

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

光學檢測機台之智慧型缺陷識別技術

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC93-2622-E-009-007-CC3

執行期間：93年05月01日至94年04月30日

執行單位：國立交通大學電機與控制工程學系(所)

計畫主持人：林錫寬

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫為提升產業技術及人才培育研究計畫，不提供公開查詢

中 華 民 國 94 年 8 月 25 日

國科會補助提升產業技術及人才培育研究計畫成果精簡報告

學門領域：生產自動化技術

計畫名稱：光學檢測機台之智慧型缺陷識別技術

計畫編號：NSC 93-2622-E-009-007-CC3

執行期間：93/05/01 ~ 94/04/30

執行單位：國立交通大學 電機與控制工程學系

主持人：林錫寬 教授

參與學生：

姓名	年級 (大學部、碩士班、博士班)	已發表論文或已申請之專利 (含大學部專題研究論文、碩博士論文)	工作內容
李宗原	博二		理論推導與文獻收集
林俊杰	碩二		影像擷取與處理
高典璋	碩一		視窗介面

合作企業簡介

合作企業名稱：鈦昇科技股份有限公司

計畫聯絡人：張原誠

資本額：26,060 萬元

產品簡介：噴墨標註機，雷射標註機，電漿清洗機，電子產品檢測機。

網址：www.enr.com.tw 電話：(07) 6156600 轉 1220

行政院國家科學委員會專題研究計畫年度報告

自動化學門專題計畫

光學檢測機台之智慧型缺陷識別技術

計畫編號：NSC 93-2622-E-009-007-CC3

執行期限：93 年 5 月 1 日至 94 年 4 月 30 日

主持人：林錫寬

Email: sklin@cc.nctu.edu.tw

研究人員：李宗原，林俊杰，高典璋

一、中文摘要

BGA 基板上的金線主要分為三類：接合指 (bond finger)，電源或接地環線 (power/ground ring)，和球墊(ball pad)。廠商對這三類分別訂定了檢驗準則。球墊檢驗的準則以量測圓心，半徑和真圓度，這是比較容易達成，然而計畫提出更快速的方法。結合指的形狀類似長方形，但是中央的長方形區為不可受損區，邊緣區也有損壞面積限制。對於最困難的結合指，本計畫提出方法來求取結合指的最佳中央長方形，並依此劃分結合指為二區：中央區和邊緣區。如此則可以對不同區採用不同的檢驗準則。本計畫最後，配合之前發展的彩色分隔法，結合新的檢驗法則，已經實際在 XY 平台上實現，作簡單的 BGA 檢驗展示給合作廠商參考。目前廠商遇到極台機構問題，所以商品化延滯中。

關鍵詞：球柵陣列構裝；視覺檢測；類神經網路；影像處理

Abstract

This project developed the techniques to find out the defects according to the BGA substrates inspection criteria, which is divided into three categories: bond fingers, power/ground rings, and ball pad. There exist simple ways to estimate the center and diameter of a ball pad. However, an intelligent fast method is developed in this project, which just uses a few points on the contour of the ball pad to estimate the dimension and collects it by

labeling all points on the contour. For the main challenging inspection of bond fingers, an intelligent method is developed to establish a rectangle in the center of a bond finger, which is critical to any defects.

Keywords: Ball Grid Array, Automatic Optical Inspection, Neural Network, Image Processing.

二、計畫緣由及目的

隨著科技的進步，現階段工業檢測趨勢以自動化檢測取代傳統人工檢測。在過去 BGA 檢測方式通常由操作人員目視檢測，判斷是否符合品質標準。然而人工檢測會因人工素質不一、訓練不足、及工作疲勞等因素造成檢測缺失，以致於無法在製造過程中正確地判斷出不符合生產品質規格的產品。自動化檢測不但可以節省人力成本，加快檢測速度，應用數位影像處理技術於自動化檢測更能增加檢測的精確性。

雖然在研究報告中，已有很多文獻與參考資料[1-4]對於 BGA 基板表面瑕疵檢測提出解決方案，然而實際上與業者需求在某些方面仍有一定程度的落差。本計畫提出一套檢測 BGA 基板表面瑕疵的方法，並提供檢驗程式，希望能符合業者實際上的使用需求。

三、研究方法

本計畫探討 BGA 視覺檢測主要是對 BGA 基板表面 Bond finger 和 Power/Ground Ring 鍍金區做瑕疵檢測，其中主要檢測的瑕

疵有 Bond finger 間的短路，鍍金區表面的刮傷、異物、變色、缺口、欠損等瑕疵。

所提出的方法是以參考樣板檢測做瑕疵檢測，必須先建立無瑕疵的標準影像特徵並儲存於資料庫中，接者以此影像特徵與待測物件進行比對，檢測是否有瑕疵存在，其中最常用的方法有樣板比對法與模式比對法，本計畫採用的是樣板比對法，樣板比對法是 Pratt, et al. [5]提出的一個改善影像相減的方法，此法是由影像中取出代表性的特徵來進行比對。在 1983 年 Hara, et al. [6, 7]利用樣板比對法發展出一套對 PCB 板瑕疵檢測方法。

我們以邊界描述演算法、哈特轉換 (Hotelling transform) 和型態學來建立樣板。因為樣板比對法容易受環境影響，如位移、旋轉等，所以在做即時檢測前先要做影像校正，用霍夫轉換 (Hough Transform) 和雙線性內插法將影像轉正，快速三步搜尋演算法 (FTSS) 尋找位移向量，解決影像平移的問題。待測影像校正後即可進行樣板比對，完成瑕疵檢測。

3.1 檢測樣版的建立

檢測樣板建立的流程如下：1) 選一個無瑕疵的 BGA 基板並使用二值化法得出機版的影像，2) 將 Bond finger、Power/Ground Ring 區域劃分開來，3) 定出 Bond Finger 上的檢測區域，4) 記錄重要參數如 Bond finger 的平均寬度、Power/Ground Ring 的寬度等等，即完成樣板建立。

將 BGA 基板分成兩個主要檢測部分為 Bond Finger、Power/Ground Ring，如圖 1 所示，其檢測標準說明如下：

- Bond Finger: 如圖 2 所示，重要檢查區為 $(L \times W)/2$ 。
 - a. 欠損、缺口: $a > W/10$ 。
 - b. Ni、Cu 外露，異物，變色。
 - c. 刮傷。
- Power/Ground Ring: 檢測標準如圖 2 所示。
 - a. 欠損、缺口: $a > W/5$ 。
 - b. Ni、Cu 外露，異物，變色。
 - c. 刮傷。

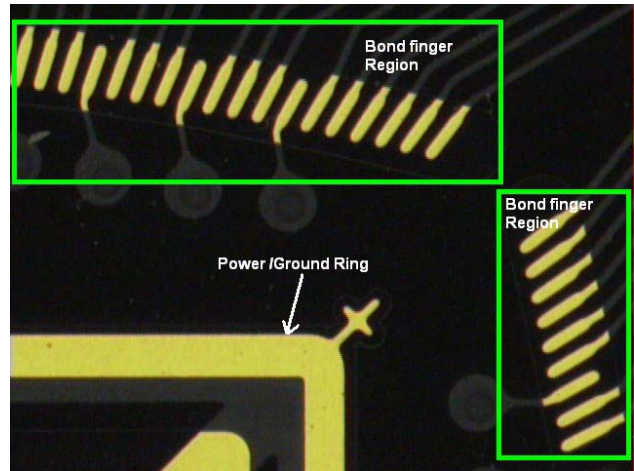


圖 1. BGA 的檢測區域。

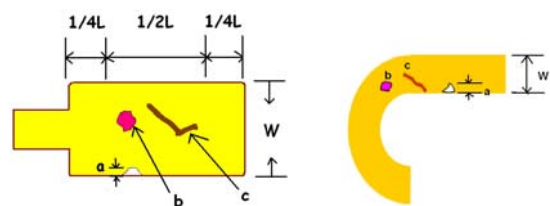


圖 2. Bond Finger 與 Power Ring 的檢測標準。

區域分割的方法是先將每一個檢測物件用邊界描述演算法 [8] 取出，因為 Power/Ground Ring 區的物件要比 Bond Finger 面積來得大，所以可以藉由面積的大小成功地將兩個區域區分開。

將檢測區塊分割出來，接著將每個 Bond Finger 中分成三個區塊，分別為重要檢測區、次要檢測區、和短路檢測區。

利用哈特轉換 (Hotelling transform) 將每一個取出的 Bond Finger 轉正，然後判斷橫軸向的寬度，取得臨界值，將接著腳部份刪除，其為不重要的檢測區。依檢測標準化分出重要檢測區，並紀錄平均寬度。最後再轉回到原影像上，並對 Power/Ground Ring 以藍色表示其檢測區域，並紀錄重要參數，如所有 Bond Finger 寬度的平均值，和 Power/Ground Ring 的寬度值，以利後來檢測之用。根據圖 1 的原始影像，圖 3 為對 Bond Finger 建立重要檢測區域的結果影像。

短路檢測區是利用形態學中的膨脹對影像中的物件，依使用者選擇的擴張像素值進行擴張，來建立短路檢測區。將圖 3 的影像經過 3 個像素的膨脹結果如圖 4 所示的短路檢測區。

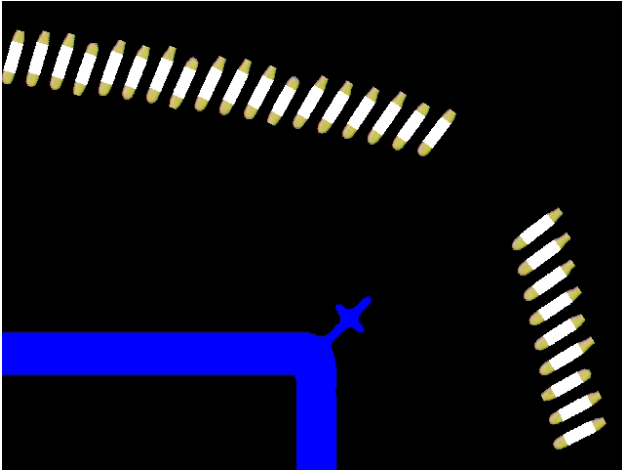


圖 3. 重要檢測區域的結果影像。

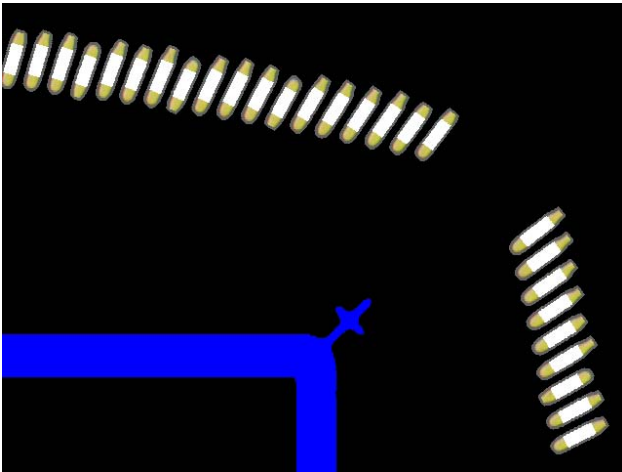


圖 4. 短路檢測區。

3.2 即時檢測的影像校正

在做即時檢測之前，必須對待測影像做校正使待測影像與檢測樣板對齊。影像校正有兩項工作，首先是做待測影像旋轉校正，待測影像轉正後再做平移校正，此兩種項校正方法將在下面說明。

旋轉校正是允許待測影像在大角度偏轉下仍能做正確的影像檢測。待測影像區以 Hough transform 來求得 Power/Ground Ring 上的縱軸和橫軸，縱軸和橫軸經座標轉換和色彩內插法就可達成旋轉校正。依據共線的邊點所求得在 ρ - θ 空間為同一點，所以將空間分割成幾個小方格，從 θ_{\min} 到 θ_{\max} 將 x - y 空間中的所有邊點代入，進行投票，並將結果紀錄在累積陣列 $A(i,j)$ 中，取出邊點數超出門檻值的為可以接受的直線，就可以得到

Power/Ground Ring 上縱軸和橫軸的直線。

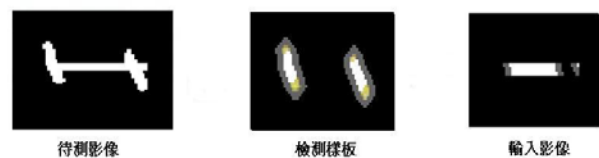
待測影像 Power/Ground Ring 的縱軸(u 軸)和橫軸(v 軸)與檢測樣板 Power/Ground Ring 的縱軸(Y 軸)和橫軸(X 軸)比對後，就可以得出座標轉換的旋轉角 θ ， $g(x,y)$ 為待測的原始影像，經旋轉校正後的影像 $f(u,v)$ 。當求影像 $f(u,v)$ 所對應到原影像 $g(x,y)$ 的色彩值時，會出現所求的 x,y 值不為整數，無法在 $g(x,y)$ 中找到對應值，所以要再用色彩內插法來修正影像的色彩值，這裡使用雙線性內插法。

平移校正在求出檢測影像與檢測樣板之間的位移向量，其中以區塊匹配演算法最為適合[9]。在區塊匹配演算法中將樣板影像分割成許多區塊，每一個區塊大小以 $(N \times N)$ 個像素組成。在樣板影像中的參考區塊對應到檢測影像中的搜尋區域內的相同大小的區塊，定為候選區塊。尋區域的大小為 $(N+2p) \times (N+2p)$ 個像素組成，其中 p 是在影像中最大允許的位移量。當找到最匹配的候選區塊後，檢測影像與檢測樣板之間的位移向量即可求出。區塊匹配演算法有許多文獻討論，各有優缺點。依我們系統的需要，我們使用 Kim 和 Choi 提出的快速三步演算法[10]。

3.3 即時檢測

即時檢測分為短路檢測和表面瑕疵檢測，短路檢測法如下。

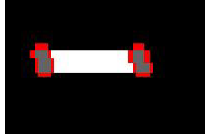
步驟 1：待檢測 BGA 基版影像與檢測樣板做比較後為輸入影像，其中為所有可能造成短路的連接線，如下所示，在輸入影像中灰色的部分是連接線接觸到檢測樣板中的區塊二的部分，用來計算是否短路的標準，因為連接線中有兩個以上灰色的區域則為短路。



步驟 2：如上圖所示，對輸入影像做邊緣檢測，用鍵碼依邊緣尋找出連接線，從左到右，上到下依尋找。



步驟 3：對每一個找出的連接線，從左到右，上到下依尋找灰色區域的邊緣，如下圖紅線的部分。



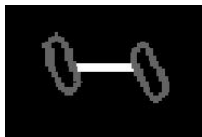
步驟 4：當找尋灰色區域的邊緣時，回到檢測樣板取出相對位置的物件。



步驟 5：依檢測樣板中找到的物件將連接線中相對的灰色區域消除。



步驟 6：回到步驟三繼續尋找下一個灰色區域的邊緣，直到整個連接線尋找完畢或是找到兩個灰色的區域並顯示出短路的區域。



步驟 7：回到步驟二繼續尋找下一個連接線，直到整張圖檢測完畢。

表面瑕疵測試是檢測所有鍍金區的表面是否欠損、缺口、異物、變色等等，將檢測樣板中的檢測區域載入，如 Bond finger 的重要檢測區和 Power / Ground Ring 檢測區，載入重要參數如 Bond finger 的平均寬度和欠損、缺口 a 值的大小，還有 Power / Ground Ring 檢測區的寬度值和欠損、缺口 a 值的大小，依檢測標準的不同建立檢測遮罩，將待測基板與檢測遮罩比較，得到瑕疵物件。圖 5 和 6 顯示出實驗結果。

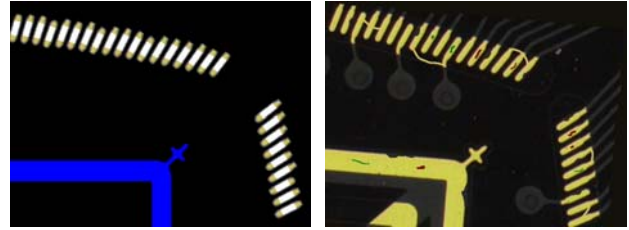


圖 5. 檢驗樣版與待測影像。



圖 6. 短路檢出結果與表面瑕疵檢出結果。

四、結論與成果

本計畫是以參考樣板檢測做瑕疵檢測，先建立無瑕疵的標準影像特徵並儲存於資料庫中，接者以此影像特徵與待測物件進行比對，檢測是否有瑕疵存在。我們以邊界描述演算法、哈特轉換和型態學來建立樣板，做即時檢測時的影像校正，用霍夫轉換和雙線性內插法將影像轉正，快速三步搜尋演算法尋找位移向量，解決影像平移的問題。待測影像校正後即可與樣板比對，完成瑕疵檢測。

● 技術特點說明：

1. 提出建立樣板的方法，將中不須檢測的區域去除，利用長條圖影像切割的方法將臨界寬度取出，再將檢測區塊成功地取出。
2. 提出一套方法成功的將短路瑕疵取出，並提出分析短路物件的步驟。
3. 樣板檢測法不受待測影像旋轉的影響，可以允許待測影像在任何旋轉角度下做瑕疵檢測。

● 可利用之產業及可開發之產品：

本計畫研究的動機為替鈦昇科技公司研發 BGA 視覺檢測機台的相關影像技術，在計畫中與廠商驗證的結果，已經證實可以實際應用於 BGA 視覺檢測機台。從學理推論可以成功的應用於與 BGA 基板類似的相關電子產品的檢測機台，只是鈦昇科技公司目前只著重在研發 BGA 視覺檢測機台。

● 推廣及運用的價值：

本計畫已經針對鈦昇科技公司所提出的需求，完成 BGA 板檢測所需要的所有影像技術。這些方法經鈦昇科技公司驗證具有提高自動化程度和檢驗速度與精準度。幾乎所有影像檢測都需要本計畫所研發的技術，所以本計畫的研發成果都可以延伸至形形色色的電子產品影像檢測。

五、參考文獻

- [1] C. H. Yeh, D.M Tsai, "A rotation-invariant and non-reference approach for ball grid array (BGA) substrate conducting path inspection," *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, vol. 17, pp. 412-424, 2001.
- [2] C. S. Lin and L. W. Lue, "An image system for fast positioning and accuracy inspection of ball grid array boards", *Microelectronics reliability*, vol.41, pp.119-128, 2001.
- [3] T. Sumimoto, T. Maruyama, Y. Azuma, S. Goto, M. Mondou, N. Furukawa, and S. Okada, "Development of image analysis for detection of defects of BGA by using x-ray images," *IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference*, pp.1131-1135, 2003
- [4] T. D. Moore, D. Vanderstraeten, and P. M. Forssell, "Three-dimensional x-ray laminography as a tool for detection and characterization of BGA package defects," *IEEE Transactions on Components and Packaging Technologies*, vol. 25, pp. 224-229, 2002.
- [5] W. K. Pratt, *Digital Picture Processing*. Willy-Interscience, New York, 1978
- [6] Y. Hara, N. Akiyama, and K. Karasaki, "Automation inspection for printed circuit board," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 5, pp. 623-630, 1983.
- [7] Y. Hara, N. Akiyama, and K. Karasaki, "Automation inspection for printed circuit board", *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 10, pp.69-78, 1988.
- [8] M. Sonka, V. Hlavac, and R. Boyle, *Image Processing, Analysis, and Machine Vision*,

PWS Publishing Company, 1998.

- [9] J. N. Kim and T. S. Choi, "A fast three-step search algorithm with minimum checking points using unimodal error surface assumption," *IEEE Transaction on Computer Electronics*, vol. 44, no. 3, pp. 638-647, 1998.
- [10] Y. Baek, H. S. Oh, and H. K. Lee, "An efficient block-matching criterion for motion estimation and its VLSI implementation," *IEEE Transaction on Computer Electronics*, vol. 42, no. 4, pp. 885-892, 1996.