

應用於 OLED 照明之薄膜沉積設備模組技術

Thin Film Deposition Equipment Technology for OLED Lighting

賴識翔*、董福慶、林義鈞、鄭皓蓬

工業技術研究院 機械所固態光源機械技術部

摘要：OLED 照明是一種平面的光源，亮度與色溫具可調且具高演色性，但 OLED 元件仍有許多需改進的地方，成本過高便是其中之一，因此 OLED 關鍵製程設備之開發是刻不容緩的。工研院機械所提出創新概念之面型蒸鍍源技術，成功地開發出面型蒸鍍驗證平台設備。以此新穎面型蒸鍍源設備技術成功驗證膜厚不均勻度 $< \pm 5\%$ 、材料利用率可達 70% 及製作出高演色指數 > 80 之 OLED 元件等。此外，工研院機械所亦提出創新的薄膜封裝製程設備概念，以原子層沉積技術製作高阻水氣之奈米級薄膜，其製程溫度小於 100°C ，且薄膜厚度小於 100 nm，其水氣穿透率小於 $5 \times 10^{-6} \text{ g/m}^2/\text{day}$ ，並已成功應用於 OLED 元件上。

Abstract : OLED lighting is a plane light source, which possesses the advantages of adjustable color temperature and high color rendering characteristics. Some disadvantages still exist, in particular the high cost due to low material utilization. Therefore, the development of OLED process equipment with high material utilization is in urgent need. A plane-type evaporation source technology for the manufacturing of the OLED device was successfully developed by MMSL / ITRI. The plane-type evaporation source system sustained an organic thin film thickness non-uniformity of less than $\pm 5\%$ and provided high material utilization of over 70%. The OLED device with high CRI was successfully manufactured by the plane-type evaporation source system. An innovative concept of thin film encapsulation process for OLED using atomic layer deposition (ALD) was developed by MMSL / ITRI as well. The process temperature, film thickness and water vapor transmission rate (WVTR) of nano-thin-film deposited by ALD system is less than 100°C , 100 nm and $5 \times 10^{-6} \text{ g/m}^2/\text{day}$, respectively. The OLED lighting device with ALD encapsulation was also fabricated.

關鍵詞：有機發光二極體、面型蒸鍍、薄膜封裝

Keywords : Organic Light-Emitting Diode (OLED), Plane-type evaporation, Thin film encapsulation

前言

在全球節能減碳趨勢下，高效率固態照明 (LED/OLED) 產品將主導今後照明的市場，目前 OLED 照明產品已達到大部分照明應用之規格需求，如效率可達 60 lm/W 以上、LT70 壽命可達 5 萬小時以上及演色性 (CRI) 大於 90 等。目前 OLED 在一般照明以及利基型的產品如醫療照明、

汽車照明等，都有其獨特性，因此未來 OLED 照明將有高度成長性。全球智慧型手機領導廠商 Apple 在 2017 年將 OLED 面板導入智慧型手機應用，使得 OLED 材料、製程及設備等相關產業加速發展，同時也加速了 OLED 照明的發展。LG Display 的 5 代 OLED 照明生產線於 2017 年年底投產，有助於 OLED 照明價格更便宜，並提高照明市場的滲透率。

本文將針對國際 OLED 市場成長現況做一簡單的說明，另外介紹近年來工研院機械所研究發展之創新薄膜製程設備技術以及產學研合作研發的成果：

1. 工研院機械所成功開發出面型蒸鍍製程設備技術，以此新穎面型蒸鍍源設備技術成功驗證出膜厚不均勻度 $< \pm 5\%$ ，且材料利用率可達 70% 以上，並製作出高演色指數 > 80 之 OLED 元件（置換 HTL 層）。
2. 工研院機械所成功開發原子層薄膜製程設備技術，在阻障封裝薄膜厚度只需 100 nm 以下即可具有光電元件所需之高阻絕水氣特性，其水氣穿透率 (Water Vapor Transmission Rate, WVTR) 小於 $5 \times 10^{-6} \text{ g/m}^2/\text{day}$ ，突破業界目前使用厚度遠大於 100 nm (約數 μm 至數十 μm) 之複合有機、無機的多層阻障封裝結構 (Organic/Inorganic Hybrid)。
3. 工研院機械所亦成功開發創新多模式薄膜沉積製程設備技術，解決高緻密原子層沉積 (Atomic Layer Deposition, ALD) 鍍膜封裝產速慢與電漿輔助化學氣相沉積 (Plasma-Enhanced Chemical Vapor Deposition, PECVD) 電漿轟擊及薄膜緻密度低的問題；在同一腔體內以高緻密 ALD 鍍膜，達具高阻水、阻氧及防止電漿轟擊等功能，再以 PECVD 高鍍率鍍膜，達具高封裝產速及元件抗刮保護層鍍膜。
4. 逢甲大學成功開發快速交替式雙磁控濺鍍系統製鍍 SiO_2 及 SiN_x 薄膜，此薄膜可應用於 OLED 封裝阻氣膜上。

OLED 市場現況

由顯示市場情報分析機構 DSSC 發表的 OLED 銷售和生產報告中如圖 1(a)(b)，OLED 的全球銷售金額在 2017 年 Q3 創下歷史新高的 50 億美金，而第四季的表现預計將更為出色。相較第三季預估會有 88% 的成長，預估達 100 億大關，2017 年全年則可望有 64% 的成長，總計達到 243 億美金。這大幅之增長主要歸功於包括 iPhone 在內的可攜式 OLED 面板訂單，可攜式 OLED 面板占全部 OLED 智慧型手機面板出貨數的比重，也從 2017Q3 之 33% 成長為 2017Q4 的 49% (預估值)，幾乎要達到一半以上，顯見可攜式 OLED

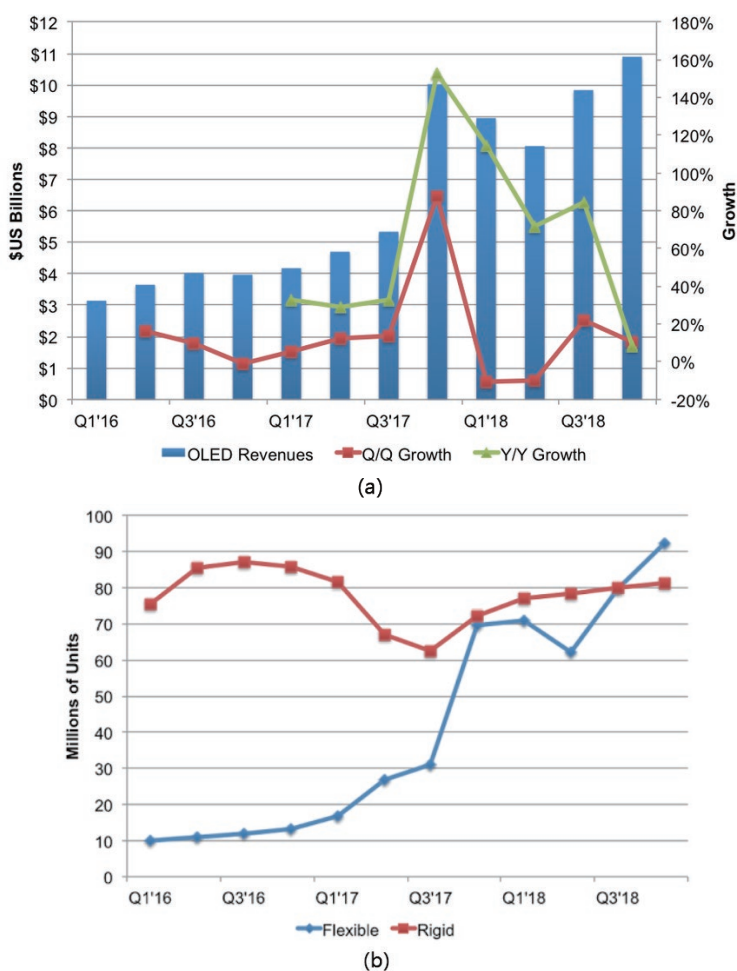


圖 1 顯示市場情報分析機構 DSSC 針對 OLED 銷售和成長分析，(a) OLED 逐季銷售及成長，(b) 每季智慧型手機 OLED 面板出貨數。[1]

更完整的內容

詳見【機械工業雜誌】423 期・107 年 6 月號

機械工業雜誌・每期 220 元・一年 12 期 2200 元

劃撥帳號：07188562 工業技術研究院機械所

訂書專線：03-591-9339

傳 真：03-582-2011

機械工業雜誌・官方網站：www.automat.tw

機械工業雜誌・信箱：jmi@itri.org.tw