

# 薄膜電晶體液晶顯示器用彩色濾光片概述

彩色濾光片為液晶顯示器中彩色化的一項重要且關鍵的零組件。雖然目前彩色液晶顯示器有 STN 與 TFT 之分，但就彩色濾光片而言，TFT LCD 用的彩色濾光片較具潛力及發展性。因此本文將著重於 TFT LCD 用彩色濾光片的製程以及各種不同構造的介紹。另外為因應目前 TFT LCD 低價化的趨勢，除了在製程上設法降低生產成本外，還可藉由新製程技術的開發，如 IPS、MVA、反射式 TFT LCD 等所用的彩色濾光片，提高產品的附加價值。

李孟銓、黃導陽

## 一、什麼是彩色濾光片

什麼是彩色濾光片 (color filter, CF)? 套用一句廣告詞：「液晶顯示器的世界在沒有彩色濾光片之前是黑白的，加入彩色濾光片之後，液晶顯示器的世界才是彩色的。」由此可知，彩色濾光片是液晶顯示器一項非常關鍵的元件。彩色濾光片的主要功用是將背光源發射出的白光轉換成紅 (R)、綠 (G)、藍 (B) 三原色的光，再透過液晶所產生的灰階效果，混合後形成各種色彩。圖 1 所示即為彩色 TFT LCD 顯示面板之結構與工作原理之示意圖。

---

李孟銓先生為國立成功大學化工碩士，現任劍度公司研發處工程師。

黃導陽先生為美國賓州州立大學材料博士，現任劍度公司研發處副總。

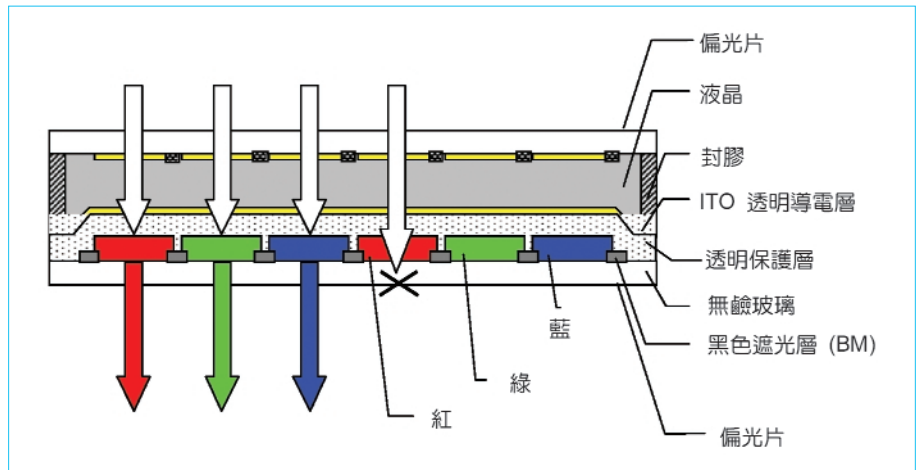
## 二、彩色濾光片基本構造

彩色濾光片是在玻璃基板上製作出許多紅、綠、藍的圖素，每三個圖素對應為液晶顯示器上的一個畫素 (pixel)。當白色背光通過這些圖素後，變成紅、綠、藍光，而構成三原色光。最基本的彩色濾光片其結構為玻璃基板 (glass substrate) 上製作防反射之黑色遮光層，亦稱為 BM 層 (black matrix)，再依序製作上具有透光性紅、綠、藍 (RGB) 三原色之彩色濾光膜層 (濾光層之形狀、尺寸、色澤、配列，依不同用途之液晶顯示器而異)，最後濺鍍上透明導電膜 (ITO)。其結構如圖 2 所示。

另外，目前在彩色手機應用市場仍佔大宗的超扭轉向列 (STN) 型液晶顯示器，其彩色濾光片結構如圖 3 所示。

TFT 與 STN 兩者一為主動式 (active)，一為被動式 (passive)，液晶驅動方式有很大差異。一般而

圖 1.  
彩色之 TFT LCD 結構。



言，STN 型彩色濾光片於最終濺鍍上的 ITO 導電膜必須圖形化 (pattern)，而 TFT 型之彩色濾光片上之 ITO 膜多為共通電極而不需圖形化。

### 三、彩色濾光片之製作方式

彩色濾光片有很多種製作方法，如顏料分散法、染色法、電著法、印刷法等。目前以顏料分散法為主流<sup>(1)</sup>，但因目前採用的旋轉塗佈方式對於顏料光阻液的使用較為浪費，且大型化量產設備成本較高。為降低量產門檻，因此有電著法、印刷法等方式被提出<sup>(2-4)</sup>。以色飽和度而言，染色法為最佳，但其耐光、耐熱性質均較差。印刷法的製造成本最低，但解析度及位置重現性較差。至於電著法，雖然具有可對應大面積量產、節省材料等優點，但除透光度較差外，對於畫素需因應不同客戶需求而改變的要求，也不容易達成。綜合上述考量，如表 1 所示不同製程之比較，目前顏料分散法仍為市場唯一主流製作方法。

圖 4 為顏料分散法之製造流程簡要之示意圖。

<sup>(5)</sup> 圖 4 的製造流程隨著基板尺寸逐步的增大，光阻旋塗以及曝光方式也會以不同的方式來進行。

最初光阻塗佈的方式是由中央滴下 (tube) 再加上旋塗 (spin coat)，演進至今成為狹縫式塗佈 (slit) 加上旋塗。其目的無非是為了降低光阻的使用量，來達到降低生產成本的考量。而未來基板尺寸的更大型化，將會造成旋轉塗佈的均勻性 (uniformity) 無法達到規格需求 ( $\pm 2\%$ )。另外，光阻的塗佈方

式也會進一步的達到更節省光阻的使用，而朝向僅使用狹縫 (slit) 塗佈的方式。表 2 僅列出三種不同塗佈方式所使用的光阻量。由表 2 可知，光阻的使用將因塗佈方式的改良而大大的提升其使用效率。

曝光方式目前多採用近接式曝光 (proximity)。近接式有採用一次曝光 (one shot) 及分段式 (two step) 兩種。一次曝光有生產速度快的優點，但基板尺寸朝大型化發展，光罩尺寸也同步放大，一方面製造不易，成本提高；另一方面，在曝光時光罩的彎曲 (bending) 程度也益趨明顯。因此四代以後的曝光方式有機會朝向分段式 (two step) 發展。分

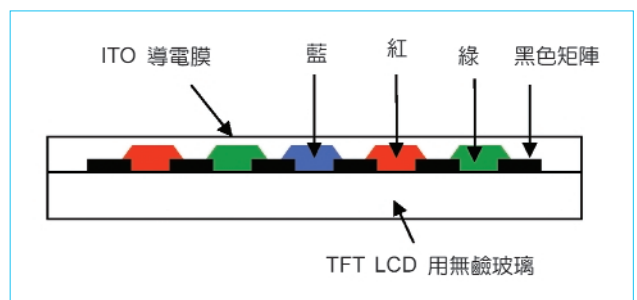


圖 2. 大型 TFT LCD 彩色濾光片結構示意圖。

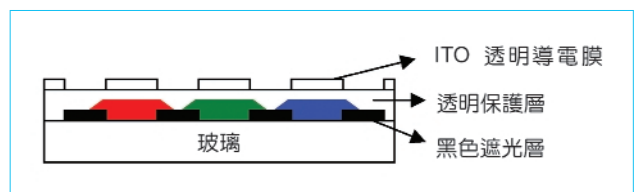


圖 3. 超扭轉向列型彩色濾光片結構。

表 1. 彩色濾光片不同製程之比較。

項目	染料		顏料		電著法	印刷法
	染色法	染料分散法	顏料分散法	蝕刻法		
樹脂	骨膠及壓克力	聚亞醯胺	壓克力	聚亞醯胺	聚脂	環氧樹脂
色素	染料	染料	顏料	顏料	顏料	顏料
分光性						
解析度	10 - 20 $\mu\text{m}$	10 - 20 $\mu\text{m}$	10 - 20 $\mu\text{m}$	10 - 20 $\mu\text{m}$	10 - 20 $\mu\text{m}$	50 - 70 $\mu\text{m}$
耐熱性	130 °C/hr	200 °C/hr	280 °C/hr	280 °C/hr	250 °C/hr	250 °C/hr
耐光性						
耐藥品性						
製程						
價格						

註： 佳 可 劣

段式雖然有速度慢及接縫處對準的問題，但光罩成本較低，且線寬的曝光均勻性不因彎曲而降低。

術，在微影蝕刻製程中又會產生高污染性的重金屬環境污染等問題。另外在環保需求的前提下發展環

#### 四、黑色樹脂

一般 LCD 用彩色濾光片的遮光層 (BM) 使用的基本材料是金屬鉻。由於含金屬的遮光層材料其反射率高，且成膜過程須使用高成本的真空成膜技

表 2. 不同塗佈方式光阻使用量粗略估計 (基板尺寸 1000 × 1200 mm)。

塗佈方式	Tube & spin coat	Slit & spin	Slit only
光阻塗佈量	150 cc/sheet	80 cc/sheet	2 cc/sheet

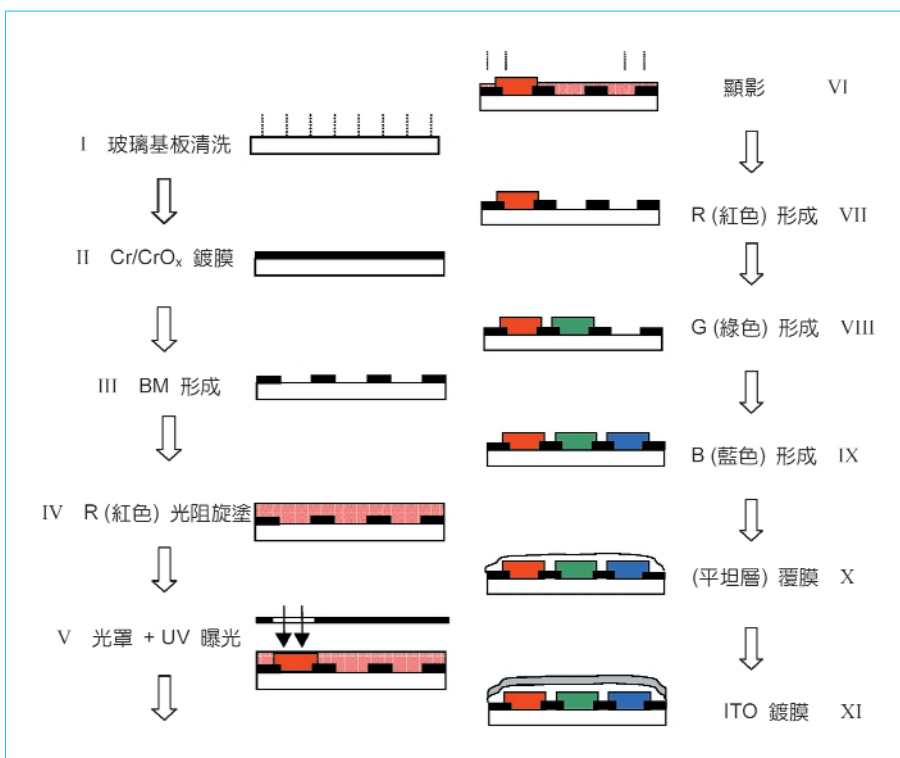


圖 4. 顏料分散法製造流程。

保型彩色濾光片，且在製造成本上，黑色感光樹脂遮光層之製作過程中僅需使用旋轉塗佈，不需採用高成本之真空濺鍍成膜技術，故可大幅降低彩色濾光片之製造成本。因此，未來採用符合環保需求的樹脂系遮光層將是勢之所趨。

另外，日立公司所推出的 IPS 技術亦需要應用樹脂 BM 來提升 TFT 對液晶的控制效果(圖 5)。主要是因為 IPS 是利用水平電場的方式來驅動液晶，水平電極的距離 (electrode gap) 遠大於兩片基板間間距 (cell gap)，因此電場會受到液晶和彩色濾光片的影響<sup>(6)</sup>。傳統金屬鉻膜的黑色矩陣具有導電性，除了水平電場外，亦會形成垂直方向電場，造成電場對液晶控制不足的現象，進而影響顯示品質。因此 IPS 必須利用樹脂系的黑色遮光層來做改善。

表 3 為一般金屬鉻膜 (Cr) BM 與樹脂 BM 的特性比較。儘管樹脂 BM 為未來趨勢所在，但 Cr BM 與樹脂 BM 的特性差異必須極小化，向 Cr BM 的優點靠近。以下是樹脂 BM 會面臨的幾個問題：附著性、OD (optical density) 值、膜厚。

### (1) 附著性測試 (百格測試)

將單位面積 (1 cm<sup>2</sup>) 的樹脂 BM 與 Cr BM 以刀片分割成等面積 (1 mm<sup>2</sup>) 的 100 個小方格，然後以 3M 膠布完全貼住測試片後再撕開，不能有脫落的情形，圖 6、7 為兩者之測試結果。

由樹脂 BM 的顯微鏡照片看來，均能通過要求。至於 Cr BM 部分，因其為金屬材質，本身較為堅硬，由 SEM 照片上面看來刀片無法將其分

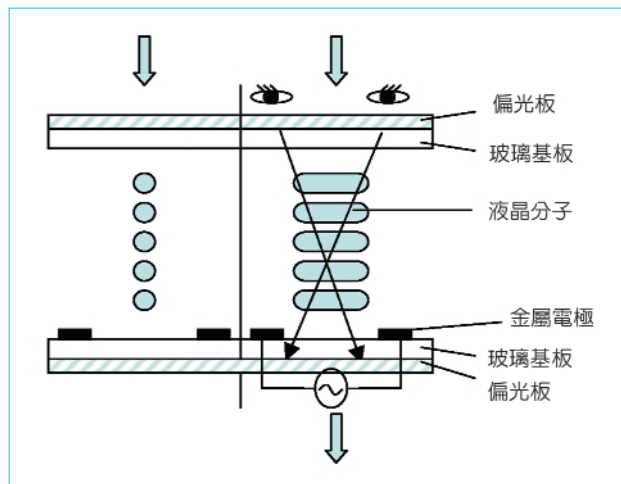


圖 5. IPS 動作模式。

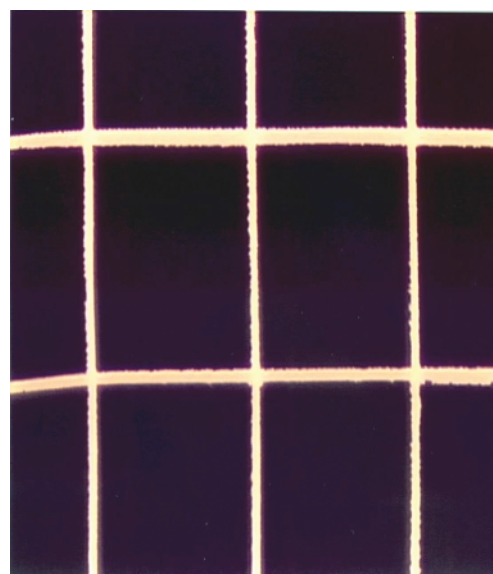


圖 6. 樹脂 BM。

表 3. 為一般金屬鉻膜 (Cr) BM 與樹脂 BM 的特性比較。

黑色遮光層	低反射 Cr 複合膜 BM	樹脂
材料	CrO <sub>2</sub> /CrN <sub>x</sub> /Cr	碳粉
方式	蝕刻	光阻塗佈
膜厚	0.17 μm	1 μm (標準厚度)
光學濃度 (OD)	> 4	3.2
反射率	3%	1.20%
線寬精度	± 2 μm	± 2 μm
附著性		
阻抗(熱、化學藥品)		
製程方式	Sputtering, Photolithography, Etching, Stripping	Resist coating Photolithography

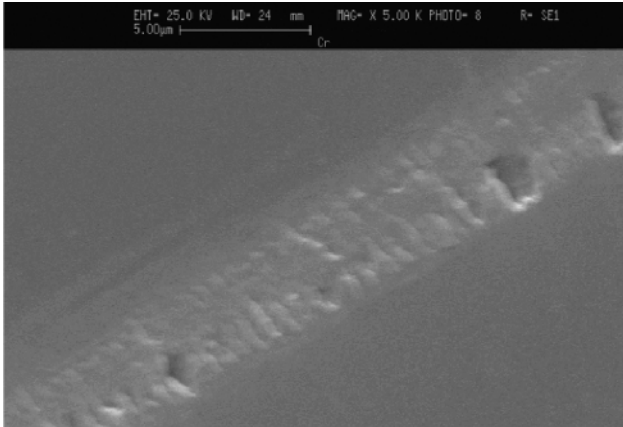


圖 7. Cr BM。

割。由圖 6、7 上來比較，雖然 Cr BM 的附著特性較樹脂 BM 為佳，但樹脂 BM 仍符合規格。

## (2) 樹脂 BM 膜厚與 OD 值的關係

由圖 8 所顯示看來，一般而言 BM 膜厚與 OD 值呈線性成長的關係。這表示隨著膜厚增加，樹脂 BM 對光的遮蔽性越佳。但這並不表示膜越厚越好。後續的紅 (R)、綠 (G)、藍 (B) 製程必須跨上 BM。而光阻厚度與色純度有關，且光阻厚度增加又會造成亮度降低。另外這也意味著光阻成本的提高。又假若紅 (R)、綠 (G)、藍 (B) 光阻僅與黑色光阻同高，後烘烤之後，光阻會有收縮產生。在兩者間接合處會造成漏光，使對比度降低。目前紅 (R)、綠 (G)、藍 (B) 三原色光阻厚度大約介於 1 - 2  $\mu\text{m}$  之間，在不改變其膜厚前提下，樹脂 BM 的規格落在 1  $\mu\text{m}$ 、OD 值 3。

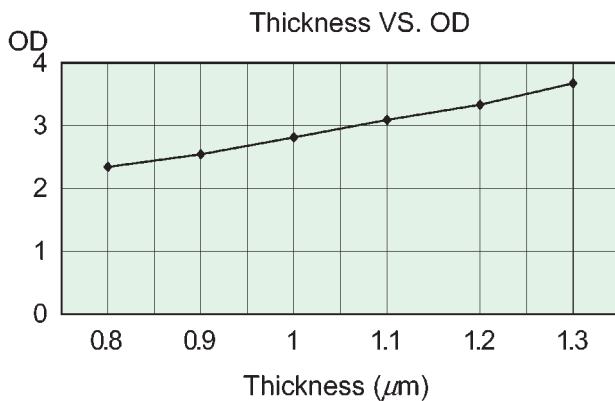


圖 8. 膜厚與 OD 值關係。

雖然未來黑色遮光層的趨勢是走向樹脂 BM，但是樹脂 BM 在製程上還有一些問題點需要克服：樹脂 BM 傾斜 (taper) 角度的控制，如圖 9 所示，因後續塗佈特性會受其影響。

製程寬容度 (window) 較窄 (相較於 R/G/B)，線寬控制不易。特別是曝光、顯影條件。高 OD 值即意謂不易曝光，必須透過製程上可更動的控制參數，與曝光條件作一最佳化。另外顯影寬容度，不論是顯影液濃度或是顯影時間控制，都對線寬影響相當顯著。除此之外，顯影條件控制不佳時，各種可能之色不均缺陷又會伴隨產生 (如圖 10、11、12)。

樹脂 BM 容易形成微粒 (particle，相較於 R/G/B)，容易造成狹縫 (slit) 阻塞。另外，市售樹脂 BM 出貨品質尚不穩定，製程參數仍需再做微調。市售樹脂 BM 生命期 (life time) 不長 (大約四個月)，需經常清潔塗佈機、輸送管線。

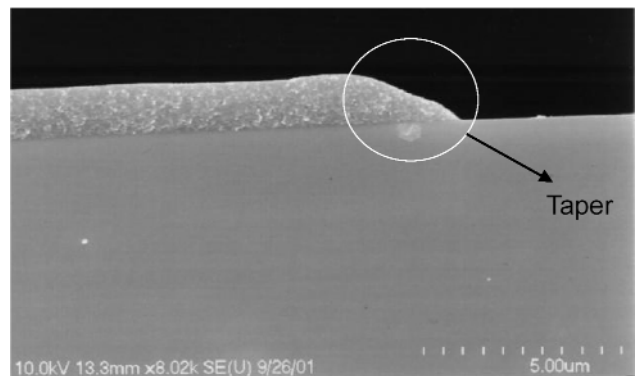


圖 9. 傾斜 (taper) 角控制。

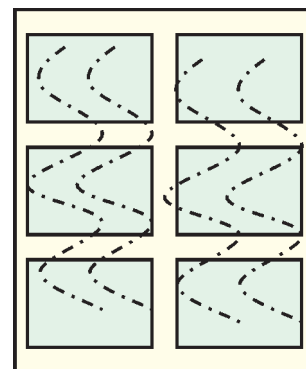


圖 10. 網狀 mura。

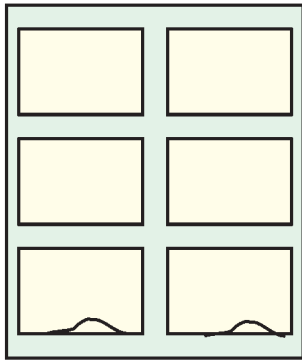


圖 11. 末端 mura。

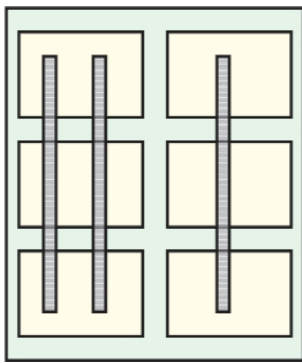


圖 12. 條狀 mura。

## 五、彩色濾光片未來趨勢

目前 LCD 的市場因取代傳統 CRT 顯示器的趨勢逐漸明朗化，市場正逐步的擴大，而彩色濾光片的生產線由 1 代、2 代、2.5 代，到目前 4 代，甚至是未來的 5 代線，不斷地朝向大面積化量產，以降低生產成本。玻璃母片尺寸從 1 代的  $300 \times 400$  (mm) 到未來 5 代的  $1000 \times 1200$  (mm)，表 4 為日、韓、台三地目前已量產或規劃中的 TFT 用彩色濾光片生產線。

隨著 2000 年液晶面版面臨龐大的降價壓力，佔面版成本 1 - 2 成的彩色濾光片當然亦面臨相當大的降價壓力。因此朝高附加價值的方向發展是必然的趨勢。以下有幾種方式。

### 1. 高解析度

目前一片十五吋 XGA 等級的面版報價二百美元左右，但是十五吋 UXGA 等級面板一片卻在二

表 4. 日、韓、台三地量產或規劃中之生產線。

廠商	基板尺寸 (mm)	基板或面板月產能概況
凸版印刷 Toppan	前 7 條	月產能合計共 110 萬片 (12.1 吋換算)
	$680 \times 880$	50 萬片 (12.1 吋換算)
	$680 \times 880$	50 萬片 (12.1 吋換算) 預定台灣南科建構中
大日本印刷 DNP	$620 \times 750$	5 萬片
	$760 \times 960$	50 萬片 (12.1 吋換算)
東麗 Toray	$370 \times 470$	6 萬片
ACTI	$650 \times 750$	5.5 萬片
	$730 \times 920$	50 萬片 (14.1 吋換算)
夏普	$680 \times 880$	約 3 萬片
日立	$560 \times 650$	約 4.5 萬片
N-STI	$600 \times 720$	4 萬片
三星電子	$600 \times 720$	約 4.8 萬片
	$750 \times 950$	約 5 萬片
奇美	$370 \times 470$	2.5 萬片 (STN 用)
	$620 \times 750$	3.5 萬片
	$680 \times 880$	建構中
和鑫	$620 \times 750$	6 萬片
	$620 \times 750$	4 萬片
劍度	$730 \times 920$ , $680 \times 880$	建構中
	$650 \times 750$	6 萬片

百五十美元以上，朝高解析度發展是一項增加附加價值的方案。對 CF 而言，高解析度意味著 BM 的線寬幅度需要縮小，如此一來，BM 線寬的精度控制就顯得相當重要。因此生產良率的維持就變得相對的關鍵！

### 2. 廣視角

傳統 TN type 的液晶顯示器有個先天上的缺陷，就是視角太小 (圖 13)。隨著觀看的角度由垂直朝向上下左右的方向偏移，會發現對比度逐漸降低，最後會出現灰階反轉的現象。此一現象乃是因為光線在到達第二片線性偏光膜時，並非處於  $90^\circ$  的線性偏極狀態所造成。貼光學補償膜是一種方式

<sup>(7)</sup>。但是成本高且改善效率為上下、左右 60° 不同方向觀看時，由於光線所經路徑不同，造成亮度不一的情況。對於彩色濾光片而言，此種改善方式並不影響其製作方式。

第二種方式是富士通開發出的 multi-domain vertical alignment (MVA)。其結構<sup>(8)</sup> 如圖 14 所示。針對 TN type 的缺陷，富士通公司提出了利用多區域垂直配向的方式，將液晶分子作多方向配向，讓光的行經路線趨於相同。其改善程度使視角上下、左右可達 160°。

相較於傳統 TN mode 彩色濾光片，MVA type 則必須再利用微影製程將三角形突起物成型於 ITO 導電膜上。其截面結構如圖 15、16 所示。且於 TFT 相對位置上亦需形成此一結構。右圖為其俯視圖。從結構上看來，突起物的材質必須具有高透光率，避免背光利用效率降低。

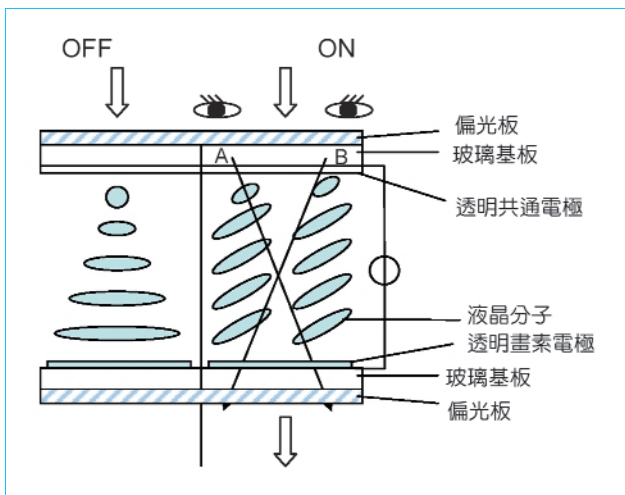


圖 13. 扭轉向列型 (TN mode)。

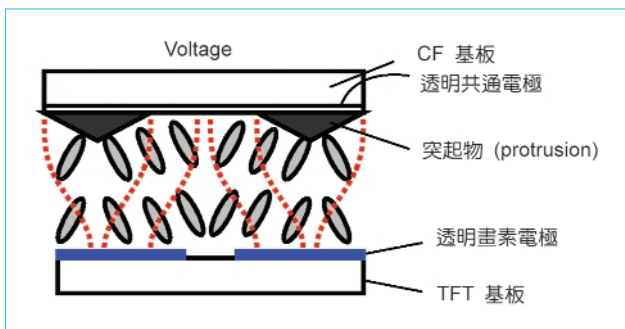


圖 14. MVA 液晶動作方式。

第三種方式為日立公司開發的 IPS mode (in plane switching)<sup>(9)</sup>，其結構如圖 17 所示。不同於富士通 MVA 的垂直配向，日立利用平行於基板方向的橫向電場使液晶呈現水平配列，來改善視角的問題。其改善後視角上下、左右亦將近 160°。IPS type 的彩色濾光片構造如圖 17 所示。

與 TN mode 主要差異在於 ITO 透明導電玻璃與透明保護層 (overcoat)，以及必須使用黑色樹脂。對 IPS 而言，兩片玻璃中間間距 (cell gap) 的控制相當重要，為維持間距的均勻性，而 overcoat 的主要目的就是平坦化。Overcoat 材料必須透明，且透光度要高。另外，ITO 透明導電膜則依所選擇

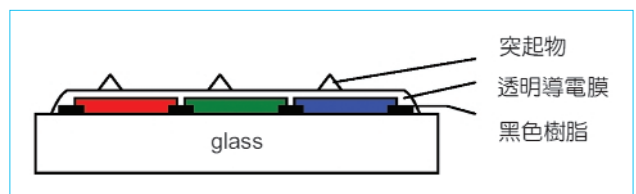


圖 15. MVA 型 CF 結構。

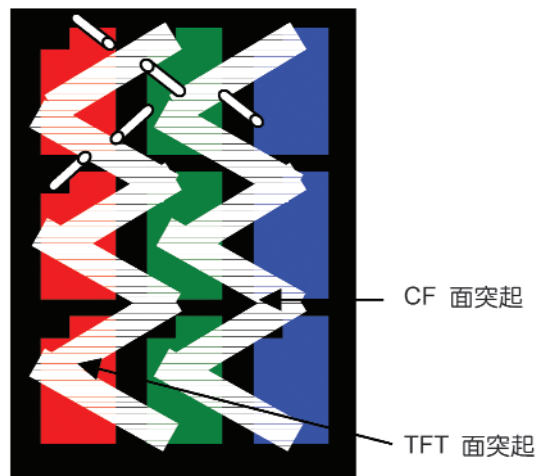


圖 16. MVA 型 CF 結構 (俯視圖)。

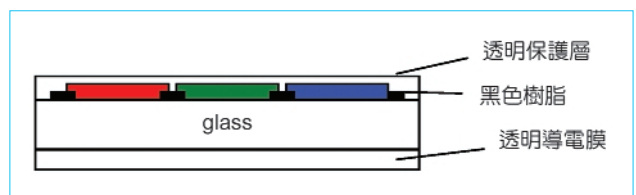


圖 17. IPS 的 CF 結構。

液晶種類而有所不同。原因是在彩色濾光片的量產過程中，容易產生靜電。若靜電未被導出，TFT 的水平電場無法完全驅動液晶，造成液晶旋轉不足的情況，進而影響到顯示品質。因此，ITO 導電膜的規格會因情況不同而不同。另外，IPS 的兩電極距離 (electrode gap) 遠大於液晶層厚度 (cell gap)，所以水平電場不僅受液晶影響，彩色濾光片亦會影響水平電場對液晶的控制。因此無法採用傳統導電性的金屬黑色遮光層 (Cr BM)，樹脂 BM 成了唯一選擇。

### 3. 反射式液晶顯示器

為延長電池使用壽命，並解決戶外充電不易的問題，反射式液晶顯示器利用外在光源反射作為顯示光源，省去耗電量大的背光源，達到此一目的。

對反射式液晶顯示器的彩色濾光片而言，與穿透式相比較應無二致。結構如圖 18，唯一不同處在於顏料光阻的使用必須是高穿透性。因為在顯示過程中，光線的行進路線必須經過兩次光阻再抵達人眼。為避免亮度降低，光阻的穿透度是一項重要的參數。

### 4. Color Filter on Array (COA)

結構如圖 19。彩色濾光片為 TFT LCD 之一關鍵零組件。對生產 TFT 面板廠商而言，降低生產成本及穩定關鍵零組件的來源相當重要，而 COA 將彩色濾光片直接做在 TFT 面板上，正好可以提供這兩項需求的解決方案。在製程方面，目前一般 TFT LCD 在上下兩面板進行貼合時，因不同原因造成對位上誤差，容易產生漏光現象。COA 的好處在於可解決上述問題。另外，此種設計也有助於提高開口率和亮度。但目前其製程良率尚低，對目前生產量率高的 TFT 面板造成浪費，未來是否成為主流，仍有待觀察。

## 六、結論

TFT LCD 為當今的明星產業，其與 CRT 的世代交替正迅速的進行著，預估在 2005 年時期總產值可望超過 600 億美元，將超過 DRAM 及晶圓代

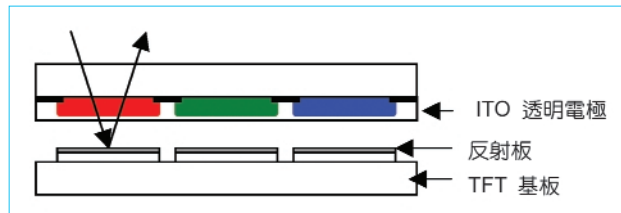


圖 18. 反射式結構。

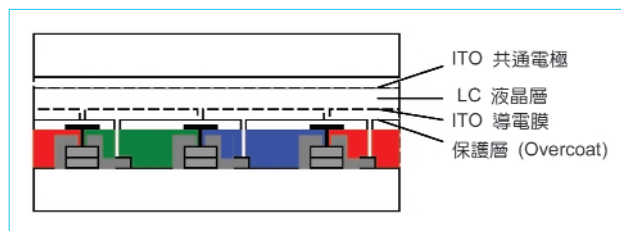


圖 19. COA 的結構。

工之總值。而彩色濾光片為其最關鍵的元件，因此必須配合新世代 TFT LCD 顯示技術不斷的進步更新，所以對於相對應之 CF 產品之開發，如低反射高阻抗、高遮光率的樹脂 BM 的開發、高精度高機械性質的 photo spacer CF 的開發，以及符合更廣視角所需的各種高附加價值 CF 的發展，國內 CF 業者都必須迎頭趕上日韓的腳步，方能協助 TFT LCD 業者共同打造台灣成為平面顯示器之王國。

### 參考文獻

1. 彩色 LCD 用濾光片技術發展與市場專輯, 工業材料系列叢書 8 (1995).
2. 牛昭文, 電著 微影彩色濾光片, 工業材料, 114, 75 (1996).
3. 溫俊祥, 電著微影法彩色濾光版應用與前途, 工業材料, 156, 92 (1999).
4. LCD 彩色液晶顯示器原理與技術, 陳連春編譯, 建興出版社, 233 (2000).
5. 曾福勝, 黃導陽, 彩色濾光片之製程技術與發展趨勢, 電子與材料, 8 (11), 43 (2001).
6. H. Asuma *et al.*, Electrical Characteristics of Black Matrix for Super-TFT-LCDs, IDW, 167 (1997).
7. 吳龍海等, 平面液晶顯示器光學補償膜, 工業材料, 140, 127 (1998).
8. 楊俊英, 我國液晶顯示器之產業動向, 工業材料, 140, 69 (1998).
9. I. Shimizu *et al.*, The Next Generation Color Filter Manufacturing Technology and Color-Filter-less LCD - IPS-TFT-LCD and Resin Black Matrix -Advantages and Issues.