

奈米碳管場發射顯示器 (CNT-FED) 的研發與策略管理

劉岱峰
逢甲大學科技管理
所
ak47ldf@yahoo.co
m.tw

賴文祥
逢甲大學科技管理
所
whlai@fcu.edu.tw

張保隆
逢甲大學科技管理
所
plchang@fcu.edu.t
w

張琬婷
逢甲大學科技管理
所
erica9016@gmail.c
om

摘要

在奈米的世界當中，許多的物理定律和化學特性都產生了極大的變化。大自然界的奧秘浩瀚無涯，充滿著許許多多現象是以奈米尺度為度量單位的，例如：奈米微結構功能一使荷葉出淤泥而不染；室溫下利用有機物作為模板自組裝(self-assemble)無機/有機複合材料就如同貝殼的生成；還有蜜蜂辨識方位是依靠體內含有奈米磁性粒子彷彿羅盤可以導航。與奈米相關之科技，正在蓬勃發展並且將對人類的生活造成全面性的影響。奈米的商機據估計 2010 年全球將可達日幣 133 兆的產值(日本日立總合研究所, 2001.3)，因此吸引各國政府與企業競相投入。

根據財團法人光電科技工業協進會估計，預計 2006 年台灣光電產業產值可達新台幣 1 兆(315 億 8000 萬美元)。根據研究報告指出，預估 2010 年全球的平面顯示器產業將達到美金 700 億元的市場規模(工業材料月刊, 2001)。放眼未來資訊爆炸與即時影像傳輸、追求視覺享受的時代，平面顯示器(flat display)產業的成長不論在我國或是全世界，皆備受期待。

而 1991 年日本電子顯微鏡專家 飯島澄男(Prof. S. Iijima)博士發現奈米碳管(Carbon Nanotube : CNT)之後，從此引起一波研究熱潮，而且奈米碳管作為場發射顯示器的發射器(emitter)材料，具有非常優異的功能表現，故使得奈米碳管場發射顯示器(Carbon Nanotubes field emission display : CNT-FED)的研發與製造，都有長足的進展，進而成為平面顯示器產業的明日之星。從此展開奈米技術與材料應用於平面顯示器產業的新頁。

本篇研究將立足於產業技術發展與管理的角度，來針對 1) 奈米碳管場發射顯示器的相關文獻做研討；2) 然後運用藍海策略的創新論點作為文主軸；3) 最後提出結論並擬定建議以供參考。

關鍵字：CNT-FED、奈米碳管場發射顯示器、奈米碳管、藍海策略、顯示器產業

1. 前言

現今市場的顯示技術主流漸漸由傳統陰極射線管(Cathode Ray Tube : CRT)轉變為薄膜電晶體液晶顯示器(thin-film transistor liquid-crystal display : TFT-LCD)，而 TFT-LCD 的生產幾乎被東亞三國—台灣、南韓、日本所囊括，所以未來顯示器產業的發展極可能是高度寡佔的局面。雖然台灣在出貨量與

產值方面已與南韓並駕齊驅且超越日本，但是在產品品質和高階技術上，仍有一段差距，幾乎使台灣業者幾乎淪為代工的角色，欠缺品牌、行銷的能力，此為我國產業升級轉型之隱憂。反之，奈米碳管場發射顯示器為次世代顯示器的新興領域，若我國能夠就此加強研發，相信結合在製造方面的優勢，定能逐步擺脫國際大廠對我國廠商的發展桎梏

與技術移轉限制，而在此一顯示技術領域中開創藍海，掌握先機。

2. 文獻探討

《以技術與市場需求來探討奈米碳管場發射顯示器發展之研究》一文，對於本研究而言是一核心主研究結果發現，消費者最重視顯示器的六項功能特性分別為畫質、輻射、亮度、產品售價、可視角度與反應時間，而奈米碳管場發射顯示器分別在畫質、亮度、可視角度、反應時間、工作溫度、耗電量與使用壽命上具有相對優勢，並且顯示奈米碳管場發射顯示器在功能上將是最符合未來消費者預期的產品；有關技術預測方面，奈米碳管場發射顯示器的技術困難度主要在於奈米碳管場發射體的電流均勻度、真空支撐器製程、螢光材料的低電壓操作發光效率與驅動電路的影像顯示技術方面，若要加速奈米碳管場發射顯示器開發時程以便與其他平面顯示器競爭，則加強此四項關鍵技術的研發，將是提升奈米碳管場發射顯示器之競爭力刻不容緩的課題。而其『研究方法』是採用分析層級程序法 (Analytic Hierarchy Process, AHP) 作為分析與預測的工具，此法主要應用於不確定情況下且具有多個評估準則的決策問題，且適合將非結構化、複雜的問題系統化，經量化分析求取各方案的優先權重值，以提供決策者選擇適當方案的資訊，減少決策錯誤的風險 (Saaty, 1980)。可以適用於規劃、產生替代方案、決定優先順序、選擇最佳方案或政策、資源分配、決定需求、預測結果或風險評估、系統設計、績效評量、確保系統穩定性、最適化及衝突解決等十二種決策問題(鄧振源、曾國雄, 1989)，且適合做探索性技術預測。『資料蒐集』方面則使用文獻整理與問卷調查。上述之研究論文提供了學生之研究一數量化之參考資料，也就是消費者對於顯示器的需求所重視之構面、各種顯示器之優劣勢以及關鍵技術的發展情形與未來預測。

體，其研究內容是透過市場研究方式取得消費者對平面顯示器產品的功能性預期，以及奈米碳管場發射顯示器相較於其他平面顯示器的相對功能性優勢，探討奈米碳管場發射顯示器是否能在此波顯示器革命中脫穎而出，並透過專家問卷方式，預測奈米碳管場發射顯示器關鍵技術的發展時程。而其研

《場發射顯示器之趨勢與展望》一文，說明場發射顯示器的結構和工作特性，以及投身此技術領域的主要廠商，提供學生瞭解有關場發射顯示器的構造和工作原理，還有此產業內的競爭者情報。

學生也應用《Blue Ocean Strategy》的觀念，建立奈米碳管場發射顯示器的策略草圖和四項行動架構圖，以作成本研究之結論與建議，期使奈米碳管場發射顯示器能成為台灣平面顯示器產業之藍海市場。

3. 研究目的

學生進行此研究之目的為避免研發資源配置的重複、浪費。同時，因為研發之成果具有誘人之潛在報酬，但也帶有一定風險與不確定性，本研究希冀將研究發展與市場行銷的面向相結合，並平衡兩者之發展，以使研發的工作能在配合市場實際需求的情形下進行，提升研發的效益與效率。

4. 研究動機

我國與日本、南韓是世界前三大主要的 TFT-LCD 生產國，而且未來的市場需求尚有高度成長之空間，故學生對此產業有極大興趣，也認為具有高度研究價值。在更進一步了解現存的顯示發光技術後，奈米碳管場發射顯示器(Carbon Nanotubes field emission display: CNT-FED)是一極具取代 TFT-LCD 潛力之替代品，也是各國競相開發乃至未來商品化量產之重點。不論是 TFT-LCD 或 CNT-FED，其製程相關技術的良莠與否都須仰賴來自半導體製程技術的支援，而綜觀全球，能夠具備雄厚的半導體製程技術

實力以及成功的製程經驗累積的國家，不出台灣與南韓，就連技術發源地日本，也逐漸喪失了爭雄的優勢，不得不釋出訂單給他國廠商代工。由此觀之，台灣若能掌握製造的優勢，然後加強 CNT-FED 新興顯示技術的研發工作並結合專利佈局，當可擺脫純代工的角色，跳離 TFT-LCD 的紅海競爭，轉而開拓在 CNT-FED 的一片藍海。

5. 研究方法

本研究資料蒐集方法採以下兩種方式：1)文獻整理：以整理文獻的方式來獲得本研究所欲探討的各個構面。2)專家訪談：針對逢甲大學工業工程與系統管理研究所以及電子研究所的研究人員包括碩博士生和教授群，進行 CNT-FED 相關技術議題的訪

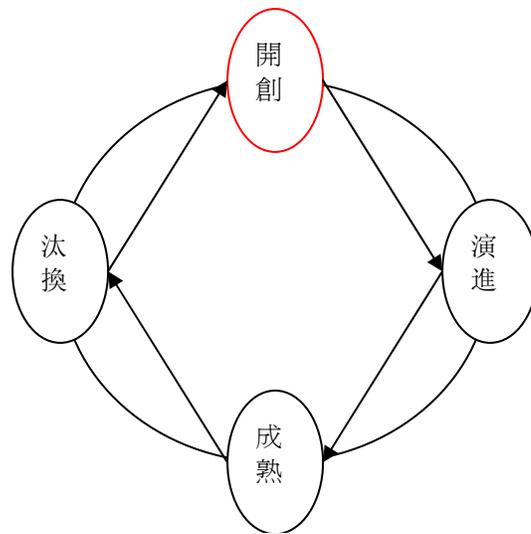
問，建構技術層面的知識與找出值得深入探討的關鍵點。

在建立初步的資料結構後，本研究決定依據產品之特性彙編整理 CNT-FED, TFT-LCD, OLED 及 PDP 的顯示功能特性，進行比較，以提供讀者簡單明瞭地認識各顯示器的優缺點所在。

接著學生將引用課堂所學之學理，如研發管理和藍海策略等理論觀念來結合 CNT-FED 的技術發展條件，審慎評估其正式商品化之可行性，並提出個人建議以使其發展成果能更符合市場需求。

6. 顯示器的技術發展與研發工作

一個產業技術的發展常是循著種開創、演進、成熟、淘汰，再進入新開創的循環過程，如下圖〈技術生命循環圖〉所示：



圖表 1 技術生命循環圖 資料來源:本研究整理 2006/6

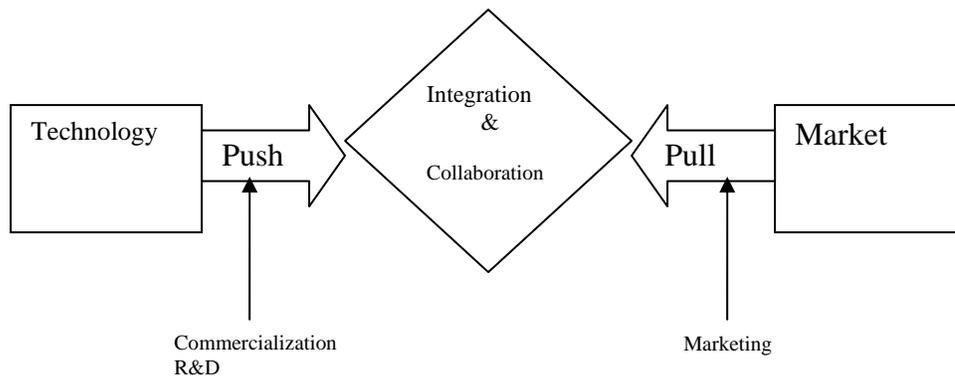
以顯示器產業的技術發展為例，陰極射線管 (CRT) 的應用開創了電視機產業一片大榮景，不單為人們提供一種視覺的娛樂享受，亦開啟了人們傳遞與接收影像訊息的新紀元。接著 CRT 電視機從黑白顯像演進為彩色顯像，尺寸也不斷增大，步入技術穩定而產業成熟的時期；一直到了新顯示技術的興起，如 LCD、PDP，乃至於 Spint-FED 以及 CNT-

FED，都不斷地替換掉舊的顯示器，為顯示器的產業發展注入新活水。一個產業的生命週期必然會經歷萌芽、成長、成熟、衰退的過程，而新世代規格技術的推出，將可能為成熟或已屆衰退的產業再帶起一波新的市場更換需求。所以就如上之技術生命循環圖所示，CRT 技術在顯示器產業已經過了從技術開創期然後演進(改良、造型、色彩等)，到了成

熟階段後，新的平面顯示器技術也已經被研發出來，所以舊的 CRT 技術就逐漸進入汰換期，爾後整個顯示技術就進入新的技術開創循環，由新的平面顯示技術取代原技術。但是舊技術並非全面淘汰，因為新技術的應用原理也可能部份是建置在舊技術的概念或基礎上，而且新舊技術的交替也需一段緩衝適應時間，故會逐步地進行替換，而不是一剎那全面取代。

許多國家均投入此領域技術研發的情形看來，可以佐證平面顯示器產業的未來發展一片看好，而且其中 CNT-FED 的發展潛力更是值得世人拭目以待。

在技術研發與市場需求之間，其實存在著一定的風險與落差，如何做好這中間的聯繫與溝通，甚至是管理，學生亦將利用下列之〈技術推力與市場拉力整合圖〉圖形來說明。



圖表 2 技術推力與市場拉力整合圖

資料來源:本研究整理 2006/6

技術的研發成功之後，還必須能達成商業化也就是大量生產及品質穩定，這是技術的推力方面。而市場需求方面，有主動與被動兩種需求，主動需求是消費者本身發出的需求訊息，而研發人員經由行銷部門人員的轉達來開發新技術或產品以滿足消費者；被動需求是研發部門開發出新技術或服務，藉由行銷部門來尋找、推廣，甚至於教育消費者，使其接受而產生新的需求及市場。在此中間的連結部份，就需要具有技術概念與行銷能力的人員來做好管理與整合協調的工作，以使研發部門與行銷部門能夠合作無間。而能夠系統化培養及訓練此種人才的重任，當非科技管理學門莫屬。

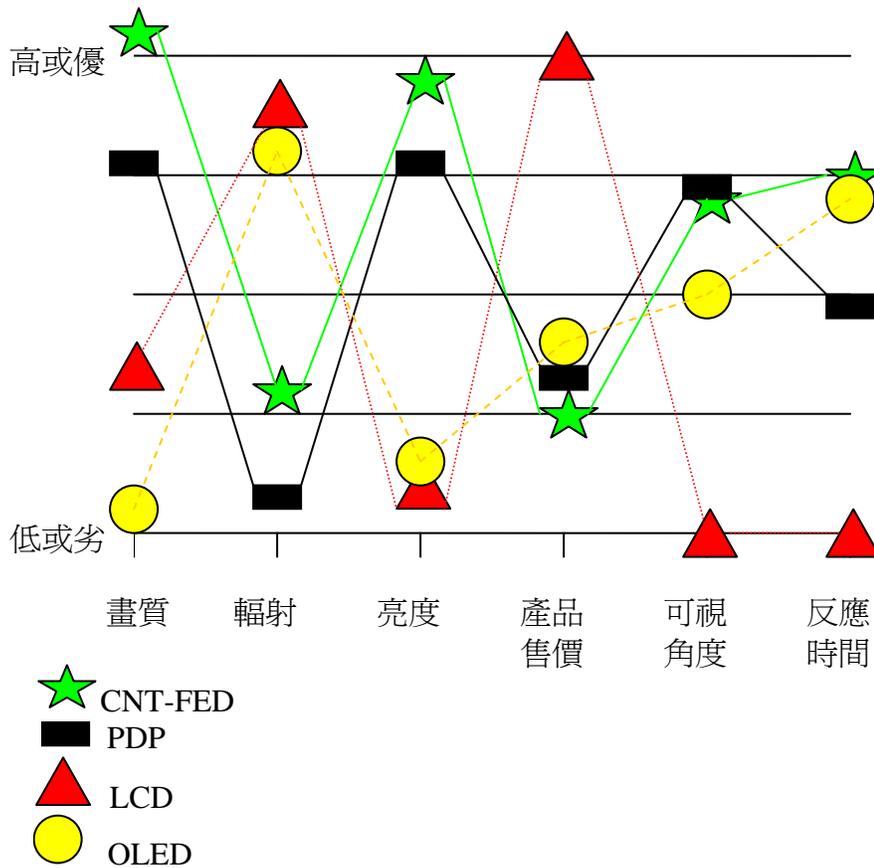
以 CNT-FED 的技術發展而言，它面臨了一些技術困難點有待突破，而且對於消費者而言是屬於一種被動需求，故產品的成敗就繫於研發與行銷之間的科技管理工作上。

7. 策略管理

價格競爭下的「紅海」，現在也已經是顯示器產業發展情況的寫照，CRT 的技術門檻不高而利潤低且競爭激烈，而且現在也面臨了新顯示技術的強大競爭，可以說其將被淘汰是必然的結果，只待時機的到來。TFT-LCD 的面板價格，也是深受景氣循環波動的影響而大起大落，在 TFT-LCD 面板產業當中，其技術門檻較高，但是設廠所需的投資金額龐大，風險較高，而且其產品也具有缺陷以及價格偏高等問題；以台灣廠商所處的情形而言，許多高階技術及專利部份受到日本許多國際大廠的限制頗多，使台灣廠商付出不不少的技術移轉費用及授權權利金，而且也面臨南韓大廠如 Samsung、LPL 的強大殺價壓力。故 CNT-FED 的技術發展在國際上正處於起步階段，它不僅會為顯示器產業帶來革命性的變革，而且將對社會的環保和永續性發展做出重大貢獻，在

此尚未成熟的領域當中，對於台灣而言，將是開創「藍海」的最佳時機，而學生將以《藍海策略(Blue Ocean Strategy)》為思考藍圖，來針對台灣於 CNT-FED 的發展與策略管理上，進行分析及提出建議。

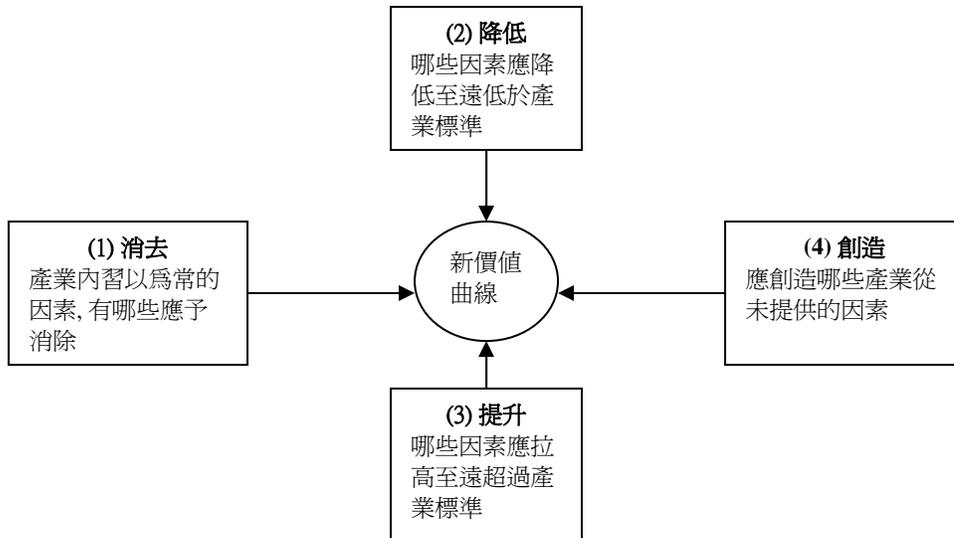
首先，學生以 OLED、PDP、LCD 為比較對象描繪出 CNT-FED 的〈策略草圖〉如下：



圖表 3 CNT-FED 的策略草圖 資料來源:Blue Ocean Strategy & 科技管理學刊

對於建立強大的藍海策略而言，策略草圖提供了診斷及行動架構。首先，它掌握已知市場空間的競爭態勢，讓分析者了解當前市場的競爭重點，業者目前在產品、服務與供應方面的競爭因素，以及顧客從市場的現有競爭中得到什麼(Blue Ocean Strategy, 2005)。橫軸列舉了消費者對於顯示器產品最重視及業者據以從事競爭與投資的的六項因素，而縱軸的比較則依據技術專家的意見來評斷。

卓越的策略都有明確的焦點，而產品或公司的策略組合，也就是價值曲線，應該明確顯示出焦點所在(Blue Ocean Strategy, 2005)。由以上的策略草圖看來，CNT-FED 已經具有高畫質、亮度大、可視角度大、反應時間短等優勢；對於輻射偏高及成本較高等問題，可以再利用下列的〈四項行動架構圖〉來思考分析：



圖表 4 四項行動架構圖 資料來源:Blue Ocean Strategy

學生亦將利用〈消除—降低—提升—創造表格: Strategy, 2005)來做為分析輔助, 以提供相關研究者 CNT-FED 為例〉(見下表)的表格形式(Blue Ocean Strategy, 2005)來做為分析輔助, 以提供相關研究者參考, 並企圖創造新的價值曲線。

消除	提升
<ul style="list-style-type: none"> • 輻射的威脅性難以證實存在 • 價格不再是唯一購買考量因素 	<ul style="list-style-type: none"> • 環保 • 節能 • 顯示效能 • 時尚設計
降低	創造
<ul style="list-style-type: none"> • 新廠房的投資建置成本比 TFT-LCD 廠低 • 產品壽命不一定為所有消費者所在意 	<ul style="list-style-type: none"> • 新的智慧型汽車電子 • 容易收納攜帶 • 各種環境下皆可運作 • 奈米電子材料

圖表 5 消除—降低—提升—創造表格: CNT-FED 為例 資料來源:Blue Ocean Strategy

藉由此表的輔助, 學生將在下節提出簡單的分析結論與經過思考而得的建議以供閱讀者與相關研究者參考並不吝予以賜教。

8. 結論與建議

資訊(如文字、影像)及時傳達的需求和視聽娛樂的高品質感觀要求是全球和台灣社會的趨勢潮流, 而各種顯示設備是表達和傳播信息必不可缺少的窗口, 因此顯示器不論在已開發或開發中國家, 甚至未開發國家的未來, 都具有龐大的市場需求。

隨著經濟和文化的發展，顯示器產業的走勢是十分看好的。而且目前南韓、台灣和日本掌握了全球大部份的顯示器供應源，將使得未來顯示器市場趨向於賣方市場，有利於價格的穩定甚或拉抬。挾帶我國於半導體產業的雄厚實力，以及優秀的製造能力，再趁此世界各國在 CNT-FED 的領域上尚未佔有絕對優勢與完整的專利佈局，我國於 CNT-FED 的研發工作與成果的確是值得政府與民間投入並拭目以待的。

欲完成上述的重大目標，學生提出以下拙見：

- 8.1 政府應給予工研院充足之人力物力，並利用產學合作的方式來協助研發工作，並移轉給民
- 8.2 學界應著重培養具備科技管理能力的學生，供應產業界兼具研發管理能力、技術概念與行銷長才的多元性人才，使其擔任技術研發與市場行銷之間的聯繫、溝通與整合協調之任務。
- 8.3 重視專利的品質而非數量，並設立誘因機制以鼓勵投入研發工作。
- 8.4 鼓勵並系統化訓練各領域技術專家學習專利分析與管理，或著手培養專利管理工程師來輔助技術研發部門。
- 8.5 與國內機械產業業者合作研發相關生產設備，提高我國顯示器產業生產設備自製率，以降低成本。
- 8.6 業者在推出奈米碳管場發射顯示器產品時，可以針對其優點加以強化以跟其他競爭產品有所區隔，找到其獨特定位與利基市場。

參考文獻

- [1] Robert A. Burgelman, Clayton M. Christensen, Steven C. Wheelwright (2004), "Strategic Management of Technology and Innovation".
- [2] W. Chan Kim, Ren'ee Mauborgne (2005), "Blue Ocean Strategy : How to Create Uncontested Market Space and Make the Competition Irrelevant".
- [3] W. Lawrence Neuman (2002), "Social Research Methods : Qualitative And Quantitative Approaches".
- [4] 孫錦煌，蔡志弘，王學弘 (2005)，「從競合策略探討兩岸 TFT-LCD 產業」，機電與工業管理文彙，第 269 期，頁 94-106。
- [5] 黃建良 (2002)，「奈米碳管之製備及【碳管場發射顯示器】<CNT-FED>之發展」，化工資訊 9 月號，第 31 至 37 頁。
- [6] 橫山明聰，楊素華 (1998)，「場發射顯示器之趨勢與展望」，光訊，第 73 期，第 23 至 25 頁。
- [7] 薛義誠 (2005)，「以技術與市場需求來探討奈米碳管場發射顯示器發展之研究」，科技管理學刊，第十卷第二期，第 133 至 160 頁