

## 以系統動態學觀點探討台灣 TFT LCD 產業發展歷程

陳宜仁

工業技術研究院  
yjchen@itri.org.tw

陳建宏

國立暨南國際大學資訊管理系  
jh.chen@itri.org.tw

### 摘要

TFT LCD 產業的發展是一個十分複雜的動態過程，需要累積技術、資金、產能、人力資源等等眾多資源，並且會與日本的技術母廠、產業特性、政府政策、以及國家經濟發展狀態等因素之間彼此互動影響。台灣 TFT LCD (Thin Film Transistor Liquid Crystal Display) 產業在短短的三十年，台灣在毫無基礎、缺乏資源的情況，發展成為世界第二大液晶顯示器面板製造國家，並具有影響大型顯示器發展的地位，其發展過程值得深入探究。台灣科技產業的蓬勃發展使得產業環境中累積的相關資源與各產業的發展產生特有的交互關係，這些因素之間的交互影響結構對 TFT LCD 產業的發展非常重要。本研究運用系統動態學，試圖從產業發展所需的資源累積的觀點，探討台灣過去在 TFT LCD 產業發展歷程並了解在產業發展成功經驗背後，相關資源的累積過程；最後並討論此方面的議題對台灣 TFT LCD 產業未來發展的影響。

**關鍵詞：**TFT LCD 產業、系統動態學、產業發展

### 1. 前言

薄膜電晶體液晶顯示器 (Thin Film Transistor Liquid Crystal Display, TFT LCD) 產業的發展是一個複雜的動態過程，與發展環境中所累積的資金、產能、技術、人力等等各種發展資源息息相關。對一個開發中國家要切入 TFT LCD 產業的發展，會面臨許多發展資源上的困境與限制。

過去三十年以來，由日本廠商所獨佔的液晶顯示面板市場，因南韓、台灣廠商加入 TFT LCD 面板的製造，而形成南韓、台灣、日本三足鼎立的局面。雖然台灣早在西元 1976 年即跨入 TN (Twisted Nematic) LCD 的後段生產，但在液晶顯示器產業發展一直扮演技術追趕者的角色。液晶顯示器產業發展歷經 80 及 90 年代日本廠商於台灣設廠引進 STN (Super Twisted Nematic) LCD 後段製程技術與台灣本土的廠商分別自美國、日本引進 STN 生產技術。在 TFT 技術發展上，經由政府在科技研發經費的支持、工業技術研究院 (Industrial Technology Research Institute, 工研院) 與產業的互動下，在 1990 年成立聯友光電並自美國 OIS (Optical Imaging

Systems) 引進技術，而於 1992 年工研院將研發成果以術移轉的方式擴散到元太科技，才能使台灣繼韓國之後加入 TFT LCD 生產之列。但在良率不佳及缺乏大尺寸製程技術而無法與韓、日競爭。直到 1996 年中華映管自日本三菱 ADI 公司引進建立第一條 3 代大尺寸 TFT LCD 面板生產線，而吸引國內的廠商投入資金、人力、技術、與市場等資源於 TFT LCD 生產線，正式開啟台灣 TFT LCD 產業的發展。台灣政府亦將其列為策略性高科技產業，透過租稅優惠、資本等政策協助產業加速發展，而能帶動台灣經濟成長的火車頭工業。

在短短的三十年，台灣由毫無基礎，技術落後的情況，能擠入世界前三大 TFT LCD 面板製造國家。在產業、技術母廠、政府之間不斷的互動下，逐漸吸引國內乃至於國外的各種資金、人力、技術、與市場等資源，逐步成長與擴張，奠定了台灣 TFT LCD 產業的初步發展基礎。產業的發展在不同的階段與不同的環境因素互動，隨著產業狀態的進步，不斷擴展其互動範圍，彷彿隨著產業系統的成長不斷重新定義新的系統邊界[1]。TFT LCD 產業發展需

要大量累積資金、人才與技術等，並且會與其它產業、政府政策，以及國家經濟發展狀態等因素之間彼此互動影響，在人才與資金需求上甚至擠壓到半導體產業的發展。因為在這個發展過程的背後，隱含著多年來支持產業發展的結構與環境條件，所以需要從環境互動的層面來理解這個複雜的發展過程。

由於 TFT LCD 產業發展是一個長期的動態過程，受到眾多的技術、社會與經濟因素所影響，需要用整體與動態的觀點來研究。本研究採用系統動態學的觀點來探討台灣 TFT LCD 產業的發展歷程，並討論此產業未來在發展可能面臨的挑戰與策略。

## 2. 系統動態學

系統動態學是 Forrester [7] 等人在 1950 年代於 MIT 所創立的方法論，系統動態學是研究系統內部資訊回饋之特性，並使用模式來改善組織結構及引導政策的制定[7]。此方法論經常被用來研究組織或企業等系統的動態行為特性並已經廣泛被應用在產業研究上，透過對於產業發展背後系統結構的因果環路模式的建立，有助於研究及協助制定政策等 [2]，[8]-[14]。

系統動態學認為系統結構是影響系統行為的主要原因，並將系統運作所需的各種主要元素（如人力、資金、機器、材料、訂單、資訊等）視為流動的流(flow)的觀念，並以各種流來跨越次系統之間的邊界而能整合系統的運作。系統動態模式的建立方式為針對組織內部情報回饋過程作分析，依照其互動關係建立因果迴路模式，最後藉模擬的方式來顯示系統的動態行為，並可以測試不同的政策與延遲等效應，如何交互影響系統的行為。

在模式效度部份，系統動態學是從目的論的角度來看待模式的效度；透過系統結構來呈現整個系統動態行為的特性，並從結構中尋找政策介入點，而達到輔助決策的功能，協助模式的使用者決策以達到其目的[15]。換言之，系統動態學模式的目的不是單純預測某一特殊事件的發生，或是推測某一特定數值的大小，而是藉由建構模式的過程增加模

式建構者對於真實世界的理解程度，並從情境模擬的過程與結果來增加決策者對其所作決策的信心。Forrester 與 Senge 認為系統動態學模式的效度，可以從模式結構的可信度、模式展現之行為與真實世界的相似程度、以及模式對於政策分析產生的幫助與造成的影響三個層面來評估[16]。

產業發展是一個複雜而動態的過程，透過對產業系統結構的探討，可以較清楚地詮釋產業發展過程中，各主要變數間環環相扣的因果關係，並有助於探討更多關於系統運作的內涵以及較佳的政策槓桿點。對於複雜的動態產業發展系統，可以從系統整體的觀點，應用系統動態學來探索其背後的系統結構。

## 3. 台灣液晶顯示器產業發展過程

台灣自 70 年代敬業電子為生產電子錶用的顯示器自美國 Hughes 引入 TN LCD 生產技術，開啟了 LCD 產業的發展[3]。在 TFT LCD 的發展，台灣本身並無大尺寸製造技術，加上日本將此技術視為國寶級技術，不肯輕易將這項技術釋放出來，因此，只能受限而生產小尺寸的 TFT LCD 面板。直到 1996 年自日本引進建立第一條大尺寸 TFT LCD 生產線，才進入大尺寸 TFT LCD 面板量產的領域。在短短幾年間引發多家廠商投資，到 2004 年擁有 7 家大尺寸 TFT LCD 公司，而為全世界 TFT LCD 生產線密度最高的地區，其產量已居世界前二大。台灣近三十年的液晶顯示器產業的發展，其歷程可分為 1976 至 1990 年的 TN/STN LCD 萌芽期、1991 至 1996 年的小尺寸 TFT LCD 發展期、而 1997 年以後進入大尺寸 TFT LCD 的擴張期。目前台灣已擁有 TN, STN, TFT, LTPS(Low Temperature Poly Silicon) TFT 等 LCD 面板的製造能力，已逐漸建立以面板廠商為主的上游材料與關鍵零組件供應能力之產業群聚效應，並拉近與日韓的技術差距。

### 3.1 1976 至 1991 年的 TN/STN LCD 萌芽期

台灣早期的 LCD 技術以勞力密集的 TN 及 STN LCD 為主，大約在 1976 年由敬業電子自美國 Hughes 引進 TN 技術，設立第一條 TN LCD 生產線，生產可用於電子錶的黑白液晶面板。後來陸續

多家本土廠商投入生產，包括中相科技、美相液晶 (Mesostate LCD Industries Co., Ltd.)、西泰電子、捷華、碧悠等以本土化研發 TN LCD 量產技術為主 [3]，建立 TN LCD 封裝、測試及品管技術，但這個時期產業的規模都還很小，大部份的廠商因而結束營業。在 STN 的部份，台灣本土的廠商，則是遲至由碧悠於 1992 年從美國引進第一條生產線才開始，台灣才開始進入 STN 的領域。

1983 年日商日立 在高雄設立高雄日立電子公司，開始從事於黑白 STN LCM 的封裝 [3]，接著於 1987 年擴廠可生產 STN LCD 面板，成為台灣第一條 STN LCD 生產線，首先在台灣引進 LCD 的封裝技術。後來陸續多家外商設廠，包括夏普、Epson 等，也相繼引進 TN/STN LCD 封裝、測試及品管技術，並培育了很多台灣 LCD 產業的人才，為台灣 LCD 產業發展奠定了初步的基礎。

### 3.2 1991 至 1996 年的小尺寸 TFT LCD 發展期

90 年代，台灣半導體產業的正值快速成長階段，對於其它相關產業的影響力也逐漸增強，當時台灣雖已累積一些 TN/STN LCD 製造經驗，但仍欠缺 TFT LCD 產業發展相關基礎研究。另一方面，政府努力協助業者自日本引進技術，但始終無法突破。所幸在一些企業家看好此產品之未來應用，以自行建立及自工研院移轉技術等方式取得技術，不斷地嘗試錯誤提昇良率並忍受長期虧損，累積技術能量而才能於後來快速吸收轉化自日本引進的技術，創造出卓越的成長績效。

90 年代正是台灣大力發展半導體產業的時候，許多公司由資本市場募集到雄厚資金，為維持企業成長開始進行多角化而尋找下一個產品。聯華電子選擇與半導體製程相關的 LCD 產品而於 1990 年成立聯友光電。聯友光電初期由美國 OIS 移轉技術，並邀請多位在美國的海外華人助陣。1992 年聯友光電以改裝聯華電子 4 吋晶圓廠之生產設備為 TFT LCD 生產線，為台灣最早的第一條 TFT 生產線。另外，永豐餘集團於 1992 年成立元太科技以製造小尺寸 TFT LCD 面板為主，其技術來自工研院電

子所之 TFT LCD 技術研發團隊。1994 年 9 月，工研院電子所建置完成 6.4 吋 TFT LCD 試量生產線後，元太科技於 10 月使用工研院電子所設施，進行小批試量生產 TFT LCD，並以技術移轉、諮詢服務和人員訓練等方式取得技術，進而在工研院電子所研發團隊協助下於 1995 年興建國內第一條第二代生產線 TFT LCD 生產線。

雖然在工研院電子所 TFT LCD 研發團隊的技術移轉、海外華人回國的投入，台灣才有能力由 STN LCD 跨入 TFT LCD 產業，但因欠缺成熟量產技術而受困在量產及良率問題的突破，更因產業週邊環境尚未成熟而廠商無力追逐大尺寸生產線之建置，因此台灣產業只能著力於小尺寸 TFT LCD 面板生產。到了 1995 年，中華映管從日本東芝引進 STN LCD 的生產線，而於 1996 年自行開發出 NB 用的彩色 STN LCD 11.3 吋面板，此時台灣才進入可生產大尺寸 LCD 面板的行列。

### 3.3 1997 年以後進入大尺寸 TFT LCD 的擴張期

表 1 台灣 TFT LCD 生產線

公司	地點	基板尺寸 (mm <sup>2</sup> )	世代	投資金額 (億台幣)	月產能 (千片)	量產時間
友達	Hsinchu L1	320*400	1	38	--	1995/10
	Hsinchu L3C	600*720	3.5	200	60	1999/7
	Hsinchu L3A	610*720	3.5	160	35	1999/12
	Hsinchu L3B	610*720	3.5	160	45	2000/11
	Lungtan L4A	680*880	4	250	60	2001/2
	Lungtan L5A	1100*1250	5	--	50	2003/1
	Lungtan L5B	1100*1300	5	--	70	2004/2

	Taichung L6A	1500*1850	6	--	60	2005 Q1
	Taichung L5C	1100*1300	5	--	60	2005/Q3
	Taichung 7A	1950*2250	7.5	1000	30	2006 Q4
奇美	Tainan G3.5Fab	620*750	3.5	200	60	1999/12
	Tainan G4 Fab	680*880	4	250	88	2001/Q4
	Tainan G5-1Fab	1100*1300	5	--	145	2003 Q3
	Tainan G5.5 Fab	1300*1500	5.5	--	105	2005 Q1
	Tainan G5-2 Fab	1100*1300	5	--	180	2006 Q3
	Tainan G7.5 Fab	1950*2250	7.5	1000	100	2007 Q4
華映	Taoyuna T1	550*670	3	200	40	1999/5
	Taoyuna T2	680*880	4	238	72	2001/5
	Lungtan F1A	730*920	4.5	--	90	2003 Q4
	Lungtan F1B	730*920	4.5	--	90	2005 Q1
	Lungtan L2	1500*1800	6	--	50	2005 Q2
彩晶	Yangmei Fab1	550*650	3	200	55	2000/3
	Yangmei Fab2	550*650	3	150	55	2001/5
	Tainan Fab1	1200*1300	5	--	90	2005/1
	Tainan Fab1	1500*1850	6	800	--	2006 Q1
群創	Chunan	730*920	4.5	--	30	2004 Q1

	Chunan	1100*1300	5	--	60	2004 Q4
元太	Hsinchu P1	370*470	2.0	75	48	1995/10
廣輝	Taoyuan L1	620*750	3.5	200	45	2001/4
	Taoyuan L2	1100*1250	5	--	60	2003 Q2
	Lungtan	1500*1850	6	800	60	2005 Q3
統寶	Chunan	620*750	3.5	--	75	2002

資料來源:ITRI, IEK-ITIS (2001/03, 2004/06), 各公司網站

1996 年以後由於韓國進入市場後，日本廠商受到韓國廠商在價格上的擠壓，重新調整經營重點，加上台灣政府與民間雖屢次赴日洽談 TFT LCD 技術移轉失敗但仍表現出強烈需求，而選擇具有半導體製造經驗與優勢的台灣為策略伙伴將國寶級技術移轉到台灣，讓台灣成為日商 TFT LCD 的代工重鎮，這也使得台灣在發展 TFT LCD 上會有更大的機會。台灣廠商之所以積極的投入 TFT LCD 的領域，除了未來在市場上具有應用潛力外，最重要的是台灣為全球筆記型電腦重要的出貨地，能有自己的面板供應體系，對於筆記型電腦成本的降低及面板供應的穩定性會有很大的幫助。1997 年中華映管自日本三菱 ADI 引進大尺寸的 TFT LCD 生產線後，台灣才正式進入大尺寸 TFT LCD 面板的領域。

台灣 TFT LCD 產業歷經八年的努力，2005 年大尺寸面板年產值已達 5659 億元，打造了全世界坐二望一的產量。台灣 TFT LCD 產業繼中華映管突破日本對台灣技術封鎖的障礙後，先後已有聯友、達基<sup>1</sup>、瀚宇彩晶、廣輝電子<sup>2</sup>、群創等多家分別向日本 Toshiba, Matsushita, IBM Japan, Sharp 等公司取得量產技術。目前台灣投入 TFT LCD 面板製造的廠商已有 7 家廠商，另外統寶<sup>3</sup>投入 LPTS TFT。台灣廠

<sup>1</sup> 聯友光電與達基科技於 2001/9 宣佈合併為友達

<sup>2</sup> 2006/10 廣輝將與友達合併

<sup>3</sup> 統寶已於 2006/6 與飛利浦行動顯示系統事業部合併

商為了維持國際競爭力而不斷地投入更多的資金，建立更大尺寸玻璃基板的生產線，以生產更大尺寸面板及降低面板的單位成本。如表 1 所示，至 2005 年底已經擁有 28 條各世代的生產線，另外至少還有 4 條五代以上生產線正在建廠或規劃中，在 TFT LCD 面板供應上已具佔據無法被取代的重要地位。

#### 4. 台灣液晶顯示器產業發展之資源累積結構

為了探討台灣液晶顯示器產業發展過程的資源累積結構，本研究運用系統動態學來建立發展模式。台灣液晶顯示器產業的成功發展，是在台灣產業轉型的過程中，透過各方面角色互動演化而成的結果。產業系統隨者產業的進展逐步擴大互動層面。

技術、人力、資金、產能等資源是液晶顯示器技術發展的重要基礎。日本母廠的技術移轉、液晶顯示器廠商的產能、半導體產業的技術與人才累積，資金累積以及政府研究機構的支持等等幾項台灣特有的因素促成了台灣液晶顯示器產業發展，如圖 1。

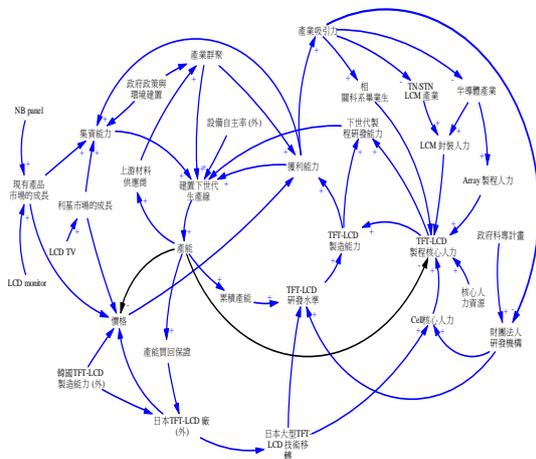


圖 1 產業發展之資源累積環路

##### 4.1. 日本母廠的技術移轉

日本為大尺寸 TFT LCD 產業的量產先驅，早在 1990 年投入第一代大尺寸 TFT LCD 製程量產，擁有量產技術、關鍵材料及生產設備等先行者的優勢。日本在 TFT LCD 市場獨佔到 1995 年，韓國廠商進入 TFT LCD 之生產為止。韓國廠商借由自行研發、日本技師的技術指導及其在半導體產業的發展

所累積的經驗，迅速超越日本而取得市場佔有率。由於韓國進入市場後，日本廠商不敵價格戰之威脅，而重新調整經營重點集中於品牌、通路之經營。日本 TFT LCD 廠商為確保其過去累積研發之剩餘價值及鞏固既有的品牌市場，選擇具有半導體製造經驗與優勢的台灣企業初期策略伙伴，於 1997 年同意技術授權台灣廠商，以取得智慧財產權的高額利潤及產能保證，以共同建構以日本為首之全球 TFT LCD 商品供應鏈。

1997 年中華映管自日本三菱電機 ADI 移轉引進第 3 代 TFT LCD 量產技術（建廠、生產、設計、整廠）為台灣第一家成功自日本引進大尺寸 TFT LCD 量產技術，進而掀起一股 TFT LCD 投資熱潮，由 1998 年陸續建廠的台灣 TFT LCD 大廠，至 2003 年間共有七家 TFT LCD 廠商投入了大量的資金建廠。如表 2 所示，台灣大型 TFT LCD 廠除了奇美電子外，幾乎都是接受日本技術的授權，並大力給予技術支援建立關鍵零組件，以扶植台灣廠商加入競爭，台灣 TFT LCD 廠商因而大幅縮短學習曲線，產能也迅速成長。也因為過去台灣在半導體累積相當不錯的製造技術，而能夠快速吸收技術、進而大幅度提昇量產良率（已超過 80% 以上），累積可觀之產能快速獲取利益，進而才能持續進行大規模的次世代生產線的投資，以獲取經濟效益。

表 2 台灣大型 TFT LCD 面板廠商之製造技術來源

廠商	母公司	技術來源	與技術來源合作關係	持股比例
華映	大同	日本三菱 ADI	TFT LCD 技術移轉 面板回銷	0.39%
友達* (聯友光 電、達基科 技)	宏碁、 聯華	日本松下 電氣 日本 IBM	TFT LCD 技術移轉	0%
奇美電子	奇美實 業	日本富士 通(Fujitsu)	TFT LCD 策略聯盟, 1998 面板回銷	0%

		日本 IBM	2001 年併購日本 IBM TFT LCD 部門，並與日本 IBM 合組 IDTech 公司	奇美佔 85%
瀚宇彩晶	華新麗華 華邦電子	日本東芝 (Toshiba)	TFT LCD 技術移轉 面板回銷	0%
		1998. 3, 2001. 9		
		日本日立	AS-IPS 等多項技術 授權	0%
		日本 Sharp	OALCD 專利授權	0%
		2003. 1		
廣輝電子	廣達電子	日本夏普 (Sharp)	TFT LCD 技術移轉 1999. 5 面板回銷	3.67%
統寶光電	金仁寶集團、 統一集團、 東元集團	ITRI	LTPS TFT LCD 技術 授權 (1999. 11~)	0%
		日本鳥取 三洋 (Sanyo)	LTPS TFT LCD 專利 授權 (2003. 4)	

資料來源：各公司年報，2004

#### 4.2. 人力資源的累積

TFT LCD 生產主要包含三個製程，分別為 TFT Array、LC Cell、以及模組裝配，如圖 2 [17]。Array 製程與半導體製程相似，不同的只是 TFT 的基板是玻璃而半導體的是晶圓。因為 Array 薄膜製程與半導體製造高度相似，台灣 TFT LCD 廠在這個製程有很高的良率仍因其相關人才來自台灣半導體廠，擁有豐富的經驗及成熟的技術。台灣產業界過去缺少 LC cell 量產的技術，也是向日本移轉技術所要學習的主要技術。此部份製程是影響 TFT LCD 產量與良率的主要製程，所以台灣廠商需要以更長的時間學習累積經驗才能提昇製程良率。最後的步驟是進行模組組裝及測試，雖然此部份的製程以人工作業為主但較為簡單，而且台灣過去已在 TN/STN 的 LCM 上累積豐富的製程經驗而且，一般

而言，製程良率可達 99% 以上。

TFT LCD 產業既是資本密集亦是技術密集的產業，其投入在建廠與技術的研究發展經費相當龐大，在技術人員在質與量的需求上，就顯得非常殷切，技術人員更是 TFT LCD 產業發展的重要基礎。台灣 TFT LCD 產業發展所需的人才主要來源，大致可分為三大類，第一類民間企業所培養的人才，其中以日商早期在台投資所培養的 TN/STN LCD 製造人才及過去長期累積的半導體製程人才為主；第二類是政府設立的產業科技研究機構，特別是工研院所培育的高科技人才；以及第三類是由國內教育體系培育人才。由於長期的人力資源有效的累積，1997 年台灣自日本引進大尺寸 TFT LCD 製造技術後，雖然引發一連串的投資設廠，但在技術人力的供應並未遇到困難，因為有幾項因素促成而這些人力資源的累積與流動。

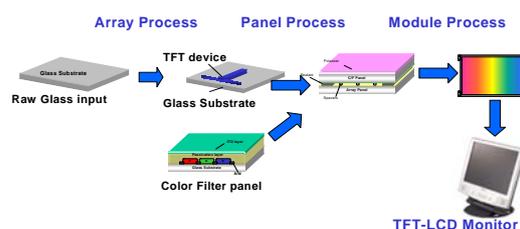


圖 2 TFT LCD 面板主要製程[17]

##### 4.2.1. 日系企業所培養的 LCD 製造人才

液晶量產技術起源於日本，而日系廠商在台投資設廠，培養出許多優秀的 TN/STN LCD cell 製程工程師、模組工程師及產品設計人才，累積不可忽視的能量。當台灣大力發展 TFT LCD 產業時，此能量能夠快速被吸收、轉移並直接投入自日本移轉大尺寸 TFT LCD 量產技術上，進行製程改善與良率提昇，對此產業發展有很大的助益。

台灣自 1966 年成立加工出口區，以優惠的稅務政策及優良且低成本的勞動人力吸引外資於台灣設立生產工廠，特別是日本廠商面臨日本國內人事成本高漲及產業環境變遷而大規模往海外尋找生產據點。為數不少的日系企業以獨資方式設立於高雄、楠梓、台中加工出口區內以生產家電及資訊電子產品為主。日系企業對台灣企業發展的貢獻，不

僅在創造就業機會、出口外匯、資本投入上，同時也在生產技術和經營管理的移轉上有顯著的貢獻[4]。

過去日商在台灣以日立、Epson 及 Sharp 三家投資在 TN 及 STN LCD 液晶生產為主，也為台灣培養出許多優秀的 TN/STN LCD cell 製程工程師、模組工程師及產品設計人才。高雄日立於 1983 年開始生產黑白 STN LCM，1987 年擴廠可生產黑白 STN LCD 為台灣第一條 STN 生產線，培育了很多台灣 LCD 產業的人才。Epson 於 1985 年買下台灣雷特液晶數字更名為台灣愛普生[3]，以生產 TN 為主，1992 年擴大至生產黑白 STN LCD 面板。1995 年成立產品設計中心，導入產品設計，對台灣液晶顯示器產品設計人才養成有很大的幫助。2003 年年底結束台灣 Epson 的 LCD 生產業務，於 2004 年 1 月 1 日由勁佳光電併購。Sharp 於 1986 年成立台灣夏普電子，為提供台灣個人筆記型電腦面板的成長需求於 1994 年自日本引進 TFT LCD 後段模組製造設備於高雄設廠，培育 TFT LCD 後段生產人才。

人力資源為公司競爭之重要資源，日商尤其以終身雇用制度為傲，長期進行培訓人才。但在台灣的 TN 及 STN LCD 的日本企業資金來源由日本母公司提供，因受限於外資持股達 51% 以上不能上櫃上市，而無法由台灣公開市場募集資金。因此在人才競爭上無法以台灣高科技公司特有的「員工配股制度」來留任員工，自 1997 年台灣業者競相投入 TFT LCD 建廠行列後，日系液晶面板廠商所長期培育的技術人才成為各家延攬爭取的對象，技術人員及工程師於短時間大量流出，雖造成日系液晶面板廠商的經營困擾，但對台灣的大尺寸 TFT LCD 產業發展則注入寶貴的研發資源。

#### 4.2.2. 半導體製造人力的流動

台灣蓬勃的半導體產業對台灣能夠快速將自日本引進 TFT LCD 技術內化有很大的幫助，因為 TFT LCD 的前段 Array 製程與半導體製程相似度約佔有 70%，而在產業發展初期有許多 TFT LCD 的工程技術人才是來自於半導體產業。在過去幾年台灣 TFT LCD 產業發展中，已經發生過二次工程技術

人員由半導體產業流向 TFT LCD 產業。同樣地，已經從事半導體的廠商比較容易切入 TFT LCD 產業領域，例如聯友光電與瀚宇彩晶原本都是從事半導體出身的聯電與華邦投資的，如此半導體產業必定會在人才與資金上與 TFT LCD 產業產生競合關係，而形成資源排擠現象[5]。

第一波大約出現在 1999 年台灣剛剛進入大尺寸 TFT 面板量產的時候，由於 TFT 的前段 Array 製程與半導體製程相似，以及 TFT 廠的潔淨室、建築、設計都比照半導體廠，需要大批技術人才，再加上 TFT LCD 多是新公司，有不錯的前景與員工分紅配股，因此形成一股搶進 TFT 廠的風潮。2001 年半導體產業景氣持續低迷，發生第二波半導體技術工程師湧向 TFT LCD 產業的情況，特別是以 LPTS TFT 等次世代顯示器技術為開發重點的 TFT LCD 廠。

#### 4.2.3. 產業科技研究機構對人力流動的影響

產業科技研究機構對台灣的 TFT LCD 產業發展有很大的貢獻。台灣的產業結構以中小企業為主，缺乏資源而無力投入研發，產業發展需仰賴政府與其支持的研發機構。政府在 1973 年成立工研院是台灣最大的產業研究機構，工研院配合政府政策與產業界需要，透過自國外技術引進與自主性的研發並行的方式，支持台灣的半導體產業、資訊電子產業、TFT LCD 產業、自行車產業、工具機產業的發展[18]- [21]。

工研院在政府科技專案計畫的支持下，累積不少研究成果與優秀的人力資源，並可以透過各種不同的擴散方式，將人才移轉到民間公司而對台灣產業發展有重大產生影響。工研院長期投入技術研發而塑造了良好的研發環境，加上適用國防役而吸引不少從學校培養出來的理工科系的碩、博士畢業生投入 TFT LCD 研發工作。工研院自 1989 年起執行政府委託的「平面顯示器技術發展計畫」，吸引國內外人才建立包括電子、物理、化學、光電等跨領域的團隊，累積可觀的研發能量。當台灣的產業發展逐漸成熟，一些工研院培養的人才選擇離開而進入業界而成為台灣發展 TFT LCD 領域重要棟樑。例如：吳炳昇從成大電機工程研究所取得博士學位

後，於 1987 成為工研院電子所首批開發 TFT LCD 相關技術的工程師之一，1993 年加入元太，之後轉至奇美電子擔任研發副總經理。吳大剛於 1987 年自美國取得化工博士加入工研院電子所，1993 年也加入元太並於 2000 年加入瀚宇彩晶擔任副總經理。工研院電子所前副所長吳逸蔚來自全錄公司，加入工研院投入 LPTS TFT 的研發計畫，之後隨技術移轉至統寶。工研院這些人才的擴散對提昇整體產業的技術與研發水準有不小的貢獻。

#### 4.2.4. 員工配股制度對人力流動的影響

人才是 TFT LCD 產業發展主要資源之一，為吸引人才，提高員工向心力，TFT LCD 廠商亦採用台灣高科技產業獨特的員工分紅配股制度。當投資者看好 TFT LCD 產業前景，而投入資金大規模自日本引進技術以及建廠時，對於技術、工程人力的需求就更顯殷切，這些公司因產業成長以及高股票價格期望、而具有相當強的人才招募、吸納能力。

近年來，在面板市場需求下，液晶顯示器產業已進入世代競爭，各大公司進行大規模擴廠、建廠以維持產能的優勢，並引發各方投入提供關鍵上游材料，在面板廠主導下形成緊密的上下游供應鏈整合，已分別發展出以竹科與南科為主的 TFT LCD 產業聚落 (industrial cluster)。特別是以竹科的聯友與南科的奇美等一線廠商，因有相當不錯的營運績效與股價前景，而產生了非常強大的人才吸納，無論是國內應屆的大學及研究所畢業生，或是海外的歸國學人。因此，對於其它二線的廠商，以及半導體、電子、精密機械等相關產業的廠商，甚至科技研究機構，都產生了非常嚴重的人才排擠效果。

長期以來，台灣獨特的員工分紅配股制度的實施對人才的累積已產生一些副作用，台灣的優秀人才出國深造的意願下降，加入研發機構參與科技研發的質與量均不如以往，而使得海外以及國內研發機構累積研發人力的功能受到影響[5]。

#### 4.3. 產能的累積

在短短數年中，TFT LCD 業界的世代競爭之激烈、發展之快速，早已超乎想像。TFT LCD 產業

發展，自 Sharp 的全球第一條 TFT LCD 生產線於 1991 年進入量產以來已進入第 15 年，生產線世代的演進，已由第一代的 320mm x 400mm 玻璃基板大小，隨著大型面板的需求，逐步進展到第八代的 2,160mm x 2,400mm，第八代生產線的單片玻璃基板面積是第一代生產線 40.5 倍，其成長速度相當驚人。

台灣之量產技術來自日本的技術授權，初期以 OEM 代工回銷方式確保面板廠有足夠訂單，維持營運並爭取足夠時間，以進行製程良率改善研究，再加上受到在台灣半導體產業 foundry 的成功經驗的影響，而採取與半導體產業相同的專業代工之經營型態，集中資源於面板的製造。產業發展初期，筆記型電腦與液晶顯示器的龐大市場需求，是推動發展台灣 TFT LCD 產業的重要力量。因為液晶顯示面板佔筆記型電腦成本約 30% 為其成本結構中最重要的一部份，但此重要的關鍵零組件卻長期仰賴日本供應。宏碁、廣輝、仁寶等台灣資訊廠商為能降低成本及掌控供應來源而加速投入 TFT LCD 產業。

與半導體產業相比，工研院在 TFT LCD 產業快速成長的過程中，對大尺寸面板量產技術提供的角色扮演就不是非常明顯。工研院自 1989 年起執行政府委託的「平面顯示器技術發展計畫」，透過政府科技專案計畫的支持，長期投入 TFT LCD 技術研發，並以策略聯盟、技術移轉、人員訓練、技術諮詢及專利授權等各種方式快速將所累積的研發能量移轉民間。工研院於 1989 年開始研發小型 TFT LCD，直至 1990 年才研發出 3 吋至 6 吋 TFT 技術並於 1994 年建置完成 10.4 吋 TFT LCD 試量產生產線。元太自工研院移轉 TFT LCD 相關技術，為能加速進入市場時機而於 1994 年 10 月使用工研院建立的生產線設施，進行小批量的生產 TFT LCD 面板，並在工研院協助下興建國內第一座 TFT LCD 量產工廠。工研院除移轉技術外並提供人員訓練、技術諮詢等協助。可惜地，工研院未能有足夠的資源建立完整 TFT LCD 的生產技術，以致於無法仿照半導體產業模式以衍生公司方式[21]，將人才、技術及設備等研究成果一併移轉至新成立的衍生公司，而能快速提升公司競爭力。雖然工研院未能有效支持

台灣 TFT LCD 大尺寸面板量產技術的發展。幸運地，由於市場急速成長而誘發國外材料廠商以技術移轉、技術合作或設廠等方式投入本土上游材料產業，並與面板廠策略聯盟與合作形成緊密的上下游供應鏈。

日本是台灣液晶顯示器產業的上游關鍵材料與設備的主要供應者，台灣面板廠商在過去幾年中加速擴廠，其所需要的量產技術、生產設備、與關鍵材料都只能依賴日本廠商。目前有以面板廠為主而形成的二個產業聚，分別為以環繞在竹科龍潭基地週邊的面板廠包括友達、華映以及廣輝，以及面板廠內製的彩色濾光片生產線，加上鄰近的偏光膜廠平鎮力特光電等；另外在南台灣，則以設在南科的奇美與瀚宇彩晶二家面板廠為主，加上鄰近的康寧玻璃設立的熔爐、背光模組、冷陰極燈管廠、彩色濾光片等，形成 TFT LCD 完整的上下游供應鏈佈局。

雖然台灣面板廠商在各世代生產線的量產時間點與日韓大廠約有一年的差距，但在筆記型電腦與液晶顯示器，以及液晶電視的市場的需求期望下，雖然一條次世代生產線的投資動輒數十億美元，但面板大廠為維持競爭力，還是一條接著一條的籌資不斷地蓋下去，以累積產能。隨著次世代生產線的推進，玻璃基板月產能逐漸擴大，由三代廠單一生產線的產能可達3萬片/月到五代廠單一生產線產能更高達10萬片/月以上，更因為次世代生產線的投資可以增加目標市場面板尺寸的切割數，以期達到更高的投資效益。

#### 4.4. 資金的累積

TFT LCD 產業已進入世代競爭的狀態，各家廠商無不加速規劃更大玻璃基板尺寸的次世代生產線，以獲取大型面板的更大切割數，例如第六代生產線的最佳經濟切割為8片的32吋或及6片的37吋，高於第五代線的面板切割數的3片或2片。大尺寸液晶電視面板等利基市場需求所帶來高獲利空間，讓 TFT LCD 業者不斷地建置次世代生產線，以擁有更大的產能及獲利能力，並拉大與競爭者之間的距離，以及提高進入障礙防止潛在競爭者加入

TFT LCD 產業。

表 3 台灣五大液晶面板廠商近五年資本支出

	2002	2003	2004	2005	2006
合計(台幣億元)	470	970	2364	約 2700	約 2500

資料來源：各公司年報，2006

台灣主要的液晶面板廠為追求更高產能及獲利能力，但 TFT LCD 生產線每條的平均投資金額，已由第一代生產線的 38 億元增加到第 7.5 代線的 1000 億元左右，投資金額已超過與 12 吋晶圓廠。台灣 TFT LCD 產業已由過去每年百億的設廠投資規模，大幅增加到每年超過 2000 億，近五年的累積資本支出大約 9000 億，如表 3。如此龐大的資金，所幸 TFT LCD 為我國「兩兆雙星」產業計畫之一，也是繼半導體後帶動台灣經濟成長的重要產業，因此政府運用如行政院開發基金提供資金，以及交銀、合庫等公營銀行提供業者低利貸款，並給予進口機器設備免稅、股東投資抵減、五年免稅等多項租稅的優惠。在政府政策支持及國內熱絡的金融市場，液晶顯示器業者經由上市、上櫃方式取得低成本資金。另外，業者亦以發行 ADR(美國存託憑證)方式，將募集資金的管道擴展到國外，擴大資金累積的能量。因為資金來源的不中斷才能使 TFT LCD 產業蓬勃發展。

## 5. 結論

歷經數十年的努力，台灣的 TFT LCD 產業在缺乏成熟的量產技術及上游材料工業的支持，在面板廠採專業代工之經營型態與在市場需求下帶動國外材料廠商競相的投入上游材料供應，並建構與日韓不同的經營模式且具國際競爭規模的產業結構。1999 年以後，因為市場需求成長才加速業者投入上游材料的製造。雖然，TFT LCD 的前段製程與半導體製程類似，台灣已發展健全的半導體產業或多或少對台灣跨入 TFT LCD 技術有所幫助。當 TFT LCD 產業快速成長時，反而在人才與資金上與半導體產業產生競合關係。TFT LCD 產業發展是一個高度資

本與技術密集的全球化競爭產業，然而，台灣處在 TFT LCD 關鍵製程技術與生產設備仍掌握在日商手裡的窘態下，卻能在極短的時間內，繼日、韓之後成為世界 TFT LCD 生產大國，其產業的發展策略也不同於其它國家，具有以下四點特色：

### 5.1. 在市場需求拉力下，以民間為主的產業發展模式

政府機構在 TFT LCD 產業發展過程中，扮演與半導體產業發展類似的重要角色，除了以補助、獎勵等財稅措施，鼓勵廠商發展 LCD 技術外，亦透過工研院進行 TFT LCD 技術的研發。雖然在台灣廠商追趕 TFT LCD 技術的發展過程中，工研院在技術自主上扮演最重要角色，積極投入 TFT LCD 產品與製程技術開發，甚至在材料、關鍵零組件或設備等技術突破上，也投入許多資源進行研究。但受限於 1993 年的政府科技專案經費被刪減，工研院被迫將有限資源投入半導體新製程技術的開發，而中斷大尺寸 TFT LCD 面板的研發。雖然政府以及工研院的角色扮演轉趨薄弱，但民間業者的投資卻方興未艾。

台灣 TFT LCD 產業與個人電腦產業發展方式不同，後者則由蓬勃的電動玩具逐步由個人電腦、電腦週邊、筆記型電腦等產品的方式推進；而前者的發展在市場需求拉動下，從筆記型電腦、液晶顯示器乃至於液晶電視機。由於產業中的廠商對應用面的需求的預期，帶動廠商不斷地進行設廠投資與研發行為。筆記型電腦液晶顯示面板的龐大市場需求及供應來源不穩定是推動台灣 LCD 產業初期發展主要動力。液晶面板為筆記型電腦關鍵組件之一，其成本佔整體成本約 30%，但卻長期仰賴日本供應。廠商為了降低筆記型電腦成本及掌握液晶面板的供應來源，以及向上整合效益下而加速推動發展 LCD 產業。例如廣輝與未合併前的達基，都是因為集團下游產品的需要而投入 TFT LCD 領域。

在市場需求拉動下，吸引不同領域的廠商加入，其中以半導體廠商最為明顯，因 TFT LCD 有許多製程與半導體相關，而吸引聯電與華邦分別投資聯友光電與瀚宇彩晶，其中聯友光電以建立自主技術為出發，甚至改裝聯華電子 4 吋晶圓廠建立台灣

最早的第一條 TFT 生產線。另外，中華映管則是著眼於本身在顯示器領域中的佈局考量，早在 1994 年自日本東芝引進大型 STN LCD 技術，接著於 1997 年 4 月引進日本三菱電機 ADI 最先進的 TFT LCD 技術。因此，開啟了日本技術引進的大門，並成為台灣第一家生產大尺寸 TFT LCD 的廠商。至於奇美則又是另一種發展模式，以其本業相關的重要關鍵組件「彩色濾光片」為切入點，隨著產業的成長，而加速投資於 TFT LCD 面板的生產。奇美是台灣唯一一家不是自日本引進技術的廠商，不過奇美選擇與日本的富士通合作，採取代工合作模式獲取生產技術並透過自主製程改善提升生產良率。這些廠商自主行為發展出 TFT LCD 產業並非由政府主導，而是在蓬勃的資訊產業所引發的關鍵零組件需求下，廠商基於策略與佈局，以及日本技術母廠合作關係而產生的一連串產業活動。

### 5.2. 日本量產技術移轉開啟的台灣大尺寸 TFT LCD 發展契機

大尺寸 TFT LCD 面板量產技術是 TFT LCD 產業的核心能力，台灣希望以自己的創新系統建立量產技術，但受限於整體技術能力與資源，始終無法突破而只擁有小型 TFT LCD 面板量產技術，而一直處在技術落後者的地位。1996 年以後由於韓國進入市場後，日本廠商受到韓國廠商在價格上的擠壓，加速建廠的計畫。但在 1997 年底亞洲爆發了金融風暴，使得日本國內已難有持續大量的資金挹注其 TFT LCD 產業，日本業者不得已只好減緩對 TFT LCD 產業新的投資，甚至取消規劃的建廠計畫。

1997 年以前，台灣政府與民間雖多次赴日洽談 TFT LCD 技術移轉，但始終無法突破。日本於金融危機後，TFT LCD 業者無力透過建置新廠以累積產能並維持領先地位。業者在不堪長期虧損，重新調整營策略整併旗下 LCD 部門，甚至將長期累積的技術經移轉方式獲取現金，以填補長期的投資虧損。日本選擇具有半導體製造經驗與優勢的台灣為其策略伙伴，將其視為國寶級技術的 TFT LCD 量產技術移轉給台灣廠商，讓台灣成為日商 TFT LCD 的代工重鎮。日本廠商透過量產良率保證，經由台灣

廠商以快速擴大產能，並以買回策略確保面板之供應來源，加速於高附加價值產品應用開發。

台灣 TFT LCD 產業的發展受惠於日本與韓國之間的技术競爭，經由日本廠商的技术移轉以及由筆記型電腦產業所創造出龐大的需求，吸引台灣廠商看好大尺寸 TFT LCD 的未來發展潛力，投入大量資金的進行建廠及量產。台灣廠商適時的把握時機，才能在全世界 TFT LCD 產業競爭上逐漸勝出。

### 5.3. 與半導體產業在人才、資金產生競合關係

當 TFT LCD 產業規模逐步擴大後，形成與既存的半導體產業競爭明顯不足的高科技人才與資金等資源，此二大產業在人才與資金上的競合關係，形成對其它產業發展產生資源排擠現象。過去台灣 TFT LCD 產業發展過程已經發生過二次工程技術人員由半導體產業流向 TFT LCD 產業。當 TFT LCD 廠商為追逐更大尺寸面板、擴大產能、以及加高進入障礙而不斷地投資建立次世代生產線，如此快速的產業擴張，使得 TFT LCD 產業領導廠商不得不加入世代競爭的循環。世代競爭下，廠商快速擴張將導致人才與資金的不足，如此除了壓縮半導體產業發展空間外，更可能使 TFT LCD 產業發展面臨成長極限。

### 5.4. 資本密集必須不斷投資設立生產線以鞏固競爭力

當 TFT LCD 產業進入世代競爭循環時，整個產業發展已走到毫無退路的困境。雖然一條次世代生產線的投資動輒千億台幣，但大廠為維持競爭力，必須不斷地籌資追逐次世代生產線的建置。由於 TFT LCD 生產線之所能生產的基板尺寸是固定的，而其所能切割出的不同尺寸面板片數幾乎在設廠時就已經決定了，但在消費者對大尺寸面板需求不斷增加，而迫使 TFT LCD 廠商必須不斷地以投資更大玻璃基板尺寸之生產線方式，來增加更大尺寸面板的產能以及降低面板的單位成本，才能在此產業中保持優勢競爭力。

長期而言，台灣 TFT LCD 主力廠商大多可以

募集到足夠資金建置次世代生產線，但在關鍵製程技術與生產設備仍掌握在日商手裡，廠商只能倚賴長期累積的製程規劃技術能力以及工程技術人力的培養來推動次世代生產線發展。廠商唯有不斷投資設立生產線，擴大產能，吸引更多人才、資金等資源，才能累積技術能量並鞏固競爭力。相反地，若不能擴大產能與提升技術能力，將影響其資金募集與新生產線建立速度，使其在產能與技術上的累積更加緩慢，更因 TFT LCD 產業有高退出障礙的特性，較難轉移生產其它產品，廠商恐怕被迫只能選擇被其他廠商併購而退出。

## 6. 討論

以民間為主的台灣 TFT LCD 產業發展是複雜動態過程有其特殊性，在政府、研發機構、資本市場等充分支持下，不斷地獲取各種重要資源成長茁壯，然而在面臨未來的競爭與挑戰時，逐漸面臨資源不足所產生的挑戰。

台灣 TFT LCD 產業在關鍵製程技術與生產設備的自主掌控程度不如日、韓廠商高。與半導體產業相比，TFT LCD 製程標準化程度遠低於半導體，而在生產設備客製化廠商的需求更高。隨著新世代生產線的擴展，各廠商依其目標產品之經濟切割而定義出生產線的玻璃基板尺寸，因此廠商所使用的重要設備幾乎很難有共通標準。面臨高度客製化生產設備的挑戰，政府與研發機構就很難有效推動與協助。面對未來全球的競爭，面板廠商應以高自主的設備能力為發展重點，以累積的製程能力帶動國內週邊設備廠商切入前段核心設備，再加上政府與研發機構基盤技術的建立與協助，而能帶動台灣發展 TFT LCD 生產設備並得以鞏固 TFT LCD 產業之整體競爭力。

半導體產業發展出獨特的垂直分工體系，造就了在代工的利基市場之台積電，但 TFT LCD 面板尺寸隨著一代一代地擴大，玻璃基板尺寸已超 2 公尺平方，面板廠商為了良率與效率，不得不將原本在外圍的關鍵材料納入面板生產體系。整個面板的產業系統持續地擴大它的邊界，這種由利基逐步向整合發展的歷程，對台灣高科技產業發展而言是相對

較欠缺的經驗，如何運用既有優勢加速產業的學習過程是一個值得深究的議題。

過去 TFT LCD 產業在發展過程中，一直與半導體產業搶奪人力資源與資金的方式是否應該繼續維持，值得深入思考。當台灣已處於高科技人力不足與全球資金流動的狀況，產業應將其系統由國內擴大到全球，向外尋找更有利的資源以支持產業持續發展，但將會面對與思考未來更動態更複雜的環境挑戰。

本研究並運用系統動態學，探討台灣 TFT LCD 產業發展過程中各項主要資源的累積結構，並討論液晶顯示器產業的發展歷程，以及台灣 TFT LCD 產業發展的主要特色與未來發展的挑戰。本研究從資源累積的觀點探討了台灣 TFT LCD 產業的發展經驗，所提出的觀點與建構的資源累積環路仍有改善空間。另外，對於其他國家或是其他產業發展經驗的議題，也待進一步探討。

## 參考文獻

- [1] 陳建宏，2004，從互動觀點探討台灣半導體產業之發展，國立交通大學管理科學系未出版博士論文。
- [2] 謝長宏，1980，系統動態學-理論、方法、與實用，台北：中興管理顧問公司。
- [3] 王淑珍，2003，台灣邁向液晶王國之秘，台北：中國生產力中心。
- [4] 翁啟禎，2002，加工出口區日系廠商員工對薪資制度與組織承諾之關係研究，國立中山大學碩士論文。
- [5] 陳建宏、陳宜仁，2004，「以系統動態學觀點探討台灣半導體產業人力累積結構」，產業論壇，第六卷第五期：53-70 頁。
- [6] M. Hobday, Innovation in East Asia: the challenge to Japan, Edward Elgar, Vermont, 1995, p33.
- [7] J.W. Forrester, Industrial Dynamics, Cambridge, MA: MIT Press, 1961.
- [8] R.G. Coyle, System Dynamics Modeling-a practical approach, London, UK: Chapman & Hall, 1996.
- [9] J. Morecroft and J.D. Sterman (eds), Modeling for learning organization, Portland, Oregon: Productivity Press, 1994.
- [10] E.B. Roberts (eds), Managerial applications of system dynamics, Cambridge, MA: Productivity Press, 1978.
- [11] A. Ford, "System dynamics and the electronic power industry", System Dynamics Review 13(1), pp 57-85, 1997.
- [12] R.G. Coyle and J. Morecroft (eds), Special issue: System dynamics for policy, strategy and management education. Journal of Operational Research Society, 50(4), 1999.
- [13] P.A.J. Berends and A.G.L. Romme, "Cyclicalities of capital-intensive industries: a system dynamics simulation study of the paper industry", Omega-International Journal of Management Science 29(6), pp. 543-552, 2001.
- [14] T.S. Jan and C.T. Hsiao, "A four-role model of the automotive industry development in developing countries: a case in Taiwan", Journal of the Operational Research Society, 55, pp. 1145-1155, 2004.
- [15] Y. Barlas and S. Carpenter, "Philosophical root of model validation: Two paradigms", System Dynamics Review, 6(2), pp. 148-166, 1990.
- [16] J.W. Forrester and P.M. Senge, "Tests for building confidence in system dynamics models", TIMS Studies in the Management Sciences, 14, pp. 209-228, 1980.
- [17] J.T. Lin, T. Chen and C. Huang, "A Hierarchy Planning Model for TFT LCD Production Chain", International Journal of Electronic Business Management, 2(1), pp. 59-68, 2004.
- [18] J. Mathews and D. Cho, Tiger Technology: The Creation of a Semiconductor Industry in East Asia, Cambridge University Press, Cambridge, 2000.
- [19] R. Liu and J. Brookfield, "Stars, Rings and Tiers: Organisational Networks and Their Dynamics in

Taiwan's Machine Tool Industry”, Long Range Planning, 33, pp. 322-348, 2000.

[20] J. Mathews, “The Origins and Dynamics of Taiwan’s R&D Consortia”, Research Policy, 31, pp. 633-651, 2002.

[21] T.S. Jan and Y. Chen, “The R&D system for industrial development in Taiwan,” Technological Forecasting and Social Change, 73(5), pp. 559-574, 2006.