



OLED照明產業從0到1

OLED Lighting Industry from 0 to 1

宋兆峰 C. F. Sung¹、黃婉甄 W. C. Huang²

工研院電光系統所(EOSL/ITRI) ¹正工程師/經理、²副管理師

透過OLED照明聯盟結合業界力量促成OLED照明應用、加速OLED照明產業上/中/下游產業鏈垂直整合、共同開發OLED照明關鍵技術以及制定OLED照明產業標準。目前工研院團隊已具備OLED照明元件的製作能力，建立試量產線，促成材料、設備自主化，並以產業聯盟促成照明系統設計及製造業者整合，加速OLED照明商業化，以優化下世代固態照明產業。

The OLED Lighting Commercialization Alliance (OLCA) endeavors to accelerate the vertical integration of upstream downstream industry chain of OLED lighting industry, jointly develop OLED lighting key technologies and boost the establishment of manufacturing and test standards for OLED lighting. ITRI team has already built up the capability to produce OLED lighting device, not only establishing a trial production line, but also contributing material and equipment localization. To integrate lighting system design and manufacturers, the alliance aims at binding and giving impetus to industrial strengths to boost OLED lighting market.

關鍵詞/Key Words

OLED照明(OLED Lighting)、卷對卷(Roll-to-Roll; R2R)、OLED照明聯盟(OLED Lighting Commercialization Alliance; OLCA)

根據統計，照明能源消耗占全世界總發電量15%~20%。隨著全球環保意識日益高漲，各國也正遭遇到能源有限的挑戰，節能為各國研發重要議題。而照明為人類的基本需求，近200年來的用電照明，有各式各樣照明技術被發表，不合宜的低效能氣體照明將隨新照明技術而消失，如白熾燈、鹵素燈、螢光燈管，美國已於2014年元旦起停售白熾燈，取而代之的會是效能較高的固態照明(LED、OLED)。

固態照明發展中，LED屬於點發光，照明光線集中，應用於戶外環境時更為醒目，適合局部區域照明；OLED屬於面發光，光線較為自然柔和且均勻。兩者各有特色，故OLED照明(OLED Lighting)與LED照明為共榮共存，且具有超薄、軟性特色，被公認適用於室內照明，互補長短一同發展。根據UBI研究公司最新發表之全球OLED照明市場預估，至2021年，全球OLED照明市場預計將增長至約19億美元。



此外，2017~2025年預計複合年增長率為85%，至2025年將形成58億美元的市場。因此，台灣若投入OLED照明產業可接續LED的成長力道，在固態照明領域與LED照明相輔相成。

與發展較為成熟的LED照明相較，雖然OLED照明產業仍處於早期的起步階段，但OLED照明被稱為第四次照明革命。其具有如下諸多優點：節能、高效、長壽命、演色性高、面發光、輕薄可彎曲、光色柔和無高熱問題、無炫光閃爍、電壓低、OLED頻譜接近自然光與藍光成分（不傷眼）等特性，是最適合和人體近距離接觸的照明。OLED適用領域相當的多，像是博物館、畫廊、拍婚紗照時的光源照明、化妝品專櫃、超市與學童桌燈等；而國際一線車廠如BMW、賓士與Audi等，也開始著手將OLED照明導入先進車款進行設計與驗證。舉例2016年Audi率先將OLED照明導入高階TT RS車款尾燈的指向照明應用，傳統車燈就是凸顯各車廠血統設計感的手法之一，如今OLED輕薄的特性十分適合未來車燈的發展潮流。

OLED照明聯盟成立

有鑒於國外知名照明大廠相繼投入OLED照明技術及產品開發，反觀台灣在OLED照明產業的投入相對落後。但長久以來台灣所累積的強大LED照明製造體系與經驗，可以移植此技術能力優勢帶入OLED照明產業，透過完整的光電產業聚落將可為我國照明系統帶來新契機。目前工研院團隊已具備OLED照明元件的製作能力，包含有機材料/元件/電路/機械強度/積體化設計等；並為了加速推動國內外資源與技



▲圖一 2014年7月工研院成立OLED照明聯盟(OLCA)

術整合，於2014年7月成立OLED照明聯盟(OLED Lighting Commercialization Alliance; OLCA) (圖一)，由燈具、照明設計、材料、設備、光引擎等五個委員會組成，共同開創次世代固態照明商機。

該聯盟成立宗旨即為結合業界力量促成OLED照明應用、加速OLED照明產業上/中/下游產業鏈垂直整合、共同開發OLED照明關鍵技術以及制定OLED照明產業標準，而其最終任務則為推動OLED照明光引擎商品化。不僅整合台灣整體產業供應鏈，未來也將串連台灣及日本的材料及設備商，讓台灣OLED照明產業發展更加穩固。

打造國內首創 「OLED照明主題館」

歐洲與日本相繼於國際性照明大展中展現其OLED照明技術實力，台灣於此應不落於人後。因此於2014年底即與照明公會林慶源理事長商討共同打造出2015年3月之OLED照明主題館，現場展出之燈片皆由工研院親手打造，而燈具的部分除工研院自行設計外，亦結合照明公會的力量與亞壯、達豐、雷耀、康爾富、和正豐、捷



▲圖二 2015年與照明公會合作，一同打造國內首創「OLED照明主題館」

威等國內燈具廠通力合作，現場展出37盞 OLED照明燈具(圖二)。此為國內首次大規模 OLED照明商品化展示，吸引20幾家國內外媒體前來採訪，同時宣告台灣正式進入 OLED照明行列。當年度的展示也包含100片光引擎之大型吊燈燈具，因 OLED面光源的特色，勢必以產品多面拼接的方式呈現，所以在燈具本體上必須考慮走線方式與 OLED光源的接合方式；同時 OLED 模組屬於玻璃基板材料，所以在機構模組的設計上也需考量組裝與更換時的機構強度以及便利性等問題；最後採用強固背板設計與焊線連接接口的模組化設計，於每一片 OLED 模組上，驅動部分使用5片為一組串聯之 AC to DC 直接恆流供應電源的方式設計，並增加5片一組 ON/OFF 燈控來增加整

燈的變化性。

大型樹狀主燈—「綠之光簾」

2015年度全台首座 OLED 照明館產生巨大效益與熱烈回響，同年度10月即開始為第二次展覽作準備。安排拜訪照明相關廠商，除蒐集第一屆協力燈具廠商寶貴的建議，更擴大拜訪各大照明設計、室內設計、建材、燈具廠商以及車燈廠，共計多達20家廠商。因累積前次展出成功的經驗，第二次的招攬活動相當的順利，除原先加入的廠商有超過半數以上廠商再次參與此次盛會，另外更有6家新加入的廠商，共計11家燈具廠商共襄盛舉，也因而必須擴大攤位的規模，從2015年的10個攤位大小增加至15個攤位。



▲圖三 2016年照明展主燈一綠之光簾

這次展覽規劃結合產學研三方共同的努力，而本次的主燈設計、展佈規劃也首次邀請知名室內設計師倪晶瑋老師共同合作，以「綠之光簾」作為展場主焦點(圖三)，預告未來室內空間，將因OLED而可引入植物，創造健康生活環境的新契機。吧台區則讓參觀者能近距離接觸體驗健康、不眩光的OLED面光源而設。由工研院電光系統所自行製造的大型樹狀主燈，在片片綠葉中閃耀著柔和的OLED光影，象徵OLED環保節能的特色；此外會場也展出逾30盞OLED照明燈具，由工研院與雷耀、麗揚、天極、捷威、亞壯、瑋旦、寶創、達

豐、瑩耀、久典及大億等11家燈具業者共同進行設計開發，將OLED照明應用領域延伸至美妝、居家擺設、車用領域(圖四)。其中「OLED車尾燈及煞車燈」，因OLED輕薄且多樣性的平面形狀能夠創造出多元不同之造型、圖案，利用其極高的可塑性直接與燈罩結合，車燈自然也有了更立體的呈現。透過不同的斬新設計，本次的展覽讓參觀民衆看到次世代照明的多樣性與豐富性，當時現場已有多家旅館業者、建築設計師、車燈廠商對此新興照明展現極高詢問度，希望能夠進一步洽談合作機會。

當年度的燈具設計展示了OLED模組可發揮控制與機構的潛力。主燈的設計表現出與裝潢或建築結構整合的展示方案，在燈具的形式導入彈性電極的設計，方便模組安置在基座上，也利用鋼索固定件直接供電給基座與OLED模組，減少走線的機構設計，方便裝潢設計搭配；驅動上也改用獨立驅動方式降低串聯的電壓到15 V以下，讓電性安全問題降低，提高應用範圍；而OLED色溫除原3,000K之外也多提供4,000K色溫，並加入窄邊框設計增加發光面積，讓其OLED模組特色更能融入家用裝潢的設計。透過產品差異化與安裝方便等設計，



▲圖四 OLED照明應用，(a)美妝鏡；(b)造型珊瑚礁；(c)車尾燈



▲圖五 「FOLED」(Flexible OLED)光引擎，上方黑色結構為電子機構接口，搭配方框設計整合FOLED介面，整體尺寸為5公分×20公分

可加速OLED照明產品市場推動。

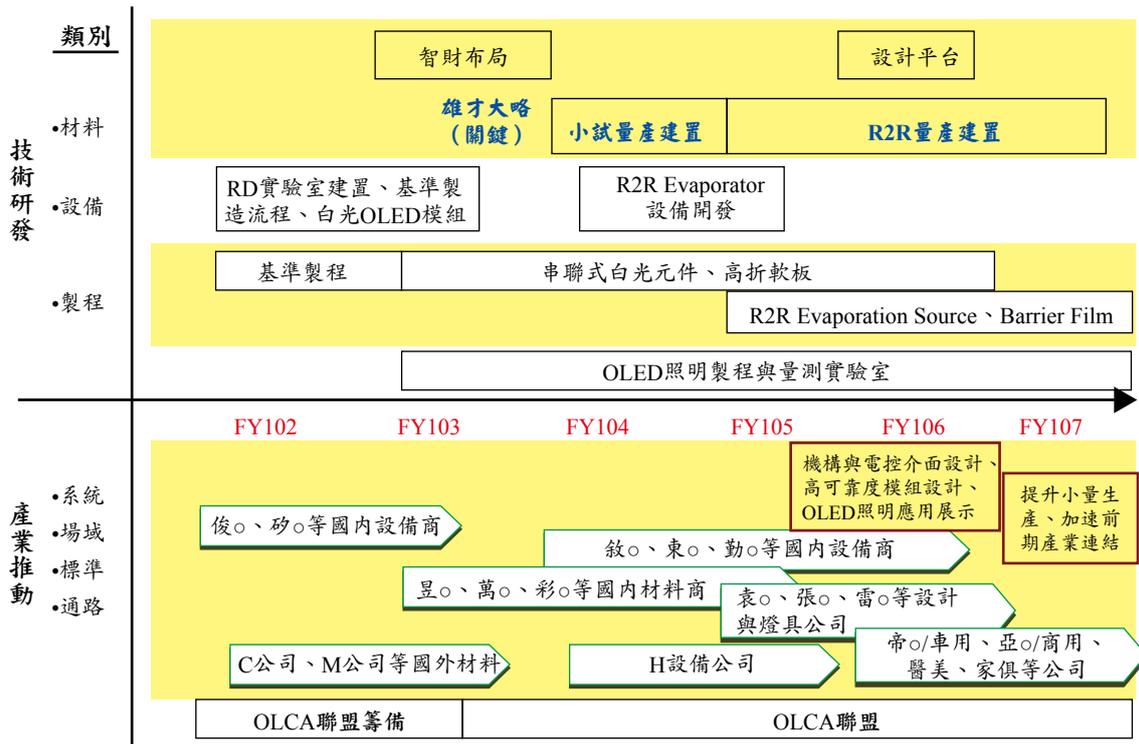
FOLED可撓曲，輕薄如羽毛

2017年工研院首度發表Flexible OLED光引擎「FOLED」技術(圖五)，其可撓曲設計將OLED輕薄、類自然光、平面、可撓曲的特色展現出來。過去OLED主要在玻璃基板上進行開發，而工研院創新研發的「FOLED」使用軟板技術，重量只有8公克、厚度小於0.6 mm，可撓曲、輕薄的特性使OLED未來可以更廣泛應用於商業、居家、車用等各種生活場域，為智慧照明生活創造更多樣化的應用模式。傳統照明光源需搭配燈罩與光學設計製成燈具，無論是造型或應用都較為受限，不過現在出現了照明的新選擇，不僅可直接將光源當作燈具使用，而且更輕薄又可撓曲，顛覆以往傳統燈具設計觀念，顯見OLED很有機會開拓更廣泛的照明應用市場。雖然OLED照明推展之初，鎖定在美妝與汽車等高單價市場，但愈來愈普及後，生產成本下降，就會進入大量使用的家用照明，這也是OLED未來一定要滲透的主力市場。

更多的應用也代表更多的OLED尺寸與結構的差異，這也讓驅動電流的差異性大幅增加；而同時，市場也開始重視OLED燈源產品，對於OLED燈源的安全規範草案也開始被提出，OLED燈源失效的電路保護裝置也是必須要重視的部分，驅動電路上必須去解決此兩項重大問題。在工研院團隊的努力下，從接口設計、驅動電路、控制方法、OLED結構設計上得到許多突破，在這些技術的協助下可望提供國內廠商能更快將OLED燈源投入市場應用。而由工研院提出的OLED自動辨識驅動系統展示，也經由著名OLED-Info網站介紹相關技術。

R2R OLED照明試量產線建立

有鑑於國內外發展趨勢，工研院第一步先建立小試量生產的Sheet to Sheet產線，並建立軟性OLED光源基準線(Base Line)，依此率先投入整合，完成第一套完整製程之OLED照明專用研發線，整合了台灣2家設備商及4家材料商，並將其能力逐步提升，不同於其他研發單位，此專用研發線是以照明成本結構思維而建置，而非一般產業以高成本的顯示器產線兼做照明研發。由於建立了照明穩定的基準線，工研院與國內學界十多位教授進行合作計畫，以協助學界專注在更先進的學術研發上，為試量產產線做準備，同時產出的發光模組，亦推動新型OLED照明應用。在2016至2018年則與產業共同建置30 cm幅寬之卷對卷(Roll-to-Roll; R2R)實驗線，並利用此產線試量產。OLED照明技術之整體目標開發與推動規劃如圖六所示，工研院整合學研資源與OLED照明產業聯盟(OLCA)聯結產業投入共同進行。



▲圖六 OLED照明整合相關資源共同合作

此R2R OLED照明試量產線目標為促成材料自主化達40%以上、設備自主化達50%以上；以R2R實驗線，整合系統、模組、元件、製程、材料及設備，建置自主技術能量，同時試量生產引擎產品及技術。期以產業聯盟促成照明系統設計及製造業者整合，加速OLED照明商業化，以優化下世代固態照明產業，加速產業升級，並透過所建立的研發能量進行下述之場域展示，逐步串聯產業能量。

OLED邁向商品化

2018年隨著OLED材料與製程上的進展，OLED技術成本大幅下降，相關的應用也更多元。在製程及設備逐步到位下，工

研院團隊根據OLED照明模組需求及整線設備的製程能力，建立起整線的製程參數，藉由各式R2R設備的建構與串接及整線製程的開發整合，成功地驗證R2R OLED Lighting量產的可能性，包括配合客戶需求的客製化設計能力，及解決成本問題的整線卷對卷試量產方案，成功導入高階FOLED新產品，克服卷對卷製程所面臨軟性基板傳輸、卷對卷製程整合及軟性光源系統設計等高困難度議題，並大幅降低現行製造流程與成本，其所製備的燈片如圖七所示，預計整線逐步放量可達5萬片月產能，並能協助產業進行OLED照明客製化，以創新能力擴散至新場域應用。於2018年照明展與國內14間設計燈具廠商、15所學校、9處



▲圖七 2018照明展展示3-tandem OLED照明之
(a)自由曲度OLED；(b) FOLED光之樹

商轉場域進行合作，今(2019)年更是與6家廠商包括帝寶、經昌、亞帝歐、璟旦、寶創、張瑪龍陳玉霖聯合建築師事務所等合作。展望未來，團隊期望透過更多的創新應用帶動商機發酵，為台灣的照明產業開闢出更多商機。

開發多種場域創新應用：產學研攜手共創OLED照明新商機

產學研合作累積能量，以終端應用帶動整體產業鏈，開拓新的照明系統，藉由產官學研各方的共同推動，培育國內欠缺之照明專業人才，對於其他構面亦會產生一定程度的影響力，可望帶動上/中/下游產業發展。

在多種場域的應用測試方面，透過OLED照明創意美學設計觀點，創造友善優質舒適的光環境，可大幅提高使用者選用OLED照明燈具的意願，引領國內相關廠商擁有國際競爭優勢，同時以技術升級、效能升級、產業升級作為執行策略，並藉由產業結構轉型開創我國自主產業技術及設備產品，提升整體OLED照明產品價值。

遍及北、中、南的場域應用測試如圖八所示，簡述如下：

①2015~2017年中原大學室內設計系/倪晶璋：設計OLED光桌，於壢○醫院健檢中心實際應用，透過三方合作協議，可持續蒐集使用者對OLED光源反饋建議。

②2017年成功大學工業設計學系/陸定邦：由場域觀察以及訪談調查使用性需求，藉由專利檢索尋找突破口，於中○附設產後護理之家置入3款設計（餐車、照明盆栽、櫃燈）目標場域。

③2017年成功大學電機工程學系/林志隆：OLED互動藝術裝置設計結合OLED照明及語音互動App控制，創造互動體驗，並於奇○咖啡廳進行場域展示。

④2017年東海大學工業設計系/張國賓：結合產（美○家具股份有限公司）、學（東海大學、明志科技大學）、研（工研院）跨領域合作，有效整合產學研資源。以東○圖書館空間為展示及使用場域，提供結合OLED閱讀書桌或植栽屏風供該館場域使用。

⑤2017~2018年臺北教育大學藝術與造形設計系/張文德：運用OLED光源溫和可直視的特性，將OLED應用於九宮格及骰子，設計兩款發光互動玩具，並於信○親子館展示，觀察產品使用情形及使用者回饋。

OLED之未來應用與推廣

看好OLED光源無藍害，不僅不傷眼睛，更可作為皮膚治療的光源；加上採用軟性基板之可撓曲塑型及輕薄優異特性，使得應用領域更為廣泛，包括一般照明、醫療院所、建築/裝飾、汽車、航空光源。國內擁有OLED生產線的最大產能製造商，



▲圖八 遍及北中南之場域應用測試

也是全球PMOLED龍頭廠商—鈦寶科技，更於2018年12月18日宣布與美商Luminit共同合資成立台灣分公司Luminit Automotive Technologies，搶進照明光源、車用後煞車燈市場，未來則將逐步跨足各項次世代車用光源及光達(Lidar)應用，也將導入鈦寶OLED Lighting光源技術。而為了配合市場需求，協助產業切入高端市場並提高產品附加價值之機會，工研院技術團隊未來將會朝車用照明與高階室內照明發展。從車

燈設計上來看，目前車款種類都已大同小異了，如何在外型上做出差異化是各家車廠絞盡腦汁想要突破的重點。OLED具有可彎曲的特性，可以大幅減少車燈體積，同時也可以避免眩光的問題，具其他光源無法取代的優勢條件，車燈能否應勢而起，OLED將會是重要的發展因素。而家用室內照明發展方向則將採多樣化造型，甚至是與各種建材融合的照明設計，未來的照明技術如何發展，將令人期待。☞