

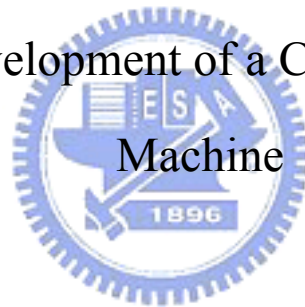
國立交通大學

工業工程與管理學系碩士班

碩士論文

CMOS 玻璃蓋片自動光學檢測機台之設計及開發

Design and Development of a CMOS Glass Lid AOI



Machine

研究生：陳宗達

指導教授：彭德保 博士

中華民國九十四年六月

CMOS 玻璃蓋片自動光學檢測機台之設計及開發

Design and Development of a CMOS Glass Lid AOI Machine

研究生：陳宗達

Student : Tsung-Ta Chen

指導教授：彭德保 博士

Advisor : Dr. Der-Baau Perng

國立交通大學

工業工程與管理學系

碩士論文



Submitted to Department of Industrial Engineering and Management

College of Management

National Chiao Tung University

In Partial Fulfillment of the Requirements

For the Degree of

Master of Science

In

Industrial Engineering

June 2003

Hsin-Chu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十四年六月

# CMOS 玻璃蓋片自動光學檢測機台之設計及開發

## Design and Development of a CMOS Glass Lid AOI Machine


學生：陳宗達

指導教授：彭德保 博士

國立交通大學工業工程及管理學系碩士班

### 摘要

玻璃蓋片為 CMOS 影像晶片封裝時，裝置於 CMOS 上方之玻璃材質，有保護 CMOS 之功用，由於光線必須穿透這層玻璃才能到達 CMOS 晶片，故這片玻璃之透明度與均質度必須非常高，才不致影響成像效果。玻璃蓋片主要會發生之瑕疵包括，刮傷、裂痕、氣泡、可移動之灰塵、不可移動之灰塵、油酯、有機物污染與水紋...等，這些瑕疵會影響玻璃之均質度與透光度，導致封裝後的 CMOS 成像出現缺陷。



目前業界多是以人工目視對玻璃蓋片進行抽檢，受限於人眼的最小可辨識能力約 20 $\mu\text{m}$ ，較難配合 5 $\mu\text{m}$  之檢測精度需求。且人工目視容易失誤且耗時過久，勢必無法滿足市場顧客對於品質一致性的要求。本研究設計出適當的光源與取像機構，配合所開發之 AOI(Automatic optical inspection)軟體演算法，架構出完整的自動視覺檢測系統。

本研究的目的，在發展出一套適用於 CMOS 玻璃蓋片瑕疵自動視覺檢測的機台，使能檢測出玻璃蓋片所可能會發生的瑕疵，以取代目前之人工目視檢測作業，改善人工檢測所不足的檢測精度，並提昇檢測速度與減少誤判率，達到 100%全檢之理想目標。

關鍵字：光學玻璃；電腦視覺；自動光學檢測；瑕疵檢測

# Design and Development of a CMOS Glass Lid AOI Machine

Student : Tsung-Ta Chen

Advisor : Dr. Der-Baau Perng

Department of Industrial Engineering and Management

National Chiao Tung University

## ABSTRACT

The optical glass lid is the covering material of CMOS chip in the packaging process. The function of optical glass lid is to protect the CMOS chip. The lid must be highly penetrable and uniform, and will not affect the imaging result of CMOS. The major defects of optical glass lid include scratches, cracks, bubbles, removable particles, non-removable particles, greases, organic contaminations, and watermarks. These defects reduce the penetrability and uniformity of optical glass lid.

Up to now, most CMOS package factories use human operators to inspect the optical glass lid by sample. But human inspection is too unstable and slow to satisfy the costumers. In this paper, we will devise a light source system, an image collecting mechanism, and a set of AOI software algorithms to construct an automatic optical system for optical glass lid inspection.

The purpose of this paper is to develop a novel AOI system for optical glass lid. This system can find out possible defects of optical glass lid and can improve the accuracy and speed of inspection. In CMOS packaging factories, this system can replace human inspection and work synchronously with the CMOS packaging line.

**Keywords** : Optical Glass, Computer Vision, Auto Optical Inspection, Defects detect

## 誌 謝

首先要感謝 彭德保老師兩年來給予的指導與教誨，充分的提供了研究所需資源，使得本論文得以順利進行並適時完成。感謝口試委員們惠賜之寶貴意見，使本論文能更趨完善。

感謝周正全、陳彥仲學長們，當我遇到問題時，你們總不吝惜傾囊相受，不但使我的研究能有所突破，也令我成長許多。還有研究室的好友孟坤、朝陽，兩年的研究生涯因為你們而充滿許多美好回憶，謝謝你們，我會記得這段一起打拼的日子。

另外要感謝提供 CMOS 玻璃蓋片樣品的合作廠商，使本研究得以深入探討各類實務問題。特別感謝國科會所撥予的研究經費，使本計畫得以順利進行。

最後，謝謝各位的陪伴與家人的支持、鼓勵與照顧，使我在研究的路途上能充滿信心不斷前進，我的心中充滿無限感激。

感謝你們，與你們共享這份成果。

陳宗達

謹致於交大工工所電腦視覺實驗室

民國九十四年六月

# 目錄

|                                     |    |
|-------------------------------------|----|
| 目錄 .....                            | I  |
| 圖目錄 .....                           | IV |
| 表目錄 .....                           | VI |
| 第一章 緒論 .....                        | 1  |
| 1.1 研究背景與動機.....                    | 1  |
| 1.2 研究範圍.....                       | 3  |
| 1.3 研究目的.....                       | 4  |
| 1.4 研究架構.....                       | 5  |
| 第二章 文獻探討 .....                      | 6  |
| 2.1 產業現行之檢測方法.....                  | 6  |
| 2.2 視覺系統架構.....                     | 8  |
| 2.3 光源系統架構.....                     | 9  |
| 2.4 取像方式.....                       | 10 |
| 2.4.1 光學解析度.....                    | 10 |
| 2.4.2 影像擷取方式.....                   | 11 |
| 2.5 軟體演算法.....                      | 11 |
| 2.5.1 檢測方案(Inspection schemes)..... | 11 |
| 2.5.2 影像處理.....                     | 12 |
| 第三章 研究方法設計 .....                    | 18 |
| 3.1 硬體部份.....                       | 18 |
| 3.1.1 光源研究.....                     | 18 |
| 3.1.1.1 背照式光源.....                  | 19 |
| 3.1.1.2 前照式光源.....                  | 20 |
| 3.1.1.3 側照式光源.....                  | 22 |

|   |    |
|---|----|
| 3.1.1.3.1 側照式 LED 光源.....                   | 22 |
| 3.1.1.3.2 側照式光纖光源.....                      | 26 |
| 3.1.1.4 光源比較.....                           | 30 |
| 3.1.2 取像機構.....                             | 32 |
| 3.2 AOI 軟體部份.....                           | 34 |
| 3.2.1 影像分割.....                             | 34 |
| 3.2.2 影像二值化.....                            | 36 |
| 3.2.3 Auto-thresholding .....               | 41 |
| 3.2.4 影像合併.....                             | 44 |
| 3.2.5 Blob analysis.....                    | 44 |
| 3.2.6 檢測演算法流程圖.....                         | 45 |
| 3.3 軟、硬體整合.....                             | 46 |
| 3.3.1 多線平行處理.....                           | 46 |
| 3.3.2 連續移動取像.....                           | 49 |
| 第四章 系統驗證與結果.....                            | 50 |
| 4.1 系統架構與實驗環境.....                          | 50 |
| 4.2 系統整合實驗.....                             | 51 |
| 4.2.1 演算法參數分析.....                          | 51 |
| 4.2.1.1 LTB Auto-threshold $\alpha_1$ ..... | 51 |
| 4.2.1.2 HTB Auto-threshold $\alpha_2$ ..... | 53 |
| 4.2.1.3 Halo ratio .....                    | 56 |
| 4.2.2 檢測演算法實驗.....                          | 56 |
| 4.2.1.1 Type I defect.....                  | 56 |
| 4.2.1.2 Type II defect .....                | 60 |
| 4.2.1.3 Type III defect.....                | 64 |
| 4.2.3 CMOS 玻璃蓋片瑕疵檢測實驗.....                  | 66 |

|                    |    |
|--------------------|----|
| 4.2.3.1 檢測程式.....  | 66 |
| 4.2.3.2 檢測實驗.....  | 67 |
| 4.2.3.3 檢測時間.....  | 70 |
| 4.3 實驗結論.....      | 70 |
| 4.3.1 檢測效果結論.....  | 70 |
| 4.3.2 檢測速度結論.....  | 71 |
| 第五章 結論與建議.....     | 73 |
| 5.1 研究結論.....      | 73 |
| 5.2 後續研究探討與建議..... | 74 |
| 參考文獻.....          | 75 |





## 圖目錄

|                                      |    |
|--------------------------------------|----|
| 圖 1.1 CLCC 封裝技術 CMOS 影像感測器晶片切面圖..... | 2  |
| 圖 1.2 OLCC 封裝技術 CMOS 影像感測器晶片切面圖..... | 2  |
| 圖 1.3 CLCC/OLCC 封裝技術之流程圖 .....       | 4  |
| 圖 2.1 CMOS 封裝製程構裝流程 .....            | 7  |
| 圖 2.2 典型的視覺系統基本組成.....               | 9  |
| 圖 2.3 常見的打光方式示意圖.....                | 10 |
| 圖 2.4 Hysteresis threshold 示意圖 ..... | 13 |
| 圖 3.1 CMOS 玻璃蓋片 .....                | 18 |
| 圖 3.2 背照式光源系統.....                   | 19 |
| 圖 3.3 背照式光源下成像示意圖與瑕疵影像.....          | 20 |
| 圖 3.4 前照式光源系統.....                   | 21 |
| 圖 3.5 前照式光源下成像示意圖與瑕疵影像.....          | 22 |
| 圖 3.6 側照式光源系統.....                   | 23 |
| 圖 3.7 側照式光源下成像示意圖與瑕疵影像.....          | 24 |
| 圖 3.8 側照式光源亮度不均實例.....               | 25 |
| 圖 3.9 待測影像分割示意圖.....                 | 25 |
| 圖 3.10 分割後子影像之”灰階值-像素點總數”直方圖.....    | 26 |
| 圖 3.11 側照式光纖光源系統架構圖.....             | 27 |
| 圖 3.12 側照式光纖光源系統之原型.....             | 27 |
| 圖 3.13 取像機構示意圖.....                  | 33 |
| 圖 3.14 取像機構原型.....                   | 33 |
| 圖 3.15 側照式光纖光源下的待測影像.....            | 34 |
| 圖 3.16 側照式光纖光源與玻璃蓋片之距離示意圖.....       | 35 |
| 圖 3.17 待測影像水平方向灰階值分佈趨勢圖.....         | 35 |

|                                    |    |
|------------------------------------|----|
| 圖 3.18 待測影像切割示意圖.....              | 36 |
| 圖 3.19 分割後子塊影像之直方圖.....            | 36 |
| 圖 3.20 耀點與光暈圖例.....                | 38 |
| 圖 3.21 光暈與低對比瑕疵.....               | 40 |
| 圖 3.22 瑕疵種類判斷流程圖.....              | 41 |
| 圖 3.23 圖 3.15 之灰階值分佈直方圖.....       | 42 |
| 圖 3.24 灰階值介於 16~255 之分佈直方圖 .....   | 43 |
| 圖 3.25 Closing method 之處理效果 .....  | 45 |
| 圖 3.26 玻璃蓋片瑕疵檢測演算法流程圖.....         | 46 |
| 圖 3.27 單線處理與多線處理之處理時間示意圖.....      | 48 |
| 圖 3.28 CCD 移動取像示意圖 .....           | 49 |
| 圖 4.1 待測影像背景切割效果圖.....             | 53 |
| 圖 4.2 纖維瑕疵影像.....                  | 54 |
| 圖 4.3 含光暈之纖維瑕疵影像直方圖.....           | 54 |
| 圖 4.4 粉塵瑕疵影像.....                  | 55 |
| 圖 4.5 含光暈之粉塵瑕疵影像直方圖.....           | 55 |
| 圖 4.6 檢測程式的 Image analysis 模式..... | 67 |
| 圖 4.7 CMOS 玻璃蓋片 AOI 系統線上檢測樣式.....  | 57 |

## 表目錄

|  |    |
|--|----|
| 表 1.1 傳統晶片與 CMOS 影像感測晶片之成本分佈 .....                   | 1  |
| 表 1.2 玻璃蓋片可能發生之瑕疵與成因 .....                           | 4  |
| 表 2.1 人眼檢測光源系統設定表 .....                              | 8  |
| 表 2.2 現行抽樣檢測執行計畫 .....                               | 8  |
| 表 3.1 側照式光纖光源角度實驗結果 .....                            | 29 |
| 表 3.2 各種光源系統優、缺點與照明效果 .....                          | 31 |
| 表 3.3 光源突顯效果分類表 .....                                | 39 |
| 表 3.4 軟、硬體控制功能表 .....                                | 47 |
| 表 4.1 有瑕疵影像與無瑕疵影像灰階值分佈比較表 .....                      | 52 |
| 表 4.2 Type II defect 之 HTB area 與 LTB area 比較表 ..... | 56 |
| 表 4.3 檢測演算法對 type I defect 驗證表 .....                 | 58 |
| 表 4.4 檢測演算法對 type II defect 驗證表 .....                | 61 |
| 表 4.5 檢測演算法對 type III defect 驗證表 .....               | 65 |
| 表 4.6 玻璃蓋片樣本#1 檢測結果 .....                            | 54 |

# 第一章 緒論

## 1.1 研究背景與動機

數位相機之關鍵零組件—影像感測器(Image sensor)，可分為二類：CCD 感測器(電荷耦合元件影像感測器)與 CMOS 感測器(Complementary metal-oxide semiconductor 互補性金屬氧化物半導體影像感測器)。過去，CCD 感測器在市場上一直居於領先的地位。但隨著半導體製造技術的逐漸成熟，CMOS 近年來快速發展，在低階產品上 CMOS 已逐漸取代 CCD；未來，CMOS 由於價格、省電及晶片整合度較高等因素，CMOS 將可能取代 CCD 成為主流產品。分析目前產業情況，在 CCD 感測器上，日本的技術仍是處於領先，SONY、Sharp、Panasonic 穩坐寶位；但 CMOS 感測器上，台灣廠商卻是充滿機會，各半導體大廠無不致力於 CMOS 之生產與發展。隨著產能的大量提升，品質檢測問題亦日趨重要。



傳統晶片與 CMOS 影像感測晶片在成本分佈上有很大的差異，如表 1.1 所示，傳統晶片的製造成本，其中 80%是用在前段的晶片生產，15%是用在封裝，另外 5%則是在測試；但對 CMOS 影像感測器而言，晶片生產只占它成本中的 50%，其封裝成本則高達 40%，而測試的比重也提昇到 10%。造成這樣的改變，起因於 CMOS 影像感測晶片對封裝環境中的落塵控制，較一般晶片嚴格許多，一般晶片對封裝作業所在之潔淨室要求的等級，大約在 Class 10000 到 Class 7000 之間，但對影像感測元件而言，其標準則須使用 Class 100，甚至 Class 10 的潔淨室，因此對後段封裝測試廠而言，CMOS 影像感測器封裝是一連串技術上的挑戰。

表 1.1 傳統晶片與 CMOS 影像感測晶片之成本分佈

| 傳統晶片的製造成本  | CMOS 影像感測器晶片 |
|------------|--------------|
| 80%：前段晶片生產 | 50%：前段晶片生產   |
| 15%：封裝     | 40%：封裝成本     |
| 5%：測試      | 10%：測試       |

目前 CMOS 影像感測器所採用的封裝型態，分為 CLCC (Ceramic leadless chip carrier；陶瓷無引線晶片載具)、OLCC (Organic leadless chip carrier；有機無引線晶片載具) 和相機模組式 (Camera module) 封裝等三種。其中，CLCC 技術用的是以陶瓷為材料的基板，其結構比較堅固，可承受較高的測試要求，主要應用於封裝尺寸較大或 130 萬畫素以上之影像感測器的封裝；而 OLCC 封裝技術則由於可使用混合型基板，成本相對上較低，同時在基板設計方面也具有高度彈性，因此多半應用在對價格敏感的消費性數位產品上；至於相機模組式的封裝，效益在於其已包含鏡頭，因此本身擁有聚焦及提供保護之功能，主要應用鎖定在新興的相機手機市場。

圖 1.1 與圖 1.2 分別為 CLCC 與 OLCC 封裝技術成品切面圖，由圖中我們可以觀察到，由於光線必須穿透這層玻璃蓋片才能到達 CMOS 晶片，故必須確保玻璃蓋片的高潔淨度，若玻璃上有污染物，即會造成產品瑕疵；再者則需注意玻璃片在切割後，是否產生微小裂縫，因為這些裂縫也可能會對封裝的品質帶來負面影響。

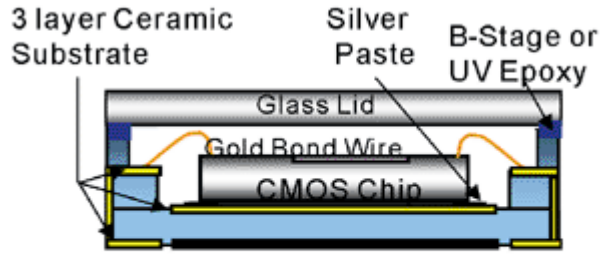


圖 1.1 CLCC 封裝技術 CMOS 影像感測器晶片切面圖

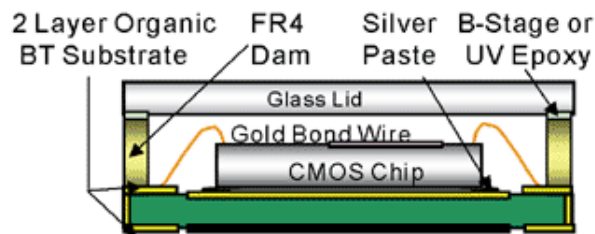


圖 1.2 OLCC 封裝技術 CMOS 影像感測器晶片切面圖

現今 CMOS 製程已進入奈米時代，各大廠均已投入 90 奈米的製程，65 奈米技術亦已問世，因此對玻璃蓋片品質之要求也更加提升，目前廠商對玻璃蓋片品質之要求為玻璃瑕疵必須小於  $5\mu\text{m}$  才不至於對成像造成影響，然而目前業界均使用人工檢測，一般人最小約能看見  $30\mu\text{m}$  的物體，經過專門訓練後可延伸至  $20\mu\text{m}$ ；受到這個限制，因此大多數廠商均使用  $20\mu\text{m}$  作為一個妥協值，但  $20\mu\text{m}$  與理論上最小規格  $5\mu\text{m}$  仍有一段差距。目前一般晶片的封裝良率已可達到 99% 以上，但在影像感測晶片的組裝生產，能有 90% 或稍高一點的良率，就已經是達到高標準。其中重要的技術瓶頸，除了高等級潔淨室外，另外一個關鍵性技術即是玻璃蓋片潔淨度的問題。目前玻璃蓋片之檢測乃是在封合的前一步進行，玻璃蓋片可能發生之瑕疵分為以下六種，茲列於表一，目前業界多以人工進行抽檢，受限於人眼的最小可辨識能力，最小檢測規格定為  $20\mu\text{m}$ ，目前人工抽檢有以下幾個主要的問題：

1. 根據廠商的需求，玻璃蓋片上  $5\mu\text{m}$  的瑕疵即會對 CMOS 的成像造成影響；但目

前受限於人眼的最小可辨識能力，人工檢測僅以 20 $\mu\text{m}$  做為最小檢測規格，故人工檢測在精度上有所不足。

2. 人工檢測費時，增加元件暴露在外的時間，使玻璃蓋片的品質易受環境落塵影響。
3. 人工檢測受限於成本及檢測速度，只能達到抽檢，無法達到全檢。
4. 檢測人員認定變異性大，易受主觀影響。
5. 由於瑕疵規格逼近人眼極限，且檢測人員必須長時間注視光源，容易因疲累等因素產生誤判。

近幾年來電腦視覺 (Computer vision) 的相關技術發展快速，各項技術之應用領域也漸趨廣泛，自動化光學檢測 (Automatic optical inspection, AOI) 便是其中之一的品管技術，因此本研究擬發展出一套適用於 CMOS 玻璃蓋片瑕疵之自動視覺檢測方法，將檢測精度從 20 $\mu\text{m}$  提升至 5 $\mu\text{m}$  的理想值，並提昇檢測速度與減少誤判率，達到 100%全檢之理想目標。



## 1.2 研究範圍

CLCC 與 OLCC 的封裝流程相似，如圖 1.3 所示，本研究所欲探討的是封裝流程中「上蓋(Lid attach)」製程之玻璃蓋片(Glass lid)之瑕疵檢測。

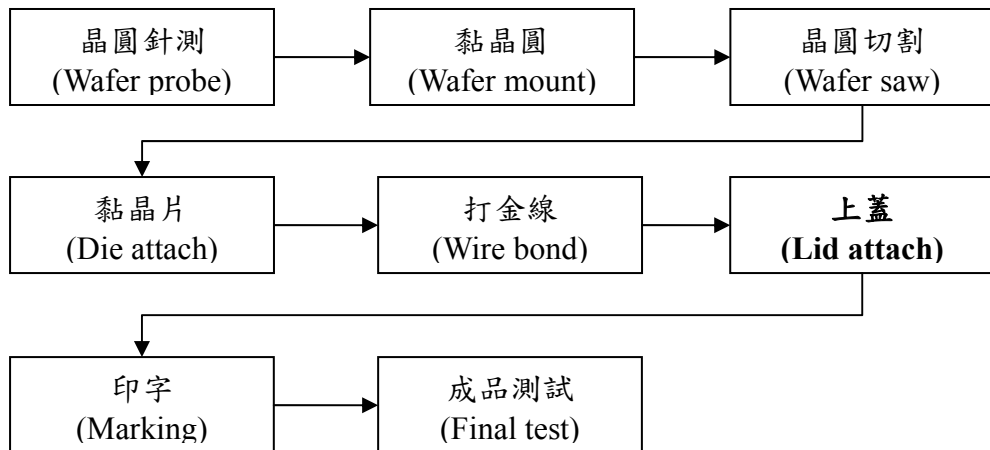


圖 1.3 CLCC/OLCC 封裝技術之流程圖

製程上，對於玻璃蓋片之檢測乃是在封合的前一步進行，目的在於濾除品質不良之玻璃蓋片，提升封裝良率。發生於玻璃蓋片之瑕疵共有以下六種，列於表 1.2。

表 1.2 玻璃蓋片可能發生之瑕疵與成因

| 瑕疵發生範圍 | 瑕疵種類     | 成因           |
|--------|----------|--------------|
| 表面     | 可移動之灰塵   | 外部環境污染       |
| 表面     | 不可移動之灰塵  | 外部環境污染       |
| 內部     | 氣泡       | 玻璃製程         |
| 內部、邊際  | 裂痕       | 玻璃製程 或 切割時產生 |
| 表面     | 油酯、有機物污染 | 外部環境污染       |
| 表面     | 水紋       | 玻璃清洗過程       |

### 1.3 研究目的

本研究的目的，在發展出一套適用於 CMOS 玻璃蓋片瑕疵自動視覺檢測的方法，本方法能檢測出玻璃蓋片所可能會發生的瑕疵，以取代目前之人工目視檢測作業，改善目前人工檢測所不足的檢測精度，且檢測速度上足以延伸應用至生產線上。未來若能配合上自動化設備，即可做出可於生產線上進行自動檢測之機台，主要工作項目詳



述如下：

- (1) 著重於探討實務上可行之 CMOS 玻璃蓋片檢測系統架構。
- (2) 因此本研究將探討如何利用 CCD 攝影機取像，再加上影像處理方法，來達成人眼所無法達到的檢測規格。
- (3) 瑕疵可能發生在玻璃蓋片的表面或內部，玻璃為高度透明材質，污染物可能為透光(如：玻璃碎屑)或不透光(如：灰塵)；瑕疵形狀的高度亦有影響(如：小而高的灰塵)，因此將探討如何使用適當之光源突顯瑕疵，以簡化取像。
- (4) 搭配適合之移動機構、取像方法與路徑，減少取像時間。
- (5) 發展適當且具彈性的演算法，正確找出玻璃蓋片所可能發生之各類瑕疵與位置。

#### 1.4 研究架構

考量檢測系統架構的三大元素—硬體、軟體及方法，分為以下四部分來說明：

- (1) 光源系統：配合光學玻璃特性與可能發生之瑕疵，探討多種可行之光源，比較其利弊，選擇適當的檢測光源。
- (2) 取像裝置：探討可用來取得玻璃蓋片待測影像之裝置，以利 CCD 用較少的取像時間檢測玻璃蓋片。
- (3) AOI 檢測軟體：以具彈性、簡單易用、可快速檢測及準確指出瑕疵位置為目標。
- (4) 軟、硬體控制整合：適當分配 CCD 移動取像與影像處理所需的 CPU 運算資源，以減少整體檢測時間為目標。

## 第二章 文獻探討

同樣在產能、成本、品質管理各方面的考量下，許多機器視覺檢測(Machine inspection)、電腦視覺檢測(Computer inspection)或自動化光學檢測 ( Automatic optical inspection, AOI) 的技巧已普遍被接受來輔助工業產品的檢測。本研究的主要目的即是應用自動化光學檢測技術，來改進目前 CMOS 玻璃蓋片視覺檢測技術。

由於目前運用 AOI 方法來檢測光學玻璃的商用機台，多以 TFT-LCD 玻璃基板為目標，機台價格極為昂貴，產品規格制式化，客制化需求難以達成。尤其 CMOS 玻璃蓋片之面積，雖然遠較 TFT-LCD 玻璃基板來得小，但所需檢測精度卻相對較高。因此對於 CMOS 封裝廠而言，市場上尚無合乎需求的產品。在學術論文方面，目前亦仍未見 AOI 技術應用於 CMOS 玻璃蓋片瑕疵檢測的相關文獻，因此本章將討論關於現行人眼檢測方法、視覺系統架構、光源系統架構以及影像處理方法之相關文獻，以期能對本研究有所裨益。



### 2.1 產業現行之檢測方法

圖 2.1 為 CMOS 之構裝流程，本研究所探討之玻璃蓋片瑕疵檢測為構裝流程中 GFVI (Glass final visual inspection) 部份，主要目的為在封合前，對玻璃蓋片的品質進行檢測；目前此產業中大部份 CMOS 封裝廠仍使用人工檢測。

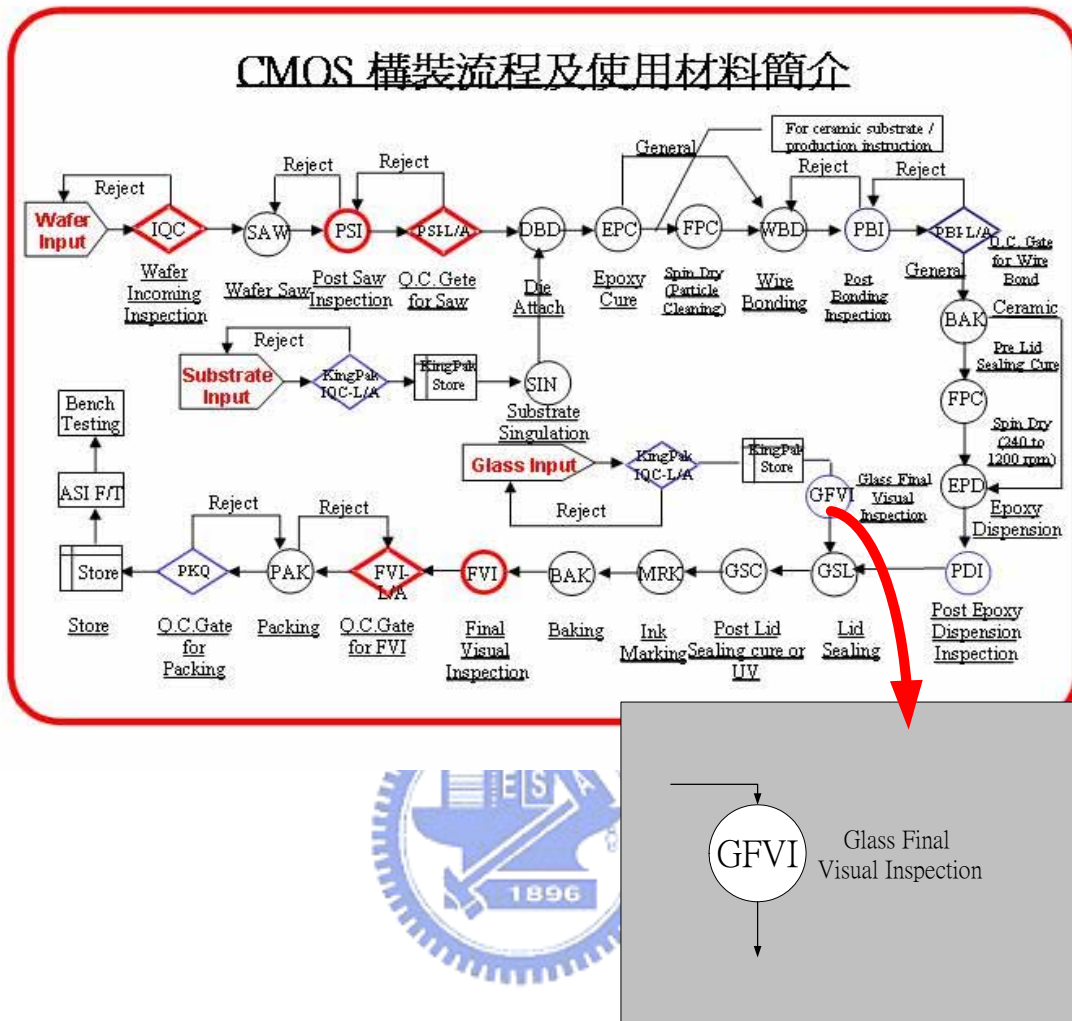


圖 2.1 CMOS 封裝製程構裝流程

現行人眼檢測之方法乃使用 7~45 倍顯微鏡配合冷光纖光源，由檢測員進行目視檢測，光源系統設定如表 2.1。由於檢測速度上的限制，一般多使用抽樣檢測而非全檢，表 2.2 為現行抽樣檢測執行計畫。

表 2.1 人眼檢測光源系統設定表

| 項目       | 設定              |
|----------|-----------------|
| 檢測物體距離光源 | 3cm             |
| 環境照度     | <100 lux        |
| 光源照度     | 10,000±1000 lux |
| 光源入射角    | 30° ~ 60°       |

表 2.2 現行抽樣檢測執行計畫

| 抽樣方式   | 使用時機  |
|--|---|
| 標準抽樣   | 一般的抽檢均依標準抽樣，除非符合其他的資格時則依特殊的抽樣計畫實施抽檢。              |
| 加嚴抽樣   | 同一供應商，進料檢驗中連續三批都被退貨時使用。                           |
| 減量抽樣   | 同一供應商，進料檢驗中超過一個月且超過十批未被退貨且此物料在這個月中沒有生產線反應製程問題時使用。 |
| 在實施減量抽樣期間，當同一供應商的相同物料，在進貨檢驗時有被退貨或是生產線有反應製程問題時，即恢復標準抽樣。     |   |
| 在實施加嚴抽樣期間，當同一供應商的相同物料，在進貨檢驗時超過十批沒有被退貨且無生產線反應製程問題時，即恢復標準抽樣。 |   |

## 2.2 視覺系統架構

視覺系統在自動化生產線的地位，等於一個能檢測產品並提供控制訊號的智慧型感測器，一個視覺檢測系統的基本組成，大致可粗分為六大單元[17]，圖 2.2 為典型的視覺系統基本組成，本研究擬採用此視覺系統架構，進行 CMOS 玻璃蓋片之瑕疵

檢測。

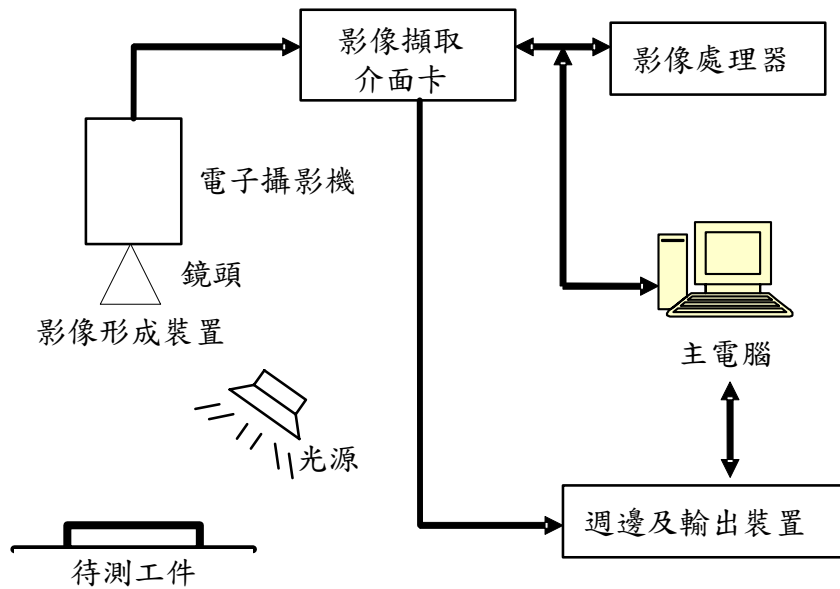


圖 2.2 典型的視覺系統基本組成

### 2.3 光源系統架構

光源照明的主要目的乃利用適當光源突顯待測物的物體特徵，提高影像的對比及細節，將重要的部分強調出來，將不需要的部分移除或使之模糊。光源照明系統若設計的好，便能減少對所取得之影像額外的前處理步驟，降低後續檢測演算法的複雜度，光源照明系統的設計可說是電腦視覺系統的一大要素。

光源環境的好壞直接影響到待測影像的品質，好的光源環境不但可以突顯物體的對比，而且可以清楚的顯示被攝物體表面的紋路、特徵，也可以減少影像的雜訊，簡化影像處理的時間；因此欲設計一個快速可靠的瑕疵檢測系統，一個合適的光源是必備的。

常見的光源系統設計或打光技巧有以下幾種[18]，圖 2.3 為這些打光方式之示意圖：

1. 前照式( Front lighting )：光源與 CCD 攝影機在物體之同側，利用光線反射強弱的不同，作為檢測物體表面特徵時之照明，常見的應用為：鎳幣面額辨識、光學字

元辨識...等。

2. 背照式( Back lighting )：光源與 CCD 在物體的不同側。利用背照式產生出對比強烈的物體輪廓線，作為物體尺寸檢測之用，常見的應用為：導線架瑕疵檢測、瓶中異物檢測...等。
3. 側照式( Side lighting )：光源放在物體的側面，光源的照射方向與物體平面近乎平行。利用側照光源的效果突顯待檢測物體之幾何性質，常見的應用為：紙張表面瑕疵檢測、錫膏瑕疵檢測...等。

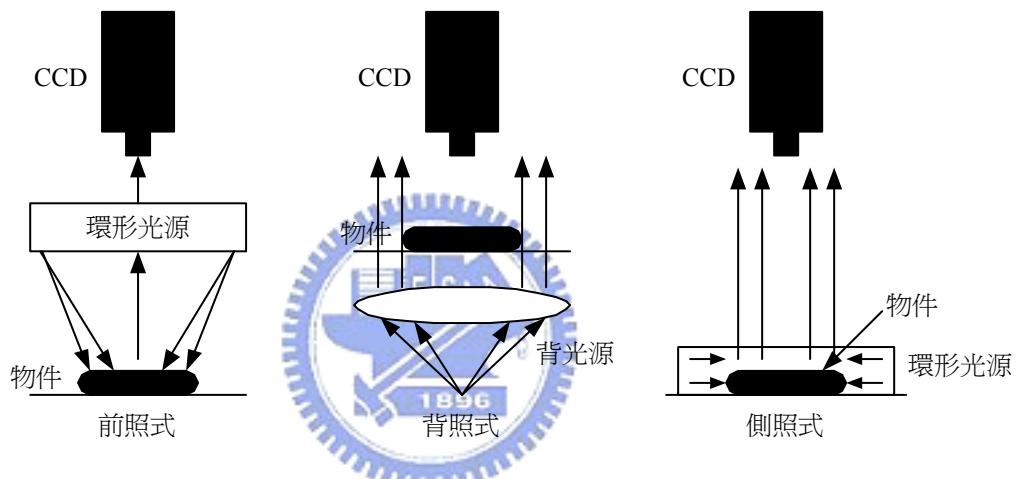


圖 2.3 常見的打光方式示意圖

於發光體材料選擇上，需視光源顏色、亮度、光閃(Flash)速度、穩定度、聚光度(均勻度)等因素加以考量。

Batchelor[2]整理出 63 種的視覺照明系統及對應之取像方式，本研究將參考這些打光技巧，以進行本研究的光源設計。

## 2.4 取像方式

### 2.4.1 光學解析度

欲達到  $5\mu\text{m}$  之檢測精度，適當之作法為在影像中以二個相素點之寬度來表示  $5\mu$

之實物長度，即一個  $5\mu\text{m} \times 5\mu\text{m}$  之正方體瑕疵在影像中以 4 個相素點表示，一般 CCD 之 Image cell 約為  $4\mu\text{m} \sim 5\mu\text{m}$ ，因此配搭 2 倍之鏡頭能達此要求。在此設定下，一張解析度  $1280 \times 1024$  的影像所能涵蓋之檢測範圍約  $3.0 \text{ mm} \times 2.4 \text{ mm}$ ，因此檢測一片  $90 \text{ mm} \times 45 \text{ mm}$  之玻璃蓋片，共需約 420 張影像，欲符合工業應用之需求，檢測速度為本研究的一個重要課題。

## 2.4.2 影像擷取方式

取像系統通常會依據不同的檢測對象，各種的瑕疵屬性，或是生產線上的實務考量，而量身訂做出最有利於擷取影像的配置方式。陳維昱[16]提出了使用高速快門對移動中的物件之取像方法，這個取像方法利用高速快門，縮短曝光時間，將物件在快門時間內的移動距離控制在可容忍的範圍內，使得取像時可以毋需將物件停下，加快取像速度，以達成線上檢測之目的。本研究擬參考這個取像方法，用於減少玻璃蓋片之取像時間。



## 2.5 軟體演算法

### 2.5.1 檢測方案(Inspection schemes)

Anil[1]的論文中對所有電腦視覺在檢測上的應用，作了非常詳盡的整理，文中提到電腦視覺應用至工業檢測上之方法，可分為三種檢測方案(Inspection schemes)：Template matching、Rule-based methods、Hybrid methods，其中 Rule-based methods 是依據分類規則來判斷瑕疵是否發生，這些分類規則是按檢測物設計時所設定(如：CAD)的特徵來制定，若待測物不符合這些特徵，則判定為具有瑕疵。Rule-based methods 其優點在於毋需儲存大量的樣板(Templates)，直接依所制定的法則判斷是否有瑕疵發生，而其缺點為在某些檢測物的應用上，法則(Rule)不容易制定，且若檢測物規格上有所改變，法則(Rule)即必須重新制定。本研究中之玻璃蓋片為一個特徵單純之檢測物，具有均勻、透明之特性，使用 Rule-based methods，不但檢測法則易於制定，且無論規格如何改變，特徵亦無變化，故本研究採用 Rule-based methods 作為檢測方案。

## 2.5.2 影像處理

為了突顯瑕疵位置並消除影像的雜訊或背景，本研究擬以下述幾種基本的影像處理方法為基礎，來發展穩健快速的玻璃蓋片瑕疵演算法。

### 1. Smoothing

數位影像處理時常使用影像分割(Segment)的技術來區分使用者所感興趣的前景與可忽略之背景，然而在邊緣偵測時，即使只有相當少數的雜訊，對用於影像中邊緣的一、二階導數可能有重要的影響，因此在做邊緣偵測時必須先對影像進行去除雜訊之處理[14]。影像平滑化(Smoothing)時數位影像處理中常被使用來做為雜訊消除的技術，本研究中亦使用影像平滑化做為濾除雜訊之方法。

### 2. Binarization

影像二值化方法乃將灰階或彩色的影像，透過選取的臨界值/閾值(Threshold value)，將灰階或彩色的影像轉成只有 0 或 1 的二值化影像資料。影像二值化的目的主要是將物體與背景進行區分，此一過程可明確區分出欲檢測物體之位置，簡化後續影像處理的過程或時間。其中閾值(Threshold value)的選取為此方法最重要的一個參數。

閾值之數目並不侷限於一個，將影像分成數個小區域或對不同瑕疵取不同之閾值是常見的二值化策略，本研究中欲使用「對不同瑕疵取不同之閾值」之策略，並參考 Canny J.(1986)所提出之 Hysteresis threshold[4]與 Canny edge detection[3]方法。

Hysteresis threshold 為使用二個閾值與一個分類參數做為二值化標準，使得在界定瑕疵邊際時，能較為精確且彈性。舉例來說，若今欲突顯一背景灰階值較低，瑕疵灰階值較高之影像，則設其中一個閾值灰階值較高(後文以 HT 稱之)，另一個灰階值



較低(後文以 LT 稱之)，其原理示意圖如圖 2.4，若影像之灰階值大於 HT(即圖 2.4 中 A 區)直接標計為瑕疵，若影像之灰階值小於 LT(即圖 2.4 中 C 區)則歸類為背景，若影像之灰階值介於 HT 與 LT 之間(即圖 2.4 中 B 區)則列為「候選區域」(Potential area)，候選區域中的相素點側依「分類參數」做判斷，Canny 所使用之分類參數為「相素點距瑕疵之距離」，若候選區域中之相素點距 A 區在一定距離內，則判定其屬於瑕疵，否則即視為背景。

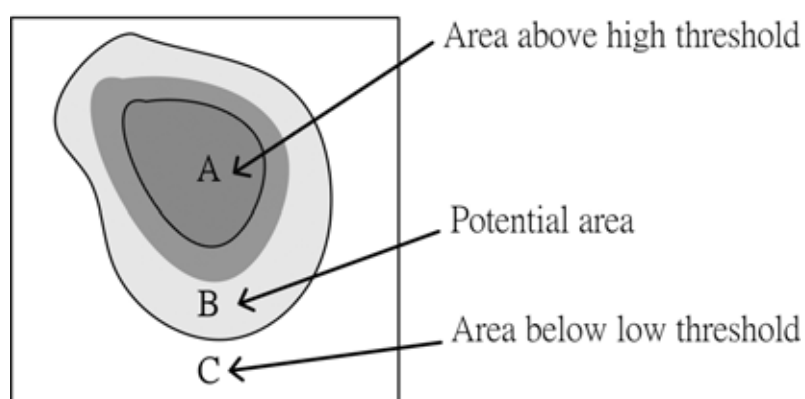


圖 2.4 Hysteresis threshold 示意圖

Canny edge detection 其概念類似 Hysteresis threshold，但使用「灰階值的梯度變化」作為分類參數，因此主要是應用在 Edge detection 上，此方法可分為六步驟，如表 2.3 所示。

表 2.3 Canny Edge Detection 處理步驟

|       | Operation  | Description   |
|-------|--|---|
| Step1 | Smooth : Gaussian filter   | Eliminating noise                                     |
| Step2 | Sobel operator   | Find edge strength<br>Edge strength = G  =  Gx  +  Gy |
| Step3 | Find edge direction  | Get $\theta$<br>$\theta = \tan^{-1} (Gy / Gx)$        |
| Step4 | Relate the edge direction to a direction                                   | Get simple edge direction                             |
| Step5 | Using Nonmaximum suppression to trace along the edge in the edge direction | Get a thin line in the output image                   |
| Step6 | Hysteresis threshold, but using edge strength t instead of distance        | Get Edge image  |

本研究將參考這兩種方法，使用二個閾值的概念，來設計適合用於 CMOS 玻璃蓋片檢測之影像二值化方法。

### 3. Auto-thresholding

Auto-thresholding 為利用影像的特性自動產生一個適當的閾值的方法。依照 Nakagawa 與 Rosenfeld[12]所提出之想法，先將影像分成多塊子影像，使每張影像之改變單純化，將使 Auto-thresholding 的設計上變為較簡單，因此本研究亦使用這個概念，將影像分成多塊子影像，再設計出適用於這些子影像之 Auto-thresholding 方法。

Auto-thresholding 方法的種類在影像處理領域中相當多，因為這些方法常具有 Case-by-case 的特性，每種方法都有其適合的適用情況，因此在灰階閾值之抉擇方面有許多學者提出許多不同的做法，較為常見之方法為 Ostu method 與固定百分率法

(P-Tile)。Ostu[13]提出之 Ostu method 乃是利用機率統計的原理，找出讓群組間變異數最大且群組內變異數最小的閾值，當作是二值化的閾值。Dayle[6]提出之固定百分率法乃是自該影像直方圖(Histogram)最高峰的灰階值處減去固定百分比 20%，做為門檻值。

Elmabrouk 與 Aggoun A.[7]提出在偵測影像邊緣時，選取直方圖中背景群組高峰的灰階值與邊緣群組高峰的灰階值，以此二值之平均為閾值，此法主要是應用在影像直方圖可以找出明顯之兩個群組，一群組為邊緣(Edge)，另一群組為非邊緣之區域，而兩群組間無明顯交集之影像。

Jiaoyan 與 Xuefeng[8]提出利用 Fuzzy membership 之概念，建立一模糊因子為最小灰階值與背景平均灰階值之差，代表影像目前之背景紋理改變，訓練出能得到適合閾值之模糊函式。



Xiaoyi 與 Daniel[15]提出 Verification-based multithreshold 方法，此方法為先建立「閾值表」，列出在某一閾值下會突顯那些特徵，再對影像依照這些閾值一一進行二值化，同時篩選出應突顯的特徵，移除不該出現之特徵，得到查核後的二值化影像，最後將所有二值化影像聯集，即為僅突顯感興趣特徵的二值化影像。

David 與 Dongming[5]提出一個能處理透明待測物上瑕疵、亮度不均影像之二值化閾值的取法。此方法先將影像分割成數個子影像，使用形態學(morphology)方法將雜訊及瑕疵濾掉，留下背景，再依照每個子影像的背景灰階方佈，利用固定百分率法決定各個子影像的二值化閾值，此方法主要是應用在檢測電視映像管(Television tube)上。

Muhammad 與 Tae-Sun[11]提出使用 Local thresholding 的概念偵測影像中的邊

緣，對每個子影像以 $(\mu-c)$ 作為二值化閾值分離出可能有邊緣之候選區域，其中 $\mu$ 為平均數， $c$ 為一固定之常數。

雖然 David 與 Dongming 的方法是應用在檢測物為電視映像管上，且檢測規格亦與本研究大為不同，而 Muhammad 與 Tae-Sun 的方法是應用在邊緣偵測上，但這兩種方法的特徵擷取概念可延伸應用至本研究，因此本研究擬參考這兩種方法之概念，並加以修改成適用於玻璃蓋片之自動閾值抉擇方法(Auto-thresholding)。

#### 4. 閉合(Closing)

二值化影像的閉合[9]，集合  $A$  被結構元構  $B$  閉合，以  $A \bullet B$  表示之，定義如下：

$$A \bullet B = (A \oplus B) \ominus B$$

即  $A$  被  $B$  膨脹後再被  $B$  侵蝕，閉合會將二值化影像中細窄的中斷部份(Breaks)和長細缺口(Gulfs)連接起來，並會消除小洞(Holes)，填補輪廓上的缺口 Gaps)。左上述特性可應用於本研究中瑕疵面積判斷上，如圖 2.5(a)中為所檢測出的異常點，我們可以經由設定適當的結構元素  $B$ ，使得同一異物的異常點凝聚如圖 2.5(b)中所示，進而方便異物面積大小之計算。

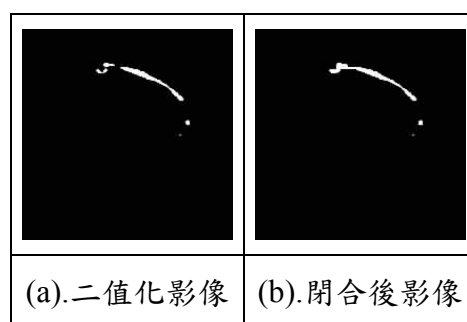


圖 2.5 二值化影像閉合實例

#### 5. Blob analysis

所謂 Blob，是指一張影像上面，具備相同條件或屬性的像素，互相接觸或相鄰所組成的區域或面積

Blob analysis 主要是從一張影像中，辨識相同區域且相鄰的像素點，並進行特徵萃取；特徵值可能包括區塊個數、周長、維度、位置等。顏氏[19]應用 Blob 分析來計算影像區塊面積，檢測對印刷電路板是否缺件。

下列是 *Blob* 分析常用的幾個基本步驟[10]：

1. 盡可能去除影像中的雜訊，取得最佳影像。
2. 進行影像分割，讓背景與 Blob、及 Blob 與 Blob 之間清楚分離。通常利用二值化方法將背景之灰階值設為 0，而將 Blob 之灰階值設為 1。
3. 利用形態學 (Morphology) 方法將影像的雜訊去除。
4. 設定 Blob 與 Blob 互相接觸的條件 (水平及垂直方向，或包括斜角方向)。
5. 計算 (Calculate) 指定的特徵並分析結果。



### 第三章 研究方法設計

玻璃蓋片為一 60mm\*45mm、厚度約為 0.5mm 的矩形透明玻璃，如圖 3.1。玻璃蓋片之瑕疵發生處可在其上任何一處，包括其玻璃蓋片之內部及外部。本研究利用光學玻璃高透明度的特性，配合各種取像方式，設計出可適用於各尺寸 CMOS 玻璃蓋片的檢測光源、取像方法、影像處理演算法及軟硬體控制整合方法。



圖 3.1 CMOS 玻璃蓋片

本章的說明內容包括：(1)取像之光源、硬體架構、(2)AOI 檢測軟體演算法、(3)軟、硬體整合。

#### 3.1 硬體部份

##### 3.1.1 光源研究

光源照明的主要目的乃利用適當光源突顯待測物的物體特徵，提高影像的對比及細節，將重要的部分強調出來，將不需要的部分移除或使之模糊。適合的光源照明系統能減少對所取得之影像額外的前處理步驟，降低後續檢測演算法的複雜度。

本節將描述三種可行之光源系統，包括（1）背照式光源、（2）前照式光源及（3）側照式光源。

### 3.1.1.1 背照式光源

背照式光源的特色在於可產生出對比強烈的物體輪廓線，有利於檢測物體尺寸大小，在玻璃蓋片視覺檢測的應用上，對於瑕疵的大小的判斷上較為有利。此外，由於玻璃蓋片在產品上的實際功用為讓光線穿透玻璃進入 CMOS 成像，因此最接近檢測物實際應用的打光方式即為「背照式光源」，因為若在背照式光源下被找到的瑕疵，必定會對封裝後的 CMOS 成像造成影響，因此本視覺檢測系統首先考慮使用背照式光源。

本研究所設計之背照式光源系統架構如圖 3.2(a)所示。其中，燈箱使用高頻日光燈管搭配散射板產生高亮度、均勻且高頻之光源，使 CCD 攝影機能使用較快的電子式快門進行取像，達到加快取像速度、縮短檢測時間之效果。圖 3.2(b).為本研究所使用之背照式光源系統之原型。

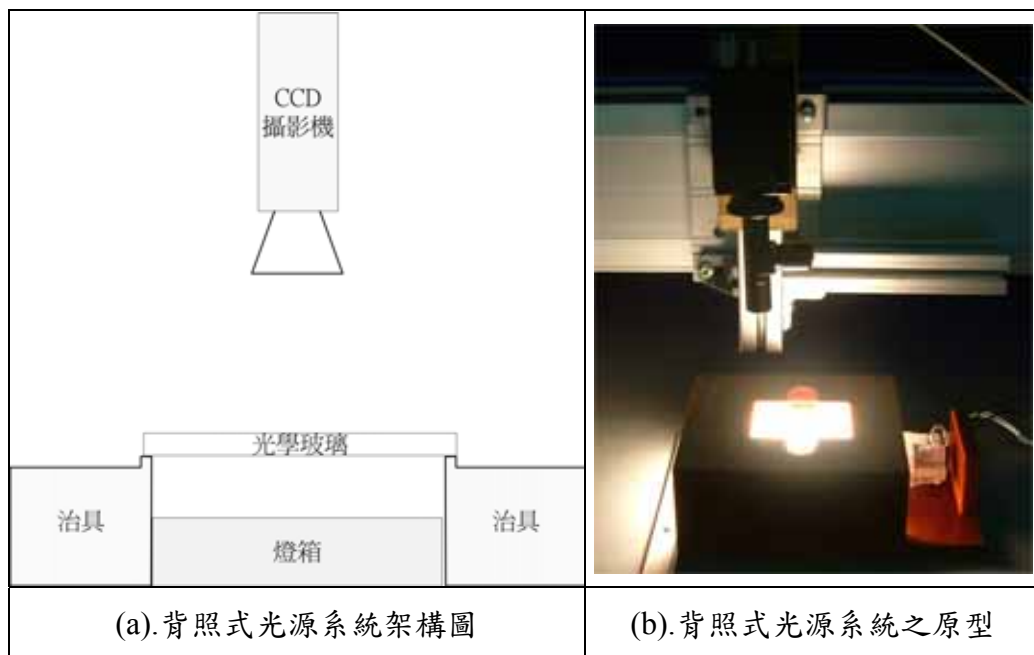


圖 3.2 背照式光源系統

在背照式光源系統架構下，由於玻璃蓋片具有高度透明性，使得無瑕疵的部份光線可以穿透，進入攝影機之光量較多，因而成像較亮；而玻璃表面之瑕疵，如：灰塵、污染物與玻璃內部之瑕疵，如：裂痕、氣泡...等，透光度較低，因而使入射至攝影機之光量減少，產生相對較暗的區域，成像示意圖如圖 3.3(a)。圖 3.3(b)為在背照式光源下的瑕疵影像，其中黑色不規則線段為玻璃表面之纖維。

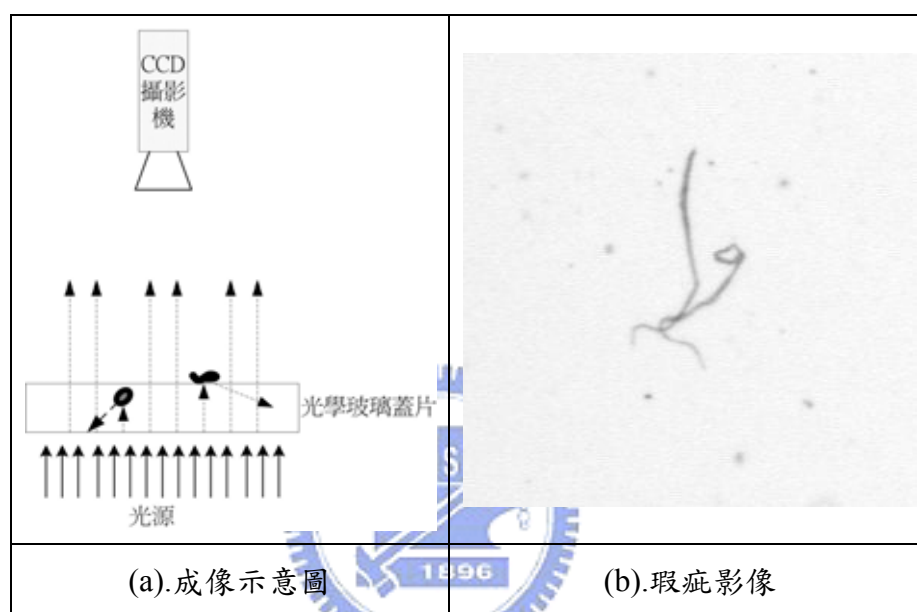


圖 3.3 背照式光源下成像示意圖與瑕疵影像

### 3.1.1.2 前照式光源

前照式光源的特色在於可突顯物體表面特徵，在自動視覺檢測系統的應用上，對於瑕疵細部的特徵擷取上較為有利。

本研究所設計之前照式光源系統架構，如圖 3.4(a)所示。其中，使用具同軸落光之鏡頭搭配光纖與鹵素光機產生高亮度、均勻之光源，由於高倍率鏡頭工作距離較短(約 10cm)，此設計較易設置且不會影響到攝影機之取像，同時集中的光束可提供較高亮度之照明。圖 3.4(b).為本研究所使用之前照式光源系統之原型。



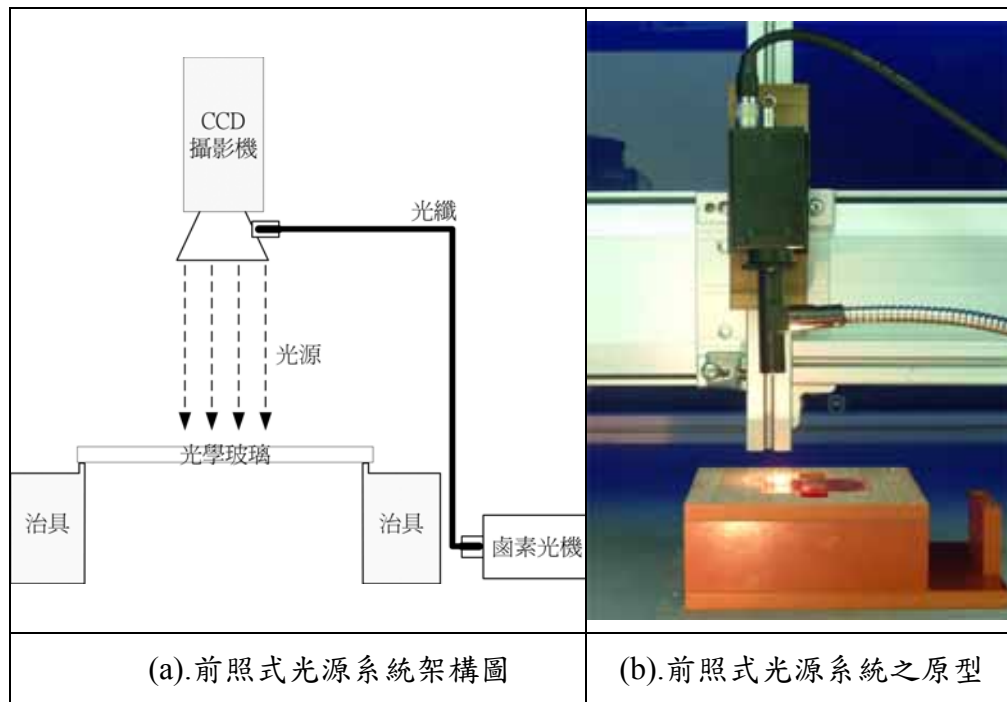


圖 3.4 前照式光源系統

在此光源系統架構下，光源系統與 CCD 攝影機平行且位於同一方向，由於玻璃蓋片有高度平滑的特性，平滑的部份較能反射來自鏡頭的光線，因此進入攝影機之光量較多，因而成像較亮；而玻璃表面之瑕疵，如：灰塵、污染物與玻璃內部之瑕疵，如：裂痕、氣泡...等，會破壞原本平滑的特性，使光線散射，因而使進入攝影機之光量減少，產生相對較暗的區域，成像示意圖如圖 3.5(a)所示。圖 3.5(b)為在前照式光源下的瑕疵影像。基本上前照式光源成像效果類似背照式光源，但在機構上前照式光源較為小巧，在工業應用上較為方便。

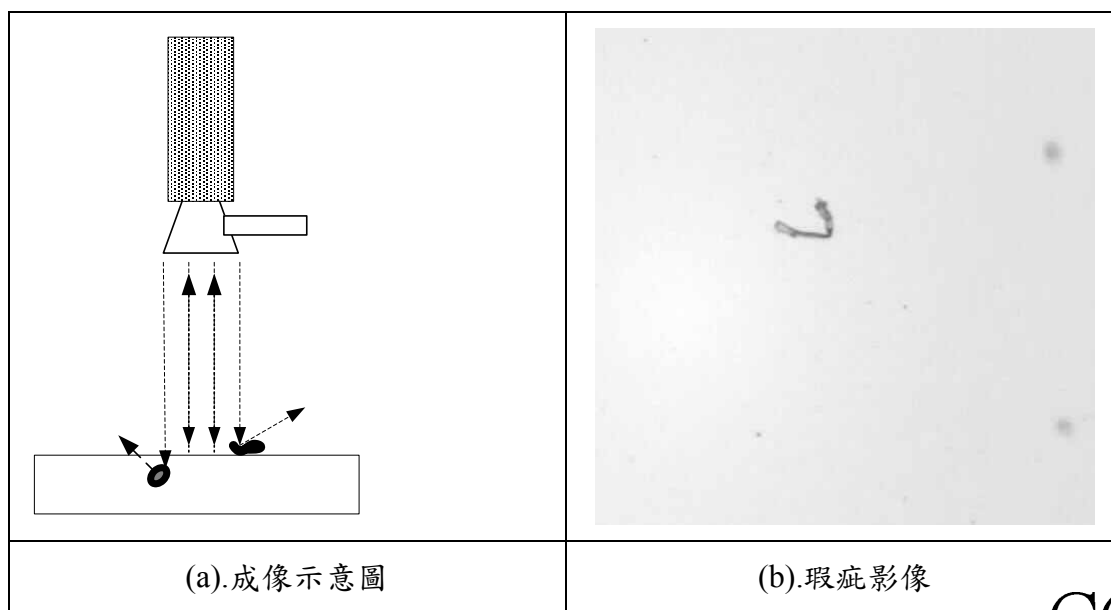


圖 3.5 前照式光源下成像示意圖與瑕疵影像

CCD  
攝影  
機

### 3.1.1.3 側照式光源

側照式光源的效果在於能突顯待檢測物體之幾何性質，側照式光源的成像效果與背、前照式光源大為不同，對於人眼來說側照式光源的成像效果較不刺眼，因此現行人工檢測多使用側照式光源。



#### 3.1.1.3.1 側照式 LED 光源

側照式 LED 光源系統架構如圖 3.6(a)所示。圖 3.6(b).為本研究所使用之側照式 LED 光源系統之原型。

光

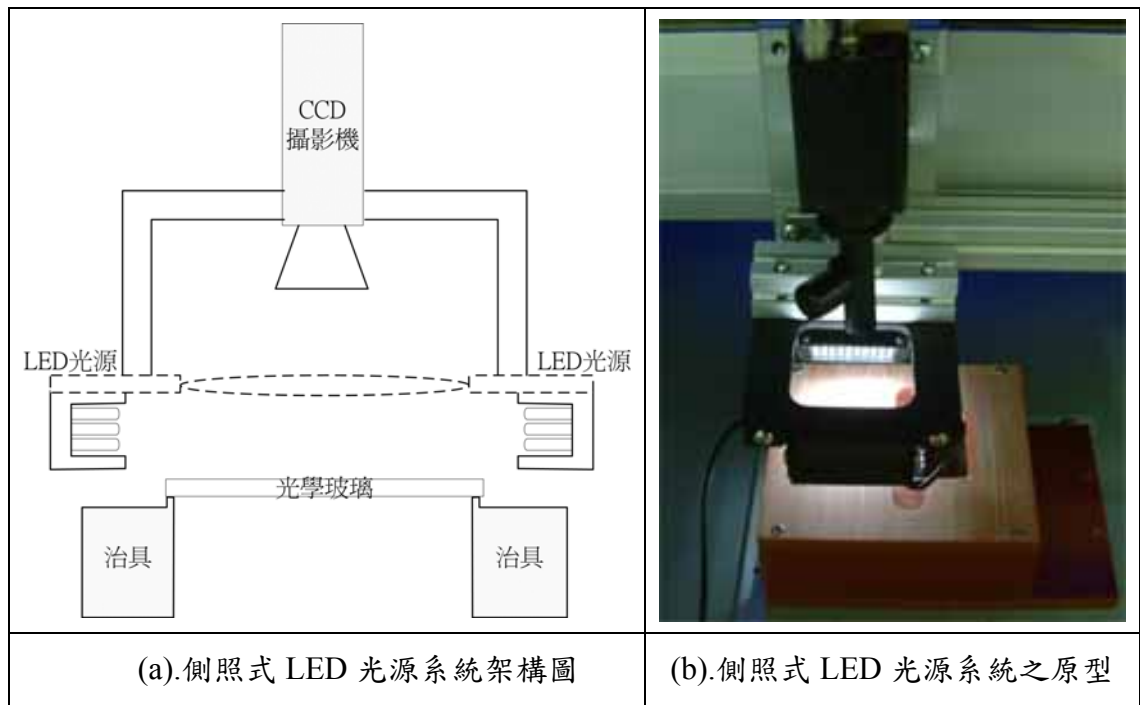


圖 3.6 側照式光源系統

在此光源系統架構下，玻璃蓋片的均質性與透光性使得側向入射光幾乎完全地穿透，反射入攝影機之光量相當少，因而成像較暗。而玻璃表面之灰塵、污染物與玻璃內部之瑕疵，如：裂痕、氣泡...等，會破壞玻璃蓋片的均質性，增加反射至攝影機之光量，因而產生相對較亮的區域，成像示意圖如圖 3.7(a)。圖 3.7(b)為在側照式 LED 光源下的瑕疵影像，其中白色不規則線段為玻璃表面之纖維。

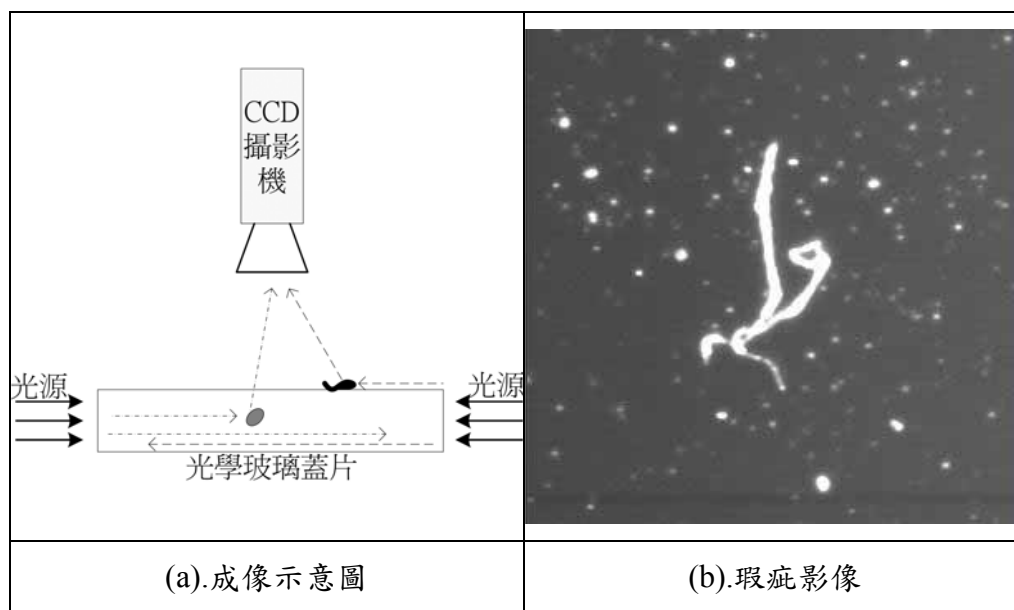


圖 3.7 側照式光源下成像示意圖與瑕疵影像

值得注意的是在側照式 LED 光源下，因玻璃置具與光源架構之原因，會有「中央較亮、周圍較暗」之現象。圖 3.8 為側照式 LED 光源打光下，待測影像與其「灰階值-像素點總數」直方圖，可以明顯地看到直方圖中有兩個高峰，其中一個高峰之灰階值約在 57，另一個高峰之灰階值約在 66；這即是因為中央區域與周圍區域亮度不均所致。中央區域背景亮度較高，形成直方圖中的右高峰；而周圍區域背景亮度較低，形成直方圖中的左高峰。這種不一致會造成後續二值化處理困擾，因而產生誤判。故使用「各個擊破(Divide and conquer)」的概念，將影像依其座落位置，分割成數塊子影像，將一張 1280\*1240 之影像依座標切割成九塊子影像，如圖 3.8 所示，以解決背景亮度不均的問題，圖 3.9 為分割後的九塊影像之「灰階值-像素點總數」直方圖，可發現圖中不再呈現明顯的兩個高峰，故分割後可有效解決原本影像亮度不均之問題。

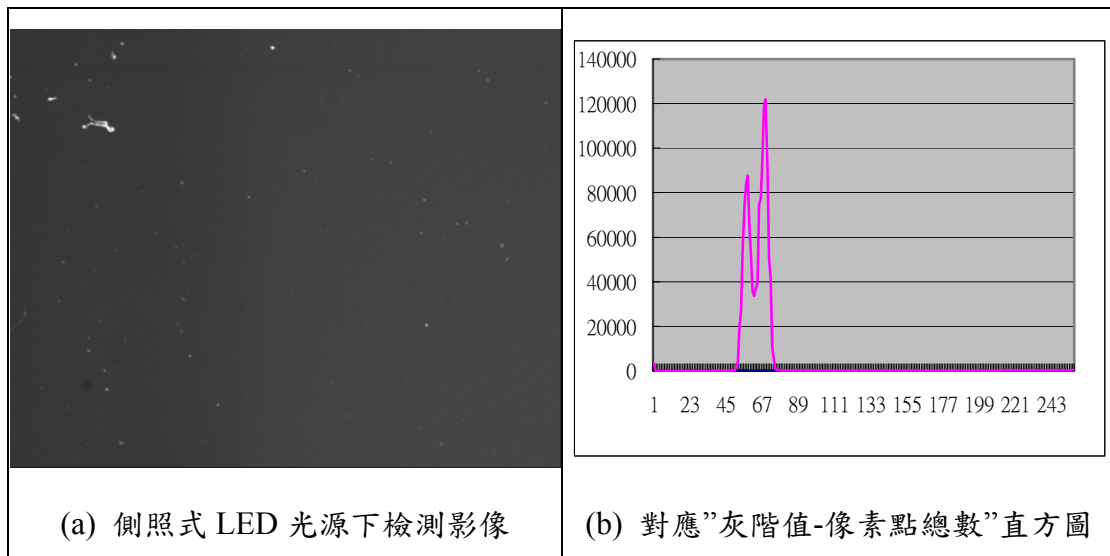


圖 3.8 側照式光源亮度不均實例

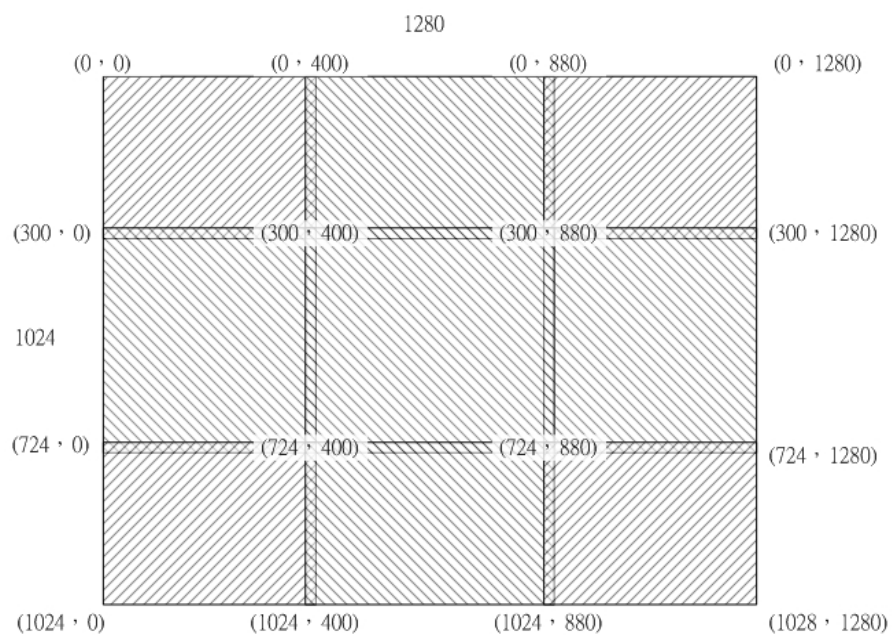


圖 3.9 待測影像分割示意圖

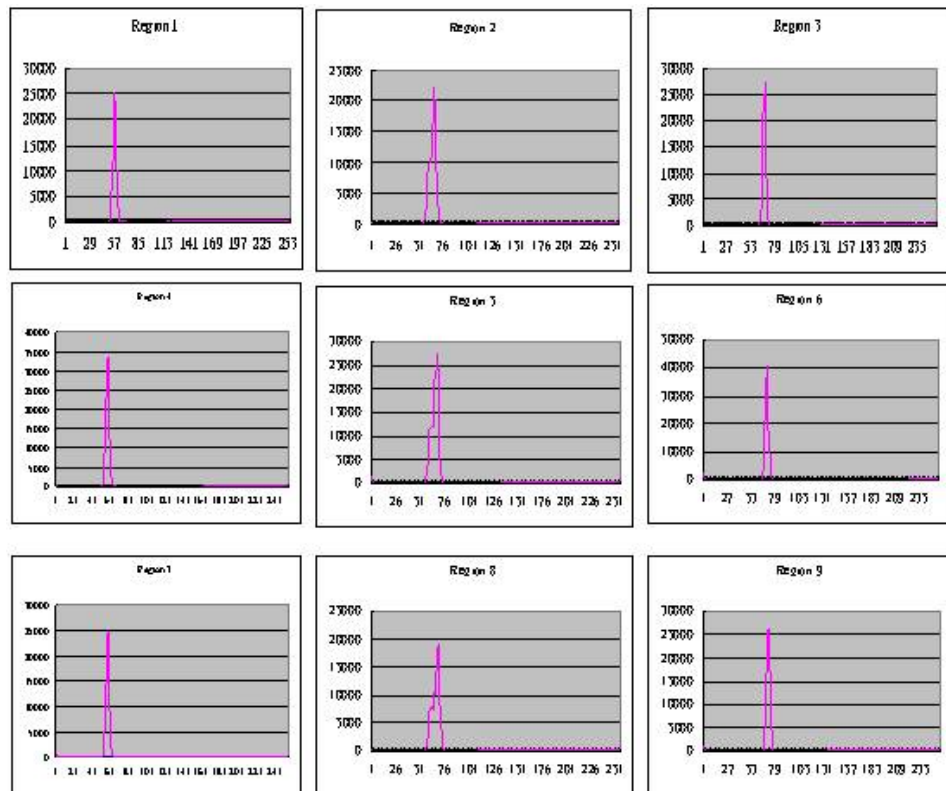


圖 3.10 分割後子影像之”灰階值-像素點總數”直方圖

### 3.1.1.3.2 側照式光纖光源

側照式光纖光源系統架構如圖 3.11 所示。其中，使用聚光鏡搭配鹵素光機與光纖配合 CCD 同軸移動，產生集中之平行光源，由於玻璃蓋片之檢測標準相當小( $5\mu\text{m}$ )，需搭配高倍率鏡頭，因此單張影像所能涵蓋的檢測範圍相當小(約  $2.976\text{mm} \times 2.381\text{mm}$ )，使用聚光鏡將光束集中在這塊小區域中，故能提供較側照式 LED 光源高出數倍亮度之照明。圖 3.12.為本研究所使用之前照式光源系統之原型。

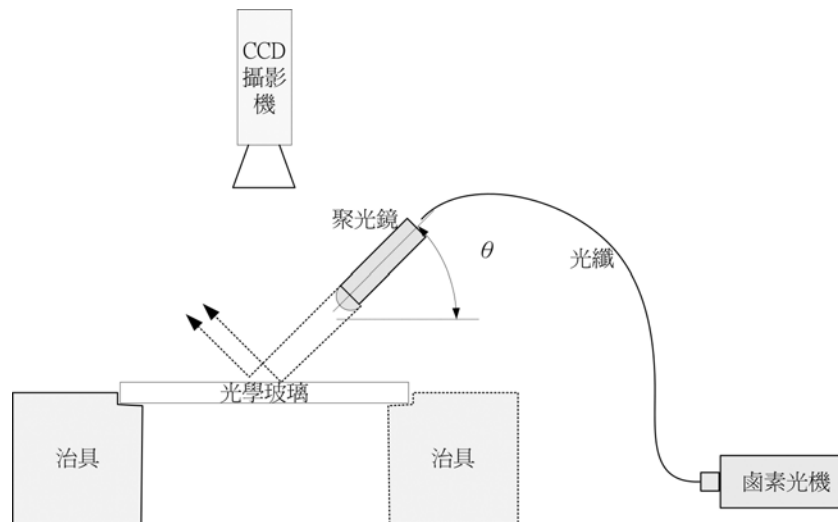


圖 3.11 側照式光纖光源系統架構圖



圖 3.12 側照式光纖光源系統之原型

側照式光纖光源成像原理與效果均類似背照式 LED 光源，但擁有較好的對比以及亮度，在機構的建構與校正上也較為複雜，主要的原因是光源角度的問題。聚光鏡與水平之夾角  $\theta$  愈小對於玻璃靠近 CCD 攝影機這一側的瑕疵的突顯效果較好；反之， $\theta$  愈大則對於玻璃遠離 CCD 攝影機這一側的瑕疵的突顯效果較好。故本研究設計以下之實驗找出適當的  $\theta$  角，使能同時突顯不論玻璃靠近或遠離 CCD 攝影機之表面瑕疵。

先將聚光鏡與玻璃之距離固定(實驗中固定為 7cm)，改變聚光鏡之角度，依每  $5^\circ$

之間隔分別取像。

將取得之影像按照以下方法處理：

Binarization (Threshold=20) → Closing (iteration=1) → Blob Analysis (Count the defect)。

比較處理後瑕疵之數目，表 3.1 為實驗之結果。





表 3.1 側照式光纖生源角度實驗結果

| 角度  | 瑕疵影像 | 處理後影像 | Blob Analysis | 瑕疵數目 |
|-----|------|-------|---------------|------|
| 15° |      |       |               | 41   |
| 20° |      |       |               | 40   |
| 25° |      |       |               | 47   |
| 30° |      |       |               | 50   |
| 35° |      |       |               | 63   |

|     |  |  |  |    |
|-----|--|--|--|----|
| 40° |  |  |  | 66 |
| 45° |  |  |  | 69 |
| 50° |  |  |  | 65 |
| 55° |  |  |  | 52 |

從表 3.1 中可以發現在聚光鏡角度為 45° 時，最能同時突顯玻璃遠、近兩端表面上的瑕疵，因而可找出數量最多的瑕疵，故本研究選擇 45° 作為側照式光纖光源之光源角度。

#### 3.1.1.4 光源比較

表 3.2 列出了以上四種光源的優、缺點與照明效果，其中照明效果乃是以 CCD

攝影機的最小可能快門表示(若快門較此值小，會因入光量太少而使背景與瑕疵之對比不足)，而非光源實際亮度，因為欲涵蓋整片玻璃蓋片需拍攝約 420 張影像，攝影機的移動與拍攝速度必須非常地快才能達到合乎工業應用的檢測速度，快門太慢會使影像產生殘影及影響取像品質；故快門速度限制了攝影機的最高可能移動速度，影像檢測速度，因此本研究以 CCD 攝影機的最小可能快門來表示光源照明效果。

表 3.2 各種光源系統優、缺點與照明效果

| 光源種類       | 優點   | 缺點         | 攝影機最小可能快門(s) |
|------------|--|------------|--------------|
| 背照式光源      | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 對比強烈的瑕疵輪廓線，有利於瑕疵大小的判斷。</li> <li>2. 打光方式合乎檢測物實際應用，因為若在背照式光源下被找到的瑕疵，必定會對封裝後的 CMOS 成像造成影響。</li> </ol> | 瑕疵遺漏(表面粉塵) | 1/500        |
| 前照式光源      | <p>可突顯物體表面特徵，利於擷取瑕疵的細部特徵，在瑕疵分類上有較好的效果。</p>   | 瑕疵遺漏(表面粉塵) | 1/500        |
| 側照式 LED 光源 | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 突顯待檢測物體之幾何性質。</li> <li>2. 現行人工檢測多使用此光源。</li> </ol>   | 瑕疵放大現象     | 1/250        |
| 側照式光纖光源    | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 突顯待檢測物體之幾何性質。</li> <li>2. 現行人工檢測多使用此光源。</li> <li>3. 亮度較 LED 式為高。</li> </ol>                        | 瑕疵放大現象     | 1/1000       |

由圖 3.3(b)與圖 3.7(b)所拍攝的為同一瑕疵，我們可以發現側照式光源較背照式光源能看到較多的瑕疵。多出來的瑕疵，大多為玻璃表面上的粉塵，這些粉塵的共通特徵為他們均為突起於玻璃表面具一定高度之立體瑕疵，這種特徵在側光下較易被突顯出來，同時這些粉塵未必為全不透光的，如：玻璃碎屑，故這類瑕疵在背照式光源下與背景的對比較差；前照式光源下亦有同樣的問題。故前、背照式光源較側照式光源易發生此類具立體特性瑕疵之遺漏問題，故較不適合做為玻璃蓋片之檢測光源。

側照式光纖光源由於光線集中，故較 LED 式亮度高，能支援攝影機以較快的快門取像，在玻璃蓋片自動視覺檢測中，由於檢測精度要求較高，使得 CCD 攝影機需拍攝數百張影像才能涵蓋整個檢測範圍，故欲達到工業應用上足夠快速的檢測速度，攝影機的移動、拍攝速度必須相當快(約每秒 4 張)，此時 LED 光源的將顯得亮度不足，故需改用亮度較高的光源，如：光纖光源。

基於上述之兩個理由，側照式光纖光源為較適用於本研究之光源，故使用側照式光纖光源作為玻璃蓋片之檢測光源。

在側照式光纖光源下，瑕疵影像有如在夜空中觀測到的星星，部份瑕疵會有暈開的現象，因此瑕疵看起來會有略為放大的現象，本研究將使用軟體演算法加以解決，此法將於 3.2 節中詳述。

### 3.1.2 取像機構

圖 3.13 為本研究之取像機構示意圖，由主控電腦控制攝影機及移動機構，搭配本研究所提出之側照式光纖光源系統，形成一個完整的視覺檢測系統，圖 3.14 為實驗室所開發之機構原型。

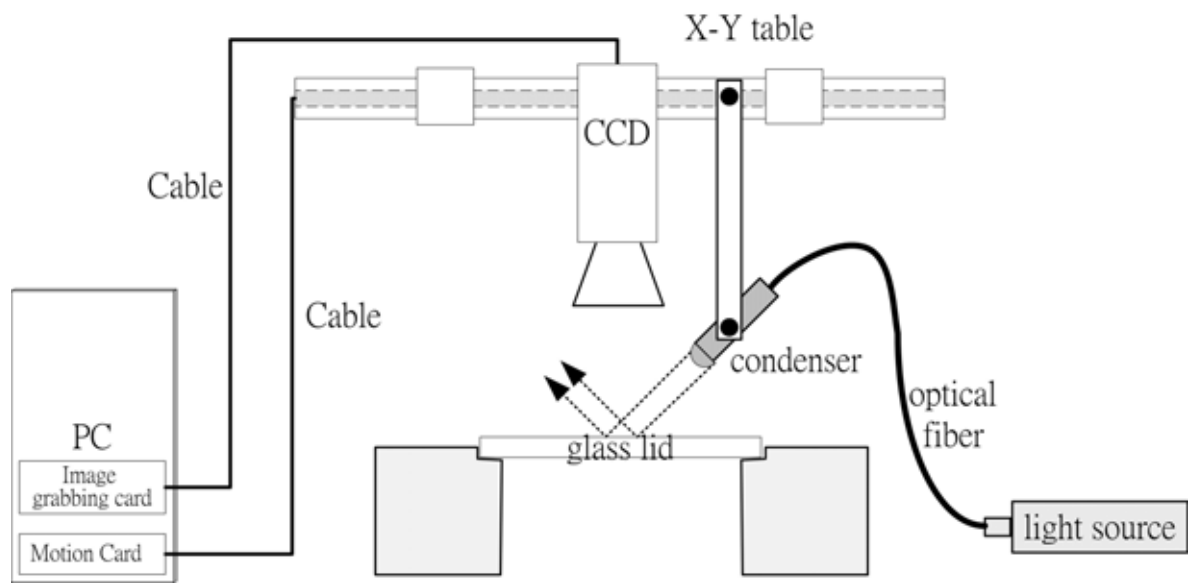


圖 3.13 取像機構示意圖

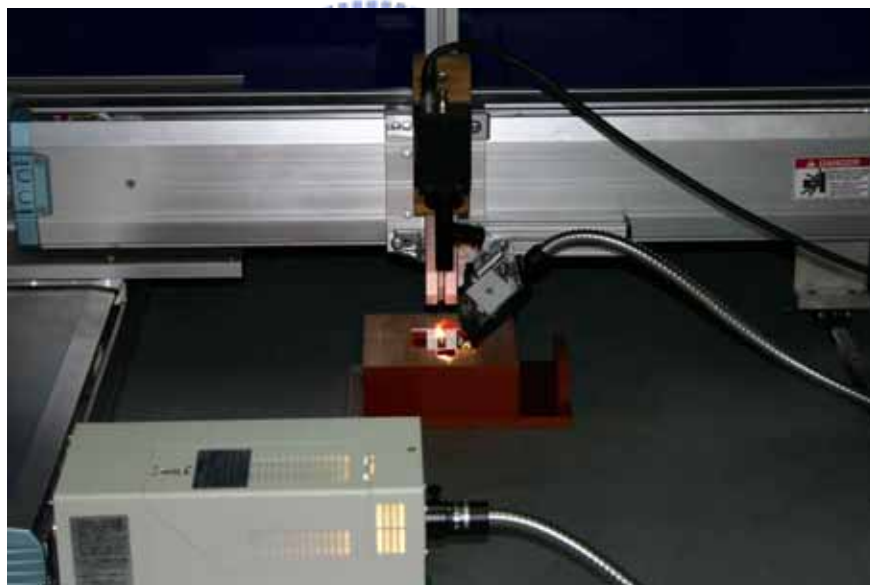


圖 3.14 取像機構原型

## 3.2 AOI 軟體部份

使用 3.1.2 所提出之取像機構，實際取得之待測影像如圖 3.15 所示，本節將分析所取得之待測影像，發展出適合之影像處理演算法。



圖 3.15 側照式光纖光源下的待測影像

### 3.2.1 影像分割

在側照式光纖光源架構下，會因玻璃蓋片與光源之距離不同，如圖 3.16 所示，而產生不同之照明亮度，將待測影像中之一截線上之灰階值分佈情形做三階移動平均 ( $R=5$ ) 後可得大致的分佈趨勢，如圖 3.17 所示，可發現待測影像左、右兩端之背景灰階值分佈約有 2 gray level 之差距，這種不一致會造成後續二值化處理困擾，因而產生誤判，故需尋求適當的方法來處理。

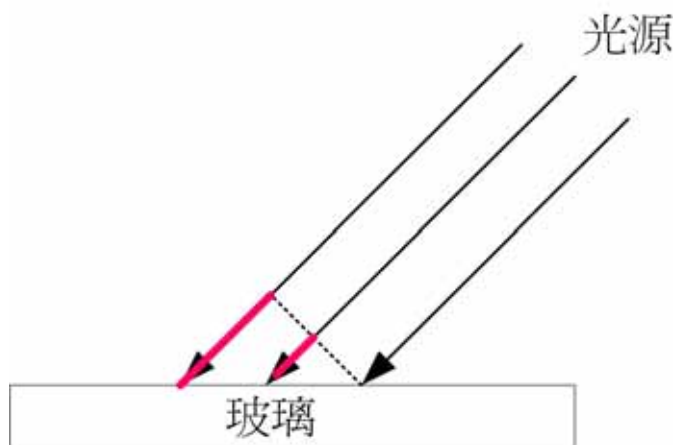


圖 3.16 側照式光纖光源與玻璃蓋片之距離示意圖

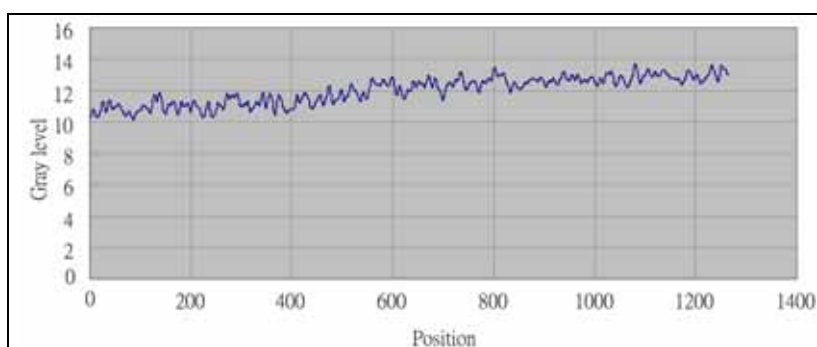


圖 3.17 待測影像水平方向灰階值分佈趨勢圖

為了解決此亮度不均的現象，本研究擬使用「各個擊破(Divide and conquer)」的概念，將影像依其座落位置，分割成數塊子影像，分割的數量愈多則影像中不一致的現象會愈低，但同時也會增加處理上的複雜度；本研究將 1280\*1240 之待測影像依座標切割成三塊子影像，如圖 3.18 所示，3 分割後可有效解決原本影像亮度不均之問題，亦不致使處理複雜度增加太多，故本研究使用此三分割之方式，將每塊區域內的灰階值差異控制在 1 gray level 以下，以解決背景亮度不均的問題，圖 3.19 為分割後的三塊影像之直方圖，可發現三塊影像之分佈相似且依序逐漸向右平移。

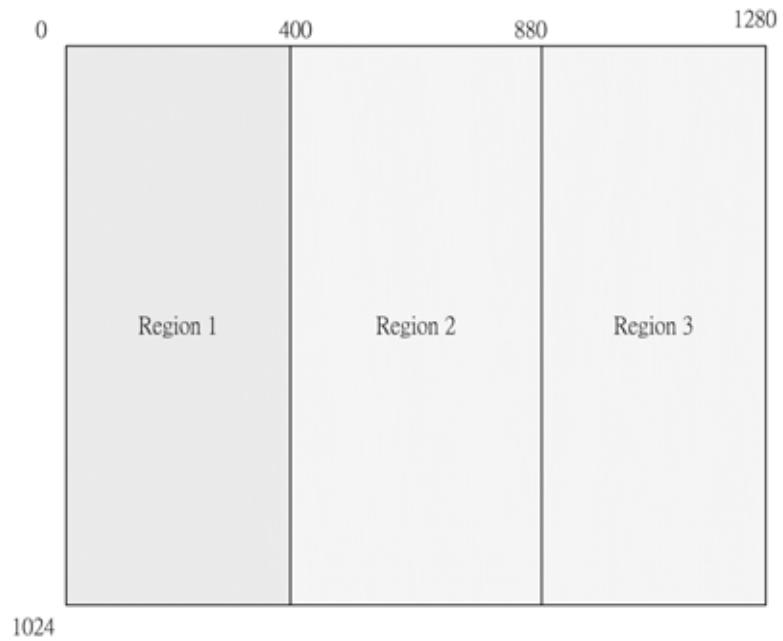


圖 3.18 待測影像切割示意圖

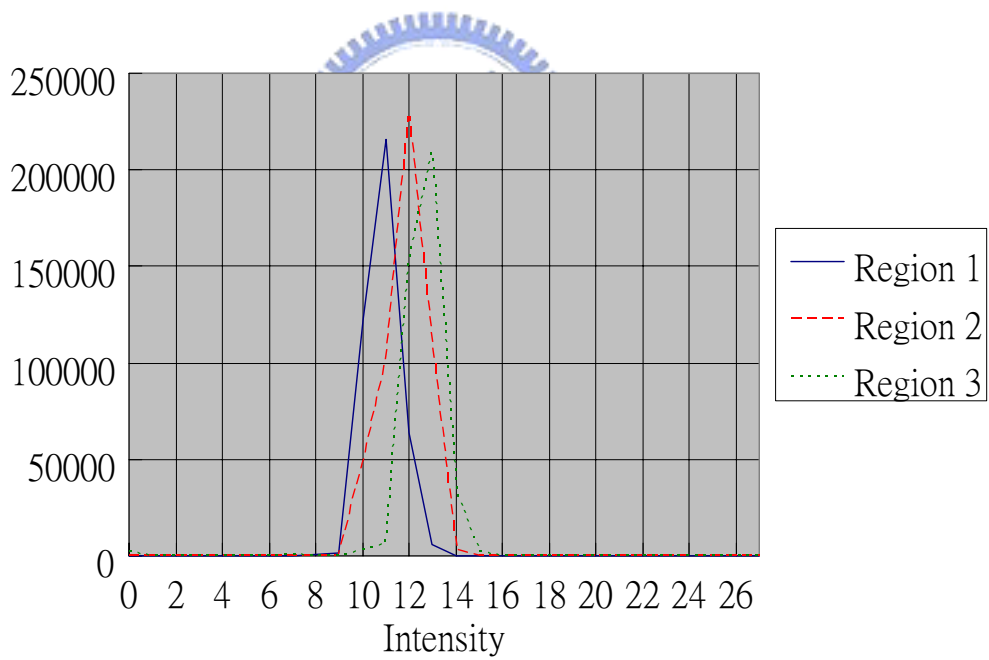


圖 3.19 分割後子塊影像之直方圖

### 3.2.2 影像二值化

影像二值化為一個簡單、快速的影像強化工具。本研究擬使用影像二值化來突顯瑕疵、略去背景。



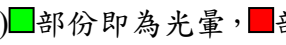

二值化是根據所選定之閾值，將灰階影像中各像素點 (Pixels) 之灰階值歸為兩類之基本影像處理方法。一般將此二灰階值分別設為 255 與 0，即黑色與白色。二值化之轉換運算式如下：

令  $f(x,y)$  為像素點座標  $(x,y)$  之灰階值

$$\text{Binary} \Rightarrow f(x,y) = \begin{cases} 255, & \text{if } f(x,y) > \text{Threshold Value} \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

在側照式光纖光源下，對玻璃蓋片的各種瑕疵的突顯效果不同，因此在二值化閾值的選擇也應有所不同，才能正確地分析出各種瑕疵。若僅使用單一閾值，在能突顯低對比瑕疵時，會高估高對比瑕疵之大小；而適合突顯高對比瑕疵之閾值，會遺漏低對比瑕疵。

解決上述問題，本研究將對不同種類瑕疵選取不同閾值之二值化策略，側照式光纖光源下，我們可以將瑕疵粗分為二大類：低對比瑕疵與高對比瑕疵，低對比瑕疵在二值化時，只需以切除背景為目標，處理較為單純；而高對比瑕疵由於會在其周圍產生光暈造成瑕疵的放大現象，在二值化時閾值會取的較大以切除光暈。然而光暈與低對比瑕疵的灰階值相近，因此這兩類瑕疵必須使用不同之二值化閾值。

首先我們定義以下二個名辭：「耀點」(Shine point)與「光暈」(Halo)，用以界定高對比與低對比瑕疵。「耀點」為瑕疵影像中明顯之亮點，與背景之對比較好，可明確地藉由二值化切割出來，對側照式光纖光源下突顯效果較好之瑕疵，如：粉塵...等，會形成耀點，而耀點大小即為適當的高對比瑕疵大小估計指標，而對側照式光纖光源下突顯效果較差之瑕疵，如：刮痕、水痕...等，則不會產生，在實際應用上我們將灰階值大於一定值之點視為耀點，此值則定義為 High threshold (HT)；而「光暈」則是伴隨耀點周圍，灰階值介於耀點與背景之間的部份，如圖 3.20(c)  部份即為光暈， 部份則為耀點。通常瑕疵產生耀點則常會伴隨著較嚴重之光暈，反之則光暈不明顯。

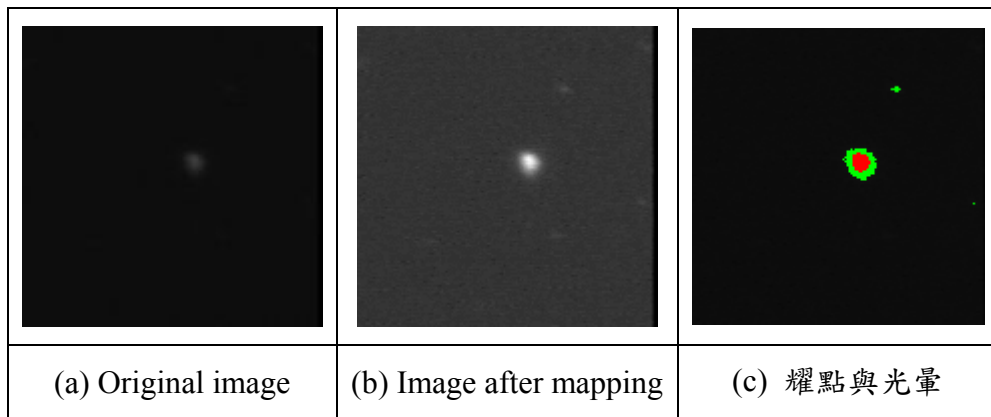
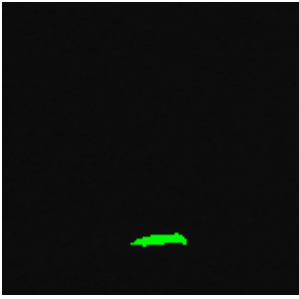
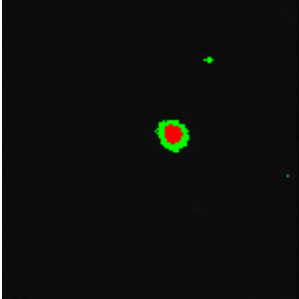
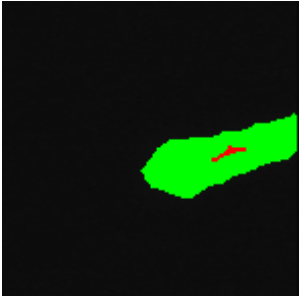





圖 3.20 耀點與光暈圖例



本研究將瑕疵依光源突顯效果分為三種類型，如表 3.3 所示，主要有兩個目的：(1)能依瑕疵種類不同選取適當之影像處理方法、(2)藉由瑕疵分類判斷重工方式；一般來說粉塵、纖維、裂痕...等較立體之瑕疵，在側照式光纖光源下的突顯效果較好，成像亮度較高，形成耀點，但同時瑕疵周圍會產生光暈，使得瑕疵被放大，造成瑕疵面積的過度估計，而刮痕、水痕、部份粉塵(小而具透光性，如：玻璃碎屑)...等立體特性較差之瑕疵，在側照式光纖光源下的突顯效果較差，成像亮度會界於背景與耀點之間，但在面積估計上較不易受到光暈之影響；第三類則是瑕疵影像有耀點卻無明顯光暈之瑕疵，通常是因為耀點周圍有低對比瑕疵，通常發生於多種瑕疵疊合或是裂痕。在製程上，前兩類瑕疵中粉塵及纖維的可經由高壓氮氣進行清除，而其他種類之瑕疵則無重工價值。

為了能正確地找出這三類瑕疵，本研究取二種二值化閾值：Low threshold(LT)與 High threshold(HT)，其中 LT 用以切除背景，突顯瑕疵；HT 則用以切除背景與光暈，尋找耀點。表 3.3 中瑕疵影像為例， $(LT,HT)=(16,26)$ ，■部份為灰階值小於 LT 的相素，即背景；■部份為灰階值大於 HT 的相素，為 Type II defect，即前文定義之「耀點」；■部份為灰階值介於 LT 與 HT 之間的相素，可能是光暈或是 Type I defect。

表 3.3 光源突顯效果分類表

| 種類   | Type I defect   | Type II defect   | Type III defect  |
|------|---|--|--|
| 特徵   | 無耀點<br>低對比瑕疵  | 有耀點且其周圍有光暈<br>高對比瑕疵  | 有耀點且其周圍為 Type I defect   |
| 瑕疵類型 | 刮痕、水痕、部份粉塵(小而具透光性，如：玻璃碎屑)...  | 粉塵、纖維...等  | Type I、II 之疊合瑕疵、裂痕   |
| 實例   |   |  |  |
|      | 註：(gray level) <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  ≤ 15         </div> <div style="text-align: center;">  16 ≤ ≤25         </div> <div style="text-align: center;">  ≥ 26~         </div> </div> |  |  |

值得注意的是光暈的灰階值分佈與低對比瑕疵相近，如表 3.3 中實例所示，造成光暈與低對比瑕疵點不易區分，造成 type II defect 與 type III defect 區分上的困難，必須使用灰階值以外之參數區分光暈與低對比瑕疵。

由於光暈大小與耀點大小有一定之比例關係，因此本研究使用耀點面積(圖 3.21 中區)與候選區域(圖 3.21 中區)之比值來判斷耀點周圍為光暈或低對比瑕疵，判斷式如下，其中 *Halo\_ratio* 需由實驗所得，將於 4.2.1.3 節中詳述。

$$\text{Let } (\text{Red area}) / (\text{Green area} + \text{Red area}) = H$$

Then if  $H \geq \text{Halo\_ratio}$  then defect blob is a type II defect

Else defect blob is a type III defect

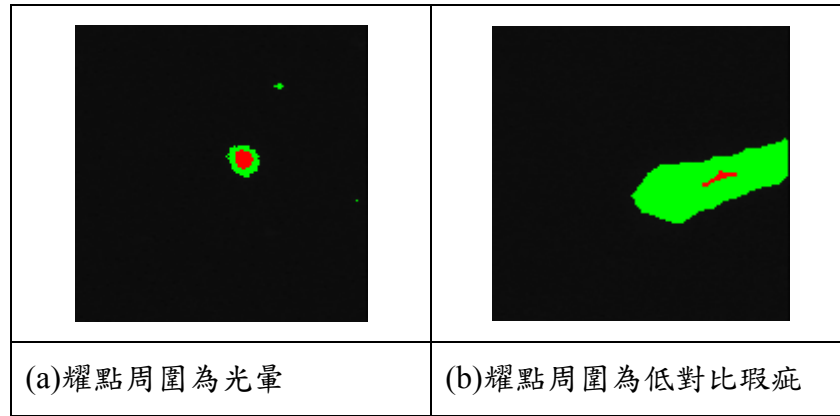


圖 3.21 光暈與低對比瑕疵

圖 3.22 為本研究所提出之瑕疵種類判斷流程圖，待測影像經過 low threshold binarization(LTB)與 high threshold binarization(HTB)後，比對二者之結果，對每個瑕疵 Blob，判斷 Blob 中是否有耀點存在，若瑕疵 Blob 中無耀點則判定為 Type I defect；若瑕疵 Blob 中有耀點則藉面積檢定判斷耀點周圍是光暈或是低對比瑕疵，若耀點周圍為低對比瑕疵，則判定瑕疵為 Type III defect 若耀點周圍為光暈，則判定瑕疵為 Type II defect。



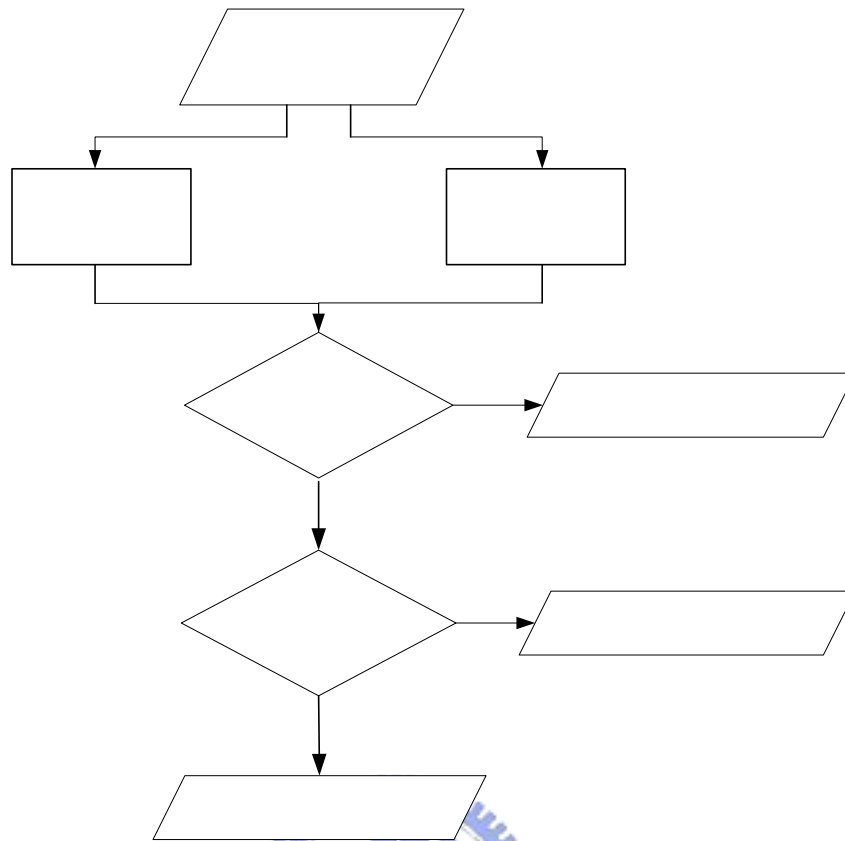




圖 3.22 瑕疵種類判斷流程圖

在完成瑕疵的分類後，為達成對應不同瑕疵使用適當的強影像化處理之目的，對應三種瑕疵使用不同的二值化方法，Type I defect 與 Type III defect 使用 LTB，Type II defect 則使用 HTB，得到適當的二值化強化影像以進行之後的 Blob analysis。以表 3.3 中的瑕疵影像為例，對 Type I defect 與 Type III defect 來說，LTB 之結果(表 3.3 中實例影像  部份)為適當的強化影像，而對 Type II defect，HTB 之結果(表 3.3 中實例影像  部份)才是適當的強化影像。

### 3.2.3 Auto-thresholding

如(1)式所示，閾值(Threshold value)為此影像強化方法最重要的一個參數，通常需要經由反覆實驗測試才能決定。然而在實際生產線上，外在環境、待測物均有可能發生改變，操作員並不一定具有影像處理的相關知識，反覆實驗測試亦不符合時間成本；因此，一個能依環境改變自動產生合適「閾值」的演算法，在建構配合實務之檢

測機台上是相當重要的。

Auto-thresholding 方法在影像處理領域中相當多，但有一個共通的特性，他們都具有 Case-by-Case 的特性，每種方法都有其適合的適用情況，因此觀察待測影像特性為選擇 Auto-thresholding 方法的第一步。圖 3.23 為圖 3.15 檢測影像的灰階值分佈直方圖，圖中突起之高峰為原始影像中黑色背景部份，乃由於背景的像素點遠較瑕疵像素點的數目來得多；受限於顯示比例的關係，我們無法同時在此圖中觀察到瑕疵點的直方圖分佈情形。基於瑕疵點較背景點亮的特性，我們另外再擷取灰階值為 16~255 之間的像素點重作其直方圖，如圖 3.24，用以觀察瑕疵點的分佈情形。

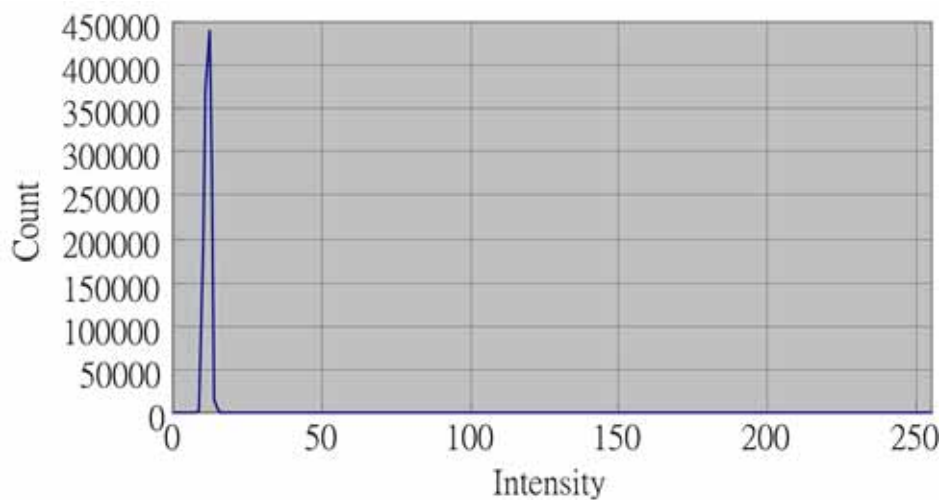


圖 3.23 圖 3.15 之灰階值分佈直方圖

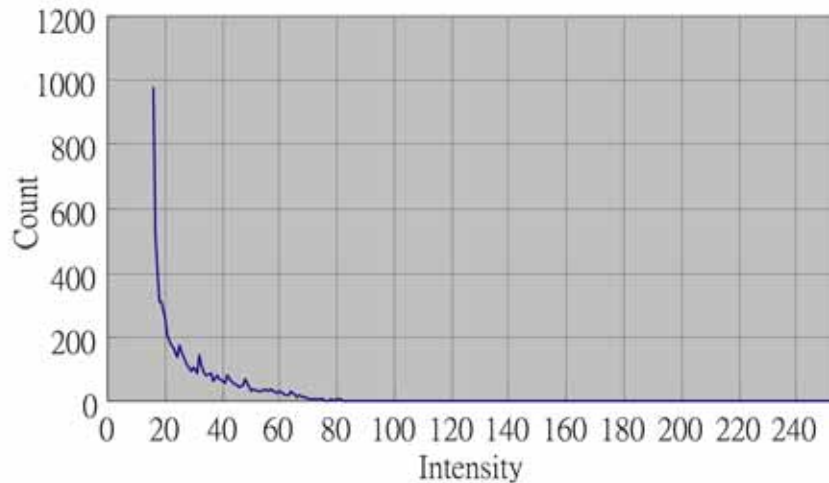


圖 3.24 灰階值介於 16~255 之分佈直方圖

我們可以發現瑕疵點的灰階值分佈，並沒有如背景一般產生明顯的鐘形分佈，在數位影像處理中，自動選擇閾值有二個較常用的方法：Ostu Method[11]與固定百分率法(P-Tile)[4]。Ostu Method 用機率統計的原理，找出讓群組間變異數最大且群組內變異數最小的閾值，當作是二值化的閾值，然而本研究所處理之影像無明顯之二個群組，因此不適用 Ostu Method。而固定百分率法，為自該影像直方圖最高峰的灰階值處減去固定百分比 20%，做為門檻值，此概念可應用於本研究中。

由於瑕疵的灰階值分佈不規則，因此欲直接取個適當的閾值，並據以抽取出瑕疵點，較為困難。但黑色背景的灰階值分佈卻規則許多，且瑕疵又有較背景亮的特性，若能將背景拿掉，即能突顯瑕疵點。因此我們使用「拿掉背景」的策略做為 Auto-thresholding 的方向。

基於這個策略，我們參考 David 與 Dongming[5]和 Muhammad 與 Tae-Sun[11]的方法，修改固定百分率法為

$$\text{Threshold Value} = \text{median} + \text{固定值 } \alpha \quad (2)$$

(2)式的概念為，「背景一定較瑕疵來得暗，且占影像的絕大部份」，故前 50%之像素點

一定全為背景，如此中位數即可代表目前背景的大致灰階值，再加上經由實驗所得的固定值  $\alpha$ ，用以完全切割掉黑色背景，留下瑕疵部份的影像，3.2.2 中二值化方法中的 LT 與 HT 均依(2)式推演產生，如(3)式與(4)式，其中  $\alpha_1$  與  $\alpha_2$  之值需藉由實驗取得，將於 4.2.1 節中詳述。

$$LT = median + \alpha_1 \quad (3)$$

$$HT = median + \alpha_2 \quad (4)$$

在實際應用上，參考 Nakagawa 與 Rosenfeld[12]所提出之想法，將待測影像分割成三個子影像(見 3.2.1)分別處理，以減少影像亮度不均之影響，再依照上述之概念切割掉黑色背景，留下瑕疵部份的影像，此即是本研究提出之可以反應實務環境變化(背景部份較亮或暗)，動態調整閾值的 Auto-thresholding 方法。

### 3.2.4 影像合併

先前的處理中我們為了解決亮度不均的問題，而將影像分割成三塊子影像，再針對各塊子影像分別計算其閾值，做二值化處理。在分割處理下，若有瑕疵位於分割的邊界，將造成瑕疵被切割，影響我們判斷瑕疵的準確度，因此提出先將二值化後的三張子影像拼合成一大張，再進行接下來的瑕疵大小及位置的判斷，不但能加快運算速度並能解決瑕疵位於邊界的問題。

### 3.2.5 Blob analysis

所謂 blob，是指一張影像上面，具備相同條件或屬性的像素，互相接觸或相鄰所組成的區域或面積。

然而，瑕疵常因其表面特徵而有深淺變化，在影像二值化時常會發生單一瑕疵影像斷裂成數塊的現象，將同一瑕疵看成斷裂後的數個小瑕疵，如圖 3.25(b)，造成瑕疵被忽略而遺漏、遺失瑕疵種類資訊。因此在進行 Blob analysis 之前，可使用影像處理



之方法強化瑕疵面積判斷的準確度，本研究使用形態學中的「閉合」(Closing)方法，將斷裂的瑕疵影像依所在位置資訊加以連接，如圖 3.25(c)。

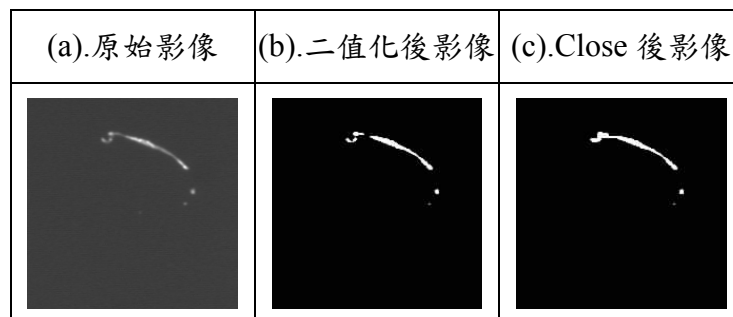


圖 3.25 Closing method 之處理效果

在使用形態學中的閉合方法連接位置相鄰的影像後，利用 Blob analysis 取得瑕疵的大小及位置資訊。



### 3.2.6 檢測演算法流程圖

綜合以上 5 節，圖 3.26 研究開發之玻璃蓋片瑕疵檢測演算法流程圖。

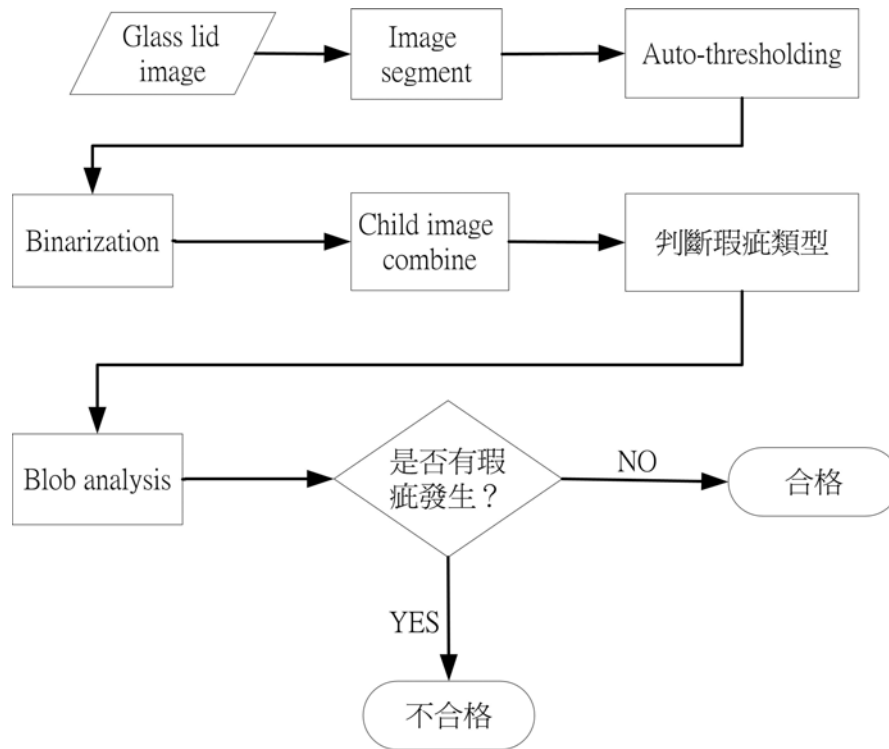


圖 3.26 玻璃蓋片瑕疵檢測演算法流程圖



### 3.3 軟、硬體整合

#### 3.3.1 多線平行處理

由於所擬定之檢測標準為  $5\mu\text{m}$ ，使得單張影像所能涵蓋的檢測範圍相當小，欲取得整個玻璃蓋片之檢測影像，必須藉由移動機構來移動 CCD 攝影機完成多張影像的擷取。因此移動機構的速度，將成為影像處理方法之外，另一個影響檢測時間的重要因素。

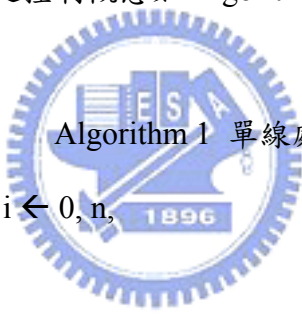
本自動視覺檢測系統在軟、硬體整合控制上可分為三個主要功能，茲列於表 3.4。

表 3.4 軟、硬體控制功能表

| 功能 | Grab_Image(i)         | Move(i)                 | Image_Processing(i)                 |
|----|-----------------------|-------------------------|-------------------------------------|
| 描述 | 控制 CCD 攝影機<br>開始進行取像。 | 控制移動機構開始<br>移動至第 i 個位置。 | 開始處理影像 i                            |
| 輸入 |                       | 第 i 個位置                 | 第 i 張影像                             |
| 回傳 | 第 i 張影像               | OK or NG，表示移<br>動是否成功。  | BUSY or FREE，表示<br>正在處理中或已處理<br>完成。 |

其中 Grab\_Image()與 Move()在下達開始後，需待硬體回應後才能確認動作是否完成，因此最簡單之單線處理之控制概念如 Algorithm 1。

Algorithm 1 單線處理控制概念



```

1  Begin initialize  $i \leftarrow 0, n$ 
2      do  $i \leftarrow i+1$ 
3          Move(i)
4          WAIT until Move(i) return “OK”
5          Grab_Image(i)
6          WAIT until Grab_Image(i) has grabbed Image i
7          Image_Processing(i)
8          WAIT until Image_Processing(i) return “FREE”
9      until  $i=n$ 
10 End
    
```

本研究使用多線(Multi-thread)平行處理概念，在機構移動的同時進行影像處理，

因此在移動機構完成一張影像的取像時，該影像會立即地被處理，同時移動機構仍繼續移往下一個取像點以準備擷取下一張影像，詳細之演算法如 Algorithm 2。

Algorithm 2 多線平行處理控制概念

```

1  Begin initialize  $i \leftarrow 0, n, \text{Move}(0)$ 
2      do  $i \leftarrow i+1$ 
3          WAIT until  $\text{Move}(i)$  return "OK"
4          Grab_Image( $i$ )
5          WAIT until Grab_Image () has grabbed Image  $i$ 
6          Move( $i+1$ )
7          WAIT until Image_Processing( $i-1$ ) return "FREE"
8          Image_Processing( $i$ )
9      until  $i=n$ 
10 End

```

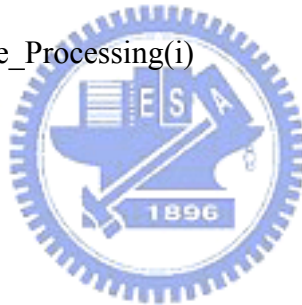


圖 3.27 為二種處理方法之處理時間示意圖，可發現多線平行處理於每個 view 均較單線處理剩下一個影像處理的時間，因此在檢測完整片玻璃蓋片，多線平行處理較單線處理約減少 1/3 的檢測時間。

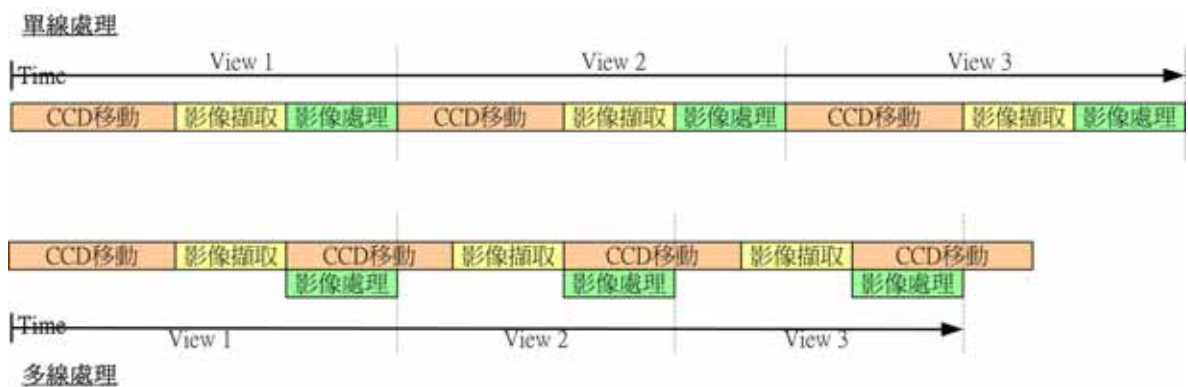


圖 3.27 單線處理與多線平行處理之處理時間示意圖

### 3.3.2 連續移動取像

本方法之概念為 CCD 攝影機使用較短的快門，在移動機構仍在移動中即進行取像，在快門時間夠短時，移動機構在快門時間內的移動距離，能保持在容忍範圍下，此時移動中取像是可行的。此方法能減少移動機構停下來讓 CCD 攝影機取像再起動所花費的加速、減速時間，配合連續的移動路徑，達成縮短取像時間的目的。取像示意圖，如圖 3.28 所示，CCD 每次移動取 22 張影像，相鄰兩張影像間有 5% 的重疊，配合「弓」字型之移動方式，共移動 20 次，以 440 張影像涵蓋一張影像。

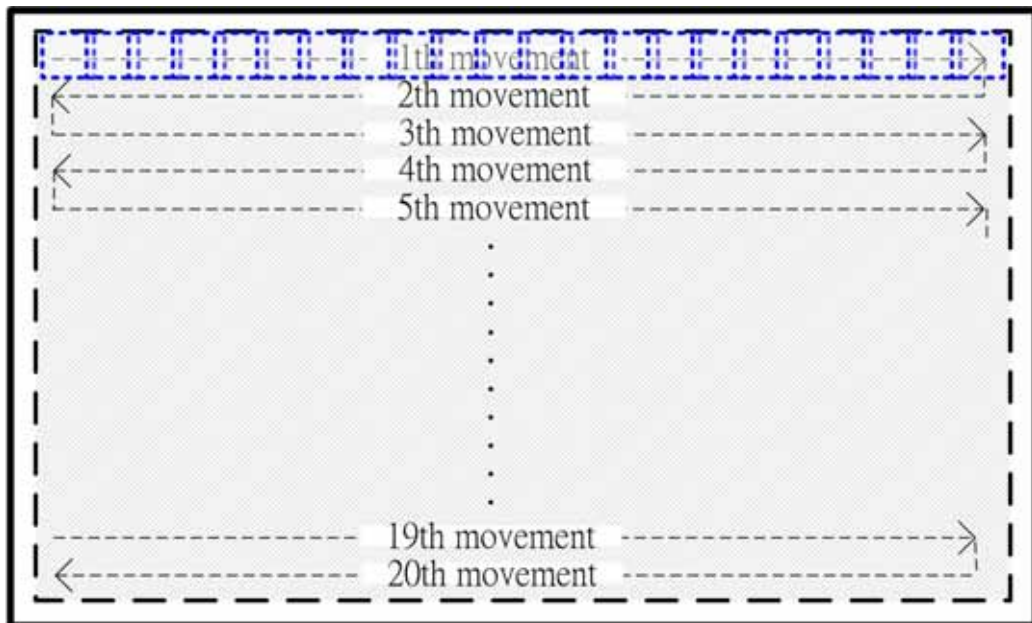


圖 3.28 CCD 移動取像示意圖

## 第四章 系統驗證與結果

### 4.1 系統架構與實驗環境

根據 3.1.2 中所提出之系統架構，建構本檢測系統之硬體，再配合 Visual Basic 程式語言及 MVTec Halcon 7.0 影像處理函式庫所開發的檢測系統處理、分析影像資料。實驗所使用之各項軟、硬體設備的詳細說明如下：

#### 1. CCD 攝影機

本研究中使用新力公司 VCC-870A 型黑白 CCD 攝影機取像，CCD 最高解析度為 1280\*1024 像素點。其功能為將影像轉換為類比訊號，並傳送至個人電腦內的影像處理卡。搭配 2 倍同軸鏡頭，使得最小的影像解析度可達 2.34 $\mu$ m。

#### 2. 影像處理卡

使用 MATROX 公司所製造的 Meteor II / Multi-Channel(PCI) 影像處理卡，功能為將 CCD 傳送之類比訊號，透過數位轉轉器轉換為數位訊號，產生灰階值 0 到 255 之灰階影像以進行實驗工作。

#### 3. 個人電腦(PC)

使用 CPU 為 Pentium4 1.7GH 個人電腦，記憶體為 512MB DDR。功能為影像處理、計算及儲存，並提供程式撰寫及資料處理的能力。

#### 4. 光源系統

使用第三章中所提出之側照式光纖光源系統作為本檢測系統之檢測光源。

#### 5. 程式語言與影像處理函式庫

使用 Microsoft Visual Basic 6.0 程式語言配合 MVTec Halcon 7.0 影像處理函

式庫，對影像進行處理、分析和運算工作。

## 4.2 系統整合實驗

以下實驗均以第三章之研究方法構成，並利用所發展之光源系統及取像系統，以 CMOS 玻璃蓋片做為檢測對像；實驗項目包括(1)演算法參數分析、(2)檢測演算法實驗、及(3)CMOS 玻璃蓋片瑕疵檢測實驗、及(4)實驗結論。

### 4.2.1 演算法參數分析

本節將對於檢測演算法中的參數部份，藉實驗方法找出適當的值，主要處理之參數包括  $\alpha_1$ 、 $\alpha_2$  與 halo ratio。

#### 4.2.1.1 LTB Auto-threshold $\alpha_1$

依照 3.2.2、3.2.3 提出之兩階段二值化與 Auto-threshold 方法，LTB 的目的為切除背景，以突顯瑕疵；故比較「有瑕疵影像」與「無瑕疵影像」，如表 4.1 所示，表中我們可以觀察到於灰階值於 16 時兩張影像產生較大的差異，依照 3.2.3 提出之 Auto-threshold 方法，設定 LTB 之 Auto-threshold 之  $\alpha_1 = 4$ ，即 low threshold 為 16。

表 4.1 有瑕疵影像與無瑕疵影像灰階值分佈比較表

| 有瑕疵影像 |        | 無瑕疵影像 |        | 有瑕疵影像 |    | 無瑕疵影像 |    |
|-------|--------|-------|--------|-------|----|-------|----|
| 灰階值   | 數量     | 灰階值   | 數量     | 灰階值   | 數量 | 灰階值   | 數量 |
| 0     | 2048   | 0     | 2048   | 36    | 21 | 36    | 0  |
| 1     | 0      | 1     | 0      | 37    | 15 | 37    | 0  |
| 2     | 0      | 2     | 0      | 38    | 13 | 38    | 0  |
| 3     | 0      | 3     | 1      | 39    | 10 | 39    | 0  |
| 4     | 6      | 4     | 29     | 40    | 8  | 40    | 0  |
| 5     | 11     | 5     | 36     | 41    | 15 | 41    | 0  |
| 6     | 327    | 6     | 282    | 42    | 12 | 42    | 0  |
| 7     | 488    | 7     | 395    | 43    | 6  | 43    | 0  |
| 8     | 786    | 8     | 591    | 44    | 8  | 44    | 0  |
| 9     | 1585   | 9     | 869    | 45    | 6  | 45    | 0  |
| 10    | 173576 | 10    | 170207 | 46    | 10 | 46    | 0  |
| 11    | 324499 | 11    | 318285 | 47    | 10 | 47    | 0  |
| 12    | 442995 | 12    | 438505 | 48    | 16 | 48    | 0  |
| 13    | 323999 | 13    | 332343 | 49    | 8  | 49    | 0  |
| 14    | 36683  | 14    | 44578  | 50    | 0  | 50    | 0  |
| 15    | 2394   | 15    | 2543   | 51    | 5  | 51    | 0  |
| 16    | 314    | 16    | 7      | 52    | 4  | 52    | 0  |
| 17    | 147    | 17    | 1      | 53    | 4  | 53    | 0  |
| 18    | 99     | 18    | 0      | 54    | 7  | 54    | 0  |
| 19    | 83     | 19    | 0      | 55    | 4  | 55    | 0  |
| 20    | 70     | 20    | 0      | 56    | 4  | 56    | 0  |
| 21    | 57     | 21    | 0      | 57    | 4  | 57    | 0  |
| 22    | 36     | 22    | 0      | 58    | 8  | 58    | 0  |
| 23    | 39     | 23    | 0      | 59    | 3  | 59    | 0  |
| 24    | 28     | 24    | 0      | 60    | 0  | 60    | 0  |
| 25    | 36     | 25    | 0      | 61    | 4  | 61    | 0  |
| 26    | 30     | 26    | 0      | 62    | 4  | 62    | 0  |
| 27    | 30     | 27    | 0      | 63    | 2  | 63    | 0  |
| 28    | 18     | 28    | 0      | 64    | 2  | 64    | 0  |
| 29    | 13     | 29    | 0      | 65    | 4  | 65    | 0  |
| 30    | 23     | 30    | 0      | 66    | 0  | 66    | 0  |
| 31    | 15     | 31    | 0      | 67    | 1  | 67    | 0  |
| 32    | 26     | 32    | 0      | 68    | 1  | 68    | 0  |
| 33    | 15     | 33    | 0      | 69    | 1  | 69    | 0  |
| 34    | 10     | 34    | 0      | 70    | 0  | 70    | 0  |
| 35    | 14     | 35    | 0      |       |    |       |    |



為確認此值為一適當的參數，本研究使用 110 張實驗影像在 LTB Auto-threshold  $\alpha_1 = 4$  的設定下測試此結果，其結果如圖 4.1 所示，圖中可發現 LTB Auto-threshold  $\alpha_1 = 4$  的設定對這 110 張影像均能有效切除背景，驗證  $\alpha_1 = 4$  為一適當之參數選擇。

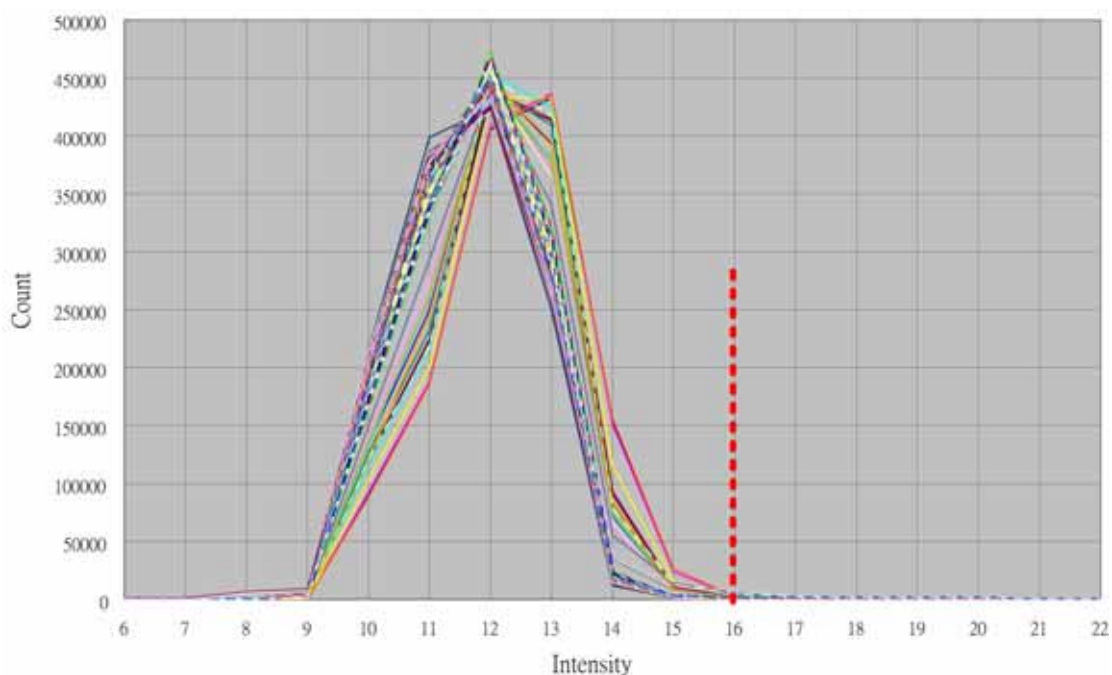


圖 4.1 待測影像背景切割效果圖

#### 4.2.1.2 HTB Auto-threshold $\alpha_2$

依照 3.2.2、3.2.3 提出之二值化方法與 Auto-threshold 方法，HTB 的目的為切除背景與光暈，突顯高對比瑕疵，增加瑕疵大小判斷上的準確度。故本研究針對會發生光暈之瑕疵，包括「纖維」與「粉塵」等高對比瑕疵，分別作分析，以得到適當之  $\alpha_2$  值。

圖 4.2(a)為纖維之瑕疵影像，在經過 LTB 處理切除背景後，可得到如圖 4.2(b)之含光暈瑕疵影像，對圖 4.2(b)做直方圖如圖 4.3 所示，觀察此直方圖可得約在灰階值為 26 之處為適當的切割點，依照 3.2.3 提出之 Auto-threshold 方法，設定

HTB Auto-threshold  $\alpha_2 = 14$ ，圖 4.2(c)為將瑕疵影像在設定  $\alpha_2 = 14$  時的自動二值化結果，圖中我們可以發現  $\alpha_2 = 14$  之設定對纖維瑕疵光暈切除上效果良好。

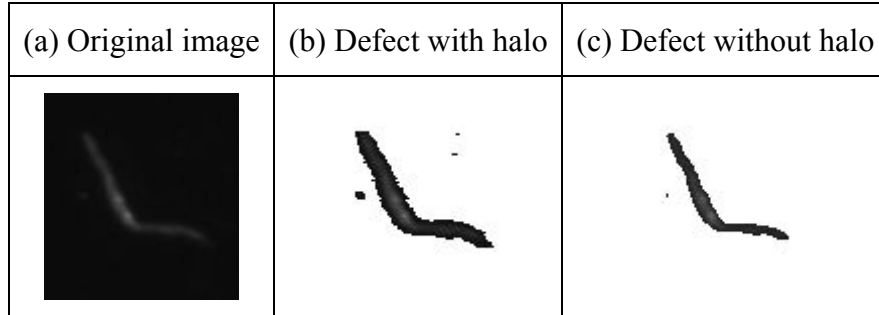


圖 4.2 纖維瑕疵影像

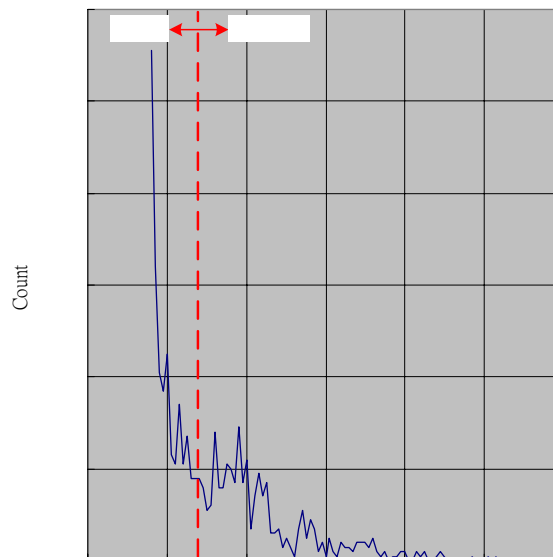


圖 4.3 含光暈之纖維瑕疵影像直方圖

圖 4.4(a)為粉塵之瑕疵影像，在經過 LTB 處理切除背影後，可得到如圖 4.4(b)之含光暈瑕疵影像，對圖 4.4(b)做直方圖如圖 4.5 所示，觀察此直方圖可得約在灰階值為 26 之處為適當的切割點，依照 3.2.3 提出之 Auto-threshold 方法，設定 HTB Auto-threshold  $\alpha_2 = 14$ ，圖 4.4(c)為將瑕疵影像在設定  $\alpha_2 = 14$  時的自動二值

化結果，圖中我們可以發現  $\alpha_2 = 14$  對粉塵瑕疵的光暈切除效果良好。

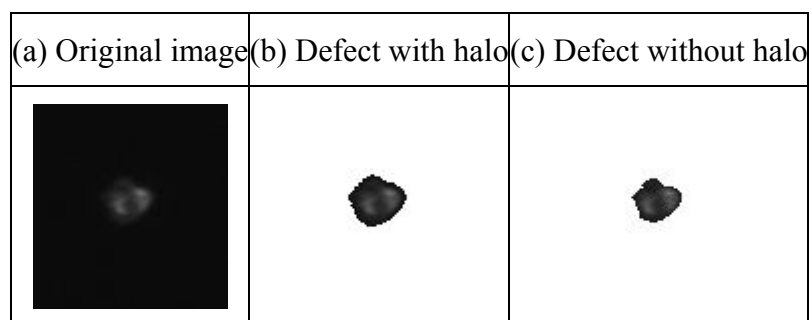


圖 4.4 粉塵瑕疵影像

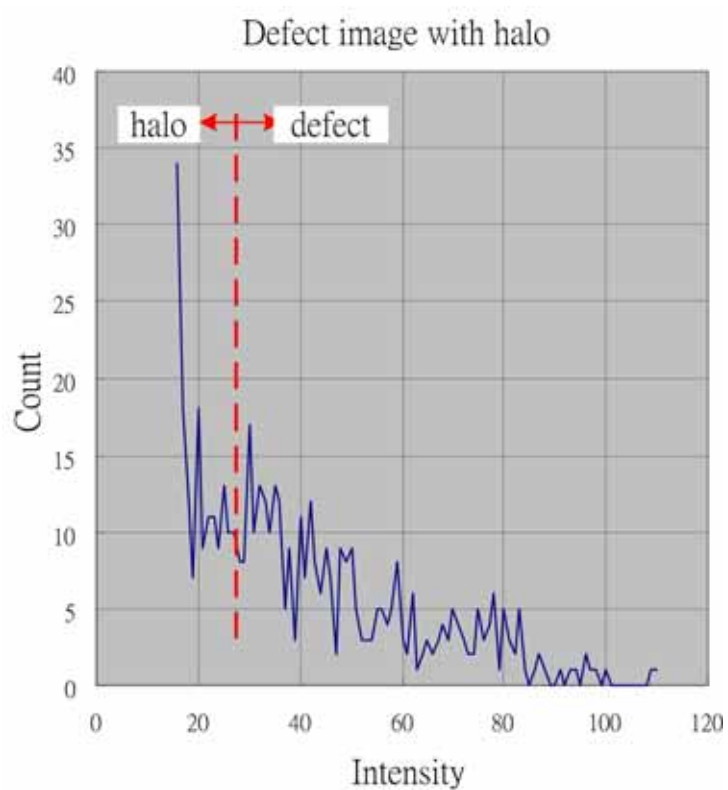


圖 4.5 含光暈之粉塵瑕疵影像直方圖

由以上實驗可以得知：在設定 HTB Auto-threshold  $\alpha_2=14$  時，對纖維與粉塵此二種主要的 Type II 瑕疵，均可以有效地切除光暈，得到適當的面積估計值，故本研究將 HTB Auto-threshold  $\alpha_2$  設定為 14。

### 4.2.1.3 Halo ratio

由於光暈大小與耀點大小有一定之比例關係，在 3.2.3 中本研究提出了以下判斷 Type II defect 與 Type III defect 之方法，

$$\text{Let } (HTB \text{ area}) / (LTB \text{ area}) = (\text{red area}) / (\text{green area} + \text{red area}) = H$$

Then if  $H \geq \text{halo\_ratio}$  then defect blob is a type II defect

Else defect blob is a type III defect

表 4.2 為對 Type II 瑕疵所做的 HTB area 與 LTB area 比較表，我們可發現此 13 個 Type II 瑕疵之  $H$  值均在 10% 以上，因此本研究將 Halo ratio 定為 0.1，若瑕疵之  $H$  值大於 0.1 則視為 Type II defect，否則為 Type III defect。

表 4.2 Type II defect 之 HTB area 與 LTB area 比較表

| P   | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| HTB | 14  | 6   | 2   | 107 | 25  | 41  | 18  | 218 | 62  | 333 | 93  | 384 | 293 |
| LTB | 73  | 45  | 17  | 229 | 57  | 92  | 43  | 548 | 113 | 477 | 237 | 771 | 795 |
| %   | 19% | 13% | 12% | 47% | 44% | 45% | 42% | 40% | 55% | 70% | 39% | 50% | 37% |

### 4.2.2 檢測演算法實驗

本節將驗證所提出之檢測演算法。設計實驗如下：依照 3.2.3 所提出之分類方法，將瑕疵分為三類，分別對這三類瑕疵，選擇具代表性的瑕疵影像，驗證演算法之檢測效果。

#### 4.2.1.1 Type I defect

使用 13 張 Type I defect 之瑕疵影像，其中包括 9 張刮痕影像、3 張水痕影像及 1 張粉塵影像；為方便肉眼觀察，瑕疵影像經過反白處理且強化其對比，每張影像解析度為 150\*150，影像對應之實際大小為 0.351mm\*0.351mm，單一像素

對應之實際大小為  $2.34\mu\text{m} * 2.34\mu\text{m}$ ，用以驗證檢測演算法對 Type I defect 之檢測效果，結果如表 4.3 所示，得知瑕疵檢測演算法對 Type I defect 的檢測效果良好。



表 4.3 檢測演算法對 Type I defect 驗證表

| NO. | Type of defects | Defect image | Binary image | Blob analysis | Defect area (pixels) |      | 檢測效果 |
|-----|-----------------|--------------|--------------|---------------|----------------------|------|------|
|     |                 |              |              |               | Label                | Area |      |
| 1   | Scratch         |              |              |               | 4                    | 973  | OK   |
|     |                 |              |              |               |                      |      |      |
| 2   | Scratch         |              |              |               | 2                    | 1346 | OK   |
|     |                 |              |              |               | 7                    | 85   |      |
|     |                 |              |              |               | 10                   | 161  |      |
|     |                 |              |              |               |                      |      |      |
| 3   | Scratch         |              |              |               | 2                    | 198  | OK   |
|     |                 |              |              |               | 4                    | 24   |      |
|     |                 |              |              |               | 6                    | 74   |      |
|     |                 |              |              |               | 7                    | 24   |      |
|     |                 |              |              |               | 8                    | 32   |      |
| 4   | Scratch         |              |              |               | 2                    | 88   | OK   |
|     |                 |              |              |               |                      |      |      |
| 5   | Scratch         |              |              |               | 2                    | 20   | OK   |
|     |                 |              |              |               | 4                    | 140  |      |
|     |                 |              |              |               | 5                    | 8    |      |

|    |             |  |  |  |       |      |    |
|----|-------------|--|--|--|-------|------|----|
| 6  | Scratch     |  |  |  | Label | Area | OK |
|    |             |  |  |  | 1     | 46   |    |
|    |             |  |  |  | 2     | 33   |    |
|    |             |  |  |  | 3     | 38   |    |
| 7  | Scratch     |  |  |  | Label | Area | OK |
|    |             |  |  |  | 2     | 305  |    |
|    |             |  |  |  | 4     | 401  |    |
|    |             |  |  |  | 5     | 9    |    |
| 8  | Scratch     |  |  |  | Label | Area | OK |
|    |             |  |  |  | 9     | 199  |    |
|    |             |  |  |  | 13    | 160  |    |
|    |             |  |  |  | 17    | 20   |    |
| 9  | Scratch     |  |  |  | Label | Area | OK |
|    |             |  |  |  | 3     | 90   |    |
|    |             |  |  |  | 7     | 194  |    |
|    |             |  |  |  | 15    | 107  |    |
|    |             |  |  |  | 23    | 32   |    |
| 30 | 52          |  |  |  |       |      |    |
| 10 | Water stain |  |  |  | Label | Area | OK |
|    |             |  |  |  | 1     | 2896 |    |
| 11 | Water stain |  |  |  | Label | Area | OK |
|    |             |  |  |  | 1     | 1051 |    |

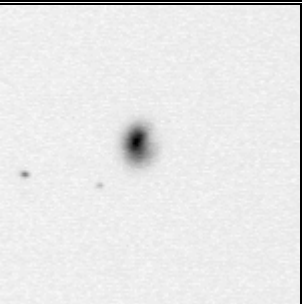
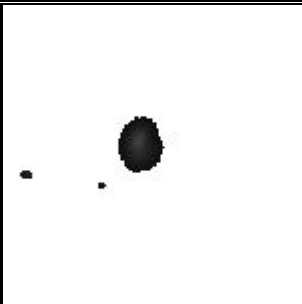
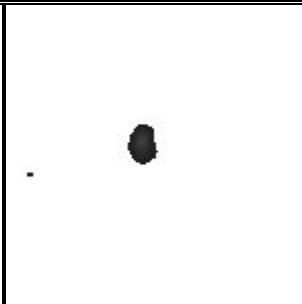
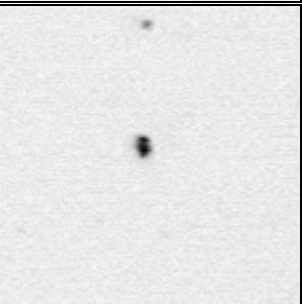
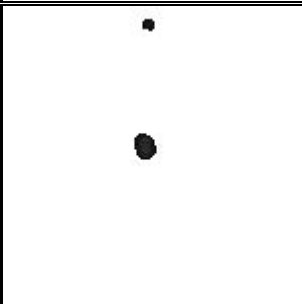
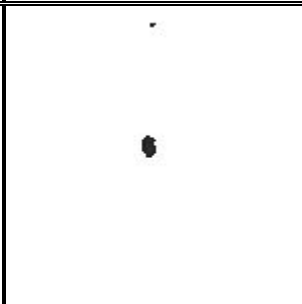

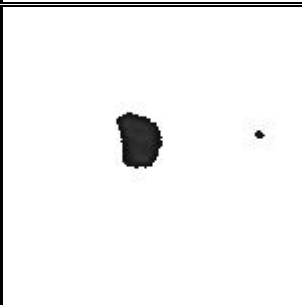
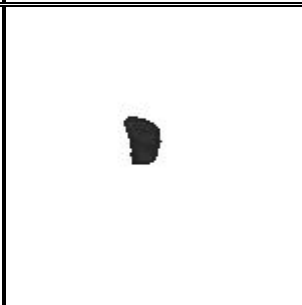
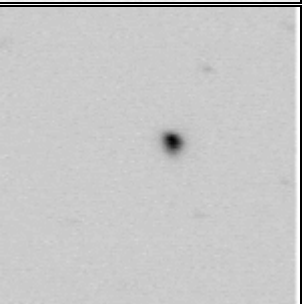
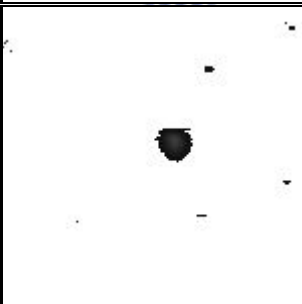
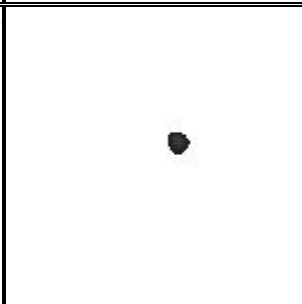

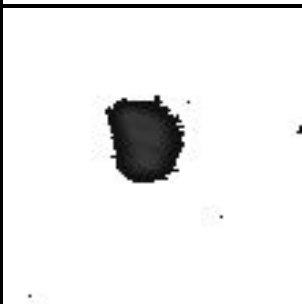
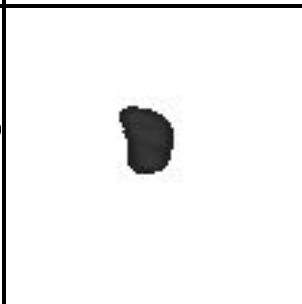
|    |             |  |  |  |       |      |    |
|----|-------------|--|--|--|-------|------|----|
| 12 | Water stain |  |  |  | Label | Area | OK |
|    |             |  |  |  | 3     | 112  |    |
|    |             |  |  |  | 7     | 377  |    |
|    |             |  |  |  | 9     | 71   |    |
|    |             |  |  |  | 15    | 42   |    |
| 16 | 1573        |  |  |  |       |      |    |
| 13 | Particle    |  |  |  | Label | Area | OK |
|    |             |  |  |  | 1     | 162  |    |


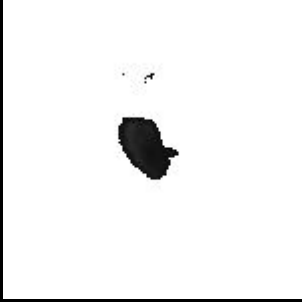
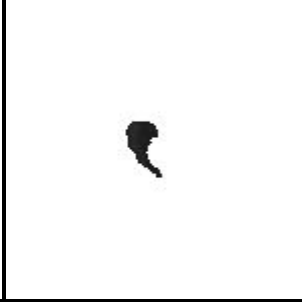
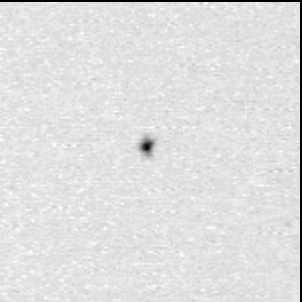
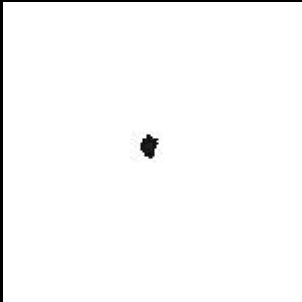
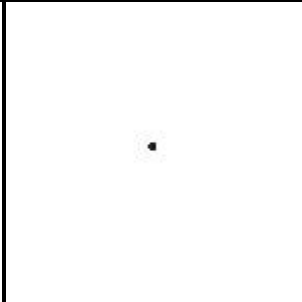
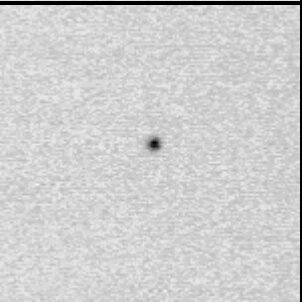
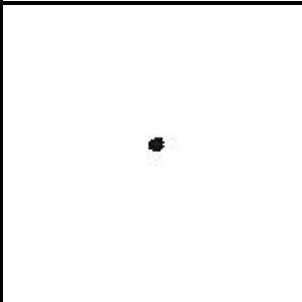
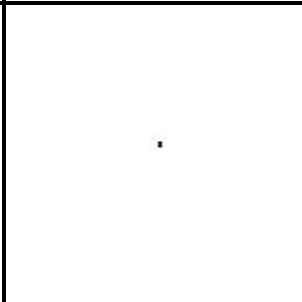
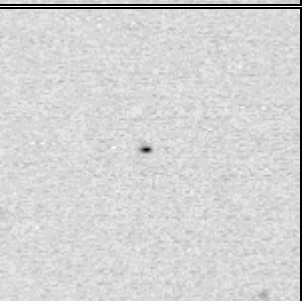
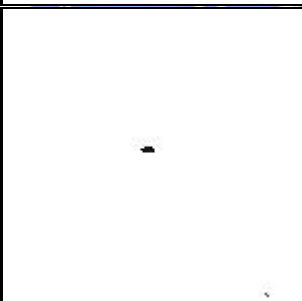
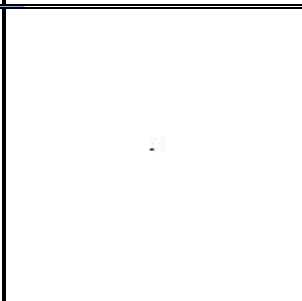
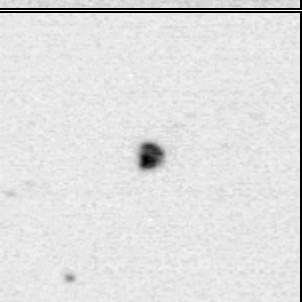
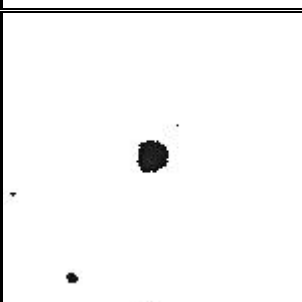
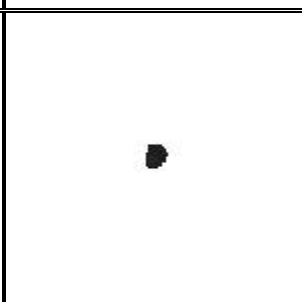
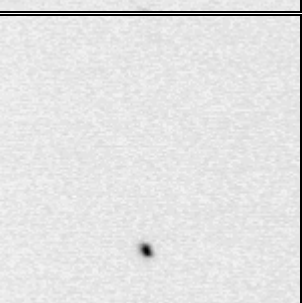
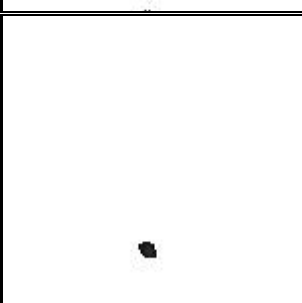
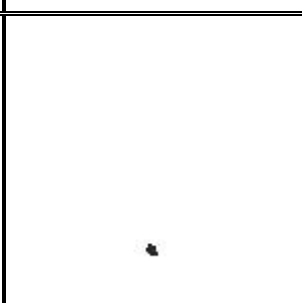
#### 4.2.1.2 Type II defect

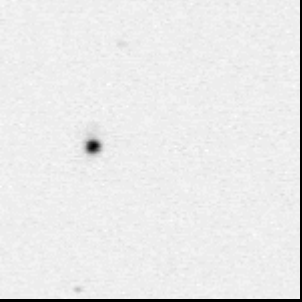
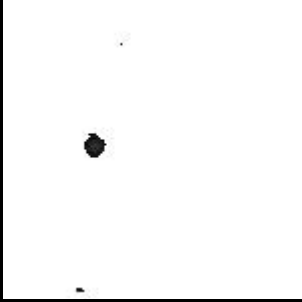
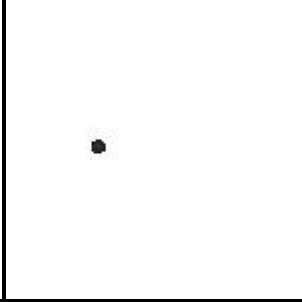
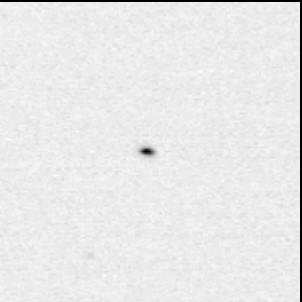
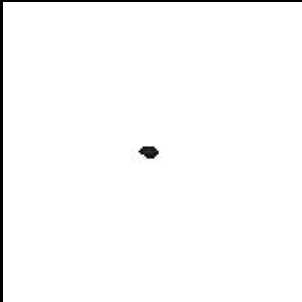
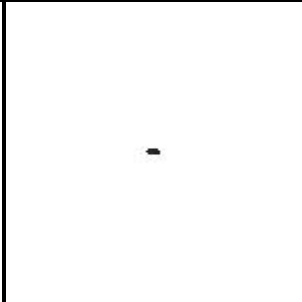
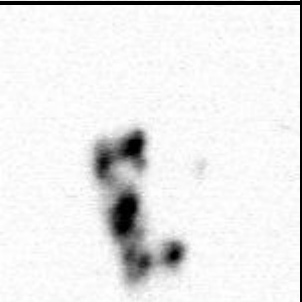
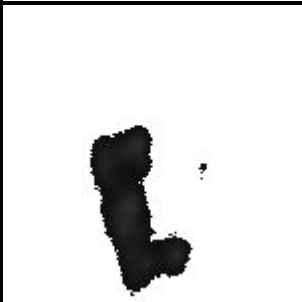
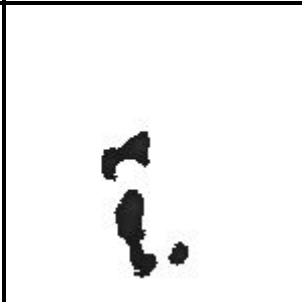
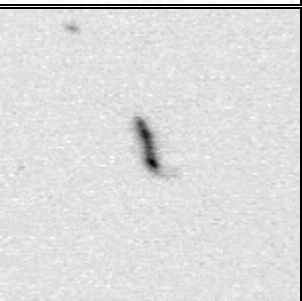

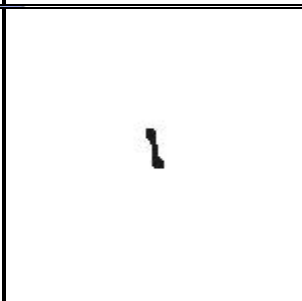
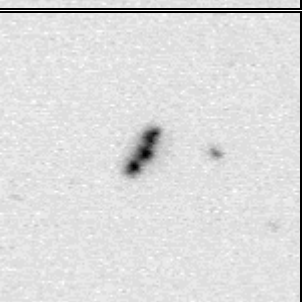
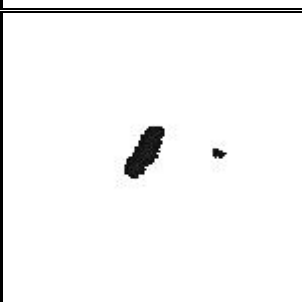
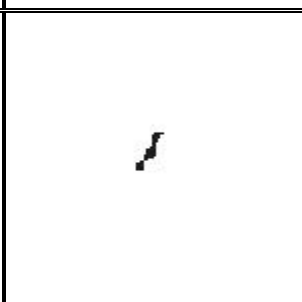
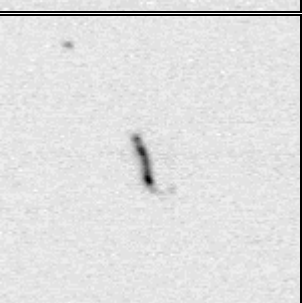
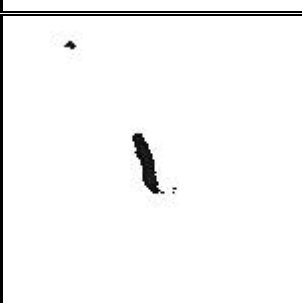
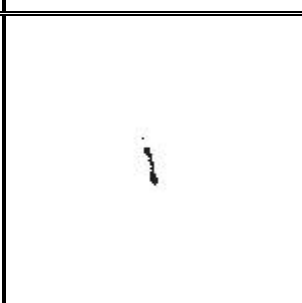
使用 21 張 Type II defect 之瑕疵影像，其中包括 14 張粉塵影像及 7 張纖維影像；為方便肉眼觀察，瑕疵影像經過反白處理且強化其對比，每張影像解析度為 150\*150，對應之實際大小為 0.351mm\*0.351mm，單一像素對應之實際大小為 2.34 $\mu$ m \*2.34 $\mu$ m，用以驗證檢測演算法對 Type II defect 之檢測效果，結果如表 4.4 所示，得知本研究所使用之瑕疵檢測演算法對 Type II defect 的檢測效果良好。




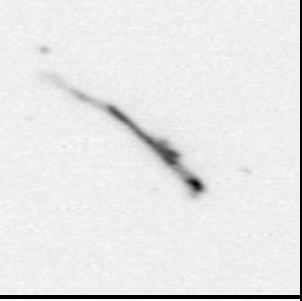

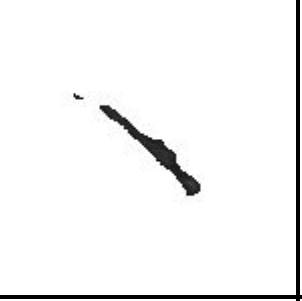
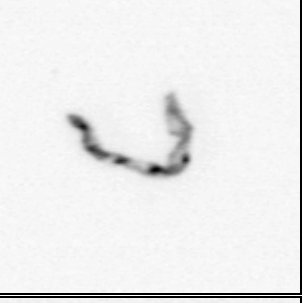


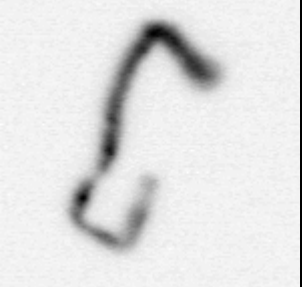




表 4.4 檢測演算法對 Type II defect 驗證表

| NO. | Type of defects | Defect image  | Defect with halo  | Defect without halo  | Defect area (pixels) | 檢測效果 |
|-----|-----------------|---|---|--|----------------------|------|
| 1   | Particle        |    |    |    | 218                  | OK   |
| 2   | Particle        |    |    |    | 60                   | OK   |
| 3   | Particle        |   |   |   | 331                  | OK   |
| 4   | Particle        |  |  |  | 93                   | OK   |
| 5   | Particle        |  |  |  | 382                  | OK   |

|    |          |   |   |  |     |    |
|----|----------|---|---|--|-----|----|
| 6  | Particle |    |    |    | 251 | OK |
| 7  | Particle |    |    |    | 14  | OK |
| 8  | Particle |   |   |   | 6   | OK |
| 9  | Particle |  |  |  | 2   | OK |
| 10 | Particle |  |  |  | 106 | OK |
| 11 | Particle |  |  |  | 25  | OK |

|    |          |   |   |  |                  |    |
|----|----------|---|---|--|------------------|----|
| 12 | Particle |    |    |    | 41               | OK |
| 13 | Particle |    |    |    | 18               | OK |
| 14 | Particle |   |   |   | 297<br>465<br>80 | OK |
| 15 | Fiber    |  |  |  | 84               | OK |
| 16 | Fiber    |  |  |  | 72               | OK |
| 17 | Fiber    |  |  |  | 45               | OK |

|    |       |   |   |  |      |    |
|----|-------|---|---|--|------|----|
| 18 | Fiber |    |    |    | 1276 | OK |
| 19 | Fiber |    |    |    | 366  | OK |
| 20 | Fiber |   |   |   | 769  | OK |
| 21 | Fiber |  |  |  | 1796 | OK |

#### 4.2.1.3 Type III defect




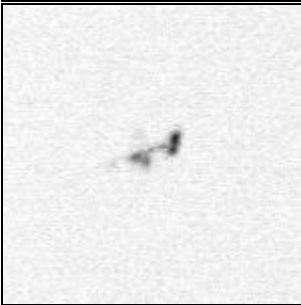
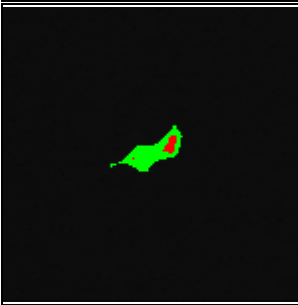
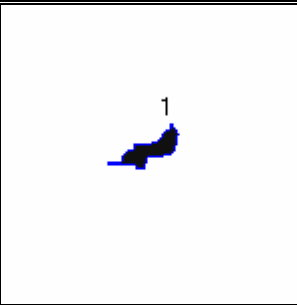
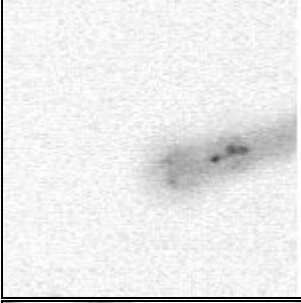
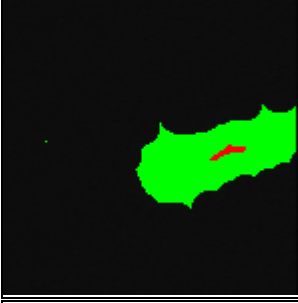
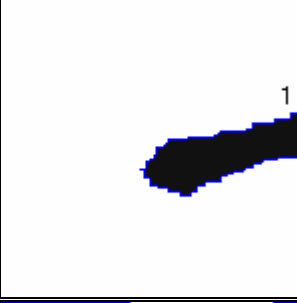
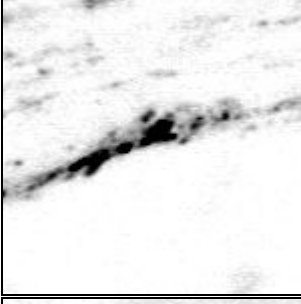
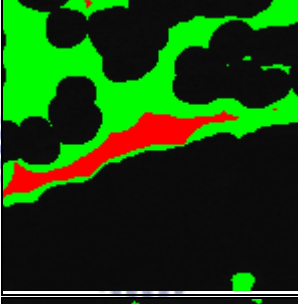

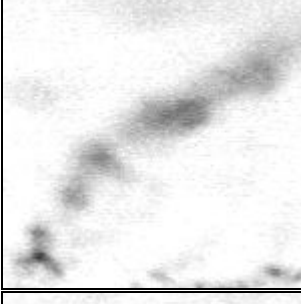
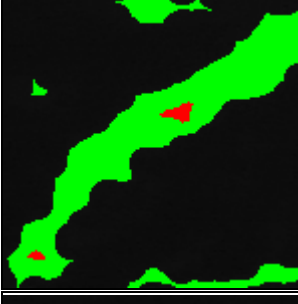
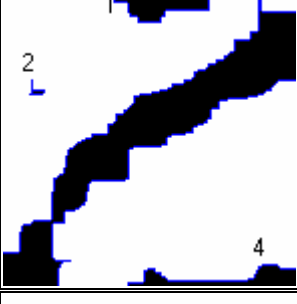
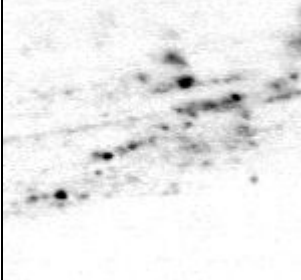
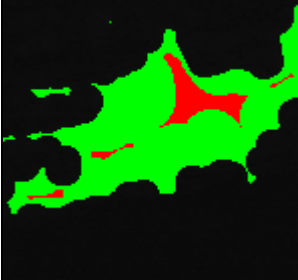
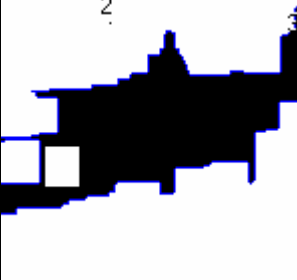



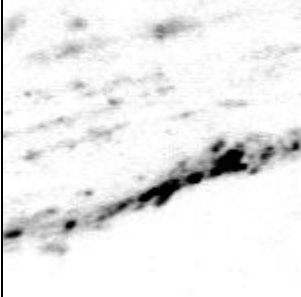
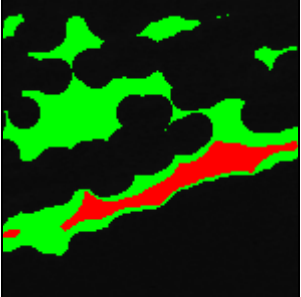
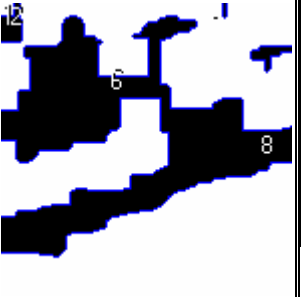
使用 6 張 Type III defect 之瑕疵影像，其中包括 2 張混合型瑕疵影像及 4 張裂痕影像；為方便肉眼觀察，瑕疵影像經過反白處理且強化其對比，每張影像解析度為 150\*150，對應之實際大小為 0.351mm\*0.351mm，單一像素對應之實際大小為 2.34 $\mu$ m \*2.34 $\mu$ m，用以驗證檢測演算法對 Type III defect 之檢測效果，結果如表 4.5 所示，表中 Binary image 部份，區為 HTB 之結果，即瑕疵中的耀點，而與區為 LTB 之結果，得知本研究所使用之瑕疵檢測演算法對 Type III defect 的檢測效果良好。

表 4.5 檢測演算法對 Type III defect 驗證表

| NO. | Type of defects    | Defect image  | Binary image  | Blob analysis  | Defect area (pixels) |      |
|-----|--------------------|---|---|--|----------------------|------|
|     |                    |   |   |  | Label                | Area |
| 1   | Scratch + Particle |    |    |    | Label                | Area |
|     |                    |   |   |  | 1                    | 301  |
| 2   | Scratch + Particle |    |    |    | Label                | Area |
|     |                    |   |   |  | 1                    | 1729 |
| 4   | Crack              |   |   |   | Label                | Area |
|     |                    |   |   |  | 7                    | 6701 |
| 8   | Crack              |  |  |  | Label                | Area |
|     |                    |   |   |  | 1                    | 5097 |
| 2   | Crack              |  |  |  | Label                | Area |
|     |                    |   |   |  | 2                    | 26   |
| 4   | Crack              |  |  |  | Label                | Area |
|     |                    |   |   |  | 3                    | 6654 |

|   |       |   |   |  |       |      |
|---|-------|---|---|--|-------|------|
| 7 | Crack |  |  |  | Label | Area |
|   |       |   |   |  | 1     | 81   |
|   |       |   |   |  | 2     | 6033 |
|   |       |   |   |  | 6     | 2690 |
|   |       |   |   |  | 8     | 6880 |

由以上實驗得知本研究所提出之檢測演算法，對三類瑕疵均能有效檢測出來。

由於瑕疵的認定相當主觀且玻璃蓋片之瑕疵主要來自外部環境之污染，玻璃蓋片經過愈多的手續或處理，產生瑕疵之機率亦愈大，因此本研究沒有以統計方法計算演算法之檢測正確率。但在經由 4.2 節之實驗，調整出適當的參數設定後，所有可能發生之瑕疵，本研究所發展之檢測演算法均可穩定快速地檢測出。

### 4.2.3 CMOS 玻璃蓋片瑕疵檢測實驗

#### 4.2.3.1 檢測程式

本研究所開發之 CMOS 玻璃蓋片瑕疵檢測程式，分成二項主要功能：「通過／不通過檢測」與「影像分析」。通過／不通過檢測模式為快速地判斷玻璃蓋片是否有瑕疵，並將結果以報表方式輸出，如表 4.6 所示，適用於製程中 GFVI(Glass final visual inspection)中使用；而影像分析模式則會以圖形介面方式，清楚地標示出瑕疵影像，用於分析單張影像中瑕疵位置、形狀及大小，如圖 4.6 所示，適用於檢討瑕疵成因時使用。

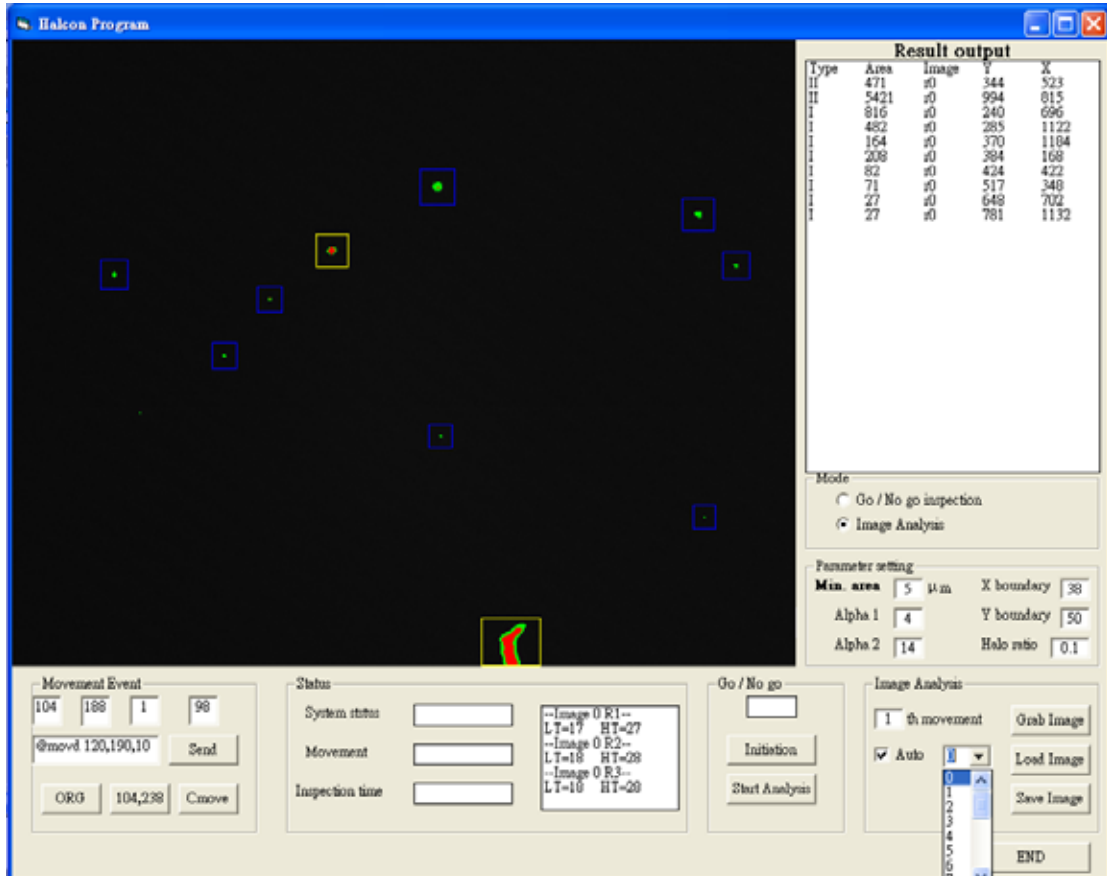


圖 4.6 檢測程式的 Image analysis 模式

#### 4.2.3.2 檢測實驗

本節將以玻璃蓋片樣本，實際測試檢測系統之速度及效果。檢測樣品為 60mm\*45mm\*0.5mm 之玻璃蓋片。每張影像解析度為 1280\*1024 pixel，FOV(Field of View)為 3.0mm\*2.4mm，共以 440 張影像涵蓋整片玻璃蓋片。

本機台檢測此樣本所花費之時間約為 86 秒，檢測系統共找出 356 個瑕疵，表 4.6 為樣本之檢測結果，報表中依序列出：瑕疵類型、瑕疵大小、瑕疵所在影像、及瑕疵在影像中之相對位置(X,Y)，可依照所在影像與影像中相對位置推算瑕疵的實際發生位置。

本研究共實際檢測 7 片玻璃蓋片，檢測結果列於附錄 A。

#### 4.2.3.3 檢測時間

經過實際檢測 7 片玻璃蓋片後，可發現總檢測時間(Initial setup time + Inspection time)固定為 86 秒，約相當於機構取像時間(約 80 秒)，可得知機台之檢測速度相當穩定。

瑕疵數目愈多則需要愈多之檢測計算時間，因此瑕疵總數會影響檢測時間；本實驗機台使用 3.4 節所提出之軟、硬體控制整合概念，每次移動取 22 張影像，共移動 20 次以涵蓋整片玻璃片，如圖 3.28 所示。在機構移動取像時，處理前次移動所取到的 22 張影像，影像處理時間遠小於機構移動取像時間，因此系統檢測時間(86 秒)與取像時間相當接近，僅有在瑕疵數目極大時(約 50,000 個以上)，才會使影像處理時間大於機構移動取像時間，而影響檢測速度，但一般生產線上的產品瑕疵總數不會這麼多，因此本實驗機台檢測一片玻璃蓋片之時間可固定在 86 秒。

### 4.3 實驗結論

#### 4.3.1 檢測效果結論

本研究所提出之檢測演算法，對於玻璃蓋片各類瑕疵檢測均具有良好的效果，搭配上自動的瑕疵分類方法，針對不同之瑕疵使用不同之影像處理方法，不但使得瑕疵不易遺漏，更使瑕疵在大小的判斷上更加準確。

本研究所提出之瑕疵分類法，除了能針對不同瑕疵使用不同二值化之方法，亦能提供部份瑕疵資訊，供玻璃蓋片製造商改進製程之用；此瑕疵分類方法是依瑕疵在側照式光源下的突顯效果，大致可分為三類瑕疵。此光源主要能突顯瑕疵的幾何特徵，即垂直於玻璃蓋片表面之高度，因此一般而言 Type I defect 為高度



較低，通常為玻璃表面的污染或品質瑕疵，如：刮痕、水痕；Type II defect 瑕疵為高度較高，通常為附著於玻璃上的異物或是玻璃內部的品質瑕疵，如：粉塵；其中 Type I defect 與 Type II defect 中的粉塵及纖維瑕疵的可使用高壓氮氣吹拂，將瑕疵清除；Type III defect 則是前兩種瑕疵之混合，通常為面積較大且組成複雜之瑕疵，如：裂痕。值得注意的是是一些較難判斷其種類之瑕疵，均容易被判為 Type III defect，因這類瑕疵彼此間之特性差異較大，相較於 type I 瑕疵與 type II 瑕疵這兩種分類，type III defect 這個分類所提供之瑕疵特徵資訊顯得較為薄弱。

#### 4.3.2 檢測速度結論

本研究所提出之 CMOS 光學玻璃檢測系統之實驗機台僅使用單一 CCD 進行取像，此實驗機台檢測完一片玻璃蓋片約需 86 秒，適用於離線檢測。主要的時間瓶頸在取像上，CCD 攝影機的最高取像速度限制了檢測時間，影像處理時間相對而言相當短，機構移動取像完成所需時間近 80 秒。若使用多個 CCD 組成陣列之方式，同時取像，即能克服單一 CCD 攝影機最高取像速度限制，而能夠有效地加速檢測速度，達到線上即時檢測的要求。

因此欲達到線上檢測的要求，在取像機構上應對實驗機台作適當之加強。GFVI 線上檢測所需的速度要求為 1 Slot(三片)必須在 60 秒內完成，因此三片一起檢測較能符合需求，而每片使用 2 台 CCD 同時取像，設計示意圖如圖 4.7 所示，配合本研究所提出之檢測演算法及軟、硬體機電控制整合概念，將可提升其檢測速度，以符工業應用所需。

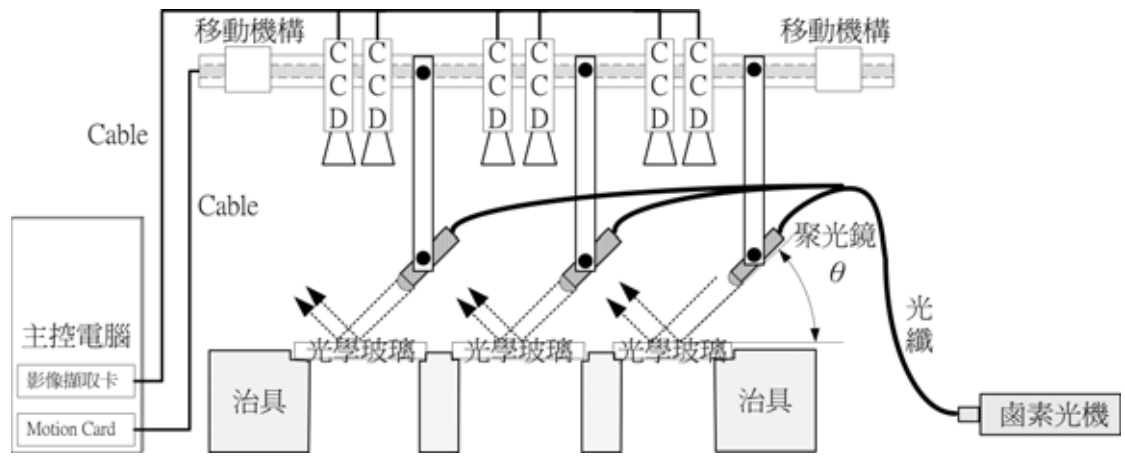


圖 4.7 CMOS 玻璃蓋片 AOI 系統線上檢測樣式



## 第五章 結論與建議

### 5.1 研究結論

本研究針對 CMOS 影像感測晶片封裝製程中之 GFVI(Glass Final Visual Inspection) 製程，提出一套完整且可行之 CMOS 玻璃蓋片瑕疵自動光學檢測系統，包含光源系統、硬體架構、軟體演算法及軟、硬體機電控制整合。

光源系統之設計以不發生瑕疵遺漏且亮度高、對比佳之光源為目的，共設計出四種光源系統。

硬體架構以減少 CCD 取像時間與機構成本為目的，針對 CMOS 玻璃蓋片提出可行之取像架構，並使用單一 PC 控制 CCD 及移動機構，使得整體移動、取像流程，能由單一 PC 完成的自動化控制。



軟體演算法部份以能檢測出所有可能出現之瑕疵為考量，搭配自動瑕疵分類方法，針對不同種類之瑕疵，使用不同的影像處理方法，以避免發生瑕疵遺漏或錯估瑕疵大小的情形。

軟、硬體控制整合部份以能減少整體檢測時間為目的，使用連續移動取像的方法以減少 CCD 取像時間，並配合多線平行處理的概念分配 CCD 移動取像與影像處理所需的 CPU 運算資源，達到減少檢測時間之目的。

CMOS 感測器市場逐漸看俏，台灣挾著強大的半導體製造技術，在 CMOS 的生產上具有國際競爭力，因此各半導體大廠無不致力於 CMOS 之生產與發展。隨著產能的大量提升，品質檢測問題亦日趨重要。然而目前由於許多 CMOS 封裝廠仍以人工進行檢測，人工檢測不但精度不符合標準，也無法滿足其顧客對於品質一致性的要

求，因此研發自動光學檢測機台是最佳的解決方案。視覺檢測設備的附加價值相當高，雖然使用的硬體設備組件如 LED 光源、CCD 等價格亦高，然而整合完成的檢測機台價格，往往是硬體設備組件價格的數倍以上，本研究所擬發展之視覺檢測方法，將能掌握自動視覺檢測機台的關鍵技術，未來只需進行檢測硬體之機電整合，即能製造出可技轉至商用型之視覺檢測系統。

## 5.2 後續研究探討與建議

藉由硬體能力的提升，本檢測系統可在取像上改用 CCD 陣列或 Line scan，以進行高速取像，搭配適當之自動化配備，即能改進為可用於線上檢測之 CMOS 玻璃蓋片之 AOI 機台。

本研究所提出之瑕疵分類法，主要是使用來粗分瑕疵種類以選擇適合之影像處理方法為目的，因此所區分的種類較少，相較於玻璃蓋片的實務上所分成的六類瑕疵(見表 1.1)，分類明顯地少了許多種，未來應可延伸此分類方法，使得自動分類方法能與業界對產品實務上的六種分類一致，以增加對瑕疵分類之應用價值。

受限於側照式光源下能從影像中取得的資訊，目前本系統仍無法進一步的判斷污染物的種類或成因，使得品質資訊的回饋機能較為薄弱，此方面應可從光源及取像機構的改進著手，可做為後續研究改進之方向。

本研究之方法還可以應用在各種光學玻璃材質物品之檢測，如：PDP、LCD 玻璃基板瑕疵檢測、PLED/OLED 玻璃上、下蓋片瑕疵檢測及光學玻璃鏡片瑕疵檢測等。

## 参考文献

- 【1】 Anil, K. J., "A Survey of Automated Visual Inspection," Computer Vision and Image Processing, Volume 61, NO.2, pp.231-262, March 1995.
- 【2】 Batchelor, B. G., "Streak and Spot Detection in Digital Pictures," Electronics Letters, Volume 15, NO. 12, pp. 352-353, 1979
- 【3】 Canny, J., "A Computational Approach to Edge Detection", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. PAMI-8, No. 6, pp. 679-698, 1986.
- 【4】 Canny, J., "Finding Edges and Lines in Images"; Report, AI-TR-720, M.I.T. Artificial Intelligence Lab., Cambridge, MA, 1983.
- 【5】 David G. D. and Dongming Z., "A Flaw Detection Method Based on Morphological Image Processing", IEEE Transactions on Circuit and Systems for Video Technology, Vol.3, No.6, pp.389-398, 1993.
- 【6】 Dayle C. and Raghuram K., "Curved Object Location by Hough Transformation and Inversions", Pattern Recognition, Vol.20, pp.181-188,1987.
- 【7】 Elmabrouk and Aggoun A., "Edge Detection Using Local Histogram Analysis," Electronics Letters, Volume 34, NO.12, Jun 1998.
- 【8】 Jiaoyan A. and Xuefeng Z. "Analysis and Detection of Ceramic-Glass Surface

Defects Based on Computer Vision,” Proceedings of the 4th World Congress on Intelligent Control and Automation, Volume 4, pp.3014 - 3018, June 2002

- 【9】 Linda G. S. and George C. S., “Computer Vision,” Prentice Hall Publishing Company, pp.65-68, 2001.
- 【10】 Matrox Imaging Library User Guide version 7, pp.127~136, 2002.
- 【11】 Muhammad B. A. and Tae-Sun C., “Local Threshold And Boolean Function Based Edge Detection,” Transactions on Consumer Electronics, Volume 45, NO.3, August 1999.
- 【12】 Nakagawa Y. and Rosenfeld A., “Some Experiments on Variable Thresholding,” Pattern Recognition, Volume 11, pp. 191-204, 1979.
- 【13】 Ostu N., "A Threshold Selection Method from Gray-Level Histogram", IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Vol.9, No.1, pp.62-66, 1979
- 【14】 Rafael C. G. and Richard E. W., "Digital Image Processing 2/e," Addison-Wesley Publishing Company, pp.610-624, 2003.
- 【15】 Xiaoyi J. and Daniel M., “Adaptive Local Thresholding by Verification-Based Multithreshold Probing with Application to Vessel Detection in Retinal Images,” IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Volume 25, NO.1, January 2003.

- 【16】 陳維昱，”CRT 玻璃幕面瑕疵自動視覺檢測系統”，交通大學工業工程與管理所碩士論文，2001.
- 【17】 陳賢義，”視覺技術在線上檢測之應用”，自動化感測技術專輯，機械工業雜誌 6 月號，pp.267-279，1993.
- 【18】 梁有燈，”機器視覺在 BGA 鉅球尺寸量測上之應用”，中華大學機械與航太工程研究所碩士論文，1999.
- 【19】 顏清居，”應用電腦視覺技術於自動插件印刷電路板之自動檢測新系統設計與開發”，國立交通大學工業工程與管理學系碩士論文，2000

