

液晶顯示器 MURA 缺陷量化標準之研究

藍玉屏
工研院量測中心
Yu-PingLan@itri.org.tw

徐祥瀚
工研院量測中心
kei@itri.org.tw

鍾宗穎
工研院量測中心
IanChung@itri.org.tw

摘要

液晶顯示器 MURA 缺陷具有低對比、邊界輝度變化緩慢的特徵，以人工檢查 MURA 雖然快速但卻無法量化，且容易因人員主觀因素得到不同的結果。利用儀器設備進行 MURA 缺陷判定，可以解決人眼無法量化的問題，但卻會因判斷準則的不同導致不同的量化結果。SEMI 標準規範中定義了 MURA 量化指數 SEMU，但在實際執行上對於 MURA 缺陷面積的量測判定有其困難度，是至今 MURA 缺陷量化標準未能普及的原因。本研究設計模擬產生具 MURA 特徵的圖像，結合輝度校正與人因實驗統計分析，得到人眼在不同亮度背景下對於缺陷輝度變化的敏感度。初步實驗結果顯示，在暗背景、中間灰階背景和亮背景時，人眼可百分之百分辨圖案的對比值分別為 2.2 %、5.5 % 及 10 %，本研究結果可提供做為 MURA 缺陷量化運算過程中邊緣界定判斷閾值之標準。

關鍵字：液晶顯示器、MURA、輝度、量化標準

壹、前言

液晶顯示器製造過程中 MURA 的檢測是不可或缺的，業界仍是以人工檢查為主。目前業界所慣用的 MURA 檢測標準方法，以各廠商自行建立的限度樣本庫做為參考比對依據，建立教育訓練影片，並以該限度樣本訓練員工作為篩檢分級的依據。人工目視檢查不僅耗費人力，人員主觀因素亦造成訓練困難，最大的問題在於無法量化，即使是同一個人也會在不同時間得到不同的結果，這個不一致性往往導致產量管理與供應鏈品質標準方面的問題。人的視覺系統能區分出不同的色度及輝度，顯示器顯示幕上輝度或色度不均勻影響影像觀感，廠商間對於產品瑕疵等級的認定，往往會有很大的爭議，因此 MURA 量化這個議題在國內外都是一個討論的重心。

MURA 種類繁多定義困難，目前雖在 VESA 及 SEMI 等標準規範中對 MURA 有定義，其最終目標是定義實用的檢測方法，以補充或取代研發、產線品質控制及品保環境下的人眼檢測方式，但現有這些定義仍無法解決或滿足傳統度量標準定義的需求：定義一些具體的技術以保證在既定量測條件下得到相同的測試結果。MURA 的檢測不僅需要可重覆量測的規則，且需要與視覺檢測相關及在此基礎下的資料分析方法。根據 VESA FPD 2.0 303-8 節中定義，MURA 缺陷為固定灰階下看得到的螢幕區域缺陷，SEMI D31-1102 標準則定義 MURA 缺陷為輝度不均勻，這些定義與業界的實際做法相比較，只涵蓋了局部的定義，各公司間由於商業利益上的考量，不願意洩漏公司內部在技術上或製程上所遭遇的問題，因此在 MURA 標準完整的定義有其困難度。SEMI D41-0305 標準規範中定義了部分量測 MURA 環境參數，如：視角、背景輝度等，但在實際執行上人眼閾值會隨背景輝度不同而有所調整，視角對 MURA 的判定更是有大的影響。利用儀器設備進行 MURA 缺陷判定，可以解決人眼無法量化的問題，但卻會因判斷準則的不同導致不同的量化結果。

因此，為了解決 MURA 量化標準的問題，本研究設計模擬產生具 MURA 特徵的圖像，結合輝度校正與人因實驗統計分析，得到人眼在不同輝度背景下對於缺陷輝度變化的敏感度。初步實驗結果顯示，背景為中間灰階時，人眼對於灰階差異最敏感，在不同背景下人眼百分之百可分辨的對比值，會隨著背景變亮而隨之增加，對比值分別為 2.2 % (暗背景)、5.5 % (中間灰階) 及 10 % (亮背景)，本研究結果可提供作為 MURA 缺陷量化運算過程中邊緣界定判斷閾值之標準。除了可提供製造廠與客戶間共通的參考依據，並藉由引入量測標準追溯的觀念，確保不同量測儀器間的量測一致性。

貳、研究方法

實驗架構如圖 1 所示，硬體設備包括一液晶顯示器(EIZO CG221)、圖像產生器(Astro VG830)和一

台個人電腦。利用電腦程式控制圖像產生器產生圓形規則圖案，圓的大小和灰階值可自訂，將液晶顯示器分成九個區塊，圓型圖案以一次一個的方式任意出現在此九個區塊內，其圓心位於區塊的中心位置。受測者於固定距離下觀察顯示器在不同灰階背景值下出現的不同灰階圖案，判斷是否看得到圖案並記錄其出現的位置。液晶顯示器的輝度均勻性及 gamma 值均經過量測驗證，每一灰階所對應的輝度值為已知，分析統計測試結果，可以得到人眼在不同輝度背景下對於輝度變化的敏感度，因而可訂出在不同輝度背景下，缺陷邊緣界定的判斷閾值。

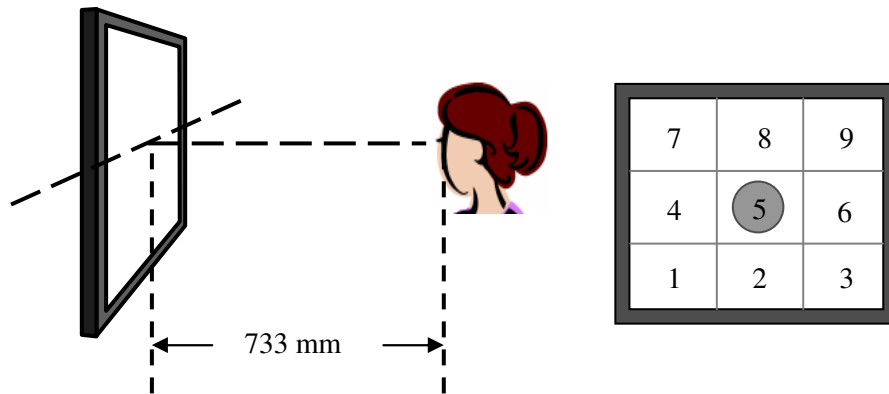


圖 1：實驗架構圖

參、研究成果

一、均勻性量測

實驗用 22 吋顯示器，解析度 1920×1200 像素，進行人因測試之前，我們利用輝度計(TOPCON SR-3A)量測其輝度均勻性及 gamma 值。輝度計視角設定為 2°，與顯示器間的距離為 1200 mm，共量測 25 點位置(5×5)，圖 2 為此 25 點輝度值的變化情形。圖中座標橫軸代表量測位置，縱軸為輝度值，計算其輝度非均勻性約為 2.8 %。量測結果顯示我們使用的顯示器具有良好的輝度均勻性，因此後續進行人因測試，可以忽略因顯示器背景輝度不均對判斷造成的影響。

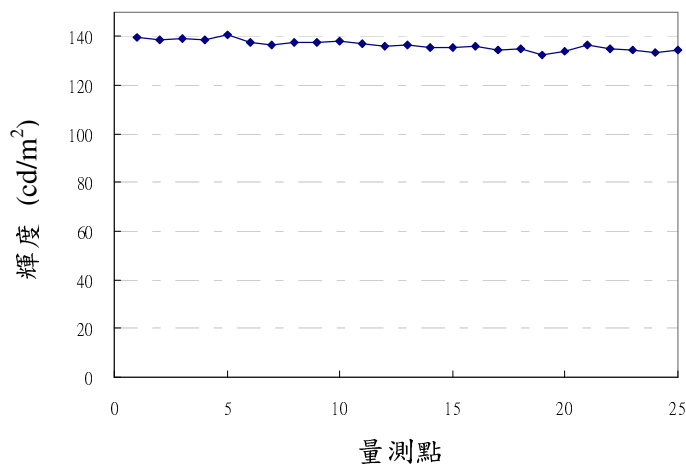


圖 2：輝度均勻性量測結果

Gamma 為顯示器光度與輸入電壓的響應曲線。我們量測顯示器 9 點(3×3)不同位置的 gamma 響應曲線，並將輸入電壓轉換成對應的灰階值，結果如圖 3 所示。圖中座標橫軸為灰階值，縱

軸為輝度值。量測環境的背景輝度值為 0.061 cd/m^2 ，量測值係扣除背景值後的結果。由圖中可看出 9 點不同位置的 gamma 響應曲線幾近重合，並得到此顯示器的 gamma 值約為 2.2。

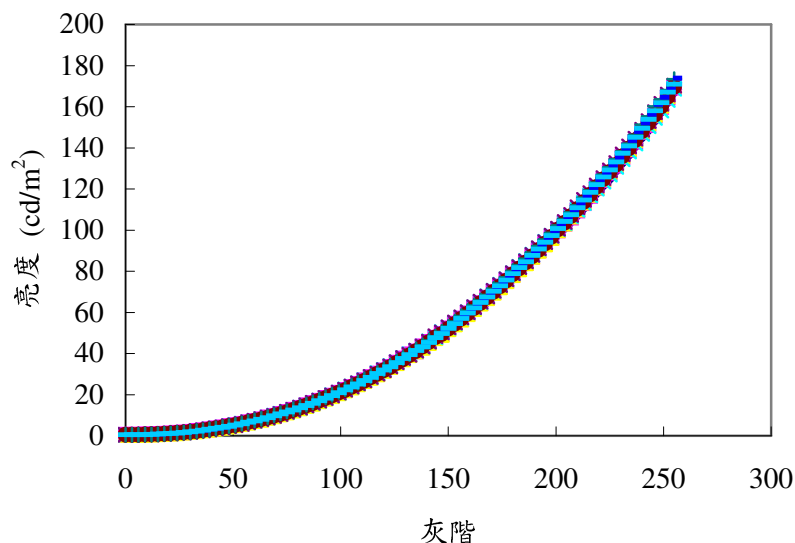
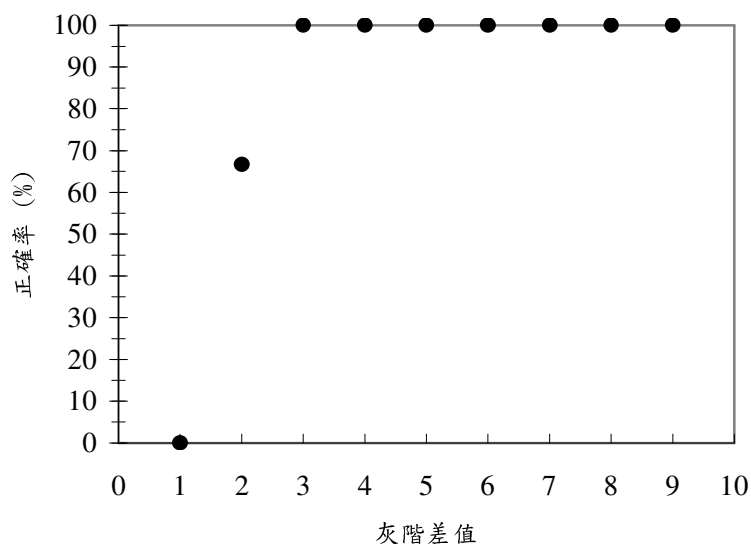


圖 3：gamma 響應曲線

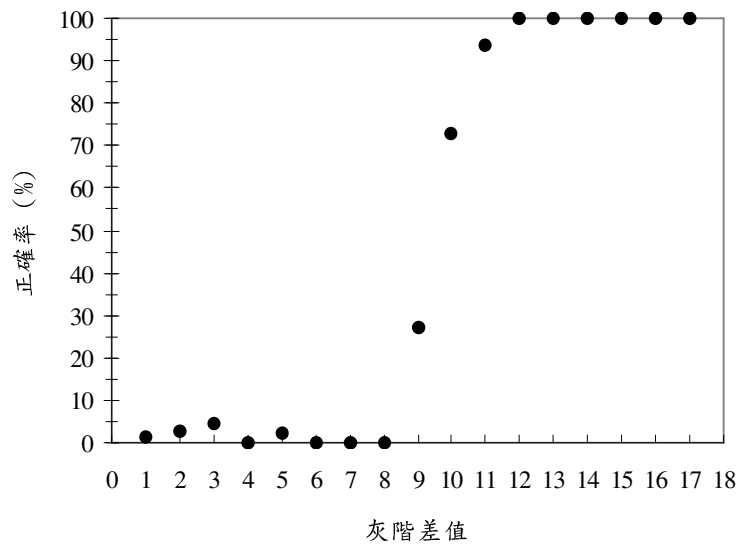
二、人因測試

共 10 位人員參與輝度差異敏感度的實驗，其中男性 6 人女性 4 人，皆非從事 MURA 缺陷檢查之專業人員，受測者矯正後視力自 0.6 至 1.2 不等。依據 SEMI D31-1102 規範中對於量測距離的建議，以 15 吋顯示器量測距離 500 mm 推算，固定視角下 22 吋顯示器的量測距離應為 733 mm。我們利用輔具固定受測人員眼睛至顯示器的距離約為 733 mm，視線高度與顯示器的中心齊高。

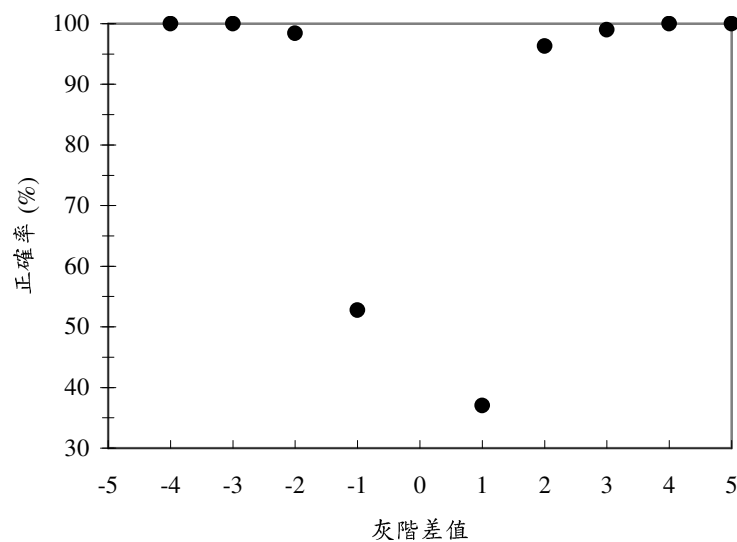
每位受測人員於暗室中分別進行三種不同背景灰階，灰階值為 0 (暗)、127(中間灰階)和 255(亮)情況下，不同灰階圖案的判別。圖案直徑設定為 100 像素，灰階值變化範圍分別為 1~10 (暗背景)、 127 ± 5 (中間灰階)及 238~254 (亮背景)。在暗背景和中間灰階背景時，圖案出現的次數為 100 次，亮背景為 150 次，各不同灰階圖案出現的次數和位置為隨機。測試結果統計分析如圖 4 所示。



(a) 暗背景



(b) 亮背景



(c) 中間灰階背景

圖 4：不同背景下人眼對於灰階差異的敏感度

圖 4 中橫軸為圖案與背景的灰階差異值，縱軸表示所有受測者判斷的正確率，實驗過程中發現其中有一位男性受測者對於灰階的變化較其他受測者明顯不敏感，視為異常，因此未將其受測結果納入統計分析。在暗背景時（圖 4(a)），灰階值差 2 即有 67 % 的正確判別，灰階值差異大於 3 的判斷正確率達百分之百。亮背景時（圖 4(b)），灰階差值大於 8 以上才判斷得出來，差值大於 12 以上百分之百可判斷，灰階差介於 8 至 12 之間時，判斷正確率自 27 % 上升至 94 %。圖 4(b) 中灰階差小於 8 情況下，出現零星的正確判斷，這是受測者猜測而非真實判斷出來的結果。圖 4(c) 中間灰階背景的測試結果顯示，在灰階差 ± 1 的情況下即有人可以感受到，正確率分別為 53 % 和 37 %，灰階差大於 2 時幾乎都可以正確判斷。

利用 gamma 響應曲線找出灰階值對應的輝度，並計算圖案相對於背景的對比值，在暗背景、中間灰階背景和亮背景時，人眼可百分之百分辨之對比值分別為 2.2 %、5.5 % 及 10 %。

肆、結論與建議

我們利用圖像產生器在一亮度均勻性佳的顯示器上，控制產生不同灰階、固定大小的圓形規則圖案，進行不同輝度背景下人眼對於灰階差異的判斷敏感度測試。實驗結果顯示，在暗背景下人眼對於灰階差異較亮背景敏感，此與一般人眼在暗視覺情況下較為敏銳的理論相符合。實驗並發現背景為中間灰階時，人眼對於灰階差異最敏感，且圖案較背景稍暗時比在圖案背景稍亮時容易判斷。在不同背景下人眼百分之百可分辨的對比值，會隨著背景變亮而隨之增加，計算得到在暗背景、中間灰階背景和亮背景時之對比值分別為 2.2 %、5.5 %及 10 %。此表示缺陷邊界閾值的訂定必須考慮背景的輝度而非定值。

目前只是初步的實驗結果，尚有許多因素必須納入分析，包括：測試圖案出現的位置、形狀、觀察角度、甚至環境明亮程度等因素，測試樣本數亦不夠多，這些都是未來繼續努力的方向，

伍、參考文獻

- [1] SEMI D31-1102 (2002): Definition of measurement index (SEMU) for luminance MURA in FPD image quality inspection.
- [2] SEMI D41-0305 (2005): Measurement method of SEMI MURA in FPD image quality inspection.
- [3] Pratt,W.K., Sawkar,S.S.,& O'Reilly,K. (1998). Automatic blemish in liquid crystal flat panel displays, *Proceedings of SPIE*. 3306, 2-13.
- [4] Jiang,B.C., Wang,C.C., Tsai D.-M. & Lu,C.-J. (2004). LCD surface defect inspection using machine vision, *Proceedings of the Fifth Asia Pacific Industrial Engineering and Management Systems Conference*, 24.7.1-24.7.9.
- [5] Mori,Y., Tanahashi,K.,& Tsuji,S. (2001). Extraction and evaluation of mura images in liquid crystal displays, *Proceedings of SPIE*. 4471, 299-306.