

自由型態顯示技術發展動態

台灣亞太產業分析專業協進會 102 年認證產業分析師 林研詩

一、趨勢面：數位轉型驅動 Metaverse 世界—自由型態、虛實整合創建人類共同體驗中心

我們已生活在「以顯示器為中心的世界」(Display-Centric)，未來有更重要的發展拐點，在於數位轉型驅動 Metaverse 的新世界來臨，帶來更多產業發展契機。Metaverse 一詞，部分中文譯為元宇宙、多重宇宙、平行宇宙等等，更貼切的形容為人類共同體驗中心(Human Co-Experience)。亦即生活中的所有應用領域，都能透過物聯網進行數位化與串接並互相影響，而不是僅是只在購物、娛樂、AR/VR 等特定領域中進行連接與應用而已。在如此巨大的變化中，顯示器的重要性日益提高，並引領顯示科技產業帶來更多創新突破。在應對 Metaverse 世界的解決方案中，根據個人使用環境和體驗需求提供「新 IT 設備」的螢幕類型，讓使用者可以在晶片性能提升與通訊技術發展下，獲得自然、隨時高清觀看、遠距會議、遠距醫療各項視訊服務時，能獲取真實影像畫質的體驗。另外，隨著車輛走向電動、自駕化發展，扮演生活第三空間角色，車子內裝所需新型態人機介面，也是新 IT 設備發展重點，如可自由造型的螢幕等，並提供虛實整合互動體驗更好的沉浸感。

因此，自由型態顯示器被視為下世代顯示產品主要開發方向，以 X-able 代表可自由型態顯示的創新模式，其內涵包含 Foldable(可折疊)/Rollable(可捲)/Slidable(可滑)/Stretchable(可伸縮)，以及 Tiled(可拼接)等元素。近期全球面板廠商紛紛推出各種自由型態展品於不同尺寸的應用，如圖 1 所示，各類面板技術包括自發光 OLED、Mini/Micro LED 以及需要背光的 LCD、反射式 EPD 技術等，皆可做成自由型態顯示器。依照型態外觀設計可劃分為動態與靜態、撓曲、平面、多維形變等。其中，動態撓曲型態包括可彎、可折、可捲、可滑等特性，以 Flexible AMOLED 技術開發數量最多，因軟性、自由造型、可伸縮面板為 OLED 技術優勢所在，但近兩年有更多 Mini/Micro LED 技術跨入 OLED 優勢領域，成為注目焦點。



資料來源：工研院產科國際所 ITIS 研究團隊(2021/12)

圖 1 2021 自由型態顯示技術應用百花齊放

二、產品面：螢幕可折手機商用化挑戰

自由型態顯示器邁入量產需克服多項技術挑戰，以 OLED 折疊手機為例，材料端需要提升藍光 OLED 發光效率、保護蓋板需開發可耐受折疊 20 萬次的超薄玻璃(UTG)、以彩色濾光片取代偏光膜，達到減薄與增亮、克服結構應力分佈、整機鉸鏈設計與周邊零組件整合等皆為關鍵技術。例如三星電子 2021 年第三季上市的最新款折疊手機 Samsung Galaxy Z Fold 3 5G、Z Flip 3 5G，即是採用三星顯示器新開發的無偏光膜 OLED 面板，將原本透明 PDL 層改成黑色 PDL 層(Pixel Define Layer)，因黑色 PDL 層可吸收從外部進入的光線，避免光線反射，讓 RGB 畫素不會互相干擾，可取代原本圓偏光膜遮光的功能，改善 OLED 面板發光效率與功耗，光線穿透率提高 33%，功耗節省 25%。

移除偏光膜的另一個優點是有助於面板背面空間整合螢幕下相機(Under Display Camera, UDC)，由於手機面板逐漸走向全螢幕發展，面板與機身的螢幕佔比逐年放大，2012 年手機屏

占比約 60%，2015 年增加至 70%，2019 年後的螢幕占比幾乎都在 90% 以上，因此週邊零組件包括指紋辨識等需要重新設計，其中手機內嵌螢幕下指紋技術逐漸成為安卓陣營主流，包括高階的超音波與中低階的光學技術，但是受限於技術障礙，目前僅 OLED 手機適用。因此在手機全螢幕風潮帶動零組件整合趨勢下，如何結合指紋辨識、螢幕下發聲、螢幕下相機功能，成為各廠新一代手機產品設計主要發展方向。

隨著 5G 通訊與大螢幕折疊式手機的市場滲透擴大，未來將有更多手機品牌廠商採用螢幕可折面板，根據 DSCC 預估，至 2025 年 Foldable/Rollable 智慧型手機面板出貨量可望達到 8,000 萬片，佔整體 OLED 智慧型手機面板的 8%。而自由型態顯示技術是否擴及手機以外的應用，關鍵在於與目前 a-Si LCD 主流產品的成本競爭力，除了現階段高階手機已是 Flexible OLED 面板外，其他競爭技術如 Mini LED 背光的 LCD 面板，也開始吸引更多品牌廠的目光，包含電視、筆電、電競面板產品等，待成本下降後將可望滲透至目前主流 a-Si LCD 市場。

三、技術面：多元顯示科技應用百花齊放

(一) Curved Display 以智慧座艙車載應用為大宗

智慧座艙所需一體化、智慧化、平台化顯示器為近期車廠、車電大廠、零組件廠開發趨勢，特別是內裝造型差異化為車廠產品訴求重點，將觸控、實體旋扭、鏡頭整合儀表板與中控台，加上互動人機介面功能，為未來大面積一體化曲面車用顯示器設計開發趨勢。特別是 Micro LED 技術具備高亮度、高對比度、廣色域、反應速度快等特點，適合車規需求，有多家廠商開發大型車用面板，並以系統整合方式融入異型、曲面、手勢互動等智慧座艙一體化車用顯示器解決方案。

(二) 可自由拼接為 Mini/Micro Display 大面積化應用優勢

戶外看板應用所需的大尺寸影音牆，以拼接模式為最佳解決方案。因此廠商開發各種無邊框(Seamless)可自由拼接的 Mini/Micro Display，強調顯示模組可「無限拼接」或重新「打散」組合成任意尺寸、比例的大螢幕，具有較高的空間利用性，突顯大面積化應用優勢。

(三) Foldable Display 折疊型態多樣化

AMOLED 應用在手機已有多樣的顯示形態，從硬式、3D 曲面、環繞螢幕、可折疊、可彎曲的形態，再跨入可滑動彈出螢幕的應用。目前已商用化的折疊手機多為單折型態，包含內折、外折等。市場逐漸以內折型態為主流，如上下對折與左右對折。近期 SID 2021、IMID 2021 會展中，折疊手機型態已從單折擴展至雙折，如 S 型雙折 (S-Foldable) OLED 手機原型機，可進行 Flex In & Out，收納時為一般手機尺寸，展開後為平板電腦使用，相對於目前單折設計，可進一步縮減收納後的尺寸。也有應用在筆記型電腦與平板應用開發的大型可折疊面板，採用主流的 4:3 比例，訴求便攜設計。而以 EPD 技術做成可折面板，具有輕薄省電的優勢，有更廣泛的類紙應用。

(四) Rollable/Slidable Display 可望實現手機應用

在可捲面板應用上，滑出式(Slidable)螢幕手機設計已開始被手機品牌視為下一波高階新品佈局重點，包括三星、LG、OPPO、TCL 都在近期提出相似的概念機。如手機品牌 TCL 提出結合折疊與可滑特性的設計，稱為「Fold 'n' Roll」，螢幕為外折方式，在折合時為 6.87 吋，攤開後的顯示面積可達 8.85 吋，而進一步滑出螢幕之後則可讓顯示面積增加至 10 吋。在大尺寸 Rollable 面板方面，可捲曲 OLED TV 進一步展出透明可捲曲 OLED TV，結合透明顯示應用情境，如車窗、餐廳隔間等，皆為創新終端場域應用設計方向。

(五) Stretchable Display 尋找更多軟性電子拉伸應用情境

可伸縮顯示技術必須採用具有彈性的特殊面板，實現拉伸、扭曲、旋轉等彈性形變，一般採用低溫製程，進行面板底層軟性電子的電路製作與轉移至彈性體基板，並且需特殊電路設計與封裝，以因應拉伸後失效的問題。未來將可應用在可進行 3D 自由造型的汽車擋風玻璃、穿戴裝置、電子皮膚、衣物等，創造更多使用情境。

四、結論

綜觀各面板廠商佈局下世代顯示技術，透過展示各種自由型態顯示器的方式，替新型態使用者體驗所需互動方式做準備，以改變既有操作習慣，另闢差異化市場的策略，影響既有智慧移動裝置的發展。特別是已商用化的折疊面板仍持續精進，帶動自由型態電子裝置的應用與技

術創新趨勢，未來將可連結更多的 5G 垂直應用場域，甚至為 6G 時代準備所需整合產品設計的適配性。新型態的產品亦影響零組件與供應鏈生態，包含材料、面板結構、整機機構、裝置、系統、UI/UX 的重新設計等，不論是生產工藝的精進或者新零組件皆有助於產生新的市場機會，我國已具有良好的基礎，包含可彎曲的電路板、可撓電極、偏光膜等相關電子零組件可藉此機會積極跟進，提升技術層次，搶得下一波市場開發先機。面板廠以 Micro LED 新技術或既有產線開發出 TFT 半導體的技術潛力亦是創造產業未來發展的利器。除了滿足市場需求的開發外，亦需考量整體數位轉型趨勢下，永續發展的製造與經營模式，如新型態的面板設計融入更友善環境(eco-friendly)的製造方式，並考量企業發展 ESG 以及促進永續的指標(Sustainable Development Goals, SDGs)等，皆是產業建構更韌性的未來在開發時需關注之處。

(本文作者為工研院產科國際所執行產業技術基磐研究與知識服務計畫產業分析師)

原文出處：ITIS 智網 <http://www.itis.org.tw/>