

行動電話彩色面板顯示技術 發展與市場概況

吳耀庭* 劉鴻達**

工研院工業材料研究所

*高分子界面工程技術部 副研究員

**鴻揚光電股份有限公司 總經理

摘要

夏普於99年12月領先全球推出手機用彩色STN LCD，2000年，迅速在日本掀起手機彩色化風潮，短短三年時間，手機面板在日本幾乎已達百分之百彩色化。如今，這股潮流正向世界各地蔓延，而彩色面板的顯示技術，也不斷推陳出新，除了PM LCD外，還有AM LCD及OLED，本文將介紹各種彩色手機面板顯示技術及市場發展概況。

關鍵詞

被動式 LCD(PM LCD)；主動式LCD(AM LCD)；有機發光二極體(OLED)

前言

隨著無線通訊傳輸速度的提升，進入2.5G、3G的行動電話，功能不再只是語音溝通或文字簡訊發送，更提供了圖片傳輸、動畫功能與播放短片等相關多媒體應用服務（圖一），在這股風潮的推波助瀾下，手機正掀起從單色顯示進階到彩色顯示的革命，加上彩色面板技術逐漸成熟、供應商增

加，市場競爭日趨熱絡，長期而言，價格可望持續走低，2003年起，多數手機大廠已將彩色機種視為主力，甚至全線新產品都採用彩色面板。

雖然灰階手機目前仍佔有相當的市場比例，但在彩色手機降價速度增快後，市場佔有率大幅提升是可期待的。根據 Nikkei Market Access的調查報告預測，2003年全球搭載彩色LCD螢幕的手機（包含PHS）出貨估計約

可達 2.1億支，較2002年成長134%，佔全球手機總出貨量的 47%。

目前手機彩色面板，主要以被動式超扭轉向列液晶顯示器(CSTN LCD)及主動式液晶顯示器(TFT or TFD LCD)為主，二者在彩色手機市場之面板供應比率約為 6:4，而搭載OLED顯示器的手機，雖然現在仍為少數，但卻是各手機面板大廠積極開發的新世代技術，未來市場潛力不容輕視。

被動式LCD

手機用被動式LCD一般包含單色(MSTN)及彩色(CSTN)LCD，單色STN LCD具有省電、產品成熟、價格成本較低等優點，但只能顯示單調的黑白灰階畫面。而彩色STN LCD則多加了彩色濾光片(圖二)，雖然成本較單色STN LCD高，但可以做彩色畫面顯示，且與主動式LCD及OLED比較，仍具有上述優勢。

彩色STN-LCD在彩色顯示功能上，在多家廠商的積極研發之下，顯色能力已由256色大幅提升至6.5萬色的水準，其中Sharp和日本印刷共同研發改進彩色濾光片特性，來增強色濃度與色彩的再現性，而Seiko Epson則是沿用在彩色印表機上所使用的軟體技術，宣稱可達到26萬色的水準。

但由於STN LCD對動態畫面轉換的反應較慢及解析度提升上的瓶頸，雖然彩色STN LCD廠商正持續發展高應答速度產品，但是在TFT LCD價格

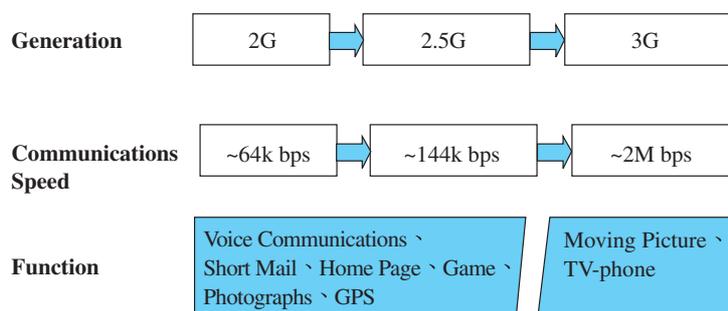
下滑的趨勢下，未來彩色STN LCD市場擴展相對受較大限制，佔有率飽受威脅。

主動式LCD

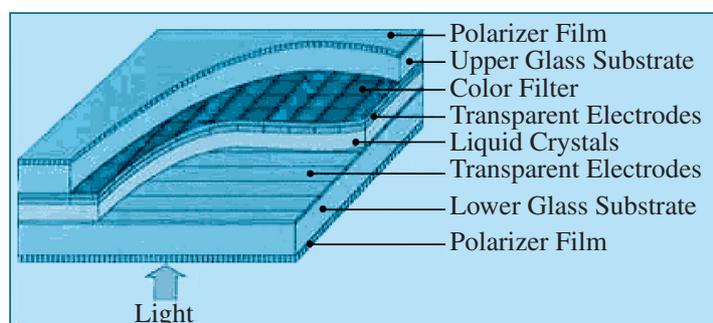
主動式LCD的技術主要可分為：TFD(Thin Film Diode)、a-Si TFT(Amorphous Silicon TFT)及LTPS TFT(Low Temperature Poly Silicon TFT)三類。

1. TFD LCD

Seiko Epson為TFD LCD主力研發廠商，其針對行動電話應用市場所發展的MD-TFD(Mobile Digital-thin Film



▲圖一 無線通訊傳輸速度提升與手機功能的擴充



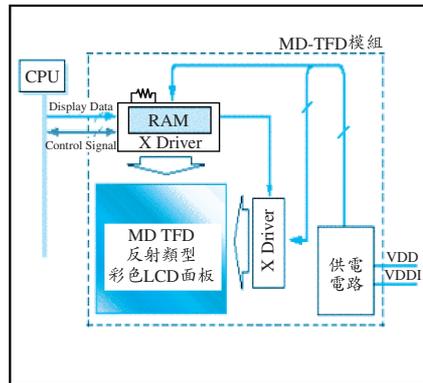
▲圖二 彩色STN LCD結構圖

Diode)技術，強調功能上媲美TFT LCD，耗電量亦介於 TFT與 STN兩者之間，製程上則較a-Si TFT技術簡單，成本相對也較低。在降低耗電量上，Seiko Epson除了致力在LED背光效能的提升外，在顯示技術設計上，採LCD模組中內建SRAM保留螢幕之顯示資料(圖三)，待機時可讓LCD單獨顯示，再搭配高效能電路設計及調整驅動 LCD 的脈衝寬度，以產生灰階的

驅動方式，大幅降低耗電量。此外，待機期間使用者尚可選擇更省電的低顯示線條數設定，進一步提高電能的使用效率(表一)。

顯示品質方面，在解析度技術上已可達到200ppi的水準；而色彩表現功能上，Seiko Epson更採用其原來使用在印表機的顏色調變(Epson Color Modulation)軟體技術，使原本 4096色的顯示設計，可展現出相當於260K的顏色；在色彩再現性上，則藉由彩色濾光片與LED背光的最佳化設計，甚至可達到約60% NTSC規範。

▶圖三 Seiko Epson的MD-TFD 模組區塊圖



2. a-Si TFT LCD

非晶矽TFT LCD的技術發展亦已臻成熟，2001年開始搶進手機面板市場，非晶矽 TFT LCD雖然可以符合手機多媒體動畫及圖片下載等功能要求，但在耗電量的部分，則是各大廠商持續努力改善的重點，目前TFT LCD運用新驅動技術及驅動IC之改良，將耗電量由數十mW降至數mW。其中Sharp開發出新的驅動方式，可以使非晶矽TFT LCD的耗電量降低至3mW以下，而 NEC則推出整合 Source、Gate以及Power IC的單一晶片組(圖四)，以大幅降低TFT面板之耗電量，期望最終可達降至1mW之目標。此外，不少業者計畫在未來推出全畫面顯示時5~10mW、待機時1~2mW之電力消耗，在色彩顯示品質上，則以26萬色取勝於TFD的4096色，期待在產品應用市場上做一區

表一 2.0吋MD TFD LCD與STN LCD顯示特性比較

項目	規格	
類型	MD TFD LCD	STN LCD
對角線長度	2.0 吋	2.0 吋
點數	132×RGB×162	120×RGB×160
顯示色彩	4096~260k色	256 色
對比 (反射模式下)	20:1	14:1
耗電量 (BL off)	1 mW Typ. (32 條線部分顯示時) 2.5 mW Typ. (文字顯示時) 4 mW Typ. (彩色靜止影像顯示時)	0.3 mW Typ. (24條線部分顯示時) 2.0 mW Typ. (全畫面顯示時)

整理自Epson ED Journal

隔。

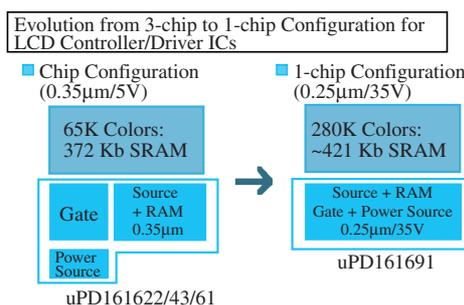
此外，手機用 TFT LCD 螢幕的顯示模式大多採內建背光源半反射式 (Transflective)，在明亮環境下可利用環境光源取代背光，提高電能的使用效率，半反射式在結構設計上通常有二種型式，一為採用半反射膜的結構 (Half-mirror Structure)，另一為將畫素電極分為反射與穿透二種區域，後者的顯示品質優於前者；但若搭配一般的彩色濾光片，在反射與穿透兩種顯示模式的影像品質勢必無法兼顧，為了克服此一難題，發展出 Multi-color-filter 與 Multi-gap Structure 二種技術 (圖五)，讓反射與穿透區域分別對應到不同穿透度與色飽和度的彩色濾光層及液晶層厚度，使反射與穿透兩種顯示模式的顯像品質，可取得一致性的最佳化。

3. LTPS TFT LCD

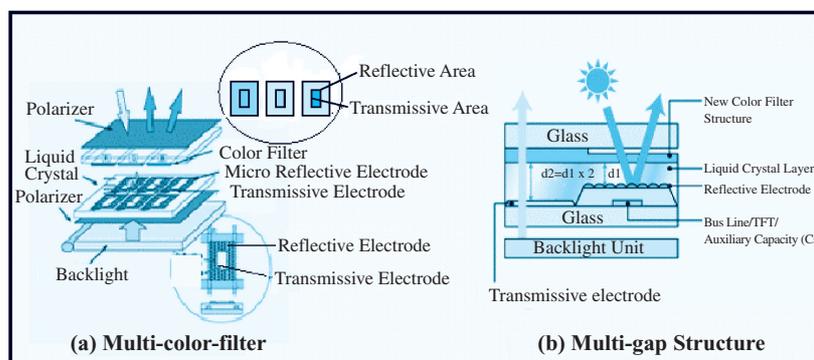
低溫多晶矽 TFT LCD 技術的競爭優勢在於高解析度、高畫質顯示技術的應對能力，一般人使用手機時，眼睛與螢幕距離約 40~50 公分，此種距離範圍內，若要達到人眼無法查覺畫素點距的細緻畫面水準，通常要 200ppi 以上的解析度，以 2 吋的螢幕大小為例，需做到 240x320 (QVGA) 的顯示規格，而 a-Si TFT LCD 技術在高解析度的追求上，會導致開口率下降，使亮度變低，同時畫素密度提高後，出線接點太密集，在超

過 150ppi 以上高解析度，對 a-Si TFT LCD 有製程上的瓶頸 (圖六)。而 LTPS 因具較佳的電子移動性，TFT 元件可設計的較小，可保有較高開口率，同時部分驅動線路可整合於玻璃基板上，大幅降低面板出線接點數，製程上較容易控制。因此，對畫質有高標準要求的高階手機產品，是 LTPS TFT LCD 最具競爭力的市場。

另外，LTPS TFT 面板具有發展系統顯示器 (System Display) 的潛力，例如：Toshiba 利用 LTPS 技術製作的反射式 TFT LCD，在 R.G.B 反射電極下各



▲圖四 NEC 的 Source、Gate、Power IC 的單一晶片組整合方案



▲圖五 Multi-color-filter 與 Multi-gap Structure 之結構

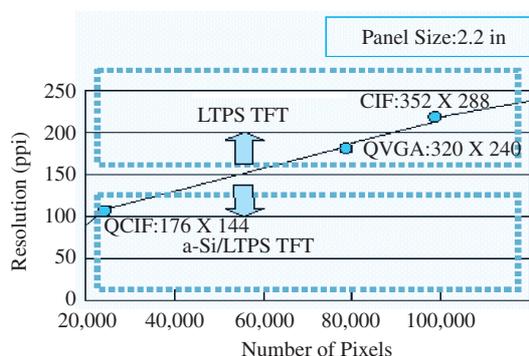
內藏1位元的記憶體（圖七），可顯示8種顏色，2.1吋面板在顯示靜態影像時，只需耗費1.4mW電力，對電力節省有相當大的幫助。而Sharp則積極開發比LTPS TFT性能更好的「CG Silicon」(Continuous Grain-Silicon)低溫製程技術，除了週邊和驅動電路外，希望更進一步將一些功能元件，如：數位類比轉換器(DAC)、放大器(Amplifier)、時序產生器(Timing Generator)，乃至於信號處理器都整合到顯示面板，來達到高功能、超輕薄及低耗電量的新世代手機面板（圖八）。

OLED技術

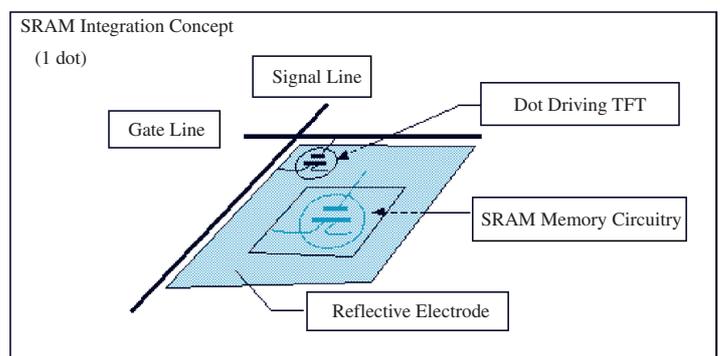
有機EL若依使用的有機薄膜材料來區分，可分為「小分子材料」(Molecule-based Device)材料與「高分子材料」(Polymer-based Device)。小分子OLED材料的合成與純化較PLED簡單，其材料特性較PLED易掌握，惟熱穩定性與機械性質則以PLED較佳。製

程上，小分子OLED採加熱蒸鍍方式來蒸鍍多層有機膜材，設備投資金額較高；PLED可採溶液旋轉塗佈方式塗膜設備成本較低。小分子OLED在全彩顯示器製作上較容易，高分子在紅、綠、藍三畫素的獨立定位較困難，噴墨定位方式是目前較具可行性的作法。

在驅動方式方面，亦可分為被動矩陣(Passive Matrix)與主動(Active Matrix)兩種。被動方式的構造比較簡單，有助於降低生產成本，但無法做到高解析度，掃描線數上限約為240條。此外，因為被動方式是採用循序驅動掃描的方式，如果想要維持各畫素的發光時間，就必須在瞬間對畫素注入大電流，對於耗電量與壽命方面，均會形成瓶頸。而主動方式，採用獨立的TFT進行驅動，較適合作高解析度的顯示，不過因有機EL使用電流驅動，低溫多晶矽TFT因具有較高的驅動電流能力與較佳的元件可靠度，



▲圖六 超過150ppi以上高解析度，LTPS TFT 取代 a-Si TFT 的必要性



▲圖七 Toshiba利用LTPS技術製作畫素內藏記憶體的結構

可使OLED驅動電壓下降，增加OLED元件壽命，一般認為較非晶矽TFT適合用於驅動OLED。

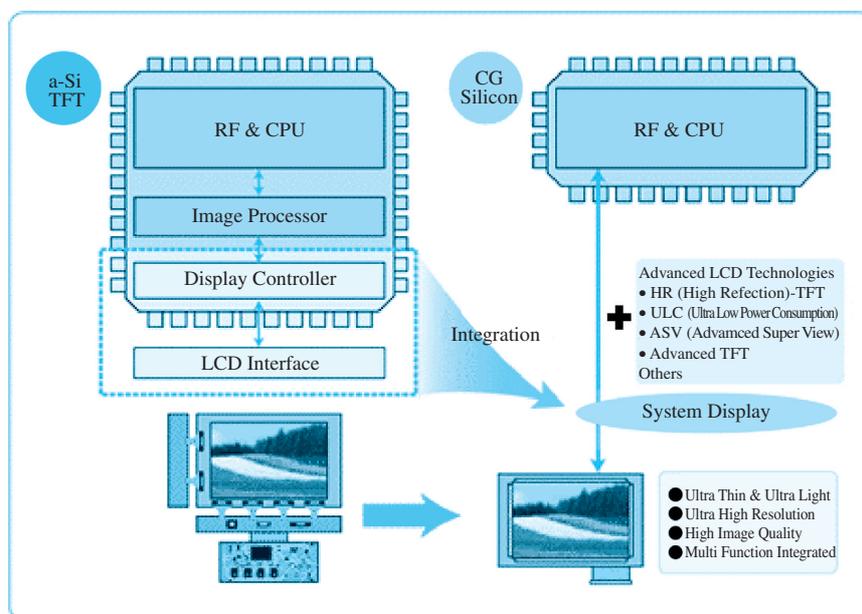
OLED為自發光型顯示面板，具有輕薄、廣視角、高速應答之優點，被認為是下一代顯示技術，其未來市場發展潛力相當大，但技術上仍有發光效率、耗電量及材料壽命等問題需克服。目前，OLED在手機面板市場的應用，以被動式OLED作為雙螢幕手機的次螢幕為主，2002年全球總計售出370萬台以上的被動矩陣式OLED次螢幕手機，預估今年度將攀升到1000萬台以上，而以OLED為主螢幕機種者將達到300萬台。

國內外廠商動態

根據Displaysearch的調查報告顯示，2003上半年整體（單色+彩色）手機面板市場，出貨量的前三位依次為：Epson(21.7%)、SDI(20.2%)及Philips(15.1%)，國內廠商僅有STN大廠勝華(5.1%)排名第五位；若單就主動式LCD手機面板市場來看，則前十名都為日、韓大廠。而IDC預估，2005年全球手機出貨量將達5.48億支，其中3.43億支將是彩色螢幕，佔有率將達62%以上，相較於PC市場每年1.2億台規模，手機彩色螢幕市

場必然是各面板廠商的兵家必爭之地。

日本廠商中以長期專注於中、小尺寸顯示器的Seiko Epson的佈局最為完整，從STN、主動式LCD（TFD、LTPS）延伸到新興的OLED另一液晶顯示器大廠Sharp除了大幅加碼中、小尺寸面板產能外，並預計將高附加價值的系統液晶面板導入市場。東芝與松下合組的TMD則計畫提高手機用低溫多晶矽技術的TFT液晶面板產能，預計於2004年4月達到月產500萬片（換算為2吋者）的規模。日立Displays則是因應日本行動電話市場顯示主流，已推進至QVGA(240×320)等級，因此決定開始生產在高解析度相對有利的LTPS面板。此外，三洋和Pioneer則是



▲圖八 Sharp的「CG Silicon」System LCD技術

►圖九 鴻揚光電採用單一面板設計可做雙面顯示的UDI(Ultra Duplex Image)技術



致力研發OLED技術，三洋並於2002年10月推出KDDI旗下第一款行動通訊用3G手機。

韓國雙雄三星與LG.Philips，亦積極佈局中、小尺寸LCD市場，在五代線產能開出後，將二代及三代線轉為生產中小尺寸面板，搶進彩色手機面板市場，其中三星除了以其獨家的UFB(Ultra Fine & Bright)液晶顯示面板技術，強勢進軍彩色手機面板市場外，亦與日本NEC攜手合作，投入OLED技術的生產、開發。

國內投入彩色手機面板開發的TFT LCD廠商主要有友達、華映、統寶及奇美；而STN LCD廠商除了各自積極佈局彩色STN市場外，亦以聯合向TFT LCD面板廠開模的方式，切入供應TFT LCD手機面板的行列。此外，國內光電產業的生力軍—鴻揚光電(m-Display Optronics)，則是著力於手機面板顯示技術的設計開發，推出自有專利的半反射式(Transflective)液晶顯示模組，與適用於摺疊式雙螢幕手機的UDI (Ultra Duplex Image)顯示技

術(圖九)，未來計畫以TFT段委UDI(Ultra Duplex Image)技術外代工的方式，投入彩色手機面板的生產。而鍊寶、光磊、東元激光等廠商則是專注於OLED技術開發，鍊寶估計2003年摺疊式手機的次面板出貨量可達700萬片以上，2004年則可望呈數倍成長；光磊則將在今年推出1.1~3.8吋的6.5萬色全彩OLED面板，積極搶攻手機面板彩色化的市場需求。

結論

目前，彩色STN LCD為手機用彩色面板主流技術，未來仍將以其價格優勢，保有一定的市場佔有率，而主動矩陣式LCD(AMLCD，包含TFD、TFT與LTPS)則挾著快速應答、高解析度、高對比等較優異的顯示性能，成為中、高階彩色手機市場的主力，至於OLED因處於技術發展期，短期內市場的能見度仍有限。

參考資料

1. R. Watanabe, O. Tomita, "Active-Matrix LCDs for Mobile Telephones in Japan", Information Display 7/03, pp30 ~ 35.
2. EPSON ED JOURNAL Vol.20(2001/4)、Vol.21(2001/6)
3. NEC Electronics, Innovation channel Vol.02, "LCD Driver ICs-Keeping pace with the ever-changing mobile phone"
4. TOSHIBA Co., Ltd網站：<http://www3.toshiba.co.jp>
5. SHARP Co.,Ltd 網站：<http://sharp-world.com>