

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

影像定址技術在 PCB 光罩瑕疵檢測上之應用

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC92-2212-E-216-003-

執行期間：92年08月01日至93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

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 93 年 10 月 4 日

行政院國家科學委員會專題研究計畫年度報告

影像定址技術在 PCB 光罩瑕疵檢測上之應用

The Application of Image Registration Technique on the Defect Detection of PCB Photomasks

計畫編號：92-2212-E-216-003

執行期限：92年8月1日至93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

一、中文摘要

為了提高瑕疵之偵測率並降低誤判率，本研究採用金樣本比對法對PCB底片進行瑕疵檢測。首先以直方圖均值化法，解決光源不穩定所造成的問題；其次利用影像註記技術找出參考影像及待檢測影像之間的偏移量及旋轉量；接下來利用線性轉換公式將待檢測影像之偏移量及旋轉量修正回來；最後再利用影像相減法將待檢測影像內可能之瑕疵突顯出來。本研究以兩百對底片影像進行測試，結果顯示檢測一張780X582像素之影像，平均約需0.123秒。

關鍵詞：金樣本比對、影像註記、特徵匹配、瑕疵偵測

Abstract

To increase the flaw detection rate and lower the false-alarm rate, a subtraction-based flaw detection system for the inspection of PCB film has been developed. First, histogram equalization technique is applied to the image to conquer the problems arose from the instability of the lighting. Second, image registration technique is used to find the spatial relationship between reference and test images. Third, affine transformation is applied to

eliminate the spatial difference between the two images. Finally, image subtraction is applied to highlight any possible defect on the test image. Two hundreds pairs of film images have been test. The test results show that it takes only 0.123 second to inspect a 780x582 pixels image on average.

Keywords: GTC, Image Registration, Feature Matching, Flaw Detection.

二、計畫緣由及目的

底片是印刷電路板線路佈局的來源，因此底片品質在印刷電路板製程中扮演極為重要的角色。換言之，若底片品質不佳將使得後續生產之印刷電路板，出現短路、斷路、污染等缺陷。根據檢測時是否需要參考標準影像來分，PCB底片瑕疵檢測技術可分成參考比對檢測(Reference Based Inspection)及非參考比對檢測(Non-Reference Based Inspection)兩大類。

顧名思義，非參考比對法檢測時不需參考標準影像即可達到瑕疵偵測的目的。至於其判定是否為瑕疵的原理，主要是根據設計規則或使用者自定的規則來做驗證，只要是違反規則者即視為瑕疵，故此方法又稱為設計規則檢測法(Design-Rule Check，簡稱DRC)。一般說來非參考比對法具有速度快，

以及不須建立龐大資料庫可節省設備支出的優點；至於無法找出符合檢測法則之缺陷，以及無法完整檢測出因製程錯誤而未被印製之瑕疵，則為其缺點。

反之參考比對法則是將待檢測影像與俗稱金樣本之參考影像進行比對，故此方法又稱為金樣本比對 (Golden Template Matching, 簡稱 GTM) 或金樣本檢查 (Golden Template Checking, 簡稱 GTC)。由於有標準影像可資比對，因此參考比對法的檢測原理非常簡單，只要是與標準影像不相同的地方即可視為瑕疵。簡單及能夠完整地將所有瑕疵檢測出來，是此方法的優點。至於必須有穩定的光源以及完美的註記才能達到預期效果，則是此方法必需克服的問題。

由於本研究是以參考比對法進行瑕疵的檢測，以下就這方面的相關研究進行介紹。Hong 等人[1]係以 Gerber Data 做為檢測的依據，檢測時容許少許的偏移量誤差，此偏移量為線距膨脹和收縮之間的範圍。Kim 等人[2]提出一個即時的 PCB 檢測系統，使用 SAD (Sum of absolute difference) 進行參考影像及待檢測影像之間偏移量的註記，並以陰影修正演算法 (Shading Correction Algorithm) 對光源變異進行補償。Zhang [3]則是對整張影像使用單一板作相關性計算，以由粗到細的方式進行影像註記，此方法可獲得最佳的匹配精度。

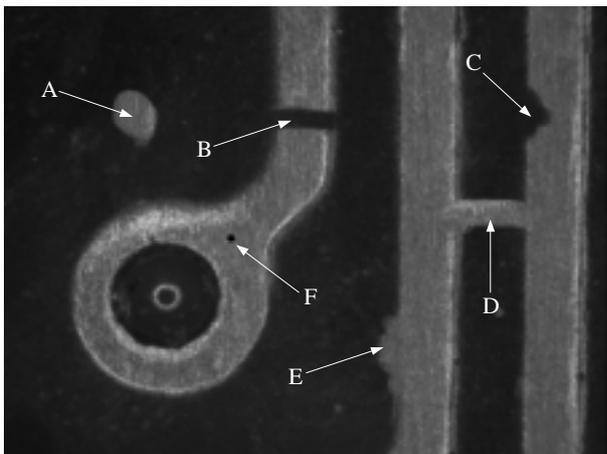


圖 1、PCB 底片常見之瑕疵，其中 A 至 F 分別代表污染、斷路、凹口、短路、突出、及針孔。

為了克服 DRC 法與生俱來的缺點，本研究將採用以影像相減為基礎之參考比對法，發展一套 PCB 底片瑕疵檢測系統。PCB 底片所需檢查的項目非常多，包括污染、斷路、凹口、短路、突出、及針孔等 (請參考圖 1 之瑕疵示意圖)。

三、研究方法

將標準影像與欲檢測之影像進行直接的比對，相異之處即為瑕疵，而眾多比對法中最簡單的就是直接將兩張影像進行相減。因此面對瑕疵檢測問題時，多數人最先想到的方法就是影像相減 (Image Subtraction)。令 $f(x,y)$ 及 $g(x,y)$ 分別代表標準影像及待檢測影像，所謂的影像相減就是將標準影像與待檢測影像針對空間域內各個像素進行點對點的相減運算，而相減後所得到的結果影像可以 $H(x,y)$ 表示，亦即

$$H(x,y) = f(x,y) - g(x,y) \quad (1)$$

邏輯運算中之 XOR 屬於影像相減技術的一種，將標準影像與待檢測影像施行 XOR 運算後，其結果會留下兩張影像相異的部份。請參考圖 2 及其說明，當兩影像之光源及位置完全相同時，XOR 後將只留下瑕疵。使用 XOR 主要是因為 XOR 具有原理簡單、運算速度快、以及不需專業硬體亦可獲得極佳執行效率的優點。

雖然 XOR 具有上述優點，然而 XOR 瑕疵檢測技術的成功應用仍有許多問題必需解決。攫取待檢測影像及標準影像之時機不同，環境參數很難完全相同，因此攫取所得之影像可能會有所不同。例如：底片擺放位置不同會造成影像產生偏移與歪斜；光源亮度不同，會導致影像中之特徵尺寸改變；溫度不同會造成底片產生熱漲冷縮，導致影像大小不相同。因此 XOR 瑕疵檢測法中需克服的兩個主要問題：① 影像的註記及② 光源變異[1,2]。請參考圖 3 及其說明，當兩影像之位置有偏移時，XOR 並無法正確的將瑕疵偵測出來。

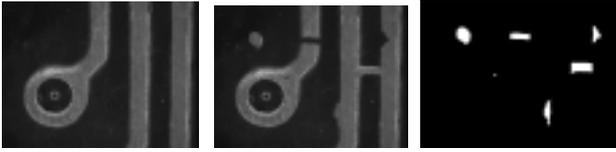


圖 2、XOR 運算範例一，左圖為標準影像；中圖為待檢測影像；右圖為 XOR 後所留下之瑕疵。理論上簡單的 XOR 運算即可輕易的將待檢測影像與標準影像的差異找出來。

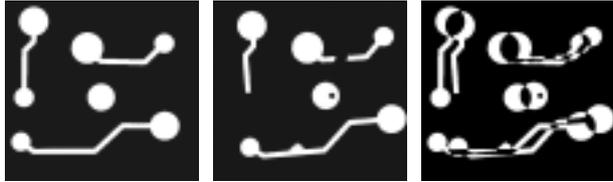


圖 3、XOR 運算範例二，左圖為標準影像；中圖為待檢測影像；右圖為 XOR 之結果。由於兩影像之位置有偏移，因此 XOR 並無法正確的將瑕疵找出來。

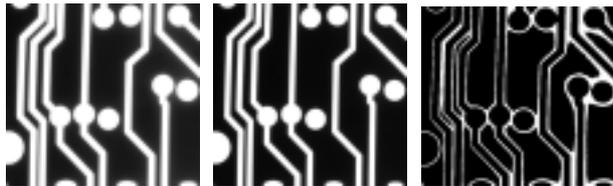


圖 4、XOR 運算範例三，左圖為標準影像；中圖為待檢測影像；右圖為 XOR 之結果。由於兩影像之光源亮度有所不同，XOR 也無法得到預期的結果。

同樣的，如圖 4 所示，即使待檢測影像之位置及內容與標準影像完全相同，差別只是擷取時所使用之光源亮度不同，XOR 的結果也不如預期。由此看來，影像相減前有必要將待測影像與標準影像兩者之間，因溫度及擺放位置所造成的差異（包括：位移量、旋轉量、及縮放量）消除，如此才能順利的將瑕疵偵測出來。

有鑑於此，為了讓 XOR 技術能夠有效的應用在瑕疵的檢測上，本研究利用直方圖均值化及註記技術克服上述問題，完成一套以 XOR 為基礎之參考比對技術，可完整的將待檢測影像中之瑕疵突顯出來。本研究檢測瑕疵的方法及步驟，請參考圖 5 所示之流程圖，下面就流程圖中幾個主要處理步驟做詳細的說明。

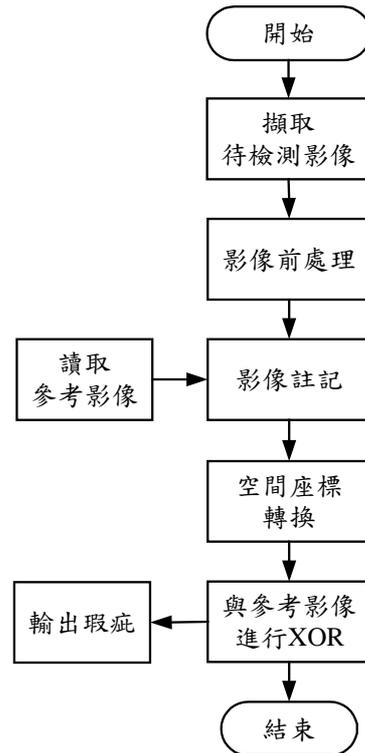


圖 5、瑕疵檢測流程

3.1 影像前處理

如前所述，當取像時之光源不同，或者受到雜訊的干擾，此時即使使用同一張底片，擷取所得之影像也會有所差異。因此影像前處理的主要目的就是要解決因為雜訊或光源變異所產生的問題。

對於光源變異所造成的問題，本研究是以直方圖均值化(Histogram Equalization)技術克服。直方圖均值化法是利用轉換函數 $T(\cdot)$ 將輸入影像 f 轉換成一幅均勻分佈的輸出影像 g ，亦即

$$g = T(f) \quad (2)$$

根據所使用之轉換函數，直方圖均值化法又有均勻型、立方根型、指數型、...等數種型式。本研究曾針對上述各種型式進行比較，以了解那一種型式之直方圖均值化法對光源變異具有最佳之補償效果。在經過實際影像測試後發現，其中以立方根型對本研究所欲處理之影像具有最佳的效果。在此僅就立方

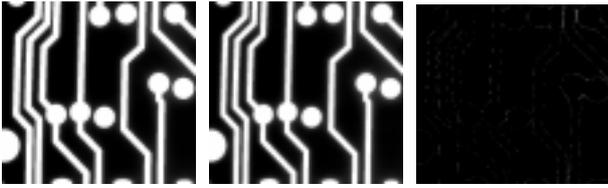


圖 6、XOR 運算範例四，左圖為標準影像；中圖為待檢測影像；右圖為 XOR 之結果，可見參考影像及待檢測影像間因光源變異所產生的差異，經立方根型直方圖均值化處理後幾乎都被消除了。

根型直方圖均值化法，所使用之轉換函數進行說明。立方根型直方圖均值化之轉換函數 $T(f)$ 可以下式表示：

$$T(f) = \left[\left(\sqrt[3]{g_{\max}} - \sqrt[3]{g_{\min}} \right) \cdot (P_f(f)) + \sqrt[3]{g_{\min}} \right]^3 \quad (3)$$

其中 g_{\min} 及 g_{\max} 分別代表輸出影像 g 所欲對應之像素灰階值區間，在此 g_{\min} 及 g_{\max} 分別設成 0 與 255； $P_f(f)$ 為漸增分佈函數 (Cumulative Distribution Function)，可以下式表示：

$$P_f(f) = \frac{f - f_{\min}}{f_{\max} - f_{\min}} \quad (4)$$

請參考圖 6，其中左圖及中圖分別是圖四左圖及中圖直方圖均值化處理過之結果影像，右圖則為左及中兩影像 XOR 之結果。由結果影像可見，參考影像及待檢測影像之間因光源變異所產生的差異，經立方根型直方圖均值化處理後大致都被消除了。

3.2 影像註記 (Image Registration)

理論上兩張完全相同之影像進行 XOR 運算後，可獲得一幅全黑的影像。然而在實際檢測過程中，很難確保待檢測底片與標準底片擺放的位置完全相同，使得攫取所得之待檢測影像與標準影像在位置及方向上多少會有所不同，導致 XOR 的結果不具參考價值，請參考圖 3 及其說明。由此看來，在影像相減前，除了必需針對光源的變異進行補償外，還必需針對待檢測影像及標準影像兩者之間的相對偏移量和旋轉量進行修正。

找出待檢測影像相對於標準影像的位移量、旋轉量、及縮放量，並將上述差異修正回來的過程即稱為影像註記[4]。影像註記的方法相當多，有些研究是以相關係數法進行註記，有些研究則是以特徵匹配法進行註記。基於速度的考量，本研究係採用特徵匹配法進行影像的註記。為了方便說明，在此將以特徵匹配為基礎之影像註記法，分成特徵抽取、特徵匹配、及空間座標轉換參數計算三個步驟，說明如下。

3.2.1 特徵抽取

所謂的特徵抽取就是將用於匹配的特徵，分別從標準影像及待檢測影像中抽取出來。特徵抽取是特徵匹配的第一個步驟，而特徵抽取的首要工作就是決定將以那些特徵（邊角點、形心、交點、邊界點等）進行配對[5,6]。請參考圖 7 所示之特徵抽取流程圖，在特徵的抽取上本研究首先利用邊緣偵測運算子 (Edge Detector)，找出物體邊緣。邊緣偵測子的種類也相當多，同樣的經過實際測試後發現 (表 1 所示)，其中以下式所示之自訂型水平邊緣偵測子對於瑕疵的偵測率最高，因此本研究採用此自訂型邊緣偵測子。

自訂型水平邊緣偵測子：

$$\begin{bmatrix} -1 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (5)$$

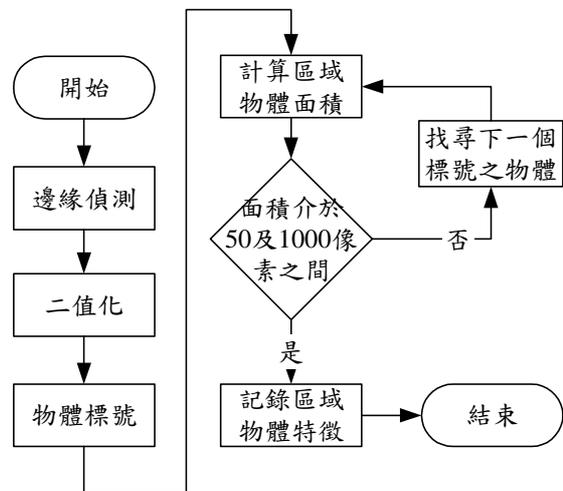


圖 7、特徵抽取流程圖

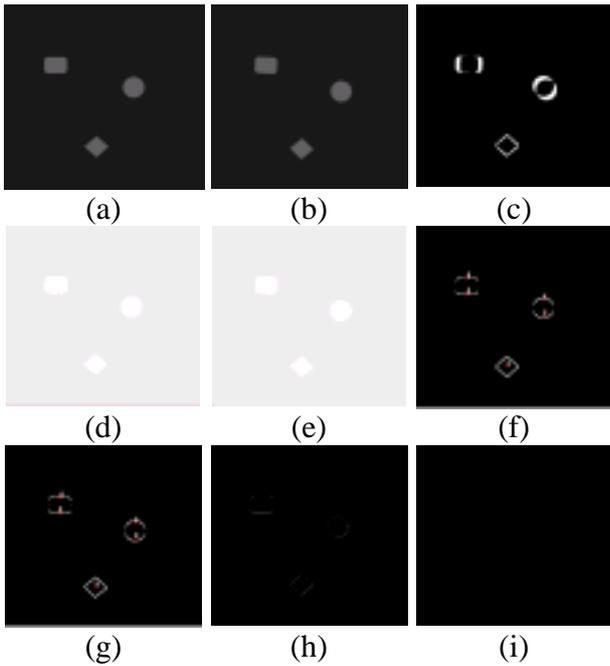


圖 8、瑕疵檢測流程說明例。(a)為參考影像；(b)為待檢測影像；(c)為 a 圖與 b 圖直接 XOR 之結果；(d)為 a 圖直方圖均值化之結果；(e)為 b 圖直方圖均值化之結果；(f)為 d 圖尋邊、二值化、及標號後之結果；(g)為 e 圖尋邊、二值化、及標號後之結果；(h)為 f 圖與 g 圖 XOR 之結果；(i)為 h 圖斷開一次之結果。

表 1、邊緣偵測子比較表

偵測子	Roberts		Prewitt	
遮罩	水平	垂直	水平	垂直
辨識率	38%	84%	86%	34%
	Sobel		自訂型	
遮罩	水平	垂直	水平	垂直
辨識率	56%	92%	96%	74%

水平邊緣偵測子偵測所得之邊緣，經過二值化後會形成一些封閉的區域物體。接著對所有面積介於 50~1000 像素之區域物體，進行標號，並抽取其特徵。抽取所得特徵中，各區域物體之形心則是計算空間座標轉換參數時的特徵點。請參考圖 8，其中 f 及 g 圖所示為邊緣偵測、二值化、及標號之結果，可見經上述流程處理後，可從參考影像及待檢測影像中分別抽取 5 個區域物體。

3.2.2 特徵匹配

假設 $X=\{x_i, i=1,2,\dots,k\}$ 及 $Y=\{y_j, j=1,2,\dots,l\}$ 分別代表從標準影像及待檢測影像中抽取出之特徵點所形成的集合，其中 X 與 Y 之特徵點數， k 與 l ，未必相同。值得注意的是，截至目前為止，我們所獲得的只是兩個特徵點集合，至於兩集合之間特徵點與特徵點之間的對應關係仍屬未知。特徵匹配是註記成功與否的關鍵，亦即，假使兩影像之間的特徵未能正確的配對，則無法計算出兩影像之間正確的偏移量及旋轉量，當然也就無法達到完美註記及瑕疵偵測的目標。

本步驟的主要目標就是要找出兩集合間特徵點與特徵點之間的對應關係，建立所謂的特徵對。建立特徵對的方法，通常是根據參考影像及待檢測影像抽取所得之特徵（此處為封閉區域），計算特徵間的相似度，此量測值可被用來將最相近的兩個特徵進行配對。以下就本研究所使用之相似度量測及配對法則進行說明。

3.2.2.1 相似度量測

特徵匹配前，首先計算參考影像及待檢測影像內所有封閉區域的特徵值，之後根據特徵值的相似程度，決定封閉區域的對應關係。在相似度的量測上，本研究是根據矩量不變的原理，建立參考影像特徵及待檢測影像特徵之間的對應關係。最後再根據配對法則將特徵點做配對的工作。

矩量不變：矩量不變指的是平面物體經平移、旋轉後其矩量具有維持不變的特性。對二維的數位影像而言，其 $p+q$ 次矩量， m_{pq} ，之定義如下：

$$m_{pq} = \sum_x \sum_y x^p y^q f(x, y) \quad (6)$$

當 $p=q=0$ 時，所得到之矩量， m_{00} ，為區域物體的面積。當 $p=1, q=0$ 時，所得到之矩量， m_{10} ，為該區域物體對 X 軸的一次矩；當 $p=0, q=1$ 時，所得到之矩量， m_{01} ，為

該區域物體對 Y 軸的一次矩。至於該區域物體的形心 (\bar{x}, \bar{y}) 可由下式求得：

$$\bar{x} = \frac{m_{10}}{m_{00}}, \quad \bar{y} = \frac{m_{01}}{m_{00}} \quad (7)$$

得到形心後，二維數位影像之 $p+q$ 次中心矩量， μ_{pq} ，可定義成：

$$\mu_{pq} = \sum_x \sum_y (x - \bar{x})^p (y - \bar{y})^q f(x, y) \quad (8)$$

在矩量的使用上，最常使用的為 1, 2, 及 3 次矩，除此之外，一些由 1, 2, 及 3 次矩所組合而成的矩量不變量 (Moment Invariants) 也經常被研究者採用 [7]。同樣的，在經過實際測試後發現， μ_{20} 及 μ_{02} ，比較適合本研究使用。因此，在抽取出區域物體的同時，一併計算面積、形心及慣性矩。以圖 8 所示之影像為例，從參考影像與待檢測影像中所抽取出之五個特徵，其慣性請參考表 2。

相對夾角: 上述計算所得之矩量，僅能提供區域物體相似程度的比較。由於圖 9 內標號 1 及 2 之區域物體，其幾何形狀非常類似，因此非常容易發生配對錯誤的情形。

表 2、區域物體對形心之二次矩

區域物體編號	參考影像		待檢測影像	
	μ_{02}	μ_{20}	μ_{02}	μ_{20}
1	432	42837	620	47187
2	340	42681	198	42990
3	3306	36840	4318	41501
4	3849	41686	4244	44247
5	111570	126571	52907	128091

表 3、區域物體與 X-軸之夾角

控制點	參考影像	檢測影像
1	90.00	94.40
2	-90.00	274.40
3	90.00	90.00
4	-90.00	-90.00
5	305.13	308.12

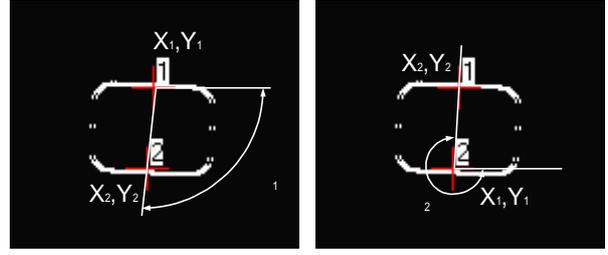


圖 9、相對夾角示意圖，從區域物體 1 (左圖) 所獲得之相對角度 $\theta_1 = 94.3987^\circ$ ，從區域物體 2 (右圖) 所獲得之相對角度 $\theta_2 = 274.3987^\circ$ 。

為了克服此問題，本研究將物體間的夾角加入判斷的行列，以提高配對的正確性。例如區域物體 1 可獲得相對角度為 $\theta_1 = 94.3987^\circ$ ，而區域物體 2 可獲得相對角度 $\theta_2 = 274.3987^\circ$ 。這一組參數可彌補上述矩量不變量的錯誤，增加檢測的強健性與準確度。表 3 所示之數據係計算圖 8f 與圖 8g 內區域物體間相對夾角所獲得之結果。

3.2.2.2 配對法則

完成參考影像及待檢測影像之特徵抽取及特徵值的量測後，接下來即可利用特徵向量進行配對。各個物體的特徵也許不止一個，而且特徵之間也是相互獨立的，因此由所有特徵值所形成的向量即稱為特徵向量。

令 $\vec{I}_{ref}^i = ({}^{ref}I_1^{(i)}, {}^{ref}I_2^{(i)}, \dots, {}^{ref}I_n^{(i)})$ 代表參考影像第 i 個物體之特徵向量； $\vec{I}_{sen}^j = (I_1^{(j)}, I_2^{(j)}, \dots, I_n^{(j)})$ 代表檢測影像第 j 個物體之特徵向量；其中 ${}^{ref}I_n^i$ 代表參考影像內第 i 個物體的第 n 個特徵值； ${}^{sen}I_n^j$ 代表參考影像內第 j 個物體的第 n 個特徵值。根據最短距離分類法計算 d_{ij} (計算公式如式 9)，可獲得彼此相對應的配對。

$$d_{ij} = \sum_{k=1}^m |({}^{ref}I_k^{(i)} - {}^{sen}I_k^{(j)})| \quad (9)$$

以圖 8 所示之影像為例，經過特徵匹配後，可得到四組如表四所列之匹配對。

表 4、特徵匹配結果

配合對	參考影像		待檢測影像			
	控制點	x	y	控制點	x'	y'
1	1	131	138	1	143	139
2	3	330	195	3	337	206
3	4	330	237	4	337	247
4	5	235	372	5	235	377

3.2.3 空間座標轉換參數計算

特徵點匹配完成後，可獲得兩組匹配成功的集合，一組是從標準影像中所抽取出來的，另一組則是從待檢測影像中所抽取出來的。接下來則是選擇標準影像與待檢測影像之間的空間座標轉換。所謂的空間座標轉換是將標準影像或待檢測影像，透過轉換函數轉變成一幅新的影像。常見之空間座標轉換類別包括剛體轉換 (Rigid Body Transformation)、仿射 (Affine) 轉換、透視 (Perspective) 轉換、投影 (Projective) 轉換、及多項式 (Polynomial) 轉換等數種不同型式，其中仿射轉換是由平移 (Translation)、旋轉 (Rotation)、及縮放 (Scale) 三種運算組合而成，屬於最廣為使用的一種。有見於底片擺放之位置可能會有所偏差，再者受到溫度變化的影響，底片也可能會產生些微的縮放現象，因此在轉換模型的選擇上，本研究採用仿射轉換。

決定空間座標轉換之形式後，接下來即可利用上個步驟所得到的特徵對，找出待檢測影像與參考影像間之偏移量及旋轉量。平面上之一般仿射轉換 (General Affine Transformation) 公式，可以下式表示：

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \alpha_1 & \alpha_2 & \alpha_0 \\ \beta_1 & \beta_2 & \beta_0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} \quad (10)$$

其中 (x, y) 及 (x', y') 分別代表參考影像與待檢測影像上任意點之座標，而 α_0 、 α_1 、 α_2 、 β_0 、 β_1 、及 β_2 則為仿射轉換之參數。

式 10 有六個參數要解，因此至少需三組特徵對才能求解。當特徵對超過三組時，則

可利用最小平方法推導出式 11 所示之求解公式[5]：

$$\begin{cases} \alpha = (B^T B)^{-1} (B^T R_x) \\ \beta = (B^T B)^{-1} (B^T R_y) \end{cases} \quad (11)$$

其中 $\alpha = [\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2]$; $\beta = [\beta_0, \beta_1, \beta_2]$;

$$B = \begin{bmatrix} 1 & x_1 & y_1 \\ 1 & x_2 & y_2 \\ \text{M} & \text{M} & \text{M} \\ 1 & x_n & y_n \end{bmatrix}; \quad R_x^T = [x'_1 \quad x'_2 \quad \Lambda \quad x'_n]$$

$$R_y^T = [y'_1 \quad y'_2 \quad \Lambda \quad y'_n];$$

應用時是將表四所示之四組匹配對， (x_i, y_i) (x'_i, y'_i) ， $i=1 \sim 4$ ，代入式 11，即可求出空間座標轉換參數 α 及 β ， $\alpha = [-19.08, 1.004, 0.048]$ ， $\beta = [5.69, -0.051, 1.003]$ 。

本研究所發展之註記法，其精確度是以下式所示之均方根誤差 (Root Mean-Square Errors) RMSE 進行評估。

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [(\alpha_0 + \alpha_1 x_i + \alpha_2 y_i - x'_i)^2 + (\beta_0 + \beta_1 x_i + \beta_2 y_i - y'_i)^2]}{n}} \quad (12)$$

3.3 空間座標轉換

完成定址後接下來則是根據計算所得之空間座標轉換參數，利用式 10 所示之轉換矩陣將參考影像上的每一個點進行座標轉換，即可得到一幅轉換完成之參考影像。

3.4 XOR 運算

最後將完成註記之待檢測影像與參考影像實施 XOR 運算，即可將所欲偵測之瑕疵顯現出來，圖 8h 為 XOR 運算之結果。一般說來，除非註記的相當精確 (純平移時)，否則 XOR 運算後仍會有些邊線殘留，此時可施以一次斷開處理，將殘留之邊線消除，以避免誤判。斷開處理之結果請參考圖 8i。

四、結論與成果

為了驗證本研究所發展之註記法之有效性，本研究針對 200 幅具不同偏移及旋轉量之印刷電路板底片影像進行檢測。

4.1 研究成果與討論

請參考圖 10 所示之瑕疵檢測範例一。a 圖為參考影像；b 圖為具瑕疵之待檢測影像；c 圖為 a 與 b 影像直接 XOR 之結果；d 圖為註記完成之待檢測影像；e 圖為 a 與 d 影像 XOR 之結果；f 圖為 e 圖影像收縮一次之結果。由 c 圖所示之結果可見，未經註記之待檢測影像與參考影像直接進行 XOR 運算是無法達到預期的效果的（除瑕疵外，還包括一些因偏移及旋轉所產生之邊線）；反之，從 e 圖所示之結果影像可見，此 XOR 影像只留下瑕疵及些許的邊線，而這些因註記不完美所殘留之邊線，經過收縮一次後即消失了。

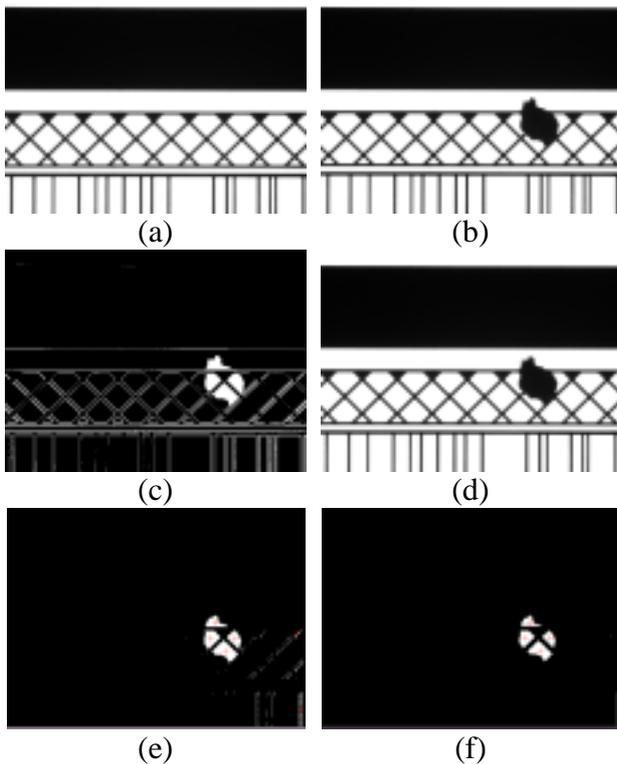


圖 10、參考比對法瑕疵檢測範例一。參考比對法瑕疵檢測範例二。(a)為參考影像；(b)為待檢測影像；(c)為 a 圖與 b 圖 XOR 之結果；(d)為註記後之待檢測影像；(e)為 a 圖與 d 圖 XOR 之結果；(f)為 e 圖收縮一次之結果。

請參考圖 11 及 12 所示之瑕疵檢測範例二及三，同樣的，將 a 圖與 b 圖直接 XOR 並無法得到預期的效果（圖 11c 及圖 12c）。唯有當待檢測影像正確完成註記後（圖 11d 及圖 12d），再將圖 11a 與圖 11d，以及圖 12a 與圖 12d 進行 XOR 運算，才有可能正確的將瑕疵顯現出來（圖 11e 及圖 12e）。就此二例而言，由於圖 11e 及圖 12e 已相當乾淨，因此收縮一次是多餘的。

檢測上述 200 對影像，總共花了 24.6 秒，檢測一張影像平均需 0.123 秒。其中 198 對影像成功完成註記，因此可順利的將瑕疵偵測出來，成功率達 99%。另外 2 對影像，由於抽取所得之區域物體其幾何形狀過於相近，造成匹配錯誤，導致註記失敗，因此無法正確的將瑕疵偵測出來。以 RMSE 評估所得之註記精確度為 0.77 像素，可見本研究所發展之影像註記法，為次像素精確度註記法。

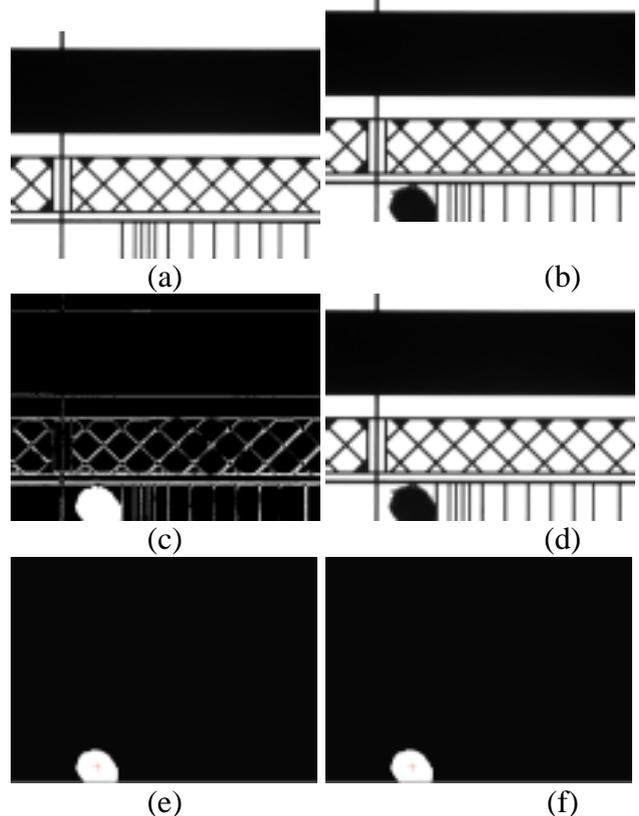


圖 11、參考比對法瑕疵檢測範例二。(a)為參考影像；(b)為待檢測影像；(c)為 a 圖與 b 圖 XOR 之結果；(d)為註記後之待檢測影像；(e)為 a 圖與 d 圖 XOR 之結果；(f)為 e 圖收縮一次之結果。

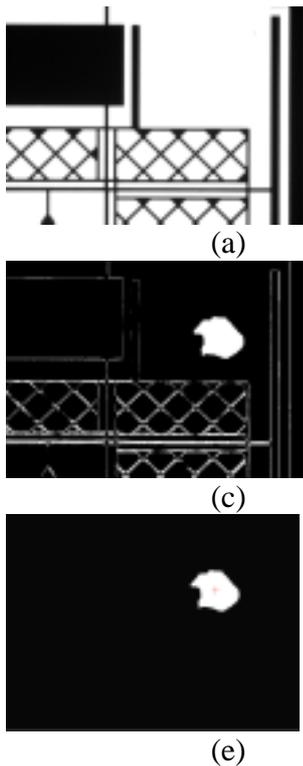


圖 12、參考比對法瑕疵檢測範例三。(a)為參考影像；(b)為待檢測影像；(c)為 a 圖與 b 圖 XOR 之結果；(d)為註冊後之待檢測影像；(e)為 a 圖與 d 圖 XOR 之結果。為 e 圖收縮一次之結果。

4.2 結論

參考比對技術的成功應用，有賴於穩定的光源及精確的定位，然而在實際檢測環境下，上述兩點要求是很難達到的。對於光源變異及位置偏移所引發的問題，本研究分別以立方根型直方圖均值化技術及影像註記技術予以解決，完成一套以 XOR 技術為基礎之底片瑕疵檢測系統，可正確的將瑕疵顯現出來。

就檢測速度而言，相關係數定址法花費時間約 3~4sec；SAD 定址法花費時間約 0.5~1sec。至於本研究所發展之檢測方法，從特徵抽取、特徵匹配、到完成缺陷的偵測，僅需 0.123 秒，顯然比前述兩種定址法來得有效率。

就檢測精確度而言，相關係數定址法和 SAD 定址法是以每間隔幾個像素的方式，計算一次相似度，因此註記的精確度是以像素為單位，屬於像素級之影像註記法。反觀本

研究所發展之影像註記檢測方法，主要是透過特徵匹配的方式，獲得正確的配對點，再利用空間轉換公式求出轉換參數。由於參數值並非整數，因此屬於次像素精確度之影像註記法。

五、計畫成果自評

影像註記 (Image Registration) 亦稱為影像定址技術、影像套合技術、...等。影像註記的目的是要讓待測影像與金樣板影像兩者之間達到最佳的疊覆 (overlay)。

論上影像相減是偵測瑕疵最簡單的方法。正確的定址可以讓瑕疵偵測變的容易。不精確的定址則可能癱瘓整個流程。本研究深入研究了各種直方圖均值化法，以及影像註記技術，如預期的發展完成一套 PCB 底片瑕疵檢測系統。本研究克服待檢測影像與標準影像於取像時，所使用之照明及擺放之位置，很難完全一致所導致的問題，使得以影像相減為基礎之瑕疵檢測法變得可行。研究內容與原計畫相符程度達 98% 以上。

本研究所發展之影像註記技術是諸多應用的基石。要在影像中找尋物體的位置，通常需要一連串複雜的程序以及影像處理，才能粗略得知物體的位置。然而利用影像註記技術，將樣本影像及待測影像完成註記後，再對兩張影像進行影像相減的動作，就可立即得知物體的位置。在醫學診斷分析上 (例如：腫瘤的偵測和位置找尋、血液中血球的分析)，可利用影像定註記術對多張影像進行比對，以便有效的找出病變的位置並加以分析。影像註記在衛星遙測影像的分析上也佔有一席之地，例如軍事和地質影像的分析、石油和礦物的探測。利用影像定址技術對衛星影像及參考影像進行註記，即可將衛星影像中感興趣的位置偵測出來，並加以分析。

六、参考文献

1. Hong, J. J., Park, K. J., Kim, K. G., Parallel Processing Machine Vision System for Bare PCB Inspection, Industrial Electronics Society, Proceedings of the 24th Annual Conference of the IEEE, Vol. 3, pp. 1346-1350, 1998.
2. Kim, N. H., Pyun, J. Y., Choi, K. S., Choi, B. D., Ko, S. J., Real-Time Inspection System For Printed Circuit Boards, IEEE International Symposium on Industrial Electronics, Vol. 1, pp. 166 - 170, 2001.
3. Zhang, Z, A Rough-To-Fine Satellite Image Registration Method with SubPixel Accuracy, International Conference on Image Processing, Vol. 3, pp. III-385-388, June 2002.
4. Brown, L. G., A Survey of Registration Techniques, ACM Computing Surveys (CSUR), pp. 325-376, December 1992.
5. Meshoul, S., Batouche, M., A Fully Automatic Method for Feature-Based Image Registration, IEEE International Conference on Man and Cybernetics, Vol.4, 2002.
6. Dai, X. and Khorram, S., A Feature-Based Image Registration Algorithm Using Improved Chain-Code Representation Combined with Invariant Moments, IEEE Transactions on Geosciences and Remote Sensing, Vol. 37, No. 5, pp. 2351-2362, 1999.
7. Flusser, J. and Suk, T., A Moment-Based Approach to Registration of Images with Affine Geometric Distortion, IEEE Transactions on Geosciences and Remote Sensing, Vol. 32, No. 2, pp. 382 -387, 1994.

可供推廣之研發成果資料表

可申請專利

可技術移轉

日期：93 年 10 月 02 日

國科會補助計畫	計畫名稱：影像定址技術在 PCB 光罩瑕疵檢測上之應用 計畫主持人：邱奕契 計畫編號：92-2212-E-216-003 學門領域：自動化學門；生產自動化
技術/創作名稱	
發明人/創作人	
技術說明	中文： (100~500 字)
	英文：
可利用之產業及可開發之產品	
技術特點	
推廣及運用的價值	

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。