

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

TFT-LCD 導電粒子與電路對位之自動檢測

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC93-2212-E-216-007-

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：羅鵬飛

計畫參與人員：陳彥良、徐忠義、許福麟

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 94 年 10 月 12 日

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

TFT-LCD 導電粒子與電路對位之自動檢測

An Automatic Inspection on the Conductive Particles and Circuit Alignment of the TFT-LCD

計畫編號：NSC 93-2212-E-216-007

執行期限：93 年 8 月 1 日至 94 年 7 月 1 日

主持人：羅鵬飛 中華大學機械工程學系

計畫參與人員：陳彥良、徐忠義、許福麟

一、中文摘要

電路壓合是薄膜電晶體液晶顯示器 (TFT-LCD) 生產流程中不可或缺的製程之一，其主要的工作是將面板線路與 IC 線路通過導電粒子導通，以達到電流信號流通的目的。本文即發展一自動化視覺檢測系統，以檢測電路壓合後導電粒子是否有足夠數量存在於 IC Pad 區域內，以及壓合過程中面板線路與 IC 線路是否對位。本文首先利用高斯高頻濾波器銳化影像，接著以 Log 轉換增加影像灰階對比度，最後使用邊緣特徵閾值計算法 (boundary characteristic threshold method) 求得影像二值化之閾值，並以此為二值化的臨界基準值，以便將顆粒自影像中分割出來，再進行物件標號，可判斷導電粒子在 Pad 內是否有足夠的顆粒數。此外，本文以中值濾波減少對位圓影像雜訊，再利用 Sobel 尋邊法搜尋其邊界，以得到對位圓邊緣座標點位置與梯度，最後使用 Hough 轉換法得到對位圓，以判斷面板線路與 IC 線路是否對位。

關鍵詞：TFT-LCD、電路壓合、導電粒子、對位圓、高通濾波、Hough 轉換

Abstract

Circuit press is one of the most important manufacturing processes in the manufacturing of TFT-LCD. The main work of this process is to connect the circuit between the panel and the IC pad through conductive particles so that the current signal is conductible. In the paper an automatic vision inspection system has been developed to count the amount of the conductive particles to check if there is enough particles in the IC pad area after the circuit press. Meanwhile, the extent of the circuit alignment between the panel and the IC pad is also inspected. Firstly, the image of an IC pad is sharpened using a Gaussian high pass filter, and a Log transformation is applied to enhance the contrast of the sharpened image. Then the moment preserving method is used to threshold the enhanced image so that the amount of the conductive particles can be counted by component labeling method. In addition, the image of the alignment circles is thresholded, and Sobel operator is used to search the edge points. The alignment circles are then obtained using Hough transform to judge whether the circuit alignment between the panel and the IC pad is aligned or not.

Keywords: TFT-LCD, circuit press, conductive particles, alignment circle, high pass filter, Hough transform

二、緣由與目的

TFT-LCD 主要分三大製程，前段 Array 製程類似於半導體製程，不同的是將薄膜電晶體製作於玻璃上，而非矽晶圓上；中段的 Cell 製程是把前段的玻璃做為基板，與彩色濾光片的玻璃基板組合，並在兩片玻璃間注入液晶；後段模組組裝製程是將背光模組、電路與外框以及其它零件組裝。而在後段的 COG 封裝中，是將玻璃基板與 IC 電路導通的重要過程，其中導電粒子在壓合後於 IC 上的顆粒數多寡，以及晶片接腳與玻璃基板是否對位，影響產品品質甚鉅。目前大部分業界，仍使用人工以高倍顯微鏡對產品作目視檢驗，這種方式耗時費力，也常由於個人視覺疲勞與個人感官上的差異，而造成許多判斷上的誤差。同時，裸眼檢測，容易造成人員的視力損害，且無法全天候工作，更會因疲勞造成疏忽而使產品良率下降。因此，自動化檢測為 TFT-LCD 製程上的重要課題。

近年來在 TFT-LCD 的檢測上，有相當數量的論文對此做深入的探討與研究，例如，Jung-Hun Kim 等人[1] 利用視覺系統，以四個高性能數位訊號處理建立一個平行結構(architecture)和 pipeline 演算法去縮短處理數個線掃描攝影機的影像資料的時程，對 TFT-LCD 上的污染物和缺陷做大面積且快速的檢測。Lin 等人[2]使用視覺技術，以 wrapping 演算法在 LCD 背光模組在偏光板嵌入前，檢測其光線反射均勻程度。Shimizu 等人[3]利用雷射光譜，檢測 LCD 表層保護膜下的異物。Nakashim[4]利用傅立葉濾波器和影像相減法，檢測彩色率光片上之瑕疵。Sokolov[5]以 LCD 自動化檢測之規則系統與硬體架構，解決即時小瑕疵檢測之困難。Kido[6]在主動式液晶顯示器(AMLcds)檢測上，使用表面反射的非破壞性檢測方

法，偵測光學電荷，並得到瑕疵型態與位置。

綜觀以上研究，尚缺乏對 COG 封裝過程中導電粒子的分佈情況，以及其壓合時對位是否準確做探討。因此，本文將發展一檢測系統，於玻璃基板和驅動 IC 壓合之後，自動檢測 IC Pad 與玻璃基板重疊準確度以及 Pad 區內導電粒子顆粒數是否達五顆以上，以確保玻璃基板與驅動 IC 間電路導通的良好品質。

三、研究方法

3.1 導電粒子檢測

在影像中，導電粒子相對於背景而言顯得難以判別，因此本文將在頻率領域強化導電粒子邊界資訊，以取得較易判斷之影像。本文先將導電粒子影像 $f(x, y)$ 經快速傅力葉轉換後以得其頻率領域 $F(u, v)$ ，再使用修正的高斯高通濾波進行處理，以強化此影像之高頻部分，亦即導電粒子之邊緣。修正的高斯高通濾波可表示為下式 [7]

$$H(u, v) = (r_H - r_L)[1 - e^{-c(D^2(u, v)/D_0^2)}] + r_L \quad (1)$$

上式，D 為從傅立葉轉換中心算起的距離，可表示為

$$D(u, v) = [(u - M/2)^2 + (v - N/2)^2]^{1/2} \quad (2)$$

而 D_0 為遮斷頻率(Cut-off frequency)， r_H 和 r_L 則分別為低頻(照明)和高頻(反射)參數。實驗結果顯示， $r_H=1.86$ 與 $r_L=0.89$ 時，可得較佳之處理結果。

在強化影像高頻部分後，本文使用 Log Transformations 來壓縮影像中灰階值較高的像素，同時擴張灰階值較低的像素，使影像有更明顯的對比度。Log 轉換方程式為

$$s = c \log(1 + r) \quad (3)$$

上式， c 為常數， s 為結果影像，而 r 則為原始影像。

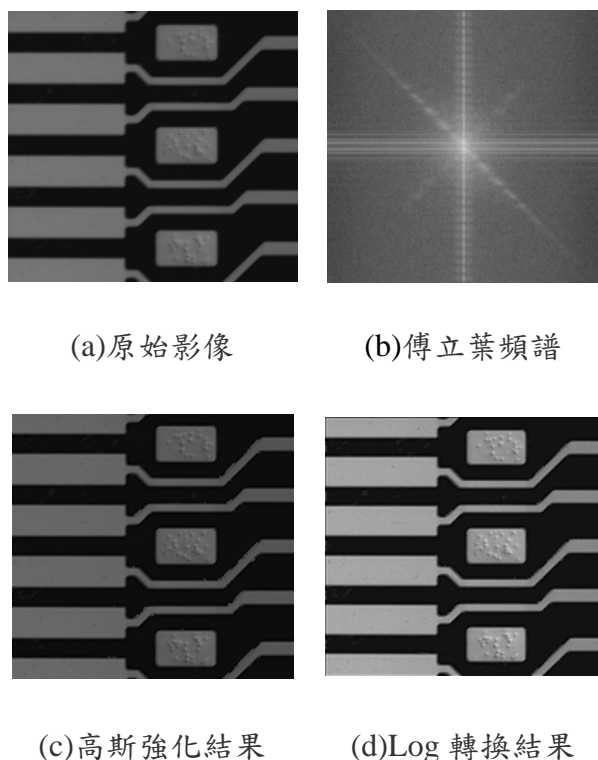


圖 1 第一組檢測影像

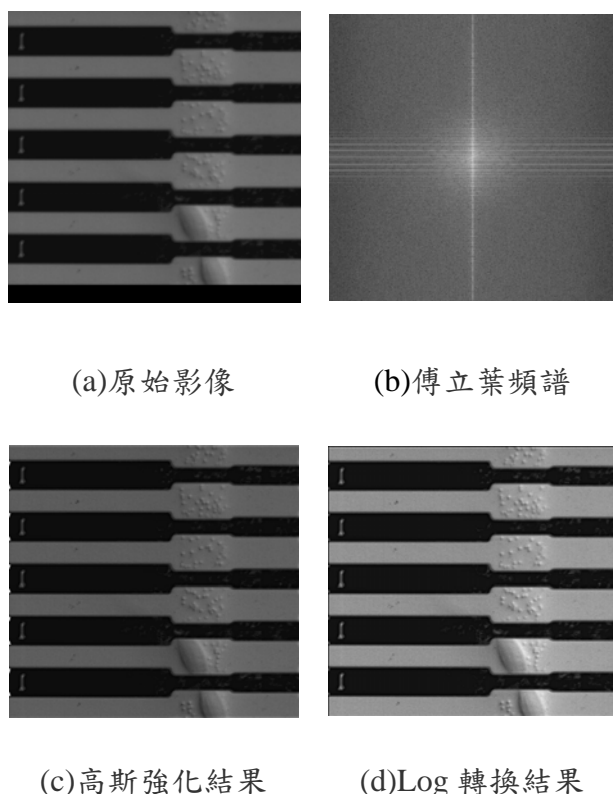


圖 2 第二組檢測影像

導電粒子影像經高斯高通濾波強化粒子邊緣，並以 Log 轉換增強影像對比度後，本文以 45 度方向之梯度運算(Gradient

operation)增強其特徵，再以矩量恆定法(Moment preserving) [8]計算其二值化臨界值(threshold)並進行二值化，最後使用標號法(Labeling component)計算 Pad 上導電粒子之顆粒數。圖 1 與 2 顯示對兩種不同形式的 IC Pad 做高頻增強處理後的結果。實驗結果顯示導電粒子經過處理後，Pad 上較不明顯的粒子變得較為清晰，可突顯其細微特徵，使得後處理更容易。而表 1 與 2 則為導電粒子顆粒的計算結果。檢測結果顯示，自動檢測顆粒數與肉眼判斷顆粒數大致相差 4 顆以內。在表 1 與 2 內，有幾個 Pad 顯示檢測顆粒數與肉眼判斷顆粒數有較大的差異，係由於某些導電粒子距離太近，容易將其誤判成一顆粒子所致。此外在導電粒子檢測中亦遭遇到下列幾個困難:(1)導電粒子相對於 Pad 而言，所佔面積小高度低，因此邊界不易判斷，所以取像時光源的使用必須正確，建議使用同軸光源。(2)粒徑太小之導電粒子難以檢測，因此本文將之忽略。

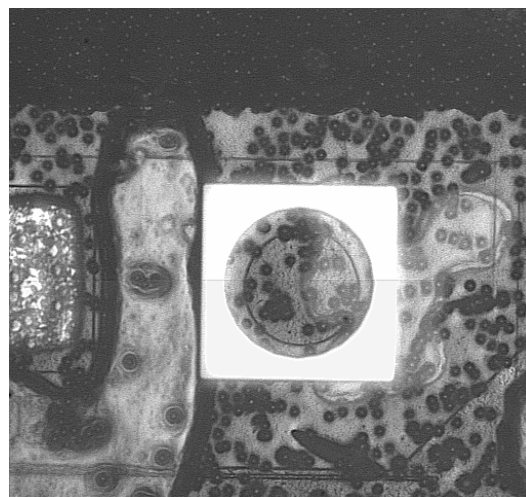


圖 3 對位圓影像

3.2 對位圓圓心位置檢測

圖 3 顯示對位圓影像，圖中之內圓為玻璃基板對位圓，而外圓則為 IC 對位圓。本文以二值化法及投影法，將此影像內對位圓的大致區域分離出來。經由廣泛的分析與試驗，本文以 $T=240$ 為臨界值，將此影像二值化，並對此二值化影像做斷開

(open)與閉合(close)的型態處理，以消除雜訊。接著本文以投影法，將大致的 Pad 區域分離出來。

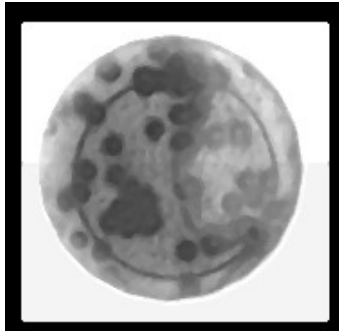


圖 4 中值濾波處理

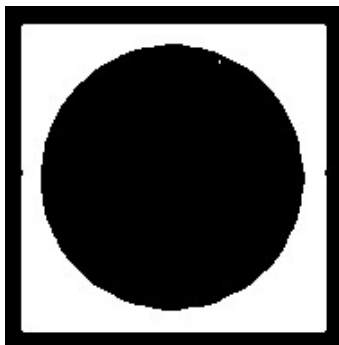


圖 5 外圓二值化影像



圖 6 內圓二值化影像

觀察圖 3 可知，外圓邊界清晰且明顯，而內圓則是雜訊干擾頗為嚴重。為求取外圓邊界，本文使用 Median Filter 先做平滑處理，因為此 filter 能夠在不改變影像像素值結構的情形下，將高頻雜訊去除，且能保持邊緣銳度，對於欲求取之圓邊界資訊可保持最佳的結果。其原理是將 3×3 影像遮罩內之像素值排序，並且找出中間值，而遮罩內中間像素之灰階值則以該中間值取代，圖 4 為處理後之結果。由於外圓邊界明顯，因此本文使用 $T=240$ 為一門檻值，可以很簡易的得到其二值化影像，

如圖 5 所示。對於內圓，本文採不經過 Median Filter 平滑而直接二值化影像，以儘量保留內圓邊界資訊。本文利用邊緣特徵法來求取二值化閾值 T_0 ，因為內圓相對於影像背景其邊界資訊顯得較少且被干擾，而此法對於物體在影像中只佔少數比例時，在二值化閾值的計算上有不錯的效果。二值化閾值 T_0 之計算方法為

$$T_0 = \frac{\sum_x \sum_y e(x, y) \times f(x, y)}{\sum_x \sum_y e(x, y)} \quad (4)$$

$$\text{式中，} \quad e(x, y) = |f(x+1, y) - f(x, y)| + |f(x, y+1) - f(x, y)|$$

圖 6 為內圓二值化處理後影像。接著本文以 Sobel 運算處理此內圓與外圓之影像，以得到凸顯其邊界點之影像 $G(x, y)$ ，圖 7 即顯示處理後影像。

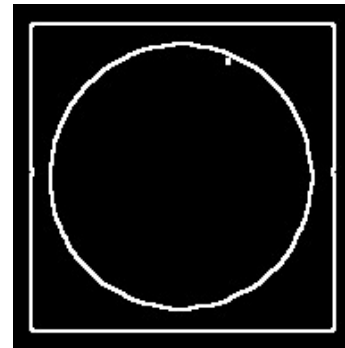


圖 7 (a) 外圓 Sobel 處理後影像



圖 7(b) 內圓 Sobel 處理後影像

觀察圖 7 影像結構，發現外圓邊界完

整，但內圓卻是殘缺不全，為求取內外圓圓心，本文採用 Hough transform 處理，因為其特點在於抗干擾能力強，即使待測線條上有擾動或斷裂，甚至是虛線，在經過轉換後都能得到很明顯的峰值。

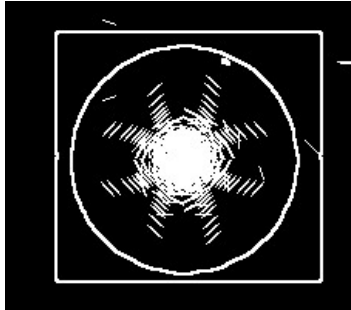


圖 8(a) 外圓 Hough 平面

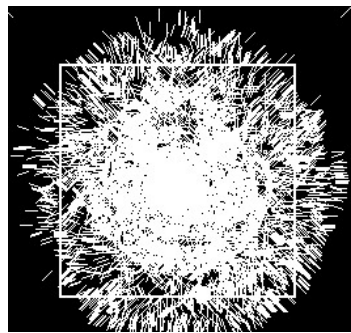


圖 8(b) 內圓 Hough 平面

在極座標中，圓的參數方程式可表示為

$$\begin{cases} x = a + r \cos \theta \\ y = b + r \sin \theta \end{cases} \quad (5)$$

上式可改寫成

$$\begin{cases} a = x - r \cos \theta \\ b = y - r \sin \theta \end{cases} \quad (6)$$

式中， (x, y) 為圓周上之邊界點， r 為圓半徑，而 θ 為該邊界點之法線向量與水平軸之夾角，可由下式計算其值。

$$\theta = \sin^{-1} \frac{\partial f / \partial y}{\partial f / \partial x}$$

本文以下列演算法求取圓半徑以及圓心位置：

1. 量化(Quantize)參數 a 與 b 的參數空間。
2. 讓累加器陣列 $M(a, b)$ 之值為零。
3. 計算灰階梯度大小 $G(x, y)$ 與角度 $\theta(x, y)$ 。

4. 估計圓半徑 r_0 。自 r_0-10 至 r_0+10 pixel 的範圍內，每增量半徑 r 一個 pixel，即將在 $G(x, y)$ 的邊界點與角度 $\theta(x, y)$ 帶入方程式(6)，以計算 a 與 b 並增量 $M(a, b)$ 。
5. 有最大值的累加器所代表的位置即為圓心的位置。

圖 8 即顯示 (a, b) 切參數空間影像，最亮點即代表最大值，而此點即為圓心所在位置。圖 9(a) 與 (b) 則分別顯示所求取的外圓與內圓的圓心以及半徑。

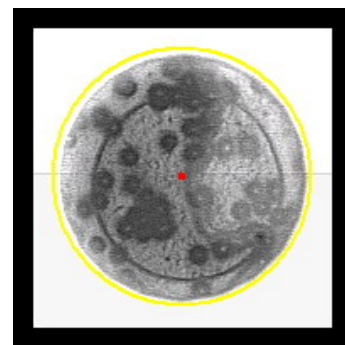


圖 9(a) 求取之外圓

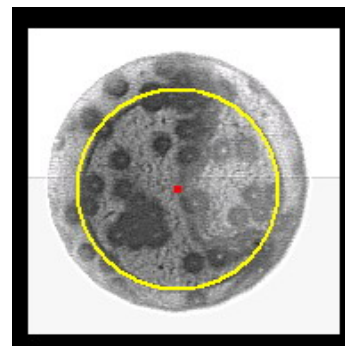


圖 9(b) 求取之內圓

觀察對位圓的影像，可發現外圓邊界雜訊干擾較少，而內圓邊界雜訊干擾則較為嚴重，但本文所提出的檢測方法，可解決此問題，並順利求得內圓圓心。本文針對各種不同對位圓作處理，以求取其圓心與半徑，並藉此判定對位圓是否同心，同時亦將求得之圓心與圓標示於如圖 9 所示之影像中。圖中顯示，所求得之圓與對位圓邊界大致相合。本文在對位圓檢測方面，遭遇困難為：(1) 在減少雜訊與增強邊界之間需取得一平衡點，通常雜訊愈少，所得結果將更準確，但消除雜訊同時，邊界資訊也將有部分遺失，因此做影像平滑處

理前需審慎評估此一影響。(2)對於未知半徑之圓需設定一範圍搜尋，如此將增加計算機運算量，且搜尋範圍設定愈大，檢測結果愈不準確，因此搜尋範圍的設定頗為重要。最佳狀況是在已知圓半徑下進行搜索。(3)因為 Hough 轉換是以投票機制來決定圓心位置，因此影像取像倍率大，較能有更多的像素點可供判斷，反之，倍率小則誤差較大。

四、結論

近幾年來，LCD 不斷的朝向輕薄、高畫質、反應速度快等方向改進發展，使用 LCD 的消費者也日益增加，如何達到產品品質的提高、降低生產成本以及提升產品競爭力將是業界必須思考的問題，而製程中全面的品質檢測將是不可忽視的一環。本文針對 LCD 製程中 COG 封裝檢測的需求，發展一視覺檢測系統，以檢測玻璃基板與 IC Pad 熱壓合後，導電粒子數量是否足夠導通電路，以及對位是否正確。實驗結果顯示，本文所提出的影像處理方法，可成功的檢測出導電粒子之顆粒數，並計算電路於壓合時之對位情形。若本文之檢測系統能夠與精密的移動平台進行整合，即可形成一線上自動檢測系統，可達到節省成本，提高產能的目的，這也是往後能進一步探討的方向。

五、參考文獻

1. J. H. Kim, S. Ahn, J. W. Jeon, and J. E. Byun, "A High-speed High-Resolution Vision System for the Inspection of TFT LCD," *IEEE International Symposium on Industrial Electronics*, Volume 1, 12-16 101-105, June 2001.
2. C. S. Lin, W. Z. Wu, Y. L. Lay, and M. W. Chang, "A Digital Image-based Measurement System for a LCD Backlight Module," *Elsevier Science*, 2001.
3. M. Shimizu, A. Ishii, and T. Nishinura, "Detection of Material Included in LCD Panels," *IECON 2000, 26th Annual Conference of the IEEE*, Volume 2, 836

-841, Oct. 2000.

4. K. Nakashima, "Hybrid Inspection System for LCD Color Filter Panels," *Proceedings of Instrumentation and Measurement Technology Conference*, vol.2, 689-692, 10-12 May 1994.
5. S. M. Sokolov and A. S. Treskunov, "Automatic Vision System for Final Test of Liquid Crystal Displays," *Proceedings Of 1992 IEEE International Conference on Robotics and Automation*, vol.2, 1578-1582, 12-14 May 1992.
6. T. Kido, "In-Process Inspection Technique for Active-Matrix LCD Panels," *Proceedings of International Test Conference*, Sept. 20-24 1992.
7. C. Gonzalez, E. Woods, *Digital Image Processing*, Prentice Hall International Editions, 2002.
8. E. J. Delp and O. R. Mitchell, "Moment Preserving Quantization," *IEEE Transactions on Communications*, 39(11), 1549-1558, 1991.

計畫成果自評

本研究內容與原計畫之相符程度約為 90%，並已達成下列之原計畫預期目標：

1. 以視覺影像的技術檢測 TFT-LCD 導電粒子數目之計數暨驅動 IC 與玻璃基板之對位
2. 本計劃所建立之檢測技術，可幫助國內 LCD 製造廠商，將 TFT-LCD 模組組裝製程檢測自動化。
3. 參與本計劃之人員充分瞭解國內 LCD 面板之生產與製造並整合光學與視覺系統，以建立自動檢測之硬體設備。

由於時間所限，本研究並未進行整合視覺檢測與平台控制，以建立完全自動檢測之軟硬體設施。但本研究除可在學術期刊發表外，並可作為 TFT-LCD COG 製程檢測之重要參考。

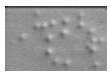

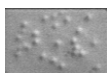

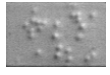

Pad	原始影像	二值化影像	二值化閾值	自動檢測 顆粒數	肉眼判 斷顆粒數	差異顆粒數
1			30	18	18	0
2			34	22	23	1
3			38	18	23	5

表 1 第一組檢測結果

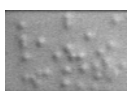

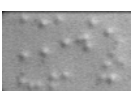

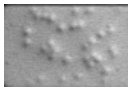

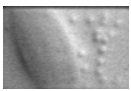

Pad	原始影像	二值化影像	二值化閾值	自動檢測 顆粒數	肉眼判 斷顆粒數	差異顆粒數
1			33	25	29	4
2			32	21	23	2
3			35	23	30	7
4			23	-	-	-

表 2 第二組檢測結果

可供推廣之研發成果資料表

可申請專利

可技術移轉

日期：94年10月08日

<p>國科會補助計畫</p>	<p>計畫名稱：TFT-LCD 導電粒子與電路對位之自動檢測 計畫主持人：羅鵬飛 計畫編號：NSC 93-2212-E-216-007- 學門領域：自動化</p>
<p>技術/創作名稱</p>	<p>TFT-LCD 視覺檢測系統</p>
<p>發明人/創作人</p>	<p>羅鵬飛</p>
<p>技術說明</p>	<p>電路壓合是薄膜電晶體液晶顯示器(TFT-LCD)生產流程中不可或缺的製程之一，其主要的工作是將面板線路與 IC 線路通過導電粒子導通，以達到電流信號流通的目的。本文即發展一自動化視覺檢測系統，以檢測電路壓合後導電粒子是否有足夠數量存在於 IC Pad 區域內，以及壓合過程中面板線路與 IC 線路是否對位。本文首先利用高斯高頻濾波器銳化影像，接著以 Log 轉換增加影像灰階對比度，最後使用邊緣特徵閾值計算法求得影像二值化之閾值，以便將顆粒自影像中分割出來，再進行物件標號，可判斷導電粒子在 Pad 內是否有足夠的顆粒數。此外，本文以中值濾波減少對位圖影像雜訊，再利用 Sobel 尋邊法搜尋其邊界，以得到對位圖邊緣座標點位置與梯度，最後使用 Hough 轉換法得到對位圖，以判斷面板線路與 IC 線路是否對位。</p> <p>Circuit press is one of the most important manufacturing processes in the manufacturing of TFT-LCD. The main work of this process is to connect the circuit between the panel and the IC pad through conductive particles so that the current signal is conductible. In the paper an automatic vision inspection system has been developed to count the amount of the conductive particles to check if there is enough particles in the IC pad area after the circuit press. Meanwhile, the extent of the circuit alignment between the panel and the IC pad is also inspected. Firstly, the image of an IC pad is sharpened using a Gaussian high pass filter, and a Log transformation is applied to enhance the contrast of the sharpened image. Then the moment preserving method is used to threshold the enhanced image so that the amount of the conductive particles can be counted by component labeling method. In addition, the image of the alignment circles is thresholded, and Sobel operator is used to search the edge points. The alignment circles are then obtained using Hough transform to judge whether the circuit alignment between the panel and the IC pad is aligned or not.</p>
<p>可利用之產業及可開發之產品</p>	<p>可應用於 TFT-LCD COG 製程中的導電粒子與電路對位之自動檢測。</p>
<p>技術特點</p>	<p>在頻率領域處理導電粒子影像，使粒子影像較為清晰，以利後續顆粒計數之處。以 Hough transform 抽取內圓(玻璃基板對位圖)與外圓(IC 對位圖)，以判斷面板線路與 IC 線路是否對位</p>
<p>推廣及運用的價值</p>	<p>可協助業界開發 TFT-LCD COG 製程檢測平台。</p>

※ 1. 每項研發成果請填寫一式二份，一份隨成果報告送繳本會，一份送 貴單位研發成果推廣單位（如技術移轉中心）。

※ 2. 本項研發成果若尚未申請專利，請勿揭露可申請專利之主要內容。

※ 3. 本表若不敷使用，請自行影印使用。