

國立交通大學
工業工程與管理學系碩士班

碩士論文

CMOS Sensor 自動光學檢測機台之設計及開發

Design and Development of an AOI Machine for CMOS Sensor



研究生：張國政

指導教授：彭德保 博士

中華民國九十五年一月

CMOS Sensors 自動光學檢測機台之設計及開發

Design and Development of an AOI Machine for CMOS Sensor

學生：張國政

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

影像感測器的功能是将光的影像訊號，轉換成電的影像訊號，一般可分為電耦合元件(CCD)技術和互補金氧半導體(CMOS)技術兩種。CCD 技術大部分由日本廠商主導，近年來由於台灣半導體技術成熟，使得 CMOS 影像感測器在台灣發展的非常迅速，應用範圍也越來越廣。目前 CMOS 影像感測器已成為很多商業化產品的主要元件，故 CMOS 影像感測器生產廠商對於如何確保經由封裝生產製程後，能有道關卡剔除瑕疵品，視為很重要的課題。CMOS 影像感測器主要會發生之瑕疵包括感光區異常(含變色、異物附著、刮傷)、封蓋溢膠、封蓋偏移、及玻璃異常(異物附著、刮傷)、基板(Substrate)異常...等，這些瑕疵都會造成最終產品成像出現缺陷。

目前業界多是以人工目視對 CMOS 影像感測器進行全檢，受限於人眼的最小可辨識能力約 20 μ m，故須借助顯微鏡進行檢驗，容易造成視覺疲勞而影響檢驗成效，若有不良品流出即會造成商譽的損失。本研究利用數位影像系統設計適當光源與取像機構，配合自行開發之 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 影像感測器自動視覺檢測的機台，使能檢測出 CMOS 影像感測器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，並提昇檢測速度與減少誤判率，最終目標達到減少人工成本與維持產品品質的理想目標。

關鍵字：CMOS 影像感測器；電腦視覺；自動光學檢測；瑕疵檢測

Design and Development of an AOI Machine for CMOS Sensor

Student : Kuo- Cheng Chang

Advisor : Dr. Der-Baau Perng

Department of Industrial Engineering and Management

National Chiao Tung University

ABSTRACT

The CMOS image sensors have become the key component in various commercialized products. For CMOS image sensor makers, how to eliminate defective products at checkpoint after packaging process is a very important issue. The major manufacturing defects on CMOS sensors include : abnormality in photosensitive area (color change, foreign matter attaches, scratches), lid-sealing glue overflow, lid-sealing displacement, and glass abnormal (foreign matter attaches, scratches), substrate abnormal, etc. These defects will become flaws on finishing goods.

Currently industry hires human inspector to conduct the inspection for CMOS sensor. However, due to the natural limitation, human eyes' inspection capability is approximately 20 μ m only. People have to rely on microscope to carry on the inspection. This will also cause vision exhaustion and affect the inspection result. This research is to design a suitable light source and image extraction equipment, and a set of (automatic optical inspection) AOI software algorithms to construct a fully AOI system.

It is to help current human inspection, improve insufficient examination precision of present manual inspection, increase inspection speed, and finally to reduce manufacturing cost and maintain high product quality.

Key words: CMOS Image Sensor, Computer Vision, Auto Optical Inspection, Defects Inspection

誌 謝

首先要感謝 彭德保老師兩年來給予的指導與教誨，讓我在面對問題時能找到方向，面對挫折時可以再打起精神，此外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，許錫美博士、巫木城博士們惠賜之寶貴意見，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，你們總不吝傾囊相授，不但使我的研究能有所突破，也令我成長許多，周正全學長的廣泛課外知識與個人興趣也讓人欣羨，陳彥仲學長於我面對工作與學業兩難時適時提供寶貴意見，並提供口試過來人之經驗談，讓我毛塞頓開；還有研究室的學弟妹，志凌、黛詩、維琦，於同上影像處理課程時提供的書報研討心得與彼此談天分享，謝謝你們，我會記得這段在學生涯美好的回憶；也向不斷給我支持力量的多年之交，佳盛、清田、發炫致感謝之意。



另外要特別感謝我的好友，資深工程師朱家弘先生提供 CMOS 影像感測器的相關知識與各類實務問題之心得，使本研究能實際針對業界面臨之主要問題進行探討。

最後，謝謝親愛的父母、家人在我挫折失落時，給我最大的支持與鼓勵，使我在研究的路途上能跌倒後再站起來，而後能充滿信心不斷前進，我的心中充滿無限感激，獻上本論文僅能了表對您們的謝意於一二。

感謝您們，與您們共享這份成果。

張國政

謹致於交大工工所電腦視覺實驗室

民國九十五年一月

目錄

目錄	IV
圖目錄	VI
表目錄	VIII
第一章 緒論	1
1.1 研究背景與動機	1
1.2 研究範圍	4
1.3 研究目的	5
1.4 研究架構	5
第二章 文獻探討	6
2.1 台灣廠商進入影像感測器產業的 SWOT 分析	6
2.2 產業現行之檢測方法	7
2.3 視覺系統架構	9
2.4 光源系統架構	9
2.5 取像方式	10
2.6 軟體演算法	10
2.6.1 檢測方案(Inspection Schemes)	10
2.6.2 影像處理	11
第三章 研究方法設計	14
3.1 光源研究	14
3.1.1 蛋型光源	15
3.1.2 同軸光源	16
3.1.3 側照式四方矩形光源	18
3.1.4 光源比較	20
3.1.5 取像機構	20
3.2 CMOS Sensor 瑕疵檢驗	21
3.2.1 CMOS Sensor 感光區變色、異物附著、刮傷之瑕疵檢驗	22
3.2.1.1 影像二值化	22
3.2.1.2 Auto-thresholding	22
3.2.1.3 Blob Analysis	29
3.2.1.4 Blob 瑕疵分類	30
3.2.1.5 長條形瑕疵斷裂之連接	31

3.2.2 CMOS Sensor 封蓋偏移之瑕疵檢驗	35
3.2.2.1 Edge Detect.....	35
3.2.2.2 偏移角度計算.....	35
3.2.3 CMOS Sensor 封蓋溢膠之瑕疵檢驗	36
3.2.3.1 Stripe mark.....	36
3.2.3.2 封蓋溢膠之瑕疵檢驗方法.....	36
第四章 系統驗證與結果	38
4.1 系統架構與實驗環境.....	38
4.2 系統整合實驗.....	39
4.2.1 感光區瑕疵檢驗.....	39
4.2.2 瑕疵斷開連接實驗.....	44
4.2.2.1 矩陣連接法驗證.....	45
4.2.2.2 主軸重心距離連接法驗證.....	46
4.2.2.3 主軸端點距離連接法驗證與比較.....	47
4.2.3 封蓋偏移瑕疵檢驗.....	48
4.2.4 封蓋溢膠瑕疵檢驗.....	49
4.3 CMOS 影像感測器檢驗程式.....	50
第五章 結論與建議	51
5.1 實驗結論.....	51
5.1.1 檢測效果結論.....	51
5.1.2 檢測速度結論.....	51
5.2 後續研究探討與建議.....	52
參考文獻	53



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/PLCC 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 現行 CMOS 檢驗示意圖一.....	8
圖 2.3 現行 CMOS 檢驗示意圖二.....	8
圖 2.4 兩纖維燈管夾角示意圖.....	8
圖 2.5 投射角度與桌面之夾角.....	8
圖 2.6 典型的視覺系統基本組成.....	9
圖 2.7 常見的打光方式示意圖.....	10
圖 2.8 二值化影像閉合實例.....	13
圖 3.1 CMOS Sensor 結構示意圖.....	14
圖 3.2 蛋型光源系統.....	15
圖 3.3 蛋型光源下成像示意圖與瑕疵影像.....	16
圖 3.4 同軸光源系統.....	17
圖 3.5 同軸光源下成像示意圖與瑕疵影像.....	18
圖 3.6 側照式四方矩形光源系統.....	19
圖 3.7 側照式四方矩形光源下成像示意圖與瑕疵影像.....	19
圖 3.8 取像機構示意圖.....	20
圖 3.9 8 顆 CMOS Sensor 之感光區 Histogram.....	23
圖 3.10 感光區瑕疵判斷流程圖.....	30
圖 3.11 Blob 長寬比示意圖.....	30
圖 3.12 瑕疵影像二值化矩陣.....	31
圖 3.13 兩瑕疵點間之距離示意圖.....	32
圖 3.14 兩瑕疵點間之主軸角度差示意圖.....	33
圖 3.15 主軸重心距離連接法示意圖.....	33
圖 3.16 Blob 之各端點位置定義圖.....	33
圖 3.17 Blob 上下距離 $D1(i-j)$ 示意圖.....	34
圖 3.18 Blob 左右距離 $D2(i-j)$ 示意圖.....	34
圖 3.19 主軸端點距離連接法示意圖.....	34
圖 3.20 Edge Detect 示意圖.....	35
圖 3.21 stripe mark 示意.....	36
圖 3.22 封蓋溢膠瑕疵.....	36
圖 3.23 封蓋溢膠瑕疵二值化影像.....	36
圖 3.24 感光區 Find Stripe 掃描範圍.....	37

圖 3.25 感光區黑色外緣 Find Stripe 掃描範圍.....37
圖 4.1 CMOS 影像感測器檢驗程式.....50



表目錄

表 1.1 CMOS 影像感測器可能發生之瑕疵與成因.....	3
表 2.1 台灣廠商進入影像感測產業之 SWOT 分析	6
表 3.1 各種光源系統優、缺點與照明效果.....	20
表 3.2 使用蛋形光取得之 CMOS 影像感測器瑕疵影像.....	21
表 3.3 18 顆 CMOS Sensors 實驗數據.....	24
表 3.4 二值化轉換之實驗結果.....	25
表 3.5 blob Analysis 試作結果.....	29
表 4.1 感光區瑕疵檢驗之實作驗證表.....	40
表 4.2 長條形刮傷瑕疵斷裂連接演算法樣本.....	44
表 4.3 矩陣連接演算法驗證結果.....	45
表 4.4 主軸重心距離連接演算法驗證結果.....	46
表 4.5 主軸端點距離連接法與主軸重心距離連接法驗證結果比較.....	47
表 4.6 封蓋偏移瑕疵檢驗演算法驗證結果.....	48
表 4.7 封蓋溢膠瑕疵檢驗演算法驗證結果.....	49
表 5.1 各個項目檢測時間整理表.....	51



第一章 緒論

1.1 研究背景與動機

現今的影、音科技蓬勃發展，以滿足人們的視聽享受，其中尤以影像產品大發利市，影像感測器(Image sensor)也連帶的日漸竄紅。目前使用於數位相機中的影像感測器，可分為二大類：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，由於成本較為低廉、耗電量低、可靠度高、以及與半導體製程相容的特性，在低階產品上 CMOS 已逐漸取代 CCD，加上未來資訊產品將邁向整合單晶片趨勢，CMOS 將會是未來感測器的主流產品。分析目前產業情況，在 CCD 感測器上，日本的技術水準仍是台灣望塵莫及，SONY、Sharp、Panasonic 穩坐寶位，短時間內產業不會有太大變化；但 CMOS 感測器上台灣則充滿機會，由於台灣有完整的專業半導體代工體系，各半導體大廠無不致力於 CMOS 之生產與研發，故目前已呈現欣欣向榮的態勢。隨著產能的大量提升，產品品質的把關檢測問題亦日趨重要。

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 1000 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及觀念上的挑戰[12]。

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，可達到較高的可靠度與測試要求，主要應用於尺寸較大或 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具照像功能手機市場。

圖 1.1 與圖 1.2 分別為 CLCC 與 OLCC 封裝技術成品切面圖[12]，由圖中我們可以觀察到，完整的 CMOS 影像感測器是由玻璃蓋片、CMOS Chip、Substrate 等主要

部分組成，故良好的產品必須由良好的三種組件組合，缺一不可，但一般原材料都是經由進料檢驗(IQC)進行抽樣檢驗允收進廠，但如此必不能確保三組件有 100% 的良率，即使對原材進行 100% 的全檢，也可能因為製程問題、環境潔淨度問題、人為問題，造成最終產品瑕疵。

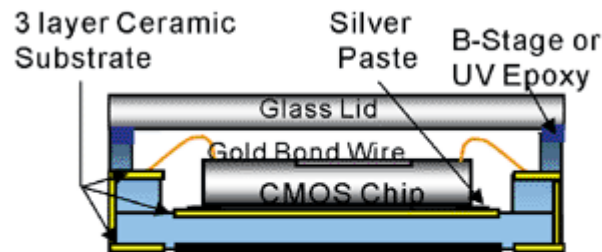


圖 1.1 CLCC 封裝技術 CMOS 影像感測器晶片切面圖[12]

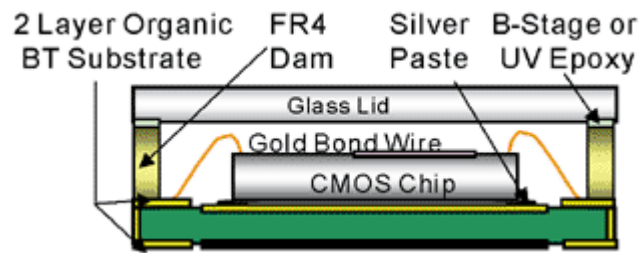
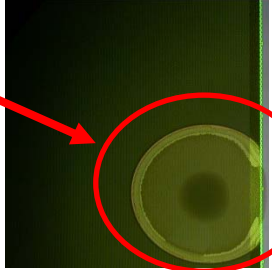
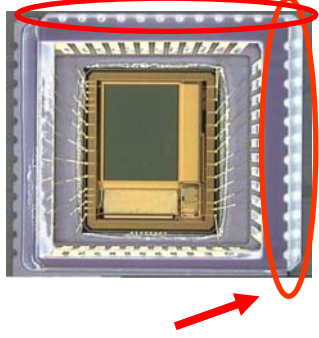

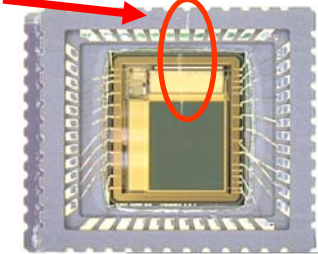
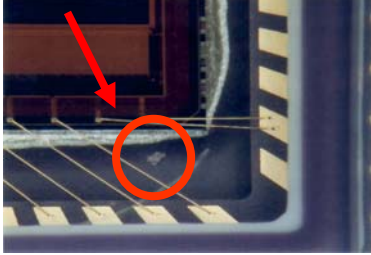


圖 1.2 OLCC 封裝技術 CMOS 影像感測器晶片切面圖[12]

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，因此對於原材的品質之要求也更加提升，目前一般晶片的 BGA 封裝良率已可達到 99% 以上，但在 CMOS 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。其中最重要的原因就是 CMOS 是極重視外觀的產品，任何的外觀瑕疵都容易造成最終產品顯像異常，也由於封裝產業屬於半導體的後段產業，對於環靜的潔淨度要求雖不如晶圓製造廠般嚴格，然而一顆 Particle 常就大於 $5\mu\text{m}$ ，如此大小的微塵若覆蓋於影像感測晶片上就已達到業界不合格標準。因此目前各封裝廠均花費極大人力於出貨前的外觀目檢上面，一般會於生產流程上設置一 FVI(Final visual inspect)站進行人工目視全檢作業。CMOS 影像感測器之主要瑕疵可分為以下幾種，如表 1.1。

表 1.1 CMOS 影像感測器可能發生之瑕疵與成因

依瑕疵多寡 順序	不良項目	說明與標準	圖示
1	感光區異常 (含變色、刮傷、異物附著)	由於晶圓製程不良造成，不可有此類異常	
2	封蓋偏移	由於封蓋製程不良造成，玻璃未完全蓋住基板內層邊緣或凸出基板外緣未完全蓋住模壩寬的 1/2 以上為不合格	
3	封蓋溢膠(含氣泡)	由於封蓋製程不良造成，膠溢入上片區及封蓋氣泡大於 1/4 模壩寬以上 為不合格	
4	玻璃刮傷或破裂	由於玻璃來料不良造成，感光區上完全不可有此類瑕疵，其他區域此類瑕疵>0.5mm 為不合格	
5	基板異物	基板來料不良或封裝環境不良造成，不可有此類異常	

受限於人眼的最小可辨識能力，目前人工檢驗有以下幾個主要的問題：

1. 增加元件暴露在外的時間，使 CMOS 影像感測器的品質易受環境落塵影響。
2. 人工檢驗受限於辨識力僅達 $20\mu\text{m}$ ，故人工檢驗需借助顯微鏡，視覺易疲勞，而誤判、漏判，影響檢驗的準確度。
3. 人工檢驗造成成本的增加，檢驗速度也無法提升。
4. 檢驗人員對瑕疵認定變異性大，易受主觀影響。
5. 一般人工檢驗為 Off line 檢驗，因此無法整合至現有自動化生產製程，增加搬運時間與儲放空間，並易增加人為造成異常機率。

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) 便是廣為採用的品管技術。本研究即擬發展出一套適用於檢驗 CMOS 影像感測器瑕疵之自動視覺檢測方法，將檢驗精確度、檢驗速度提升，並使之減少誤判率，達到代替人工全檢之目標。

1.2 研究範圍

CLCC 與 OLCC 的封裝流程相似，一般業界封裝流程如圖 1.3 所示，本研究所欲探討的是封裝流程之「最終外觀檢驗(FVI)」站如何以 AOI 系統取代人工方式對 CMOS 影像感測器之瑕疵進行檢驗。

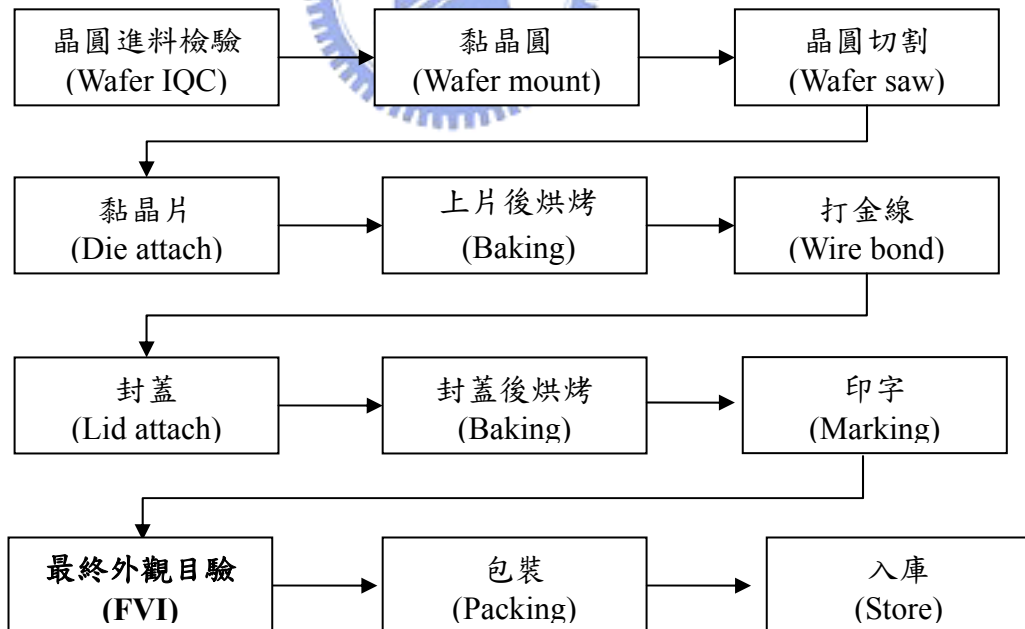


圖 1.3 CLCC/PLCC 封裝技術之流程圖

製程上，最終外觀目檢對於 CMOS 影像感測器之檢驗，為包裝出貨前能確保不良品流出的最後關卡，一般在此站發現之主要瑕疵共分成 5 大類別如表 1.1 所列。

1.3 研究目的

本研究的目的，在發展出一套適用於 CMOS 影像感測器瑕疵自動視覺檢測的方法，本方法能檢測出 CMOS 影像感測器業界目前發生主要 5 類瑕疵，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，及檢測速度。未來若能配合上自動化設備，即可做出能用於生產線上進行自動檢測之機台，主要研究探討之項目詳述如下：

- (1) 著重於探討實務上可行之 CMOS 影像感測器檢測系統架構。
- (2) 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驗規格與速度。
- (3) 探討如何使用適當之光源突顯可能發生在 CMOS 影像感測器的表面或內部的瑕疵，以簡化取像。
- (4) 發展適當且具彈性的演算法，正確找出 CMOS 影像感測器所可能發生之各類瑕疵與位置。
- (5) 藉由瑕疵之自動分類方法，判斷瑕疵之影響範圍，決定有瑕疵檢測物之下一步處理方式，如：進行清潔、重工或是報廢。

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，本論文分為以下三部分來說明：

- (1) 光源系統：配合 CMOS 影像感測器可能發生之瑕疵特性，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 CMOS 影像感測器待測影像之裝置，以利 CCD 用較少的取像時間檢測 CMOS 影像感測器。
- (3) AOI 檢測軟體與方法：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。

本論文章節安排如下：第一章，對於本研究的內容與性質進行概略性的介紹。第二章，與本研究領域相關的文獻回顧與探討。第三章，探討適當的光源設計與 AOI 瑕疵檢驗方法。第四章，驗證本研究所提出之系統架構與方法的可行性。第五章，結論與未來可能之研究方向。

第二章 文獻探討

2.1 台灣廠商進入影像感測器產業的 SWOT 分析

影像輸入裝置所需的 CCD 感測器，長久以來為日商所掌握，台灣若要建立自主性高的數位影像產業，影像感測器的掌握是相當重要的，因此有希望取代 CCD 感測器的 CMOS 感測器便成為國內業者的一大機會。表 2.1 為台灣廠商進入影像感測產業之 SWOT 分析。

表 2.1 台灣廠商進入影像感測產業之 SWOT 分析。

優勢	劣勢
<ol style="list-style-type: none">1. CMOS Sensor 使用國內業者熟悉的標準半導體製程2. 國內有完整的專業半導體代工體系3. 國內 CMOS Sensor 業者技術已與國際大廠水準接近4. 國內業者量產能力、交貨能力強5. 台灣的數位影像產業蓬勃發展	<ol style="list-style-type: none">1. 還比不上國際大廠的品牌知名度2. CMOS Sensor 畫質仍不如 CCD Sensor3. 部分數位相機零組件仍由國外買主決定4. 國內系統業者仍持觀望態度
機會	威脅
<ol style="list-style-type: none">1. 國內業者有機會使用最新的半導體製程2. 影像感測器未來的發展將走向低價位與高畫質3. 無線與 3G 行動電話系統、個人影像設備需求4. 大陸及華人市場的潛力極大	<ol style="list-style-type: none">1. 晶圓短缺的問題2. 自身技術是否能生根並追趕上國外大廠3. 國內外 CMOS 業者家數多，產業競爭激烈4. 來自東南亞、大陸 IC 設計業者的追趕與競爭

(資料來源:工研院經資中心 ITIS 計畫 2000/9) [12]

2.2 產業現行之檢測方法

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 影像感測器人工視覺檢測技術。

由於目前運用自動光學方法來檢測 IC 的商用機台，多以針對較大尺寸 IC 做 Ball Scan、Lead Scan、Mark Scan 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 影像感測器之體積小，且所需檢測精度卻相對較高。因此對於 CMOS 影像感測器封裝廠而言，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 影像感測器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。

圖 2.1 為 CMOS 影像感測器之構裝流程，本研究所探討之 CMOS 影像感測器瑕疵檢驗為構裝流程中 FVI (Final Visual Inspection)部份，主要目的為在產品包裝前，對 CMOS 影像感測器的外觀品質進行檢驗；目前此產業中 CMOS 封裝廠仍皆使用人工檢驗，圖 2.2 與 2.3 為封裝廠現行使用冷光纖光源實際檢驗站佈置示意圖。

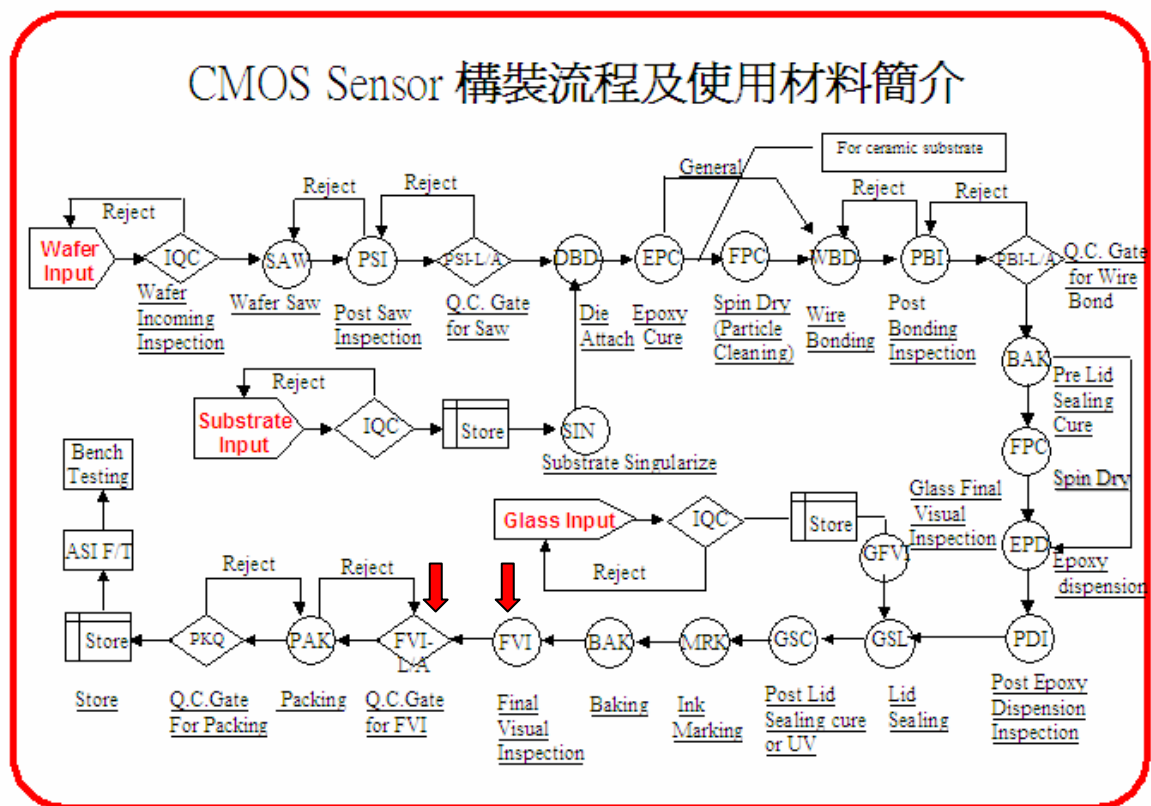


圖 2.1 CMOS 封裝製程構裝流程



圖 2.2 現行 CMOS 檢驗示意圖一



圖 2.3 現行 CMOS 檢驗示意圖二

現行人工目視檢測之方法乃使用 20 倍以上顯微鏡配合冷光纖光源，由檢測員進行目視 100% 全數檢測，光源系統設定方式如下：

1. 將冷光纖維燈之主機安裝於顯微鏡之正後方。(如圖 2.2 示意圖)
2. 將光纖燈管分別安裝於顯微鏡固定桿之左右兩側，兩纖維燈管夾角約 30 度。(如圖 2.4 示意圖)
3. 調整光源投射角度與桌面之夾角小於 20 度。(如圖 2.5 示意圖)
4. 光纖燈管距離 Carrier 約 2 ~ 3 公分。
5. 在顯微鏡下微調光源以得到最大照明強度，此時光源照度約 5000~10000lux，環境照度約 100lux。



圖 2.4 兩纖維燈管夾角示意圖

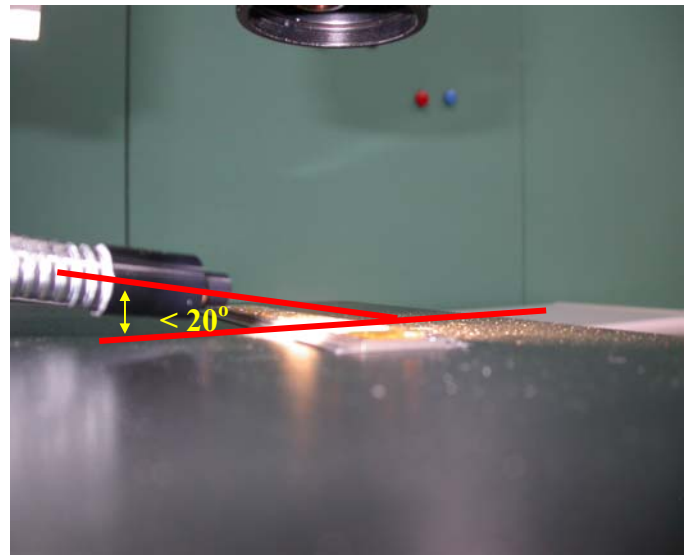


圖 2.5 投射角度與桌面之夾角

2.3 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[14]，圖 2.6 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 影像感測器之瑕疵檢測。

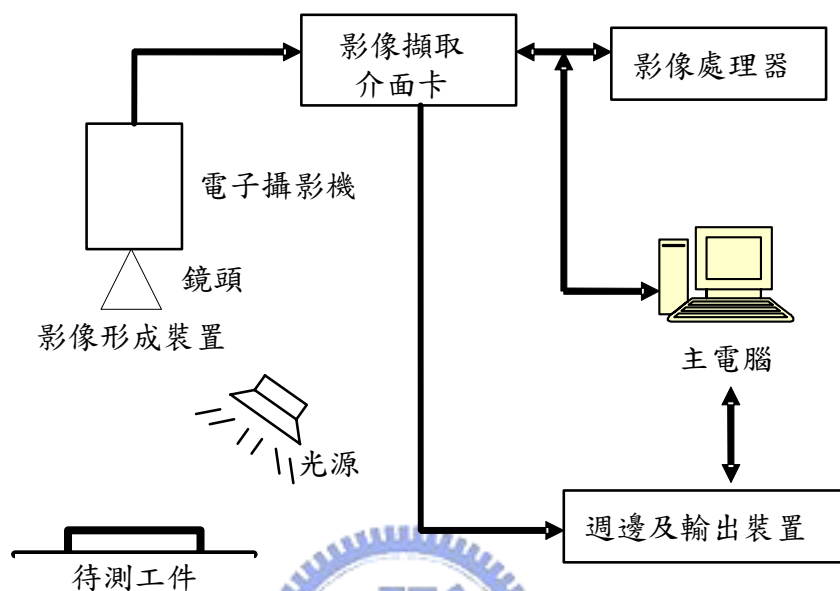


圖 2.6 典型的視覺系統基本組成

2.4 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，簡化影像處理的步驟以縮短時間；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[15]，圖 2.7 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：鑰幣面額辨識、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、PCB 錫膏瑕疵檢測...等。

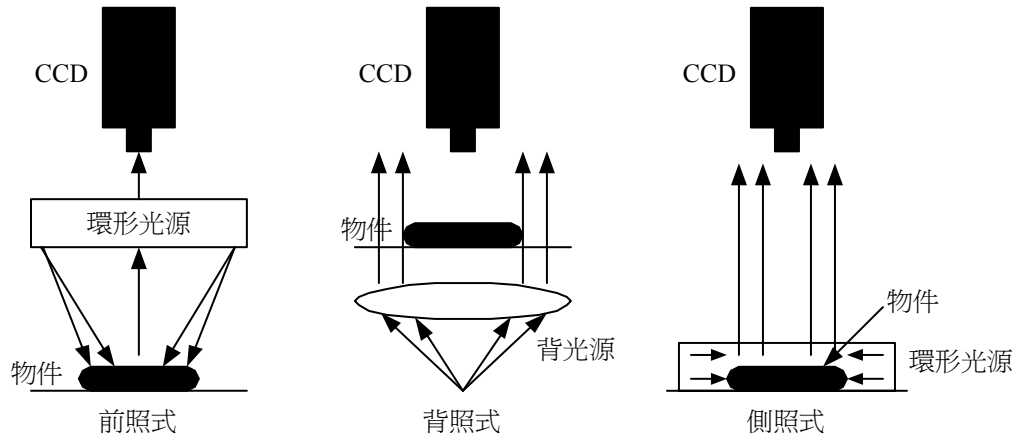


圖 2.7 常見的打光方式示意圖

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 [1]整理出 63 種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。

2.5 取像方式

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。由於 CMOS 影像感測器體積小，加上目前攝影鏡頭之解析度已可達到 200 萬畫素(512Pixel×480 Pixel)以上，故本研究擬採用一次取像方法，以減少 CMOS 影像感測器之取像時間。

2.6 軟體演算法

2.6.1 檢測方案(Inspection Schemes)

Jain [2]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 CMOS 影像感測器之瑕疵一般皆屬特徵單純之瑕疵，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。

2.6.2 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 CMOS 影像感測器瑕疵演算法。

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[3]。影像平滑化(Smoothing)在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 and Auto-thresholding

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。其中閾值的選取為此方法最重要的一個參數。

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 [4]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 [5]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[4]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 [6]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。

Ai 與 Zhu [7]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。

Jiang 與 Mojon [8]提出 verification-based multithreshold 方法，此方法為先建立一「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。

Daut 與 Zhao [9]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。

Ahmad 與 Choi [10]提出使用 local thresholding 的概念偵測影像中的邊緣(edge)，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 μ 為平均數， c 為一固定之常數。

雖然 Daut 與 Zhao 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 Ahmad 與 Choi 的方法是應用在邊緣偵測上，但這兩個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個方法之概念，並加以修改成適用於 CMOS 影像感測器之自動閾值抉擇方法(Auto-thresholding)。

3. 閉合(Closing)

二值化影像的閉合，集合 A 被結構元素 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)。上述特性可應用於本研究中瑕疵面積判斷上，如圖 2.8(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 2.8(b)中所示，進而方便異物面積大小之計算。

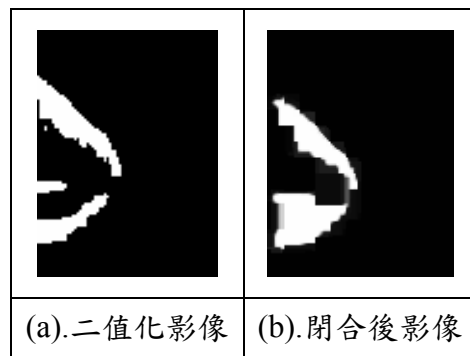


圖 2.8 二值化影像閉合實例

4. Blob Analysis

Blob 分析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[16]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[7]：

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. 計算指定的特徵並分析結果。

第三章 研究方法設計

CMOS 影像感測器因應用領域與規格、畫數的不同，故有各種大小尺寸不同之型狀，另有陶瓷基板、塑膠基板材質之分，但其業界基本結構示意圖如圖 3.1。CMOS 影像感測器之外觀瑕疵可能發生在整顆感測器上任何一處，而異常問題最常發生於感測器之正面如光感測晶片、光學玻璃、與基板等處。本研究將針對 CMOS 影像感測器之正面可能發生的瑕疵之特性，設計出可適用於各類別 CMOS 影像感測器的檢測光源、取像方法及影像處理演算法。

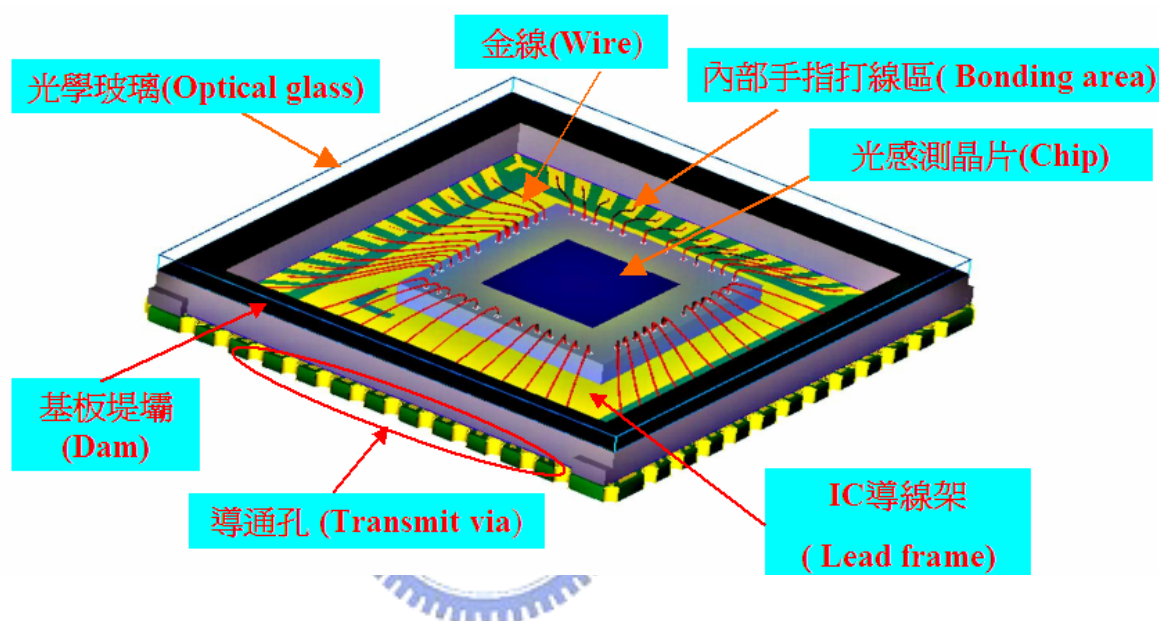


圖 3.1 CMOS Sensor 結構示意圖

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 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。

由於 CMOS 影像感測器之基材(Substrate)具不透光特性，故本節將探討以上方打光照明方式為主，再嘗試側照式光源方式，共探討三種可行之光源照明系統，包括 (1) 蛋型光源，(2) 同軸光源，及側照式光源之 (3) 側照四方矩形光源。

3.1.1 蛋型光源

前照式光源的特色在於利用光線反射強弱的不同來突顯物體表面特徵，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。

本研究所使用之蛋型光源系統架構，如圖 3.2(a)所示。其中，使用蛋型光罩搭配亮度調節器產生高亮度、均勻反射的光源可提供足夠亮度且平均照射到檢測物上之照明。圖 3.2(b)為本研究所使用之前照式蛋型光源系統之原型。

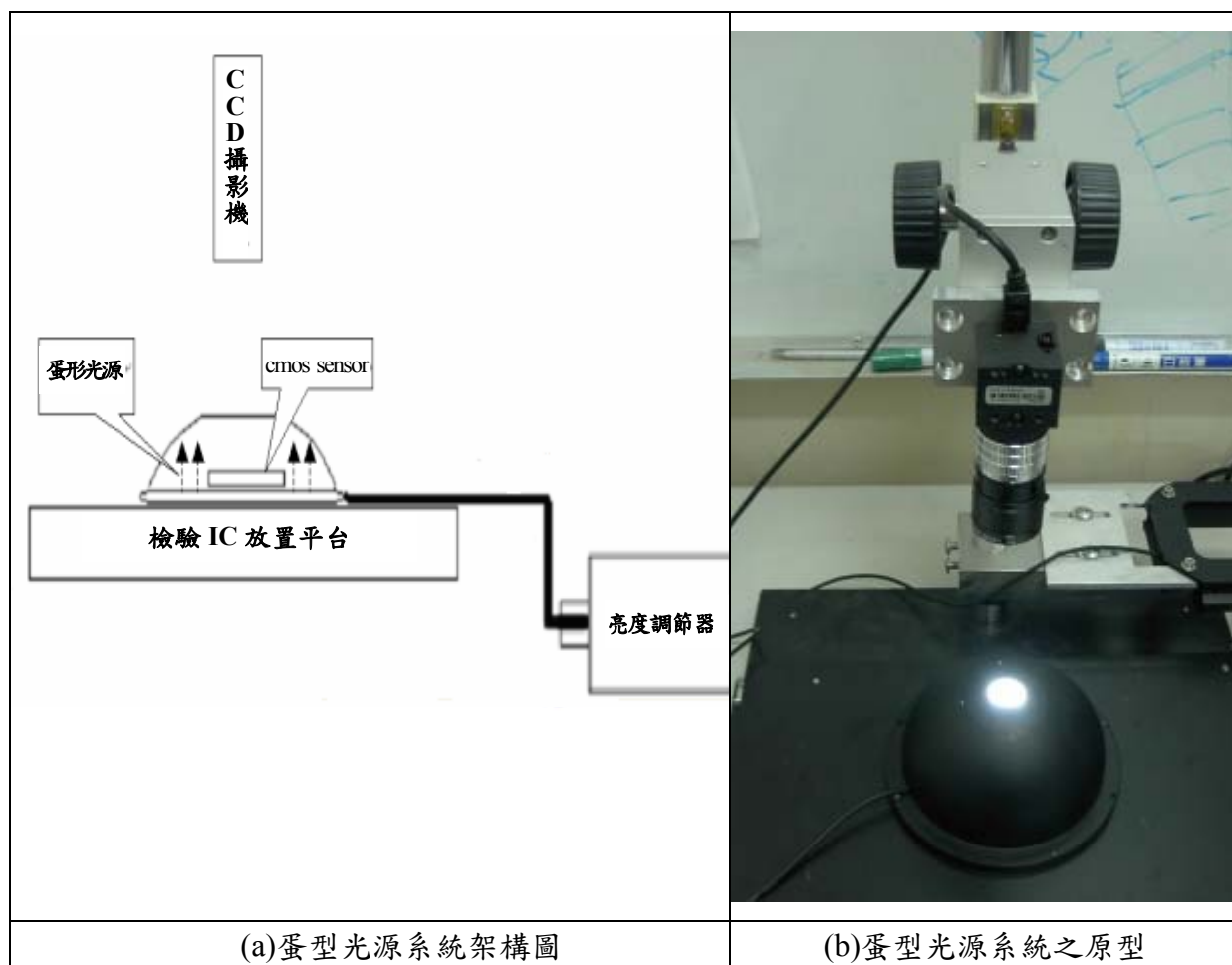


圖 3.2 蛋型光源系統

在此光源系統架構下，光源系統完全包覆待驗之 CMOS 影像感測器，故不受外界光線與陰影之影響。由於 CMOS 影像感測器上覆蓋之玻璃蓋片與光感測晶片都有高度平滑的特性，平滑的部份較能反射來自環型光罩的光線，因此進入攝影機之光量較多，因而成像較亮；而玻璃表面與光感測晶片上之瑕疵，如：灰塵、外來污染物、刮傷、裂痕與封蓋瑕疵，如溢膠、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 3.3(a)所示。圖 3.3(b)為在蛋型光源下的瑕疵影像，可以明顯的看出光感測晶片上有膠狀物、纖維、灰塵覆蓋。

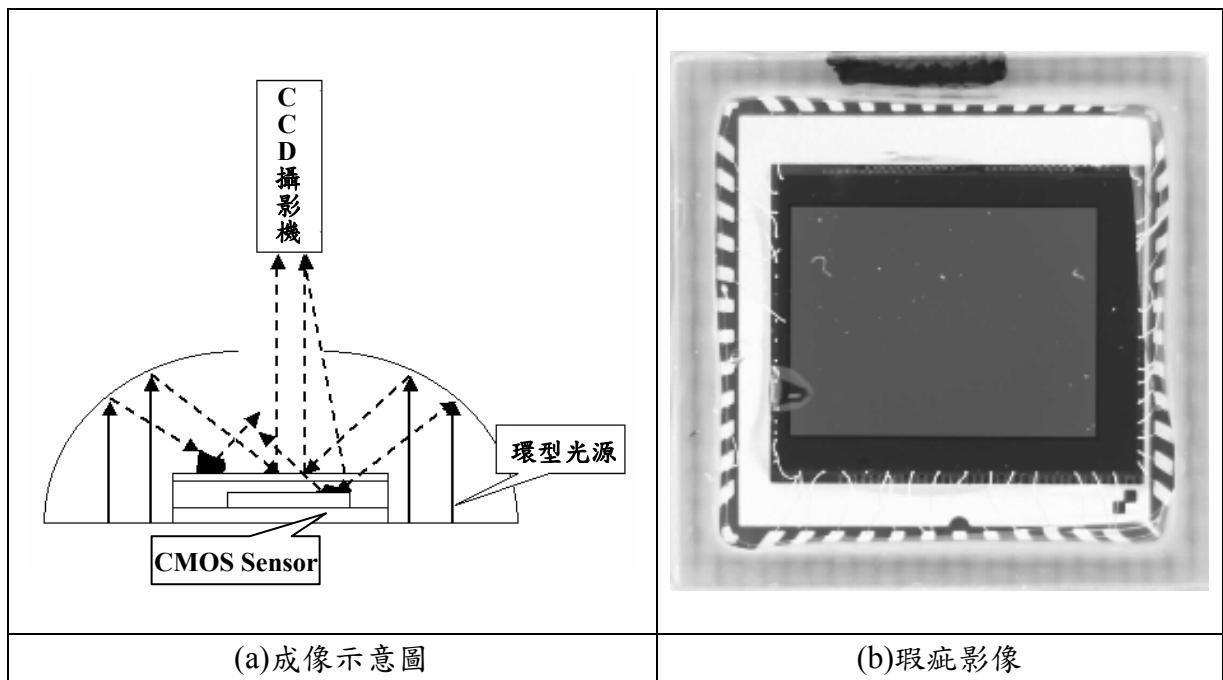


圖 3.3 蛋型光源下成像示意圖與瑕疵影像

3.1.2 同軸光源

同軸光源的特色為，光源與鏡頭同方向出去，就像鏡頭本身就是一個光源一樣。工作原理為使用一個半透鏡以45度角置於Checker前方，從鏡子的旁邊打擴散光。一半的光線會經鏡子反射到物體上，另一半則穿過鏡子而消失掉；至於從物體反射回來的光線，一半傳回來穿過鏡子，而在Checker上成像，另一半則穿過鏡子而消失掉。同軸光可以用很均勻的光線來照一個洞，就算洞很深，它也辦得到。若用其它的型式的光源，可能會在洞的底部產生陰影。

本研究所使用之同軸光源系統架構，如圖 3.4(a)所示，使用同軸光可產生亮度均勻直線照射到檢測物上之照明。圖 3.4(b)為本研究所使用之同軸光源系統之原型。

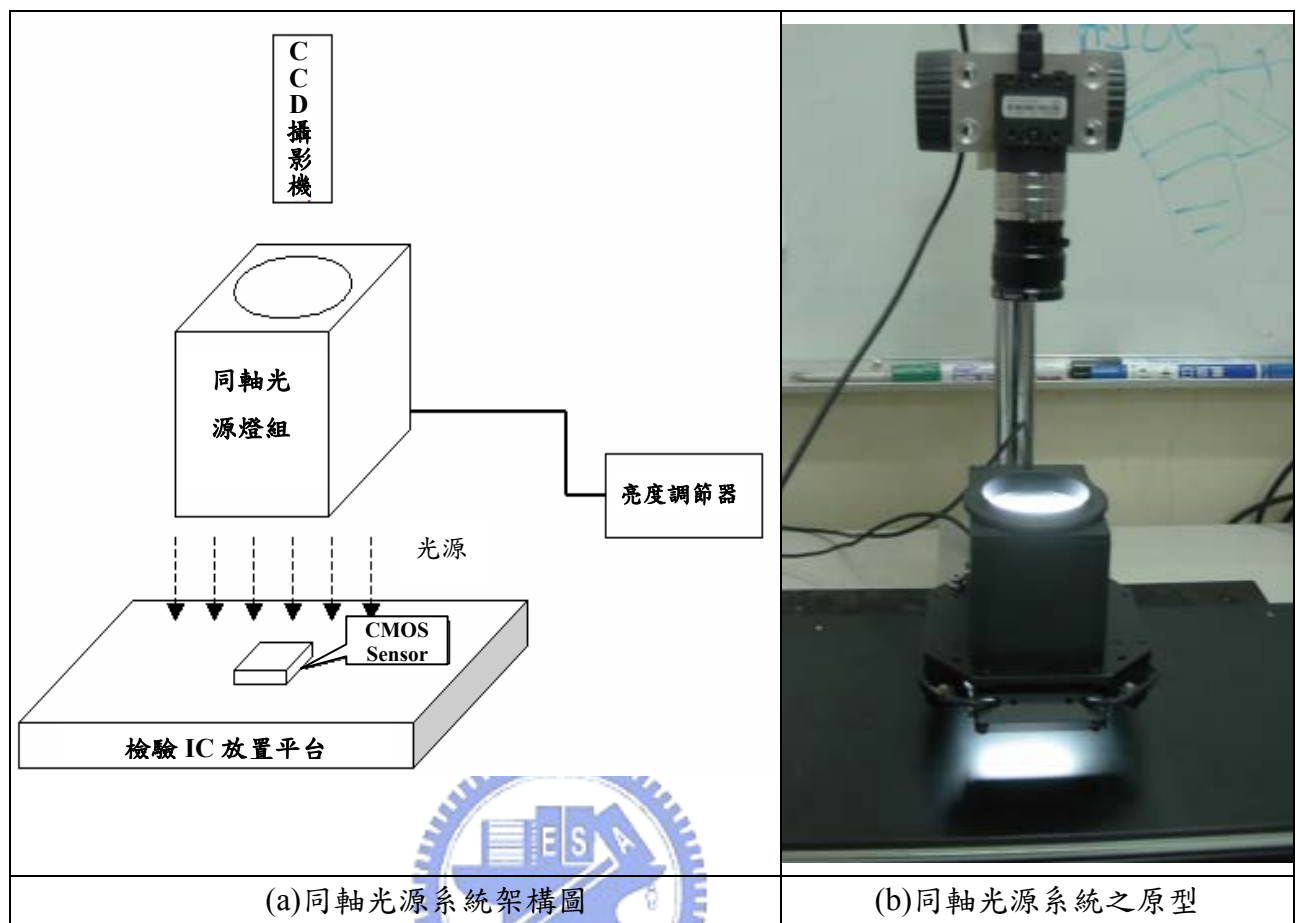


圖 3.4 同軸光源系統

在此光源系統架構下，光線直線穿透待驗之CMOS影像感測器表面玻璃蓋片，可得到立體層次感較佳之影像，但由於CMOS影像感測器之正面外表相當平滑且內部結構景深變化並不大，主要檢測之瑕疵項目並不會有凹陷或突出嚴重之特性，故同軸光源之優點在此不能完全發揮；由拍得的影像顯示雖可區別出光感測晶片上的膠狀物，但纖維與灰塵之明暗對比效果並不明顯，某些顆粒小之異物已無法清楚辨別出來，且會降低光感測晶片上感光區與晶片黑色邊緣之灰階對比度，成像示意圖如圖3.5(a)所示。圖3.5(b)為在同軸光源下的瑕疵影像。

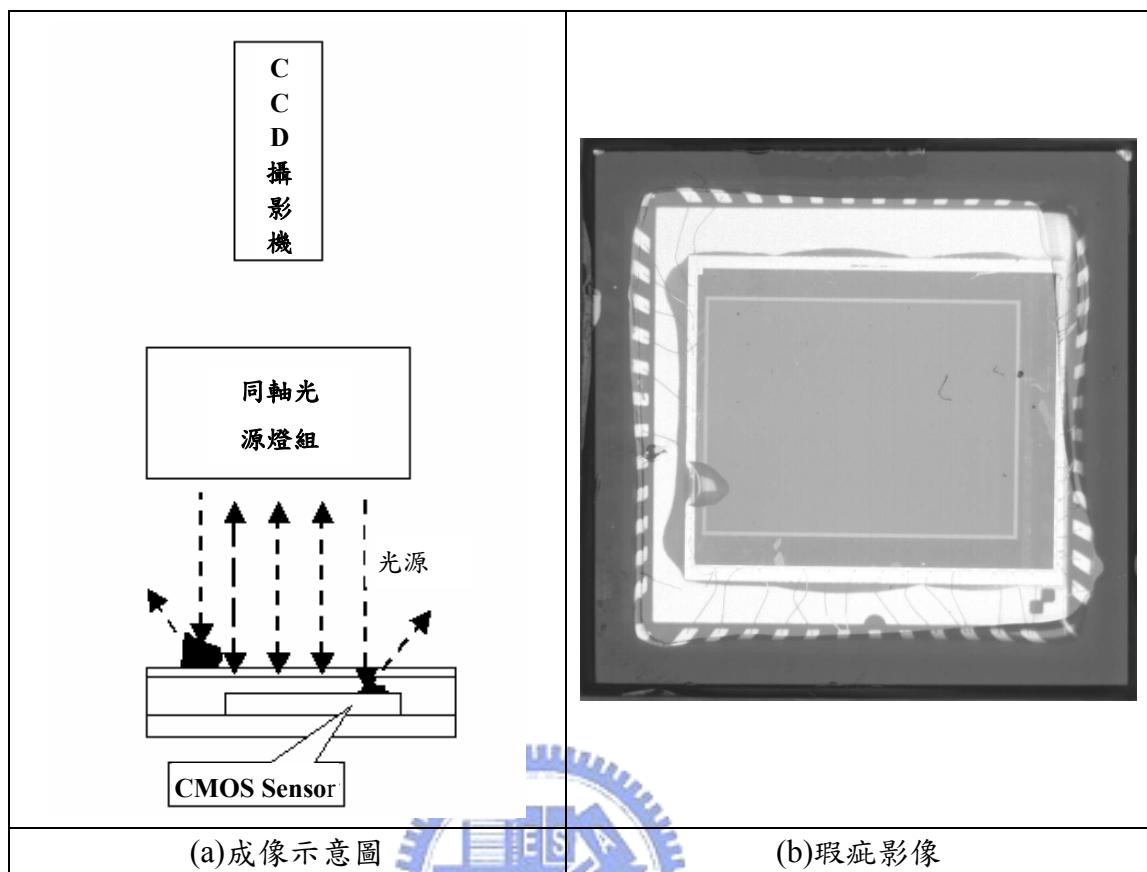


圖 3.5 同軸光源下成像示意圖與瑕疵影像

3.1.3 側照式四方矩形光源

光源放在物體側面，光源的照射方向平行於待檢驗物體平面，效果為可突顯待驗物體之幾何性質並避免掉待驗物體周圍反光影響，常用於檢測物體表面之刮傷；側照式光源對於人眼來說成像效果較不刺眼，因此現行人工目試檢驗多使用側照式光源。

側照式四方矩形光源系統架構如圖 3.6(a)所示。圖 3.6(b).為本研究所使用之側照式四方矩形光源系統之原型。

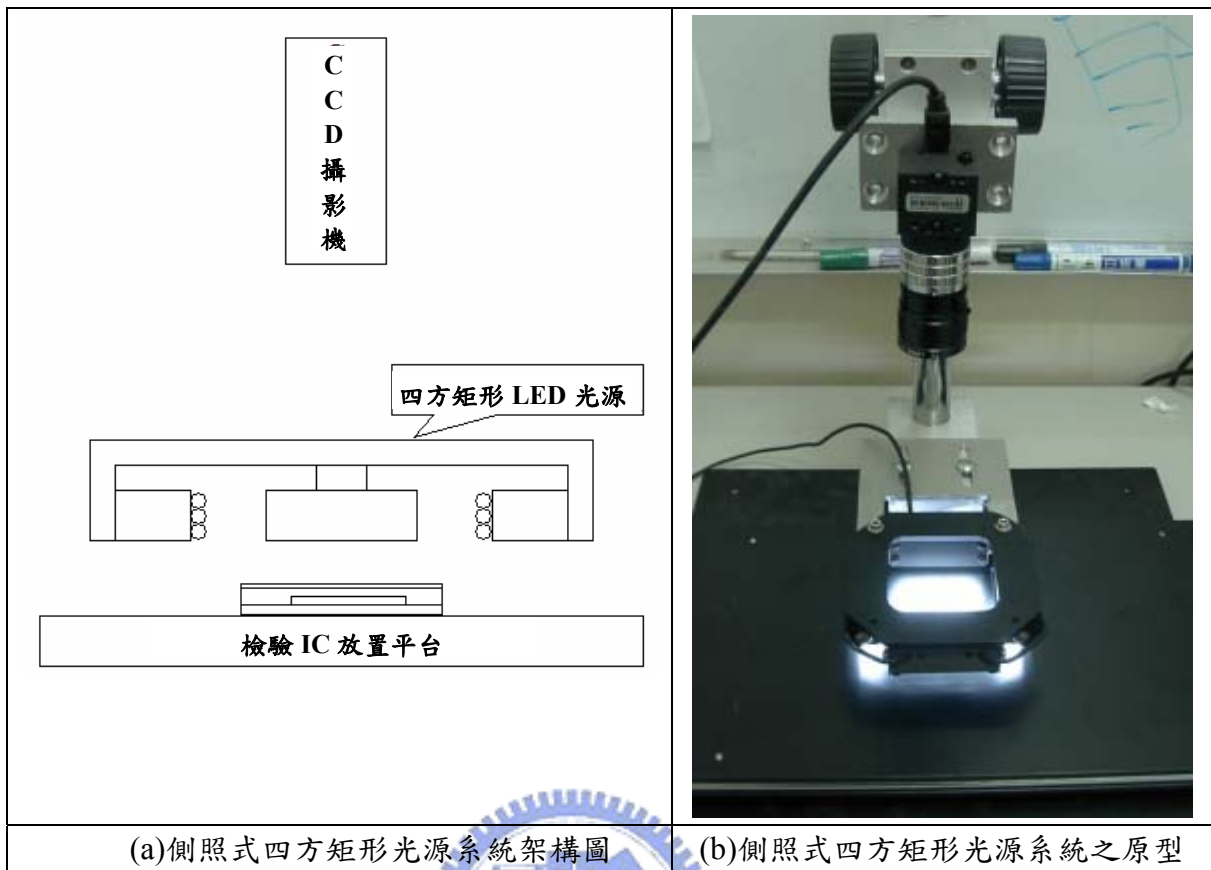


圖 3.6 側照式四方矩形光源系統

在此光源系統架構下，得到的 CMOS 影像感測器瑕疵影像近似於蛋型光源系統所得到的影像，玻璃表面與光感測晶片上之瑕疵，如：灰塵、纖維狀物、與封蓋瑕疵，如溢膠等都相當明顯，但發光源上之矩陣排列白光 LED，會映至光感測晶片之感光區平面上，使形成黑白相間規則排列之斑塊，此現象會不利於後續感光區影像之二值化處理。成像示意圖如圖 3.7(a)。圖 3.7(b)為在側照式四方矩形光源光源下的瑕疵影像。

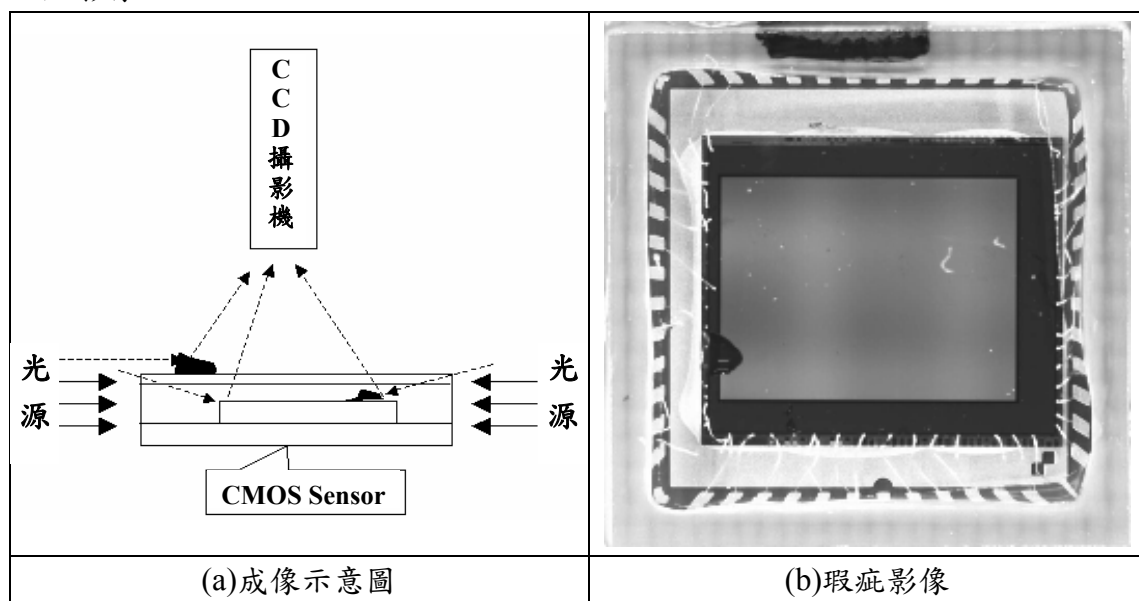


圖 3.7 側照式四方矩形光源下成像示意圖與瑕疵影像

3.1.4 光源比較

下表 3.1 列出了上述三種光源的優、缺點與照明效果，此時 CCD 攝影機的快門設置分別於相同條件之 125ms，其中照明效果以蛋型光源為最佳，本研究將以單張一次取像方式進行取像作業。

表 3.1 各種光源系統優、缺點與照明效果

光源種類	優點	缺點
蛋型光源	1.不受外界光線影響，照明光線均勻。 2.可突顯瑕疵與背景之對比度，有利於正確找出瑕疵位置與大小。 3.邊界效果明顯，易做區域分割。	導線架上之瑕疵不易突顯。
同軸光源	1.照明光線均勻。 2.層次感較佳。	光感測晶片上與玻璃蓋片上的瑕疵對比不強烈。
側照式四方矩形光源	1.突顯待檢測物體之幾何性質。 2.對瑕疵的辨別度近似於蛋型光源。 3.現行人工檢驗多使用側照式打光。	光感測晶片上會有黑白相間規則排列之 LED 倒映斑塊。

3.1.5 取像機構

圖 3.8 為本研究之取像機構示意圖，由主控電腦控制攝影機取像，搭配本研究所提出之蛋型光源系統，形成一個完整的視覺檢測系統。

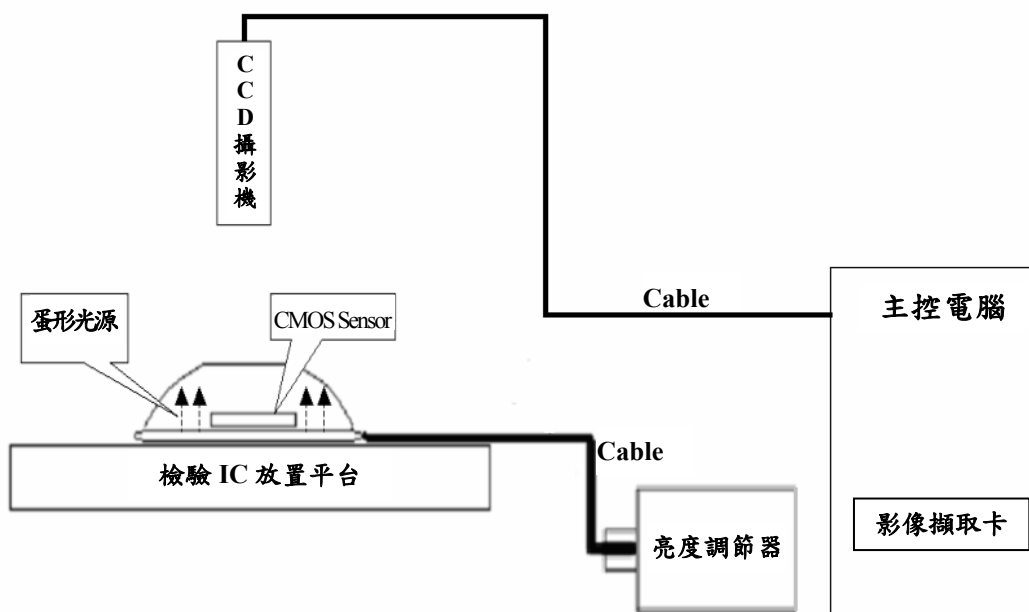
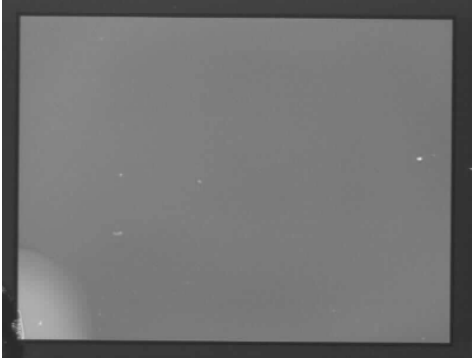
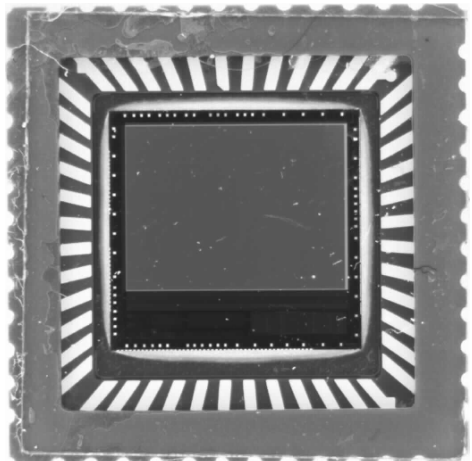
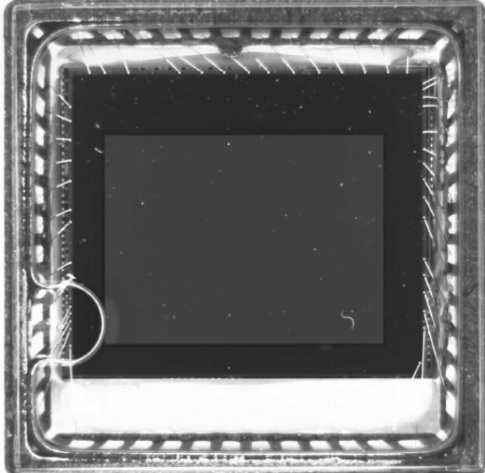


圖 3.8 取像機構示意圖

3.2 CMOS Sensor 瑕疵檢驗

使用 3.1.5 所提出之取像機構，實際取得之 CMOS 影像感測器瑕疵影像如下表 3.2 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。

表 3.2 使用蛋形光取得之 CMOS 影像感測器瑕疵影像


感光區變色、異物附著

封蓋玻璃偏移、異物附著

封蓋溢膠、異物附著

3.2.1 CMOS Sensor 感光區變色、異物附著、刮傷之瑕疵檢驗

CMOS Sensor 感光區主要瑕疵為感光區變色、異物附著、刮傷，以下為找尋該類瑕疵的處理步驟。

3.2.1.1 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感光區之瑕疵部分並略去背景。

二值化是根據所選定之閾值，將灰階影像中各像素點 (Pixel) 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，即白色與黑色。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

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

(1)

3.2.1.2 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。為了能正確的分割出感光區上的瑕疵，故先對有瑕疵的 CMOS 影像感測器感光區進行 Histogram 分析，圖 3.11 為隨意選取 8 顆 CMOS Sensor 之感光區 Histogram。由其中可發現不同類型之 CMOS Sensor 其感光區之灰階度差異並不太大，且分佈範圍高低差距只有大約 20 左右，呈單峰分配

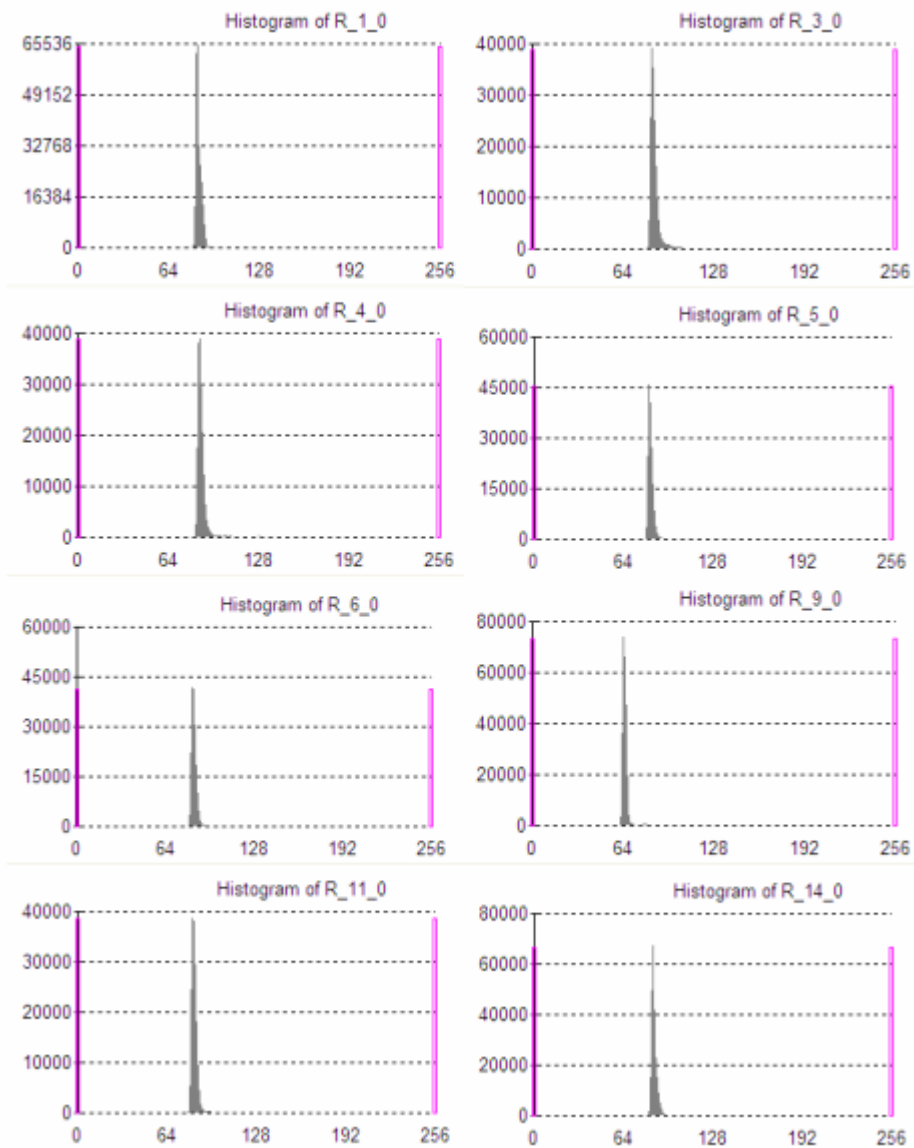


圖 3.9 8 顆 CMOS Sensor 之感光區 Histogram

由圖 3.9 可以發現灰階值像素分佈大多為黑色背景部分，瑕疵點所佔像素比例相當低，並無法形成另一個明顯的鐘形分佈，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，做為門檻值，此概念可應用於本研究中。

在單峰分配之直方圖中欲直接取個適當的閾值以區分出瑕疵與背景是相當困難的。但基於瑕疵較背景較背景亮的特性，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

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

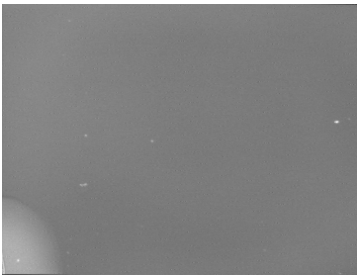

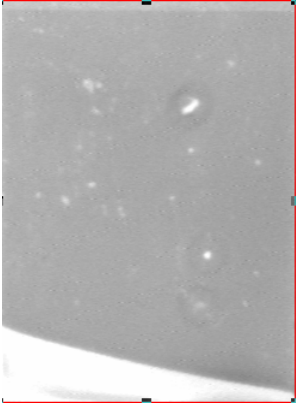
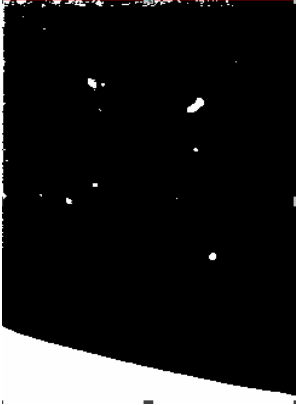
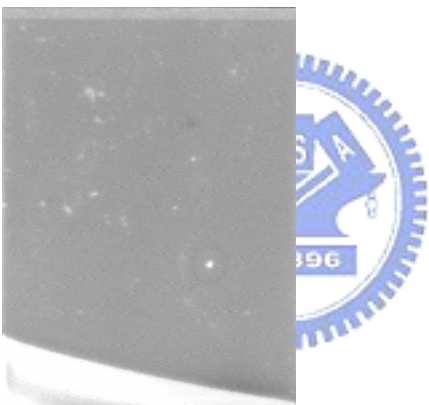

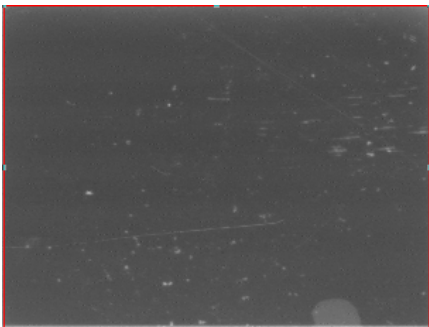
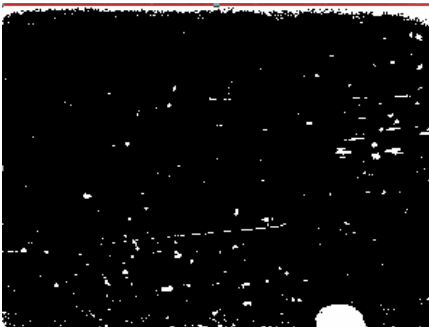
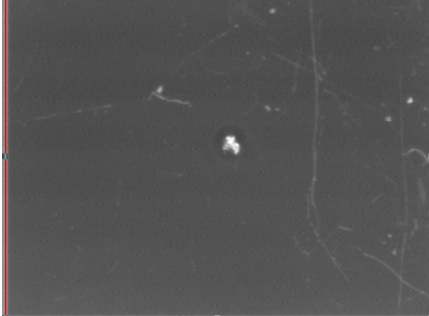

(2)式的概念為，「背景一定較瑕疵來得暗，且占影像的絕大部份」，故前 50%之像素點一定全為背景，如此中位數即可代表目前背景的大致灰階值，再加上經由實驗所得的固定值 α ，用以完全切割掉黑色背景，留下瑕疵部份的影像。下表為同時取 18 顆 CMOS Sensors 進行實驗，由實驗數據中找尋整張感光區影像 Median 值與二值化效果較佳之 Threshold 值之間的差距，可取其平均值作為最後二值化使用之 α 值。

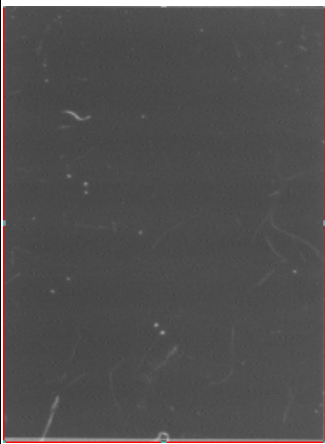



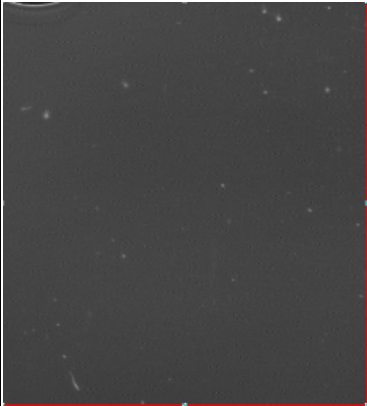
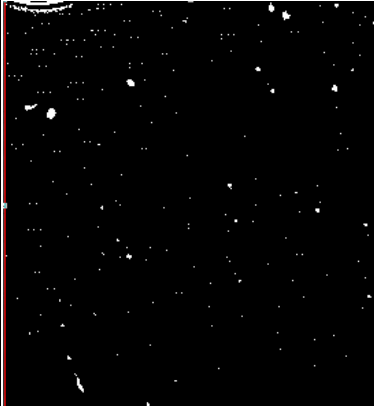


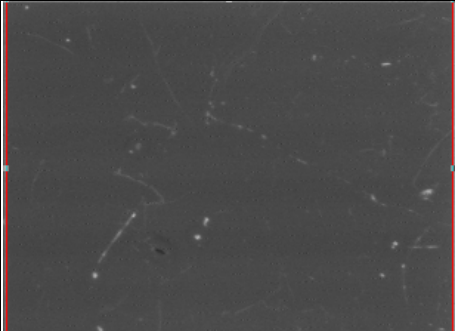
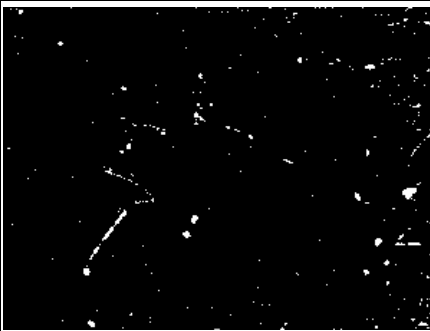
表 3.3 18 顆 CMOS Sensors 實驗數據

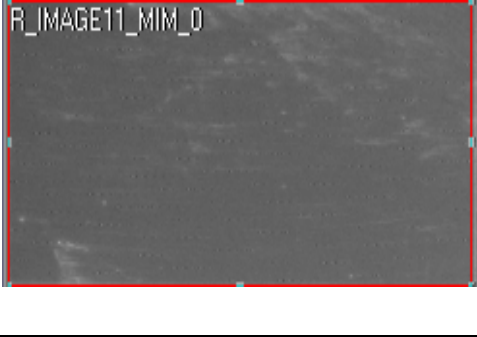
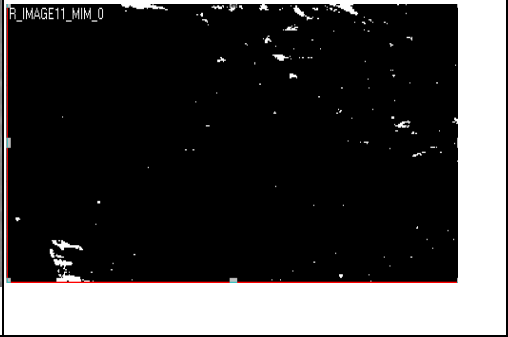
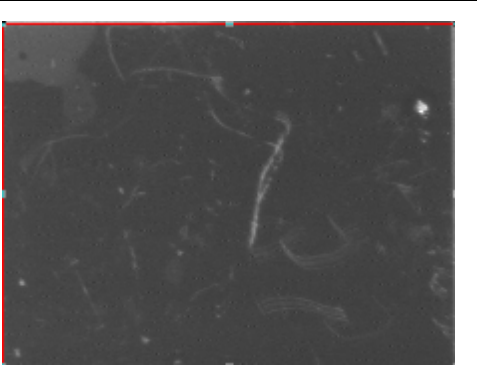
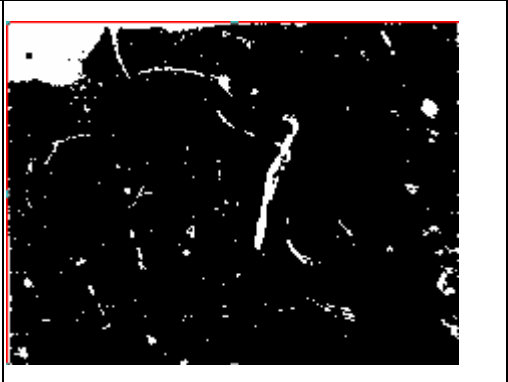

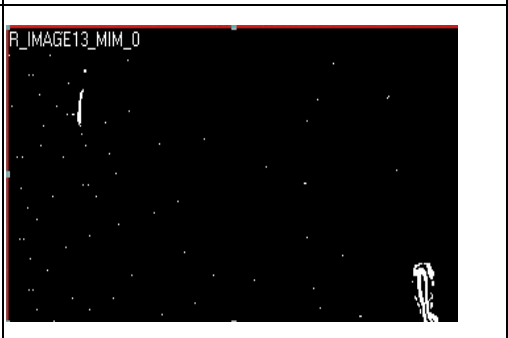
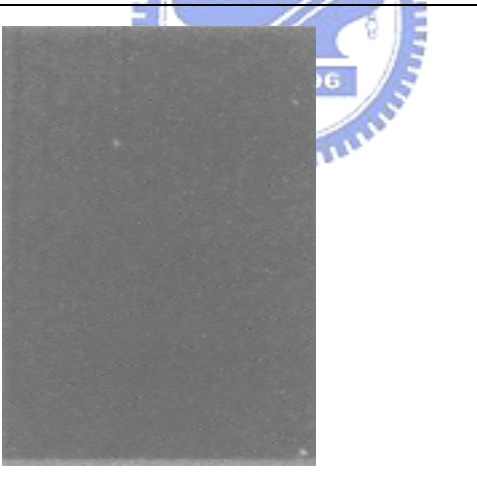
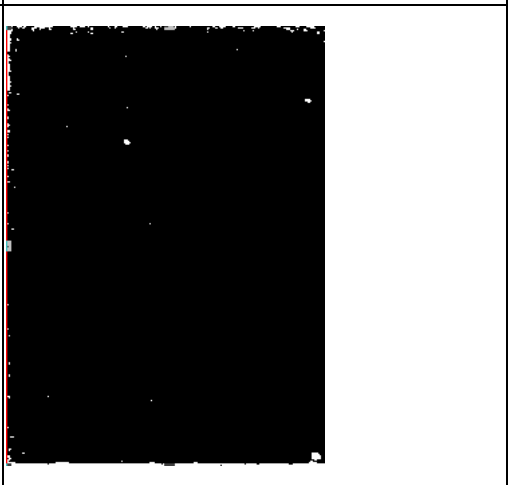
IC 編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Median	126	172	162	79	82	77	89	68	162	74	99	69	90	117	141	51	153	64
Threshold	151	196	183	92	95	89	109	83	196	87	114	80	115	140	161	61	173	77
差距%	19.8	14.0	13.0	16.5	15.9	15.6	22.5	22.1	21	17.6	15.2	15.9	27.8	19.7	14.2	19.6	13.1	20.3

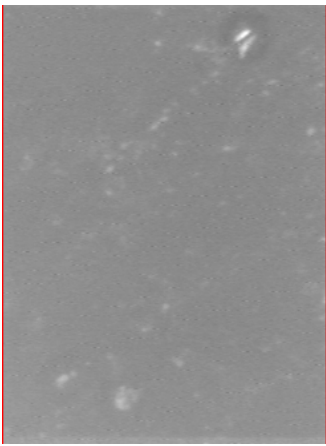
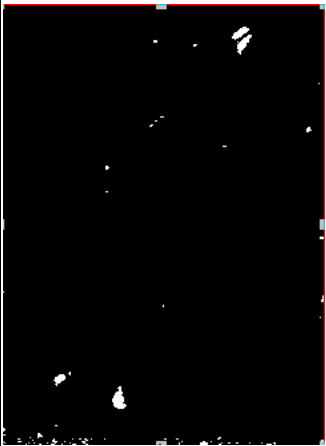
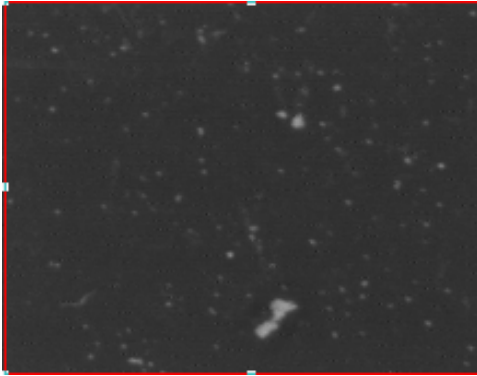
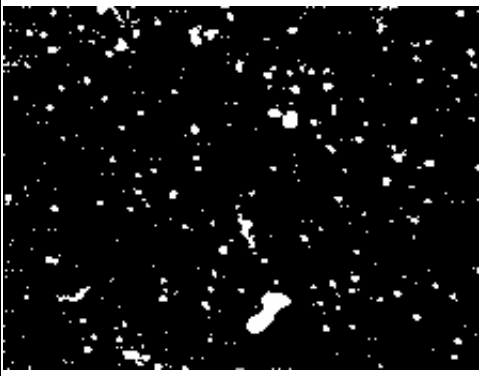
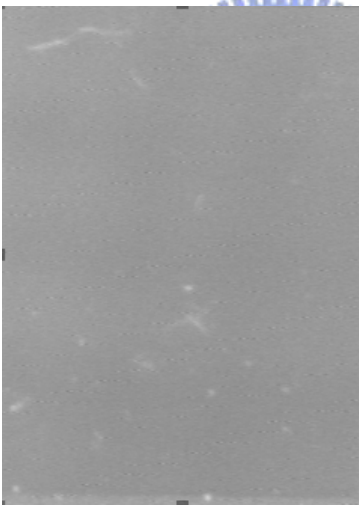
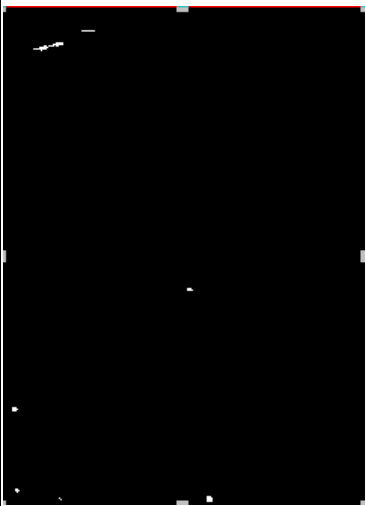
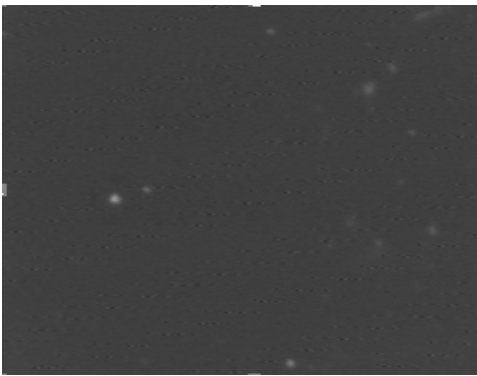

由表 3.3 各別 CMOS Sensor 之 median 值與二值化效果較佳之 Threshold 值之間差距百分比求其平均值，得到 18%這個數據，下一步設定 α 值為各別 CMOS Sensor 之 Median 值乘上 0.18，最後將各別 α 值加上各別 Median 值作為該張 CMOS Sensor 感光區之瑕疵與背景切割處理之閾值；表 3.4 為使用上述方法進行二值化轉換之實驗結果；由呈現的結果可看出影像二值化處理後之效果頗佳，瑕疵能有效的被突顯。

表 3.4 二值化轉換之實驗結果

IC	Median	Threshold	原始圖	二值化圖
1	126	149		
2	172	203		
3	162	191		
4	79	93		
5	82	97		

6	77	91		
7	89	105		
8	68	80		
9	162	191		
10	74	87		

11	99	117		
12	69	81		
13	90	106		
14	117	138		

15	141	166		
16	51	60		
17	153	181		
18	64	76		

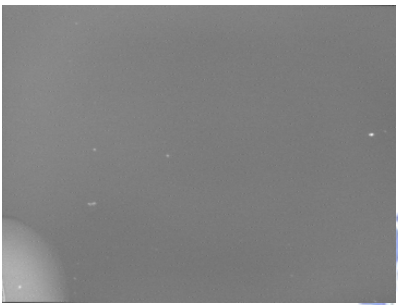
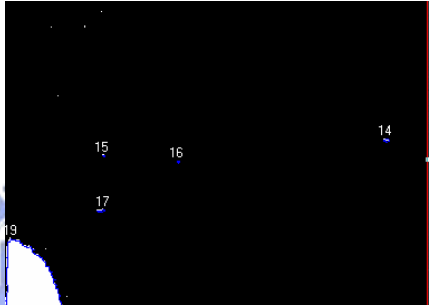
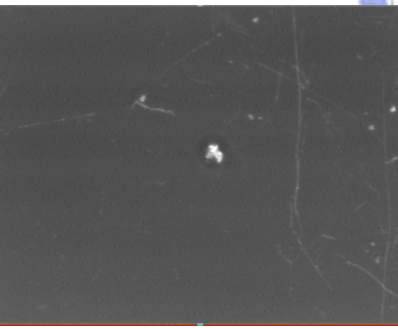
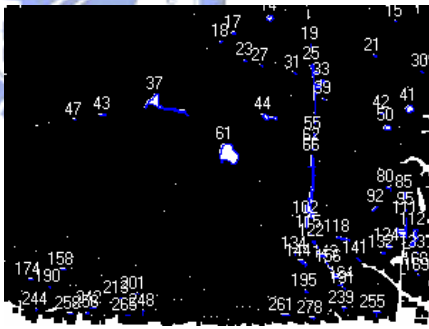
3.2.1.3 Blob Analysis

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；使用 blob Analysis 即可將這些連接的小區域給找出來。

但有些瑕疵在影像做二值化處理時會斷開成數小塊的小瑕疵，如此可能會造成誤判成多個瑕疵或被遺漏不被列入瑕疵之情況，此時可使用形態學中的「閉合」(Closing)方法，將斷裂的瑕疵影像依所在位置資訊加以連接起來。

表 3.5 為本研究針對 CMOS 影像感測器之感光區瑕疵影像，進行一次閉合作業再做 blob Analysis 所得到的實驗結果；由呈現的結果可看出，瑕疵能有效的被辨識出來。

表 3.5 blob Analysis 實驗結果

二值化影像	Blob Analysis 影像	瑕疵數目
		5
		62

3.2.1.4 Blob 瑕疵分類

CMOS Sensor 感光區常發生的瑕疵主要可分為感光區變色、玻璃或晶片表面刮傷、灰塵與外來異物(如毛屑、纖維)等三大類。經由觀察瑕疵樣本發現可藉由瑕疵的外觀特性來作分類判斷之依據，如感光區若發生變色異常，通常都呈現大面積塊狀集中，刮傷則為長條狀；下圖 3.10 用來說明判斷瑕疵種類的流程圖，其中的數值並非絕對，可以視需求由使用者自行決定數值並加以調整之。Blob 長寬比定義如圖 3.11 示意圖中的長度 X 除以寬度 Y。

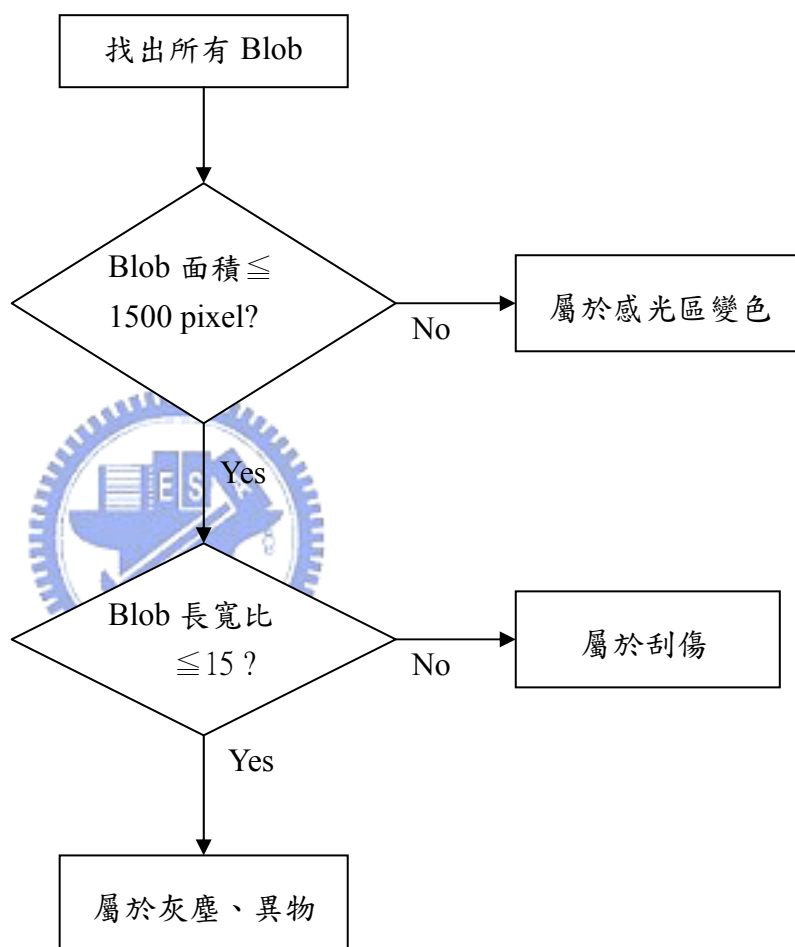


圖 3.10 感光區瑕疵判斷流程圖

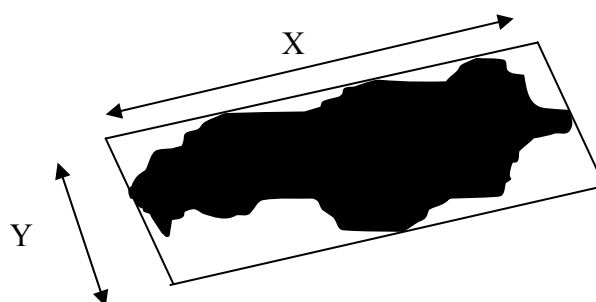


圖 3.11 Blob 長寬比示意圖

3.2.1.5 長條形瑕疵斷裂之連接

CMOS Sensor 感光區上之長條型瑕疵於二值化後常會發生斷裂之情況，特別像刮傷此類瑕疵，此種狀況在作瑕疵歸類與瑕疵總數計算時就會出現錯誤歸類與多計數量之情況。我們一般可使用型態學(Morphology)方法中的閉合(Closing)運算處理，使之連結起來，但若斷裂距離過遠會導致即使經過多次閉合運算仍無法完整連結之情況；本研究針對這問題提供三種演算法來解決此類問題。

(1)矩陣連接法：

先把瑕疵二值化影像讀進一矩陣中，在此矩陣中數值 1 代表瑕疵，數值 0 代表背景，如下圖 3.12 所示，設定一水平距離 $K1$ ，若在某瑕疵點與其水平距離 $K1$ 間有任何數值為 1 之其他瑕疵點，則填滿兩瑕疵點間所有數值為 0 之背景點(填入數值 1)；同樣的垂直方向則設定垂直距離 $K2$ ，連接原則同上述水平方向， $K1, K2$ 亦可設定為相同距離，但此方法發展出的演算法在實際運用上有相當的限制，僅適合連接垂直或水平方向之斷開瑕疵。為改善此缺點本研究另發展出方法(2)與方法(3)之演算法來連接各方向之斷開瑕疵。

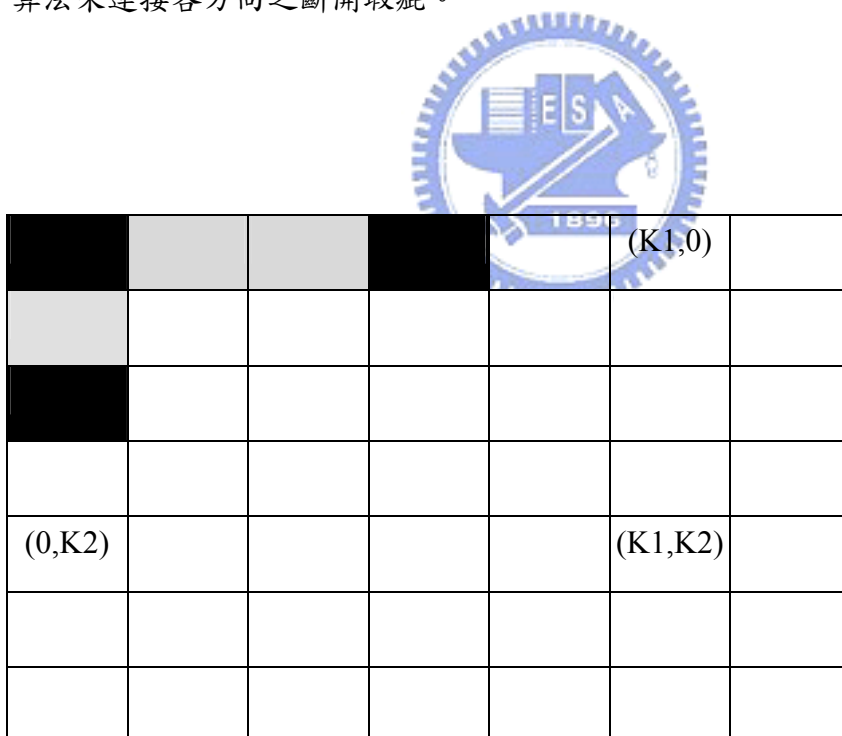


圖 3.12 瑕疵影像二值化矩陣

為了能連接各種不同方向角度的斷開瑕疵，我們可以將感光區分別從水平與垂直方向劃分出幾各區塊，如區分成 30 個區塊則每個區塊含蓋角度為 6 度，如此可以瑕疵 Blob 位於那個區塊或跨過幾個區塊及重心與端點的相對位置來決定該瑕疵 Blob 的傾斜角度，但此方法開發之演算法運算過程較繁雜，本研究提出下述兩方法，具有易懂的演算概念及較快的運算速度。

(2)主軸重心距離連接法：

先分別計算出各 Blob 之重心位置、重心距離、主軸角度等資訊，再將合於設定條件之 Blob 連接起來。此演算法相較於矩陣連接法，可有效解決矩陣連接法無法處理之多角度瑕疵斷開連接問題，其處理步驟分述於下。

A. Blob 之重心距離計算：即兩點 (X_i, Y_i) 與 (X_j, Y_j) 之距離公式。

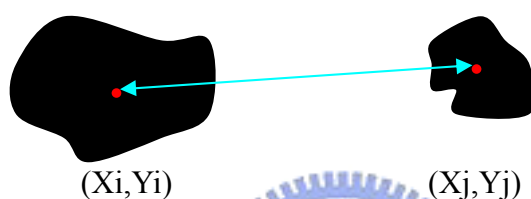


圖 3.13 兩瑕疵點間之距離示意圖

$$D_{i,j}(\text{兩點距離}) = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} \quad (3)$$

B.主軸角度計算：

$$A(\text{主軸角度}) = -0.5 \times \tan^{-1} \frac{2 \times \text{MomentCentralX1Y1}}{\text{MomentCentralX2Y0} - \text{MomentCentralX0Y2}} \quad (4)$$

$$\text{MomentCentralX1Y1} = \sum_{i=0}^{n-1} x_i y_i$$

$$\text{MomentCentralX2Y0} = \sum_{i=0}^{n-1} x_i^2$$

$$\text{MomentCentralX0Y2} = \sum_{i=0}^{n-1} y_i^2$$

x = x coordinate of blob

y = y coordinate of blob

n = the number of pixels in a blob

C.再計算所有 Blob 的主軸角度差。ex. $ad_{1,2}(\text{angle difference } 1-2)=A1-A2$ 。

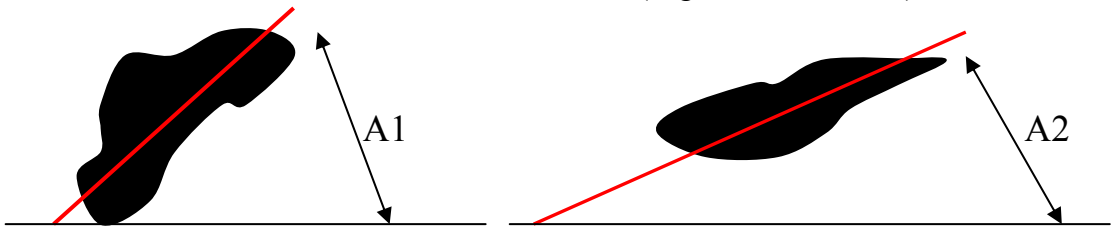


圖 3.14 兩瑕疵點間之主軸角度差示意圖

D. 連接每個 Blob 間之主軸角度差距 $ad(i,j) < \text{設定角度}$ 與重心間距離 $D(i,j) < \text{設定距離}$ 之 Blob。

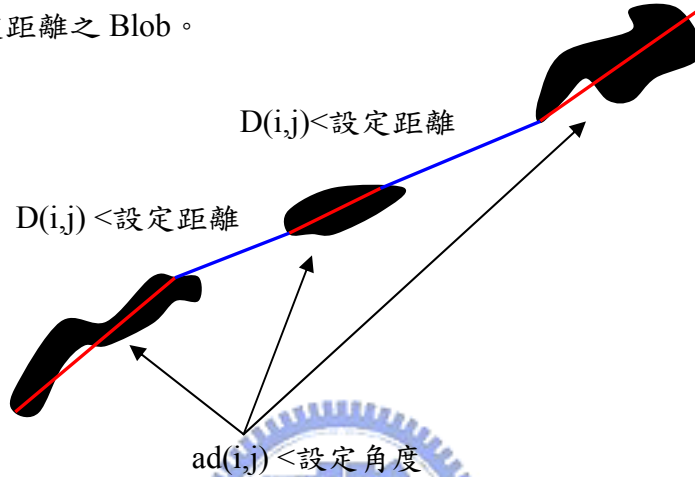


圖 3.15 主軸重心距離連接法示意圖

(3)主軸端點距離連接法：

先分別計算出各 Blob 之各端點位置、端點距離、主軸角度等資訊，再將合於設定條件之 Blob 連接起來。此演算法相較於主軸重心距離連接法有較佳的彈性，因為可分別選擇瑕疵 Blob 之水平、垂直連接距離，其處理步驟分述於下。

A.定義各端點：

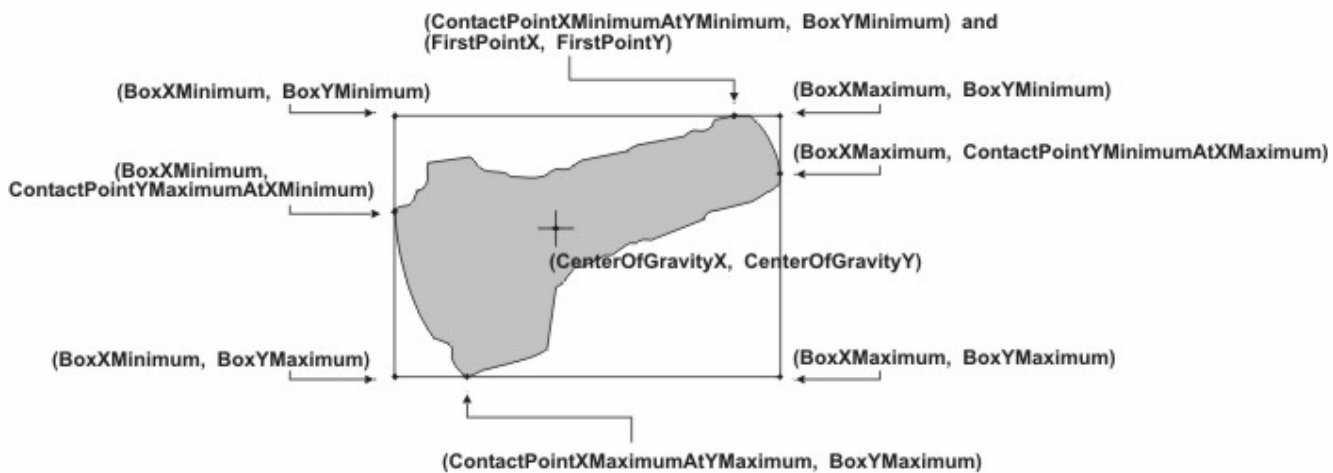


圖 3.16 Blob 之各端點位置定義圖

B. Blob 上下距離 $D1(i,j)$ 計算:即(contactpointXmaxAtYmax,BoxYmax)點到 (contactpointXminAtYmin , BoxYmin) 點的距離。

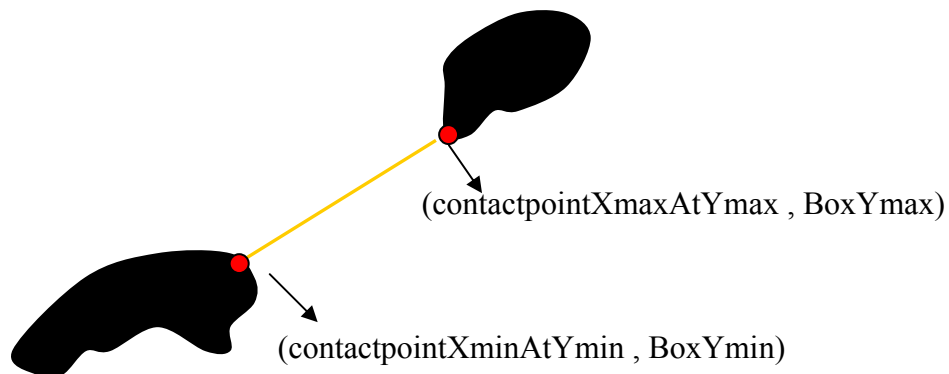


圖 3.17 Blob 上下距離 $D1(i,j)$ 示意圖

C. Blob 左右距離 $D2(i,j)$ 計算:即(BoxXmax , contactpointYminAtXmax)點到 (BoxXmin , contactpointYmaxAtXmin) 點的距離。

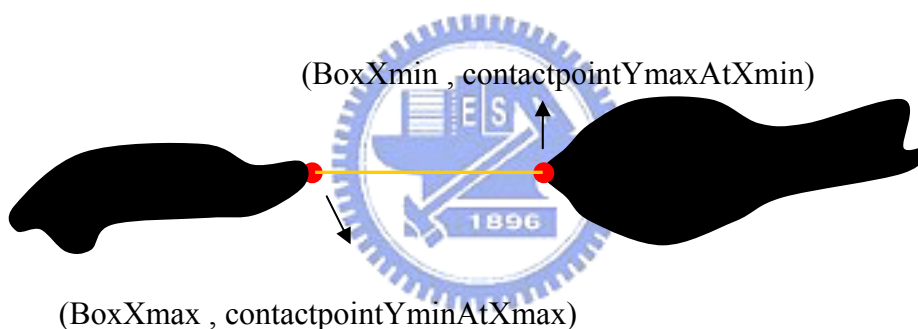


圖 3.18 Blob 左右距離 $D2(i,j)$ 示意圖

D. 連接每個 Blob 間之主軸角度差距 $ad(i,j) < \text{設定角度}$ 與 Blob 上下間距離 $D1(i,j) < \text{設定距離}$ ，Blob 左右間距離 $D2(i,j) < \text{設定距離}$ 之 Blob。

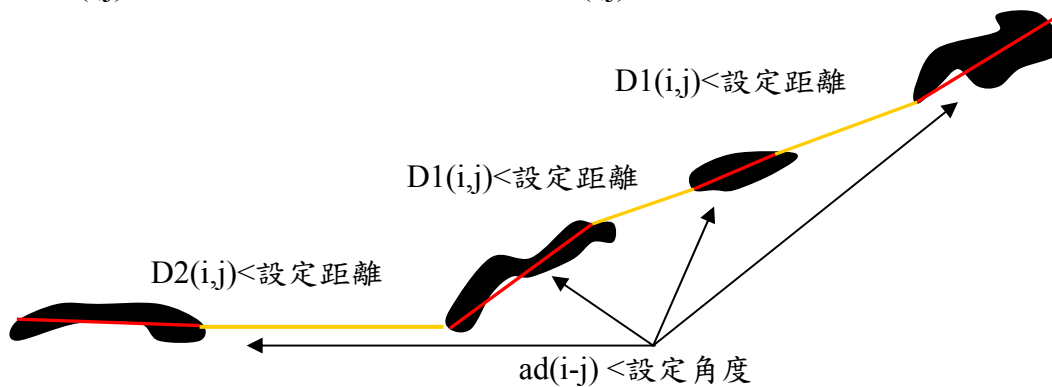


圖 3.19 主軸端點距離連接法示意圖

3.2.2 CMOS Sensor 封蓋偏移之瑕疵檢驗

CMOS Sensor 封蓋玻璃之放置為自動化製程，若取放機構之參數設定不正確或於封蓋膠烘烤前有人為不慎碰觸就會造成封蓋偏移，但一般以人為不慎碰觸為主要發生原因；觀察瑕疵樣本發現此類封蓋偏移都為順時鐘方向或逆時鐘方向偏移，並未有水平方向偏移之情況，故本研究目前並未探討可能發生水平方向偏移之狀況，以下為找尋該類瑕疵的處理步驟。

3.2.2.1 Edge Detect

影像中的一個點若其一階導數大於一特定的臨界值，則這個點稱為邊緣點(Edge Point)，若連接這些邊緣點則稱為邊界(Edge)，數位影像之邊界檢測一般常使用梯度運算子來處理；如下圖 3.20 Edge Detect 示意圖所示，用以說明本研究提出之玻璃蓋片偏移檢驗演算法，圖中虛線範圍代表進行 Edge Detect 之掃描範圍，E1、E2 可使用 Edge Detect 方法找出，分別視為 CMOS 影像感測器之邊界與玻璃蓋片之邊界。

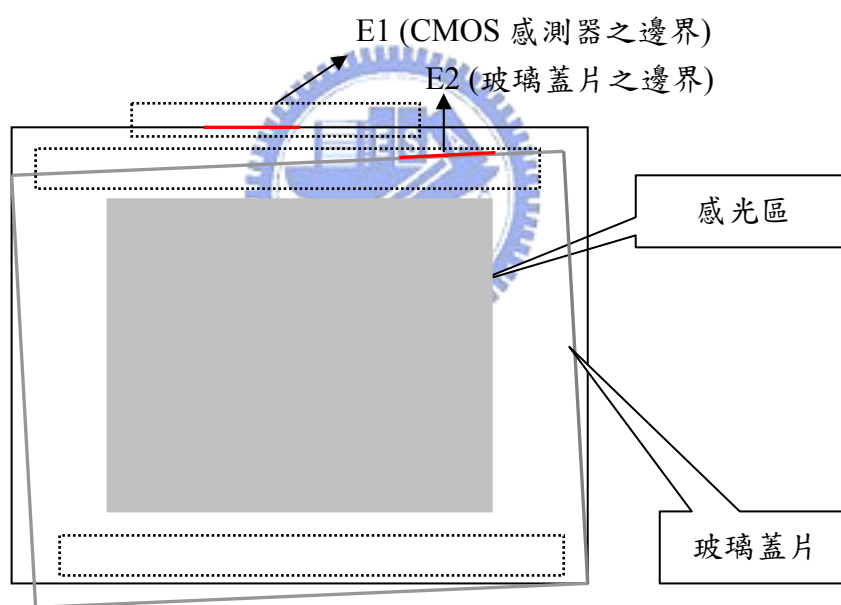


圖 3.20 Edge Detect 示意圖

3.2.2.2 偏移角度計算

將上述獲得之邊界資訊進行角度量測，如上圖 3.20 所示若 edge1(E1)與 edge2(E2)的相差角度大於設定之允收範圍之度數則判定有封蓋偏移現象，在找尋邊界時可能會因為雜訊或細小紋路造成誤判為 CMOS 感測器之邊界或玻璃蓋片之邊界，此時可把找尋 edge 的長度限定於要大過某一長度才認定為實際的邊界。

3.2.3 CMOS Sensor 封蓋溢膠之瑕疵檢驗

3.2.3.1 Stripe mark

Stripe mark 指包括一個 stripe(含兩個 edges)，或多個 stripes。stripe mark 並不一定是互相平行；下圖 3.21 為 stripe mark 的示意圖。

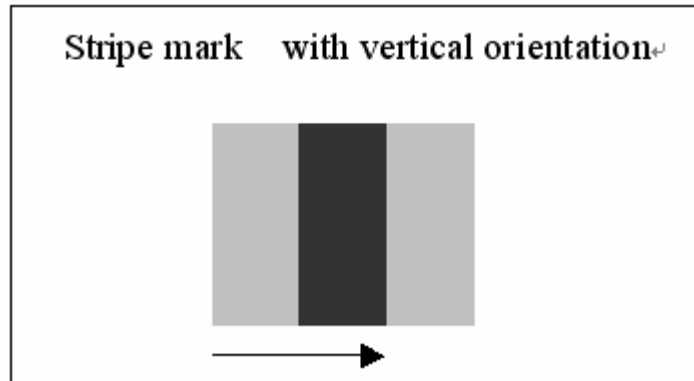


圖 3.21 stripe mark 示意圖

3.2.3.2 封蓋溢膠之瑕疵檢驗方法

(1) 封蓋溢膠瑕疵與其二值化圖形狀況

我們觀察 CMOS 影像感測器之瑕疵樣本，如下圖 3.22 為有封蓋溢膠瑕疵異常之樣本，可發現其二值化影像如下圖 3.23 中溢膠瑕疵處呈現明顯的 stripe mark 現象，故可用 Find Stripe Method [21]來找尋封蓋溢膠瑕疵位置。

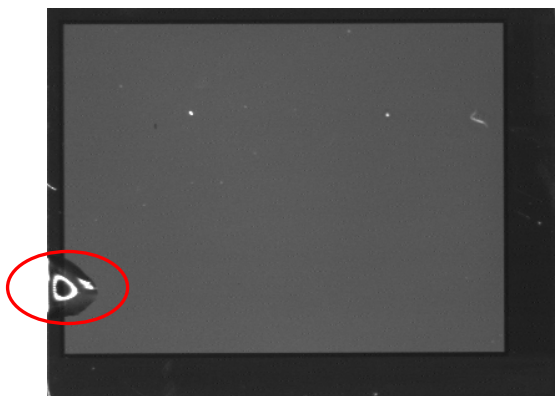


圖 3.22 封蓋溢膠瑕疵

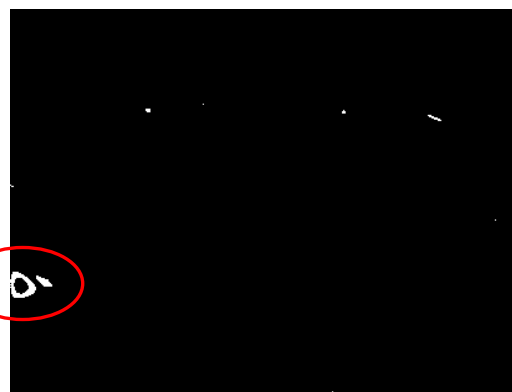


圖 3.23 封蓋溢膠瑕疵二值化影像

(2) 設定 Find Stripe 掃描範圍

由於發生封蓋溢膠瑕疵大多會溢入 IC 之感光區且為了避免誤將感光區邊緣判定為瑕疵處，故可以內縮一小段距離將其設定為 Find Stripe 掃描範圍，如下圖 3.14 之虛線範圍內；另外若少部分狀況會因溢膠量較少，致使未能跨進 IC 之感光區範圍內，為避免無法偵測到此類瑕疵可於感光區黑色外緣處另設定一 Find Stripe 掃描範圍如下圖 3.15 之虛線範圍內。

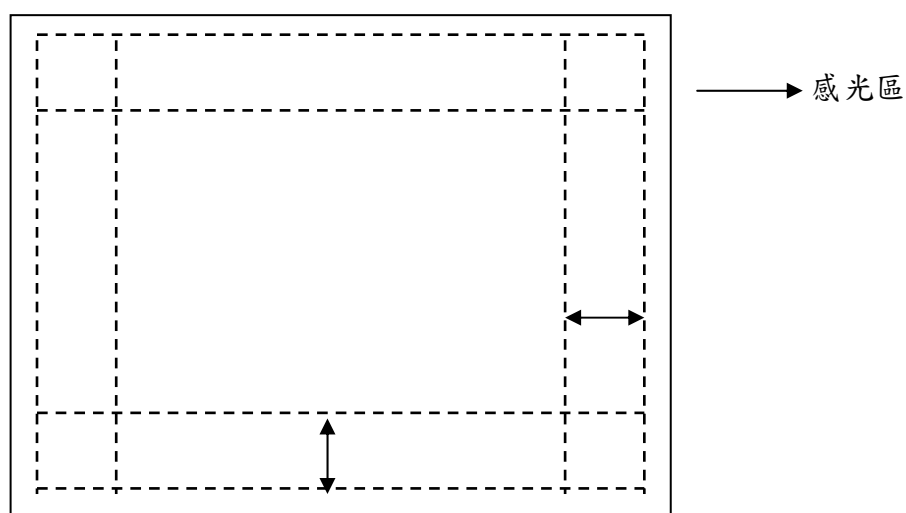


圖 3.24 感光區 Find Stripe 掃描範圍

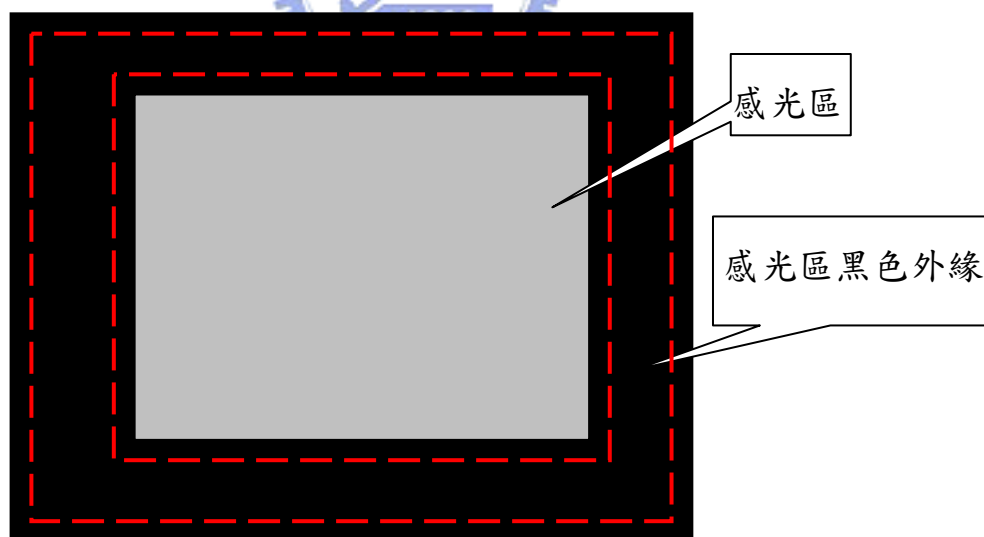


圖 3.25 感光區黑色外緣 Find Stripe 掃描範圍

(3) 進行 Stripe 掃描

在上述設定之虛線範圍內進行 Stripe 掃描，若發現有 Stripe mark 就可列為有溢膠瑕疵發生。