

彩色濾光片 MURA 瑕疵檢測

江育民 義守大學 工業工程與管理學系 ymchiang@isu.edu.tw	陳思宏 義守大學 工業工程與管理學系 m9320011@stmail.isu.edu.tw	陳怡芳 義守大學 工業工程與管理學系 b9220043@stmail.isu.edu.tw	鄭諭澤 義守大學 工業工程與管理學系 b9220021@stmail.isu.edu.tw
---	--	--	--

摘要

彩色濾光片 (Color Filter) 之瑕疵共分為兩大類，一為巨觀瑕疵 (Macro-Defect)，另一為微觀瑕疵 (Micro-Defect)。在彩色濾光片巨觀瑕疵檢測 (Macro-Defect Inspection) 方面，目前業界大多以人工檢測 (Human Inspection) 為主，但檢測人員有可能產生誤判、疲勞問題等等。若以自動化檢測 (Automatic Inspection) 代替人工檢測，可克服檢測人員所產生的問題。

巨觀瑕疵之一的 MURA 瑕疵以人眼不易判斷，故發展機器視覺 (Machine Vision) 系統有其困難之處，因此本研究針對 MURA 瑕疵發展出一自動化檢測系統。由於不易取得實際樣本，本研究以模擬的 MURA 瑕疵進行判別。首先利用所建構之取像設備擷取影像，再進行影像處理 (Image Processing)；因影像中有規律紋路存在，本研究利用高斯模糊 (Gaussian Blur) 將規律紋路濾除；接著以所採用之二值化 (Thresholding) 方法，有效地將 MURA 瑕疵突顯出來，藉由瑕疵特徵判斷出 MURA 種類，所測試之樣本辨識正確率高達 95% 以上。藉由本研究所建構之機器視覺系統，可提供真實 MURA 瑕疵自動化檢測之參考。

關鍵字：彩色濾光片、MURA、自動化檢測、高斯模糊、二值化

壹、前言

一、研究動機與目的

在平面顯示器 (Flat Panel Display, FPD) 之中的薄膜電晶體液晶顯示器 (Thin Film Transistor-Liquid Crystal Display, TFT-LCD)，為目前最被廣為應用的平面顯示器，常見的應用有數位相機、手機及筆記型電腦等。彩色濾光片的功能為將 TFT-LCD 從黑白轉向彩色，使顯示器進入全彩化時代，因此為極重要之關鍵零組件。彩色濾光片也是 TFT-LCD 之零組件中需要高門檻技術的產業，所以必須投入大量的研究資源予以克服障礙。當 TFT-LCD 面板的尺寸越做越大，相對地彩色濾光片也必須配合面板的大小而加大尺寸，然而大尺寸的彩色濾光片製造過程中良率不易提升，這正是彩色濾光片廠商所需要克服的問題。近年來，TFT-LCD 面板的價格逐漸下降，且下游面板廠不斷壓低彩色濾光片的採購價格，因而彩色濾光片廠商的獲利也受到波及。目前彩色濾光片的市場已經供不應求，若彩色濾光片廠商未嚴格要求品管而導致 TFT-LCD 廠商退貨，則造成的損失更大。如何在彩色濾光片的每段製程中確保產品品質，有賴完善的檢測程序以篩檢出不良品。

Nakashima (1994) 將彩色濾光片之瑕疵分為兩大類，一為巨觀瑕疵，另一為微觀瑕疵。其中微觀瑕疵不易直接以肉眼觀測，須藉助儀器如 CCD 等將彩色濾光片放大以檢測出該類瑕疵。巨觀瑕疵包括 IRO-MURA (簡稱 MURA)、SIMI 和 IRO-ZURE。其中 MURA 瑕疵是屬於某區域上亮度與正常亮度不同，會比原來整體亮度些微亮或是些微暗；SIMI 瑕疵是彩色濾光片上產生區域性之污染；ZURE 瑕疵則是顏色之排列有移位，未在原本地地方所產生之問題。此三種巨觀瑕疵以肉眼就可以辨識，但會因為個人主觀而判斷不同。

彩色濾光片瑕疵之自動化檢測技術目前仍在發展之中，對於微觀瑕疵之檢測已經有許多學者研發出不同快速有效之檢測系統；巨觀瑕疵仍以人員檢測為主。在巨觀瑕疵中 SIMI 和 IRO-ZURE 相當容易辨識，但 MURA 的定義為亮度不均勻 (Unevenness)，會比原來整體亮度微亮或是微暗，因此 MURA 必須以光源照射才容易被突顯出。MURA 之不同亮度變化相當微小，以人工檢測會因為主觀認知不同與疲勞等因素容易導致遺漏瑕疵。由於機器視覺具有準確度高、精細度佳且可長時間運作的特性，本研究擬運用機器視覺之方法，以機器視覺之相關設備及模擬環境取得彩色濾光片影像。彩色濾光片本身具有規律紋路 (Texture)，是以著色層 (Color Layer) 與黑色矩陣 (Black Matrix, BM) 排列而成，

因為取得影像中有規律紋路會影響 MURA 瑕疵上的判定。經由影像處理 (Image Processing) 之技術將規律紋路去除，並且突顯出 MURA 瑕疵，期能快速自動檢測出 MURA 瑕疵。綜合言之，本研究乃以建構出 MURA 瑕疵自動化檢測系統，可以克服人工檢測的缺點，像是誤判、疲勞、辨識基準不一致或不能長時間檢測等等，使得彩色濾光片 MURA 瑕疵檢測，能夠達到自動化檢測為目的。

二、研究範圍

本研究所建構之檢測系統的研究範圍說明如下：

(一) 檢測影像

本研究目的在於檢測彩色濾光片之巨觀瑕疵，由於瑕疵影像不易取得，因此吾人自行建立 MURA 瑕疵樣本以進行檢測。為使自製之 MURA 瑕疵近似於真實 MURA，故在彩色濾光片上面放置水珠的方式製作瑕疵，使擷取影像能與真實 MURA 瑕疵影像類似，以作為實驗樣本。

(二) 檢測設備

以實驗室中現有的機器視覺設備加以取像及分析，以下介紹本研究所使用的機器視覺設備。取像平台 (如圖 1 所示) 是利用黑色底座固定住彩色 CCD 和鏡頭，並且將取像平台和白色螢光燈的背光源平台 (如圖 1 所示) 建構成了取像設備。影像擷取卡 (如圖 1 所示) 使用的是 Euresys Picolo，並與影像擷取軟體 Euresys eVision Evaluator version1.0 安裝在 CPU 為 INTEL PENTINUM4 2.1G、RAM 為 512MB 的個人電腦裡面，在無光源的暗室內進行影像擷取之工作。利用 Borland C++ Builder 5.0 開發出針對 MURA 瑕疵之影像處理程式，對所要的檢測影像將瑕疵辨識出來。

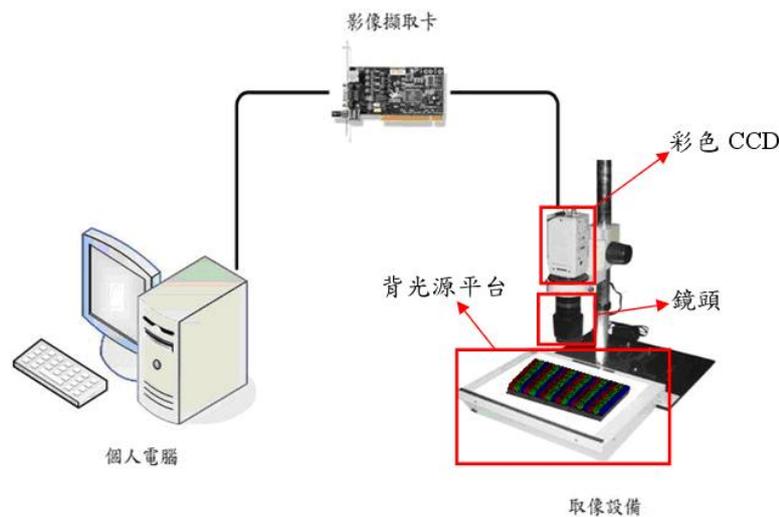


圖 1、檢測設備架構圖

(三) 擷取影像

將自製瑕疵放置在彩色濾光片上面，瑕疵的位置必須要在取像範圍內，利用檢測設備將影像擷取。檢測設備的彩色 CCD 可以擷取彩色和灰階影像，利用影像擷取軟體控制彩色 CCD 要擷取彩色影像或是灰階影像。本研究利用影像擷取軟體控制彩色 CCD 擷取灰階影像，所擷取之灰階影像大小為 640×480 pixels，灰階值是 0 到 255。

貳、研究方法

由於 MURA 實際樣本取得困難，故以自製 MURA 瑕疵的方式，以取得 MURA 樣本。一般來說，MURA 指的是與正常背景有不同的亮度區域。MURA 在彩色濾光片極類似發生水波紋的暈染情況，因此本研究以水滴平鋪在彩色濾光片上面來製造出 MURA 效果。此外，Lee and Yoo (2004) 對 LCD

之區域 MURA 瑕疵所作的研究中指出，區域 MURA 可分為亮區域（Bright Region）和暗區域（Dark Region），因此本研究也針對此進行分析及探討，分別製作出不同形狀及不同亮度之 MURA 瑕疵。由於 MURA 會有亮度之不同，所以將比正常彩色濾光片微亮的區域定義為白 MURA，以清水製作之；微暗的區域稱為黑 MURA，以深色液體製作之。實際水珠的長度或寬度是介於 0.2 公分到 1.5 公分之內，放置於鏡頭可擷取的範圍內。圖 2 所示分別為不同形狀與亮度之自製 MURA 影像範例。

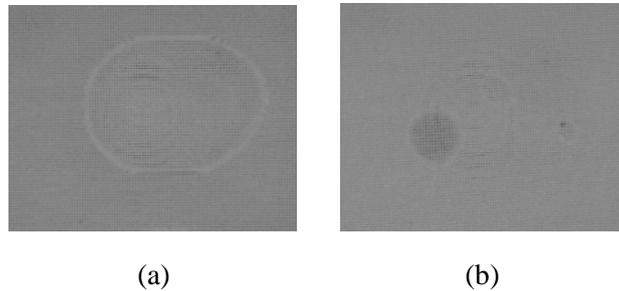


圖 2、檢測影像：(a)白 MURA (b)黑 MURA

由於以灰階影像就能判定出本研究之自訂 MURA 類型，且灰階影像處理較彩色影像處理簡單，可使檢測時間縮短，故取像時乃直接讀取灰階影像。本研究以取像設備取得彩色濾光片之灰階影像，然後將檢測影像進行影像處理，之後將自製 MURA 瑕疵以黑色像素突顯在白色之背景上。最後將影像處理後的結果與原始影像比對，檢查 MURA 瑕疵的位置是否正確才結束。圖 3 為本研究之 MURA 瑕疵檢測流程。之後將詳細說明本研究所採用的影像擷取設備及影像處理方法，透過所設定的影像擷取方式及處理方法，以有效突顯出彩色濾光片中的 MURA 瑕疵並辨識出該瑕疵之類別。

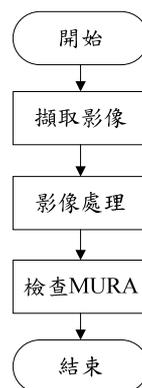


圖 3、MURA 瑕疵檢測流程圖

一、影像擷取

彩色濾光片巨觀瑕疵雖然可以人員直接檢測，但若藉由自動化檢測，可達快速、正確、且重複性高等優點。為避免取像環境及設備之影響導致瑕疵判斷困難，故提出一 MURA 自動化檢測之取像設備，並特別針對光源、CCD 及鏡頭做探討，期能設計出良好之實驗取像架構，藉此降低影像處理之複雜度，達到自動化檢測系統之目的。以下說明光源及彩色 CCD 的設定情形。

(一)光源

Taniguchi et al. (2006) 提出 MURA 是一個在均勻表面的某一部分亮度之些微變化程度，但輪廓並不是很清楚且給視覺上是一種模糊的感覺。因此光源的選擇對於人工檢測 MURA 瑕疵而言，確是十分重要。針對 MURA 自動化檢測以 CCD 取得影像時，光源的問題也是相當不可忽視的一環。

由於 TFT-LCD 並不是自發光的顯示器，必須藉由外部光源才能達到顯示效果，而背光模組（Backlight Module）就是提供面板均勻亮度的來源，其原理是將光源透過特殊面板與面膜轉成高亮度、均一度而且以平行光射出的光源。有鑒於此，本研究取像設備之背光源期許能與背光模組之功能一樣，因為在 LCD 上就能觀察到 MURA 的存在，所以彩色濾光片也可以利用與背光模組類似的設備

找出 MURA。經測試結果，本研究取像設備之光源以背光源較優，因為在本研究以環型光源或同軸光源照射會導致嚴重的反光，因此使用背光源做為取像設備之一。不過背光源之顏色也會影響到檢測，在一般人工目測使用之光源有鈉燈、濾光燈及螢光燈。經由本研究試驗找出較佳的光源為白色螢光燈，作為自動化檢測之光源顏色。由於彩色濾光片是由 RGB 三種顏色組成，且本研究是針對整體性之 MURA 進行探討，所以白光是較適合做為背光源之選擇。為了降低外在等干擾，本研究以無其他光源之暗室進行擷取影像。

(二) CCD

本研究以取像平台對背光源平台上的彩色濾光片進行取像。由於彩色 CCD 可以在擷取軟體之介面上設定是要擷取彩色或灰階影像。因為 MURA 只需要灰階影像就能進行檢測，而且灰階影像可以加速影像處理速度也不失去瑕疵之真實度，所以本研究設定彩色 CCD 擷取灰階影像。

二、影像處理

經由取像設備將影像傳輸到電腦裡面，利用本研究之影像處理方法對於自製 MURA 瑕疵影像進行辨識。圖 4 介紹本研究的影像處理之流程：

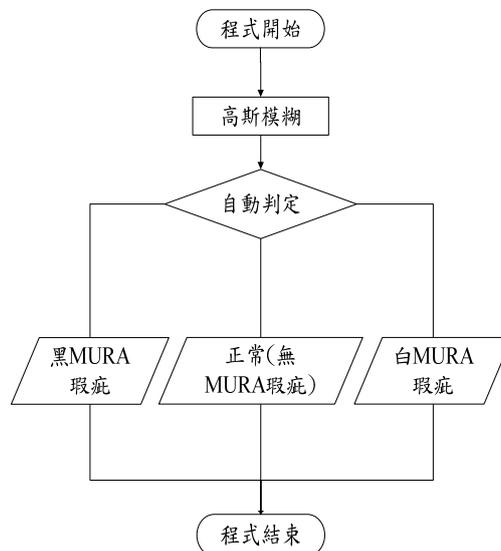


圖 4、影像處理之流程圖

(一) 高斯模糊

數位影像常使用影像處理軟體中的高斯模糊 (Gaussian Blur)，來修飾影像中原本清晰可見之地方，經由過濾後將影像予以模糊，也就是說高斯模糊可以對影像進行平滑化。Waltz and Miller (1998) 提到高斯模糊是一種運用在影像處理的低通濾波 (Low-Pass Filter)，因為低通濾波是一種可以將雜訊減少和影像平滑化的處理。因此高斯模糊可以讓細小瑕疵與相鄰區域的灰階值接近，使得影像平滑化且減少影像中的細小瑕疵。

由於高斯模糊都是應用在美化數位影像的功能，並沒有相關文獻針對規律紋路做進一步的處理，本研究嘗試利用此方法將規律紋路進行濾除。高斯模糊是利用高斯曲線 (Gaussian Curve) 呈現鐘型 (Bell) 之分佈，中間高兩邊低為尖峰的形狀。此原理是將周圍的像素統計起來，採用數學上加權平均之計算方式得到曲線的像素值，進而調整影像中的像素值，並可選擇對影像模糊程度 (Index)。將高斯曲線轉換成運算遮罩，依照影像所需要的模糊效果選用高斯模糊係數 (Gaussian Blur Coefficients)，如圖 5 所示。

Index N	Coefficients									Sum of Coefficients 2^N															
0	1									1															
1	1		1							2															
2	1			2		1				4															
3	1				3		3			1	8														
4	1					4		6		4		1	16												
5	1						5		10		10		5	1	32										
6	1							6		15		20		15		6	1	64							
7	1								7		21		35		35		21	7	1	128					
8	1									8		28		56		70		56		28	8	1	256		
9	1										9		36		84		126		126		84	36	9	1	512

圖 5、高斯模糊係數

Waltz and Miller (1998) 提出一較快速之高斯模糊處理的演算法：

- (1) 將原始影像如圖 6 每一各點的像素值，利用迴積 (Convolution) 公式 (公式 1.1) 與所舉例的高斯矩陣 (公式 2) 中行(1 2 1)的部份做迴積運算，並將結果傳到暫存檔。
- (2) 將暫存檔每一各點的像素值，再利用迴積公式 (公式 1.2) 與所舉例的高斯矩陣 (公式 2) 中列(1 2 1)T 的部份做迴積運算，最後輸出結果的影像檔如圖 7 所示。

$$y[i,j] = \frac{1}{m \times \sum_{j=1}^m g_j} \sum_{i=1}^m \left[\sum_{j=1}^m (Gx_{i \times m} [g_j] \times x_{m \times m} [i-1, j-1]) \right] \quad (1.1)$$

$$y[i,j] = \frac{1}{m \times \sum_{j=1}^m g_j} \sum_{i=1}^m \left[\sum_{j=1}^m (Gx_{m \times i} [g_i] \times x_{m \times m} [i-1, j-1]) \right] \quad (1.2)$$

公式 1.1 和公式 1.2 的行 i 和列 j 是指影像中的位置，矩陣為 m*m，Gx 為 Index m-1 的高斯模糊係數。g_j 為 Index m-1 的高斯模糊係數中的第 j 個，x 遮罩為 m*m 矩陣中的影像位置。公式(1.1)是先以高斯矩陣的行部分與 x 遮罩做迴積運算，公式(1.2)是以高斯矩陣的列部分與 x 遮罩做迴積運算。公式(2)是在舉例 Index 2 之高斯模糊係數，作為行與列相成得到高斯矩陣，而高斯矩陣就如同遮罩一樣。

$$\begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \\ 1 \end{bmatrix} \times [1 \ 2 \ 1] \quad (2)$$

高斯模糊都是使用在美化數位影像之方面，藉由不同程度而有不一樣的影像呈現。本研究利用高斯模糊對於檢測影像中的規律紋路進行濾除，若無以高斯模糊進行過濾，影像之規律紋路會影響到瑕疵的檢測。由於高斯模糊的程度越高，會使運算量增加與遮罩擴大，相對地處理時間越久；因此找出符合可以把規律紋路濾除之程度，才能將瑕疵突顯出來。要找出最佳程度的目的是，將檢測影像中的規律紋路完全濾除並且不會影響後續處理。使用超過最佳高斯模糊程度會破壞檢測影像，使得難以突顯出 MURA 瑕疵。因此，最佳高斯模糊程度是必須將規律紋路濾除而且不會破壞檢測影像中的 MURA 瑕疵為主。圖 6 分別為未經處理的白 MURA 與黑 MURA 影像，本研究找到最佳之高斯模糊程度乃 Index 6 所得之影像，如圖 7 所示：

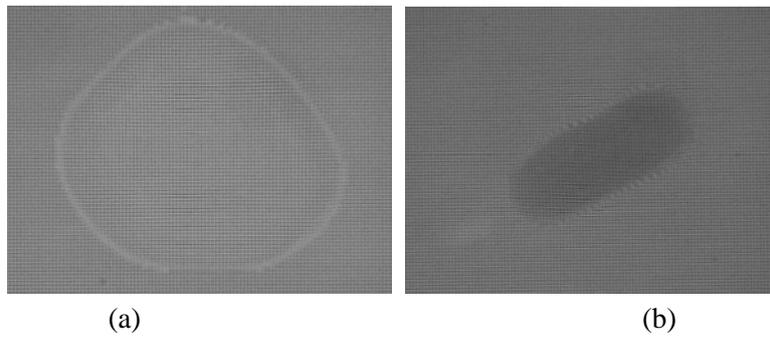


圖 6、(a)白 MURA (b)黑 MURA 原始影像

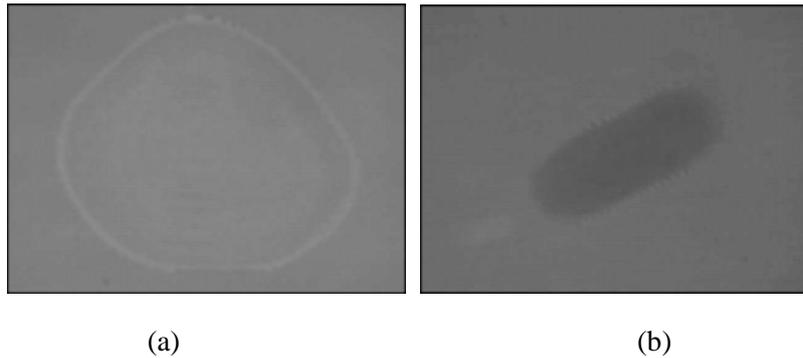


圖 7、(a)白 MURA (b)黑 MURA 高斯模糊後影像 (Index 6)

(二) 二值化

經由高斯模糊將規律紋路濾除後，為了要在檢測影像中突顯 MURA 瑕疵，因此二值化就成為重要的步驟。本研究根據 MURA 瑕疵與背景之間的灰階值變化，提出灰階直方圖法以將 MURA 瑕疵與背景較完整地分離。

灰階直方圖法：

此方法是將整張影像的灰階直方圖進行判斷。由於檢測影像的灰階直方圖是存在有波峰 (Peak) 和波谷 (Valley)，利用波谷找出最佳閾值。本方法是先找灰階直方圖之最大灰階值，再依據是何種 MURA 進行二值化。

黑 MURA 本身就偏向黑色的灰階值 0 之地方，把找到灰階直方圖之最大灰階值的右半邊當作為背景。之後剩下左半邊的灰階直方圖，從最大灰階值往左邊找，當找到左邊的灰階值大於右邊的灰階值就是為波谷。因為灰階直方圖之最大灰階值的左半邊，有可能有好幾個波峰與波谷產生，不過本研究是先從最大灰階值的左邊第一個波谷為黑 MURA 的閾值。以圖 8 看出，從灰階直方圖之最大灰階值的左半邊有波谷，其他黑 MURA 也是如此。

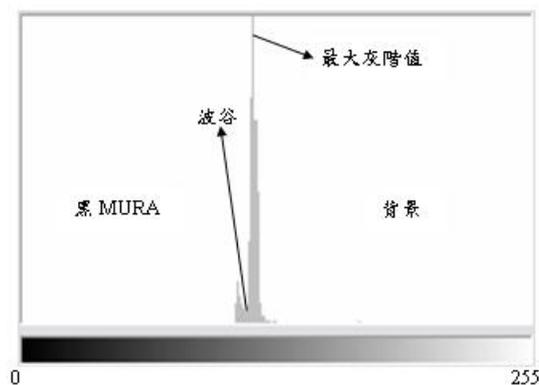


圖 8、黑 MURA (圖 7(b)) 灰階直方圖

白 MURA 不像黑 MURA 是整體的，外圍就比較明顯有較高亮度，而內部只有規律紋路的彎曲變化以及反射光在水珠表面。所以從白 MURA 瑕疵的灰階直方圖（如圖 9 所示）很難找出波峰與波谷，不過白 MURA 瑕疵一定比背景更偏向灰階值 255。有鑒於此，如果可以從白 MURA 瑕疵之灰階直方圖找到較好的閾值，就能找到白 MURA 瑕疵出來，本研究利用訓練樣本的 50 張自製白 MURA 影像找出合適的閾值，以有效地將白 MURA 與背景分割出來。最後白 MURA 瑕疵是以黑色呈現在白色背景上。圖 10 分別顯示黑白 MURA 二值化後之影像。

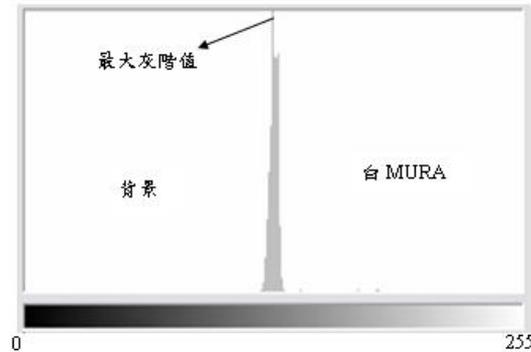


圖 9、白 MURA (圖 7(a)) 灰階直方圖

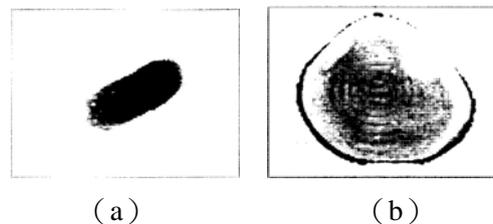


圖 10、(a)黑 MURA (b)白 MURA 灰階直方圖法之二值化影像

(三) 自動判定

將彩色濾光片之規律紋路去除後，利用二值化方法把目標突顯出來。雖然這樣能夠將 MURA 找出來，不過需要人員判斷是哪一種 MURA 類型，才能進行黑 MURA 二值化或白 MURA 二值化的步驟。本研究基於自動化檢測為目的，利用自動判定的方法，將 MURA 瑕疵類型分辨出來。一旦將 MURA 瑕疵類型分辨出來，就可以用黑 MURA 二值化方法或白 MURA 二值化方法，將黑 MURA 或白 MURA 以黑色像素突顯在白色之背景上。

自動判定必須建構一機制能夠快速地判定 MURA 類型，依據判定的 MURA 類型，才能知道要使用的是黑 MURA 二值化方法還是白 MURA 二值化方法。因為黑 MURA 二值化方法只能將黑 MURA 突顯出來；反之，白 MURA 二值化方法也只能將白 MURA 突顯出來。因此自動判定的條件是利用黑 MURA 二值化方法和白 MURA 二值化方法，以二值化影像中的黑色像素數量做為判定的準則。先將測試影像以黑 MURA 二值化方法做二值化，若影像中含有黑 MURA，則得到的黑色像素數量必定多於白 MURA 影像得到的黑色像素數量。因此，設定一閾值，若黑色像素量大於所設定的閾值，則確定此影像含黑 MURA 瑕疵並結束判定；反之，若黑色像素數量小於設定值，則以白 MURA 二值化方法對原測試影像進行二值化。在白 MURA 二值化方法後，再利用黑色像素數量去判定該測試影像是否有白 MURA 瑕疵。若經白 MURA 二值化後的黑色像素數量大於設定值，則判定有白 MURA 瑕疵；若否則此測試影像中無 MURA 瑕疵。由於無 MURA 瑕疵會有黑色像素產生的原因是光源不均、反光或其他干擾因素，因此在白 MURA 瑕疵與無 MURA 瑕疵的判定閾值設定時，需使干擾因素不會判定為 MURA 瑕疵。圖 11 為自動判定的流程。

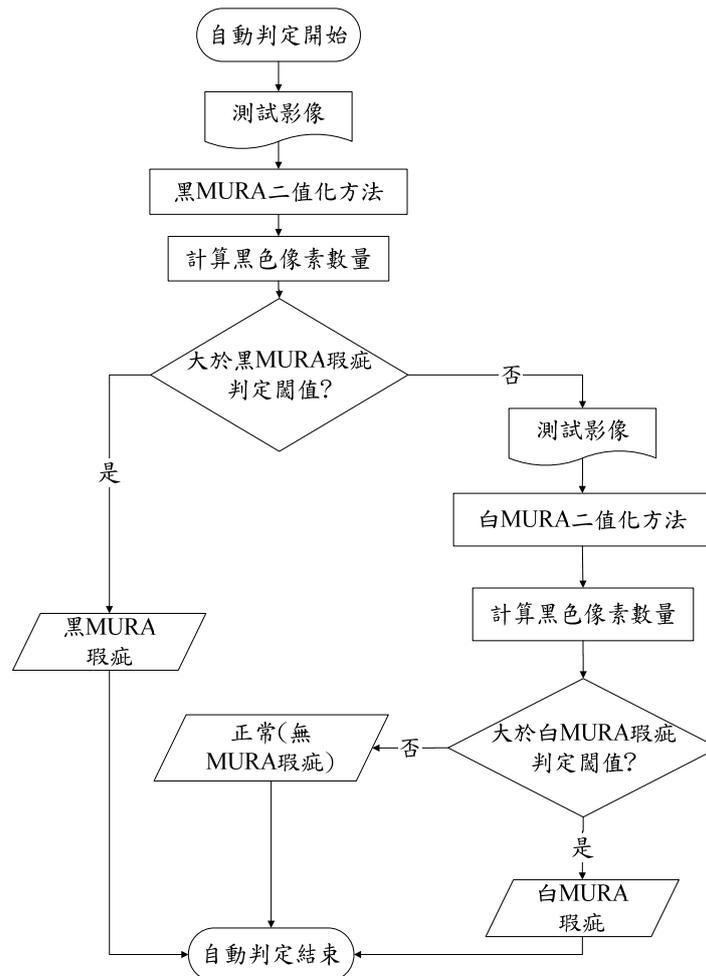


圖 11、自動判定之流程圖

(四) 框選

經由先前的影像處理方法把 MURA 瑕疵以黑色像素突顯在白色背景上。由於原始影像並不容易看出 MURA 位置，因此必須從二值化影像中的瑕疵框選出來，並把二值化影像所框選的地方顯示在原始影像上。有利於使用者了解 MURA 瑕疵的分佈情形。

本研究利用九宮格區域生成法將瑕疵框選出來並可完成 MURA 瑕疵計數。首先由左往右、再由上往下，將二值化後的影像中灰階值為 0 的像素給予編號（從 1 開始編號），而灰階值 255 的像素編號都為 0，如圖 12 所示，再以九宮格對影像做區域掃描的動作。

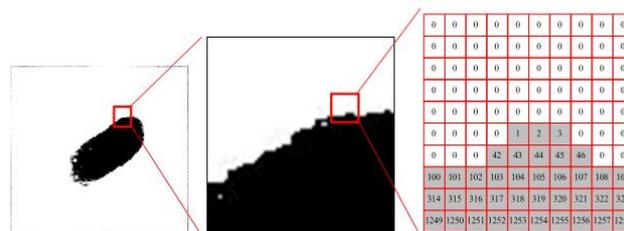


圖 12、像素編號示意圖

當九宮格掃描時，如果在九宮格當中有不是編號為 0，就尋找最低編號代入九宮格內，如圖 13 所示。當在九宮格掃描完影像後就已經編碼完成，可以知道有幾個黑色區塊（代表 MURA 瑕疵數目），並且紀錄同一編號區塊的左上、左下、右上及右下的座標予以框選起來。如圖 14 所示。

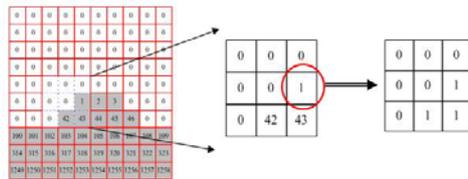


圖 13、九宮格區域生成之變化示意圖

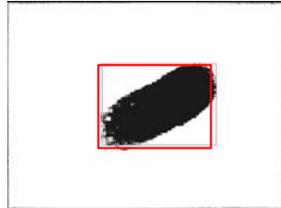


圖 14、框選二值化影像之瑕疵圖

參、研究成果

本研究在彩色濾光片上自製 MURA 瑕疵，利用機器視覺設備擷取檢測影像，將檢測影像以影像處理方法把 MURA 瑕疵辨識出來。本研究共製作出各 80 張黑 MURA 及白 MURA 瑕疵，並分別取像；另外也擷取 20 張無 MURA 瑕疵之影像作為實驗樣本。如圖 15 為無 MURA 瑕疵、黑 MURA 瑕疵與白 MURA 瑕疵之影像。

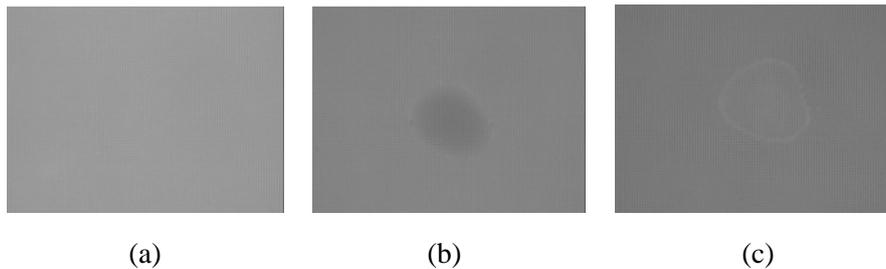


圖 15、(a)無 MURA 瑕疵 (b)黑 MURA 瑕疵 (c)白 MURA 瑕疵 影像

本研究是利用正常背景的亮度作為依據，將微暗與微亮的 MURA 分別定義為黑 MURA 與白 MURA，以方便做分析，並藉由本研究之影像處理方法將 MURA 辨識出來。影像處理方法是一開始先用高斯模糊將規律紋路去除。高斯模糊的程度選取必須依影像做出決定，本研究之取像設備與條件都已經固定，最佳的高斯模糊程度經由實驗測試，以 Index 6 為最佳，各類影像經 Index 6 的高斯模糊處理後如圖 16 所呈現。由圖中可看出本研究提出的高斯模糊可以將細小的規律紋路有效地濾除，而且並不會影響瑕疵本身的判斷。

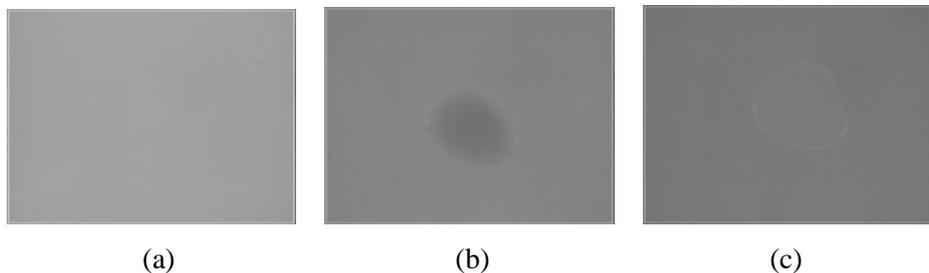


圖 16、高斯模糊後之(a)無 MURA 瑕疵 (b)黑 MURA 瑕疵 (c)白 MURA 瑕疵 影像

圖 17 至圖 19 所示為未經高斯模糊的影像與高斯模糊後的影像之灰階直方圖，其中 X 軸為灰階值，Y 軸為影像中該灰階值的像素數量。從灰階直方圖可以看到未高斯模糊與高斯模糊後的差異，高斯模糊後之影像的灰階值較於集中，且最大灰階值也比未高斯模糊來的大。也就是說，高斯模糊可將規律紋路濾除，使得背景灰階值能夠接近，避免在二值化將規律紋路突顯出來。

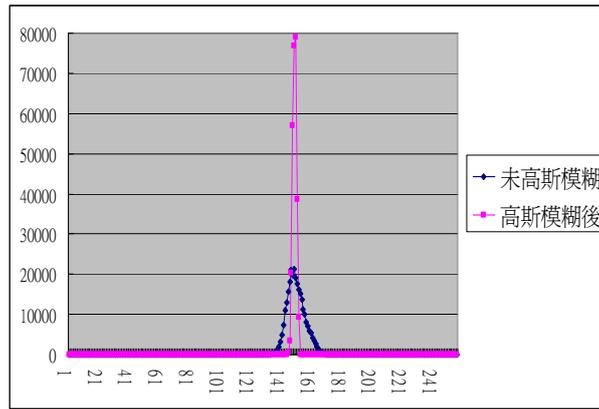


圖 17、無 MURA 瑕疵之未高斯模糊與高斯模糊後的灰階直方圖

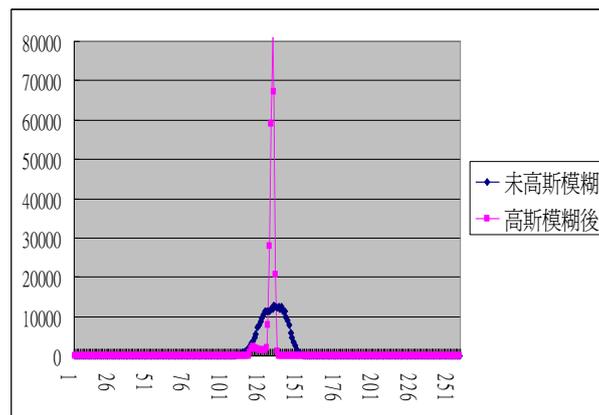


圖 18、黑 MURA 瑕疵之未高斯模糊與高斯模糊後的灰階直方圖

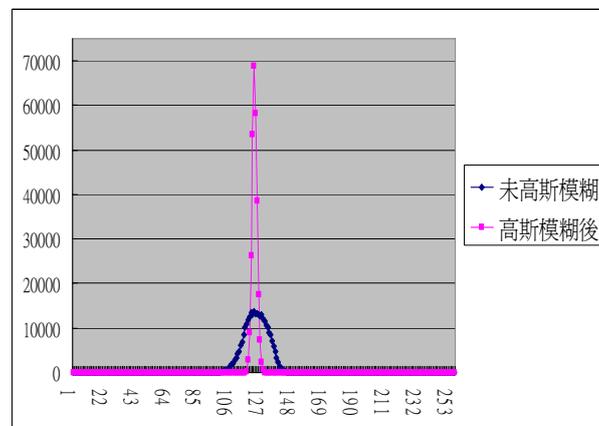


圖 19、白 MURA 瑕疵之未高斯模糊與高斯模糊後的灰階直方圖

將規律紋路濾除後，剩下 MURA 瑕疵與背景之灰階值的差異。本研究利用灰階值的差異，找出適合的二值化方法將 MURA 瑕疵突顯出來。灰階直方圖法是利用灰階直方圖的分布進行判斷，可以將 MURA 瑕疵與背景分離。由於黑 MURA 偏向黑色的灰階值 0，將灰階直方圖的最大灰階值之右半邊作為背景，再從左半邊開始往左邊找出第一個波谷之灰階值，此灰階值就為黑 MURA 之閾值。白 MURA 偏向白色的灰階值 255，將灰階直方圖的最大灰階值之左半邊作為背景，不過白 MURA 只有外圍較於明顯，不像黑 MURA 是整體的，所以白 MURA 很難有波谷的存在。由於灰階直方圖二值化是以單一閾值進行，也就是所謂的整體法，對於白 MURA 不容易產生波谷，不易於利用類似黑 MURA 的作法。因此本研究利用訓練樣本的 50 張白 MURA 瑕疵的檢測影像，從灰階直方圖的最大灰階值之右半邊去測試找出較佳的閾值。測試結果所以找到最大灰階值往右移兩個灰階值，作為白 MURA 灰階直方圖二值化方法。如圖 20 為灰階直方圖二值化之影像。

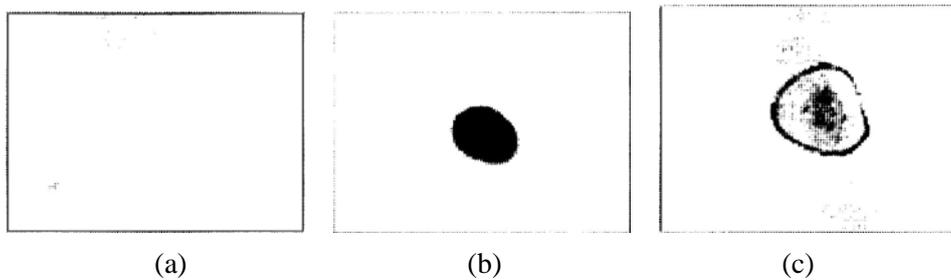


圖 20、(a)無 MURA 瑕疵 (b)黑 MURA 瑕疵 (c)白 MURA 瑕疵之灰階直方圖二值化影像

由於自動判定必須先利用二值化方法才能做判定，本研究採用灰階直方圖法作為自動判定的工具。本研究中的二值化又分為黑 MURA 二值化方法與白 MURA 二值化方法，依圖 11 所示的流程將黑 MURA、白 MURA 與無 MURA 瑕疵區分。

本研究之檢測影像共有各 80 張黑、白 MURA 瑕疵影像，而有 20 張無 MURA 瑕疵影像。訓練樣本有各 50 張黑、白 MURA 瑕疵影像，作為決定閾值及自動判定的設定。剩下的各 30 張黑、白 MURA 瑕疵影像及 20 張無 MURA 瑕疵影像作為測試，以上測試樣本經由檢測系統判定結果如表 1 所示。黑 MURA 瑕疵、白 MURA 瑕疵與無 MURA 瑕疵的判定正確率分別為 100%、90%、100%，平均為 96.25%。

表 1、判定結果之混淆矩陣表

判定結果 瑕疵	黑 MURA	白 MURA	無 MURA 瑕疵	總計
黑 MURA	30	0	0	30
白 MURA	3	27	0	30
無 MURA 瑕疵	0	0	20	20
總計	33	27	20	80

經由表 1 可知，黑 MURA 瑕疵和無 MURA 瑕疵都能夠完全地辨識。白 MURA 瑕疵有 3 張被判定成黑 MURA 瑕疵，原因是此 3 張的灰階直方圖有呈現波谷。此波谷是在灰階直方圖之最大灰階值的左邊，因此就判定成黑 MURA 瑕疵。其他白 MURA 瑕疵的灰階直方圖則呈現單一波峰之狀態。由於自製白 MURA 瑕疵的變因相當多，而且難以製作出像有整體性的黑 MURA 瑕疵，所以有可能誤判定成黑 MURA 瑕疵。

經由取像設備擷取到每一張檢測影像只需要 1/30 秒(約 0.033 秒)，傳輸到電腦裡進行影像處理。本研究對檢測影像進行處理的時間如表 2 所示，在各 80 張自製黑 MURA 瑕疵和白 MURA 瑕疵影像及 20 張無 MURA 瑕疵影像之影像處理時間平均只需要 0.35 秒左右。

表 2、影像處理之時間表

處理事項	平均處理時間(秒)
高斯模糊 Index6	0.17
自動判定	0.14
二值化	0.04
共計	0.35

17 吋(4:3)的彩色濾光片實際大小為 34.55×25.91 公分(13.6×10.2 吋)，而本研究所擷取彩色濾光片的範圍為 1.9×1.425 公分，如果利用本研究所建構的取像設備擷取完整的彩色濾光片，總共約要取 19×19 張。但是要擷取完整的彩色濾光片影像需要 XY 軸移動平台，本研究中的取像設備並未涵蓋。若不考慮移動時間，僅考慮取像及影像處理時間，則以 17 吋大小的彩色濾光片而言，本研究所建構出的檢測系統共需花費 138 秒。

肆、結論與建議

MURA 瑕疵無論是在彩色濾光片、LCD 或是 LCM 都難以尋找，而且人工檢測的缺點有遺漏、誤判、辨識基準不一致或不能長時間檢測等問題，因此有必要發展 MURA 之自動化檢測技術。本研究所建構之系統包含取像設備和 MURA 瑕疵檢測程式，能有助益於業界在彩色濾光片 MURA 瑕疵之自動化檢測。

由於彩色濾光片 MURA 瑕疵的樣本不易獲得，因此本研究中乃模擬相似於真實 MURA 的瑕疵，利用所建立之取像設備進行影像擷取，將檢測影像傳輸到電腦裡，以所建構之程式進行 MURA 瑕疵檢測。對於具有規律紋路的檢測影像，利用高斯模糊將規律紋路從影像中濾除。在二值化之部分，從 MURA 瑕疵的灰階直方圖資訊找出最佳閾值。由於本研究所定義的 MURA 瑕疵有黑 MURA 瑕疵和白 MURA 瑕疵。所以檢測中須經兩種灰階直方圖二值化的過程，最後利用二值化後的黑色像素數量關係建構出可以自動判定出兩種 MURA 瑕疵的系統。為了方便觀測 MURA 瑕疵的位置，本研究中也建立一瑕疵框選方法，有助於使用者了解 MURA 瑕疵的分佈情形。針對本研究所建構之取像設備之問題，給予後續研究之參考建議如下：

1. 光源：

光源是掌握自動化檢測的重要因素，如果無法尋找出適合待測物之光源，就難以將目標顯現且增加影像處理之困難。對於彩色濾光片之 MURA 瑕疵，光源更是極為重要。本研究採用的背光源平台難以像背光模組一樣，可以有均勻散射、高亮度之光源從面板照射出來，因此也增加了 MURA 檢測的困難度。未來研究者可針對光源部份加以設計，如採用不同顏色的 LED 光源等。

2. 取像平台之規格：

能夠快速地擷取完整的彩色濾光片影像，可以加速自動化檢測之速度。本研究使用單一鏡頭擷取到局部的彩色濾光片影像，因此影像範圍有所限制。若是利用線掃描 (Line-Scan) 攝影機擷取影像，更能減少取像時間並且可以擷取更大範圍。

3. MURA 瑕疵：

本研究乃根據自製 MURA 瑕疵發展檢測系統，雖未必能完全符合彩色濾光片廠商需求，但可提供相關面板產業對於 MURA 瑕疵檢測之參考。未來若能與廠商合作，利用真實 MURA 瑕疵進行測試並據以修正檢測方法，應更有助於面板產業之發展。

參考文獻

- [1] Lee, J.Y. & Yoo, S.I. (2004). Automatic detection of region-Mura defect in TFT-LCD. *IEICE TRANS. INF. & SYST.* E87-D, 10.
- [2] Nakashima, K. (1994). Hybrid inspection system for LCD color filter panels. *In Proc. of IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference.* 2, 689-692.
- [3] Taniguchi, K., Ueta, K., & Tatsumi, S. (2006). A mura detection method. *Pattern Recognition.* 39, 1044-1052.
- [4] Waltz, F.M., & Miller, J.W.V. (1998). An efficient algorithm for Gaussian blur using finite state machines. *Machine Vision Systems for Inspection and Metrology VII.* 334-341.