

# STN 液晶顯示器之顯示原理 與生產製程

今日大行其道之手機與 PDA 的顯示模組，主要是來自 STN 顯示器。未來十年國內的 STN LCD 產業在國家的高科技發展將扮演極為重要之角色。值此國內產業轉型升級之際，本文將進一步探討 STN LCD 相關之顯示技術與生產技術。文中將概要性地介紹 STN LCD 之結構、顯示原理與光電特性。同時亦概略敘述 LCD 之生產流程以及 STN LCD 之檢測。

林文彬、念家富、辛哲宏、卓景生、麥彥全

## 一、前言

超扭轉 (STN) 液晶顯示器 (liquid crystal display, LCD) 之發明<sup>(1)</sup>，大幅地解決扭轉 (TN) 液晶顯示器無法運用於高解析度之缺點。高解析度之液晶顯示器均含有大量的資訊資料，一般之 TN 液晶顯示器會隨之而產生低對比與視角狹窄等問題<sup>(2)</sup>。雖然有

林文彬先生為美國田納西大學物理化學博士，現任碧悠電子股份有限公司總經理。

念家富先生為美國邁阿密大學物理化學博士，現任碧悠電子股份有限公司研發處副處長。

辛哲宏先生為國立交通大學材料科學博士，現任碧悠電子股份有限公司 LCD 工程處副處長。

卓景生先生為國立臺灣大學化工博士，現任碧悠電子股份有限公司總經理特助暨資深專案經理。

麥彥全先生畢業於明新技術學院工業工程與管理系，現任碧悠電子股份有限公司 LCD 廠副廠長。

人提出使用主動矩陣定址 (active matrix addressing) 之薄膜電晶體 (thin film transistor, TFT) 顯示方式來克服，然而需複雜的製程製作，且良率甚低，以致其造價更高，不符合經濟效益。STN 液晶顯示器基本上解決高解析度之對比與視角等問題，雖然應答速度較慢，但由於造價相當低廉，以及廣泛的應用性，因此其發展之空間甚為寬廣。再者，由於後電腦時代 (post-PC) 之來臨與行動電話普及化，網路通訊日趨發達，個人數位輔助系統 (PDA) 與多功能之行動電話亦已形成個人生活之主流與必需品，輕、薄、短、小等特點更是此類產品之主要訴求。而 STN LCD 正可符合這些要求，STN LCD 未來在消費市場之發展，仍有十分寬廣的發揮空間。

一般正常黑態 (normal black, NB) 的 TN LCD 之  $V_{90}/V_{10}$  比值約為 1.4 至 1.6 之間。其提供多工驅動 (multiplex) 之行數 -  $N$ 。最多僅可達到 32。若是含有較多之資訊量測，且又必須具有較佳對比，則

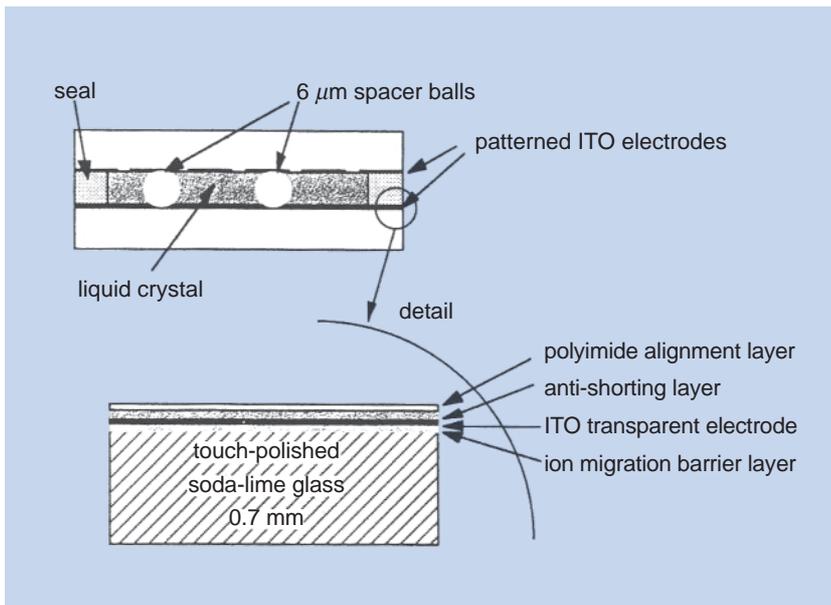


圖 1. STN LCD 之基本結構說明圖。

必提高 T-V 曲線之斜率。為此，其液晶之扭轉角度必須大於 90，STN LCD 正因此應運而生。

## 二、STN 顯示器之結構與運作原理

大幅改善 TN LCD 光電特性的 STN LCD 之結構與 TN LCD 相類似。基本結構如圖 1 所示。由

於製程技術之改進，目前玻璃基板厚度已降至 0.55 mm 與 0.4 mm。

典型 STN LCD 之結構亦需配合適當之摩擦配向、偏光方向與適當液晶扭轉角度。例如當扭轉角 = 240° 時，則可得其  $d\Delta n = 0.85$  與  $d/p = 0.53$ ， $p$  是螺距 (pitch)， $d$  是厚度。液晶扭轉角亦決定前後基板配向膜之摩擦方向，如圖 2 所示。

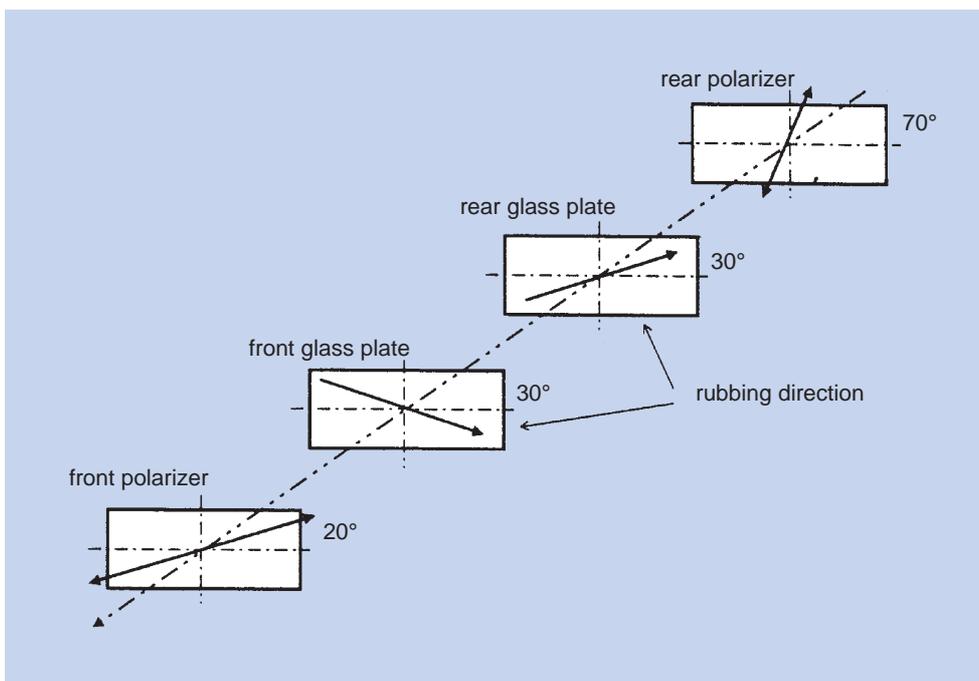


圖 2. 扭轉角為 240° STN LCD 之摩擦配向方向與偏光方向圖，且  $d\Delta n = 0.85$  和  $d/p = 0.53$ 。

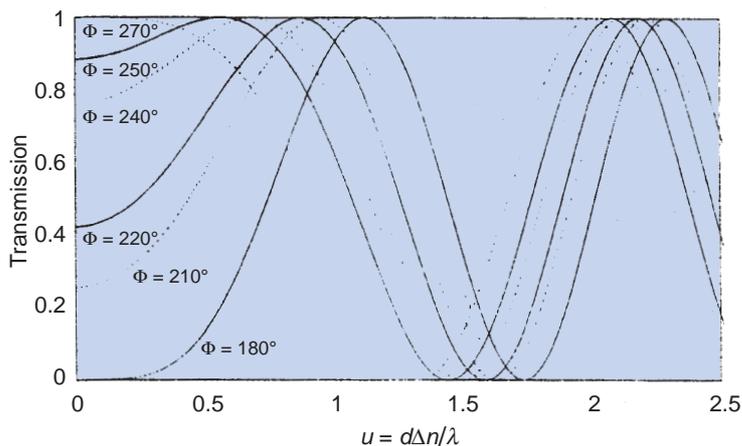


圖 3. 穿透度  $d\Delta n/\lambda$  在不同扭轉角  $\Phi = 180 - 270^\circ$  之關係圖，係根據式 1 計算之。

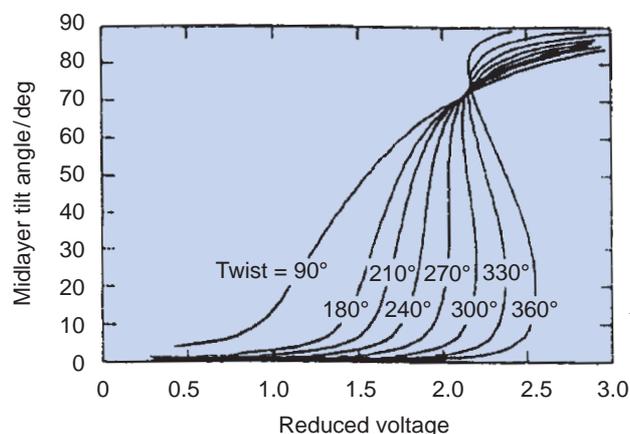


圖 4. 不同扭轉角  $\Phi = 90 - 360^\circ$  之電扭曲曲線。

而對比與亮度之最佳化則可由偏光片之夾角得之。STN LCD 之穿透率 (transmission) 表示為<sup>(3)</sup>

$$T = \cos^2 \sqrt{\left(\frac{\Phi}{\pi}\right)^2 + \left(\frac{d\Delta n}{\lambda}\right)^2} \quad (1)$$

將穿透率與  $d\Delta n/\lambda$  作圖，依不同扭轉角 =  $180^\circ - 270^\circ$ ，如圖 3 所示，則穿透率之極小值可得

$$\frac{d\Delta n}{\lambda} = \sqrt{q^2 - \left(\frac{\Phi}{\pi}\right)^2} \quad (2)$$

$$q = \cos^{-1} T$$

以光譜之最敏感譜線 ( $\lambda = 0.555 \mu\text{m}$ ) 為例，當扭轉角度介於  $180 - 270^\circ$ ，則得到之延遲量 (retardation value)  $\varphi = d\Delta n = 1.1 - 0.73$ 。一般而言，STN 液晶混合物之  $\Delta n$  值多介於  $0.12 - 0.2$  之間。

由於在 STN 面板之偏光方向與摩擦方向必須求得對比之最佳化，使得其光線形成橢圓形偏光。當與較大延遲量相結合時，則產生明顯的色彩干擾。如圖 2 之結構表示，當液晶面板處於非驅動狀態 (unactivated state) 則呈現黃色，而在驅動狀態 (activated state)，則呈現深藍色。因此，單色 STN 顯示器為求較佳之黑白顯示效果，必須再加上顏色補償技術。在一般 STN LCD 製作下，便分為黃模式 (yellow mode) 與藍模式 (blue mode)。而且溫度亦會影響顯示色之色彩干擾。若是使用液晶混合物之澄清點 (clearing point) 比最大操作溫度大於  $30 - 40 \text{ K}$ ，將有效降低其不必要之色彩干擾。

雖然調整液晶參數可得改善，但是對高多工驅動之 TN 顯示器之對比仍然無法得到令人滿意之結果。經過電腦模擬的結果顯示液晶中間層之傾斜角 (tilt angle) 與約化電壓 (reduced voltage) 有著密切關係，其函數曲線稱之為電扭曲曲線<sup>(2)</sup> (electrical distortional curve)，如圖 4 說明之。電扭曲曲線之陡度是達成高對比被動矩陣顯示器之先決條件。使其有能力在高資訊含量之運用元件具有灰階之功能。由圖 4 中之扭轉角  $270^\circ$  曲線顯示其中間部份之陡度達到無限大。當扭轉角大於  $270^\circ$  時，則曲線對映出雙值，定義為雙穩性行為 (bistability) 與遲滯性行為 (hysteresis)<sup>(3)</sup>。為達多工驅動之目的，STN LCD 之扭轉角即被介定於  $210^\circ - 270^\circ$  之間。

### 1. 材料參數與元件特性

欲使用扭轉角大於  $90^\circ$ ，則必須在向列型液晶混合物填加具有旋光 (chiral) 性質之膽固醇 (cholesteric) 液晶。產生之扭轉角，與液晶之螺距 (pitch)  $p$ 、LCD 之液晶厚度  $d$ ，均有密切之關係，其關係式如下：

$$\Phi/2\pi = d/p \quad (3)$$

圖 5 即闡明不同 LCD 液晶厚度與螺距比之電壓

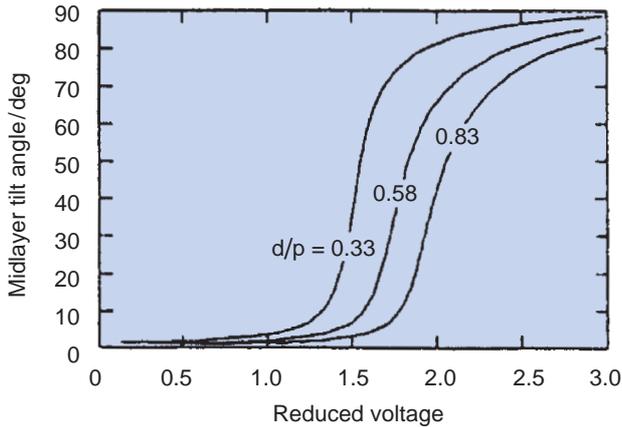


圖 5. 不同螺距比之傾斜角與約化電壓之關係。

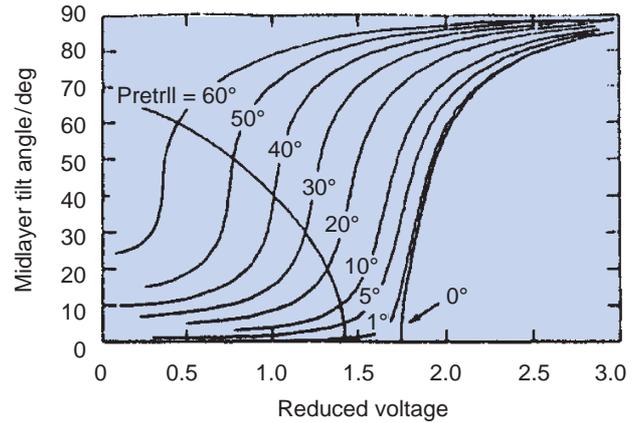


圖 6. 不同預傾角之傾斜角與約化電壓之關係圖。

與扭轉角之影響。當扭轉角  $\Phi$  為  $210^\circ$  時，其較適當之陡度 (steepness) 範圍可用葛氏區域 (Grandjean zone) 定義之，即為不等式<sup>(4,5)</sup>

$$\Phi/2\pi - 0.25 < d/p < \Phi/2\pi + 0.25 \quad (4)$$

當  $d/p$  值較小時，則約化電壓降低，且其陡度較大，更適合多工驅動。其他材料參數對 STN LCD 驅動亦有明顯的影響，如下所列之。

預傾角 (pretilt angle)：預傾角之增大，亦有助電性歪曲曲線傾向較低之電壓與增加陡度。如圖 6 所示，顯示預傾角  $0 - 60^\circ$ 。STN LCD 之約化起始壓 (reduced threshold voltage),  $V_{th}$ ，可表示為<sup>(6)</sup>

$$V_{th} = \sqrt{1 + \left\{ \left[ \frac{K_{33}}{K_{11}} - \frac{2K_{22}}{K_{11}} \right] \frac{\Phi}{\pi} + 4 \frac{K_{22}}{K_{11}} \frac{d}{p} \right\} \frac{\Phi}{\pi}} \quad (5)$$

目前商業化之配向膜多已使預傾角達到  $2 - 10^\circ$  之間。Breddels<sup>(7)</sup> 研究預傾角， $\theta_0$ ，對中間層扭轉角與電壓，得到關係式如下：

$$V_{th} = \sqrt{\left\{ \left[ 2 \left( \frac{K_{33}}{K_{11}} - \frac{K_{22}}{K_{11}} \right) \cos 2\theta_0 - K_{33} \right] \frac{\Phi}{\pi} + 4 \frac{K_{22}}{K_{11}} \frac{d}{p} \right\} \frac{\Phi}{\pi}} \quad (6)$$

$V_{th}$  定義為約化特徵電壓 (reduced characteristic voltage)，該電壓曲線則顯示於圖 6 中之附加曲

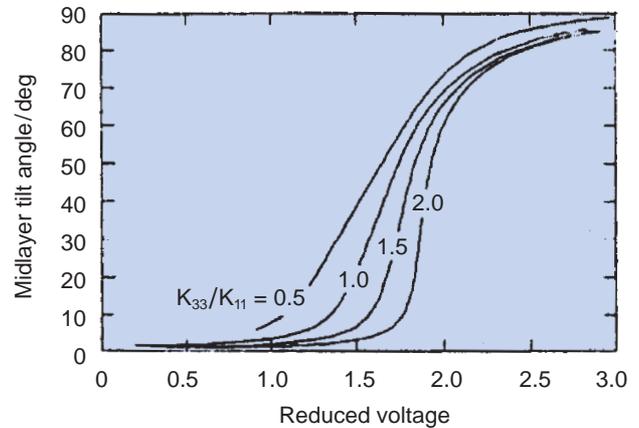


圖 7. 不同彎曲 / 展曲彈性常數比之約化電壓與傾斜角之關係圖，而其陡度大者為較佳之條件。

線。當  $\theta_0 = 0$  時，則  $V_{th}$  會收斂至

$$V_{th} = \sqrt{V_{th}^2 - 1} \quad (7)$$

彎曲 (bend) / 展曲 (splay) 彈性常數比， $K_{33}/K_{11}$ ：當  $K_{33}/K_{11}$  之比值增加時，STN 液晶陡度隨之而增加，如圖 7 所示。已知向列型液晶之  $K_{33}/K_{11}$  值介於  $0.5$  與  $2.0$  之間，大多數在  $1.2 - 1.8$  之間。

扭曲 (twist) / 展曲 (splay) 彈性常數比， $K_{22}/K_{11}$ ：目前應用液晶材料之扭曲 / 展曲彈性常數比介於  $0.5 - 0.6$  之間。由圖 8 顯示出  $K_{22}/K_{11}$  值愈小則曲線傾向較低之電壓與較高之陡度，對 STN LCD 之驅動較為有利。

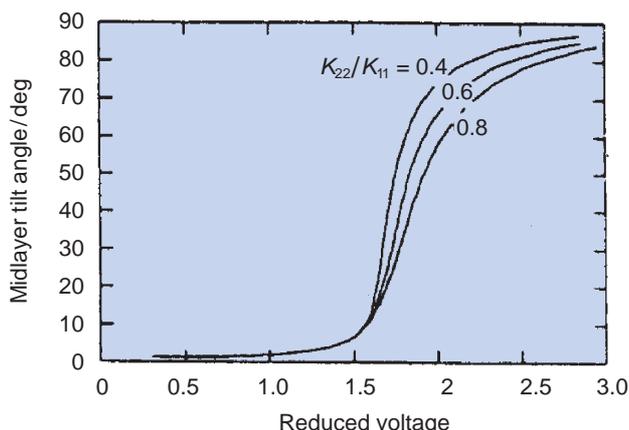


圖 8. 不同扭曲 / 展曲彈性常數比之約化電壓與傾斜角之關係圖，其常數比較小者；陡度則較大，較有利 STN 之驅動。

介電參數 (dielectric parameter),  $\gamma$ : 介電參數  $\gamma$  定義為  $\Delta\epsilon/\epsilon_{\perp}$ , 如圖 9 所示, 當  $\gamma$  越小時, 其陡度越大, 比較有利於 STN LCD 之驅動。當利用較高的陡度做多工驅動時, STN 顯示器隨著扭轉角的增大而產生條紋 (striped), 使得多工驅動之方式受到局限。

### 三、STN 之光電特性

STN 顯示器之顯示主要是憑藉著上下兩片偏光片之光學效應。因為上下兩偏光片之偏光方向不再是平行或垂直, 故在偏光方向之選擇, 即扭轉角,  $\Phi$ , 與  $|\Delta nd|$  有關。以扭轉角為  $240^{\circ}$  為例, 其最佳之光電特性是在於  $|\Delta nd/\lambda_0| = 1.4097$ , 即當  $\lambda_0 = 550 \text{ nm}$  時  $\Delta nd = 0.820$ 。

圖 10 即為  $\Phi = 240^{\circ}$  STN LCD 之電扭曲曲線與光電特性曲線。其預傾角為  $5^{\circ}$ , 使用 ZLI-1565 之液晶以得到  $d/p = 2/3$  之液晶, 厚度為  $6.32 \mu\text{m}$ 。故其  $\Delta nd$  值為  $0.820 \mu\text{m}$ , 使之有最佳光電特性。STN 之光電特性的曲線之陡度遠大於 TN 型之曲線陡度。由圖 10 得之, 若在  $240:1$  之多工驅動下, 其陡度幾乎成為線性, 而其均方根電壓在  $2.58 \text{ V}$  與  $2.75 \text{ V}$  之間。此種特點非常適合於灰階之運作。

不同驅動電壓下之透光譜作圖於圖 11。其狀態分別為 on、off 與中間態之三個灰階態。當其為 off 態時, STN 呈現黃綠色之干擾顏色。當外加

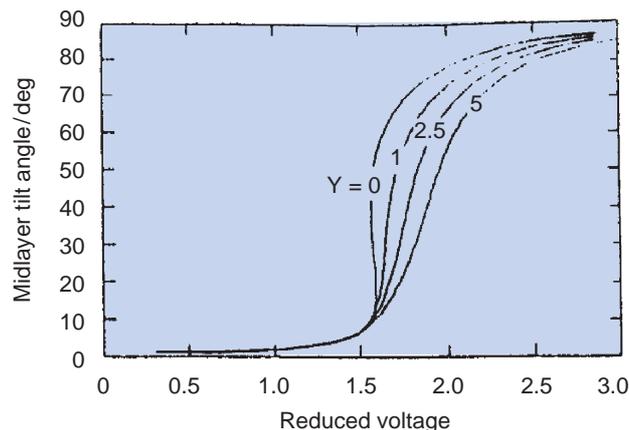


圖 9. 不同介電參數下之約化電壓與傾斜角之關係圖。

不同之電壓時, 便發現其譜線向短波長移動, 而最終則呈現深藍色。此類之做法便稱為黃模式 (yellow mode)。當 STN 具有較大之  $\Delta nd$  值時, 便可運用於產生相當多的干擾顏色。而此特性非常適合於發展反射式之彩色顯示器, 而其產品可運用於 PDA 及手機等。

圖 12 為等位對比圖 (iso-contrast plot), 顯示出其視角並不大, 大約  $20^{\circ}$  左右 ( $\text{Cr} > 5$ )。提供整個 LCD 之對比圖, 對整個 LCD 之表現具有評估指標, 因此等位對比圖之量測已是日趨必要。

### 四、STN 顯示器之生產製程

STN 顯示器之液晶盒的製作之主要過程可分為前製程與後製程二大步驟。前製程含蝕刻、顯影、配向膜製程、間隙子撒佈、框膠及組合等, 而製成空液晶盒。後製程則包括切裂、液晶填充、光學膜組合與檢測等。現就其流程作一概要之介紹。

#### 1. 蝕刻、顯影

在 LCD 製程中, 一般稱自鍍有 ITO (indium tin oxide) 之玻璃受入清洗至光阻劑去除清洗止為圖像形成程序。其流程如下:

cleaning    photo resist coating    prebake  
exposure    development    postbake    etching  
stripping    rinse

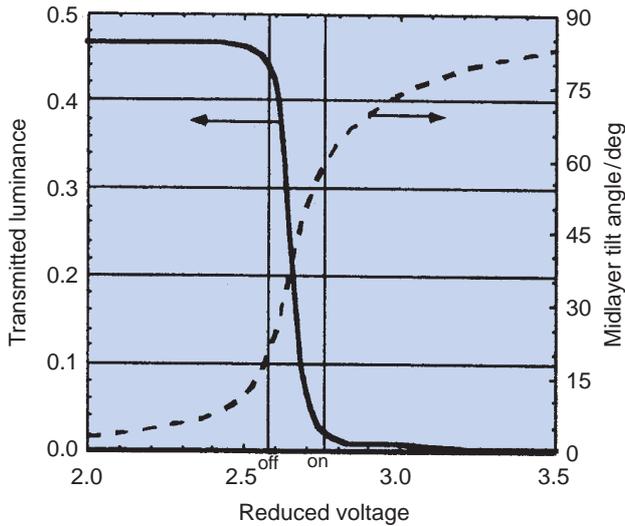


圖 10. 光電特性曲線 (實線) 與電扭曲曲線 (虛線)。其條件是 240° STN 在 240 : 1 之多工驅動下。二條垂直線表示 off 態 (2.58 V)，非選擇態，與 on 態 (2.75 V)，選擇態。

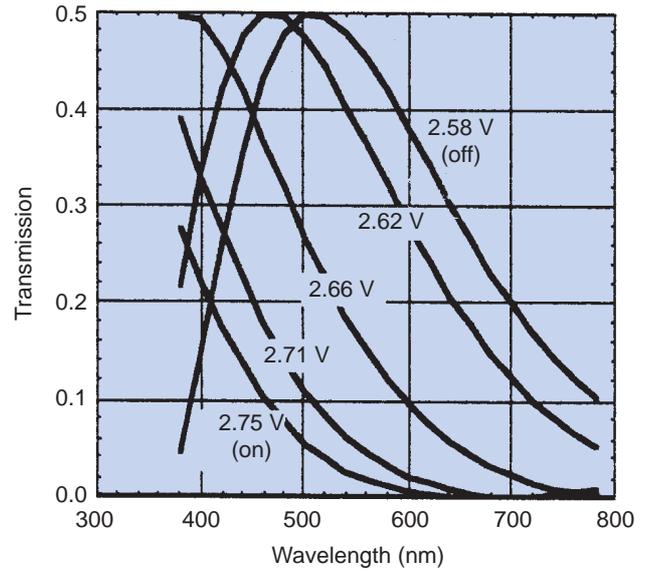


圖 11. 不同驅動電壓下，STN LCD 之穿透式光譜圖。足見隨著電壓增大而產生偏藍之藍模現象。

### (1) 清洗

一般使用枚葉式清洗 (cleaning) 為主，利用鹼性洗劑 - di water，經毛刷與超音波之輔助，將玻璃表面之雜質去除，最後再經 UV 燈照所產生之臭氧 (O<sub>3</sub>) 分解有機物質，目的在確保上光阻時玻璃 ITO 表面之潔淨，而清洗之清潔效果，可由玻璃表面之接觸角 (contact angle) 作為指標。

### (2) 光阻塗佈

光阻塗佈最常用之方法有滾佈 (roll coat) 及轉佈 (spin coat) 二種，滾佈具有快速、省材料之優點，廣為一般 TN 及 STN 廠採用。

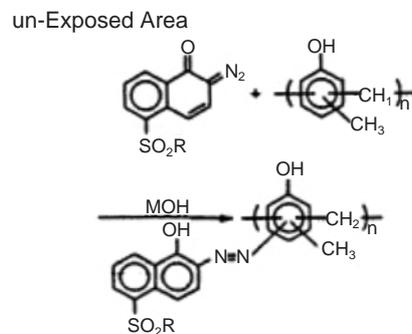
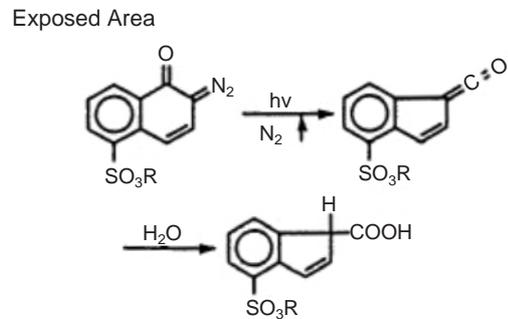
### (3) 曝光

光阻劑為一光敏感之材料，主要是酚醛樹脂 (novolak) 與 diazo naphthoquinone 的感光物所組成，基本組成如下：

- Resin : 25 - 55 wt%
- Photosensitizer : 5 - 20 wt%
- Solvent : 60 - 85 wt%
- Additives : 10 - 1000 ppm
- Solid content : 15 - 40%

Viscosity : 5 - 100 cps

其成像原理是由 diazo naphthoquinone 經光照後產生化學變化，反應式如下：



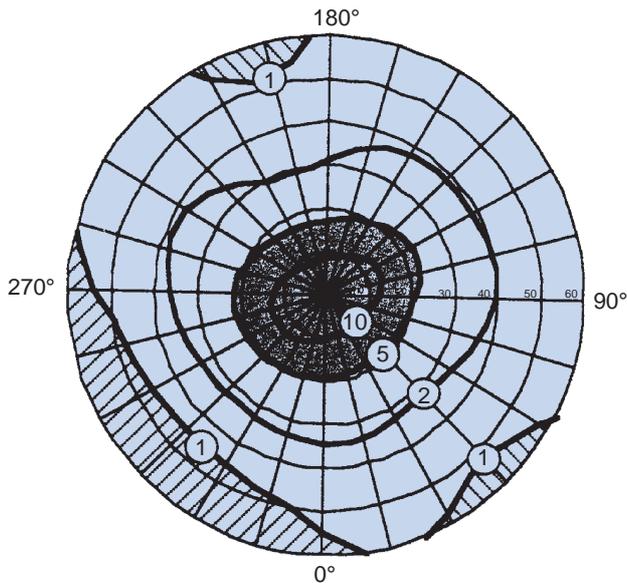


圖 12. 扭轉角為  $210^\circ$  的黃模 STN LCD 在 100:1 多工驅動下之等位對比圖。

#### (4) 顯影

由上述化學反應所產生之 carboxylic acid 可經由鹼性水溶液中顯影，將已曝光之光阻區域溶解，未曝光之區域由於感光劑與 Novolak 樹作用產生溶解抑制性，難溶於鹼性水溶液而留下形成圖案。

#### (5) 固烤

固烤之目的在增加光阻膜對玻璃之接著性，並使之圓弧化，防止 ITO 蝕刻時側蝕發生，且可得較直的蝕刻線條，而溫度的控制影響品質極大，實際操作之溫度依各家提供之光阻特性而定。

#### (6) 蝕刻

蝕刻即以蝕阻劑（顯影製程留下之圖案部分）將需要的部分予以保護，不需要的部分之 ITO 用蝕刻液（鹽酸 HCl：水：硝酸  $\text{HNO}_3 = 30:30:1$ ）將之溶解去除。

#### (7) 去光阻

使用 3% NaOH 加以毛刷，去除殘留之光阻膜，流程至此玻璃表面所欲製造之 ITO 圖形已完成。

#### (8) 清洗

利用 DI water 輔以毛刷將玻璃表面之鹼及雜質清洗、乾燥，最後通常再經過圖形短路、斷路之檢測及修補此段工程才算完成，一般 on line 之機器設備設置如圖 13 所示。

### 2. 配向膜技術

配向膜 (alignment layer) 是構成 LCD 的關鍵材料之一，其最主要的作用是控制液晶分子之排列方向，並提供不同 LCD 結構所需之預傾角。配向膜的位置在液晶盒 (cell) 內上下片 ITO (氧化銻錫) 透明電極層上所形成的有機薄膜，最主要的化學成份為聚亞醯胺 (polyimide, PI)。

目前在 LCD 工廠的生產製程中，配向膜一般是使用不可溶性的聚亞醯胺，此溶液乃先由雙酸酐及雙氨合成出的前驅體聚醯胺酸 (polyamic acid) 溶液，再以凸版印刷方式塗佈 (coating) 於 ITO 透明電極層玻璃上，經過  $200 - 300^\circ\text{C}$  的高溫烘烤，去除配向膜中含有微量的溶劑和水份，使其固化產生聚亞醯胺，此時薄膜厚度約為  $500 - 1000 \text{ \AA}$ 。

LCD 面板在製造流程上 (亦可稱為前段製程)，選擇適當的配向膜材料與嚴謹的製程管控是非常重要的。從生產上的角度來看，製程工程師在取得配向膜 PI 溶液時，首先需先進行回溫或稀釋之步驟，由於 PI 材料本身具有吸水裂化的特性，故一般開封前均需貯藏在冷藏的低溫處，如冰箱或冷凍櫃等，以便維持其安定性；而生產前就必須先將 PI 溶液回溫至無塵室的溫度 (約  $23 \pm 2^\circ\text{C}$ )，若從  $0^\circ\text{C}$  以下之冷凍櫃取出，其回溫時間需靜置 6 小時以上。

回溫開封後之 PI 溶液再經由滾筒塗佈 (roller coating) 程序，轉印至 ITO 玻璃上，再經過約  $90^\circ\text{C}$  短暫預烤程序，可得到未固化的 PI 薄膜。在生產製程上為了控制固化後之 PI 薄膜厚度 ( $500 - 1000 \text{ \AA}$ )，業者一般使用橡膠凸版 (offset printing) 滾塗設備，以便達到塗膜的均勻。

經過預烤之 PI 膜後，得再經高溫之程序將原為聚醯胺酸未固化薄膜環化成為聚亞醯胺薄膜結構，環化程度 (imidization ratio) 直接受到烘烤溫度與時間的不同而有所差異，一般烘烤的溫度約為

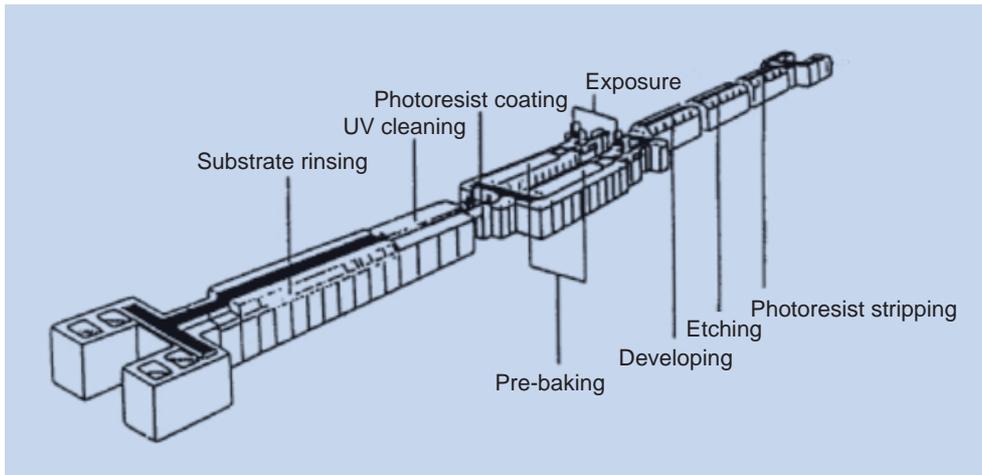


圖 13. 蝕刻、顯影之生產機器設備設置圖例。

200 - 300 °C，烘烤時間約為 10 - 30 分鐘。

高溫烘烤完全固化之 PI 薄膜，經降至室溫後移至定向摩擦機台進行定向程序。薄膜經過尼龍 (nylon) 或人造絲 (rayon) 在一定方向進行定向摩擦 (rubbing)，使得液晶盒內的液晶能沿著定向刷磨的方向進行整體一致的排列。定向的功能主要是產生預傾角，向列型液晶分子在液晶盒內與配向膜界面呈某一角度 (即預傾角) 的排列才能達到均一的配向效果。預傾角是影響 LCD 顯示特性的重要參數，主要決定於配向膜材料的化學結構與物理上的定向摩擦作用的機械力效應。

### 3. 間隙固定與框膠固定

#### (1) 間隙子塗佈

間隙子 (spacer) 是為了讓 LCD 上、下兩片玻璃保持固定間隔所需構成的重要材料，其構成材料可分為有機材料及無機材料兩大方面。一般間隙子塗佈之方式有乾式及溼式兩大類，但是乾式塗佈較溼式塗佈易產生靜電，其中間隙子塗佈最重要的是控制間隙子數量及分佈的均勻性，而數量是由塗佈秒數來控制。針對溼式塗佈要得到較好的散佈條件必須：

配製良好的散佈液。

噴霧時儘量使形成較細之液滴。

- (i) 使用低黏度之散佈液 (例如：水混合 IPA 其比例依各廠有別)。
- (ii) 噴嘴要選擇孔徑較小者，其目的方便加壓時

更能霧化。

- (iii) 噴嘴之開度要縮小使用。
- (iv) 噴霧壓力要儘可能高。
- (v) 散佈液之濃度比例要適當。

總體而言，要使得間隙子塗佈均勻必須從噴嘴形狀、壓力大小、散佈液之黏度、濃度、時間及噴灑塗佈高度、玻璃靜置時間及排氣量與槽內溫度的高低等均需要嚴苛之要求。

#### (2) 組合

玻璃經印框點、間隙子塗佈後必須將玻璃上、下片作一最適當之組合，此過程機台之精密度影響甚巨，因為若組合無法精準的對位會造成組合歪，使得產品報廢。其另一重點是玻璃組合時是靠著上、下基板之接近最小距離作為玻璃組合後之 cell 最初 gap，若組合時上、下基板之壓力過大會造成間隙子壓碎、框粗等不良，但上、下基板接近之最小距離過小時，則會使得壓力不足，造成框細及框沒有壓下，此易造成組合後玻璃位移之組合歪，若組合之方式不適當時，組合亦是靜電易產生之處，所以靜電的防治亦是重要的課題之一。

#### (3) HP 熱壓合

HP 熱壓合最主要是將組合後之中片玻璃做一 cell gap 之固定，藉由窯爐內之高溫和固定的溫昇曲線配合框膠之固化特性，在一定的時間內藉由一系列的溫昇和溫降以達到製程所需的框膨脹倍率及

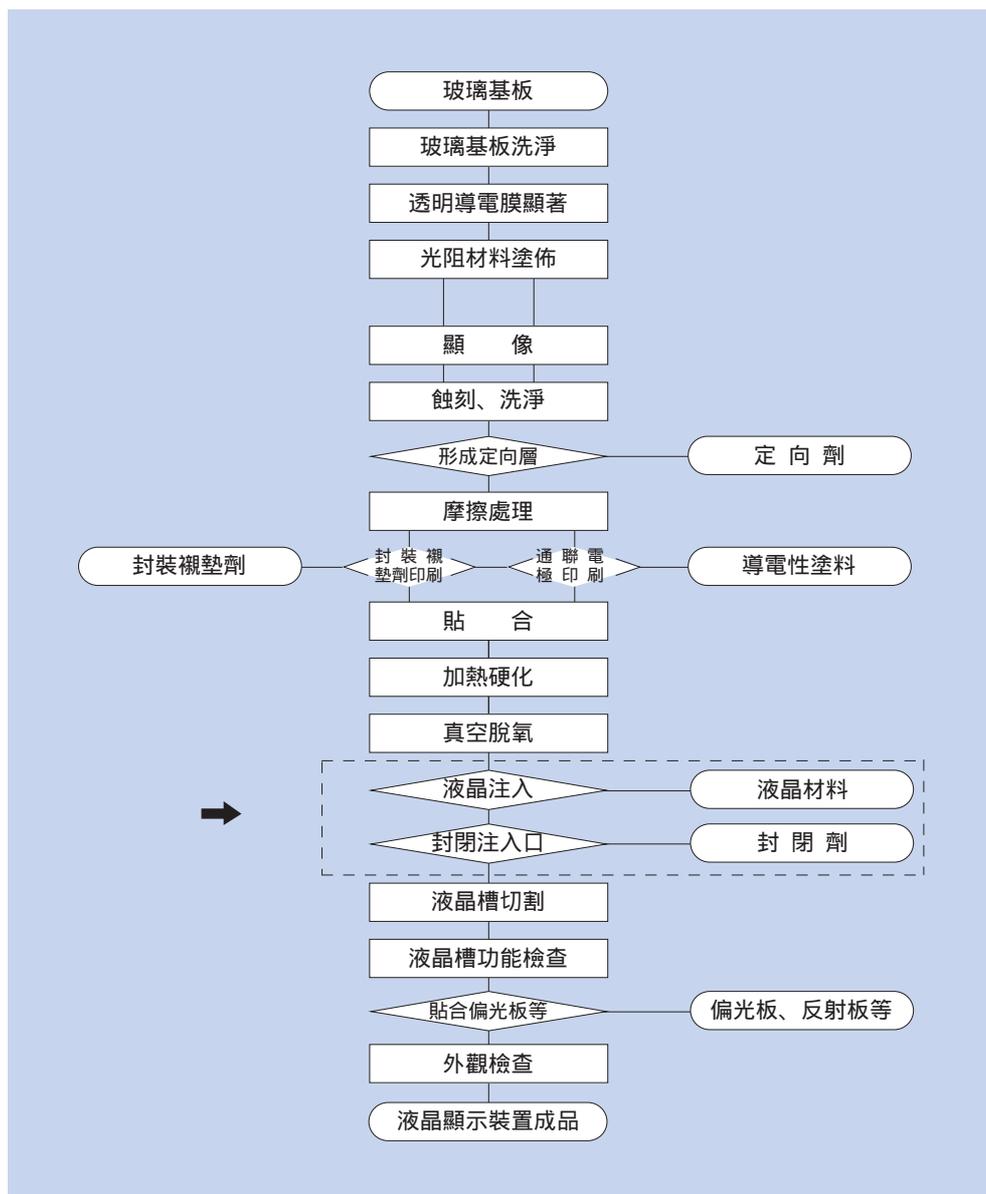


圖 14.  
LCD 之製造工程。

cell gap。總結以上製程其目的不外乎是為了控制良好均勻之 cell gap 與框膠固定，其影響要因可歸納出以下各點：

影響 cell gap 厚度的一般要因

- (i) glass 基板的平坦度
- (ii) 間隙子散佈精度及間隙子本身之平均粒徑與標準偏差

影響框膠固定的一般要因

- (i) 框膠品質的確保 (印刷前、後)
- (ii) HP 熱壓合之壓合壓力、壓合治具設計
- (iii) HP 熱壓合窯爐之昇溫曲線

#### 4. 液晶填充

所謂液晶填充工程，即是將兩片經過配向處理的透明電極玻璃板中間，以三明治形態夾入液晶，然後再使用接著劑，封閉液晶注入口。之後便可隨著電場的變化，改變液晶的配向狀態，利用此一變化做為液晶顯示之用。

若僅漫然的將液晶注入液晶空槽內，並無法製得高信賴性之 LCD。因此本章節將就液晶注入工程及注入口封閉工程，如圖 14，及此二部分製造工程所需材料，進行說明。

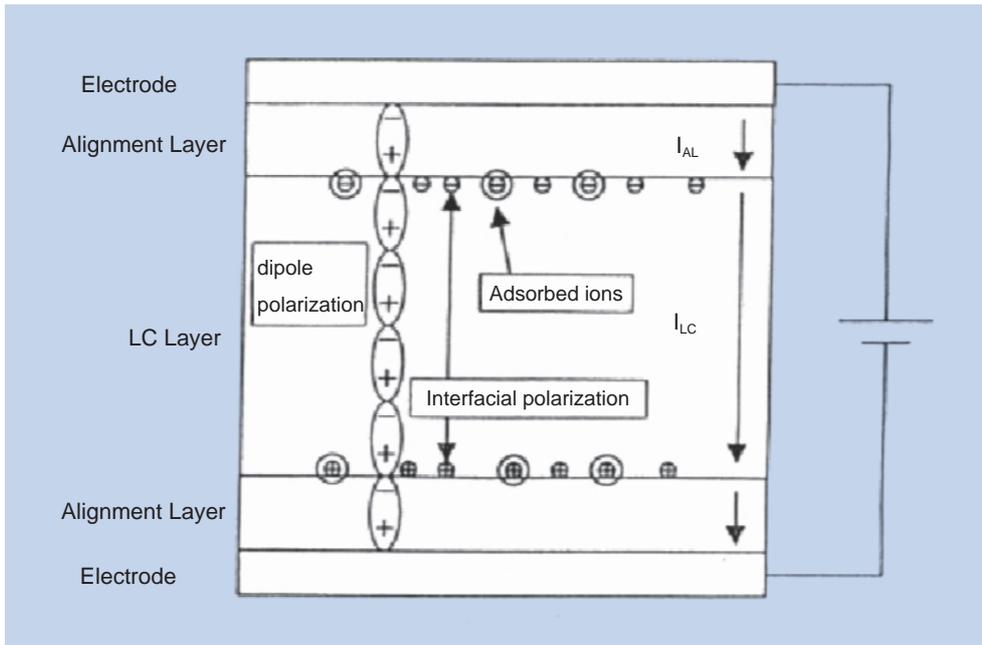


圖 15. 液晶直流殘留電位說明圖。

### (1) 液晶的特性要求

經由學術研究發現，造成直流殘留電位 (DC residual voltage) 及低電壓保持率 (voltage holding ratio, VHR) 之可能原因相同，因液晶中一定存著離子性雜質，當施加電壓時，正離子往陰極移動，而負離子往陽極移動，因而在液晶內形成與外加電場相反方向之電場，因而造成低電壓保持率及直流殘留電位，如圖 15 所示。

提高液晶電阻值，將得到高電壓保持率的顯示器，降低殘影 (sticky image) 的產生，提升影像品質；在可攜式電腦上可延長電池使用時間。此外，電阻值與液晶的耐環境性 (光、熱) 有關，通常高電阻的結構體耐環境性較優越。越是高階的使用目的，電阻值的要求越高，一般而言，STN 約在  $10^{11} - 10^{12} \Omega/\text{cm}$ ，TFT 約在  $10^{12} - 10^{14} \Omega/\text{cm}$ 。要得到高電阻值的液晶材料，除了液晶材料必須具有非常好的化學安定性外，液晶保存及液晶注入過程中，應避免離子雜質、水份、光及熱等造成液晶劣化分解。

### (2) 液晶注入工程

首先將待灌液晶之 LCD 空槽置於已放有液晶杯的密閉室內，先以抽真空的方式除去密閉室及

LCD 空槽內之空氣，同時，亦可將液晶材料之溶有氣體去除。其次，將 LCD 空槽浸入液晶杯中，停止脫氣，利用空槽之毛細管現象，可慢慢的將液晶注入。然後，等空槽大部份充滿液晶材料時，可導入乾燥之惰性氣體於真空密閉室中，在慢慢的回復常壓之同時，繼續將液晶注入。若空槽容器過大，液晶材料無法完全充滿時，可進一步的導入惰性氣體，以加壓方式繼續將液晶注入。

由於水分及灰塵都會影響液晶本身及灌液晶製程的品質，故通常此一步驟必須在有溫濕度控制的無塵室內進行，且加壓用的氣體也必須使用氮氣。

一般而言，液晶材料之黏度較高，注入較困難。若強制性的將液晶材料注入時，則注入口附近之配向層表面可能會受損。為避免此項缺失，一般均將空槽及液晶杯同時適度的加溫，使液晶材料黏度降低，液晶較易注入。而且為分散液晶入口近旁之液晶流，可於 LCD 注入口前設置擋板。

### (3) 液晶注入裝置

將液晶材料注入 LCD 空槽之方法，一般係將 LCD 空槽內部之空氣行真空排氣之同時，將液晶材料真空脫氣後，注入槽內。而且此一連串之作業工程需在同一真空槽中施行。

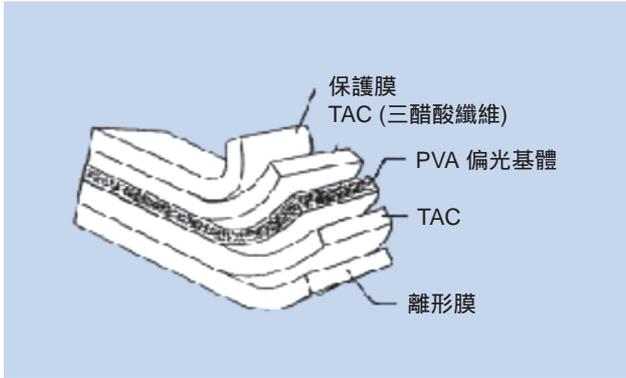


圖 16. 偏光片結構圖。

#### (4) 封口材料

印框時所留的開口，即為液晶的入口，當液晶灌完後即再以高分子樹脂加以封填。由於封口膠內側直接與液晶接觸，因此材料必須不與液晶產生反應或滲入液晶內。而外側則與空氣及清洗用溶液接觸，因此必須慎選材料，以免影響液晶顯示器之壽命。

封口膠一般均使用熱硬化型或紫外線 (UV) 硬化型環氧樹脂。傳統使用之熱硬化型環氧樹脂材，須在 150 - 180 °C 熱硬化約 30 - 90 分鐘。硬化時間長，影響產出效率。目前大多以紫外線 (UV) 硬化型環氧樹脂代替熱硬化型環氧樹脂，不但可低溫處理，且硬化時間短，可提高產出率。因此面對低成本化之要求，傳統雙劑混合型不利於生產自動化且材料損較高，開發單劑型低溫固化與快速固化材亦是技術開發之重要課題。

#### 5. 偏光膜技術

偏光膜的構造在偏光基體 (PVA) 延伸染色完後，要在兩側貼上三醋酸纖維 (triacyl cellulose, TAC) 所組成的透明基板，一方面做保護，一方面則可止膜的回縮。此外，在基板外層可再加一層離型膜及保護膜，以方便與液晶玻璃槽貼合，如圖 16。

#### 6. 光電特性之檢測

光電特性之檢測為 LCD 產品出貨前所不可欠缺之測定項目。而且，LCD 之應用領域非常廣泛，因所使用領域之各種可能的環境條件均可事先

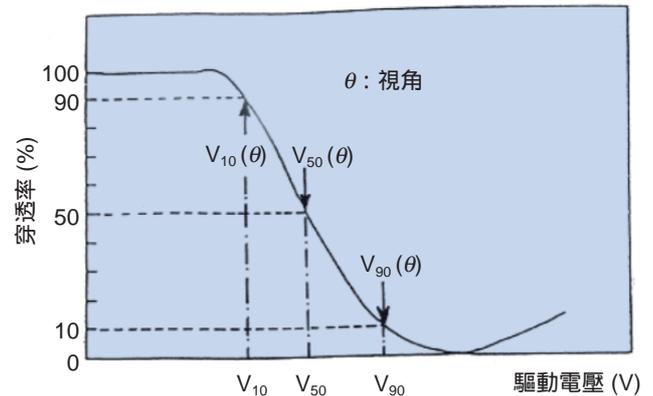


圖 17. 穿透率與電壓關係圖。

予以預測，故可於各種廣泛條件下，予以測定、評價。

一般 LCD 光電特性評價的項目有：電壓特性 (穿透率 - 電壓圖)、顯示對比度 (對比度 - 電壓圖)、視角 (對比度 - 視角圖)、反應速度 (穿透率 - 時間圖)。這些測試項目均需使用專用之測試裝置才可完成。因此，並不針對全部製品做測試，而以整批製品中取樣測定。

#### (1) 電壓特性

STN 型 LCD 有臨界電壓的特性，當施加於 LCD 的驅動電壓在某一數字以下時，LCD 對光線的通過幾乎完全不會受到影響。當電壓漸次升高至某一臨界值時，液晶分子才產生相當程度的轉動，LCD 的透光性才開始改變，此時之電壓稱為「起始電壓 (threshold voltage,  $V_{th}$ )」；當施加電壓繼續升高時，身為感應偶極體的液晶分子，其所受到的電場力量亦逐漸增加，分子的平均位置指向也愈接近而與電場平行，LCD 透光率改變的程度亦隨之增大。但當電壓增至某一程度後，電壓的繼續改變對 LCD 透光率幾乎已不再發生影響，此時之電壓稱為飽和電壓 (saturated voltage,  $V_{sat}$ )。圖 17 所示即為一個典型的「穿透率與電壓」的關係。通常為了定義上的方便，可將穿透率在 10% 時的驅動電壓稱為  $V_{th}$  ( $V_{10}$ )，而另將穿透率為 90% 的電壓稱為  $V_{sat}$  ( $V_{90}$ )。

為了使 LCD 所要顯示的圖形能夠很清晰的被看到，必須使施加電場部份 (即欲顯示的像素) 的對比度，要遠高於未加電場的部分 (即不顯示的部

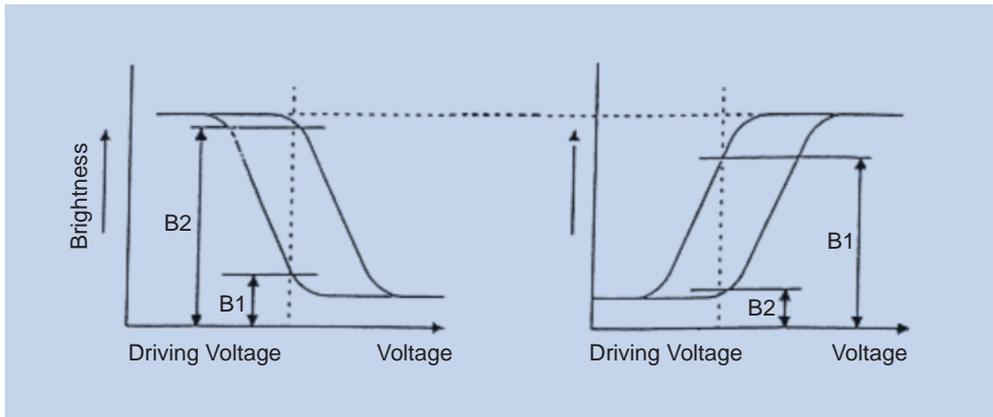


圖 18.  
對比度的定義。

分)，實際應用上，就是要使輸入至顯示部分的電壓  $V_{on}$  能高於  $V_{sat}$  ( $V_{on} > V_{sat}$ )，而使輸入至非顯示部分的電壓 ( $V_{off}$ ) 能低於  $V_{th}$  ( $V_{off} < V_{th}$ )。由於  $V_{th}$  與  $V_{sat}$  是受到 LCD 內液晶及配向膜等材料及製程變異的影響，而  $V_{on}$  與  $V_{off}$  係由 LCD 以外的驅動電路產生，故欲使 LCD 產生最佳的顯示效果，液晶材料的選用、製程條件的穩定及驅動電路的設計均有著密不可分的關係。

**(2) 對比度**

對比 (contrast) 是所有品質的基礎，因為無論  $V_{op}$  工作電壓、反應速度、視角的測量基礎，均以對比為衡量的標準，所以對比的測量方法與定義就顯得非常重要。由於液晶的特性對溫度與電場的環境變化非常敏銳，所以對比的測量值必須詳細記錄環境條件的設定。

圖 18 為對比的定義，所謂對比度乃 LCD 之顯示部份與非顯示部份 (字節) 之量度比，此值越大越佳，一般之 STN 型 LCD 因人眼對黑白對比之非線性，要求在比值为 5 以上便合用。另有些開關用之 LCD (shutter) 要求更高之遮光率，故對比要求會更嚴，可能要求範圍高達 200 - 500 之間，此時人眼已無法分辨此高對比度之差異，故須要藉助儀器之使用才能達到要求，一般人眼若以訓練之方式，在對比 5 以下可約略辨認至 0.5 為止。對比 ( $C_R$ ) 之定義如下：

$$C_R = \frac{\text{未顯示部份之亮度}}{\text{顯示部份之亮度}}$$

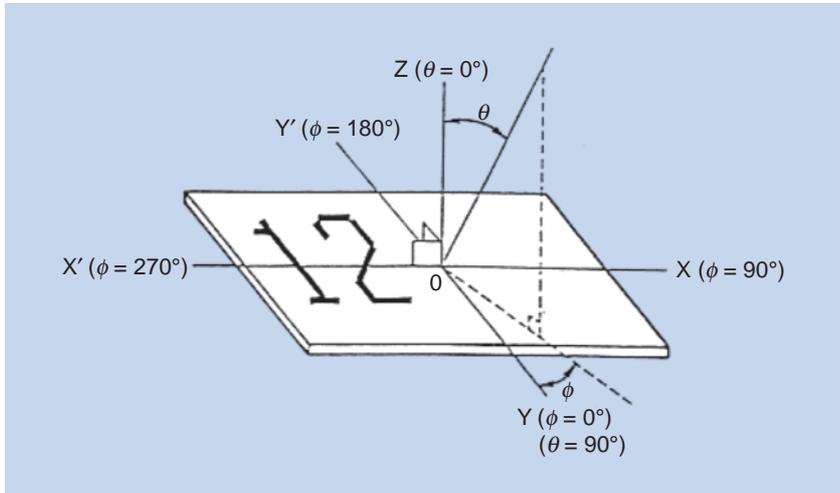


圖 19.  
視角的定義：θ 為視角，φ 為視向角。

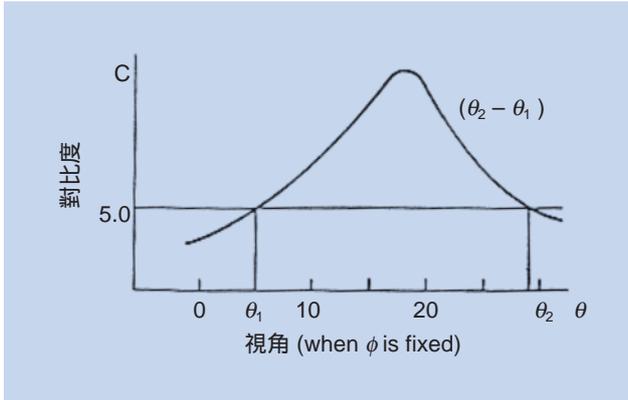


圖 20. 視角 ( $\theta_1 - \theta_2$ ) 與對比度的關係圖。

### (3) 視角

視角 (viewing angle) 之定義如圖 19 所示： $\theta$  為視角， $\phi$  為視向角。視角之涵義乃 LCD panel 之對比度，於一固定之值（一般  $\geq 5$ ）所涵蓋之角度，如圖 20 之 CR-viewing angle 圖。測量方法如對比度之方法，將 LCD 與光源之夾角固定於 90 度，而 LCD panel 與光度計 (photo meter) 由  $10^\circ$  開始測量對比度，逐次增加角度，每  $3^\circ - 5^\circ$  作一次測量，至對比度小於 5 時停止，此時便產生一系列之角度及對比之值，將其畫於座標之上，即得到 CR-viewing angle 圖，此角度越寬越佳。

### (4) 反應時間

當電壓加至 LCD 的電極時，通過 LCD 的光線 (亮度) 會改變，其改變至穩定的時間稱為光的反應時間 (response time)。其定義將詳細說明如下。如果在驅動電壓電源 off 時，其亮度 (接收到光的體積) 是 100%，而在驅動電壓電源是 on 時是 0%，當在驅動電壓電源開啟的瞬間，透過的亮度由 100% 改變至 10% 時，其間延遲的時間定義為「 $t_{on}$ 」。而驅動電源關閉的瞬間，當透過的亮度由 0% 改變至 90% 時，其間延遲的時間定義為「 $t_{off}$ 」。圖 21 是指多工驅動狀況下驅動電壓與光反應時間的關係。

$t_{on}$  及  $t_{off}$  之快慢是受液晶之黏性及 LCD 本身之 RC 延遲而影響。若反應速度太慢，則往往使畫面重疊，或有殘影產生。故 LCD 之反應速度， $t_{on}$  與  $t_{off}$ ，必須維持一定之水平。但是又因反應速度過快會造成閃爍現象，所以顯示時也須避免，並非越快越好。

LCD 的反應時間受到溫度影響的情形如圖 22 所示，因此在考慮 LCD 的規格時，必須將在環境溫度下的  $t_{on}$  及  $t_{off}$  的變化列入考慮。

## 5. 光電特性測定裝置

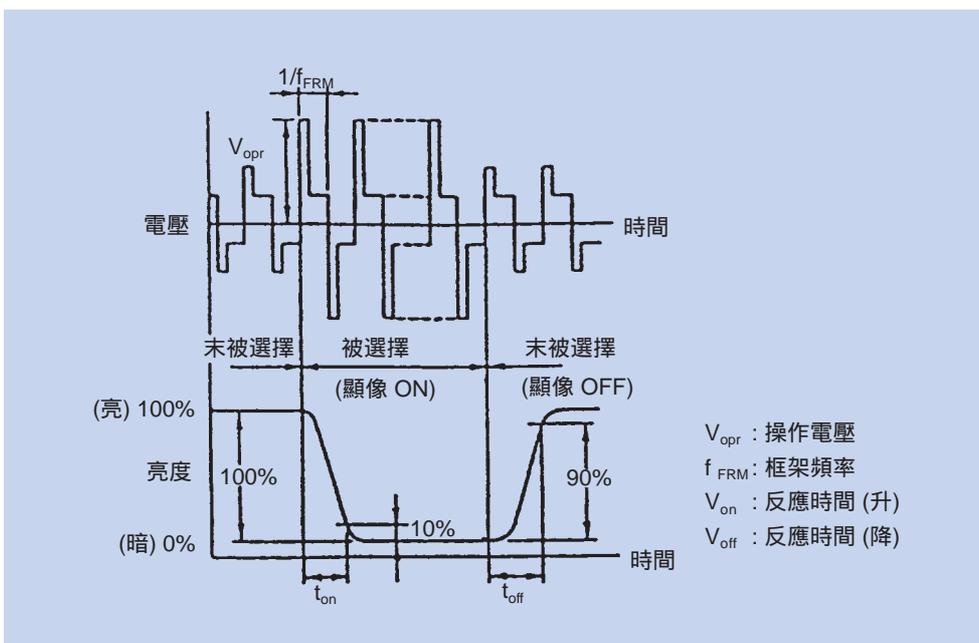


圖 21. 光電反應時間的定義 (多工驅動)。

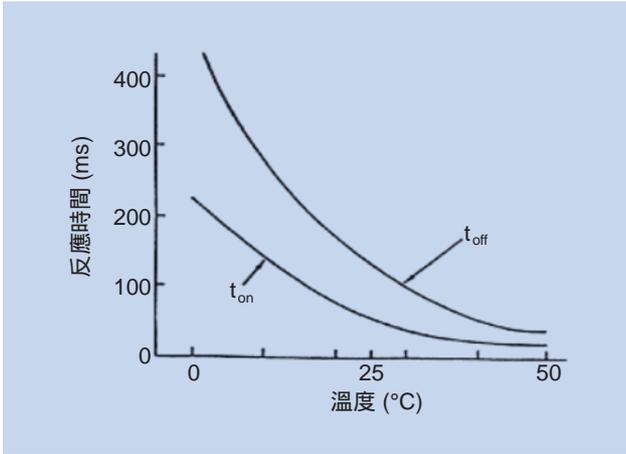


圖 22.  $t_{on}$ 、 $t_{off}$  對溫度間的光電關係圖。

市面上的光電特性測定裝置，大部分均同時具備上述之檢測功能。由於大部分的光電特性均會受到溫度的影響而產生變化，再加上產品有操作溫度的限制，因此，可控制低溫至高溫的溫槽也是這類檢測裝置的必要配備。

一般光電特性測定裝置為在溫槽中，對一定之光源，將待測之 LCD 回轉，同時測定其透過光及反射光之強度，對 LCD 之回轉角度之透過光強度、反射光強度作圖記錄，測定其顯示對比度及視角依存性、電壓依存性及反應速度等。目前市面上可測定顯示特性之裝置種類繁多，但大部分的構成均十分雷同，其簡略結構如圖 23 所示。

### 參考文獻

1. C. Mauguin, *Bull. Soc. Franc. Mineral*, **34**, 71 (1911).
2. C. H. Gooch and H. A. Tarry, *J. Phys. D.: Appl. Phys.*, **8**, 1575 (1975).
3. M. Schadt and W. Helfrich, *Appl. Phys. Lett.*, **18**, 127 (1971).
4. T. J. Scheffer, J. Nehring, M. Kaufmann, H. Amstutz, D. Heimgartner, and P. Eglin, *SID Digest of Technical Paper*, **XVI**, 120 (1985).
5. R. G. Stewart, *SID Seminar Lecture Notes*, M-5 (1996).
6. E. P. Raynes and C. M. Waters, *Displays*, **4**, 59 (1987).
7. P. A. Breddels and H. A. van Sprang, *J. Appl. Phys.*, **58**, 2162 (1985).

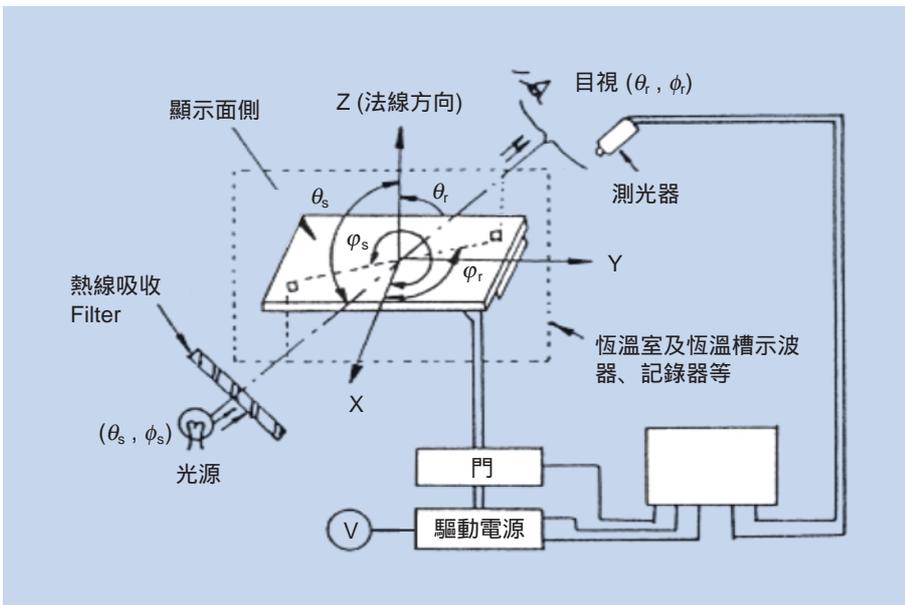


圖 23. 液晶元件光電特性的測量裝置。