

自動化光學檢測系統於 LCD 產業之設計與應用

The Design and Applications of Automatic Optical Inspection System in the LCD Production Line

林宸生

Chern-Sheng Lin

應用自動化光學檢測系統於 LCD 產業，以提升液晶顯示器的生產速度以及產品品質，已成為液晶顯示器製造廠商的當務之急。本文列舉說明自動化光學檢測系統於 LCD 產業之設計與應用案例，並針對適用於液晶顯示器基板之自動光學檢測法則提出新的作法。首先介紹 LCD 製造時之微粒墊片檢測系統設計，包括計數範圍的大小、微粒墊片重疊嚴重度的判斷，以及微粒墊片分布密度等，繼而說明 LCD 的定位系統的研究。目前對於這方面的定位工作大多是使用 CCD 作為檢測工具，應用於當 LCD 需做缺陷檢測、印刷與貼合時的定位。在 LCD 背光模組量測方面，由於背光模組的樣式較多，因此針對不同的樣式，找出影響發光效果的因素，取出光場影像後，再利用不同分析方式對光場影像做均勻性的探討，並找出背光板不均勻的位置。文末介紹 LCD 透明玻璃間隙的光電量測方法與系統開發，此量測系統包括雷射光源、光學透鏡模組、影像擷取系統及光點位置估測演算法。

The series of LCD modules covers each of the procedures: baking, curing, rubbing, dry cleaning, combination rubbing and dry cleaning, spacer spraying, gasket seal printing and dispensing, combination alignment, assembly, and liquid crystal filling. The applications of the automatic optical inspection (AOI) system in these procedures will bring higher quality and more efficiency to the LCD production line. The AOI system used discriminate mask, counting mask, and a fast processing algorithm for counting spacers in a liquid crystal display plate. An AOI equipment in LCD positioning system was implemented for LCD testing and gluing. In LCD backlight inspection, a wrapping algorithm was presented in the searching and statistic process of bright spot. A method for estimating the gap of LCD glasses using a photoelectric measuring system was presented in the final.

一、前言

近幾年由於電子產業與半導體科技的發展，液晶顯示器應用了液晶原理與半導體製程，在品質及價位方面都有顯著的突破，已成為近年的顯示器主流。LCD 製造流程是以 TN 及 STN 製程為基礎，目前並進而發展至第五、六代廠房 TFT 製程，其全線為自動化生產流程，基本上如圖 1 所示，在過程中，經常需要對 LCD 板的位置進行修正，以利印刷、組合等動作的進行。甚至在進行缺陷檢測時也都需要先將影像的傾斜角度算出，以利進行檢測時的動作。一般而言，這方面的工作都是使用自動化光學檢測的技術來達成⁽¹⁻⁴⁾。

本文介紹液晶顯示器 (LCD) 的製程中相關之檢測工作，並針對以下主題加以詳細說明：LCD 微粒墊片檢測系統設計、LCD 定位系統的研究、LCD 背光模組量測、LCD 透明玻璃間隙的光電量測方法與系統開發。

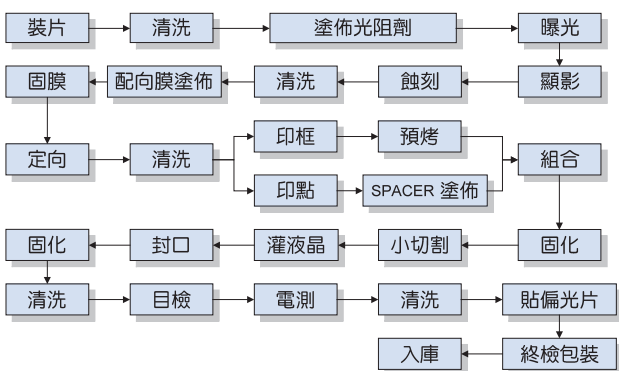


圖 1. LCD 製造流程。

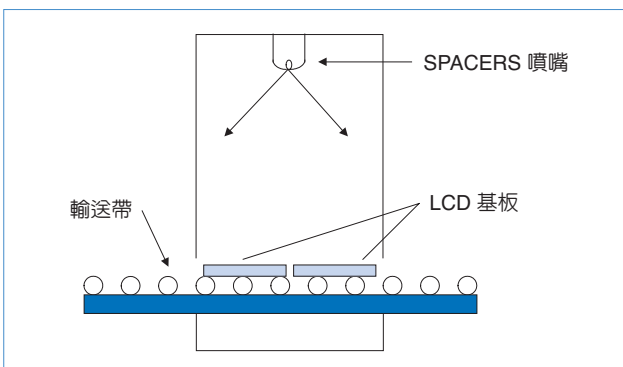


圖 2. 微粒墊片自動噴撒裝置。

二、LCD 微粒墊片檢測系統設計

1. 微粒墊片塗佈

圖 2 為微粒墊片 (spacers) 自動噴撒裝置示意圖，而微粒墊片的用意則是為了使兩片 LCD 基板組合後中間有足夠的空間灌入液晶。微粒墊片在噴撒之後需作人工檢測，每一種不同型號之 LCD 基板都有一種特定的規格，而在每 1 mm 平方中需要 60-180 顆微粒墊片。但人工檢測過於耗時以及效率過低，故目前可利用數位影像處理幫助人眼做自動檢測，圖 3 為其自動檢測之系統布置圖。

圖 4 為微粒墊片檢測的九個在 LCD 基板上的位置。而微粒墊片塗佈完成顯微實體圖如圖 5。

2. 遮罩運算方式

接下去我們介紹將動態二值化臨界點的遮罩運算方式用於液晶顯示板微粒墊片的檢測結果。在液晶顯示板製造工廠中，為了在顯示板中灌入液晶，在上下兩片玻璃板中必須填入微粒來預留空間，在檢測工作上必須計數固定區域中所包含的微粒數量，使其達到檢驗標準。利用影像擷取系統擷取 LCD 片夾層之微粒影像，使用程式對影像進行計數處理。處理的流程如下：由影像擷取系統取進解

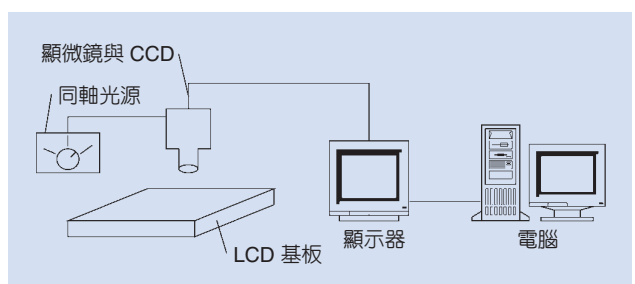


圖 3. 微粒墊片自動檢測之系統布置。

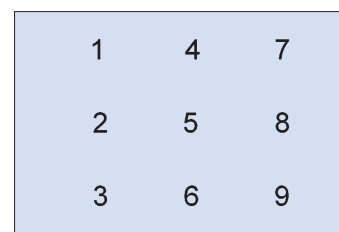


圖 4. 微粒墊片檢測位置。

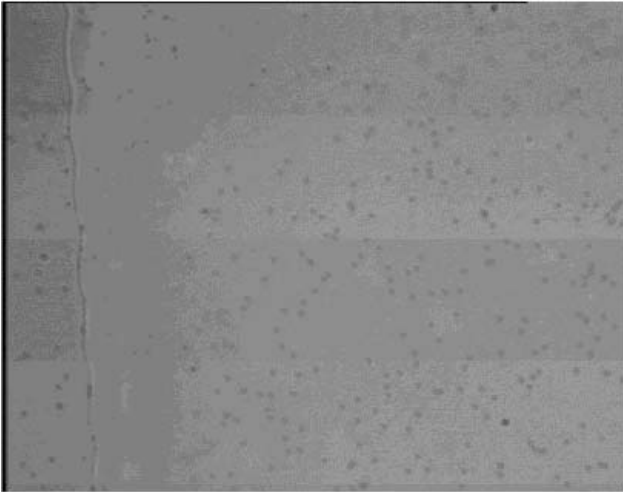


圖 5. 微粒墊片塗佈完成顯微實體圖 (200×)。

析度為 640×480 、灰階 256 以上之數位影像，再進行二值化運算。由於 LCD 板取像中有蝕刻電路，造成背景的不均勻光場，無法以一個特定的閾值來處理這類影像二值化的問題，因此我們使用動態二值化臨界點的遮罩運算方式為之⁽⁵⁾。

使用如圖 6 之 7×7 的遮罩，對於液晶顯示板微粒墊片的檢測相當合適，由於區塊的面積不能太小，因此整體的計算量將很可觀，這也是此法最大的缺點。大致上可以將像素所在區域之平均灰度值或是最大值減去最小值加上某一常數作為該點二值化臨界值的大小，我們可將動態二值化臨界點的遮罩運算方式表示如下：

n_{11}	n_{12}	n_{13}	n_{14}	n_{15}	n_{16}	n_{17}
n_{21}	n_{22}	n_{23}	n_{24}	n_{25}	n_{26}	n_{27}
n_{31}	n_{32}	n_{33}	n_{34}	n_{35}	n_{36}	n_{37}
n_{41}	n_{42}	n_{43}	n_{44}	n_{45}	n_{46}	n_{47}
n_{51}	n_{52}	n_{53}	n_{54}	n_{55}	n_{56}	n_{57}
n_{61}	n_{62}	n_{63}	n_{64}	n_{65}	n_{66}	n_{67}
n_{71}	n_{72}	n_{73}	n_{74}	n_{75}	n_{76}	n_{77}

圖 6. 用於液晶顯示板微粒墊片物的檢測的 7×7 遮罩。

(1) 初始化：

$$\max = 0, \min = 255$$

(2) 遞迴：

repeat

for all

找出像素所在區域之最大值 \max 與最小值 \min 之差值 g

if $g < \text{設定值 } A$

$g = \text{設定值 } A$

if (該像素灰度值 - \min) > ($g \times \text{設定值 } B$)

該像素為亮點

else

該像素為暗點

let T1 to next position

until T1 out of ROI

微粒墊片的計數在液晶顯示器的檢測當中是十分重要的一環，一般對微粒墊片的計數是以 $1 \text{ mm} \times 1 \text{ mm}$ 的單位面積為計數範圍。同樣的在此我們也設計一個遮罩來作為計數的工具，如圖 7 所示，計數遮罩在還未碰觸到微粒墊片時，是以單一個像素前進的，直到該點碰觸到微粒墊片時計數遮罩才會展開，並且對被包括在遮罩內的微粒墊片標上記號。對微粒墊片標記號的目的是避免重複計數到同一個微粒墊片，以免發生計數不準確的現象。

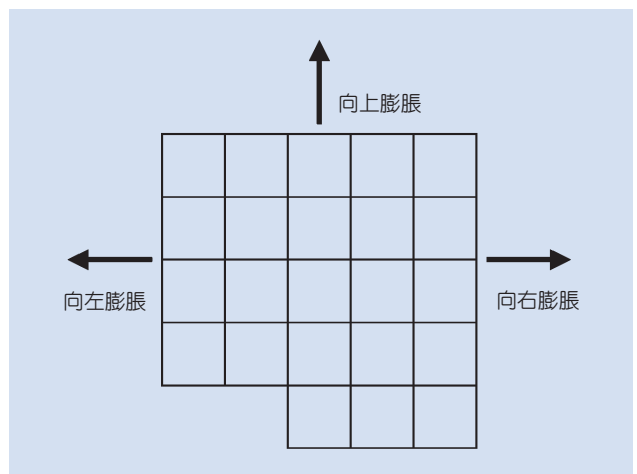


圖 7. 遮罩動作示意圖。

利用計數遮罩我們可以將影像中被分離出的微粒墊片，一一的標上記號，如此我們將可以準確的計算出微粒墊片的顆粒數。在液晶顯示板光罩的檢測當中，另外一個對液晶顯示器品質有重要影響的條件是微粒墊片的聚集特性。在對光罩塗佈微粒墊片時，在光罩上的微粒墊片有時會有聚集的情形，或者是有一顆的微粒墊片比正常規格大的情形，這種情況的發生多半是微粒墊片製造時的品質問題。事實上我們在檢測微粒墊片時，有部份的微粒墊片也會稍微大於我們先前提過的計數遮罩，為了避免沒有被計數遮罩標記到的微粒墊片被重複計數，膨脹遮罩此時也可以發揮標記的功能，使得同一個微粒墊片不會被計算多次。而膨脹遮罩是以計數遮罩為基礎所繁衍出來的功能，膨脹遮罩以計數遮罩為基礎，分別向計數遮罩的左、上、右三個方向作膨脹的動作，而在此我們利用模擬一個比計數遮罩大的微粒墊片，是一個被計數遮罩包圍且標記的一個微粒墊片，但是我們可以發現它的周邊還有未被包含住的像素，這個原因有可能是微細墊片本身大小造成的，如果我們不對其標記的話，將會造成重複計數的情況，故我們利用膨脹遮罩來對其打上記號。我們先對計數遮罩的左邊作判斷，如果有未被計數遮罩包含住的像素，我們將計數遮罩向左膨脹一個像素，並且標上記號，隨後再判斷左移一個像素是否含有未標記的像素，膨脹遮罩再向左膨脹並標記，直到左方已無該微粒墊片的像素為止；接著我們對計數遮罩上方判斷，由於同樣有未被標記過的像素，故膨脹遮罩對其作標記的動作。值得一提的是我們在處理上方膨脹遮罩時的寬度，是比照先前左方膨脹處理完之後的大小為基準，我們可以發現先前左方膨脹了兩個像素的寬度，而上方在處理膨脹遮罩時就是以計數遮罩本身的寬度，再加上先前左方膨脹後的兩個像素作為其判斷的範圍。而同樣的情況發生在計數遮罩的右方，膨脹遮罩也會對其作標記的動作。如此利用膨脹遮罩後我們可以發現，一個比計數遮罩大的微粒墊片可以準確的被我們標記，而不會有重複計算的情形發生。

利用膨脹遮罩不僅可以對稍大於計數遮罩的微粒墊片作標記的動作，同時我們發現如果微粒墊片有聚集的現象時，其外觀一定會比單一微粒墊片大

得多，故我們可藉由膨脹遮罩膨脹的程度，來判斷是否有聚集的現象發生。圖 8 是膨脹遮罩的動作流程圖。

如圖 9 所示，雖然影像中有蝕刻電路所造成之不均勻光場背景，我們可發現此法皆能有效將背景與微粒影像分離，可以接著針對該影像上的微粒進行計數，而能正確的將 LCD 板中之墊片微粒計算出來。

三、LCD 的定位系統的研究

1. 組合與定位

圖 10(a)、(b) 為 LCD 基板自動組合示意圖，其中下 LCD 基板進入組合機時，底部吸盤會將其利用真空吸住，等到上 LCD 基板進入後控制吸盤轉動或移動來準確定位且組合⁽⁶⁾。

圖 11 為 LCD 基板組合對位的情形，利用先前曝光及打框時所留下的記號作為定位標準，利用兩

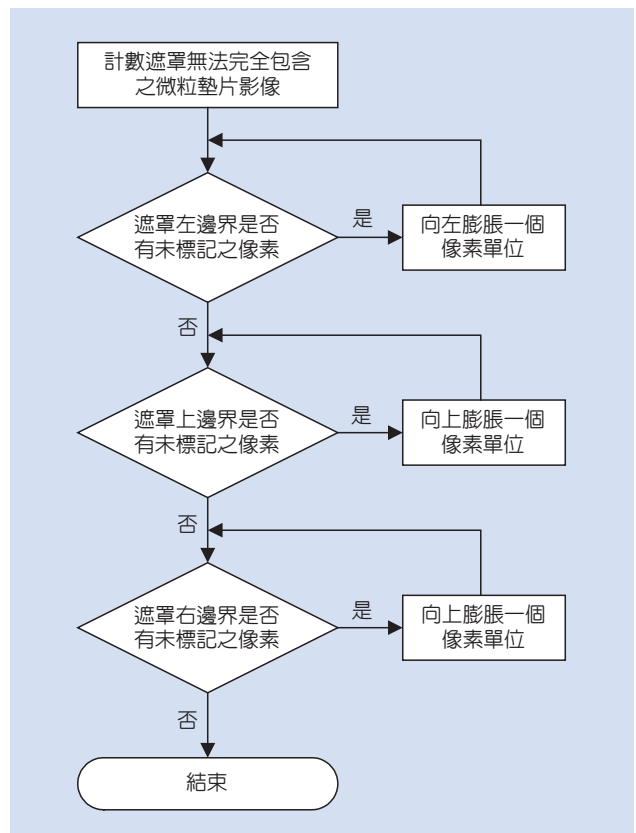


圖 8. 膨脹遮罩動作流程圖。

組顯微 CCD 找到 LCD 基板上兩對定位記號，其中公十字記號需完全在母十字框中才表示定位準確。

實際上 LCD 製造業界 CCD 定位系統的應用已經相當廣泛，各家設備供應商也不少，但是使用上仍然有無法突破的瓶頸，所以我們的目標就是將這個瓶頸問題解決。目前應用於定位系統標記 (mark) 有矩形、環形、十字形等如圖 12。其中 (a) 為矩形對位、(b) 為環形對位、(c) 為十字形對位、(d) 為方形角度補正、(e) 為圓形角度補正、(f) 為環形角度補正。

這裡將上面標記定位上的最大問題歸納出下列幾點：

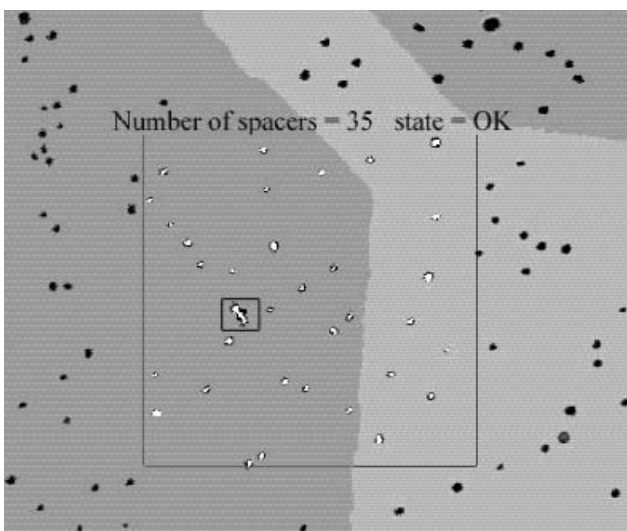


圖 9. 動態二值化臨界點的遮罩運算方式之結果。

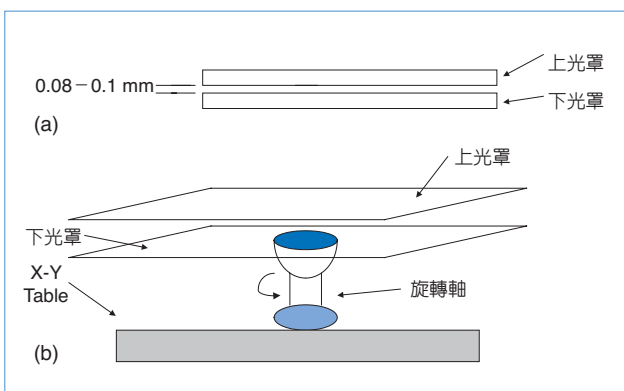


圖 10. (a) LCD 基板組合間隙，(b) LCD 基板組合裝置。

- 位於下層的標記會被上層所遮掩，因此無法露出完整的影像。這使得灰度累積方式無法在此處作用。
- 以灰度累積而言，即使對部分標記統計出中心的偏移值，這對整體精度而言仍然是不足的。因此得對影像進行較強化的分析。
- 影像中的雜訊繁多，標記與背景對比不佳，尤其是兩層基板 (glass) 顏色不同時，僅用以往的濾波方式無法有效地將雜訊濾除，使得無法正確地找出標記位置。

以下以使用環與點定位為例，介紹使用的是一組圓環標記 (ring) 與一組標點標記 (dot)，靠著這兩組的標記來進行貼合的動作。這組架構使用的裝置如同表 1 所列，一共使用了兩組的影像擷取裝置，

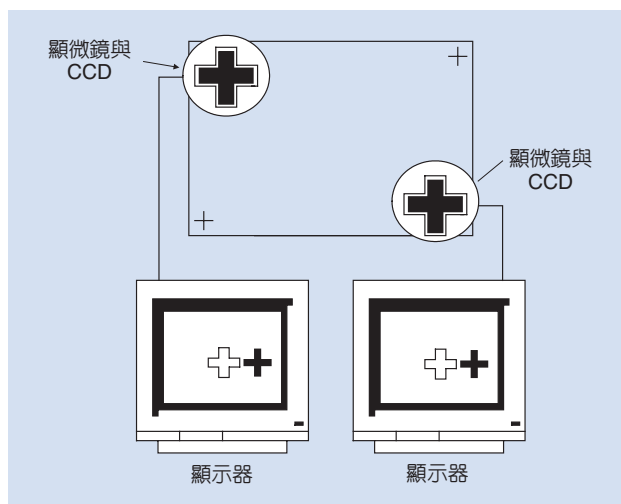


圖 11. LCD 基板組合對位的情形。

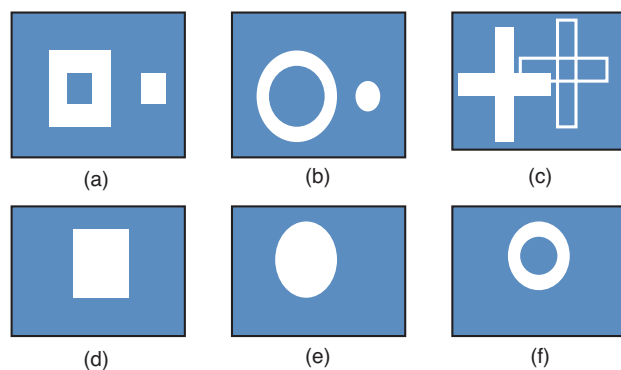


圖 12. 定位系統常用標記。

表 1. 對準系統的設備部品。

名稱	數量
畫像處理裝置 (VMS811)	1
2/3" 黑白 CCD Camera	2
9" 黑白電視顯示器	2
變焦距鏡筒	2
230 × 350 mm XY 平台	1
變焦距透鏡	2
雙重紫濾網	2
紅濾網	2

再加上濾網。檢測的樣板改變時，就更換不同的濾網來搭配，使系統能適應樣版的改變，所以實際上用的濾網要比列出來的更多。圖 13 為檢測的示意圖，右上角與左下角 CCD 所拍攝到的影像分別如兩個矩形區域所圈選一般。這兩組標記 (標點與圓環) 分別散布在兩片不同的 LCD 板上，也就是兩層的板子所使用的標示是不同的，而當兩組標記的中心點完全重合時，就代表了兩片的 LCD 板完全的重合，可以進行印刷或疊合等動作⁽⁷⁻⁸⁾。

我們將欲封合的兩片玻璃基板上的標記偏移量，以 x 及 y 平面座標做描述，關於圖中各種符號的定義與偏差量的算法如下所列：

左側環形中心點座標 $R_{c1} = [0, 0]$

右側環形中心點座標 $R_{c2} = [x, y]$

左側標點中心點座標 $D_{c1} = [\Delta x_1, \Delta y_1]$

右側標點中心點座標 $D_{c2} = [x + \Delta x_2, y + \Delta y_2]$

$$\text{兩環行中心點 } R_{cc} = \left[\frac{x}{2}, \frac{y}{2} \right]$$

$$\text{兩標點中心點 } D_{cc} = \left[\frac{x + \Delta x_1 + \Delta x_2}{2}, \frac{y + \Delta y_1 + \Delta y_2}{2} \right]$$

$$\text{所以得偏移量為 } D_{cc} - R_{cc} = \left[\frac{\Delta x_1 + \Delta x_2}{2}, \frac{\Delta y_1 + \Delta y_2}{2} \right]$$

x 與 y 方向的偏移分別是 $\frac{\Delta x_1 + \Delta x_2}{2}$ 與 $\frac{\Delta y_1 + \Delta y_2}{2}$ 。而角度的計算如下：

$$\theta_R = \tan^{-1} \left(\frac{y}{x} \right)$$

$$\theta_D = \tan^{-1} \left(\frac{y + \Delta y_2 - \Delta y_1}{x + \Delta x_2 - \Delta x_1} \right)$$

所以兩片 LCD 板的偏移角度即是 $\theta_D - \theta_R$ ，如此便可得到兩面 LCD 板的偏移角度與位置誤差，要再使用 XY-table 來補償便不難了。在此架構中，先將第一部 CCD 的影像抓進來，然後再切換到第二部 CCD 的影像，也就是影像都在同一部影像分析器上達成計算的功能。既然知道了此架構的對準

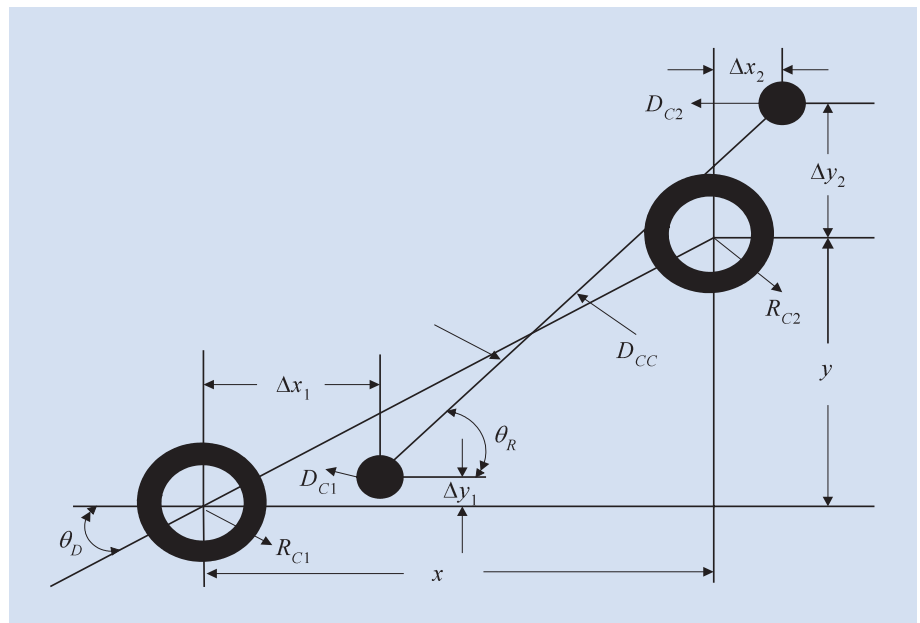


圖 13. 使用圓環與標點的對準方式示意圖。

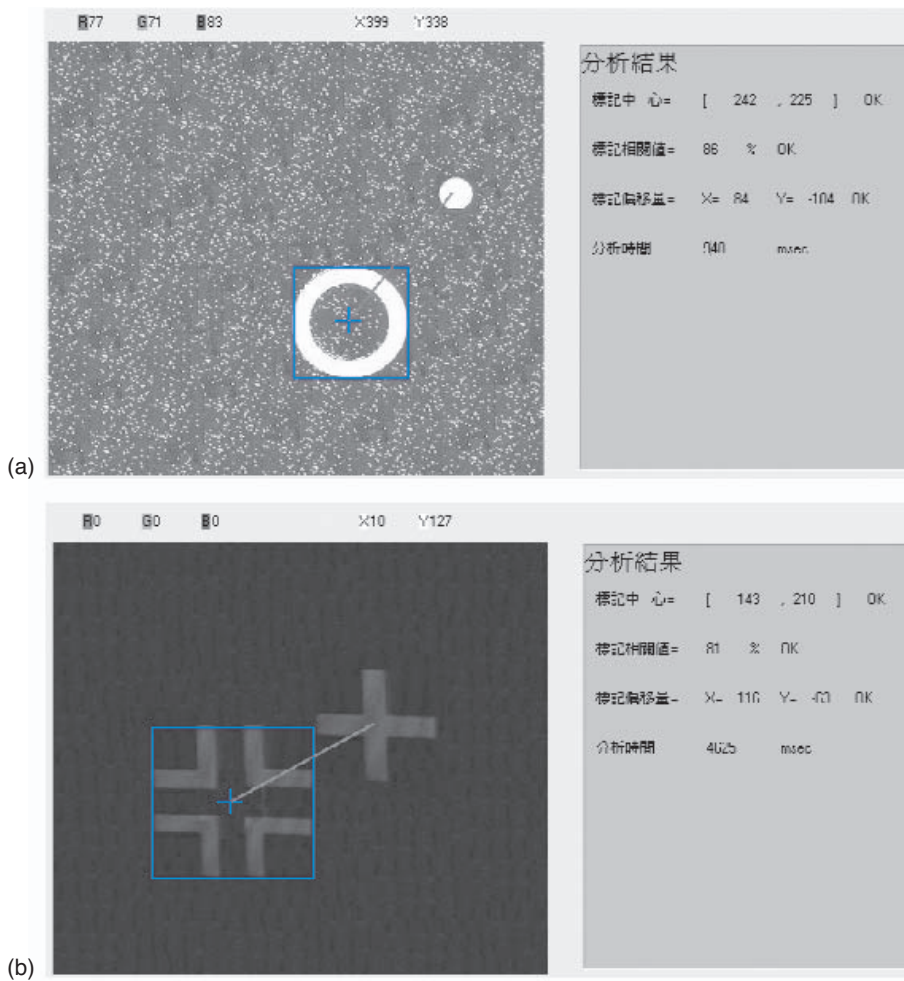


圖 14. 圓形與十字標記標記重和分析。

方式後，我們回過頭來看看其如何判定標記的中心點。首先要在系統中登錄關於標記的各種資訊。使用必須選取合適的標記圖案，再手動輸入允許的誤差、精度、樣板間的相關程度與運算複雜度，然後要跑測試，看看所設定的值是否合適。輸入步驟相當繁瑣，而且不懂原理的話，調校起來相當的痛苦，因此常常變成每次不同的產品上線，就必須換不同的濾光片試試看不可行。

2. 標記組合計算結果分析

將點標記 (dot) 的偏移數值透過 PLC 做平台定位，反覆執行直到達我們所設定精度要求範圍以內。以上這樣的標記組合計算方法有三項優點：第一是可以省去角度補正值的計算步驟，第二是可以適用於任意形狀的組合標記，第三是解決標記重疊的困擾。圖 14(a) 為環形標記與點標記分析結果。(b) 為為十字標記分析結果。

運算類型 \ 區塊大小	10 × 10 像素	50 × 50 像素	100 × 100 像素	200 × 200 像素	500 × 480 像素
Sobel Filter	42	226	411	7312	1247
MAT	38	173	341	6365	1135
Hight Pass Filter	44	234	409	7411	1268
Low Pass Filter	37	186	361	6871	1194
灰階型態濾波	36	154	225	474	897

表 2. 分析區塊的時間比較。

單位：ms；總測試次數：1000 次 (平均值)

表 3. 相關值比較。

分析結果 \ 最佳閾值使用	無使用	有使用
相關值 (95% 以上)	8	175
相關值 (90% 以上)	93	387
相關值 (85% 以上)	458	948
相關值 (80% 以上)	732	998
相關值 (80% 以下)	268	2

總測試次數：100 次

接下來說明影像分析區塊對於不同運算所需時間的影響及干擾程度。一般標記由機械搬入後的初始位置，開始作影像定位處理到達符合精度的需求時通常需要 3 至 6 次，所以影像定位系統整體速度對於自動生產的製程時間 (cycle time) 影響是重要的。表 2 為不同濾波、運算處理對於分析區塊的時間比較。

表 3 為有使用與無使用最佳二值化閾值設定下，取得的相關值比較，有使用最佳二值化閾值設定標記相關值高於 80% 以上的接近 99%，配合定位平台精度，對於整體封合後精度要求範圍 $\pm 5 \mu\text{m}$ 以內已經足夠。

四、LCD 背光模組量測

1. 導光板光場之視覺檢測

背光模組泛指可提供產品一個背面光源的組件，目前運用在各種資訊、通訊、消費產品上，背

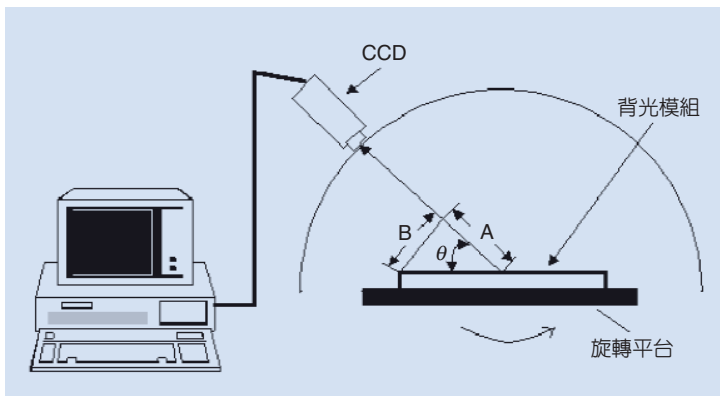


圖 15. CCD 影像檢測器抓取 LCD 背光板光場之影像裝置圖。

光模組常是液晶顯示器的光源提供者，液晶顯示器近年來在顯示器的市場居主流的地位，隨著這樣的趨勢下，背光模組也隨之水漲船高，地位益形重要。為保持在未來市場的競爭力，開發、設計新型的背光模組及創新其檢測技術，是目前努力的方向及重要課題⁽⁹⁻¹¹⁾。

為實際瞭解導光板光源的行經路徑與強度分配，以便於設計所需之導光板光場之圖形樣式，我們進行導光板光場均勻度之視覺檢測，同時提供導

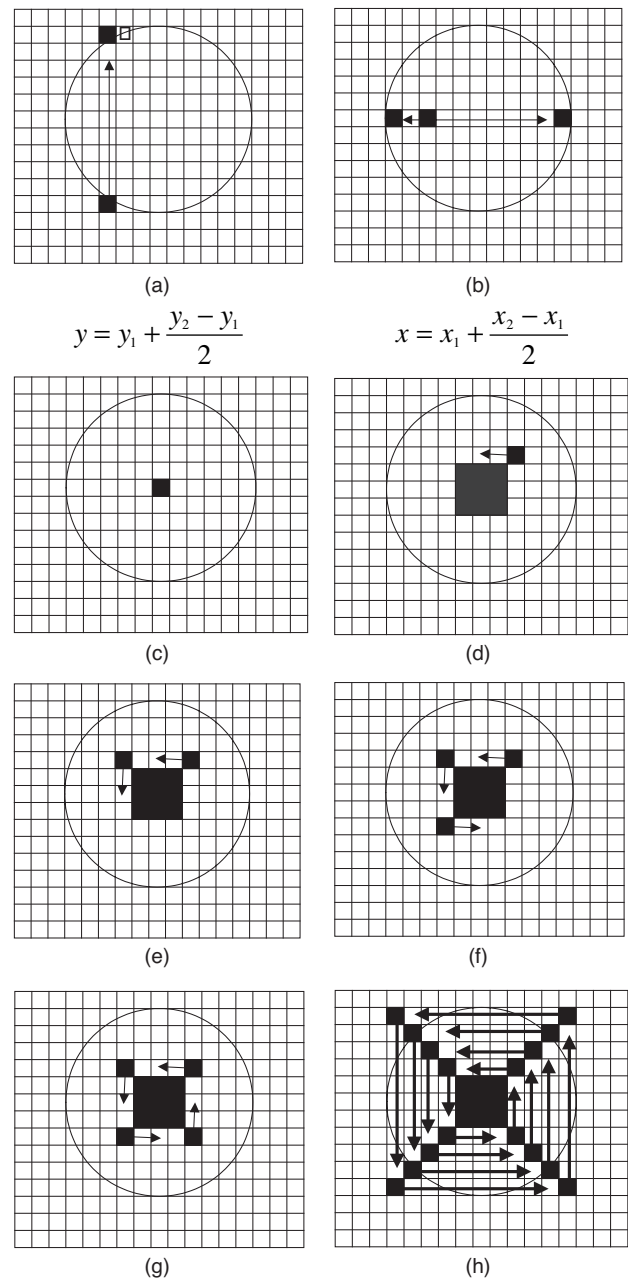


圖 16. 包裹式掃描步驟。

光板設計之修正，而達到導光板光場檢測及檢測工作便利的用途。CCD 影像檢測器係平面式影像固態照相機，抓取 LCD 背光板光場之影像後並利用影像處理卡與個人電腦所構成的微處理機予以分析。CCD 影像檢測器置於旋轉架上，CCD 影像檢測器不具自動亮度調節 (auto gain) 功能，以免造成量測結果產生誤差。旋轉架為金屬遮幕，其上有滑軌供 CCD 影像檢測器旋轉移動，其旋轉角度範圍大但只提供少量之定位點，而其下方亦放置一旋轉平台，其旋轉角度範圍小但解析度與精密度高，旋轉平台可放置 LCD 背光板，旋轉架與旋轉平台兩者配合，可得到較大角度且精密之量測結果，如圖 15 所示。

針對單一發光元件之 $M \times N$ 像素點而言，其包括下列步驟 (圖 16)：

- (1) 尋找發光中心點。
- (2) 中心區域掃描：以該發光中心 (x, y) 周圍之預定方形區域為中心區域，並掃描該中心區域中各像素點亮度值之和，而得到該中心區域之區域總亮度值 A 。
- (3) 包裹式掃描：以該中心區域之右上、左上、左下、右下之相鄰像素點，並逐層向外掃描，直到該橫軸轉折點及該二縱軸轉折點為止，以取得一右上斜線區域 (區域總亮度 B)、一左上斜線區域 24 (區域總亮度 C)、一左下斜線區域 (區域總亮度 D) 及一右下斜線區域 (區域總亮度

E) 各點亮度值之和，即區域總亮度 B 、 C 、 D 、 E ，分別以數學示表示如下：

$$B = \sum_{i=1}^n \sum_{j=x-i+1}^{x+i} f_i[g(j, y+1)]$$

$$C = \sum_{i=1}^n \sum_{j=y-i+1}^{y+i} f_i[g(x-i, y)]$$

$$D = \sum_{i=1}^n \sum_{j=x-i}^{x+i-1} f_i[g(j, y-1)]$$

$$E = \sum_{i=1}^n \sum_{j=y-i}^{y+i-1} f_i[g(x+i, y)]$$

- (4) 總亮度計算：將該中心區域中之各像素點之區域亮度值 A ，加上該一右上斜線區域、一左上斜線區域、一左下斜線區域及一右下斜線區域之區域亮度值 B 、 C 、 D 、 E ，而得到一總亮度值。

2. 結果與討論

圖 17 為導光板檢測結果，從圖中顯示出每一顆的座標值以及亮度值，在外形檢測上也可以判斷出是否有雜質干擾，而影響到單一發光的效果。

由圖中可以看出檢測點所在的位置，以及與資料表的對應關係。從表 4 的資料表可以發現到，亮度資料是介於 23 至 46 之間，而且由於圖 18 中的

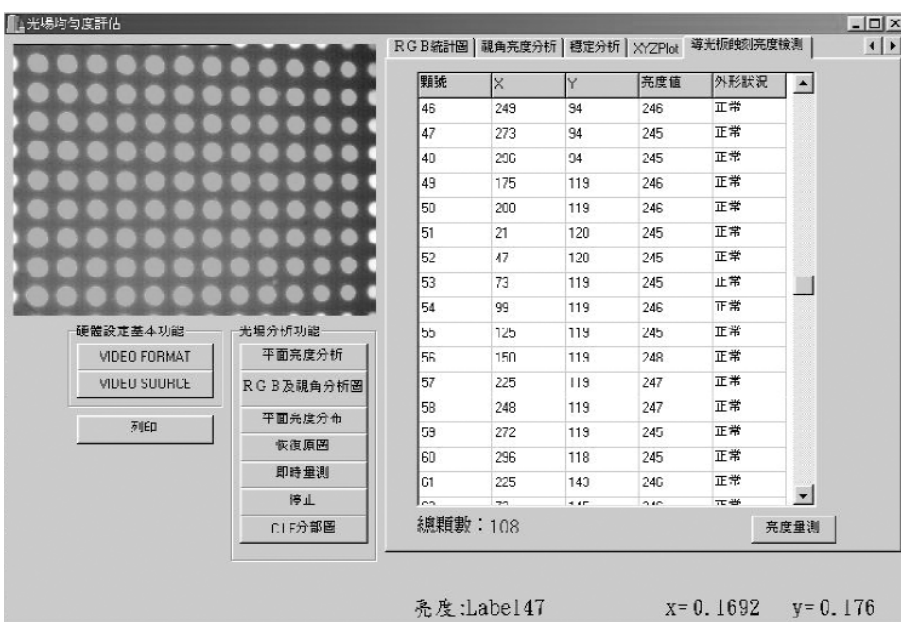


圖 17. 導光板檢測結果。

表 4.
背光模組測試資料圖表。

行	列		行	列		行	列		行	列	
1	8	25.16	1	6	46.85	1	4	41.33	1	2	34.89
2	8	25.03	2	6	31.48	2	4	32.22	2	2	29.19
3	8	24.04	3	6	27.02	3	4	27.89	3	2	26.77
4	8	23.79	4	6	24.60	4	4	25.47	4	2	24.91
5	8	23.36	5	6	24.48	5	4	24.72	5	2	23.61
6	8	23.18	6	6	25.72	6	4	26.52	6	2	25.53
7	8	23.79	7	6	28.82	7	4	30.67	7	2	27.82
8	8	25.03	8	6	36.19	8	4	37.86	8	2	33.15
1	7	34.89	1	5	45.05	1	3	46.23	1	1	29.19
2	7	28.38	2	5	32.78	2	3	31.79	2	1	27.27
3	7	25.84	3	5	27.39	3	3	27.89	3	1	25.28
4	7	23.92	4	5	25.28	4	3	25.03	4	1	23.98
5	7	23.73	5	5	24.60	5	3	24.60	5	1	23.67
6	7	24.29	6	5	26.52	6	3	26.34	6	1	24.04
7	7	26.21	7	5	30.36	7	3	29.99	7	1	25.47
8	7	32.35	8	5	36.25	8	3	37.62	8	1	26.40

背光模組是兩側入光式，因為所使用的入射光源過少，而遠離光源部分也就是接近背光模組中心位置的亮度值較小，我們從表中的亮度資料也得證了這項的結果。

背光模組光場均一性的判定是經由光場明暗分布的狀況來判別，圖 19 顯示背光模組樣式的光場假色運算分析，從圖中不同顏色所代表的亮度分布的方式可以看出光場是否有均一的趨勢，以及顏色所對應的亮度值範圍。

我們可歸納出以下幾點結論：

- (1) 利用邊緣補償方式找出背光板的中心點位置，能防止由於邊緣部分的光場不勻稱，而影響到

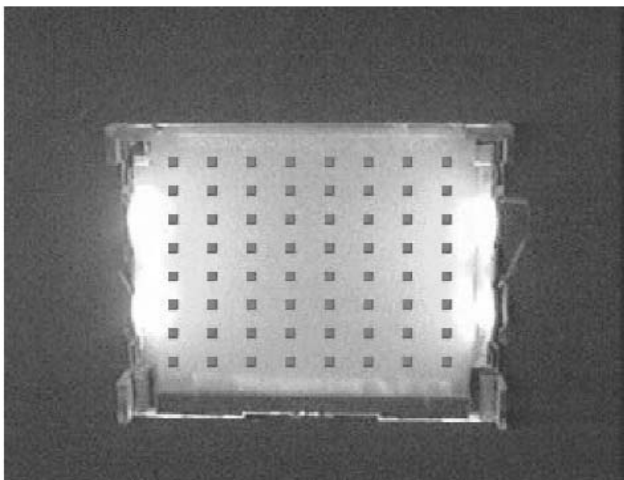


圖 18. 背光模組測試圖。

背光板光場中心點的位置。

- (2) 利用矩陣式檢測點的分布方式的優點，不僅能讓使用者清楚的知道檢測的位置，而且也能一次分析出多點的數據。
- (3) 由於背光板的光源大部分是放置於兩側邊，因此光場的分布情況顯示出中心位置較暗，而越是接近光源的部分越亮，所以一般較常分析的位置是背光板接近中心的部分，而利用分布檢測點中心移動方式的好處是能方便調整檢測點的檢測位置。
- (4) 利用假色運算及光場立體圖的方式，可以很容易分析及觀察出整個背光板光場的輝度分布狀況。
- (5) 背光板加工孔洞之氣泡、熱影響區及霧化現象，與背光板之光束品質及發光效率息息相關，所以加工高度的選定須注意。可參考視覺檢測，以選擇適當的工作參數，提高加工品質，將誤差減至可容許的範圍內。

五、LCD 透明玻璃間隙的光電量測方法與系統開發

1. 透明玻璃間隙之光電量測

早期的 LCD 曝光機為了控制光罩 (mask) 與基板 (substrate) 之間間隙，必須在光罩上貼一層特殊的透明薄膜，並在曝光前將基板緊貼此一薄膜，

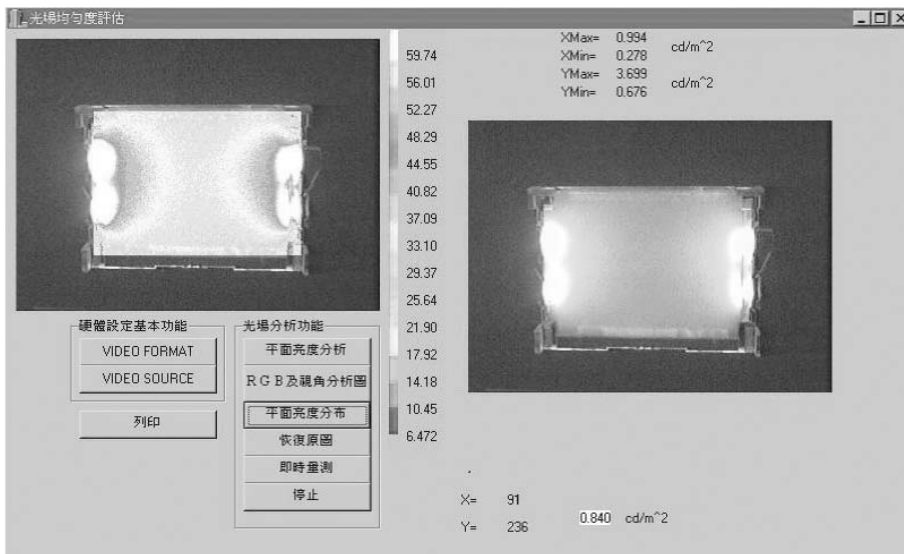


圖 19. 背光模組假色運算圖。

藉此以得到良好的曝光品質。但由於此一方式為直接接觸，薄膜易磨損，進而影響曝光品質，因此日本的 LCD 曝光機製造廠商的工程人員利用光學系統及 CCD 量測技術開發出能量測回饋光罩及基板之間的非接觸檢測系統，此即所謂的 gap sensor。目前日本的 LCD 曝光機製造廠商把 gap sensor 視為 LCD 曝光機的關鍵組件，不輕易透露任何相關的技術資料。雖然目前日本的 OMRON 公司已研發出量產型的 gap sensor，但由單價太高 (50 萬/組，一台 LCD 曝光機需 3-4 組，故成本過高) 及可用性待確認，使得台灣的設備製造廠商縱然能開發出性能規格相同的 LCD 曝光機，亦無法與日本廠商作成本上的競爭。本研究主要在探討應用雷射光源、光學透鏡模組、影像擷取系統及光點位置估測演算法量測兩片玻璃之間間隙的技術方法⁽¹²⁾。現就系統之關鍵問題進行分析與模擬，步驟及方法詳述如下。

(1) 雷射光束反射光強度分析

從光的波動理論可知：

$$\text{振幅反射率} - s \text{ 分量} : r_{\perp} = \frac{n_1 \cos \theta_1 - n_2 \cos \theta_2}{n_1 \cos \theta_1 + n_2 \cos \theta_2}$$

$$\text{振幅反射率} - p \text{ 分量} : r_{\parallel} = \frac{n_2 \cos \theta_1 - n_1 \cos \theta_2}{n_2 \cos \theta_1 + n_1 \cos \theta_2}$$

$$\text{振幅透射率} - s \text{ 分量} : t_{\perp} = \frac{2n_1 \cos \theta_1}{n_1 \cos \theta_1 + n_2 \cos \theta_2}$$

$$\text{振幅透射率} - p \text{ 分量} : t_{\parallel} = \frac{2n_1 \cos \theta_1}{n_2 \cos \theta_1 + n_1 \cos \theta_2}$$

因所使用的雷射光源為非偏振光，其 p 分量和 s 分量的能量都等於入射能量的一半，所以入射光的能量反射率為

$$\rho = \frac{1}{2}(\rho_s + \rho_p) = \frac{1}{2} \left[\left(\frac{n_1 \cos \theta_1 - n_2 \cos \theta_2}{n_1 \cos \theta_1 + n_2 \cos \theta_2} \right)^2 + \left(\frac{n_2 \cos \theta_1 - n_1 \cos \theta_2}{n_2 \cos \theta_1 + n_1 \cos \theta_2} \right)^2 \right]$$

若忽略介質的吸收率，假設：入射角 = 30°、 $n_1 = 1$ 、 $n_2 = 1.52$ ，加以運算，可得到

$$R_1 : R_2 : R_3 : R_4 : R_5 = 35.4 : 20.6 : 28 : 16.2 : 0$$

經實際取像及線強度輪廓分析驗證， R_1 、 R_2 、 R_3 及 R_4 (圖 20) 反射光強度的相關比率為

$$R_1 : R_2 : R_3 : R_4 = 27 : 25 : 26 : 23$$

(2) 雷射光束反射光之幾何尺寸分析

為求得雷射光束反射光 R_2 與 R_3 的間距尺寸與兩片玻璃的間隙尺寸 gap 之幾何關係，依據光的反射定律及折射定律，可求得

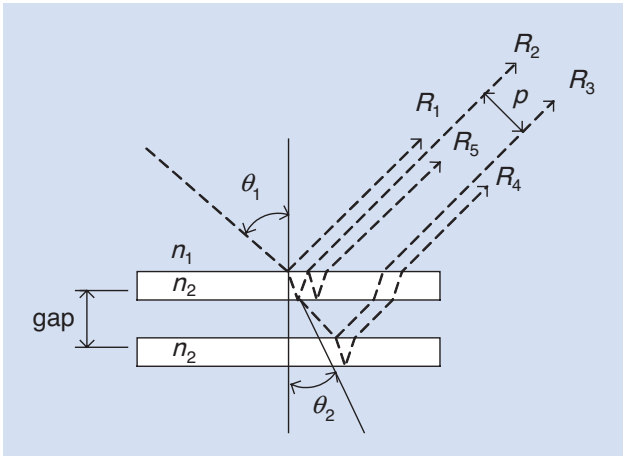


圖 20. 反射光強度分布狀況解說示意圖。

$$gap = \frac{p}{2 \sin \theta_1}$$

2. 系統模擬及實際驗證

系統模擬方法如下所述：

- (1) 以 $1 \mu\text{m}$ 為單位，移動微進給滑台 $99 \mu\text{m}$ ，並擷取反射光 R_1 、 R_2 、 R_3 及 R_4 的光強度線輪廓，如圖 21 所示。
- (2) 分別利用重心估算法、傅利葉相位偏移法及相關近似法估測分析所擷取之反射光 R_2 和 R_3 間距離之線性變化量，即兩片玻璃間隙的線性變化量。
- (3) 背景雜訊較大時之系統線性偏差的驗證結果如表 5 所示。

綜合上述之光點位置估測演算法的模擬結果及系統實際驗證的結果可知：

- (1) DC 雜訊對重心估算法影響相當大，但對傅利葉相位偏移法幾乎沒有影響。

表 5. 系統線性偏差在背景雜訊較大時的驗證結果比較。

方法及結果 驗證的條件	重心估算法		傅利葉相位偏移法		相關近似法	
	線性偏差 最大值	線性偏差 最小值	線性偏差 最大值	線性偏差 最小值	線性偏差 最大值	線性偏差 最小值
<ul style="list-style-type: none"> • 入射角 = 30° • 背景雜訊的標準偏差 5.76 • DC offset = 11.18 	1.048	-1.672	0.146	-0.275	0.178	0.072

單位：像素

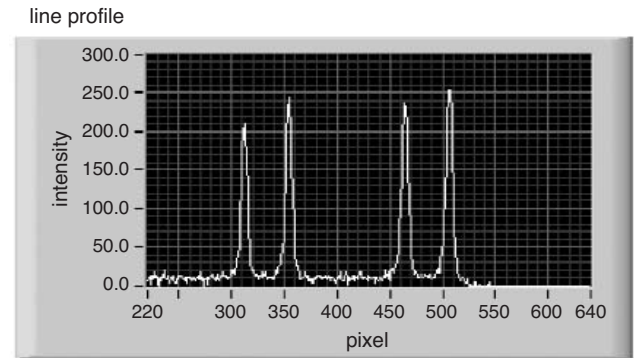


圖 21. 背景雜訊較大時的光強度線輪廓。

- (2) 重心估算法比傅利葉相位偏移法易受高頻雜訊影響。
- (3) 若愛里分布圖樣的波形振盪程度不大，愛里分布圖樣和高斯分布圖樣對整個量測系統的精度之影響差異不大。
- (4) 背景雜訊愈大，重心估算法及傅利葉相位偏移法線性偏差愈大。相較之下，背景雜訊對重心估算法影響較大，傅利葉相位偏移法的估測精度比重心估算法較佳。
- (5) 改善估測精度最有效的方法為降低背景雜訊。

六、結語

本文介紹液晶顯示器 (LCD) 的製程中相關之自動化光學檢測 (automatic optical inspection, AOI) 工作，並針對適用於液晶顯示器基板之自動檢測提出新的作法，這些 AOI 系統有如下之特點：

1. 節省人工成本，並降低熟練人員的技術方面的需求。
2. 免除人工從事枯燥反覆之利用肉眼檢驗工作，

予以工程人員有較高創作機會。

3. 利用電腦分析提供測試資訊，提高校正、診斷的功能，可配合自動化機械高速生產作業，降低生產成本。

參考文獻

1. T. Kido, *International Test Conference*, 795 (1992).
2. T. Kido, *IEEE Journal on Electronics*, **1** (4), 993 (1995).
3. K. Nakashima, *10th International Conference on Instrumentation and Measurement Technology*, Hamamatsu, 689 (1994).
4. S. M. Sokolov and A. S. Treskunov, *International Conference on Robotics and Automation*, France, 1578 (1992).
5. C.-S. Lin, H.-C. Pu, C.-H. Chen, and D.-C. Chen, *Optik*, **108** (3), 133 (1998).
6. W. C. O'Mara., *Liquid Crystal Flat Panel Display: Manufacturing Science & Technology*, 1st. ed., Van Nostrand Reinhold, Ch. 2 (1993).
7. C.-S. Lin, Y.-L. Lay, C.-C. Huan, H.-C. Chang, and T.-S. Hwang, *Optik*, **114** (4), 151 (2003).
8. 游國清, 林宸生, LCD 組裝製程之影像定位系統研究, 2003 中華民國自動控制研討會暨生物機電系統控制與應用研討會 (2003).
9. 林宸生, 應用於光電元件之視覺化光場檢測方法, 中華民國發明專利, 2002 公告編號: 499562 號.
10. 林宸生, 吳韋潤, 簡志忠, 倪瑞銘, 簡槐良, 蔡永煌, LCD 背光板光場視覺檢測裝置, 中華民國新型專利, 2003 公告編號: 549468 號.
11. C.-S. Lin, W.-Z. Wu, Y.-L. Lay, and M.-W. Chang, *Optics and Laser Technology*, **33/7**, 523 (2001).
12. 卓家軒, 林宸生, 透明玻璃間隙的光電量測方法研究與系統開發, 第二十屆機械工程研討會, 台北國立台灣大學 (2003).

-
- 林宸生先生為國立中央大學光電科學博士，現任逢甲大學自動控制工程學系教授。
 - Chern-Sheng Lin received his Ph.D. in optical sciences from National Central University. He is currently a professor in the Department of Automatic Control Engineering at Feng Chia University.