

自動化光學檢測原理與技術

大綱

- 檢測的基本概念
- 二維量測應用
- 影像定位
- 特徵分析
- 瑕疵檢測
- 瑕疵分類

檢測的基本概念

- 自動光學檢測可以利用圖像識別技術判別物體的形狀，也可以利用尺寸量測技術，檢查物體的尺寸是否符合要求。
- 自動光學檢測也可以用來檢查物體表面的色澤及紋理是否正確，以及表面是否有瑕疵。
- 自動化大量生產的尺寸量測與品質檢驗：
 - － 速度及量測效率
 - － 產品的微小化、精密化
 - － 非接觸式量測，快速高精度

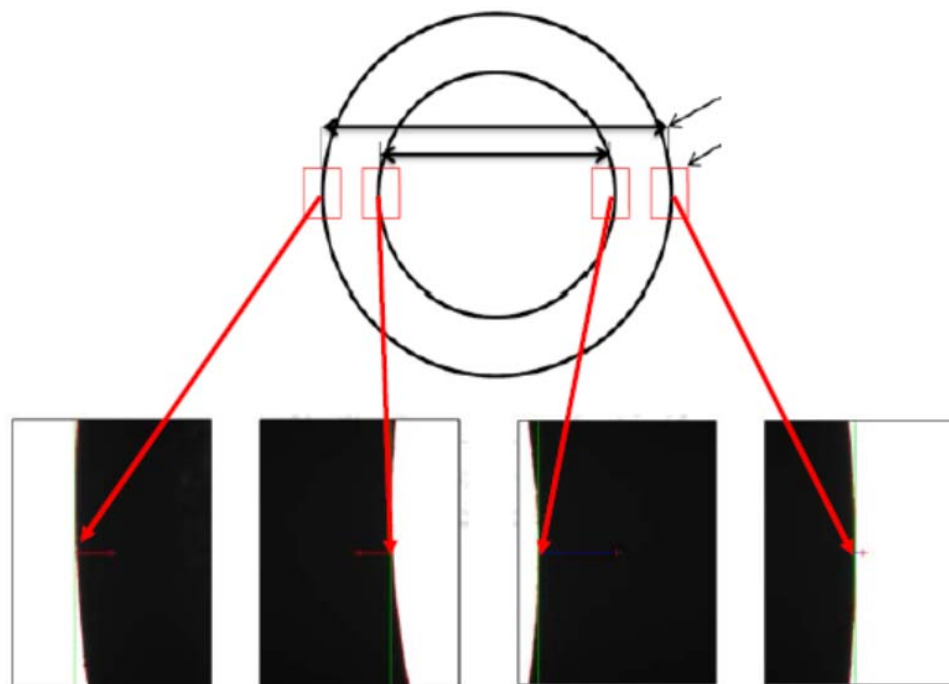
檢測的基本概念(續)



油封



游標卡尺



檢測的基本概念(續)

2.5D影像量測儀

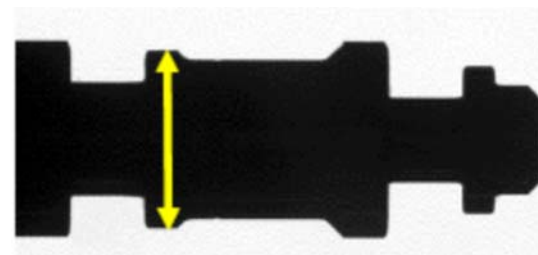


沖壓元件



二維量測應用

- 有一工件擬以自動化光學檢測進行量測。
- 工件之尺寸如下 (30mm x 10mm)。
- 產線要求之容許誤差： ± 0.06 mm。
- 如何選定量測的光學規格？
 - － 由量測精密度的要求，找出相機所需之規格。
 - － 再依工作距離的限制，找出適當的鏡頭。



二維量測應用(續)

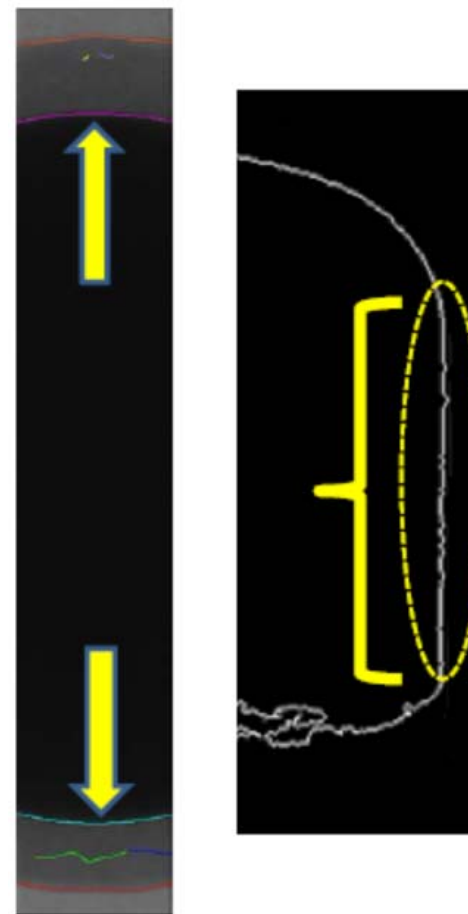
- 工件尺寸 **30mm x 10mm**，容許量測誤差為 **0.06mm**
- 像素解析度一般至少要為容許誤差之 **1/4**
- 像素解析度 = $0.06\text{mm}/4$
= **0.015mm**
- 所需相機解析度 >
 $30\text{mm}/0.015\text{mm} = 2000$ (pixel)
- 可以選 **2048 x 1088** 之相機
- 鏡頭倍率: $11.3/30 = 0.3767$
- 若工作距離 **150mm**， $f = 41\text{mm}$
 $(1/150 + 1/(150 \times 0.3767)) = 1/f$

Sensor Vendor	CMOSIS
Sensor	CMV2000
Shutter	Global Shutter
Max. Image Circle	2/3"
Sensor Type	CMOS
Sensor Size	11.3 mm x 6 mm
Resolution (H x V)	2048 px x 1088 px
Resolution	2 MP
Pixel Size (H x V)	5.5 μm x 5.5 μm
Frame Rate	50 fps
Mono/ Color	Mono

acA2000-50gm

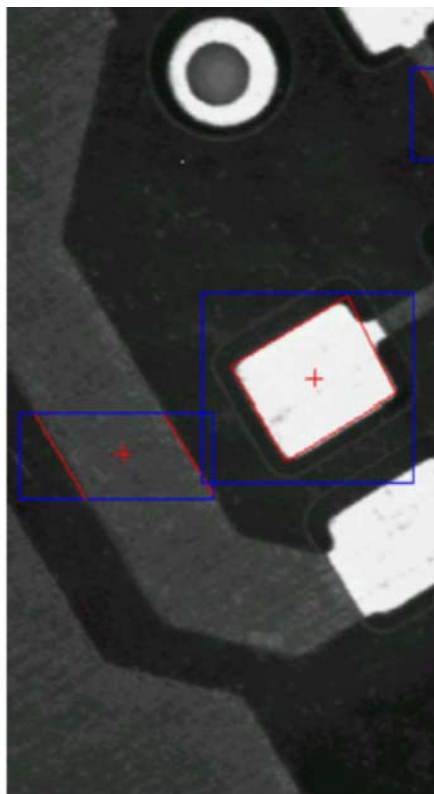
二維量測應用(續)

- 影像經過增強及尋邊後，得到一群代表物體邊界的資料點。
- 從這些離散的資料點，無法得知物體完整的輪廓線。
- 從這些資料點中，如何找出代表物體輪廓線的方程式：直線 / 曲線擬合。
- 由所得方程式可進行物件的量測。
- 大部份工業產品的外型曲線，都是由簡單的直線、圓弧及橢圓（曲線）所組成。

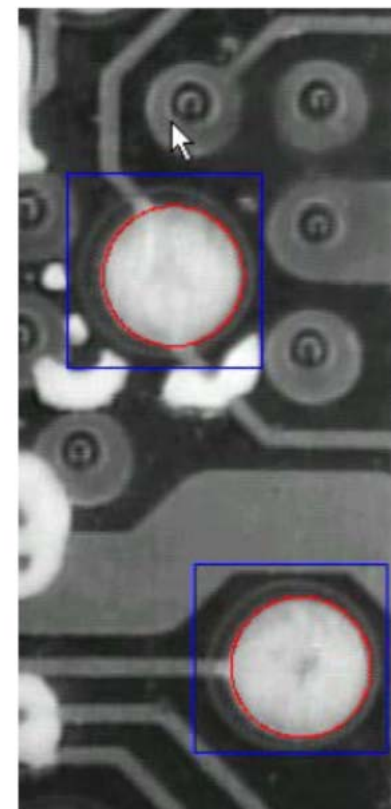


二維量測應用(續)

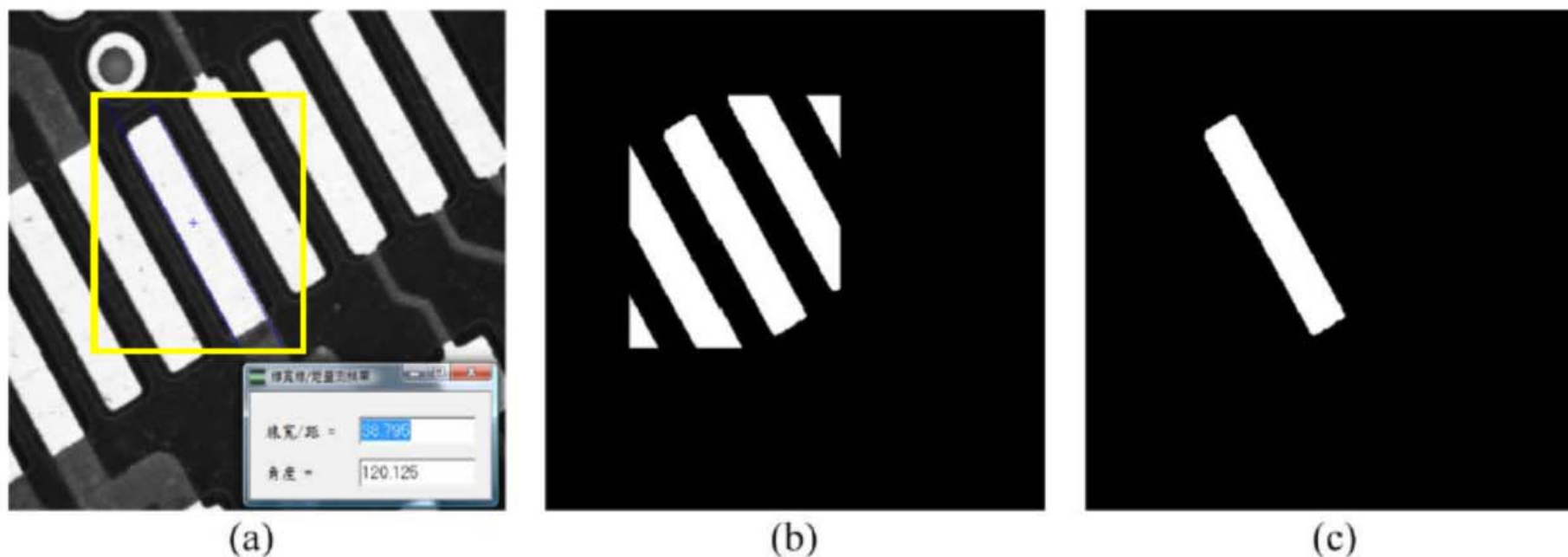
線或元件尺寸



圓的位置及尺寸

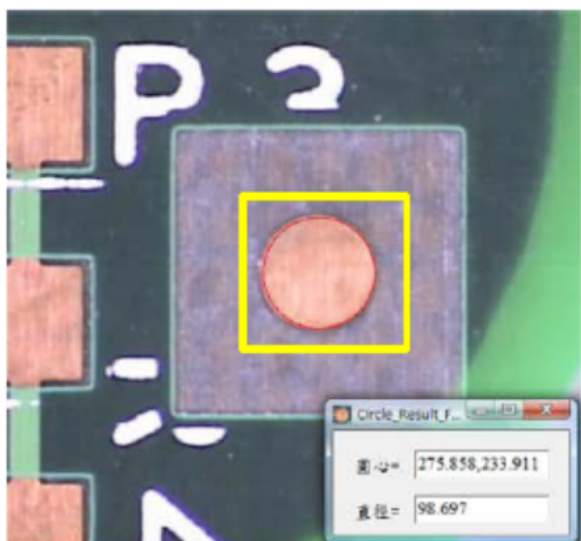


二維量測應用(續)

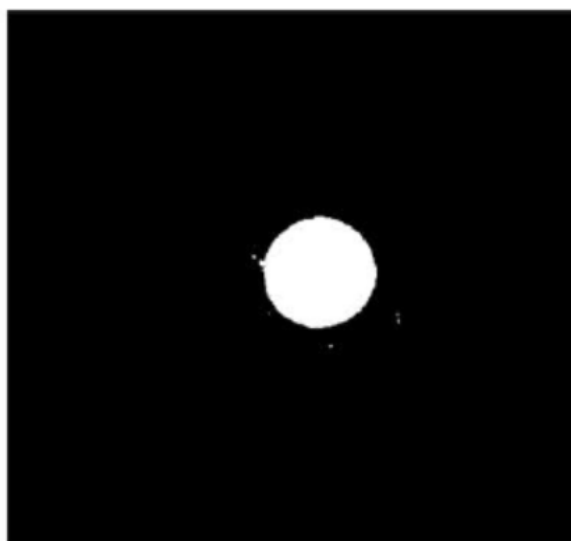


(a)框選或自動定位ROI欲量測物體 (b)矩形區域二值化之結果
(c)尺寸濾波並留下最大物體

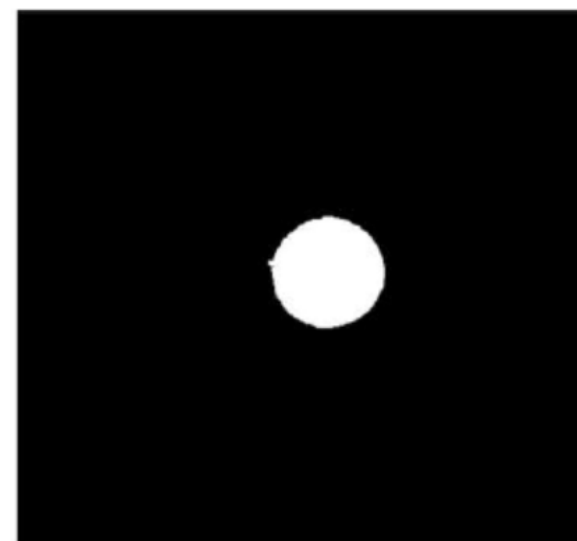
二維量測應用(續)



(a)



(b)

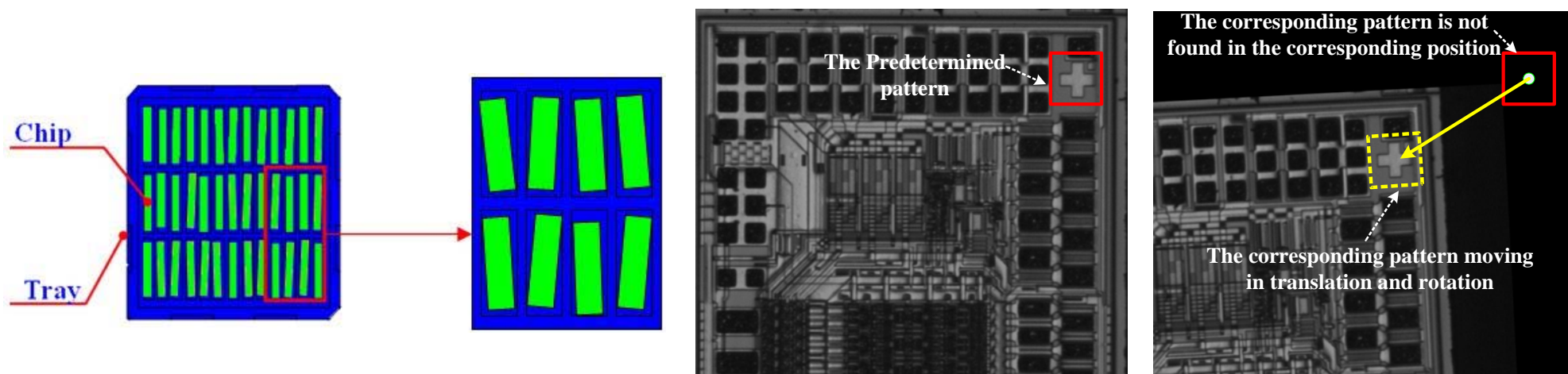


(c)

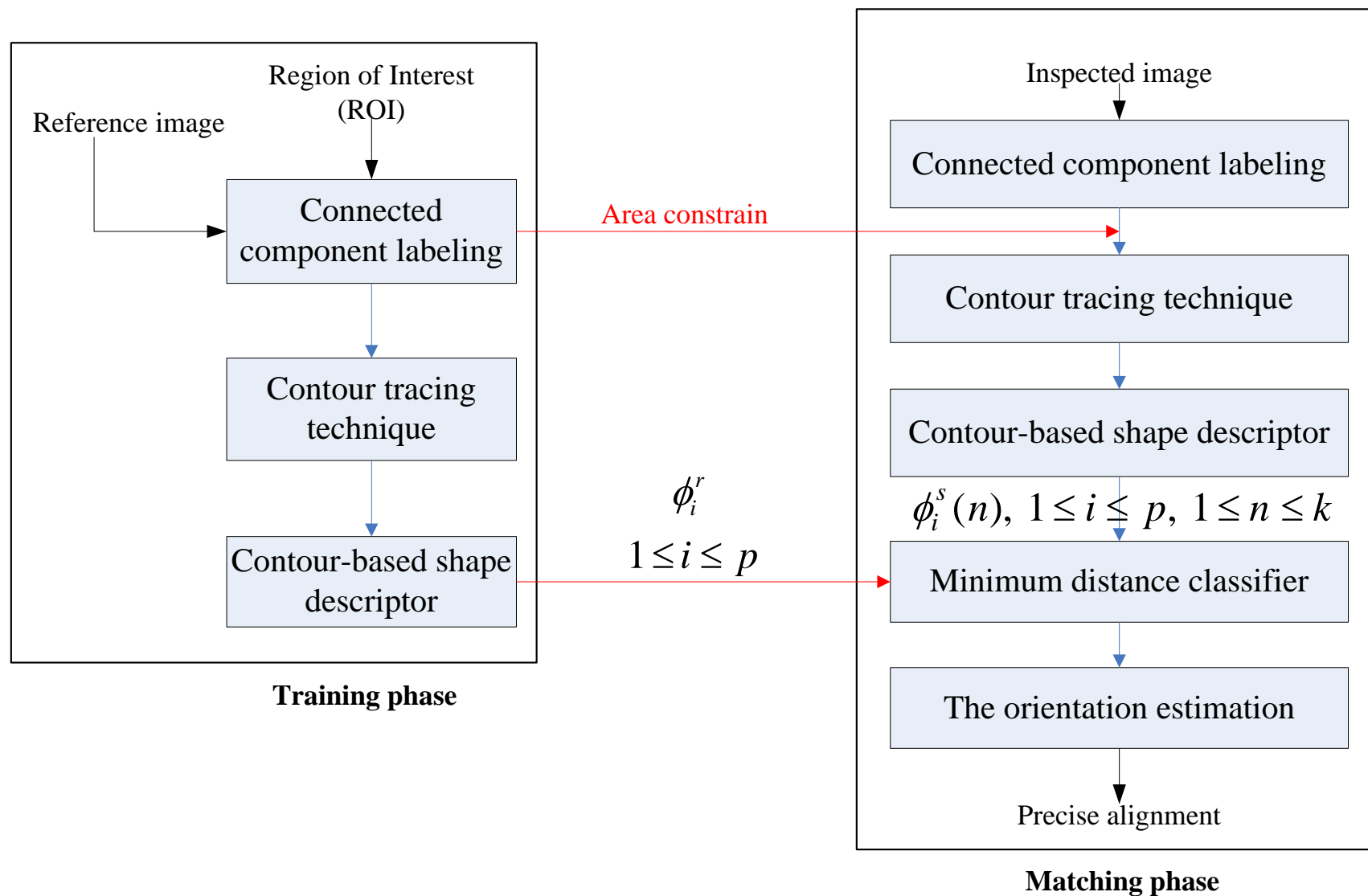
(a) 框選或自動ROI欲量測物體 (b) 二值化結果 (c) 只留下最大物體

影像定位

- ❑ 實務上很難讓待測物的與設定時的位置一致，導致檢測或量測的結果不如預期。
- ❑ 進行檢測或量測前必須找出待檢測影像與訓練影像之間的空間座標差異，並將其修正回來。

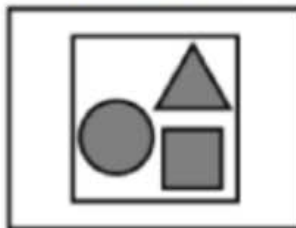


影像定位 (續)



影像定位 (續)

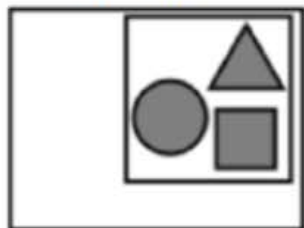
原始影像



剛體轉換: 1+2

仿射轉換: 1+2+3+4

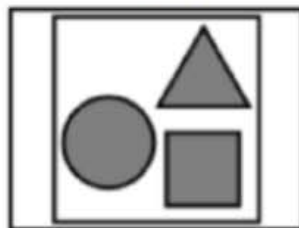
1. 平移



2. 旋轉



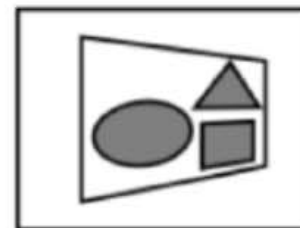
3. 縮放



4. 推移/剪切



5. 投影



6. 局部變形



特徵分析

- ❑ 為了要讓機器視覺具備與人類相同的物件辨識能力，有必要深入了解人類是根據那些特徵進行物件的辨識與分類。
- ❑ 特徵抽取是將有利於物件分類的特徵分割出來，再利用這些特徵來描述或表示物件之形狀及顏色。
- ❑ 特徵抽取的目的：能夠利用這些特徵對物件之類別進行判定或判定物件是否有瑕疵。

特徵分析(續)

- ❑ 特徵種類可分成全域特徵、局部特徵、及關聯性特徵三大類。
- ❑ 在樣本識別上，常用的特徵包括：位置、幾何形狀、色彩、對比、及紋理等。
- ❑ 幾何形狀特徵的種類還包括：周長、面積、離心率、縱橫比、真圓度、粗糙度、簽名、長短距離比。
- ❑ 灰階影像之色階特徵包括：最大灰階值、最小灰階值、平均灰階值、灰階標準差等。

特徵分析(續)

- 當物體的大小不相同時，我們可以用面積來分類。
- 當物體的形狀不同時，我們可以利用幾何形狀來分類。
- 幾何形狀特徵的種類還包括：周長、面積、離心率、縱橫比、真圓度、粗糙度、簽名、長短距離比。
- 灰階影像之色階特徵包括：最大灰階值、最小灰階值、平均灰階值、灰階標準差等。

瑕疵檢測

- 瑕疵：不想要的部份；未知形狀與尺寸，出現位置也不確定。
 - － 可能出現在產品上（任意位置）的缺陷有：形狀、尺寸、顏色、位置等等，都可以被認定為瑕疵。
- 大部份工業產品在其生產過程中，都會經歷幾次的品質檢測。
- 品質管制人員之工作：借助他們的眼睛幫忙找出產品上各式各樣的瑕疵。

瑕疵檢測

- 判斷瑕疵的標準，事先必須詳細明確的規範清楚。
 - － 標準太嚴格會造成誤判 (FP, false positive)，太寬鬆會造成漏檢 (FN, false negative)。
- 根據檢測時是否參考到標準影像來分，瑕疵檢測技術可分成：
 - － 參考比對法。
 - － 非參考比對法。

瑕疵檢測[參考比對法]

- 根據標準影像的來源，參考比對法可進一步分成 Die-to-Die (D2D)、Die-to-Reference (D2R) 及 Die-to-Database(D2DB) 三種。
- Die-to-Die 比對法：將相鄰兩個圖案進行比對，找出兩者之間的差異，據以判斷是否為瑕疵。
 - － 適合用來檢測圖案具有重複出現特性之物體，例如光罩及晶圓的檢測。

瑕疵檢測[參考比對法]

- Die-to-Reference 比對法：將測試影像與事先擷取並存檔之標準影像進行比對，凡是與標準影像不一樣的地方即視為瑕疵。
- Die-to-Database 比對法：D2DB 與 D2R 的比對方式類似，差別在於兩者的標準影像來源不同。
 - D2DB 之標準影像來源是原始設計資料檔，亦即標準影像為由電腦輔助設計資料庫所產生之圖形影像。

瑕疵檢測[參考比對法]

- ❑ XOR 運算也可以用來進行兩張影像的比對。
- ❑ 由真值表可知，將待檢測之 f 影像與標準影像 g 進行 XOR 運算後。
 - 結果會留下兩張影像相異的部份：包括多出來及缺少的特徵。

XOR運算之真值表

$f(x,y)$	$g(x,y)$	$h(x,y)$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

瑕疵檢測[參考比對法]



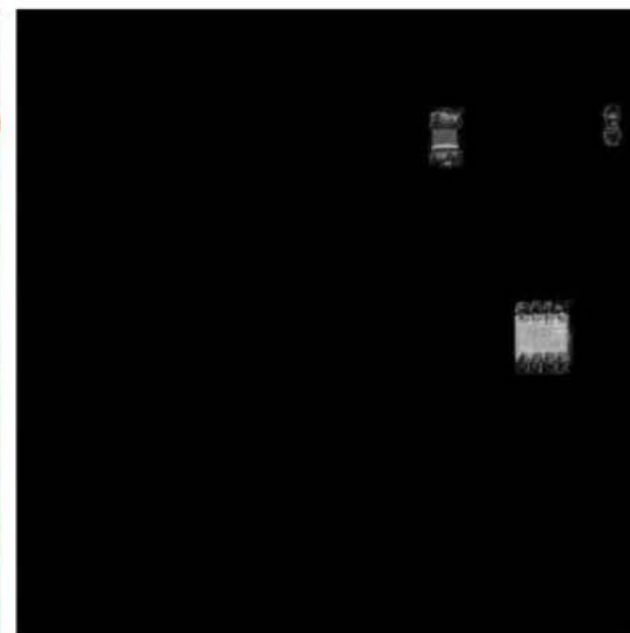
(a)

(a) 金樣本影像



(b)

(b) 待檢測影像



(c)

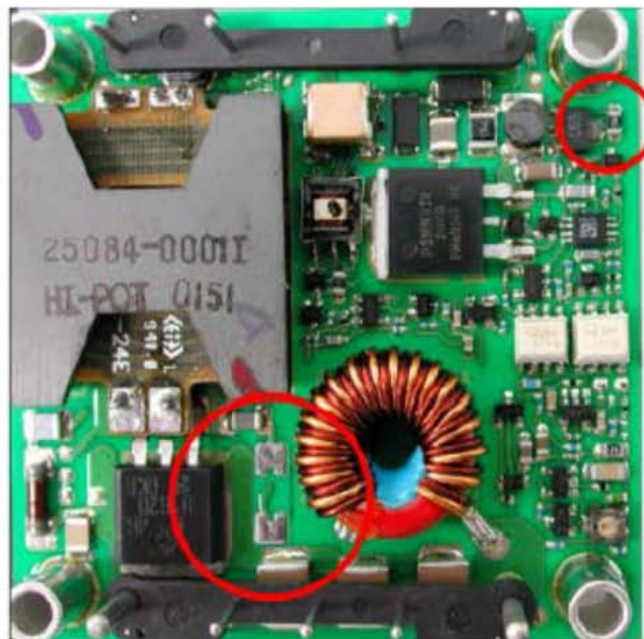
(c) XOR結果影像

瑕疵檢測[參考比對法]



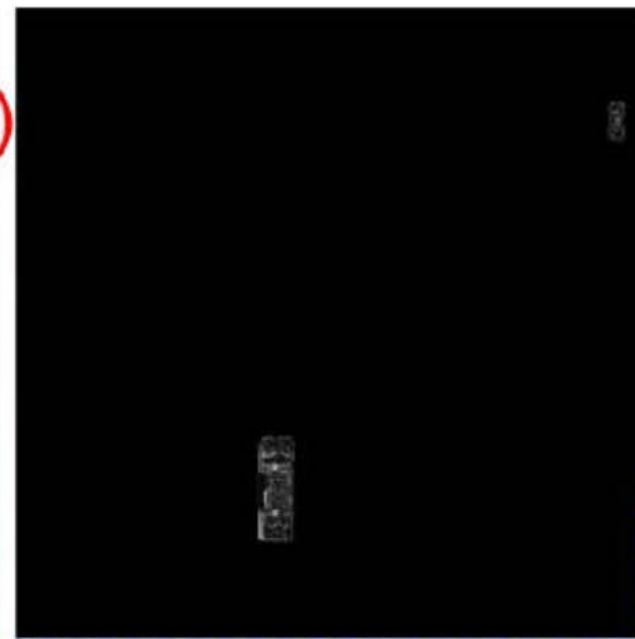
(a)

(a) 金樣本影像



(b)

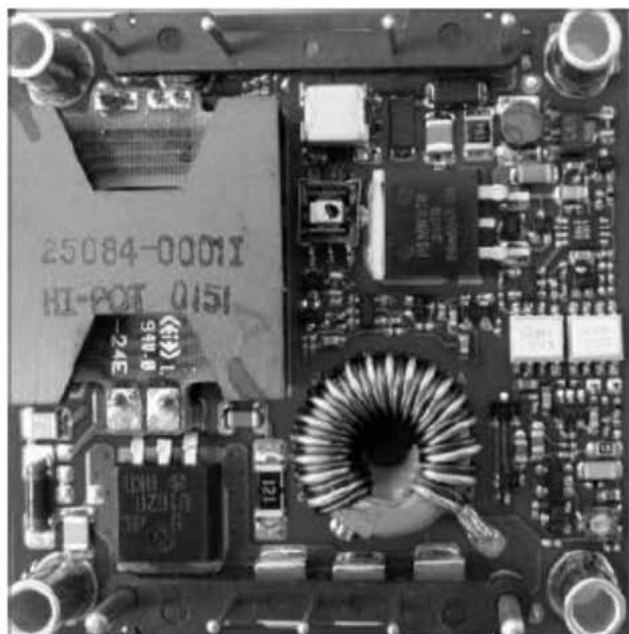
(b) 待檢測影像



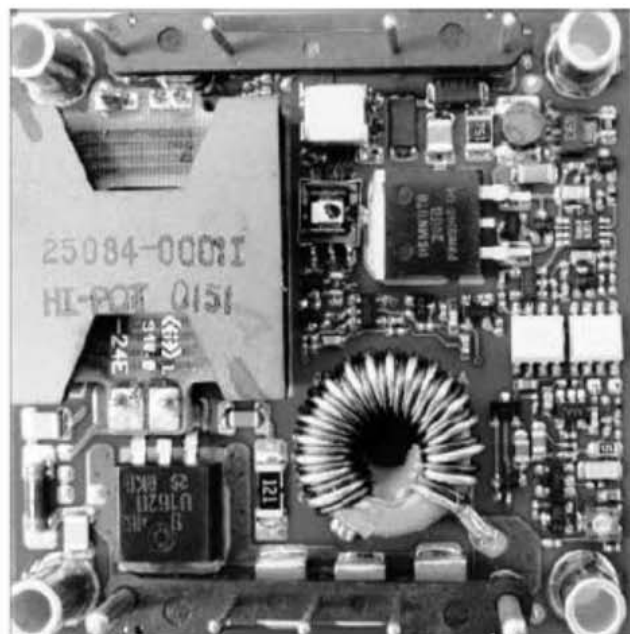
(c)

(c) XOR結果影像

瑕疵檢測[參考比對法]



(a)



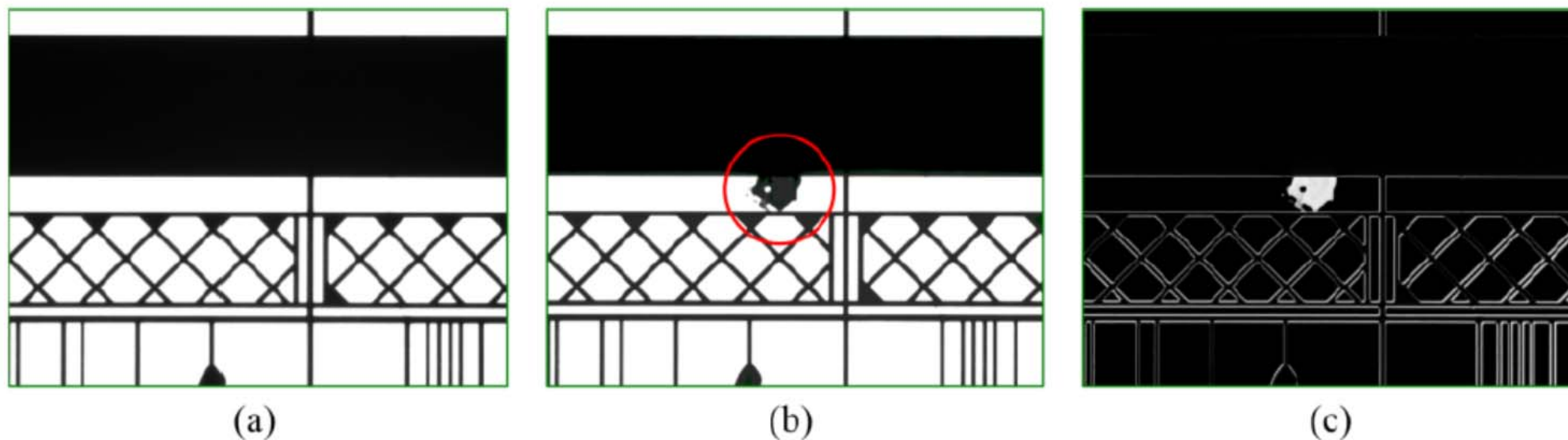
(b)



(c)

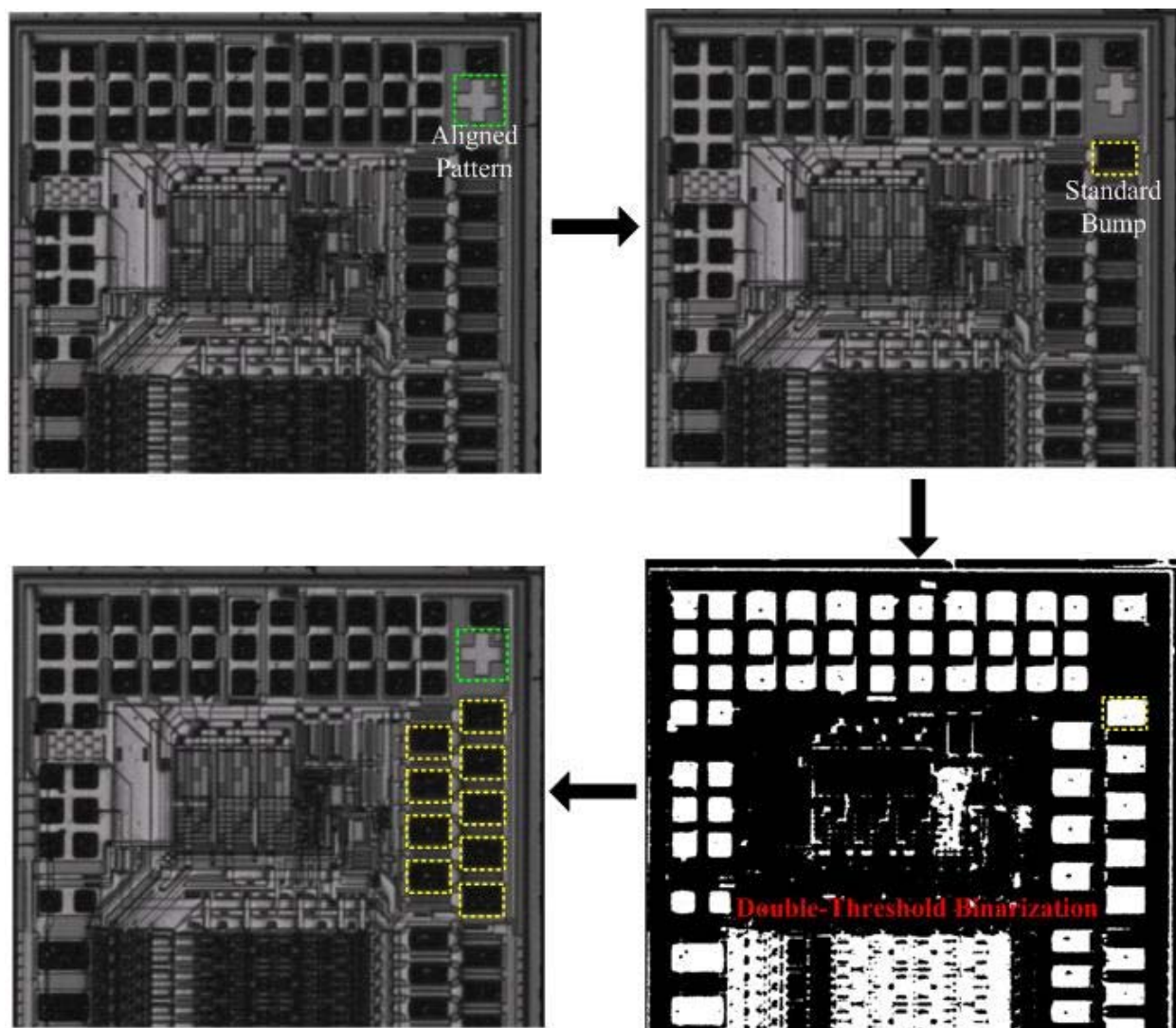
(a) 金樣本影像 (b) 較明較亮之待檢測影像 (c) XOR檢測之結果影像

瑕疵檢測[參考比對法]



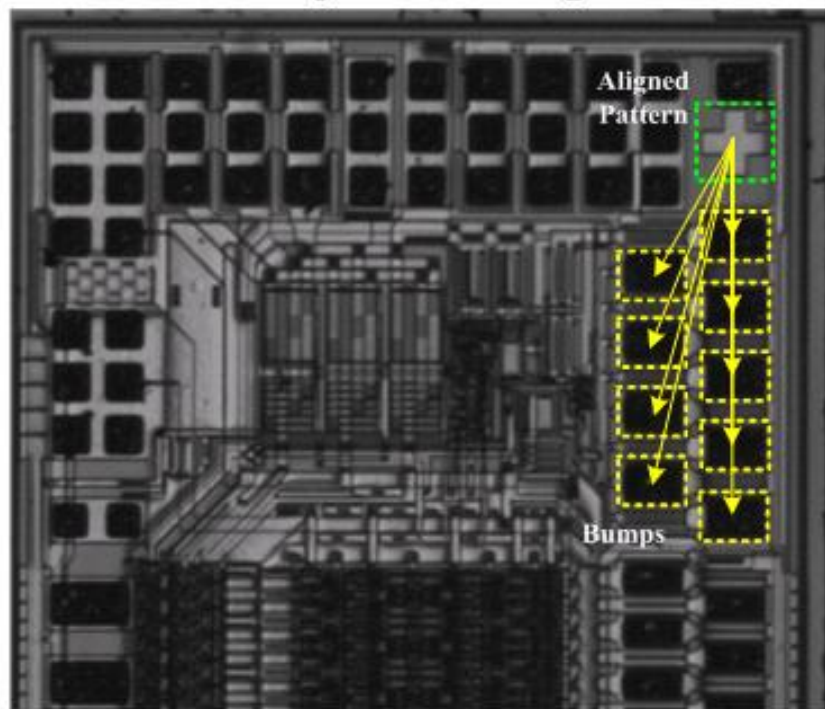
(a) 金樣本影像 (b) 含瑕疵之待檢測影像 (c) XOR檢測結果影像

瑕疵檢測[參考比對法]

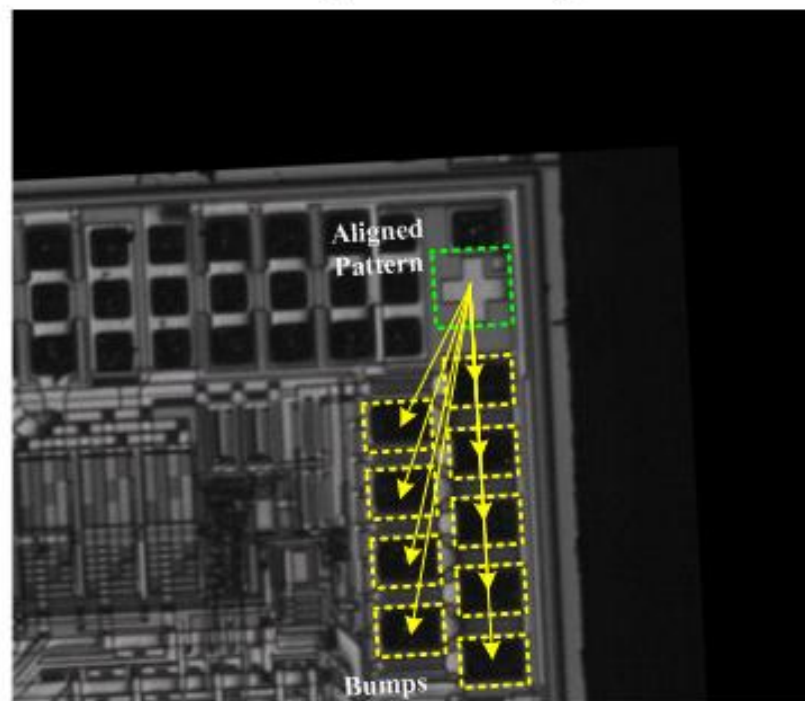


瑕疵檢測[參考比對法]

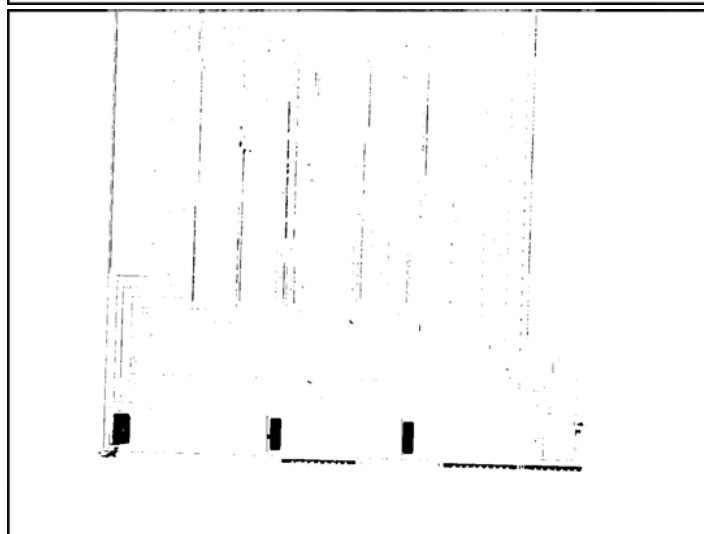
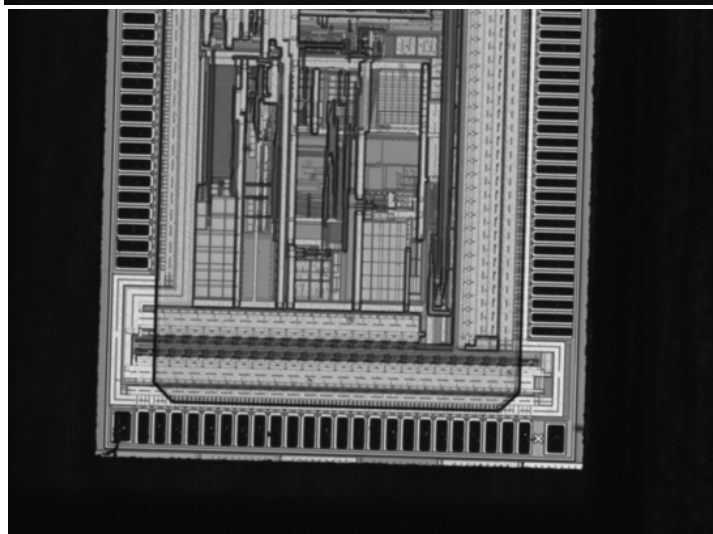
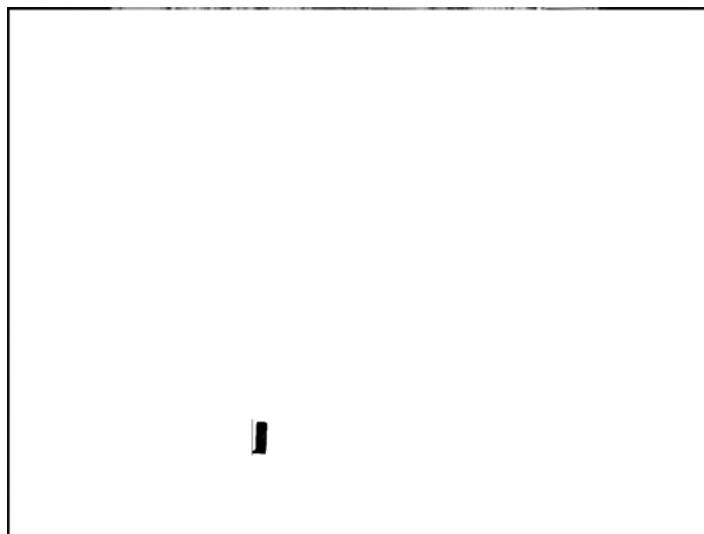
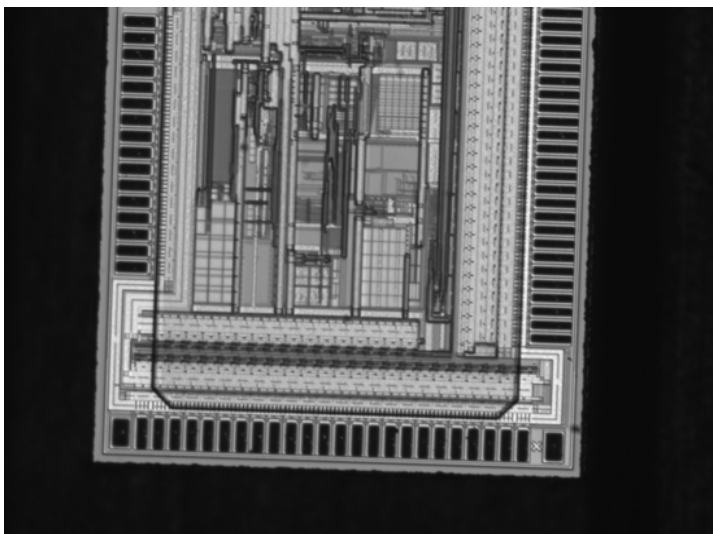
Reference Image



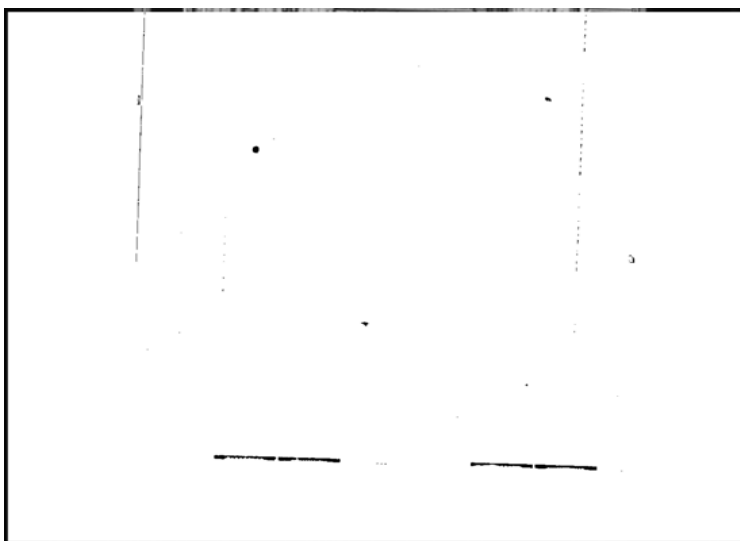
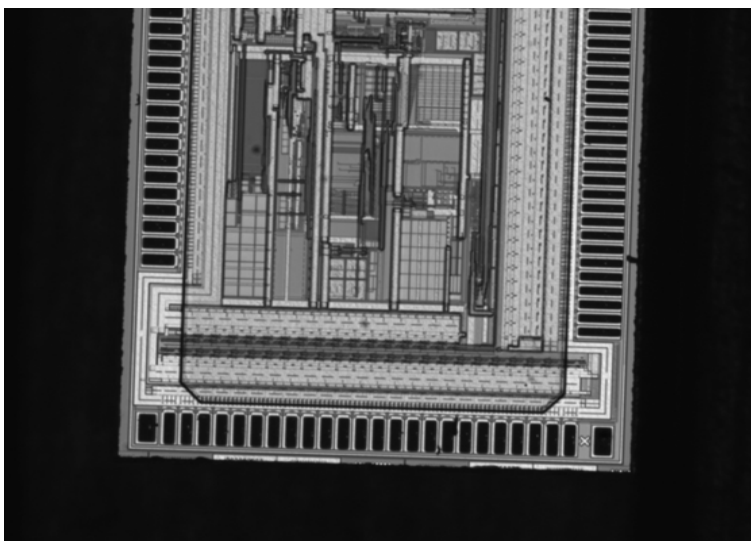
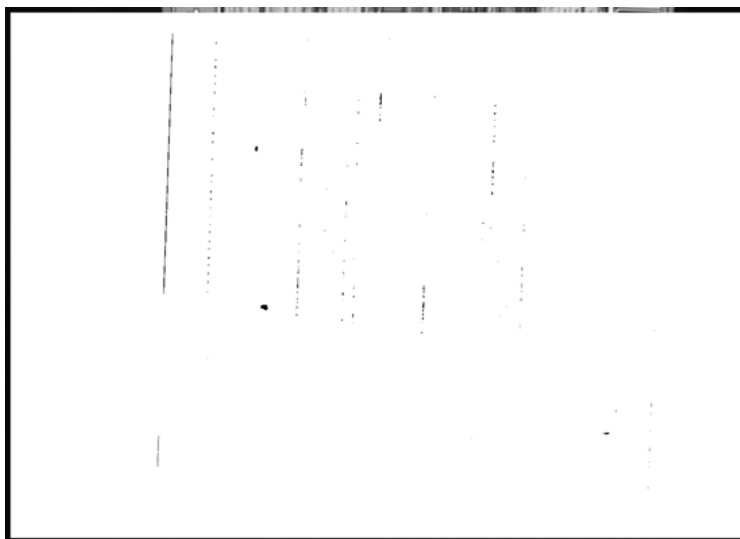
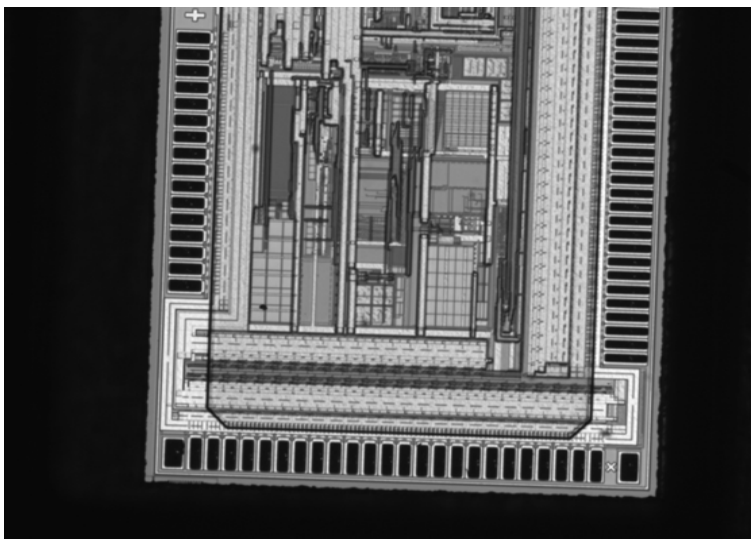
Inspected Image



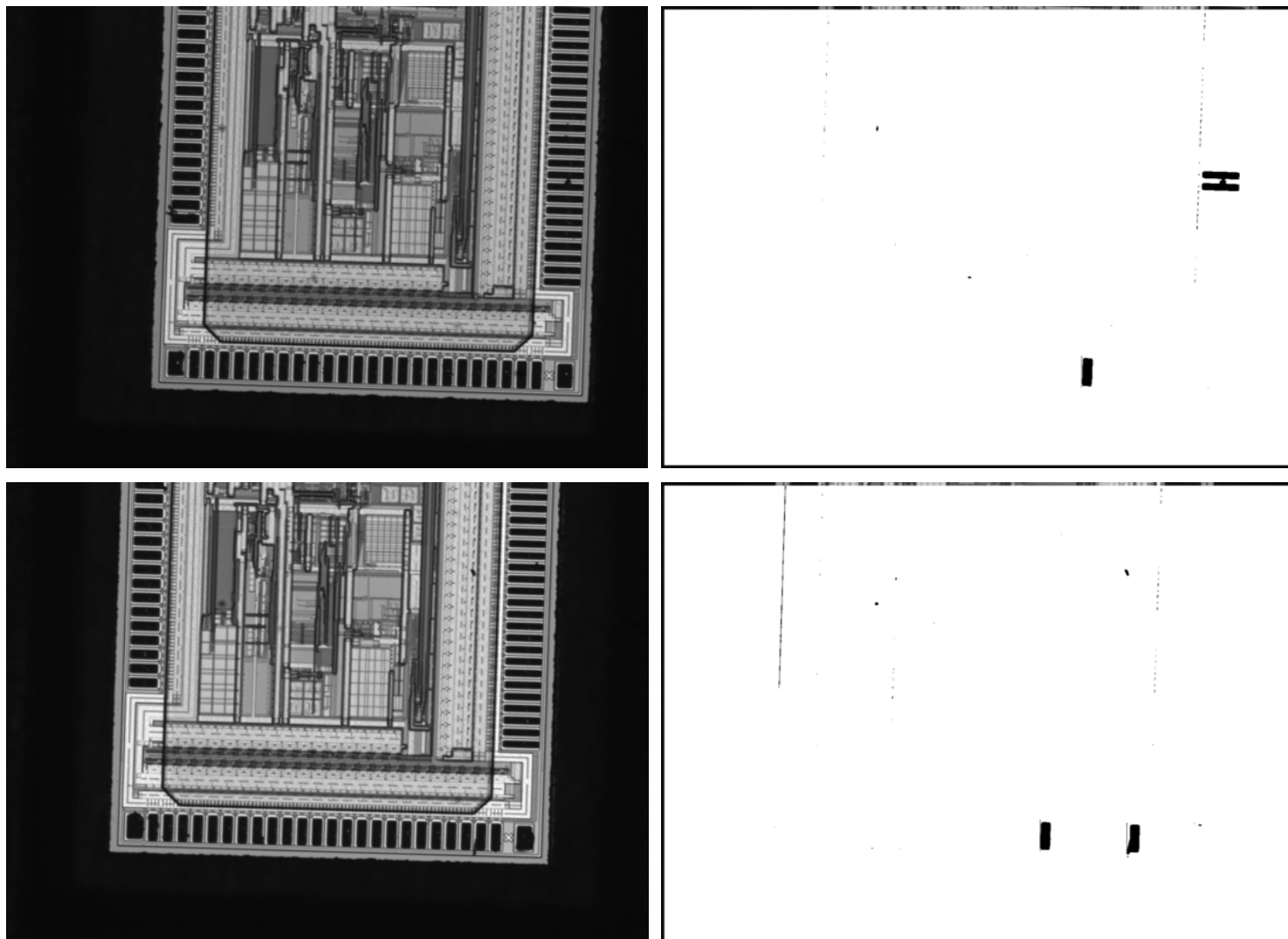
瑕疵檢測[參考比對法]



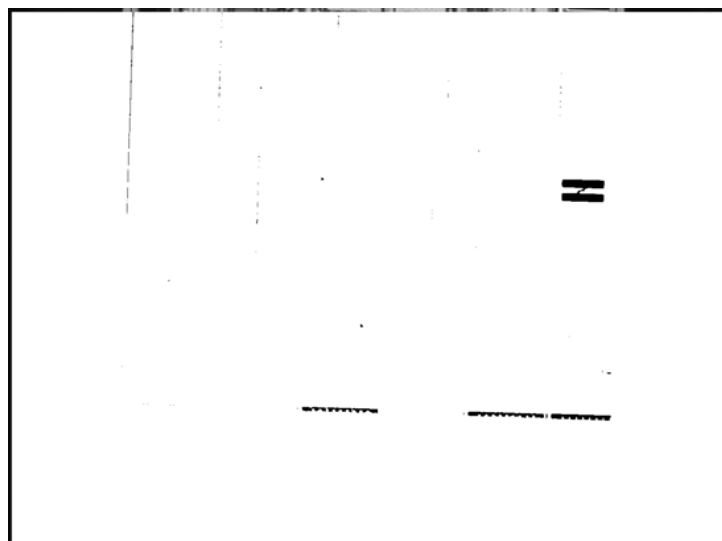
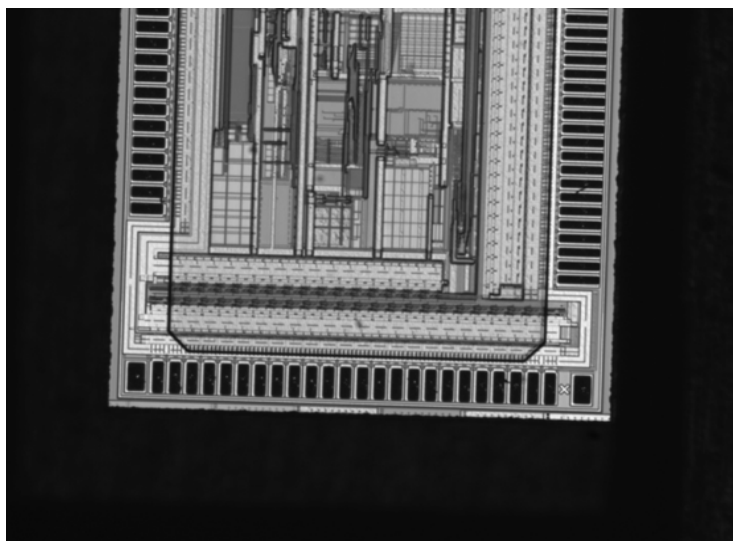
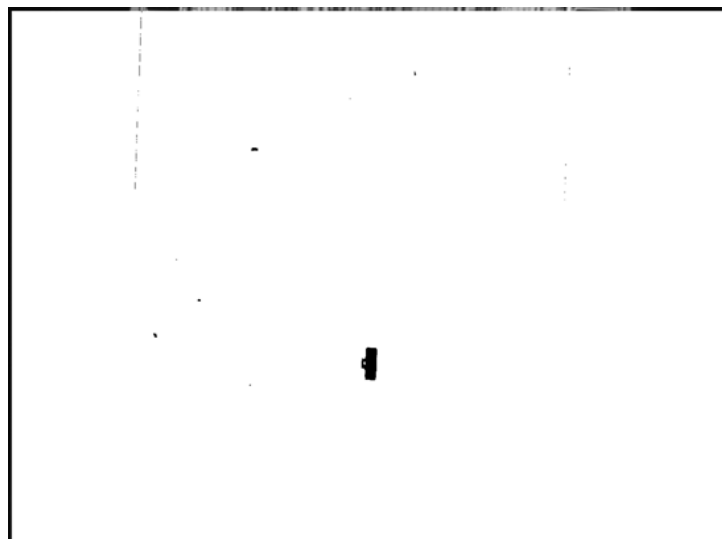
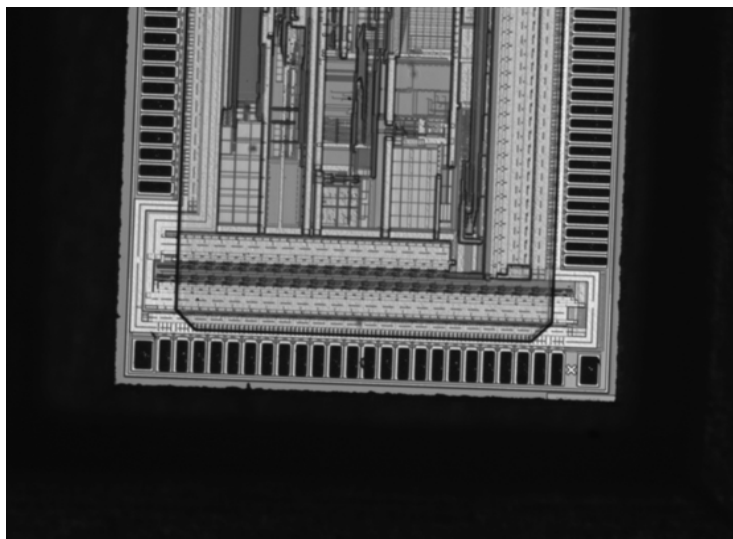
瑕疵檢測[參考比對法]



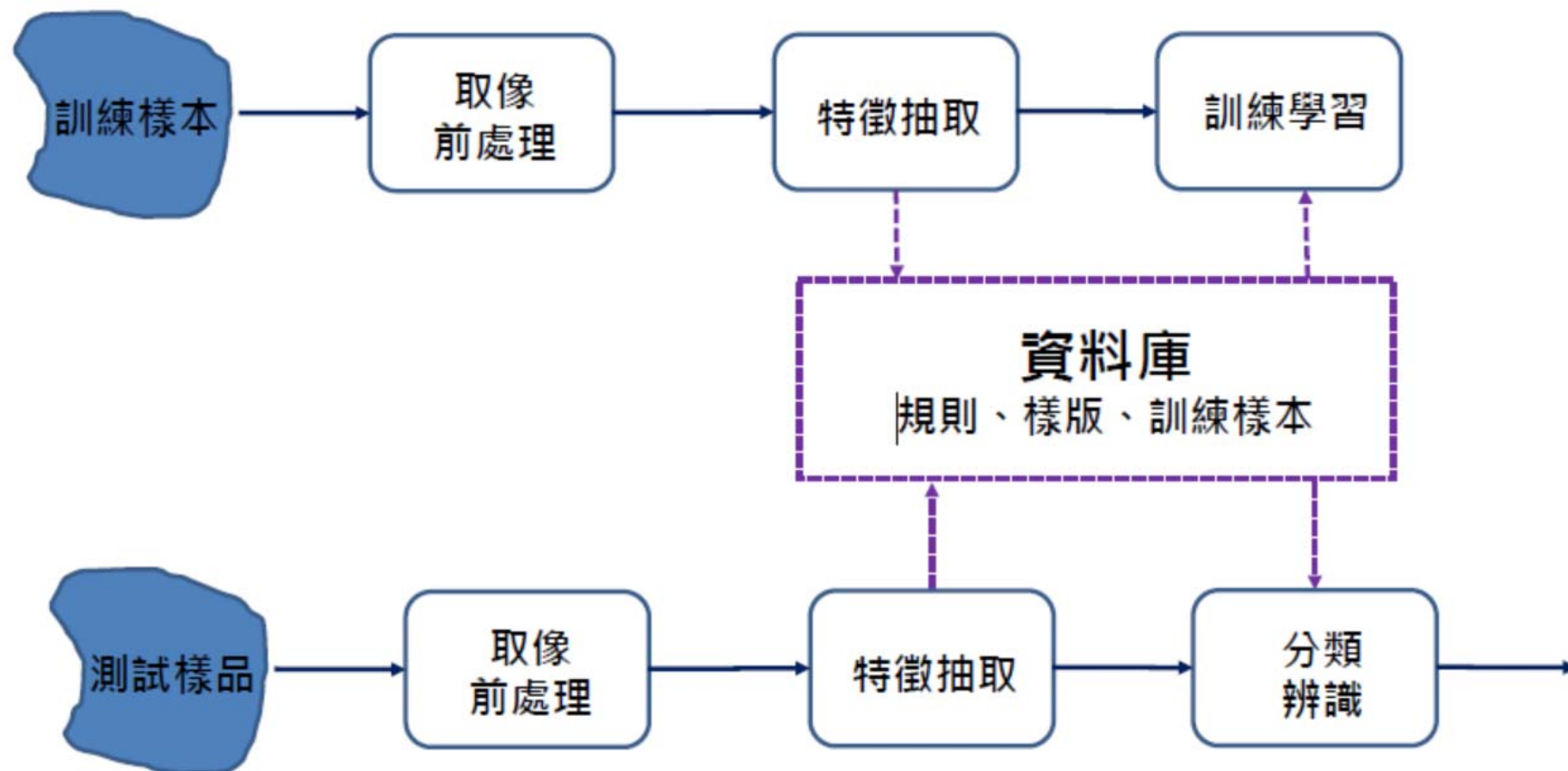
瑕疵檢測[參考比對法]



瑕疵檢測[參考比對法]

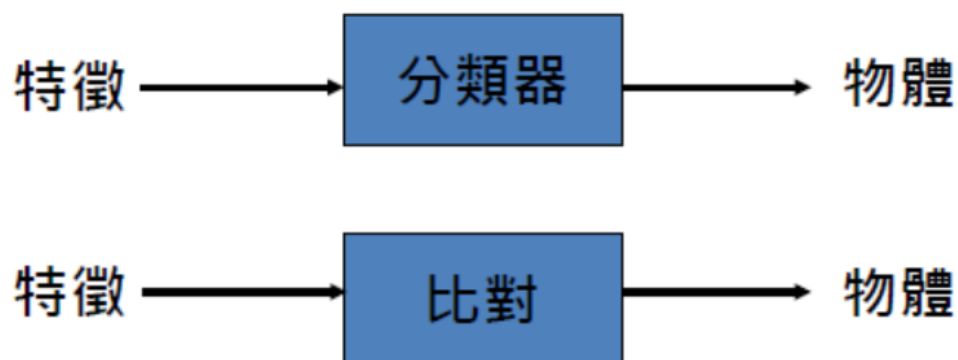


瑕疵分類



瑕疵分類(續)

- ❑ 特徵偵測出來之後，接著便可進行物件的辨識、分類或判斷是否有瑕疵？
- ❑ 根據問題的複雜度，辨識時可能使用分類器或以特徵直接進行比對。

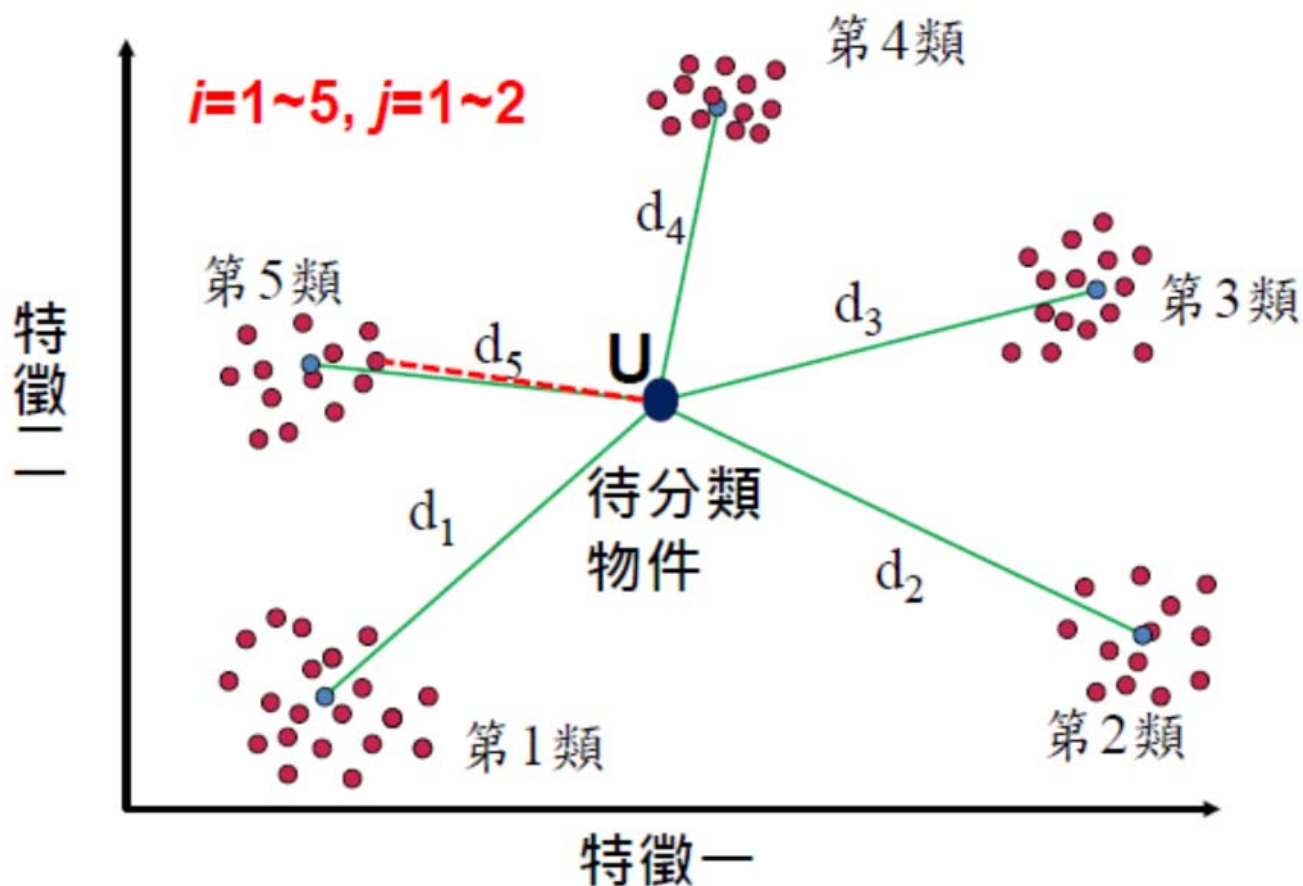


瑕疵分類(續)

- ❑ 所謂的分類 (classification) 是利用物件的特徵 (features) 進行物件的辨識 (recognition)。
- ❑ 根據已知 (訓練) 樣本的某些特徵，判斷一個新的樣本屬於哪種已知的樣本類別。
- ❑ 分類問題也被稱為監督式學習 (supervised learning)。
- ❑ 假設影像中物件的 N 個特徵已經被偵測出，並且正規化 (normalized)，則在 N 維的特徵空間內可以用一個點來表示。

瑕疵分類(續)

□ 最近鄰分類器 (Nearest Neighbor Classifier) :



瑕疵分類(續)

□ 最近鄰分類器 (Nearest Neighbor Classifier)

- 未知類別與已知類別 i 之距離可由下式求出：

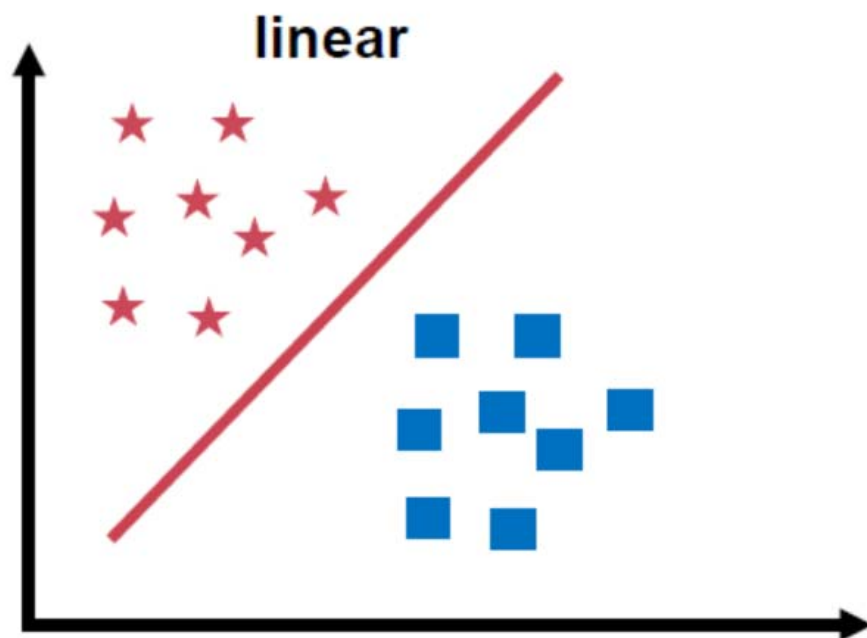
$$d_i = \left[\sum_{j=1}^N (u_j - f_{ij})^2 \right]^{1/2}$$

- 未知類別物件所屬之類別 R 可以下式決定：

$$d_R = \min_{j=1}^N [d_j]$$

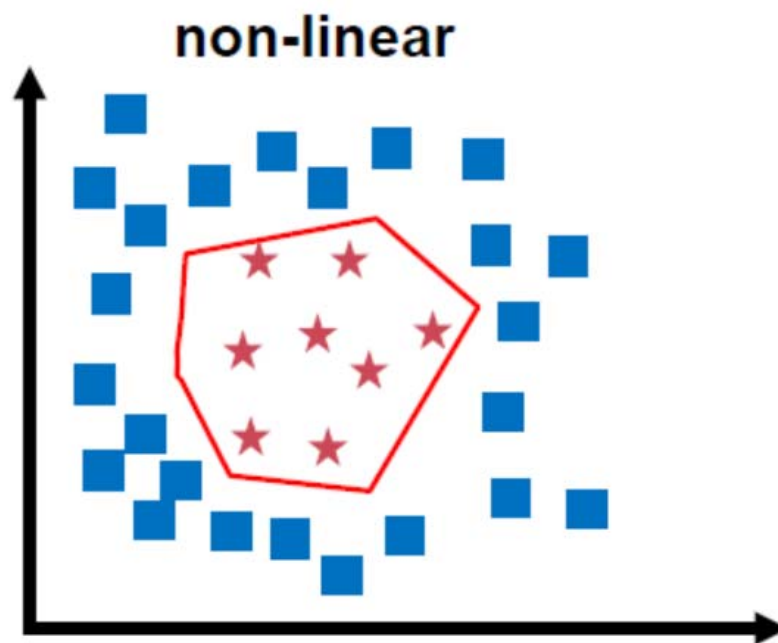
瑕疵分類(續)

- 當特徵向量分佈為線性可分時，可以很容易畫出一條直線（二維為平面，三維以上為 hyper-plane）將數據分為兩類：



瑕疵分類(續)

- 當特徵分布為非線性可分，此時我們很難通過一條直線將數據分開，但是仍有辦法畫出一個多邊形區域將數據分為兩類：



瑕疵分類(續)

- 如果特徵為不可分的分布，這種情況下很難完全將兩類數據分開：

