

# 彩色 OLED 亮度檢測及補償機制之研究

## Study of Luminance Inspection and Compensation for Color Organic Lighting Emitting Diode

周千惠  
台灣科技大學

蔡明忠  
台灣科技大學

阮張榮  
華夏技術學院

M9312004@mail.ntust.edu.tw

Mjtsai@mail.ntust.edu.tw

ericjuan@cc.hwh.edu.tw

### 摘要

有機發光二極體(Organic Light Emitting Diode)因其具有自發光性(不需背光模組)、亮度高、視角很廣、電壓需求低、效率高、反應快、重量輕、厚度薄以及其構造簡單等優點,而被視為 21 世紀最具發展性的產品之一。未來若能突破生產成本高及壽命問題, OLED 將可取代 LCD, 成為新一代熱門平面顯示器。因 OLED 具有前瞻性, 目前很多研究皆針對 OLED 的製程設計, 材料分析, 及檢測題材作探討。而在檢測方面, 則有暗點、刮傷、亮度不均、色純度不一等問題, 其中亮度不均問題多以材料、製程方面做改善, 但其花費的時間跟人力都很多, 所以本研究提出一自動化亮度檢測及補償機制, 以達到面板亮度均勻性, 提昇產品的品質。

本研究乃針對有機發光二極體面板作研究, 透過彩度計 CS200 檢測面板各區的 RGB 平均亮度值及色度座標, 首先先校正 RGB 三色的灰階值使面板顯現的白光不失真, 再透過線性運算方式將所有區域應補償的值建立一 ACLUT, 嵌入驅動電路裡, 使面板在輸出顯示之前先透過補償程式再將補償後資料傳送至顯示暫存器, 讓面板的發光亮度均勻性得到較好的結果。本研究以 96x64 之面板進行實驗, 以電流驅動方式點亮 OLED 面板, 而白光經由校正灰階值及補償亮度值後, 其 CIE 色度座標由 [0.28, 0.34] 偏綠的顏色校正為 [0.31, 0.32] 較接近存白光顏色的區域, 而補償後亮度均勻性也由原本 66.47% 提升到 91.27%, 其均勻性提高了 24.8%, 印證本方法能有效改善因面板製程而造成色彩失真及亮度不均的影響。

**關鍵字：**有機發光二極體(OLED)、亮度檢測、均勻性、彩度計、補償機制、區域補償表(ACLUT)

### 壹、前言

近年來平面顯示器之中小尺寸面板市場快速成長, 又以面板彩色化為主流, 如 CSTN、TFT-LCD 及 OLED 等成長相當驚人。一般中小尺寸應用領域為手機、數位個人助理、攝影機、車用裝置、迷你型筆記型電腦及電子表等。當中以手機面板的產值最高, 目前 OLED 已漸漸取代 LCD 為次螢幕面板, 甚至朝向主螢幕發展趨勢。因此世界大廠商皆對 OLED 顯示器投以高度的關注, 紛紛加入 OLED 顯示器的研究開發與製作量產, 圖 1 為全球 OLED 市場規模, 數據顯示 OLED 產業值得期待。OLED 雖更具有許多優點可能成為下一代顯示器主流。然而此技術目前尚處開發階段, 尤其在量產製程上仍有些許瓶頸尚待克服。而業界在 OLED 生產線上所需之理想像素檢驗機器也不普遍, 加以目前發表之相關研究大多在材料上, 著重發光效率之提升與壽命之增加等。電子電機人員在此領域較少, 針對 OLED 面板的檢驗包括壽命測試[6], 基礎的光電響應量測系統[1]與驅動等[2-3], 亦有論文討論。而 OLED 像素電氣信號快速量測法[4], 乃檢測每一像素之電氣暫態響應以得知各像素是否有缺陷, 此方法僅需一個快速的資料擷取卡(Data acquisition card) 以及基本的比較器即可, 無需複雜計算與影像擷取問題, 因此非常適合用在生產線上進行品質管制工具, 但仍屬間接檢驗方式。近代影像處理在軟、硬體表現均較以往有大幅度的提昇與改進, 台灣大學傅楸善教授於 2003 年發表相關 PLED 影像檢測方式[5], 利用影像處理的方式做產品的品管檢測, 其並未涵蓋電路驅動與亮度校正問題。

對於顯示器的亮度均勻性規範在電視等級的大尺寸面板, 均勻性要求在 75% 以上; 電腦及監視

器等級的中型尺寸面板，均勻性要求在 80%以上；然而在消費性產品的小尺寸面板，如手機、MP3、數位相機以及 PDA 等，到目前為止都還未要求均勻性的相關規範。但是本著提升人類真善美的動力，以及隨著材料科技和製程技術的迅速發展，未來不管是高畫質電視(HDTV)的出現，還是高解析度的電腦面板及監視器面板，都會慢慢開始提高對均勻性的要求；甚至是以提高生活品質為宗旨的 3C 消費性產品所使用的小型顯示面板，也必定都會將均勻性列入產品競爭力的指標當中。

因此本研究嘗試以標準色度計 CS-200 結合 XY 步進馬達，量測全彩 OLED 面板的 R、G、B 亮度值並呈現分佈狀況，利用數值分析運算各區域需要補償的比例值，建立一 ACLUT，使面板在傳送影像資訊前先經過 ACLUT 作補償值轉換後再顯現到面板上，以達到彩色控制與亮度補償目的，解決亮度不均勻問題。希望完成此光機電整合之實用 OLED 檢測技術，期能為此新興產業有所助益。

## 貳、研究方法

本研究是以全彩 OLED 為研究對象進行亮度檢測及補償，再利用彩度計 CS-200 檢測 OLED 面板的亮度值，再經由數值運算了解整各面板的亮度分布狀況，建立補償值的 ACLUT，使得面板再顯示畫面之前先經過已嵌入至積體電路裡的 ACLUT，經補償過後的亮度值送至控制 IC 再輸出至顯示面板中，以達到面板亮度均勻的效果。

### 一、亮度檢測

#### (一)量測單位

此實驗檢測單位為輝度(Luminance, cd/m<sup>2</sup>)，其物理意義為一光源或一被照面之輝度指其單位表面在某一方向上的光強度密度，也可說是人眼所感知此光源或被照面之明亮程度。輝度亦有人稱為亮度亦等於 nit(尼特)。

#### (二)區域檢測

現行各廠牌公司針對顯示器發光亮度檢測方法，有分為 5 區(sharp)、9 區(HannStar、Philips)、13 區檢測(LG)，而大多都採用美國國家標準協會(ANSI)所制定的 9 區檢測及 13 區檢測。目前對於檢測顯示器面板的亮度均勻性取樣標準不盡相同，並無統一作法，但檢測取樣的數目越多，則會愈接近整各面板的實際亮度顯示情況。因此在本研究中，面板為 96\*64 大小，運用線性馬達來移動檢測平台，移動速度快及解析度達 1 $\mu$ m，所以將 OLED 面板劃分為 64 區域(如圖 1 所示)，以提高亮度均勻性檢測的準確度。

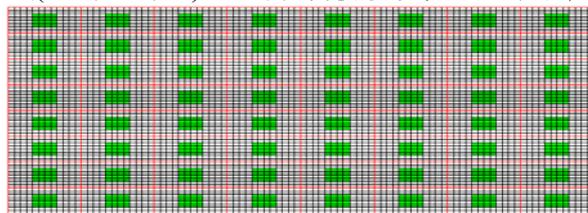


圖 1、64 區域檢測示意圖

#### (三)均勻性計算方式

在平面顯示器中，發光的亮度與發光亮度的均勻性(Uniformity)，是相當重要的規範之一。如果顯示器的四周與中間的發光亮度不一樣，對使用者而言，在視覺的感官上是不太舒適地，尤其越大的面板均勻性會越差，相對就越顯得均勻性的重要性，像是 TV 電視及廣告看板顯示器等，因其面板尺寸較大，對均勻性的要求越高。因此如何使 FPD 的顯示均勻性提高，一直是業界研究設計的方向。對於面板發光亮度之均勻性的計算方式有幾種方式，有些是取中間亮度值與周圍亮度值的比值當為均勻度，也有將測得的最小亮度值除以最大亮度值即為此面板的均勻度。而本研究多考慮整個面板的亮度平均值，其為將面板分為數個等份區域，分別測量每個區域中心點的亮度，再把量測到亮度最大值減最小值除以

平均值，最後再乘上百分比，即是此面板發光亮度的均勻性百分比，如式(1)。其百分比越高表示均勻性越佳，面板畫素顯示的越均勻，在人類視覺感受上越舒服。

發光亮度均勻性(Luminance Uniformity)為：

$$L_{Uniformity} = \left[ 1 - \frac{(L_{max} - L_{min})}{L_{ave}} \right] \times 100\% \quad (1)$$

如以 13 區檢測為例，其中  $L_{max}$  為  $L[1], L[2], L[3], \dots, L[13]$  中最大的亮度值； $L_{min}$  是  $L[1], L[2], L[3], \dots, L[13]$  中最小的亮度值；而  $L_{ave}$  則是  $L[1], L[2], L[3], \dots, L[13]$  的平均亮度值。

## 二、補償方法

實驗中量測出 64 區域中心亮度值，其每一區域的亮度值皆不大相同，依照面板的材料特性及面板製程上的限制有所差異，但一般面板大多是周邊亮度值會低於中間亮度值，尤其以四各角落更為明顯。而本研究根據量測面板的 RGBW Gamma 曲線(圖 2)，可發現灰階值與亮度值呈線性比例，因此可利用線性運算方式作亮度均勻性的補償值運算。

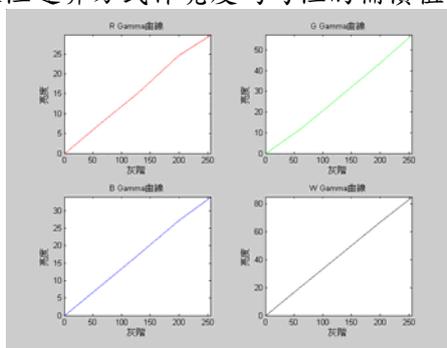


圖 2、OLED 面板之 RGBW Gamma 曲線

### (一)線性內插運算

平面顯示器面板在鄰近區域之間的亮度變化差異性不大，若兩鄰近的畫素的距離  $\Delta d$  很小時，畫素與畫素之機亮度的差異可視為線性的連續變化，因此可以利用線性內插方式運算未量測點的補償值，作亮度均勻性的補償運算。本研究將  $96*64$  OLED 面板，區分為  $8*8$  矩陣區塊，取中心點共 64 點為控制點及測亮度，其中測得最高亮度值區域之亮度值為  $T$ ，第一區的亮度為  $M_1$ ，第二區亮度為  $M_2$ ，而為了讓一、二區均可發出  $T$  亮度，所以補償兩區域的灰階值，提升其發光亮度，達到亮度均勻性。補償數值公式及其他未經量測點的補償值計算公式推導如下，此方法為計算出各區域的補償比例後，依比例建出區域性補償表，圖 3 為示意圖。 $M_2$  為量測區域像素 1,2 的量測值， $T$  為目標值(MAX\_data)， $X_1$ 、 $X_2$  為量測區域 1 與 2 之間未檢測的區域像素，設區域間之距離  $l_1 = l_2 = l_3 = l$ ，且  $d_3 = C_1 - C_2$ ，運用內差公式即

$$\tan\theta = \frac{d_1}{l} = \frac{d_2}{2l} = \frac{d_3}{3l}, \quad d_1 = \frac{1}{3}d_3 = \frac{1}{3}(C_1 - C_2), \quad d_2 = \frac{2}{3}d_3 = \frac{2}{3}(C_1 - C_2) \quad (2)$$

$$C_{x1} = C_1 - d_1 = \frac{2}{3}C_1 + \frac{1}{3}C_2, \quad C_{x2} = C_1 - d_2 = \frac{1}{3}C_1 + \frac{2}{3}C_2 \quad (3)$$

其中  $C_{x1}$ 、 $C_{x2}$  即為  $X_1$ 、 $X_2$  之補償值。因此補償數值公式如(4)所示，其中  $K_i$  為各區域  $X_i$  的補償比例，而  $g$  則是原始色階值。此式適用於 R、G、B 三色之補償運算。

$$f(X_i) = K_i * g(X_i) \quad [K_i = 1 + \frac{C_{xi}}{T}] \quad (4)$$

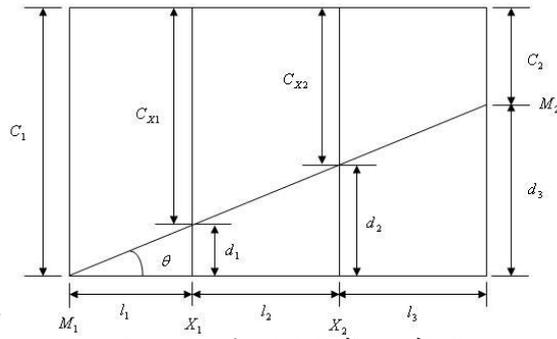


圖 3、線性補償示意圖

## (二) ACLUT 補償設計

### 1. 建立 ACLUT

將影像顯示的訊號分成水平訊號(H.S.)和垂直同步訊號(V.S.)，經過補償查詢(LUT) 電路，將顯示資料與補償資料作運算，然後補償過後的顯示資料再送至資料驅動晶片，以供 OLED 面板顯示，呈現高亮度均勻性的畫面。域補償查詢表(Area Compensation Look Up Table ,ACLUT)是由每一區所檢測出的亮度與最高亮度值(補償目標值)作線性運算所建立。圖 4 為面板補償流程圖。

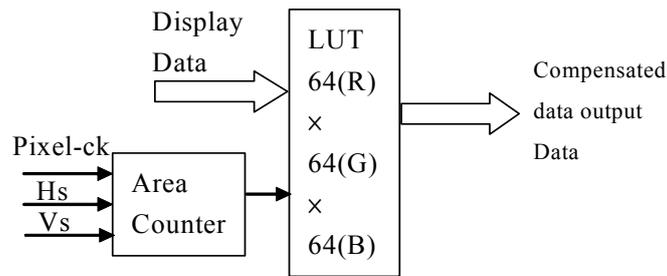


圖 4、面板亮度補償流程圖

### 2. ACLUT 查詢原理

將此補償表放置於顯示資料輸入端，依顯示位址找到補償對應表，即可進行亮度均勻補償動作。此 OLED 亮度檢測共建立 64 筆資料的 LUT 補償表，假設補償後值為  $C'$ ，補償前原始亮度值為  $C$ ，而  $i$  表示為第  $i$  區域，則 LUT 補償表裡的每一筆資料可表示為以下式子

$$C_i' = C_i \times K_i \quad i=0,1,2\dots 64 \quad (5)$$

其中  $K_i$  為各區域  $X_i$  的補償比例，由式(4)得知。

### 3. 補償程式設計

由位置電路傳送水平訊號(Scanline)至面板驅動晶片及傳送垂直訊號(Dataline)觸發顯示器的暫存記憶體與區域補償查詢表(ACLUT)的區域。依照需顯示的 Pixel 經由位置開關可得知其位於的區域及補償值，因此原始資料可經過 ACLUT 與補償資料做運算，然後將補償過後的顯示資料送至資料驅動晶片，以供面板顯示。區域補償程式流程方塊圖如圖 5 所示。

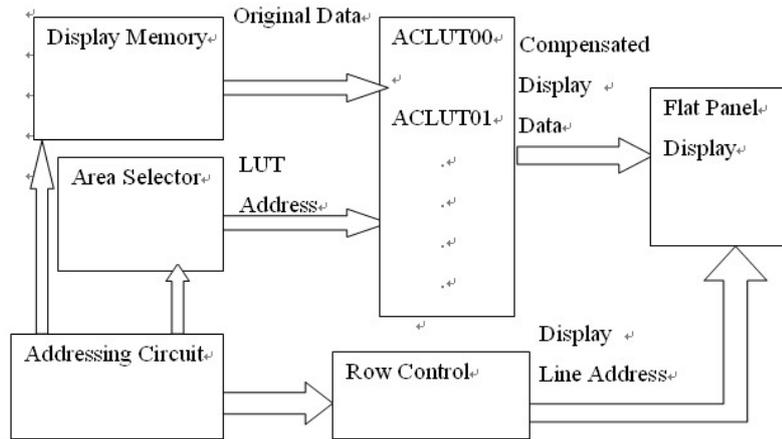


圖 5、區域補償程式流程方塊圖

### 三、系統架構

本實驗以驅動裝置點亮所需檢測的面板，控制線性馬達 XY-table 移動面板檢測區域，再以高精度亮度量測之色度計量測發光區域亮度，以供電腦分析使用，圖 6 為系統架構圖。系統實體圖如圖 7 所示，其中包含四軸步進馬達平台、CS-200 分光色度計、OLED 全彩 Panel、驅動電路板。CS-200 架設在 Z 軸平台上，因求實驗的準確性，當目鏡校準完成後，Z 軸不在移動。而為求檢測面板可水平放置、不偏斜，製作一塊符合面板尺寸的鋁擠型放置 θ 軸上，同樣為了實驗的準確性，位置校準後就不再移動。而此系統是以 Visual Basic 6.0 程式語言開發系統程式，整合 CS-200 與 XY-table 設備傳輸，透過人機介面控制系統動作，其系統操作流程如 8 所示。人機介面主要畫面如圖 9 所示，有硬體設備的參數設定及檢測數據、馬達座標位置顯示，還可即時觀測檢測的區域。

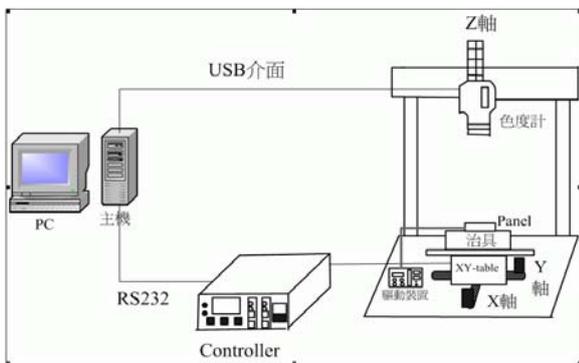


圖 6、系統架構圖



圖 7、系統實體圖

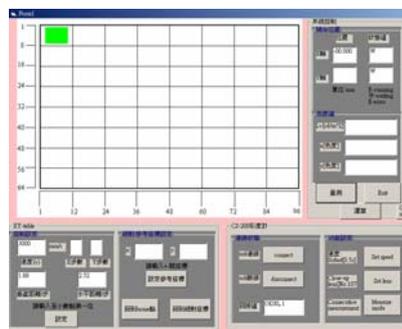


圖 9、系統人機介面操作圖

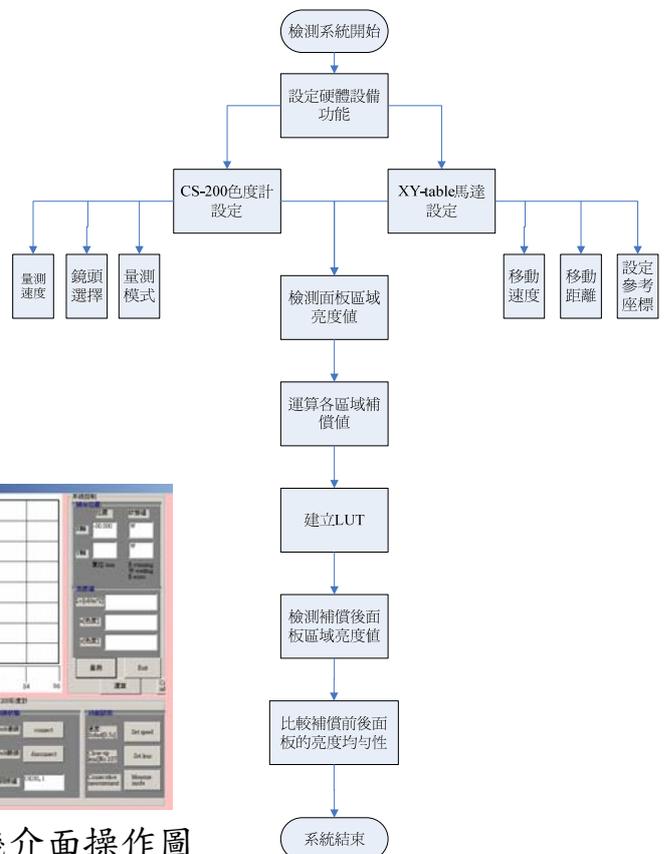


圖 8、系統操作流程圖

### 參、研究成果

本實驗主要檢測一大小為 96\*64 的全彩 OLED 面板，採用 CS-200 分光式色度計作量測，以 XY-table 承載 OLED 面板，定距離移動座標，達到自動化檢測 64 區域亮度值。檢測實驗條件：1. 在暗室環境下進行檢測。2. 檢測面板開啟電源後經 5 分鐘後再進行量測。3. 每一檢測面板均進行 64 區域量測，而且在同一檢測點重複檢測 10 次。因 OLED 面板製程材料關係，使得紅光材料的亮度最低再來是藍光，而綠光的亮度是最高的。因此可得知當 RGB 三色灰階皆為 255 時，本應顯示純白光，但因三色的亮度值差異很大所以此時白光呈現較偏綠的顏色，因此在做亮度檢測前，先校正面板的灰階，使面板呈現的顏色不失真。再針對 RGB 三色個別做檢測及補償，最後檢測白光補償前後的均勻性作比較。

#### 一、灰階檢測與校正

依據所量測出的 RGB 三色 gamma 曲線(圖 10)，從圖中發現三色的 gamma curve 皆是線性曲線，而綠光亮度最高可達 57.35 nits、藍光最高為 33.96nits、紅光最高為 29.82nits，因 RGB gamma 曲線皆不相同因此導致白光偏綠色，所以此實驗以紅光曲線為基準，將藍光及綠光的 gamma 曲線校正至與紅光的 gamma 曲線一致。校正後的 gamma 曲線如圖 11 所示，其斜率約為 0.1，代表 10 灰階值顯示 1 單位亮度值(nits)，根據運算出的 RGB 三色校正灰階比例值為 [1.00 : 0.52 : 0.88]，而校正後三色的 gamma 曲線已相當趨近了。圖 12 為校正前後實體面板白光顯示的顏色，明顯看出校正前白光的顏色參雜些許綠光，而校正過後改善許多。表 1 為校正前與校正後白光的 CIE 位置，將其畫製在 CIE 圖中則如圖 13 所示，可清楚看到校正前白光的位置偏向於綠色區域，因此面板顯示出來的白光才會明顯偏綠。經校正後，白光位置往右下移動，較趨近於真正白光需顯示的區域，此結果證明調整 gamma 曲線可校正白光灰階的色度。

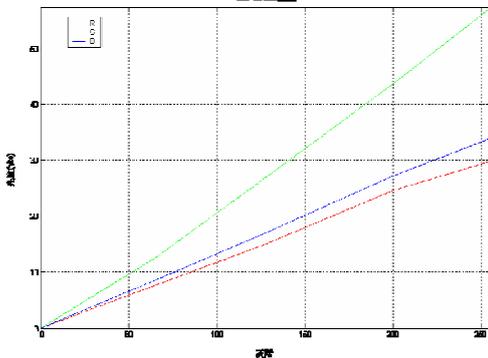


圖 10、RGB gamma 曲線

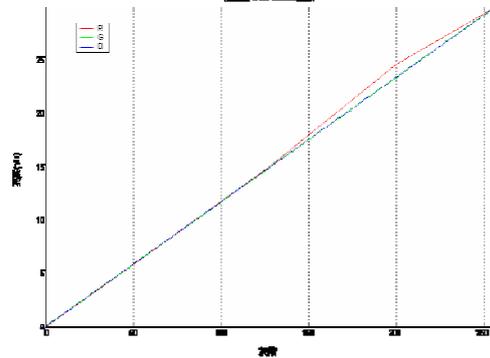


圖 11、初步校正後 RGB gamma 曲線

表 1、校正前後白光 CIE 座

白光	校正前	校正後
CIE座標	(0.28,0.34)	(0.30,0.31)



(校正前的白光)



(校正後的白光)

圖 12、校正前後面板顯現白光實體圖

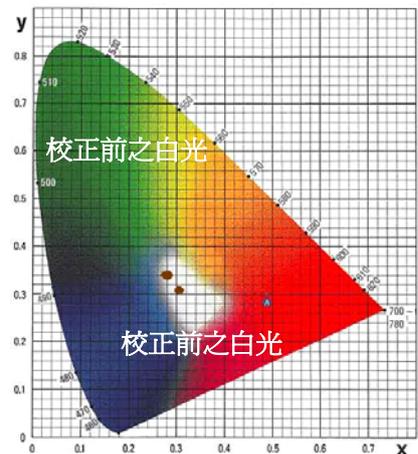


圖 13、校正前後白光的 CIE 座標比較圖

## 二、RGB 亮度檢測及補償

本實驗檢測的對象為彩色 OLED 96x64 的面板，將面板分為 64 各區域，使用 CS-200(量測範圍為  $1^\circ$ ，約 4 Pixels)分別對每一區域的中心點量測 10 次，再取平均值當其區域代表值。而實驗中各別檢測紅光(R)、綠光(G)、藍光(B)不同灰階值的 64 各區域亮度值(如圖 14 所示)，可根據(4)的線性內插方法算出其他同一列未量測的 112(8x14)各區域亮度值，而偶數列未量測區域則由直接由上下區塊取平均值來估算，所以一 OLED 面板共有 330 區域亮度值(如圖 15 所示)，觀測其分布狀況，再建立適當的 ACLUT。最後做補償後的亮度檢測，驗證經由 ACLUT 補償過後的面板是否提高了亮度均勻性。

26.87	26.14	26.57	26.41	26.90	26.38	26.34	26.82
26.28	26.59	26.96	26.89	26.94	26.89	26.75	26.29
26.47	26.48	26.64	26.89	27.22	27.21	27.26	26.71
26.88	26.81	26.88	27.39	27.87	27.66	27.89	27.89
26.14	27.05	27.26	27.39	27.57	27.86	28.29	27.46
26.67	27.03	27.06	28.07	28.38	28.09	28.46	27.82
27.82	28.08	28.09	28.17	29.07	28.64	28.68	28.89
28.54	28.21	28.42	28.81	31.26	31.36	31.29	28.29

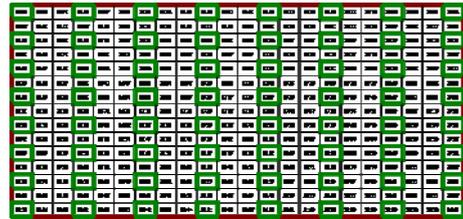


圖 14、64 區域亮度值(R-200) 圖 15、線性內插算出的 330 區域亮度值  
(一)紅光檢測

檢測紅光在不同灰階值下的區域亮度值分佈是否一致及面板均勻度情況。而以灰階值 200、128、64 各別作檢測，紅光灰階 200 量測出的各區域亮度值如表 5.2 所示，根據式子(1)所述的亮度均勻性計算公式，計算出亮度均勻性為 76.39%，紅光灰階 128 的亮度均勻性為 74.77%，紅光灰階 64 的各亮度均勻性為 75.75%，圖 16 為各灰階的亮度分佈圖。從三個亮度分佈圖可以看出面板亮度呈現不均勻情形，面板底部最亮，四周圍偏暗。而以此面板的紅光均勻性來看，其亮度均勻性介於 76%~74%。

比較各灰階的區域補償比例值的誤差皆不差過 0.01%，所以紅光之補償表採用灰階 200 的補償比例值，補償後的 R-200 亮度均勻性為 92.05%、R-128 亮度均勻性為 90.34%、R-64 亮度均勻性為 82.40%，圖 17 為紅光各灰階 200、128、64 的亮度分佈圖，從中可看出因製成或材料造成的四周圍及面板上方較暗的狀況已獲得的改善，灰階 200 及 128 皆可將亮度均勻性提高至 90%以上，而低灰階 64 只能提高至 82.4%。

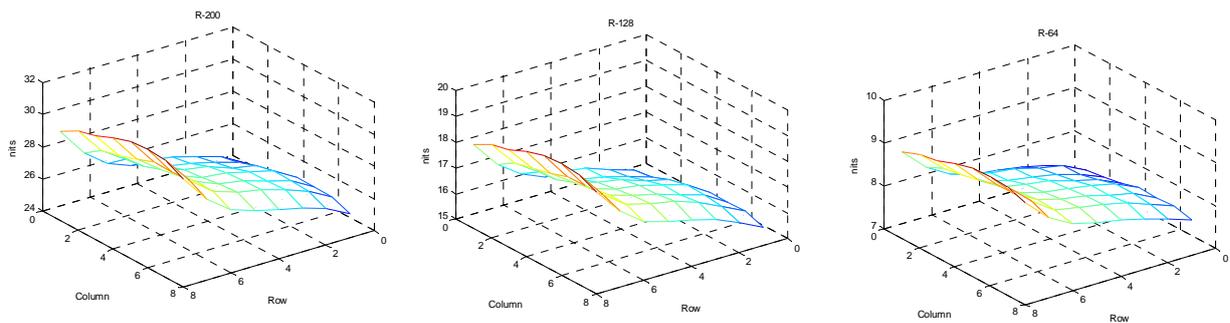


圖 16、補償前紅光各灰階值之亮度分佈圖

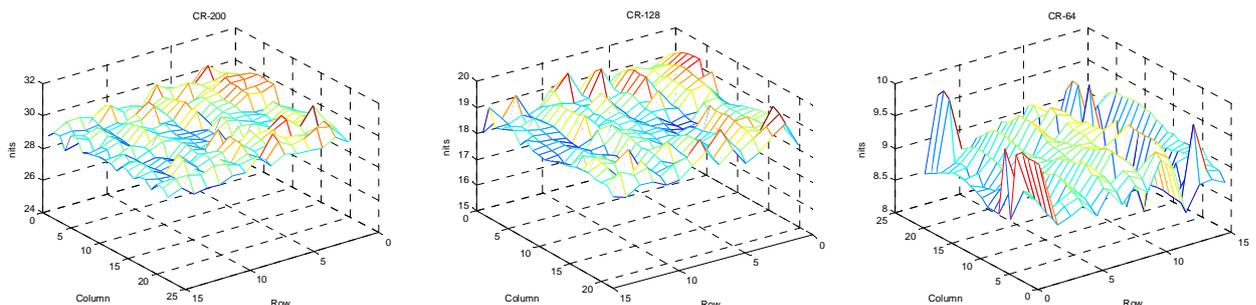


圖 17、補償後紅光各灰階之亮度分佈圖

## (二)藍光檢測

藍光灰階 200 亮度均勻性為 81.67%，灰階 128 的亮度均勻性為 81.36%，灰階 64 的亮度均勻性為 81.31%，圖 18 為藍光各灰階之亮度分佈圖。依藍光的亮度分佈圖可看出與紅光的亮度分佈情況相似，面板底部最亮，四周為偏暗。而藍光在不同灰階值的亮度均勻性表現很一致，約為 81%。

比較各灰階的區域補償比例值的誤差皆不差過 0.02%，所以綠光之補償表採用灰階 200 的補償比例值，補償後的 B-200 亮度均勻性為 92.718%、B-128 亮度均勻性為 90.99%、B-64 亮度均勻性為 87.02%，圖 19 為藍光各灰階 200、128、64 的亮度分佈圖，從中可看出灰階 200 及 128 皆可將亮度均勻性提高至 90% 以上，而低灰階 64 只能提高至 87.02%，

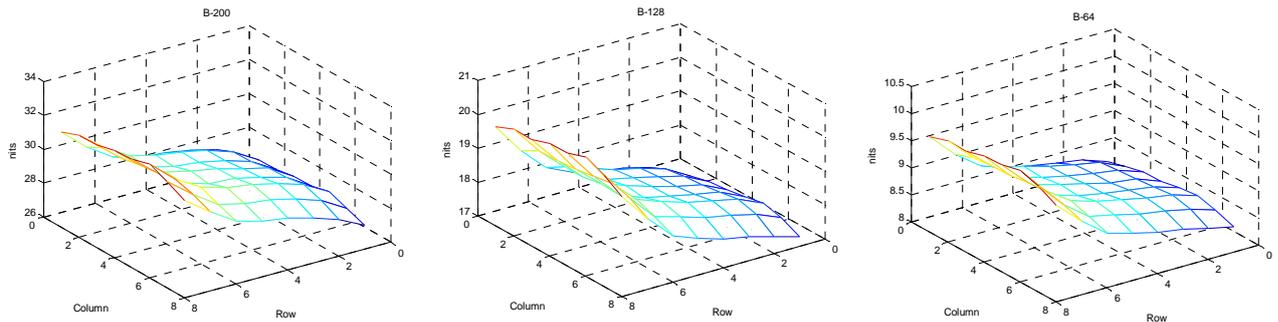


圖 18、補償前藍光各灰階之亮度分佈圖

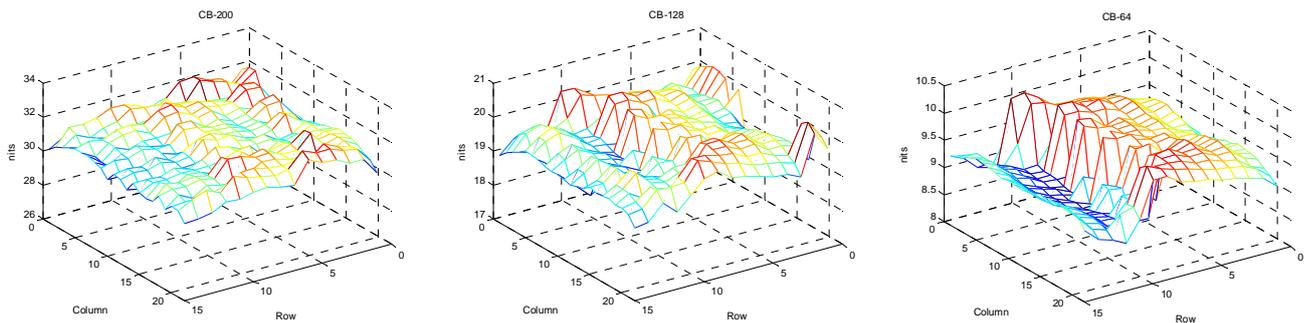


圖 19、補償後藍光各灰階之亮度分佈圖

## (三)綠光檢測

綠光灰階 200 量測出的亮度均勻性為 85.78%，灰階 128 的其亮度均勻性為 85.97%，灰階 64 的亮度均勻性為 86.38%，圖 20 為綠光各灰階之亮度分佈圖。從綠光的三個亮度分佈圖看出面板亮度呈現不均勻情形，與紅光及藍光的亮度分佈狀況相似，其面板上方最暗及四周偏暗。而以此面板的綠光均勻性來看，其亮度均勻性介於 85%~86%，比紅光的均勻性表現好很多，且綠光的發光亮度也比紅光及藍光高出許多，以灰階 200 來看，綠光平均可顯現約 47 nits 的亮度，而紅光只可表現出 28 nits 的亮度，藍光則約 30 nits 的亮度。

比較各灰階的區域補償比例值的誤差皆不差過 0.008%，所以綠光之補償表採用灰階 200 的補償比例值，補償後的 G-200 亮度均勻性為 93.887%、G-128 亮度均勻性為 90.36%、G-64 亮度均勻性為 88.66%，圖 21 為綠光各灰階 200、128、64 的亮度分佈圖，灰階 200 及 128 皆可將亮度均勻性提高至 90% 以上，而低灰階 64 只能提高至 88.66%。

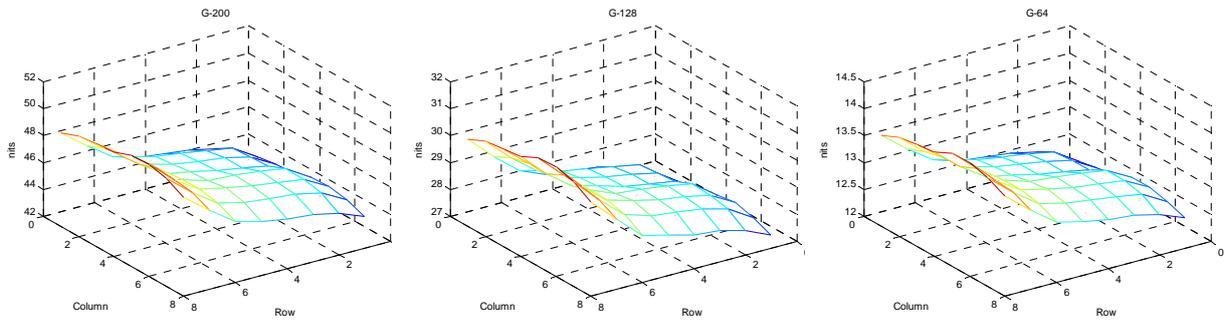


圖 20、補償前綠光各灰階值之亮度分佈圖

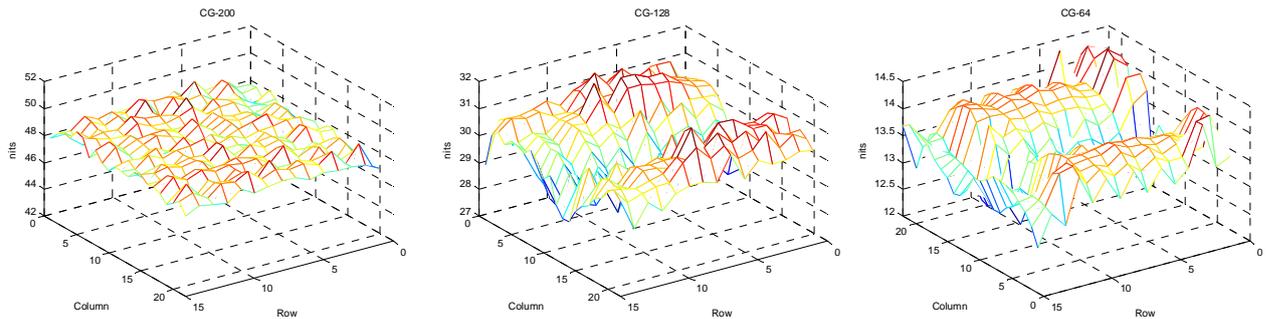


圖 21、補償後綠光各灰階值之亮度分佈圖

RGB 三色補償後的亮度分佈圖可發現亮度大多都提升到最高亮點了，但還是有些區域過補償，可是以全面板均勻性來看，均勻度提高不少，表 2 為 RGB 補償前後的均勻性比較表，可看出紅光補償較好，灰階 200 的均勻度提高約 16%，而藍光的均勻度大約提升 10%，綠光的均勻度提升較少，最高約 8%，雖均勻度沒辦法達到 100%，但以現今面板的規格來說，90%的均勻度也算很高了。表 3 為 RGB 補償前後標準差比較表，比較補償前後的標準差發現補償後無論是灰階 200、128、64，其標準差皆有變小，代表面板的亮度值差異性也變小了，相對也提高亮度均勻性。而從表可看出，64 灰階的亮度提升皆不高，可能因亮度值太小了，導致些微數值差異即影響很大。另一原因可能是量測時產生的泛光現象所影響。而發現補償後的最高值皆比補償前的目標值還低，可能因為實驗中先量測補償前的亮度值在量測補償後的亮度值，其面板應會有使用時間長的亮度衰竭狀況，因此導致後面量測的亮度值低。

表 2、RGB 補償前後的均勻性比較表

表 3、RGB 補償前後標準差比較表

顏色 \ 灰階	補償前			補償後		
	200	128	64	200	128	64
紅光(R)	76.2%	77.55%	77.76%	91.59%	92.50%	89.03%
綠光(G)	80.65%	81.16%	81.32%	94.36%	92.36%	90.13%
藍光(B)	77.16%	81.02%	80.89%	91.86%	90.99%	89.96%

顏色 \ 灰階標準差	補償前			補償後		
	200	128	64	200	128	64
紅光(R)	1.619	1.015	0.486	0.429	0.337	0.290
綠光(G)	1.574	0.955	0.412	0.481	0.801	0.388
藍光(B)	1.320	0.860	0.425	0.451	0.357	0.347

### 三、校正補償後白光均勻度檢測

此實驗綜和前述之灰階校正及亮度補償機制，將面板原始資料先經過灰階校正式式的修補，然後再由建立好的亮度補償表補償需提升的亮度，補償前的白光由已校正好的三色灰階比例值點亮後做量測，而補償後的白光則是經過校正及補償後的面板點亮做量測，圖 20 為其校正補償的過程，先

經過已先設好的 gamma Scaler 校正色階，然後再經過 floating 的 ACLUT 補償亮度值以提高亮度均勻性。以下為以白光做檢測的實驗。

圖 21 為白光補償前的亮度分佈圖，此面板顯示的白光已經過白平衡調整後，此調整的 RGB 灰階比為[1:0.52:0.88]，其平均亮度為 84.65 nits，亮度均勻性為 66.47%，最大亮度為 63.46 nits、最小亮度 45.68 nits、平均亮度為 53.03 nits，從亮度分佈圖可看出面板上方亮度較低及四周圍亮度比中間亮度低的狀況。而補償前白光的亮度均勻性皆低於紅、藍、綠三色的亮度均勻性。圖 22 補償後白光亮度分佈圖，校正補償後的白光亮度均勻性為 91.27%，由圖中可看出亮度較平坦及均勻。補償後白光的亮度均勻性提昇了 24.8%，其提升均勻性的效果非常好。而圖 23 為校正補償後台科大 Logo 顯示圖案的面板。



圖 20. 校正及補償白光之流程圖



圖 23. 校正補償後台科大 LOGO 圖

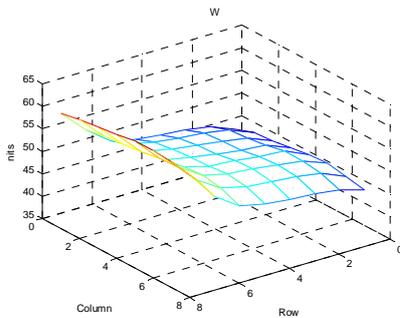


圖 21. 白光補償前亮度分佈圖

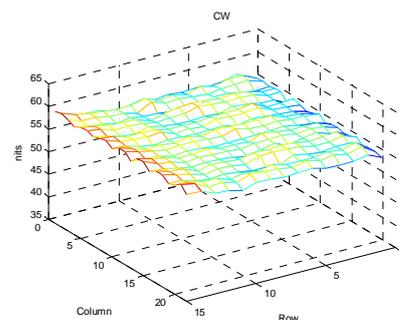


圖 22. 白光補償後亮度分佈圖

## 肆、結論與建議

基於人眼檢測的不穩定性與因製程或材料上造成亮度不均的瑕疵，本研究開發一自動化亮度檢測及補償之系統。此系統以 CS-200 彩度計搭配 XY 步進馬達再配合 PC-Base 建立一自動化檢測系統，利用高精度及靈敏度高的彩度計檢測面板的亮度值，其檢測速度最快為 0.5 秒/次，再結合微步進馬達精準定位面板位置達全面性檢測功能，步進馬達解析度為  $1\mu\text{m}$ ，可運用在檢測小尺寸面板上。本研究所建立的系統平台可為一般檢測系統所運用，不單單只能檢測面板的亮度值，也可再搭配一 CCD 鏡頭，針對小尺寸物品做表面瑕疵，亮暗點，製程定位等檢測項目。實驗結果分三部份：(1) 首先針對三原色 RGB 檢測 Gamma 曲線，發現三色曲線皆不相同，此將影響面板的色彩表現，尤其以白光最為明顯，CIE 座標位在[0.28,0.34]，其顏色偏向綠色。所以本實驗首先校正 RGB 的灰階比值，使其三原色的配色能符合 CIE 座標。根據本實驗面板 RGB 灰階比為[1:0.52:0.88]，而實驗校正後白光的 CIE 位置位在[0.30,0.31]，相對於標準白光位置[0.33,0.33]，已相當符合白光的區域位置，顏色表現也不偏綠色了。(2) 針對彩色面板的亮度均勻性檢測，本實驗以三原色 RGB 為補償標準，各別檢測 RGB 面板的亮度值，再依據本研究所提出的線性補償方法建立一 ACLUT，使面板經補償過後可提升亮度均勻性，其 RGB 亮度均勻性提升 9%~15%，而 RGB 各灰階補償前後的標準差也明顯降低，總體來看以紅光補償效果最佳。(3) 檢測校正後未補償前的白光均勻性為 66.47%，然後經線性補償後，白光的亮度均勻性提高到 91.27%，大大提升了 24.8%，證明此研究提出的軟體補償機

制是可行的。

本研究為彩色 OLED 自動化亮度檢測及補償機制系統的初步研究，針對檢測面板的亮度值及補償亮度不均勻區域提高面板的亮度均勻性，提出一想法的實現，仍有許多不足的地方可再加以改善，以下針對未來可再延伸的方向提出建議：(1) 因量測儀器 CS-200 的量測範圍最小為  $0.1^\circ$  (約 1 個單色 pixel 大小)，接著是  $0.2^\circ$  (約 2 個單色 pixel 大小)，最大量測範圍為  $1^\circ$  (約  $1.1 \text{ mm}^2$ ,  $4 \times 4$  個 pixel 大小)，其皆無法準確量測單一個 Pixel 大小，因此本實驗才採取區域亮度檢測及補償方法，檢測的結果仍無法精確的代表整個面板實際亮度均勻性表現，如能使用高解析度的彩色 CCD 鏡頭達到全面板檢測，再以彩度計檢測出的數據為對照表，即可無誤差，準確地量測出面板上每一畫素所表現的亮度值，再針對各點畫素補償，達到的成效應比本實驗結果高。(2) 對於校正面板色度表現上，本實驗主要以量測出的 Gamma 曲線依斜率比的方法運算出需校正的灰階值，其有誤差值的存在，如能以 tune 的方式或嘗試以學習機制的方式來計算三原色所需校正的灰階比例值，如類神經或基因演算法等方法，這樣可以使誤差值降之更低，讓面板的色彩表現更好。(3) 可將線性補償方法從一維增加至二維曲面補償方式，以提昇整體補償效果。(4) 目前本研究所檢測的對象為聯宗公司出產的  $96 \times 64$  的彩色 OLED 面板，其主要應用在一般 MP3 顯示面板上，對於小面板的亮度均勻性不大苛求，因此未來希望能檢測大尺寸的面板，將補償機制應用其中，使其真正落實在產業上。

#### 伍、參考文獻

- [1] Chang-Jung Juan, Ming-Jong Tsai, S. W. Hong, 2003/11, "Fast Measurement Inspection Method for Inspecting OLED Panels," EDMS Symposium, Keelung, 2003.
- [2] C. M. Chiang, C. S. Fue, "Polymer Lighting-Diode Defect Inspection System," Proceeding of IPPR Conference on Computer Vision, Graphics, and Image Processing, Kin-Men, Taiwan, pp. 748-755, 2003.
- [3] Chang-Jung Juan, Ming-Jong Tsai, "A Voltage-Compensated Driver for Lighting PMOLEDs Panels," IEEE Trans. on Consumer Electronics Vol.49, No. 2, May 2003, pp. 263-268.
- [4] C. W. Tang and S. A. Van Slyke, "Organic electroluminescent diodes," Appl. Phys. Lett. vol. 51, pp. 913-915, Sept. 1987.
- [5] Gopalan Rajeswaran and Kathleen M. Vaeth, Fundamentals of OLED Displays, SID '01 Proceeding, San Jose, June, 2001, pp.4-15.
- [6] Young-Sun Na, Oh-Kyong Kwon, "A signal chip driver system for 1.2-inch Organic Electro-Luminescent Display," IEEE Trans. on Consumer Electronics, Vol.48, No.2, pp.220-228 May 2002.

感謝國科會計畫 NSC 94-2212-E011-025 提供補助