

高光譜影像儀在 LED 背光亮度及色彩量測上的應用

徐祥瀚
工研院量測中心
kei@itri.org.tw

藍玉屏
工研院量測中心
Yu-PingLan@itri.org.tw

賴傑宏
五鈴光學股份有限公司
roger@isuzuoptics.com.tw

摘要

目前普遍使用於液晶顯示面板亮度及色彩之量測儀器可分為濾片式和光譜式兩種，濾片式又可分為單點和影像式。針對較大面板亮度及色彩均勻性量測，濾片單點式須量測多點不僅耗時，且無法得到整個面的資訊，影像式量測速度雖快，但量測結果有待商榷。光譜式量測準確性高，但因為是單點量測，同樣具有如濾片式單點量測的缺點。採用高光譜影像線掃描量測方式，不僅量測準確性高，且量測速度快，並可得到整個面板的亮度及色彩值。本論文以業界廣泛認可之 SR-3A 分光輻射儀與之比較，期望透過適當校正技術與軟體分析，使高光譜影像線掃描應用之信賴度及準確度有所提昇。

關鍵字：光譜影像、LED 背光、校正

壹、前言

高光譜影像的應用是非常廣泛的¹⁻³，舉凡航拍遙測、地質水質監控、農林作物病蟲害防治及適應生長環境探究、生命科學、塑膠製品環保回收分類，乃至於色彩測量、真偽品檢驗、刑事鑑定等；但應用高光譜影像技術在顯示器這方面的量測，卻極少被探討。近年來平面顯示器蓬勃發展，而現在又將進入以 LED 作為光源的世代。因為 LED 的窄波寬特性，所以利用高光譜影像儀作為量測設備將能提高顏色及亮度量測上的準度及精度，提高平面顯示器的品質。因為測量光譜的資訊是最能夠表現真實的光源特性，找出光譜的差異就比較容易找出問題的所在。使用高光譜影像儀除了可以計算出色座標及亮度外，例如常聽到的 Mura 也許就可以利用光譜的差異，再利用一些數學運算描繪出形狀，計算出面積的大小，避免個人主觀的因數造成認定上的差異。

貳、研究方法

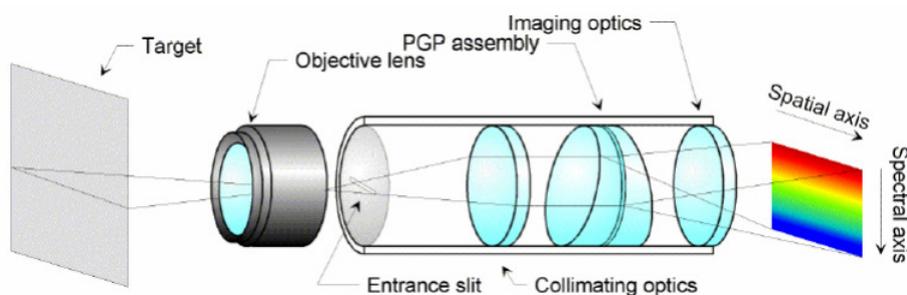


圖 1、高光譜影像儀分光原理

待測物的反射光或自發光經由影像分光模組後產生光譜投射在 CCD 上產生影像，影像橫軸表示量測範圍，縱軸表示空間上某位置的光譜資訊，亦即強度對波長的分佈，如圖 1 所示。由於擷取的影像是以離散的像素表示光譜及空間的資訊，所以必須先對高光譜影像儀作波長校正，找出縱軸上每一個像素所對應的實際波長。另外，周邊光量因受到鏡頭漸暈現象及餘弦四次方定律的影響，與中心部相比，明亮度必然減少，必須對高光譜影像儀作亮度及平場校正，這兩部分的校正如下敘述。本論文主要針對此類光譜影像儀與業界廣泛使用 SR-3A 作比較，採用 HAMAMATSU C8484-05G 12-bit CCD 經由 IEEE 1394 介面連接至個人電腦擷取影像做分析，解析度為 1344 × 1024 (W × H) pixel，光譜可解析範圍約為 380 ~ 1100 nm。

參、研究成果

一、波長校正

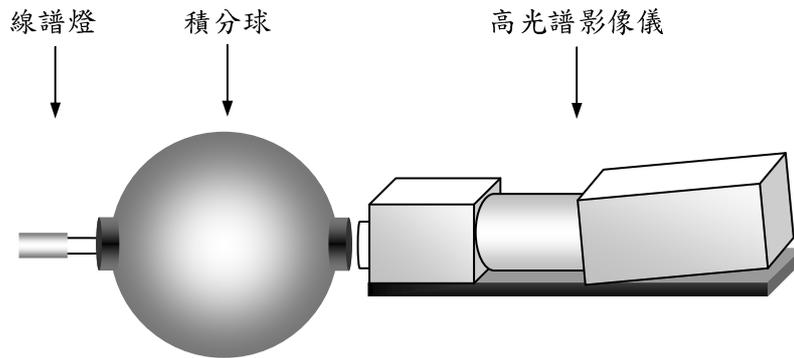


圖 2、波長校正之系統架構圖

波長校正採用一般常用的線譜燈：汞燈及氫燈，不確定度可達 10^{-4} nm^4 。量測架構如圖 2 所示，將線譜燈插入積分球的一側使內部產生均勻光源，再將高光譜影像儀鏡頭卸下，量測不同線譜燈產生的光譜，對應已知的標稱波長，以類似的步驟量測不同種類的線譜燈，再利用方程式內差的方式得到每個像素對應的實際波長。圖 3 (a) 為汞燈光譜實際量測結果，拍攝一張圖即可同時得到空間上 (x 軸) 一條線每一點的光譜，圖 3 (b) 為影像中間位置的截面圖。圖 4 為經過二次曲線擬合得到波長校正的結果 ($R^2 \sim 1$)。

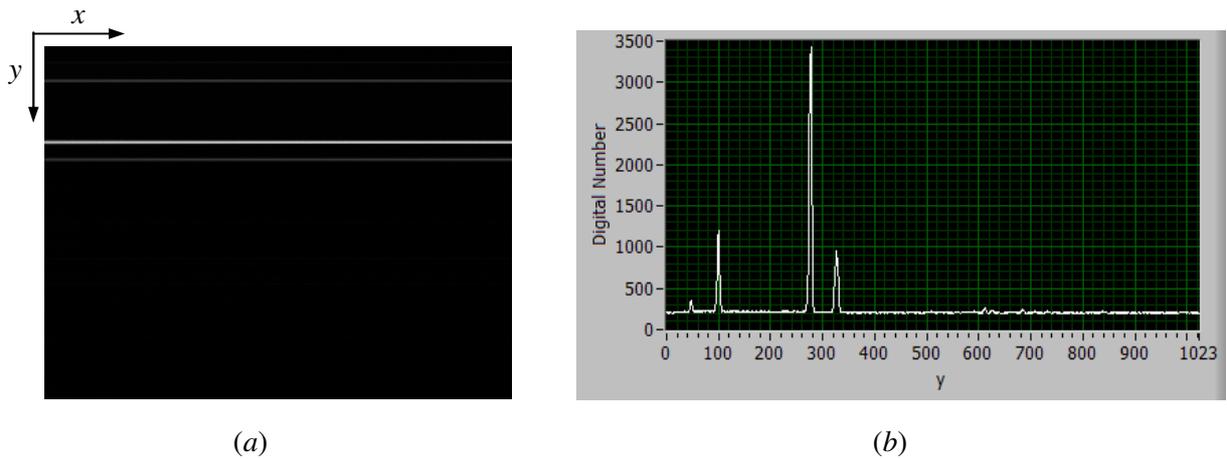


圖 3、(a) 汞燈光譜圖，(b) 影像中間位置截面圖

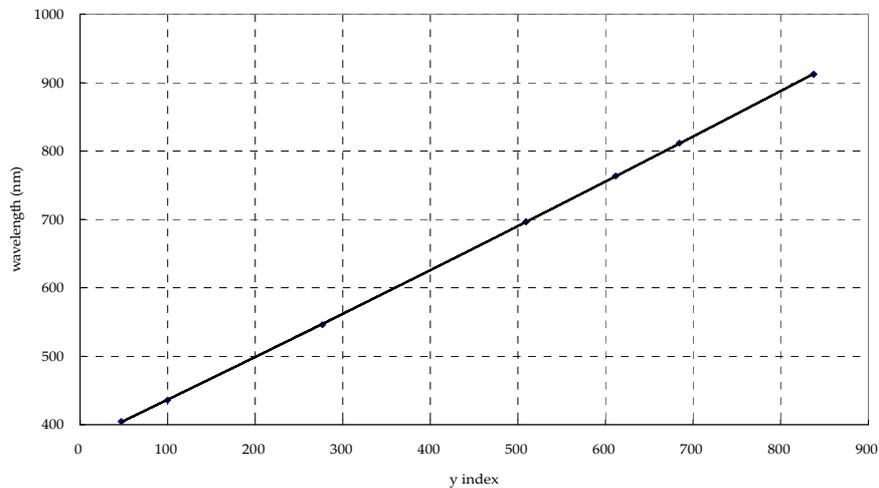


圖 4、波長校正結果

二、亮度及平場校正

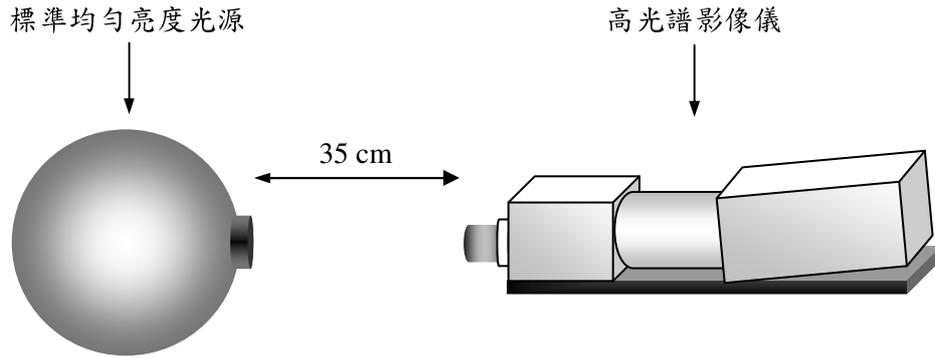


圖 5、亮度校正之系統架構圖

亮度校正的量測對象為一標準均勻光源（A 光源），其亮度、色度及色溫追溯至美國國家標準及技術研究院（NIST）。量測時考量 SR-3A 最近對焦距離，鏡頭距離標準亮度光源開口處約 35 cm，如圖 5 所示。校正時，將光源電流固定，以開口處之遮光器（shutter）調整亮度至 1000 cd/m^2 ，以 SR-3A 量測色度為 $x=0.4502$ 及 $y=0.4133$ ，此時色溫為 2862 K ⁵。以光譜相機量測時，由於鏡頭的漸暈現象造成長短波長處強度的衰減以及空間上的不均勻，如圖 6 (a) 所示，其中，左右兩側黑邊為視角寬度大於積分球開口造成的陰影。此時必須以校正公式計算出每個像素訊號衰減的程度⁶，再以數學運算補償回來，補償後光譜如圖 6 (b) 所示。經過修正的亮度曲線與人眼視效函數運算後可得到相對亮度（以 DN 表示）及色座標，圖 7 (a) 顯示除了波長在 380 以及 780 nm 以外的區域，相對與絕對亮度為一固定比例；圖 7 (b) 為空間上 943 欄（column）對應之色座標，平均值為 $x=0.4483$ 及 $y=0.4131$ 。

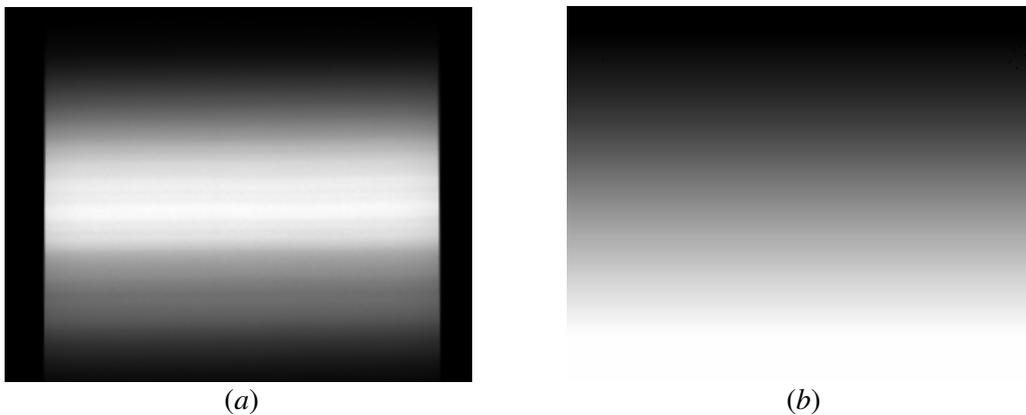


圖 6、(a) 以光譜相機量測標準均勻亮度光源之結果，(b) 經過補償運算之結果

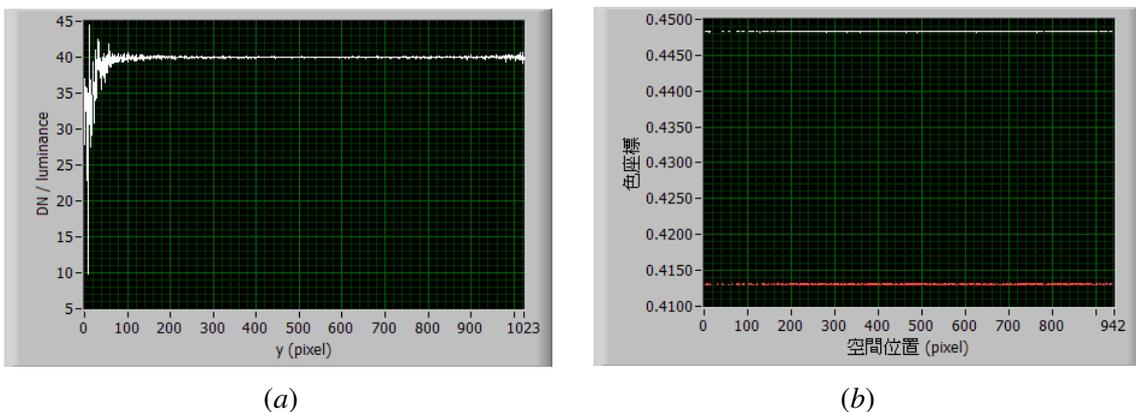


圖 7、經過修正的亮度 (a) 與標準光源的比值，(b) 空間對應之色座標

三、量測 LED 背光模組

量測樣本為一 LED 背光，提供 50×50 mm 的均勻照明範圍，量測位置依據 VESA FPDM 2.0 規範在發光面上定位九個點，並搭配二軸移動台做掃描，如圖 8 所示。以 SR-3A 量測時距離約為 35 cm，視角 0.2° ，量測結果如表 1 所示。以高光譜影像儀量測時，由於無法直接得到待測物影像，必須以線掃描再疊加的方式使之成像，並估算以 SR-3A 量測時取樣面積佔據的像素數目以利比較，量測結果如表 2 所示，兩者最大的差距為 0.0027（於位置 8）。圖 8(c) 為高光譜影像儀掃描待測物之影像，可看出位於內部之結構造成的陰影，此一不均勻性亦影響著量測結果。

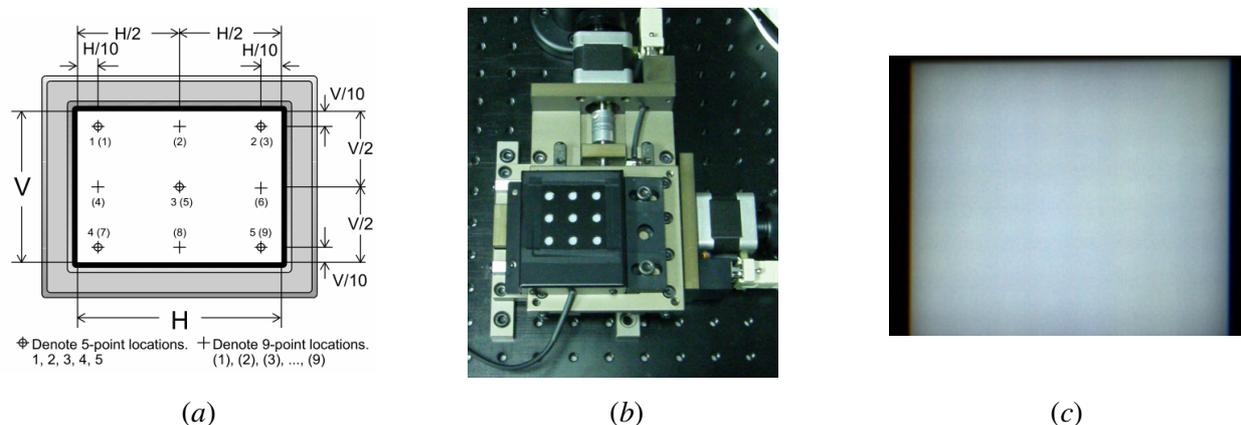


圖 8、(a)FPDM 2.0 規範之量測位置，(b)待測樣本搭配二軸移動台，(c)整面掃描影像

表 1、SR-3A 量測 LED 背光結果

位置	1	2	3	4	5	6	7	8	9
x	0.3327	0.3302	0.3323	0.3329	0.3331	0.3318	0.3320	0.3318	0.3328
y	0.3539	0.3502	0.3530	0.3537	0.3540	0.3524	0.3529	0.3522	0.3543
L (cd/m^2)	15513	16140	15020	16420	17047	15850	15683	15867	15063

表 2、高光譜影像儀量測 LED 背光結果

x	0.3307	0.3302	0.331	0.3319	0.3321	0.3299	0.3318	0.3291	0.331
y	0.3535	0.3522	0.354	0.3544	0.3543	0.3521	0.3544	0.3507	0.3529
L (DN)	142470	149354	140050	150399	160001	148083	146452	152575	141966
亮度比值	9.18	9.25	9.32	9.16	9.39	9.34	9.34	9.62	9.42

肆、結論與建議

一般而言，以分光輻射儀量測 A 光源時，色座標差異 ± 0.0015 為可接受範圍。以高光譜影像儀量測的結果來看， $\Delta x = 0.0019$ 超出認可之範圍，可能原因有波長校正的準確性以及 CCD 本身對亮度響應的線性度。在波長校正時採取曲線擬合方式，當確定每一個像素所對應之波長後，必須再將視效函數及 A 光源亮度分佈依此作線性內差，尤其 A 光源亮度分佈是以 5 nm 為間隔，增加了線性內差的不準確性。另外在 CCD 亮度響應部分，由實測結果得知每個像素線性程度均有所差異，理想狀態為針對不同亮度計算不同之修正值，這部份未來可透過自動化量測建立資料庫。整體而言，高光譜影像儀對於單點量測速度和準確度尚與 SR-3A 有段差距，但經過適當修正後，針對面型量測較能反應待測物實際特性並且得到整體完整量測資訊，在應用領域上更為廣泛。

伍、參考文獻

- [1] Vassilia Karathanassi, “Developing an airborne hyperspectral system to detect coastal and submarine springs”, *SPIE Newsroom*, 10.1117/2.1200607.0322, 2006.
- [2] M.H.Pietikäinen, E.Herrala, J.Tuukkanen, T.Jämsä, “Imaging Spectroscopy in Fluorescence Measurements”.
- [3] R. Lu , “Detection of Bruises on Apples Using Near-IR Hyperspectral Imaging”, *American Society of Agricultural Engineers*, Vol. 46(2), 2003.
- [4] Craig J. Sansonetti, Marc L. Salit and Joseph Reader, “Wavelengths of spectral lines in mercury pencil lamps”, *J. Appl. Optics*, Vol. 35, No. 1, 1996.
- [5] 校正報告 A961057，國家度量衡標準實驗室，2007。
- [6] “Radiometric correction of spectra camera data in general”, Spectra Imaging Ltd, 2006.