



逢甲大學學生報告 ePaper

報告題名：近代光電科技的產物—液晶顯示器

作者：莊堃煜

系級：電機二甲

學號：D9776488

開課老師：田春林

課程名稱：近代物理

開課系所：電機系

開課學年：98 學年度 第一 學期



中文摘要

愛因斯坦的光電效應理論為現代科學植基，日常生活中的科技產品很多都是光電科技的應用，本文針對近代光電技術的科技產物－液晶顯示器做探討。

本文將討論何謂液晶、液晶的種類以及其效應，有了初步的了解之後，便進入到這篇報告的主題－液晶顯示器，首先介紹早期的顯示器－陰極射線管(CRT)，簡單的概述陰極射線管的原理及構造，再簡述液晶顯示器的發展史。本文分別對幾種重要的液晶做分類介紹，有TN、STN、TFT液晶顯示器等，以及液晶顯示器的製造過程。此外，也說明電漿顯示器的構造和原理，並且和液晶顯示器比較，分析兩者的優缺點。最後，以液晶顯示器的影響與未來展望做總結。

關鍵字：光電效應、液晶、顯示器、電漿

目錄

中文摘要	1
一、諸論	4
1.1 動機	4
1.2 內容	4
1.3 研究主題	4
二、液晶原理	6
2.1 何謂液晶	6
2.1.1 液晶之各種分類	6
2.1.2 液晶分子之排列及配向方式.....	11
2.2 液晶的特性	13
2.3 液晶光電效應	16
三、液晶顯示器	19
3.1 陰極射線管	19
3.2 液晶顯示器濫觴	20
3.3 液晶顯示器的種類	22
3.3.1 液晶顯示器之分類	24
3.3.2 TN 液晶顯示器	26
3.3.3 STN 液晶顯示器	27

3.3.4 TFT 液晶顯示器	28
3.4 液晶顯示器的製造	29
3.4.1 流體液晶顯示器的製造.....	30
3.4.2 固態薄膜液晶顯示器的製造.....	32
四、電漿顯示器(PDP)	35
4.1 電漿顯示器的面板構造	35
4.2 電漿顯示器成像原理	37
4.3 液晶顯示器與電漿顯示器之比較.....	40
五、液晶顯示器的影響與展望	43
5.1 液晶顯示器的生產規模	43
5.2 回收與再生化	44
5.3 未來展望	45
參考文獻	49

一、諸論

1.1 動機

在現今日新月異的科技下，人們的生活是日益便捷。電腦是現今人們工作和生活不可或缺的儀器，然而電腦都會有一台螢幕將主機裡的資料顯示出來，這使得身為科技知識份子的我對這會發光的儀器產生研究的興趣。從先前體積龐大、重量頗重的映像管顯示器到現今主流的液晶顯示器，之間經過了多少人的努力研究、改良、創新、變革，才有我們今天所使用的液晶顯示器。

1.2 內容

經過蒐集找出有關近代光電工程的資料，從中加以整理出液晶顯示器的資料。從各個層面來探討液晶顯示器，從液晶顯示器的歷史發展到目前現況，也論述液晶顯示器的未來展望，這些便是本文的研究目的。

1.3 研究主題

這篇報告中，如題是探討有關液晶顯示器相關的原理以及應用，原理的部分從近代光電技術層面切入，再進一步的液晶顯示動作原理、液晶顯示器的製造、特徵等，逐一探討。次之，是針對各種生活中常見的電子元件上的液晶顯示器加以探討其用途以及優劣，如薄膜

近代光電科技的產物－液晶顯示器

電晶體液晶顯示器、等。最後就液晶顯示器的未來展望進行分析，是否能做得更加完善、改善環境汙染等問題。



二、液晶原理

2.1 何謂液晶

液晶 (Liquid Crystal, 簡稱 LC) 是相態的一種[1], 因為具有特殊的理化與光電特性, 20 世紀中葉開始被廣泛應用在輕薄型的顯示技術上。

人們熟悉的物質狀態 (又稱相) 為氣、液、固, 較為生疏的是電漿和液晶。液晶相要具有特殊形狀分子組合始會產生, 它們可以流動, 又擁有結晶的光學性質。液晶的定義, 現在以放寬而囊括了在某一溫度範圍可以是現液晶相, 在較低溫度為正常結晶之物質。而液晶的組成物質是一種有機化合物, 也就是以碳為中心所構成的化合物。同時具有兩種物質的液晶, 是以分子間力量組合的, 它們的特殊光學性質, 又對電磁場敏感, 極有實用價值。

2.1.1 液晶之各種分類

液晶可依不同的分子配列方式來作分類, 而主要分為三種型是: 向列型(Nematic)、層列型(Smectic)、及膽固醇型(Cholesteric), 另外還有諸如圓盤狀或重複型。也可依生成之方法不同, 而分為熱向型液晶(Thermotropic liquid crystal)與液向型液晶(Lyotropic liquid crystal)。綜合以上所述, 表 2-1 可以加以分類證明。

表 2-1 液晶依分子排列、相之生成方式、與分子多寡做分類

<p>液晶依分子配列分類</p>	<p>(1) 層列型(Smectic)液晶</p> <p>(2) 向列型(Nematic) 液晶</p> <p>(3) 膽固醇型(Cholesteric) 液晶</p> <p>(4) 圓盤狀(Discotic) 液晶</p> <p>(5) 重複型(Reentrant) 液晶</p>
<p>液晶相之生成方式分類</p>	<p>(1) 熱向型液晶 (Thermotropic liquid crystal):因溫度的改變而產生相變</p> <p>(6) 液向型液晶(Lyotropic liquid crystal):因溶於溶劑中比例濃度的改變而產生相變。</p>
<p>液晶分子分類</p>	<p>(1) 低分子液晶</p> <p>(2) 高分子液晶</p>

而在液晶之分子列方式上，市面上以向列型液晶、層列型或稱距列型液晶與膽固醇液晶，此三種液晶為最大宗。

(一)向列型液晶

向列型液晶為最接近等方向性液體之中間相，如圖 2-1 所示，其棒狀液晶分子大致以長軸方向平行，因此具有一度空間規則性排列。分子間並無任何位置上的關係，每個分子可以繞特定長軸而自由旋轉。由此特性，此類液晶是最早被應用於商業上的液晶，一般使用於液晶電視、筆記型電腦以及各類簡易型顯示元件。

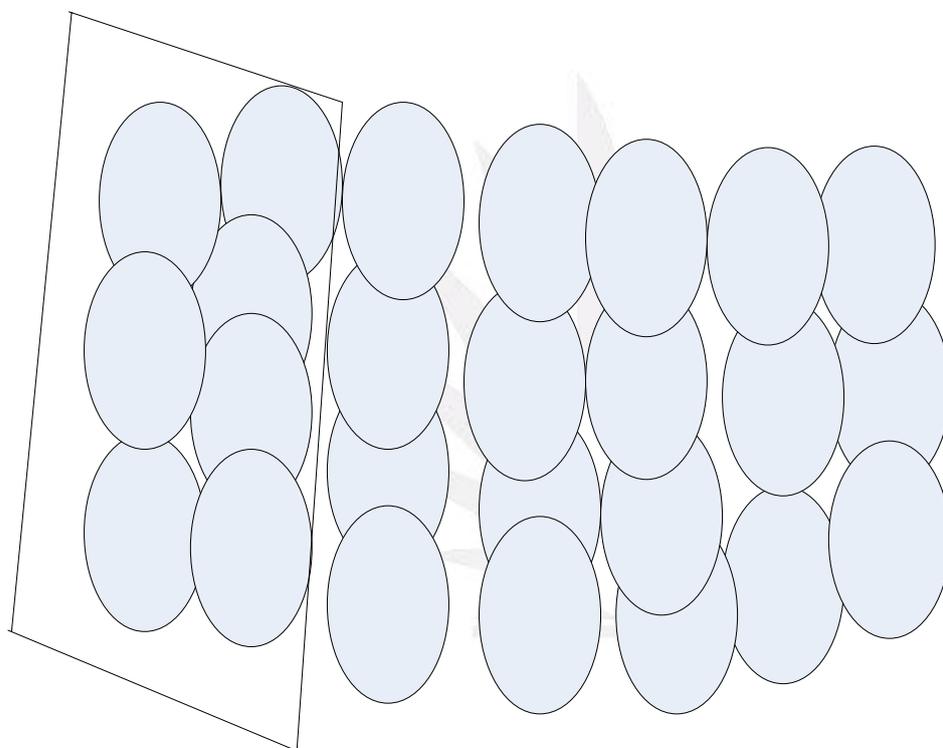


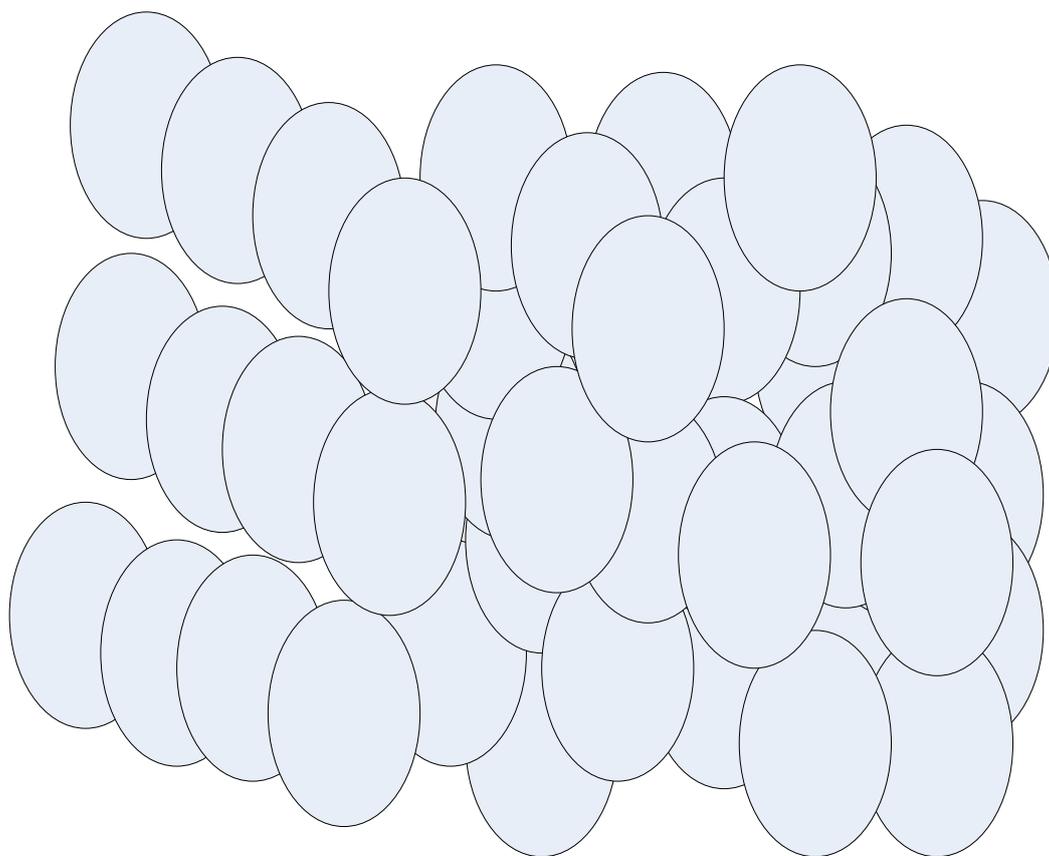
圖 2-1 向列型(Nematic)液晶向示意圖

(二)層列型或距列型液晶

層列型液晶如圖 2-2，為棒狀的分子層狀構造。距有二度空見的層狀規則排列，各種分子與此層面呈垂直或具有一傾斜角度。且構成之液晶分子是相互平行排列，此類液晶因各層分子排列程度不同，又可區

分為 A~L 等 12 種以上不同的層狀型液晶，分別以發現之先後命名，例如 SA，SB 等。

此分子層間的分子，相互間的結合力較弱，所以易於滑動，因此層列型液晶具有二次元的流體性質。此類型液晶，較少應用於顯示器上，較多用於光記憶材料的發展。



2-2 距列型或層列型(Smectic)液晶相示意圖

(三)膽固醇型液晶

膽固醇型液晶如圖 2-3 中所示，具有如同層列型液晶般的層狀構造[2]。但於層內的分子排列與向列型液晶相類似，分子長軸於層內成平行排列。其特徵為，各層分子軸方向與連接層分子軸方向有些微

小偏向，長軸方向漸次相差一角度，且面與面之間互相平行，所以分子排列形成螺旋平面狀的結構，而分子在各個平面上為向列型，但是各個面上的分子長軸方向不同，當分子軸方向轉 360° 時之分子層厚度，稱為螺距(pitch)。此螺距的長度會因溫度、壓力、電場和磁場之變化而變化，因此會產生不同波長的選擇性反射，產生不同的顏色變化，故常應用於溫度感測器。

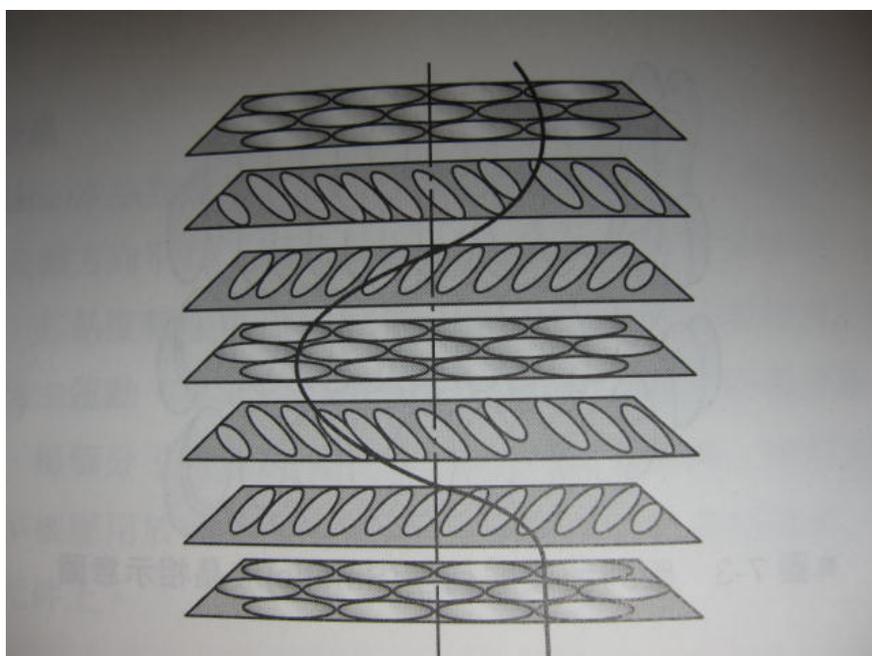


圖 2-3 膽固醇或螺旋向列型(Cholesteric)液晶相示意圖

另外，關於液晶之特性-複折射光學紋理，將可用表 2-2 表示各種液晶所具有的複折性光學紋理組織。

表 2-2 各種液晶之特性-複(雙)折射光學紋理比較表

液晶之種類	複折射光學紋理
向列型 (Nematic) 液 晶	纖維狀(treaded)組織、小球狀(droplets)組織、schlieren 組織、marbled 組織。
膽固醇型 (Cholesteric) 液晶	平面(planer)組織、扇狀(fan-shape)組織、指紋狀(finger-printed)組織、血小板(platelet)組織、藍向(blue phase)組織。
層列型 (Smectic) 液晶	A 短棒狀(batonets)組織、單純扇狀(simple fan-shaped)組織、單純多角型(simple polygonal)組織，。
	C 筋條扇狀(striated fan-shaped)組織、破扇狀(broken fan-shaped)組織、
	F 筋條扇狀(striated fan-shaped)組織、paramophotic 組織、schlieren 組織。
	B Mosaic 組織、扇狀(fan-shaped)組織。
	E Mosaic 組織、筋條扇狀(striated fan-shaped)組織、dendritic 組織。
	G Mosaic 組織、paramophotic 組織、星狀(star-shpaed)組織。
	D Mosaic 組織。

2.1.2 液晶分子之排列及配向方式

液晶顯示裝置，需均一且安定的液晶分子排列，接著利用電場、磁場或加熱方式，使液晶分子排列狀態改變。因此，液晶分子的配向效果，對顯示畫質具有決定性的影響。分子台列之方式，依顯示種類

型而有所不同，大致可區分為 7 種方式[3]，如圖 2-4。以下是這 7 種液晶分子的排列方式

(一)垂直(Homotropic)分子排列:全部的液晶分子軸，垂直於兩基板面做排列。

(二)平行或均質(Homogeneous)分子排列:全部的液晶分子軸平行於兩基板面做排列，且於同一方位坐排列

(三)傾斜(Tilted)分子排列:全部的液晶分子軸，以一傾斜角度對兩基板面做排列，且方位相同。

(四)混成(Hybrid)分子排列:液晶分子軸對一基板面為垂直，對另一基板面平行，且液晶分子於兩基板間為連續性的 90° 彎曲排列。

(五)扭轉(Twisted)分子排列:全部的液晶分子軸對兩基板面為平行排列，但上下基板面處的液晶分子軸則互成 90° 角，且液晶分子於兩基板間為連續性的 90° 扭轉。

(六)平面螺旋型(Planner)分子排列:液晶的螺旋軸對兩基板面做垂直排列。亦稱 Grandjean 配列。

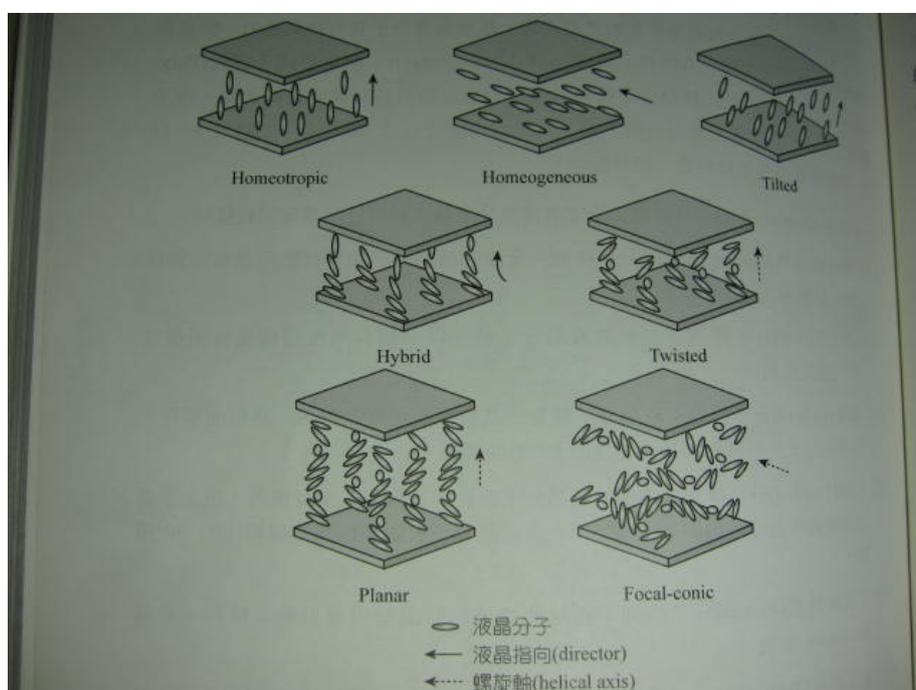
(七)垂直螺旋型(Focal Conic)分子排列:液晶的螺旋軸對兩基板面做平行排列，但螺旋軸方位並非一定的液晶分子排列。

上述 7 種液晶分子之排列，可藉由以佈配向膜兩基板面，以 3 種不同的分子定向處理方式組合得到。

(一)垂直定向處理法:使液晶分子長軸方向垂直於基板表面的定向處理。

(二)平行定向處理:使液晶分子長軸方向平行於基板表面的定向處理。

(三)傾斜定向處理法:使液晶分子長軸方向，對於基板表面以一定角度傾斜定向處理。



如圖 2-4 液晶分子配列種類示意圖

2.2 液晶的特性

液晶科學涵蓋範圍很廣。一般電子產品中所用的液晶顯示器，是利用液晶的電光效應，來獲得可是的光學對比。但要了解電光效應，我們只需考慮液晶的黏性(viscosity)、彈性(elasticity)和其極化性(polarizability)。

1. 液晶的黏性和彈性，從流體力學的觀點來看，一個具有排列性質的液體，依照作用力量不同的方向，應該有不同的機械效果。見圖 2-5 表示這是黏性最低的流動方式，也是流動自由能最低的一個物理模型。

在高頻率或高速度的機械力量作用下，液態晶體和一般液體一樣，除了有黏性的反應外，含有彈性的反應。機械力量是一種向量，而液晶結構也是一個有方向性的分子排列，所以，液晶對外加的力量反應，無論是黏性反應，或是彈性反應，都呈現方向性的效果，事一個個相異性(anisotropy)的現象。

液晶的黏性與彈性，都是液晶光電效應的基礎因素。向列型液晶的黏性和彈性可以由三種不同的分子軸方向對一個固定的外加機械力量的作用來了解[4]，見圖 2-6 所示，圖中的力量是超音波，(ultrasonic transverse wave)，其振動方向平行於盛載液晶的表面。超音波首先使盛載液晶的表面在 Y 軸的方向左右振動，也帶動了接近表面的液晶分子跟著運動。排列型是 A 的液晶分子，其黏性應該是三種最低的，其次是排列 B，黏性最高的排列是 C。

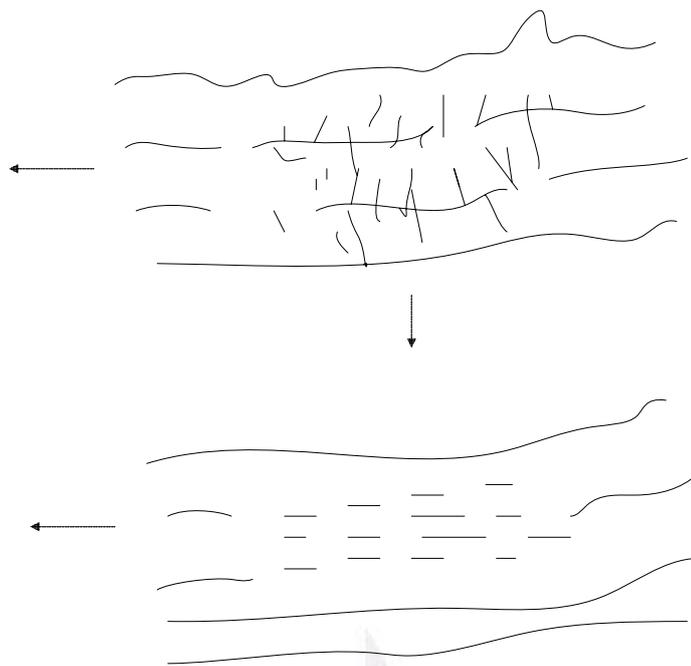


圖 2-5 自由能最低的流動方式

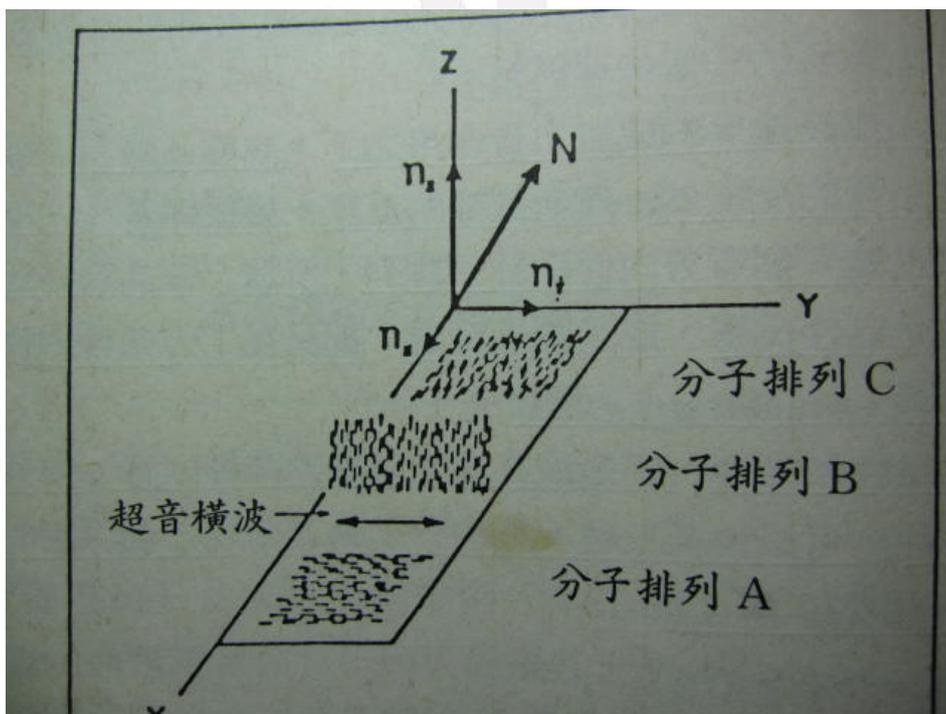


圖 2-6 向列型液晶與超音波橫向作用的三個物理模型(表面上箭頭為音波震動方向)

2. 液晶的極化性，液晶分子中的電子結構，都有很強的電子共軛

運動能力，見圖 2-7 所示。在圖中，無論是聯苯(biphenyl)、脂(ester)或鹽基(Schiff's base)各類的液晶分子，在分子的電子結構上，都是 σ 鍵(σ -bond)和 π 鍵(π -bond)互相兼間，使分子中的電子有高效率和長距離的移動能力。所以，當液晶分子受到外加電場的作用，便很容易的被極化(polarized)而產生了感應偶極性(induced dipolar)現象，這也是液晶分子之間互相作用力量(molecular cohesion)的來源。

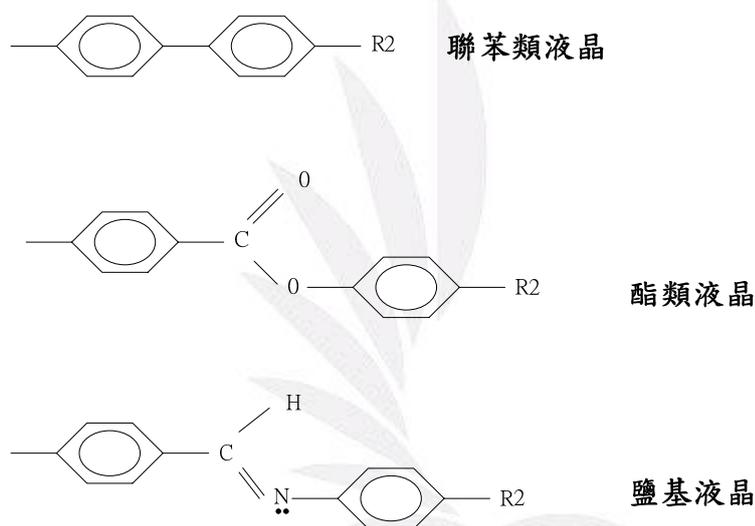


圖 2-7 液晶的分子結構

2.3 液晶光電效應

液晶是具有流動特性的物質，所以只需外加很微小的力量即可使液晶分子運動，以最常見普遍的向列型液晶為例，液晶分子可輕易的藉著電場作用使得液晶分子轉向，由於液晶的光軸與其分子軸相當一致，故可藉此產生光學效果，而當加於液晶的電場移除消失時，液晶

將藉著其本身的彈性及黏性，液晶分子將十分迅速的回復原來未加電場前的狀態，見圖 2-8。

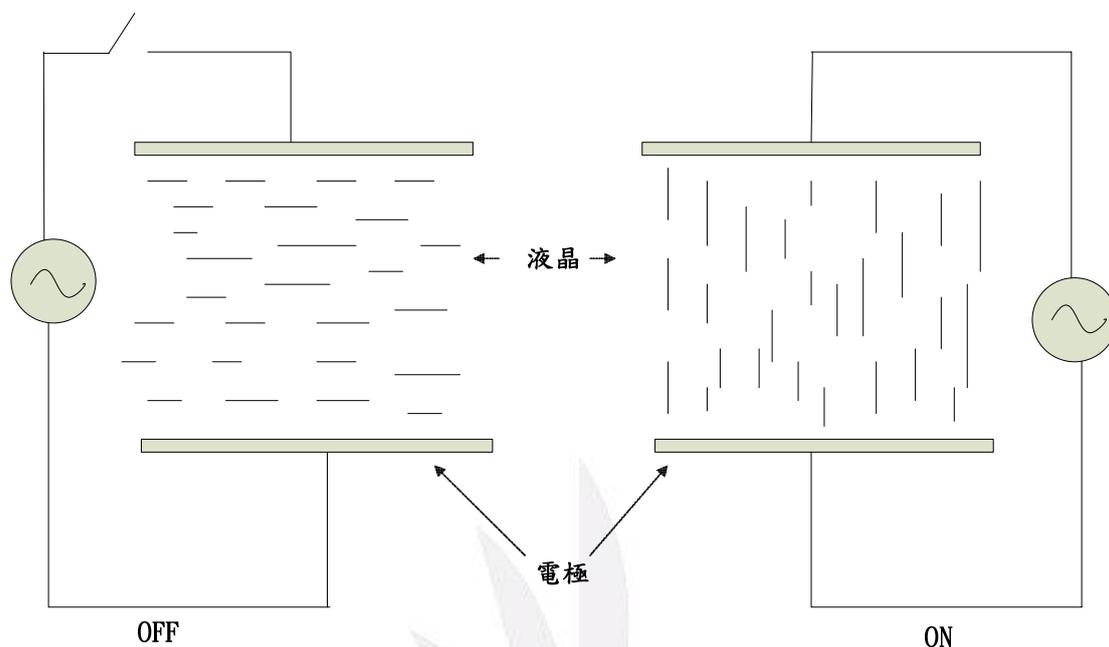
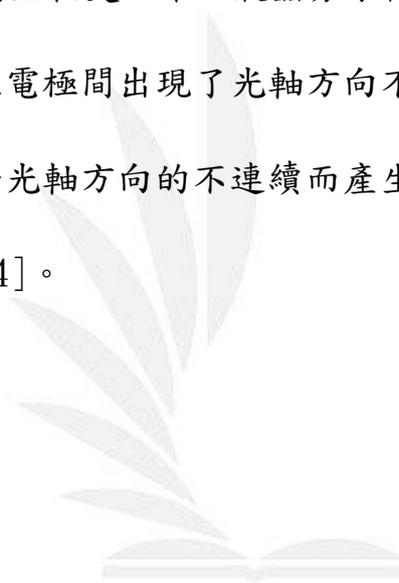


圖 2-8 向列型液晶的電場效應

一般在電場中，當液晶分子的 $\Delta \epsilon$ (液晶異向介電差)為正時，分子軸與電場同向；當液晶分子的 $\Delta \epsilon$ 為負時，則分子軸與電場方向垂直。如果把電場移去，藉著電場表面的力量，和液晶的黏性與彈性特性，液晶分子迅速的回復原來未經電場作用的排列。在沒有外加力量影響的情況下，液晶狀態的物質對入射光有散射現象。液晶物質的光學界面是光學性質不連續的分界，對入射光有著強烈的折射和反射作用，產生了液晶的散射現象。液晶的散射，可以用外加力量如電流加以控制，以增減對入射光散射的強度，其實，也就是控制液晶分子的排列，以增減其晶性小團體間的光學界面。異於液晶的電場效應，如

果我們把直流電通進 $\Delta \varepsilon$ 為負的液晶中，液晶分子從負電極得到了電子而成為帶電荷的離子；液晶分子在流動時，以分子軸的方向與流動方向一致時流動自由能為最低，因此，流動的液晶其分子軸有垂直於電極板的趨向。另一方面， $\Delta \varepsilon$ 為負的液晶分子的電場感應偶極矩與分子軸呈垂直，因此，電場力量有使液晶分子軸與電極板平行的作用。這樣形成了流體力學與電場效應對液晶分子流動時方向要求的互相衝突。在這兩個力量互相支配下，液晶分子從負電及流至正電極，採取了轉動的方式，在電極間出現了光軸方向不同的小區域。小區域與小區域間，由於分子光軸方向的不連續而產生光學界面，引起了對光線強烈的散射現象[4]。



三、液晶顯示器

3.1 陰極射線管

在平面顯示器之前，最原始的顯示器是陰極射線管。這是 1897 年德國科學家發明的，其顯示原理為陰極中的電子受到高壓加速時，迫使電子在真空中游離，當發出來的電子束打到一層鍍上磷光材質的映像管上時，電子束經過磁場時，使得移動路徑產生偏折而打在映像管的不同位置上，而銀幕塗佈一層螢光質材質，發別以三束電子槍撞擊而產生 RGB 三原色。

隨著使用螢光物質的不同，與射向它的電子束強度不同，就可以產生不同的顏色和亮度，如圖 3-1。由於偏轉線圈不容易使電子束做大幅度的偏轉，所以當螢幕越做越大時，電子束就需要更長的移動路徑，因此 CRT 顯示器體積龐大且螢幕呈弧形。

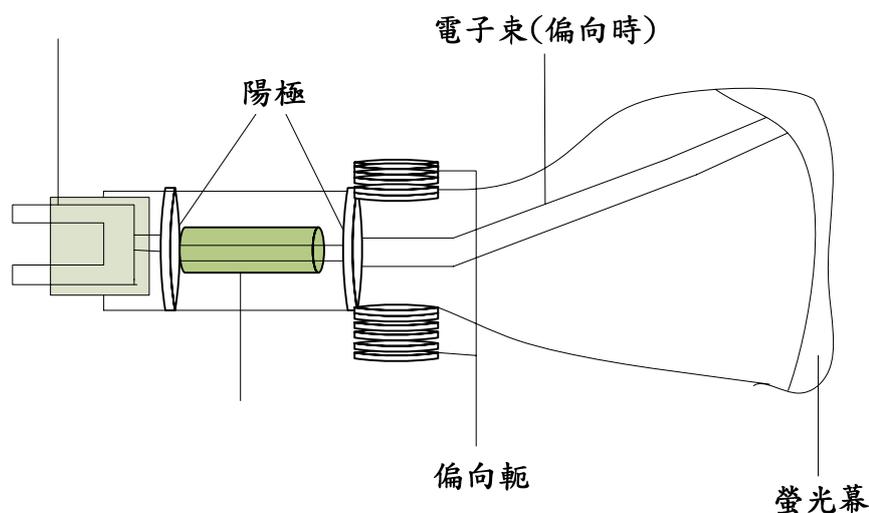


圖 3-1 陰極射線管顯像原理

3.2 液晶顯示器濫觴

環視身邊所有的產品總有幾件是附有液晶面板的產品，大的方面使用文字處理器和 PC 類之液晶平面顯示器，小的則有手表和計算機類之液晶平面顯示器。家中所見的產品若無液晶平面顯示器則無法過著快活舒適的生活，因此液晶平面顯示器已成為我們生活中的一部份。

此一新穎的液晶發現和研究之歷史是意外且古老的，在 1888 年，一位奧地利的植物學家 F. Renitzer 便發現了液晶特殊的物理特性。德國的物理學家 O. Lehmann 博士發現某種奇特之液體，其不僅具有液體性質且有異方向性結晶之復折射性，此一具有流動性之液晶考慮為一種結晶物，其命名為 Fließende Krystalle。Cholesteric 化合物的研究本體以前即已進行，液晶的發現意味著兩人的功績不小。不久之後，世界各國關注而全力地進行與液晶材料有關的光電學效果之基礎研究。

1964 年秋，美國普林斯頓的 RCA 研究所發現藉由電廠的施加而可使透過率產生變化之液晶，H. Heilmeyer 和 R. Williams 發現此一現象並試作 10 伏特以下之抄做電壓和幾瓦特以下之電力動作的液晶胞，他們將此動作狀態命名為動態散射模式(Dynamic Scattering Mode)但是使此液晶胞動作則需在 100°C。爾後，RCA 以企業機密技術之理由而停止任何對外發表活動，往後 3 年間，RCA 極力地開發可於

室溫動作之液晶材料並用於試作各種液晶平面顯示器。數字/文字顯示器電力作用而控制透明度變化之窗玻璃，靜態顯像顯示器，液晶手表。以及液晶操作息顯示器等商品化製作。美國 RCA 公司又於 1968 年六月再度召開記者會發表此一新型的液晶平面顯示器。

RCA 在 1971 年世界最初液晶應用之數位電子錶開發成功，但是性能不佳且知名度不高，事實上，液晶知名度提升是所謂電算機所造成的。在此電算機受惠於積體電路(Integrated Circuit, IC)技術而進展是小型省電化，裝置則使用螢光表示管(FED)和發光二極體(LED)，困難點在於消耗電力大且厚而重。

1969 年日本 NHK 以 RCA 之液晶技術為題材而將 Heilmeyer 博士是做之數字表示液晶平面顯示器透過電視向日本大眾介紹此一新產品。此一 3 公分對角的顯示器在室溫下以電池運作而顯示數字[3]。

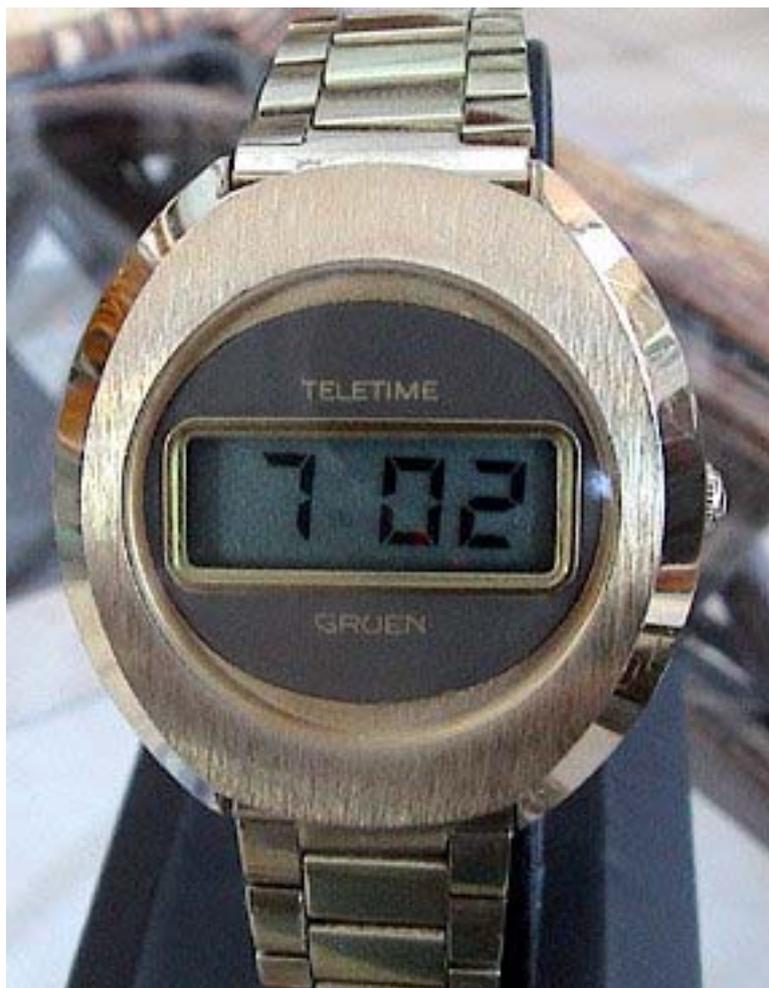


圖 3-2 第一支使用液晶顯示器的手錶為 1972 年的 Gruen Teletime

3.3 液晶顯示器的種類

液晶顯示器是屬於平面顯示器的一種，其以液晶做為基本元件，由於液晶是介於固態與液態之間，具有固態的晶體光學特性和液態的流動特性。而液晶顯示器顯像原理是將液晶灌入兩片抽成真空的玻璃間，加上電壓，並且適當的控制玻璃板之間的距離，便能改變入射光的特性，來達到顯示的效果。而液晶面板簡單的內部構造[3]包含有背光源(Back-Light)、偏光板(Polarizer)、透光導電層(Transparent

Electrodes)、配向膜(Alignment)、液晶(Liquid Crystal)、彩色濾光片(Color Filter)及間隔物(spacer)等零組件。見圖 3-3 及表 3-1。

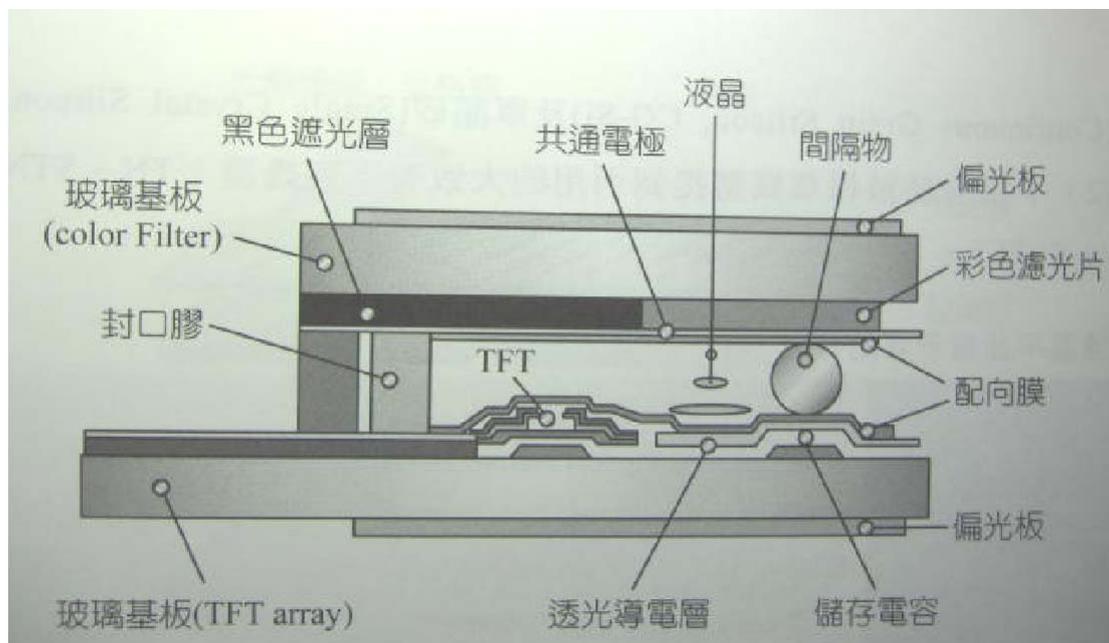


圖 3-3 液晶顯示器的內部結構[2]

表 3-1 各零組件的功能

元件	功用
背光源	由於液晶本身不會發光，所以提供液晶本身一個外加光源。
偏光板	使進入或射出液晶面板的光有特定的行進方向
透光導電層	用來連接液晶和開關元件，以提供液晶旋轉時所需電壓。
配向膜	使液晶材料能有效地對準排列。
液晶	用來改變光的極化方向
彩色濾光片	利用 R、G、B 三原色組成各種顏色，來達到全彩色顯示。
間隔物	用來控制液晶層的厚度。

3.3.1 液晶顯示器之分類

液晶顯示器是藉著液晶材料，在電場作用下從新排列，所設計出來的顯示器。依液晶分子結構區分。根據前文所述，可分為向列型(Nematic)、層列型(Smectic)、及膽固醇型(Cholesteric) ”圓盤狀(Discotic)以及重複型(Re-entrant)液晶等之顯示器，後兩者本文未多作說明。透過電光效應區分。可分為電流效應型及電場效應型之顯示器；而以驅動模式來分類，則可以分為主動矩陣式(Active matrix)及單純矩陣式(Simple matrix)顯示器[5]，分別如圖 3-4、3-5、3-6 所示。

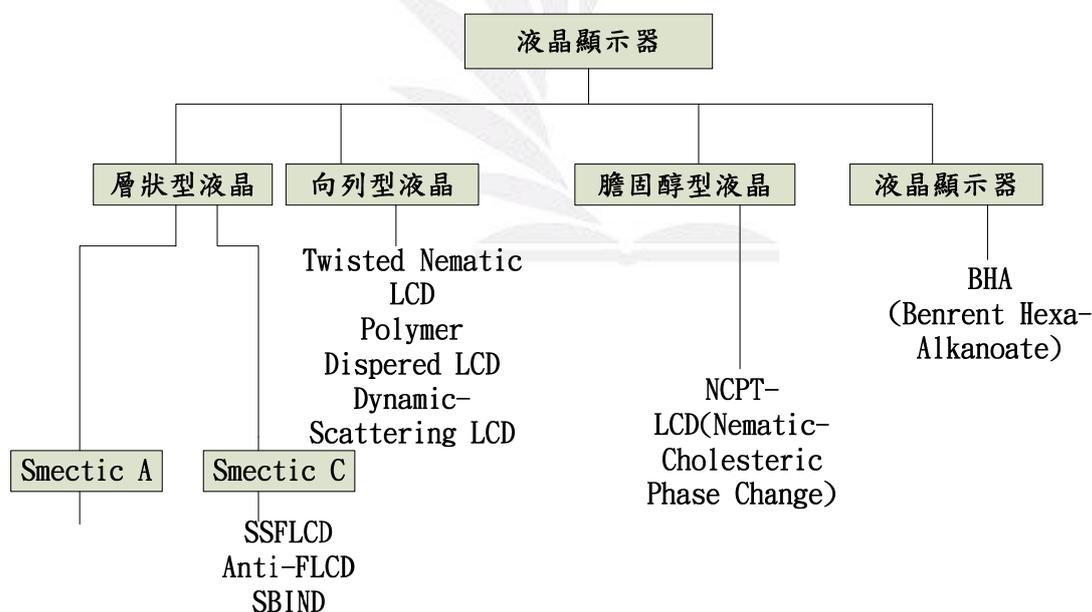


圖 3-4 液晶顯示器之分類「依液晶分子結構區分」

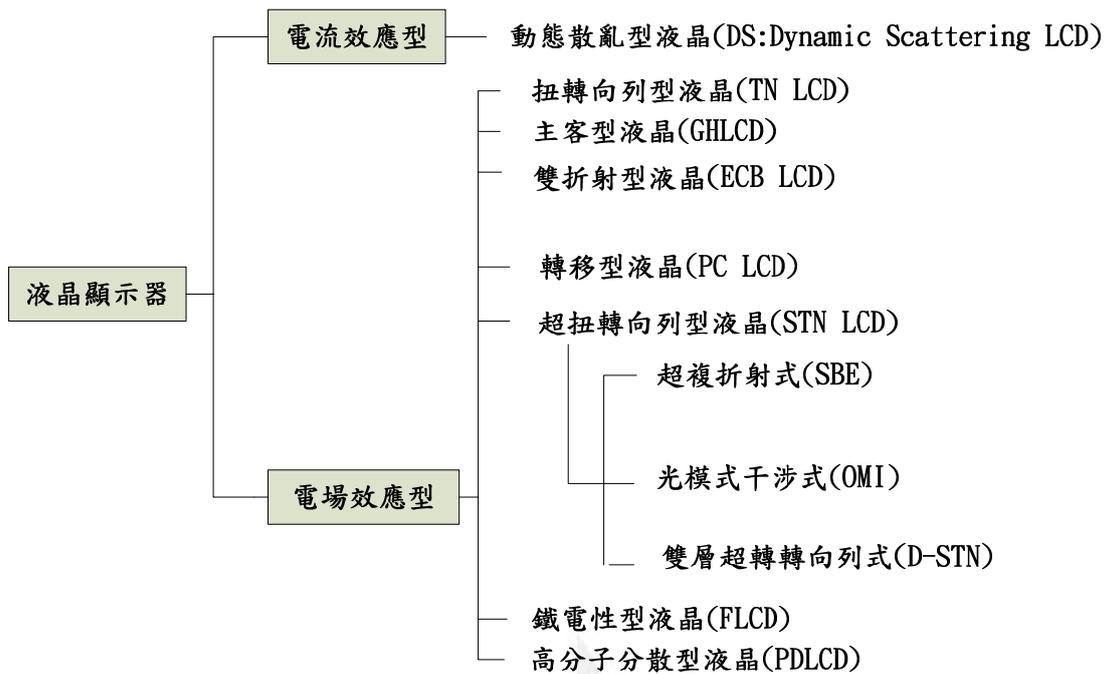


圖 3-5 液晶顯示器之分類「依電光效應區分」

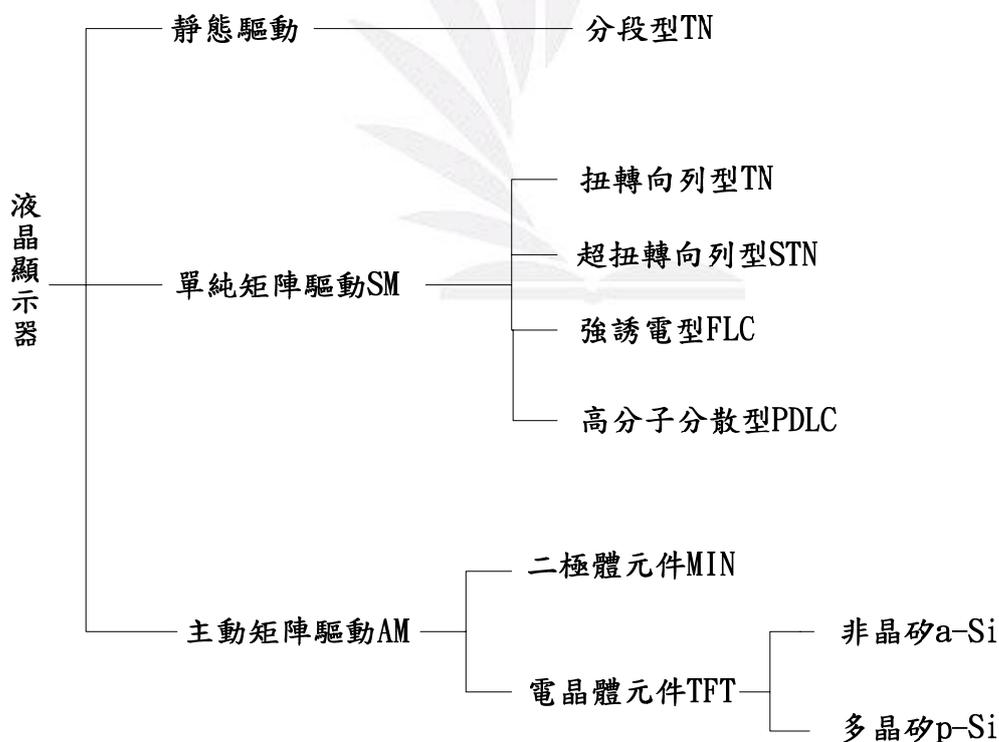


圖 3-6 液晶顯示器之分類「依驅動模式區分」

以下以驅動模式區分，分別探討 TN(Twisted Nematic)、STN(Super Twisted Nematic)及 TFT(Thin Film Transistor)型之液晶顯示器其工作原則。

3.3.2 TN 液晶顯示器

TN 型液晶顯示器的基本構造為上下兩片導電玻璃基板，其間注入向列型(Nematic)的液晶，上下基板外側各加上一片偏光板，另外並在導電膜上塗佈一層摩擦過形成極細溝紋的配向膜，由於液晶分子擁有液體的流動特性，很容易順著溝紋方向排列，當液晶填入上下基板溝紋方向，以 90 度垂直配置的內部，接近基板溝紋的束縛力較大，液晶分子會沿著上下基板溝紋方向排列，中間部份的液晶分子束縛力較小，會形成扭轉排列，因為使用的液晶是向列型的液晶，且液晶分子扭轉 90 度，故稱為 TN 型。

若不施加電壓，則進入液晶元件的光會隨著液晶分子扭轉方向前進，因上下兩片偏光板和配向膜同向，故光可通過形成亮的狀態；相反地，若施加電壓時，液晶分子朝施加電場方式排列，垂直於配向膜配列(homogeneous)，則光無法通過第二片偏光板，形成暗的狀態(如圖 3-7)，以此種亮暗交替的方式可做為顯示用途[2]。

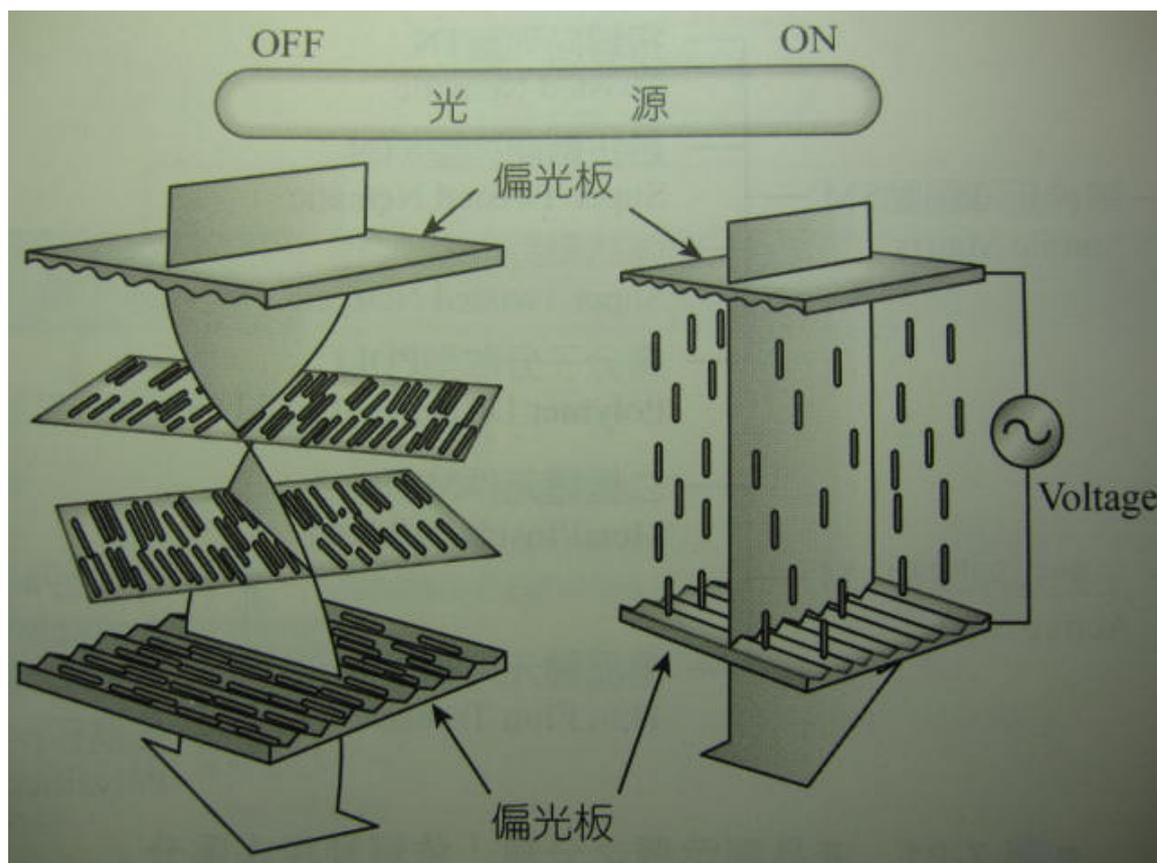


圖 3-7 TN 型液晶顯示器之工作原理

3.3.3 STN 液晶顯示器

TN 型液晶顯示器在早期電子錶上使用甚多，但其最大缺點為光應答速度較慢，容易形成殘影，因此後期發展出新一代的液晶顯示器——STN 型。

所謂 STN 顯示元件，其基本工作原理和 TN 型的工作原理大致相同，不同的是在液晶分子的配向處理和扭曲角度。STN 顯示元件必須預做配向處理，使液晶分子與基板表面的初期傾斜角(Pretilt angle)增加，此外，STN 顯示元件所使用的 nematic 液晶中加入微量膽石醇 (cholesteric) 液晶使向列型液晶可以旋轉角度為 80~270

度，約為 TN 的 2~3 倍，故稱為 super twisted nematic 型，TN 與 STN 的比較如表 3-2 所示。

表 3-2 TN 與 STN 型元件比較

項目 \ 區分	TN	STN
扭曲角	90°	180°~270°
傾斜角	1°~2°	4°~7°
厚度	5~10 μm	3~8 μm
間隙誤差	± 0.5 μm	± 0.1 μm

STN 型液晶由於應答速度較快，且可加上濾光片等方式使顯示器除了明暗變化以外，亦有顏色變化，形成彩色顯示器，其應用如早期筆記形電腦或現在的 PDA 及電子辭典等[6]。

3.3.4 TFT 液晶顯示器

TFT-LCD（薄膜電晶體液晶顯示器）是多數液晶顯示器的一種，它使用薄膜電晶體技術改善影象品質。雖然 TFT-LCD 被統稱為 LCD，不過它是種主動式矩陣 LCD。它被應用在電視、平面顯示器及投影機上。

簡單說，TFT-LCD 面板可視為兩片玻璃基板中間夾著一層液晶，上層的玻璃基板是與彩色濾光片（Color Filter）、而下層的玻璃則有電晶體鑲嵌於上。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。

TFT 型液晶顯示器，一般應用於較高級電子產品，例如筆記型電腦、液晶投影機、數位相機、數位相機、數位式攝影機、液晶電視及液晶監視器等。

3.4 液晶顯示器的製造

依照電光顯示的原理來區分，液晶顯示器的種壘甚多，其製造的方法亦各自不同。雖然如此，還是可以依原料和結構等方面將液晶的製法概分為兩大類，其一是流體液晶顯示器的製法，其二是固態薄膜液晶顯示器的製法。

流體液晶顯示器與固態薄膜顯示器在製造上主要的不同是：流體液晶顯示器中，流動性的液晶材料被封在兩片電極板之間，除了需要達到顯示器在各種環境下封裝不漏的要求外，最昂貴的製造設備還是在保證電極表面的清潔，和產生電極表面對液晶分子整齊排列和其恆久性的控制。同時，流體液晶顯示器的應變速度 (switching speed) 與兩電極板的距離大有關係，因此，兩電極間的距離必須嚴格控制。

3.4.1 流體液晶顯示器的製造

1. 原料 製造流體液晶顯示器的主要原料為液態晶體，導電玻璃和偏光片。導電玻璃是高品質的平板玻璃表面真空鍍上一層具有導電性的金屬氧化物薄膜而成。偏光片是將偏光材料夾於兩片透明膠片之間而成。

2. 構造 最典型的流體液晶顯示器可算是用向列型液晶做成的扭轉式場效液晶顯示器，其構造如圖 3-8(a)、3-8(b)所示。

3. 製程 流體液晶顯示器的製程，是先用酸蝕法在導電玻璃板上製出顯示器的電路圖案，成為透明的玻璃電極。再在玻璃墊及表面塗上一層 PVA 或 POLYIMIDE 材料薄膜，晶機械處理而產生對液晶分子排列控制作用，然後將液晶材料密封於兩片玻璃電極之間，兩側各裝上偏光方向互為 90° 角的偏光片及成為具有電光效應的液晶顯示器。圖 3-9 是流體液晶顯示器的製造流程。

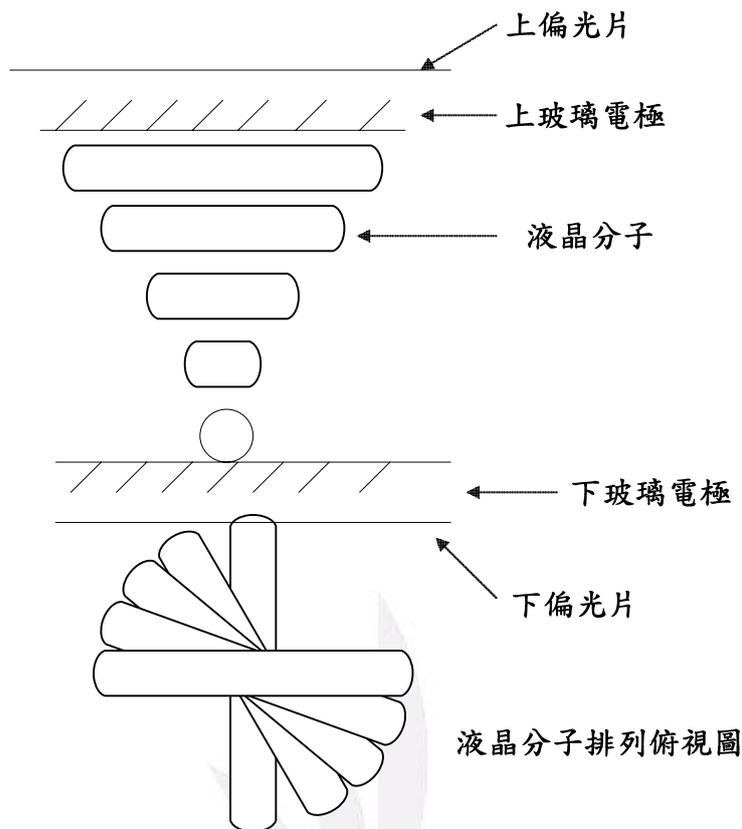


圖 3-8(a) 扭轉向列型液晶廠效應的可視裝置

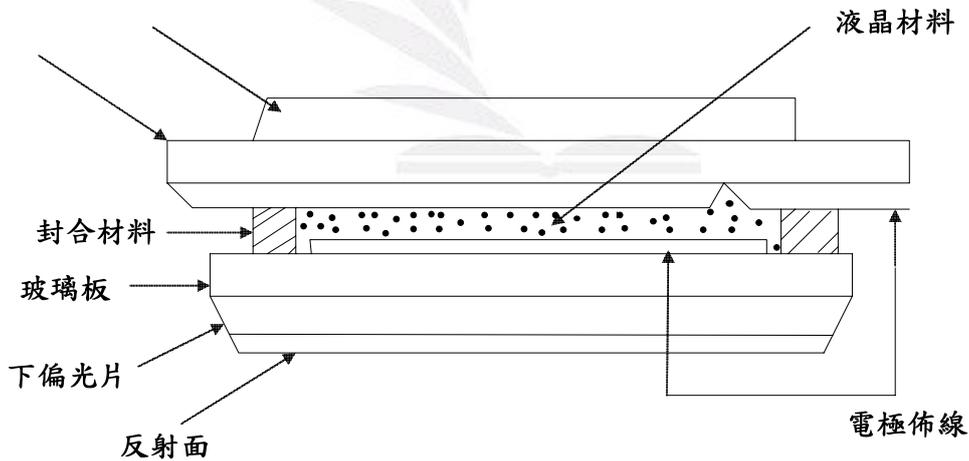


圖 3-8(b) 扭轉向列型液晶顯示器的構造

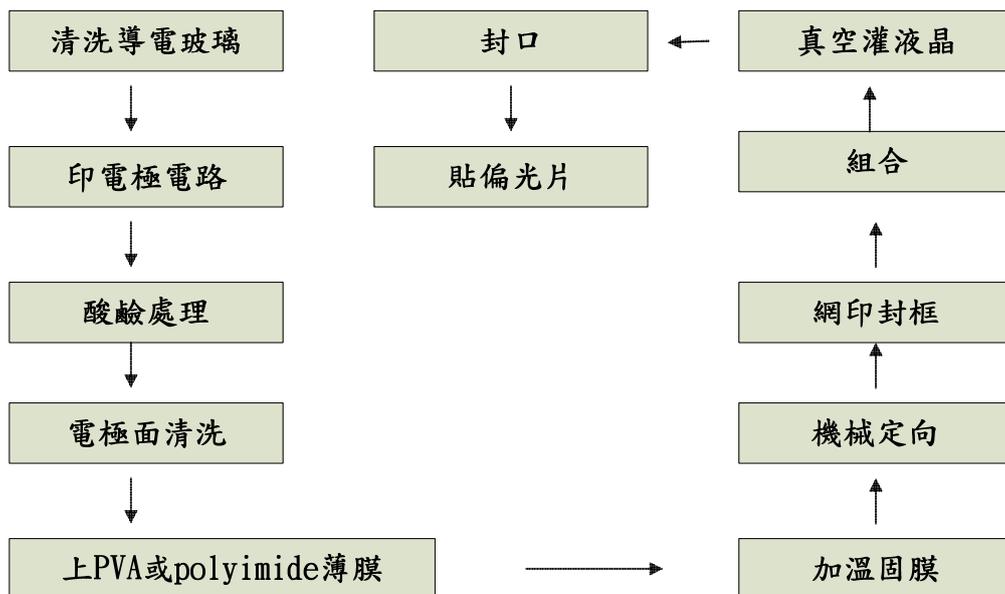


圖 3-9 流體液晶顯示器製造流程圖

3.4.2 固態薄膜液晶顯示器的製造

1. 原料 固態薄膜液晶顯示器除了用導電玻璃做電極外，更可用導電塑膠片來做電極，尤其是面積以平方公尺計的大型固態婆魔液晶顯示器，採用導電塑膠片做為電極，可使製造的設備大大的簡化。
2. 構造 固態薄膜顯示器只包括將微封著液晶材料的樹脂薄膜挾於兩片電極板之間，如圖 3-10 所示。

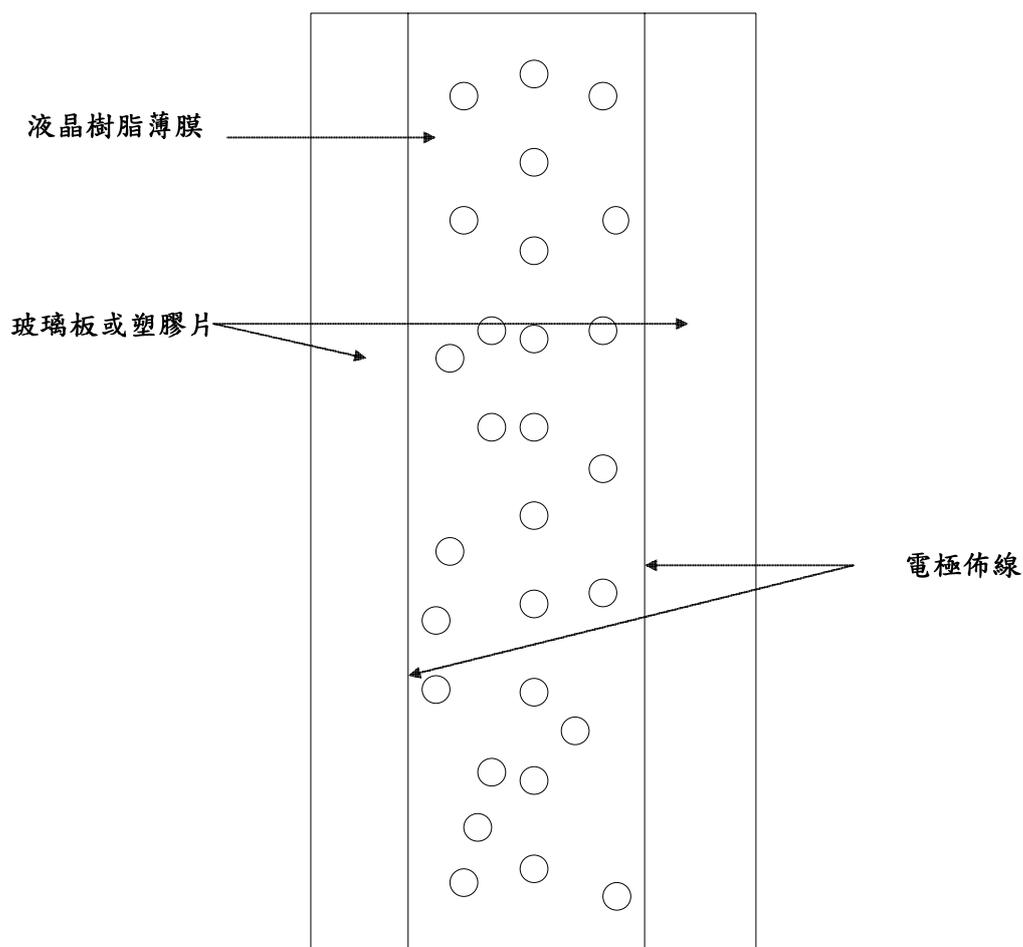


圖 3-10 固態薄膜液晶顯示器裝置

3. 製程 油性的液晶材料，和水性的樹脂是不能互溶，這時若將液晶和樹脂的混合一挾在兩片電極之間，在液晶和樹脂薄膜中將存在著無數的液晶微滴，這就是固態液晶顯示器了[4]。固態薄膜液晶顯示器製造流程圖，如圖 3-11。

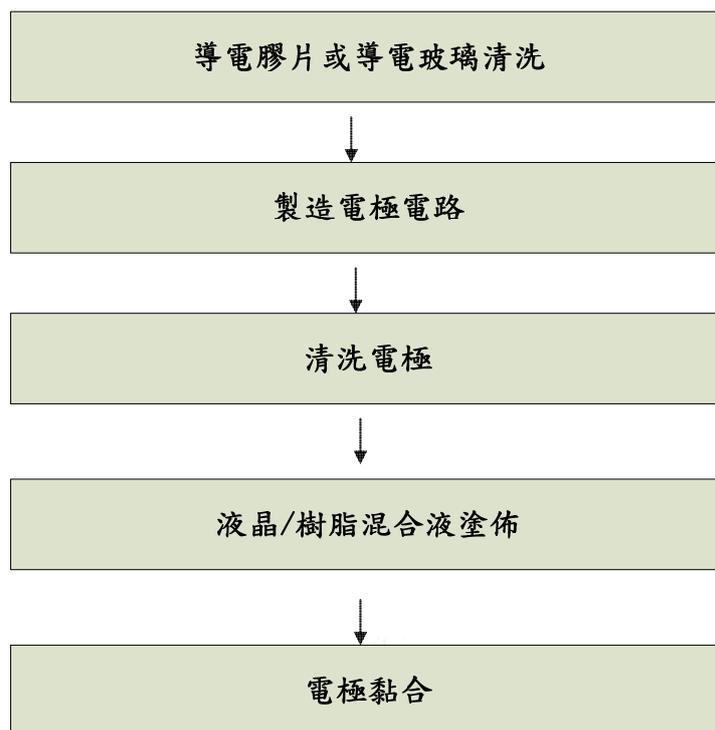


圖 3-11 固態薄膜液晶顯示器製造流程圖

四、電漿顯示器(PDP)

4.1 電漿顯示器的面板構造

三極式交流型電漿顯示器面板的結構如圖 4.1 所示。由前後兩片鍍上平行排列導電電極的玻璃基板所組合而成。

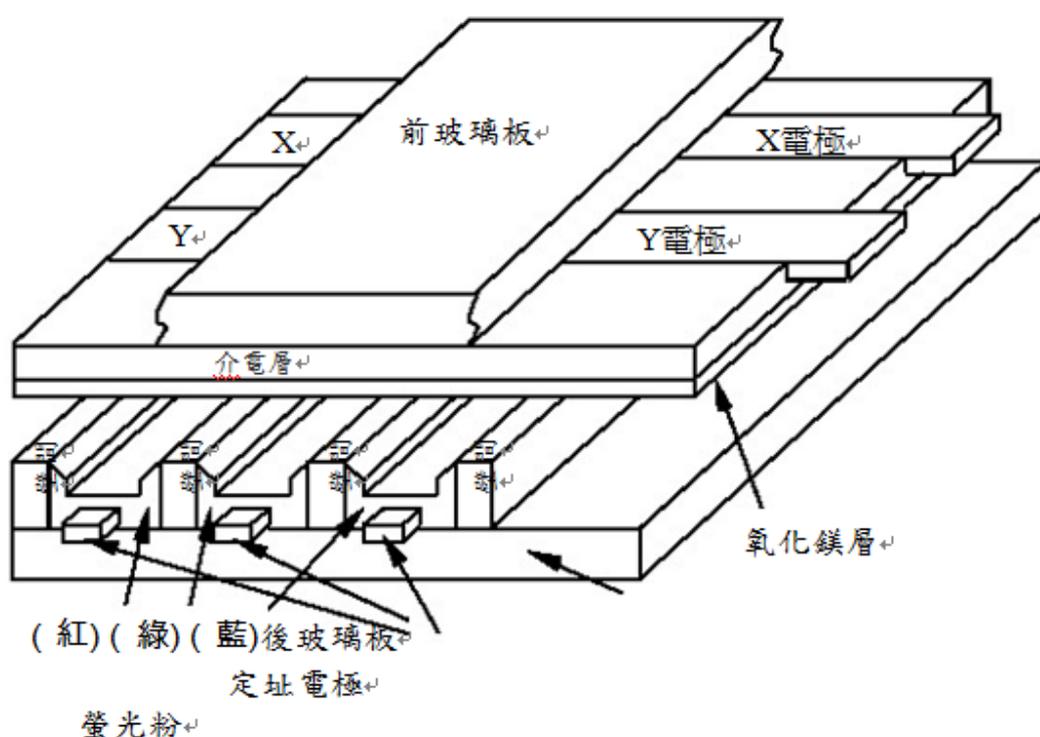


圖 4.1 電漿顯示器面板結構圖

在前玻璃基板上鋪設有平行排列的維持電極(sustain electrode，又稱 X 電極)與掃描電極(scan electrode，又稱 Y 電極)。其電極的材質為透明的導電材料氧化銦錫 ITO (Indium Tin Oxide)，可以加上電壓又可以允許可見光通過。但由於透明電極的導電度不佳，因此必須在其上面再鍍一層材質為鉻-銅-鉻(Cr/Cu/Cr)

的匯流排電極(bus electrode)來減低電阻，增加導電度以導通電流。然後在維持電極與掃描電極上覆蓋一層介電質層(dielectric layer)作為絕緣層。最後再於其上覆蓋一層氧化鎂層(MgO)，一方面可以保護電極與介電質於氣體放電時免受帶電粒子的撞擊破壞。另一方面可以藉由氧化鎂層低工作函數(work function)的特性，當帶電粒子與氧化鎂層碰撞時容易產生二次電子(secondary electron)，有助於氣體放電產生電漿。

基本上，電漿螢幕是由多個放電小空間所排列而成，每一個放電小空間稱為單元，而每一個單元是負責紅綠藍三色當中的一色，因此我們所看到的多重色調的顏色，是由三個單元混合不同比例的原色而混成的，而這個混色的方式，跟液晶螢幕所用到的混色方式其實是相近的[7]。

每一個單元的架構，是利用類似日光燈的工作原理。也就是您可以把它當成是體積相當小巧的紫外光日光燈，當中使用解離的氦(He)、氖(Ne)、氙(Xe)等種類的情性混合氣體。當高壓電通過的時候，單元當中的氣體被離子化而發出紫外光。當單元受到高壓刺激產生紫外光之後，利用紫外光再去刺激塗佈玻璃上的紅、綠、藍色磷光質，進而產生所需要的紅光、綠光與藍光等三原色。透過控制不同的單元發出不同強度的紫外光，就可以產生亮度不一的三原色，進而組成各式

各樣的顏色。

由於電漿螢幕是透過紫外光刺激熾光質發光，因此它跟陰極射線管(CRT)一樣，屬於自體發光，跟液晶螢幕的被動發光不同，因此它的發光亮度、顏色鮮豔度與螢幕反應速度，都跟 CRT 相近，所以 PDP 的亮度動輒能夠超過 700nits 以上，而 LCD 卻要到後期產品才能達到 500nits 以上的亮度。

4.2 電漿顯示器成像原理

由於交流型電漿顯示面板之放電空間內的使用材料都是絕緣材質，不會導電。因此在氣體放電的過程中，電漿帶電粒子游離在放電空間中。帶正電粒子會被吸引往負電壓電極移動，而帶負電粒子會被吸引往正電壓電極移動。在移動過程中，正負電粒子有可能相互碰撞而中和，同時放出紫外線光子。沒有碰撞的帶電粒子可能撞擊氧化鎂保護層。動能大的粒子可能撞擊出二次電子而產生更多的帶電粒子。動能較小的帶電粒子則被吸附在電極上方介電層上，除非有反向電壓逼使其離開，該帶電粒子將會一直殘留在介電層上而形成所謂的壁電荷累積的現象產生。壁電荷的累積是一種放電的記憶效應，相當於在電容 C_{xy} 上存入一定數量的電荷 Q 。當外加電壓移去時，電容兩端會因此而產生電位差，其值為 $V_{wall}=Q/C_{xy}$ 。此處之 V_{wall} 稱之為壁電壓。

電漿顯示器可利用壁電荷的有無來決定放電單元的亮暗。

圖 4.2 說明交流型電漿顯示面板壁電荷的記憶效應。首先在 X 電極上快速的加上維持電壓(sustain voltage, V_s)，此維持電壓低於氣體的放電點火電壓 (firing voltage, V_f)，而 Y 電極則維持在系統的接地點電壓(grounding voltage, GND)。此時若有壁電荷存在，則放電單元中的惰性氣體所承受的空間電壓差(gap voltage, V_g)將是壁電荷所形成的壁電壓 V_{wall} 以及外界所新加上電壓的總和，即為 $V_s + V_{wall}$ ；此值已大於 V_f ，而開始使氣體產生解離放電現象。壁電荷也被同極性的電極排斥而重新移動游離至另一電極。中途產生帶電粒子碰撞及中和而放出紫外線。最後沒有被中和的帶電粒子累積至對向電極，並造成反方向壁電荷的累積，使 V_{wall} 極性反轉。若再將 X 電極與 Y 電極上供應的電壓極性互相交換，又可再引發一次氣體放電；如此不斷地反覆提供維持脈波(sustain pulse) 至 X 電極與 Y 電極，可以使放電單元的氣體放電現象將可一直維持下去。若沒有壁電荷的存在，放電單元內的空間電壓差永遠等於 V_s ，也因此不會有氣體放電現象的產生，當然也不會發光及累積壁電荷。在上述的交互放電過程中，定址電極的電位可以保持在正電壓準位，如此可防止質量較重的帶電正離子撞擊到塗佈下層玻璃板上的螢光粉，可增加產品的亮度生命期[7]。

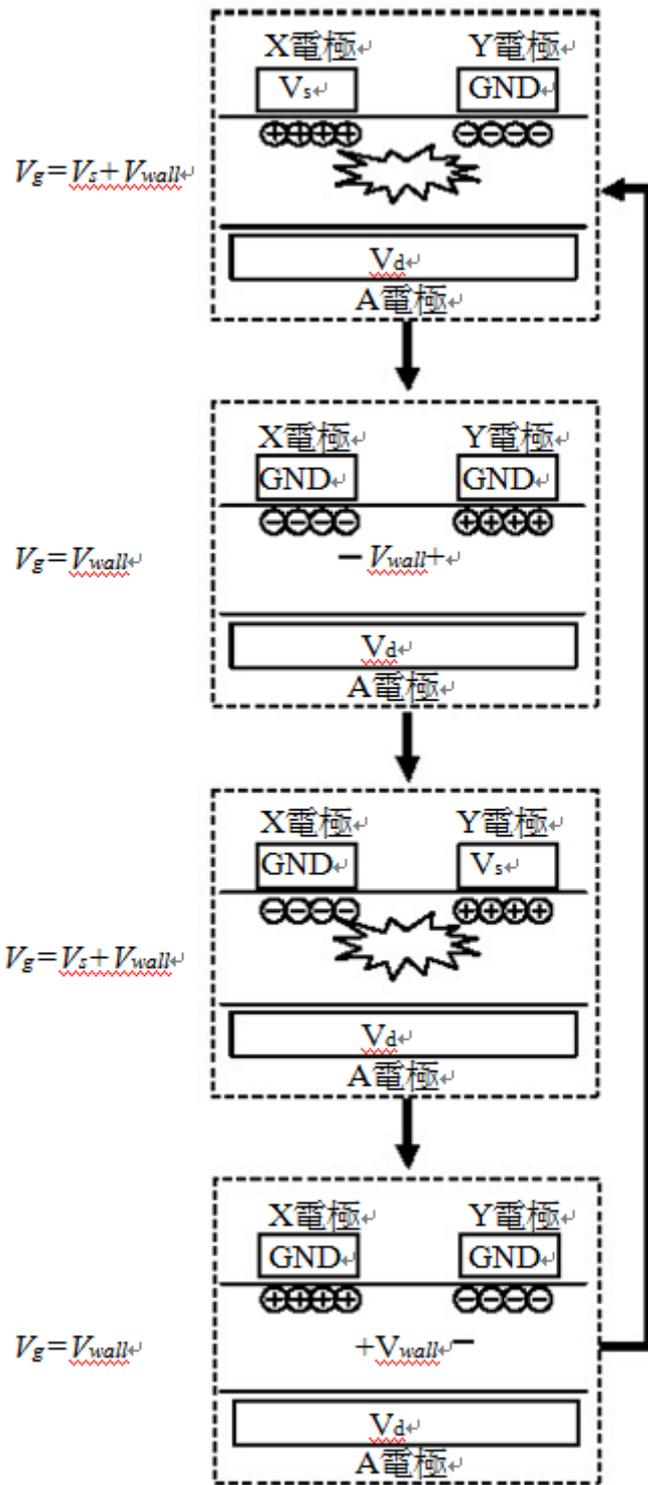


圖 4.2 交流電漿顯示面板的壁電荷記憶效應

4.3 液晶顯示器與電漿顯示器之比較

1. 液晶顯示器主要優點有

- ◆ 平、薄、體積輕，可適用於壁掛方式；
- ◆ 採用逐行尋址和高場頻顯示，圖像無行間和大面積閃爍；
- ◆ 光柵無幾何失真，螢幕中心的清晰度與邊緣相同，全螢幕色純好；
- ◆ 光柵位置、傾斜不受地磁影響；
- ◆ 防爆、防輻射、安全性好
- ◆ 尺寸型號多，液晶顯示器用的液晶螢幕是由液晶面板切割而成的，在生產工藝上根據設定，可切割不同尺寸的液晶顯示器用的屏，屏的幅型比可以是 4：3 或 16：9，這樣消費者可根據自己的需求，有更多的選擇餘地。

液晶顯示器主要缺點有：

- ◆ 可視角小：觀看圖像時亮度、對比度和色飽和度隨著觀看的視角增加而減少色度誤差隨著視角的增加而增大，使圖像品質降低；
- ◆ 亮度均勻性差：因採用背光源，由於背光源的燈管排列不均勻和發光特性不一致性，造成全螢幕亮度均勻性差。
- ◆ 液晶顯示器螢幕的壞點：所謂壞點是指液晶面板上不能正常顯示的畫素點，一般分為亮點和暗點。目前液晶顯示器都是用 TFT-液晶即為薄膜場效應電晶體液晶面板，每個成像的畫素點都是由集

成在其後的薄膜電晶體來驅動，並對各畫素進行控制，但由於薄膜電晶體的損壞或工作狀態不穩定，使電晶體長期處於導通狀態或關閉狀態，或不在電壓控制下的時通時斷的狀態，在液晶螢幕上就會產生常亮點、常黑點、閃爍點等壞點。電漿顯示器也有壞點產生，但比液晶顯示器少。

2. 電漿顯示器優點

- ◆ PDP 不需要在比較暗的環境去觀賞，且沒有視角問題，在任何環境燈光下，任何位置都可觀賞到最佳畫質。
- ◆ 面板尺寸大，厚度極薄。
- ◆ PDP 是由每個發光單體所構成的，所以特別清晰鮮明，不像 CRT 會有模糊不清、RGB 三原色不集中、畫面歪扭及閃爍不定等令人視覺感官不舒服的問題。
- ◆ 電漿的電磁波輻射只有 CRT 電視的 1/100 至 1/1000。
- ◆ 可以做成寬螢幕。

不同於液晶或投影式的發光原理，電漿顯示器的每個像素都能夠自己發光(主動性自發光)，因此呈現較柔和的畫面，並且可到達 170 度左右的視角。除此之外，每個像素的反應時間短、色彩飽和度高、適合往大尺寸發展。電漿電視也是目前在整體畫質表現上非常接近並可超越映像管電視的新技術。此外，無輻射特性及不受外界磁性干擾

特性，非常有利於家庭觀賞或劇院喇叭鄰近設置。

電漿顯示器缺點：

若是在明亮環境之中觀賞時，亮度對比略遜於液晶顯示器一籌。在長時間顯示靜止畫面的情況下，畫面切換時易生殘影。本身相當耗電，而且顯示時易生高熱，必須考慮散熱問題。由於材料與結構性限制，讓電漿顯示器不能往 20 吋以下的小尺寸發展，乃為市場競爭上的最大弱點。

3. 小結

電漿在大螢幕和超大螢幕顯示 HDTV 的圖像品質及性價比方面目前優於液晶，在即將到來的數位電視時代有較大的發展空間和廣闊的應用前景。

液晶更適用於顯示靜止圖像和圖文資訊，對電腦應用來說將起支配作用；作為電視機顯示視訊圖像來說，由於成像原理的固有缺陷，雖經幾年的努力改進有所提高，但完全克服它的缺陷還需經過艱苦的努力。在圖像品質和性價比上，液晶在中小螢幕上完全取代 CRT，在大螢幕和超大螢幕方面取代電漿還很難做到。

五、液晶顯示器的影響與展望

5.1 液晶顯示器的生產規模

再探討液晶平面顯示器之製造和廢棄對地球環境負荷前，必須先了解世界液晶平面顯示器之生產規模，並可用於換算其可能產生之廢棄量，其生產規模結果[3]，如圖 5-1 所示，由圖之表示面積換算質可得知在相對應之液晶平面顯示器種類，而分析厚度、比重、圖案形成率並進而計算出單位面積之使用資源之總量，如圖 5-2 所示。

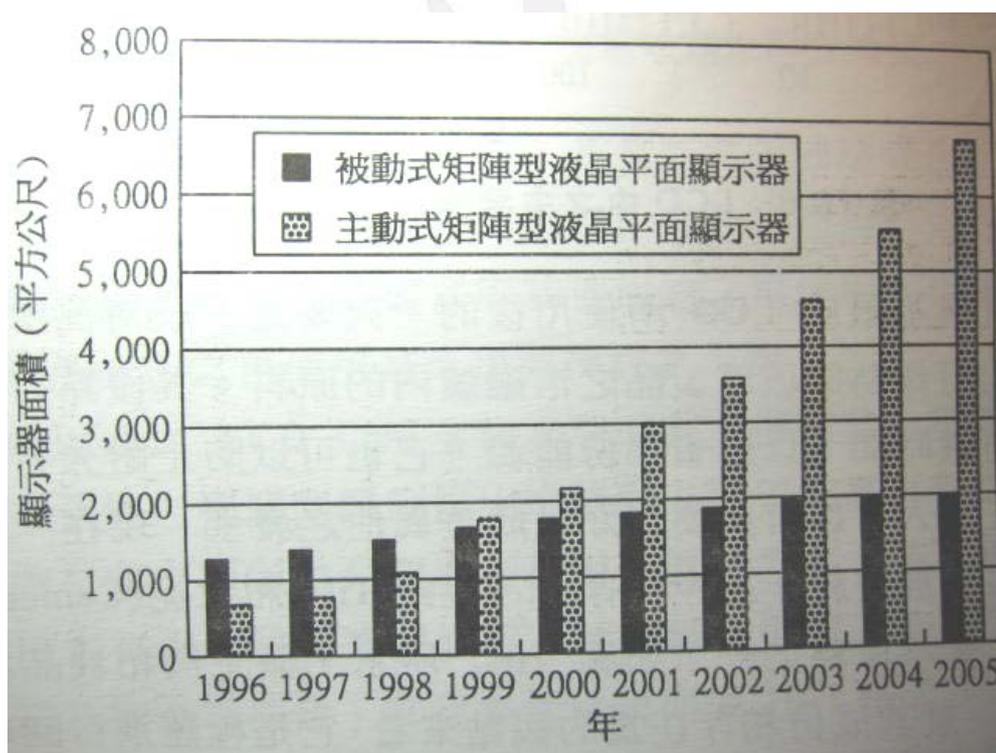


圖 5-1 世界 LCD 之面板面積的總量

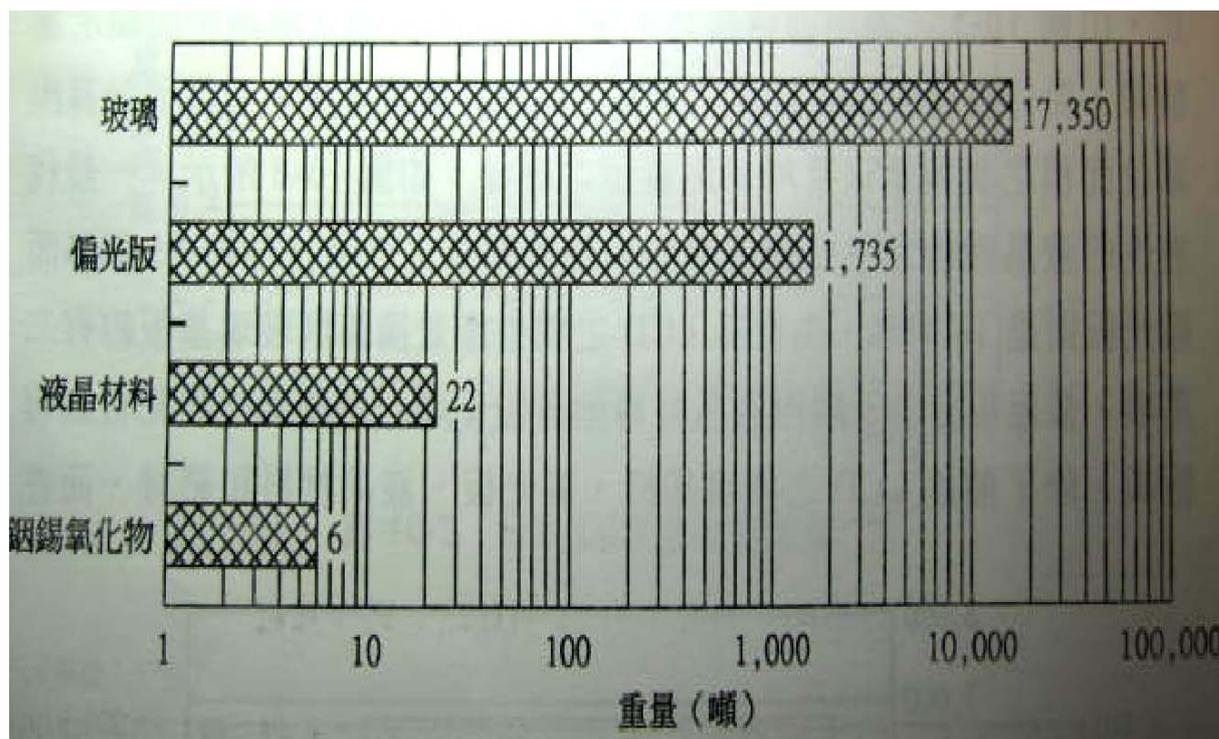


圖 5-2 LCD 中主要構成材料之總重量

5.2 回收與再生化

各企業內無不致力於材料之資源回收和再生化，以減少廢棄物之產生量。另一方面，由廢棄 LCD 中將各材料之資源回收和再生化時，也必須同時考量能源的浪費和所引發之的地球溫室效應，利用壽命回收評估(Life Cycle Assessment, LCA)方法來推動資源回收再生化。

這些廢棄之玻璃材料也被用於做為輕量骨材、磁磚和水泥等其他陶製品之基本原料之一，如圖 5-3 所示。偏光板和液晶材料之構成部分材料，就其成分和存在量的觀點來看，他是極難進行回收工作。同樣地，錫銦氧化物薄膜和靶材方面，則由其稀有金屬性予以換算似乎不是很容易進行回收[3]。

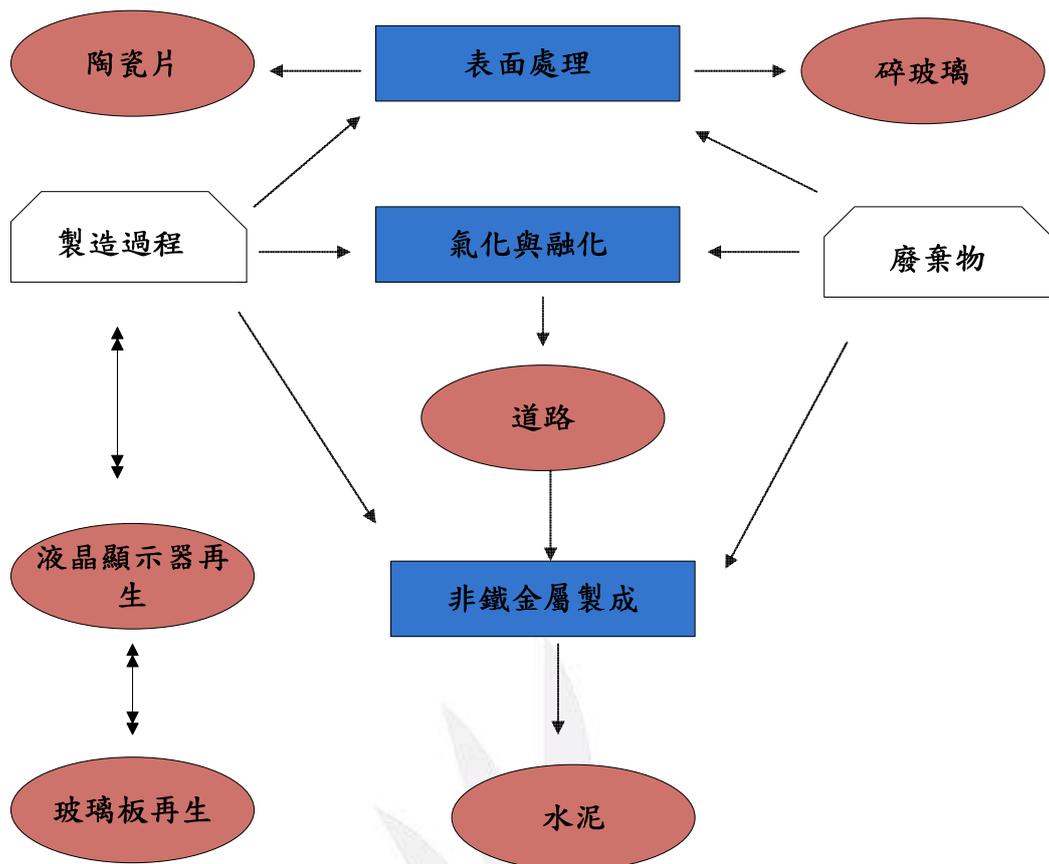


圖 5-3 日本 LCD 面板玻璃之再生流程

5.3 未來展望

從應用面而言，現在的可攜式資訊產品發展，和以往單只是管理個人行程的電子記事本不同，它不僅可以在外出地點連接電子郵件及收發信，也可以輕易地做到資料庫的檢索。而將行動電話、個人數位助理改變成能提供影像讀取等各式各樣應用的工作平臺，則更是可攜式資訊產品未來的發展趨勢，這也即是所謂的「後 PC」時代的來臨。因此，身為其中之主要裝置的面板顯示器需滿足下列要求：大型化、高精密化；薄型、輕量化；可撓曲性、操作簡單；高效率照明彩色化；低耗電量化等。以下就基板的薄型化與反射式產品的省電化技術兩項

加以說明。

基板薄型輕量化：為了謀求薄型化、輕量化，一則使用更薄的玻璃，二則使用塑膠做為基板。在玻璃基板方面，目前被動式液晶顯示器的主流為 0.5 毫米厚度的玻璃基板，而藉由將玻璃基板厚度做到 0.4 毫米、0.3 毫米，以達到輕量化之目的。現在 0.4 毫米的玻璃基板在部分用途上已經實用化了。

主動式薄膜晶體液晶顯示器的主流，則為 0.7 毫米厚度的玻璃基板，現在也在檢討 0.5 毫米玻璃基板的可行性。但是，若使用 0.5 毫米厚度以下的玻璃基板，在製造過程中會發生因玻璃本身重量所引起的彎曲現象等問題。因此，如何確保和現行的 0.7 毫米基板具有同等的良率，將是薄型化技術開發的重點之一。

另外，傳統的液晶顯示器主要是玻璃基板與液晶材料所組成，但因玻璃具有容易碎、不耐衝擊、以及較大厚度與重量等先天缺點。因此，此類基板將逐漸無法滿足新一代產品應用之輕量、薄型化與可撓曲、摺疊使用等需求。所以，利用「塑膠材質」來取代「玻璃基板」是個不錯的解決方案，不但改善了玻璃基板的缺點，同時因塑膠本身具備可撓曲性及薄型化，更可提供新世代平面面板較寬廣的設計。相信在未來，我們只需帶著一份可摺疊或撓曲，且如文件般薄的顯示器件，即可透過無線電通訊傳輸界面來做資訊的接收與發送。

至於目前塑膠液晶顯示器的主體基板，有 0.1 毫米厚度的塑膠薄膜型態（可以捲帶狀方式製造、供給）和 0.2 毫米以上厚度的塑膠片。在面板的顯示成色改善方面，確保塑膠基板的高透光率與耐熱性極為重要，但是目前這兩者之間往往無法同時達成。例如，以現在實用化的基板來說，薄膜型塑膠的透光率高、薄型輕量、且容易製作處理，但是在耐熱性上卻較差。而膠片式因擁有 0.2 毫米的厚度，所以相對地透光率降低，但在耐熱性卻比薄膜型來得好。

塑膠的耐溫、耐濕性及硬度均較玻璃為差，必須加強後才能做為液晶顯示器之基板。因此，需在基板表面塗布一層透明之抗氧氣與水氣侵入的阻隔層，以防止氣體滲透入塑膠基板，並進入液晶盒，破壞液晶材料的品質。

最早的塑膠液晶顯示器，曾應用於扭轉向列型液晶顯示器的卡式電子計算機與呼叫器上，但由於會產生面板的彎曲、變形、氣泡等缺陷，且在信賴性以及顯示成色方面出現種種難題，因此一直無法市場化。直到最近，這些難題被克服了，塑膠超扭轉向列型液晶顯示器也漸漸被應用於行動電話上，需求也逐漸擴大中。

如果是針對行動電話尺寸的產品，使用塑膠液晶顯示器的整體模組可達成 1 ~ 2 克的輕量化，而且模組的厚度也能在 0.6 ~ 0.8 毫米之間。但是，塑膠液晶顯示器和玻璃液晶顯示器相較，前者在顯示

成色與耐久性上尚有改善的餘地，尤其是在顯示成色方面，塑膠基板的高穿透率與耐熱性的改善極為重要。

反射式產品的省電化：反射型液晶顯示器因不須配置背光模組，直接利用周遭環境光的照明為光源，可大幅減少電源功率的消耗，也降低整個顯示器件的製作成本。與傳統的穿透式彩色液晶顯示器相比，反射式彩色液晶顯示器具有較低耗電量、較薄厚度、較輕重量等優點，比一般穿透式彩色液晶顯示器可省下 60% 以上的耗電量，使得資訊產品的工作時間可以增加許多。因此，適合搭載於可攜式的資訊產品上，做為終端顯示器件。

顯示器產業做為高密度資訊時代之人機界面中的最佳溝通橋樑，將是廿一世紀所不可忽視的科技產業。面對新興和多變的對手，液晶顯示器在電漿顯示器、映像管、有機高分子電激發光顯示器等類產品的競爭之下，仍是以極強的優勢在市場中屹立不搖[8]。

參考文獻

- [1] 黃以白、謝漢萍，科學發展，382期，pp. 43-47，2004年10月
- [2] 王木俊、劉傳璽，薄膜電晶體液晶顯示器原理與實務，2008年9月
- [3] 顧鴻壽，光電液晶平面顯示器技術基礎及應用，2002年3月
- [4] 李逸士，液晶顯示器，1990年5月
- [5] 工研院經資中心 IT IS 計畫，2001年10月
- [6] 黃振球，液晶顯示器的分類 <http://140.138.140.197/lcd-6.htm>
- [7] 李昆銘，”電漿顯示器定址電極驅動電路之研究”台大電機所博士論文，2003年1月
- [8] 黃素真，科學發展，349期，pp. 30-37，2002年1月