

液晶顯示器廣視角技術之發展

Progress of Wide View-Angle Technology in TFT-LCD's

莊敏宏

Miin-Horng Juang

相較於傳統液晶顯示器，雖然使用多區塊垂直對齊模式與平面式切換模式技術需要不同的設計規則與結構，然而對於大尺寸的顯示器產品，諸如在電視 (LCD-TV) 方面之應用，當考慮 TFT-LCD 產品之效能時，MVA 與 IPS 技術在市場上之佔有率更形重要。就 MVA 技術而言，在目前大尺寸 TFT-LCD 產品市場中，因其具有廣視角、高對比、高亮度、及短切換時間等特性，且成本低，故已成為市場中的主要 TFT-LCD 技術之一；而在不斷開發新技術下，動畫影像品質、亮度、及視角特性均獲大幅改善，而能運用於大尺寸 TV 市場。另一方面，IPS-LCD 模式也是目前製造大尺寸 TFT-LCD 的主流技術之一，新的製造技術也被研發，來改善其反應速度及其他特性。本文係就 LCD 廣視角技術之發展作一分析說明。

As compared to conventional liquid-crystal-display apparatus, the usage of multi-domain-vertical-alignment (MVA) mode and in-plane switching (IPS) mode would need different design rule and structure. However, taking into account the products with larger size than 17 inches or high performance, such as the applications in TV, both the MVA and IPS technologies become increasingly important in the market. In terms of MVA technology, it can achieve wide-view-angle (WVA) characteristics, high contrast, high brightness, short switching time, and low cost. Hence, MVA has become one of the main technologies in large-size TFT-LCD's. In addition, with the progress of new techniques, the motion picture quality, the brightness, and the view-angle characteristics have been largely improved. Thus, MVA TFT LCD's become available for the application to LCD-TV. On the other hand, IPS mode is also one of the main technology in large-size TFT LCD's, new fabrication technology have been continuously innovated to improve the response time and other display characteristics. In the article, we would explain the progress of the wide view angle technology in TFT LCD's.

一、引言

繼美國 RCA 公司於 1986 年首先將液晶顯示器 (liquid-crystal-display) 使用於攜帶型電子錶，日本製造商進而傾力開發，擴大功能應用領域後，LCD 挾其輕薄短小、大幅減少擺放空間，以及其耗電量僅及一般 CRT 顯示器的百分之十、沒有輻射、畫面不會閃爍等特點，在平面顯示器系統中獨占鰲頭。在大尺寸 TFT-LCD 的產品運用上，包括筆記型電腦、LCD 監視器以及 LCD 電視等，其中又以筆記型電腦與 LCD 監視器為主。根據 Display Search 所公布的調查結果，2000 年筆記型電腦佔大尺寸應用比重約 71%，LCD 監視器為 24%，兩者加總已佔整體大型面板運用領域的 95%。其中令人矚目的是，LCD 監視器取代 CRT 監視器的腳步幾乎超越業者當初的預期，加上由於面板價格不斷的下滑，造成 LCD 與 CRT 監視器價差愈來愈小，LCD 監視器所佔 TFT-LCD 產品應用市場已超越筆記型電腦，並且持續快速的成長；2002 年出貨量將可達 2602 萬台，較 2001 年的 1576 萬台成長幅度高達 65%。就長期產業發展趨勢而言，TFT-LCD 市場的發展應是無庸置疑的。

在全球 TFT-LCD 面板製造市場部分，全球主要液晶顯示器面板供應地區分別為日本、韓國以及台灣，而基於成本考量以及避開個人電腦相關面板的激烈競爭，近幾年日本已逐漸朝非電腦領域發展，因此策略性的停止擴充產能、出售生產線或尋求合併等動作，皆有助於台灣提昇面板製造市場的佔有率。過去數年以來，TFT-LCD 市場呈現快速的成長，其理由之一，係由於 TFT-LCD 廣視角與發明製造技術之顯著進步。而目前在監視器方面之應用，以 LCD 取代 CRT 呈現快速的進展。在加速平面化趨勢與 CRT 替代效應下，視訊領域、資訊領域、及可攜式產品領域，平面顯示器的需求與日俱增，前景可期。而由於 LCD 技術及缺點的克服，對於 PDP 所主要佔有的大尺寸螢幕的市場，也漸能搶攻一席之地。隨著大型 TFT-LCD 面板低價化，如何降低成本成為廠商重要課題。因此，著手持續開發及改良製程技術，為提昇競爭優勢之必經之路。其中，提昇廣視角技術為研發重點之一。

在許多應用於獲得廣視角特性的顯示模式中，三個主要方法，包括補償膜 (compensation film)、多區塊垂直對齊模式 (multi-domain vertical alignment, MVA) 及平面式切換模式 (in-plane switching, IPS)，是主要的商業化技術。若使用補償膜技術，面板結構不需改變，所以在 17 吋以下的產品，此技術佔有率高。然而，對於 17 吋以上之產品，雖然使用 MVA 與 IPS 技術需要不同的設計規則與結構，當考慮 TFT-LCD 產品之效能時，諸如在電視 (LCD-TV) 方面之應用，MVA 與 IPS 技術在市場上佔有率更形重要。

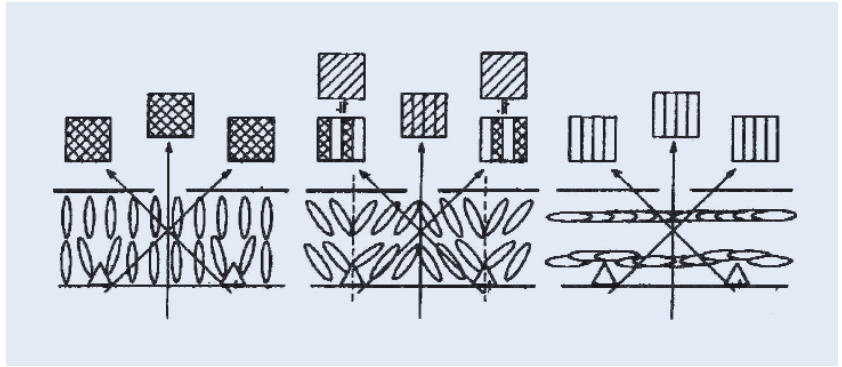
對於視角特性的定義，在最大角度的情況下，大致歸類滿足下述幾個特性：(1) 在一定量的灰階數目中，無灰階反轉的情形出現；(2) 比某一參考對比值有更高的對比值；(3) 在一定量的色彩偏移範圍內；(4) 在一亮度變化範圍內。在此，擬就 MVA、IPS 及其他廣視角技術之發展做一說明分析。

二、MVA 技術

1. 垂直對齊模式的液晶顯示裝置

為改善 TN 型 (twisted nematic) LCD 裝置之對比 (contrast ratio) 與視角特性 (view angle characteristics)，將一具負介電常數各向異性 (negative dielectric constant anisotropy) 之液晶置入第一與第二基底之間，並在基底上進行一垂直對齊之製程；如此一來，當不外加電壓時，液晶的排列幾乎是垂直的；而當施加一預定電壓後，液晶的排列幾乎是水平的；而若施加一小於該預定之電壓時，液晶的排列則是傾斜的。在此，一區域控制方法提供在第一基底上，其係為控制當外加電壓小於預定電壓時之液晶排列方向。該區域控制方法係具一結構來改變第一基底與液晶之接觸面成為一在第一基底上的斜面；當不施加電壓時，液晶排列幾乎是垂直於斜面；而當外加電壓時，鄰近液晶的排列方向是由斜面處的排列方向來決定。圖 1 顯示這種垂直對齊模式的操作情形。一垂直對齊的液晶排列可有效的提供一良好的視角特性，且具有高對比與操作速度⁽¹⁾。

圖 1. 垂直對齊模式液晶顯示器的操作情形。



垂直對齊運作模式的 LCD 具有高對比，而若再進一步改善其視角特性，則可應用於桌上型顯示器。一技術係具備有第一與第二基底，在第一基底上形成圖案化之第一電極，而在第一電極上覆蓋有第一分子配向膜 (molecular alignment film)；且在第二基底上形成圖案化之第二電極，而在第二電極上覆蓋有第二分子配向膜。在第一與第二分子配向膜間置入一液晶層，其至少包含負介電常數各向異性之液晶的液晶混合物，以使液晶分子在無外加電壓

的情形下，其排列係垂直於第一基底表面。而在液晶面板之兩側，分別配置有第一與第二極化元件，該液晶混合物有一介電常數各向異性之值介於 -3.8 與 -2.0 之間。藉此技術之配置，其可改善視角特性、提高對比、改善電壓維持比 (voltage holding ratio)、減小液晶層中殘餘的直流電壓 (residual d.c. voltage) 及改善反應速度。圖 2 顯示電壓維持比 (量測於 70°C) 及液晶層中殘餘的直流電壓 (量測於 50°C) 與 $\Delta\epsilon$ 之關係。由圖可見當 $\Delta\epsilon$ 小於約 4.5 之時，可獲得一高於 95% 的電壓維持比，並有一小於 0.3 V 的殘餘的直流電壓於液晶層中。圖 3 顯示依此技術所獲得的視角特性⁽²⁾。

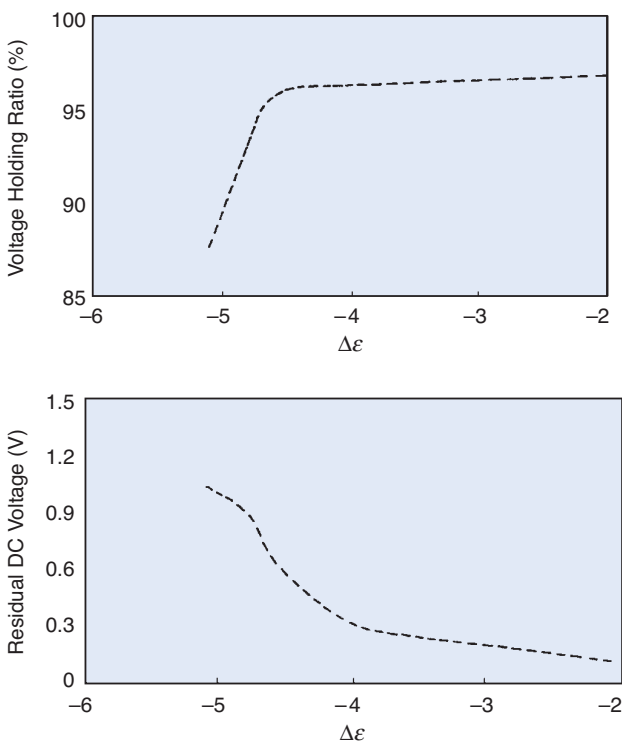


圖 2. 電壓維持比及液晶層中殘餘的直流電壓與 $\Delta\epsilon$ 之關係。

2. 具有延遲膜之垂直對齊模式運作之液晶顯示裝置

習知的垂直對齊模式 LCD 技術可提供高對比，然而其視角特性、反應速度、無色彩偏移及亮度等仍需改善，以應用於桌上型顯示器。此一具有延遲膜之垂直對齊模式運作之液晶顯示裝置係具備有第一與第二基底，在第一基底上形成圖案化之第一電極，而在第一電極上覆蓋有第一分子配向膜；且在第二基底上形成圖案化之第二電極，而在第二電極上覆蓋有第二分子配向膜。在第一與第二分子配向膜間置入一液晶層，其至少包含負介電常數各向異性之液晶的液晶混合物，以使液晶分子在無外加電壓的情形下，其排列係垂直於第一基底表面。而在液晶面板之兩側，分別配置有具第一光吸收軸之第一極化元件與具第二光吸收軸 (其垂直於第一光吸收軸) 之第二極化元件，且其液晶層之延遲的最佳化係介於 80 至 400 奈米之間。藉本技術之配

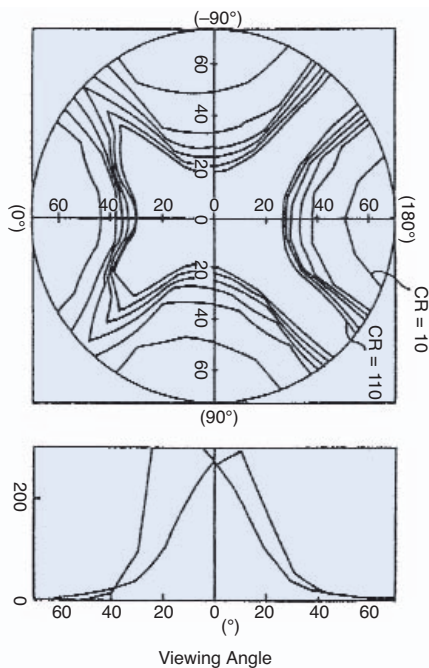


圖 3. 此技術所獲得的視角特性。

置，其可實現一高對比、獲改善之視角特性、無色彩偏移及高反應速度之垂直對齊模式的液晶顯示裝置。此外，該液晶顯示裝置可進一步包括第一與第二延遲膜 (retardation film) 分別配置於第一間隙 (第一基底與第一極化器之間) 與第二間隙 (第二基底與第二極化器間)，而第一與第二延遲膜分別具有正光雙折射性與負光雙折射性，且第一延遲膜配置成比第二延遲膜較接近液晶面板。在本專利技術中，藉著使用第一與第二延遲膜，該液晶顯示裝置之視角特性可獲實質的改善，而把第一延遲膜配置成比第二延遲膜較接近液晶面板，更可進一步強化其視角特性改善之效果。在如上述之液晶顯示裝置中，可於至少在第一間隙與第二間隙其中之一，配置一具光雙軸性之膜，來獲得廣視角特性。圖 4 顯示出未配置有延遲膜之液晶顯示裝置之視角特性，而圖 5 則顯示當配置一延遲膜於一液晶顯示裝置中，其視角特性獲得明顯的改善⁽³⁾。

3. 多區塊的垂直對齊模式之液晶顯示裝置

習知的 TN 型 LCD 技術在處理其視角問題時，其方法係將每一像素 (pixel) 分割成許多區塊，而每一區塊具有的液晶分子排列方向不同，此

稱為分割的對齊區塊結構 (divided alignment domain structure)。而當其施以分割成兩區塊其具有相反排列方向於外加電場時，一邊界區域會被形成，而該區域的液晶分子，即使外加電場時，仍維持在水平排列的方向，而引起 bright disclination line。在此，一多區塊的垂直對齊模式技術，係將上述 TN 型之分割的對齊區塊結構之方法應用於垂直對齊模式 LCD，可以改善其視角特性。此技術係具備有第一與第二基底，在第一基底上形成第一電極，而在第一電極上覆蓋有第一分子配向膜；且在第二基底上形成第二電極，而在第二電極上覆蓋有第二分子配向膜。在第一與第二分子配向膜間置入一液晶層，其至少包含負介電常數各向異性之液晶的液晶混合物，以使液晶分子在無外加電壓的情形下，其排列係垂直於第一基底表面。而其液晶層包含一第一區塊，其在外加電場時，液晶分子排列於一第一方向，另一第二區塊，其在外加電場時，液晶分子排列於一第二方向，而另一第三區塊，其在外加電場時，液晶分子排列於一垂直於第一與第二之方向。藉此技術之配置，垂直對齊模式之液晶顯示裝置之視角特性可獲得實質的改善。而且，由於第三區塊之液晶分子，其在外加電場時，液晶分子排列

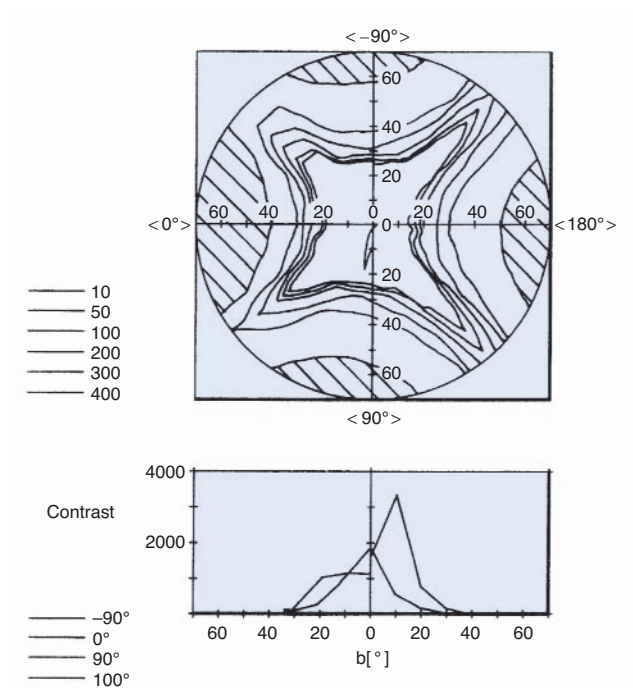


圖 4. 未配置有延遲膜之液晶顯示器之視角特性。

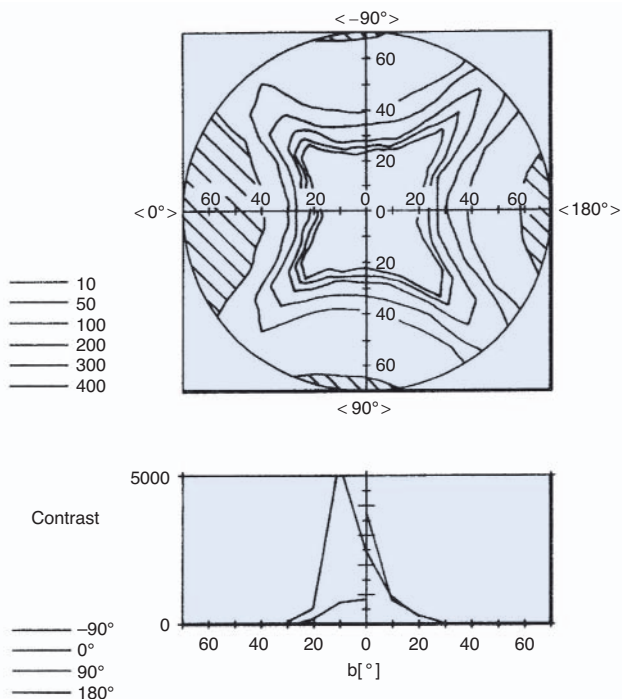


圖 5. 配置一延遲膜於液晶顯示器中之視角特性。

於一垂直於第一與第二之方向，因此不會與第一或第二區塊之液晶分子產生干擾，故此技術可提供一具有高反應速度之垂直對齊模式之液晶顯示裝置。圖 6 顯示出這種液晶顯示裝置在非活化態與活化態時液晶分子的排列狀況。而此技術之液晶排列區塊的形成，係由下列製造技術的程序，其包含在第一分子配向膜上重複性地形成平行帶狀的第一與第二磨區 (rubbing region)，使其第一磨區與第二磨區的方向呈現相反；而在第二分子配向膜上，重複性地形成平行帶狀的第三與第四磨區，使其第三磨區與第四磨區的方向呈現相反。當組合第一與第二基底時，從垂直於基底的方向來看時，使第一與第三磨區彼此完全重疊，而使第一與第四磨區做部分重疊。依此技術，藉由控制在第一與第二配向膜之磨區，第一、第二及第三區塊之液晶層可穩定與可靠地形成⁽⁴⁾。

就 MVA 技術而言，可以前述所討論的技術改善傳統 TN 型缺點。除此之外，若以傳統填充液晶技術，需要相對長時間填充液晶之 VA 模式液晶面板，而新的滴填技術 (drop filling technology) 可良好地運用於 MVA 技術，可使其液晶填充時間變短

且有利於面板設計。滴填技術之發展，有助於降低成本並消除對液晶顯示裝置之尺寸限制，而使大尺寸液晶顯示裝置之製作可以很好地被實現。此外，MVA 亦可實現一無需研磨 (rubbing) 的製程，更使製造時間縮短並降低成本。此 MVA 技術之最佳化後，確可提供廣視角、無色彩偏移、高對比、短切換時間的顯示器特性，是下世代的液晶顯示器的主流技術之一。更進一步而言，在未來成長可期的 TV 市場中，亮度、廣視角與動畫影像的問題對 MVA 模式的 LCD 顯示器來說，是重要而需解決的技術，而一些設計與技術，如特殊形狀的狹縫設計 (slit design)、photo spacer、新的驅動方法及 CAD 最佳化輔助設計等，均有助於達成這些目標，實現大尺寸、高效能的液晶顯示器。另外，像是閃爍的背光源 (blinking back light) 等一些已知或待研發的方法，均有助於改善動畫的問題⁽⁵⁾。

三、IPS 技術

1. 魚骨狀電極結構

就一 IPS 技術而言，其外加的電場係平行於基底，而其共同電極與像素電極可分別配置為平行地形成並有一實質地於魚骨頭形狀 (herring bone shape)；其中具有第一與第二顯示區域分別形成於共同電極與像素電極之間，且配置於骨頭形狀的轉折點之一側與另一側，其中第一與第二顯示區域之面積相等。當實質平行於基底表面的電場施加於共同電極與像素電極之間時，第一與第二顯示區域中液晶分子的排列方向會往不同的方向移動，因此，對應於不同視角之色彩偏移可獲得補償⁽⁶⁾。

2. 鋸齒狀電極結構

第一個 IPS-TFT-LCD 在 1996 年於市場上推出，其主要由 normal, straight-inter-digital 的電極結構所組成。而後，一鋸齒狀的新電極 (稱為 S-IPS) 更進一步被運用來改善視角特性，其技術特徵為一陣列基底，其包含一閘電極、一閘極線、一共同線，以及具有鋸齒狀 (zig-zag) 結構的共同電極 (common electrode)；一閘絕緣層形成於整個基底的表面，及主動層 (active layer) 與歐姆接觸層 (ohmic

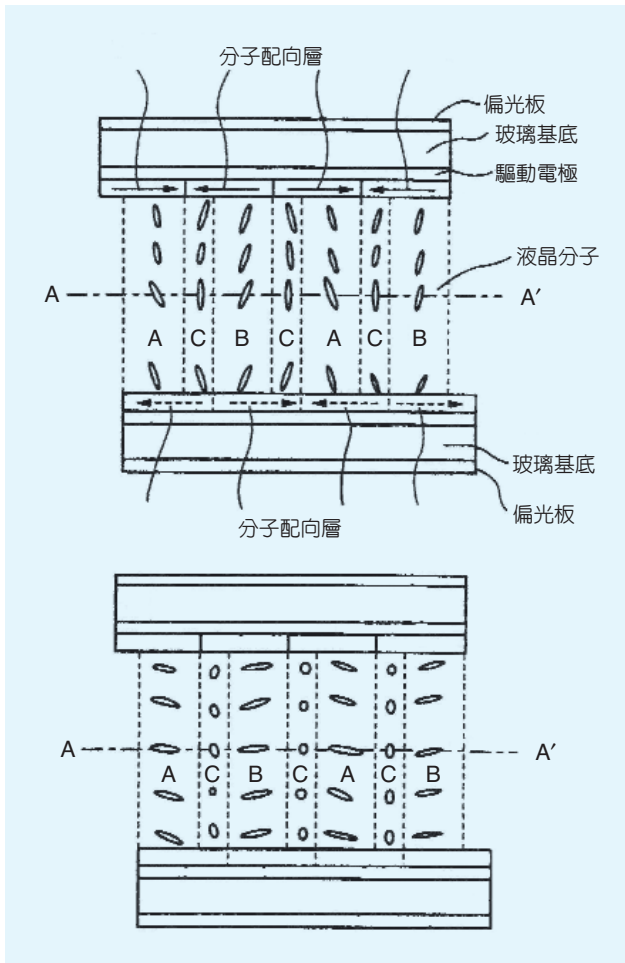


圖 6. 多區塊液晶顯示裝置在非活化態與活化態時液晶分子的排列狀況。

contact layer) 再覆蓋其上，再形成源極和汲極電極。此時，一資料線形成於閘絕緣層上，一覆蓋層覆蓋整個基底表面並有一汲極接觸孔；而複數個像素電極以鋸齒狀或彎曲形狀形成於覆蓋層上。這些像素電極對應於共同電極並彼此相隔離，且其具有複數個彎曲部，而每個彎曲部之內側部份被填滿有導電材料。由於彎曲部控制液晶分子之一旋轉的方向，所以此技術之 IPS 液晶顯示裝置可具有廣視角並能防止色彩偏移及亮度衰減^(7,8)。

3. IPS 之其他輔助技術

與傳統 TN 型之液晶顯示裝置相比，IPS-LCD 需要較大的功率消耗，此係因 IPS-LCD 上的指狀電極不透光以及基底上之 black matrix 的影響，而

使其開口率 (aperture ratio) 較低，故需消耗較大的功率以驅動背光源，來達到與 TN 型 LCD 相當的亮度特性 (luminance characteristics)。另外，IPS-LCD 之顯示亮度均勻性 (uniformity of display luminance) 也較差，此係因其亮度特性之臨界電壓是與胞元間隙 (cell gap) 間的液晶層之厚度成反比，故胞元間隙之不均勻會造成顯示亮度的不均勻；所以，開口率必須增大以減少功率的損耗，而胞元間隙也需較均勻以提高對比，故新技術不斷被開發以改善其特性⁽⁹⁾。此外，新的驅動技術與胞元結構 (cell structure) 也被研發，以改善動畫品質 (motion picture quality) 與明亮影像 (bright image)。此外，降低液晶混合物的黏滯性以及結合新的驅動方法可有效的改善切換時間特性 (switching time characteristics)；由於 IPS 技術在灰階 (gray level) 間的切換時間特性相對較固定，所以其 over-driving 的設計與其他廣視角技術相比來得較容易⁽¹⁰⁾。另外，一 feed-backward overdrive technology 可用來改善 IPS-LCD 之反應速度，以符合動畫影像之顯現效果⁽¹¹⁾。此外，雖然相較於 TN 模式，IPS 已可抑制 color tracking，但其偏移長度 (shift length) 仍然很大，故一種 authentic color IPS 技術被發展來更進一步改善 color tracking。除此之外，改善 IPS 面板組裝製程的一些新技術也已被發展，像是非接觸製程 (non-contact process)、光對齊技術 (photo-alignment)、類鑽石碳 (diamond like carbon) 與離子束對齊方法 (ion beam alignment)、滴填技術 (drop filling)、post spacer technology (後隔離島) 等。而提昇 IPS 技術之明亮度的方法，諸如增加開口率而保有影像品質、fringe field switching (邊際場切換)、finger on plane、transparent inter-digit electrode 等⁽¹⁰⁾。對前瞻性的 IPS 技術而言，還有許多的技術改進之處，而 IPS-TFT-LCD 也成為未來平面顯示器主要且有潛力的技術之一。

四、其他相關技術

除前述各種技術之外，一種 ASV-LCD 技術 (advanced-super-view) 也被採用，其排列結構係為 CPA (continuous pinwheel alignment) 模式，具有良

好的視角特性，而基本上也是一種垂直對齊模式，但是當外加電場時，液晶分子會向次像素電極傾斜，因此其排列幾乎是對稱軸式 (axial symmetric alignment) 的排列方式。由於其結構類似傳統的 TN 型，故可得到高透光性，且因是對稱軸式 (azimuth) 的排列，故無 disclination line 出現；而其動畫特性也可藉由面板各部分之最佳化設計，而得到小於 16 毫秒之反應時間，也可由採用閃亮的背光源來改善動畫影像；而其用 CPA 模式與一 SHA (super high aperture) 技術，則可獲得高亮度。此技術的電極結構簡單，故具高製造性，並可實現一廣視角、高對比、高亮度、及反應速度快之液晶顯示裝置⁽¹²⁾。

另外，像是 FFS-LCD 技術可用來增加 IPS-LCD 之開口率及透光性，其包含以一預定胞元間隙之距離來相間隔之上基底與下基底，並置入液晶層於其中；在下基底之內表面上形成由透明導電材料所構成之相對電極 (counter electrode) 與像素電極，且相對電極 (counter electrode) 與像素電極之間的距離係小於上述預定之胞元間隙；藉此，包含垂直分量之邊際場 (fringe field) 可形成於上下基底之間。而傳統 FFS-LCD 之問題，像是相對電極與像素電極間所存在的閘絕緣層和覆蓋層，造成絕緣層厚度的增加，而導致儲存電容之減少，並進而降低電場強度等問題，也都需要進一步的技術改良，以提高其效能且保有廣視角特性⁽¹³⁾。

五、結論

前述之 MVA 技術，在目前大尺寸 TFT-LCD 產品市場中，以其能達到廣視角、高對比、高亮度及短切換時間等特性，並因成本低，故已成為市場中的主要 TFT-LCD 技術之一。而在不斷開發新技術下，動畫影像品質、亮度、及視角特性均獲大幅改善，而能運用於大尺寸 TV 市場。另一 IPS-LCD 模式也是目前製造 TFT-LCD 的主流技術之一，新

的製造技術也被研發，來改善其反應速度及其他特性。然而，就大尺寸的顯示器或 TV 的市場而言，包括像 PDP、OLED (有機發光二極體)、有機 EL (electroluminescence)、FED (field-emission-display、場發射顯示器) 等，都是極具潛力的競爭產品，技術不斷更新，成本也在降低中。而 CNT (carbon-nano-tube，奈米碳管) FED，以其可能做到薄輕、耗電量低、與 CRT 相同的畫面品質及低成本，故也被認為是在平面顯示器方面極具潛力的大尺寸顯示器技術。然而，對 LCD 相關技術而言，由於廣視角技術之改良與其他相關技術不斷的創新，而使得成本降低並提高產品效能，故液晶顯示器在未來產品市場上，依舊佔有重要的地位。

參考文獻

1. T. Tomohiro, *et al.*, *JP patent No. 11242225* (1999).
2. H. Tsuda, *et al.*, *US patent No. 6151003* (2000).
3. K. Ohmuro, *et al.*, *US patent No. 6281956* (2001).
4. T. Sasaki, *et al.*, *US patent No. 6288762* (2001).
5. K. Okamoto, *International Display Manufacturing Conference (IDMC)*, 143 (2003).
6. S. Asada, *et al.*, *US patent No. 5745207* (1998).
7. T. Aoyama, *et al.*, *US patent No. 2003/0043327* (2003).
8. W. G. Youn, *et al.*, *US patent No. 2002/0036743* (2002).
9. M. Ando, *et al.*, *US patent No. 6356330* (2002).
10. K. Kondo, *IDMC*, 147 (2003).
11. D. Nakano and T. Minami, *International Display Workshop (IDW)*, 211 (2002).
12. Y. Yamada, *et al.*, *IDW*, 203 (2002).
13. T. Y. Min, *et al.*, *US patent No. 2003/0098939* (2003).

莊敏宏先生為國立交通大學電子研究所博士，現任國立台灣科技大學電子系教授。

Miin-Horng Juang received his Ph.D. in electronic engineering from National Chiao Tung University. He is currently a professor in the Department of Electronic Engineering at National Taiwan University of Science and Technology.