

# 太陽能產業及我國發展現況分析

由於傳統石化能源的有限性與獨占性，促使各國正視替代性再生能源的開發議題，其中太陽能光電產業為全球成長最快速的明星產業；國內的能源99%須仰賴進口，若能藉由推展太陽能提高自主能源比率，將有利於國家安全與發展。有鑑於此，本文將從產業的發展歷程、太陽能電池種類及全球太陽能產業現況做概略性的介紹，佐以相關統計資料探討我國太陽能產業現況與所面臨的挑戰，並提出相關建議以供參考。

◎ 王守玉、周于晶（經濟部統計處科長、專員）

## 壹、前言

近幾年，國際油價在蘊藏量日益枯竭、地緣政治、弱勢美元、新興經濟體的強大需求及投機基金炒作下，呈現跳躍式的飆漲，再度喚醒全球對替代能源開發的重視；復以地球暖化議題的催生，使得太陽能、風力、生質能、地熱、水力等無污染性或再生性的新能源

更受到高度關注，其中太陽能因取之不盡、用之不竭，加上先進國家積極推動能源補助政策，提高及明訂未來再生能源占電力供應比率，使得太陽能光電產業成為全球成長最快速的明星產業。

臺灣地處亞熱帶，陽光日照充足，加上具有半導體、光電零組件及紡織、化學、特殊金屬等複合材料的製造優勢基

礎，可望在政府對節能減碳的重視及支持下，將太陽能光電推向新興產業之林，成為驅動國內經濟成長的新主軸。

## 貳、太陽能發展及產業鏈

### 一、太陽能發展歷程及應用

近代太陽光電材料的開發

始於1954年美國貝爾實驗室採用矽材質，供應人造衛星與太空船所需的電力，但製造技術發展相當緩慢。1973年中東戰爭引爆石油危機，激發美、日等先進國家積極投入太陽能領域的研發，並將應用範圍推廣至計算機、手錶、照明、通訊、運輸等消費性產品，以及偏遠地區之獨立發電系統。1990年代全球性環保議題發燒，聯合國遂於1996年在辛巴

威舉行之「世界太陽能高峰會議」中，發表「發展太陽能宣言」，並訂定「國際太陽能公約」及「1996－2005太陽能十年行動計畫」，鄭重宣示聯合國與世界各國開發太陽能的決心。

## 二、太陽能產業鏈

太陽能產業鏈約分為矽材料→矽晶圓→太陽能電池→太陽能電池模組→太陽能系統等

上、中、下游，並呈現上瘦下肥的金字塔型結構。

上游產業鏈因矽原料生產、長晶及切晶之技術與投資金額門檻都相當高，目前幾乎被歐、美、日之先進大廠所壟斷；中游產業鏈為太陽能電池與模組製造，進入門檻較低，惟廠商競爭能力主要取決於電池轉換效率的高低，也是目前國內廠商主要投入的區塊；下游太陽能系統則與應用市場榮

圖 1 太陽能應用範圍

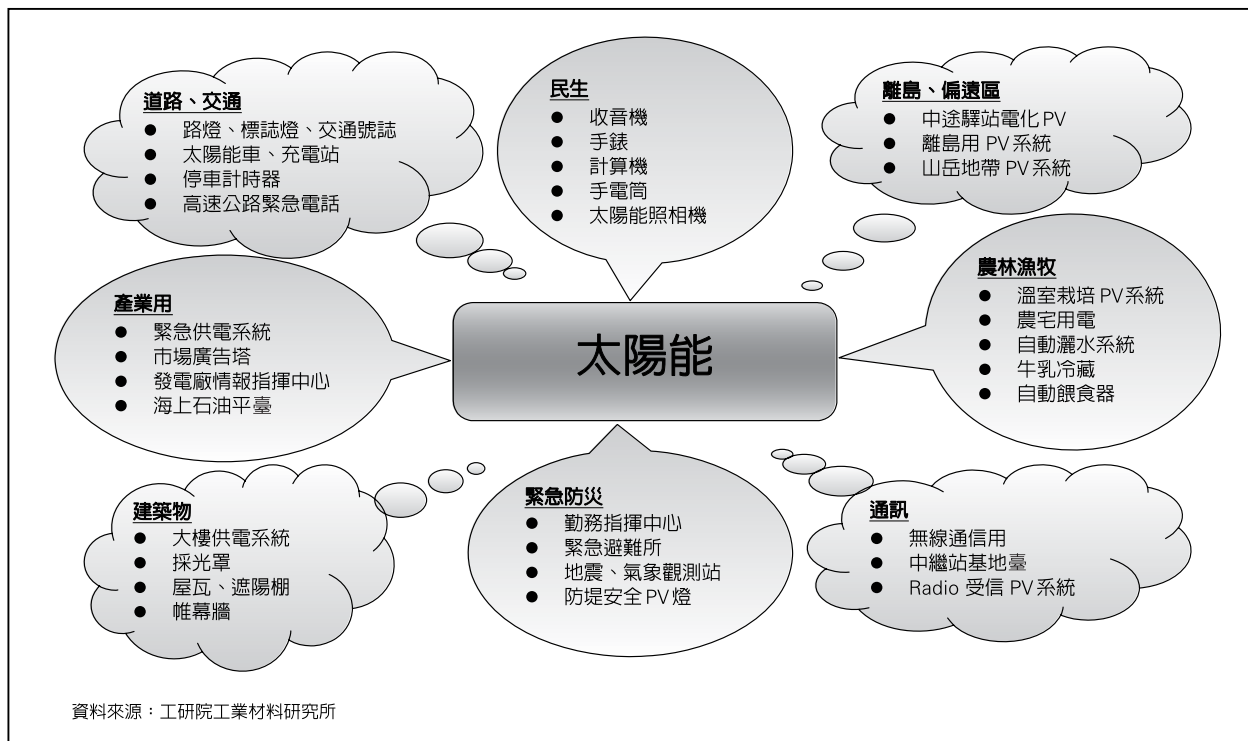
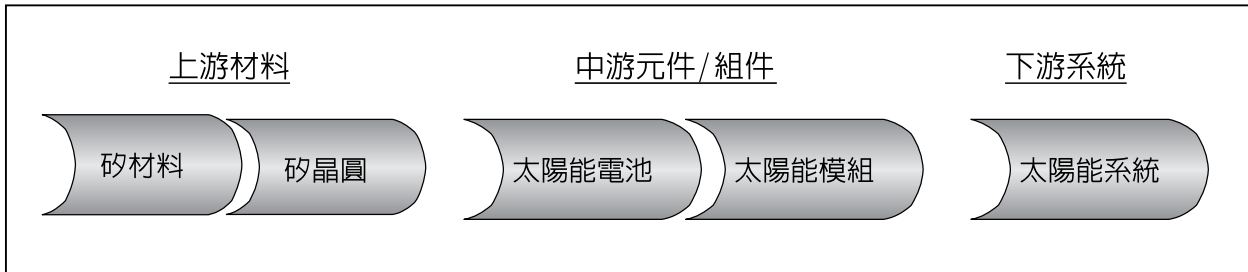


圖 2 太陽能產業鏈



枯息息相關。

### 三、太陽能電池的種類

太陽能電池製造原理係將光能量直接轉換成電能的光電元件，依使用材料可區分為矽

化合物、多化合物、有機半導體等三大類。

### 四、全球太陽能產業概況

由於「與市電併聯型太陽能電池發電系統」技術發展趨於

成熟，並在2000年發展出直接取代傳統建築屋頂、窗戶、遮陽棚等節能建築設計的建材(BIPV)，加上先進國家紛採補助獎勵政策以推廣太陽能發電系統，並明訂未來再生能源

表 1 太陽能電池的種類——按材料區分

種類		特性與主要用途
矽化合物	單晶矽	光電轉換效率最高，使用年限長，價格高，多用於發電廠、充電系統、道路照明系統及交通號誌。
	多晶矽	製程步驟較簡單，成本較單晶矽低，常用於消費性電子產品。
	非晶矽	生產製程最快，產品種類多，使用廣泛，但轉換效率較差，目前多用於消費性電子產品，且新的應用產品不斷在開發中。
多化合物	III-V 族 (砷化鎵GaAs、磷化銦InP)	轉換效率高，但原材料成本高，且量產化困難度高，適合於太空應用及特殊用途。
	II-VI 族 (碲化鎘CdS/CdTe、硒化銦銅CuInSe <sub>2</sub> 、CIGS)	成本較低，安定性高，但有環保及無法大量生產的問題。
有機半導體	TiO <sub>2</sub> / 染料敏化	成本低，轉換效率研發中。

表2 全球太陽能電池生產量

單位：百萬瓦 (MW)

	2001年	2002年	2003年	2004年	2005年	2006年	2007年
日本	171.22	251.07	363.91	594.10	824.30	922.20	932.00
歐洲	86.38	135.05	193.35	344.08	515.30	715.10	1,170.70
美國	100.32	120.60	103.02	141.48	154.80	173.60	273.10
其他	32.62	55.05	83.80	176.34	323.30	724.60	1,902.90
合計	390.54	561.77	744.08	1,256.00	1,817.70	2,535.50	4,278.60
成長率 (%)	35.77	43.84	32.45	68.80	45.00	39.49	69.00

資料來源：PHOTON International

占電力供應的比率，促使太陽能產品製造技術朝深度研發精進，以降低發電成本、提高轉換效率及應普及化應用層面。

近幾年來，全球太陽能電池生產規模年成長率均在3成以上，2007年全球生產規模達4,279MW，約較2001年劇增10倍。主要生產區域仍以日本、美國與歐洲為主，但在市場日漸成熟，價格競爭的全球分工模式下，其他地區占全球生產規模的比率則逐年提高，計由2001年之8.4%逐年攀升至2007年之44.5%，其中成長的貢獻主要來自於臺灣與中國大陸。我國太陽能電池產量占全球比率由2006年之6.7%上升

至2007年之10.8%，躍居全球第四；而同期間中國亦由15.1%攀升至28.1%，比重幾乎倍增。

## 參、我國太陽能產業發展

### 一、生產廠商分布概況

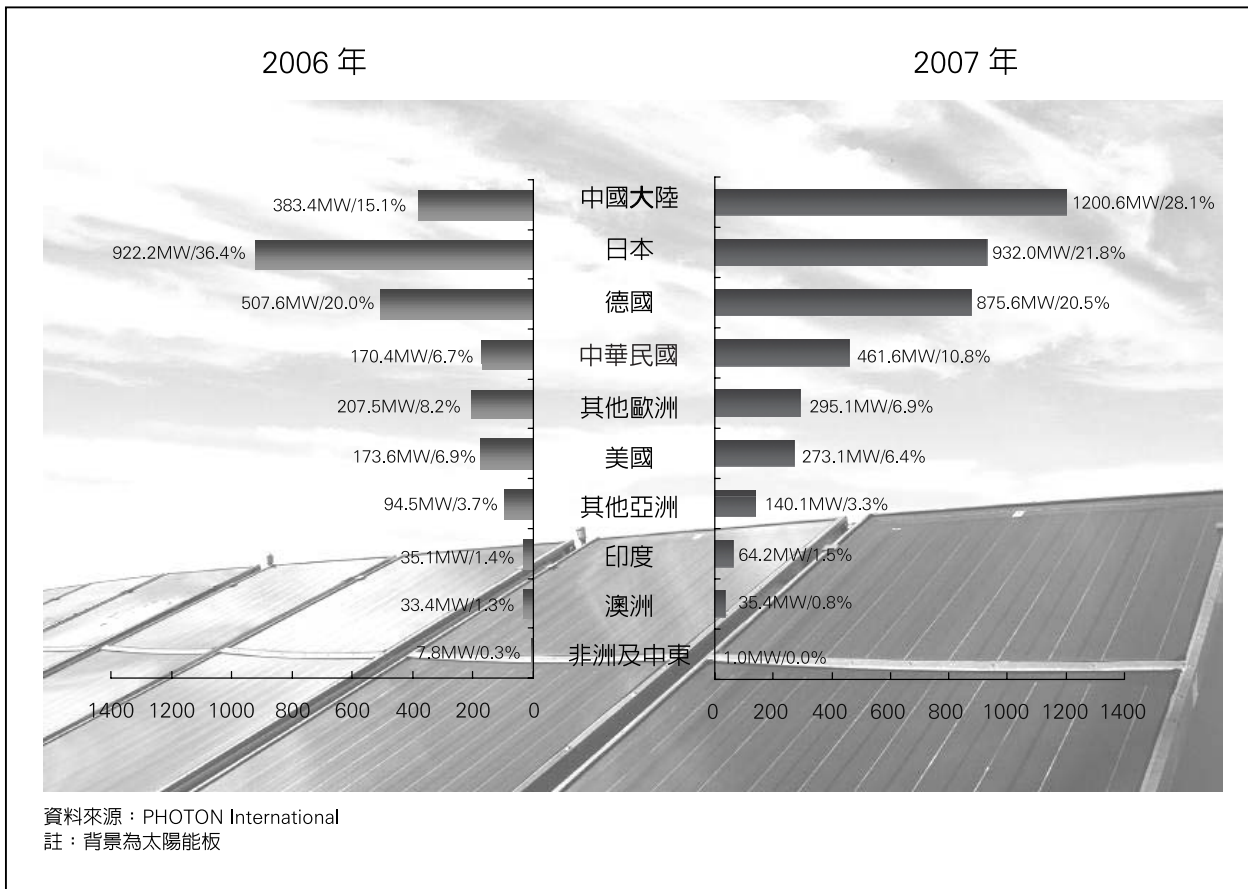
我國目前仍以中、下游的廠商投入者較多，尤其以太陽能電池廠34家及太陽能系統廠37家最多，上游的矽材則在2008年才開始有廠商投入多晶矽領域。以我國業者投入太陽能產業來看，半導體廠多投入矽材、矽晶圓生產，電子電機廠轉投資太陽能電池生產，

LED封裝業則以跨足太陽能模組生產為主。

由於多晶矽屬於化工製程，所以吸引塑化業競相投入，國內有11家廠商欲跨入此領域，預估至2010年以後將陸續完工量產；其中台灣半導體投資的山陽科技、李長榮與億光電子合作成立的福聚太陽能及旭晶能源已籌設建廠中，並以山陽科技掌握完全自行研發的技術來源及製程方式最受矚目，且已小量生產。另外元晶、科風、太陽光電、聯源光電、美商AE、台塑集團、臺聚成立的環球半導體及台灣中油等8家則仍在規劃階段。

生產矽晶圓的廠商大多來

圖3 近兩年各國太陽能電池產量及所占比率



自於半導體業者，目前共有中美矽晶、合晶等9家廠商投入生產；其中綠能、合晶的產量均已在全球占有一席之地。另外台勝科及統懋半導體亦於日前成功開出供太陽能使用的晶圓，而旭晶能源、峰毅、晶耀及達能則正積極規劃設廠中。

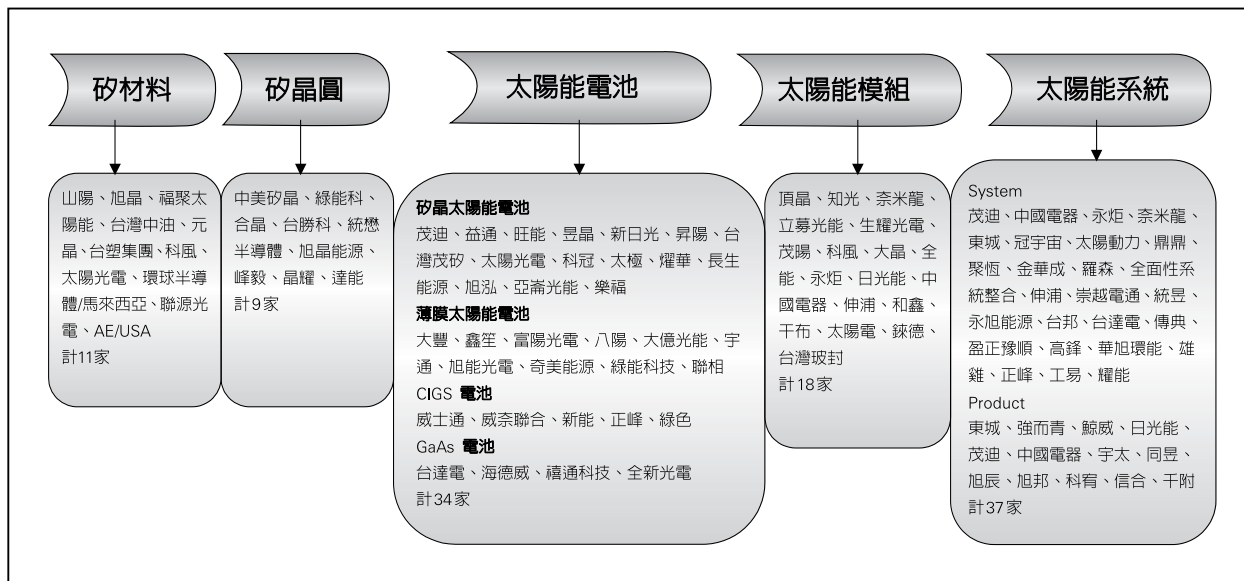
國內太陽能電池廠主要分

為矽晶與薄膜兩大族群，其中茂迪、昱晶、益通、旺能、新日光等15家廠商生產矽晶太陽能電池。發展之初，前十大太陽能電池產量均為歐、美、日廠商，之後隨著臺灣產能持續擴充，2005年茂迪已擠進全球前十大；而富陽、聯相等19家廠商則投入薄膜太陽能電池的

生產，雖然我國近兩年才接續投入，但受惠於半導體產業成功發展經驗的加持，在新產品及技術的研發上表現優異，聯相、富陽光電已於2008年6月開始出貨，其他廠商亦規劃於2008年底或2009年陸續量產。

電池模組廠多由LED業者跨足生產或投資，如鼎元設立

圖 4 我國太陽能生產廠商分布概況



頂晶、李洲投資奈米龍、立基投資知光等，國內計有18家廠商投入生產行列，且陸續接獲國外訂單，未來面對國際垂直整合廠的競爭，將是模組產業發展的一大挑戰。

國內系統裝置廠商計有37家投入，目前以海外為主要市場，內需市場短期內因系統裝置價格仍高而胃納不大；根據統計，截至2007年底國內已完成系統設置僅224案，累計系統設置容量2,672kWp，仍須仰賴政府部門的補助獎勵與推

廣。

## 二、上市櫃公司營收、研發與固定資產投入

2007年受惠先進國家太陽光電大廠的委外生產增加，以及國際油價飆漲的助瀾下，國內上市櫃太陽能廠商積極擴廠，營收均有顯著成長。在矽晶圓方面，太陽能三雄（中美矽晶、合晶及綠能科技）亦隨著產能開出，2007年總營收已達170億元，較2006年總營收

99億元，增加71.7%。在太陽能電池方面，茂迪由2006年之81億元上升到2007年之156億元，增加92.6%；益通由34億元提升到60億元，增加76.3%；昱晶由6億元攀升到68億元，大增10倍的表現最為突出。

以研發經費投入來看，跨入上游矽材料廠、薄膜電池的廠商相對占營收的比重較高，顯示上游材料及電池將成為下一波太陽能廠商兵家必爭之地。另隨著多家公司2007年固

表3 近年跨足太陽能產業之上市櫃公司營運概況

單位：百萬元

公司	營收		研發費用				固定資產淨額		
	2006年	2007年	2006年	占營收比重 (%)	2007年	占營收比重 (%)	2006年	2007年	新購置資產金額
台塑石化	529,566	699,315	2	0.00	2	0.00	279,549	281,963	2,414
科風	2,866	3,520	111	3.87	117	3.32	251	421	170
中美矽晶	4,247	6,718	149	3.51	218	3.25	2,236	3,134	898
合晶	3,655	5,254	80	2.19	75	1.43	1,444	1,522	78
台勝科	5,922	8,386	-	0.00	-	0.00	10,936	16,201	5,265
統懋	740	761	16	2.16	15	1.97	299	377	78
綠能	2,013	5,042	6	0.30	27	0.54	1,113	3,286	2,173
茂迪	8,099	15,578	45	0.56	193	1.24	2,604	2,921	317
益通	3,389	5,974	33	0.97	121	2.03	995	2,479	1,484
昱晶	564	6,829	22	3.90	34	0.50	1,275	3,975	2,700
茂矽	5,054	4,550	154	3.05	112	2.46	1,104	1,717	613
耀華	10,050	10,620	23	0.23	27	0.25	4,423	4,990	567
正峰	5,460	4,904	124	2.27	129	2.63	846	893	47
台達電	60,250	39,256	2,880	4.78	1,956	4.98	4,349	4,146	- 203
全新	915	999	62	6.78	112	11.21	728	863	135
海德威	1,170	909	36	3.08	37	4.07	206	222	16
頂晶	130	1,125	2	1.54	10	0.89	46	96	50
和鑫	7,725	10,990	215	2.78	185	1.68	11,534	7,164	- 4,370
鍊德	24,633	18,813	461	1.87	359	1.91	24,949	19,718	- 5,231
崇越電	3,213	4,090	64	1.99	78	1.91	261	248	- 13
高鋒	789	752	16	2.03	16	2.13	973	1,100	127
千附	1,100	2,017	21	1.91	32	1.59	608	692	84

資料來源：公開資訊觀測站

註：上述均為公司整體營運資料

定資產投資增加的趨勢，顯示各廠商看好未來潛力，競相積極投入。為穩定太陽能產業最

上游的原料來源及強化競爭優勢，太陽能業者除與上游矽晶圓廠簽約外，更延伸至多晶矽

材的原料廠，朝向「垂直整合」布局。

### 三、太陽能電池產值與進出口值

我國太陽能電池早期發展多屬於低階產品（應用於消費性電子產品如計算機、電子錶等），隨著我國下游電子組裝廠在降低成本考量下產能轉往大陸後，市場規模快速萎縮，直到近年來在政府政策鼓勵及先進國家追求環保之潮流下，太陽能電池產值逐年倍增，在2006年首度突破百億元，2007年提升至364億元，自2002年至2007年，平均年成長率高達146.5%，而2008年1至7月的

產值達414.8億元，年增率127.1%，顯示產值維持高度成長趨勢。根據經濟部統計處之工業生產統計，太陽能電池之附加價值率約近三成，與構裝IC相當，然由半導體發展歷程對照，未來我國太陽能產業走勢仍須藉助於穩定的料源供應，並落實應用研究與技術開發層面，以提升其附加價值，方能減緩微利化的競爭態勢，尤其來自大陸的低價競爭。

由於國內太陽能系統裝置成本仍高，所以太陽能產品主要流向以國外市場為主，2007年出口值為11.5億美元，遠高

於進口值2,154萬美元，且2008年1至7月出口值為14.3億美元（占產值的九成五以上）已超越上年水平，其中德國、西班牙、美國為主要出口地區。

### 四、未來面臨的挑戰

（一）臺灣多晶矽材料仍須仰賴進口，顯露出供應鏈上的弱勢，更面臨矽材缺料的危機：矽晶太陽能電池的製程矽材耗損率高，建立一座3,000噸產能的晶矽廠約需新臺幣100億元，且耗時約2

表 4 我國太陽能電池產值、進出口值變動

	產值		海關出口值		海關進口值	
	(百萬元)	成長率 (%)	(百萬美元)	成長率 (%)	(百萬美元)	成長率 (%)
2002年	400	1,062.41	11	173.63	4	294.00
2003年	943	135.57	26	136.91	1	-73.60
2004年	2,312	145.26	77	196.35	2	121.15
2005年	4,090	76.95	162	109.67	5	125.65
2006年	13,829	238.08	384	137.37	11	112.91
2007年	36,399	163.22	1,154	200.11	22	94.93
2008年1-7月	41,478	127.08	1,430	153.08	42	1,305.67

資料來源：經濟部統計處工業生產統計、財政部進出口統計



至3年方可量產，無法在短期內跟上太陽能電池迅速擴廠的腳步。我國在矽晶太陽能電池產量上雖然已居世界重要地位，但所需多晶矽材料仍須仰賴進口，致生產成本無法降低，加上廠商為掌握矽晶圓的取得，多以策略結盟方式與其上游業者訂定長期原料供應合約或與其技術合作，在矽材價格上更受制於國外廠商。

(二) 受限於現階段的技術及製造設備未標準化，難以打進全球太陽光電的模組化供應鏈體系：我國單晶矽、多晶矽太陽能電池光電轉換效率與國際大廠仍有些微差距，而薄膜太陽能電池雖然可以減少使用矽材料，但是技術能力要求較高，目前國內生產廠商仍依賴國外生產設備

系統，將是未來跨入此領域廠商亟待克服的問題；另外太陽能模組須經過國際機構驗證方得以行銷各國，但是受限於認證程序繁複且時間長，將限縮國內專業模組廠之國際競爭力。

(三) 缺乏上中下游之策略聯盟，且以專業化生產為主，無法形成緊密群聚效應：以我國投入太陽能產業來看，半導體廠多投入矽材、矽晶圓生產，電子電機廠轉投資太陽能電池生產，LED封裝業多投資太陽能模組生產，呈現「跨業投資」的推動效能，但明顯欠缺「自我產業鏈」間串聯投資，以致於我國趨向專業代工，迥異於國際大廠的垂直整合，而且產業結構呈現金字塔，偏向競爭力較低的中下游，與過往資

訊電子工業發展過程如出一轍，訂單及價格決定權仍由國際系統整合大廠掌握。

(四) 國內胃納不足，外銷依存度顯著，不利整體發展：太陽能電池發電在國外技術已成熟，也已大量商品化，國外發展蓬勃，市場成長快速，而國內由於裝置成本居高不下，致需求無法顯著提升，以一般家庭規格3-4kW之系統裝置約需90-120萬元，且太陽能每度14-15元之發電成本，相較於國內每度2.1-5.1元的用電價格明顯高出許多，在產品成本上明顯不敵傳統電力，再者，安裝空間缺乏且易被鄰近大樓遮蔽，亦限縮了國內的需求市場，致國產之太陽能電池九成五以上均為外銷。

## 肆、結論與建議

由於傳統石化能源的有限性與獨占性，未來全球對能源的需求亦將有增無減，促使各國正視替代性再生能源的開發議題。臺灣的能源99%須仰賴進口，若能藉由推展太陽能提高自主能源比率，將有利於國家安全與發展。因此提出以下建議，以供卓參。

- 一、獎勵矽材廠的投資設立：  
政府應積極輔導國內廠商投入開發矽材及矽晶圓，並引進國際大廠來臺投資，上游矽材若能完全達到自給自足，下游太陽光電廠能夠有效率地提升轉換效率，亦能減少對矽材的使用量，將有效降低太陽光電之設置成本。
- 二、強化太陽光電競爭能量：  
政府應訂立新能源國家型計畫，投入並提高研發經費，整合研產學單位發展

能量，加速技術與產業化成熟時程；鼓勵廠商運用政府各項獎勵機制，加強太陽光電效率之提升及開發新世代產品，取得技術領導地位。

- 三、開發太陽光電生產設備：  
我國太陽光電發展初期以引進國外整廠輸入技術與設備為主，目前生產核心設備仍屬初期原型開發階段，臺灣設備廠商供貨能力有待加強，因此培養如方向性長晶爐、切方積與線切割機、磷擴散爐、PECVD、效率量測模擬機等核心設備的產製能力，亦為機械產業高質化之重要發展取向。
- 四、加速太陽能產業整合發展：  
面對國際大廠垂直整合的運作型態與新進業者的強勢競爭，國內上、中、下游廠商應強化異業合作，形成國內之垂直投資布局，積極建構全球各地的

供應網路，藉以確保專業化生產的彈性，並維持完整的垂直整合優勢。

- 五、建立模組檢測驗證服務：  
為了縮短業者取得國際認證時程與節省費用，應儘速建立太陽能電池模組產品性能檢測驗證平臺，降低認證成本，協助廠商將產品快速導入國際市場，提升我國在全球太陽光電產業的競爭力。
- 六、營造能源環境，帶動產業發展：  
加速推動「再生能源發展條例」及太陽光電優惠收購電價法案，期透過提供租稅減免、裝置設備補助等政策鼓勵，建立再生能源設備之內需市場，同時帶動相關設備製造及後續組裝維修能量，並配合我國建築物的特性，發展與建材整合之太陽能光電系統，以建構完整產業發展體系。❖