

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

以機器視覺為基礎之平面顯示器自動點燈測試系統

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC93-2212-E-216-006-

執行期間：93年08月01日至94年07月31日

執行單位：中華大學機械工程學系

計畫主持人：邱奕契

計畫參與人員：林正宇，陳學宇

報告類型：精簡報告

報告附件：出席國際會議研究心得報告及發表論文

處理方式：本計畫涉及專利或其他智慧財產權，1年後可公開查詢

中 華 民 國 94 年 9 月 22 日

以機器視覺為基礎之平面顯示器自動點燈測試系統

A Machine Vision-Based Automated Light-on Test System for Flat Panel Displays

計畫編號：93-2212-E-216-006

執行期限：93年8月1日至94年7月30日

主持人：邱奕契 中華大學機械工程學系

Email: chiou@chu.edu.tw

中文摘要

在 LCD 的製造過程中包含許多不同種類的檢測。雖然機器視覺技術已廣泛的應用在品質管制上，某些檢測的工作卻依舊仰賴人工在進行，例如模組製程中的點燈檢測，大都還是採取人工目檢的方式。人工目檢的最大缺點是無法提供客觀的判定，換言之，人工檢測比較容易受主觀意識的影響，產生偏差的結果。有鑑於此，本研究的目標是發展一套以機器視覺為基礎之自動點燈測試系統，提供客觀的面板分級系統。本研究根據瑕疵的大小分別使用巨觀檢測法及微觀檢測法進行瑕疵的偵測。首先以巨觀檢測法，檢查面積較大的巨觀瑕疵，接著再以微觀檢測法，檢查面積較小的細瑕疵。巨觀檢測是先對整個面板取像，再將影像劃分成數個子區域，並逐一計算各子區域的灰階標準差，最後則根據各子區域的灰階標準差與金樣本影像對應子區域之灰階標準差的差值，判斷是否有瑕疵。完成巨觀檢測後，剩下的都是屬於面積較小的細瑕疵，因此微觀檢測法是先將整個面板分成數個子區域，再依序對各子區域進行取像與檢測。細瑕疵檢測法也是根據灰階標準差的差值判斷是否有瑕疵。實驗顯示，本研究所發展之點燈測試法，雖然可以正確的將 Band 失效、Mura、線缺陷（亮線、暗線、弱線）、及點缺陷（亮點、暗點、顏色異常）等瑕疵偵測出來，但是在檢測速度及效率上則有待加強。

關鍵字：LCD、點燈檢測、瑕疵偵測

Abstract

The manufacturing processes of Liquid Crystal Displays (LCD) involve many kinds of inspections. Although machine vision technique has been incorporated in the majority of processes for quality control, some inspection tasks still heavily rely on human inspector. For example, in the module process, human inspector performs almost all the light-on tests. The primary disadvantage of manual inspection is its inability to provide an objective judgment. Eventually, the results of manual inspection may be biased. Thus, the object of the current research is to provide an objective grading system for panel manufacturers. Moreover, the current research has developed an automatic light-on test system based on machine vision technique. According to defect sizes, we classify defects into two types: macro defects and micro defects. Macro and micro defects are inspected by using macro inspection and micro inspection methods, respectively. To detect macro defects, image of the whole panel is divided into several sub-images and each of the sub-images is checked using a pre-planned processing flow. If macro defects are not found, then micro defects are checked. For micro inspection, a panel is divided into several sub-regions and the image of each sub-region is taken and inspected sequentially in order to locate small defects. For each type of defects, an effective inspection rule has been developed. Therefore, by following the flaw detection processes step by step, defects can successfully be detected. The experimental results show that the developed methodology can effectively detect point defects (bright point, dark point, weak point), line defects (bright line, dark line, weak line), block defects, muras.

Keywords: LCD, Light-on Test, Defect Detection

1. 前言

隨著玻璃基板尺寸的不斷擴大，不僅製程技術一再的被推至極限，巨觀缺陷出現的機率也隨之增加。舉例來說，用以支撐玻璃基板的支撐梢數量增加，在支點處出現 Mura 的機率也隨之增加。再者，玻璃基板尺寸變大，重量也會變重，此時以雙手握住基板進行缺陷檢視的人工檢測方式將變得不可行。由此看來，隨著五、六、七代廠產能的逐漸開出，發展自動光學檢測系統的確有其必要性與急迫性。

LCD 製程中必需檢測的項目相當多，雖然某些製程已搭配適當的檢測設備，進行線上即時檢測的工作，但是仍然有許多檢測作業，目前都還是仰賴人工目檢的方式在進行，例如點燈測試 (Light On Test)。點燈測試是在 LCD 與背光模組完成組立後所進行的一種品質保證的工作。測試時是利用樣板產生器依序在面板上產生純白、純黑、純紅、純綠、純藍等約十幾種影像（此過程稱為點燈），並由檢測人員以肉眼快速的掃瞄影像中是否有異常現象，並根據檢查結果將面板分級。人眼判斷是否有瑕疵的方式很簡單，例如當樣板產生器產生純黑影像時，如果面板沒任何缺陷，則面板上呈現的應該是個全黑的影像，否則即代表有缺陷；全黑樣板通常是用來偵測線缺陷、亮點、纖毛、及出現於 cell 邊界之 Mura。又如當樣板產生器產生純白影像時，如果面板沒任何缺陷，則面板將呈現純白影像，否則即代表有缺陷；全白樣板通常是用來偵測線缺陷、暗點 (dark point)、及纖毛。至於紅、綠、藍樣板除了可以用來偵測線缺陷及纖毛外，還可以用來偵測相鄰點缺陷，以及顏色不均。

2. 研究目的

人工檢測是有其無可取代的地方，但是檢測結果卻有易受個人主觀意識影響的缺點。有鑑於此，為了讓檢測結果具有客觀性，本研究試圖發展一套以機器視覺為基礎之自動點燈測試系統。

3. 文獻探討

運用機器視覺技術在 LCD 面板相關的研究，國內外都相當多。吳木杏 [1]發展以影像相減為基礎之彩色濾光片表面瑕疵檢測系統。該系統使用 768x576 解析度之黑白攝影機，首先建立標準影像，然後將待檢測影像進行影像定位，最後再將兩張影像進行影像相減，以得到彩色濾光片上的瑕疵。劉祥吉 [2]一方面運用人因工程、可靠度工程、及機器視覺強化瑕疵之檢出率；另一方面運用機器視覺輔助人工視覺進行 mura 的判定。該研究在以輝度計測量出輝度值後，接著運用變異數分析及指數加權移動平均管制圖，偵測液晶顯示器是否有顏色不均的瑕疵。Nakashima [3]發展結合影像相減與傅立葉濾波的混合式檢測法，可針對 LCD 彩色濾光片上的巨觀與微觀瑕疵進行檢測。Park [4]採用 blob-Mura 瑕疵限制函數檢測 LCD 面板，並使用型態處理提升 blob-defect-detecting 演算法的偵測能力。當瑕疵直徑超過 49 pixels，瑕疵內部會有灰階不均的情形，此時可以透過改變影像大小的方式來符合限制函式，以便達成瑕疵偵測的目的。Saitoh [5]利用自動視覺檢測與基因演算法搜尋 LCD 面板上的亮度不均，並找出亮度不均的邊界像素點。

從以上及其它更多的文獻回顧可以發現，國內外有關 LCD 方面的瑕疵檢測，大都偏重於檢查彩色濾光片上是否有瑕疵以及色彩是否均一。鮮少有學者針對如何運用機器視覺技術，取代傳統勞力密集之人工點燈測試進行研究。

4. 研究方法

在檢測方法上，本研究係根據瑕疵的大小分別使用巨觀檢測法及微觀檢測法進行瑕疵的偵測。首先以巨觀檢測法檢查是否有 mura 及 band 失效等大面積的瑕疵（巨觀瑕疵）；如果沒有，再以微觀檢測法檢查是否有亮線、暗線、弱線、亮點、暗點、及顏色異常等面積較小的瑕疵（微觀瑕疵）。

4.1 擷取影像

機器視覺檢測時，攫取所得影像的品質影響檢測結果甚劇，其中以光線對影像品質影響最大。本研究曾嘗試使用不同的光源及不同的光源照射角擷取影像，但是因為面板本身就是一個會自主發光的物體，若是以外加光源的方式加以照明，雖然影像中較暗的區域會因此而變得較亮，但是影像中其他部份也會因此而受影響。有時甚至會發生光線互相干擾的情形，使得色彩不均的現象更加嚴重。另外，由於攫取的是彩色影像，如果需要外加光源，還必需考慮光源顏色與面板當時顯示之樣板顏色之間的關係，單一種顏色的光源並無法滿足所有樣板。有鑑於此，本研究於檢測時並未使用外加光源，而是直接讓待檢測面板所散發出來的光線，在通過鏡頭的光圈後成像在攝影機的感知器上以獲得影像。雖然面板所呈現的樣板影像相當均勻，然而經過攝影機攫取後，已經不是原本色彩均勻的影像了。換言之，攝影機攫取所得之影像與人眼所看到的是影像有著相當大的差距，這是本研究所遭遇的最大問題。

4.2 巨觀檢測

如前所述，巨觀檢測主要是針對面積較大的瑕疵做檢測。一般說來，當影像中某個區域出現面積較大的瑕疵（例如 Mura 或 Band 失效），該區域的色彩與鄰近區域的色彩必定有所差異，因此透過色彩平均值與標準差的比較，即可發現瑕疵出現的區域。為了能夠找出大面積的瑕疵，巨觀檢測是先對整個面板取像，再將攫取所得之影像（640 x 480）劃分成 80 x 80 子區域（每個子區域大約是 8 x 6 pixels）。接下來逐一計算各個子區域的 RGB 分量、各分量之平均灰階值、及灰階標準差，最後再根據各子區域的灰階標準差與標準樣板影像對應子區域的灰階標準差的差值判斷是否有瑕疵。巨觀檢測之流程請參考圖二所示之流程圖，流程中各步驟所使用之方法及原理詳細說明如下。

4.2.1 平均值

透過平均灰階的計算可約略了解各子區域之灰階分佈情形。令 x_{ij} 代表第 i 個子區域的第 j 個像素的灰階值，而 n 代表各子區域之像素點總數，則第 i 個子區域的平均灰階值 μ_i 都可以下式求得。

$$\mu_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n x_{ij} \quad (1)$$

4.2.2 標準差

單純的以平均灰階值並無法正確的判定某個子區域是否有瑕疵，這是因為平均灰階值的大小與區域內所有像素點的灰階值的總和有關。實際運用時，有可能出現平均灰階值差不多，但是區域內各個像素點的灰階值相差卻很大的情形。在統計上，標準差（Standard Deviation）可用來代表一組數值中各測量值與其平均值之間分散的程度。因此，本研究進一步計算各子區域的灰階標準差，以便得知子區域與子區域之間的灰階差異。第 i 個子區域的標準差 σ_i 可以下式求得。

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{\sum (x_{ij} - \mu_i)^2}{n-1}} \quad (2)$$

4.2.3 瑕疵判斷

瑕疵檢測前，首先計算各子區域之標準差與金樣本影像相對應子區域之標準差的差值，此值即所謂的標準差差異量。第 i 個子區域的標準差差異量 $\Delta\sigma_i$ 可以下式求得。

$$\Delta\sigma_i = \sigma_{gi} - \sigma_i \quad (3)$$

其中 σ_{gi} 代表金樣本影像第 i 個子區域的標準差。瑕疵檢測則是以設定標準差差異量閾值 (T_σ) 的方式，判定各子區域是否有瑕疵。若 $\Delta\sigma_i$ 大於 T_σ ，表示該子區域有瑕疵存在；反之，如果 $\Delta\sigma_i$ 小於 T_σ ，則表示該子區域沒有瑕疵。巨觀檢測時，本研究所使用之標準差差異量閾值是利用 G 分量計算所得的，其值為 2。此差異量閾值是透過多次實驗比對後，取其平均值所得到的。

4.3 微觀檢測

完成巨觀檢測後，剩下的都是屬於面積較小的細瑕疵。為了能夠將巨觀檢測所無法察覺的細瑕疵一併找出來，微觀檢測是先將整個面板分成數個子區域，然後再依序對各個子區域進行高倍率的取像與檢測。研究初期曾嘗試將整個面板分成 3x3、4x4、及 5x5 個子區域，但是分割成 3x3 或 4x4 個子區域的方式並無法將面板中的像素點完整的呈現在影像中，因此本研究是將面板劃分成 5x5 個子區域。偵測細瑕疵的演算法也是先對影像施以影像處理，然後再根據灰階標準差的差值判斷是否有瑕疵，微觀檢測之流程請參考圖三所示之流程圖。值得一提的是，微觀檢測又分成線瑕疵的偵測及點瑕疵的偵測兩部份，以下就流程中各步驟所使用之方法及原理做更詳細的說明。

4.3.1 線瑕疵找尋

在弱線的偵測上，單純的以標準差判斷會有誤判的情形，因此本研究針對弱線的特性，發展出圖四所示之流程以便找出弱線。

4.3.1.1 影像相減

一般說來，當有金樣本影像可資利用時，影像相減是突顯瑕疵最簡單直接的方法。將待檢測影像與金樣本影像相減，一旦待檢測影像中有瑕疵存在，相減後即可獲得瑕疵影像。然而具有弱線的影像，利用影像相減並無法得到預期的效果，除非將影像的資料型式宣告為 unsigned char。實驗顯示，使用 G 分量做影像相減會比在 R 或 B 分量上做影像相減可得到更清晰的線瑕疵影像。

4.3.1.2 高增幅濾波

高增幅濾波器屬於銳化濾波器的一種，具有強化影像高頻部分的作用，可用來強化物體的邊界。本研究即是使用高增幅濾波器來增強影像，濾波所使用之遮罩如下：

$$\begin{array}{|c|c|c|} \hline -1 & -1 & -1 \\ \hline -1 & W & -1 \\ \hline -1 & -1 & -1 \\ \hline \end{array}$$

本研究使用 2 個不同的 W 值來找尋線的瑕疵對於灰階差異較大的線段，W=8（此即為一般常見的高通濾波）；對於灰階差異較小的線段，W=44。

4.3.1.3 二值化處理

高增幅濾波後之影像仍存有許多不屬於線瑕疵的資訊，因此二值化的目的就是要將這些非線瑕疵排除。為了得到適當的二值化閾值，本研究先以手動二值化的方式，將標準樣板影像之 R、G、B 三個色彩分量所需的二值化閾值找出來，接著再利用統計平均值的方式，訂定一個適合的閾值。實驗結果顯示，二值化閾值以 240 最適當。

4.3.1.3 中值濾波

影像經二值化處理後，仍存有大量類似鹽巴的白色雜訊，因此，本研究接著透過中值濾波將此類雜訊去除。

4.3.1.4 線段找尋

經過二值化及中值濾波處理後，大部分的雜訊都已被移除。從剩下來的資料點可約略看出現線瑕疵。為了找出線瑕疵的位置，本研究接著使用投影法，將影像上的每個資料點投影累加到 X 軸與 Y 軸的相對位置，並依據事先設定之投影量閾值，判斷是否有線瑕疵。一般說來，當某個位置的投影量超過所設定的閾值，即可得知該處有水平或垂直線瑕疵。

4.3.2 點瑕疵找尋

本研究將點瑕疵視為面積極小的 mura，因此在點瑕疵的檢測上，同樣是根據灰階標準差的差值判斷是否為瑕疵。雖然根據灰階標準差的差值可偵測出點瑕疵，但是在 R、G、B 三種色彩樣本下，檢測所需之閾值不盡相同。除此之外，在 R、G、B 樣本下，所能偵測的點瑕疵也不相同。實驗結果顯示，使用紅色與藍色樣本比較容易將灰階較高的點瑕疵找出來。另一方面，使用綠色樣本則比較容易將灰階較低的點瑕疵找出來。

5. 結果與討論

本研究利用彩色 CCD 攝影機及影像處理技術對液晶面板進行點燈檢測。檢測時是根據瑕疵的大小，分別使用巨觀檢測法及微觀檢測法進行瑕疵的偵測。檢測程序上是先以巨觀檢測法，檢查面積較大的巨觀瑕疵。然後，再以微觀檢測法，檢查面積較小的細瑕疵。下面就檢測結果進行說明與討論。

5.1 結果

液晶面板巨觀檢測之結果如圖五至圖八所示。其中圖五為金樣本影像標準差計算結果之部份列表，圖六為具有 mura 影像標準差計算結果之部份列表。仔細比較兩表可以發現，具有 mura 瑕疵影像之第 205 及 206 兩個子區域（紅色框標示處）的標準差比金樣本影像相對區域的標準差的差值已超出預設之標準差閾值，因此可以判定該二子區域有瑕疵。圖七為 mura 檢測之結果，其中左圖為攫取所得之 mura 影像，右圖為利用標準差差值法判斷後所找到的 mura 瑕疵一共有三處。圖八為 band 失效之檢測結果，其中左圖為攫取所得具有 band 失效缺陷之影像，右圖則是利用標準差差異法檢測出之 band 失效瑕疵。

以微觀檢測法對面板進行取像與檢測之結果如圖九及圖十所示。圖九為線瑕疵之檢測結果，其中左圖為攫取所得具有線瑕疵之影像，右圖為經過線瑕疵偵測法處理後所得到的結果影像。圖十為點瑕疵之檢測結果，左圖為攫取所得具有點瑕疵之面板影像，其中亮暗點各有四點，右圖為經過點瑕疵偵測法處理後所得到的結果影像。

5.2 討論

由於本研究所使用之攝影機，在影像色彩的擷取上偏向藍色，因此擷取所得之影像與人眼所看到的影像差距頗大。線瑕疵的檢測方法，是針對弱線的特性來進行的，方法是利用不同的權重值高增幅濾波增強弱線的邊界點，再以投影的方式找出弱線，但是如果線瑕疵的灰階差異過小，還是會有失敗

的可能。使用標準差比較的方式雖然可以找出瑕疵，但是標準差閾值會受面板本身亮度及攝影機擷取色彩能力的影響。目前對於如何設定標準差差異量的閾值，並沒有合適的經驗公式可用。換言之，標準差差異量閾值並非固定值，必需根據實際的面板加以調整。

5.3 結論與建議

本研究使用平均灰階值及灰階值標準差比較的方式，進行面板的點燈測試，可將 band 失效、mura 及點缺陷（亮點、暗點、顏色異常）等瑕疵找出來。至於亮線、暗線、及弱線，透過二值化、高增幅濾波、及投影等影像處理技術處理後也可偵測出。

本研究雖然粗具成效，可惜的是檢測速度太慢，並無法滿足業界的需要。除此之外，對於面板的分級也未進行，因此未來可針對如何提高檢測速度以及如何將面板分級做進一步的研究。

6. 計畫成果自評

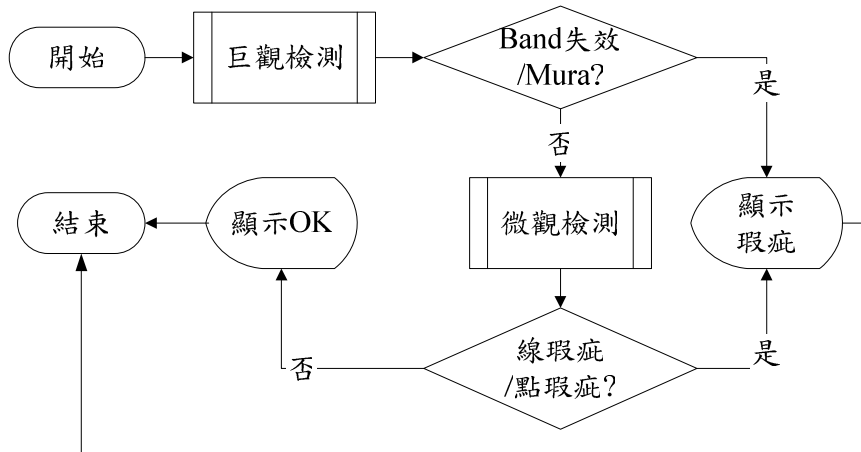
本研究搭配巨觀及微觀兩種檢測法，對 LCD 面板進行點燈檢測，並如預期的發展完成一套以機器視覺為基礎之平面顯示器自動點燈測試系統，可成功的將 band 失效、mura、點缺陷（暗點、亮點）、及線缺陷（亮線、暗線、斷線、及弱線）等瑕疵偵測出來。然而，由於原本均勻的樣板影像在經過攝影機攫取後，不僅顏色不正確而且顏色也會出現不均的現象，因此很難分辨此一顏色不均現象是製程不良所造成的 Mura，還是因為取樣不良所造成的結果。

除此之外，由於巨觀檢測是一次攫取整個面板的影像，攫取所得之影像其邊界處也會有變形的情形。雖然變形影像可透過補償的方式調整回來，不過受限於時間本研究並未施行。再者，本計畫原本希望能夠根據 PDI 分類標準將瑕疵分成 23 個類別，以利後續之檢修及面板之分級，也因為時間的不足未能在計畫執行期間內完成。由此看來，本研究之內容與原計畫之相符程度大概只有 85%。

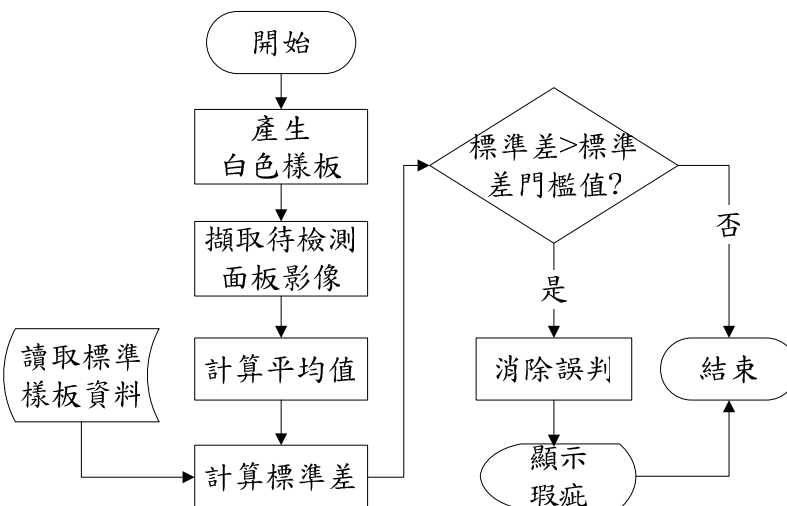
7. 參考文獻

1. 吳木杏，彩色濾光片表面瑕疵檢測分析，碩士論文，台灣大學資訊工程學研究所，台北，台灣，1999。
2. 劉祥吉，液晶顯示器影像顯示不均檢測之研究，碩士論文，元智大學工業工程與管理研究所，桃園，台灣，2002。
3. K. Nakashima, Hybrid Inspection System for LCD Color Filter Panels, IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference, Vol. 2, pp. 689-692, 1994.
4. Y.C. Song, D.H. Choi, K.H. Park, Morphological Blob-Mura Defect Detection Method for TFT-LCD Panel Inspection, Lecture Notes in Computer Science, Springer-Verlag GmbH, Vol. 3215, pp. 862-868, 2004.
5. F. Saitoh, Boundary Extraction of Brightness Unevenness on LCD Display Using Genetic Algorithm Based on Perceptive Grouping Factors, IEEE International Conference on Image Processing, Vol. 2, pp. 308-312, 1999.

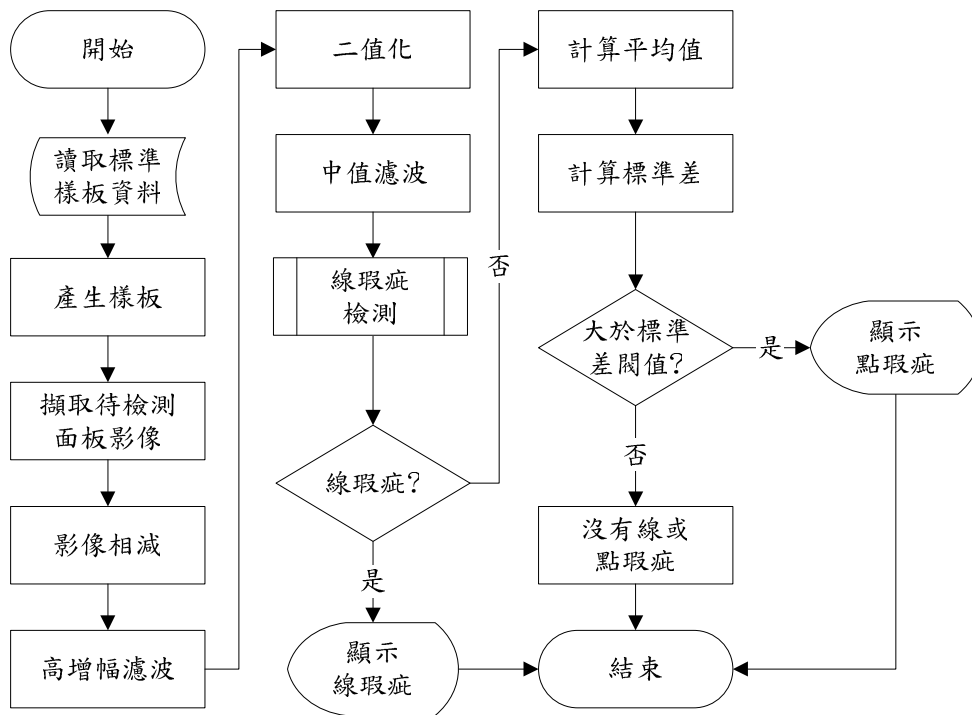
8. 圖表彙整



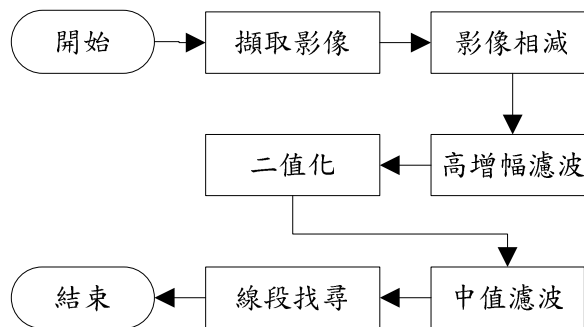
圖一 檢測流程圖



圖二 巨觀檢測流程圖



圖三 微觀檢測流程圖



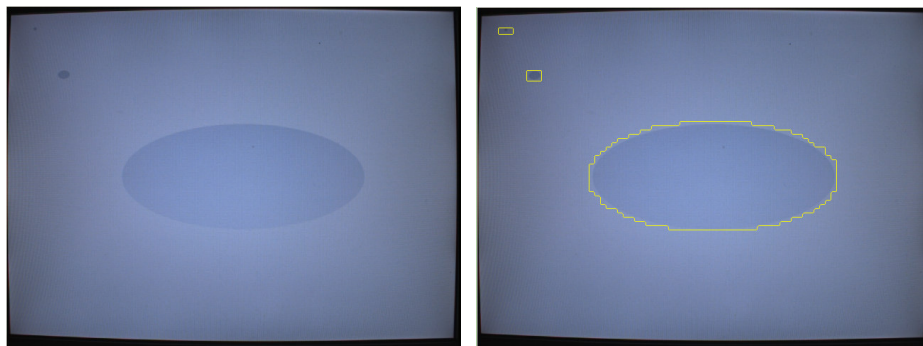
圖四 線瑕疵檢測流程圖

標準差結果	R分量灰階標準差	G分量灰階標準差	B分量灰階標準差
第199子區域	94.9290924072266	107.15876007080	136.72273254394
第200子區域	95.5254211425781	107.30846405029	137.35920715332
第201子區域	37.5363655090332	39.273998260498	45.567813873291
第202子區域	69.8921661376953	72.673416137695	90.505439758300
第203子區域	73.4939575195313	76.2328491210936	95.584320068359
第204子區域	75.2851333618164	79.8356018066406	100.49198150634
第205子區域	79.273567199707	83.729301452636	105.51797485351
第206子區域	81.8931579589844	86.333343505859	109.36139678955
第207子區域	83.0085906982422	88.439666748046	112.01614379882
第208子區域	84.152595520019	90.2978515625	114.93957519531
第209子區域	85.457717895507	91.997802734375	117.58093261718
第210子區域	86.104217529296	93.469642639160	118.21869659423

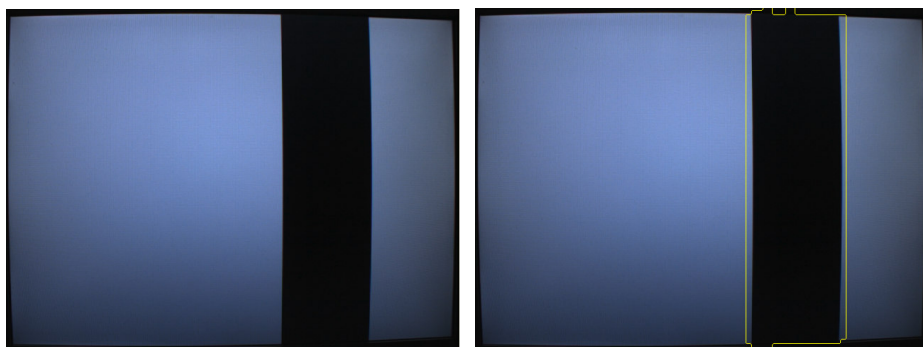
圖五 金樣本影像標準差

標準差結果	R分量灰階標準差	G分量灰階標準差	B分量灰階標準差
第199子區域	94.5757598876953	107.12023162841	136.92683410644
第200子區域	95.7670059204102	107.87236022949	137.16459655761
第201子區域	37.1715393066406	39.640403747558	45.896739959716
第202子區域	70.6876525878906	72.675170898437	90.028953552246
第203子區域	73.286384582519	76.202415466308	95.719558715820
第204子區域	75.1637954711914	79.747604370117	100.89166259765
第205子區域	75.387794494628	80.265518188476	101.83747863769
第206子區域	75.601135253906	79.871971130371	98.768478393554
第207子區域	82.928833007812	88.555427551269	112.54814910888
第208子區域	84.552513122558	90.612220764160	115.08637237548
第209子區域	86.127067565918	91.8679656982422	117.10397338867
第210子區域	87.0308074951172	93.409416198730	118.53117370605

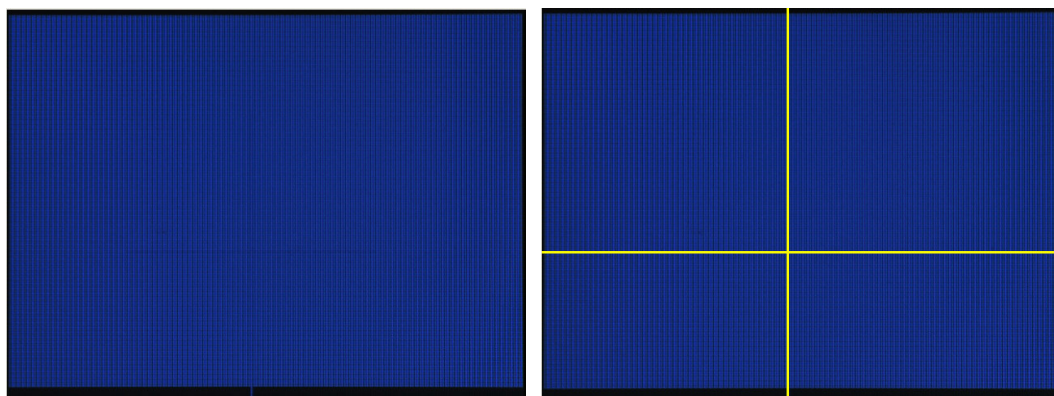
圖六 瑕疵樣本影像標準差



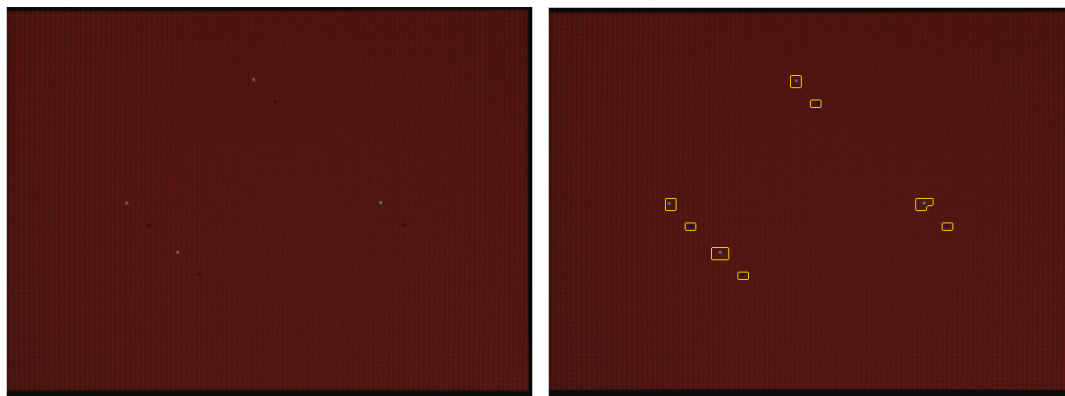
圖七 巨觀檢測時，攫取所得之 Mura 影像（左圖）與 Mura 偵測之結果（右圖）。



圖八 巨觀檢測時，攫取所得之 Band 失效影像（左圖）與 Band 失效偵測之結果（右圖）。



圖九 微觀檢測時，攫取所得之線瑕疵影像（左圖）與線瑕疵偵測所得之結果（右圖）。



圖十 微觀檢測時，攫取所得之點瑕疵影像（左圖）與點瑕疵偵測所得之結果（右圖）。