



無光罩數位圖案化製程技術介紹與應用

Mask-less Digital Lithography Technology Introduction and Application

鍾啓文 C. W. Jung¹、陳巍中 W. C. Chen²
工研院(ITRI) 電子與光電系統研究所 ¹工程師、²經理

摘要/Abstract

近年來顯示產業一直面臨產能與低毛利產品的限制，為應對智慧生活的新挑戰，需要重新思考新興技術的發展，才能在瞬息萬變、競爭激烈的局勢下成為創新技術的開拓者。而因應未來智慧生活場域少量多樣客製化產品彈性製造需求，工研院近年來開發無光罩數位圖案化製程整合技術解決方案，能大幅降低傳統光罩高昂成本與製造往來時間，並替未來新興產品開發打樣、試產開拓新途徑。

Today, the display industry has been facing the challenge of limited production capacity growth. In response to the new opportunities of intelligent living, the display industry has to think about the development of the next generation of emerging production to be a pioneer in the rapidly changing and competitive situation. For the diverse demands in the future smart living, ITRI has developed the process integration solution of digital lithography technology (DLT), which also has great advantages in terms of mask-free for cost saving, improvement of process time, and pave the way for new product and trial production.

關鍵字/Keywords

無光罩製程(Mask-less Process)、數位圖案化技術(Digital Lithography Technology; DLT)、智慧製造(Smart Manufacturing)



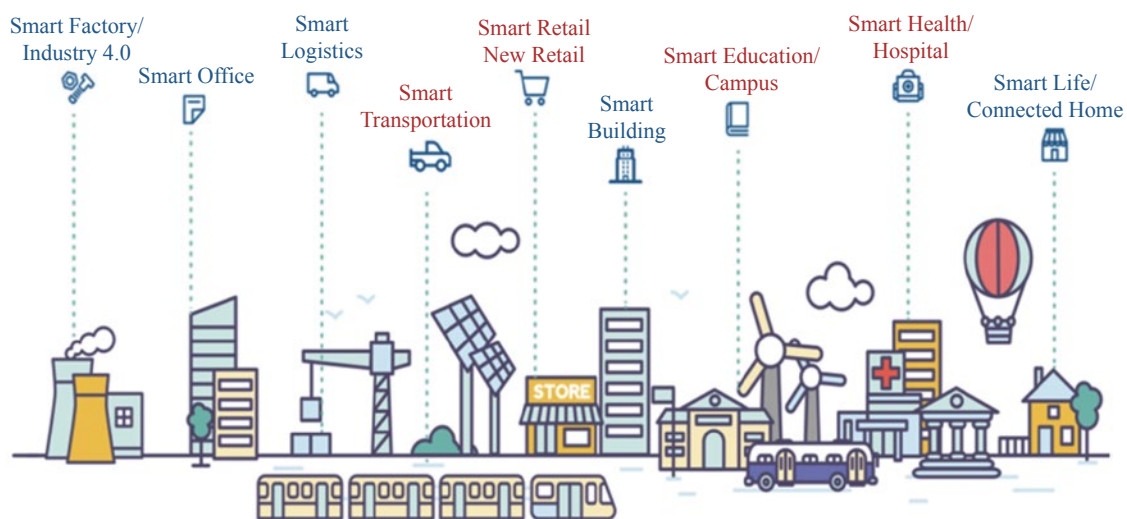
前言

5G、AIoT等新興科技已是未來發展趨勢，台灣顯示產業著眼以未來十年智慧生活之應用情境為發展目標（圖一），而非像目前不斷往單一高規格面板進行製造。提高沉浸式感官技術之人機介面互動體驗技術開發已成為主流，如：智慧移動、智慧育樂、智慧零售和智慧醫療等場域之應用。台灣顯示科技產業也逐漸走向與垂直應用領域結合，以提高領域技術門檻與附加價值。因此，朝向少量/多樣/客製化之高利基型產品發展已經是國際間未來智慧生活需求之共識，也為後續顯示產業發展帶來新契機。由於傳統面板製程需逐漸擺脫大世代產線的產能與低毛利競爭，並尋求如何縮短製程時間、提供更快速及可彈性生產的智慧製造技術，來促

進先進顯示技術未來發展（圖二）。其中能提供少量多樣客製化的關鍵技術裡，無光罩數位圖案化製程技術(Digital Lithography Technology; DLT)已逐漸吸引眾人的目光。

無光罩數位圖案化製程簡介

目前產業界主流曝光技術以光罩式傳統曝光(Conventional Lithography Technology)技術為主，無光罩曝光技術則以低解析度10微米(mm)以上的雷射直接曝光(Laser Direct Imaging; LDI)為主流。然而既有製程「光罩」(Photo-mask)製作時間長且成本過高，不利於未來智慧製造趨勢發展；而雷射直接曝光方式因解析度較低，主要應用僅在PCB產業。既有面板廠以光罩曝光微影製程(Lithography)技術生產，需開多層光罩，耗時、成本高，只適合單一規格品生產，並不利於高利基型客製化研發產品開



資料來源：E Ink

▲圖一 未來十年智慧生活之應用



發，於生產技術開發上已逐漸看到瓶頸(圖三)。因此，新興無光罩數位圖案化技術(DLT)，能彌補雷射直接曝光之間的微米解析度缺口，同時又可陣列展開成大面積曝

光，並具有影像移動補償系統的優點，更能擴大產業應用性，除顯示器產業外，也可應用至面板級/半導體IC封裝產業。

無光罩數位圖案化製程技術的應用

有別於一般常見的光罩圖案化製程技術之全圖層檢驗時間冗長，無光罩數位圖案化製程可大幅縮減至四分之一時程(10道圖層)，亦無需花費高額的實體光罩費用(表一)。此外，工研院開發高解析度(L/S)、高對位精度(Overlay Accuracy)及全無光罩LTPS TFT AMOLED顯示面板模組整合與製程技術，於G2.5代產線完成數位圖案化技術製作全無光罩LTPS TFT背板，並於Touch



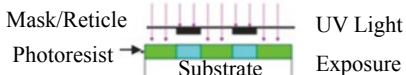
資料來源：2019智慧生活顯示科技與應用產業策略會議

▲圖二 未來發展先進顯示生產技術之架構

Conventional Lithography Technology

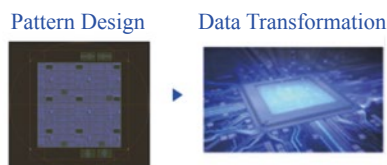


- Consume Mask Manufacture Time (2~4 Weeks)
- High Cost

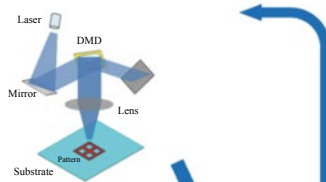


- Design Error/Optimization**
- Mask Reproduction Time
 - Mask Cost

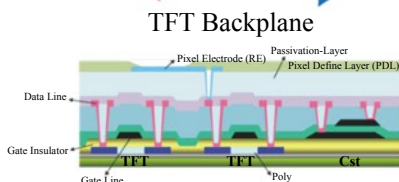
Digital Lithography Technology



- No Mask Manufacture Time
- No Mask Cost



- Design Error/Optimization**
- No Reproduction Time
 - No Mask Cost



▲圖三 傳統光罩圖案化製程與無光罩數位圖案化製程之產品開發流程比較



▼表一 無光罩數位圖案化技術與傳統光罩圖案化技術面板製作比較

	ITRI無光罩數位圖案化	傳統光罩圖案化技術
製程產線	Gen 2.5	
面板尺寸	7.07吋FHD	
對位精度	$\pm 1 \mu\text{m}$	$\pm 0.5 \mu\text{m}$
Metal Line曝光時間	20 mins	45 mins
全背板製程光罩價格	0	約400萬NTD
全圖層驗證時間	1週	1個月



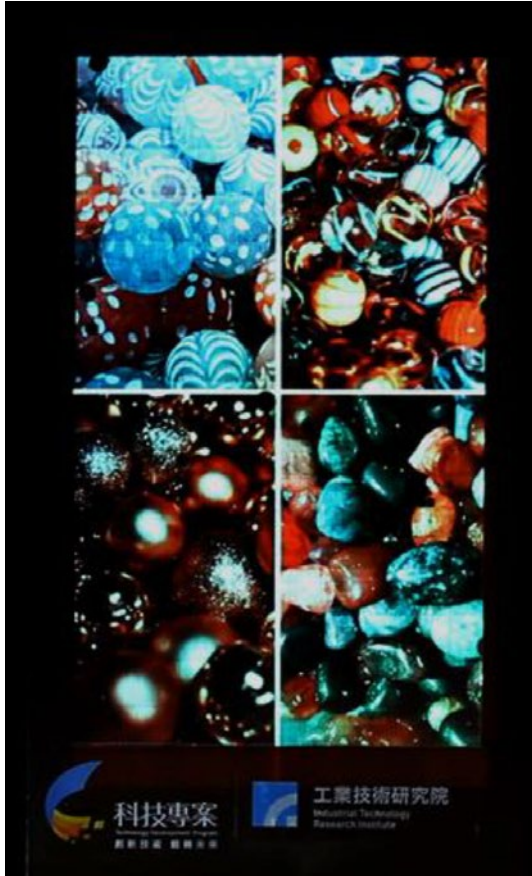
資料來源：2019 Touch Taiwan

▲圖四 無光罩數位圖案化製程技術展示

Taiwan 2019 (圖四) 進行技術展示，成功點亮世界首片7.07吋全彩FHD AMOLED面板 (圖五)，解析度為 $1,920 \times 1,080$ ，最小設計尺寸達 $3.5 \mu\text{m}$ (製程尺寸達 $2.5 \mu\text{m}$)、對位精度(Overlay Accuracy; OA)達 $\pm 1.0 \mu\text{m}$ ，也展現出未來智慧顯示應用於少量多樣化之高利基商品的可能性。

結 論

因應未來智慧生活之趨勢，無光罩數位圖案化製程技術開發將有助於面板廠提升產品開發速度並大幅縮減開發成本，預期將可自上游材料與關鍵製程之開發驗證結合，降低研發風險。在創新市場，開



▲圖五 工研院發表世界首例運用無光罩數位圖案化製程之7.07吋全彩FHD AMOLED面板

發少量多樣化客製化產品已成趨勢，除可提供既有六代產線以下轉型升級，節省高額光罩開發成本，並補強產業化關鍵技術缺口，創造產業差異化競爭力，未來亦可帶動材料、顯示器/半導體封裝等相關新事業，鏈結智慧移動、醫療、零售及育樂之多元應用新興場域，擴大利基型應用市場，拓展智慧生活顯示技術新藍海。☒

參考文獻

1. Wei-Chung Chen, Wei-Tong Liou, Chi-Wen Jung, Glory Chen, Jia-Chong Ho, Janglin Chen and Cheng-Chung Lee, "Flexible AMOLED Display Fabricated by Mask-less Digital Lithography Technology" 「THE SOCIETY FOR INFORMATION DISPLAY (SID)」, 2019.
2. Wei-Tong Liou, Chi-Wen Jung, Wei-Chung Chen, Wen-Yu Kuo, Kuan-Ting Chen, Glory Chen, "Mask-less LTPS TFT Array Fabricated by Digital Lithography Technology" 「OPTICS & PHOTONICS TAIWAN INTERNATIONAL CONFERENCE (OPTIC)」, 2018.
3. M. Rahlves, M. Rezem, K. Boroz, S. Schlangen, E. Reithmeier, B. Rothet, "A flexible, fast, and low-cost production process for polymer based diffractive optics," Opt. Express 23(3), 3614-3622 (2015).