



從 IDW 2004 看軟性顯示器的發展

— 應用各式軟性顯示器技術開發之產品已呼之欲出

王興龍
工研院電子工業研究所
平面顯示技術組 工程師

摘要

軟性顯示器具有輕、薄、可撓曲性等特質，適用於可攜式產品，其量產適用連續式生產製程，因此有利於降低生產成本及提高產率。由於各研究單位競相投入軟性顯示器研究行列，相關研發已經從萌芽期進展到起飛期，不論高階及低階產品皆有其相對應技術，技術面已接近到位，應用各式軟性顯示器技術開發之產品已呼之欲出。

關鍵詞

軟性顯示器(Flexible Display)

簡介

International Display Workshops (IDW)與Society for Information Display Symposium (SID)為顯示器界每年最重要的兩個國際會議，IDW 04'於日本魚米之鄉同時也是許多顯示器相關材料廠匯集的新瀉縣(Niigata)舉辦，雖然新瀉剛歷經大地震的災難，新幹線還在搶通當中，不過仍然吸引大量的產、學界人士前往參與。

在 IDW 04'當中總共分為 11 個 Workshop 與一個 Topical Session，大部分與軟性顯示器相關的論文發表在 Workshop on Active Matrix Display 的 Organic TFT Technologies 與 Flexible Display 這兩個 Program 裡，今年特別的 Topical Session 更是直接以 Electronic Paper 為題，全部討論關於具雙穩態的非自發光軟性顯示器，統計與軟性顯示器相關論文 Oral Presentation 共有 25 篇，Poster 共有 22 篇，足見軟性顯示



器在IDW 04' 所受到重視的程度。

圖一為IDW 2004發表軟性顯示器相關技術整理，左邊為被動式(Passive Matrix; PM)軟性顯示器，右邊為主動式(Active Matrix; AM)軟性顯示器，以液晶做為顯示介質的有：b, d, f, g, i, j, k, l, m；OLED為顯示介質的有：e, n；電泳顯示器(Electrophoretic Display; EPD)為a, h。依顯示介質分類可以發現，以液晶做為顯示介質的研究佔了大多數。原因為液晶顯示器技術已用於量產多年，其技術相對之下較為成熟，因此較多研究著重於使用現有液晶技術導入軟性顯示器產品製程。以發展單位來看，日本NHK分別以Ferroelectric LC (FLC)、PDLC-OTFT、OLED-OTFT三種展品共7篇論文佔最大比例，可見其在軟性顯示

器研發上投注的能量。工研院電子所發表四篇軟性顯示器相關論文，其中包含4.1" QVGA膽固醇液晶(Cholesteric Liquid Crystal; CLC)軟性顯示器以及64×128 OTFT LCD。顯示器研發大廠Philips在軟性顯示器上亦有4篇論文發表，除了將在SID 04' 發表使用E-ink與SiPix的EPD搭配OTFT製做4.7" QVGA顯示器做一系列撓曲性的可靠性測試，另外值得注意的是使用噴墨印刷技術(Ink Jet Printing; IJP)製做單基板液晶顯示器，為顯示器新製程提供一些新的思維。其他令人注目的包括Sharp發表3.3" QVGA a-Si TFT軟性顯示器⁽¹⁾，具有高色彩飽和度，相關特性與製作在玻璃基板之TFT LCD相差無幾，但是厚度只有玻璃產品的1/2，重量只有玻璃產品的1/3，至此

市場瞭望台

2004 電子紙的產品開發

編輯室

利用個人電腦或PDA等閱讀新聞、雜誌、論文等的大環境儼然已形成，甚至可以閱讀到與新聞、雜誌、論文一模一樣的pdf檔。然而綜觀週遭，事實上，新聞、期刊、書籍並未從我們的身邊大量消失，甚至紙的用量有增無減，為什麼？這是因為不管是使用個人電腦、筆記型電腦或PDA閱讀，都比紙張的使用麻煩太多，大家似乎還在等待更方便的顯示媒體出現。

電子紙遂成為有力的候補者，所謂電子紙是指像紙一樣薄，只有數十厘米厚，利用電氣手段進行資料顯示與消除的一種可以彎曲的顯示器，乍看之下，在Clear file中好像有紙存在，比液晶顯示器容易看，而且還有重量輕、耗電小的優點。換言之，電子紙為具有紙與電子顯示器優點的下一代反射型顯示媒體而備受矚目。

人們對電子紙顯示機制的研究由來已久，到了LCD技術發展起來以後，才逐漸被人們所淡忘。直到最近，顯示器的發展逐漸邁向簡單、辨識性高等的趨勢，而這些特性又是LCD技術所缺乏的，卻是電子紙的優點，電子紙才又復活起來。

最早提案“電子紙”的公司雖然已無法考究，但從報章雜誌等媒體得知的有兩家公



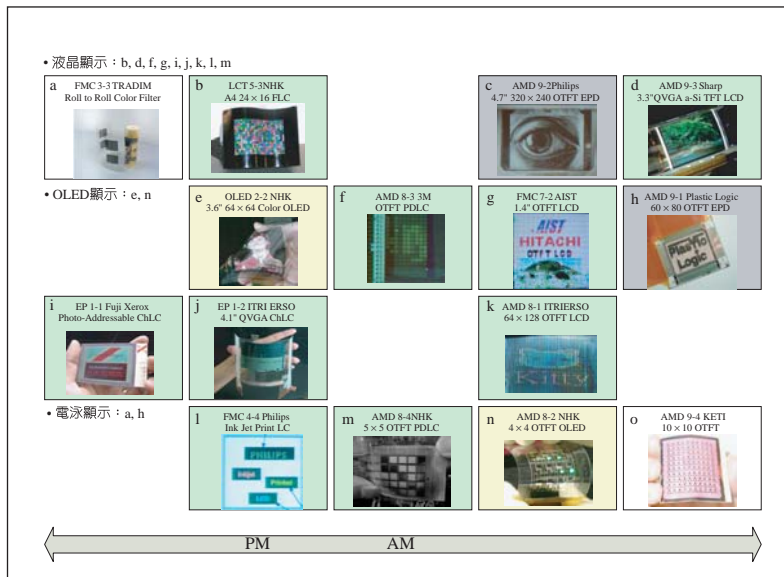
宣告高階軟性顯示器的發展已經從萌芽期到了起飛期。日本 Technology Research Association for Advanced Display Materials (TRADIM)則發表了

使用連續式製程(Roll to Roll)製作之彩色濾光片⁽⁴⁾，其解析度高達200ppi，厚度僅120 μm ，可撓曲至直徑10mm而不會破裂，直接印證了連續式製程於軟

性顯示器的可行性。以下分別針對 TRADIM、Fuji Xerox、Philips、Sharp等四個研究單位開發軟性顯示器的歷程與技術做一較深入的介紹。

TRADIM

成立於2002年的TRADIM為結合產、官、學之研



▲圖一 IDW 2004發表軟性顯示器相關技術整理

市場瞭望台

司，其一是MIT（MIT工科學）媒體研究室的研究群，於1997年設立E-Ink公司；另一是由Xerox公司的Paroludu研究所研究員於2000年設立Gilicon Media公司，其中以E-Ink較出名。

這兩家公司所研發的顯示原理也完全不同，Gyricon Media公司的顯示原理係讓分別塗有黑與白的兩種珠子(Beads)帶電，當施加電時可以讓它旋轉而顯示黑或白的機制。Gyricon在希臘語的意思是旋轉圖像的意思，直接拿來當做公司名。至於E-Ink公司係將藍色液體和白色氧化鈦粒子放入微膠囊中，經電氣泳動白色粒子會浮到上面，顯示白與黑，並將此原理稱為E-Ink，也直接拿來當做公司名稱。迄今電子紙的產品開發狀況如下：

美國E-Ink公司

美國E-Ink公司的出資者及其戰略夥伴有：凸版印刷、Philips Electronics、The Hearst Corporation、CNI Ventures、a Division of Gannett Co.,Inc.、Air Products and Chemical,Inc.、Vossloh Information Technologies、Motorola,Inc.等。

2001年5月與日本凸版印刷公司取得戰略合作，針對電子紙顯示器最重要的基礎部位—前板進行共同開發，並於2004年4月第一個商品「電子書」上市銷售，為採用玻璃基板為背板的產品。本產品量產的前板係採用現有的半導體設備製作的矽晶片當做背板組合而成，具有像紙一樣容易看、超低耗電，加上薄型、輕量的特性，實現超高精細、超小型的目標。



發聯盟，主要研發團體包含 10 家公司：

1. Konica Corporation
2. JSR Corporation
3. Sumitomo Chemical Co., Ltd.
4. Sumitomo Bakelite Co., Ltd.
5. Dainippon Ink And Chemicals, Incorporated
6. Dai Nippon Printing Co., Ltd.
7. Toray Industries, Inc.
8. Toppan Printing Co., Ltd.
9. NEC Corporation
10. Hitachi Chemical Co., Ltd.

其成立目的為開發塑膠顯示器所需要相關塑膠基板、光學元件、塑膠基板上直接製作 TFT 製程，以及開發適用於生產軟性顯示器的連續式製程。其中 Sumitomo Bakelite、JSR

Corp.、Dai Nippon Printing Co. 三家公司於 IDW 04' 發表論文『New Color Filter Carried Out By A Roll-to-Roll Process』以連續式製程製作軟性彩色濾光片；圖二為 TRADIM 展示之成捲的軟性彩色濾光片及其規格；圖三為顯微鏡下 100 ppi 與 200 ppi 的照片，可見 R、G、B 三色畫素以及黑色矩陣，其色彩飽和度與玻璃基板上以顏料分散法製做之彩色濾光片幾無差距。

由於傳統製作在玻璃基板的彩色濾光片使用顏料分散法加上黑色矩陣，需經過四道的黃光製程，為了保持彩色光阻在後段製作 ITO 電極經過高溫 Anneal 的穩定性以及組裝成面板後的光電特性，彩色光阻烘烤需要長達 1 小時 220°C 的高溫製程，以目前塑膠做為基板會產生以下問題：

市場瞭望台

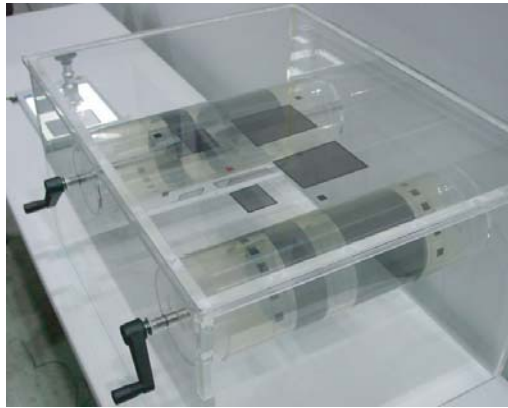
E-Ink 預定在 2005 年中期推出彩色電子紙的原型，目前積極改良彩色濾光膜(CF)，同時對提昇對比、反射率做最大的努力；至於可撓化方面，背板的開發使用不銹鋼(SUS)極薄材，由於不搭載背光光源，所以背板不一定要有透光機能，樹脂膜耐熱性不佳不能用的限制已不存在，重點放在可以形成有機薄膜電晶體(TFT)，已經完成 1.6 吋的小型 TFT，而這是未來實現可攜式 Leading Paper 的核心技術，今後將利用 PI Coating 絕緣技術開發出電路形成技術、有機 TFT 技術。

該公司在可攜式 Leading Paper 方面的 Road Map 為：2006 年完成彩色化、2007 年確立可撓化技術。目前的彩色化方面，已經完成以塗佈方式形成彩色濾光膜的技術研發；反射型顯示器方面，必須改善 CF、提昇對比與反射率等。

E-Ink 公司與英國 Plastic Logic 公司同意共同開發採用樹脂基板的可撓性顯示器，企圖將 E-Ink 的電子紙技術和 Plastic Logic 的印刷法共同形成薄膜電晶體技術，期待開發出以行動電話為中心的主動型顯示器。

英國 Plastic Logic 公司

於 2000 年從劍橋大學分離設立的 Venture 企業，已成功開發利用低溫製程在樹脂基板上形成 TFT 的技術，而不必使用真空技術，進一步以實現低成本、大面積可撓式顯示器為目標。兩家的研發目標為 2005 年 100dpi (每英寸的畫素數) 的解析度，以實現



Thickness	120 μ m
Width	300mm
Length	20m
Resolution	200ppi
Bend ability	< 10 mm ϕ
Solvent resistivity (NMP)	No changed
Thermal stability (200°C)	$\square E_{ab} < 5$

▲圖二 Author Interview時展示成捲的軟性彩色濾光片及規格

- | | |
|-----------------------------------|--|
| 1. 塑膠基板耐溫性不夠 | 不良 |
| 2. 塑膠基板吸水膨脹造成對位偏移 | 6. 塑膠基板對光Retardation過大，造成色偏問題 |
| 3. 熱製程造成基板變形，對位偏移 | |
| 4. 塑膠基板對溶劑NMP、PGMEA等耐受性不佳 | 因此TRADIM使用Sumitomo Backlite發展一種新基板FST-XA067，其與其他常用之塑膠基板相關特性比較可見表一，在100 μ m的厚度下與其 |
| 5. 塑膠基板對彩色光阻附著性與玻璃基板不同，造成附著性不佳或顯影 | |

市場瞭望台

A5(148mmx210mm)尺寸的大畫面；2006年解析度將提高到150dpi，以實現A4(210mmx297mm)尺寸的大畫面。另外，預定導入可對應350mm四方的試作生產線。

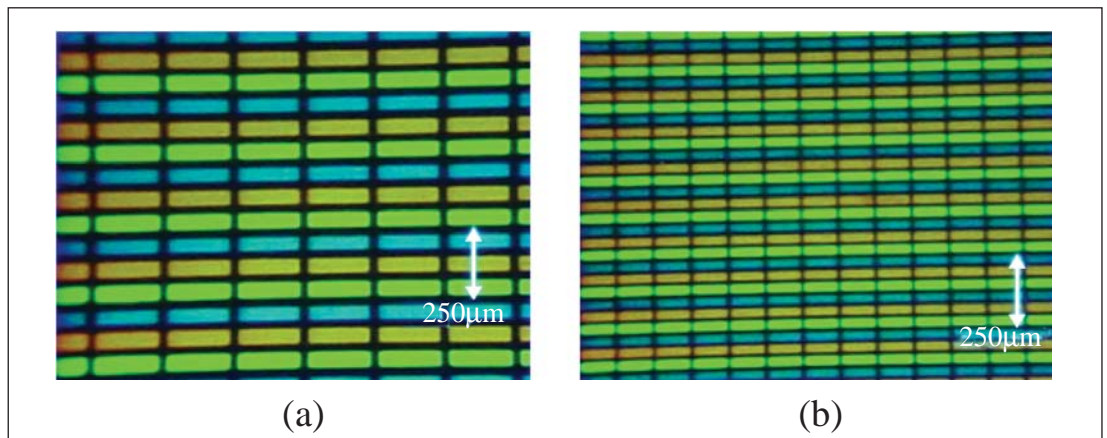
Sony公司

採用被稱為In-plane電氣泳動型原理，具有比其他方式更容易薄化結構的優點，彩色顯示的發展也成為戰略考量的重要因素，而且選擇了高精緻的方式，目前解析度已達液晶標準2倍的200ppi，而且已成功開發RGB彩色顯示的試作，持續朝低耗電、大畫面、薄化等挑戰邁進。

凸版印刷公司

除了於2001年5月與E-Ink公司合作，而有電紙書的成果之外，於2004年10月20日發表將更進一步合作，使用E-ink公司的電子紙與印刷電路板，製作Segment（畫素電極與驅動元件一對一接續，可直接驅動）方式的大型顯示器模組並且行銷。

背板使用設置畫像電極的印刷電路板，將此背板與有量產業績的前板製作成電子顯示tile(68x260mm)，將這些電子顯示tile22片(11x2)排成大型顯示器，同時由NEC集團的建設公司負責顯示資訊的操作，以及通訊環境網環境設定開發及廣告看板框架設計與製造。此種顯示器適用於交通設施用大型顯示器、廣告看板等的用途，預定將於2005年內開始提供樣品。



▲圖三 顯微鏡下的軟性彩色濾光片，(a) 100ppi, L/S=31µm/53µm；(b) 200ppi, L/S=12µm/30µm

他基板一樣，擁有良好的透明度。此基板於IDW 03'、IDW 04'會議上皆曾發表⁽¹⁻³⁾，FST-XA067組成則可參考美國早期公開專利US2004126592、US2004132867，其特性是極低的熱膨脹係數(Coefficient of Thermal Expansion; CTE) (14 ppm/°C)及高玻璃

轉移溫度(Glass Transition Temperature; Tg) (250°C)，因此可以承受一般的黃光製程及高溫烘烤。為了避免基板吸水引起變形，TRADIM開發連續式製程濺鍍一層SiO₂ (如圖四)，類似一般汽車隔熱紙及食品包裝業在塑膠基材上濺鍍金屬所用機台。

市場瞭望台

另一項產品也是與NEC財團建設公司共同開發的「與太陽電池組合的電子紙」。未來將考慮室外不易取得電源場所的應用，根據不同的用途與各種規模的太陽電池組合，開發更具體實用的產品。

千葉大學、日立化成、富士軟片

日本千葉大學小林教授與日立化成、富士軟片共同開發彩色電子紙的新技術，新技術中的色素原料使用Terephthalic Acid，原本為無色透明，施加電壓蓄積電子可以著色，已經完成紅、藍、黃三原色的色素合成。

在4公分玻璃基板中封入色素，試作成64畫素顯示，確認可以顯示透明色、紅、綠、黑等8種色。只要可以用薄膜夾住色素，就有可能開發成電子紙，經由電壓控制方式，調整色素濃度，原理上可以全彩顯示。期待經過改良，以實現電壓切斷後顏色不會變、低耗電的電子紙為目標。

編者按：

您想進一步了解關於電子紙的技術發展嗎？本刊將在下一期（26期-5月號）的顯示器專欄中為您規劃「電子紙技術發展現況」，敬請期待！

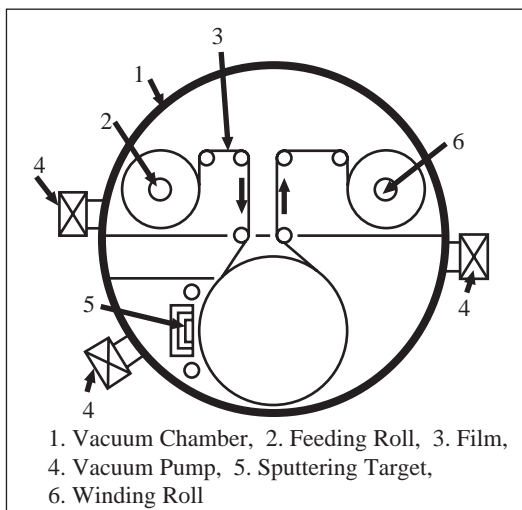


表一 Sumitomo新基板FST-XA067與常用基板比較

Films	Light Transmittance (0.1mm Thickness) (%)	Tg (°C)	CTE ($10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$)
FST-XA067	89	250	14
PES	89	223	55
PC	90	145	70
COP	90	165	60
PET	89	71	60

PES: Poly (Ether Sulfone), PC: Polycarbonate, COP: Cycloolefin Copolymer, PET: Poly (Ethylene Telephthalate)

TRADIM所設計之軟性彩色濾光片連續式製程是使用乾膜轉移法，將預先塗佈在PET上的彩色光阻貼在FST-XA067基板上，透過PET曝光後再離型，如此可避免氧氣攻擊自由基造成表面反應不完全，彩色光阻對於曝光的感度增加，因此可以減少起始劑添加，對於顯示器上可以保持好的Voltage Holding Ratio (V_{hr})，提升顯示

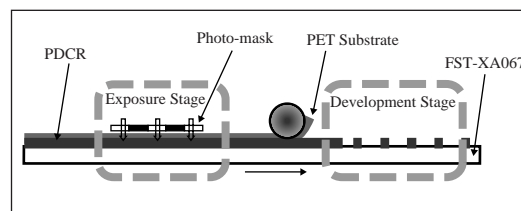


▲圖四 TRADIM發展之連續式濺鍍設備示意圖

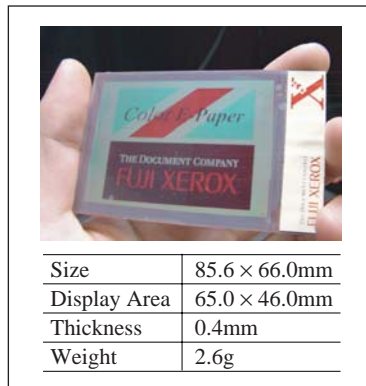
器的光電性質 (圖五)。彩色濾光片的顯影步驟仍然是使用濕式製程，原因是顏料分散系統的彩色光阻製程目前仍然以曝光顯影的製程，才能獲得高解析度以及良好的平坦性，材料配方也最為成熟。

Fuji Xerox

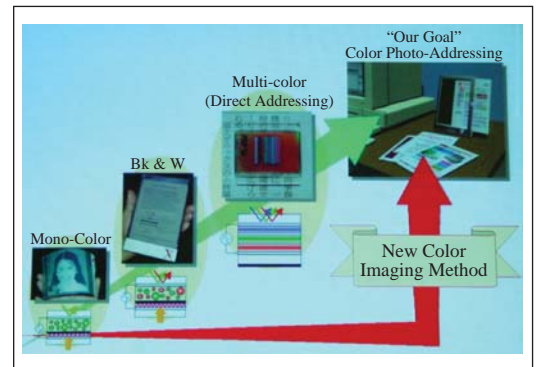
如圖六所示Fuji Xerox沿襲傳統，繼續以既有之 Polymer Dispersed Microencapsulated Cholesteric Liquid Crystal (PDMCLC)和Organic Photo Conductor (OPC)光寫入技術發表四色非接觸式寫入的E-paper⁽⁵⁾。圖七為OPC光寫入技術之基本原理示意，當光照入OPC層產生光電流減低阻抗，原來給的交流電場跨壓由OPC層轉至PDMCLC層，高電場的交流電跨壓對膽固醇液晶所形成為反射光線之Planar State，低電場為形成透過光之Focal Conic State。圖八為Fuji Xerox近幾年發表展品的演進，在軟性顯示器的研



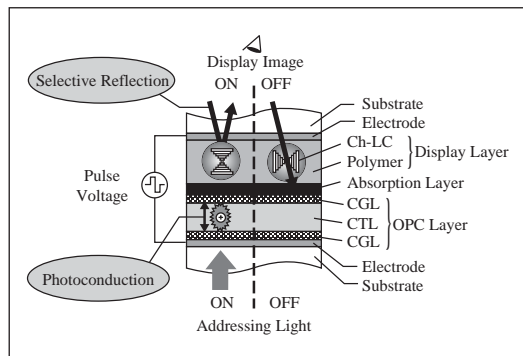
▲圖五 TRADIM發展之軟性彩色濾光片連續式製程



▲圖六 Fuji Xerox發表之展品

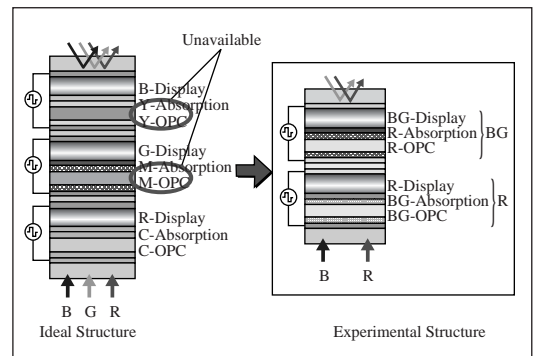


▲圖八 Fuji Xerox's Previous Studies and Technical Issues



▲圖七 Basic Principle of Photo-address Method

發重點與Minolta一樣，長期都專注於只發展具雙穩態與反射型的膽固醇液晶顯示器，包括從單色PDMCLC+OPC到混和三種顏色產生白效果的PDMCLC+OPC，然而三層彩色PDMCLC無法直接加一層OPC用光寫入的方式來選擇反射顏色。圖九所示為用三色光寫入全彩影像的理想模型，但是由於缺乏穩定的M-OPC和Y-OPC層，因此這篇論文中使用雙層OPC+PDCLC結構做例子，在雙層OPC+PDCLC結構下加電場運用藍光及紅光分別利用照光減低OPC阻抗，

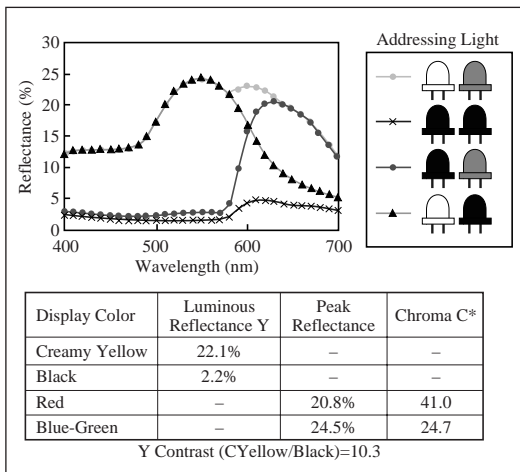


▲圖九 New Color-Imaging Method

使跨壓加在PDCLC上形成Planar State而反射光，運用紅藍兩光即可寫入造成四種顏色變化。圖十為不同光寫入時所形成Planar State反射光譜，其平均反射率都有20%以上，光利用率相當高。圖十一為光寫入四色影像之過程，使用一般投影機做為光源，照光時按下加電壓按鈕即完成寫入動作，整個寫入過程僅需要0.2秒。

Philips

荷蘭Philips的顯示器研發團隊一直在SID、IDW等國際會議上相當活



▲圖十 Reflection Spectra

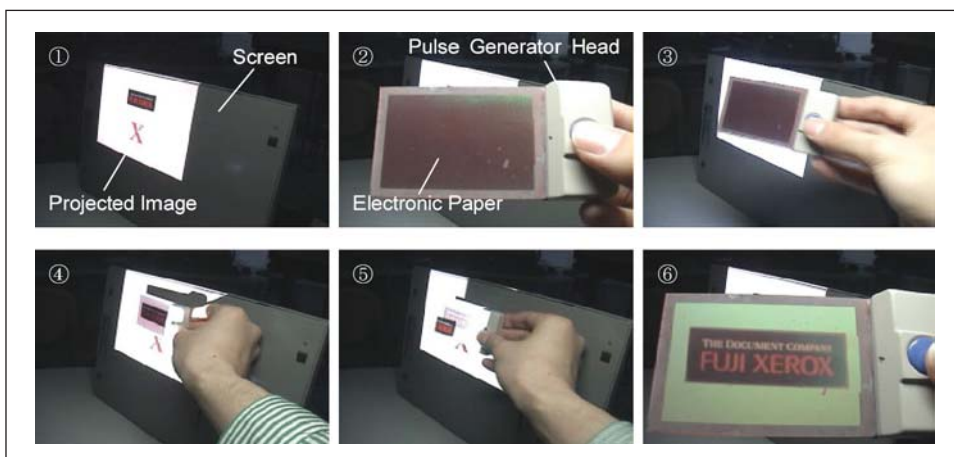
躍，其發展之顯示器技術大致可分為幾類：

1. 3-D Displays and Content Generation
2. Electrowetting Display
3. Electronic Paper
4. Flexible (Rollable) Display
5. LCD Relative
6. Mirror Display
7. Paintable Display
8. Polymer OLED

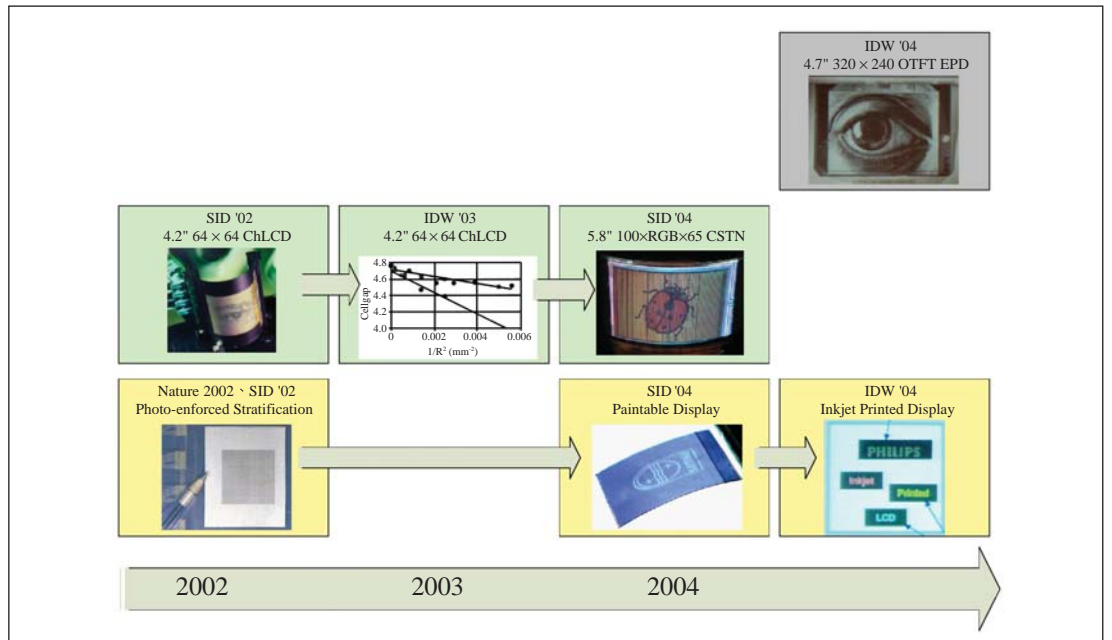
9. Video Processing

其中跟軟性顯示器相關的技術有 Electronic Paper、Flexible (Rollable) Display、Paintable Display 三類，圖十二為整理近年 Philips 發表之相關展品，共有三個研究團隊進行相關研究，一個是在 IDW 2004 發表 OTFT 與 E-ink 和 SiPix 的 EPD 結合製作主動式驅動 OTFT EPD 顯示器；另一個團隊於 SID 2002 曾發表 4.2" 64×64 軟性膽固醇液晶顯示器，SID 2004 發表 5.8" CSTN。另一個非常有名的研究軟性液晶顯示器團隊是從 2002 年在 Nature 發表單基板相分離 LCD 的研究團隊，在 SID 2004 發表使用 Micro Stamp 技術製作 Paintable Display，緊接著在 IDW 2004 又發表 Inkjet Printed Display⁽⁶⁾。圖十三展示了相關展品，Philips 認為運用噴墨技術噴塗液晶以及高分子單體混合物有下列優點：

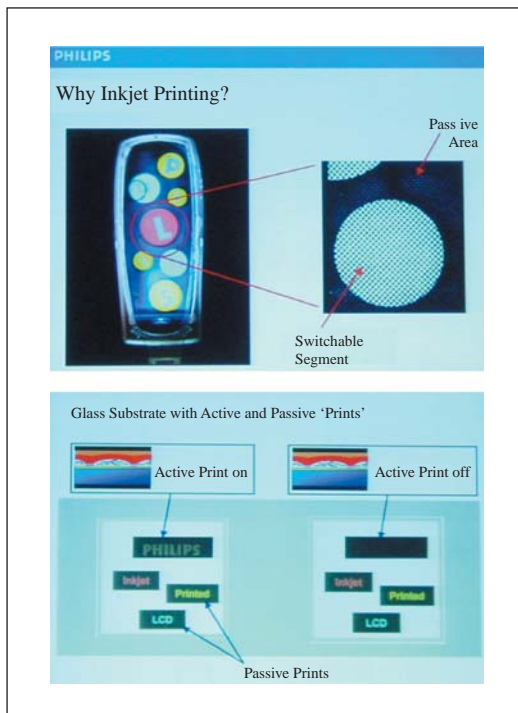
1. Flexible, Thin and Robust
2. Non-rectangular



▲圖十一 An Example of Writing Procedure for Color PAE-Paper



▲圖十二 Philips 於軟性顯示器的發展

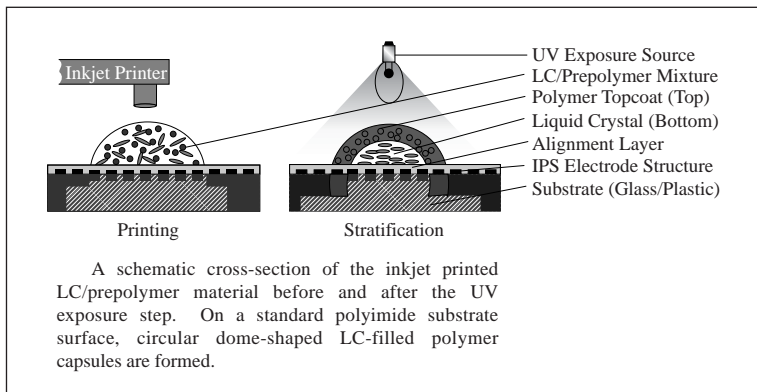


▲圖十三 Philips 於此次 IDW 2004 會議中推出的 IJP LCD

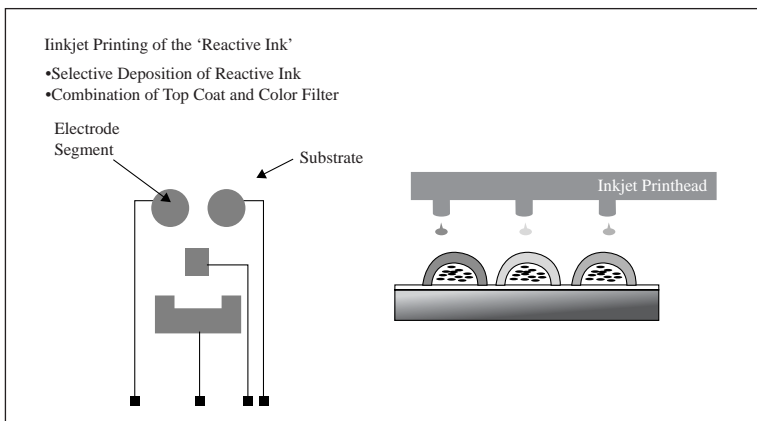
3. Design Freedom

4. Easy and Fast Production Process

圖十四說明 IJP LCD 之原理，先將 LC 及高分子單體混合物噴塗於特定區域，接著照射特定波長的光源在表面，藉由相分離的手法形成高分子保護層，由於噴塗的形狀及位置可以任意設定，因此在顯示器的設計上更為彈性及自由。同時以此方式可以設計噴塗不同顏色做成彩色顯示器或是控制不同形狀。圖十五是噴塗不同顏色之彩色光阻於特定區域即可快速的製作彩色液晶顯示器；圖十六是結合 Paintable Display 裡用 Micro-stamp 先印上起始劑，再用噴墨技術噴塗液晶與反應單體，曝光之後可形成不同形狀的液晶微胞，透過引進新製程使得軟



▲圖十四 IJP LC結合相分離之原理示意圖



▲圖十五 運用IJP LC製作彩色LCD顯示器

性顯示器的設計變得更彈性與自由，也同時導出新的產品應用與市場。

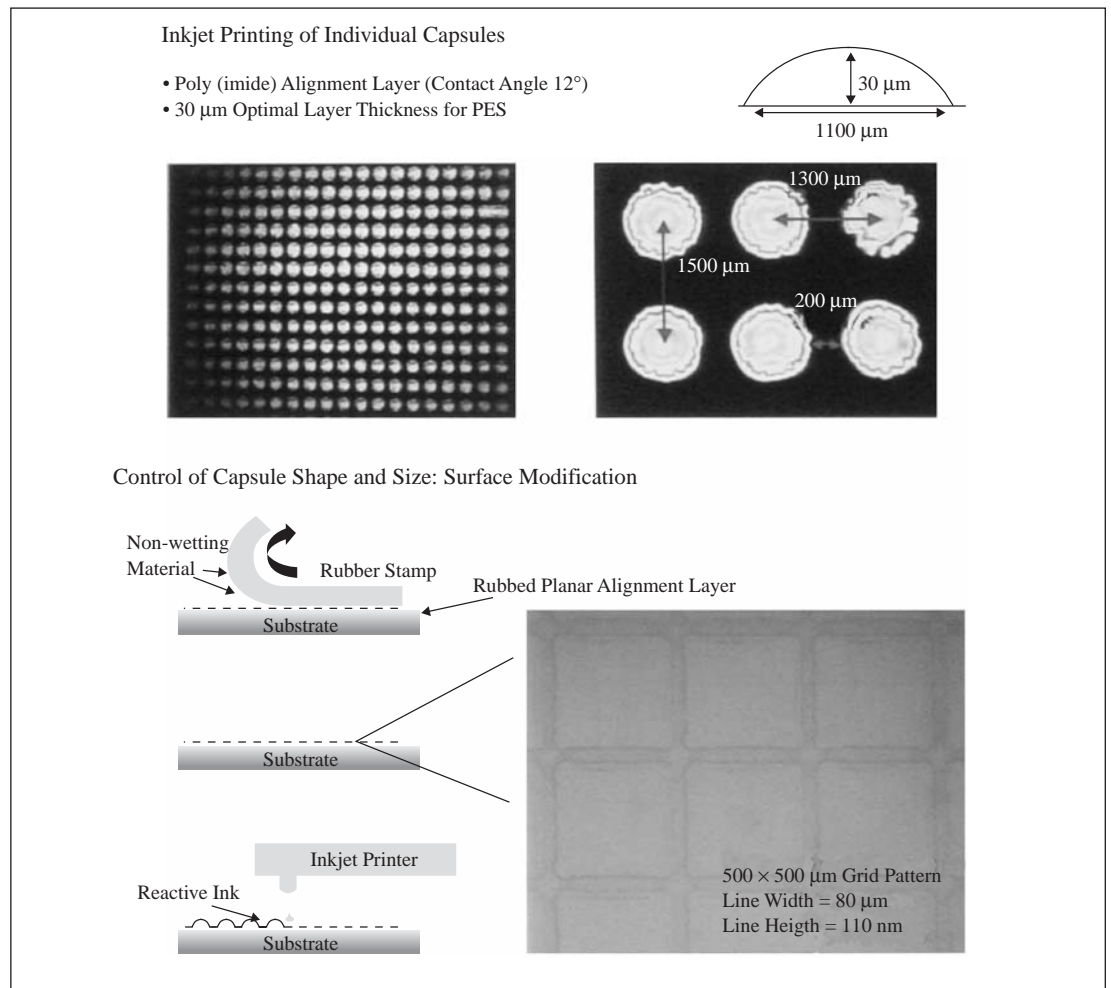
Sharp

Sharp在這次IDW 04'會場發表兩項相當引人注目的Oral Presentation。一個是做為LCD TV的ASV技術，一個是3.3" QVGA AM穿透式Flexible LCD (圖十七)，會場上座無虛席，走道上也站滿了充滿期待的聽眾，儘管會場上是禁止攝影、拍照，不過每當speaker每換一張投影片還是引起20台

以上數位相機爭相拍攝。Sharp為最早投入Flexible LCD之公司，於1999年曾經量產單色STN Plastic LCD做為手機面板，其在軟性顯示器累積的專利數目也是最多的，美國專利就擁有50篇以上，數目仍在不斷增加中。在彩色的軟性顯示器上Sharp曾經於SID 2002及IDW 2002發表使用不透明的耐高溫塑膠基板製作反射式的a-Si TFT LCD (圖十八)，之後偃旗息鼓了將近兩年，也許是受了宿敵韓國Samsung在SID 2004

發表2.2"穿透式a-Si TFT Flexible LCD的刺激 (圖十九)，加上友軍Sumitomo Backlite適時推出新基板FST-XA067的幫助，此次IDW 2004會場上展出的3.3" QVGA a-Si TFT Transmissive Flexible LCD已經非常接近可攜式產品所需規格 (表二)，3.3" QVGA及120 ppi的高解析度，厚度為玻璃LCD的1/2，重量為玻璃LCD的1/3，使用LED背光及軟性導光板，Drive IC直接Bonding在基板上，因此省下不少空間及製程。

Sharp認為開發相關產品最重要為



▲圖十六 結合 Micro-stamp 與 IJP 控制 LC cell 的形狀

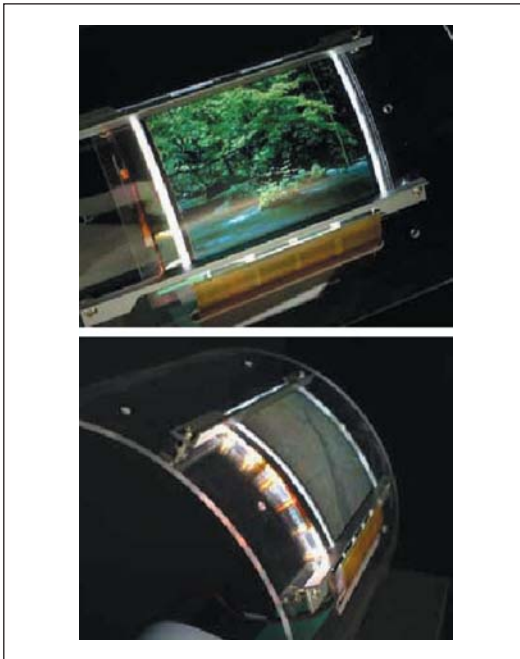
控制基板在製程中的變形量，Sharp 採用幾種策略：

1. 低 CTE 的基板 FST-XA067
2. 雙面 Gas Barrier，避免吸收水氣造成基板膨脹變形
3. 低溫 a-Si TFT 製程：原先使用 PECVD 製作 a-Si 及 SiN_x 薄膜需要 350°C 的高溫製程，Sharp 使用 220°C 可製作出品質可接受的 a-Si TFT (圖二十)。

緊接著 2005 年 1 月 Samsung 馬上又發佈了 5" 100 ppi 穿透型的 Flexible LCD (圖十八)，隨著 Sharp 與 Samsung 一來一往的發佈新產品消息，煙硝味充斥著戰場，也將高階軟性顯示器的技術快速提升至起飛階段，如 LCD TV 技術一般的白熱化競爭也在軟性顯示器開始上演，不只是在尺寸越做越大的競賽，可預期的在玻璃基板上運用的相關廣視角，以及半反射半穿透技



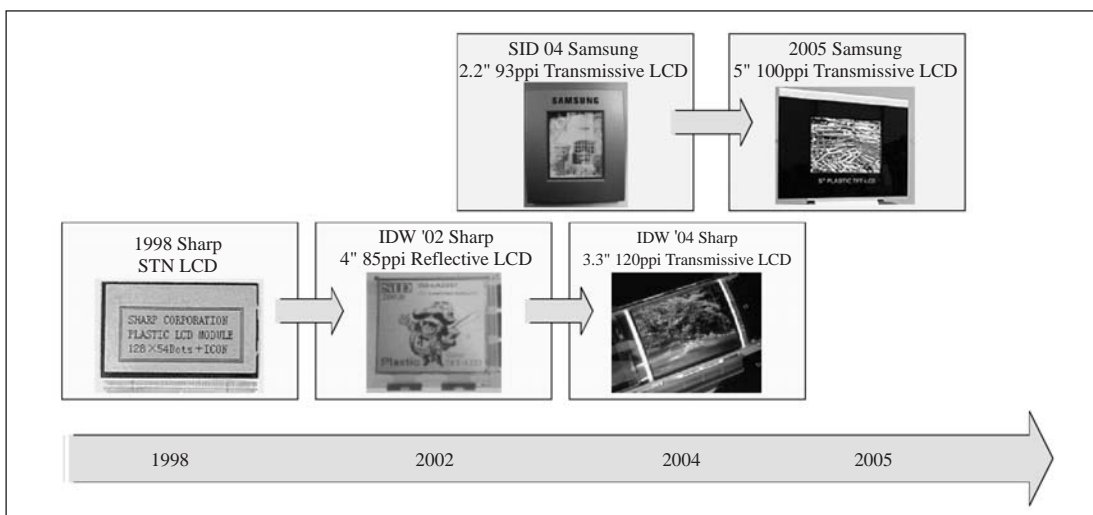
術也將一一實現，預期高階軟性顯示器取代玻璃產品在可攜式產品面板將有相當大的利基與市場。



▲圖十七 Sharp 本次會議發表之 3.3" QVGA Transmissive Flexible TFT-LCD

在 IDW 2004 之後，對於 E-paper 和 Flexible Display 其產品與技術定位大致可歸納如下：

1. 高階軟性顯示器其產品定位將在手機、PDA 以及 E-book，最主要訴求為高畫質、高色彩飽和度以及顯示動畫的能力，檢視目前相關發展技術最成熟者為 Sharp、Samsung 力拱的穿透式 a-Si TFT Flexible LCD，不過以 OTFT 製作之相關顯示器技術現在急起直追，也是值得注意的地方。
2. 低階軟性顯示器產品定位在 Smart Card、Price Tag、Signage、E-paper、Watch 等，其訴求為省電及低成本之反射式、被動式驅動以及具雙穩態，相關之競爭技術有：
 - EPD (E-ink、SiPix)
 - CLC (Fuji Xerox、Kodak、KDT、ITRI)



▲圖十八 Sharp 與 Samsung 發展軟性 LCD 技術演進



表二 Sharp於IDW 04'展品之規格整理表

Display Size	3.3 inch,67.2mm×50.4 mm
Resolution	320×RGB×240(120 ppi)
Pixel Pitch	70 μm×210 μm
Number of Colors	262,144 (6bit)
Aperture Ratio	50 %
Back Light	LED
Thickness of Module	Total: 1.4 mm(1/2 of Glass TFT LCD)
	Panel: 0.15 mm×2
	Polarizer Film: 0.2 mm×2
	Backlight Unit: 0.7 mm
Weight of Module	Total: 11.2 g (1/3 of Glass TFT LCD)
	Panel: 2.6 g
	Polarizer Film: 2.0 g
	IC chips + FPC: 1.0 g
	Backlight Unit: 5.6 g
Mounting Type of Driver ICs	COG (Direct Bonding to the Plastic Substrate)

- QR-LPD (Bridgestone)

- FLC (NHK)

在軟性顯示器基板的製程用以減低熱膨脹及變形量的處理，各家常用的手法整理如下：

1. Anneal：熱處理使得高分子重排後體積收縮至一穩定尺寸，包括 Sharp、Samsung 針對 PES 基板及 DuPont Tejin 針對 PEN 基板都有相關的論文報導。

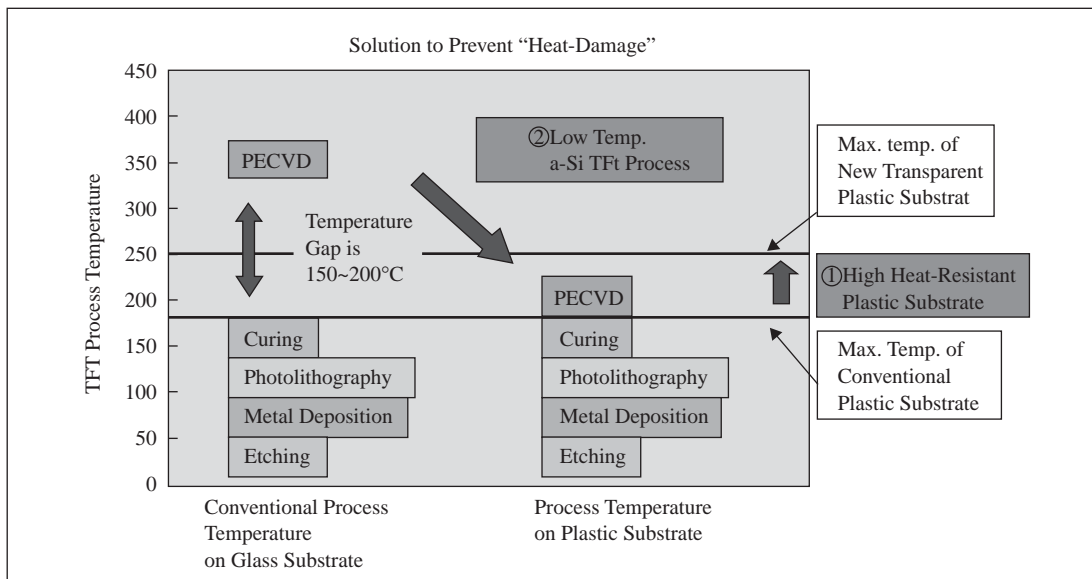
2. Gas Barrier：針對塑膠基板等高吸水性材料，表面濺鍍一層無機 SiO₂ 或 SiN，除了防止吸收水氣造成基板膨脹變形外，同時有機、無機的複合膜可降低 CTE 以及

抗化性。

3. 抗靜電層（或稱易滑層）：不論是 Batch Type 或是 Roll to Roll 製程皆有基板與基板必須互疊的情況，避免基板因彼此沾黏造成上面元件電路損壞的方法，就是在基板的外層塗

Item	Specification
Panel Size	2.2 inch
Resolution	128 × 160 × 3 (93dpi)
Aperture Ratio	46%
Color Gamut	30%
Transmittance	7.8%
Luminance	55 cd/m ²
Panel Thickness	0.82 mm
Panel Weight	2.9 g
Module Thickness	1.2 mm
Module Weight	4.4 g
Substrate	PES

▲圖十九 Samsung於SID 04'所發表之2.2" a-Si TFT Flexible LCD及規格



▲圖二十 Sharp的Flexible Display各製程溫度

佈一層抗靜電層，在量產製程時尤其需要注重這點。

4.降低製程溫度：解決塑膠基板不耐高溫的最好方法就是降低製程溫度。根據目前資料顯示，製作軟性液晶，顯示器之所有前段至後段製程溫度除了a-Si與SiN必須超過200度高溫才擁有穩定特性以外，包括彩色濾光片、ITO處理、液晶配向層塗佈、Cell段組裝，目前溫度都已經降低在150°C以下。

製作軟性顯示器可以使用Roll to Roll連續式製程，是軟性顯示器降低成本及高產率的最佳利器，以目前資料顯示，製作被動式驅動顯示器之前段連續式製程設備至Cell段前皆已完備，日本已有公司將在2005年4月開始運用連續式製程設備生產單色STN Flexible Display。

噴墨印刷技術亦是2004會議上廣泛討論的技術，運用在LCD的製造技術如噴塗PI、Spacer、ITO、LC、OTFT、Color Filter、金屬層等等都已經見到相關論文及展品的發表。

結論

本文整理IDW '04'於軟性顯示器之最新發展，並針對四家研發軟性顯示器之重要機構做一系統性之介紹，希望對國內相關研究工作者及業界有拋磚引玉之效。

參考文獻

1. Y. Chikama et al., IDW '04 AMD 9-3.
2. T. Nakao et al., IDW '03 FMC 5-1.
3. T. Ito et al., IDW '03 FMCp-3.
4. T. Eguchi et al., IDW '04 FMC 3-3.
5. H. Harada et al., IDW '04 EP 1-1.
6. J. P. A. Vogels et al., IDW '04 FMC 4-4.