

軟性電子產業在製程變革下的契機與挑戰 —從軟性顯示器產品出發

作者：王世杰



委託單位：經濟部技術處

執行單位：財團法人工業技術研究院

產業經濟與趨勢研究中心

中華民國 101 年 10 月

摘要

在電子產品追求輕薄的趨勢下，使用的基材由傳統的玻璃、矽晶圓轉向薄化玻璃、金屬箔與塑膠基板等軟性材料取代，製程設備因應軟性材料的不同，以及輕量節材的趨勢也必須重新開發設計，整體軟性電子的製程也將逐漸由傳統電子產業的資本密集型設備朝向低成本及綠色製造製程設備的方向加以變革，特別是未來軟性電子的製程為了要求產品輕量、基板可撓性、產品大面積化、材料用量更少以及可快速生產等特點，因此在製程改變上將由現行電子製造業所慣用的真空蒸鍍及微影蝕刻製程，逐漸導入捲對捲輸送式的塗佈與印刷製程。

軟性電子技術的產業範疇，主要分為軟性元件、軟性顯示、軟性感測、軟性能源四大系統應用，以及軟性材料與軟性製程設備兩大共通技術，從全球軟性電子市場產值來觀察，軟性電子的應用仍主要集中在顯示器、照明與太陽光電三大產業為主。其中軟性顯示產業受到智慧隨身手持裝置的爆發性成長，預估在 2022 年時佔整體軟性電子市場近乎 50%，是最大宗的產品應用，因此將可預見軟性顯示產品有著極迫切能夠量產商品化的需求。再加上軟性電子製程依據不同的產品，製程需求也有所不同，是以在探討軟性電子製程變革的時候，若以軟性顯示產品的製程發展為目標技術，將更能貼近現今的產業發展需求。

軟性顯示技術依發光特性可分為自發光與非自發光兩種技術，自發光顯示技術主要以有機發光二極體為主；而非自發光顯示技術，除了需要背光源的軟性液晶技術之外，則以反射式雙穩態顯示技術為市場主流技術。雖然反射式顯示技術有著成本及軟性製程成熟的優勢，但其不易彩色及動畫顯示的先天限制，使得近年來反射式雙穩態顯示技術的發展

日益艱鉅；反而是軟性主動式有機發光二極體顯示技術，受到玻璃基板 AMOLED 技術快速發展的提攜，以及受到未來智慧手持裝置需要大面積的互動螢幕，又需要縮小體積以便於攜帶的矛盾需求，近年來紛紛吸引國內外顯示面板廠商投入開發研究；除了可撓特性之外，防水性能也成為訴求的重點之一。

除了產品的發展趨勢之外，與製程發展息息相關的材料與設備，其發展進程也將影響產品量產的時程。在材料發展的趨勢上，由於需符合整體產品可撓性的需求，傳統無機材料多是離子鍵結構，質地硬脆不耐彎折，因此軟性電子所使用的材料多是共價鍵結構的有機化合物，但由於有機化合物多數不耐高溫，也較容易受到環境中的氧氣及水氣的破壞而失效，若涉及戶外使用，還必須注意紫外線長期照射所引發的材質脆化問題，因此包括可撓基板，有機電晶體元件將使用的導電材料、半導體材料、絕緣材料，以及軟性顯示面板將使用的發光材料及阻水封裝材料等軟性電子材料的開發上，技術難度相當高。

此外，軟性電子在製程技術的發展上，與現行電子製造產業相比較，有著批次式或枚葉式(Sheet to Sheet, S2S)製程轉向捲對捲式(Roll to Roll, R2R)製程，真空製程轉向非真空製程，以及黃光微影製程轉向非黃光製程三大趨勢。對目前捲對捲製程技術的發展現況來說，除了少部份的製程，像是軟性電泳顯示面板或是軟性有機太陽能電池已設計出全線捲對捲式製程之外，絕大部份的製程開發都仍採用分段製程的方式來進行；如獨立的捲對捲式薄膜鍍膜製程與設備開發，獨立的捲對捲式封裝製程與設備開發等，再以後續製程整合端進行系統與製程整合的技術開發工作。當然最終仍是以全生產線都能使用捲對捲式方式生產，才能夠達到大量生產、大面積化、快速製造以及低成本的最終目的。

在整面薄膜製程上則由使用氣相沈積的真空鍍膜轉向不需要真空系統設備的塗布製程，特別是容易導入捲對捲式輸送方式的狹縫式塗布技術以及可多層的淋幕式塗布技術。此外，雖然在軟性顯示器的製程上是朝向非真空塗布技術發展，但受限於目前可應用於濕式塗布製程的有機材料技術上仍待開發，因此在製程技術的發展上出現了搭配捲對捲式輸送方式的氣相蒸鍍製程設備，或是捲對捲式的低壓電漿處理製程設備等。

而在圖案製作的製程發展上，則是由使用黃光微影蝕刻的製程，轉變成不使用黃光微影蝕刻的印刷式製程。相對於微影蝕刻製程需要經過曝光、顯影、蝕刻、光阻去除與清洗至少六個步驟，加成式的印刷製程，材料利用率相當高，不會造成材料無謂的浪費。且由於印刷式製程適用於捲對捲式輸送機制，因此可實現連續式、大面積、低成本與快速生產的製作方式。可應用於軟性顯示器的印刷製程，主要有網版印刷、柔版印刷、凹版印刷、噴墨印刷、以及奈米壓印等技術，依據製作線寬以及材料特性，製程將有不同的搭配組合以符合實際生產需求。

我國雖是電子產品的主要生產國，但以往的關鍵材料與設備都自外國進口，技術不易深耕。但隨著軟性電子產業的逐漸興起，製程發展也隨之改變的過程中，我國勢必也將面臨到轉型的挑戰，產業界必須藉由瞭解軟性電子產業現況、技術發展趨勢，並把握此次製程轉變的契機，加速在關鍵製程材料與設備的開發，提昇國內產業需求的自給率，才能全面掌握我國在軟性電子產業的完整產業鏈結，迎接電子產業的下一個黃金十年。

目 錄

第一章	緒 論	1-1
	第一節 研究動機與目的	1-1
	第二節 研究範圍	1-3
	第三節 研究方法與架構	1-5
	第四節 研究限制	1-6
第二章	軟性顯示材料元件技術發展狀況與廠商動態	2-1
	第一節 軟性電子範疇與技術概述	2-1
	第二節 軟性顯示產業市場現況與產品趨勢	2-7
	第三節 軟性顯示產業材料技術趨勢	2-23
	第四節 軟性顯示產業電晶體技術趨勢	2-42
第三章	軟性電子製程技術發展	3-1
	第一節 批次式(Sheet to Sheet)轉向捲對捲(Roll to Roll) 製程	3-2
	第二節 真空製程轉非真空製程	3-6
	第三節 黃光製程轉非黃光製程	3-12
第四章	軟性顯示產業商機探討與建議	4-1
	第一節 軟性顯示趨勢造成材料與製程的變化關鍵	4-1
	第二節 製程變化影響下對台灣廠商切入策略建議	4-9

圖目錄

圖 1-1	Galaxy Skin 產品概念圖	1-2
圖 1-2	軟性顯示器及其製程、材料、應用範疇	1-4
圖 1-3	軟性顯示技術發展研究架構	1-5
圖 2-1	未來軟性電子產品市場發展方向	2-2
圖 2-2	黃光微影製程與印刷製程差異示意圖	2-4
圖 2-3	軟性電子技術的產業範疇	2-6
圖 2-4	全球軟性電子市場產值	2-7
圖 2-5	軟性電子應用產品與技術藍圖	2-8
圖 2-6	軟性電子應用產品示意圖	2-9
圖 2-7	軟性顯示面板發展方向	2-10
圖 2-8	軟性電子紙	2-12
圖 2-9	Amazon Kindle 電子書閱讀器	2-13
圖 2-10	康寧超薄玻璃	2-15
圖 2-11	Sony 展示可捲曲的軟性 OLED 顯示器	2-16
圖 2-12	工研院顯示中心開發 4.3 吋軟性 OLED 顯示器	2-16
圖 2-13	工研院顯示中心成功開發的「高防水可撓式 AMOLED 螢幕」	2-17
圖 2-14	友達光電的 4 吋 Flexible AMOLED 面板	2-17
圖 2-15	Plastic Logic QUE 電子書閱讀器	2-19
圖 2-16	第三波平面顯示器時代	2-19
圖 2-17	超薄玻璃與電子電路板	2-23
圖 2-18	Metal-Foil 平坦化示意圖	2-30

圖 2-19 金屬薄(箔)板為基板的 19 吋軟性電子紙	2-31
圖 2-20 蓋瑞岡公司的智慧紙.....	2-35
圖 2-21 E-Ink 電子公司的電泳墨	2-36
圖 2-22 軟性顯示技術	2-37
圖 2-23 SiPix 的微杯電泳式電子紙技術.....	2-38
圖 2-24 Vitex 公司阻水阻氣 Barix 薄膜	2-40
圖 2-25 有機無機混合堆疊阻氣膜	2-41
圖 2-26 常見的有機導體與半導體材料	2-42
圖 2-27 印刷製程的固化處理程序	2-43
圖 2-28 可撓式基板與電子電路	2-44
圖 2-29 Samsung 展示透明 OLED 顯示器.....	2-45
圖 2-30 有機半導體元件結構示意圖	2-46
圖 3-1 捲對捲(Roll to Roll)式製程示意圖	3-2
圖 3-2 捲對捲式製程應用於多層堆疊的產品.....	3-4
圖 3-3 軟性電泳顯示器捲對捲製程	3-4
圖 3-4 軟性太陽能電池捲對捲製程概略圖	3-5
圖 3-5 Slot Die Coater 裝置圖	3-7
圖 3-6 淋幕式多層塗布技術.....	3-8
圖 3-7 捲對捲蒸鍍技術.....	3-9
圖 3-8 Film Type 捲對捲蒸鍍系統裝置圖	3-10
圖 3-9 印刷術可印刷線寬及輸出產能示意圖	3-13
圖 3-10 凹版印刷術應用於電漿顯示器的圖案電極製作	3-14
圖 3-11 滾筒式的網版印刷機制示意圖	3-16
圖 3-12 滾筒式網版印刷機(型號 LS-500NR)	3-16

圖 3-13 噴墨印刷製作 AMOLED 顯示面板示意圖	3-18
圖 3-14 以噴墨印刷技術製作立體有機薄膜電晶體	3-19
圖 3-15 液滴達 pL 與 fL 的噴墨印刷裝置(左)Konica Minolta (右)SJI Technology	3-19
圖 4-1 印刷術在有機薄膜電晶體製程上的應用	4-4



表目錄

表 2-1	Sony 軟性 OLED 顯示器規格	2-15
表 2-2	三星顯示提出平面顯示器具備的五項核心技術	2-20
表 2-3	全彩發光材料與製程技術的比較	2-34
表 2-4	軟性 LCD 與軟性 OLED 用塑膠基材的氧氣與水氣穿透率 需求	2-39
表 2-5	薄膜電晶體所使用的半導體材料載子移動率	2-48
表 3-1	塗布參數與塗膜厚度規格表	3-7
表 3-2	捲對捲蒸鍍設備基本參數	3-11
表 3-3	凹版印刷常使用的材料及其特性	3-14
表 4-1	軟性顯示的製程與材料關聯比較	4-7
表 4-2	軟性顯示產品量產的製程選擇比較	4-8

第一章 緒論

第一節 研究動機與目的

隨著近年來軟性電子技術的持續演進，將帶動相關製程材料與設備的需求與發展，預估每年可達到 20% 以上的成長率，到 2015 年全球軟性電子製程材料與設備的產值將達 55 億美元。軟性電子製程將逐漸由資本密集型設備到低設備成本及綠色製造加以變革，而製程減少成本亦終將反映在最終產品的價格上。在電子產品追求輕薄的趨勢下，軟性電子所使用的材料由傳統的玻璃或矽晶圓轉為薄化玻璃、金屬箔與塑膠基板，製程也開始走向輕量節材；因為擁有輕量可撓性與易大面積化的優點，軟性電子產業將逐漸導入捲對捲式製程，且捲式印刷、塗佈與貼合封裝製程，未來亦可應用於軟性照明、軟性太陽能與軟性顯示器製程，屬共通製程技術。

特別是去(2011)年底三星電子(Samsung)正式宣布軟性螢幕 YOUM 將開始量產，且將搭載在自家第一款軟性面板，名為 Galaxy Skin 的智慧型手機，如圖 1-1，這個舉動引起全球電子業的震撼，無論是面板業者或是手機製造商，都深怕在此一新的領域又讓三星一家獨佔。今(2012)年四月三星進一步宣布 YOUM 材料技術取得突破，年底就可能推出螢幕可撓曲的手機。勢必又為電腦行動通訊產業帶來極大的衝擊...

第二章 軟性顯示材料元件技術發展狀況與廠商動態

第一節 軟性電子範疇與技術概述

軟性電子技術的涵蓋範圍非常廣泛，依據 IEEE 的定義，『軟性電子是一種技術通稱，一種建置在薄塑膠片或金屬薄片的軟性或可彎曲基板上的元件與材料技術。軟性電子使用非晶矽、低溫多晶矽及有機半導體材料。』IDTechEx 對於印刷電子的描述則為，『印刷電子是一種運用薄膜矽或無機或有機半導體來製作薄膜電晶體的技術，用來取代簡單矽晶片所提供的功能，通常是使用快速且高產量的捲軸式製程，甚至包含一些印刷製程。』而根據歐洲最大的有機電子協會 OE-A(Organic Electronics Association)在 2011 年 06 月對於軟性電子最新的定義，『Organic electronics is based on combination of new materials and large area, high volume deposition and patterning techniques. Often terms like printed, plastic, polymer, flexible, printable inorganic, large area or thin-film electronics.』。依據上述協會與研調機構的定義，現階段產學研界對於「軟性電子」、「印刷電子」、「有機電子」沒有太明顯的壁壘分野，也以比較廣義性的定義來解釋。值得注意的是，2011 年歐洲有機電子協會 OE-A 特別將軟性電子範疇擴增到「可印刷式無機材料」與...

第三章 軟性電子製程技術發展

現今主流的顯示器製程技術，主要分為陣列 Array，液晶 Cell 以及模組組裝 Module 三段製程，經過電晶體製作的背板，與彩色濾光片的上板接合之後，中間間隙灌以液晶材料，最後經過封合以及背光源組裝，就成了液晶面板。其中前段的陣列 Array 技術，主要仍是延續半導體製程技術為主，利用氣相沈積、黃光微影、電漿蝕刻等技術來製作薄膜電晶體，即便是現在主流的低溫多晶矽製程，依舊只是在現有的真空製程上，再加入低溫雷射退火再結晶的製程。在製程上需要大型的真空設備，玻璃基板的尺寸越大，所需要的機台設備也就越大；此外，批次式真空製程因為需要反覆性的抽真空，因此也將減緩生產速度。

而對於軟性顯示器在製程上最重要的差異，主要分成三大類型的趨勢，第一類就是由批次式或枚葉式(Sheet to Sheet, S2S)製程轉向捲對捲式(Roll to Roll, R2R)製程；第二類就是由真空製程轉向非真空製程，例...

第四章 軟性顯示產業商機探討與建議

第一節 軟性顯示趨勢造成材料與製程的變化關鍵

由於軟性顯示面板產品的需求已開始朝向輕量化以及可撓性，因此使得所使用的基板由傳統的玻璃與矽晶圓開始轉變為塑膠基板、金屬薄箔與超薄玻璃等具備可撓特性的材料；製程技術上也開始由堆疊再除去的減法製程，走向輕量並節材的加法製程，而製程設備因應塑膠載板的改變，也必須重新開發設計。但對於製程的開發來說，並不單單僅靠設備的發展就能決定一切，設備的運作仍需要材料的配合才能製造出最終的成品。因此，在製程的選擇上，除了需要瞭解設備的規格極限，還需要考量材料的特性，才能選擇出最適化的製程組合。

對於軟性顯示面板製程的發展方向來說，可以歸類出四大趨勢：

- 批次式製程轉向捲對捲製程(基材特性與生產傳輸機制)
- 無機材料轉向有機材料(基材特性與生產傳輸機制)
- 真空製程轉向非真空製程(製程設備的變革)
- 黃光製程轉向非黃光製程(製程設備的演進)....

軟性電子產業在製程變革下的 契機與挑戰-從軟性顯示器產 品出發

全本電子檔及各章節下載點數，請參考智網公告

電話 | 02-27326517

傳真 | 02-27329133

客服信箱 | itismembers@micmail.iii.org.tw

地址 | 10669 台北市敦化南路二段 216 號 19 樓

劃撥資訊 | 帳號：01677112

戶名：財團法人資訊工業策進會

匯款資訊 | 收款銀行：華南銀行-和平分行

(銀行代碼：008)

戶名：財團法人資訊工業策進會

收款帳號：98365050990013 (共 14 碼)

服務時間 | 星期一~星期五

am 09:00-12:30 pm13:30-18:00



如欲下載此本產業報告電子檔，

請至智網網站搜尋，即可扣點下載享有電子檔。

ITIS 智網：<http://www.itis.org.tw/>