

行政院國家科學委員會專題研究計畫 期中進度報告

CMOS 玻璃蓋片視覺檢測系統與瑕疵分類方法之研究(1/2)

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC94-2213-E-009-081-

執行期間：94年08月01日至95年07月31日

執行單位：國立交通大學工業工程與管理學系(所)

計畫主持人：彭德保

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中華民國 95 年 5 月 30 日

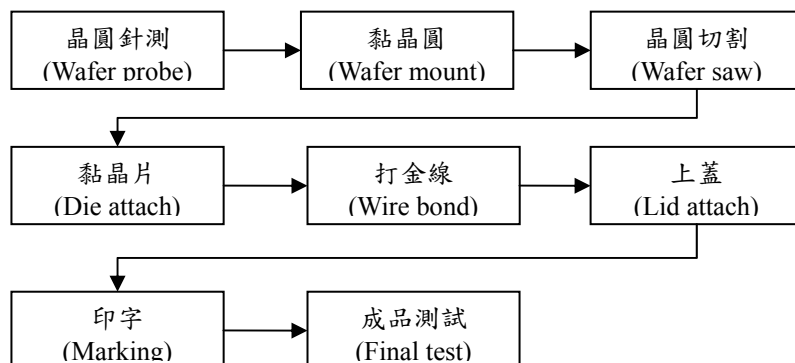
1. 研究目的

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(電荷藕元件影像感測器)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 穩居寶座；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。

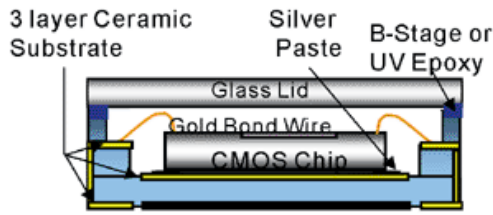
傳統晶片的製造成本，其中 80%是用在前段的晶片生產，15%是用在封裝，另外 5%則是在測試；但對 CMOS 影像感測器而言，晶片生產只佔它成本中的 50%，其封裝成本則高達 40%，而測試的比重也提昇到 10%。造成這樣的改變，起因於 CMOS 影像感測晶片對封裝環境中的落塵控制，較一般晶片嚴格許多，一般晶片對封裝作業所在之潔淨室要求的等級，大約在 Class 10000 到 Class 7000 之間，但對影像感測元件而言，其標準則須使用 Class 100，甚至 Class 10 的潔淨室，因此對後段封裝測試廠而言，CMOS 影像感測器封裝是一連串技術上的挑戰。

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。

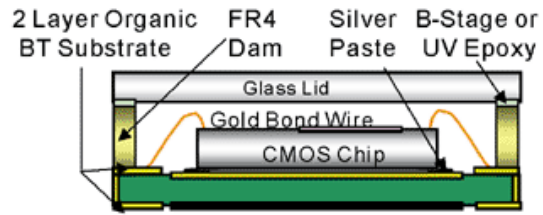
CLCC 與 OLCC 的封裝流程相似，如圖一所示，本計畫所欲探討的是封裝流程中「上蓋(Lid attach)」製程之玻璃蓋片(glass lid)之瑕疵檢測。圖二與圖三分別為 CLCC 與 OLCC 封裝技術成品切面圖，由圖中我們可以觀察到，由於光線必須穿透這層玻璃蓋片才能到達 CMOS 晶片，故必須確保玻璃蓋片的高潔淨度，若玻璃上有污染物，即會造成產品瑕疵；再者則需注意玻璃片在切割後，是否產生微小裂縫，因為這些裂縫也可能會對封裝的品質帶來負面影響。



圖一 CLCC/OLCC 封裝技術之流程圖



圖二 CLCC 封裝技術 CMOS 影像感測器晶片切面圖



圖三 OLCC 封裝技術 CMOS 影像感測器晶片切面圖

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 μm ，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 μm 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 μm 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。

表一：玻璃蓋片可能發生之瑕疵

瑕疵發生範圍	瑕疵種類
表面	可移動之灰塵
表面	不可移動之灰塵
內部	氣泡
內部	裂痕
表面	油酯、有機物污染
表面	水紋

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，因此本計畫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 μm 提升至 5 μm 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。

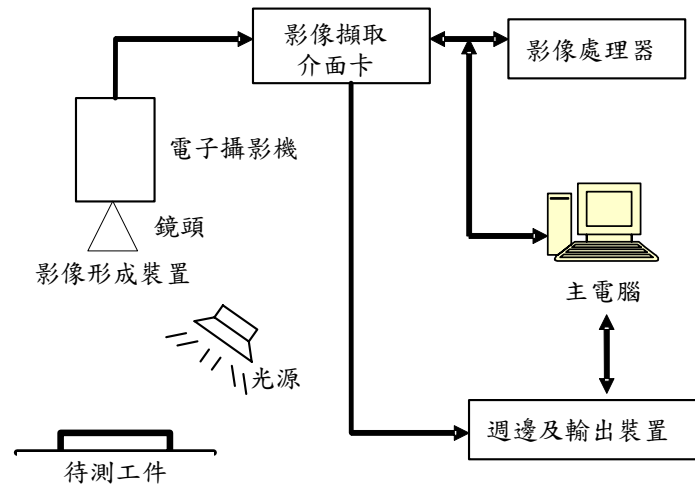
2. 文獻探討

由於目前運用自動光學方法來檢測玻璃的商用機台，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。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，因此本計畫整理一些 AOI 技術應用於瑕疵檢測的相關文獻，期能對本計畫有所裨益。

2.1. 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可大致粗分為六大單元[1]，圖四為典型的視覺系統基本組成，本計畫擬採用此視覺系統架構，進行 CMOS 玻璃蓋片之瑕疵檢測。



圖四 典型的視覺系統基本組成

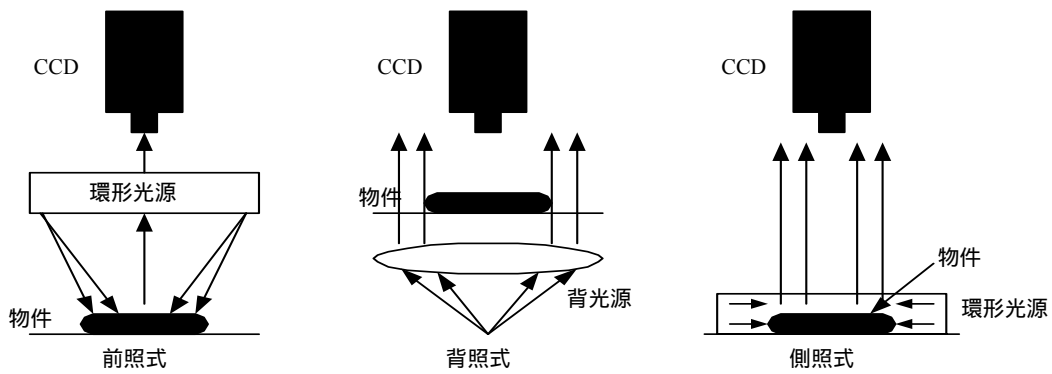
2.2. 光源系統架構

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[2]：

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。
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。
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。

圖五為常見的打光方式示意圖，本計畫將參考這些打光技巧，以進行本計畫的光源設計。



圖五 常見的打光方式示意圖

2.3. 影像處理方法

為了突顯瑕疵位置並消除影像處理過程所產生的雜訊或其背景，本計畫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. 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，所以影像二值化為重要步驟。

在灰階閾值之抉擇方面有許多學者提出不同的做法，如在自動選擇閾值方面有 Ostu[3] 提出用機率統計的原理，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]提出固定百分率法(P-Tile)，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。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，再依照每個子影像的特徵利用固定百分率法決定各個子影像的二值化閾值。雖然此方法是應用在檢測物為電視映像管(television tube)上，且檢測規格亦與本計畫大為不同，但在影像處理上有可參考之處，因此本計畫擬參考這個方法之概念，並加以修改成適用於玻璃蓋片之自動閾值抉擇方法(Auto-thresholding)。

2. 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。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 (Calculate) 指定的特徵並分析結果。

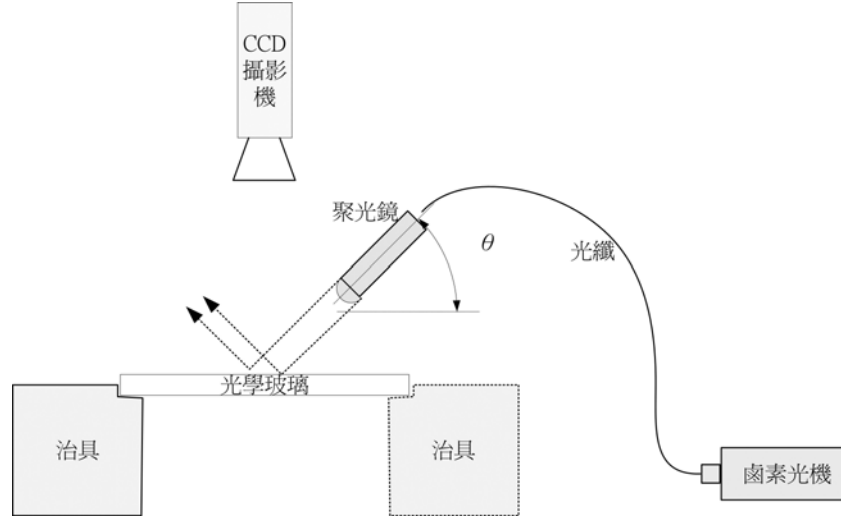
3. 研究方法

本計畫第一年度著重於視覺系統的架構與檢測軟體之開發，主要工作項目為光源、取

像系統的設置與影像處理方法的開發。

3.1. 光源、取像系統的設置

側照式光纖光源系統架構如圖六所示。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 μ 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 2.976mm*2.381mm)，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。



圖六 側照式光纖光源系統架構圖

3.2. 影像處理方法

3.2.1. 影像分割



由於採用側照式光源，會有亮度不均的現象，本計畫使用「各個擊破(Divide and conquer)」的概念，將影像依其座落位置特性分割成九塊子影像，以解決背景亮度不均的問題。

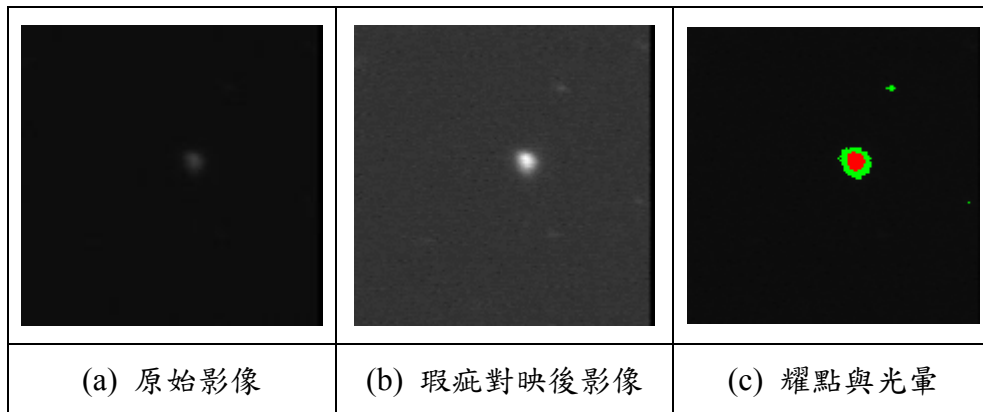
3.2.2. 影像二值化

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，本計畫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，如圖七(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的光暈，反之則光暈不明顯。

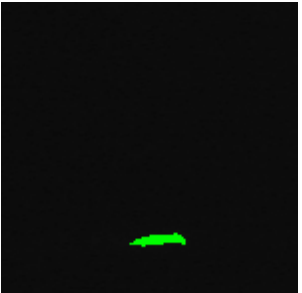
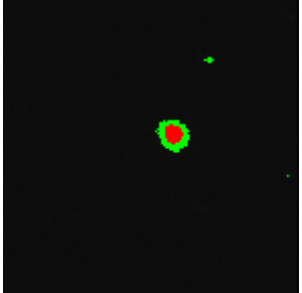
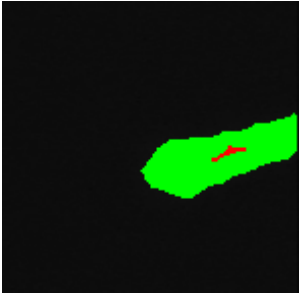


圖七 耀點與光暈圖例

本計畫將瑕疵依光源突顯效果分為三種類型，如表二所示，主要是依瑕疵在側照式光纖光源下影像是否會產生「耀點」與「光暈」來區分，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。

為了能正確地找出這三類瑕疵，本計畫取二種二值化閾值：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。表二中瑕疵影像為例，(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。值得注意的是光暈的灰階值分佈與低對比瑕疵相近，如表二中實例所示，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。

表二 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 低對比瑕疵	有耀點且其周圍有光暈 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) ■ ≤ 15	LT=16 ■ 16 ≤ ■ ≤ 25	HT=26 ■ ≥ 26~

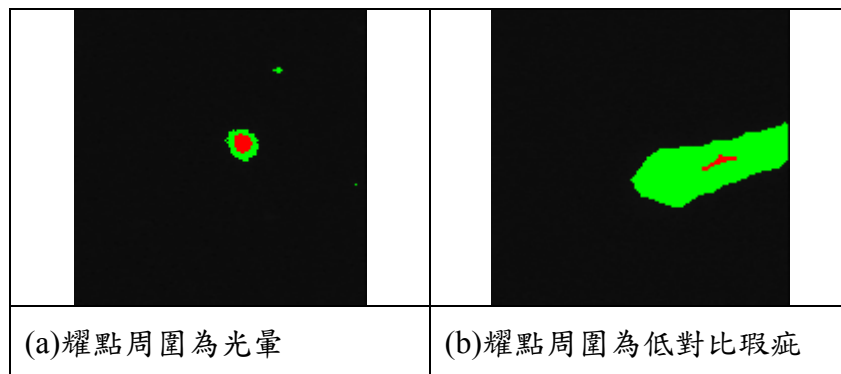
由於光暈大小與耀點大小有一定之比例關係，因此本計畫使用耀點面積(圖八中■區)與候選區域(圖八中■區)之比值來判斷耀點周圍為光暈或低對比瑕疵，判斷式如下，其中 *Threshold_ratio* 需由實驗所得。

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

If $H \geq \text{Threshold_ratio}$

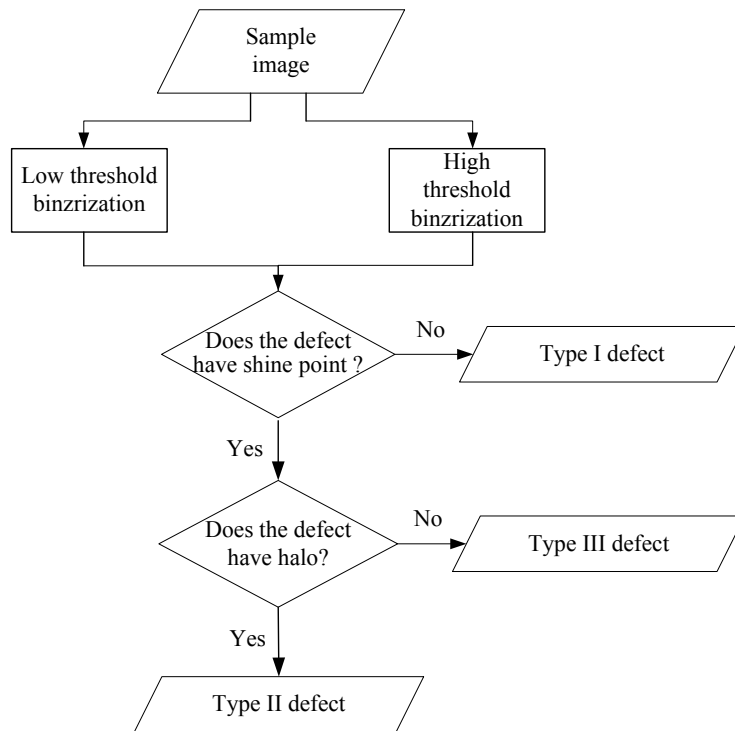
Then *defect blob is a type II defect*

Else *defect blob is a type III defect*



圖八 光暈與低對比瑕疵

圖九為本計畫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。



圖九 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，而 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。以表二中的瑕疵影像為例，對 Type I defect 與 Type III defect 來說，LTB 之結果(表二中實例影像綠色部份)為適當的強化影像，而對 Type II defect，HTB 之結果(表二中實例影像紅色部份)才是適當的強化影像。

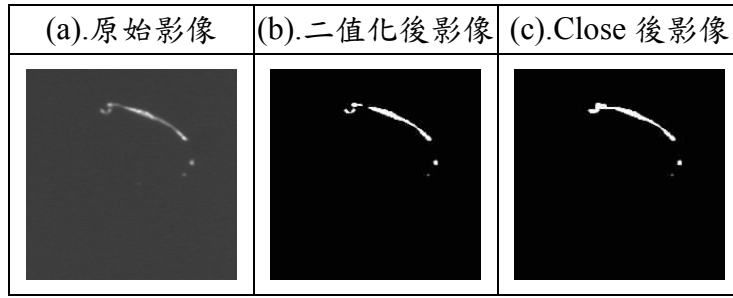
3.2.3. 影像合併

先前的處理中我們為了解決亮度不均的問題，而將影像分割成九塊子影像，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。

3.2.4. 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，如圖十(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，本計畫使用形態學中的「閉合」(Closing)方法，將斷裂的瑕疵影像依所在位置資訊加以連接，如圖十(c)。



圖十閉合方法(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。利用該資訊即可進行瑕疵判定，並偵測出瑕疵所在的位置。

4. 結果與討論

本計畫針對 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。

第一年度主要針對光源系統與軟體演算法的開發。軟體演算法部份目前能檢測出所有可能出現之瑕疵，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。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，故採用光纖光源側向照明。

預計進行的第二年度計畫以軟、硬體機電控制整合為主。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、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，本計畫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。

參考文獻

- 【1】 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.

- 【2】 梁有燈，”機器視覺在 BGA 錳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.
- 【3】 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
- 【4】 Dayle, C. and Raghuram, K., "Curved Object Location by Hough Transformation and Inversions", Pattern Recognition, Vol.20, pp.181-188,1987.
- 【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】 泰洛科技股份有限公司，<http://www.nowa.com.tw>，2002