

新世代顯示器 OLED（有機電激發光體）

陳俊宏

高雄師範大學工業科技教育系研究生

壹、緒論

OLED 的發現是在 1979 年的一天晚上，由 Kodak 柯達公司 Rochester 實驗室的鄧青雲博士（Dr. Ching W Tang），在回家的路上忽然想起有東西忘記在實驗室，回到實驗室後，他竟發現在黑暗中一塊做實驗用的有機蓄電池在閃閃發光！為 OLED 的誕生拉開序幕。1987 年，柯達公司成功地使用類似半導體 PN 結的雙層有機結構第一次作出了低電壓、高效率的光發射器。1990 年，英國康橋的實驗室也成功研製出高分子有機發光原件，然後成立了 CDT 顯示技術公司。這兩家公司研發出 OLED 的材料後，為生產 OLED 顯示器奠定了重要的基礎。

貳、什麼是 OLED（有機電激發光體）？

OLED 全名叫做有機發光二極體（Organic Light Emitting Diode，OLED）是屬於電激發光元件（Electroluminescence，EL）領域，為自發光性質顯示技術之一環，運作原理為透過電氣方式，將載子注入具發光特性之半導體元件，使其激發而產生發光的顯示器，它是電轉換成光的光電轉換元件。而 EL 可依採用之半導體元件性質為無機或有機材料，而簡單區分為無機 EL（Inorganic EL）與有機 EL（Organic EL，OEL），其中，有機 EL 又可稱為 OLED（Organic Light Emitting Diode，有機發光二極體）

參、製作 OLED 的材料

一般而言，有機電激發光顯示器依發光材料種類分為小分子系發光材料（Organic Light Emitting Diode，OLED）和高分子系發光材料（Polymer Light Emitting Diode，PLED），而這兩種系列材料只是材料特性和成膜方法不同，本質上卻無異，兩者比較如表一。目前世界上針對 OLED 研究以及集中到其使用的有機發色薄膜材料選擇上，大體上來說可分為兩個陣營，一是以美國 Kodak 公司為首選擇了染料或顏料為主的小分子材料作為 OLED 的發色材，另一則是以共軛高分子為主的英國 Cambridge Display Technology 公司。Kodak 為首的小分子 OLED 製造技術，主要是藉由真空熱蒸鍍的方式，

再搭配金屬遮罩技術將材料塗布於畫素之中，主要訴求中小型尺寸顯示器之應用；而高分子材料則是使用離心力均勻塗布或噴墨印刷(Ink Jet Printing)技術將其分散於畫素之中，以大尺寸顯示器之應用為目標。

表一 小分子與高分子材料比較表

	小分子 (OLED)	高分子 (PLED)
有機材料	分子數量約數百萬個，其染料及顏料為小分子元件。	分子數量約數萬至數百萬個，以共軛性高分子為材料的高分子元件。
製程設備、技術	採真空蒸鍍技術，真空蒸鍍及封裝為關鍵技術。	採 Ink-Jet(噴墨)印刷，塗佈有機材料物質。
應用範疇	高單價小尺寸面板。	低單價的大尺寸面板。
特色	易彩色化、簡單驅動電路即可發光，製程簡單、可製成可撓式面板、符合 OA 輕薄短小原則。	不需薄膜製程、真空裝置，元件構成只有二層，投資成本低，色彩表現不如 OLED 佳，需對色彩偏差做補償。
優點	<ol style="list-style-type: none"> 1、容易彩色化。 2、蒸鍍製程自動化技術較成熟。 3、材料的合成及純化度、精製容易。 	<ol style="list-style-type: none"> 1、製程設備(採溶液旋轉塗佈)成本較低。 2、可利於噴墨技術，易大尺寸化。 3、元件特性簡單，並可容忍較高的電流密度與溫度環境(耐熱性)。
缺點	<ol style="list-style-type: none"> 1、使用真空設備，成本偏高。 2、對水份、氧的耐受性不佳。 3、大尺寸基本均一化技術未成熟，發展大型面板受限。 4、熱穩定性較高分子為差，須要較高驅動電壓。 	<ol style="list-style-type: none"> 1、噴墨技術之墨滴均一化及 RGB 三畫素定位精度不易控制，影響全彩化產品進程。 2、製程設備尚在實驗階段。

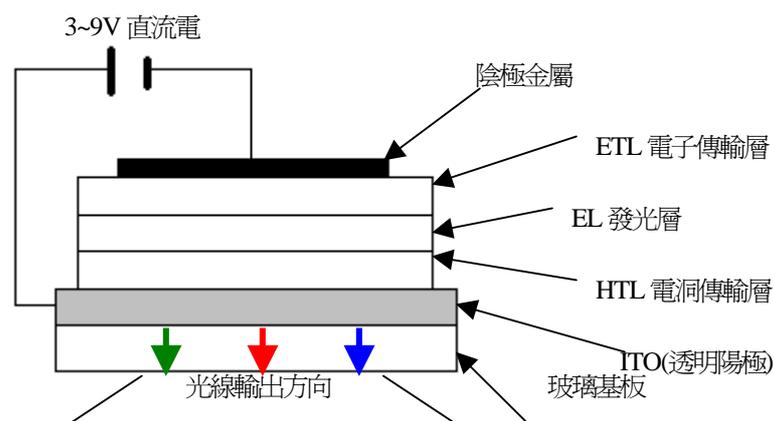
資料來源：ITIS、電子時報（2003）。

肆、OLED 的原理與結構

OLED 的發光原理與傳統的發光二極體 LED 很像，LED 是利用三、五族材料(如 Ga、In、P 等)的電子及電洞結合過程之能階轉換產生光子 (photon) 發光，使不同材料

會釋放不同的能階而產生不同顏色的光。而 OLED 發光的原理為在施加偏壓作用下，載體的電子和電洞分別地由陰極和陽極注入且在電場的作用下相反方向的移動，當電子和電洞進行再結合時將產生發光現象。OLED 發光的色彩取決於元件內具有螢光特性的有機材料，若添加少量的客發光體 (Guest Emitter) 於多量的主發光體 (Host Emitter) 中將可提昇其發光效率，並使發光的色彩涵蓋整個可見光區域 (顧鴻壽，民 90)。OLED 材料改用有機物質，其優點是被有機材料吸收的光子，其頻率大部分落在可見光頻譜外，故 OLED 顯示器在動作時可以產生高效率的光。

OLED 的基本結構(如圖一) 正極為一層薄而透明具導電性質的銦錫氧化物 (ITO)，陰極為金屬組合物，將有機材料層如同三明治般包夾其中，有機材料層包括電洞傳輸層 (HTL)、發光層 (EL)、與電子傳輸層 (ETL)。當通入適當的電流，注入正極的電洞與陰極來的電荷在發光層結合時，釋放的能量激發有機材料產生光線，而不同的有機材料會發出不同顏色的光。(阮世昌，2003)



資料來源：資策會 MIC (2000 年 8 月)

圖一 OLED 的基本結構圖

伍、OLED 的驅動方式

有機發光顯示器依驅動方式可分為被動式 (Passive Matrix, PMOLED) 與主動式 (Active Matrix, AMOLED) 兩種方式。

被動矩陣 OLED (簡稱 PM-OLED) 中，ITO 和金屬電極都是平行的電極條，二者相互正交，在交叉處形成 LED。LED 逐行點亮形成一幀可視圖象。由於每一行的顯示時間都非常短，要達到正常的圖像亮度，每一行的 LED 的亮度都要足夠高。這就需要很高的電流和電壓，從而引起功耗增加，顯示效率急劇下降。這就使得 PM-OLED 在大面積

顯示中的應用受到限制。被動矩陣的特色、優點、缺點為；1 特色：循序掃描驅動，瞬間注入較大電流，顯示能力以單色、多彩為主。2、優點：構造簡單、材料生產成本低、易清洗、易變更設計。3、缺點：耗電力高、壽命短、顯示元件易劣化、不適合大尺寸發展。

主動矩陣 OLED (AM-OLED) 採用的是薄膜電晶體陣列 (TFT)。利用類似於 LCD 的製造技術，在玻璃襯底上製作 CMOS 多晶矽 TFT，發光層製作在 TFT 之上。驅動電路完成兩個功能，一是提供受控電流以驅動 OLED，其次，在定址期之後繼續提供電流以保證各像素連續發光。和 PM-OLED 不同的是，AM-OLED 的各個像素是同時發光的。這樣單個像素的發光亮度的要求就降低了，電壓也得到了相應的下降。這就意味著 AM-OLED 的功耗比 PM-OLED 要低得多，適合於大面積顯示 (郭金川，2002)。主動矩陣的特色、優點、缺點為；1、特色：面板每一畫素皆可獨立運作並連續驅動，可搭配 TFT 驅動電路，可連續發光，全彩顯示。2、優點：驅動電壓、耗電力皆低、適合大尺寸發展、發光壽命長及亮度提高容易。3、缺點：需配合 LTPS 或 a-Si TFT LCD 驅動技術，技術障礙較高；材料及生產成本高。被動式與主動式矩陣驅動顯示器特性之比較如表二所示：

表二 被動式與主動式矩陣驅動 OLED 特性之比較

被 動 式	主 動 式
瞬間高亮度發光(動態驅動/有選擇性)	連續發光(穩態驅動)
面板外附加 IC 晶片	TFT 驅動電路設計/內藏薄膜型驅動 IC
線逐步式掃描	線逐步式抹寫資料
階調控制容易	在 TFT 基板上形成有機 EL 畫像素
低成本/高電壓驅動	低電壓驅動/低耗電能/高成本
設計變更容易、交貨期短(製程簡單)簡單式矩陣驅動+OLED	發光元件壽命長(製程複雜) LTPS TFT+OLED

資料來源：出光興業

陸、OLED 的特色

顯示器的發展從早期主要以陰極射線管 (CRT) 為顯示單元。隨著科技不斷進步，促成各種新技術的不斷成熟，新型的顯示技術如雨後春筍般誕生。目前已經實際應用的電子顯示技術主要有以下幾種：即陰極射線管 (CRT)、液晶顯示幕 (TFT-LCD)、有機

發光顯示器 (OLED)、等離子體放電顯示幕 (PDP)、電場激發發光(FED)；各種顯示方式的性能比較如表三。OLED 的主要特色有：1、自發光，不需背光源 (Backlight) 模組及彩色濾光片 (Color Filter)；2、重量輕，厚度薄 (1~2 mm)；3、構造簡單，耐用性高，低成本；4、低驅動電壓 (3~9 V) 並省電；5、廣視角 (160 度以上)，無視角限制；6、高亮度 (100 cd/m²)；7、輝度佳 (16 lm/W)；8、對比高 (100:1)；9、暗視與亮視畫質皆優良；10、反應速度快 (10 μs)；11、可全彩化；12、可大尺寸化；13、可撓性(採用塑膠底材)；14、使用溫度範圍廣：-30°C ~ 80°C。

表三 各種顯示方式的性能比較

種類	CRT	PDP	TFT-LCD	OLED	FED
薄型化	×	△	○	◎	△
大型化	△	◎	△	△	△
視野角	○	○	△~○	◎	○
響應速度	○	○	△	◎	△
亮度	◎	○	○	△	○
高解析度	○	△	◎	○~◎	△
低耗電	△	△	○	△	×
壽命	◎	○	○	△	△
低成本	◎	×	○	○	△
對比	◎	○	△~○	△	△
色階調性	◎	○~◎	△~○	△	△
優點	色彩鮮明，壽命長，低成本生產，對比及色階調優	發射光技術，簡單構造，大型化，影像清晰	成熟技術，多項選擇性最小畫素尺寸：之 15 μm (反射式)、50 μm (穿透式)，可撓曲式基板	發射光的，明亮，輕薄，可撓曲式基板，影像清晰，最小畫像素尺寸 ~ μm	發射光的，大視野角，溫度區間大，影像清晰最小畫像素尺寸 ~10 μm
瓶頸	不易薄型佔空間，耗能且有輻射線	複雜驅動程序，重量，耗能，價格高，對比及最小畫像素尺寸 300 μm	非發射光的，大投資金額，大面積，低良率，溫度區間	壽命與色彩有關，額外的封裝製程，電流驅動	高電壓，真空，壽命，低良率，色彩範圍
應用	電視機、電腦監視器	數位電視、集會用資訊系統	電腦監視器、桌上監視器、全彩汽車導航系統、筆記型電腦、PDA	手機、汽車用面版、微型顯示器、全彩視訊、背光版	汽車、航空器用途、耐用型顯示器

◎：優、○：佳、△：可、×：差 資料出處：(顧鴻壽，民 90)

柒、OLED 與 LCD 的比較

液晶顯示器 (LCD) 目前可說已經取代了陰極射線管 (CRT) 成爲顯示器中的主流產品，所以新產品必須有取代 LCD 的能力，才能成爲下一世代的主流。所以我們針對 OLED 和 LCD 兩種產品來做比較如圖二，看看 OLED 是否有撼動 LCD 的條件，與液晶相比，OLED 具有以下突出優勢：

- 1、OLED 器件的核心層厚度很薄，厚度可以小於 1 毫米，厚度爲液晶的 1/3；
- 2、OLED 器件爲全固態機構，無真空、液體物質，抗震性好，可以適應巨大的加速度、振動等惡劣環境；
- 3、OLED 主要是自體發光的讓其幾乎沒有視角問題與 LCD 相比，即使在大角度的角度觀看，顯示畫面依然清晰可見；
- 4、OLED 的原件主要是依靠電壓來調整，回應速度是液晶元件的 1000 倍，比較適合當作高畫質電視使用；
- 5、低溫特性好，在零下 40 度能正常顯示，而液晶在低溫下顯示效果不好；
- 6、對材料和製程設備的要求比 LCD 減少約 1/3，成本將會更低；
- 7、發光轉化效率高，能耗比液晶略低一些；
- 8、OLED 能夠在不同材質的基板上製造，可以做成能彎曲的柔軟顯示器；
- 9、自發光，不需背光源 (Backlight) 模組及彩色濾光片 (Color Filter)。

OLED 比較 LCD 在優勢上佔盡十足，不過其仍有幾個的缺點：

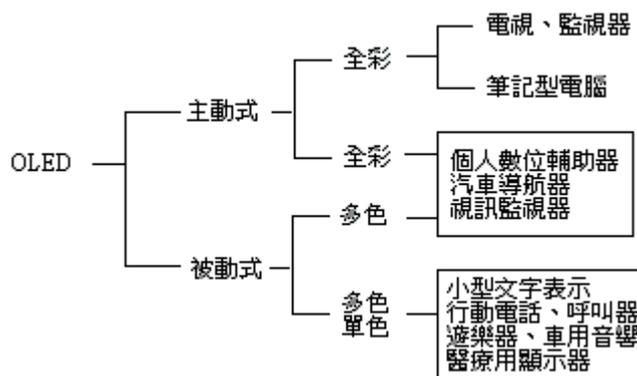
- 1、包括使用壽命仍不及 LCD，如果要應用在電視上必須要能達到 10000 小時以上的壽命，而現在的 OLED 技術大約剛好跨過這個門檻；
- 2、是 OLED 的各個色彩不均的問題，原因是紅綠藍這三個畫素都需要不同的驅動電壓，導致色彩平衡性較差，精細度有待加強。



圖二 OLED 和 LCD 兩種產品

捌、OLED 的應用領域和現況

相較於其他薄型顯示器技術如 LCD、PDP 相比，OLED 是個不折不扣的後來者，材料和製程技術都還不是非常成熟。但隨著越來越多的廠商投入相關技術的研發，OLED 技術可以說正處於蓬勃發展期，目前已經有一些產品量產問世了，最常見的就是手機市場，現在有許多手機廠商，都標榜擁有 OLED 的螢幕為宣傳如 BenQ、LG、Motorola、G-PLUS.....等，在 2002 年度全球總共售出 370 萬台以上的被動矩陣式 OLED 次螢幕手機，預估 2003 年度將攀升到 1000 萬台以上，主螢幕 OLED 機種將達到 300 萬台。數位相機和 PDA 產品也已陸續出現 OLED 的顯示螢幕。目前 OLED 顯示器最大尺寸，是由奇美電子開發出全功能、全彩之 20 吋全球最大 OLED 顯示器。OLED 的應用領域如圖三。



資料出處：(顧鴻壽，民 90)

圖三 OLED 的應用領域

玖、結論

近年來 LCD 顯示器隨著價格下降，民眾接受度越來越高，已打破 CRT 獨大的局面，已躍升為顯示器的主流。但新興技術經過不斷的研發，也陸續進入市場應用階段，OLED 面板就是其中之一。為何認為 OLED 有機會在顯示器市場和 TFT-LCD 一較長短，因為 OLED 的生產成本比薄膜電晶體液晶顯示器(TFT-LCD)較省，具有自發光與高亮度，較無視角限制，高反應速度。值得一提的是 OLED 可與塑膠基板相結合，利用可導電的塑膠、薄膜，就能夠生產可以卷起來的 OLED 顯示器，這些都是 LCD 無法超越的優點。《美國工業周刊》主編曾說：我們及大多數業內分析人士和專家都同意，未來十年，OLED 將是圖像領域最熱門的創新。它有潛力改寫當前平面顯示器的性能和價格記錄。

文獻探討

Mr.OH。OLED 平面顯示器新技術。數位影像坊

<http://www.digital.idv.tw/Classroom/MROH-CLASS/oh55/index-oh55.htm>。

艾琳。OLED 產業發展剖析。電子資訊時報，92 年 5 月 13 日。

阮世昌（92 年 6 月 26 日）。OLED 產業發展簡介。太平洋天財網。

<http://www.nettrade.com.tw/stock/2003/0307/04-0307.doc>。

悠景科技 OLED 教室。<http://www.univision.com.tw/cht/oled/index.htm>。

郭金川。OLED 技術及其市場發展。國際光電與顯示，2002 年 7 月刊。

<http://www.ye2000.com/gdxs/doc/20020713gd0302.htm>。

陳泳潭（91 年 4 月 10 日）。OLED 平面顯示器的新星。工業社群網站。

<http://www.fansi.net/IndustryFile/industry3.ppt>。

葉永輝。新電子科技雜誌，91 年 12 月。

http://www.acertwp.com.tw/ne/magazine/agazine_article.asp?Id=33。

資策會 MIC 2000 年 8 月。

電子時報 2003 年。

劉暉。OLED 技術顯示明天的精彩。電腦世界，90 年 36 期。

鍊寶科技產品介紹。

http://www.ritekdisplay.com/in_Chinese/Product_Technology/Product_Technology.htm。

顧鳴壽（民 90）。光電有機電激發光顯示器技術及應用。台北：新文京開發出版社有限公司。