

# What's fun in EE

臺大電機系科普系列

## 液晶顯示器

程琮欽／臺大光電所博士班學生

吳志毅／臺大電機系教授

“讓生活變得更美麗的液晶顯示器”

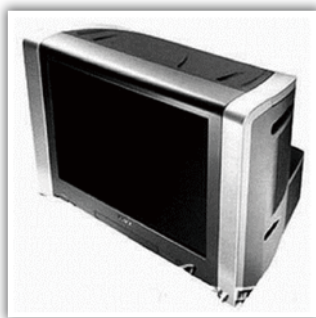
1991 年 Walkman，讓人們將音響帶著走，隨時隨地聽你喜歡的音樂；今日，液晶顯示器，讓人們將影像帶著走，隨時隨地能看你喜愛的影片與照片。

### 生活中的液晶顯示器

身旁的美景，拿起輕巧的數位相機，拍下這一刻，馬上可以在顯示螢幕上看到剛剛拍下的美麗風景，你的相機上有液晶顯示器；坐捷運回家的路上，拿起智慧型手機，上網看看今天發生的新聞，看看 youtube 上分享的影片，你的手機上有液晶顯示器；液晶顯示器，這小小的光電產品，在我們的生活中，隨處可見，也讓我們的生活變得更美麗。



### 早期的顯示器



19 世紀末，科學家發現，當陰極射線在真空腔體中撞擊螢光粉時會發出可見光。研究人員經過多年的研發後，開發出陰極射線管顯示器（Cathode ray tube，簡稱 CRT），利用電子槍發射電子束，以磁場控制電子偏折角度打在鍍有磷光材質的映像管的紅綠藍畫素上。每個磷光點是一個影像顯示畫素，經由掃描像素點，即可顯示畫面。但是映像管龐大的體積與沈重的重量，是先天的缺點，使得這類顯示器無法隨身攜帶。

## 液晶顯示器的發展歷史

二十一世紀初，顯示器薄型化之爭由電漿顯示器與液晶顯示器角逐，電漿顯示器具有高對比、反應時間快的優勢，而液晶顯示器有高解析度的優勢。在一陣競爭中，2006年1月台灣廠商台塑、華映、友達相繼退出生產，將薄型化顯示器由液晶技術取得寶座。

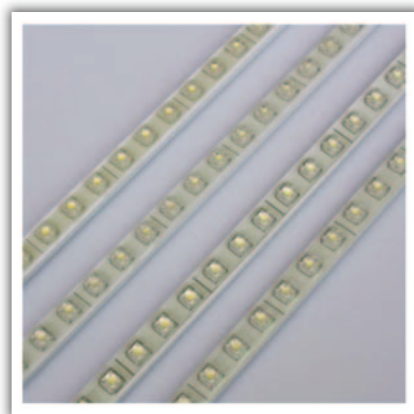
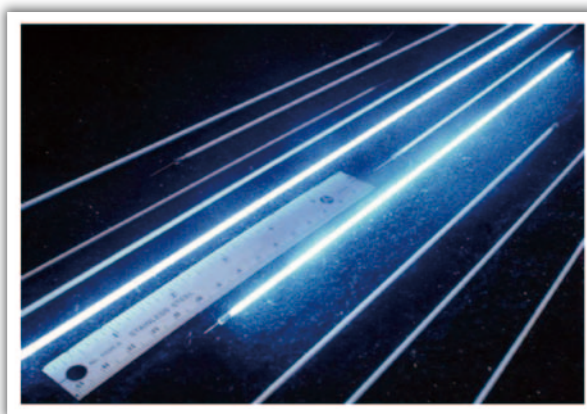


其實，早在1888年時，奧地利植物學家雷尼哲（F. Reinitzer）就已經發現這種液態晶體（liquid crystals，簡稱液晶），具有液態的流動特性與晶體的光學特性的特別材料。直到1968年才由美國無限電公司（RCA）科學家G. H. Heilmeier，做成液晶顯示器（liquid crystal display，LCD）；1974年，美國西屋電氣（Westinghouse）首先提出以陣列式製做薄膜電晶體液晶顯示器（Thin-film-transistor liquid-crystal display，TFT-LCD）。但是在這個時期，美國將此技術僅僅應用在國防技術上，未有效地推廣到民生電氣用品裡。反倒是日本，在1973年日本夏普（Sharp）成功地將液晶顯示器應用在手錶與計算機上，之後，東芝（Toshiba）於1983年展示了非晶矽 TFT-LCD，1990年日本夏普（Sharp）以第一代玻璃基板製做 TFT-LCD，開啟了液晶顯示器的工業應用之路，也開始了輕薄的顯示器的未來。1995年起，韓國與台灣有著半導體技術的優勢，也相繼進入這個產業。

綜觀液晶顯示器產業的發展過程，簡單地可以說是美國發明技術，日本將它工業化並商品化，最後由韓國與台灣接手將其量產並普及化。

## 液晶顯示器的結構與組成

因為液晶本身屬於非自發光材料，它在顯示器裡扮演光電開關的角色，需加上背光源才能顯示資訊。一般顯示器的背光源主要分成兩種，一種是冷陰極管（Cold Cathode Fluorescent Lamp，CCFL），另一種是發光二極體（Light-Emitting Diode，LED）。不管是冷陰極管的線光源或是發光二極體的點光源，經由特殊設計的導光板結構後，改變成平面光源。此時的平面光源為非極化光，不具極化特性。



（圖片來源：<http://news.thomasnet.com/fullstory/Miniature-CCFL-Lamp-backlights-flat-panel-displays-23546>）

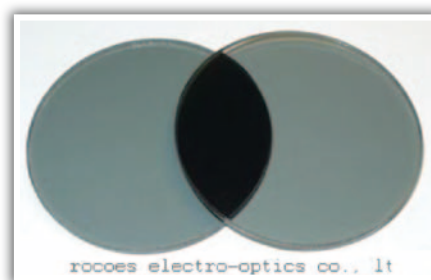
（<http://renatec.en.made-in-china.com/productimage/ioTmkrDwHlcl-2f0j00iBRTkrWwhVcl/China-Superflux-LED-Light-Bar.html>）

在液晶顯示器中使用偏光片（Polarizer，光學元件中稱為偏振片）來形成的光的偏振態，使不具極化特性的光源產生光的極化現象，再讓具有極化的光進入液晶。偏振片是一種選擇光線偏振態的元件，簡單地說，我們可以將光線的傳播想像成繩波的傳遞，可分成兩個互相垂直的方向振動，而偏光



片就可看成是一條條的柵欄，波在傳遞的過程中會擋住與柵欄在垂直方向上振動的繩波，使其無法通過，並且僅讓振動方向與柵欄平行的繩波通過。使用偏光片來決定通過的光的偏振態可形成特定方向極化的光進入液晶中。

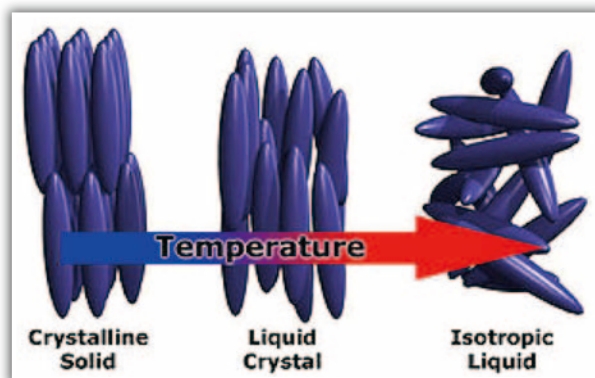
(圖片來源：<http://rocoes.com.tw/2008c/optical/polarizer.htm>)



## 為什麼要選擇極化光進入液晶中呢？

就因為液晶的特殊性質，在適當的配向排列後，以電壓操作液晶，可以讓液晶依序排列，並改變光學的相位延遲特性。不同的電壓操作，可以得到不同的相位延遲值，此時在此液晶的上下側加上偏光膜，就可自由選擇讓光透過量的多或少囉。

(圖片來源：[http://photonicswiki.org/index.php?title=Liquid\\_Crystals](http://photonicswiki.org/index.php?title=Liquid_Crystals))



## 灰階 ( Gray Level ) 的形成

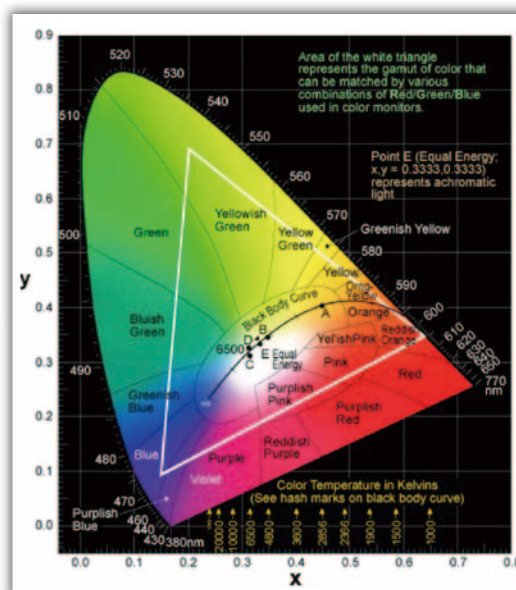
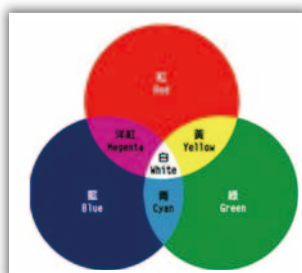


液晶顯示器為什麼可以呈現不同的灰階？剛剛提到的，在電壓驅動下，可以讓液晶層形成不同的相位延遲值，使得光源透過偏光片，經過液晶層，再經過偏光片後，可以得到不同的亮度。至於到底能有幾種亮度差異，決定在顯示器的驅動 IC 能力上。以 8bit IC 為例，可以將黑到白分成  $2^8$  種，也就是由黑到白有 256 種不同的亮度，如此就能呈現黑白的畫面，當 bit 數愈多時，就能呈現愈多的灰階，顯示畫面也就愈連續，如此，畫面看來就愈接近真實的感覺。

## 光的三原色

透過在液晶上的驅動電壓，可以讓液晶顯示器得到不同的灰階。那又該如何產生全彩的顯示器呢？

還記得光的三原色吧！紅、綠、藍，這三個顏色是光的三原色，實際上光的混成並非幾種顏色這麼簡單，科學家們研究後制定出顏色的座標，國際照明委員會在 1931 年公布的色度坐標圖，使得顏色可用座標值  $(x,y)$  來表示。馬蹄型圖中彩色區域表示人眼可見的顏色，在其內的每一座標點代表著不同的顏色。馬蹄型圖中最角落的三種顏色為紅綠藍，在顯示器裡以這三種顏色可混成其它顏色顯示呈現。

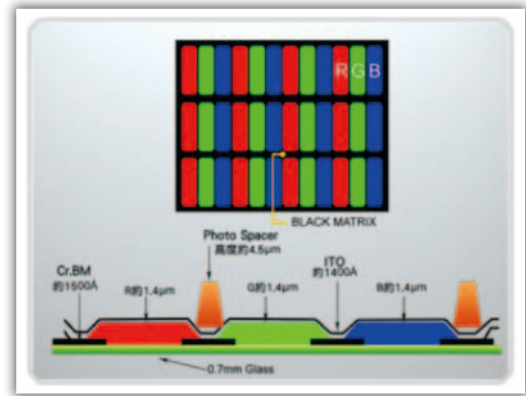


(圖片來源：<http://www.everredtronics.com/C.I.E.Diagram.html>)

## 全彩顯示器的形成

在液晶顯示器中，以彩色濾光片產生紅綠藍光的三原色。所謂的彩色濾光片，是在透明玻璃上塗覆有顏色的透明薄膜，當白光光源通過時即產生濾光的效果，不同顏色的濾光片則產生不同的色光，例如當光通過紅色濾光片後，只剩下紅色波長的光通過，只能看到紅色，再搭配不同灰階的呈現，可以得到深紅到亮紅色。紅綠藍畫素各自呈現紅色、綠色與藍色的彩色灰階，藉以得到全彩顯示器的呈現。

(圖片來源：[http://tlc.istep.org.tw/ntu/96\\_Content/nano/A/sec7/n\\_e\\_s7\\_ch3\\_5.html](http://tlc.istep.org.tw/ntu/96_Content/nano/A/sec7/n_e_s7_ch3_5.html))



## 顯示器可以呈現的顏色的計算



至於如何顯示器可以呈現出多少種的顏色呢？事實上是決定在驅動 IC 的能力上。以 8-bit 驅動 IC 為例，可以讓液晶呈現  $2^8$  種灰階，因此紅綠藍各可以呈現 256 種不同深淺的灰階，三種顏色組合後可以得到 16.7 百萬色的顯示能力。

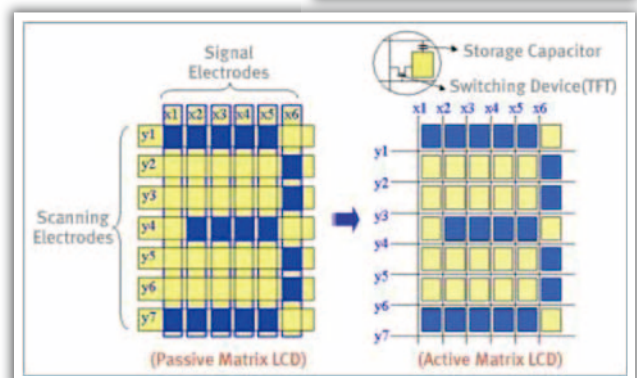
顯示器中能表現的顏色顯示愈多，才能將愈真實的顯像呈現。

$$\text{Number of Color} = 2^n(R) \times 2^n(G) \times 2^n(B) = 2^{3n}$$

## 液晶顯示器驅動方法

驅動分成兩種，早期電子錶或是計算機這類簡易的顯示器均以被動式驅動，隨之取代的是主動式驅動 TFT-LCD，可以顯示高解析度的面板。所謂被動驅動方式是指操作液晶的電極，其上下電極板均為條狀電極，在顯示畫素無開關控制。而主動驅動方式是將每個顯示畫素裡都設計一個控制開關，畫素資訊一旦被寫入後，會等到下一個畫面更新時才會被寫入新的資訊，現今多以薄膜電晶體液晶顯示器 (TFT-LCD) 做為此控制開關。

(圖片來源：[http://www.plasma.com/classroom/what\\_is\\_tft\\_lcd.htm](http://www.plasma.com/classroom/what_is_tft_lcd.htm))



## 人性化的介面 — 觸控面板



液晶顯示器的出現，讓顯示器變的更輕薄，不斷地在技術上提升，讓顯示器色彩變得更鮮豔，畫質變得更精緻，畫面變得更大，這些改變都僅在顯示器上。

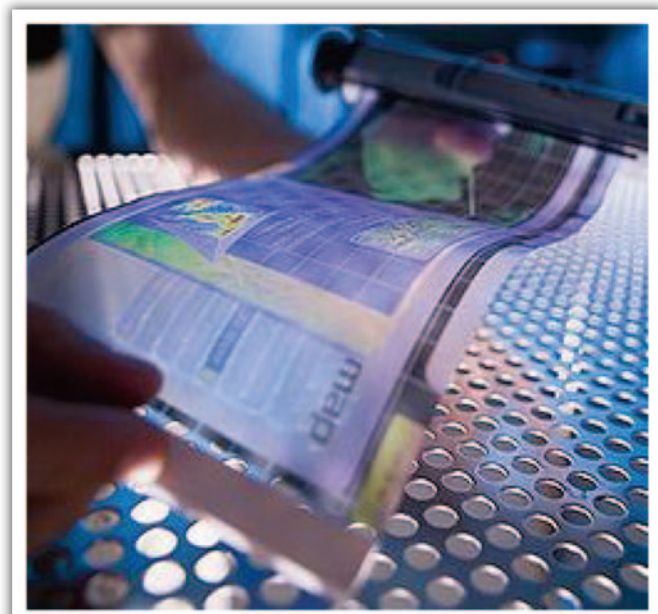
直到 2007 年 i-phone 上市，改變了人們操作手機的模式，不再以按鍵方式，而改以觸控面板輸入，才短短幾年的時間，觸控已緊密地和顯示器連結，例如智慧型手機、相機、數位相框、筆記型電腦...等，讓我們的消費性電子產業再往前一大步。

i-phone 此類智慧型手機的觸控面板主要使用的投射式電容，在玻璃上成長格狀的感應電極，再貼合到顯示器上。使用方式為人體手指在接觸面板時，改變感應電極的電場分佈，由控制 IC 轉換成電流訊號後計算接觸點的位置。

為了得到更輕薄的觸控顯示器，內嵌式觸控面板（In-Cell Touch Panel）應運而生，將觸控感應元件與顯示器結合，也就是在製做顯示元件時，一併將觸控感應元件製做完成。這種新型觸控面板的優點是不須要再做多一次的貼合製程，少一層光學介面，讓穿透度可以更好，整體的厚度也可以更薄。

## 未來的顯示器

液晶顯示器確實改變了我們的生活習慣，輕薄的顯示再加上觸控功能，讓生活變的更便利。科技日新月異，下一代顯示技術會是什麼？如同愛因斯坦的話「想像力比知識重要」，想像未來的顯示器的會是如何？是輕薄如紙？是透明？是可收在筆裡面？你可以看著這個顯示技術的改變，也可以加入，讓這個顯示技術改變。



(圖片來源：[http://en.wikipedia.org/wiki/Flexible\\_display](http://en.wikipedia.org/wiki/Flexible_display))