

多通道顯微色度量測技術

張玉姍*、楊富翔、吳智誠、林友崧、羅偕益、陳心怡

工業技術研究院 量測中心 儀器與感測技術發展組 先進光學檢測技術發展部

Email: yushanchang@itri.org.tw

摘要

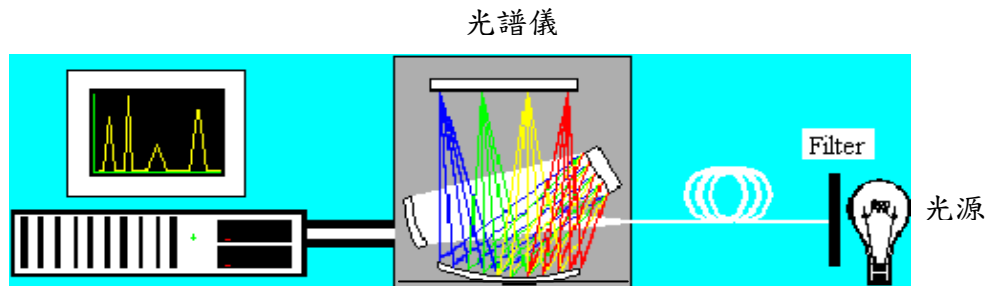
全球筆記型電腦的出貨提升與液晶電視市場的倍數成長使得大型薄膜電晶體液晶顯示器 (TFT-LCD) 產業產值佔有台灣平面顯示器總產值的最大宗，因此其關鍵零組件產業產值也隨之成長，其中又以彩色濾光片產業產值為最大。彩色濾光片在 LCD 中負擔起色彩呈現的效果，對於顯示品質有著關鍵性的影響，相關的光學參數檢測有色度值等。在近年來面板面積變大、製程速度加快的趨勢下，快速且精準的量測變得越來越重要。而在現有的色度量測技術中，多使用單點量測方法，要量測整片彩色濾光片，必須二維移動探頭或濾光片，量測時間太久，並且隨著製程技術的不斷發展，小區域之色度量測也日趨重要，因此迫切需要有新的量測方法，以達到小區域精準檢測、大範圍高速量測的需求。

我們在量測中心建立一創新的多通道顯微色度量測裝置。該裝置利用高密度通道光譜影像裝置的多通道、高光譜解析的特性，搭配顯微物鏡為收光介面，達到小區域檢測的要求，並可同時測量濾光片上多處的色度值，因此具有高速量測、高精準量測的優點。

關鍵字: 色度、彩色濾光片、光譜、顯微

1. 前言

目前的彩色濾光片色度檢測技術均利用單點式光譜儀進行量測，並利用光纖或顯微物鏡等收光介面，來改變待測點面積。由於計算濾光片的色度值必須先知道穿透率頻譜，而穿透率頻譜等於透光頻譜除以入射光頻譜。使用光譜儀測量濾光片穿透率的架構如圖一所示，只需將光源與濾光片依序架設在光譜儀(Spectrometer)前方即可。



圖一、以光譜儀測量濾光片穿透率的架構

以現有的設備來看，使用光纖為收光介面的色度檢測裝置，其濾光片上的待測點大，不能滿足小區域檢測的需求。而收光介面為顯微物鏡的裝置，雖然待測點小，但由於搭配單點式光譜儀進行量測，一次量測只能得到單一點的色度值，量測時間長，因此目前尚無同時兼顧量測速度及量測區域的設計。為了解決現有儀器與檢測需求的問題，量測中心開發了顯微色度量測技術，可以在一次量測下，同時獲得濾光片上多點的色度值。

量測中心所開發的顯微色度量測裝置，使用影像式光譜儀為主體，結合顯微物鏡，組成具備顯微功能的多通道光譜儀，可針對樣品上多處位置的小區域進行色度量測，完成物方視野(Field of View)內的多通道顯微色度量測系統，由此我們實現同時多通道、小區域之色度檢測之功能。

2. 研究方法

2-1. 彩色濾光片色度量測原理

根據定義，計算色度必須利用圖二由 CIE 所發展的配色函數 (Color Matching Function) $\bar{x}$ 、 $\bar{y}$ 、 $\bar{z}$ ，可以表示不同波長的色光所需要的紅、綠、藍三原色光的混光比例。至於色度的計算原理，是將標準光源經由待測物的反射或是穿透後所得到的光譜圖，與配色函數相乘，然後在可見光範圍(380-780nm)作積分運算，以得到三刺激值(tristimulus value)X、Y、Z 值，之後進一步歸一化此三個數值以得到在 1931 年色度座標圖上的色度值 x、y、z。以上所敘述的數學式如下面表示。

三刺激值定義

$$X = k_m \int_{380}^{780} R(\lambda) S(\lambda) \bar{x}(\lambda) d\lambda$$

$$Y = k_m \int_{380}^{780} R(\lambda) S(\lambda) \bar{y}(\lambda) d\lambda$$

$$Z = k_m \int_{380}^{780} R(\lambda) S(\lambda) \bar{z}(\lambda) d\lambda$$

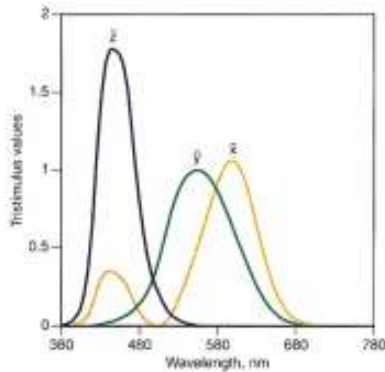
$$k_m = 683 \text{ Photopic lumens / watt}$$

色度值定義

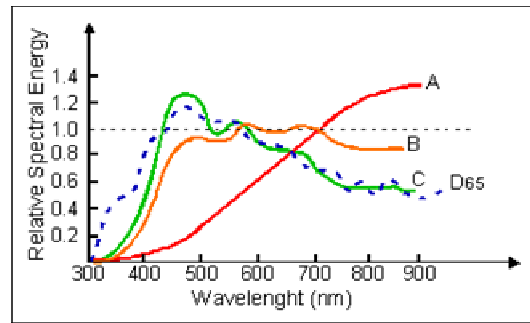
$$x = \frac{X}{X+Y+Z}$$

$$y = \frac{Y}{X+Y+Z}$$

$$z = \frac{Z}{X+Y+Z}$$



圖二、CIE 配色函數

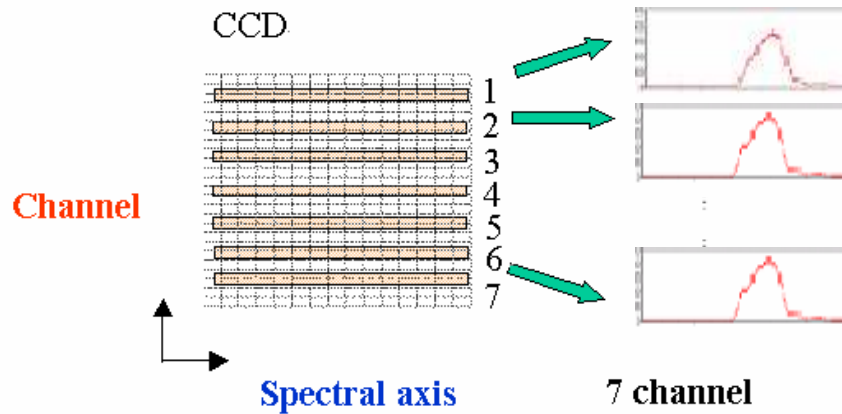


圖三、CIE 標準光源

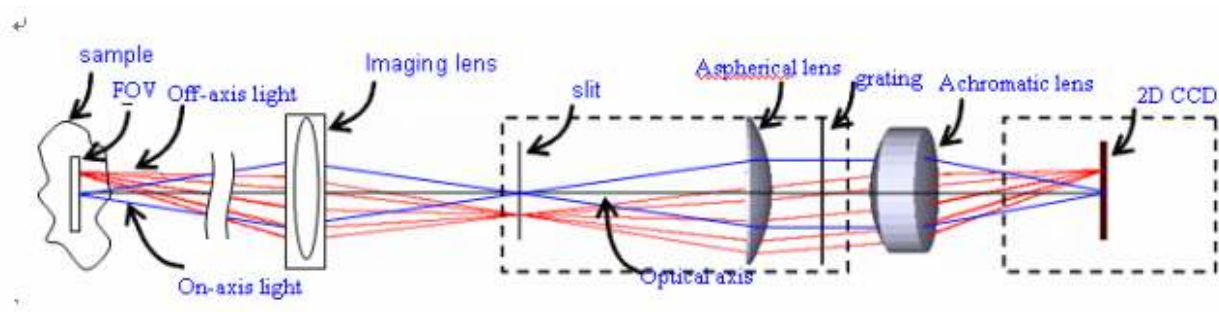
另外，圖三的標準光源指的是 CIE 標準光源 A、B、C 或 D₆₅，其光譜如圖十一所示。標準 A 光源是充氣鎢絲燈，色溫為 2856K。標準 B 光源是將充氣鎢絲燈經特殊濾光後，接近相關色溫 (Correlated Color Temperature; CCT) 4874K 的中午太陽光。標準 C 光源則是充氣鎢絲燈經特殊濾光後，接近相關色溫 6774K 的平均日光。D₆₅ 光源相似於平均日光，相關色溫為 6500K。至於其他 D 光源，相似於日光的各種狀態，其色度由公式定義。目前 FPD 彩色濾光片的色度量測條件規定以標準 C 光源為測試光源，在實際的自動光學檢測上可先以標準 A 光源測量濾光片的穿透率，然後再引入 C 光源頻譜計算以 C 光源為測試光源時的穿透光頻譜，接著依照定義便可計算出濾光片的色度值。

2-2. 多通道影像式光譜儀顯微色度量測方法

核心模組影像式光譜儀可同時量測線型視野內多處位置的光譜，成像在 CCD 的不同通道上，如圖四。我們所設計的影像光譜儀如圖五^[1]，成像鏡將不同位置發出的光收集到光狹縫後，以非球面鏡將入射光束修成近準直光，再入射穿透式繞射光柵。經光柵色散後的各波長光以透鏡會聚到 CCD 上時，由於影像光譜儀色差面的傾斜，CCD 安裝角度常很大，我們以消色差透鏡來降低此角度。設計過程中我們以 CCD 上的 spot size 大小當成 criteria，同時對物方線形視野內軸上(on-axis)及離軸(off-axis)所發出的光進行優化，波長範圍限制在 350 nm ~ 850 nm 範圍。為了得到好的影像品質，我們作了光譜影像軟體校正，包含光譜軸校正、反應度(responsivity)校正、扭曲校正等^[6,7]，經校正後的光譜解析度為 3.57 nm，物方空間解析度為 284 μm。



圖四、多通道光譜成像示意圖



圖五、中華民國專利 I245114 ⁽¹⁾

以此多通道光譜儀與顯微物鏡整合，構成圖六的多通道顯微色度量測裝置，並選取五倍與二十倍的物鏡來觀察彩色濾光片，其 RGB pixels 分布如圖七所示。量測結果與同為顯微膜厚量測系統的 Mission Peak MP100-ME 作比對^[2]。比對條件是將兩系統針對樣品的同區域作檢測。由於 Mission Peak MP100-ME 系統僅能做單點的量測，因此針對物方視野內的兩組 RGB pixels，以 Mission Peak MP100-ME 系統，分別做 6 次的量測。另外，多通道顯微色度量測系統也針對相同的 RGB pixels 進行色度值的檢測。圖八表示兩個系統的量測原理。



圖六、多通道顯微色度量測裝置

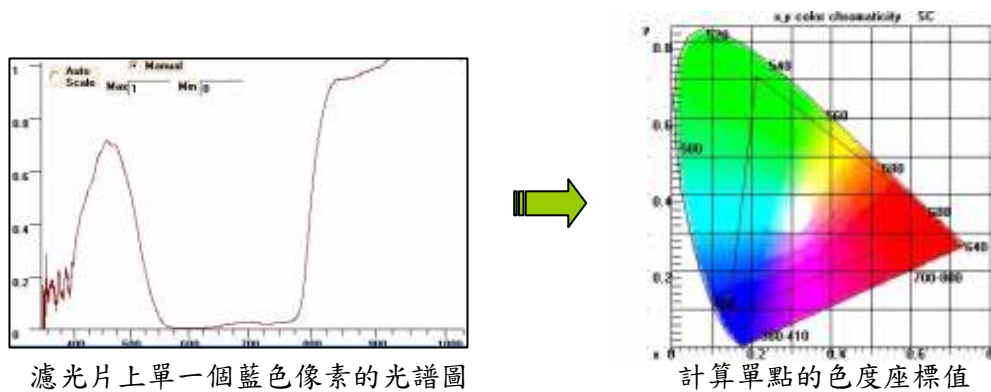


(1) 5X 物鏡

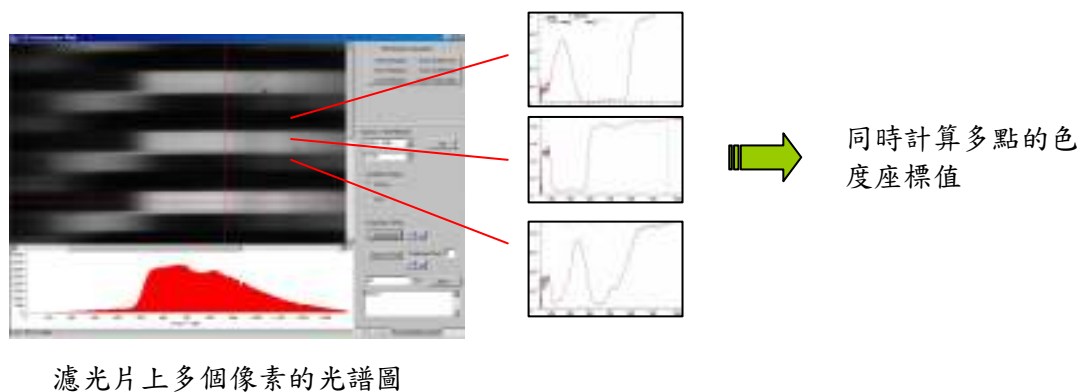


(1) 20X 物鏡

圖七、顯微物鏡下的濾光片 RGB pixels 分布



(1)



(2)

圖八、MP100-ME(1)及多通道顯微系統(2)量測原理圖示

3. 研究成果

本系統與 Mission Peak MP100-ME 系統測量濾光片上 RGB 畫素的色度的結果如表一(5x 顯微物鏡)。

表一、本系統與 Mission Peak MP100-ME 測量彩色濾光片之色度值比較表

通道	多通道顯微色度量測系統		Mission peak MP100-ME		差異	
編號	x	y	x	y	x	y
1	0.487964	0.301723	0.567966667	0.3299	-0.0800027	-0.028177
2	0.294598	0.458908	0.309533333	0.5112	-0.0149353	-0.052292
3	0.154812	0.180798	0.1396	0.134866667	0.015212	0.0459313
4	0.469271	0.287501	0.5666	0.3287	-0.097329	-0.041199
5	0.294978	0.465734	0.3032	0.523633333	-0.008222	-0.0578993
6	0.154297	0.182429	0.1386	0.131133333	0.015697	0.0512957

4. 結論與建議

我們以自行開發的多通道顯微色度量測系統，實現同時多點量測且小區域檢測的功能。系統在與 Mission Peak MP100-ME 的比對方面，在 G 畫素與 B 畫素的差異較小，約於 0.05 以下，在 R 畫素的差異較大，最大不超過 0.1。造成實驗結果的差異值可能的原因有三個，如下所述。

(1) 兩系統並沒有精準對位在濾光片上的同一待測點。

- (2) 系統的波長校正不夠精確，可以藉由比對兩系統所測量出的濾光片穿透率來改進。
- (3) 由於 A 光源在短波長的能量較弱，因此測量時會有 SN 比不足的問題，因而造成較大的誤差。
- 未來我們會針對上述問題進行修正，以提高色度量測準確性，並藉由標準參考物質進行標準傳遞，符合業界需求，解決現有儀器差異的問題。

5. 參考文獻

- [1] Hau-Wei Wang, Fu-Shiang Yang, High-density channel imaging spectrograph, *TWPAT I245114*
- [2] <http://www.labguide.com.tw/index.asp>
- [3] Kai-Ping Chuang, Hau-Wei Wang and Fu-Shiang Yang, 2006, Design of imaging spectrograph for improving spectral and spatial resolutions, *Proc. SPIE 6302*, 630208.