

國立臺灣大學社會科學院經濟學系

碩士論文

Department of Economics

College of Social Sciences

National Taiwan University

master thesis

台灣太陽能光電產業經營績效之研究



A Study on Market Performance of Solar Power
Energy Photovoltaic Industry in Taiwan

汪漢定

Han-Ting Wang

指導教授：李顯峰博士

Advisor: Hsien-Feng Lee, Ph.D.

中華民國 97 年 6 月

June, 2008

摘要

本研究以我國太陽能光電產業為實證對象。選取期間為 2000 年第 1 季至 2007 年第 3 季，台灣證券交易所之 18 家上市（櫃）公司為樣本，蒐集該等公司營業資料，採用 panel data 資料型態進行分析處理，並以隨機效果（random effect）與固定效果（fixed effect）為估計方法。本研究以產業經濟學的「結構、行為、績效」理論為架構，且以各項產業組織研究指標探討我國太陽能光電產業經營績效。

本研究使用的解釋變數為總資產額自然對數代表廠商的規模，設備投資自然對數和研發支出自然對數代表廠商的投資行為，以每股盈餘、股東權益報酬率和資產報酬率代表經營績效。經由實證結果，得到下列幾項結論：

（一）廠商規模對投資行為及對經營績效之影響

廠商規模對設備投資與研發支出，皆有統計顯著正向的影響；總資產額對廠商的每股盈餘、股東權益報酬率，亦有統計顯著正向的影響，然而總資產額對資產報酬率，則有統計顯著負向的影響。

（二）投資行為對經營績效之影響

研發支出愈大的廠商對其每股盈餘及股東權益報酬率，皆有統計顯著正向之影響。

（三）廠商規模及投資行為對經營績效之影響

廠商總資產額愈大（規模愈大）對其每股盈餘及股東權益報酬率，皆有統計顯著正向之影響；研發支出愈大的廠商對其股東權益報酬率，有統計顯著正向之影響；然而廠商總資產額愈大（規模愈大）對其資產報酬率，則有統計顯著負向之影響。

關鍵字：太陽能光電產業、太陽能電池、結構-行為-績效、實證、固定效果、隨機效果

Abstract

This study uses the firms of Solar power energy Photovoltaic industry in Taiwan as empirical objects. We collected 18 firms from 2000 1st to 2007 3rd as empirical sample. We use the data form is panel data and use fixed and random effect approaches, respectively, to verify.

This study was based on Mason-Bain's "Structure-Conduct-Performance" industrial economy theory. By researching the market performance of Solar power energy Photovoltaic industry in Taiwan, the empirical results could test industrial structural theory and provide the results to managers of the firms.

The independent variables are total assets, investment of plant and investment of research and development.

Dependent variables earnings per share, return on equity and return on asset indicate firm's performances. The empirical results are as follows:

The results show that total assets have significantly positive effects on earnings per share and return on equity, but have significantly negative effect on return on asset.

On the other hand, investment of research and development has significantly positive effects on return on equity.

Keywords: Solar power energy Photovoltaic industry, Solar cell ,Structure-Conduct-Performance, empirical, fixed and random effect.

誌 謝

這篇論文得以順利完成，首先要感謝恩師 李顯峰博士的指導，因為我是由機械工程背景轉變到經濟領域來學習的學生，加上本身對經濟專業認知的缺乏，使得恩師他需要花更多的時間與心力來指導我，由於我對產業經濟的興趣及略知產業趨勢走向，在題目的選定過程尚稱順利，從國內外參考文獻的討論、資料的搜尋、研究方法與實證結果分析，李老師都耐心的指導我，培養我寫論文的方法與技巧，而且不厭其煩細心地審閱我的論文，並提出珍貴意見與指正訛誤。在論文大綱及口試期間，非常感謝謝德宗教授及劉祥熹教授，能在百忙之中抽空協助我完成論文，也因為他們詳盡審核與指導使得內容更加充實完整，在此謹致上最崇高謝意。

在台灣大學經濟研究所這二年的求學期間，亦值我在公部門職務轉變到電子、資訊類工程，在工作及課業上皆深感壓力，有幸在課業及計量實證操作的研習過程中，感謝文玲、國禎、穆奎、書敏、紀玉等同儕對我的幫助，讓我能有信心面對困難。因身為基督徒（台北市召會），因我很喜歡麥克阿瑟將軍為子祈禱文「主阿，教導我兒子在軟弱時能夠堅強不屈，在懼怕時能夠勇敢自持，在誠實的失敗中毫不氣餒，在光明的勝利中仍能保持謙遜溫和」，故喜樂地以該祈禱文作為刻勵自己的座右銘。最後我要感謝父母親辛苦的栽培，老婆麗純的支持，女兒恩立、兒子恩平的陪伴，有了他們，給我精神上的支持。另外公部門主管：陳鴻銘科長與高立中科長，同仁：龔子文技正與王文慧管理師在這段期間也給我鼓勵與協助，讓我能安心的完成學業。再次感謝、贊美主。

僅將此論文獻給我最敬愛的雙親。

汪漢定 謹致於台灣大學·經濟學系研究所

中華民國九十七年六月

目 錄

摘要.....	I
Abstract.....	II
第一章 緒論.....	1
第一節 研究動機.....	1
第二節 研究目的.....	2
第三節 研究限制.....	3
第四節 研究方法與架構.....	3
第二章 太陽能光電產業介紹與分析.....	5
第一節 人類近代能源消費起緣與全球氣候暖化課題.....	5
第二節 台灣太陽能光電產業發展近況.....	7
第三節 台灣太陽能光電產業競爭市場.....	13
第四節 全球太陽能光電產業發展與公共政策.....	15
第五節 台灣太陽能光電產業整合、策略聯盟與產業群聚分析.....	18
第六節 台灣太陽能光電產業競爭力與其發展.....	20
第三章 理論基礎與相關文獻回顧.....	22
第一節 結構-行爲-績效(structure-conduct-performance)理論.....	22
第二節 國外相關文獻回顧.....	25
第三節 國內相關文獻回顧.....	26

第四章 實證分析.....	29
第一節 實證模式之建立.....	29
第二節 樣本資料.....	35
第三節 實證結果.....	36
第五章 結論與建議.....	48
第一節 結論.....	48
第二節 建議.....	50
參考文獻.....	52
附錄.....	55



表目錄

表 2-1 全球再生能源蘊藏量.....	6
表 2-2 單晶矽、多晶矽和非晶矽太陽能電池之優異比較.....	11
表 2-3 太陽能電力系統成本結構分析.....	13
表 2-4 2006 年台灣太陽能光電產業 MES 與廠商數.....	14
表 2-5 2006 年台灣太陽能光電產業集中度分析.....	14
表 2-6 歷年全球太陽能電池(Solar cell/Model)生產規模.....	16
表 2-7 台灣太陽能電池(Solar cell/Model)之生產量與產值.....	17
表 4-1 研究構面、研究變數及變數符號之定義.....	32
表 4-2 樣本資料敘述性統計.....	35
表 4-3 各變數間之相關係數.....	36
表 4-4 總資產額影響設備投資迴歸結果.....	38
表 4-5 總資產額影響研發支出迴歸結果.....	38
表 4-6 總資產額影響每股盈餘迴歸結果.....	39
表 4-7 總資產額影響資產報酬率迴歸結果.....	39
表 4-8 總資產額影響股東權益報酬率迴歸結果.....	40
表 4-9 設備投資和研發支出影響每股盈餘迴歸結果.....	42
表 4-10 設備投資和研發支出影響資產報酬率迴歸結果.....	42
表 4-11 設備投資和研發支出影響股東權益報酬率迴歸結果.....	43

表 4-12 總資產額，設備投資和研發支出影響每股盈餘迴歸結	45
表 4-13 總資產額，設備投資和研發支出影響資產報酬率迴歸結果	46
表 4-14 總資產額，設備投資和研發支出影響股東權益報酬率迴歸結果	47
表 5-1 太陽能光電產業廠商資產總額、負債總額、設備投資及研發支出的財務變動情形	48



圖目錄

圖 1	研究方法流程圖	4
圖 2	2001 年全球初級能源供應分布	7
圖 3	台灣太陽能光電產業結構	8
圖 4	Scherer 產業組織分析架構	24
圖 5	產業生命週期	25
圖 6	實證模型架構	30



附 錄

太陽能電池概述及運作原理.....	55
附表 1 全球太陽能光電系統裝設統計量.....	58
附表 2 2006 年全球前十大太陽能電池製造商.....	58
附表 3 世界各國太陽能光電輔助措施.....	59
附表 4 台灣太陽能光電產業研發支出為設備投資之比值與設備投資對資產總額之比值.....	60
附圖 1 太陽能電池工作示意圖.....	61
附圖 2 台灣太陽能光電產業的五力分析.....	62
附圖 3 台灣太陽能光電產業整合與多角化統計.....	63
附圖 4 台灣太陽能光電產業的國際策略聯盟.....	64
附圖 5 台灣太陽能光電產業群聚地分析.....	65
附圖 6 台灣太陽能光電產業 SWOT 分析.....	66
附圖 7 台灣公部門與民間企業在太陽能光電產業研發支出比較.....	67

第一章 緒論

第一節 研究動機

我國於 1992 年至 2000 年間國內最終能源消費平均每年增加約 5.7%¹，然而電力消耗量平均每年增加約 6.16%，又以 2000 年統計資料，台電發電所消耗能源約佔全台灣總能源用量的 48.58%。由於全球大量使用石化能源造成二氧化碳（CO₂）與粉塵等排放及溫室效應所帶來的地球生態嚴重破壞問題，國際環保公約已建立共識希望將全球 CO₂ 排放量控制在 1990 年的水準內，我國身為地球村的一員，有責任及義務配合改善，故在 1998 年 5 月全國能源會議中，決議在西元 2020 年將國內再生能源發電量比例提升至 3% 以上，2005 年 6 月 21 日「全國能源會議」建議政府再生能源發電推廣目標為，2010 年再生能源發電裝置容量達到 513 萬瓩，2020 年達到 700~800 萬瓩，2025 年達到 800~900 萬瓩，即到 2025 年再生能源發電量應占 5~7%，並以裝置容量占比達 10~12% 為目標。

依經濟部能源局統計 2005 年電力排放係數為 0.632 公斤 CO₂e/ 度，2006 年排放係數較 2005 年成長 0.9%，主要係因燃煤發電比重增加、核能發電比重降低致使發電燃料結構的改變，又依據專家的統計資料，各國 CO₂ 排放量約有三分之一來自發電廠，就台灣而言，1990 年全國 CO₂ 排放量約 112 百萬噸，其中發電部門 CO₂ 排放量約 38 百萬噸，約佔 34%，主因火力發電廠發電過程燃燒石化能源產生的結果（以裝置 40 萬千瓦之發電機組為例，每小時耗煤量約 280 噸，年產 SO₂ 約 6 萬噸，煙塵約 28.5 萬噸）。由於台灣 90% 以上的礦物燃料必須從國外進口，且在國際上與大國爭購能源不易，故取得能源的成本不斷上升及加重環境的污染，應體認及早開發商業化之替代能源的重要性。

目前被發現較具發展潛力之再生能源有風力、水力、海洋能、地熱、生質能、燃料電池等，其中太陽能具有取得方便與無污染之優點，已被公認是未來最具開發潛力且符合環保理念的能源之一，由於晶矽類太陽能電池的製程類似半導體製

¹資料來源：經濟部能源委員會 2001 年 4 月編印之台灣能源統計年報。

程，而台灣多年來在半導體領域的努力下，及相關電力轉換與系統設計安裝等技術已相當成熟，是以此時探討台灣太陽能電池產業的市場結構、競爭力與其發展，就環保議題具有時代價值。

第二節 研究目的

本文以台灣太陽能光電產業經營績效為研究主軸，藉由蒐集太陽能電池相關產業資料，經由實證分析，以瞭解太陽能光電產業的發展，如產業特性，產業結構與市場競爭情形，希望有助太陽能光電產業提升經營績效。本研究目的說明如下：

1. 探討廠商規模對投資行為的影響

在一般商業經營模式，廠商規模愈大，其營業收入相對增加，基於寡佔優勢及提高市場佔有率，廠商在設備投資及研發投資上也相對會提高。本研究分析廠商規模與投資行為兩者之關聯性，以利瞭解廠商規模對其投資行為有否顯著影響。

2. 探討廠商規模對經營績效的影響

經營績效是指特定市場結構下，通過特定投資行為使某一產業在價格、產量、成本、利潤、產品品質等方面達到規模經濟的狀態。本研究分析廠商規模與經營績效兩者之關聯性，以利瞭解廠商規模對其經營績效有否顯著影響。

3. 探討投資行為對經營績效的影響

投資行為是市場結構、經營績效的聯接樞紐，投資行為經由運用各種策略對潛在競爭者施加壓力從而影響市場結構。本研究分析廠商的投資行為與經營績效間的相關程度，以瞭解太陽能光電產業的投資行為變動，對於廠商的經營績效有否顯著影響。

4. 探討廠商規模、投資行為對經營績效的影響

本研究最後將同時考量廠商規模及投資行為，以瞭解此兩構面對於廠商經營績效有否顯著影響。

本研究針對以上 4 項目的，利用實證分析，探討該產業的市場結構、行為對於其經營績效之影響程度，提供經營者決策及政府制定有關產業發展政策之建議及後續研究方向的參考。

第三節 研究限制

1. 本研究考量上市（櫃）公司與未上市（櫃）公司的規範有所不同，只選取上市（櫃）公司為研究對象，故所獲之結果僅能代表我國太陽能光電產業成長期前段（產業生命週期）之現象。
2. 本研究在計算各變數時所採用之財務資料取自台灣經濟新報財務資料庫，因該財報資料已經各公司會計師查核簽證，故本研究不再評估該資料之真實性。
3. 本研究選取的研究期間在民國 89 年第 1 季至 96 年第 3 季，故所獲得實證結果，只適用解釋這一期間的現象（以上期間皆為當季資料）。
4. 本研究對於該產業上市公司員工人數各季資料之蒐集，經函文與電子郵件雙重問卷調查，僅台灣聚合化學品股份有限公司一家提供其各季的員工人數，其餘公司則以不便提供為由婉拒，故無法以上市公司各季員工人數資料代表廠商規模作為實證分析的解釋變數。

第四節 研究方法與架構

我國太陽能光電相關產業包含上游矽晶圓製造、中游電池製造、下游模組封裝及後續系統設計安裝，本研究以工業技術研究院（機械期刊 263 期）及台灣光電科技工業協進會（2006 年 61 期）刊載太陽能光電產業學術期刊之國內生產廠商，並篩選其中已生產且為台灣證券交易所之上市（櫃）公司為研究對象，因這選取的 18 家的產量約佔全國 80%，雖無法將未上市或仍在規劃建廠的廠商納入，應具分析的價值與代表性。實證的方式採用 panel data 資料型態進行處理，來分析廠商規模、投資行為對經營績效的影響，本文以總資產額自然對數值代表廠商的規模，設備投資自然對數值和研發支出自然對數值代表廠商的投資行為，以每股盈餘、股東權益報酬率和資產報酬率代表經營績效。（本文研究方法流程如圖 1）

本文架構如下：第一章為研究動機、研究目的與研究方法；第二章為太陽能光電產業介紹與分析；第三章為理論基礎與相關文獻回顧；第四章為實證分析；第五章為結論與建議。

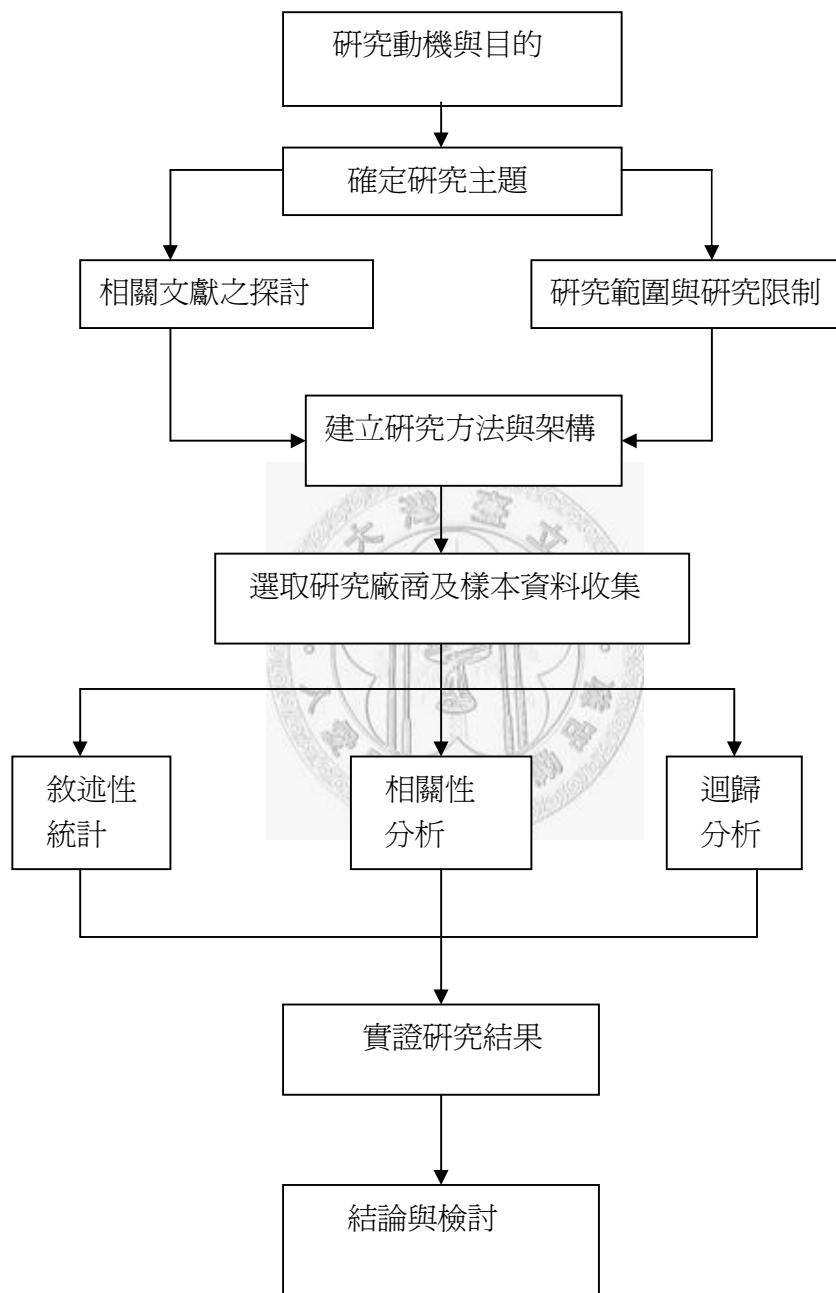


圖 1 研究方法流程

第二章 太陽能光電產業介紹與分析

第一節 人類近代能源消費起緣與太陽能光電的重要性

近代工業革命進程分為兩個階級²，從 18 世紀 60 年代到 19 世紀中葉為第一階級，19 世紀後的 30 年到 20 世紀初為第二次工業革命時期。人類對能源的大規模開發利用是在工業革命以後，起初主要是煤碳。以蒸汽機、煤碳和鋼鐵為主導因素的工業技術革命推動了社會生產，從依靠人力、畜力到依靠機器的改革。直到 20 世紀中期，煤碳依然是世界上最重要的燃料，但石油的消耗量增長迅速，特別是近半個世紀以來，石油化工和交通業的發展使石油對世界經濟和日常生活的影響越來越大，並開始成為影響國際關係和世界格局的主要因素之一。石油主要被用來作為燃油和汽油，是目前世界上最重要的能源之一，目前 88% 的石油被用作燃料，其它的 12% 作為化工業的原料。90% 的運輸能量是依靠石油獲得的，由於石油運輸方便、能量密度高，因此是最重要的運輸驅動能源。由於石油同時是重要的燃料和化工原料，因而對經濟有深刻影響，有著難以取代的地位。

然而隨著全球石油消耗量的增加帶來二氧化碳排放對環境的汙染及氣候變暖的威脅，1997 年 12 月《聯合國氣候變化框架公約》第 3 次締約方大會在日本京都召開。149 個國家和地區的代表通過了旨在限制發達國家溫室氣體排放量以抑制全球變暖的《京都議定書》。《京都議定書》規定，到 2010 年，所有發達國家二氧化碳等 6 種溫室氣體的排放量，要比 1990 年減少 5.2%。議定書同時允許愛爾蘭、澳大利亞和挪威的排放量比 1990 年分別增加 10%、8% 和 1%。

美國是世界上溫室氣體排放量最大的國家，其排放量占到世界總量的 1/4，根據規定，美國應在 2008 年至 2012 年的 5 年時間裏，將其溫室氣體排放量減少 7%，然而美國至 2008 年初拒絕簽署京都公約。另一份加州大學研究報告在 2008 年 5 月份發表指出中國已經取代美國，成為全球「最大污染者」。這項研究指出，

²資料來源：台灣因應氣候變化綱要公約資訊網。

中國的溫室氣體排放量被低估了，而且可能在 2006 到 2007 年間已經超過了美國（資料來源 Google 台灣環境資訊協會）。依國際能源總署（International Energy Agency, IEA）統計，2020 年中國 CO₂ 排放量約 33 億 700 萬噸，估計 2030 年將達到 71 億 4400 萬噸，屆時亞洲國家將佔世界 CO₂ 排放量的一半。而在溫度限制方面每 10 年只能上升 0.1°C 時（評估條件：植物可適應之能力限制上限值），最大允許之 CO₂ 排放量，以 1987 年為基準，已開發國家最大允許之 CO₂ 排放量，到 2050 年需減量 80%，而開發中國家最大允許之 CO₂ 排放量，到 2050 年則允許增量 70%。

自 1973 年第一次石油危機（第二次 1979 年，第三次 1990 年），讓世界各國察覺到能源開發的重要性。由於太陽光是取之不盡，用之不竭的天然能源，除了沒有能源耗盡的疑慮之外，也可以避免能源被壟斷的問題，因此各國也積極地發展太陽能源的應用科技，期望由增加太陽能源的利用來減低對化石能源的依賴性。以下由表 2-1 及圖 2，瞭解太陽能能源與其他再生能源：水力、潮汐流、地熱、風力，具有豐富的蘊藏量，是人類發展再生能源的明日之星。

表 2-1 全球再生能源蘊藏量

再生能源	能源蘊藏量 (Kcal)
水力	5 億
潮汐流	7 億
地熱	77 億
風力	880 億
太陽能	420,000 億

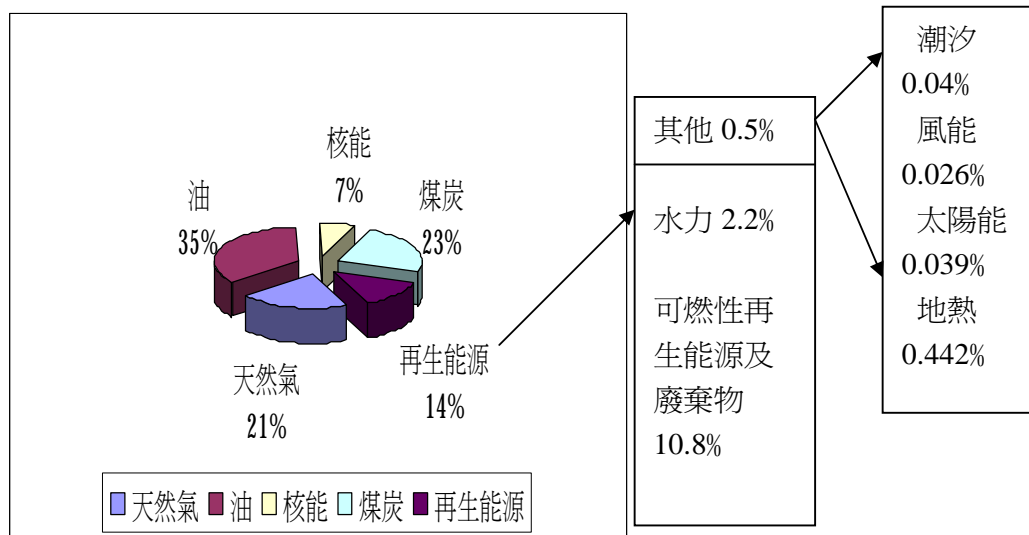


圖 2 2001 年全球初級能源供應分布

資料來源：同表 2-1。《科學發展》，2004 年 11 月，383 期，刊載引用國際能源總署資料。

第二節 台灣太陽能光電產業發展近況

國內早期投入生產太陽能光電產業的主要廠商有光華、茂迪等公司，光華開發科技公司從 1988 年，就以生產非晶矽太陽能電池為主，主要應用在消耗性電子產品上，像手錶、計算機等。茂迪公司則於 1999 年，開始在臺南科學工業園區設廠，以生產單晶矽和多晶矽的太陽能電池為主。近年來，國內廠商對太陽能電池事業的投資也逐漸感到興趣，主要原因除了國際市場的供不應求外，另一因素則是政府從 1999 年起，開始大力推展太陽能電池發電，並且著手推動各項獎勵措施，因此投入這一個事業的業者也明顯增加。

太陽能光電產業之產製流程包含上游矽晶圓製造、中游電池製造、下游模組封裝及後續系統設計安裝，本文研究該產業之國內廠商分布，如圖 3 台灣太陽能光電產業結構。

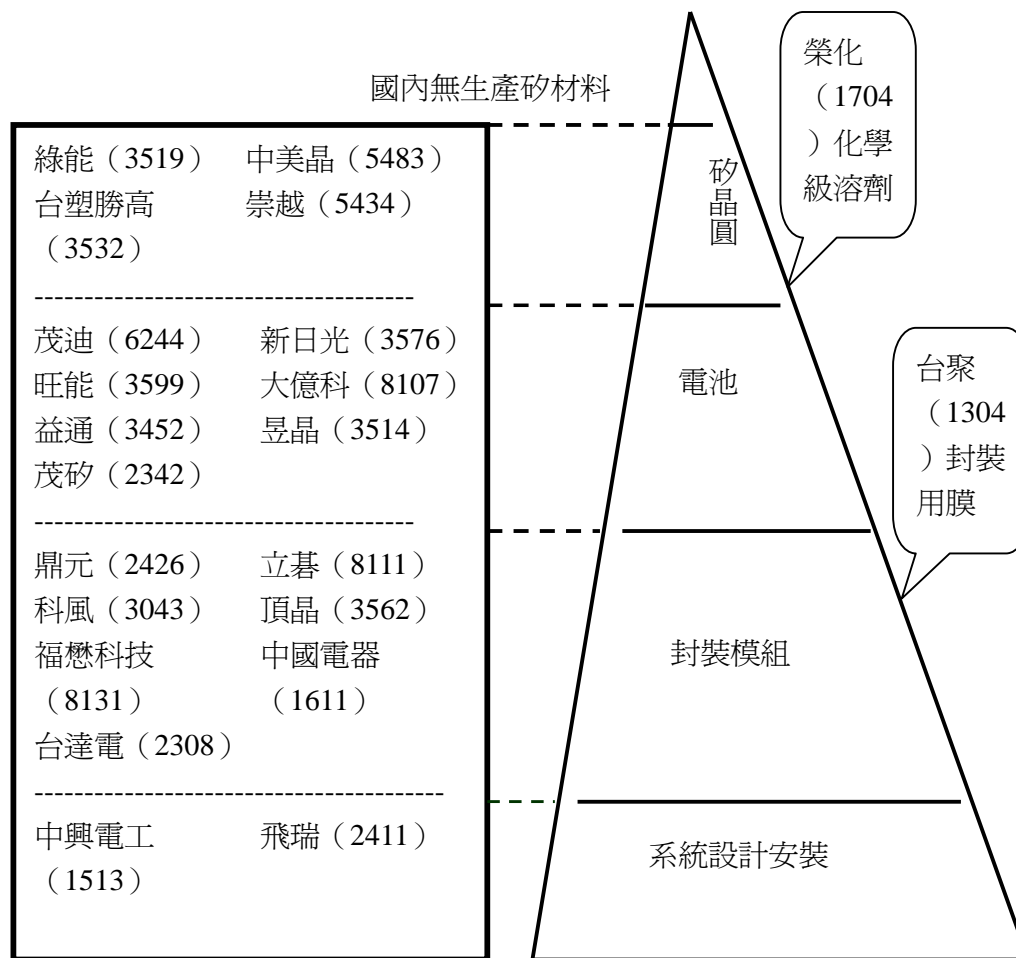


圖 3 台灣太陽能光電產業結構

資料來源：自行整理。

備註：() 括號內符號為台灣證券交易所上市 (櫃) 公司代號。

由於國內半導體級矽材料廠商投資太陽能級矽材料生產，而電子、電機、與電力廠商轉投資生產太陽能電池，又有 LED 封裝廠商投資生產太陽電池模組，呈現出國內跨產業投資太陽能光電產業的情形³。有關本文研究的廠商生產背景及產能分述如下。

(一) 半導體廠商：

台塑勝高科技公司於 1995 年成立，該公司矽晶圓廠具有三點特色：

- (1) 結合台塑企業在本地的統合力量、管理能力及世界知名之矽圓材料廠的技術來生產矽晶圓材料。
- (2) 運用日本工廠生產經驗及構想之高度自動化製程(Process Control System)。
- (3) 由於半導體晶圓廠用電量遠高於其他製造業，而矽晶圓材料廠用電量又高於晶圓製造廠，而國內用電成本僅為日本的 50%，可有效降低成本，而且台塑企業電廠就設在六輕廠區內，可穩定供電，與台電供電有別，依其經驗，台電公司跳電時，該公司仍能正常生產。

中美晶公司於 1981 年成立，具有半導體集團產業特性，該公司目前是國內第二大太陽能長晶廠，預估至 2008 年底其總產能可達 640MW（百萬瓦）。

綠能科技公司於 2004 年成立，台灣唯一以「多晶矽製程」專業產出太陽能矽晶圓（wafer）的專業晶圓廠，又該公司已為台灣橫跨傳統結晶矽與薄膜領域的太陽能業者，預估至 2008 年底總產能可達 300MW。

崇越公司於 1990 年成立，未生產矽晶圓，為一半導體與光電相關產品材料供應商（多自日本進口）。

合晶公司於 1987 年成立，該公司在台灣不生產太陽能相關產品，其單晶矽、多晶矽商品的產地在大陸。

富陽光電公司（為中環公司轉投資的公司，目前尚未上市），該公司已於 2007

³資料來源：台塑勝高等上市公司網站資訊與鉅亨產業經濟專刊。

年 11 月正式裝機，2008 年第二季正式量產，該公司以目前規劃的二條生產線，預計 2008 年產能約 15MKW，2009 年將達 40MKW，2010 年全產能開出將可達約 48 MKW。

聯相光電公司（為聯電集團轉投資的公司，目前尚未上市），該公司目前規劃朝薄膜式太陽光電電池（含模組）及矽晶圓式太陽光電電池兩方面發展，預估 2008 年底達到 37.5 MW，2010 年達到 200 MW。

奇美電子公司規劃朝薄膜式太陽光電電池方面發展，預估 2008 年產能可達到 30MW。

李長榮化工公司於 1965 年成立，該公司產品主力：電子級溶劑（2005 年產量約 2 萬公噸），產品優勢：可改善面板及半導體良率約 1% ~2%。

（二）太陽能電池

茂迪公司於 1981 年成立（1999 年開始發展結晶矽太陽能電池），2000 年才量產太陽能電池，2006 年產出 102MW，2007 年產出 180MW，預估 2008 年產能 280MW。

旺能光電公司於 2004 年成立，為台達電集團及工研院結盟轉投資，該公司規劃朝結晶矽太陽能電池電池發展，預估 2008 年產能可達到 100MW~120MW。

益通公司於 2001 年成立，為基益集團轉投資，2003 年已正式量產，2006 年產出 34MW，2007 年產出 59MW，預估 2008 年產出可達到 150MW，該公司已能生產薄膜太陽能電池及單晶與多晶太陽能電池。

新日光公司於 2005 年成立（力晶集團轉投資），2006 年已量產結晶矽電池電池，2007 年產出 60MW，預估 2008 年產出可達到 210MW；往後每年成長 100~200 MW，預估至 2011 年年產出 600 MW。

茂矽公司於 1987 年成立，在 2003 年轉型為專業之晶圓代工廠，2006 年起規劃太陽能電池事業體，該公司規劃生產單晶矽與多晶矽太陽能電池供市場所需，並積極研發矽薄膜太陽能電池。2006 年已完成一條 30MW 太陽能電池生產線，並已量

產。

昱晶公司於2005年成立（億光集團轉投資），2006年8月才開始正式投入太陽能電池產業，2006年產出6MW，2007年產出70MW，預估2008年產出可達到280MW。

科冠能源公司於2006年成立（科風公司轉投資，目前尚未上市），科風公司於2006年底已量產單、多晶電池，初期年產量30MW，規劃可達90MW。技術支援背景：科風公司的不斷電系統及太陽能變頻器（PV Inverter）。

目前國內太陽能電池廠商仍以生產單、多晶矽電池為主力，然如：茂迪、益通、大億科及大豐能源等多家公司已相繼投入非晶矽電池的研發及生產。該三類電池之比較，如表 2-2。

表 2-2 單晶矽、多晶矽和非晶矽太陽能電池之優異比較

種類 評估項目	1.單晶矽	2.多晶矽	3.非晶矽 依薄膜的材料與技術不同，種類包括有非晶矽(A-Si)太陽能電池（以玻璃或塑膠為基板）、銅銦鎵二硒、碲碲薄膜、矽薄膜、染料敏化、砷化鎵...等。
1.全球市場佔有率	43.4%	39.4%	7.6%（依 Marketbuzz 專業網站 2007 年統計）。
2.太陽能使用效率	10~18% 先決條件必須是在日照充足的環境中，且必須克服高溫對於電池造成的傷害問題。	略低於單晶矽	5~8% 在早晚或陰天的低照度環境下，其發電效能與正午時段相差不多，並可接受漫射光線，整體平均電能效率較具優勢。
3.製作方法	成長單晶矽最重要的技術是利用柴氏	由許多不同的小單晶所構成，並經由熔融的矽鑄造固化而形成，因多晶特性，在切割和再加工的手	電漿式化學氣相沈積法，在基板上長成非晶矽的薄膜。優點為價格最便宜，生產速度也最快。

	長晶法	續上，比單晶和非晶矽更困難，優點為簡單的製程和低廉的成本。	
4.製程區分	類似於半導體製程		類似於 LCD 面板製程
5.產品應用	發電廠或交通照明號誌等場所的使用。	部分低功率的電力應用系統上。	消費性電子產品；建築物的玻璃鋁帷幕外牆。

資料來源：中華民國電子工程專輯（2007 年 12 月）。自行整理

（三）太陽能電池模組

福懋科技公司於1990年成立，太陽能電池模組產品比重不超過22%。技術支援背景：半導體封裝及測試。

中國電器公司於 1955 年成立，太陽能電池模組產品比重不超過 16%。技術支援背景：LED 燈泡。

鼎元公司於 1987 年成立，自 2004 年 3 月起投入太陽能模組產品之生產製造，2005 年已量產。技術支援背景：LED 封裝。

頂晶公司於 2006 年成立（原為鼎元光電 ITS 產品事業部，後分割為一獨立公司），太陽能電池模組產品比重 99.8%，太陽能電池 0.2%（依 2006 年公司產銷值），技術支援背景：鼎元公司。

茂迪公司，太陽能電池模組產品比重約 2%。

台灣聚合公司於 1965 年成立，產品主力：乙烯醋酸乙烯酯(EVA)，封裝用。

將若干太陽能電池模組組成方陣(列陣 array),接配上過充放保護控制(controller)及深(循環)放電蓄電池(鉛鈣) 以及逆轉變流器(inverter，直流轉變為交流)合稱為太陽能電力系統,又稱太陽能發電站。有關太陽能電力系統成本結構分析，如表 2-3。

表 2-3 太陽能電力系統成本結構分析

零組件	成本結構
Solar Module (其中Solar cell 約40~46%)	66%
Power Conditioner	12%
Installation	14%
Others (支架；接線箱；配電盤；電錶.....)	8%

資料來源：能源季刊(2006/10)引用工研院 IKE-ITIS計劃(2004)：李承翰(2005)

第三節 台灣太陽能光電產業競爭市場

國內太陽能光電產業從 1988 年開始由光華開發科技公司、茂迪公司等陸續投入生產，產業開展上至矽晶圓，下至模組及後續系統設計安裝，經統計 2006 年太陽能-矽晶圓/電池/模組各產業（本文研究對象）的 MES 分別為 19 億 1674 萬；4 億 9692 萬；9 億 3733 萬（新台幣：元），如表 2-4 台灣太陽能電池產業的 MES 與廠商數。又統計該年度產業 CR₄（或以 CR₂ 取代），國內太陽能電池產業的市場結構；上游矽晶圓部分屬於高度寡佔，中游電池部分屬於領導性寡佔，下游模組則屬於領導性寡佔，如表 2-5 台灣太陽能光電產業集中度分析。

由於已有多家廠商加入太陽能光電產業，其中有規劃中或已於 2008 年初建廠完成正試產中，以中游電池部分而言，新加入者在 2008 年產能規模計有，旺能公司預計可達 100 MW，大豐能源公司 50 MW，燿華電子公司 90 MW，旭泓全球光電公司 60 MW。已加入者大幅提高產能計有，益通公司預計可達 150 MW，昱晶公司 280 MW，新日光公司 210 MW，茂迪公司 280 MW。業界一般估算生產 1 MW 太陽能電池，將可創造出 1 億元的產值，若以此基準估算中游電池部分產業集中度由 CR₄ 99.76%（2006 年）逐漸降低 CR₄ 75%（2008 年），而最大一家廠商市佔率約 23%，顯示中游電池市場結構將由領導性寡佔朝向高度寡佔發展。本文另

以五力分析（如附圖 2）說明國內太陽能電池產業競爭情形。

表 2-4 2006 年台灣太陽能光電產業 MES 與廠商數

類別	MES（新台幣：仟元）	MES 佔市場比例%	廠商數
矽晶圓	1,916,746	63.86	5
電池	496,922	97.84	7
模組	937,339	80.9	5

資料來源：各廠商之營業收入係依 2006 年台灣經濟新報上市櫃公司之產銷值及台灣證券交易所、櫃買中心資料整理而成。

表 2-5 2006 年台灣太陽能光電產業集中度分析

類別	CR ₂	CR ₄	最大一家廠商市佔率
矽晶圓	63.86%		34.18%
電池		99.76%	60.89%
模組	80.9		61.22%

資料來源：同表 2-4。自行計算。

註釋：

1. MES：稱爲「最小有效規模」（minimum efficient of scale）。

國外文獻：D. G. Rhys（1977）, “European Mass-Producing Car Makers and Minimum Efficient Scale”, The Journal of Industrial

Economics, Vol. 25, pp. 313-320

2. MES：計算各產業前 50% 大的累計銷售收入除以各產業前 50% 大的

銷售收入的廠商數。以公式表示如下： $MES = \sum_{i=1}^n S_i / \frac{i}{n}$

S_i 爲第 i 家廠商的營業收入； $\sum_{i=1}^n S_i$ 爲累加的營業收入。

3. CR₄：前四大廠商的市場佔有率指標（four- firm concentration ratio）。

以公式表示如下： $CR_4 = \sum_{i=1}^4 S_i$ ； S_i 表示前四大廠商的市場佔有率。

4. 由於矽晶圓廠商僅有五家，故以 CR_2 取代 CR_4 。
5. 領導性寡佔：產業內最大一家廠商的市場佔率超過 50%。
高度寡佔：產業內最大四家廠商的市場佔率（ CR_4 ）在 60% ~100% 之間。
低度寡佔：產業內最大四家廠商的市場佔率（ CR_4 ）約在 40%。
本項可參見陳正倉等（2007 年）。

第四節 全球太陽能光電產業發展與公共政策

在1990年代末期，日本政府推出「New Sunshine」計畫，積極推動使用新能源，促使日本成為太陽能電池裝置大國。德國於1999 年起推動以10 萬個家庭導入太陽能發電系統的「100,000 Roofs Solar Power」政策，其後在2004 年更實施新再生能源法(Renewable Energy Law)，大幅放寬政府補助政策，使得2004年德國太陽能光電系統裝設達613MW，並首度超越日本成為全球最大裝設國，如附表 1 全球太陽能光電系統裝設統計量。

全球太陽能電池主要製造地區為歐洲及與日本，歐洲地區以德國為主，在2006 年全球太陽能電池主要業者來看，以日本廠商之整體市佔率最高，其次則是德國。就個別廠商而言，國內茂迪公司自2005 年首次進入全球前十大，2006 年該公司之市場佔有率再次提升至第七名（茂迪公司2006年產出量102MW），並為全球第三大之專業太陽能電池，2006年全球前十大太陽能電池製造商，如附表 2。

在國際原油價格狂飆下，各國積極發展替代能源，造就全球太陽能光電產業前景發光發熱，產值飆升，以 1996 年至 2005 年全球太陽能電池（Solar cell/Model）生產規模來看，1997 年產量約 115.8 MW（年成長率約 30% ），2005 年產量約 1656.0

MW (年成長率約 60%) (見表 2-6)⁴。有關全球太陽能光電產業總產值的統計，2006 年時高達 368 億美元，估計 2006 至 2010 年，每年仍會以 40% 至 60% 的幅度成長。統計我國 2004 年太陽能電池 (Solar cell/Model) 產量約 55 MW 與產值 27 億 16 百萬 (新台幣：元)，2005 年至 2008 年 (08 年為預估值) 期間，產量與產值皆有 40% 以上的年成長率，如表 2-7 中所列。

表2-6 歷年全球太陽能電池(Solar cell/Model)生產規模 單位:百萬瓦(MW)

區域	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
日本	21.2	35.0	49.0	80.0	128.6	171.2	251.1	363.9	444.0	761.8
歐洲	18.8	20.4	33.5	40.0	60.7	86.4	135.1	193.4	285.0	463.7
美國	38.9	51.0	53.7	60.8	75.0	100.3	120.6	103.0	240.0	156.0
其他	9.8	9.4	18.7	20.5	23.4	32.6	55.1	83.8	65.0	274.5
總計	88.7	115.8	154.9	201.3	287.7	390.5	561.9	744.1	1034.0	1656.0
年成長率		30.55%	33.77%	29.95%	42.92%	35.73%	43.89%	32.43%	38.96%	60.15%

資料來源：Solarbuzz LLC (2006)。自行整理。

⁴資料來源：參見經濟部召開「加速推動太陽光電產業發展策略座談會」(2007 年 10 月 25 日)之資料。

表 2-7 台灣太陽能電池（Solar cell/Model）之生產量與產值

年度	2004	2005	2006	2007	2008
產量（值）					
生產量（MW）	55	90	135	189	265
產量年成長率		63.6%	50%	40%	40%
產值（新台幣： 百萬元）	2,716	5,468	8,985	12,579	16,755
產值年成長率		200%	64.3%	40%	40%

資料來源：PIDA（2005/12）。自行整理。

自 2000 年起，經濟部能源委員會（現已改制更名為經濟部能源局）開始推動設置太陽光電發電示範系統，獎勵補助辦法並於同年 5 月公告實施，截至 2007 年 12 月止，包括總統府在內已有 110 處示範系統建立，總核准補助設置容量已達 1,821 瓩（KW）。另根據經濟部 2007 年 10 月統計，國內太陽光電業總產值從 2005 年的 70 新台幣億元，至 2006 年的 212 億元，產值占全球約 2%。2007 年產值可達 400 億元，保守推估 2010 年產值達 1,500 億元。我國政府為提升產業競爭力，自 1997 年至今已投入 7 億元研發費用，整體產業投資逾 200 億元。為擴大內需，正推動「再生能源風光雙十計畫」，藉由為「再生能源發展條例」立法催生，在 2015 年前，完成累計設置戶數達 10 萬戶以上，整體系統設置量，也規劃由 2004 年的 0.5MW，增加到 2010 年的 31MW，2015 年時，將大增至 320MW。世界各國太陽能光電輔助措施（含我國部分）參見附表 3 世界各國太陽能光電輔助措施表。

第五節 台灣太陽能光電產業整合、策略聯盟與產業群聚分析

以下就產業整合、策略聯盟與產業群聚性分別加以討論。

一、垂直、水平整合與多角化

本節係引用產業整合理論分析國內太陽能光電產業的整合型態與多角化情形⁵，說明如下：

- (1) 矽晶圓4家業者（業者技術背景計有半導體及電子通路）中有2家半導體產業（綠能及中美晶）為水平整合，1家電子通路產業（崇越）為垂直整合，1家半導體產業（台塑勝高）為複式整合。
- (2) 電池7家業者（業者技術背景計有電子業、光電、半導體及LCD）中有1家半導體及1家LCD（茂矽及大億科）為水平整合，3家電子業（茂迪、新日光及旺能）為垂直整合，台塑勝高為複式整合，1家光電業（益通）為垂直整合，1家光電業（昱晶）為複式整合。
- (3) 模組6家業者（業者技術背景計有電子業、電器、半導體及LED）中有1家半導體（福懋）為水平整合，其餘2家電子業（科風及頂晶）、2家LED（鼎元及立碁）及電器業（中國電器）皆為垂直整合。
- (4) 系統設計安裝4家業者（業者技術背景計有電子業、電器、重電）皆為垂直整合（其中茂迪及中國電器為上游製程業者）
- (5) 由上述4點產業整合資料，半導體業主要投資太陽能級矽晶圓（其次則轉投資電池及模組生產），電子及光電業主要投資太陽電池生產（電子業其次則轉投資模組生產），LED封裝廠商主要投資太陽電池模組生產，經此分析呈現出跨產業的投資是台灣PV產業背後最重要的推動力量（其中以電子業最為活躍且跨足最多不同製程領域）。如附圖 3台灣太陽能光電產業整合與多角化統計。

⁵ 有關產業整合及多角化理論，可參見陳正倉等（2007年）。

二、策略聯盟

太陽能光電產業如同一個金字塔⁶，由於進入上游矽原料製造產業的門檻高，因此上游廠商極少，目前大多數的多晶矽都壟斷在大廠手裡，包括美國的 Hemlock 與 MEMC、日本的 Tokuyama 與 Mitsubishi、德國 Wacker 以及挪威 REC 等，這些大廠握有全球 8 成以上的多晶矽；相反的，中下游的廠商卻多如牛毛，料源自然供不應求，這個問題至今仍然困擾著台灣的太陽能晶圓廠與電池廠。以下為國內業界積極向上游取得多晶矽材料，及進行雙向策略聯盟之情形，如附圖 4 台灣太陽能光電產業的國際策略聯盟。

- (1) 中美晶公司繼過去與 Hemlock、Wacker 等國外大廠簽訂多晶矽供料合約，該公司 2008 年 3 月與韓國東洋製鐵化學 (DC Chemical) 公司完成一份長達 8 年，總金額 2.53 億美元的多晶矽供料合約；同時期中美晶公司亦收購美國磊晶廠 Globitech，併購 Globitech 之後將可進入附加價值最高的 6 吋磊晶晶圓及 8 吋埋藏層磊晶的生產和業務。同時期中美晶公司又與太陽能電池廠太陽光公司 (3566) 簽訂長達 10 年的太陽能矽晶片供貨合約，總金額達 2.6616 億美元。
- (2) 同一時間 (2008 年 3 月) 韓國 DC Chemical 亦與國內綠能公司簽訂一份長達 9 年，總金額 2.6 億美元的多晶矽供料合約。茂迪公司部分則為一長達 8 年，總金額達新台幣 58 億元的多晶矽供料合約。
- (3) 國內目前已有中美晶、綠能、崇越、益通及茂迪等多家公司與國外生產「多晶矽」原料商簽訂策略聯盟。
- (4) 太陽能電池業者中有益通及茂迪 2 家公司收購國外矽晶圓廠，益通於 2007 年收購美國 Adema 公司 100% 股權，茂迪公司則收購 AP Polysilico 的 12.9% 股權。

⁶資料來源：太陽能光電專業網站 (Solarbuzz.com)，2007 年產業報告及鉅亨產業經濟網站 (2008 年 3 月 15~24 日)

三、產業群聚地分析

太陽能光電產業中以半導體、LED 及電器類別幾乎群聚於桃竹苗地區。電子業類別有 5 成群聚於南科及其他地區，又其中茂迪一家位於南科。LCD 業類（大億科）一家位於南科，光電業則平分座落於桃竹苗及南科。另在宜蘭縣政府規劃下宜蘭利澤園區，已形成東台灣太陽能電池產業聚落，成功延攬七家太陽能相關業者進駐，產業鏈型態上，包括最上游的多晶矽製造商山陽科技（未上市），中段太陽能電池廠則有燿華電子與旭泓全球光電公司（未上市），同時也有相關零組件業者進駐，如附圖 5 台灣太陽能光電產業群聚地分析。



第六節 台灣太陽能光電產業競爭力與其發展

由於全球矽礦及多晶矽原料掌握於少數國外供應商，使得生產太陽能級矽晶圓（wafer）及電池（Solar Cell）之中游業者必須能掌控「多晶矽原料」已成為太陽能電池產業的關鍵成功因素。目前國內已有茂迪、益通、昱晶、旺能及科風等 5 家上市公司以收購股權或策略聯盟方式取得多晶矽貨源之穩定供應。

2005年台灣太陽能電池製造業合計投資金額超過新台幣27億元，投資金額較2004年成長63%。2004年台灣太陽電池產業開始向上游投資，其中，61.3% 投資於矽晶圓、38.3% 投資於電池。隨著2005年台灣矽晶圓自製，打破過去電池廠商原料完全仰賴進口的局面，使得台灣太陽電池產業的自主性提高。

由於國內半導體級矽材料廠商投資太陽能級矽材料生產，電子電機／能源電

力廠商轉投資太陽電池生產，LED封裝廠商主要投資太陽電池模組生產，呈現出跨產業的投資是該產業背後最重要的推動力量。台灣太陽能光電產業結構，須仰賴太陽電池業界及半導體業界廠商（如技術層次很高的綠能及中美晶2家公司）的合作發展，串聯太陽電池上中游產業鏈。在提升技術層次上，由於太陽電池產業與台灣現有的半導體產業整合能力強，以竹科及南科產業聚落的概念推動太陽電池產業發展（2008年底宜蘭利澤園區將成為東台灣太陽能電池產業聚落），短期內可經由產業聚落間產學研合作研，並輔以創新育成機制，滿足目前市場上對高效率太陽能電池技術需要，以及在大尺寸及薄型化太陽能電池技術上進行創新研發（工研院薄膜太陽能電池計畫預計在3年內將薄膜太陽能電池轉換效率提升10%）。

另因國內太陽能電池產業的進入門檻加上產業步入快速成長期，市場目前供不應求狀況明顯，儘管全球各家電池廠擴廠動作積極，但預計至少在近2年內市場供需失衡的情形仍將持續，也就是說賣方市場的情形仍將持續至少1到2年。

工研院 IEK-ITIS 計畫針對一體型太陽能電池模板(Building-integrated photovoltaic, BIPV)產業發表最新研究報告(2007年9月24日)。該市場研究機構指出，BIPV是結合太陽能發電與建築物外牆兩項功能，將太陽電池模組(module)或陣列(array)整合、設計並裝置在建築物上的雙用途產品。在地狹人稠與土地價格昂貴的地區，BIPV是解決土地設置成本過高與整合發電設備與建物外觀的最佳解決方案。上述情形以附圖6台灣太陽能光電產業SWOT分析說明。

第三章 理論基礎與相關文獻回顧

第一節 結構-行爲-績效（structure-conduct-performance）理論

產業經濟學（theory of industrial economics）在西方主要有三個學派：哈佛學派、芝加哥學派與新奧地利學派。其中哈佛大學教授 E. Mason 和其弟子 J. Bain 是哈佛學派的代表人物，在第一次到第二次世界大戰期間，Mason（1939）發展了傳統的市場結構—行爲—績效（structure-conduct-performance，簡稱 S-C-P 模式）的模式，使之成爲產業經濟學內容的架構，Mason 認爲產業經濟學，須要研究經濟制度及施行研究的經驗，且須要有一個分析理論的架構，即結構—行爲—績效這個架構。他特別強調市場結構和其他客觀的市場條件的重要性，把它作爲認識市場上的企業行爲的關鍵。因此，他著重研究市場結構，以此作爲產業經濟分析的統一基礎。

哈佛學派的特點是重視產業經濟的實務經驗，著重市場結構的研究，並注意壟斷力量與市場結構相聯結的重要性，作爲分析產業經濟的方法。如該學派以實證的截面分析方法推導出企業的市場結構、行爲和績效之間存在一種單向的因果關聯。

Bain 教授亦強調市場結構的重要性，特別是他研究了市場經濟中新加入者進入一個產業時遇到的障礙，這個“進入障礙”和市場集中度、產品差異性三者，是市場結構的關鍵要素，而「集中度」的高低決定了企業的市場行爲方式，而後者又決定了企業市場績效的好壞；Bain（1951）認爲產業高度集中的市場，則潛在廠商進入市場的困難度高，加入少，形成寡佔或獨佔的市場，容易會有勾結的行爲產生。反之，若市場（產業）加入障礙低，則潛在廠商很容易加入，形成完全

競爭或獨佔性競爭的市場；一般而言，在一高度集中的產業，廠商應可賺取比完全競爭市場較高的利潤，此在 Bain (1951) 的實證分析中也得到證實。

Scherer 教授在 1970 年完成 S-C-P 模式中各環節的回饋效應 (feedback)，後又綜合 Mason (1939) 及 Bain (1959) 的觀點，並考量產業的供給面與需求面的經濟基本條件與政府公共政策，提出了完整的產業分析架構，如圖 4；Scherer 認為產業的供給面與需求面會影響市場結構，進而影響產品研發及廣告策略等行爲，再進一步則影響廠商的經營績效。亦如 Martin 教授在 1993 年指出的，結構-行爲-績效的分析模式並不是一種單一的因果關係，它需要同時考慮其它因素對結構、行爲和績效的影響。

本研究將以產業組織爲討論重心，並以「結構-行爲-績效」爲一理論架構，探討我國太陽能光電產業廠商經營績效。以下分成三個部分及圖 4 說明「結構-行爲-績效」基本理論架構：

1. 市場結構：係指市場組織的特性，如消費者和銷售者的行爲，而此特性會隨著時間而有所改變，進而影響市場內的訂價與競爭模式。其主要的元素包括：買方與賣方數目、產品差異性、進入障礙、成本結構、垂直整合、多角化程度等。
2. 市場行爲：係指企業因應市場結構變化而採取的策略行爲，主要包括廠商在競爭過程中彼此互動及調適的行爲。
3. 市場績效：經由市場行爲的結果，瞭解企業在整體市場中有關技術、價格水準、利潤率、成長等方面的表現，是否能達成社會福利的指標。企業在不同時間的成長率可分爲導入、成長、震盪、成熟及衰退等五期來說明其生命週期（如圖 5）。S-C-P 模式是採用整體的觀點來探討市場結構，認為市場結構是由生產者的規模、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、行銷策略、訂價會有所不同，以致影響其在投資、研發、廣告等決策行爲，更進一步地去決定廠商績效、反應、資源分配的效率與成長等。

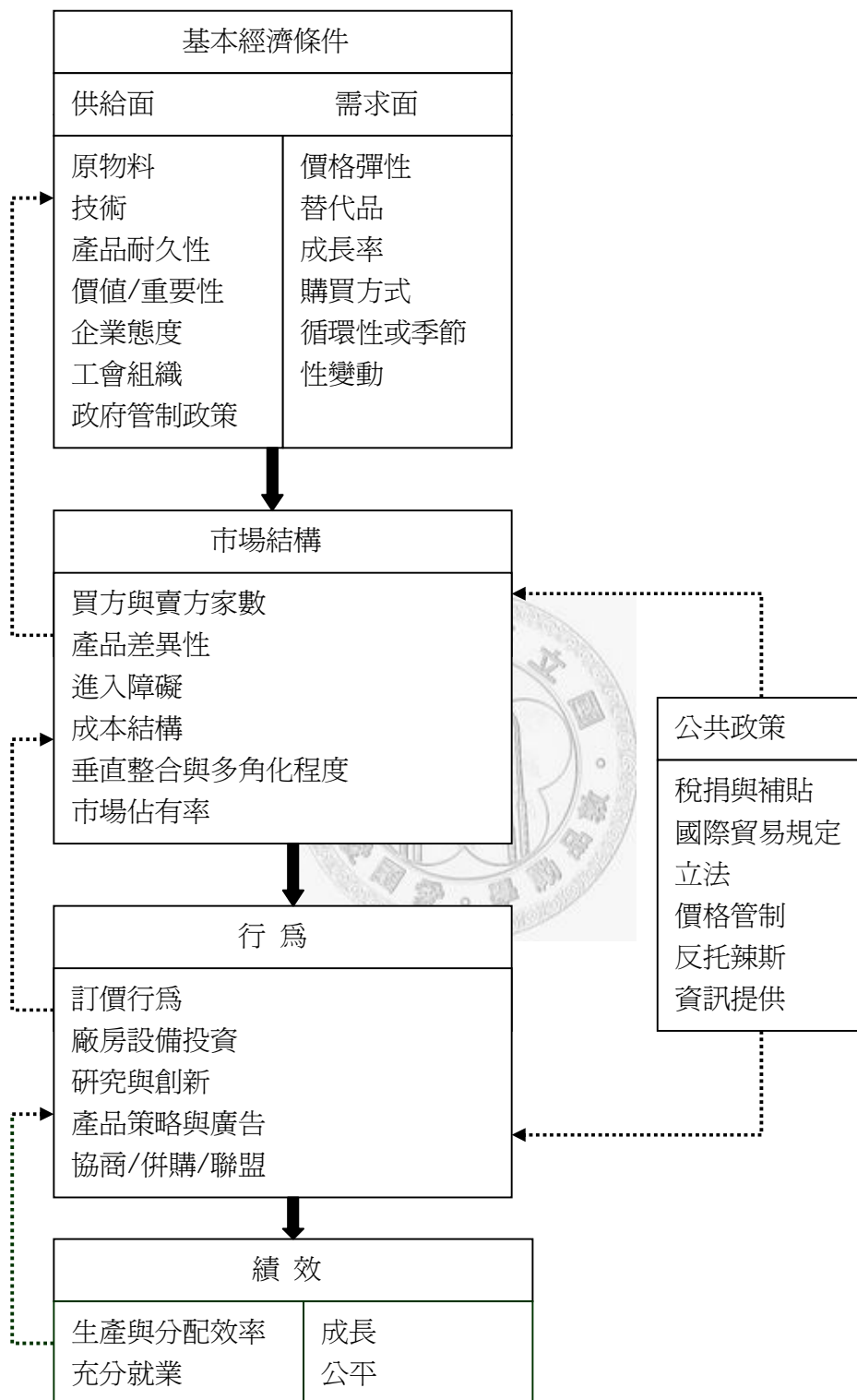


圖 4 Scherer 產業組織分析架構

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

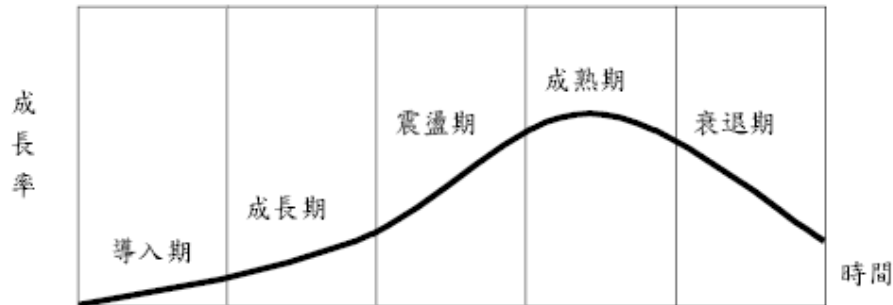


圖 5 產業生命週期

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

第二節 國外相關文獻回顧

Hall and Weiss (1967) 以 1956~1962 年 *Fortune* 雜誌的前五百大製造業廠商名錄的 467 家廠商為研究對象，並以迴歸分析法探討廠商規模與總資產報酬率之關係，結果顯示廠商規模與經營績效（總資產報酬率）呈正相關。

Steer and Cable (1978) 以 1967~1971 年美國地區 82 家廠商為研究對象，並以迴歸分析法探討廠商規模與淨值報酬率（ROE）之關係，結果顯示廠商規模與其淨值報酬率無顯著相關。

Klette (1996) 以 1989~1990 年挪威地區 804 家製造業廠商為研究對象，並以迴歸分析法探討研究發展支出與總資產報酬率之關係，結果顯示研究發展支出與經營績效（總資產報酬率）呈正相關。

Matovic (2002) 以 1991 年~2000 年美國地區 67 個品牌飯店為研究對象，以複迴歸分析法（Multiple Regression Analysis）探討全美寄（借）宿行業的市場競爭

結構與它對品牌飯店經營績效的衝擊，結果顯示在不同計劃構成的市場結構及進入障礙是扮演決定品牌飯店營收水準的最重要支配角色。提高進入障礙能有效降低美國寄（借）宿行業間的競爭，係在一顯著負相關的基礎上。同樣地，有計劃構成的進入障礙在現有品牌飯店提高其市場佔有率則有重要的影響，現有品牌飯店的成長率與進入障礙呈正相關。如市場競爭增強時，品牌飯店的市場佔有率會緩慢下降，市場競爭增強與品牌飯店的市場佔有率呈負相關，市場競爭與品牌飯店的營收有顯著負相關。提高市場佔有率如同增加品牌飯店的成長率，如品牌飯店的成長率增加時，利益率會提高。同樣地，改善品牌飯店的市場佔有率與增加利益率有正相關。最後地，美國寄（借）宿市場變得更有競爭性，而這個行業已進入生命週期的成熟階段。

Abu-Tapanjeh (2006) 以1995~2004年約旦安曼股票交易所表列工業類的48個公司為研究對象，研究市場結構與經營績效的關係，其中以公司規模大小、公司成立年數、負債比率及股權結構等為自變數，這項研究運用兩個模型檢定利益率 ROE (Rate of Return on Equity) 及 ROI (Rate of Return on Investment)，這個實證建議公司結構是影響營業利益率的重要因素，這個結果有一微弱正相關存在一些獨立變數和營業利益率之間，但是負債比率除外。

第三節 國內相關文獻回顧

陳慧嫻 (2001) 以 1995 年到 2000 年台灣物流中心業的十九家廠商為研究對象，探討台灣的物流中心業廠商在該產業的市場結構、廠商行為與營運績效之間的互動關係，採用 panel data 之資料型態進行處理分析，並以固定效果為估計方法，使用的變數分別為淨值比率及期末資產總額取自然對數代表廠商的規模經濟，廣告密集度代表廠商之行銷策略，研究發展密集度代表企業的研究與創新策略，以 PCM 代表企業績效。實證結果發現廠商的資產總額、廣告密集度以及淨值比率

(E/A) 對經營績效呈現顯著正向關係。而上一期的廣告費用、廠商淨值比率的平方值和研發發展密集度則與經營績效呈現顯著負向關係。

劉美君 (2001) 以 1997~1999 年台灣資訊電子產業股票上市公司中選取 117 家為研究對象，探討景氣衰退時廠商所處之市場結構、廠商行為、所面臨的經營風險對其經營績效之影響，採用 panel data 之資料型態進行處理分析，並以固定效果及隨機效果為估計方法，實證結果發現就整體資訊電子業而言，廠商規模、前二期研發發展密集度、成本優勢、產品差異化程度、事業風險及應收帳款週轉率等均與經營績效呈現顯著正相關，而市場佔有率、當期研發發展費用率、外銷比率及負債比率等則與經營績效呈現顯著負相關。

蔡敏秀 (2006) 以 2000~2004 年日本生物製藥產業股票上市公司中選取 57 家公司為研究對象，探討日本生物製藥產業在該產業的廠商規模、投資行為與經營績效之關聯性，採用 panel data 之資料型態進行處理分析，並以固定效果及隨機效果為估計方法，實證結果發現廠商規模對設備投資或研發投資皆無影響，總資產額對廠商之資產報酬率的影響為正向；研發投資對廠商之每股盈餘的影響為正向，設備投資對於廠商之每股盈餘和股東權益報酬率的影響為負向；廠商規模和投資行為對經營績效之影響，廠商規模增大有助於廠商的資產報酬率，研發支出對於廠商之每股盈餘和股東權益報酬率的影響為正向，設備投資對於廠商之每股盈餘和股東權益報酬率的影響為負向。

陳浩彰 (2006) 以 2000~2005 年台灣液晶顯示器面板(TFT-LCD) 主要的七家生產廠商為研究對象，藉由複迴歸分析，探討液晶顯示器(TFT-LCD) 面板產業的營運績效與產業結構、策略行為之研究，營運績效以利潤率來衡量，分別針對營業利潤率（稅前淨利率）與權益利潤率（股東權益報酬率）來做研究。實證結果發現，廠商的利潤率在產業特質方面主要受到短缺率、短缺率的平方項與銷售額增長量所影響，市場集中度對於廠商的利潤率亦有顯著的影響；在廠商策略行為方

面，主要受到廠商的市場佔有率與相對平均銷售單價所影響。當市場集中度愈高、短缺率愈高、市場銷售額增長量愈大、廠商市佔率愈高、廠商平均銷售單價愈高時，對於廠商的利潤率有明顯的幫助。另外，對於股東權益報酬率的實證分析結果發現，合併虛擬變數對於股東權益報酬率具有顯著的影響，合併對於廠商的股東權益報酬率有正面影響。

于乃茂（2006），以 1997 年至 2005 年間共計 9 年台灣上市上櫃自行車製造公司之資料，來探討台灣自行車產業市場結構、行為與績效之研究。該研究以台灣自行車產業為實證對象，以產業經濟理論之 S-C-P 架構分析台灣自行車產業之市場結構、廠商行為對經營績效之影響。以 E-view 統計軟體，panel data 的隨機效果模式來估計迴歸式。實證結果如下：

就台灣自行車產業而言，廠商市場佔有率、生產高價位產品策略、當期研發密度與經營績效呈顯著正向關係；而廠商資產規模、行銷密度與經營績效呈顯著負向關係。其中，研發活動對廠商經營績效，具有最主要的影響作用，自行車廠商提高其利潤最主要的方法是加強研發、創新。

王子瑜（2007），以再生能源-太陽光能為研究對象，探討太陽能電池產業之發展與國家競爭優勢研究 — 日本、德國、美國與我國之分析，鑑於傳統能源耗用及污染的問題，由於太陽光能之取用無虞，發展至今近 60 年，趨向蓬勃成長與日益茁壯；它不只是一項經濟行為，也是一項前瞻性的政治活動。

該項研究係運用「競爭優勢」相關理論之分析工具與「關鍵成功因素」理論之認定方法，從產業的結構、市場與特性，了解產業的發展歷程與整體情勢，融入國家與產業競爭優勢的分析，探討與分析出產業在國際間與企業間的關鍵成功因素。藉由這些關鍵成功因素對於領導國家的「產業結構與動態」、「政策推廣與機制」與「產學的技術研發」三個構面之資料蒐集整理，更能讓我們知悉產業未來發展的趨勢，實有助於我國在該產業發展方針與策略的擬定。

第四章 實證分析

第一節 實證模式之建立

(一) 本章實證研究係應用第三章所述產業經濟學者 Mason、Bain 與 Scherer 等人發展出的「結構-行為-績效」理論為架構，來分析我國太陽能光電產業經營績效。首先，廠商規模以總資產額自然對數值為變數項，來討論不同廠商規模會產生不同的廠商行為。由於我國太陽能光電產業自 1999 年開始發展，對於高科技產業而言，投資行為尤其重要，投資行為主要表現在設備投資與研發支出兩方面，最後則敘述廠商規模和投資行為對經營績效的影響，經營績效指標包含每股盈餘 (earning per share, EPS)、資產報酬率 (return on asset, ROA) 和股東權益報酬率 (return on equity, ROE) 等。

本節內容係依據第三章理論基礎，設計一個計量模型來探討我國太陽能光電產業的廠商規模、投資行為對經營績效，以及兩者對經營績效間的影響，實證模型如下：

$$Y_{ij} \equiv aX + bZ + e_{ij} \quad (4.1)$$

上式 Y 為被解釋變數 (例如：設備投資自然對數、研發支出自然對數、EPS、ROA、ROE)；

X 為廠商規模解釋變數 (例如：總資產額自然對數)；

Z 為投資行為解釋變數 (例如：設備投資自然對數、研發支出自然對數)；

i 為廠商別， $i=1,2,\dots,n$ ；

j 為期間別 (季)， $j=1,2,\dots,m$ 。

e_{ij} 為誤差項。

本研究依 panel data 分析法產生三種不同的估計模式：普通最小平方方法(OLS)、固定效果模型(fixed effects model)、隨機效果模型(random effects model)，建構出

實證模型架構，如圖 6。

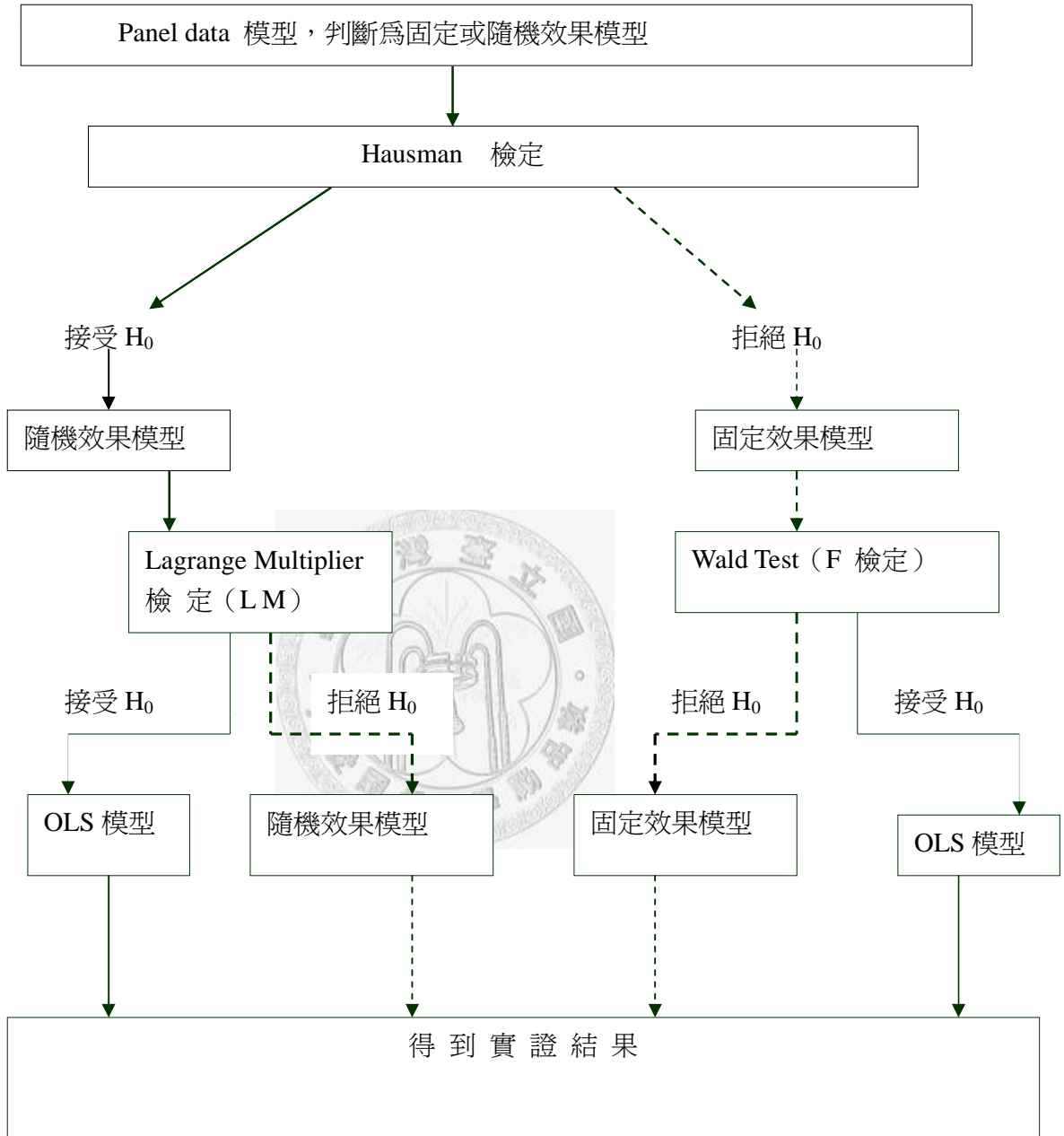


圖 6 實證模型架構

在第三章文獻回顧中，國內相關研究曾使用評估廠商規模的指標有：總資產額、總資產額自然對數、公司成立年數、淨值比率、員工人數、員工人數自然對數，本研究經函文與電子郵件雙重問卷調查 18 公司，近 94% 廠商不願提供各季員工人數，只得以總資產額自然對數作為評估廠商規模的衡量指標。

由於單晶矽與多晶矽太陽能電池類似於半導體製程，非晶矽者則類似於 LCD 面板製程，兩者皆屬於資本及技術密集產業，又太陽能電池轉換效率的高低係關技術與品質，以及昂貴的生產設備，使得設備投資和研發支出為該產業的投資門檻，然而我國太陽能電池 90% 產量係供出口，面對國際激烈的競爭情勢，企業須擁有設計研發及設備組裝技術，並在製程的速度提升以及技術再精進、良率的維持上有較強的優勢，更重要的是成本上的優勢，才能避免失去競爭優勢。本研究以設備投資自然對數和研發支出自然對數作為評估廠商投資行為的衡量指標。

國內外相關研究曾使用評估廠商經營績效的指標有：營業利潤率、稅前淨利率、股東權益報酬率、資產報酬率。將營業利益率（profitability）定義為【(營業收入－營業成本－營業費用)／營業收入】；稅前淨利率定義為【稅前淨利 / 營業收入；稅前淨利=營業利益 + 營業外收入 - 營業外支出】；股東權益報酬率定義為【本期稅後淨利 / 平均股東權益淨值】或【本期稅後淨利－特別股股利 / 平均股東權益淨值】；資產報酬率定義為【本期稅後淨利 / 平均資產總額】或【本期稅後淨利 + 本期利息支出 (t-1) / 平均資產總額】。

本研究以每股盈餘【稅後淨利 / 加權平均發行在外股數】；資產報酬率【本期稅後淨利 / 資產總額】；股東權益報酬率定義為【本期稅後淨利 / 平均股東權益淨值】作為評估廠商經營績效的衡量指標。本研究的研究構面、研究變數及變數符號，如表 4-1 所示。

表 4-1 研究構面、研究變數及變數符號之定義

研究構面	研究變數	變數符號
廠商規模	總資產額自然對數	LNTS
投資行爲	設備投資自然對數	LNEQ
	研發支出自然對數	LNRD
經營績效	每股盈餘	EPS
	資產報酬率	ROA
	股東權益報酬率	ROE

(二) 本研究所使用 18 家廠商財務資料係屬縱橫資料 (panel data)，混合了時間序列 (time series) 和橫斷面 (cross-section) 資料之數據型態，依據 Hsiao (1986) 的說明，使用縱橫資料可有效增加樣本數以增加自由度，亦可改善估計參數時的效率，比個別時間序列或橫斷面資料更能降低估計的偏差，減少解釋變數間共變性的問題，對於降低模型設定的錯誤和參數估計的誤差提供了更完整的訊息。

由於 panel data 以迴歸方式進行分析時，忽略了廠商間的差異，且不能確定誤差的方向，可能導致異質性偏誤 (heterogeneity bias)。故本研究除了以單一方程式，用普通最小平方法 (ordinary least-squares regression, OLS) 對我國太陽能光電產業作縱橫資料分析外，並分別以時間序列橫斷面模式 (Time Series Cross Section Regression, TSCSREG) 中之隨機效果模型 (random effect models) 和固定效果模型 (fixed effect models) 解決縱橫資料的個體異質性問題，更能表現出廠商間的差異性和時間序列的動態性差異。

(1) 固定效果模型也稱為最小平方虛擬變數模型 (least-squares dummy-variable models)，特點為同時考慮時間序列和橫斷面資料，消除各廠商間的偏差，縮小模型的共變異數，著重於以固定截距代表每個廠商間有不同的結構。

模型設定如下：

$$Y_{it} \equiv \sum_{i=1}^N a_i D_{jt} + \sum_{k=2}^K b_k X_{kit} + e_{it} \quad (4.2)$$

式中 $i = 1 \sim N$ 廠商別，

$t = 1 \sim T$ 時間別，

$k =$ 第 $2 \sim K$ 個解釋變數，

$D_j =$ 為固定截距項，代表每個橫斷面有不同的結構，以虛擬變數表示，

當 $j = i$ 時， $D_j = 1$

當 $j \neq i$ 時， $D_j = 0$

X_{kit} 為第 i 家廠商第 t 期第 k 個解釋變數，

e_{it} 為誤差項。

$E(a_i, e_{it}) \neq 0$



(2) 隨機效果模型，也稱為誤差成分模型（error-components models），與固定效果模型一樣，同時考慮時間序列和橫斷面資料，側重於母體整體的關係，而不考慮各廠商間的差異，亦不消除各廠商間的差異性。假設截距項具有隨機性。模型設定如下：

$$Y_{it} = a_i + b_k X_{it} + e_{it} = (a + m_{it}) + b_k X_{kit} + e_{it} \quad (4.3)$$

式中 $i = 1 \sim N$ 家廠商，

$t = 1 \sim T$ 時間別，

$k =$ 第 $2 \sim K$ 個解釋變數，

a_i ：截距項，隨機出現，每個橫斷面代表不同的結構，

m_i ：截距之誤差項，

X_{kit} 為第 i 家廠商第 t 期第 k 個解釋變數，

e_{it} 為誤差項。

$$E(m_{it} e_{it}) \neq 0$$

(3) Hausman 檢定 (Hausman Test)

在採用 Panel Data 模型進行迴歸分析，對於隨機效果加上廠商效果，與固定效果加上廠商效果兩者模型得出的結果，究竟要採取那一種，通常應用 Hausman 檢定法的檢定結果為判斷依據。

Hausman 檢定在本論文的應用如下：

b_0 ：為固定效果加上時間效果模型，即式(4.2)的迴歸結果。

b_1 ：為隨機效果加上時間效果模型，即式(4.3)的迴歸結果。

則此時 Hausman 檢定的檢定數學式如下：

$$H-Test = (b_0 - b_1)' \langle Var(b_0) - Var(b_1) \rangle^{-1} (b_0 - b_1) \sim C_p^2$$

p ：為解釋變數個數。

假設檢定設定如下：

H_0 ：隨機效果模型成立

H_1 ：固定效果模型成立

判定法則：

$H-Test$ 檢定值大於 $C_{(p,\alpha)}^2$ ，拒絕 H_0 ，接受 H_1 ，採用固定效果模型。

$H-Test$ 檢定值小於 $C_{(p,\alpha)}^2$ ，接受 H_0 ，拒絕 H_1 ，採用隨機效果模型。

第二節 樣本資料

本研究以工業技術研究院（機械期刊 263 期）及（2006 年 61 期）台灣光電科技工業協進會刊載太陽能光電產業學術期刊之國內生產廠商，並篩選其中已生產且為台灣證券交易所之上市（櫃）公司為研究對象，研究期間為自 2000 年第 1 季至 2007 年第 3 季，理應有 558 個樣本廠商季資料，因為有部分廠商為近三年才成立，又去除一家廠商（為進口商）及少數廠商當季沒有研發支出者，才保留 327 個樣本廠商季資料作為研究對象。經統計樣本資料瞭解太陽能光電產業的設備投資平均值高於研發支出平均值，又將兩者相較總資產額平均值，研發支出是相當可觀的，更加瞭解該項支出對產業的重要性，樣本資料敘述性統計如表 4-2。

表 4-2 樣本資料敘述性統計（樣本數= 327）

變數	單位	平均值	標準差	極大值	極小值	偏態係數	峰態係數
總資產額 自然對數	新台幣 仟元	16.07	0.31	16.64	15.63	0.52	1.71
設備投資 自然對數	新台幣 仟元	14.05	0.05	14.16	13.96	0.50	3.02
研發支出 自然對數	新台幣 仟元	11.51	0.80	12.56	9.69	-0.58	2.48
每股盈餘	新台幣 元	0.99	0.73	2.40	-1.28	-0.56	4.37
資產報酬 率	%	0.05	0.04	0.12	-0.04	-0.06	2.46
股東權益 報酬率	%	0.21	0.18	0.74	-0.17	0.69	4.02

本研究以 Stata 關聯性（Stata's correlation）分析各變數間之相關程度（其結果見表 4-3），依設計之三個研究構面，分述如下

（一）總資產額愈大（規模愈大）對設備投資和研發支出兩者皆具有正向之影響。總資產額愈大（規模愈大）對其股東權益報酬率，具有正向之影響，然對

其資產報酬率，則有負向之影響。

(二) 研發支出愈大的廠商對其股東權益報酬率，具有正向之影響。

表 4-3 各變數間之相關係數 (樣本數= 327)

變數	LNTS	LNEQ1	LNRD1	EPS	ROA	ROE
LNTS	1.0000					
LNEQ1	0.4623	1.0000				
LNRD1	0.5920	0.2328	1.0000			
EPS	-0.0197	-0.0750	-0.0049	1.0000		
ROA	-0.3754	-0.2982	-0.1044	0.5533	1.0000	
ROE	0.0098	-0.0012	0.0476	0.2024	0.0344	1.0000

註：(+) 或(-) 表示係數正負符號。

第三節 實證結果

本節實證研究均使用 Stata 程式軟體以 OLS 和時間序列橫斷面 (Time Series Cross Section Regression, TSCSREG) 分析，在進行 TSCSREG 分析時，分別使用隨機效果模型 (random effect models) 和固定效果模型 (fixed effect models) 解決縱橫資料的廠商之間的橫斷面異質性問題，研究之實證結果依設計之結構-行為-績效三個構面，分別敘敘述如下：

(一) 廠商規模分別對投資行為和經營績效的影響

(1) 廠商規模對投資行為的影響

表 4-4 列出總資產額影響設備投資 (皆為自然對數值) 之迴歸分析結果，表 4-5 則為總資產額影響研發支出 (皆為自然對數值) 之迴歸分析結果。

由實證分析，並依 Hausman 檢定結果採取固定效果模型，顯示總資產

額愈大（規模愈大）對設備投資和研發支出兩者皆具有統計顯著正向之影響。

(2) 廠商規模對經營績效的影響

表 4-6 列出總資產額影響每股盈餘之迴歸分析結果，表 4-7 列出總資產額影響資產報酬率之迴歸分析結果，表 4-8 則為總資產額影響股東權益報酬率之迴歸分析結果。

(a) 應用 TSCSREG（隨機效果模型和固定效果模型）分析，並依 Hausman 檢定的結果採取固定效果模型，顯示總資產額愈大（規模愈大）的廠商對其每股盈餘具有統計顯著正向之影響。

(b) 由實證分析，並依 Hausman 檢定的結果採取固定效果模型，顯示總資產額愈大（規模愈大）的廠商對其資產報酬率，具有統計顯著負向之影響。

(c) 應用 TSCSREG（隨機效果模型和固定效果模型）分析，並依 Hausman 檢定的結果採取固定效果模型，顯示總資產額愈大（規模愈大）的廠商對其股東權益報酬率，具有統計顯著正向之影響。

表 4-4 總資產額影響設備投資迴歸結果

被解釋變數		設備投資						代號	LNEQ	樣本	327
解釋變數	代號	OLS Effect			REM Company Effect			FEM Company Effect			
		係數	t 值	P 值	係數	t 值	P 值	係數	t 值	P 值	
截距項	C	1.47345**	1.99	0.047	6.910152***	14.50	0.000	6.98217***	19.09	0.000	
總資產額	LNTS	.795502***	15.88	0.000	.4382659***	18.33	0.000	.433877***	18.08	0.000	
Adj R-square	0.4093 (0.4111 R-sq)			0.5193 (0.5208 R-sq)			0.9793 (0.9804 R-sq)				
F 值	252.27 P=0.0000			Wald chi2 (1) =335.84 P=0.0000			326.88 P=0.0000				
Hausman Test	$C^2_{(1, 0.05)} = 4.84$										
	P=0.0277										

註：*** 表示在 1%顯著水準下統計顯著，**表示 5%顯著水準下統計顯著，*表示 10%顯著水準下統計顯著。(+) 或(-) 表示係數正負符號。

REM：隨機係數效果，FEM：固定係數效果。

表 4-5 總資產額影響研發支出迴歸結果

被解釋變數		研發支出						代號	LNRD	樣本	327
解釋變數	代號	OLS Effect			REM Company Effect			FEM Company Effect			
		係數	t 值	P 值	係數	t 值	P 值	係數	t 值	P 值	
截距項	C	-1.460851*	-1.87	0.062	3.514276***	3.18	0.001	4.80481***	4.06	0.000	
總資產額	LNTS	.8080943***	15.49	0.000	.4631123***	6.42	0.000	.396779***	5.11	0.000	
Adj R-square	0.5258 (0.4758 R-sq)			0.5637 (0.5650 R-sq)			0.7574 (0.7707 R-sq)				
F 值	239.94 P=0.0000			Wald chi2 (1) =41.19 P=0.0000			26.15 P=0.0000				
Hausman Test	$C^2_{(1, 0.05)} = 5.41$										
	P=0.0201										

表 4-6 總資產額影響每股盈餘迴歸結果

被解釋變數		每股盈餘						代號	EPS	樣本	327
解釋變數	代號	OLS Effect			REM Company Effect			FEM Company Effect			
		係數	t 值	P 值	係數	t 值	P 值	係數	t 值	P 值	
截距項	C	2.167049	1.56	0.121	-14.0594***	-5.69	0.000	-18.7447***	-7.12	0.000	
總資產額	LNTS	-.0372646	-0.42	0.676	1.056706***	6.52	0.000	1.335505***	7.73	0.000	
Adj R-square		-.0027 (0.0004 R-sq)			0.1598 (0.1624 R-sq)			0.5450 (0.5701 R-sq)			
F 值		0.17 P=0.6764			Wald chi2 (1) =42.54 P=0.0000			59.73 P=0.0000			
Hausman Test		$C^2_{(1, 0.05)} = 21.54$									
		P=0.0000									

表 4-7 總資產額影響資產報酬率迴歸結果

被解釋變數		資產報酬率						代號	ROA	樣本	327
解釋變數	代號	OLS Effect			REM Company Effect			FEM Company Effect			
		係數	t 值	P 值	係數	t 值	P 值	係數	t 值	P 值	
截距項	C	.672163***	6.38	0.000	.9379328***	7.15	0.000	1.104727***	7.15	0.000	
總資產額	LNTS	-.036883***	-5.53	0.000	-.055166***	-6.38	0.000	-.065278***	-6.44	0.000	
Adj R-square		0.1379 (0.1406 R-sq)			0.1379 (0.1406 R-sq)			0.4119 (0.4443 R-sq)			
F 值		30.53 P=0.0000			Wald chi2 (1) =40.75 P=0.0000			41.43 P=0.0000			
Hausman Test		$C^2_{(1, 0.05)} = 3.63$									
		P=0.0568									

表 4-8 總資產額影響股東權益報酬率迴歸結果

被解釋變數		股東權益報酬率						代號	ROE	樣本	327
解釋變數	代號	OLS Effect			REM Company Effect			FEM Company Effect			
		係數	t 值	P 值	係數	t 值	P 值	係數	t 值	P 值	
截距項	C	-.0031218	-0.00	0.998	-.7249844	-0.54	0.589	-7.3012***	-2.83	0.005	
總資產額	LNTS	.0126725	0.16	0.870	.0603956	0.69	0.493	.491762***	2.90	0.004	
Adj R-square		-.0029 (0.0001 R-sq)			0.0297 (0.0327 R-sq)			0.0472 (0.0998 R-sq)			
F 值		0.03 P=0.8699			Wald chi2 (1) =0.47 P=0.4932			8.42 P=0.0040			
Hausman Test		$C^2_{(1, 0.05)} = 8.89$									
		P=0.0029									

(二) 投資行為對經營績效的影響

本項投資行為以設備投資和研發支出（皆為自然對數值）為自變數，經營績效為應變數，因考慮投資的影響到其實現，均有時間落後因素，所以本研究對於自變數投資行為都設定落後一季，並分別以符號 LNEQ1 和 LNRD1 為代表。

表 4-9 設備投資和研發支出影響每股盈餘之迴歸分析結果，表 4-10 設備投資和研發支出影響資產報酬率之迴歸分析結果，表 4-11 設備投資和研發支出影響股東權益報酬率之迴歸分析結果。

(1) 應用 TSCSREG（隨機效果模型和固定效果模型）分析，並依 Hausman 檢定的結果採取固定效果模型（P-value 呈現統計顯著），顯示研發支出愈大的廠商對其每股盈餘，具有統計顯著正向之影響；設備投資愈大的廠商對其每股盈餘有正向之影響，惟不呈統計顯著。

(2) 應用 TSCSREG (隨機效果模型和固定效果模型) 分析, 並依 Hausman 檢定的結果採取固定效果模型, 設備投資和研發支出愈大的廠商對其資產報酬率有負向之影響, 惟不呈統計顯著。

(3) 應用 TSCSREG (隨機效果模型和固定效果模型) 分析, 又依 Hausman 檢定的結果採取固定效果模型 (P-value 呈現統計顯著), 顯示設備投資和研發支出愈大的廠商對其股東權益報酬率, 皆有正向之影響, 然只有研發支出愈大的廠商對其股東權益報酬率, 是具有統計顯著正向之影響。



表 4-9 設備投資和研發支出影響每股盈餘迴歸結果

被解釋變數		每股盈餘			代號	EPS	樣本	326		
解釋變數	代號	OLS Effect			REM Company Effect			FEM Company Effect		
		係數	t 值	P 值	係數	t 值	P 值	係數	t 值	P 值
截距項	C	1.6029***	11.56	0.000	1.87188***	4.06	0.000	1.60299***	15.93	0.000
設備投資	LNEQ1	-0.080050*	-1.92	0.055	.0845961	1.35	0.179	.1003909	1.56	0.121
研發支出	LNRD1	.0151978	0.21	0.835	.130077*	1.93	0.054	.1485122**	2.15	0.032
Adj R-square		-0.0004 (0.0058 R-sq)			0.0552 (0.0610 R-sq)			0.4717 (0.5025 R-sq)		
F 值		1.85 P=0.1589			Wald chi2 (2) =7.64 P=0.0220			4.90 P=0.0080		
Hausman Test		$C^2_{(2, 0.05)} = 4.22$ P=0.1212								

表 4-10 設備投資和研發支出影響資產報酬率迴歸結果

被解釋變數		資產報酬率			代號	ROA	樣本	326		
解釋變數	代號	OLS Effect			REM Company Effect			FEM Company Effect		
		係數	t 值	P 值	係數	t 值	P 值	係數	t 值	P 值
截距項	C	.110494***	16.15	0.000	.107951***	6.03	0.367	.110606***	18.94	0.000
設備投資	LNEQ1	-0.01532***	-5.67	0.000	-.0031824	-0.90	0.367	-.0005556	-0.15	0.882
研發支出	LNRD1	-.002189	-0.55	0.581	-.0034964	-0.92	0.358	-.0038078	-0.95	0.342
Adj R-square		0.0845 (0.0902 R-sq)			0.0857 (0.0913 R-sq)			0.3322 (0.3713 R-sq)		
F 值		16.39 P=0.0000			Wald chi2 (2) =2.31 P=0.3143			0.55 P=0.5775		
Hausman Test		$C^2_{(2, 0.05)} = 4.63$ P=0.0989								

表 4-11 設備投資和研發支出影響股東權益報酬率迴歸結果

被解釋變數		股東權益報酬率						代號	ROE	樣本	326
解釋變數	代號	OLS Effect			REM Company Effect			FEM Company Effect			
		係數	t 值	P 值	係數	t 值	P 值	係數	t 值	P 值	
截距項	C	.1899097**	2.02	0.044	.1990396	1.62	0.105	.1894152**	2.06	0.040	
設備投資	LNEQ1	-.0089842	-0.26	0.797	.0051681	0.12	0.908	.046225	0.78	0.433	
研發支出	LNRD1	.0393571	1.51	0.131	.0622952	1.25	0.211	.1429296**	2.27	0.024	
Adj R-square		-.0037 (0.0024 R-sq)			0.0372 (0.0431 R-sq)			0.0410 (0.0971 R-sq)			
F 值		1.20 P=0.3037			Wald chi2 (2) = 1.77 P=0.4135			3.70 P=0.0258			
Hausman Test		$C^2_{(2, 0.05)} = 7.97$									
		P=0.0186									

(三) 廠商規模和投資行為對經營績效的影響

本項納入廠商規模和投資行為為自變數，經營績效為應變數來進行模式分析。表 4-12 總資產額、設備投資和研發支出影響每股盈餘之迴歸分析結果，表 4-13 總資產額、設備投資和研發支出影響資產報酬率之迴歸分析結果，表 4-14 總資產額、設備投資和研發支出影響股東權益報酬率之迴歸分析結果；分別說明如下：

(1) 應用 TSCSREG (隨機效果模型和固定效果模型) 分析，並依 Hausman 檢定的結果採取固定效果模型，總資產額愈大 (規模愈大) 和設備投資及研發支出愈大的廠商對其每股盈餘，皆有正向之影響。然只有總資產額對其每股盈餘，是具有統計顯著正向之影響。

(2) 應用 TSCSREG (隨機效果模型和固定效果模型) 分析，並依 Hausman 檢定的結果採取固定效果模型 (P-value 呈現統計顯著)，顯示總資產額 (規模) 愈大的廠商對其資產報酬率，具有統計顯著負向之影響；設備投資和研發支出愈大的廠商對其資產報酬率，則有正向之影響，但不呈統計顯著。

(3) 應用 TSCSREG (隨機效果模型和固定效果模型) 分析，並依 Hausman 檢定的結果採取固定效果模型 (P-value 呈現統計顯著)，顯示總資產額 (規模) 和設備投資和研發支出愈大的廠商對其股東權益報酬率有正向之影響；惟只有總資產額 (規模) 和研發支出愈大的廠商對其股東權益報酬率，是具有統計顯著正向之影響。

表 4-12 總資產額，設備投資和研發支出影響每股盈餘迴歸結果

被解釋變數		每股盈餘			代號	EPS	樣本	326		
解釋變數	代號	OLS Effect			REM Company Effect			FEM Company Effect		
		係數	t 值	P 值	係數	t 值	P 值	係數	t 值	P 值
截距項	C	1.139315	0.55	0.582	-13.684***	-5.18	0.000	-17.7889***	-6.47	0.000
總資產額	LNTS	.0304344	0.22	0.823	1.03362***	5.99	0.000	1.27302***	7.06	0.000
設備投資	LNEQ1	-.0856687	-1.60	0.110	.0373555	0.62	0.536	.0562903	0.93	0.351
研發支出	LNRD1	.005803	0.06	0.949	.0369772	0.56	0.576	.0470868	0.72	0.474
Adj R-square	-0.0034 (0.0059 R-sq)			0.1591 (0.1669 R-sq)			0.5443 (0.5723 R-sq)			
F 值	1.25 P=0.2925			Wald chi2 (3) =44.91 P=0.0000			20.38 P=0.0000			
Hausman Test	$C^2_{(3, 0.05)} = 20.31$ P=0.0001									

表 4-13 總資產額，設備投資和研發支出影響資產報酬率迴歸結果

被解釋變數		資產報酬率						代號	ROA	樣本	326
解釋變數	代號	OLS Effect			REM Company Effect			FEM Company Effect			
		係數	t 值	P 值	係數	t 值	P 值	係數	t 值	P 值	
截距項	C	.721355***	6.10	0.000	.983221***	6.99	0.000	1.144318***	7.08	0.000	
總資產額	LNTS	-.04010***	-5.30	0.000	-.05805***	-6.28	0.000	-.0678598***	-6.40	0.000	
設備投資	LNEQ1	-.00792***	-3.48	0.001	.0010299	0.30	0.762	.0017952	0.51	0.612	
研發支出	LNRD1	.0101905**	2.30	0.022	.0029661	0.79	0.430	.0015988	0.41	0.679	
Adj R-square	0.1722 (0.1798 R-sq)			0.1368 (0.1448 R-sq)			0.4094 (0.4457 R-sq)				
F 值	15.70 P=0.0000			Wald chi2 (3) =41.73 P=0.0000			14.07 P=0.0000				
Hausman Test	$C^2_{(3, 0.05)} = 6.15$ P=0.1045										

表 4-14 總資產額，設備投資和研發支出影響股東權益報酬率迴歸結果

被解釋變數		股東權益報酬率			代號	ROE	樣本	326		
解釋變數	代號	OLS Effect			REM Company Effect			FEM Company Effect		
		係數	t 值	P 值	係數	t 值	P 值	係數	t 值	P 值
截距項	C	.7072573	0.37	0.713	.1518098	0.09	0.929	-5.858112**	-2.18	0.030
總資產額	LNTS	-.0339642	-0.28	0.783	.003215	0.03	0.977	.3969998**	2.25	0.025
設備投資	LNEQ1	-.0027143	-0.08	0.937	.0066196	0.14	0.892	.0324718	0.55	0.581
研發支出	LNRD1	.0498415	0.91	0.361	.0649739	1.15	0.251	.1112993*	1.74	0.084
Adj R-square	-0.0065 (0.0028 R-sq)			0.0349 (0.0439 R-sq)			0.0536 (0.1118 R-sq)			
F 值	0.91 P=0.4346			Wald chi2 (3) = 1.95 P=0.5831			4.19 P=0.0063			
Hausman Test	$C^2_{(3, 0.05)} = 15.67$ P=0.0013									

第五章 結論與建議

第一節 結論

太陽能光電產業之矽晶元部分，其進入門檻相似半導體及 LED 產業，由於該產業的電池及模組部分目前仍屬於成長期階段，實際情形如：茂迪一家有近 6 年生產歷史，其餘電池及模組部分廠商多為近 2~3 年才加入生產行列，可以理解該類企業增加資產總額以擴大廠商規模，相對地增加了負債總額，由於歐、美、日等國家積極裝設太陽能光電系統，對於太陽能電池的需求甚殷，國內企業加強設備投資，增加產能來提高國際市場佔有率亦是規模經濟的範疇。

以本研究樣本 18 家廠商的財務資料，自 2000 年第一季至 2007 年第 3 季止，分析其資產總額、負債總額、設備投資、研發支出及本期淨利（淨損）的變動情形，整理列於表 5-1。依據表 5-1 及第四章節之實證結果，可以得到下列結論：

表 5-1 太陽能光電產業廠商資產總額、負債總額、設備投資、研發支出及本期淨利的財務變動情形

資產總額	負債總額
<ol style="list-style-type: none">遞增型的廠商家數比例：15/18（其中呈不穩定波動狀態有 3 家；加速型狀態有 2 家）。持平狀態有 1 家。遞減型的廠商家數比例：2/18（其中呈不穩定波動狀態有 1 家）。	<ol style="list-style-type: none">遞增型的廠商家數比例：15/18（其中呈不穩定波動狀態有 3 家；加速型狀態有 2 家）。遞減型的廠商家數比例：3/18（其中呈不穩定波動狀態有 1 家）。
設備投資	研發支出
<ol style="list-style-type: none">遞增型的廠商家數比例：16/18（其中呈不穩定波動狀態有 2 家；加速型狀態有 2 家）。持平狀態有 1 家。遞減型的廠商家數比例：1/18（呈不穩定波動狀態）。	<ol style="list-style-type: none">遞增型的廠商家數比例：15/18（其中呈不穩定波動狀態有 10 家；加速型狀態有 2 家）。遞減型的廠商家數比例：3/18（皆呈不穩定波動狀態）。

本期淨利

1. 在財報全部 31 期皆為正值的廠商家數比例：10/18。
2. 在財報部分期間只有 1 期為負值的廠商家數比例：4/18；其中 1 家為太陽能電池，2 家為封裝模組，另有 1 家為太陽能電池系統設計安裝。
3. 其餘部分：有 1 家封裝模組廠商有 2 期負值，另 1 家封裝用膜廠商有 4 期負值。有 1 家太陽能電池廠商有 7 期負值，另 1 家太陽能電池廠商有 11 期負值。

1. 廠商規模對投資行為及經營績效的影響

本文實證研究結果顯示我國太陽能光電產業的廠商總資產額愈大（規模愈大）對設備投資和研發支出兩者皆具有統計顯著正向之影響。

廠商總資產額愈大（規模愈大）對其每股盈餘及股東權益報酬率，皆有統計顯著正向之影響；表示廠商在負債控管上有一定管理能力。

廠商總資產額愈大（規模愈大）對其資產報酬率，具有統計顯著負向之影響，依表 5-1 資料顯示本研究對象中近 44% 廠商在財報的部分期間內，其當期淨利為負值（合計有 28 期），發生此情形的廠商多為新加入者，可能在建廠初期多投入在設備費用，或因生產技術或研發等問題，才導致資產報酬率為負值。

2. 投資行為對經營績效的影響

研發支出愈大的廠商對其每股盈餘及股東權益報酬率，皆有統計顯著正向之影響，由於世界知名大廠投入大量研發支出及相關技術資源，致力提昇太陽能電池轉換效率及朝向薄膜太陽能電池發展（使用的矽材料僅傳統太陽能電池的 1% 左右），故廠商增加研發支出，對於商品品質的改善及市佔率與營收的提高應有正面助益，亦在廠商其每股盈餘及股東權益報酬率的財務上有所表現。

3. 廠商規模和投資行為對經營績效的影響

結合產業經濟的「廠商規模」和「投資行為」兩個構面來探討對「經營績效」的影響，廠商總資產額愈大（規模愈大）對其每股盈餘及股東權益報酬率，皆有

統計顯著正向之影響；研發支出愈大的廠商對其股東權益報酬率，有統計顯著正向之影響；然而廠商總資產額愈大（規模愈大）對其資產報酬率，則有統計顯著負向之影響，與之前單純探討「廠商規模」和「經營績效」及「投資行為」和「經營績效」兩個構面的實證分析結果相同。由於太陽能電池國際市場需求強勁，國內太陽能電池產量近 90% 是為出口，由半導體、電子、電器、LCD、LED 及重電業等企業跨入太陽能光電產業絡繹不絕的情形，顯示目前我國太陽能光電產業仍屬於成長期階段，企業初期多以增加設備投資來擴大生產規模，面對國際競爭市場，企業短期以營造雙贏的誘因下，利用產業整合、策略聯盟等方案來提高生產技術，企業面臨永續經營時仍須自行建立研發創新能力、解決生產管理等問題，或是現階段廠商仍未完備經濟規模效益而影響其資產報酬率。

設備投資愈大的廠商對其每股盈餘及資產報酬率有正向之影響，惟不呈統計顯著性，此結果也與單純探討「投資行為」和「經營績效」兩個構面的實證分析結果相同，顯示設備投資為現階段太陽能光電產業的必備基本條件，無疑是進入障礙的指標，可由下述本研究對象廠商設備投資對資產總額比值的統計數據瞭解此趨勢。

統計太陽能光電產業設備投資對資產總額之比值，上游矽晶圓的廠商最高可達 106.3%（最低為 8.9%），中游太陽能電池的廠商最高可達 79.1%（最低為 20.8%），封裝模組的廠商最高可達 246%（最低為 2.5%），下游系統設計安裝的廠商最高可達 14%（最低為 3.9%）。

第二節 建議

本文我國太陽能光電產業廠商計 18 家公司係選取自台灣證券交易所之上市（櫃）公司作為研究對象，本研究在計算各變數時所採用之財務資料取自台灣經濟新報財務資料庫，選取期間為 2000 年第一季至 2007 年第三季，由於國內太陽能光電產業尚屬於成長期之新興科技產業，部分太陽能電池及模組廠商為近 2~3

年才加入，計 6 家廠商僅有 10 至 20 多期不等的財務資料，另 3 家廠商皆僅有 4 期財務資料，其餘 11 家廠商因成立較久，則有全（31）期財務資料，故受限於研究變數及樣本數較少，未來研究應收集更長時間的資料和更多的變數資料，研究在更多變數間互相影響下，期能得到更準確的實證模式。

由於太陽能電池的轉換效率高低是廠商未來面對國際競爭市場的重要關鍵，而企業研發支出則是技術提升與知識創新的推手，統計 2000 年至 2006 年我國公部門（行政院國家科學委員會-太陽能電池專題研究計畫）與企業兩者在研發支出的金額比較，以 2002 年為例，國科會科專費用 249 新台幣萬元，民間企業則有 189 億 429 萬元，顯示民間企業在研發課題的注重與投入金額是可觀的，如附圖 7 研發費用支出比較。

鑑於現階段太陽能光電產業研發支出的情形，可與廠商設備投資作一比較，是以本文研究對象來檢視企業研發支出對設備投資之比值，上游矽晶圓的廠商最高可達 33.1%（最低為 0.82%），中游太陽能電池的廠商最高可達 10.3%（最低為 0.84%），封裝模組的廠商最高可達 155%（最低為 0.23%），下游系統設計安裝的廠商最高可達 58.9%（最低為 10%）。統計數據如附表 4。

本論文的實證結果，可提供太陽能光電產業廠商的建議：

1. 未來可考慮以研發支出對設備投資之比值作為衡量經營績效的指標。
2. 為了穩定與提高獲利，該產業廠商應更積極從事上下游的整合作業。
3. 藉由策略聯盟與國內、外研發機構共同研發高效率太陽能電池，將有助整體光電系統的品質及市佔率的提升
4. 企業永續經營，積極建立研發創新能力。
5. 我國在 LCD 製程之優勢及 Building-integrated photovoltaic (BIPV) 在解決土地設置成本與整合發電設備及建物外觀的最佳解決方案，使得薄膜太陽能電池是未來發展的重要方向。

參考文獻

1. Aaker,D.A(1992).“Developing Business Strategics”(3rd).New York: John Wiley & Sons.
2. Barney, J. B.(1997), ” Gaining and Sustaining Competitive Advantage,” New York : Addition-Wesley Publishing Company.
3. Caves, R. (1982) .American industry: structure,conduct,performance.Englewood Cliffs,New Jersey, Prentice-Hall,INC.
4. Capon, Noel & Rashi Glazer(1987), Marketing and Technology : A Strategic Coalignment, Journal of Marketing, July, p.51.
5. D. G. Rhys(1977), “European Mass-Producing Car Makers and Minimum Efficient Scale” , The Journal of Industrial Economics, Vol. 25, pp. 313-320.
6. Goldman, Arien (1982) , Short Product life Cycles : Implications for the Marketing Activities of Small High-Technology Companies, R&D Management, Vol.12, pp.81-89.
7. Hall,M.and L. W.Weiss, (1967) ,Firm size and profitability,Review of Economics and Statistics, 49, 319-331.
8. Hsiao, C. (1986) , Analysis of panel data,Cambridge, New York, Cambridge University Press.
9. Javad, K.S (1974) , “Market structure and price-cost margins in United Kingdom

- manufacturing industries” The Review of Economics and Statistics, pp. 67-76
10. Riordan, M. H. (2008): “Competitive Effects of Vertical Integration,” in Handbook of Antitrust Economics, ed. by P. Buccirossi. MIT Press, Cambridge, MA.
 11. Mason, E. S. (1939), “Price and Production Policies of Large-Scale Enterprise”, The American Economic Review, Vol. 29, pp. 61-74.
 12. Porter, M. E. (1991), “Toward a Dynamic Theory of Strategy,” Strategic Management Journal, Vol. 12, pp. 95-117.
 13. Wehrich, Heinz (1982), “The SWOT Matrix-A Tool for Situational Analysis”, Long Range Planning, Vol 15, No.2, P. 60.
 14. 洪福星 (2001), 公用氣體燃料事業最適規模與合併效率性之估計, 中央大學產業經濟研究所碩士論文。
 15. 連世銘 (2001), 服務業導入 ISO 9000 系列品保制度對經營績效之影響模式研究, 大葉大學工業工程學系碩士論文。
 16. 邱清泉 (2003), 台灣地區推廣太陽能發電系統之研究, 大葉大學電機工程學系碩士論文。
 17. 陳俊宏 (2003), 台灣光電產業之發展與競爭優勢, 台灣大學國家發展研究所碩士論文。
 18. 馮寬中 (2003), 台灣 TFT-LCD 產業之競爭策略分析-以關鍵性零組件產業結構之研究, 中央大學管理學院高階主管企管班碩士論文。
 19. 林政賢 (2003), 台灣半導體產業經營績效影響之研究, 立德管理學院科技管理研究所碩士論文。
 20. 王慧君 (2005), 太陽能光電產業與發展策略分析, 台灣大學國際企業管理組碩

士論文。

21. 周美華 (2006)，台灣上市公司多角化程度對營運狀況之影響，逢甲大學會計學系碩士論文。
22. 經濟部能源委員會 (2001)，台灣能源統計年報。
23. 《科學發展》2005 年 6 月，390 期。
24. 李承翰 (2005)，工研院 IKE-ITIS 計劃 (2004)。
25. 台塑勝高等上市公司網站資訊與鉅亨產業經濟專刊。
26. 經濟部 (2007 年 10 月 25 日)，加速推動太陽光電產業發展策略座談會。
27. PIDA (2005/12)，2005 年產業報告。
28. Solarbuzz LLC (2006)，2006 年產業報告。
29. 工研院工材所(2000)，太陽能光電發電系統設置指南。
30. 尤如瑾(2005)，薄膜太陽能電池市場現況與前景，工研院研究計畫。
31. 工研院產經中心(2006)，2006 產業情報網。
32. 光電科技工業協進會(2006)，太陽能電池產業及技術趨勢分析。
33. 司徒達賢(1995)，策略管理，遠流出版公司。
34. 茂迪投入太陽能電池產業，光連：光電產業與技術情報，第 19 期(1999)。

附 錄

太陽能電池概述及運作原理

(一) 太陽能電池材料分類

太陽能發展的歷史，光照射到材料上所引起的「光起電力」行爲，早在 19 世紀的時候就已經發現了，到了 1930 年代，照相機的曝光技術廣泛地使用這一個原理。直至 1950 年代，隨著半導體物性的逐漸了解，以及相關加工技術的進步，第一個太陽能電池在 1954 年誕生在美國的貝爾實驗室。

太陽能電池的材料：太陽能電池的發電能源來自太陽光，而太陽輻射的光譜主要是以可見光爲中心，波長從 0.3 微米的紫外光到數微米的紅外光是主要的分布範圍。如果換算成光子的能量，則大約在 0.3 到 4 電子伏特之間，因此能隙大小在這個範圍內的材料，像矽材，會具有比較好的光電轉換效率。

矽系用太陽能電池的材料，主要可以分爲單晶矽、多晶矽和非晶矽 3 大類。在單晶矽的材料中，矽原子具有高度的周期性排列。目前，成長單晶矽最重要的技術是利用柴氏長晶法，把高純度的多晶矽熔融在坩鍋中，再把晶種插入矽熔融液，用適當的速率旋轉並緩慢地往上拉引做成矽晶柱，然後再把晶柱加以切割，就可以得到單晶矽晶圓。（參見楊素華、蔡泰成，2005 年）

至於多晶矽是指材料由許多不同的小單晶所構成，它的製作方法是把熔融的矽鑄造固化而形成。而非晶矽則是指整個材料中，只在幾個原子或分子的範圍內，原子的排列具有周期性，甚至在有些材料中，根本沒有周期性的原子排列結構。它的製作方法通常是用電漿式化學氣相沈積法，在基板上長成非晶矽的薄膜。由於材料的晶體結構不同，因此，用不同的材料設計出太陽能電池時，它們的光電特性也會有所不同。

一般來說，單晶矽太陽能電池的光電轉換效率最高，使用年限也比較長，比較適合於發電廠或交通照明號誌等場所的使用。至於多晶矽太陽能電池，因爲它

的多晶特性，在切割和再加工的手續上，比單晶和非晶矽更困難，效率方面也比單晶矽太陽能電池的低。不過，簡單的製程和低廉的成本是它的最重要特色。所以，在部分低功率的電力應用系統上，便採用這類型的太陽能電池。對於非晶矽的太陽能電池來說，由於價格最便宜，生產速度也最快，所以非晶矽太陽能電池也比較常應用在消費性電子產品上，而且新的應用也在不斷地研發中。太陽能電池除了可以選用矽材料外，還可以採用其他的材料來製作，例如碲化鎘、碲化鎳、碲化鎳等化合物半導體的材料，也可以製作高效率的太陽能電池。但是，因為這些材料的成本比較高，製成的元件只適用在一些比較特殊的應用上。

（二）光電轉換原理

我們以最簡單的單晶矽來說明太陽能電池的光起電力原理。首先由材料方面談起，矽是現在各種半導體產業中最重要，而且使用最廣泛的電子材料。它的來源是矽砂（二氧化矽），需取自矽礦。

在元素周期表裡⁷，矽的原子序是 14，晶體是鑽石結構，屬於第 IV 族元素。所謂的第 IV 族元素，是指在它的外層電子軌域上，有 4 個電子環繞原子核運行，而這 4 個電子又稱為價電子。每個矽的 4 個外層電子，分別和 4 個鄰近矽原子中的一個外層電子兩兩成對，形成共價鍵。

N 型半導體：如果在純矽中摻入擁有 5 個價電子的原子，例如磷原子，這個雜質原子會取代矽原子的位置。但是，當擁有 5 個價電子的磷原子和鄰近的矽原子形成共價鍵的時候，會多出 1 個自由電子，這個自由電子是一個帶負電的載子。我們把提供自由電子的雜質原子稱為施體，而摻雜施體的半導體就稱為 N 型半導體。

P 型半導體：同樣地，如果在純矽中摻入三價的原子，例如硼原子，這個三價的雜質原子會取代矽原子的位置。但因為硼原子只可以提供 3 個價電子和鄰近

⁷資料來源：《科學發展》2005 年 6 月，390 期。

的矽原子形成共價鍵，因此會在硼原子的周圍產生 1 個空缺，這個空缺就被稱作電洞，這電洞可以當成一個帶正電的載子。通常，我們把這一個提供電洞的雜質原子稱作受體，同時把摻雜受體的半導體稱為 P 型半導體。

當 P 型及 N 型半導體互相接觸時，N 型半導體內的電子會湧入 P 型半導體中，以填補其內的電洞。在 P-N 接面附近，因電子－電洞的結合形成一個載子空乏區，而 P 型及 N 型半導體中也因而分別帶有負、正電荷，因此形成一個內建電場。當太陽光照射到這 P-N 結構時，P 型和 N 型半導體因吸收太陽光而產生電子－電洞對。由於空乏區所提供的內建電場，可以讓半導體內所產生的電子在電池內流動，因此若經由電極把電流引出，即成一個完整的太陽能電池，如附圖 1 太陽能電池工作示意圖。

(三) 太陽能電力系統

矽(silicon)為目前通用的太陽能電池之原料代表，將多晶矽經由拉晶、晶棒切割、晶圓加工、化學研磨等製程後成為 cell (稱為太陽能電池,國內業者則慣稱晶片或矽晶圓),把晶片(或依設計所需要的電流進行晶片切割後)焊上箔條導線(焊帶)再將許多焊好的晶片用箔條串聯成一組,再和 EVA (乙稀醋酸乙稀酯)、Tedlar (薄膜) 與低鐵質強化壓紋玻璃(白玻璃)層層疊疊,一同放入層壓機(Laminate)的機台上做真空封裝,製成 module (panel)稱之為模組或稱太陽能板,將若干太陽能板組成方陣(列陣 array),接配上過充放保護控制(controller)及深(循環)放電蓄電池(鉛鈣) 以及逆轉變流器(inverter 直流轉變為交流)合稱為太陽能電力系統,又稱太陽能發電站。

太陽光電系統依應用可簡單區分為市電並聯及獨立發電兩類 (見茂矽公司 2006年年報),其中市電並聯型仍佔整體市場80% 以上。市電並聯係將太陽光電系統與一般電網連接,太陽光電系統產生出的多餘電力可送回電網,不足時,則由電網供電,除裝設在住宅屋頂及企業或公共建物樓頂外,尚可鋪設在地面,建構成為太陽能發電廠。獨立發電一般需另將電力儲存在蓄電池中供連續使用,通常裝設在偏遠地區及電網未達或不普及地帶。

附表 1 全球太陽能光電系統裝設統計量 單位：MW

國名	年	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
德國	單年	14	12	15.6	44.3	80.9	83.4	153	613	866	953
	累計	41.8	53.8	69.4	113.7	194.6	278	431	1044	1910	2863
日本	單年	31.7	42.1	75.2	121.6	122.6	184	222.8	272.4	289.9	286.6
	累計	91.3	133.4	208.6	330.2	452.8	636.8	859.6	1132	1421.9	1708.5
美國	單年	11.7	11.9	17.2	21.5	29	44.4	63	100.8	103	145
	累計	88.2	100.1	117.3	138.8	167.8	212.2	275.2	376	479	624
澳洲	單年	3	3.8	2.8	3.9	4.4	5.5	6.5	6.7	8.3	9.7
	累計	18.7	22.5	25.3	29.2	33.6	39.1	45.6	52.3	60.6	70.3
荷蘭	單年	0.7	2.5	2.7	3.6	7.7	5.8	19.6	3.6	1.7	1.5
	累計	4	6.5	9.2	12.8	20.5	26.3	45.9	49.5	51.2	52.7
西班牙	單年	0.2	0.9	1.1	3	3.6	4.8	6.5	10.4	20.3	60.5
	累計	7.1	8	9.1	12.1	15.7	20.5	27	37.4	57.7	118.2
義大利	單年	0.7	1	0.8	0.5	1	2	4	4.7	6.8	12.5
	累計	16.7	17.7	18.5	19	20	22	26	30.7	37.5	50
法國	單年	1.7	1.5	1.5	2.2	2.6	3.3	3.9	5.2	7	10.9
	累計	6.1	7.6	9.1	11.3	13.9	17.2	21.1	26	33	43.9
其他	單年	5.6	6	7.4	8.5	8.2	11.8	15	13	19	35
	累計	40	46	53.4	61.9	70.1	81.9	96.6	110	129	164.4
合計	單年	69.3	81.7	124.3	209	260	345	494	1030	1322	1515
	累計	314	395.7	520	729	989	1334	1828	2858	4180	5695

資料來源：日本 JPEA 資訊。

附表 2 2006 年全球前十大太陽能電池製造商

1. 日本夏普	2. 德國 Q-Cells	3. 日本京瓷	4. 中國大陸尚 德電力	5. 日本三洋電 機
6. 日本三菱電 機	7. 臺灣茂迪	8. 德國首德太 陽能	9. 德國 SolarWorld	10. 美國 BP Solar

資料來源：依中華民國電子工程專輯；2006年茂矽公司年報。

附表 3 世界各國太陽能光電輔助措施

國別	設置目標	補助措施	
		設置時之獎勵	電力公司的買電優惠
日本	2010 年 PV 累計裝置量達 4,820MWp	住宅用：9 萬日圓/kWp 產業用：50%以內	*一般與賣電價格相同 *電力公司自願以更高的價錢
美國(加州為例)	*每州的計劃內容不相同 *過半數的州有補助措施 *US\$4/Wp	*US\$4/Wp *未獲補助部分的15%可扣抵所得稅 *100%無息貸款	*US\$0.15/Kwh(與賣電價格相同)
德國	*十萬屋頂計劃(至2003 年設置已達300MW) * 電力公司買電上限：1,000MWP	*低利融資(一般利率-4.5%)	*0.46 歐元/kWh(保證收購20年)(一般電價約)
英國	*再生能源的發電比率 2003 年：5% 2010 年：10% 2020 年：20%	*<5kWp：設置費用的50% *5-100kWp：設置費用的65%	(Building-integrated photovoltaic太陽能發電系統) 特別獎勵 <30Kw； 0.5474 歐元/kWh 30-100kW； 0.546 歐元/kWh >100kW； 0.54 歐元/kWh 帷幕式增加 0.05 歐元/kWh
荷蘭	再生能源的發電比率 2010 年：17%	*<6kW：3.5 歐元/W	
義大利	萬戶屋頂計劃	*設置費用的75%	
西班牙	2010 年PV 累計裝置費：135MW		*5kWh 以下：0.4 歐元/kWh *5kWh 以上：0.22 歐元/kWh
台灣	2004 年核准補助容量 1,700 瓩。預計至 2010 年全國總裝置容量可達 2.1 萬瓩(台電公司資料)	每瓩最高十五萬或補助上限為總設置費 50%	無

資料來源：工研院工業材料研究所（2006年茂迪公司年報資料引用）

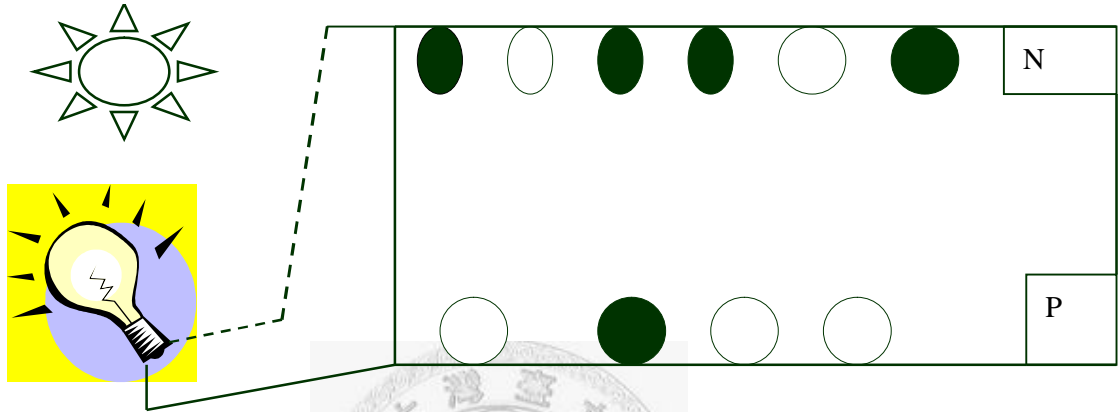
附表 4 台灣太陽能光電產業廠商研發支出對設備投資之比值與設備投資對資產總額之比值

同一 廠商	研發支出 / 設備投資 () 括號內為：設備投資 / 資產總額	太陽能光電 產業分類
	0.5% (106.3%) ; 0.82% (40.2%) ; 33.1% (8.9%)	矽晶圓
	0.84% (35.2%) ; 5.26% (37.2%) ; 5.85% (27%) ; 7.9% (20.8%) ; 9.04% (79.1%) ; 10.2% (21.9%)	電池
	0.23% (159.5%) ; 0.31% (26.1%) ; 1.28% (246%) ; 3.9% (58.7%) ; 9.7% (6.13%) ; 73.4% (9.8%) ; 155% (2.5%)	封裝模組
	10% (14%) ; 58.9% (3.9%)	系統設計 安裝

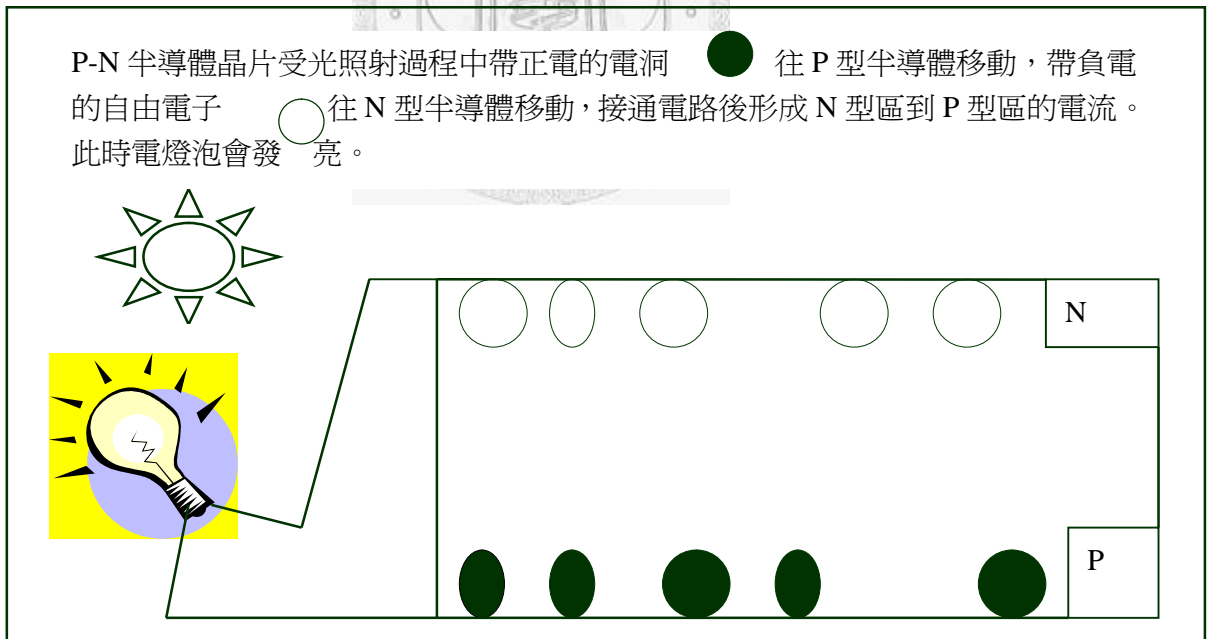
資料來源：依本文廠商的財務報表資訊。自行整理。

附圖 1 太陽能電池工作示意圖

P-N 半導體晶片受光照射過程中帶正電的電洞 ● 往 P 型半導體移動，帶負電的自由電子 ○ 往 N 型半導體移動，此時整個迴路未成通路狀態。

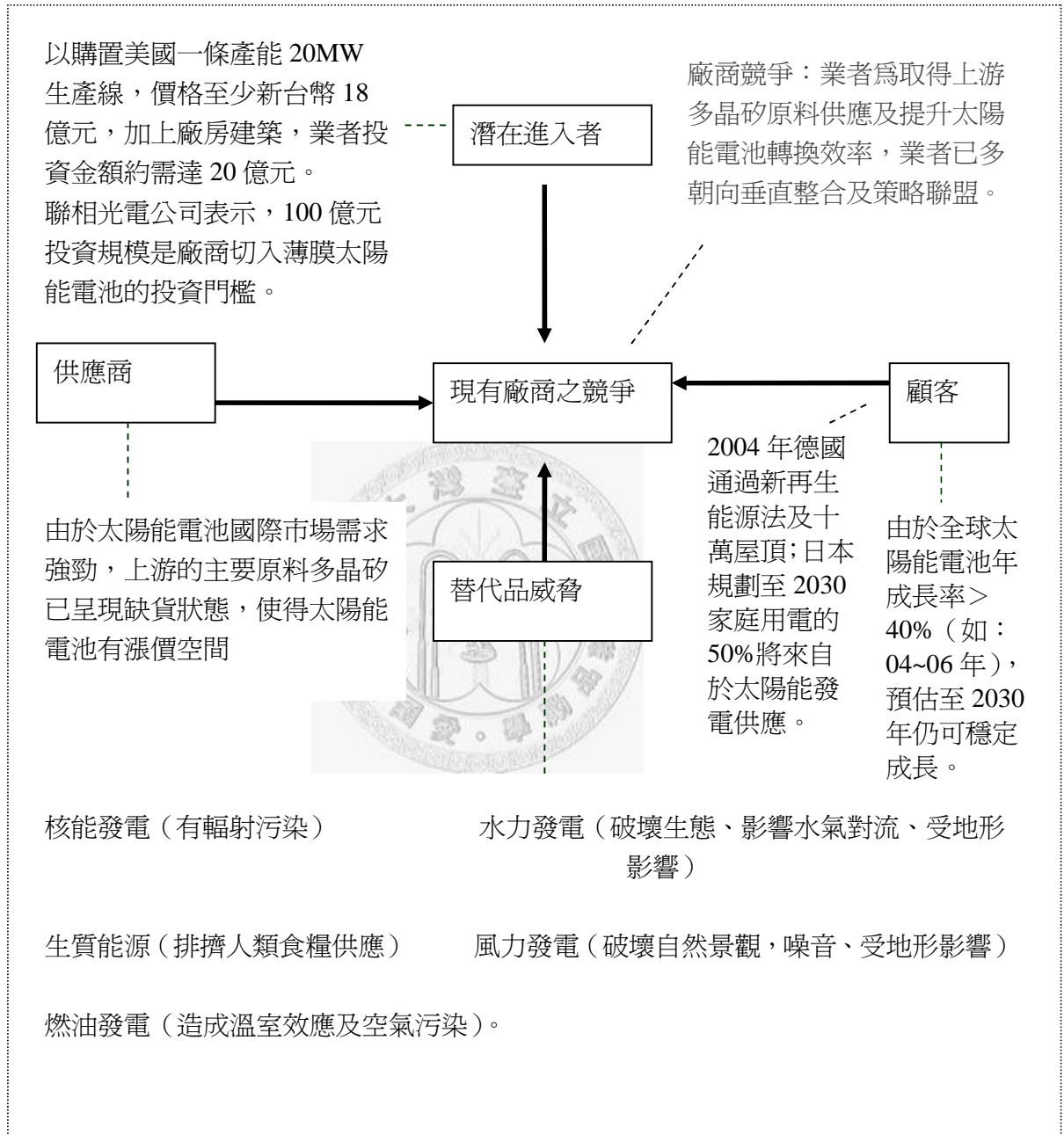


P-N 半導體晶片受光照射過程中帶正電的電洞 ● 往 P 型半導體移動，帶負電的自由電子 ○ 往 N 型半導體移動，接通電路後形成 N 型區到 P 型區的電流。此時電燈泡會發亮。



資料來源：自行設計。

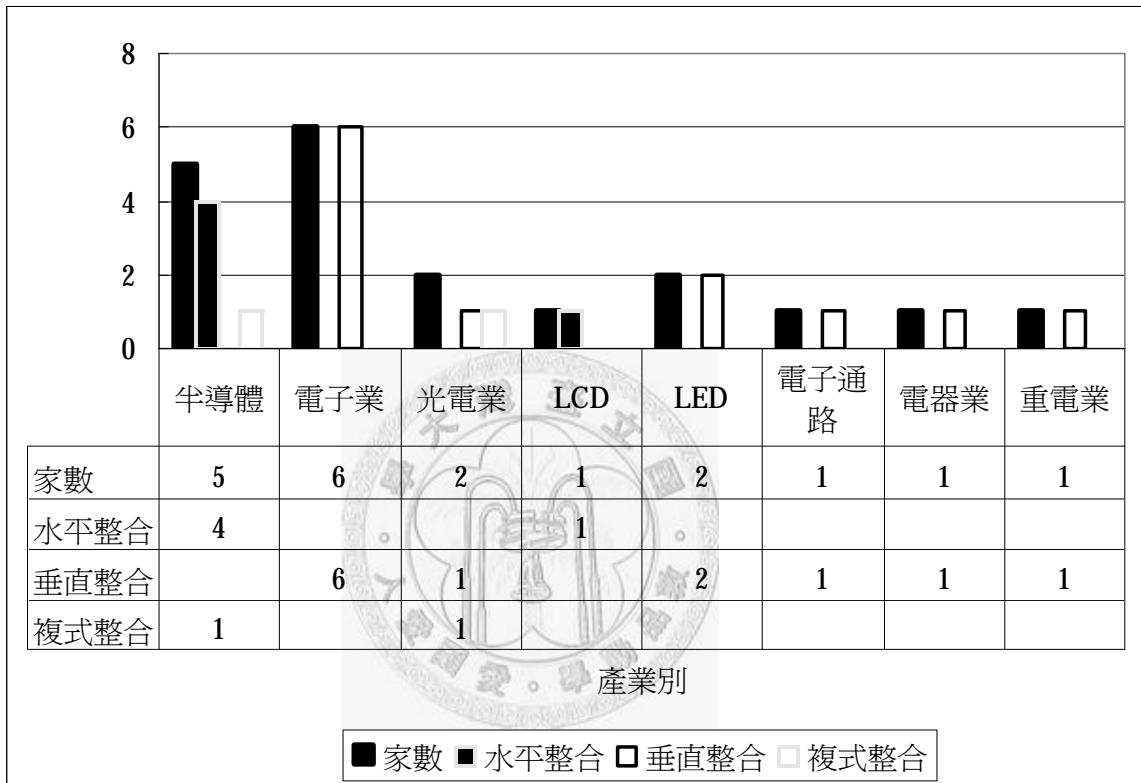
附圖 2 台灣太陽能光電產業的五力分析



資料來源：五力分析模型：Porter(1980)。

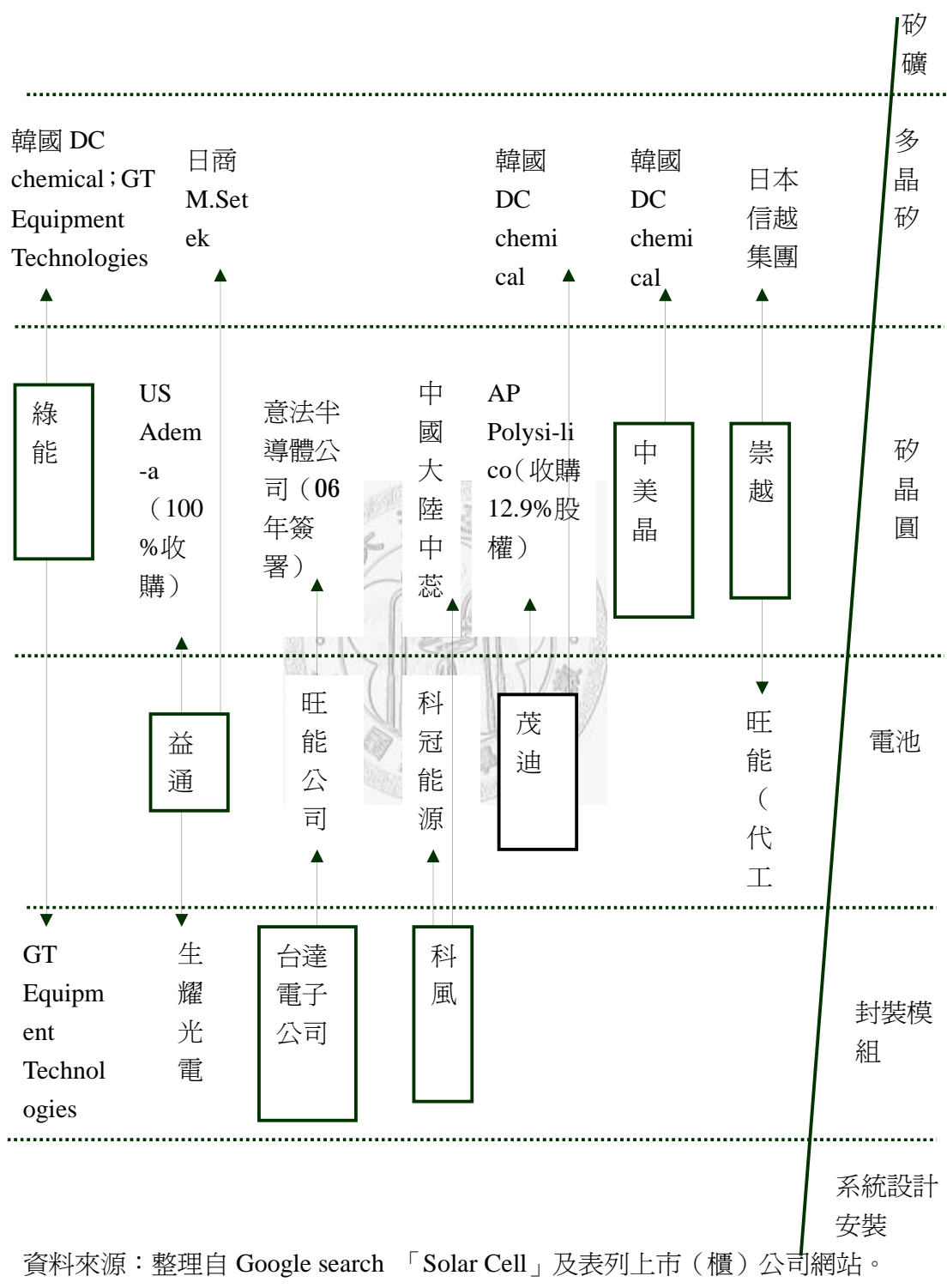
自行整理。

附圖 3 台灣太陽能光電產業整合與多角化統計



資料來源：依本文第二章第四節分析結果。自行整體。

附圖 4 台灣太陽能光電產業的國際策略聯盟

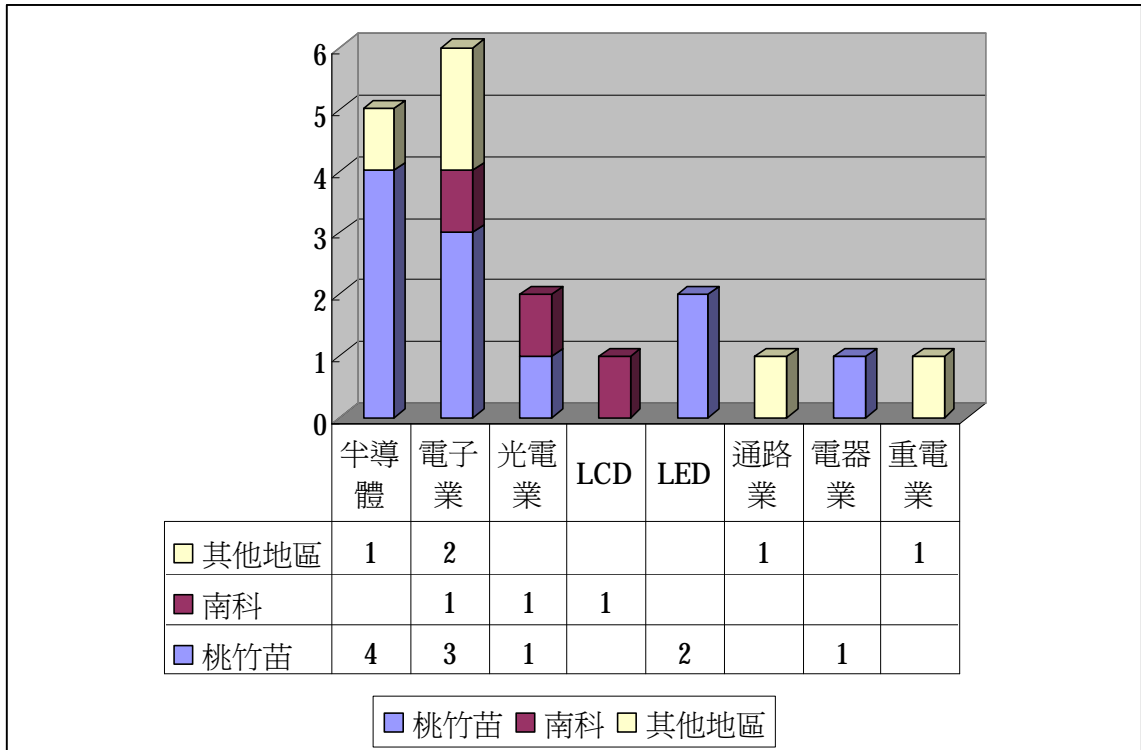


資料來源：整理自 Google search 「Solar Cell」及表列上市（櫃）公司網站。

XX

: 表示母公司，同一縱向則為其垂直整合或策略聯盟行爲

附圖 5 台灣太陽能光電產業群聚地分析



資料來源：本文研究廠商之公司網站資訊。自行整理。

附圖 6 台灣太陽能光電產業 SWOT 分析

內部環境 ←

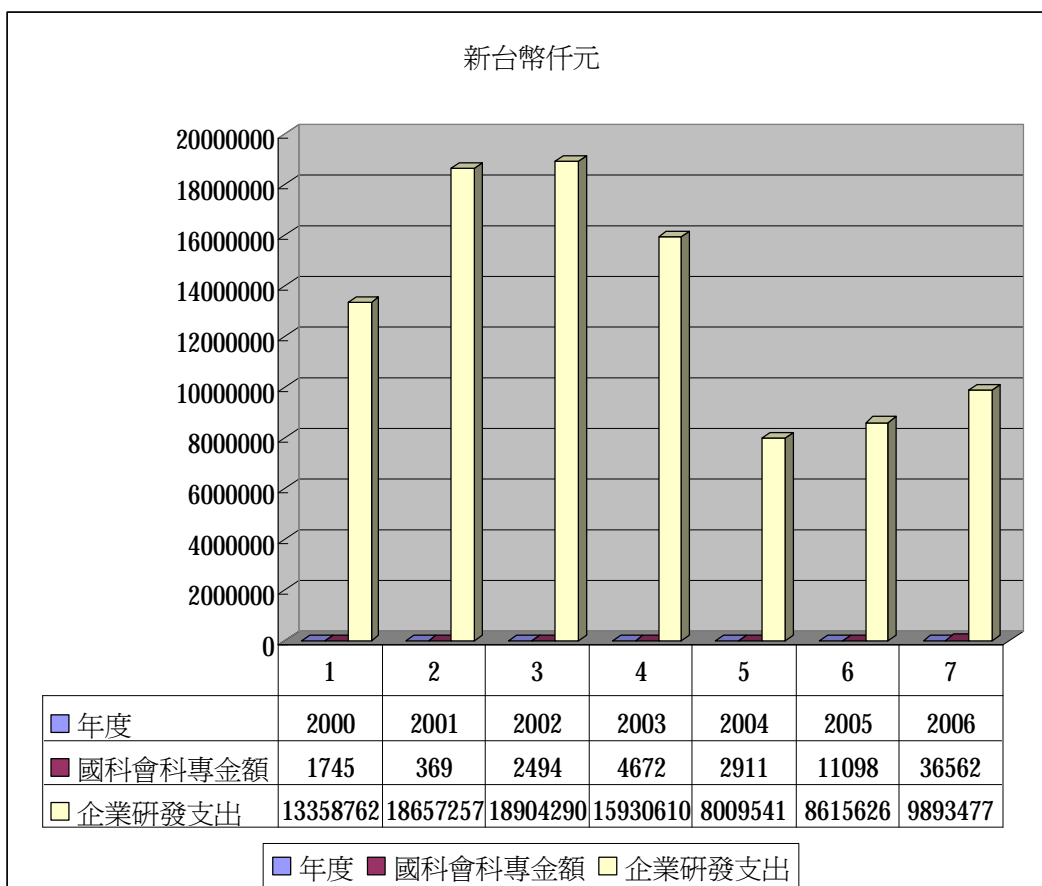
外部環境 ↑

優勢 (Strength)	劣勢 (Weakness)
<ol style="list-style-type: none"> 1. 台灣在半導體與平面顯示器產業成功發展的根基。 2. 國內具有自行設計、研發組裝太陽能電池製造設備的能力 (如：茂迪公司的生產線)。 3. 國內在不斷電系統、太陽能變頻器及 LED 與封裝等產業具有豐厚的發展資源。 4. 國內人才、技術、資金、科學園區的設置與獎勵措施等。 	<p>國內未有矽礦，且上游多晶矽原料多仰賴進口 (例如：國內綠能公司是目前台灣唯一以「多晶矽製程」專業產出太陽能矽晶圓 (wafer) 的工廠，是最接近上游的專業晶圓廠，故掌控多晶矽原料成爲目前太陽能電池產業的關鍵成功因素。</p>
機會 (Opportunity)	威脅 (Threat)
<p>一、國際需求</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 2004 年德國通過新再生能源法及十萬屋頂計劃。 2. 日本規劃「新陽光計劃」(New Sunshine Program)，至 2030 家庭用電的 50% 將來自太陽能發電供應。 3. 美國多州紛紛通過制訂「再生能源配比」(renewable portfolio standards) 之發展。 4. 歐洲其他國家積極建置太陽能光電系統 <p>二、國內需求</p> <p>我國於 2007 年已核准補助太陽能電池發電容量 1,821 瓩 (設置之獎勵措施：每瓩最高十五萬或補助上限爲總設置費 50%)。</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 新競爭者加入： 科冠能源、大豐能源、耀華電子 (2367)、太陽光公司 (3566)、旭泓全球光電及富陽光電等業者陸續投入太陽能電池產業。 2. 已加入的廠商擴增產能，威脅對方市佔率，例如： <ol style="list-style-type: none"> (1) 昱晶規劃 08 年產能將由 07 年 210MW 增至 560MW。 (2) 益通規劃 08 年產能將由 07 年 200MW 增至 320MW 左右。 (3) 茂迪規劃 08 年產能將由 07 年 240MW 擴至 400MW。

資料來源：SWOT 分析法：Weihrich(1982)。

Google search 「Solar Cell」。自行整理。

附圖 7 台灣公部門與民間企業在太陽能光電產業研發支出比較



資料來源：行政院國家科學委員會-太陽能電池科專金額及本文廠商之研發支出。自行計算。