

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：BGA 錫線製程之自動化光學檢測

計畫編號：NSC91-2622-E002-018-CC3

執行期間：自民國 91 年 6 月 1 日起至民國 92 年 5 月 31 日

執行單位：國立台灣大學機械系

主持人：范光照

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
宋欣明	研一		負責文獻資料等之蒐集、研讀、檢測流程規劃。檢測演算法、程式撰寫及探討。

合作企業簡介

合作企業名稱：光道國際有限公司

計畫聯絡人：李正道

資本額：500 萬元

產品簡介：2D 鞋模設計上色開發系統、IC 封裝 DAMBAR 線上即時檢測系統、不織布瑕疵線上即時檢測系統、晶圓噴沙機噴孔檢測系統、FPD 視覺定位系統、PET 尺寸線上即時檢測系統、USB 界面步進馬達控制系統、香煙燃燒速率分析檢測系統等。

網址：

電話：(02)2368-1034

BGA 鐳線製程之自動化光學檢測

Automatic Optical Inspection on the Wire Bonding of BGA

計畫編號：NSC91-2622-E002-018-CC3

執行期限：91年6月1日至92年5月31日

主持人：范光照 國立台灣大學機械系

一、研究摘要

目前 IC 晶粒的鐳線(Wire Bond)構裝製程中,為避免機台在導入量產時產生製程定位或打線程序設計上的誤差,因此,對每部機台第一次製做之 Wire Bond 樣品均以人工方式逐一比對、檢核。

本計畫將利用 CCD 攝影機、選擇適當光源種類、投射方式及配合自行開發之相關分析軟體建構晶粒 Wire Bond 機械視覺辨識、分析系統的核心技術(Automatic Optical Inspection, AOI)。取得晶粒在打線機上依設計規格分層打線後的影像,經影像前處理(如影像濾波)。再將由 AutoCAD 圖檔設計站所設計的資料(鐳線起始點與終點資料),傳入檢測系統中;透過瑕疵的設計規則法,找出欲檢測影像當中的瑕疵。所得瑕疵資料輸出至鐳線機台,供現場工程人員進行機台誤差修正、參數調校等依據。本研究成果可檢測出斷線、鐳球短路、金線短路、金線偏移、漏打金線、基板接點偏位等瑕疵。

關鍵詞：鐳線(Wire Bond)構裝製程, AOI

Abstract

One of the important manufacture in IC packages is die bond, which takes the good die after die saw and attach as it to a substrate with epoxy so that the process such as wire bond and mold following the die bond can be proceeded.

Now, on the wire bond the process that avoids the wrong process is done by the double check method with human eyes The wire bond processes is very complex in IC package. If the human misses inspection to first test product for the wire bond chip, it will occur setting a wrong process. In this project, an Automatic Optical Inspection

system will be developed to inspect the position, welding size, loss and miss welding of the die bond, and reduce the work by human.

The project will extract and analyze the object of the die from the image taken by the automatic optical inspection system, including the CCD camera, lighting, projection method of light and the developed analysis software. Then, by pre-process treatment of image (Ex. Filter of image), the feature of the image can be extracted. The data of AutoCAD file will be inputted into the inspection system. Finding out the defects of image by the Design Rule of defect. Finally, the results of inspection can be outputted and help the machine to check or modify the operation parameter, and avoid wrong process. The achievements of project can find out the defects of wire broken, bond ball short, wire short, wire shift, wire lost and finger lost.

Keywords: Wire Bond, AOI

二、緣由與目的

在封裝製程中,以晶粒黏晶與晶粒打線接合需要耗費大量人力作檢測。目前業界採聘僱大批外籍勞工,對產品以高倍顯微鏡作目視檢驗,以判別是否有缺陷產生,這種方式不但耗費成本而且耗費工時,也常由於視覺疲勞與個人感官上的差異,而造成許多判斷上的誤差。

現行產業界對晶粒打線機製程參數及控制程序的設定方式上均採取人工方式,逐一針對每一層已打樣好的成品與原始圖面(由 AutoCAD 產生)相互比對,作為機台進行量產時的參數及控制程序校定依據。同時為減少人為肉眼視覺校正的錯誤發生,故至少須兩組人員對同一個樣品進行重覆的校對

工作, 以避免正式量產後造成生產錯誤。因此, 有賴自動檢測系統的建立, 才可確保檢測過程的一致性及其可靠性, 且進而提高生產率以及產品良率。

當產品進入量產階段時, 於嚴格品管的要求下將必須做一全面檢測, 此龐大的檢測工作若單靠人力是無法完成的。因此為配合此重要產業在國內生根發展, 本計畫擬開發出一套鐳線製程檢測系統, 針對鐳線製程中會發生的瑕疵, 做一全面檢測, 其中檢測項目包括: 鐳球短路 (Bond Ball Short)、金線短路 (Wire Short)、金線偏移 (Wire shift)、漏打金線 (Wire Lost)、基板接點偏位 (Finger Lost)。如圖 1 所示。

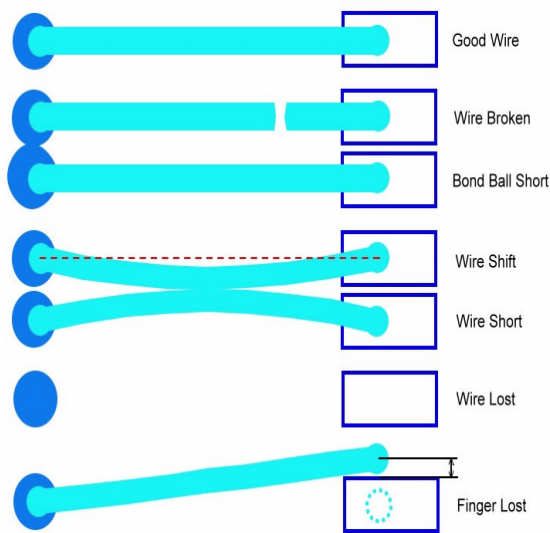


圖 1 鐳線瑕疵種類

三、技術研發成果說明

系統架構、流程

系統架構為使用 1280*1024 像素的 CCD 搭配上不易失真的 Telecentric Lens, 以取得較佳的鐳線樣品影像, 再將影像輸入電腦進行瑕疵檢測; 為了提高影像的品質, 且有效得到金線特徵, 本系統使用半球形白光 LED 光源, 此種光源的優點在於能提供均勻的、全方向性的照明, 可消除陰影部分。通常應用於複雜的工件表面、纖維表面等, 特別是會產生強烈反光的表面。本系統所取的鐳線影像如圖 2 所示。

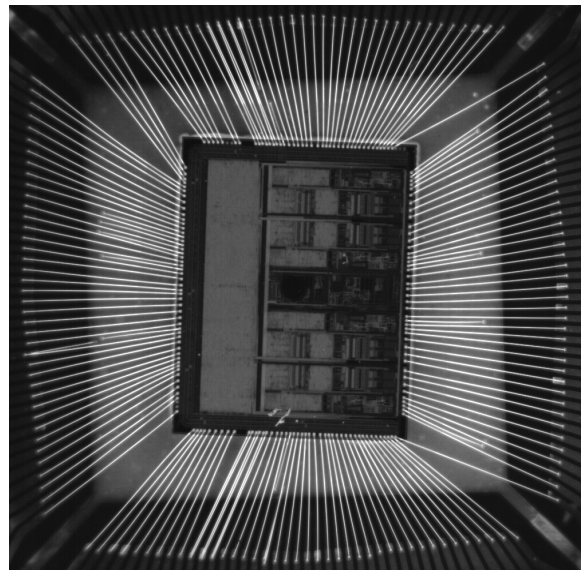


圖 2 鐳線影像

系統流程分為幾個步驟: 系統設定、平台定位、影像擷取、影像前處理、影像檢測、輸出結果。在硬體設定好後, 我們將每條金線起始點及終點的資料讀入, 之後便進行瑕疵檢測, 最後輸出結果。整體流程如圖 3 所示。

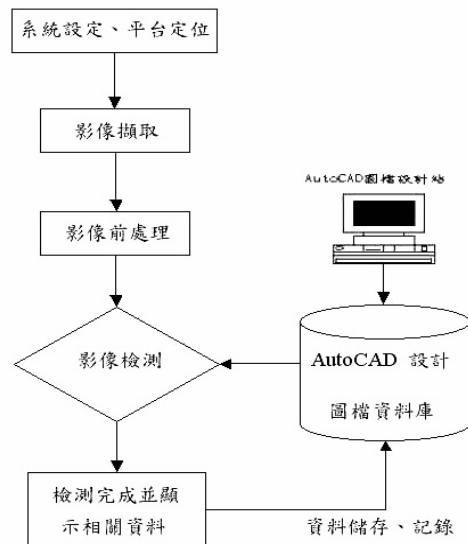


圖 3 檢測系統流程圖

影像前處理

所取得的影像再經由高通濾波, 可將金線整體突顯出來, 如圖 4 所示。

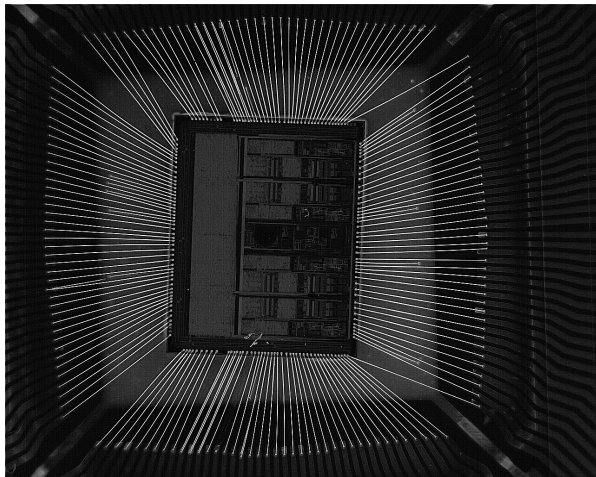


圖 4 經高通濾波後的影像

四、技術特點說明

本研究所採用的瑕疵檢測方式為混合法 (Hybrid Methods)。首先，系統讀入 AutoCAD 圖檔設計站的金線起始點及終點資料，作為參考件；之後再分別針對金線瑕疵特徵，使用設計規則法，以期找出所有瑕疵。圖 5 為瑕疵影像，表 1 為其相對應的瑕疵。

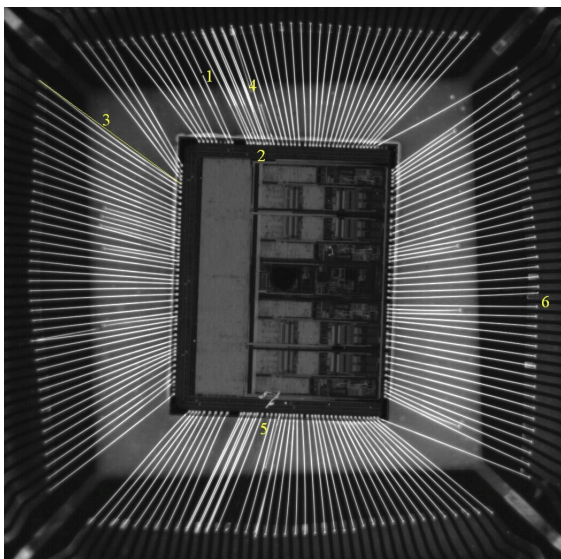


圖 5 瑕疵影像

編號	瑕疵名稱	
1	斷線	Wire Broken
2	鐳球短路	Bond Ball Short
3	金線偏移	Wire shift
4	金線短路	Wire Short
5	漏打金線	Wire Lost
6	基板接點偏位	Finger Lost

表一、瑕疵種類

(1) 向量法

整體檢測的主幹為金線追蹤，而在本計畫中，針對金線的『直線前進』特徵，發展出針對金線的追蹤法則—向量法。其為結合區塊八連通法則和鐳線近乎為直線的特徵所研發出來的。

我們由設計站讀入金線起始及終點位置後，計算出金線所指的向量(方向)，並加以分類成八區。接著便可讓金線在我們指定的方位做區塊搜尋。

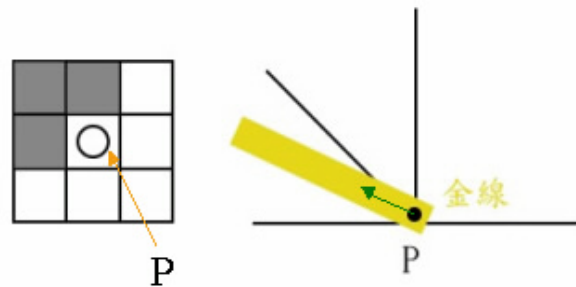
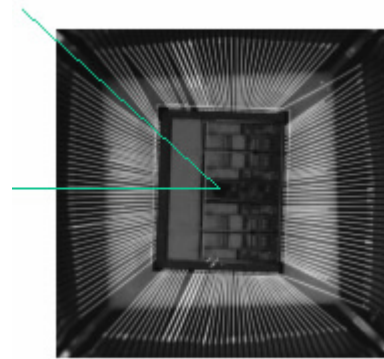


圖 6 向量法示意圖

以圖 6 為例，我們在判斷完鐳線屬於八區中的哪一區後，再利用向量法判斷，可知我們僅需往三個方位做追線的動作，而不必八個方位皆需做追線，故可大大提升檢測速度。圖 7 為八區個別的追線方位。

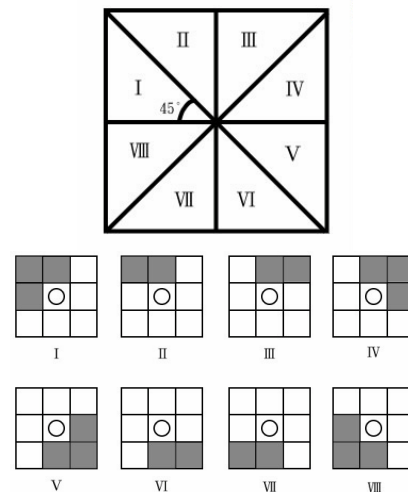


圖 7 追線方位示意圖

(2) 設計規則法

以下分別針對前面提到的六種瑕疵，說明搜尋瑕疵的設計規則法。

● **斷線瑕疵(Wire Broken)**

斷線瑕疵發生在金線的起始點與終點之間，當追蹤金線至斷線處時，因斷線處的灰階值會低於我們選取的閾值，故可利用閾值判斷金線沿線是否為同一區塊，若此點經判斷不屬同一區塊時，則可得知此處有發生斷線瑕疵。

● **鐳球短路(Bond Ball Short)**

在一個樣品中，晶片上鐳球的位置可概分為四種，分別為上、下、左、右等四排。我們將上下排視為同一組，左右排視為同一組。

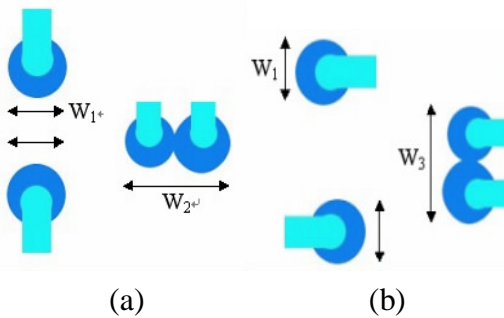


圖 8 鐳球短路示意圖

圖 8.(a)為上下排鐳球，圖 8.(b)為左右排鐳球。當鐳球短路發生時，則此區塊的寬度會發生變異，可藉此找出瑕疵。

● **金線偏移(Wire Shift)**

由於金線為一條平滑的直(曲)線，故在一條產生偏移的金線上，其最大偏移量會發生在金線三等分中的中間那等份。圖 9 為金線偏移示意圖。

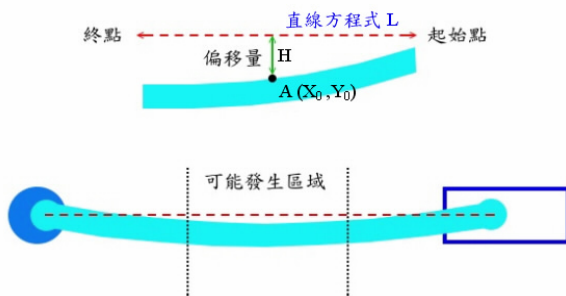


圖 9 金線偏移示意圖

金線偏移判斷法則如下：

直線方程式 $L: aX + bY + c = 0$

偏移之金線的邊緣點座標： $A(X_0, Y_0)$ 。

$$\text{偏移量 } H = \frac{|aX_0 + bY_0 + c|}{\sqrt{a^2 + b^2}}$$

$\begin{cases} H > \text{金線容許偏移距離} & \text{金線偏移} \\ H < \text{金線容許偏移距離} & \text{OK} \end{cases}$

● **金線短路(Wire Short)**

在最易發生偏移量的部分，(金線中間三分之一處)，搜尋金線的寬度變異，若金線的寬度大於 1.5 倍金線寬度，則視為金線短路。圖 10 為鐳線短路示意圖。

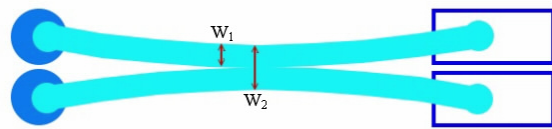


圖 10 鐳線短路示意圖

$\begin{cases} W > 1.5 \times W_1 & \text{金線短路} \\ W < 1.5 \times W_1 & \text{OK} \end{cases}$

● **漏打金線(Wire Lost)**

發生在鐳球位置，在原本應該有金線的位置，卻少打金線連接晶片與導線架。檢測方式為利用追線程式，當在鐳球位置處發生斷線時，即為漏打金線瑕疵。

● **基板接點偏位(Finger Lost)**

金線的終點偏離預定的導線架位置時，將可能造成接觸不良的情況，故我們可對於金線終點位置加以限制，設定範圍。圖 11 為示意圖。



圖 11 基板偏位瑕疵示意圖

$\begin{cases} H = H_2 \ \& \ H > H_1 & \text{發生基板偏位瑕疵} \\ H < H_1 & \text{OK} \end{cases}$

五、結果與討論

實驗結果

我們所檢測的 BGA 上 IC 晶片尺寸為 6mm X 7.5mm，總金線條數為 179 條。CCD 空間之解析度達 $14.9 \mu\text{m}$ ，可一次取整體影像，再透過檢測軟體加以檢測。

瑕疵檢測流程可由圖 12 得知，經由此流程可將全部的瑕疵找出，透過程式可列表得所有發生的瑕疵，並在圖中標示出來。

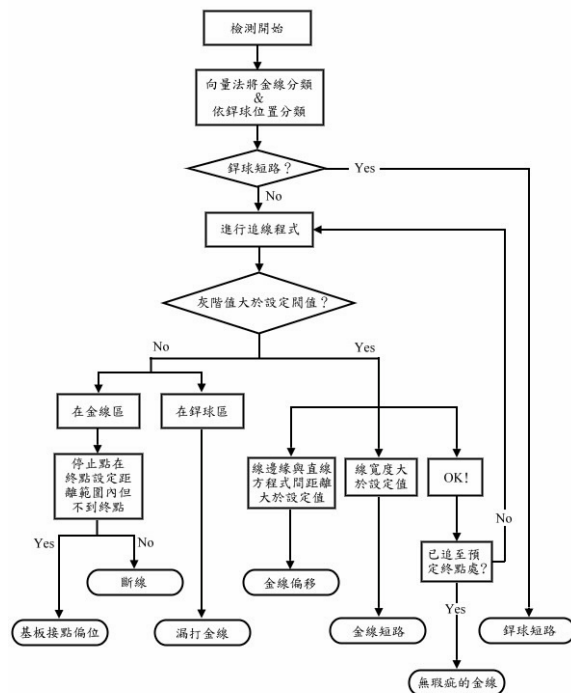


圖 12 瑕疵檢測流程圖

追線結果(詳細資料可表列在表格，亦可在圖上表現出瑕疵)。

Index	Ball Width	Defect
6	3	2
10	8	5
11	8	5
12	4	4
13	3	4
65	3	1
112	3	3
124	4	6
174	3	6

Defect Name

- #0 Good Wire
- #1 Finger Lost
- #2 Wire Broken
- #3 Wire Lost
- #4 Wire Short
- #5 Bond Ball Short
- #6 Wire Shift

Time consumption (ms): 15

圖 13 所檢測出的瑕疵

討論

在完成系統雛形之建構後，為了提高精度與穩定度，未來將可朝幾個方向繼續發展。

- (1) 現階段是採取灰階影像來作後端軟體分析，系統的精確度和穩定度將受到考驗。故可再多嘗試光源的架設方式或搭配其他光源架設模式，如：加裝同軸光源、低角度光源、針對特徵不明顯處補光等方式，以期能有效分離出金線而能取得二值化影像。
- (2) 對於系統的穩定度，亦可以加上高倍率的鏡頭來輔助取像；但此法卻會造成取像區域變小，無法在一次的取像中擷取到全部的影像做處理，且會耗費更多的時間做圖形的縫合及點群的運算。故這些都可以再經過評估及實驗後，將現階段的系統改善。

六、推廣及運用的價值

在研發成果中較具價值者為本研究特有的『向量法』，此法為綜合影像『八連通』法則和金線特有之特徵 - 金線直線前進，而衍生出的特有影像法則，它可幫助我們在檢測時，提升系統整體的效率。

在瑕疵檢測部分，亦針對鉅線製程中金線的直進特徵，分別對於不同瑕疵設計出其專屬的檢測方式，此瑕疵檢測模組在金線的應用上，可大大提升檢測效率及可靠性。

本研究為初步的鉅線製程瑕疵檢測系統，可為往後的鉅線自動化光學檢測系統，提供一些不一樣的想法。其中特別針對鉅線製程中金線特徵，設計出特有的檢測法則，可供往後的研究做為參考。

七、參考文獻

- [1] Chin, R. T. and Harlow, C. A., "Automated visual inspection: a survey", *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. Pam-4, No. 6, pp. 557-573, 1982
- [2] Michael E. Scaman and Laertis Economikos, "Computer Vision for Inspection of Complex Metal Patterns on Multichip Modules(MCMD-D)," *IEEE Transactions on*

- Computer, Packaging, and Manufacturing Technology-Part B, Vol.18,No.4,November 1995.
- [3] Arye Shapiro,"Automatic Classification of Wafer Defects:Status and Industry Needs," IEEE/CPMT Internal Electronics Manufacturing Technology Symposium, pp.117-122,1996.
- [4] Shunji Maeda, Member, Hitoshi Kubota, Hiroshi makihira, "Automated Visual Inspection for LSI Wafer Multilayer Patterns by Cascade Pattern Matching Algorithm," Systems and Computers in Japan, Vol.21, No.12,1990.
- [5] Rao, A. R., "Future directions in industrial machine vision: a case study of semiconductor manufacturing applications", *Image and Vision Computing*, Vol. 14, pp. 3-19, 1996 .
- [6] K. K. Sreenivasan, M. D. Srinath, and A. Khotanzad, "Automated vision system for inspection of IC pads and bonds," IEEE Trans. Comp.,Hybrids and Manufact. Technol., vol. 16, no. 3, pp. 333-338, May 1993.
- [7] Hyoung K. Lee and Suk I. Yoo, "An automated method for inspection of IC Bonds,".
- [8] Alireza K., Haimanti B. and Mandyam D. Srinath, "A vision system for inspection of ball bonds and 2-D profile of bonding wires in integrated circuits", IEEE Trans. Semicond. Manufact., vol. 7, no. 4, pp. 413-422, November 1994.
- [9] Der-Bauu Perng, Cheng-Chuan Chou and Shu-Ming Lee, "A new wire bonding inspection system by machine vision,".
- [10] 鍾文仁、張明倫、陳佑任, "BGA 的模流分析與結構分析," 1999 模具技術成果暨論文集.
- [11] <http://www.semilink.com.tw/info/process.html>
<http://ceiba.cc.ntu.edu.tw/522U4510/ch11-2.htm>
- [12] 謝宗雍教授 交大材料所,中國材料科學學會
微電子材料與製程.
<http://pilot.mse.nthu.edu.tw/micro/>
- [13] 泰洛科技股份有限公司, "增進視覺系統辨識率之光源選擇與技巧," *Mechtronics Magazine* , pp. 99-104, Oct 2000.
- [14] Eugene Hecht, "Optics," Addison-Wesley, Inc , pp.163-168,1987
- [15] P. K. Sahoo, S. Soltani, and A. K. C. Wong, "A survey of thresholding techniques," Computer Vision, Graphics, and Image Processing 41, pp. 233-260, 1988.
- [16] Robert M. Haralick and Linda G. Shapiro, "Computer and Robot Vision," Vol. 1, pp. 28-40, 1992.
- [17] Madhav Moganti, Fikret Ercal, Cihan H. Dagli, and Shou Tsunekawa, 1996, "Automatic PCB Inspection Algorithms: A Survey", Computer Vision and Image Understanding," Vol. 63, No. 2, March, pp. 287-313, 1996.

