Sun Yat-Sen Management Review
Vol.4, No.1, March 1996

台灣發光二極体上游產業技術發展策略之研究
Studies on the Technology Strategy of Upstream LED Industry in Taiwan

劉尚志 *Shang-Jyh Liu*
國立交通大學科技管理研究所
Institute of Management of Technology
National Chiao Tung University
徐炯升 *Chiung-Sheng Hsu*
工業技術研究院光電工程研究所
Optoelectronic Technology Department
Industrial Technology Research Institute
(Received September 1995; revised March 1996; accepted March 1996)

摘 要

產業競爭策略的研究，除了產業環境、市場與成本等各種因素的探討外，必須配合技術資訊的分析。本文以發光二極体產業上游技術為例，以科技論文與專利為兩大技術資訊來源，量化其企業技術強度，作為技術發展策略之參考依據。同時配合產業環境的分析，得到台灣中、下游產業應進行垂直整合，以及垂直整合時上游產業應採行的技術發展策略。本研究定量解釋各公司技術的強度指標，也定性地說明各企業技術發展內容，結果顯示 Toshiba 與 HP 在技術上呈現領先的局面。同時針對各材料技術分別定位，其中 Ga(As)P 系列屬於成熟期；而 (Al)GaAs 系列則屬於成長期；InGaAlP 系列則歸類為導入期。針對台灣產業特性研擬各材料技術的發展策略則分別為：GaP 材料的 VPE 磊晶技術廠商自行開發上游技術的能力不足，可與工研院光電所合作進行；GaP 材料的 LPE 磊晶技術開發宜採用技術引進方式；(Al)GaAs 材料的技術則以自行開發及部份關鍵技術購買方式進行；InGaAlP 材料技術開發則應自行開發，並尋求專利的保護。

關鍵詞： 專利分析、技術策略、發光二極体、台灣

Abstract

In addition to analyze the industrial environment, marketing and cost factors, it is also crucial to analyze the technology information in order to conduct the strategic planning of a high-tech industry. This paper presents a case study for Light Emitting Diode(LED) industry in Taiwan, in which the databases of patents and scientific papers are employed. It is found that the data of journal articles exerts similar trends with that of patents. Both quantitative and qualitative measures are performed to evaluate the competitive status and development trend of the upstream LED technology.Toshiba and HP are considered to be the technology leaders in terms of the quantity and quality of pertinent patent technology. As for the development of LED material technology, conclusions are made for the development strategy of Taiwan's LED industry. The Ga(As)P epitaxial technology is far more advanced so far as the capability of Taiwanese firms is concerned. It is thus recommended that a R&D consortium or alliances be established with the Industrial Technology Research Institute

(ITRI) for technology acquisition. The Ga(As)P using Liquid Phase Epitaxy(LPE) may consider the outsourcing technology from foreign firms. The (Al)GaAs epitaxial technology may be fully developed in-house or partially transferred from Japanese or American firms. The InGaAlP is highly recommended for in-house development and patent protection.

Key word: Patent Analysis, Technology Strategy, LED,Taiwan

壹、前言

一、研究動機與目的

我國在關鍵性零組件或顯示元件產業之中，以發光二極体(Light Emitting Diode： LED) 最具代表性。發展至今已歷經二十餘年，是一項屬於市場成熟的技術，產業体系業已臻於完整。但是目前台灣LED 產業發展具有其瓶頸(1) 中小企業眾多，研發力量薄弱，產品附加價值低；(2) 上游產業必須具有規模經濟，而目前仍仰賴外來技術； (3) 勞動成本高，影響競爭力。此外，隨著工業技術研究院本身發展量產技術落實於產業界，提供國內LED 產業技術支援；以及海外人士回國設廠，投資上游產品生產的有利條件下，探討國內廠商在中下游，以及往上游整合的技術發展策略有其必要性。本研究以發光二極体上游產業之技術發展為例，由科技論文期刊資料庫之SCI (Scientific Citation Index) 與美國專利資料庫之APS (Automated Patent Search) 檢索而得之技術文獻，進行論文期刊與專利資料定量與定性之分析。同時配合產業環境的條件，探討台灣中、下游產業是否適宜作垂直整合，以及垂直整合時所應採行的技術發展策略。研討內容為：

(1) 探討LED 產業環境，以及國內所面臨的問題。

(2) 導入專利件數權重的量化分析模式，解析探討專利資訊中之產業技術強度。

(3) 定性探討各別材料技術未來發展可能趨勢。

(4) 不同材料技術，在不同生命周期之下，分別探討其可行的技術發展策略。

二、研究方法

本研究首先先進行產業分析，然後應用專利與科技期刊論文之資訊，探討其技術發展策略。研究方法為：

㈠產業分析：

1. 使用M. Porter (1985) 的五力分析作為產業結構的分析方法，以了解我國產業環境中的相對競爭優勢。
2. 使用優劣機會威脅(SWOT) 分析方法，探討台灣產業發展上游技術的機會與條件。

㈡技術分析：

1. 利用美國專利（APS）為檢索資料庫，限定國際分類號(IPC) 為H01L* or H01S*；關鍵字為(electro-opti*) or led or leds or (light emit*) 所得之產品與方法專利，刪除與LED 無關的專利，總共得到478 篇。統計各年度之申請(公告) 件數、各年度之累積申請(公告) 件數、各年度之申請廠商數目，做為判斷LED 產品技術生命週期之依據。
2. 將檢索所得之專利，由其發明名稱和發明摘要，依照材料、目的、製造方法、結構等之技術分類，統計各類別在各年度之申請件數，並歸納各相關專利之名稱和摘要所敘述之技術要點，而後綜合統計各分類之專利技術。
3. 由Science Citation Index(簡稱SCI) 進行檢索，此資料庫收錄3000 餘種科技期刊上刊登的文獻，涵蓋科學領域中100 多個學科範圍，包括工程、技術及應用科學、環境科學、物理、化學、醫學等。每年收錄六十萬篇以上的書目資料。選擇此資料庫的原因，除了SCI 在科技期刊文獻中有公認的學術資訊地位外，也是因為目前各類科學與技術資料庫中，只有SCI 才可以追溯至1980 年的資料庫。以關鍵字（electro-opti*)or led or leds or（light emit*）在SCI 上蒐尋，得到與該技術相關之科技論文共682 篇，由其名稱，依材料、目的、製造方法、結構等之技術分類，統計各分類在各年度之申請件數，並歸納各相關論文之名稱和摘要所敘述之技術要點，而後綜合統計各分類之技術。

㈢技術發展策略的形成

使用定性分析方式，以探索性（Exploratory）方法研究台灣LED 產業的競爭優勢，以及在技術策略型態上所應扮演的角色及其技術發展之策略。

貳、文獻探討

一、專利分析之目的與功能

基本上專利分析(Patent Analysis) 就是將專利資料轉換成更為有用之專利資訊，是科技研發規劃與智慧財產權管理的有效方法，可作為科技競爭分析、技術趨勢分析、以及權利範圍的大小之判斷，是產業設定科技策略時最有效且具體的工具之一。企業之科技策略規劃、研發或技術資源分配、技術成熟度研判與預測、以及專利侵權行為之鑑定和技術金之給付對象等，都可經由專利資訊得知（劉尚志，1994a 及1994b)。專利分析本質上與日本人稱之專利地圖(Patent Map)（產業研究所，1985) 的功能是相當一致的。

此外，發表於科技期刊的論文是量化科學活動的重要指標(Narin,1992)。期刊論文具有以下的特點：(1) 科學論文是展示科學研究成果主要工具；(2) 容易由電腦資料庫取得大量科學文獻。因此美國的一些單位，如：National Institute of Health 與National Science Foundation 使用論文的發表次數與被引用次數的結果來評估研究計畫成果和規劃科學管理(management of science) 工作。但是

論文格式並不固定，同時它不像專利是一種法律文件，不具排除他人獨占的權力，因此其經濟效益較低。然而科技期刊論文的發表代表著該領域中最新科學與技術變化趨勢的重要訊息，可做為擬定研發計劃，配置研發資源時的重要參考。

二、技術強度與影響力指標

專利與期刊論文的數量固然代表了科技研發的成果與實力，然而技術能力往往不是依其數量做為唯一的判斷標準，技術的品質更需列入考量。專利被引用（citation）的次數，可以當作技術品質的指標。基本上被引用的專利為先前技藝（prior art），引用該專利之後來技術係根據其權利請求項(claim) 建立技術範圍。因此被引用次數越多的專利，表示其技術重要性高。專利被引用的次數可以做為判斷專利重要程度的指標。以此為指標的方法稱之為技術影響力指數(Technology Impact Index： TII)(Narin, 1992)。而由專利資訊推衍出企業技術強度(Technolo-gical Strength) 可以定義如下：

技術強度＝專利數目×技術影響力指標(Technology Impact Index： TII)

此方法不同於傳統上純粹由專利數目或專利被引用次數的多寡來決定企業的技術強度，而是以專利數目乘上相對權數值，而此權數值是由專利被引用次數的多寡來決定。其計算方式是將某一特定廠商的專利被引用數目除以每家公司被引用專利數的平均值。

$$TII = \sum_{j} P_{ij} / (\sum_{ij} P_{ij} / N)$$

其中 P_{ij} 表示全部 N 家企業中第 i 家企業 j 專利被引用的次數。公司發展新技術快慢與否的基本指標是技術周期(Technology Cycle Time)(Narin,1987)。其定義是被引用專利技術的平均年數，假如該專利是引用年代較久的專利，表示該專利技術（改變）程度較慢，而如果公司對技術反應能力相當強，那麼其平均數值將會偏低，比較不同公司之間的技術反應能力，有助於決策的參考。

三、產業與技術的生命週期

技術的生命週期可以由專利資料的變化來加以判斷（圖 1)。技術在萌芽階段(I) 時，只有少數的專利權人（可以是企業或個人）有此技術能力，因此申請專利的人數與專利件數都十分有限，此類技術多為新產品的規格或標準。隨著技術瓶頸的突破，技術的發展與改良較為快速, 申請專利的人數與件數會快速增加（第 II 階段），此時技術發展則以產品改良與製程技術為主。隨後技術的持續改良, 漸漸達到成熟而進入第 III、IV 階段的成熟期，此階段廠商投資於研發的資源不再擴張，使得申請專利的人數與件數便不再成長。第 V 階段為廠商發覺此一技術與市場已經飽合甚至衰退而無利可圖，專利申請的人數與件數急遽下降，稱之為衰退期。

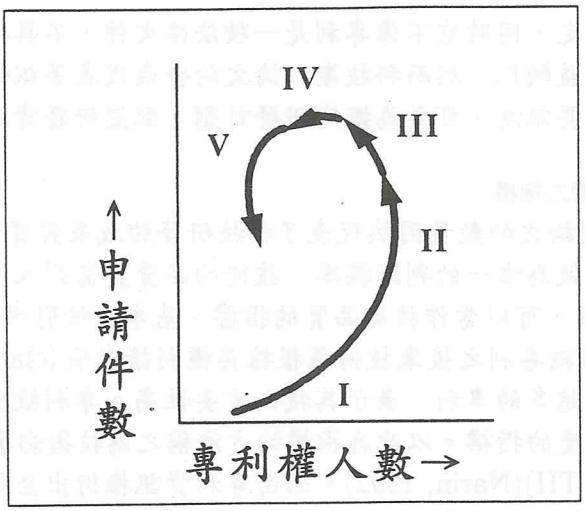

圖 1　專利權人數、申請件數與技術生命週期關係圖
資料來源：企業之專管理，中央標準局，民國 81 年 10 月

四、技術策略

M. Porter(1985) 認為技術策略是整個競爭策略的一個因素，並且必須配合其他價值活動。所謂技術策略是指一個企業開發與應用技術的不同，主要有三大構面：

1. 開發什麼技術：要開發的技術應當是那些對企業的一般策略 (成本領先、差異化以及集中化) 貢獻最大、開發成功率最高的技術。
2. 是否要追求技術領先地位：決定是否要成為一個技術領先者或是一個重要的技術追隨者。有三方面的考量：(1) 技術領先的持久性，(2) 領先行動者的優勢，以及 (3) 領先行動者的缺點。
3. 技術的授權：在進行技術移轉時應考慮授權的時機以及授權對象的選擇，避免技術授權造成不利的競爭態勢。

參、發光二極体產業環境介紹與分析

一、產品介紹

發光二極体是一種將電能轉換成光能的高轉換效率半導體元件，尤其是做為指示燈泡大量使用時，可以發揮最大的效用，和白熱燈泡比起來，具有以下的特點：

1. 壽命長，耐機械性衝擊。
2. 操作電壓低，屬自發光型，辨識性佳。
3. 可製成小型產品、高速動作反應，量產性高。

發光色依半導體種類而異，色彩的不同即表示發光波長不同。在可見光波長範圍內 (780～380nm)，紅光最長、藍光最短。目前已達實用級的高輝度 LED 有紅 (700～ 630nm)、橙 (610nm)、黃 (590～570nm)、黃綠 (566、555nm)、藍色 (450nm)、藍綠色 (500nm) 等製品。

材料技術與發光效率發展歷程如圖 2 所示，顯示 GaP 是最早開發成功的產品，然而亮度表現較差；其次是 GaAsP、AlGaAs-GaAs、InGaAlP 的發展，在亮度的發展上屢創新高。本研究即是以 Ga(As)P、(Al)GaAs、InGaAlP 三種材料技術為探討的基礎。

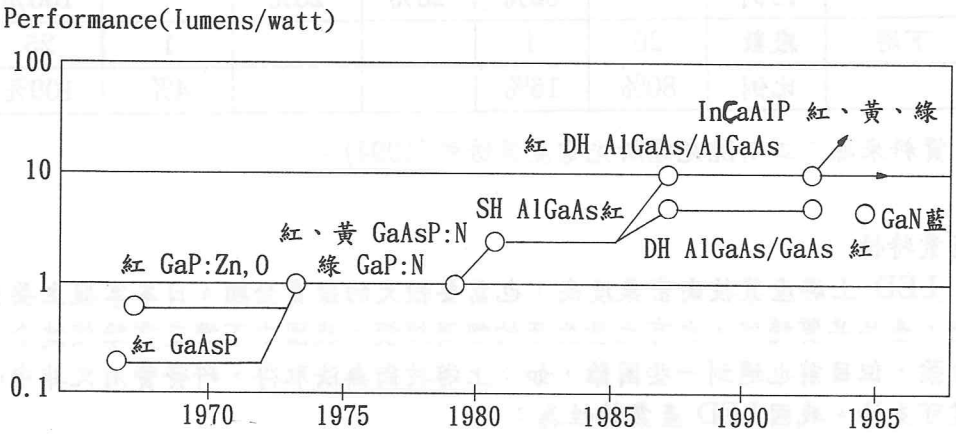

圖 2　LED 材料與發光亮度之技術發展

二、發光二極體產業現況與特性

㈠我國發光二極體產業現況

我國發光二極體產業結構中，下游封裝廠商為數眾多且產值大，上、中游晶片、晶粒廠商僅有五家，產值則較小 (表 1)。

表 1　我國發光二極体產業結構

上　游	中　游	下　游
單晶、磊晶成長	金屬電極製作、晶粒切割、擴張	焊接、灌膠、封裝、測試
鼎元、台科、國聯、漢光	光磊、鼎元、台科、國聯、漢光	光寶、華興、今台、佰鴻、億光、興華、光鼎、立碁、先益……

資料來源：工研院光電所光電產業透析。

至於廠商登記資本額分佈情形則如表2所示。就登記資本額而言，下游廠商資本額一億以下占了八成，小企業為數眾多。而分佈在一至五億間的廠商，中、下游各有四家，顯示上、中游須投入較大的資本，而下游則視規模大小而定。

表2 我國LED廠商登記資本額分佈

規模(新台幣)		1億以下	1億|3億	3億|5億	5億|10億	10億以上	合計
上中游	廠數		3	1	1		5
	比例		60%	20%	20%		100%
下游	廠數	20	4			1	25
	比例	80%	16%			4%	100%

資料來源：工研院光電所光電產業透析(1994)。

㈡產業特性

LED上游產業技術密集度高，也需要較大的投資金額。日本掌握主要生產技術，產品品質穩定，也有大量生產的經濟規模。我國中下游產業雖然健全，競爭力強，但目前也遇到一些困難，如：上游技術無法取得，研發費用又非中小型企業可支持。我國LED產業特性為：

1. 上游（單晶及磊晶製造業）：

上游主要包括單晶及磊晶片之生產，有台科、鼎元及國聯等三家公司，其單晶及磊晶技術主要移轉自工研院光電所，生產規模小且量產技術與日本仍有很大差距。主要單晶及磊晶材料還是由日本進口，資本額都在1～5億元。通常上游廠商都同時進行中游晶粒生產之工作，以維持穩定的獲利來源。目前這三家公司也生產中游晶粒，技術能力頗佳。

2. 中游（晶粒製造業）：

中游主要包括電極製作、晶粒製作等加工，有光磊、光寶等五家公司，其資本額則大多在1～5億元之間，每家中游廠幾乎都有晶粒加工的研發能力，並且都可製作各種顏色之LED晶粒，平均年復合成長率達20%。主要進口磊晶片後加工生產，材料成本占總成本50%，生產品質與規模經濟已有相當水準，市場成長相當看好。

3. 下游（LED封裝及顯示幕製造業）：

下游以包裝LED為主，有三十家公司左右，大都有全自動打線機，並且能自行開發模具，將LED封裝成一同形狀及大小之成品。但是因為屬於低層次技術，又無法建立有效的進入障礙，競爭激烈的結果使價格急速下降。隨著國內人工生產成本的提高，已逐漸外移到大陸、東南亞生產。

我國在1993 年整個LED 產業之生產值達71 億台幣，為全世界第三位，市場占有率約 12%。1994 年全世界LED 生產規模達美金19.2 億，而我國之占有率上升到16%，與1993 年相比，年成長率達46%（表3），顯示日幣升值及釋出下游產品促使我國市場占有率提升，但是其它地區（大陸及東南亞）在市場占有率亦相對提升，潛在的威脅不可忽視。

表3　1993 與1994 年全世界LED 生產規模

	1993 年	1994 年
日本	64%	58%
美國	18%	18%
台灣	12%	16%
其它	6%	8%
金額（單位：億）	US$16.5	US$19.2

資料來源：工研院光電所ITIS 計畫整理(1995)。

整体產業歷年銷售成長情形如圖3，主要市場是來自下游，但是以中游產業成長速率最快。

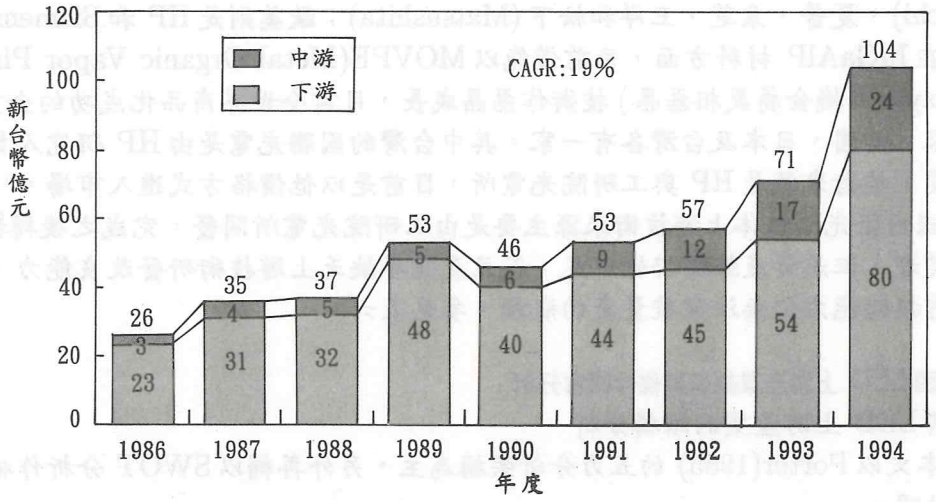

圖3、台灣發光二極体中、下游產品歷年銷售成長趨勢
資料來源：ITIS,“發光二極体專題研究報告”(1995)。

三、競爭者分析

日本是全世界LED 產業最大市場的占有者，如列表4，無論是在上、中、下游產業，都居於領導地位，尤其是掌握全世界85%的磊晶市場。下游產業方面的市場占有率較低，顯示日本有逐漸退出此一低附加價值產業的趨勢，而保留較高層次的技術在日本國內生產。

表4 日本LED 產業在全世界市場占有率

產業區分	上游	中游	下游
產品種類	磊晶	晶粒	元件
占有率	85%	70%	60%

資料來源：Rare Metal, No.1738, 1994

全世界主要可見光LED 製造商上游部份是由日本企業佔多數，美國、歐洲只有三家，台灣只有極少量的生產(表五)。以VPE 製造技術成長GaP 材料最大供應量為三菱，其次是美國HP 和德國Siemens，顯示三菱具有很大的寡占地位。以LPE(Liquid Phase Epitaxy：液相磊晶)製造技術成長GaP 材料的企業有：信越(Shin-Etsu)、昭和電工(Showa Denko)、夏普(Sharp)、東芝(Toshiba)、三洋(Sanyo)。其中以信越、昭和電工為最大供應來源。

以LPE 製造技術成長GaAs 材料的高亮度LED 企業眾多，競爭激烈，供應量並無特別突出者。計有日本的三菱(Mitsubishi)、信越、昭和電工、日立(Hitachi)、夏普、東芝、三洋和松下(Matsushita)；歐美則是HP 和Siemens。

在InGaAlP 材料方面，目前僅能以MOVPE(Metal Organic Vapor Phase Epitaxy：有機金屬氣相磊晶)技術作磊晶成長，目前全世界商品化成功的企業只有三家，美國、日本及台灣各有一家。其中台灣的國聯光電是由HP 研究人員回國創業，技術來源是HP 與工研院光電所，目前是以低價格方式進入市場。

國內發光二極体上游技術來源主要是由工研院光電所開發，完成之後轉移給民間業者，但是量產經驗仍嫌不足，而且產業界缺乏上游技術研發改良能力，因此目前技術能力仍無法突破量產的瓶頸，參見表六。

四、我國LED 上游產業結構與條件機會分析

㈠我國LED 上游產業的結構分析

本文以Porter(1985) 的五力分析架構為主，另外再輔以SWOT 分析作補充性的說明。

表五　全世界可見光LED 製造商

		GaP									GaAs		LED
		VPE（氣相）					LPE（液相）				LPE	晶	封
		磊晶				晶	磊晶			晶	高輝		
		紅	橙	琥珀	黃	粒	紅	純綠	黃綠	高輝	粒	磊晶	料	裝
日本	三菱化成	◎	◎	◎	◎	△					△	○	△	
	信越						◎	◎	○	○	△	○	△	
	昭和電工					○	◎	◎	○	○	△	○	○	
	住友電工											△		
	日立電線											○		
	Sparp					○	○	○	○		○	○	○	◎
	濱岡東芝					○	○	○	○		○	○	○	◎
	松下					○	△		△		○	○		◎
	鳥取三洋					△	○		○		△	○		◎
美	HP	○	○	○	○	○					○	○	○	◎
德	Siemens		○		○	○			○		○	○	○	◎
亞洲	台灣					◎					◎	△	○	◎
	中國大陸											△	△	○
	韓國											△	△	○
產業分類		上游				中游	上游				中游	上游	中游	下游

註：供應量大小分別依序以◎○△符號表示，〝高輝〞是指高輝度產品。
資料來源：中日社－電子部品 Report No. 56, 8, 1994, p.21-33.

表六　國內發光二極体技術能力

	磊晶技術（上游）			製程技術（中游）	
	國內產業	工研院光電所		國內產業	工研院光電所
		實驗型	量產型		
GaP(VPE)	×	◎	◎	◎	◎
GaP(LPE)	○	◎	◎	◎	◎
AlGaAs	×	◎	◎	◎	◎
InGaAlP	○	◎	○	○	◎

附註：◎代表技術成熟；○技術發展中；×：表示未發展。
資料來源：本研究（專家訪談）。

(1)供應者

在發光二極體上游產業中，生產過程的供應者有二，一是提供原材料，即為GaAs 或 GaP 基板；另一則是設備設計製造商，即磊晶機器設備。供應商可以藉由調高價格、降低品質來影響企業，在此供應商的威脅可以由二個層面來討論：(一) 供應商的集中程度；(二) 供應商向前整合的能力。

由於原材料技術層次低，國外供應商眾多，因此廠商集中度低；國內的台科、鼎元、工研院也都具有生產能力，使原材料供應商議價能力較小。而國內無法生產機器設備，因此設備全部來自國外進口，國外設備廠商包含機器設計、製造和組裝，由於磊晶設備精密度高，開發成本大，設備廠商為達成經濟規模必定樂於買方訂購，因此對國內產業而言，議價空間相當大。

就供應商向前整合能力來看，設備製造商加入市場競爭機會小，因為研發、技術人員的知識背景完全不同；而原材料供應商主要進入障礙是必須先要有LED產業中游製程能力，否則在寡占情形之下，無法打開磊晶片的市場。因此就供應商向前整合能力來看，設備製造商與原材料供應商向前整合能力並不強。

(2)購買者

LED 上游產業購買者是中游製程的廠商，可就其價格敏感度以及購買者向後整合能力加以分析。

就價格敏感度來看，國內中游產業之上游材料受制於日本，上游材料成本占很大的比例，日幣升值使得中游產業獲利降低，價格敏感度高。若上游磊晶材料競爭者具有價格優勢，則使購買者議價能力增加。

中游產業具有向上游整合能力，購買者很有可能向後整合，取得”低成本”的競爭優勢，光磊與信越聯合投資便是典型例子。

(3)潛在進入者

新進入者主要的進入障礙來源是技術的取得。LED 磊晶成長的量產技術國內已略有基礎，現在以量產改良及機器設備的修正設計是國內目前最大的技術瓶頸。對於GaP 成熟技術的商品，在日本生產已不具競爭力。目前日本以國際分工方式到海外設廠是國內企業潛在競爭者的主要來源，然而台灣產業技術承接力比大陸及東南亞地區強。

(4)替代品

LED 的替代品可分為室內顯示用與室外顯示用兩種，LED 因体積小，在室內顯示用的發光源中替代性小；在室外顯示用方面，燈泡、CRT、LCD 是影響LED 市場的主要替代品，但目前藍色LED 開發成功，全彩色化的發展已經完成，因此市場勢必會擴大，替代品之競爭力必然會隨著LED 價格之下降而趨弱。

(5)現有企業間的競爭

現有企業間的競爭主要是來自日本大企業，其技術能力強，具有品質與價格上的優勢。國內雖有工研院從事技術研發，但是國內產業上游生產技術能力仍薄弱，而面對國內中游產業98%由日本進口上游產品來看，顯示國內市場需求大，

中、下游廠商往上游整合時，並不會有立即面臨國內現有廠商之威脅，但仍需面對日本報復的風險。

經由以上五力分析的結果顯示，國內企業的主要競爭威脅，係來自現有企業的競爭及購買者的威脅，主要是因為日本的技術與產品及所衍生的價格對市場的控制。

㈡發光二極體上游產業條件與機會分析

綜合我國 LED 產業現況與產業特性，可得到我國 LED 產業在進行上游整合時，具有以下的條件與機會：

1. 優勢：
   (1)中、下游產業結構健全，且具有競爭力。
   (2)支援產業完整，被美、日大廠阻絕在外之風險低。
   (3)生產成本比美日二國低，技術能力較東南亞、大陸強。
2. 劣勢：
   (1)中、小企業為主，欠缺研發的能力。
   (2)產品與技術無專利保護。
   (3)產業量產經驗不足。
   (4)自動化程度不足，欠缺製造設備的改良設計經驗。
3. 機會：
   (1)日幣升值，影響其競爭力。
   (2)日本釋出技術成熟期的低附加價值產品與技術。
   (3)工研院光電所技術支援。
   (4)藍光開發成功，全彩色化實現，整体市場擴大。
4. 威脅：
   (1)美、日大企業有專利保護。
   (2)屬於技術密集，資本密集產業，風險大。
   (3)美、日大廠握有價格優勢，具價格破壞力。
   (4)日本大企業以國際分工方式，設立海外分公司。

由五力分析之後得知產業的威脅源自於日本現有 LED 企業之間的競爭以及以此競爭所衍生之價格破壞力的威脅。健全的中、下游產業是國內產業向後整合的基礎，日幣升值將使上游磊晶材料成本上升，國內中游產業獲利因而縮減。另外高亮度 LED 磊晶材料取得有限，將使國內無法得到高品質室外顯示器所需的元件。因此對國內廠商而言，無論走向“低成本”或是“差異化”的經營策略都受制於日本，使 LED 產業升級的根本在於技術能力的建立。

至於技術發展策略之研擬，應先對技術進行分類，解析不同技術細目所處的生命週期，並將競爭者技術實力作一評估，找出合作或競爭的對象，配合本章所分析結果相結合而得到技術發展策略。

肆、發光二極体技術資訊分析

企業技術能力的強弱可以由過去專利數目、發表論文數目與業績來測定（大前研一,1987）。美國專利的分析為本研究主要專利資訊來源，主要係全球主要的企業大多會在美國申請專利。專利分析的時間基準點是以申請日 (Filing Date) 為依據，而並不是以公告日 (Issued Date) 為準，是因為分析企業技術能力時，係依產生創新知識技能或產品、技術改良的時間點，而不是經過冗長且充滿變數的專利審查過程後所得到的公告日。本文分析的專利文獻為 1980～1993 年之間進行申請的，但由於少部份在 1993 年申請專利的資料尚未公告，將會造成資料不完整的現象發生，然而由於數量極為有限，並不影響本文分析的結果。此外，為了判斷科學期刊中的技術發展趨勢，本研究亦由 SCI 中以相同的關鍵字查詢得到 1980 年至 1993 年之科技論文共 682 篇。

一、技術生命週期

本研究以 LED 之材料技術為區分基礎，由於材料特性的選定決定了大部份發光的顏色，就整体技術發展而言，LED 材料技術已進入成熟階段。由申請專利的人數或廠商相對於專利件數的比較（參考前述之圖１），整体 LED 材料技術發展在過去的十數年間急遽成長，迄今已減緩（圖４）。其中 Ga(As)P 系列逐漸邁入成熟期，(Al)GaAs 系列可以定位在成長期階段，至於 InGaAlP 材料自 1992 年之後進入導入期（參見圖５）。而實質上 InGaAlP 材料由於在亮度（發光效率）表現上優於其它傳統材料（參考圖２），因此預期今後在專利與論文方面，InGaAlP 材料技術仍有大幅成長空間。至於此種材料專利件數大於論文發表數目，表示當此材料成長特性已被完全掌握時，即能依照傳統材料的 LED 結構設計出新的產品，使該四元材料產品化速度加快，並且在發展技術之深度及廣度上快速地以專利保護，因此造成專利成長大於論文發表數目。依技術生命週期理論觀察專利技術之演變，可以判斷不同技術所處之發展階段。

另外在解析 LED 材料技術時，以 LED 的結構與材料種類分成兩大構面，用以說明 LED 的發展歷程（參見圖６）。其中同質結構、異質結構早於 1980 研究成功，而“ 透明基板” 的出現是在 1983 由 Fujitsu 所發表，說明 AlGaAs 材料技術的發展軌跡，在 InGaAlP 方面也得到相同的發展型式，因此預期在 1993 年所突破的藍色 GaN 發光二極体也將會朝此一趨勢發展。此外可以看出論文發表與專利的產出在時間上的差異，已經隨著年代的增加而逐漸減少。AlGaAs 材料技術在論文發表與專利的產出在時間上的差異是 3 年，而 InGaAlP 材料技術在時間上的差異已縮小為 1 年。因此我們可以由圖６得到未來技術發展趨勢，進而推衍規劃技術發展之項目圖。預期 GaN 會走向透窗層、反射層、晶片鍵結方式；而其它材料如 AlGaAs 則會往晶片鍵結方式開發。

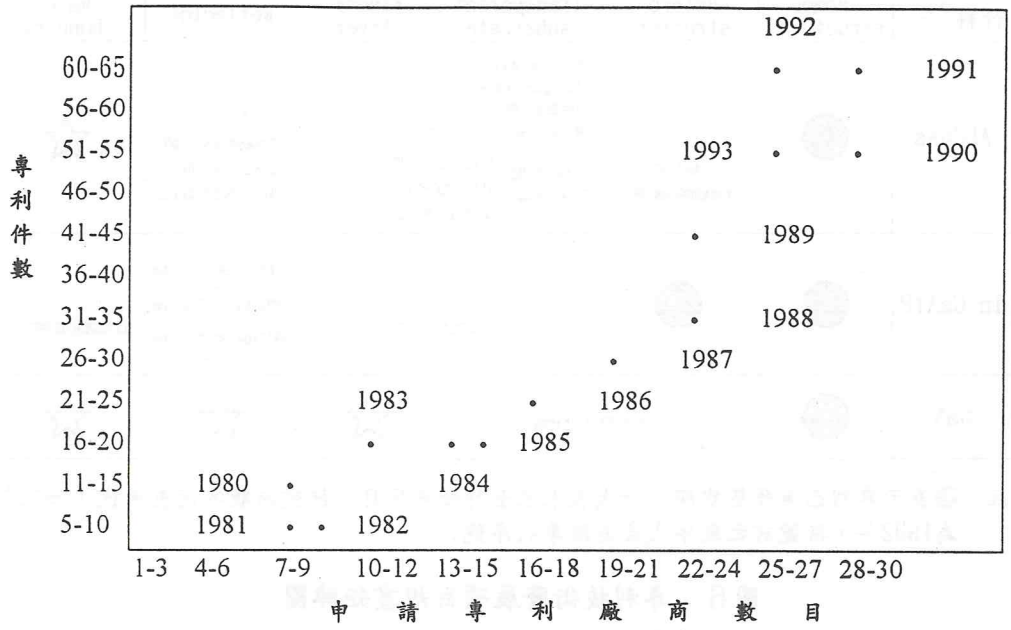

圖 4　歷年 LED 材料技術中專利件數與專利申請廠商數關係圖

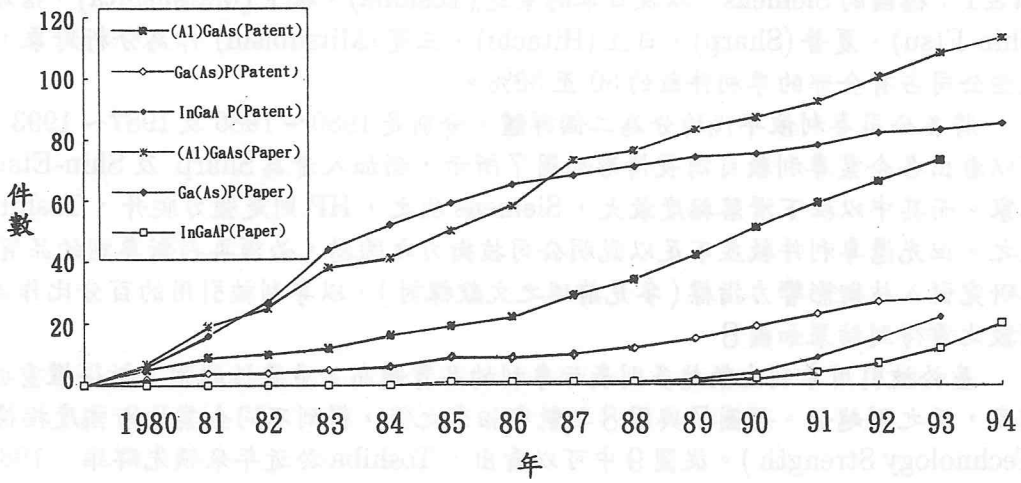

圖 5　LED 材料技術中論文與專利件數累計圖

結構 / 材料	同質結構 Homo-structure	異質結構 Hetero-structure	透明基板 Transparent substrate	透窗層 Window laver	反射層 Reflector	晶片鍵結 Wafer bonding
ALGaAs	●	4719497(86)HP 4864369(88)HP	Fujitsu(83) Ishiguro et al. 4921817(88) Mitsubishi 5323027(92) Shin-etsu	4912532(88)HP 5115286(91)HP 5008718(89)HP	5328854(93)AT&T 5204284(91)HP 5317170(93)Xerox	☆
In GaAIP	●	●	5233204(92)HP		5103271(90)Toshiba 5235194(92)Toshiba 5317167(93)Toshiba	5376580(93)HP
GaN	●	5290393(92)Nichia		☆	☆	☆

註：●表示專利已無發展空間；☆代表未來亟待發展項目；括號內數字代表年代，如(92)為1992年，括號前之數字代表美國專利序號。

圖6 專利技術發展項目規畫矩陣圖

二、企業技術強度分析

關於企業技術強度之研判，本研究選擇現有產業內美國、日本及德國的LED企業作專利分析，並由專利來判斷其技術強度。所選擇的企業為：美國的HP、AT&T；德國的Siemens；以及日本的東芝(Toshiba)、松下(Matsushita)、信越(Shin-Etsu)、夏普(Sharp)、日立(Hitachi)、三菱(Mitsubishi)作為分析對象，這些公司占有全部的專利件數的50至58%。

將各公司專利依年代均分為二個群體，分別是1980～1986及1987～1993。可以看出各企業專利數目消長情形如圖7所示，新加入者為Sharp及Shin-Etsu二家。而其中以松下滑落幅度最大，Siemens次之，HP則是強力爬升，Toshiba次之。但光憑專利件數並不足以說明公司技術力之強弱，必須再判斷專利的品質。本研究引入技術影響力指標(參見前述之文獻探討)，以專利被引用的百分比作為權數比重得到結果如圖8。

基於被引用專利次數越多則表示專利的品質越高，重要性越強，所得權重也越高，反之則越低。將圖7與圖8之數字相乘之後，得到不同企業技術強度指標(Technology Strength)。從圖9中可以看出，Toshiba於近年來領先群雄。1987至1993年的專利件數中，Mitsubishi與HP彼此專利件數相當，但是乘以專利品質之權重之後，Mitsubishi卻落於HP之後，表示Mitsubishi專利件數多，但是被引用的次數少，技術領先可能不若HP的影響力來得大。

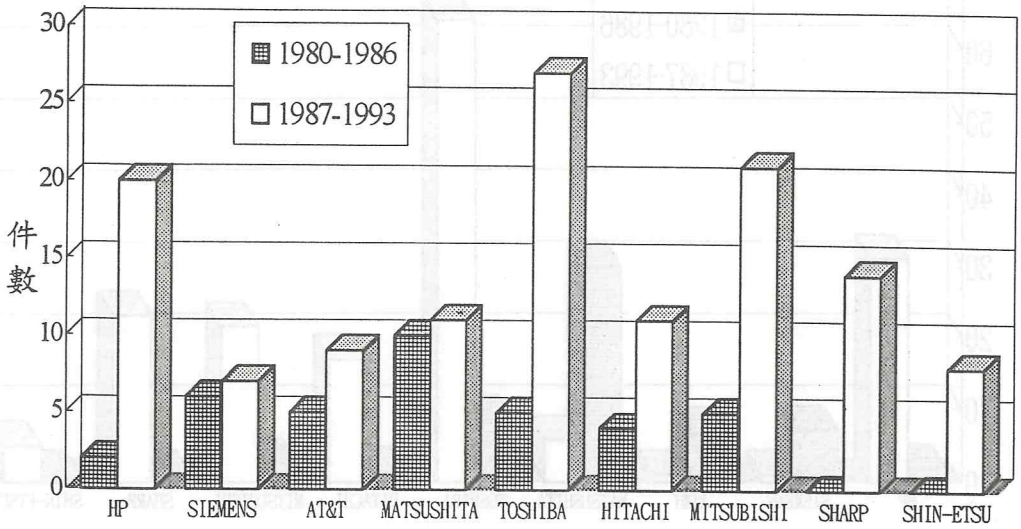

圖 7　美、日 LED 企業美國專利件數演進圖

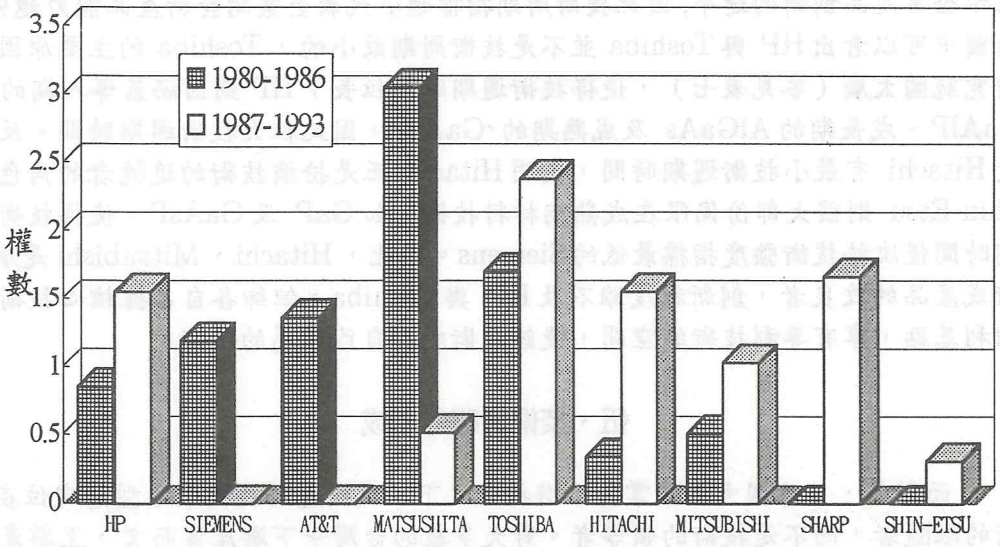

圖 8　LED 領先企業專利技術影響力指標圖

至於專利技術中所揭露的幾種主要發展的材料領域如表七所示，與全世界可見光製造商（參見表五）相符合。其中擁有 Ga(As)P 材料技術的為 HP、Mitsubishi、Shin-Etsu 及 Toshiba；有 (Al)GaAs 材料技術的則是 Mitsubishi、Shin-Etsu、Hitachi、Toshiba、HP 及 Siemens。

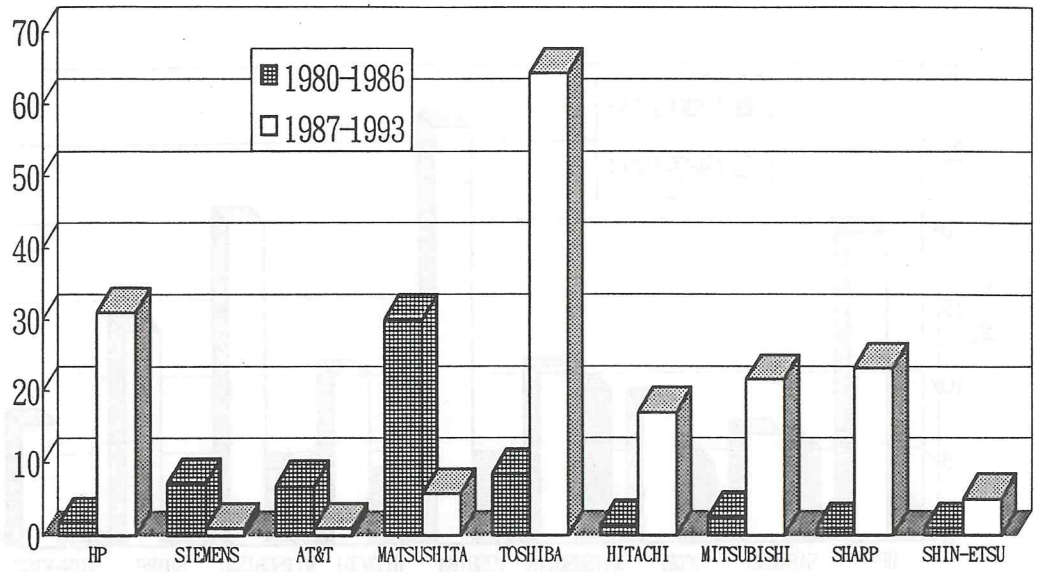

圖 9　LED 領先企業專利技術強度指標圖

各企業技術周期 (technology cycle time) 指標如圖 10 所示，由於這個指標表示企業產品創新的速率, 因此技術周期指標越小代表企業開發新產品能力越強。由圖中可以看出 HP 與 Toshiba 並不是技術周期最小的，Toshiba 的主要原因是研究範圍太廣（參見表七），使得技術週期時間拉長；HP 則因涵蓋導入期的 InGaAlP、成長期的 AlGaAs 及成熟期的 GaAsP，因此拉大技術週期時間。反而是 Hitachi 有最小技術週期時間，說明 Hitachi 正是扮演技術的追隨者的角色。Shin-Etsu 則因大部份侷限在成熟期材料技術，如 GaP 及 GaAsP，使得技術週期時間僅次於技術強度指標最低的 Siemens。因此，Hitachi、Mitsubishi 是屬技術或產品的改良者，創新程度雖不及 HP 與 Toshiba，但卻各自占據核心技術外的利基點，享有專利技術的空間，使該技術成為自己專屬的技術。

伍、技術策略的形成

面對美、日兩國大企業掌握上游技術之下，我國應將技術策略型態定位在技術的跟隨者，而不是技術的領導者。對大多數的台灣中下游產業而言，上游產業經由五力分析與 SWOT 分析之後，往上游垂直整合是降低投資成本、市場風險的最佳競爭策略；另外，依據比較利益的原則，對於大陸與東南亞國家下游產業未來擴大之後所帶來的潛在威脅，必需事先防範。本文針對不同的材料技術提出以下的技術發展策略。

Ga(As)P 材料技術屬於成熟期的技術，產品附加價值低，自行開發不符成本且已緩不濟急，應利用日圓升值，日本大企業釋出低附加價值技術的時機，採用自日本技術引進的策略。可行的方法為：(1) 技術購買 (Technology Acquisi-

表七　各企業專利所揭露的材料技術領域

年代 —材料名稱 公司名稱	1980～1986	1987～1993
Hewlett-Packard	AlGaAs	AlGaAs(8)、GaAsP(2)、InGaAlP(6)
Siemens	AlGaAs、InGaAsP/InP	AlGaAs(1)、Porous-Si
AT & T	(Al)GaAs、InGaAsP	AlGaAs(3)、GaAs(1)、InGaAsP/InP(6)
Matsushita	GaP、GaN、InGaAsP	InGaAlP(1)、II-VI(6)、Organic
Toshiba	AlGaAs、Organic	II-VI(3)、AlGaAs(4)、GaP(1)、InP、AlGaN、InGaAlP(7)、InGaAlN/SiC、
Hitachi	AlGaAs	AlGaAs(3)、InGaAsP(1)、II-VI(5)
Mitsubishi	GaP、GaAsP、AlGaAs、InGaAsP	InGaAsP/InP、GaAsP(3)、AlGaAs(7)
Sharp	—	II-VI(2)、SiC(3)、InGaAlP(2)
Shin-Etsu	—	GaP(3)、GaAsP(2)、AlGaAs(3)

註：（）內代表專利件數；—表示在美國專利中無LED材料技術之專利產出。
資料來源：本研究

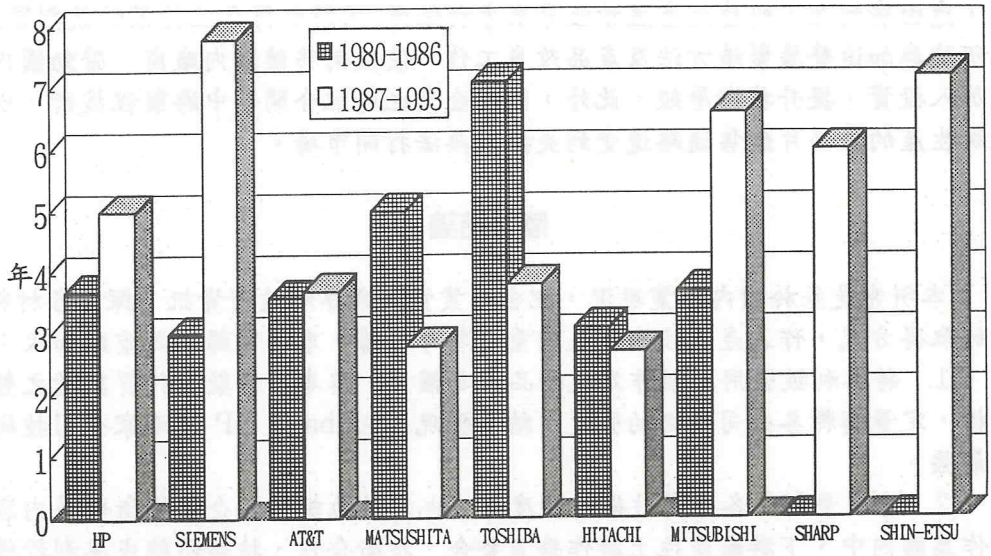

圖 10　LED 主要企業專利技術週期變化關係圖

tion)；(2) 技術授權（Technology Licensing-in)；(3) 聯合投資（Joint Venture）降低風險及早進入市場，擺脫對日依賴，且能阻絕大陸及東南亞國家的進入。

由產業環境中得知，以 VPE 磊晶法的 Ga(As)P 磊晶片最大供應者是 Mitsubishi，其具有寡占的優勢利益，由技術引進方式取得十分困難，我國廠商研發能

力尚不足以與之抗衡，然而目前工研院光電所具有此材料技術量產實力（參見表六），與工研院光電所合作生產或形成研發與生產之策略聯盟是可行的方案。

在 Ga(As)P 的 LPE 磊晶技術方面，由於較多廠商擁有此等技術能力，並不具有寡占的優勢，國內企業中之台科、鼎元及工研院光電所都具有此技術背景與實力，可以在短期內快速承接，學習成本低。至於技術引進合作對象選擇由技術資訊分析中發現信越及 Mitsubishi 技術能力較佳；由產業資訊分析的結果則是信越、Showa Denko 製造生產能力較佳。目前光磊公司便是與信越採用聯合投資的方式在台灣設廠。

(Al)GaAs 技術是屬於成長期的技術，目前完全由日本領先及主導。因此中、下游廠商很難自國外進口高品質的產品，雖然日本有近十家廠商競爭，但是市場占有率都不高（參見表五）。估計日本這十家廠商不會放棄此一高單價, 並且已能掌握市場的技術。因此對國內企業而言，目前自行開發並搭配部分關鍵技術的購買的策略，仍具相當大的機會。主要技術的購買對象由技術資訊分析來看是 Hitachi、Mitsubishi、Toshiba、Shin-Etsu 及 HP。

InGaAlP 材料的 MOCVD 磊晶技術是屬於導入期的技術，雖然亮度的表現比其它材料好，但是目前市場仍存在替代產品，需求並未擴大。因此可預見的未來 InGaAlP 的材料技術具有高附加價值，市場潛力也相當大, 尚有技術發揮的空間，應由廣到深，研發生產並積極尋求專利保護, 同時取得交互授權的談判實力。工研院應加速發展製造方法及產品改良工作，使技術移轉國內廠商，帶動國內企業加入投資，提升技術層級。此外，國內企業也應配合開發中游製程技術，以免上游生產的磊晶片銷售通路遭受到夾擠，無法打開市場。

陸、結論

本研究是基於國內產業現況，配合產業資訊與專利技術資訊，探討各材料技術的取得方式，作為產業技術發展時重要參考依據。本研究歸納之重點如次：

1. 將專利被引用次數作為技術品質之權重，與專利件數進行質與量之整合分析，定量解釋各公司技術的強度，結果發現 Toshiba 及 HP 這兩家公司技術能力最強。

2. 除定量解釋各公司技術的強度外，也定性地說明各企業技術發展內容，可作為國內中、下游廠商往上游作垂直整合、技術合作、技術移轉或專利授權的合作對象之參考依據。此外，也可作為競爭對手的分析、併購的評估、投資決策及企業策略規劃與管理的工具。其結果顯示 Toshiba 與 HP 在 InGaAlP 材料技術領域上執領導地位；而 Shin-Etsu 則注重 GaP 及 GaAsP 系列的改良工作。

3. 針對各材料技術依技術生命週期所處之階段分別定位，其中 Ga(As)P 系列屬於成熟期；而 (Al)GaAs 系列屬於成長期；InGaAlP 系列則歸類於導入期。各企業可依其研發實力建立本身的專利策略，以掌握競爭優勢。企業可以利用專

利及產業資訊從事技術分析，配合本身資源與產業環境而形成技術策略。

4. 計算技術週期之時間長短來代表各企業技術變換的速率，配合技術強度指標，更能強化解釋各企業著重在創新發明的技術領先地位，或是著重在漸進改良發明的技術跟隨者。研究之後發現 Toshiba 與 HP 是技術領導者；而 Hitachi 則是一個實力頗強的技術跟隨者。

5. 將技術與產業資訊分析結合，針對台灣產業特性研擬產業進行垂直整合時之技術策略。Ga(As)P 材料的 VPE 磊晶技術方面應與工研院光電所合作進行; Ga(As)P 材料的 LPE 磊晶技術開發則採用技術引進方式;(Al)GaAs 材料的 LPE 磊晶技術以自行開發及部份關鍵技術購買方式進行；InGaAlP 材料的 MOCVD 磊晶技術則應自行開發並以專利保護。

參考文獻

1. 劉尚志，企業專利管理個案探討：以奇美實業公司與聯華電子公司為例，一九九四年產業科技研究發展管理研討會，台北，民國 83 年 (a)。
2. 劉尚志，善用專利情報締造科技優勢，科技研發管理新知交流通訊，第九期，中國生產力中心，民國 83 年 6 月 20 日：89–104(b)。
3. 企業之專利管理，台北，經濟部中央標準局，民國 81 年 10 月。
4. 洪騰岳譯，大前研一著，企業成熟期的差別化戰略，書泉出版社，1987。
5. Ashton, B., and Sen, R. K., "Using Patent Information in Technology Business Planning," Research-Technology Management, Vol 31,No.6, 1988, p.42–46.
6. Basberg, B. L., "Patents and the Measurement of Technological Change: A Survey of The Literature," Research Policy Vol.16, 1987,p.131–141.
7. Berkowitz, L., "Getting The Most from Your Patents," Research · Technology Management, March 1993, p.26–31.
8. Betz，F., Managing Technology-Competing through New Ventures, Innovation and Corporate Research, National Science Foundation, p.245–248.
9. Martin, B.R., "Assessing Basic Research," Research Policy, Vol.12, April 1983, p.76.
10. Mogee, M.E., "Using Patent Data for Technology Analysis and Planning," Research Technology Management, July 1991, p. 43–49.
11. Narin, F., Noma E. and Perry R.. "Patents as Indicators of Corporate Technological Strength," Research Policy 16 (1987), p.143–155
12. Narin, F.,"Technology Indicators in Strategic Planning," Science and Public Policy, Vol.19, 6, 1992, p.369–381.

13. Porter, M.E., Competitive Advantage - Creating Sustaining Superior Performance, Free, New York, 1985.
14. Schmoch, U., "Evalution of Technological Strategies of Companies by Means of MDS Maps," International Journal of Technology Management, Vol.10, Nos 4/5/6, p.426–440.
15. Werner, K., "Higher Visibility for LEDs," IEEE Spectrum, July, 1994, p.30–39