

# 中小尺寸 OLED 顯示技術的發展近況

## Progress of Small & Medium Size AMOLED

李孟庭、吳長晏、李重君

Meng-Ting Lee, Chang-Yen Wu, Chung-Chun Lee

AMOLED 面板已被廣泛應用在行動電子裝置上，如智慧型手機和數位相機等。相對於傳統的 LCD 面板，AMOLED 具有快的反應速度、高的影像對比度和低的視角色偏。雖然目前 AMOLED 的消耗功率仍略高於 LCD 面板，不過，隨著具有高發光效率的有機磷光材料開發，AMOLED 的消耗功率將被有效的降低。透過加入內嵌式觸控面板、內嵌式環境光強度感應器等附加功能，使得 AMOLED 成為未來綠能面板的最佳候選人。

AMOLED has been widely adopted in mobile electronic devices, for example, smart phone and digital still camera, etc. Compared to conventional LCD, AMOLED has the benefits of faster response time, higher contrast ratio, and lower color washout. However, the power consumption of AMOLED is still higher than that of LCD due to insufficient OLED emitting efficiency. By replacing the OLED material from fluorescent type to phosphorescent type, the panel power consumption can be further reduced. By integrating value-added function in AMOLED, such as integrated in-cell touch sensor and in-cell ambient light sensor, AMOLED will be the best candidate for green display in the future.

### 一、AMOLED 市場狀況與未來發展

在金融海嘯及景氣循環的影響之下，顯示器產業近兩年來之表現的確不如預期般地成長。然而，雲端運算的興起、觸控技術的成熟與 3D 顯示的普及化等新技術之應用，卻也讓我們看到市場對於顯示器的強勁需求。這將會是顯示器產業再創高峰的新契機。

伴隨著環保意識抬頭與各國政府法令之制定，全球對於綠色能源持續關注。根據市調機構 DisplaySearch 的調查，在市場驅動下，綠能面板 (green display)<sup>(註1)</sup> 在 2010 年將持續高幅度的成

長，而 2011 年的滲透率則將占總面板量的 55% (見圖 1)。

其中，OLED (organic light emitting diode) 是眾多綠色技術裡最有潛力的一項。理由在於，它同時具備了輕、薄、結構簡單與低功率消耗之特性。此外，當 OLED 面板廢棄時，對環境負荷亦較輕，再回收利用率也較高<sup>(2)</sup>。

根據研究發現 (見圖 2)，OLED 是所有顯示器中碳足跡最少的，這即是基於 OLED 顯示器輕薄的特性，使產品在運輸時減少資源的浪費。此外，由於 OLED 顯示器結構簡單，所需的零組件也較少，在零組件製造及運輸的過程中，自然減低了二

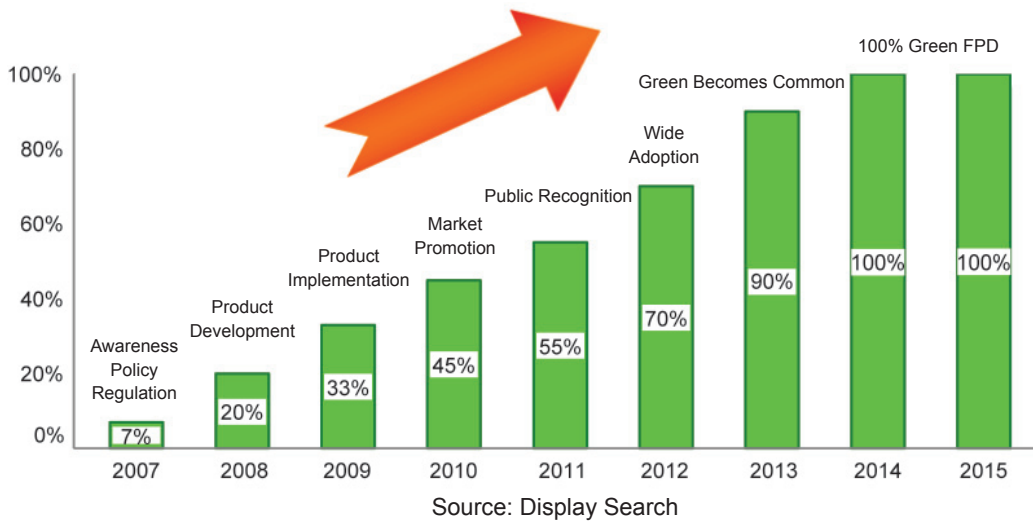


圖 1. 綠能面板的滲透率。(出處：Display Search)

氧化碳的排放量。

另一方面，從顯示器能源的消耗上來看，OLED 也是絕佳的綠能面板。圖 3 比較了 LCD (liquid-crystal display) 與 OLED 在各種畫面下，功率消耗的情形。我們可以發現，由於 LCD 需要背光源，因此 LCD 無論在任何畫面下其功耗均相同；但 OLED 為自發光元件，所以隨著畫面中黑色部分的增加，功耗將大幅下降，且在絕大多數的情形下都遠低於 LCD 所消耗之能量。

近年來在韓國政府政策的支持下，韓系面板廠出產之 OLED 面板有著極高的市佔率。反觀國內，台系廠商也有許多領先技術，近期更是積極投資與佈局。其中友達光電 (AUO) 正是全球領先的綠色解決方案供應商，並早在 2006 年即量產全球首款 AMOLED (active-matrix OLED) 手機面板—BenQ-Siemens S88。友達光電也是全球第一家成功導入磷光 OLED 材料於 AMOLED 量產之廠商，對於低耗電的應用端需求來說，磷光 OLED 技術在

未來將不可或缺。此外，友達光電為了達成更輕薄、更省電的目標，在 2009 年發表 In-cell Multi-touch 技術與 OLED 顯示器之整合，充分地展現出其實踐「綠色承諾」的決心，宣示技術領先之地位。

另外，大尺寸面板在全球景氣二次衰退疑慮下，2011 年預估成長將不到 10%，各廠商大世代線投資計畫也紛紛延宕；但中小尺寸面板在平板電腦與智慧型手機的帶動下，卻仍有著強勁的需求，日本甚至在政府主導下整合了三大面板廠索尼 (Sony)、東芝 (TMD) 與日立製作所 (Hitachi)，合併成立「日本顯示器 (Japan Display) 公司」。三家公司各別掌握有 AMOLED、LTPS (low temperature poly-silicon)、IPS (in-plane switching) 等關鍵技術，可見日本搶攻高階應用的中小尺寸面板市場之決心。在各家廠商陸續推出多款平板電腦後，產品同質化競爭日益激烈，相信很快便會進入削價競爭的白熱化階段，屆時電腦商勢必需要推出殺手級的

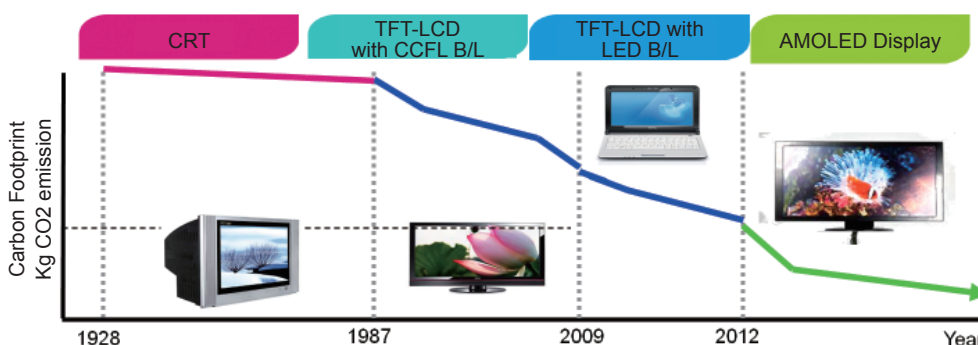


圖 2. 各種顯示器的碳足跡。








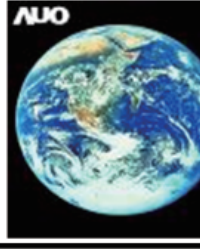
				
OLED	87 mW	36 mW	107 mW	57 mW
LCD	190 mW	190 mW	190 mW	190 mW
				
OLED	86 mW	229 mW	65 mW	172 mW
LCD	190 mW	190 mW	190 mW	190 mW

圖 3. LCD 與 OLED 功率消耗比較。

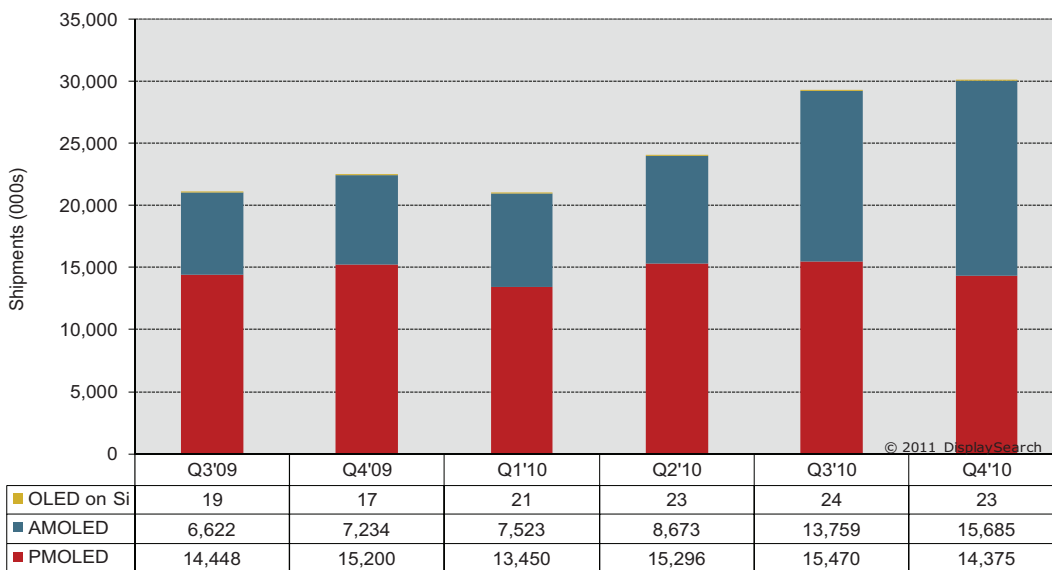


圖 4. OLED 面板單季出貨量。(出處：Display Search)

規格或服務才能在紅海中勝出！從美國專利商標局最新公開的專利中，我們注意到智慧型手機與平板電腦領導品牌－蘋果 (Apple)，近期也申請了多項 AMOLED 相關專利，內容多與蘋果擅長的觸控技術結合，預告了 OLED 在高階手持行動裝置之市場重要性，其往後趨勢更是不容小覷。

OLED 產業曾在 2006 年經歷低潮，許多日系

廠商紛紛退出，但從智慧型手機打開 AMOLED 市場後，面板開始供不應求，連中國廠商都開始在佛山、昆山、成都，甚至內蒙古等地大舉投資 OLED 產線。除 2010 年第一季外，近兩年來 OLED 面板每季出貨量皆呈現大幅度成長 (如圖 4)，DisplaySearch 更預估 2011 年應用於手機面板上的 AMOLED 出貨量可達 1 億 2 千 800 萬片，年

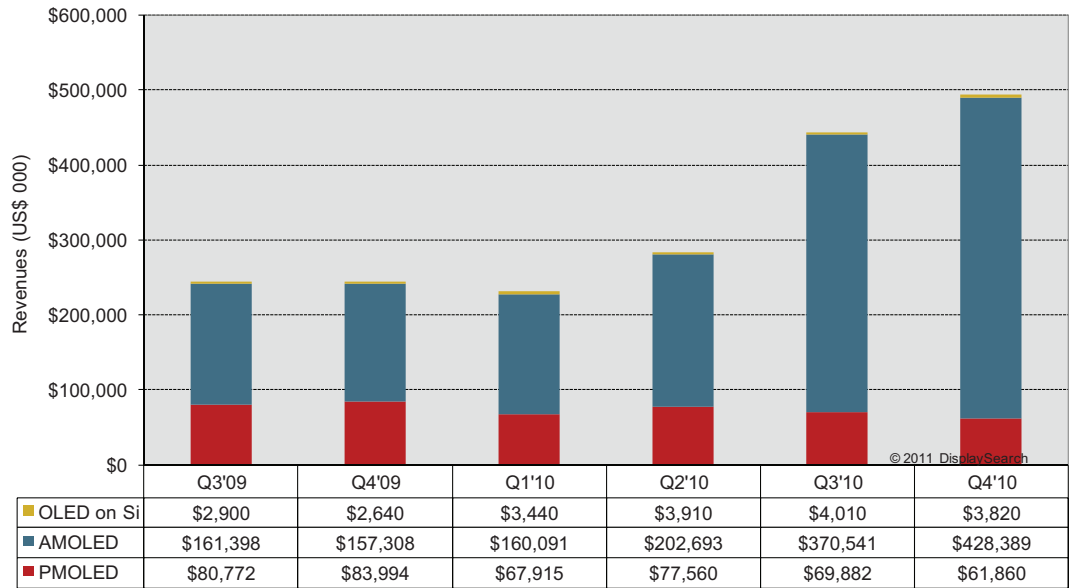


圖 5. OLED 面板單季營收。(出處：Display Search)

成長率 191%，銷售額為 40 億美元；2012 年預估為 2 億 1 千 200 萬片，銷售額達 64 億美元；2014 年 AMOLED 在手機面板的營收將超過 LTPS TFT-LCD，成為手機面板營收市場佔有率最高的顯示技術<sup>(3)</sup>。

現今 OLED 出貨最大產線為 SMD (Samsung Mobile Display) A1 廠 G4.5 對切 (730 mm × 460 mm)，其產能有限，面板供不應求。然而包括 LGD (LG display) G4.5 (AP2)、SMD G5.5 (A2) 以及 AUO 的 G3.5、G4.5 等產能即將開出，加上韓國方面亦宣稱 2012 年將量產八代線，因此市調機構 iSuppli 便預估至 2015 年時 AMOLED 出貨量將達到目前的 6 倍<sup>(4)</sup>。

## 二、新興 AMOLED 技術

### 1. In-cell Multi Touch/AMOLED

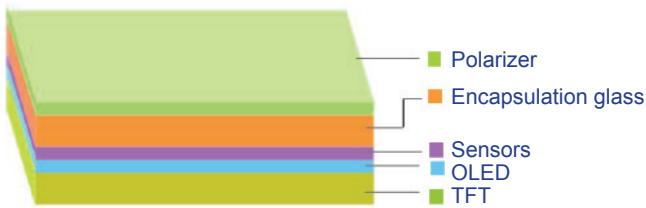
現今手機已從原本的電話撥接功能，演進到收發電子郵件、漫遊網際網路等智慧型功能，這些功能使得觸控式面板 (touch panel) 成為智慧型手機中不可獲缺的物件之一。然而，以蘋果 iPhone4 手機所使用的 Retina LTPS-LCD 為例，其中共需使用到四片玻璃，分別為 TFT 背板玻璃、彩色濾光片、觸控面板和一保護作用的背蓋玻璃。這樣的架構不僅使得手機的厚度增加、重量增加、成本增加，也

不符合未來綠能面板的需求。

對於 AMOLED 面板來說，雖然其屬於自發光元件，在本質上可以免除 LCD 面板所需的彩色濾光片；但是有機材料對水氧非常敏感，因此需要一阻水氧滲透的封裝玻璃。因此，在整體考量之下，傳統的 AMOLED 面板所需的玻璃數目並不少於 LCD 面板。為了使 AMOLED 面板真正能符合綠能面板的需求，友達光電於 2009 年提出 in-cell multi touch 技術，於 2.4 吋 AMOLED 面板上，透過觸控面板與封裝蓋板的整合，達到減少玻璃數目的目標 (如圖 6)。

In-cell multi touch 是指將觸控的感應器製作在封裝蓋板內側，這樣的製作方法會衍生出兩個問題：第一，封裝蓋板內側的觸控感應器，需透過在封裝膠內混入導電金球 (gold ball) 來連接在 TFT 基板上相對應的金屬導線。為了避免相鄰的觸控感應器產生短路，封裝膠內的導電金球濃度需控制在 1% 左右；相對地，觸控感應器中 x 和 y 方向的接觸阻抗大小就需被考量在設計當中。第二，封裝蓋板內側觸控感應器的設計 (in-cell touch)，會使其與 OLED 中金屬電極的距離變小 ( $< 15 \mu\text{m}$ )，使得觸控感應器的寄生電容 (parasitic capacitance) 變大，造成觸控感應器的訊雜比 (S/N) 降低。所以觸控感應器的圖案形狀、大小以及其與 OLED 電極的距離均需進一步優化設計，來達到最佳的觸控功能。

In-Cell Touch Panel



Items	Specifications
Display size	2.4 inch
Pixel number	240 × RGB × 320
Sensor technology	Integrated charge sensing
Sensor number	X = 7, Y = 9
Touch resolution	240 × 320
Touch response time	12.5 msec
Touch input	Dual inputs



圖 6. AUO 發表之 in-cell multi touch/AMOLED 面板。

## 2. Slim AMOLED

輕、薄、耐摔必然是智慧型手機的發展方向，在上段敘述中已提到透過觸控感應器與封裝蓋板 (in-cell touch) 的結合，使 AMOLED 面板中所需的玻璃數目減至 3 片。為了使玻璃數目更為減少，未來可以將原本的玻璃封裝背蓋改採薄膜封裝 (thin-film encapsulation, TFE) 製程，而觸控感應器則與保護背蓋結合，因此整個 AMOLED 面板的玻璃需求可以降至 2 片 (如圖 7)。

薄膜封裝在 OLED 的應用，最有名的是由

Vitex 公司於 2003 年提出，其利用反覆多層的高分子層／無機氧化層堆疊而成，其厚度僅有  $3 \mu\text{m}$ ，來取代傳統玻璃蓋板的阻水氧效果。Vitex 的薄膜封裝技術獨特之處在於其高分子層的形成方法，先將一母液快速蒸發成氣體，然後氣體流入真空室，在真空中以液體形成凝聚在基板上，最後透過紫外光使液體產生聚合反應，產生固化高分子膜層。此技術不同於傳統的氣體－固體沉積法，可完整地覆蓋不平整表面，並實現原子等級的平滑表面。下一步驟是將一個厚度僅為數百埃 (Å) 的無機氧化層

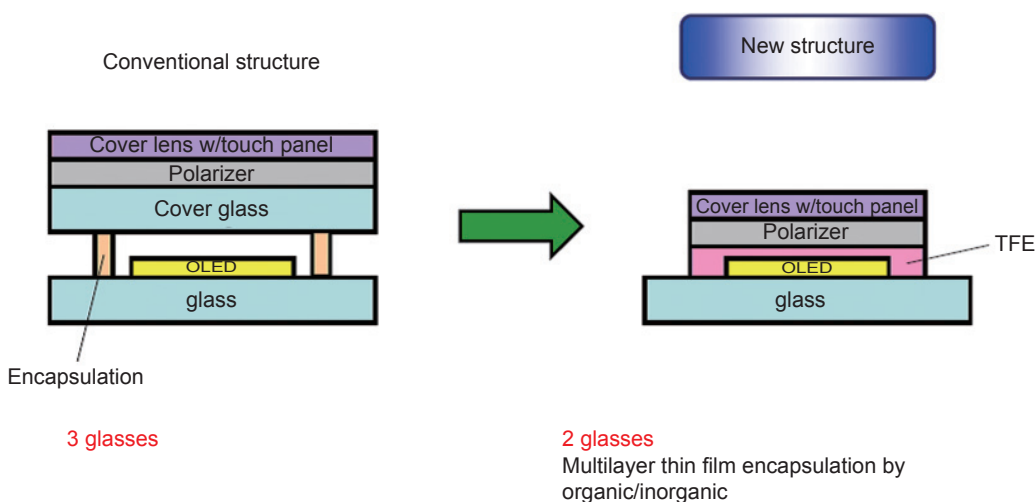
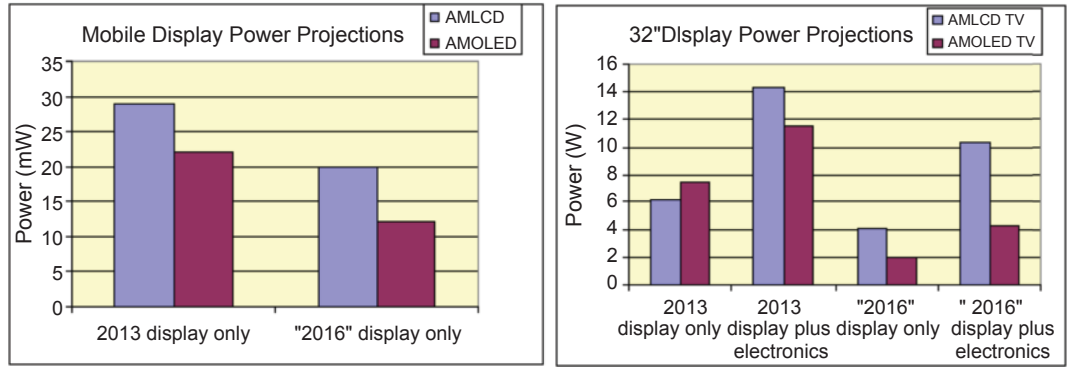


圖 7. 新型 AMOLED 面板架構搭配薄膜封裝和 in-cell multi touch 技術。

圖 8. 不同尺寸大小之 LCD 和 AMOLED 面板消耗功率之比較。



(如氧化鋁， $Al_2O_3$ ) 沉積在分子膜層上面。由於分子膜層表面很平滑，無機氧化層只有非常少的缺陷，所以能形成一個幾乎完美的水氧隔離層。透過反覆多層的高分子層／無機氧化層製作，其對水氣隔離的效果可達  $10^{-6} g / (m^2 \times day)$  的要求。

### 3. Flexible AMOLED

隨著薄膜封裝技術的成熟發展以及具高玻璃轉移溫度 ( $T_g$ )、耐酸鹼的塑膠基板開發，使採用塑膠基板來製作 AMOLED 面板已非遙不可及的事，這將使 AMOLED 推向僅一片玻璃基板的架構，估計其厚度將遠薄於目前觸控 LCD 面板達 1.5 mm 以上。而多出來的空間則可以增加電池的設置，進而延長使用時間及電池壽命。另外，塑膠基板可撓曲的特性，也使其在未來有更多、更廣的應用。

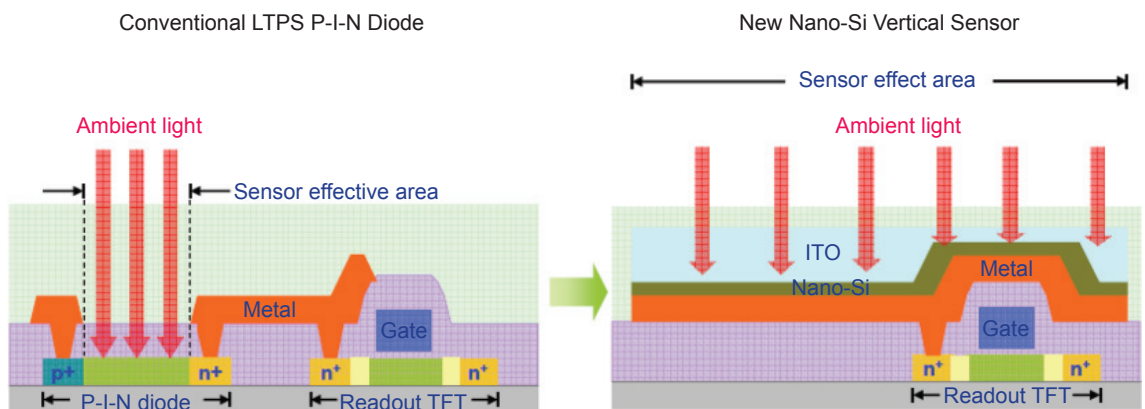
### 4. In-cell Ambient Light Sensor/AMOLED

行動裝置的使用時間，也是人們選擇產品的重要因素之一。由於人們對行動裝置的輕薄要求，使得電池的體積及蓄電量受到嚴苛考驗。因此，如何

降低行動裝置內所使用的面板消耗功率，則是目前有效提升使用時間的方法。由於 AMOLED 屬於自發光元件，加上近年來有機發光材料效率的不斷提升 (磷光材料：電轉光效率可達 100%)，使得 AMOLED 面板的消耗功率可低於 LCD 面板，無論在中小型的行動裝置面板或是大型的電視面板皆呈現相同的趨勢 (如圖 8)。

行動裝置，意謂其使用環境會經常改變，伴隨著就是環境光源的改變。若能在行動裝置上增設內嵌式環境光源強度偵測器 (in-cell ambient light sensor, in-cell ALS)，使面板亮度隨著環境光源改變，則可進一步降低面板的消耗功率，且使面板在不同的外界環境光強度下維持可接受的面板對比度。傳統的內嵌式環境光源偵測器，是利用 LTPS p-i-n diode 來當作光電流偵測器；但可接受外界光的面積有限，且 LTPS p-i-n diode 光電流偵測並不靈敏。友達光電於 2009 年提出 in-cell ALS 架構，利用垂直排列架構將富含 Si 的氧化物覆蓋於 TFT 上，如此可以擴大偵測外界光的區域且產生較大的光電流 (如圖 9)。

圖 9. 不同之環境光強度感測器技術。



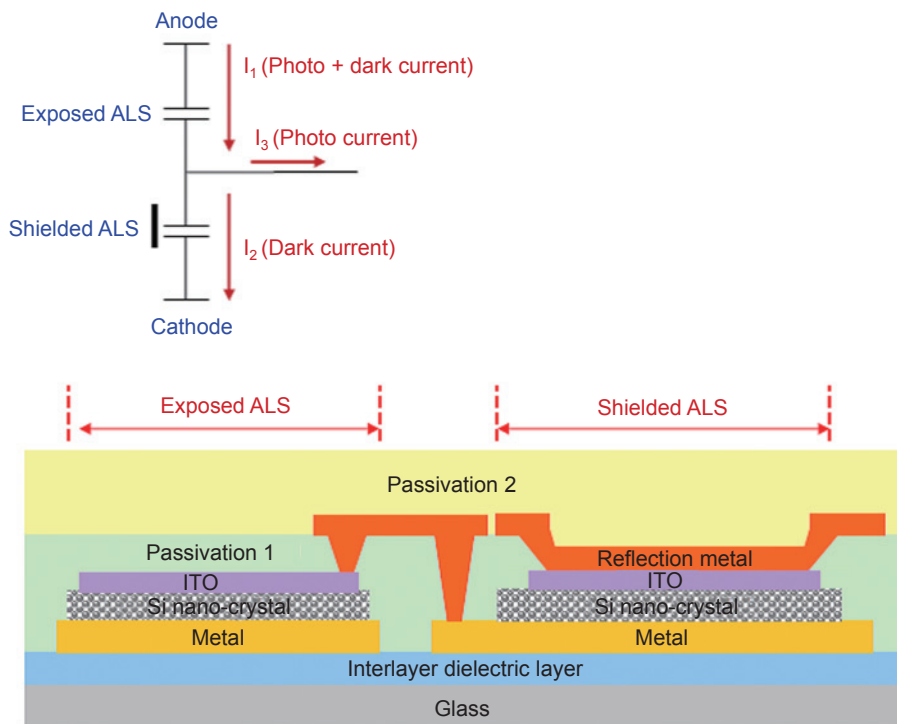


圖 10. AUO 發表之 in-cell ALS 架構。

另外，為了減少鄰近的 LTPS TFT 驅動電路產生的耦合雜訊和 OLED 內部光折射的背景雜訊，in-cell ALS 其中更包含一外露的 ALS 單元 (exposed ALS) 串連一個遮蔽的 ALS 單元 (shielded ALS) (如圖 10)。外露 ALS 單元用來量測外界光強度，而

遮蔽 ALS 單元則用來作為彌補背景雜訊之用。所以，因外界光源產生的光電流大小可由外露 ALS 單元電流扣除遮蔽 ALS 單元電流而得。

In-cell ALS/AMOLED 面板，採用 3T1C 的電路設計 (如圖 11)，面板的亮度則透過發光電路

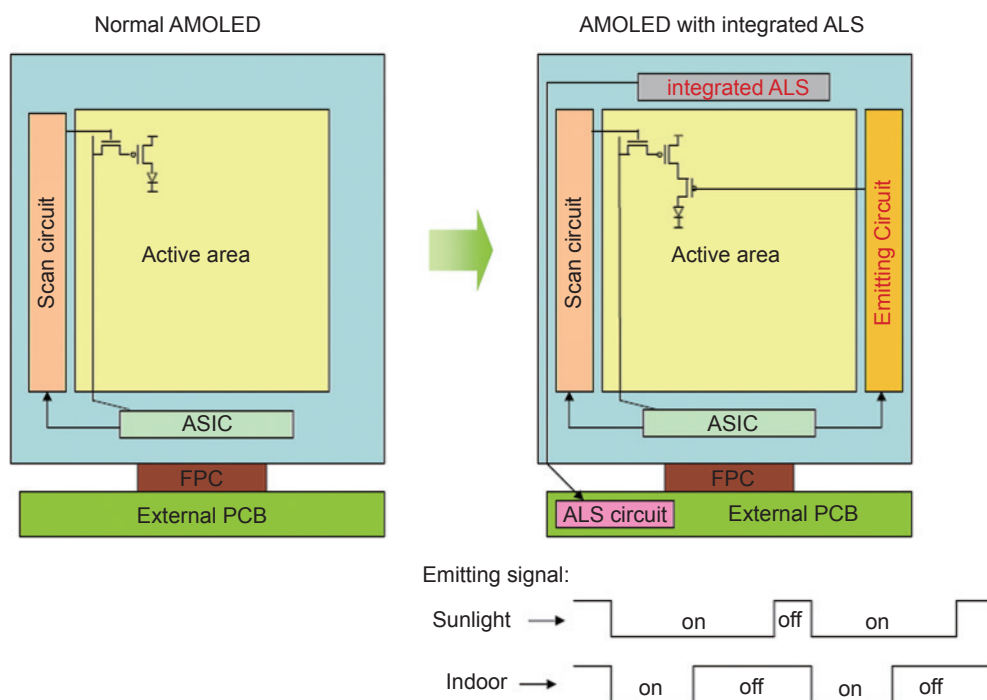


圖 11. AUO 發表之 in-cell ALS / AMOLED 面板電路設計。

的工作週期 (duty ratio) 來調整而得。因此在強的外界光源下，工作週期會變長，使得面板有較高的亮度；反之亦然。所以，透過 in-cell ALS 結合 AMOLED 面板，在不同的外界光源強度下，AMOLED 面板的亮度可得到進一步的調整，讓整體面板消耗功率可以獲得改善 (如圖 12)。

### 三、展望

本文中提到了幾項提升 AMOLED 面板附加價值的技術，如 in-cell multi touch、in-cell ALS 和 flexible 等。但並不表示 AMOLED 面板具有這些功能就足以與現有的 LCD 面板比擬。比如說，蘋果 iPhone4 手機所使用的 Retina LTPS-LCD 為例，其解析度可以高達 960 × 640，且像素密度可高達每英吋 326 畫素。對比於 AMOLED 面板，由於其畫素需透過精細金屬光罩 (fine metal mask, FMM) 來製作，使得目前已商品化的 AMOLED 面板像素密度僅能達到每英吋 < 250 畫素的水準，因此將大幅降低面板顯示品質。所以在中小尺寸的 AMOLED 開發方面，解析度和像素密度的提高將是未來開

發的重點，而白光 OLED 搭配彩色濾光片法、雷射轉印蒸鍍 (laser induced thermal imaging, LITI) 等技術將是可能可使用的方案。此外，在大型化 AMOLED 面板開發方面，低溫製程且可大面積化的氧化物 TFT、噴墨印刷 (ink-jet printing) 全彩化技術、小型光罩掃描技術 (small mask scanning, SMS) 等，亦將是未來開發的重點。

### 參考文獻

1. *Green Technology in Flat Panel Displays, Market and Technology Trends*, DisplaySearch (2009).
2. 拓墾產業研究所, 奮力破繭而出的 OLED 產業剖析, 拓墾科技 (2010).
3. *Mobile Phone Display Revenues Forecast to Grow 47% in 2011, Reaching \$22.4 Billion in 2012*, DisplaySearch (2011). [http://www.displaysearch.com/cps/rde/xchg/displaysearch/hs.xsl/110419\\_mobile\\_phone\\_display\\_revenues\\_forecast\\_to\\_grow\\_in\\_2011.asp](http://www.displaysearch.com/cps/rde/xchg/displaysearch/hs.xsl/110419_mobile_phone_display_revenues_forecast_to_grow_in_2011.asp)
4. *AMOLED Display Shipments Soar on Strength in Smart Phone Market*, IHS iSuppli (2011). <http://www.isuppli.com/display-materials-and-systems/news/pages/amoled-display-shipments-soar-on-strength-in-smart-phone-market.aspx>

AMOLED with 6 levels brightness adjustment was fabricated

Conditions	Ambient brightness (Lux)	Panel brightness (nits)	AMOLED current consumption (mA)
1	> 4,900	98	25.4
2	2,600–4,900	88	23.3
3	1,800–2,600	81	20.8
4	1,100–1,800	68	18.7
5	800–1,100	59	16.5
6	< 800	49	14.3

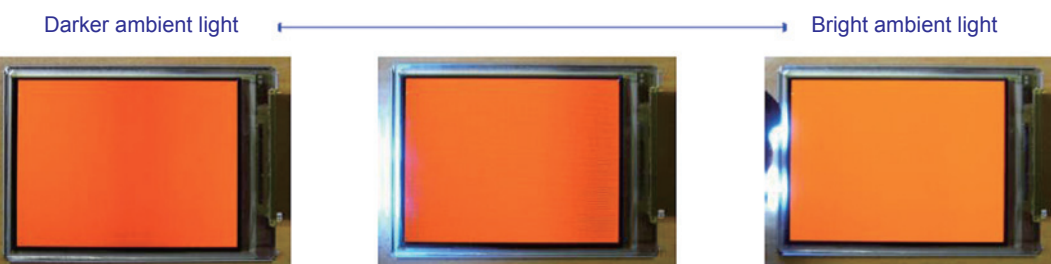


圖 12. AUO 發表之 in-cell ALS / AMOLED 面板在不同環境光源強度下之面板消耗功率比較。



## 附註

### 1. 所謂綠能面板必須符合下列其中一項規範<sup>(1)</sup>

- ① 使用對環境友善的零組件和原物料。
- ② 使用新的零件或技術以達到節能目標。
- ③ 符合環境法規。
- ④ 生產過程中可減少能源和材料的消耗。
- ⑤ 在產品使用壽命結束後 採取完全或部分的回收。
- ⑥ 使用綠能或有益生態的概念來包裝設計產品。



李孟庭先生為國立交通大學應用化學所博士，現任友達光電股份有限公司前瞻 OLED 研究部高級工程師。

Meng-Ting Lee received his Ph.D. in Applied Chemistry from National Chiao-Tung University. He is currently a senior engineer in Advanced OLED Research Department of AU Optronics Corporation.



吳長晏先生為國立交通大學光電工程研究所碩士，現任友達光電股份有限公司前瞻 OLED 研究部高級工程師。

Chang-Yen Wu received his M.S. in Electro-Optical Engineering from National Chiao-Tung University. He is currently a senior engineer in Advanced OLED Research Department of AU Optronics Corporation.



李重君先生為國立清華大學化學工程博士，現任友達光電股份有限公司前瞻 OLED 研究部經理。

Chung-Chun Lee received his Ph.D. in chemical engineering from National Tsing-Hua University. He is currently the senior manager of Advanced OLED Research Department in AU Optronics Corporation.