Solar	25
專業化場商	Elkem		Ever Q		Q-Cells		Solon	
	Tokuyama	2,000	Motech/MEMC		Motech	160	Solar-Fabrik	
	Wacker	2,400	PV Crystalox	320	Ersol	60	Solarwatt	
			JFE	500 t	Sunways		Solartron	
			M Setek	110	Sunpower		MSK	
領導廠商產量合計		10,600tons		800MW		1,476MW		
全球產量合計		9,338~12,576 tons(for Solar)		1,300MW		1,145~1,565MW (Si-base)		4,613MW(累計裝置量)

3-7 台灣太陽光電產業概況

由於多晶矽原材料產業屬於高耗能、資本密集產業，再加上國內材料工業長期基礎較為薄弱，因此國內並沒有矽原材料的生產廠商。圖 3-17 所示為台灣太陽光電產業結構分佈，由於台灣太陽光電產業發展時間尚短，仍屬發展初期，各次產業目前皆呈寡占產業結構，2005 年太陽光電矽晶圓產量 67.67MW，太陽電池產量 80MW，太陽電池模組則為 12.6MW，不過台灣的優勢一向以製造見長，面對全球太陽光電產業蓬勃發展，因此在這兩年陸續宣佈投入太陽電池生產的投資如表 3-10 所示，宣佈投入生產的產能快速成長。



資料來源：工研院材料所、IEK、PIDA、PV News

圖 3-17 台灣太陽光電產業結構分佈

表 3-10 台灣太陽電池產業投資概況

公司年度	2005 年	2006 年	2007 年	2008 年
Motech (茂迪)	60	110	240	300 (e)
E-Ton (益通)	28	100	200	260 (e)
DelSolar (旺能)	5	50	100	150
GinTech (昱晶)	-	60	90	180
Solartech (昇陽)	-	30	60	90
Neo Solar (新日光)	-	30	60	60 (e)
Mosel Vitelic (茂矽)	-	-	30	60 (e)
Top Green Energy (科冠)	-	-	30	60 (e)
Big Sun (太陽光電能源)	-	-	30	90(e)
總 計	93	380	840	1,250 (e)

備註：(e): 預估值；單位: MW

資料來源：工研院太陽光電科技中心，2006 年 12 月整理

3-8 太陽光電產業五力分析

a. 產業內的競爭程度

- (1) 市場需求成長迅速，產業蓬勃發展擴廠動作不斷—由前面資料顯示，太陽光電產業於過去幾年都處於高度成長的階段，因此廠商均積極擴充產能，鞏固市場的地位，產業競爭程度相當激烈。
- (2) 各種技術不斷發展進步—近年來矽晶太陽電池在轉換效率及晶片厚度減低的技術都有相當不錯的進展；在薄膜太陽光電降低成本、提高轉換

效率的技術亦有許多國際大廠不斷的開發突破中；另外在新材料的技術開發方面，同樣的也有許多廠商投入研發中。

(3) 為了爭取有利的競爭策略，產業內的廠商不斷透過合併或策略聯盟等方式，提升其市占率或新技術開發領先地位，試圖維持其競爭優勢。

b. 潛在競爭者的威脅

(1) 新技術及新材料皆為潛在競爭者—因為每項新技術或新材料若能有顯著的突破，提升其光電轉換效率，有效降低其生產成本，皆有可能取代現階段的矽晶太陽電池，成為下一代的主流產品。

(2) 中國為主要潛在競爭者—由於中國擁有人力成本、市場需求及中國政府的積極政策的優勢，未來將是市場上不可忽略的潛在競爭者。

c. 供應商的議價能力

(1) 由於市場的需求成長迅速，下游廠商積極擴廠，造成上游原材料多晶矽材料缺貨，對台灣產業供應鏈而言，缺乏最上游的原材料廠商將會是一大挑戰。

(2) 由於台灣的廠商規模相對國外相對較小，因此對於與上游供應商的議價能力相對較弱。

d. 客戶的議價能力

(1) 目前由於市場需求旺盛，處於供不應求的狀態，市場偏向於賣方市場，客戶議價能力相對較弱；若未來市場轉為供過於求的狀態，則下游客戶的議價能力將大幅提升。

e. 替代品的威脅

(1) 由於太陽光電具有低污染、陽光資源豐富等優勢，與期他再生能源的競爭，其替代品的威脅不大。

根據上述五力分析的結果整理如圖 3-18 所示，台灣太陽光電產業的發展，對於關鍵材料掌握性較弱，必須加強研發，才能突破上游原材料供應不足導致成本大幅提升的壓力。同時必須加強技術的開發提升，以利於擺脫後進中國的低廉人力成本的競爭。



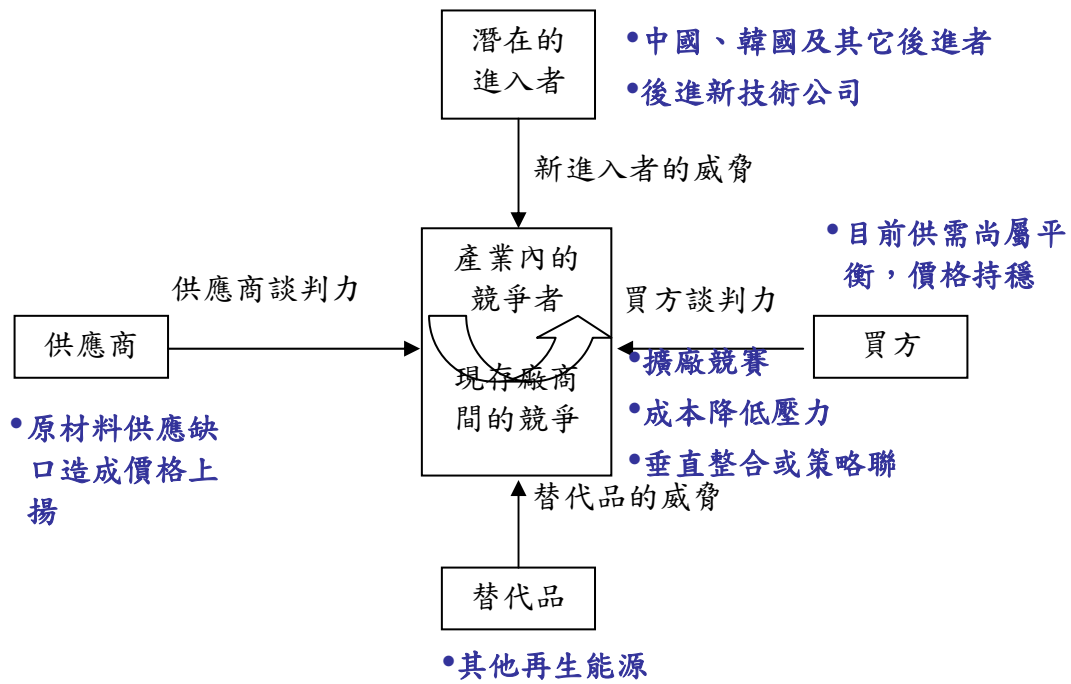


圖 3-18 太陽光電產業現階段五力分析



第四章 台灣太陽光電產業競爭優勢分析

4-1 台灣太陽光電產業鑽石理論模型分析

藉由鑽石理論模型的分析探討，可以讓我們更能掌握台灣在太陽光電產業的競爭優勢，因此以下針對台灣太陽光電產業鑽石理論模型之每一關鍵因素作分析。

1. 生產因素

a. 台灣具有人力資源的優勢－研究人力密度及高等教育學生比率對於一個國家的人力素質具有關鍵的影響。

(1) 2004 年，台灣的研究人員共 81,209 人，如表 4-1 所示。研究人力密度指標(每千就業人口研究人員數)為 8.3 人，僅次於芬蘭(2004)、日本(2004)、新加坡(2004)及美國(2002)；高於德國(2003)的密度 7.0 人。

(2) 2004 年，高等教育學生占總人口比率為每千人有 58.8 人，如表 4-2 所示，優於美國(2001)、日本(2001)、德國(2001)、新加坡(1999)、中國大陸(2001)。

b. 台灣擁有豐富的製程技術及智慧財產知識資源

由於太陽光電產業的製程與半導體及 TFT-LCD 的製程技術類似，台灣在半導體晶圓代工的市占率為全球第一，在 TFT-LCD 的全球占有率為第二，因此台灣在半導體及 TFT-LCD 製程技術相關知識具有相當的優勢；而且台灣在半導體，如圖 4-1 所示。在有關半導體元件與製造類美國專利申請件數上，台灣位居第三。而在 LCD 類領域專利台灣目前位居全球第五，2004 年全球佔有率達 2.5%。

c. 勞動生產成本較日本、德國相對低廉

由表 4-3 為 2005 年主要國家國民所得比較，台灣的國民所得相對於日、德等先進國家為低，因此台灣在勞動生產成本面具有相對優勢。

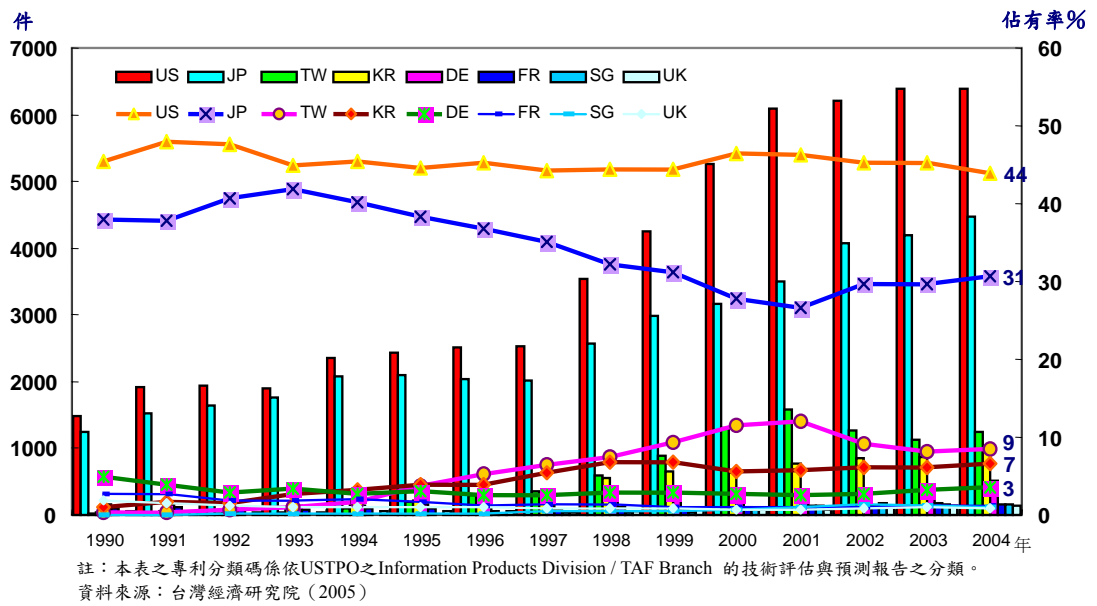


圖 4-1 主要國家在美國「半導體元件與製造」類之專利件數與佔有率



表 4-1 主要國家研發人力

國家 Country	年 Year	2002			2003			2004		
	人力別	研究人員	技術人員及支援人員	每千就業人口研究人員數	研究人員	技術人員及支援人員	每千就業人口研究人員數	研究人員	技術人員及支援人員	每千就業人口研究人員數
中華民國	ROC	69,887	50,126	7.4	75,111	52,517	7.8	81,209	57,395	8.3
澳洲	Australia	73,344	33,494	7.8	..	..	..	..	..	..
加拿大	Canada	112,624	64,496	7.2	..	..	..	..	..	..
丹麥	Denmark	25,546	16,860	9.2	24,882	16,726	9.1	26,167	16,520	9.5
芬蘭	Finland	38,632	16,412	16.4	41,724	15,472	17.7	41,004	17,278	17.3
法國	France	186,420	157,298	7.5	192,790	153,288	7.8	..	..	..
德國	Germany	265,812	214,192	6.8	268,942	203,591	7.0	..	..	..
匈牙利	Hungary	14,965	8,738	3.9	15,180	8,131	3.9	14,904	7,922	3.8
愛爾蘭	Ireland	9,376	4,206	5.3	10,039	4,411	5.5	10,910	4,803	5.8
義大利	Italy	71,242	92,781	3.0	70,332	91,496	2.9	..	..	..
日本	Japan	646,547	210,753	9.9	675,330	207,084	10.4	677,206	219,005	10.4
南韓	Korea	141,917	30,353	6.4	151,254	34,960	6.8	156,220	37,835	6.9
荷蘭	Netherlands	38,159	49,264	4.6	37,282	48,704	4.5	..	..	..
挪威	Norway	..	..	..	20,989	8,025	9.2	..	..	..
葡萄牙	Portugal	18,984	5,266	3.8	20,242	5,287	4.0	..	..	..
中國	PRC	810,525	224,672	1.1	862,108	232,723	1.2	926,252	226,365	1.2
俄羅斯	Russian Federat	491,944	494,910	7.5	487,477	485,905	7.4	477,647	473,922	7.1
新加坡	Singapore	18,120	3,750	9.0	20,024	3,491	9.9	21,359	4,133	10.3
西班牙	Spain	83,318	50,940	4.8	92,523	58,965	5.2	100,994	60,938	5.5
瑞典	Sweden	..	..	..	47,836	25,142	11.0	..	..	..
美國	United States	1,334,628	..	9.6	..	..	..	..	..	..

資料來源：除中華民國外，來源為Main Science and Technology Indicators, 2006/1, OECD。

註：本表僅列出2002年至2004年資料，以色列及英國尚無資料提供。

表 4-2 高等教育學生占總人口比率

單位：人／千人

年度	中華民國	美國	日本	德國	法國	英國	韓國	新加坡	香港	中國大陸
1991 年	26.8	56.9	22	25.7	32.3	24	40.7	10.3	...	...
1992 年	28.9	56.8	22.8	25.7	...	26.3	...	...	15.3	1.9
1993 年	30.5	55.4	25.4	23.1	36	...	49.4	15	...	3.8
1994 年	31.7	54.6	26.1	22.8	...	23.6	...	...	...	...
1995 年	32.7	53.4	24.4	26.3	36	31.4	51.5	15.8	13.1	...
1996 年	34.3	52.9	31.3	...	...	31.3	55.8	24.8	...	4.7
1997 年	37.6	53.5	...	25.4	35.3	...	...	...	...	...
1998 年	40.7	...	...	...	...	...	66.5	20	...	2.8
1999 年	44.6	...	32.8	...	...	34.2	67.1	17.6	...	...
2000 年	49.4	47.5	31.3	26.5	34.4	34.5	63	...	...	7.4
2001 年	54.1	55.7	31.2	...	34.3	37.3	65.6	...	...	9.5
2002 年	56.8	...	...	...	...	...	...	...	...	...
2003 年	58.3	...	...	...	...	...	...	...	...	...
2004 年	58.8	...	...	...	...	...	...	...	...	...
2005 年	58.7	...	...	...	...	...	...	...	...	...

資料來源：教育部「教育統計指標之國際比較」。

說明：1.我國資料含空中大學、專科補校。2.美國資料含選修生。3.韓國、日本資料含空大、開放學院及開放研究所。
4.新加坡資料含選修生及工藝技術學校。

表 4-3 2005 年主要國家國民所得

單位:美元

盧森堡	挪威	瑞士	美國	瑞典	日本	德國	香港	新加坡	台灣	中國
65,630	59,590	54,930	43,740	41,060	38,980	32,343	27,670	27,490	15,676	1,740

d. 雖然台灣具有優勢的人力資源，但未來對於科技人才需求龐大，造成一定的人力缺口

在工研院與資策會及生技中心共同舉辦 2007 至 2009 年，台灣產業科技人才供需總體檢研討會，工研院產經中心預測，未來三年，包括半導體、影像顯示、數位內容、生技、通訊以及資訊服務等六大重點產業將持續成長，總計需要 10 萬 7 千名科技人才，扣除教育體系可供應的人力資源，預估至少還有 4 萬 9 千個職缺有待媒合。其中以 IC 產業所需的人才最多，未來三年新增需求人數共約 35,800 人，而又以 IC 設計工程師、製程工程師、設備工程師等職務需求最大；因為台灣未來在高級人力有一定的缺口，因此可能對於新興產業(ex.太陽光電產業)產生一定的人力排擠效應。

e. 由於台灣天然資源的匱乏及材料工業相對弱勢，在太陽光電產業鏈的最上游原物料多晶矽(polysilicon)截至目前沒有任何廠商投入，完全必須仰賴進口，圖 4-2 所示為在太陽光電市場需求成長旺盛，造成多晶矽原料的供不應求，造成台灣廠商在原料取得較為困難且價格高漲，相對造成生產成本居高不下，對於經營績效有不利的影響。

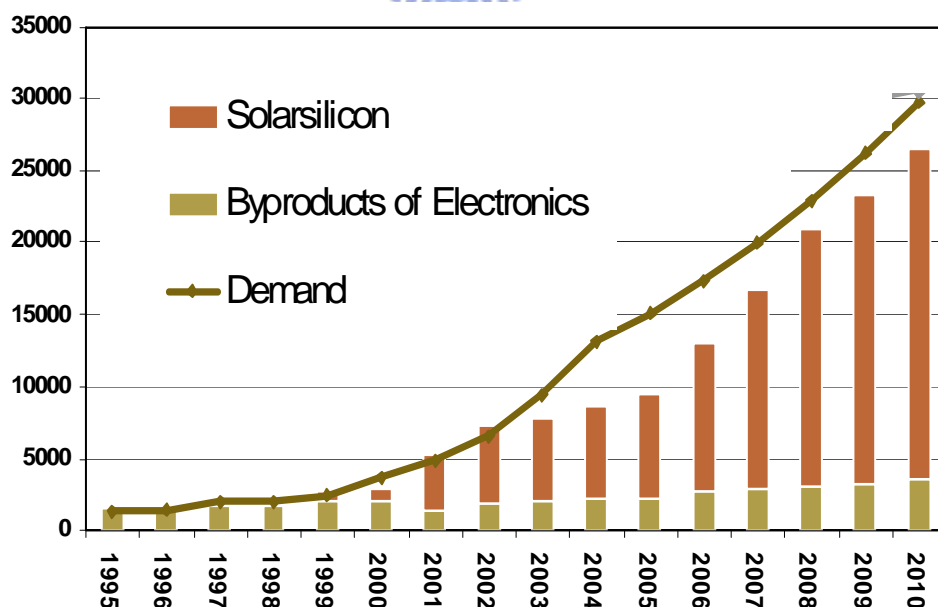


圖 4-2 太陽電池用矽材料預估

資料來源：Solarbuzz；Karl Hesse, Ewald Schindlbeck, WACKER (2005)

f. 創新能力的優勢— 2005 年，台灣研究發展經費占 GDP 比重達 2.52% 僅次於美、日、南韓，略高於德國。發表重要科學期刊論文數(SCI) 共 15,661 篇，世界排名第 18 名。發表工程論文數(EI) 共 11,661 篇，排名全球第 11 名。在美國核准專利數達 5,118 件，全球排名亦僅次於美國、日本及德國等先進國家，如表 4-4 所示，基本上，台灣在整體創新能力具有相對優勢。

表 4-4 主要國家研究發展活動比較 (2005 年)

單位：%；篇數；件數

國家	研究發展經費占 GDP 比重 (年)	SCI 篇數 (名次)	EI 篇數 (名次)	美國核准專利數 (名次)
中華民國	2.52	15,661 (18)	11,661 (11)	5,118 (4)
美國	2.68 (04)	288,714 (1)	113,156 (1)	74,637 (1)
日本	3.13 (04)	75,328 (3)	41,767 (3)	30,341 (2)
德國	2.49 (04)	73,734 (4)	25,307 (4)	9,011 (3)
中國大陸	1.23 (04)	59,361*(5)	69,911(2)	402 (18)
加拿大	1.96	41,957 (7)	16,737 (7)	2,894 (7)
澳洲	1.64 (02)	26,170(10)	7,255 (14)	911 (14)
南韓	2.64 (03)	19,217(14)	13,677 (9)	4,428 (5)
新加坡	2.25 (04)	6,040 (29)	4,239 (21)	346 (21)

註：*含香港發表篇數。

資料來源：1. 中華民國科學技術統計要覽，國科會，2006 年。

g. 台灣競爭力國際比較，如表 4-5 所示

(1) IMD 整體國家競爭力評比

2006 年，美國的整體國家競爭力排名全球第 1 名，台灣排名全球第 18 名，在亞洲地區僅次於新加坡及日本。與亞洲國家相較，台灣的經濟實力排名全球第 27 名，雖不如新加坡（第 4 名）及日本（第 15 名），但優於南韓（第 41 名），且台灣的政府效率（第 24 名）、商業效能（第 14 名）雙雙優於南韓及日本。

(2) WEF 成長競爭力比較

2006 年至 2007 年，台灣的成長競爭力僅次於芬蘭、瑞典、丹麥、美國、冰島，排名全球第 6，與名列第 10 的新加坡，同為亞洲表現最佳的兩個經濟體，其中台灣位居亞洲地區榜首的主因為科技領域的表現亮麗。整體而言，台灣的成長競爭力優於新加坡（第 10 名）、瑞士（第 8 名）、日本（第 11 名）、德國（第 14 名）、南韓（第 21 名）。

(3) BERI 的投資環境比較

商業環境風險評估公司 (BERI) 2006 年 9 月份第二次的「投資環境風險評估報告」，台灣 2006 年的投資環境評比排名全球第 6 名，僅次於瑞士、新加坡、荷蘭、日本、挪威，為亞洲地區第 3 名，屬於適合投資的低度風險國家，其中，營運風險指標排名全球第 3 名，僅次於第二名的新加坡。

(4) EIU 的經商環境比較

未來五年 (2005 ~ 2009 年) 全球經商環境排名前 10 名依次為丹麥、加拿大、新加坡、美國、芬蘭、香港、荷蘭、英國、瑞士與愛爾蘭，台灣的經商環境則排名全球第 19 名，在亞洲地區僅次於新加坡及香港，優於南韓、日本、中國大陸，且台灣的評比展望維持「非常好」，經商環境則由「良好」晉升至「非常好」。

表 4-5 2006 年世界各主要國家國際競爭力與投資環境排名

評比單位	項目	美國	德國	瑞士	日本	南韓	新加坡	中華民國
瑞士洛桑國際管理學院 (IMD)	整體國家競爭力	1	26	8	17	38	3	18
	經濟實力	1	22	26	15	41	4	27
	政府效率	14	33	8	31	47	2	24
	商業效能	4	31	11	23	45	7	14
	基礎建設	1	10	4	2	24	5	20
世界經濟論壇 (WEF)	成長競爭力	4	14	8	11	21	10	6
	總體經濟環境	24	23	8	43	34	1	22
	公共政策	36	5	9	15	48	7	30
	科技水準	1	18	9	5	6	16	2
	商業競爭力	1	2	4	9	25	11	21
瑞士商業環境風險評估公司 (BERI)	投資環境	11	7	1	3	21	2	6
	營運風險指標	6	9	1	13	26	2	3
	政治風險指標	9	10	1	11	23	2	15
	匯兌風險指標	20	6	2	3	8	4	5
英國經濟學人資訊中心 (EIU)	未來五年經商環境 (2005 ~ 2009 年)	4	11	9	27	26	3	19

註：除世界經濟論壇 (WEF) 資料為 2006 年 ~ 2007 年排名外，其餘為 2006 年排名。

資料來源：1. IMD WORLD COMPETITIVENESS YEARBOOK 2006。

2. Global Competitiveness Report 2006-2007, WEF。

3. Historical Ratings Research Package (HRRP, 投資環境風險評估報告), BERI, 2006 年 9 月。

4. Country Forecast-Global Outlook (國家預測-全球展望報告), EIU, 2005 年 9 月。

2. 需求條件

由於受到全球石油能源短缺，國際原油價格居高不下，加上「京都議定書」對溫室氣體排放的管制，以及環境保護意識高漲等因素影響下，各國近年來皆積極投入新能源與再生能源之開發與研究，進而帶動了太陽光電產業的蓬勃發展。根據工研院統計資料，2005 年全球矽晶太陽電池年產量約為 1,727 百萬瓦 (MWp)，較前一年成長 45%，2006 年則為 2,500MWp，成長率 40%，預估未來每年成長率仍將高達 30%以上，預估 2010 年全球產量將超過 5,000 (MWp)。就各國需求面觀之，主要需求國家為德國（於歐洲內部）、日本及美國，2004 年三個國家對於太陽光電之需求占全球市場的 79%，其中，德國（39.48%）與日本（29.8%）總合計佔有 70%之市場需求。在市場需求成長率方面，日本需求量平均以 30.25%穩定成長。歐洲市場曾於 2002 年急遽下滑（72.88%→5.88%），其由於德國對於太陽光電之需求量急促上升，2003 年後歐洲整體太陽光電需求則呈現大幅成長，2004 年更以 122.73%大幅攀升。

受到市場潛力之樂觀預期，全球太陽光電市場產量 2005 年成長率 45%，產量將達 1,728MWp。就國家別觀之，全球太陽光電產業，美日歐為太陽電池製造之主要國家，合計約佔全球太陽電池生產量之九成，且日本幾乎佔據了全球一半之產量。就發展歷程觀之，1990 年代中期開始，美國原於全球生產影響力居四成，逐漸被日本擠壓，截至 2004 年日本於全球太陽光電市場已佔有五成生產量，美國僅持有 11.63%之市場佔有率，歐洲地區則持續保持 2-3 成的市佔比例。展望未來，預期歐洲市場成長率將呈現穩定 25%之成長幅度，短期內德國與日本仍保持全球最大需求國家；其中，更以歐洲為主要輸入國，日本則為主要輸出國。然長期而論，西班牙、南韓、台灣、中國大陸等地之次級市場將逐漸興起。

有鑑於國內內需市場規模不足，加上德日太陽光電市場需求急迫，國內太陽電池出口比例高達 95%。其中德國順差高達 1,071.68 百萬新台幣。2004 年出口地區主要以德國、香港、中國大陸、日本及南非等五國為主，佔太陽電池總出口金額之 89.06%。而主要進口國家，則以日本、美國、斯洛伐克、德國、香港為

主，五國進口金額佔總進口之 97.51%。細觀 2003 及 2004 年國內太陽電池主要進出口之比較，2004 年我國由德國、香港之進口值成長速度高於出口值成長，而我國出口至日本則較進口強勢，呈現高度成長，如表 4-6 所示。

表 4-6 國內太陽電池與模組規模

	1999 年	2000 年	2001 年	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年
生產值 (百萬新台幣)	299	324	396	600	1,200	2,800	5,600
生產量 (MW)	2.9	3.2	5	10	26	38.14	111.62
進口值 (百萬新台幣)	26	24	32	70	33	71	257
出口值 (百萬新台幣)	43	34	136	366	894	2,579	5,298

說明：產值依 2005 年 1-7 月，歐洲與美國市場，太陽電池平均價格 NT50.17/watt.推估。

資料來源：工研院 IEK-ITIS 計畫 (2005/08)

3. 相關與支援產業

台灣在太陽光電產業鏈的發展上，如圖 4-3 所示，除了最上游的 polysilicon 原材料沒有廠商投入外，其他的部份都有廠商投入，因此在產業支援上若能克服現階段原材料取得不易的困境(目前台灣廠商大部份以簽訂長期合約的方式因應)，將不會造成重大的影響。

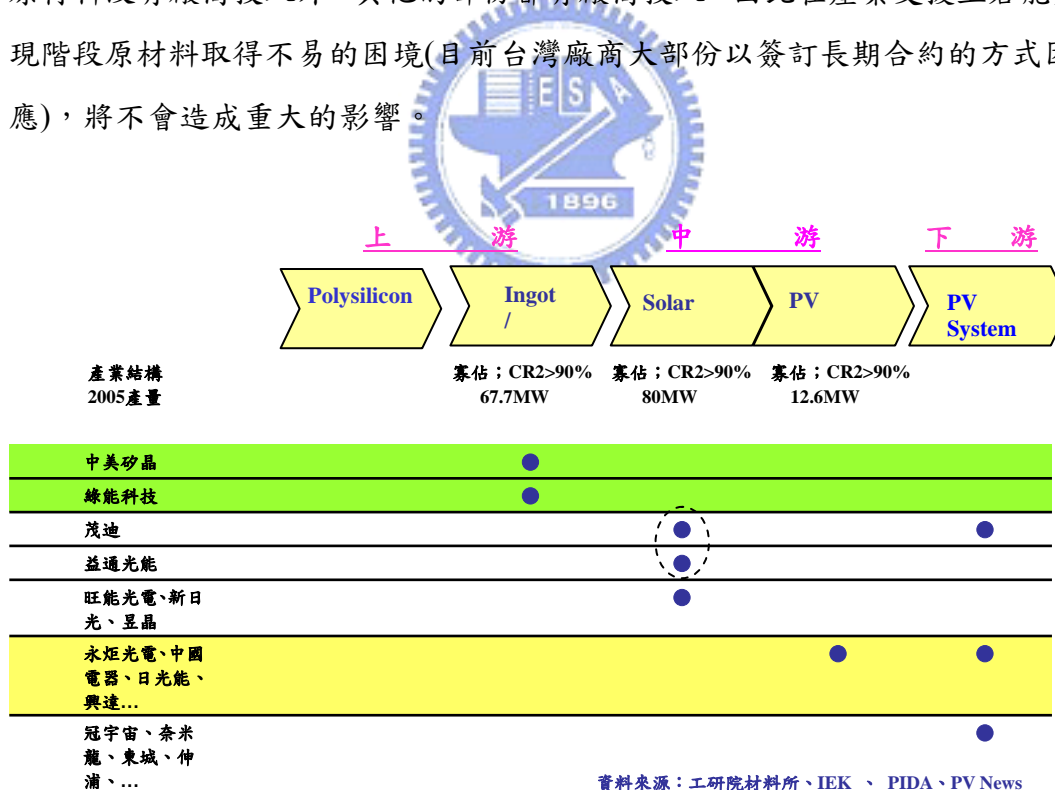


圖 4-3 台灣太陽光電產業廠商分析

在產業群聚優勢方面，台灣更是擁有不錯的條件。對於相關條件的支援更是具有得天獨厚的競爭力，所有相關的支援均可以在相當短的時間內完成，如圖

4-4 所示。例如台北—桃園—新竹—苗栗帶：以高科技產業發展為主軸的科技走廊，以新竹科學園區為群聚核心，主要產業包括電子資訊、軟體、光電產業。台中—彰化帶：受山區地形阻隔與北部科技走廊分隔，區內中部科學園區主要進駐產業為光電及精密機械。雲林—嘉義帶：石化產業群聚衍然成形，刻正規劃麥寮自由貿易港區。台南—高雄帶：除南部科學園區、路竹科學園區及台南科學工業區外，另有南部環保科技園區、燕巢大學城、農業生物園區等產業園區。



圖 4-4 產業群聚空間分佈示意圖

資料來源：「工業區產業群聚調查及策略規劃」計畫書，陳國超等，中華經濟研究院 2004 年。

台灣具有堅強的製造實力優勢，台灣在以下產業在世界上具備舉足輕重的地位。除了半導體、平面顯示器相關產業技術支援的外溢效果(spillover effect)外，對於台灣以製造技術及彈性生產管理見長降低生產成本的能力亦是有非常重要的助力。

- a. 台灣擁有優異的製造技術，至 2005 年已是全球第二大資訊硬體生產國，在半導體、光電、資訊、通訊等產品上，其全球市佔率超過七成，是世界第一。
- b. 根據台灣半導體產業協會 (TSIA) 2005 年調查統計，2005 年我國 IC 總體產業產值(含設計、製造、封裝、測試)為 11,179 億新台幣，較 2004 年成長 1.7%。其中設計業產值為 2,850 億新台幣，較 2004 年成長 9.3%；製造業為 5,874 億新台幣，較 2004 年衰退 5.9%；封裝業為 1,780 億新台

- 幣（國資 + 外資），較 2004 年成長 13.7%；測試業為 675 億新台幣，較 2004 年成長 17.0%。
- c. 2005 年，台灣晶圓代工產業產值佔全球 67.4%，與下游的封測業，皆位列全球第一；IC 設計業產值佔全球 21.5%，居世界第二。台灣目前是全球第二大尺寸 TFT-LCD 生產國。台灣的 PC 產品產值佔全球第三位。
 - d. 台灣的 CD-R 光碟片、CD-RW 光碟片、DVD R 光碟片、DVD RW 光碟片等資訊產品的產量超過全球的 50%，其中，CD-RW 光碟片、DVD R 光碟片產量高達全球產量的 77%、71%。
 - e. 2005 年，台灣排名全球第一的產品包括晶圓代工、IC 封裝、IC 測試、Mask ROM、CD-R 光碟片、CD-RW 光碟片、DVD R 光碟片、DVD RW 光碟片、玻纖布、電解銅箔、ABS 及 PTA，總計排名全球前三大的產品（不含海外生產）共 34 項。
 - f. 台灣精密機械產業，排名全球第 12 位，每年產值維持在 4,000 億到 4,500 億。台灣工具機位居全球第六大，木工機械位居全球第三大，紡織及成衣機械位居全球第四大產國。
 - g. 台灣材料與特化產業歷年平均產值約為 443.8 億美元，主要產品包括石化基礎原料、高分子材料、電子材料及特用化學品，在 2005 年，ABS、PTA 產量高居全球第一位、TPE 居全球第二位、PU 合成皮居全球第三位。

4. 企業策略、結構與競爭

- a. 相對於日、德等大廠採取垂直整合的策略，充分掌握關鍵材料，國內廠商則採取專業分工的策略，並善用過去台灣長期累積的半導體、平面顯示器及 LED 等相關產業的能量，在經營績效上有相當好的成績。
- b. 台灣廠商的規模相對於國際垂直整合廠商規模明顯較小，因此在新技術研發投資上較不重視，如表 4-7 所示為國際主要太陽光電廠商專利分析；台灣廠商著重在以降低生產成本及提升良率的目標來為加強競爭優勢。降低成本的關鍵是晶片的成本，如表 4-8 所示為全球主要廠商在晶片厚度及轉換效率的比較。

表 4-7 全球主要太陽光電公司專利數量統計

Company name	quantities	Claim				
		process	material	equipment	module	others
REC silicon	1	1	X	X	1	X
REC wafer	0	X	X	X	X	X
REC cell	0	X	X	X	X	X
SUMCO--Mitsubishi Sumitomo Silicon	0	X	X	X	X	X
MSK--MSK corporation	0	X	X	X	X	X
Ersol Solar Energy	0	X	X	X	X	X
Tokuyama	1	1	X	X	X	X
Wacker Polysilicon	0	X	X	X	X	X
Sino-American Silicon products	0	X	X	X	X	X
Wafer Works	0	X	X	X	X	X
M. SETEK	0	X	X	X	X	X
Sharp	142	47	42	25	83	21
Kyocera	22	3	3	X	9	10
Sanyo Electric	152	54	46	1	113	15
Solarworld AG	2	2	1	X	1	X
BP Solar	6	5	5	X	3	X
Evergreen Solar	19	15	8	9	X	X
Q-cells AG	0	X	X	X	X	X
Sunways AG	0	X	X	X	X	X
Sunpower Co.	11	9	3	X	3	2
Suntech	0	X	X	X	X	X
Motech	0	X	X	X	X	X
E-Ton Solar Tech.	0	X	X	X	X	X
Solon AG	0	X	X	X	X	X
Solar-fabrik AG	0	X	X	X	X	X
Solartron Public	0	X	X	X	X	X
Centrosolar AG	0	X	X	X	X	X

表 4- 8 2006 年主要 solar cell 生產廠商技術指標

	Q-Cells	Suntech	Motech	Solarworld	E-Ton	Kyocera	Sharp
矽晶片厚度(μm)	210	220	240~200	210	240~180	180	165
轉換效率(%)	15.3	15.5	16.3	15~17	>18	17	16
Wafer size(inch)	6	6	6	6	6	6	6

資料來源：各公司

因為電池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%。由於原材料佔生產費用的 75%左右，因此降低成本最直接的辦法就是減少花在電池材料上的費用。一方面減少材料的使用量，另一方面減小電池的晶片厚度，或者利用現有的設備生產較大尺寸的 Cell，以得到最大的產量。例如，夏普就不斷的試圖減低 Cell 的厚度，在 1997 年夏普所產出太陽能電池模組 Cell 的厚度約為 380μm，而到了 2004 年便已經降低到 200μm 左右，2005 年就能將 Cell 的厚度減少到 180μm，在不久的將來夏普期望降低到 100μm。如上前面表

4-7 為 2006 年主要太陽電池生產廠商技術指標。無論在轉換效率或晶片厚度技術的進步，背後所代表的意義就是能夠在同樣輸出功率和轉換效率的條件下，減少矽材料的消耗量，更再進一步也就意味著太陽能電池模組的成本能夠得以下降。所以預估，從同樣數量昂貴的材料中，獲得更大產量是可以被期待的，根據計算，如果技術依照這樣的速度發展，相信在 2010 年，利用同樣數量的矽材料，所生產出來的 Cell 數量將會是 1997 年的兩倍之多。

另外，全球廠商不斷藉由電池設計及表面 texture 等技術方式試圖來提高光電轉換效率，一般而言，提升 1% 的光電轉換效率將可降低每瓦生產成本 7%，Sunpower 公司藉由其專屬的電池設計宣稱其轉換效率可達 20%，遠高於業界平均水準的 16%，我國的益通光電則利用 surface texture 吸收更多的太陽光亦可將轉換效率提升到 18% 以上，甚至號稱轉換效率可達 20%。

- c. 台灣專業分工的廠商具有彈性的生產方式，且品質控制良好，已成為國際大廠尋求合作的對象。例如中美晶目前原料有 5 成來自日本 Sharp 公司的來料加工，生產成晶棒後再回賣給 Sharp 公司。茂迪主要銷售客戶為太陽能模組廠商，銷售地區比重為歐洲：50%、大陸：25%、日本：15%；其他地區約 10%。茂迪也以代工的經營模式協助客戶進行所謂的來料加工，提高其產能利用率，鄉對的也強化其經營績效。

5. 政府

一般政府在科技產業政策中扮演的角色，可分為直接介入及激勵政策兩大類，說明如下—

- a. 政府直接的責任或民間企業較無法從事者，如國防科技。
- b. 民間企業基於利益較小而不願投入或者屬於萌芽期產業，可能由政府直接投入經費進行研發，如基礎研究或前瞻研究。
- c. 為確保國際競爭力，需策略性集中資源推動的重要領域，如電子資訊、兩兆雙星產業等，通常政府藉由政策激勵導引國內產業發展方向。

產業競爭力提升，除產業科技不斷創新外，同時也需要科技政策互相配合。而科技產業相關政策策略之選擇與應用，應針對產業的成長階段、產業本身之特性市場及需求，採行適切合宜的輔助性政策，也就是所謂的產業科技政策合理化。而我國科技政策主要政策工具有下列幾種方式：

- i. 政府直接投資於研發活動，例如科專計畫。

ii. 對民間企業採取獎勵、補助及融資措施，包括：

- (1) 鼓勵民間事業開發新產品辦法：凡符合規定條件的廠商，原則上由政府支助半數研發經費，研發成功後，企業再分年攤還。如研究計畫未申請配合款之協助，而向銀行貸款者，則政府補助其利息3%，期間為2~5年。
- (2) 為鼓勵企業從事技術創新及應用研究，建立研發能量與制度，依據「促進企業研究發展補助辦法」推動「業界開發產業技術計畫」，自民國八十八年起，經濟部開放企業界申請「業界科專」計畫，藉以政府的部分經費補助，降低企業研發創新之風險與成本，且研發成果歸廠商所有，以積極鼓勵業者投入產業技術研發工作，在業界提出申請及執行計畫過程中，輔導業界建立研發管理制度、強化研發組織、培育及運用科技人才、誘發廠商自主研發投入與後續投資，並促進產、學、研之間的交流與合作，健全業界整體發展能力。本計畫補助廠商研究發展經費，前瞻性或對產業有重大影響之技術開發計畫補助比例以40%為上限；一般研發技術開發計畫補助比例以30%為上限。
- (3) 主導性新產品開發輔導辦法：鼓勵民間事業研究開發主導性新產品，發展高科技之新興產業，提升技層次，改善工業結構，提高國際競爭能力，促進經濟成長，經技審會及審議委員會審核通過之主導性新產品開發計畫，其補助款及配合款合計應不超過總開發經費之百分之五十為限。
- (4) 小型企業創新研發計畫 (Small Business Innovation Research)：經濟部為鼓勵國內中小企業加強創新技術或產品的研發，依據「經濟部促進企業開發產業技術辦法」所訂定的計畫，期望能以此協助國內中小企業創新研發，加速提升中小企業之產業競爭力，以迎接面臨之挑戰。本計畫補助款編列範圍包括人事費、材料費、設備使用費、維護費、差旅費、技術引進及委託研究費等科目，總補助經費不超過百分之五十。
- (5) 傳統性工業技術升級計畫：對於業者開發心產品、心製程、改善生產管理技術、購置國內外新技術、建立品牌及員工在職訓練等項目

所需之費用，由政府提供免息配合款，配合款之額度以 50% 為上限。

- (6) 國家科學委員會補助產學合作研究計畫：為落實學術界先導性與實用性技術研究，鼓勵企業積極參與學術界應用研究，培植企業研發潛力與人才，增進產品附加價值及管理服務績效，每年合作企業配合款（不含先期技轉金）之總和應高於當年度計畫總經費百分之二十五，低於百分之五十，並至少為新臺幣一百萬元。

iii. 運用公共採購政策及契約研究以支援民間的研發活動。

iv. 科技產業研究發展專才的培育。

v. 利用上中下游產業研發體系，促進民間合作研發及共通性應用技術之研究。

台灣政府在太陽光電發電推動方案

a. 太陽光電示範系統補助－推動民間普設太陽光發電系統

自八十九年至九十四年三月，申請受理共 319 件，申請設置容量達 3,179 瓩，經評審核准 136 件，總核准設置容量達 1,292 瓩，並已完成 66 座設施，完成設置容量 579 瓩。

b. 陽光電城經典示範計畫－加強推廣裝設太陽光電發電系統，營造太陽光電整體應用示範區域

陽光電城經典示範計畫 95.8.29 決選評選會議經由 8 家參選縣市中，評選出花蓮縣政府「花蓮市六期重劃區（迴瀾之心）陽光電城工程案」及台北縣政府「台北縣淡水河兩岸（北台光電遊憩城）規劃設計案」為補助單位，預計於 97 年底建置完成。

c. 偏遠離島地區優惠補助－強化偏遠離島救難防災體制

94 年度核准設置 40 件 163.48kWp；95 年度核准設置 27 件 139kWp。

d. 特定公共建築物裝置太陽光電系統專案－裝設於特定具代表性建築，導入太陽光電與建材一體的建築概念(BIPV-Building Integrated Photovoltaic)

本計畫以國內公共建築、交通設施或與該等週邊結合之構造設施設置太陽光電系統為評選對象，依太陽光電系統設置容量預計評選 250kWp~500kWp。獲選補助名單共有 4 名，包括國立台灣歷史博物館之國立臺灣歷史博物館建築太陽光電計劃、高雄市政府工務局新建工程處之 3 號船渠及 11,12 號碼頭太陽光電系統興建工程、國立海洋生物博物館之濱海管理站新建開發案，以

及台灣客家文化中心籌備處之六堆客家文化園區案，總計系統設置容量共440kWp。

e.再生能源設備產業推動辦法—工業局推動再生能源設備產業具體措施與獎勵輔導辦法

1.新興重要策略性產業屬於製造業及技術服務業部分獎勵辦法

2.主導性新產品開發輔導辦法

3.促進產業研究發展貸款辦法

f.太陽光電產業聯誼會，主要以結合產、官、學、研等相關機構與人員並以促進國內太陽光電產業升級，提昇國內太陽光電技術水準為宗旨。成立於2003年9月，現有會員組成包含矽晶原料、矽晶圓、太陽電池、模組、系統安裝、週邊設備、太陽能產品、生產設備、規劃設計、研究機構等廠商及單位，是太陽光電廠商拓展市場的最佳園地。

g.工研院自主研發技術解決矽材不足的現象—太陽光電級矽材料火法冶金技術加速開發計畫，預計於2009年第2季完成500噸量產廠，投入經費：2007年至2009年每年需編列研發預算3,000萬元。

h.『開發高效率與低成本矽晶太陽電池』

能源專案計畫支持：低成本、高效率製程技術開發與新結構/新製程開發，藉由先期參與技術移轉業界；主導性計畫輔導業者開發：薄型矽晶片製程技術提昇與矽晶太陽電池整線自動化生產模式；研發投資金額：新台幣2.4億元/4年，2010年前完成高效率矽晶太陽電池技術突破，低製造成本技術開發。

i.『開發次世代太陽電池』

能源專案計畫加強支持：開發大面積高效率薄膜製程技術及高速電漿鍍膜製程關鍵設備與技術開發；籌組次世代太陽光電技術產業聯盟，針對關鍵瓶頸技術分工合作，共創分享研發成果。

j.建立太陽光電模組檢測驗證技術—研發投資金額：新台幣1億元/3年

A.發展太陽光電模組 IEC 61215 規範檢測技術。

B.建立太陽光電模組檢測驗證實驗室。

C.與德國 TÜV 之檢測驗證技術國際合作，取得驗證機關測試實驗室(CBTL, Certification Body Testing Laboratory)資格。

D.建立國內太陽光電模組國家標準及驗證機制。

k. 建立太陽光電區域網路系統設置能力

- A. 能源專案計畫規劃發展陽光社區方案，促成建築界共同參與
- B. 能源專案計畫發展電力系統併聯技術
- C. 支持台電公司發展 PV 技術—大型 PV 系統或陽光社區之區域網路 PV 系統整合後，對該區域電力供電品質影響及電力安全性技術須台電公司協助建立。

l. 開發太陽光電生產設備—新台幣 0.6 億元/2 年

- A. 研發關鍵性 PV 生產設備：包括 PECVD、擴散爐關鍵設備，能源專案計畫與業界科專支持產品廠商與設備廠共同開發。
- B. 協助國內業者提升已有 PV 生產設備開發能力：包括酸鹼槽、網印機、電池測試與效率分級機等，國內廠商具有發展能力，以主導性計畫協助開發。設備廠商並結合研究機構建立之 Pilot Line 平台進行試量產機台驗證。

m. 資源整合及產業效益

- A. 整合經濟部相關單位資源(能源局、技術處、工業局、台電)，投入技術研發、環境建構、應用推廣。
- B. 預定 2006 至 2010 年累計總投入經費新台幣 36.4 億元，促進產業投資 70 億元。台灣太陽光電預期產值規模由 2005 年 70 億元增至 2010 年 608 億元，2015 年 2,130 億元。

台灣在科技人才培育、培訓、延攬及獎勵的措施

行政院科技顧問組 92 年 10 月「行政院科技人才培訓與運用方案」院會核定，正式將「加強產業科技人才培訓以彌補缺口」措施納入常態推動，每年進行產業科技人才短期供需滾動式調查分析，觀察人才動態趨勢，有系統的掌握人才供需概況，進而提出彌補人才缺口的對策，以期達到「挑戰：2008 國家發展重點計畫」之目標。台灣政府一向積極針對國家階段性的需要，辦理科技人才培育、培訓、延攬及獎勵工作。在人才培育、培訓方面，主要由教育部負責專科以上高級科技人力的養成、辦理公費留學及產學合作教育；國科會負責學術研究機構人員的國外研究；勞委會負責職業訓練、基礎與實務兼顧；經濟部則配合「挑戰 2008—國家發展重點計畫」推動及國內產業結構的變遷，培育高科技重點發展產業人才培訓。在人才延攬方面，中研院積極延聘學者專家及海外學人參與科技研究工作，國科會負責補助延攬國內外科技研究人才，長短期並用。在人才獎勵方

面，行政院設有傑出科技榮譽獎，教育部有學術獎、國家講座，國科會有傑出研究獎、特約研究人員及吳大猷先生紀念獎，中研院有年輕學者研究著作獎，名譽與獎助並重；另衛生署、原能會及農委會皆有獎勵辦法，鼓勵傑出人才。

a. 科技人才培育及培訓

科技人才之培育及培訓，可分為大專校院培育學生、各機關遴選人員赴國內外進修，及技職單位培訓技術人力等三大類。另外，行政院之「科技人才培訓及運用方案」，以及中研院之「主題研究與高級人才培育計畫」，皆積極發展重點科技研究及培育科技人才。

技職單位培訓技術人力分別由行政院勞委會及經濟部負責。

b. 行政院勞委會技術人才之培育措施，包括職業訓練及技能檢定。

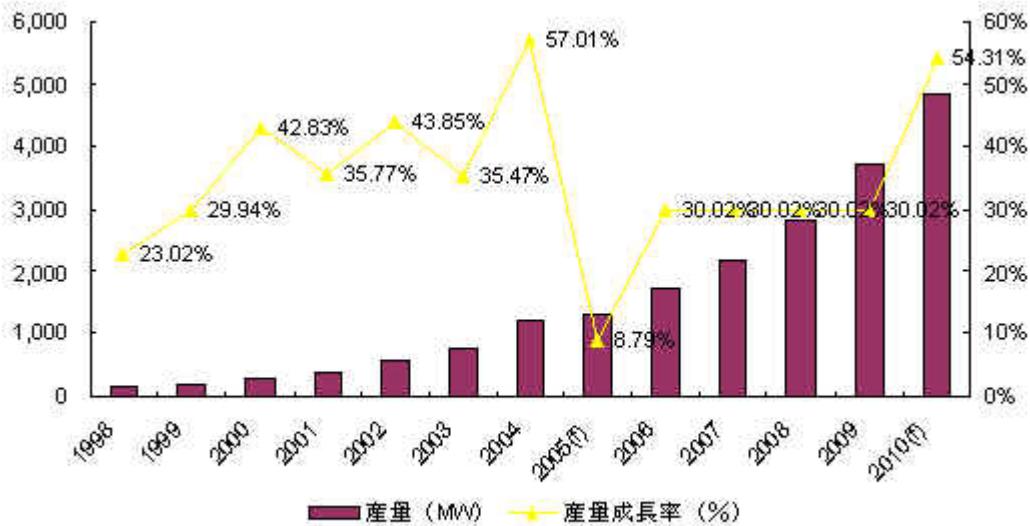
c. 經濟部工業局因應「挑戰 2008—國家發展重點計畫」推動及國內產業結構的變遷，執行「工業技術人才培訓計畫」區分為三大類：產業技術類、共同性應用技術類及永續發展類。其中產業技術類包含 18 種個別產業；共同性應用技術類課程包括 7 類；另為加強產業永續經營技術升級包括 4 類課程。另配合行政院「科技人才培訓及運用方案」，針對高科技重點發展產業人才培訓計畫。隨著我國產業結構型態逐漸轉變為高技術密集產業，產業規模擴充速度加快，導致業界所需之相關工程師及技術人員數量嚴重不足。而近年來國內大專院校畢業人數雖然大量增加，然所培育之科技系所人才質量，未儘符合高科技產業對高級技術人才的需求。為解決科技人才供需不均衡的現象，經濟部工業局特針對各產業人才需求缺口，提供一系列人才培訓計畫。面對我國產業結構調整所衍生之人才需求問題，工業局除持續推動工業技術人才培訓計畫外，並配合「挑戰：2008 國家發展重點計畫」成立半導體學院及數位內容學院，另視國內工業結構演變，逐年評估所需工業技術人才數量，運用經濟部科技專案計畫及產業輔導專案計畫所累積之技術專家，並結合學術、研究機構及民間企業的師資、設備及教材，透過職前訓練、在職訓練及轉業訓練等方式，培訓大專理工系所畢業生研發能力，以解決產業界人力及專業人才普遍不足的現象。工業局未來除寬列人才培訓經費繼續推動各領域培訓計畫外，在「科技人才培訓及運用方案」指導下，並將持續依據行政院科技顧問組定期推估、調查半導體、數位內容、影像顯示、通

訊等產業科技人才短期供需狀況，透過半導體學院、數位內容學院等規劃相關培訓課程，以落實各類別產業科技人才培訓目標。另為有效支援國內科技產業投入創新研發，且於短期間內協助廠商獲得所需碩士以上研發人才，經濟部特研擬「擴大碩士級產業研發人才供給方案」，以企業結合學校提出產業研發碩士專班計畫方式推動，藉以迅速增加重點科系碩士以上人才培育能量。

6. 機會

全球太陽光電產業現況與發展

依據推估，全球石油儲藏量約 1.338 兆桶，約可使用 43 年；天然氣儲藏量約 146 兆立方公尺，約可使用 62 年；煤儲藏量約 9,842 億噸，約可使用 230 年；又鈾儲藏量約 395 萬噸，約可使用 64 年。再由於傳統能源 CO₂ 排放造成地球暖化的主因，目前地球平均溫度比 20 年前高約 0.2°C 以上，因此無污染能源之開發與使用，亦攸關人類生活與生存永續發展的重要課題。「京都議定書」於 2005 年 2 月簽署生效，降低 CO₂ 排放量目標；美國加州州長阿諾史瓦辛格在 2006 年 8 月 21 日正式簽署加州百萬太陽能屋頂法案(SB1)，SB1 將在明(2007)年 1 月起正式生效運作。加州政府將以 29 億美元的預算，在未來 10 年內設置 3,000MWp 的太陽能發電系統。歐洲聯盟二十七個會員國領袖 2007 年三月九日在布魯塞爾綠色高峰會上達成共識，為對抗全球暖化邁出歷史性的一步，宣言在 2020 年前讓歐洲聯盟所用能源 20% 來自於再生能源。並決定多重選擇採用風力發電場、太陽能面板與省電燈泡來對抗氣候變遷，計畫在 2010 年前所有民宅、辦公室與街道都要改採省電照明。因此未來全球對再生能源需求將逐年增加，預期至 2030 年太陽光電將在再生能源中扮演重要地位。受到市場需要發展潛力樂觀預期，全球太陽光電市場產量 2006 年有 40% 成長率，產量約達 2,500MWp。展望未來，預期歐洲市場成長率將呈現穩定 25% 之成長幅度，短期內德國與日本仍保持全球最大需求國家；其中，更以歐洲為主要輸入國，日本則為主要輸出國。然長期而論，西班牙、南韓、台灣、中國大陸等地之次級市場將逐漸興起。圖 4-5 及 4-6 分別為短期及中長期需求預測。



資料來源：PV News；工研院 IEK-ITIS 計畫 (2005/08)

圖 4-5 1998-2010 年世界太陽電池市場生產規模

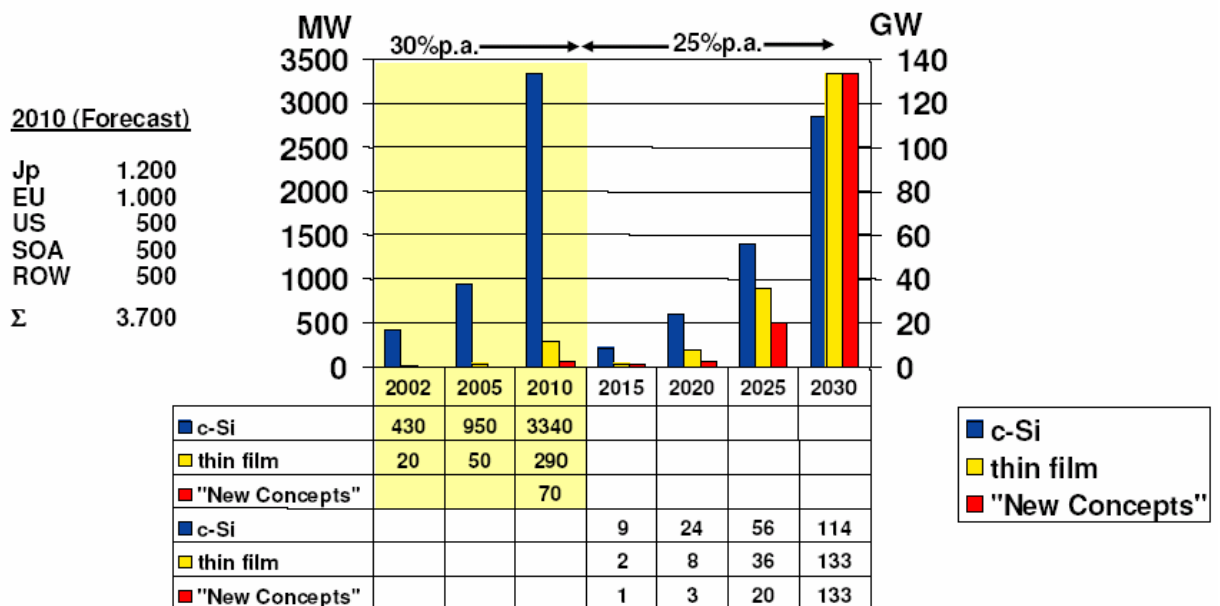


圖 4-6 全球至 2030 年各類太陽電池安裝量預估

資料來源：Winfried Hoffmann, Towards an Effective European Industrial Policy for PV Solar Electricity, EPIA June 2004 年, Paris France, 19th EPVS

總結上述，圖 4-7 為台灣太陽光電產業鑽石理論模型分析，同時我們亦針對台灣太陽光電產業與德、日兩國作一 SWOT 分析說明如下，並彙整如表 4-9 及 4-10 所示。

A. 優勢

1. 由表 4-2 顯示，台灣高等教育人才相對充裕。
2. 資訊、半導體及 TFT-LCD 等產業分居全球第二及第一名，具國際競

爭力優勢。

3. 根據表 4-3 所示，台灣具有勞動成本相對較美日德工業先進國家為低的優勢。
4. 由圖 4-4 所示，台灣具有科學園區產業群聚完善的優勢。
5. 由表 4-5 台灣具有不錯的投資環境，相對容易籌措資金，有利擴產。
6. 台灣大部份企業屬中小企業，具有彈性、靈活的特性。

B.劣勢

1. 由圖 4-3 可知，台灣缺乏最上游多晶矽原材料產業鏈，相對易於發生原材料取得困難的窘局。
2. 由全球太陽光電產業現況可以看出，日德相對於台灣均有完善的政策推動。
3. 台灣目前累計裝置量約 1MW，相對於德日市場需求極小。
4. 由表 4-4 顯示，台灣在基礎建設的排名為第 20 名，明顯落後於日德的第 2 及 10 名。

C.機會

1. 油價居高不下及京都議定書、地球暖化等環保要求因素形成市場高成長需求。
2. 產品長期降價壓力，有利具製造優勢及降低成本見長的台灣廠商。
3. 由表 3-7 顯示，許多國家都有太陽光電設置補助政策，例如美國加州百萬屋頂計畫實施，促成市場維持高成長性。
4. 太陽光電與建築的結合促進 BIPV 的發展與應用。

D.威脅

1. 由表 3-3 及 3-4 顯示，許多廠商投入新材料及技術的開發，若迅速突破關鍵瓶頸，成本具競爭性對於矽晶產品將是一大威脅。
2. 由表 4-3 所示，中國具有低廉的勞動成本及廣大的市場需求，以世界工廠的地位競爭，對於台灣將會形成鄉當大的競爭壓力。

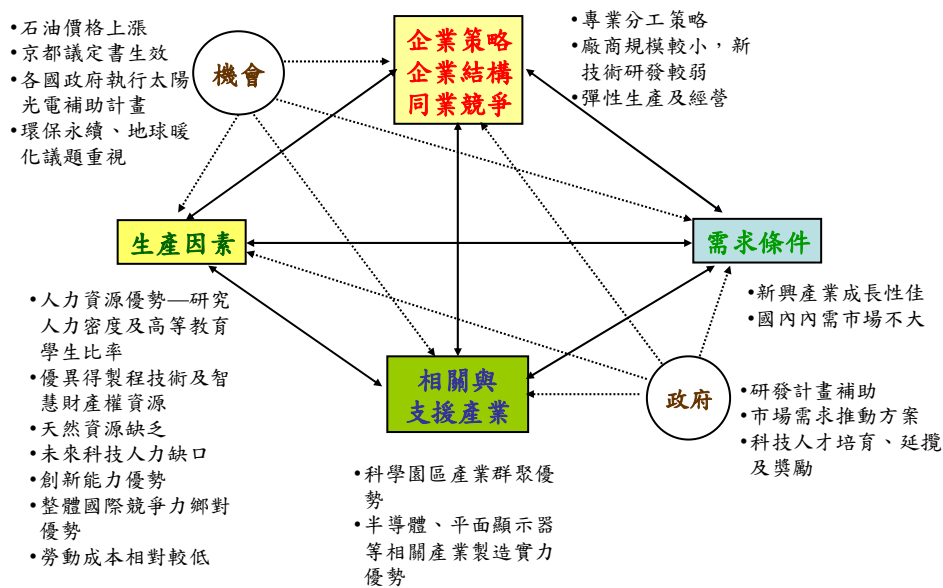


圖 4-7 台灣太陽光電產業鑽石理論模型分析

表 4-9 台灣太陽光電產業 SWOT 分析

優勢(Strengths)	劣勢(Weaknesses)
<p>台灣高等教育人才充裕</p> <p>資訊、半導體及 TFT-LCD 等產業具國際競爭力優勢</p> <p>勞動成本相對美日德工業先進國家為低</p> <p>科學園區產業群聚完善</p> <p>資金籌措相對容易，有利於廠商擴產</p> <p>中小企業特質具有彈性、靈活的特性</p>	<p>台灣缺乏最上游多晶硅原材料產業鏈，相對易於發生原材料取得困難的窘境</p> <p>台灣雖然已有太陽光電補助政策，但關鍵的再生能源法電力回收補助辦法一直未能通過</p> <p>內需市場太小</p> <p>公共基礎建設相對落後德日</p> <p>技術人力缺口一直存在</p> <p>台灣廠商缺乏專利權保護</p>
機會(Opportunities)	威脅(Threats)
<p>油價上漲及環保要求等因素形成市場高成長需求</p> <p>產品長期降價壓力，有利以降低成本見長的台灣廠商</p> <p>美國加州百萬屋頂計畫實施</p> <p>BIPV 的發展與應用</p>	<p>新材料、新技術的發展可能取代目前的矽晶</p> <p>中國具有低廉的勞動成本及廣大的市場需求，以世界工廠的地位競爭</p>

表 4-10 日本及德國太陽光電產業 SWOT 分析

優勢(Strengths)	劣勢(Weaknesses)
政府及產業投入時間長，技術發展紮實 補助誘因大刺激國內市場需求 政府引導研發計畫目標明確 上、中、下游產業鏈完整 優勢的公共基礎建設 優勢的專利權保護 其他取代材料或技術發展領先	勞動生產成本相對較高 廠商規模大，企業應變能力彈性較小
機會(Opportunities)	威脅(Threats)
油價上漲及環保要求等因素形成市場 高成長需求 產品長期降價壓力，有利以降低成本見 長的台灣廠商 美國加州百萬屋頂計畫實施 BIPV 的發展與應用	新材料、新技術的發展可能取代目前的 矽晶 中國具有低廉的勞動成本及廣大的市 場需求，以世界工廠的地位競爭

雖然在 SWOT 分析上，看似台灣的條件明顯落後德日兩國，但台灣公司仍然在經營績效上有突出的表現，其主要原因我們可以由 Nemet(2005)的結論，如表 4-11 所示，太陽光電的成本降低的影響主要因子中，例如 plant size、efficiency、wafer size、yield 等對於降低成本有 81%的貢獻度，而這些因素又深受學習效果的影響，台灣原本在半導體晶圓代工及 TFT-LCD 產業既有優勢的深厚基礎，因此也就成就了台灣廠商在太陽光電的競爭力。然而，雖然台灣有不錯的競爭力，而且產業一片欣欣向榮，但台灣若不能積極研發新興技術、加強智慧財產權的管理及保護，則台灣將會受到夾著優勢勞動成本堪稱世界工廠的中國強大的威脅。

表 4-11 Factors Influencing the PV costs

Factor	Cost Impact	Drivers of change n each Factor
Plant size	43%	Demand-led, rapid expansion w. no experience
Efficiency	30%	R&D, but 1bd for lab market
Sillicon cost	12%	Spillover benefit from IT industry
Wafer size	3%	Strong 1bd
Si use	3%	Lbd, spillover for wire-saws
Yield	2%	Strong 1bd
Poly share	2%	New process, 1bd possible
Other factors	2%	Unknown

*1bd-learning-by-doing

資料來源：Nemet(2005)

第五章 個案分析

在全球太陽光電產業中採取垂直整合及專業分工策略者各有不錯的經營績效，表 5-1 為全球主要太陽光電過去五年的經營績效比較，在 2003 年之前太陽光電產業屬於產品生命週期的萌芽期，因此產業內大多數的公司經營績效都不甚理想，而在 2004 年以後由於市場需求成長快速，產業逐漸進入成長期的階段，因此大部份的公司經營績效都有不錯的成長。本研究將主要針對台、日、德三國的代表性公司作一分析，包括屬於公司專業分工的德國 Q-Cells、台灣的茂迪公司及垂直整合型的德國 SolarWorld 公司、日本的 Kyocera 公司作一發展策略探討分析，另外亦針對這兩年快速成長的中國尚德公司作一探討比較。



表 5-1 全球主要太陽光電公司經營績效比較

國別	公司	產品					Operating margin(%)				
		PolySilicon	Wafer	Cell	Module	System	2002	2003	2004	2005	2006
德國	Ersol Solar Energy						3.0	-7.0	8.9	14.7	17.5*
挪威	REC							-22.7	-0.3	24.5	36.3
德國	Wacker Chemical								18.0	24.7	27.3
日本	Tokuyama						8.6	10.5	13.7	20.1	28.3*
日本	SUMCO							4.4	16.3	20.1	25.8*
台灣	Sino-American Silicon							8.2	9.1	10.4	19.2*
台灣	Waferwork						-2.8	10.8	12.3	7.6	14.2*
日本	Sharp							1.4	10.3	10.6	
日本	Kyocera							3.3	14.3	19.4	
日本	Sanyo Electric							loss	loss	loss	
德國	Solarworld						2.0	-2.3	16.8	22.9	31.2*
德國	Evergreen						-205.7	-163.2	-80.3	-44.6	-33.3*
美國	BP Solar						8.2	11.1	12.9	13.1	
中國	Suntech Power Holdings						-34.3	5.4	23.6	18.9	15.5*
德國	Q-cells						5.2	19.9	15.2	21.1	23.7*
美國	Sunpower						-82.5	-307.1	-227.1	-16.5	8.1
台灣	Motech						16.5	17.9	21.0	27.5	25.9*
台灣	E-Ton							-231.1	19.7	23.8	24.0*
德國	Conergy							1.0	7.0	9.0	
德國	Solon						-10.0	-2.0	4.1	7.2	7.1*
德國	Solar-Fabrik						-21.1	15.1	11.7	-0.2	5.3*
泰國	Solartron Public						2.0	4.0	14.0	12.0	

資料來源：各公司財報、Goldman Sachs，本研究整理；Tokuyama:4-12月；特殊材料部門—Silicon + advanced materials：*：前三季

5-1 茂迪(Motech)公司發展策略分析

茂迪公司於 2000 年投入太陽光電事業，同年 11 月正式進入量產。產量在短短 4 年間由 18MWp 擴增到 120MWp，目前為全球第九大的太陽電池製造廠，在 2006 年更以產量 110MWp 晉升至全球第七名。雖然目前因上游原材料供不應求而朝垂直整合的策略發展，希望能於產業中維持一定的競爭優勢，但基本上該公司目前應仍屬於專業分工的角色，圖 5-1 所示為茂迪公司的競爭策略，短期發展重點仍然是以增加產能與降低生產成本為主要考量。

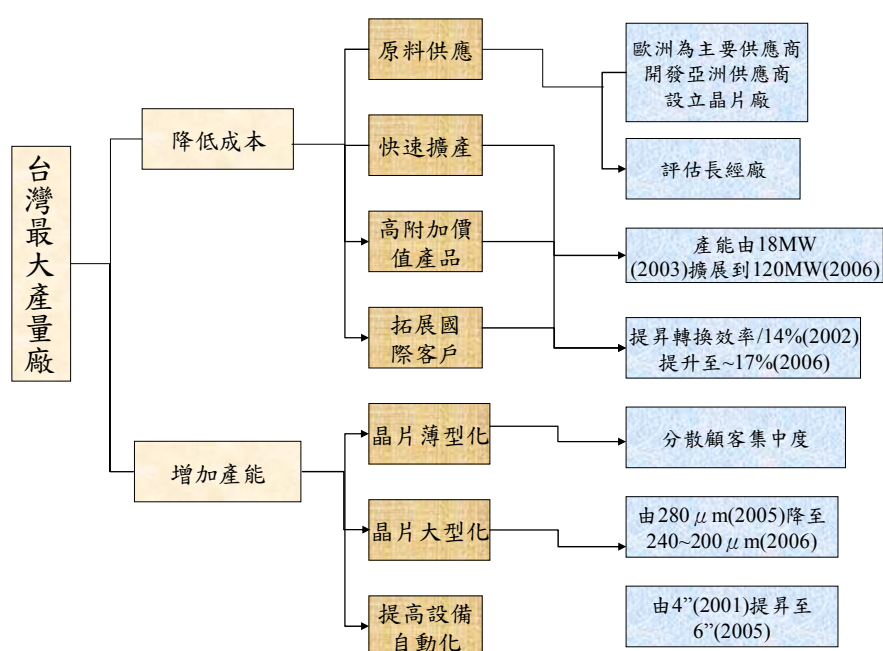


圖 5-1 茂迪公司競爭策略

參考資料：公司年報、工研院 IEK

一、增加產能與維持產能利用率

確保原材料多晶矽的供應，是穩定產量提升當下的重要關鍵；因此茂迪公司於 2005 年開始往上游擴展，規劃晶片廠以切割晶片為起始切入點，並於 2006 年規劃長晶廠。採購的原料也由 2004 年以歐洲的 Deutch Solar 及 Scan Wafer 為主要供應商，2005 年則增加與亞洲供應商簽訂採購合約。在值此缺料的當下，茂迪公司並利用客戶供料代工的生產模式，確保其產能利用率可以維持。

茂迪公司歷年來的產能擴充狀況如表 5-2 所示，至 2007 年底產能將擴充至 160~200MWp。轉換效率也由原先的 14% 提升至 17%。並拓展太陽能行政院充電包、太陽能景觀噴水系統及開發太陽能發電的應用產品來提高產品附加價值。

表 5-2 茂迪公司歷年來的產能擴充及轉換效率進展

年度	2003	2004	2005	2006
產能(MWp)	25	50	85	160~200
轉換效率(%)	14.7	15.5	16.5	17

資料來源：公司年報

二、降低成本

為降低成本，茂迪公司與 Q-Cells 公司同樣朝晶片薄化、電池大型化及設備自動化發展。另外在重要耗材部分也朝自主方向邁進。

- a. 矽晶片薄化：茂迪公司積極朝太陽電池晶片薄化改進，2006 年以可達 240~200 μm ，預期未來厚度將低於 200 μm ，有效節省原材料的使用，對於降低成本助益極大。
- b. 電池大型化：茂迪公司由 2001 年起，其太陽電池的尺寸逐年加大，由 2001 年的 4 吋太陽電池，2004 年停產 4 吋太陽電池，2005 年量產 6 吋加大型太陽電池，比例已達 30%，由 5 吋至 6 吋可提升發電量 52%。
- c. 設備自動化發展：進行規劃台南一廠的機器汰舊換新，預期產能可以提升 10~15%。
- d. 原物料自行開發：基於技術自主及降低成本，進行銀鋁膠開發計畫。

歸納前述，茂迪公司訂定產能擴增與成本降低的發展策略；一方面，運用擴產、製程自動化、穩定原物料、及自主開發關鍵性材料等方式來降低製造成本。另一方面在市場拓展部份，以開發新產品應用；長期發展上，茂迪公司將持續強化其晶片薄化及大型化等優勢，鞏固其長期發展競爭優勢之地位。簡而言之，茂迪公司的發展策略為提高太陽電池轉換效率、薄型太陽電池製程開發、異質接面太陽電池製程開發及開發太陽光電應用產品；並利用先進的技術與設備，配合國內成熟的半導體與電子工業技術，促使品質與成本更具競爭優勢。

5-2 Q-Cells 公司發展策略分析

Q-Cells 公司為全球少數專注於太陽電池專業分工的主要領導廠商。成立於 1999 年，主要由 Freefloat(22.3%)、Stroher Finanzholding AG(20.5%)、Good Energies Investment(16.4%)，及 Apax Funds(11.7%)等投顧/基金組織，共同投資而成立。2001 年首座廠房開始運作，2002 年產能提升至 22MWp，已達損益平衡的狀態。拜德國政策激勵市場需求強勁，由於需求面暢旺，導致上游原材料多晶矽材供不應求，因此 Q-Cells 公司為能於產業中維持一定的競爭力，圖 5-2 所示為 Q-Cells 公司競爭策略，重點與茂迪公司類似包括：(1)增加產能與(2)降低生產成本。

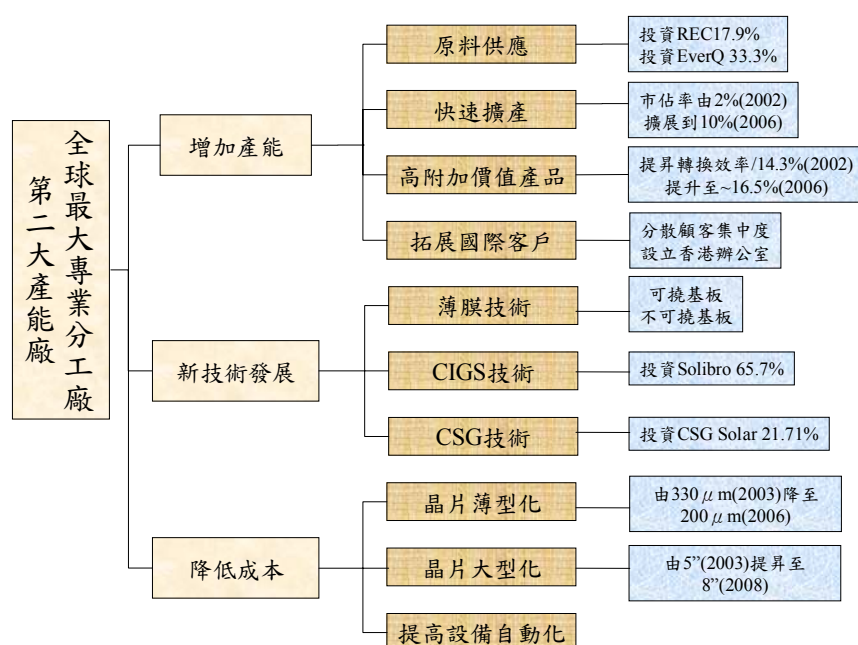


圖 5-2 Q-Cells 公司競爭策略

參考資料：公司年報、工研院 IEK

一、增加產能與拓展市場

當下穩定確保原材料多晶矽的供應，是提升產量的重要關鍵；因此 Q-Cells 公司投資其主要供應商及策略伙伴 REC 公司，持股 17.9%，強化上下游互動性的綿密程度。另外 Q-Cells 公司亦投資 string ribbon 技術的 EverQ 公司，占其股權 1/3，試圖以新技術的方式更進一步確保其原材料來源。

表 5-3 所示為 Q-Cells 公司歷年來的產能擴充狀況如，預期至 2007 年底產能將擴充至 645MWp。德國市場經過快速成長後，2005 年德國市場成長趨緩，公司不得不將顧客群目標朝向各潛在國家發展，因此 Q-Cells 公司於 2006 年在香港增設銷售辦事處，一方面可以積極擴展亞洲市場，同時也希望就近掌握對於亞洲原物料的採購。

表 5-3 Q-Cells 公司歷年來的產能擴充狀況

年度	2002	2003	2004	2005	2006	2007
產能(MWp)	22	63	170	292	420	645

資料來源：公司年報

二、新技術發展

Q-Cells 公司為一專業的矽單晶及多晶太陽電池的製造廠商，投資 CSG Solar AG 擁有 Thin-film Technology Crystalline Silicon on Glass 的技術；投資 Solibro 公司 CIGS 技術；投資 EverQ 公司 String Ribbon 技術等都是希望掌握新技術發展的策略，利用轉投資關係發展新技術並充分佈局未來的發展，藉以避免新技術取代的窘境發生。

三、降低成本

為降低成本，Q-Cells 公司主要朝晶片薄化、電池大型化及設備自動化三方面發展。

- a. 矽晶片薄化：Q-Cells 公司由 2003 年太陽電池厚度 300-330 μm ，降至 2006 年的 200 μm ，預期未來厚度將低於 150 μm ，如表 5-4 所示，運用有效節省原材料的使用，對於降低成本助益極大。

表 5-4 Q-Cells 公司矽晶片薄化進展

	2003	2004	2005	2006	In trial	In lab.
厚度(μm)	300~330	270~280	220~240	200	160/180	120

資料來源：公司年報

- b. 電池大型化：Q-Cells 公司由 2001 年起，其太陽電池的生產尺寸逐年加大，如圖 5-3 所示，由 2001 年的 5 吋太陽電池，至 2005 年已可量產 6 吋加大型太陽電池，2008 年將可達 8 吋；比較 2001 年的 5 吋太陽電池，至 2004 年 6 吋太陽電池，每一片晶片的發電量提升 62.5% 的效能。







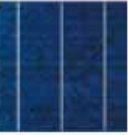
PRODUCT PORTFOLIO	Multicrystalline Cells		Monocrystalline Cells		Multicrystalline Cells		
	Q5 125x125 mm	Q6 150x150 mm	Q6M 150x150 mm	Q6LM 156x156 mm	Q6LTT 156x156 mm	Q6LPS 156x156 mm	Q8TT3 210x210 mm
							
PRODUCT MILESTONES	Q3 2001	Q2 2002	Q4 2003	Q3 2004	Q2 2004	Q1 2006	2008
POWER PER CELL	2.4 Wp	3.3 Wp	3.64 Wp	3.88 Wp	3.65 Wp	3.65 Wp	6.62 Wp

圖 5- 3 Q-Cells 公司使用矽晶片大小進展

資料來源：公司年報

c. 設備自動化發展：目前在新廠房設備則引進自動化及 Leading Edge Technology 技術，試圖利用自動化生產來降低人工成本及提升品質穩定性。

歸納前述，Q-Cells 公司訂定「成長」與「成本」的發展策略；一方面，運用擴產、製程自動化、穩定原物料等方式來降低製造成本，並藉由策略投資關係，整合外部資源，成立子公司發展及掌握新技術，避免新技術取代的風險。另一方面在市場拓展部份，增設香港辦事處為拓展亞洲新興市場之需求；長期發展上，Q-Cells 將持續強化其晶片薄化及大型化等優勢，並以策略投資公司型態進行替代性技術商業化的發展，來鞏固其長期發展領先之地位。

5-3 日本京瓷(Kyocera)公司發展策略

Kyocera 公司於 1975 年開始跨入太陽能電池的開發領域。1976 年生產以帶狀矽結晶體的太陽能模組。1979 年接獲 NEC 用於微波通訊電台 8kW 的系統訂單。1980 年工業上首次發表太陽能充電的路燈。1982 年則利用 Casting 的技術開始大量生產多晶矽太陽能電池；同年開始外銷到北美，歐洲等地。在 1983-1985 年期間捐助了許多太陽能充電設備到巴基斯坦、中國及泰國等地。在 1984 年 Kyocera 公司在日本千葉縣成立 Solar Energy Center，針對矽晶體太陽電池進行研發。1986 年發表 10cm² 的多晶太陽能電池，在當時為全球轉換效率最高 (15.1%) 的太陽能電池，1991 年在日本北海道的 Kitami 安裝日本第一個在公共設施 Grid-Connected 系統，同年太陽能模組產量達到 6MW，成為日本最大太陽電池公司。在 1997 年發表面積 15cm² 轉換效率可達 17.1%，全年的太陽能模組產量到達 36MW；2000 年則於 Mie Ise 增設太陽電池模組工廠，以因應日本政府所導引出來的內需市場。2004 年轉換效率達 17.7%，多晶太陽電池之主要技術成長趨勢如表 5-5 所示。

Kyocera 公司為了就近市場的選擇，2004 年又分別評估在墨西哥與捷克，增設太陽電池模組工廠。目前 Kyocera 公司總共分別在日本、中國大陸、墨西哥及捷克四個國家設立工廠。海外工廠設立目的，主要考量市場與製造成本，為了迅速反映市場的需求，以及針對不同市場需要做的不同改變；並考量低廉工資地區，確保成本低廉的優勢。

表 5-5 Kyocera 多晶太陽電池主要技術成長趨勢

技術指標年度	最大面積 (cm ²)	最高轉換效率 (%)
1986	10	15.1
1989	15	14.5
2004	15	17.7

資料來源：公司資料、工研院 IEK(2006/12)

由於矽材料短缺的狀況，該公司目前正積極研發次世代 spherical silicon 太陽電池技術。圖 5-4 所示為 Kyocera 公司發展與技術研發佈局歷程

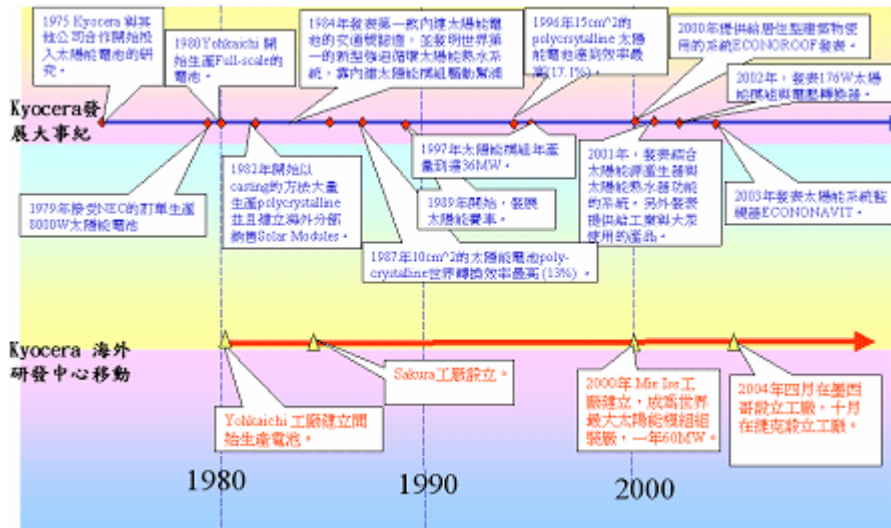


圖 5-4 Kyocera 公司發展與技術研發布局歷程

資料來源：工研院 IEK(2006/11)

Kyocera 公司為世界上第一個量產多晶矽太陽電池的公司；Kyocera 公司也是一個垂直整合型的公司，包括矽晶製造、電池、模組及系統販售，Kyocera 公司為全球第三大太陽電池製造公司，其市占率約 8%。其在太陽光電部門的經營績效在日本產業名列前茅，最主要的原因同樣的是在成本的降低，該公司擁有全球最高的量產轉換效率及較薄的晶片厚度，無論在轉換效率及厚度的進展，似乎都與該公司垂直整合的策略相關，由於上下游製程間充分配合，使得其在轉換效率的提升或者晶片厚度的減少，都能發揮 in-house 的效能。

5-4 SolarWorld 公司發展策略分析

在全球太陽光電產業中，SolarWorld 公司是少數完全垂直整合的公司，由原材料、晶片、電池、模組到系統完全都有生產。該公司經過了多年的上下游延伸投資，由最初於 1997 年成立 Deutsche Solar AG Freiberg Solar Materials，生產製造矽晶片，再藉由併購 Bayer Solar 策略，擴增矽晶片之產能，強化矽片的產能。緊接著於 2002 年更進一步往下游投資，成立 Deutsche Cell GmbH，生產製造太陽電池；然後於 2003 年又分別設立 SolarFactory GmbH 及 GPV Gallivare，進行太陽光電模組的生產製造。同時為了強化上游原材料的整合，與 Degussa AG 合資成立 Joint Solar Silicon GmbH & Co (持股 49%)，進行多晶矽原材料的生產，完成其完全垂直整合業務。整個 SolarWorld 集團之組織如圖 5-5 所示。

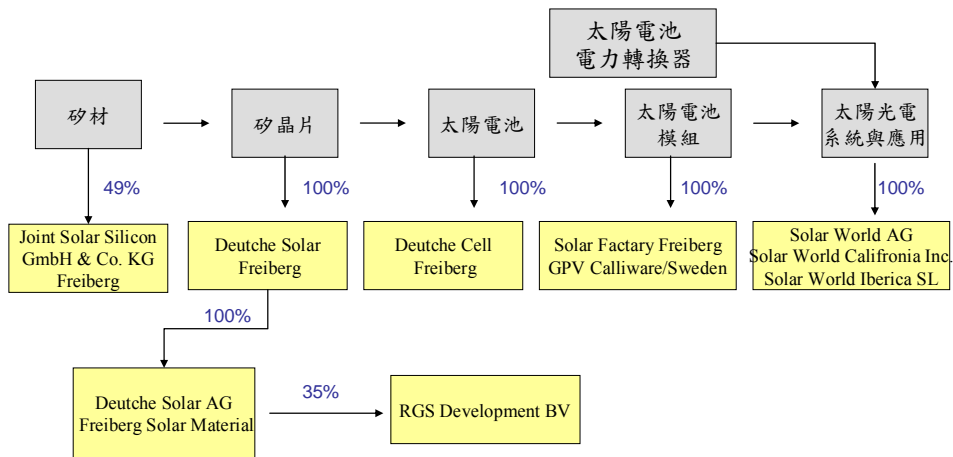


圖 5-5 SolarWorld 於太陽光電價值鏈之業務範疇

資料來源：工研院 IEK(2006/07)

SolarWorld 集團採取完全垂直整合的策略之好處有以下幾點：(1)確保上游原料供應，降低上游原料取得成本；(2)可運用上下游的關係，避免供需失調的價格風險；(3)對於新的競爭者建立並提高進入障礙；(4)一貫化製程可控制品質，建立消費者品牌與信任度。不過該公司垂直整合的目的，並非要達到每個次產業皆達領導地位。其認為太陽光電產業鏈的關鍵上游原材料多晶矽材料及晶片部份，屬於資本密集，進入障礙較高，獲利率較佳者，因此，整體發展策略上，其以矽晶片與矽材做為集團的核心，並藉由太陽電池、模組事業群的發展，來強化矽晶片與矽材領域的進入障礙；期望達到品質領導者長期目標。

以下分別說明 SolarWorld 集團發展策略方向，如圖 5-6 及表 5-6 所示：

a. 確保多晶矽材料來源，擴展自足比例，強化 SGS 與回收技術

對於原材料多晶矽供不應求的情況下，Solarworld 積極確保原材料的來源，主要有下列幾種作法一：投資 Joint Solar Silicon GmbH(JSSI)公司 49%股權，預期 2008 年多晶矽年產能將達 850 噸；利用子公司 Solar Material 公司進行回收矽材的再利用量產；與多晶矽領導廠商 Hemlock 及 Wacker-Chemie 簽十年供應合約。

b. 降低矽晶片損耗與擴產

與研究機構合作進行 Ribbon Growth on Substrate(RGS)矽晶片製程的研究，此種製程可減少 40%的矽材損耗。預計目標於 2007 年設立量產工廠。2005 年擴廠矽晶片產能由 120MWp 提升至 180MWp。

c. 擴增太陽電池產量與提升轉換效率

擴充太陽電池產能，由 30MWp 擴充至 60MWp，2004 年太陽電池使用晶片厚度降至 270 μ m，轉換效率達到 15-16%(多晶)、16.3%(單晶)，未來將持續朝向薄型化(目標為 240-200 μ m)及高轉換效率技術發展。模組部分，則強化擴產(60MWp)及自動化設備程度效益來降低成本。

d. 運用垂直整合差異化優勢，建立系統品牌與 BIPV 應用

系統裝置與銷售事業部之發展，過去銷售多以 Sunkits 品牌進行，未來將以建立高獲利模式建構新產品，可能建立其他品牌 Sunplug、Sunfix、Suncable，並積極朝 BIPV 等利基產品發展。

e. 運用併購進行縱向與橫向擴展

SolarWorld 集團由矽晶片依序跨足電池、模組、系統與矽材料，運用購併、合資的方式，以七年的時間，完整建構其縱跨產業鏈之業務範疇；深度垂直整合於產業發展初期，可藉由上下游技術整合，致使成本降低，亦可藉由各次產業事業部的相互配合，提升與穩固公司整體獲利；反觀長期的發展策略，SolarWorld 以矽材與矽片事業部為主要的發展核心，藉由研發計畫之投入與產量之擴增，積極維持該領域之領導地位。SolarWorld 集團更進一步藉由掌握於多晶矽原材料與矽晶片的生產，透過委外代工、購併擴產的方式，來提升其於下游電池與模組市佔率與獲利率。SolarWorld 公司在 2006 年由 Deutsche Solar 與中國尚德公司簽訂 10 年期的雙向採購協議，由 2006 年起執行至 2015 年，

由 SolarWorld 提供尚德原料與技術，尚德則以代工姿態返銷模組給 SolarWorld 公司。

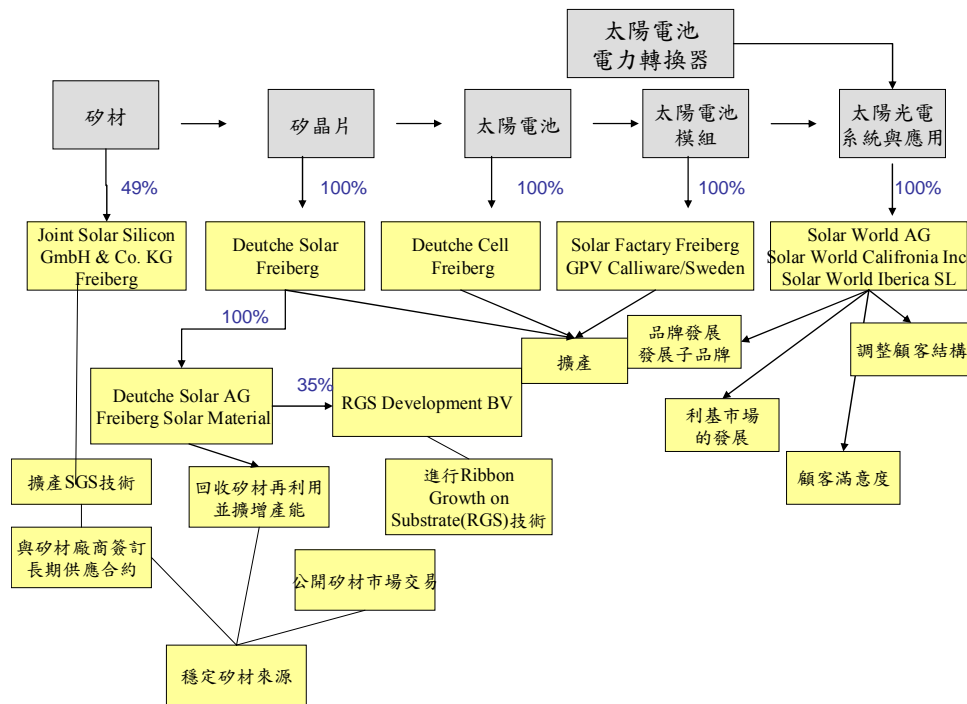


圖 5-6 SolarWorld 各事業公司之發展策略

資料來源：工研院 IEK(2006/07)

表 5-6 SolarWorld 研發計畫與規劃時程

計畫名稱	時程	內容	目標
WIKO	1-3 年	發展可再利用模式生產晶錠	2006 年標準化
Speed	1-3 年	發展新結晶體工廠，減少循環次數與增加晶棒重量。	2008 年發展製程
NEON	1-3 年	發展大型、薄化矽晶片	2006 減少生產矽晶片之矽材消耗
Okoprofit	1-3 年	發展有效消耗矽材的太陽電池製程	降低太陽電池生產成本
Reliability of Modules	1-3 年	模組使用標準與新材料研究	延長模組壽命
JSSI	>3 年	發展太陽能級矽片生產有效益製程	提升 SGS 品質與降低成本
RGS	>3 年	低成本的矽晶片製程	降低太陽電池與矽晶片成本
Herkules B	>3 年	微矽薄膜太陽電池的發展	其他先進太陽電池技術

資料來源：2005SolarWorld 年報

5-5 尚德(Suntech)公司的發展策略分析

尚德公司成立於 2001 年，主要產品為單矽晶、多矽晶太陽電池(業務營收比例達 10%)與太陽光電模組(業務營收比例達 80%)，及太陽光電系統工程與光電應用產品(業務營收比例達 10%)。2005 年在太陽電池全球市占率 4.5%，超越茂迪公司快速躍升至第 8 名，在 2006 年更是以產量 158MWp 市占率 6.3%，躍升至全球第 4 名，公司擴展速度全球最快。以下我們針對尚德公司如何積極佈局及快速擴產的發展策略作說明：

a. 運用產官學研合作發展，強化競爭力

尚德公司藉由承接「光電與風力發電商業化技術開發」國家科技攻關計畫專案扶持、「科技部科技型中小企業技術創新基金」專案扶持、「江蘇省科技計畫國際合作專案資金」扶持、「無錫市科技計畫國際合作專案資金」扶持、「江蘇省建設領域新技術產業化基地」專案支援、「江蘇省建設領域科技示範工程」專案支援、「江蘇省科技基礎設施建設計畫專案資金」支援、「光電併網發電商業化模式研究與建設」專案支援、「西部光明工程項目」及「2008 年北京綠色奧運工程」等資源的運用，積極快速由 2002 年 9 月第一條生產線發展開始，至 2005 年底太陽電池產能擴增至 120MWp，模組產能則提升至為 180MWp。研發團隊，由中國大陸境內外專家與學者組成，並與澳大利亞太平洋太陽能研究中心、澳洲新南威爾大學等建立長期合作關係；另外，亦與中科院上海光機所合作，強化產學研之合作，加強海內外業資訊與人才的交流。

b. 穩定原料供應，加強上游策略合作與拓展關係

為了穩定材料供應來源，分別與 Solarworld、Deutsche Solar、江西塞維 LDK 及天威英利等廠商簽訂合作協議；2006 年於洛陽興建多晶矽工廠，朝上游整合；同時亦提供 MEMC 無息貸款，協助 MEMC 擴大產能，穩定未來 8-10 年的料源，更進一步同意 MEMC 可購得尚德 4.99%之股權。

c. 內需市場比重逐步提升

2004 年，銷售比例 92%為外銷。由於中國政府積極提出對於太陽光電激勵政策，因此 2005 年尚德內銷比例由 8%提升至 17%，對於德國的依賴度也由 72%下滑至 54%，積極逐步拓展國內內需市場。

d. 積極朝向垂直整合發展策略

目前生產所需原料絕大部分都依賴進口，因此，尚德公司預計於三年內，運用

投資、自建的方式，擴展矽晶圓、電池、模組、應用產品及電站系統工程等部分事業，朝向垂直整合邁進，進而提升獲利水準。

e. 積極規劃新技術薄膜技術研發

尚德公司在國家科技部和江蘇省、無錫市三級的支援下，目前正加快第二代多晶矽薄膜太陽電池大規模產業化研究計畫。

綜合上述說明，無錫尚德整體之發展策略，如圖 5-7 所示。尚德公司之發展策略，除了積極以規模經濟擴大產能來提升現階段之競爭力，同時佈局未來薄膜技術發展，更往上游發展多晶矽材料，進行垂直整合策略，強化未來發展競爭力。

大市場、大交流、大平台運作機制的創新建設

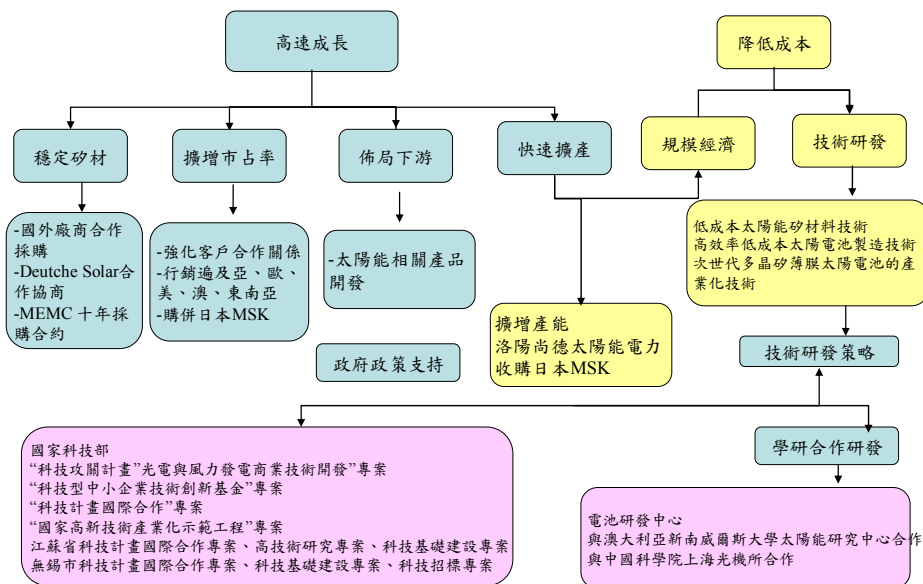


圖 5-7 尚德公司的發展策略

資料來源：工研院 IEK(2007/02)

尚德公司的發展優勢與策略，包含(1)產官學研合作發展、(2)上游策略合作與拓展、(3)中國大陸內需市場的重要性逐漸抬頭、(4)縱向垂直整合，橫向薄膜技術規劃，及(5)境內產線分布，促成產業群聚。表 5-7 所示為無錫尚德銷售網路與策略，其銷售策略是利用綿密的銷售網路來拓展其市場滲透度。

表 5-7 錫尚德銷售網路與策略

地區	駐點	營運重點
歐洲	倫敦、巴黎、馬德里、羅馬、阿姆斯特丹、柏林、莫斯科、迪拜	以德國為中心市場，輻射歐洲全部市場的營銷戰略，強化了快速高效、優質服務、良好運作的外銷渠道，確保及時交貨，提高客戶的滿意度。
亞洲	漢城、吉隆坡、雅加達	目前世界銀行在非洲一些國家贊助大量太陽能發電項目。亞洲市場，在泰國，馬來西亞，孟加拉等國家，當地政府和亞洲發展銀行推出越來越多的太陽能項目。
澳洲	坎培拉、惠靈頓	澳洲雖然陽光較為充足，但是因為政府並沒有頒佈相關的鼓勵政策，所以整個市場的容量不是很大。但是隨著政府對環境保護的重視，尤其是對溫室效應帶來的嚴重後果的重視，一些相關政策有望在近幾年啟動。新西蘭政府已經對光熱行業實施補貼。
美洲	溫哥華、洛杉磯、墨西哥、華盛頓、聖地雅哥、布宜諾斯艾利斯、巴西利亞	南北美洲尤其是美國的加里福尼亞均具備優越的地理環境和充裕的陽光，加上政府鼓勵政策的刺激，其太陽能發電市場一直在穩步增長，加拿大，墨西哥的太陽能發電市場也有著廣闊的前景。
非洲	內羅華、約翰內斯堡	太陽能在亞洲和非洲地區主要用來解決邊遠地區鄉村缺電的問題。非洲國家多屬於內陸，不具備發展風電的條件，但光照條件充足，因此更多的國家開始傾向於太陽能。目前世界銀行在非洲一些國家贊助大量太陽能發電項目。
中國大陸	北京、上海、無錫	中國大陸的“西部光明工程”和“送電到鄉工程”中發揮了重大作用，承接了許多城市的太陽能發電科技示範工程。隨著《可再生能源法》的頒佈和正式實施，以及各項配套政策的出台，國內的太陽能發電市場即將起飛，尚德將致力於開發太陽能發電系統集成工程項目，積極發展光電與建築一體化(BIPV)，開創更加廣闊的太陽能發電的天地。

資料來源：公司資料；工研院 IEK(2007/02)

5-6 垂直整合與專業分工經營模式比較

雖然太陽光電產業發展已有 30 年的歷史，但因與市電成本的比較及市場接受度的影響，市場規模不大，一直到最近幾年因油價上漲及環保議題使得再生能源的發展有了相對較佳的機會，因此近年來太陽光電的市場成長率相當不錯，因此本文將試著探討太陽光電產業採取垂直整合與專業分工模式在經營績效是否有所差異，建立研究假設—不同經營模式，其獲利率有顯著差異。

績效的衡量標準相當多，在本研究中採用營業利潤率(operating margin)，營業利潤率 = 營業獲利 / 營收，不計入業外收益的部分；在樣本的選取上，雖然近年來陸續有許多新進入者，但因都是剛成立的公司，財務資料不完整無法採用，另外有些公司為多角化經營，太陽光電佔其營收比率不大，又無法取得其太陽光電部分的經營績效，導致樣本數量較少(但樣本公司皆為 Goldman Sachs、Daiwa 及 CLSA 評選為值得投資的標竿公司)；採用資料期間以市場由產業萌芽期進入成長期階段 2003~2005 年，樣本資料的經營績效如表 5-8 所示。由表 5-9 顯示，採取兩種不同的經營模式，其營業利潤率並無顯著差異，乍看之下似乎假

設無法獲得驗證，但若我們再將專業分工廠細分為電池及模組兩類，則可以發現電池專業分工廠其經營績效與垂直整合廠有顯著差異，研究假說在此一部份獲得驗證。

表 5-8 標竿樣本公司的營業利潤率

經營型態		公司	2003	2004	2005	平均值
垂直整合模式		Ersol Solar Energy	-7	8.9	14.7	5.5
		REC	-22.7	-0.3	24.5	0.5
		SUMCO	4.4	16.3	20.1	13.6
		Sharp	1.4	10.3	10.6	7.4
		Kyocera	3.3	14.3	19.4	12.3
		Solarworld	-2.3	16.8	22.9	12.5
		BP Solar	11.1	12.9	13.1	12.4
		Suntech Power Holdings	5.4	23.6	18.9	16.0
專業分工模式	電池專業分工模式	Q-cells	19.9	15.2	21.1	18.7
		Motech	17.9	21	27.5	22.1
		E-Ton*	-231.1	19.7	23.8	21.8
	模組專業分工模式	Conergy	1	7	9	5.7
		Solon	-2	4.1	7.2	3.1
		Solar-Fabrik	15.1	11.7	-0.2	8.9
		Solartron Public	4	14	12	10.0

*：2003 年公司初成立不列入採計

表 5-9 營業利潤率差異分析比較

平均值	經營模式			平均值差異檢定 <i>t-value</i>
	總體產業	垂直整合	專業分工	
營業利潤率	11.4	10.0	總體 電池 模組	12.9 20.9 6.9
				-0.825 -5.163*** 1.304

* $p < 0.1$; ** $P < 0.05$; *** $p < 0.01$

由以上結果，與表 4-10 Gregory F. Nemet 對電池部分的研究結果有著某種程度的吻合，該研究顯示在工廠規模大小對於成本的降低有 43% 的貢獻，顯示規模經濟的效應的確有助於專業分工的經營模式，而這種模式的公司出現約在 2000 年以後才出現，也是另一項間接證明專業分工經營模式適合於市場成長率高/具規模經濟效益的階段。更進一步說明太陽電池專業分工的模式經營，如德國的 Q-Cells 公司、台灣的茂迪及益通公司都有非常突出的經營績效，其主要原因還是有些微不同，Q-Cells 公司是以規模經濟效益及市場取勝；茂迪公司則是以高 yield 及產能利用率著稱；益通公司以高的光電轉換效率降低製造成本來突顯其

經營績效；而後起的中國尚德公司則具有低廉的人力成本的優勢；幾個主要經營績效不錯的專業分工廠家，各具不同的競爭優勢。

雖然在整體的垂直整合與專業分工的經營模式績效上沒有顯著的差異，這個部分我們也可由垂直整合的交易成本理論作一簡單說明，由於近年來太陽光電產業的蓬勃發展，以致於上游原材料供不應求(如圖 4-2 所示)，因此造成下游專業分工廠不易取得原料，相對增加其交易成本，也促使上游的獲利提升，所以在垂直整合的公司型態，現階段由於原材料矽的取得困難，整合矽鑄錠到模組，相對在原材料的成本上有相對優勢，即使在矽材料價格上漲的狀況下，仍然維持不錯的獲利水準，如表 5-10 所示為 SolarWorld 公司及其它同類型的公司其經營績效的提升主要來自於晶片部份的績效提升，其主要經營績效的提升均是由於原材料供不應求所造成的。

表 5-10 主要的垂直整合型公司各部份經營績效

Solarworld AG		Wafer	Cell	Module	Group	
2003	Total sales(€M)	78	17	34	98	
	Operating margin(%)	5.1	5.9	0	-2.0	
2004	Total sales(€M)	111	63	79	200	
	Operating margin(%)	12.6	17.5	5.1	17.0	
2005	Total sales(€M)	166	62	110	356	
	Operating margin(%)	31.9	14.5	6.4	25.3	
2006 Q1~Q3	Total sales(€M)	195	117	136	327	
	Operating margin(%)	30.8	16.2	5.9	31.2	
Ersol AG		Silicon	Wafer	Cell	Group	
2004	Total sales(€M)			24.0	37.6	
	Operating margin(%)			15.2	8.9	
2005	Total sales(€M)		6.348	45.651	64.385	
	Operating margin(%)		9.0	18.1	14.7	
2006 Q1~Q3	Total sales(€M)	13.610	34.461	75.259	96.049	
	Operating margin(%)	32.4	20.3	10.2	17.5	
REC group		Silicon	Wafer	Cells+Modules	Group	
2003	Total sales(M NOK)	193	618	21	7	713
	Operating margin(%)	-5.2	-4.9	-123.8	-100	-22.7
2004	Total sales(M NOK)	534	884	144	129	1418
	Operating margin(%)	4.7	7.7	-5.6	-13.2	-0.3
2005	Total sales(M NOK)	1018	1597	404		3019
	Operating margin(%)	40.6	26.1	21.0		24.5
2006	Total sales(M NOK)	2127	2456	874		5457
	Operating margin(%)	50.0	33.6	22.2		36.3

資料來源：各公司財報，本研究整理

第六章 結論與建議

6-1 結論與建議

由於環保永續的議題及石化能源資源有限的問題，新興能源受到全球極大的重視，各國政府積極運用各種補助政策激勵措施，使得太陽光電產業成為市場高速成長的新興產業，是一個極被看好的潛力產業，全球太陽光電產業發展，目前正處於產業成長期，市場成長性高但進入者眾，因此市場競爭將漸形激烈，因此本文主要的研究目的，希望分析探討台灣太陽光電產業如何在全球化競爭中取得優勢，從國家產業競爭面來看，台灣高等教育人才充裕，具有相當優秀的人力資源基礎；雖然相對德、日兩國，台灣起步較晚，但台灣具有過去長期累積的半導體、資訊電子及 TFT-LCD 等產業的技術能量與優勢的產業群聚，因此台灣的太陽光電產業是具有相對競爭優勢；與其他美日德工業先進國家比較勞動成本相對為低，亦是競爭優勢因素之一；而台灣的科學園區的績效更是全球產業群聚完善的典範；台灣擁有的龐大外匯存底，且政府對於高科技產業建立完善的輔導獎勵制度，因此在企業資金籌措相對容易，有利於廠商擴產；最後台灣企業一直以中小企業為主，其特質為具有彈性、靈活的特性，亦是產業競爭的優勢，以上幾點均是台灣在太陽光電產業具有的發展優勢，也可以看出台灣在國家層面來看發展太陽光電產業絕對具有相當的潛力。當然，台灣在太陽光電產業的發展亦有其劣勢，例如台灣向來缺乏最上游多晶矽原材料產業鏈，在當前原材料供不應求的情況下，相對易於發生原材料取得困難的窘局，將會是阻礙產業發展的一大隱憂；其次，台灣雖然已有太陽光電補助政策，但關鍵的再生能源法電力回收補助辦法一直未能通過，無法更進一步刺激內需市場，也是產業發展美中不足之處；在全球相關競爭力評等機構的評等，台灣在公共基礎建設相對落後德日，亦是一個缺憾；雖然台灣具有不錯的人力素質，但因高科技產業(例如半導體、平面顯示器等)蓬勃發展，人力需求迫切，因此一直存在技術人力缺口，對於產業發展形成不利的因素；台灣在太陽光電產業的發展上，在專利的保護上相對較弱，若不能提升這方面的能量，未來將會面臨中國具有優勢人工成本的嚴苛挑戰。而且台灣缺乏最上游的原料製造廠商，產業結構不夠完善，未來也必須強化產業架構完整性，加強產業整體的競爭優勢。同時，本研究對於台灣在太陽光電產業發展政府的策略亦提出以下建議—

■發展多晶矽材料(polysilicon)生產技術

- (a)解決上游原材料嚴重短缺問題
- (b)帶動我國中下游產業投資生產規模與技術能量
- (c)建立完整自主之供應鏈

■高效率與低成本矽晶太陽電池開發


- (a)提高產品轉換效率，降低成本，提昇應用設計附加價值
- (b)需加強研發能量，整合資源，提高產品全球競爭力

■次世代太陽電池技術開發

- (a)無稀有元素，無多晶矽缺料問題
- (b)隔熱、透光、安全、美觀產品多樣性且配合建築物節能應用

■其它需要協助事項

- (a)建立太陽光電模組檢測驗證技術
- (b)建立太陽光電區域網路系統設置能力
- (c)開發太陽光電生產設備



對於台灣太陽光電產業的個別企業而言，雖然德國及日本主要廠商於產業發展初期即已進入，由於產業發展不成熟，因此多以垂直整合的經營策略，發展自給自足的模式藉以提升其競爭力。台灣則以專業分工的模式進入產業，以彈性的應變及製程的專業管理來加強其競爭優勢，未來台灣太陽光電相關企業的發展模式可能亦是以此一模式發展，配合優勢的產業群聚，將可發展出以半導體產業類似的虛擬垂直整合的型態。同樣的，由於台灣發展以專業分工為主，具有彈性應變管理的特性，因此在產能利用率及生產率(yield)都有相當出色的表現，在製造成本降低的能力，台灣原本就具有一定的國際競爭優勢，在面對未來長期價格下跌的趨勢上，台灣企業應該可以有非常出色的表現。最後對於台灣太陽光電企業的發展，短期競爭關鍵在於成本的降低，其發展策略可藉由規模經濟效益、提升光電轉換效率、節省原材料的使用及掌握上游原材料的穩定供應等四方面來因應；長期的發展上，必須持續研發新材料及新技術，避免破壞性創作效應，確保競爭優勢。

6-2 研究限制

本研究在研究過程中雖然力求嚴謹，但因地緣及時間的限制，仍未能達到盡善盡美的程度。

1. 本研究探討台灣太陽光電產業的競爭優勢，對象包括德、日等國，由於國外資訊的取得仰賴文獻的取得，無法進行國外實地訪談，資訊的完整性相對較弱。
2. 由於全球太陽光電產業正由萌芽轉成長階段，公司的數量較少且成立時間不長，因此樣本數量較少，又由於產業處於快速成長期，新進入者眾，造成產業變化劇烈，在探討個案時，難免可能會與產業的發展有些許的差異。

6-3 後續研究建議

1. 後續可以繼續追蹤產業變化及擴大樣本數，分析其發展策略及經營模式，建立最佳的競爭優勢。
2. 可以針對台灣的優勢部分，例如產業群聚及技術外溢擴散對產業發展及競爭力進行量化模式的探討。
3. 可以針對國外政府政策激勵效果建立量化分析資料，進一步提供政府在制定政策的參考。



參考文獻

中文部分

1. 李雯雯, 2007, 薄膜太陽能電池市場展望, 工研院 IEK.
2. 劉佳怡, 2007, 全球跨國太陽電池企業之研發佈局策略, 工研院 IEK.
3. 張勝雄/潘恆堯/管鴻/林矩民/翁敏航, 2006, 矽太陽能電池技術與專利分析之淺談-各種矽太陽電池結構, 工研院.
4. 尤如瑾, 2006, 次世代太陽電池技術-染料敏化太陽電池發展之現況與展望, 工研院 IEK.
5. 劉佳怡, 2006, 由我國太陽光電產業供應鏈觀察未來發展策略, 工研院 IEK.
6. 劉佳怡, 2006, 從全球價值鏈探討台灣太陽光電產業發展契機, 工研院 IEK.
7. 楊懷東, 2005, 地面太陽光電產業結構分析及台灣未來之發展策略, 台灣大學國際企業管理組碩士論文.
8. 吳銀泉, 2006, 太陽能電池產業發展模式與競爭分析策略—兩岸發展模式比較分析, 東海大學管理碩士在職專班論文.
9. 林佩玲, 2003, 台灣 TFT-LCD 廠商向上垂直整合因素之研究, 台灣大學國際企業學研究所碩士論文.
10. 葉恬寧, 2005, 台灣 TFT-LCD 產業價值鏈立潤池分析研究, 交通大學, 管理科學系碩士論文.
11. 林江財, 2007, 太陽光電技術與發展機會, 工研院太陽光電科技中心.
12. 查丁壬, 認識太陽能電池, 中華太陽能聯誼會.
13. 全國科技動態調查, http://www.nsc.gov.tw/tech/pub_data_main.asp
14. 工研院太陽光電科技中心太陽光電推廣計畫, <http://solarpv.itri.org.tw>
15. 經濟部投資業務處, <http://twbusiness.nat.gov.tw/main.asp>
16. 陳彥豪, 2005, 德國太陽光電市場分析與預測, 能源季刊, 35(4), 93-113.

英文部分

- 1.Porter, Michael E.,1980, Competitive Strategy,The Free Press.
- 2.Porter, Michael E.,1980, Competitive Advantage, The Free Press.
- 3.Porter, Michael E.,1980, Competitive Advantage of Nations, The Free Press.
- 4.PV status report 2006 European Commission, DG JRC.
- 5.Sundersan Srinivasan,2007,“The Indian solar photovoltaic industry: a life cycle analysis”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*,11,133-147
- 6.Deli Yang, Pervez Ghauri and Mahmut Sonmez,2005,“Competitive analysis of the software industry in China”, *Int. J. Technology Management*, Vol.29, No.1/2,64-91.
- 7.Po-Young Chu, Mei-Jane Teng, Chi-Hung Huang and Hung-Shu Lin, 2005,“Virtual integration and profitability: some evidence from Taiwan’s IC industry”, *Int. J. Technology Management* Vol.29,Nos.1/2,152-172
- 8.Guido A. Krickx,1995 “Vertical integration in the computer mainframe industry: A transaction cost interpretation”, *J. of Economic Behavior and Organization* Vol.26,75-91.
- 9.Chris Manolis, Arne Nygaard and Bard Stillerud,1997,“Uncertainty and Vertical Control: An International Investigation”, *International Business Review* Vol.6, No.5, 501-518.
10. John Stuckey and David White,1993,“When and When Not to Vertically Integrate”,*Sloan Management Review/Spring*,71-83
11. Chihiro Watanabe, Kouji Wakabayashi, Toshinori Miyazawa,2000,“Industrial dynamism and the creation of a “virtuous cycle” between R&D, market growth and price reduction--The case of photovoltaic power generation development in Japan”, *Technovation*,20,299-312.
12. Shiu-Wan Hung, Chyan Yang,2003“*The IC fabless industry in Taiwan: current status and future challenges*”, *Technology in Society*,25,385-402.
13. Shih-Chang Hung, Yee-Yeen Chu,2006,“Stimulating new industries from emerging technologies : challenges for the public sector”, *Technovation*,26,104 - 110.
14. Joseph Z. Shyu and Yi-Chia Chiu,2002,“Innovation policy for developing Taiwan’s competitive advantages”, *R&D Management*,32(4), 369~374.
15. Johan Albrecht,2006,“The future role of photovoltaics: A learning curve versus portfolio perspective”, 3rd World Congress of Environmental and Resources Economists, Kyoto, July 3-7.
16. Derek F. Abell,2006,“The future of strategy is leadership”, *Journal of Business Research*,59, 310-314.
17. Kwok L. Shum, Chihiro Watanabe,2007,“Photovoltaic deployment strategy in Japan and the USA– an institutional appraisal”, *Energy Policy*,35(2),1186-1195.

18. Robert M. Margolis,2003,“Photovoltaic Technology Experience Curves and Markets”,NCPV and Solar Program Review Meeting, Colorado.
19. Shiu-Wan Hung,2006,“Competitive strategies for Taiwan’s thin film transistor-liquid crystal display (TFT-LCD) industry”, Technology in Society,28, 349-361.
20. Gregory F. Nemet,2006,“Behind the learning curve–Quantifying the sources of cost reduction in photovoltaics”, Energy Policy,34(17),3218-3232.
21. Maya Papineau,2006,“An economic perspective on experience curves and dynamic economics in renewable energy technologies”, Energy policy,34(4),422-432
22. Goldman Sachs,2006,“Solar Cell Industry Looks Attractive Toward 2010”.
23. Daiwa Institute of Research,2006,“Solar-Power Industry”.
24. CLSA,2005,“Solar Power-Sun Screen II”.
25. The New Energy and Industrial Technology Development Organization (NEDO), <http://www.nedo.go.jp/>
26. 日本太陽光發電協會, <http://www.jpea.gr.jp/>
27. National Renewable Energy Laboratory (NREL), <http://www.nrel.gov/solar/>
28. European Photovoltaic Industry Association (EPIA), <http://www.epia.org/>
29. Photon International, <http://www.photon-magazine.com/>
30. Solarbuzz, <http://www.solarbuzz.com/index.asp>
31. IEA Photovoltaic Power Systems Programme <http://www.oja-services.nl/iea-pyps/links/>