

# 顯示器之過去、現在與未來

程章林(工研院影像顯示科技中心)

[JanlinChen@itri.org.tw](mailto:JanlinChen@itri.org.tw)

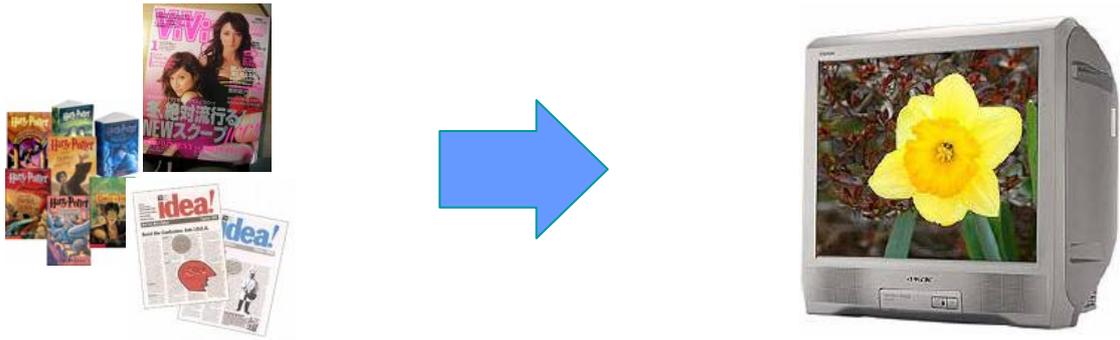
## 一、前言

觀察人類記錄與資訊傳播發展史，從遠古的有言無文的結繩記事到文字的發明，從蔡倫紙的出現到印刷技術的發明，使資訊傳播可藉由靜態文字以書等形式傳達概念與他人，開啟人類資訊的大量交流與傳承。而其中的文字載具在每一個時代以不同的型態產生，例如竹簡、羊皮紙等。舉例來說，我們常用“學富五車”來形容一個人很有學問，便因西漢時的文字載具為竹簡。當時以辭令見稱的東方朔寫了篇文章，就用了三千根竹簡，故五車的竹簡在當時可算是學識豐富。而現階段最為普及的文字載具則為紙本書籍，光以暢銷小說“哈利波特”全球累積銷售量已達四億本並持續增加中，使作者可藉由紙本將其作品傳遞至全球各地幾億的人口分享。



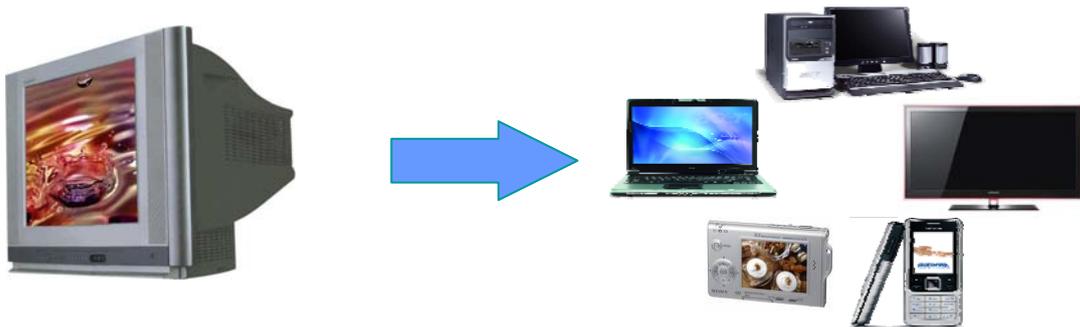
圖一、紙與印刷術發明所帶來知識的傳承(資料來源:DTC 2009/12)

其後映像管顯示器的出現，帶來人類生活上的一大改變，將以往靜態文字傳播的模式，轉向為動態影音的傳播形式。大量資訊傳播的形式，將文字難以形容的事物、從搬不動或難以移動的媒介，轉為可以輕易傳播的資訊，打破空間的藩籬，因而映像管顯示器可說是帶來第一波顯示器革命。



圖二、映像管顯示器所帶來無藩籬之資訊傳播生活 (資料來源:DTC 2009/12)

隨著平面顯示器的出現，其輕、薄、體積小之特性，造就過去映像管顯示器無法實現的可攜式電子產品，如手機、PDA、數位相機、筆記型電腦等數位化產品，而後其顯示技術持續的改善及價格趨於消費者可接受度，因而逐步取代大又笨重的映像管電視機與電腦螢幕。加上無線通訊的技術發展，可攜式電子產品使資訊與人的互動密切不可分，邁向行動數位生活，為顯示器第二波革命。



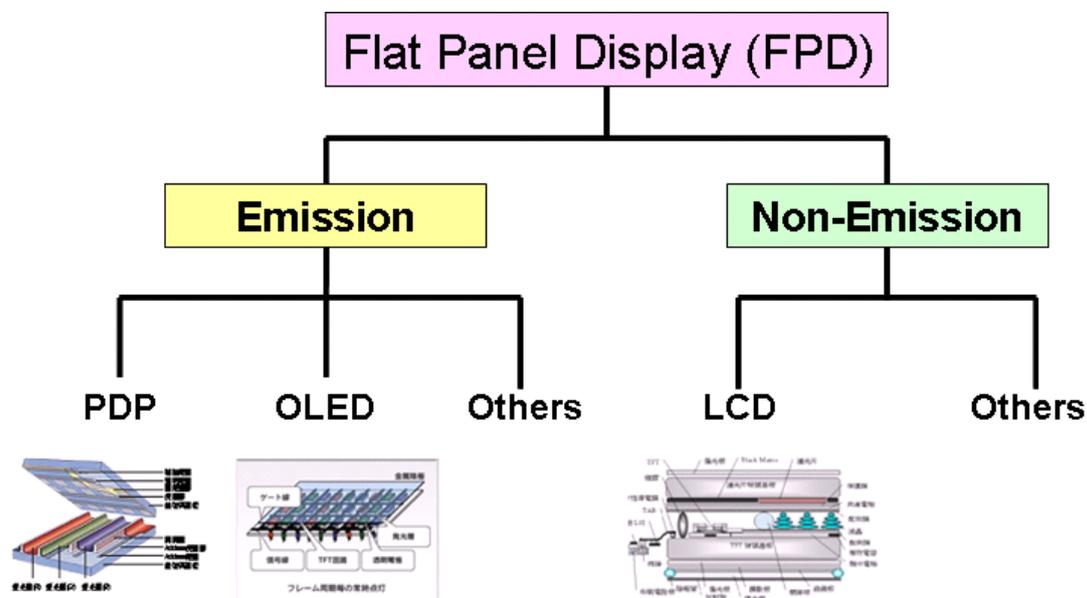
圖三、平面顯示器所帶來人類行動數位生活 (資料來源:DTC 2009/12)

## 二、平面顯示器主要技術

根據市調機構 DisplaySearch 預測 2009 年各平面顯示器技術銷售預估，液晶顯示器 (Thin Film Transister Liquid Crystal Display, TFT-LCD) 市場佔有率高達 93%，而電漿顯示器 (Plasma Display Panel, PDP) 達 5.35%，有機發光二極體顯示器 (Organic Light Emitting Diode, OLED) 市佔則為 1.1%，為現行顯示器市場三大主流技術。

綜括現行平面顯示器主要技術分類，可分為自發光與非自發光顯示技術兩種。自發光顯示技術主要為上述的電漿顯示技術 (PDP)、以及有機發光二極體 (OLED) 顯示技術等。PDP 發光原理類似於日光燈，是在真空腔中注入惰性氣體，利用加電壓方式，使氣體產生電漿放電，放出紫外線，激發紅藍綠三原色的螢光體，並利用激發時間的長短來產生不同的亮度。而 OLED 採有機材質激發光的

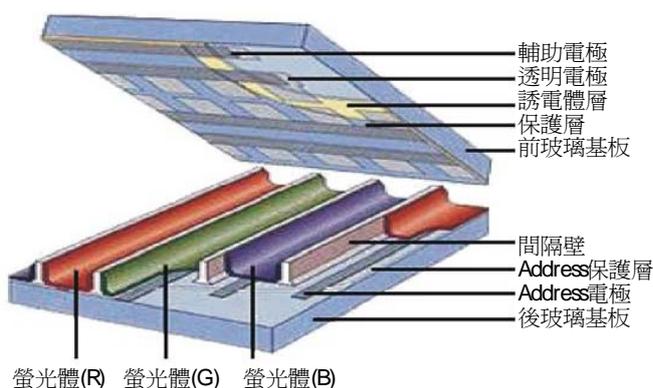
方式，將彩色光穿過透明導電膜 ITO 及玻璃基板，使影像呈現於人眼。非自發光技術主要為液晶顯示技術(LCD)，液晶本身不發光故需背光源 (Backlight)，當進行電壓的切換，可控制液晶扭轉方向，背光源之光線穿過液晶後在前端面板上形成一個畫素(Pixel)，所有的畫素組合起來即是人眼所看見的影像。



圖四、平面顯示器主要技術分類 (資料來源:DTC 2009/12)

### 三、平面顯示器技術發展歷程

#### 1、PDP 之發展歷程

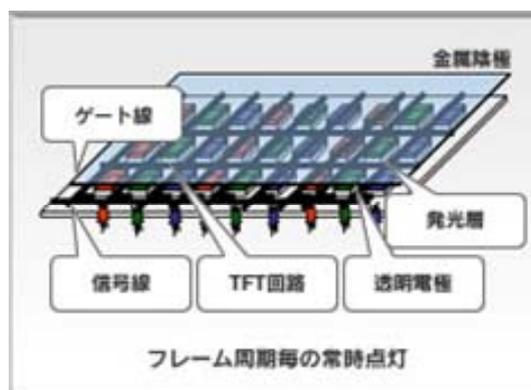


圖五、PDP 顯示器結構 (資料來源:IEK 2009/04)

電漿顯示器於 1964 年由美國伊利諾大學的 Donald L. Bitzer 及 H. Gene Slottow 發明。原本只可顯示單色，通常是橙色或綠色。PDP 之優點是每個像素都能夠自己發光，因此呈現較柔和的畫面，並且可到達 170 度以上的視角，相較其它技術，優點在於大型化。而且，每個像素的反應時間短、色彩飽和度高、適合往大尺寸發展。PDP 之缺點是在明亮環境之中觀賞時，亮度對比會略遜於液晶顯示器。在長時間顯示靜止畫面的情況下，畫面切換時易產生殘影。而且耗電較高，顯示時易生高熱，必須考慮散熱問題。由於發光機制之限制，讓電漿顯示器較難往 30 吋以下尺寸螢幕發展，乃為市場競爭之最大弱點。1980 年代個人電腦剛剛普及，電漿顯示器當時曾一度被拿來用作電腦螢幕。這是由於當時的液晶顯示發展仍未成熟，只能進行黑白顯示，對比低且液晶反應時間太長的原因所致。直到薄膜電晶體液晶顯示器(TFT-LCD)被發明，電漿顯示器才漸漸退出電腦螢幕市場。

由於 LCD 持續成長與擴張，全球 PDP 產業正持續衰退，除了 Panasonic 於 PDP 產業持續耕耘，現為 PDP 主要面板供應廠商。其它廠商包括 Fujitsu、Philips、Hitachi、Pioneer 等廠商都先後退出 PDP 面板業務，產業集中度越來越高。為持續與競爭技術抗衡，為推進自身的效能提升，主要以提升動態解析度、提升對比度、色彩再現性、減少耗電量為出發點，改善並提高 PDP 技術產品的效能。其應用發展以電視為出發點，現階段以於 40~42 吋以及 50~52 吋 TV 面板為主，並持續朝大尺寸面板發展。同時朝向薄型化、可接收數位訊號並搭配藍光光碟機的搭售、朝向新興應用例如 3D 顯示等技術方向前進，2008 年 CES 展 Panasonic 已展出可達解析度達 4,096x2,160 的 150 吋 PDP 面板。

## 2. OLED 之發展歷程



圖六、AMOLED 面板結構 (資料來源：SONY；TMD；DTC 整理 2009/12)

OLED 發光原理以有機材質激發光的方式，在 1963 年已由 Pope 將數百伏特的偏壓施加於有機分子 Anthracene 的晶體上而發現，不過因為施加電壓過高與發光效率不彰，當時並未引起很大的注意。直到 1987 年，美國 Kodak 公司的鄧青雲博士(Ching W. Tang)與 Steve Vanslyke，以真空蒸鍍法製備出多層結構的

OLED 元件，達成了低操作電壓與高亮度的表現，OLED 技術才逐漸的獲得全球業界的矚目。正因 OLED 技術省電與優異的亮度表現，不止可以應用於面板領域，也逐漸將觸角延伸至照明的用途，堪稱業界的明日之星。

目前 AMOLED 產品發展方面，2006 年，奇晶光電於日本 FPD 2006 展出當時全球最大之 25 吋 AMOLED 面板。而後日本 Sony 為取得領先地位，在 2007 年 CES 展出 27 吋 AMOLED 面板外，並在同年底 11 吋 AMOLED TV 產品上市販售。而韓國廠商於 AMOLED 佈局更為積極，2009 年韓國 Samsung 內部亦進行 AMOLED 與中小型 LCD 部門的生產線及人力整合，成立 Samsung Mobile Display 公司，目前為主要 AMOLED 出貨廠商。另一方面，LGD 接收了 LG 電子的 OLED 部門之後，亦積極準備進入 AMOLED 市場，並於 2009 年 12 月買下 Kodak 公司的 OLED 事業體相關資產。從上游材料與設備、中游面板製造與封裝、下游終端客戶與通路，都已形成相當緊密的垂直整合。

根據市調團體 iSuppli 發布的報告，由於有越來越多手機的主要顯示幕採用 AMOLED 面板，因此這類產品的產值在未來數年將呈爆炸性成長。現階段 Nokia 新款 N85 手機產品就配備較大的 OLED 顯示幕，它採用 2.6 英吋 AMOLED，解析度為 240 x 320 pixels，而其他也採用 AMOLED 面板的手機還有 Samsung 的 Impression 與 i8000 Omnia II 等等，預估未來 AMOLED 除了應用於手機、筆記型電腦外，未來將逐漸擴散至 TV 用顯示器等領域。雖然 AMOLED 可發揮薄型化、高對比、高響應速度、廣色域及省電之優勢，在產品化的路上仍需與顯示性能快速進步中的 TFT LCD 直接競爭，並改善其製作成本及壽命問題，方有機會占有一席之地。

### 3. 液晶顯示器之發展歷程

1877 年德國物理學家 Otto Lehmann 運用偏光顯微鏡首次觀測到了液晶化的現象，但對此現象的成因並不瞭解。直到在 1888 年奧地利的植物學家 Friedrich Reinitzer 發現，它是一種幾乎完全透明的物質，同時呈現固體與液體的某些特徵。液晶從形狀和外觀看上去都是一種液體，但它的水晶式分子結構又表現出固體的形態。六十年代起，人們發現給液晶充電會改變它的分子排列，繼而造成光線的扭曲或折射。經過反復測試，1968 年，美國無線電公司 (RCA) 科學家 G. H. Heilmeyer 發明了液晶顯示元件，隨後 LCD 液晶顯示器就正式面世了。

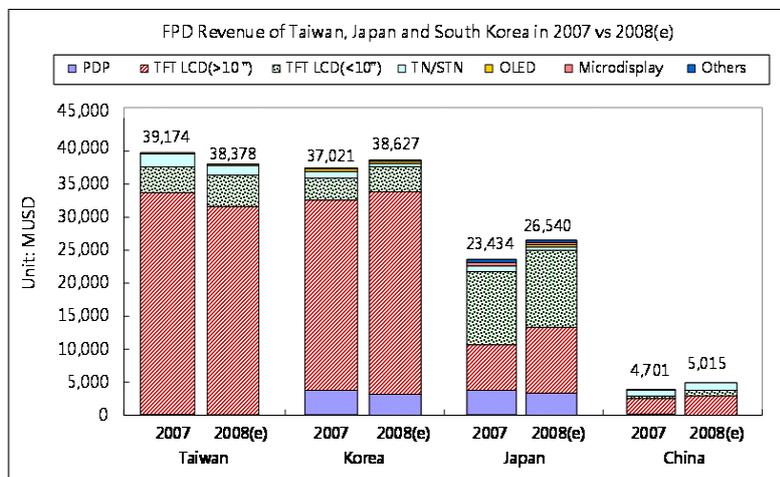
然而從第一台 LCD 顯示器原型誕生後，其間歷經了 30 年漫長的技術開發，市場才開始快速成長，70 年代當時只有單色顯示，同時技術還不成熟，影像品質無法與 CRT 顯示器相比，但在某些特別領域已開始切入應用，如手錶、計算機等。而後 80 年代，歐美研究機構於 1984 年提出 STN-LCD，TN-LCD 開始被應用到電腦產品上，第一台筆記型電腦於 1989 年由 NEC 所發表，同時 TFT-LCD 技術也開始被提出。到八十年代末期，日本廠商已掌握著 STN-LCD 的主要生產技術，開始進行大規模的生產，使 LCD 產業獲得快速發展，而後 Sharp 為最早

廠商之一將 LCD 應用於電視。到 90 年代，液晶顯示器正式步入成長期，其中日本獨佔 LCD 市場一直延續到 1995 年，直到韓國廠商進入 TFT-LCD 生產為止。1996 年以後，台灣也積極投入 TFT-LCD 生產。



圖七、LCD 應用產品開發 (資料來源:DTC 2009/12)

從以上 LCD 發展歷程，可發現一個有趣的現象，美國廠商為 LCD 技術的原始推動者，但日本卻是最先將此技術商品化之國家，而後韓國/台灣廠商卻是讓 TFT-LCD 面板模組價格平易近人而擴大應用市場。台灣廠商進入面板領域較韓國晚卻急起直追，我國面板總產值於 2007 年達 391 億美元 (1.29 兆元新台幣) 規模，一舉超越韓國的 370 億美元 (1.22 兆元新台幣) 以及日本的 234 億美元 (0.77 兆元新台幣)，成為平面顯示器生產大國，然而隨著 2008 年金融風暴，於 2008 年產值略為落後韓國。

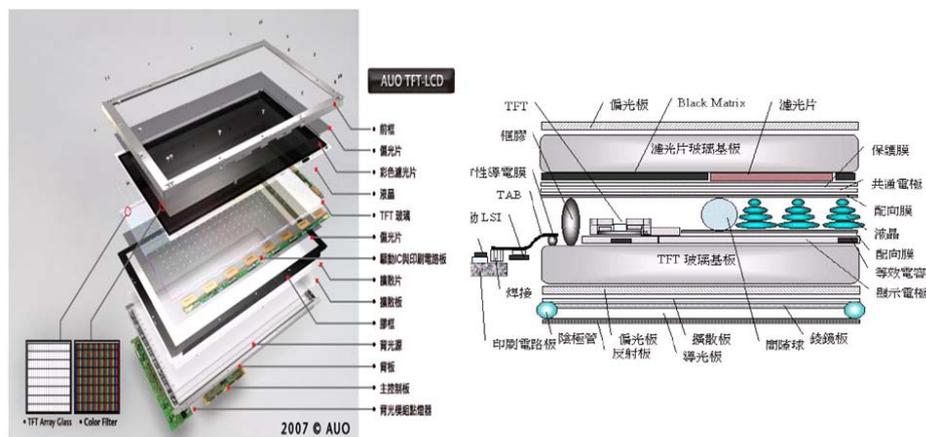


圖八、FPD 產業競爭國家產值比較 (資料來源:IEK2008/10)

#### 四、 LCD 零組件所構成龐大產業鏈

TFT-LCD 面板如圖九所示，可視為兩片玻璃基板中間夾著一層液晶，上層的玻璃基板有彩色濾光片 (Color Filter)、而下層的玻璃主要元件為薄膜電晶體 (TFT)。當電流通過電晶體產生電場變化，造成液晶分子偏轉，藉以改變光線的偏極性，再利用偏光片決定畫素 (Pixel) 的明暗狀態。此外，上層玻璃因與彩色

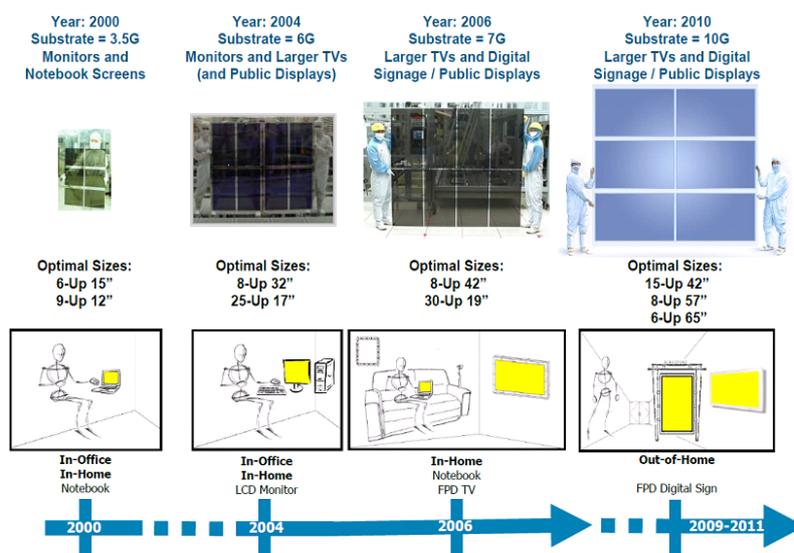
濾光片貼合，形成每個畫素 (Pixel) 各包含紅藍綠三顏色，這些發出紅藍綠色彩的畫素便構成了面板上的影像畫面。



圖九、LCD 關鍵零組件剖析圖 (資料來源:AUO)

LCD 是由眾多關鍵零組件所構成，每一個零組件可獨立開發改善並且環環相扣，因而形成龐大產業鏈帶動我國兆元商機。其中面板關鍵零組件產業包含彩色濾光片(Color Filter)、偏光板(Polarizer)、玻璃基板(Glass Substrate)、背光模組(Backlight Module)等等。

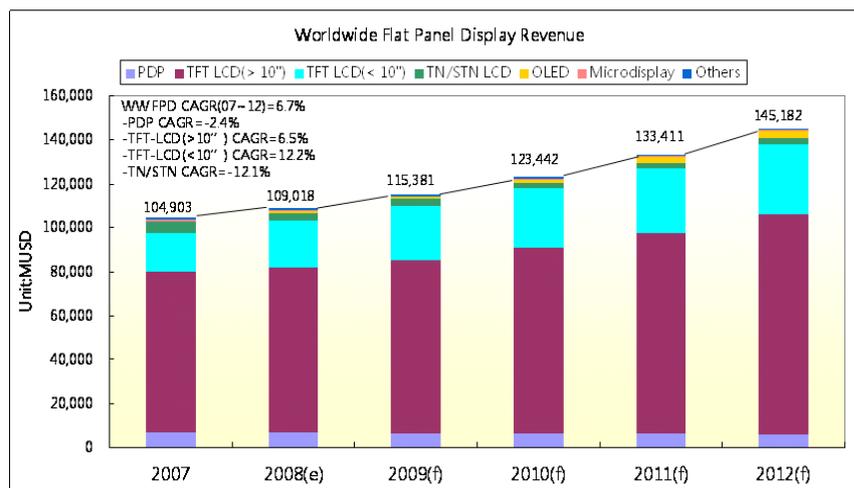
而同時也隨著製程技術的逐漸成熟，追求應用的擴展及規模經濟等因素，大尺寸面板生產線建置已成為趨勢。由圖十可發現，由 2000 年 3.5 代廠玻璃基板大小約半個人身高，而至 2009 年 10 代廠玻璃基板已將近兩個人身高，而其應用範圍也越來越廣，已成為人類生活中重要之資訊載具。由手機、數位相機、NB 等可攜式應用之中小型面板模組(<10'')至大尺寸面板模組(>10'') 應用於電腦螢幕、電視、公共數位看板等等，已讓生活充滿更多資訊傳遞的活動。



圖十、玻璃基板尺寸與應用對應圖 (資料來源: DisplaySearch 2009/SID)

分析面板產業特性，其為技術與資本密集產業，2000年時3.5代廠建廠成本約為10億美元，而到2009年10代廠建廠成本已高達43億美元，因而與國際大廠競爭除了持續擴廠以取得規模經濟優勢外，購併、垂直整合與策略聯盟就顯的日益重要，其中群創於2009年底購併統寶與奇美成為全球最大面板廠之一。

隨著面板應用與市場逐漸擴大，根據工研院IEK統計，如圖十一所示，2007年全球產值已成長達到1049億美元的龐大規模。預估2007~2012年全球平面顯示器產值仍將以6.7%的年成長率持續成長。而我國平面顯示器產業產值發展現況，自1999年起至2007年皆維持高度正成長，同時成為我國政策支援之重大產業(兩兆雙星)，估計支撐二十萬就業人口，換言之台灣約每百人就有一人從事面板產業。



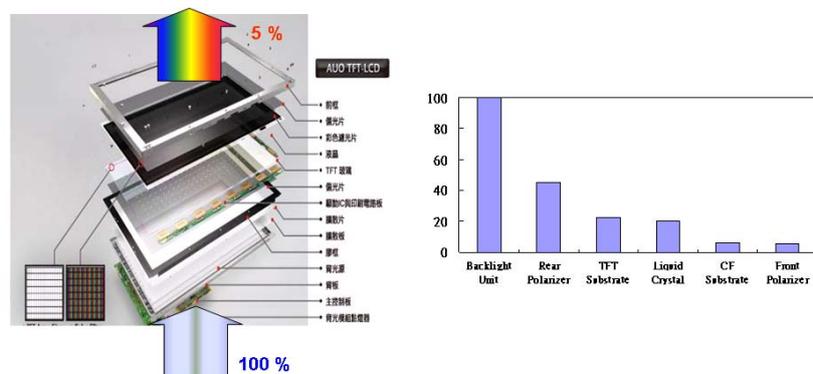
圖十一、全球平面顯示器產業展望 (資料來源:IEK2008/11)

## 五、結論

“科技始終來自人性”，平面顯示器的快速發展來自人類的生活需求。對顯示器應用未來需求將越來越廣泛，依 DisplaySearch 研究機構預估 2009 年台灣 TFT LCD 面板出貨總面積可達 80 百萬平方公尺，換算約為 0.3 個台北市面積(271 萬平方公里)，至 2013 年預估出貨面積已倍增約達 0.7 個台北市。

而未來生活情境，對智慧生活型態將強調互動與連結、個人化以及取得資訊之便利性，因而未來顯示器之需求包括輕薄、堅固、方便攜帶、易讀取資訊及多功能整合等特性。同時綠色節能逐漸成為人類生活一大課題，如圖十二所示，觀察現今 TFT-LCD 面板耗電量由背光至人眼所見，其效率經過層層功率耗損，最

後面板所呈現效率不到 5%，可看出其所需耗費能源將相當可觀。在享受高科技的便利下，與環境和平共存也成為人類努力目標，因而未來顯示器技術追求節能減碳為另一重大議題。



圖十二: TFT LCD 耗能示意圖 (資料來源:AUO/3M, DTC 整理)

基於以上需求，工研院顯示中心及國內外相關研究機構廠商，皆朝向開發符合智慧生活與節能環保的軟性顯示器。目前雙穩態顯示技術以非軟性、單色面板開發最為成熟且接近實用化，隨著亞馬遜書店於 2007 年 11 月推出自有品牌的 6 吋電子書產品” Kindle” 並搭配完善的整體服務，包含 3G 無線下載服務等創新營運模式，吸引歐美消費者正式打開電子書市場，電子書的發展趨勢如圖十三，目前國內如元太、友達等均投入 EPD 技術於電子書應用。



圖十三: 電子書的發展趨勢 (資料來源: IEK 2009/09)

同時於大面積節能電子紙發展上，工研院以連續式卷對卷製程(Roll to Roll, R2R)製作的軟性電子紙，具省電、即時更新內容等優點，十分適合資訊與情境看板之應用，同時亦開發彩色電子書及創新電子紙應用如:軟性電子鐘、九宮格、e-Scroll 山水畫等。另一方面，亦同步開發主動式的軟性顯示器如:軟性彩色 OLED 面板，可全彩化並可顯示高影像顯示品質如多媒體影音等動態視頻內容，適合應用於未來高階可攜式行動裝置。



圖十四：未來節能軟性顯示器示範應用（資料來源:DTC 整理 2009/12）

目前軟性顯示技術發展仍呈現百家爭鳴態勢，然而首先隨著電子紙技術的開發逐漸成熟，作為紙張替代顯示器，應用面可從書報、廣告等市場切入創造全新應用市場，節省紙張浪費，預期將為人類帶來更便利、更環保之第三波顯示器革命。

#### 五、參考文獻

1. 2009 平面顯示年鑑，工研院產經中心，2009 年 04 月。
2. 新世代捲軸軟性顯示關鍵技術發展計畫，工研院，2009 年 2 月。
3. 2009 產業白皮書-新世代捲軸軟性顯示關鍵技術，工研院
4. 平面顯示器技術之發展趨勢與技術走向，工業材料，2007 年 12 月
5. Market and Applications of OLED Display，IEK，2008 年 12 月
6. <http://en.wikipedia.org/wiki/Wiki> 液晶顯示器
7. Display Search /SID，2009
8. <http://auo.com/auoDEV>