


東海大學電機工程學系

碩士論文

晶片型電感器之影像檢測系統

An Image Processing Implemented by Detection of Chip Inductors

The seal of Tungshai University is a circular emblem with a scalloped outer edge. It features a central cross, a horizontal line, and three interlocking rings above it. The words "TUNGSHAI UNIVERSITY" are written around the inner circle, and "東海大學" is written in Chinese characters around the outer edge.

指導教授：黃宇中博士

研究生：吳嘉祥 撰

中華民國 102 年 6 月 25 日

## 致謝

本篇論文能夠順利完成，首先要感謝指導教授黃宇中老師，在這兩年期間，教導很多學術、業界寶貴的經驗，提供研究及思考的方向，使我受益良多。

再來感謝實驗室的學長展龍、蕭壬、健賢，同學尚霖，不時的幫助我解決困難與建議，讓我能順利完成。同時，感謝家人及朋友們給我支持與鼓勵，讓我有勇氣、毅力完成本篇論文。

另外，本文檢測的電感器由美桀科技股份有限公司提供，誠摯的感謝。



## 摘要

本文主要針對被動元件電感器品質的好壞做檢驗，設計一個影像檢測系統，此系統使用的影像處理方法有二值化以及邊緣檢測。

系統採用 CCD 感測器來對晶片型電感元件做檢測，搭載 CCD 感測器的 XYZ 平台，由運動控制卡驅動三軸步進馬達，完成定位。晶片型電感器的檢測項目主要有瑕疵品、偏斜、斷線、變形等。首先系統先對晶片型電感器的接頭做二值化，在計算此面積，以求得面積的大小來辨別是否為瑕疵品。斷線的檢測是利用邊緣化，程式判斷邊緣有無斷線。

**關鍵字：**晶片型電感器、影像檢測、二值化、邊緣檢測



## Abstract

This thesis is aim to quality restriction of chip bead inductor and design an image processing system. The image processing methods to be adopted into the system are binary and edge detector.

The system use a CCD sensor to measure chip bead inductor with XYZ platform. The XYZ positioning is driven by the motion axis stepper motor control card. The chip bead inductor are skewed defective, broken and deformed. First, I used binary and geometry algorithms to calculate the area of chip bead inductor ports to determine whether the area size is defects. As for the broken detection are used edge detector and geometry algorithms to determine whether the edge is defects.

Keyword: chip bead inductors, image processing, binary, edge detector

# 目錄

|                     |     |
|---------------------|-----|
| 致謝.....             | I   |
| 摘要.....             | II  |
| Abstract.....       | III |
| 目錄.....             | IV  |
| 圖目錄.....            | VII |
| 表目錄.....            | XI  |
| 第一章 緒論.....         | 1   |
| 1.1 研究背景.....       | 1   |
| 1.2 研究動機.....       | 3   |
| 1.3 研究項目.....       | 3   |
| 1.4 全文架構.....       | 4   |
| 第二章 文獻探討與分析.....    | 6   |
| 2.1 電感器及電感線圈製程..... | 6   |
| 2.2 問題描述.....       | 7   |
| 2.3 視覺系統.....       | 9   |
| 2.4 理論分析.....       | 9   |

|                         |    |
|-------------------------|----|
| 2.4.1 影像處理作業與運算原理 ..... | 10 |
| 2.4.2 影像二值化 .....       | 13 |
| 2.4.3 邊緣偵測 .....        | 17 |
| 2.4.4 鏈碼輪廓追蹤法 .....     | 21 |
| 第三章 系統架構 .....          | 23 |
| 3.1 影像擷取系統 .....        | 24 |
| 3.1.1 CCD 感測器 .....     | 25 |
| 3.1.2 鏡頭 .....          | 29 |
| 3.1.3 光源設計 .....        | 34 |
| 3.2 運動控制系統 .....        | 37 |
| 3.2.1 運動控制卡 .....       | 38 |
| 3.2.2 馬達驅動器 .....       | 38 |
| 3.2.3 XYZ 線性平台 .....    | 39 |
| 3.3 影像處理程式設計 .....      | 40 |
| 3.3.1 影像擷取 .....        | 41 |
| 3.3.2 切割窗格 .....        | 41 |
| 3.3.3 電感器瑕疵檢測 .....     | 42 |

|                              |    |
|------------------------------|----|
| 3.3.4 電感線圈檢測 .....           | 44 |
| 3.3.5 程式設計 .....             | 45 |
| 3.4 人機介面及功能介紹 .....          | 49 |
| 第四章 實驗結果 .....               | 52 |
| 4.1 CCD 與 LED 調光器設備的校正 ..... | 53 |
| 4.2 電感器瑕疵的檢測 .....           | 55 |
| 4.2.1 電感器變形檢測 .....          | 55 |
| 4.2.2 電感器歪斜檢測 .....          | 60 |
| 4.3 電感線圈斷線的檢測 .....          | 64 |
| 第五章 結論與未來研究方向 .....          | 69 |
| 參考文獻.....                    | 70 |

## 圖目錄

|  |    |
|--|----|
| 圖 1-1 日本電感器產值及其年增率走勢.....                              | 1  |
| 圖 1-2 我國電感器產值及其年增率走勢.....                              | 2  |
| 圖 2-1 晶片型電感器製程流程圖.....                                 | 6  |
| 圖 2-2 線圈製程流程圖.....                                     | 7  |
| 圖 2-3 晶片型電感器.....                                      | 8  |
| 圖 2-4 晶片型電感器及電感線圈尺寸.....                               | 8  |
| 圖 2-5 視覺系統之概念.....                                     | 9  |
| 圖 2-6 光源打光不良、待測物與背景對比不明顯.....                          | 10 |
| 圖 2-7 一個 $m*n$ 像素的影像， $f(x,y)$ 即為對應點 $(x,y)$ 的灰階值..... | 11 |
| 圖 2-8 點處理運算.....                                       | 12 |
| 圖 2-9 表示一個 $3*3$ 範圍運算.....                             | 13 |
| 圖 2-10 灰階值方圖.....                                      | 14 |
| 圖 2-11 T 值將影像分為兩個區域.....                               | 15 |
| 圖 2-12 邊緣灰階值的一、二次微分.....                               | 18 |
| 圖 2-13 計算梯度的方式.....                                    | 19 |
| 圖 2-14 邊界示意圖.....                                      | 21 |
| 圖 2-15 四鄰近、八鄰近位置向量.....                                | 22 |
| 圖 3-1 影像檢測系統架構.....                                    | 24 |



|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| 圖 3-2 CCD 攝影機.....                | 25 |
| 圖 3-3 CCD 感測器尺寸.....              | 27 |
| 圖 3-4 CCD 內部示意圖.....              | 27 |
| 圖 3-5 CCD 單一感光元件構造.....           | 29 |
| 圖 3-6 固定焦距 1 倍，工作距離為 65mm 鏡頭..... | 30 |
| 圖 3-7 影像品質主要的參數.....              | 31 |
| 圖 3-8 薄透鏡成像原理.....                | 32 |
| 圖 3-9 實際擷取的晶片型電感器影像.....          | 34 |
| 圖 3-10 為電感器線圈實際擷取的影像.....         | 35 |
| 圖 3-11 背光板打光示意圖.....              | 35 |
| 圖 3-12 LED 內同軸光源、LED 調光器.....     | 36 |
| 圖 3-13 內同軸光源與外同軸光源.....           | 36 |
| 圖 3-14 Euresys Picolo 影像擷取卡.....  | 37 |
| 圖 3-15 運動控制卡 DMC3000.....         | 38 |
| 圖 3-16 馬達驅動器.....                 | 39 |
| 圖 3-17 XYZ 線性平台.....              | 40 |
| 圖 3-18 影像處理流程.....                | 41 |
| 圖 3-19 對影像感興趣做切割，降低運算複雜度.....     | 42 |
| 圖 3-20 電感器良品與瑕疵品示意圖.....          | 43 |

|                                     |    |
|-------------------------------------|----|
| 圖 3-21 電感器變形檢測程式設計流程 .....          | 43 |
| 圖 3-22 電感器歪斜檢測程式設計流程 .....          | 44 |
| 圖 3-23 電感線圈檢測程式設計流程 .....           | 45 |
| 圖 3-24 系統程式架構 .....                 | 46 |
| 圖 3-25 巢式 ROI 管理 .....              | 48 |
| 圖 3-26 系統人機介面 .....                 | 49 |
| 圖 4-1 電感器量測及定位架構圖 .....             | 52 |
| 圖 4-2 SONY XC-ES50 電子快門的指撥開關 .....  | 53 |
| 圖 4-3 電感器變形檢測 .....                 | 56 |
| 圖 4-4 電感器的原始影像及二值化 .....            | 58 |
| 圖 4-5 電感器檢測結果 .....                 | 59 |
| 圖 4-6 影像濾波處理 .....                  | 59 |
| 圖 4-7 電感器歪斜檢測方法，每隔 10 個像素計算一次 ..... | 60 |
| 圖 4-8 電感器歪斜檢測，紅色圈處為雜訊干擾 .....       | 61 |
| 圖 4-9 實際量測歪斜距離 .....                | 62 |
| 圖 4-10 歪斜檢測結果合格 .....               | 63 |
| 圖 4-11 歪斜檢測結果為瑕疵品，誤差為 16 個像素 .....  | 63 |
| 圖 4-12 歪斜檢測結果為瑕疵品，誤差為 20 個像素 .....  | 63 |
| 圖 4-13 電感線圈斷線檢測 .....               | 64 |

|                                     |    |
|-------------------------------------|----|
| 圖 4-14 電感線圈邊緣化的結果.....              | 66 |
| 圖 4-15 電感線圈檢測結果合格.....              | 68 |
| 圖 4-16 電感線圈檢測結果合格.....              | 68 |
| 圖 4-17 電感線圈檢測結果為斷線，斷線長度 41 個像素..... | 68 |



## 表目錄

|                                  |    |
|----------------------------------|----|
| 表 3-1 影像擷取系統設備.....              | 24 |
| 表 3-2 CCD 感測器規格.....             | 25 |
| 表 4-1 SONY XC-ES50 電子快門速度設定..... | 52 |
| 表 4-2 CCD 與調光器的校正.....           | 53 |



# 第一章 緒論

## 1.1 研究背景

在科技、電子產品的迅速發展下，輕、薄、短、小已經是產品的趨勢，被動元件規格也越小。電感器是被動元件之一，主要功能為穩定電流，可防止電磁波的干擾、過濾電流中的雜訊、抑制瞬間大電流等。電感器的應用非常廣泛，如資訊、通訊、消費性電子及工業產品，隨著產品的電子化程度越來越高，被動元件電感器是不可或缺的。

根據 METI、台灣經濟研究院產經資料庫指出[1]，國際市場 2008 年~2012 上半年日本電感器產值平均年增率約為 2.72%、平均年產值約為 32,000 百萬日圓，雖增長動能緩慢，但產量仍可維持成長。

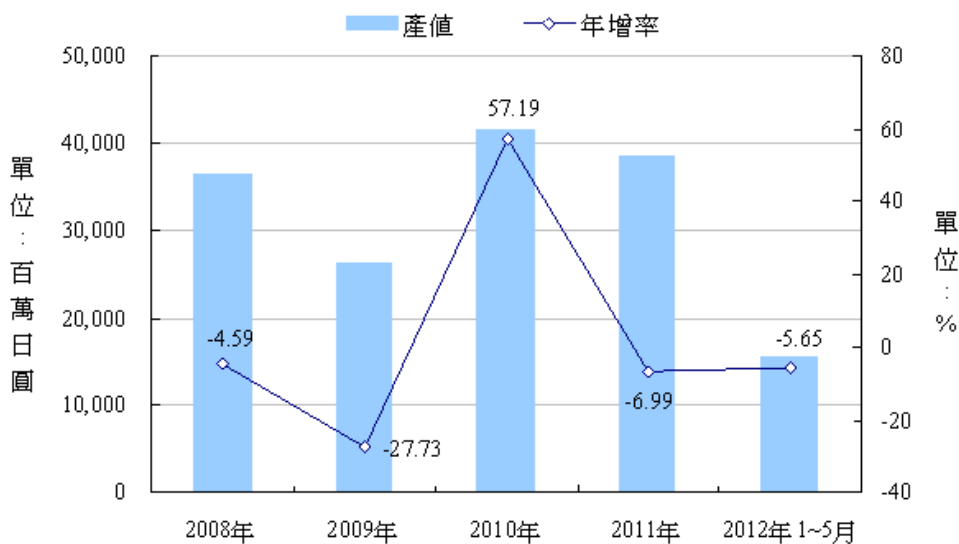
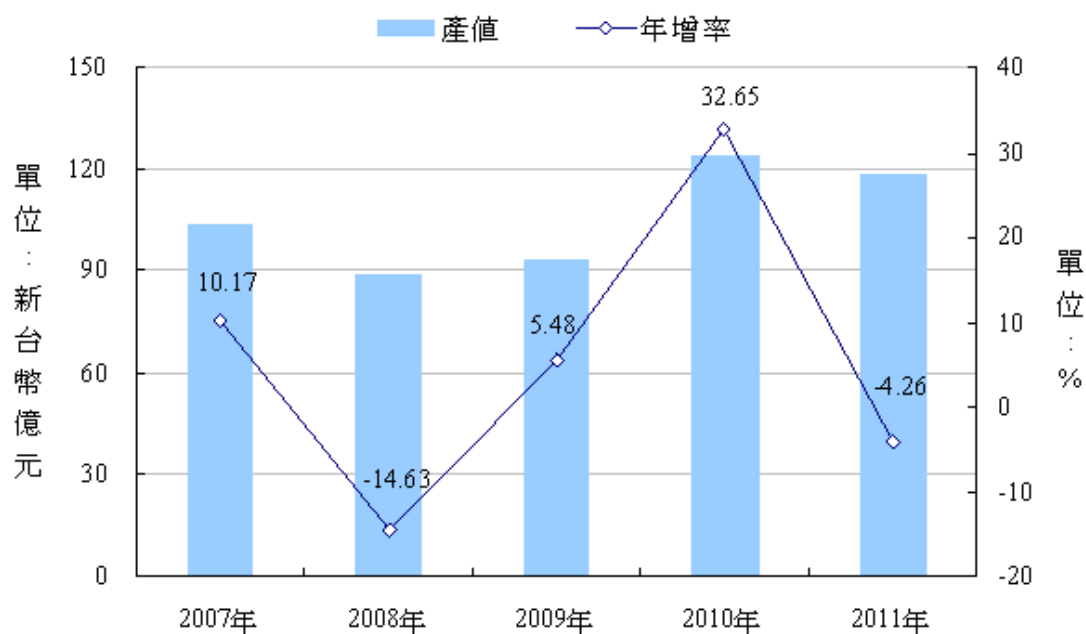


圖 1-1 日本電感器產值及其年增率走勢

(資料來源:METI、台灣經濟研究院產經資料庫整理,2012年7月。)

而台灣(含海內外)2007年~2011年電感器產值平均年增率約為5.91%、平均年產值約為新台幣105.4億元，市場需求還是有潛力所在。



注：我國電感器產值係包括台商在台灣、中國及其他地區之產值。

圖 1-2 我國電感器產值及其年增率走勢

(資料來源：METI、台灣經濟研究院產經資料庫整理，2012年7月。)

隨著科技、電子產品的劇增，被動元件電感器的需求增加，廠商必須增設自動化產線，藉以提升良率，降低人事成本。且近期因大陸廠區人力調度不順、工資上漲的壓力，自動化設備更顯得重要，以此解決人力調度的問題。

## 1.2 研究動機

目前國內大部分的廠商在檢測被動元件電感器還無法達到自動化，一些檢測工作還是用人工目視或是人工儀器檢視，且在每日龐大的生產數量下，無法全部做檢驗。人員的疲勞與找不到適合判別人員的因素下，品質的管制易受到人為的影響，容易造成疏失，須找到替代的方法。

有鑑於被動元件電感器大多數還是依賴人工目視做檢測，為了提升電感器的品質，用影像檢測系統來取代目視檢測是迫切且急需的，本文於是利用影像處理的演算法，利用 CCD 攝影機去檢測品質的好壞。

## 1.3 研究項目

本文主要目的在設計一個影像檢測系統，針對被動元件電感器品質的好壞做檢驗，藉由 CCD 感測器擷取影像，以及基本的影像處理理論開發影像處理系統，然後再進行電感器的檢測，確認品質是否達到要求，以提升良率。主要的工作項目有：

1. 晶片型電感器的定位及量測系統，以輔助影像檢測。
2. 針對晶片型電感器的瑕疵品、變形、斷線、偏斜等待測物的影像特性，找到快速的影像處理演算法。

3. 針對晶片型電感器，評估適合的機器視覺設備。

## 1.4 全文架構

本論文共分成五章，其架構如下：

<第一章> 緒論：

說明目前電感器市場的概況，從中找到電感器發展的缺點，並建立研究動機，提出改善的研究項目。

<第二章> 文獻探討與分析：

介紹影像處理的理論，將說明問題描述與視覺系統的概念，並評估可用在本研究晶片型電感器的影像理論演算法。

<第三章> 系統架構：

將對待測物晶片型電感器來評估適合的機器視覺設備，架構一個影像擷取系統對待測物進行取像，且設計影像檢測處理系統，並完成晶片型電感器量測及定位。

<第四章> 實驗結果：

將對影像擷取系統的 CCD 與 LED 調光器進行校正，並將檢測結果作探討及分析。



<第五章> 結論與未來研究方向：

說明本論文成果，以及未來可再研究與改進的方向。

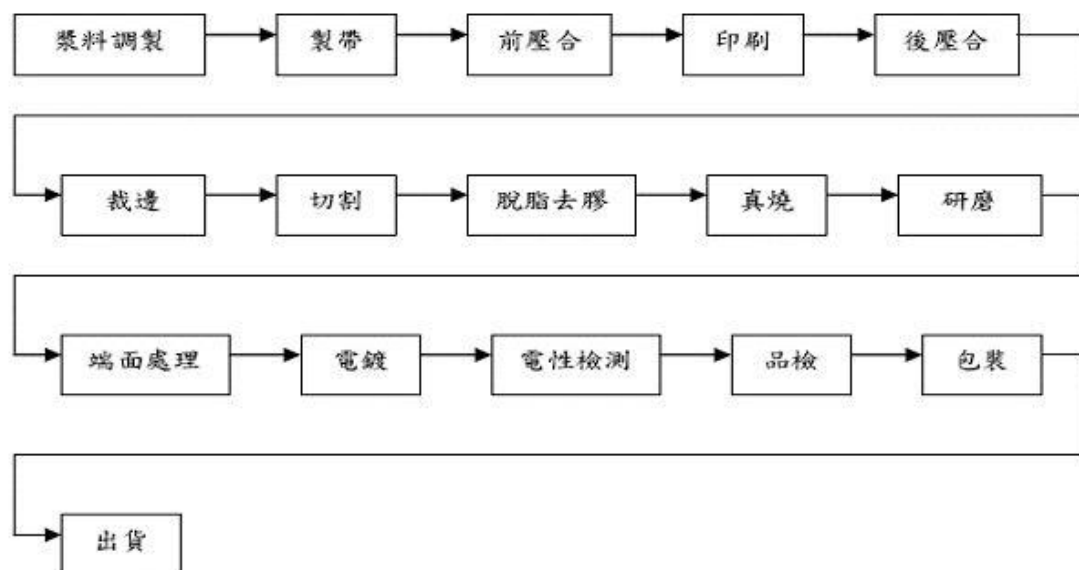


## 第二章 文獻探討與分析

本章節我們主要介紹基礎影像理論的部分，將說明電感器製程、問題描述與視覺系統的概念，並評估可用在本研究晶片型電感器的影像理論，影像二值化處理及邊緣檢測，介紹其理論與演算法。

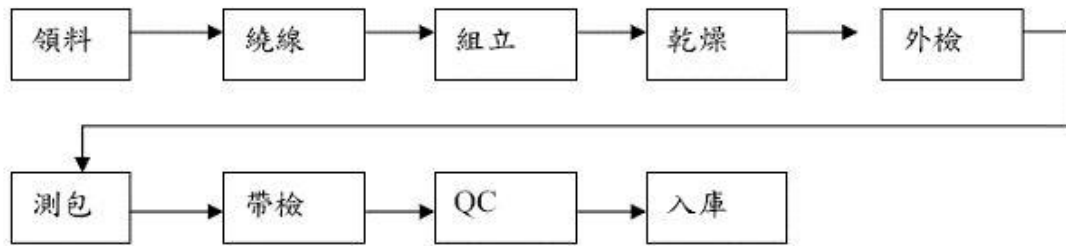
### 2.1 電感器及電感線圈製程

電感器製程方面，晶片電感自漿料調製、製帶、前壓合、印刷、後壓合、裁邊、切割、脫脂去膠、真燒、研磨、端面處理、電鍍、電性檢測、品檢、包裝、出貨等程序(如圖 2-1 所示)，至於線圈則自領料、繞線、點色被膜(或組立、乾燥)、外檢、測包、帶檢、QC、入庫等程序(如圖 2-2 所示)



資料來源：鈞寶，2012年6月。

圖 2-1 晶片型電感器製程流程圖



資料來源：鈞寶，2012年6月。

圖 2-2 線圈製程流程圖

針對晶片型電感器製程可以分為三種[1]，包括濕式、半濕半乾式-印刷積層法、乾式-生胚積層法，主要差別在於使用漿料、油墨材料以及積層印製方式之不同，而國內廠商大部分是以半濕半乾式-印刷積層法之製程方式為主。半濕半乾式-印刷積層法是在生胚薄帶上，以交叉厚膜網印方式，將內導線及材料的油墨印製成內部線圈的結構，再經過積層、壓合、切割、共燒等程序製成。

而在晶片型電感器製程中，電感接頭會有變形及歪斜的瑕疵品；線圈在製程中，接腳會有斷線的情形，因此本文將利用影像處理的技術來做檢測。

## 2.2 問題描述

市面上已有許多的影像檢測，可檢測的層面包括科技產業、民生、醫療等。目前電感器的檢測大部分是利用人眼的判別，因檢測電感器樣式、特性的不同，所需要的檢測設備及軟體程式設計也會不相同。本文是針對晶片型電感器接頭及電感線圈作為影像處理的目標，電感

器接頭的大小約為 1.5mm x0.6mm 與電感線圈接點 2mm x2mm，如圖 2-3、2-4 所示。透過影像處理的技術來求取變形、歪斜、斷線等，其變形的計算是用二值化然後在求取面積，歪斜及斷線注重在邊緣偵測和正確的演算法計算，將在 2.3 節介紹理論。



圖 2-3 晶片型電感器

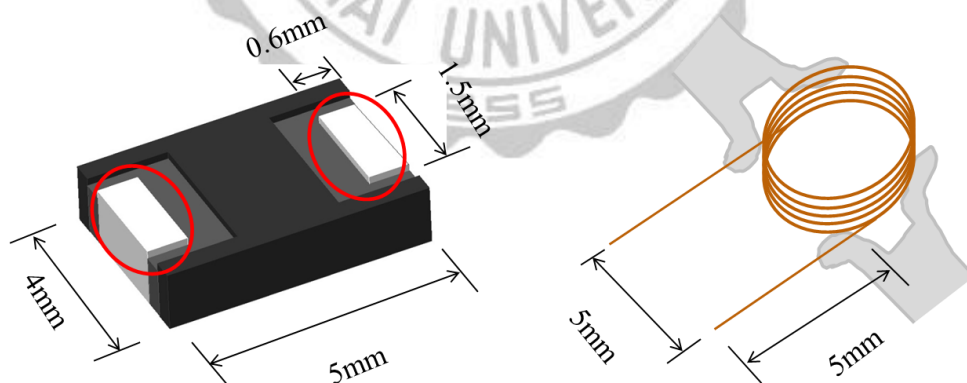


圖 2-4 晶片型電感器及電感線圈尺寸

## 2.3 視覺系統

視覺系統的原理與人類的眼睛構造類似，人的眼睛好比是一個取像裝置，經由大腦處理資訊，再傳遞給肢體做動作。如圖 2-5 視覺系統之概念，外界物體的影像會透過膜片，由 CCD 陣列感測影像電荷訊號，將所感測到的訊號透過傳輸路徑送至影像轉換單元，經由轉換後獲得可供影像處理的資料。

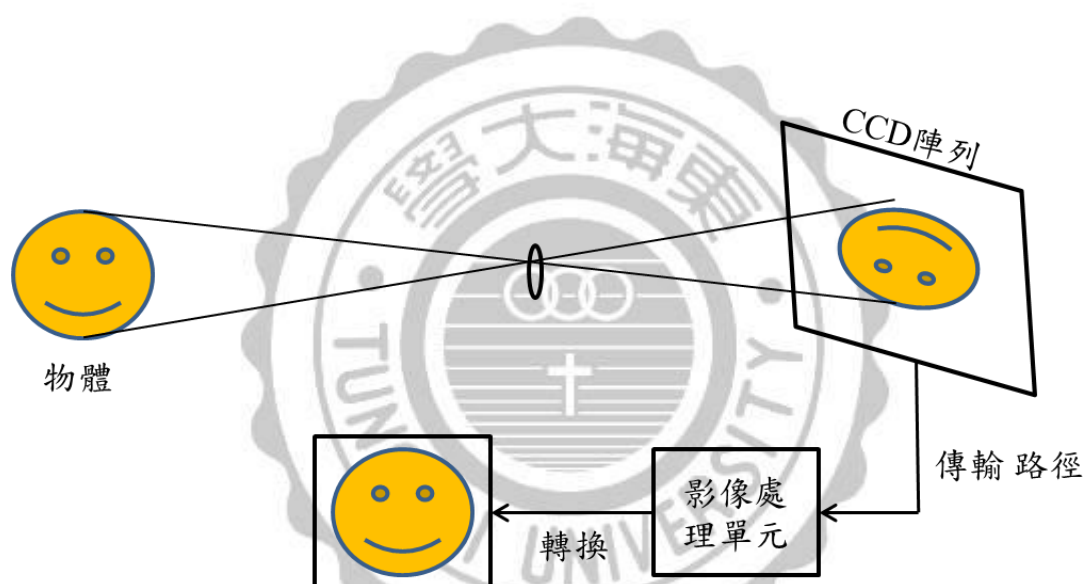


圖 2-5 視覺系統之概念

## 2.4 理論分析

CCD 在實際攝取影像時會受到光源打光不良、待測物與背景的灰階值沒有明顯的差異，造成對比不夠強的影響，如圖 2-6。因此使用窗格切割的方法[2]，將待測物與不相干的物體、背景區隔開來，來降低光源打光不良造成影像不佳的結果。以下將開始描述系統所用到的影像處理二值化及邊緣檢測的理論。



圖 2-6 光源打光不良、待測物與背景對比不明顯

#### 2.4.1 影像處理作業與運算原理

影像的大小是以像素為單位，影像的類型可分為灰階、黑白及彩色影像。彩色影像是由 R（紅色）、G（綠色）、B（藍色）三種色光組成，為了減少影像處理的複雜度，本文中使用的影像皆為 8 位元灰階影像 0~255 共 256 個灰階，灰階的計算方式  $\text{Gray Level} = (R+G+B) / 3$ 。灰階影像是二個維度的光強度函數  $f(x, y)$ ，在數位影像中可用二維矩陣來表示，它的行與列決定影像中的一個點，對應的矩陣就是該點的灰階值，圖 2-7 表示一個  $m*n$  像素的影像， $f(x, y)$  為對應點  $(x, y)$  的灰階值。

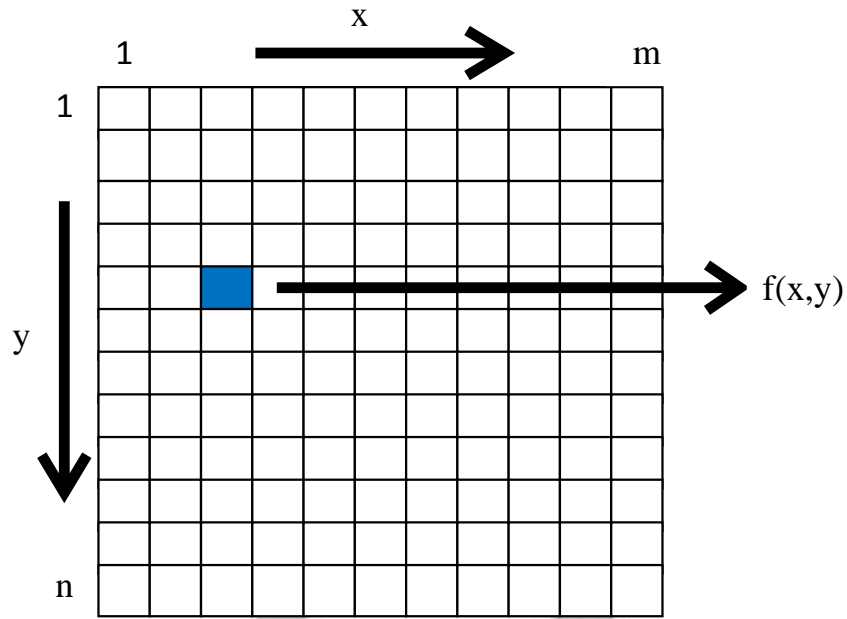


圖 2-7 一個  $m*n$  像素的影像， $f(x,y)$  即為對應點  $(x,y)$  的灰階值

影像的處理作業可分為點運算與範圍運算，點處理運算如式

(2-1)，將原輸入影像  $f(x,y)$  經過  $T$  的轉換函數轉換成  $g(x,y)$  處理後的影像，圖 2-8 為灰階影像經二值化點運算的處理。

$$g(x,y) = T[f(x,y)] \quad (2-1)$$

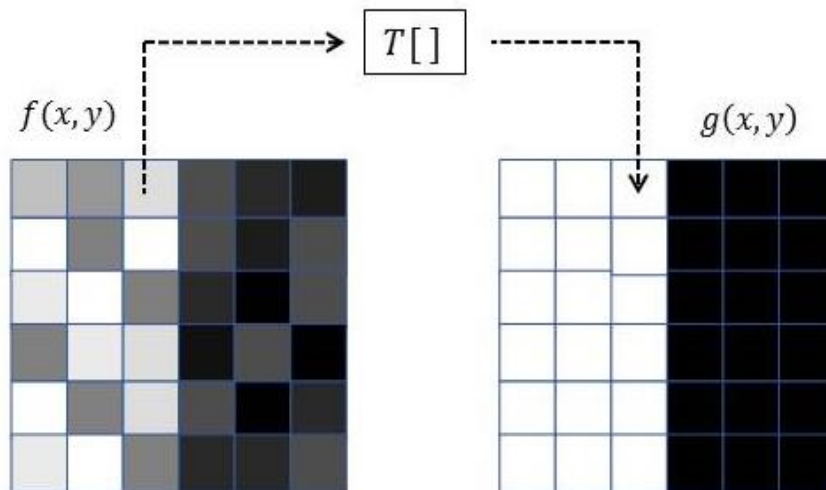


圖 2-8 點處理運算

範圍運算又稱為影像濾波或遮罩處理，影像中的每個點會受到鄰近點的影響而得到新的值。一般遮罩可用 3x3 矩陣來表示，或因為需求而增大遮罩至 5x5、7x7，本節以 3x3 矩陣做說明，若定義該點的值為  $f(x,y)$ ，鄰近 8 個點的參考值如式 2-2 所示。

$$\begin{bmatrix} f(x-1, y+1) & f(x, y+1) & f(x+1, y+1) \\ f(x-1, y) & f(x, y) & f(x+1, y) \\ f(x-1, y-1) & f(x, y-1) & f(x+1, y-1) \end{bmatrix} \quad (2-2)$$

圖 2-9 表示一個 3x3 範圍運算， $T$  代表 3x3 的遮罩如式(2-3)所示，將該點  $f(x,y)$  經過遮罩  $T$  做迴旋運算，運算結果如式(2-4)即得到新的值。



$$T = \begin{bmatrix} u_{11} & u_{12} & u_{13} \\ u_{21} & u_{22} & u_{23} \\ u_{31} & u_{32} & u_{33} \end{bmatrix} \quad (2-3)$$

$$\begin{aligned} g(x,y) = & u_{11} f(x-1, y+1) + u_{12} f(x, y+1) + u_{13} f(x+1, y+1) \\ & + u_{21} f(x-1, y) + u_{22} f(x, y) + u_{23} f(x+1, y) \\ & + u_{31} f(x-1, y-1) + u_{32} f(x, y-1) + u_{33} f(x+1, y-1) \end{aligned} \quad (2-4)$$

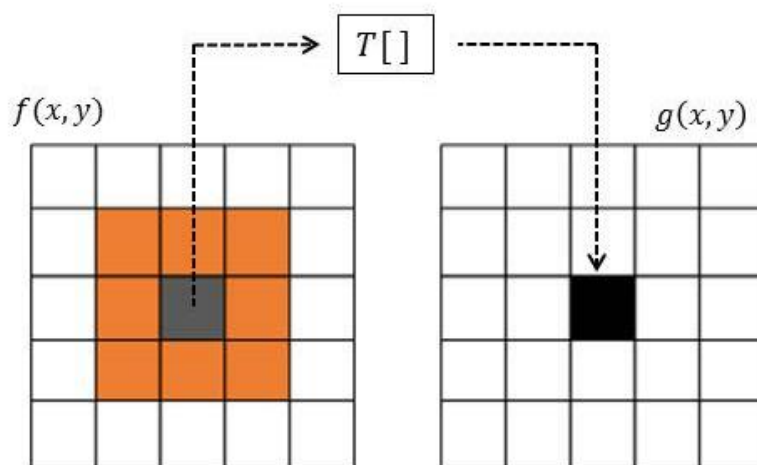


圖 2-9 表示一個 3x3 範圍運算

#### 2.4.2 影像二值化

在影像的處理上我們只對感興趣的影像做處理，透過 CCD 所擷取的 8 位元灰階影像，藉由二值化來減少影像複雜的運算，加快檢測速度。此方法是為了讓電感器接頭與其它背景做分離，簡化處

理的動作。根據影像中每一個像素的灰階值出現的頻率，可以得知灰階直方圖分佈的情形，如圖 2-10。

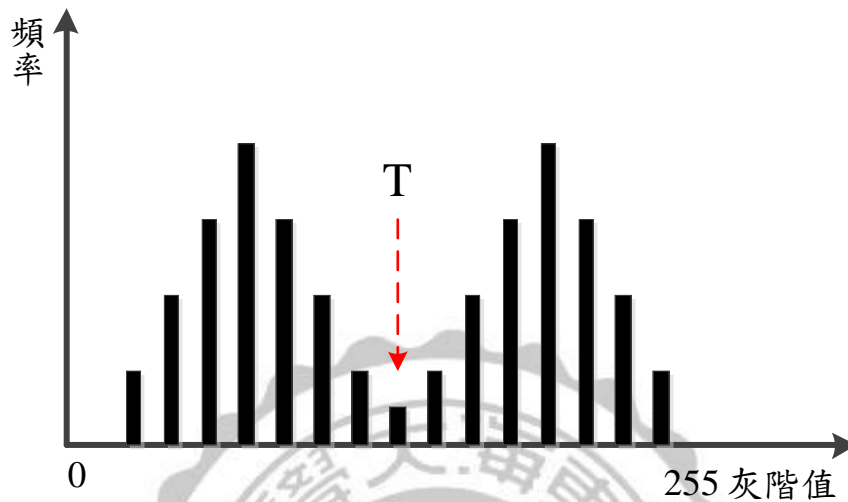


圖 2-10 灰階值方圖

二值化是依據灰階直方圖的灰階值分布情形，在圖中找到一個相對低點，此低點的灰階值就是二值化的門檻值  $T$ ，當影像像素的灰階值小於  $T$ ，將灰階值設為黑點(0)，而灰階值大於  $T$ ，將灰階值設為白點(255)，此作法影像只剩下黑、白兩值，可將感興趣的影像與背景分離，減少計算、方便後續的處理，其函數如式(2-5)。

$$g(x,y) = \begin{cases} 0 & f(x,y) < T \\ 255 & f(x,y) \geq T \end{cases} \quad (2-5)$$

其中  $f(x,y)$  表示影像任一點的灰階值，而  $T$  為門檻值。門檻值的選取是影像處理非常重要的關鍵，若選取的門檻值太小，容易產生雜訊、背景不需要的影像資料，反之若選取的門檻值過大，容易

將待測物視為雜訊、背景。根據 OSTU 理論[3][4][5]，利用統計的原理，找出門檻值  $T$ ，圖 2-11 中表示由  $T$  值將影像分為兩個區域， $G1$  影像中任一個像素的灰階值介在  $0 \leq f(x, y) < T$ ， $G2$  影像中任一個像素的灰階值介在  $T \leq f(x, y) \leq 255$ ，並且滿足下列兩條件其中之一，即可找到門檻值  $T$ 。

1.  $G1$  內與  $G2$  內變異數的和為最小
2.  $G1$  與  $G2$  之間的變異數為最大

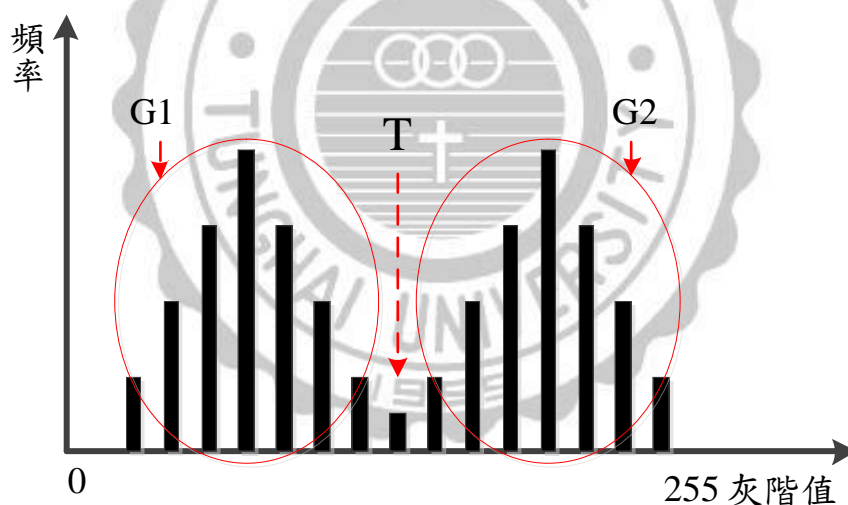


圖 2-11  $T$  值將影像分為兩個區域

假設影像的大小為  $M$ ，灰階值的個數為  $I=256$ ，灰階值 0 至 255。

灰階值  $i$  的機率可表示為：

$$p(i) = \frac{m_i}{M} \quad (2-6)$$

$m_i$ =灰階值為  $i$  的次數

因此可得：

$$\sum P(i) = 1 \quad (2-7)$$

G1 內的像素個數占的比率為：

$$W_1 = P_r(G_1) = \sum_{i=0}^T P(i) \quad (2-8)$$

G2 內的像素個數占的比率為：

$$W_2 = P_r(G_2) = \sum_{i=T+1}^{I-1} P(i) \quad (2-9)$$

G1 的期望值：

$$U_1 = \sum_{i=0}^T \frac{P(i)}{W_1} \times i \quad (2-10)$$

G2 的期望值：

$$U_2 = \sum_{i=T+1}^{I-1} \frac{P(i)}{W_2} \times i \quad (2-11)$$

G1 的變異數：

$$\sigma_1^2 = \sum_{i=0}^T (i - U_1)^2 \frac{P(i)}{W_1} \quad (2-12)$$

G2 的變異數：

$$\sigma_2^2 = \sum_{i=T+1}^{I-1} (i - U_2)^2 \frac{P(i)}{W_2} \quad (2-13)$$

G1 內與 G2 內變異數的和：

$$\sigma_W^2 = W_1 \sigma_1^2 + W_2 \sigma_2^2 \quad (2-14)$$

G1 與 G2 之間的變異數為：

$$\sigma_B^2 = W_1 (U_1 - U_A)^2 + W_2 (U_2 - U_A)^2 \quad (2-15)$$

其中 $U_A$ 表示原始影像的平均值：

$$U_A = \sum_{i=0}^{I-1} \frac{m_i \times i}{M} = \frac{1}{M} \sum_{i=0}^{I-1} m_i \times i \quad (2-16)$$

原始影像的變異數：

$$\sigma_A^2 = \sigma_W^2 + \sigma_B^2 \quad (2-17)$$

$\sigma_A^2$ 為原始影像的變異數，為一常數。所以 $\sigma_W^2$ 的最小值即 $\sigma_B^2$ 的最大值，將灰階值 0~255 帶入公式(2-15)找到最大的 $\sigma_B^2$ ，對應的灰階值即為 OSTU 理論的最佳門檻值 T。

### 2.4.3 邊緣偵測

在分析影像時除了使用二值化，邊緣偵測也是相當重要的，邊緣偵測的目的就是要找出物體的邊界點，在影像中將背景與物體區隔的像素即是邊界，可用來辨別物體的形狀、輪廓，有助於後續的影像處理。

邊緣表示在影像中像素的灰階值會有劇烈的變化，偵測像素及其周圍鄰域的灰階值，是使用一階導函數及二階導函數來計算灰階值梯度的大小，如圖 2-12 表示影像灰階值在一次及二次微分下變化的情形。

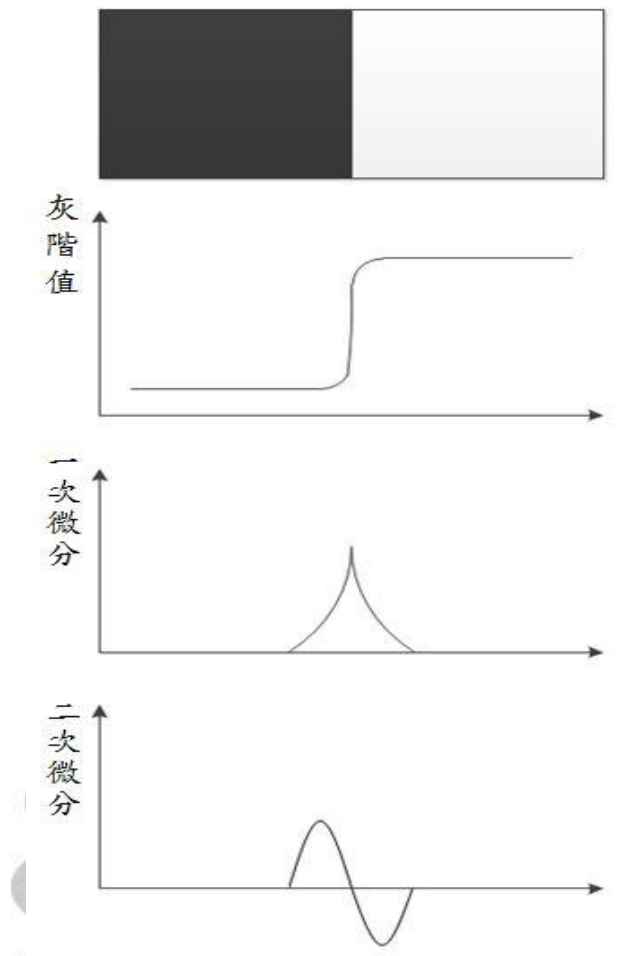


圖 2-12 邊緣灰階值的一、二次微分

影像為二維的灰階值函數，灰階的變化可用梯度來表示斜率變化的向量，影像梯度定義為：

$$\nabla f(x, y) = \left[ \frac{\partial f(x, y)}{\partial x} \quad \frac{\partial f(x, y)}{\partial y} \right] = [G_x \quad G_y] \quad (2-18)$$

其中 $G_x$ 表示 x 方向的梯度值， $G_y$ 表示 y 方向的梯度值，梯度的大小可表示為：

$$|\nabla f(x, y)| = \sqrt{G_x^2 + G_y^2} \quad (2-19)$$

梯度的角度表示為：

$$\theta = \tan^{-1} \left( \frac{G_x}{G_y} \right) \quad (2-20)$$

計算梯度的方式如圖 2-13，可以用近似解的方法求得， $G_x$ 、 $G_y$

計算方式如下：

$$G_x \approx \frac{f(x+\Delta x, y) - f(x-\Delta x, y)}{2\Delta x} \quad (2-21)$$

$$G_y \approx \frac{f(x, y+\Delta y) - f(x, y-\Delta y)}{2\Delta y} \quad (2-22)$$

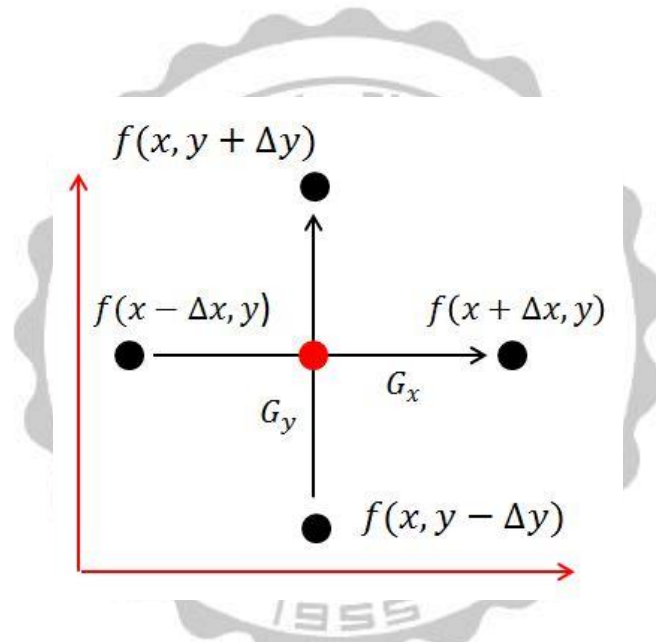


圖 2-13 計算梯度的方式

式 2-21、2-22 的運算結果也可用  $G_x = [-1 \ 0 \ 1]$ 、 $G_y = \begin{bmatrix} -1 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}$  遮

罩對影像作迴旋積而得到同樣的結果，但使用這兩個遮罩得到的影像會有一些誤差，又可以演化為 Prewitt 濾波器，此濾波器可表示為：

$$P_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2-23)$$

$$P_y = \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad (2-24)$$

梯度的大小可表示為：

$$\nabla f(x, y) = \sqrt{P_x^2 + P_y^2} \quad (2-25)$$

使用一階導數在檢測邊緣時，若邊緣處的灰階值變化不明顯，找到的邊緣坡度會較平緩，無法判定真正的邊緣，此時可以使用二階導數會比一階導數的灰階值變化來的敏感。Laplacian 邊緣檢測即為二階導數，因影像為二次偏微分，將下列兩式(2-26)、(2-27)分別對 x 及 y 再作一次偏微分可得式(2-28)、(2-29)。

$$\frac{\partial f(x, y)}{\partial x} = \frac{f(x + \Delta x, y) - f(x, y)}{\Delta x} \quad (2-26)$$

$$\frac{\partial f(x, y)}{\partial y} = \frac{f(x, y + \Delta y) - f(x, y)}{\Delta y} \quad (2-27)$$

$$\nabla^2 f(x, y) = \frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial y^2} \quad (2-28)$$

$$\begin{aligned} &= \frac{f(x + \Delta x, y) - 2f(x, y) + f(x - \Delta x, y)}{(\Delta x)^2} \\ &+ \frac{f(x, y + \Delta y) - 2f(x, y) + f(x, y - \Delta y)}{(\Delta y)^2} \end{aligned} \quad (2-29)$$



若  $\Delta x = \Delta y$  可將式(2-29)改寫為：

$$\nabla^2 f(x, y) = \left[ \frac{1}{\Delta x} \right]^2 [f(x + \Delta x, y) + f(x - \Delta x, y) - 4f(x, y) + f(x, y + \Delta y) + f(x, y - \Delta y)] \quad (2-30)$$

因此也可用式(2-30)的遮罩作迴旋積也可得到相同結果

$$\nabla^2 = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & -4 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad (2-31)$$

#### 2.4.4 鏈碼輪廓追蹤法

鏈碼輪廓也是一種偵測影像邊界的方法[5]，圖 2-14 為邊界示意圖，利用搜尋的方法，先找到第一個像素，接下來以四鄰近像素 1、3、5、7 或以八鄰近像素 1~8 來代表鄰近位置的向量，且用順時針的方式搜尋，如圖 2-15。

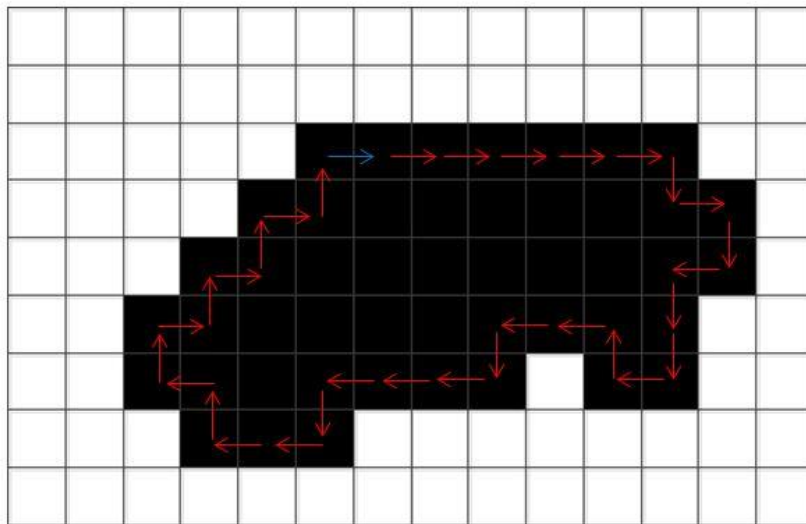


圖 2-14 邊界示意圖

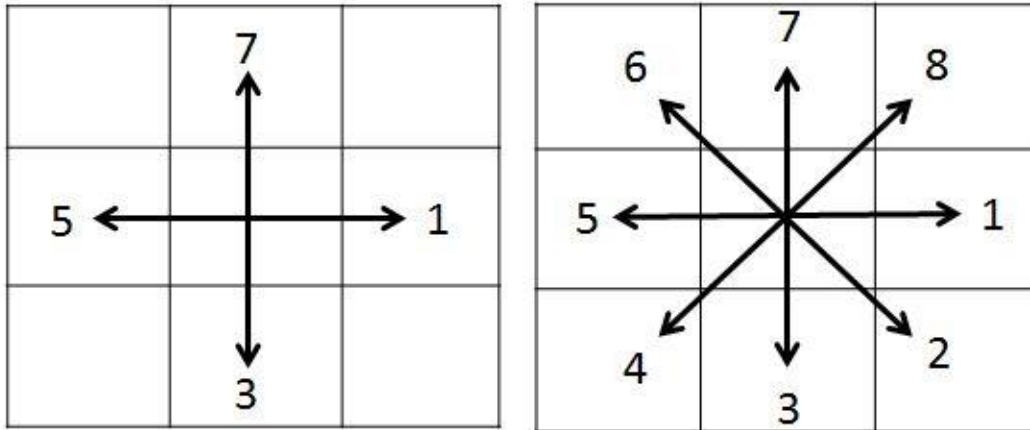


圖 2-15 四鄰近、八鄰近位置向量

搜尋邊緣的步驟如下（以四鄰近舉例）：

1. 從影像的左上角開始由左到右、上到下搜尋每一個像素，直到找到第一個像素（圖 2-14 藍色箭頭為第一個像素），並紀錄為起始點。
2. 以起始點依順時鐘方式搜尋鄰近  $3 \times 3$  像素，找到屬於該區域的像素，即新的邊界像素，並記錄其上一個像素，以確保不會重複找到同一個像素。
3. 重複步驟(2)回到起始位置，完成邊緣。

### 第三章 系統架構

本章將對待測物晶片型電感器來評估適合的機器視覺設備，架構一個影像擷取系統對待測物進行取像，且設計影像檢測處理系統，並完成晶片型電感器量測及定位，如圖 3-1 所示。

系統分成三個部份，第一部分為影像擷取系統，硬體器材包括 CCD 感測器、鏡頭、光源、影像擷取卡，文中將說明對待測物的性質，如何選擇適合的設備，以及各設備的參數調整，例如焦距、光源亮度、電子快門曝光時間等。

第二部份為運動控制系統，器材包括運動控制卡、馬達驅動器及滾珠螺桿，將影像擷取系統搭載在運動控制系統上，來完成定位及晶片型電感器檢測的工作。

第三部份為影像處理程式設計，包括如何讓影像擷取卡驅動程式與影像處理程式溝通，針對待測物的特性找到適合的影像處理演算法與幾何運算，將影像進行處理。

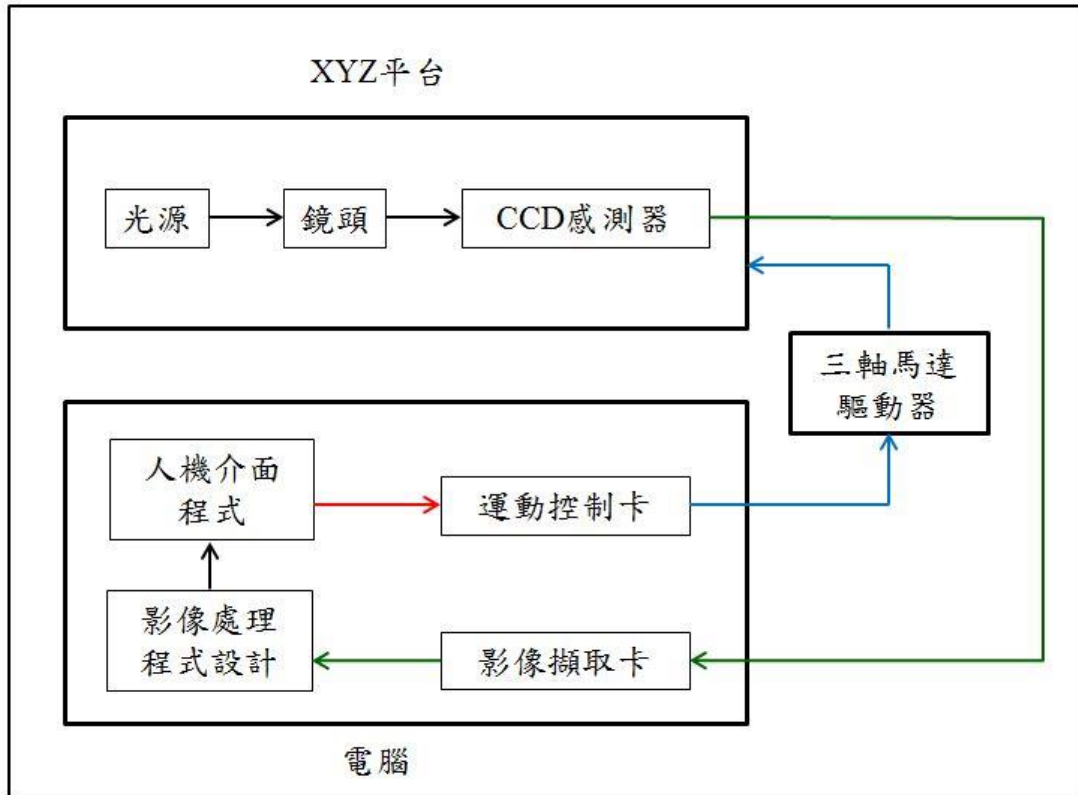


圖 3-1 影像檢測系統架構

### 3.1 影像擷取系統

本文所使用的影像擷取系統，主要包含 CCD 感測器、鏡頭、光源、影像擷取卡等，在選擇機器視覺元件時，需考量待測物的性質及各視覺元件的規格，如 CCD 感測器的解析度，影像擷取卡的取像速度、支援函示庫等，才能擷取到好的影像，助於後續的影像處理。

表 3-1 為影像擷取系統使用的設備，CCD 感測器與鏡頭安裝在 XYZ 運動控制系統平台上，仔細調整 Z 軸高度，讓鏡頭距離待測物 65mm，即可對焦。

表 3-1 影像擷取系統設備

| 名稱      | 規格                     | 數量 |
|---------|------------------------|----|
| CCD 感測器 | 黑白 XC-ES50，RS-170 視頻標準 | 1  |
| 鏡頭      | 固定焦距 1X，工作距離 65mm      | 1  |
| 光源      | 紅光 LED 內同軸光源           | 1  |
| 影像擷取卡   | Euresys Picolo         | 1  |

### 3.1.1 CCD 感測器

因晶片型電感器及電感器線圈兩項待測物無須用到彩色攝影機，因此系統選用 XC-ES50 灰階 CCD 攝影機如圖 3-2 所示。



圖 3-2 CCD 攝影機

表 3-2 為 CCD 感測器規格，大小為 1/2”尺寸，有效畫素是 768x494 像素，其視頻標準為 RS-170。若是使用彩色 CCD 攝影機，視頻標準為 NTSC。

表 3-2 CCD 感測器規格

|                            |                           |
|----------------------------|---------------------------|
| XC-ES50                    |                           |
| Image device               | 1/2 type IT CCD 6.4x4.8mm |
| Effective picture elements | 768x494                   |
| Signal system              | EIA(standard) RS-170      |
| Horizontal frequency       | 15.734 kHz                |
| Vertical frequency         | 59.94 Hz                  |
| Cell size                  | 8.4x9.8 um                |

影像擷取系統所使用的 CCD 感測器為面掃描式 1/2”尺寸，6.4mmx4.8mm 如圖 3-3 所示，使用固定焦距的鏡頭，可得到視野大小為 6.4mm x4.8mm，而 RS-170 視頻標準解析度為 640x480 像素，所以系統每個像素的解析度可以達 10um。

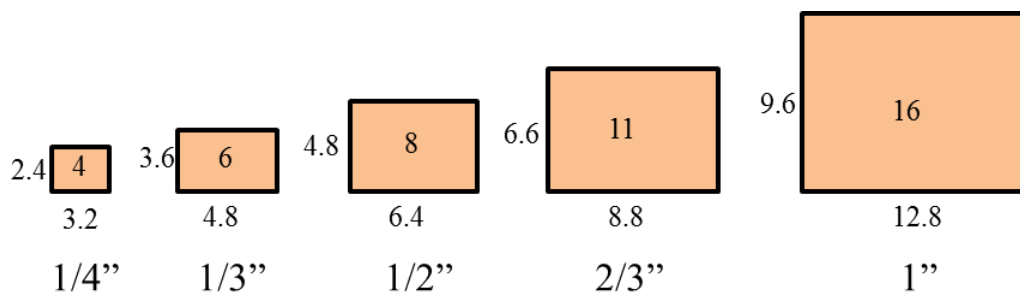


圖 3-3 CCD 感測器尺寸

CCD 攝影機是電荷耦合元件 (Charge Coupled Device)，使用高感光度的半導體，將光線打到待測物上，CCD 表面的感光單位，將感應到的光線轉變成電荷，電荷反映在組件上，所有的感光單位信號就構成了完整的畫面，如圖 3-4 所示。

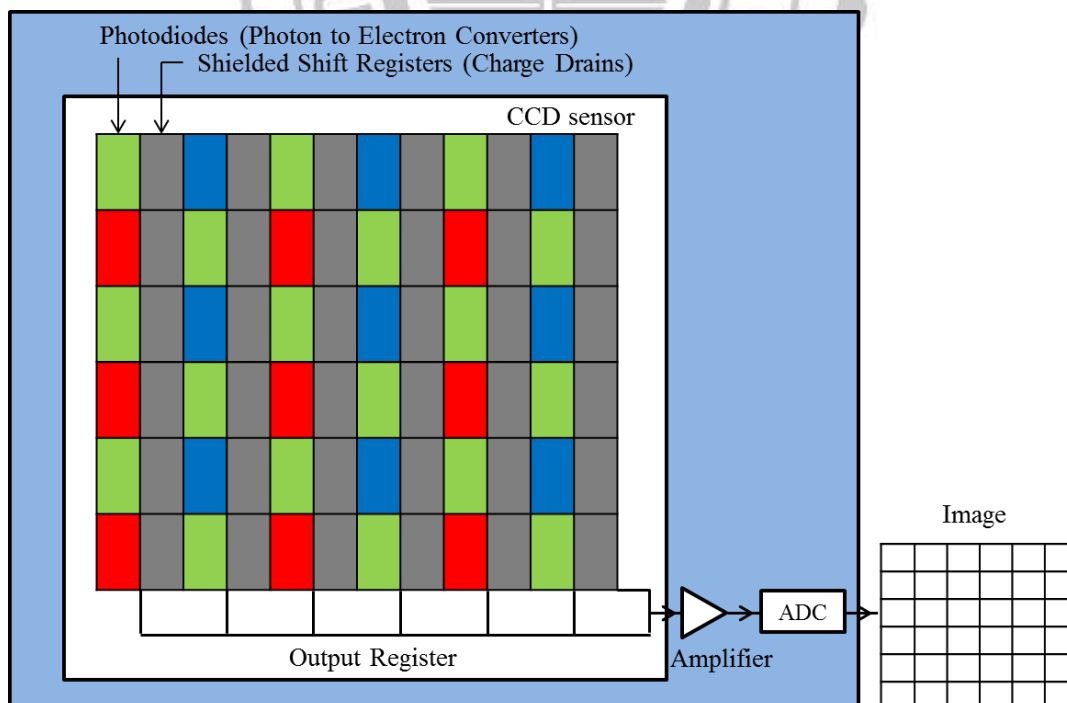


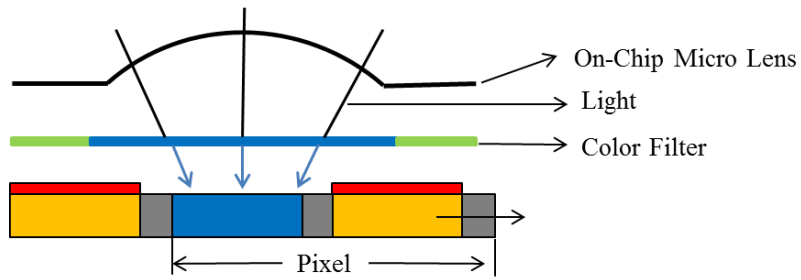
圖 3-4 CCD 內部示意圖

圖 3-5 是 CCD 感光元件的構造[6]，可以分為三層，第一層為微型鏡頭(ON-CHIP MICRO LENS)，在每一個感光元件上裝置微小鏡片使受光面積增加，以確保感光面積不是因感測器的開口面積來決定，使畫質變差。

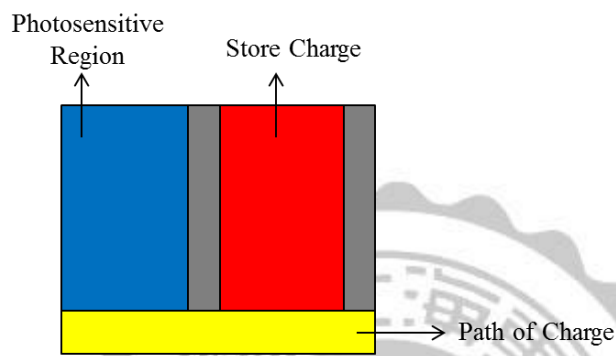
第二層為分色濾光片，主要是讓 CCD 具有色彩辨識功能，讓原本只具有光電感應的 CCD，透過分色濾光片可以感應不同光線的成份，讓最後影像處理返回原始色彩。

第三層為感光層，主要是負責將穿過第二層的光線轉換成電荷訊號，當穿過第二層的光線越強所產生的電荷就越多，是判斷光線大小的依據，再透過電荷通道將電荷傳輸到放大元件，完成一幅完整的畫面。





Side View



Top View

圖 3-5 CCD 單一感光元件構造

### 3.1.2 鏡頭

影像擷取系統中，鏡頭的選擇也是非常重要的一環，系統使用固定焦距 1 倍的光學鏡頭，工作距離為 65mm，且具同軸光的 tele-centric 鏡頭，如圖 3-6。

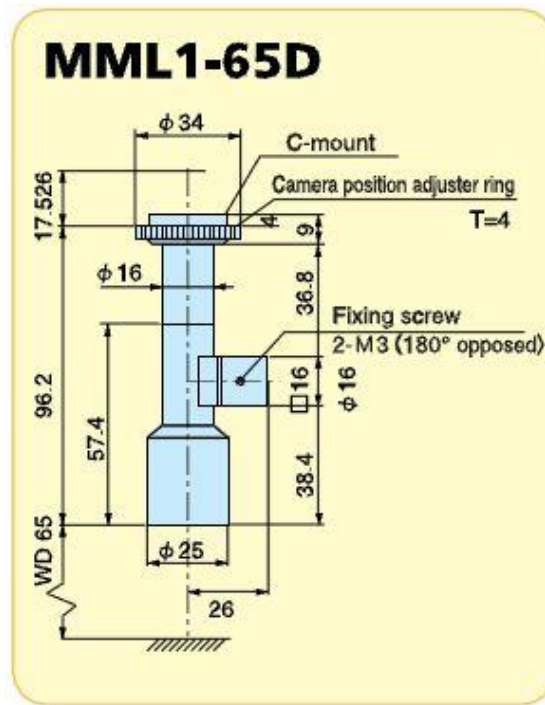


圖 3-6 固定焦距 1 倍，工作距離為 65mm 鏡頭

為了要擷取到好的影像，必須瞭解影像擷取系統的基本參數，以下是影響影像品質主要參數的定義，如圖 3-7。

1. 解析度：影像系統所辨識最小的尺寸。
2. 視野：CCD 攝影機實際上所擷取到物體的範圍，視野與解析度有關。
3. 工作距離：鏡頭前端到待測物表面的距離
4. 景深：物體能清楚的成像在焦距平面前後的距離。當鏡頭在對焦時，被攝物體的影像在焦距平面最清晰，然而被攝物體在焦距前後一個範圍依然可得到清晰影像，此範圍稱為景深。一般來說廣角鏡頭通常比望遠鏡頭有較大的景深。

5. 焦距:光線從無窮遠處被鏡頭內部的透鏡聚在光軸上的一點，這個點就是 CCD 攝影機的影像感測器位置，稱為焦點，而焦點與透鏡中心的距離即為焦距。焦距與影像的大小成正比，當其他條件不變時，焦距加倍，物體變為兩倍大，反之焦距為原來的一半，物體也縮小為一半的大小。

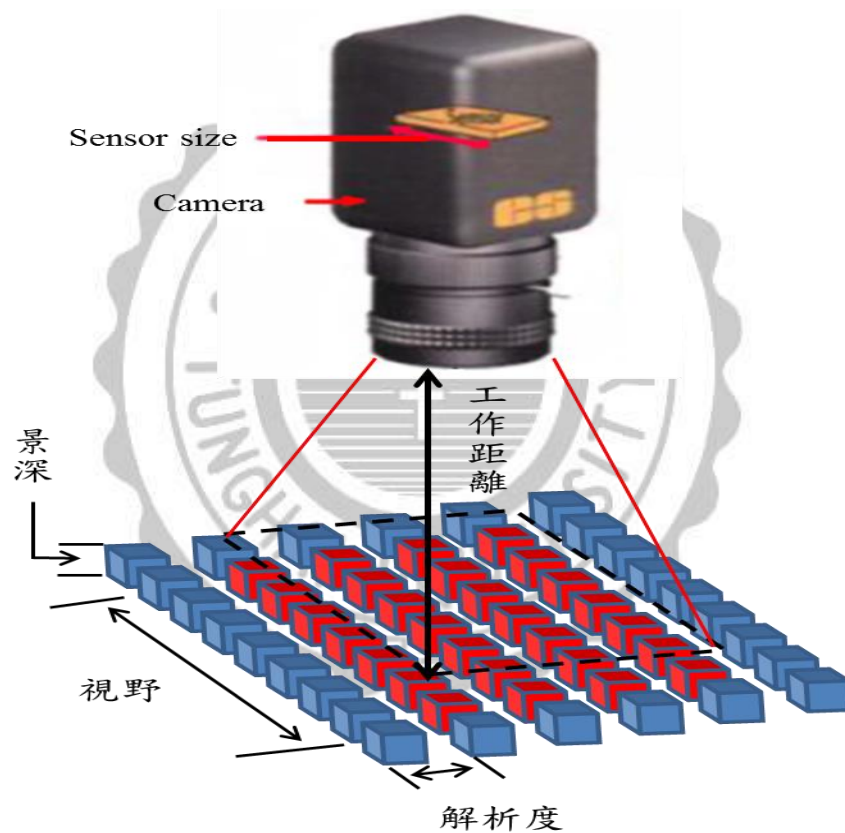


圖 3-7 影像品質主要的參數

薄透鏡成像的原理如圖 3-8 所示，可以藉由推導公式來幫助選擇適合的光學元件[2]。

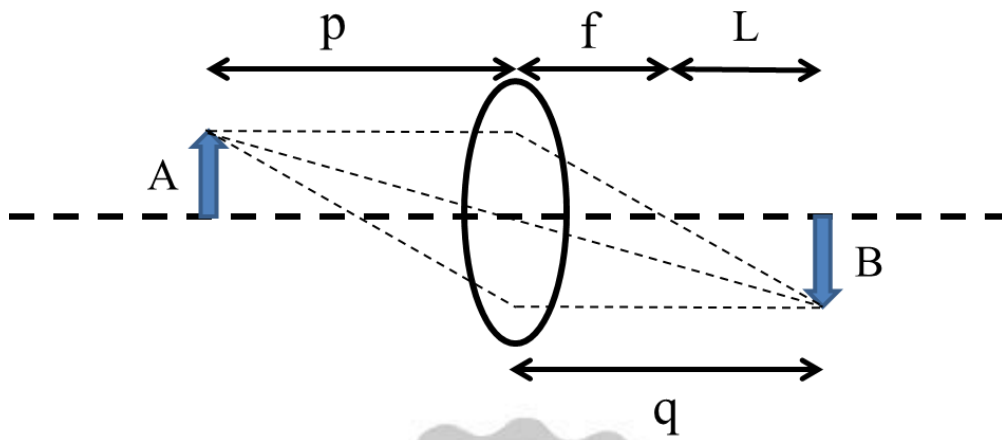


圖 3-8 薄透鏡成像原理

其中 A 是物體高度、B 是影像高度、p 是物距、q 是像距、F 是焦距、L 是延伸環長度。

$$\frac{B}{A} = \frac{q}{p}$$

$$\frac{B}{A} = \frac{q-f}{f}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{q} + \frac{1}{p} = \frac{1}{f}$$

$$M = \frac{B}{A} = \frac{q}{p}$$

其中 M 為鏡頭放大倍率。

$$p = \frac{f \times (1 + M)}{M}$$

$$L = q - f = M \times f$$

物體能清楚地呈現在 CCD 感測器上，是因為影像落在焦點的平面上，而鏡頭的焦距長度可由下式求得。

$$\frac{B}{A} = \frac{q - f}{f}$$

$$\Rightarrow f = \frac{B}{A} (q - f)$$

$$\Rightarrow f = \frac{A \times q}{A + B} = \frac{B \times p}{A + B}$$

以視野範圍 6.4mm，1/2" 尺寸 6.4mm 感測器計算可得：

$$f = \frac{6.4\text{mm} \times p}{6.4\text{mm} + 6.4\text{mm}}$$

其中鏡頭的工作距離  $p$  為 65mm，可求得鏡頭焦距  $f = 32.5\text{mm}$ 。

要決定影像系統的解析度，首先要知道待測物的大小及系統解析度。晶片型電感器接頭長寬約為 1.5mm x 0.6mm，我們想讓電感器接頭佔總視野的 1/4，因此總視野為 6mm。若電感器接頭的解析

度要求每個像素大小為 10 $\mu$ m，而 1/2" CCD 尺寸為 6.4mm x 4.8mm，每個像素大小為 10 $\mu$ m，因此可求得 CCD 感測器的解析度為 6mm/10 $\mu$ m=600 個像素，所以選用 1/2" CCD 像素為 640mm x 480mm，搭配 1 倍鏡頭可達解析度及視野要求，實際視野為 6.4mm。

### 3.1.3 光源設計

目前光源的種類有同軸光、背光、側光、環形光、線形光等，根據物體的性質去選擇適合的光源。本文待測物體為晶片型電感器接頭及電感線圈，前者是以內同軸光源垂直打光，後者是打背光，再仔細調整 CCD 的電子快門及 LED 調光器，可得到較佳的影像。

圖 3-9 為晶片型電感器因打光不良，所擷取的畫面沒有明顯差異，仔細調整過 CCD 參數及 LED 調光器可得到較好的影像。

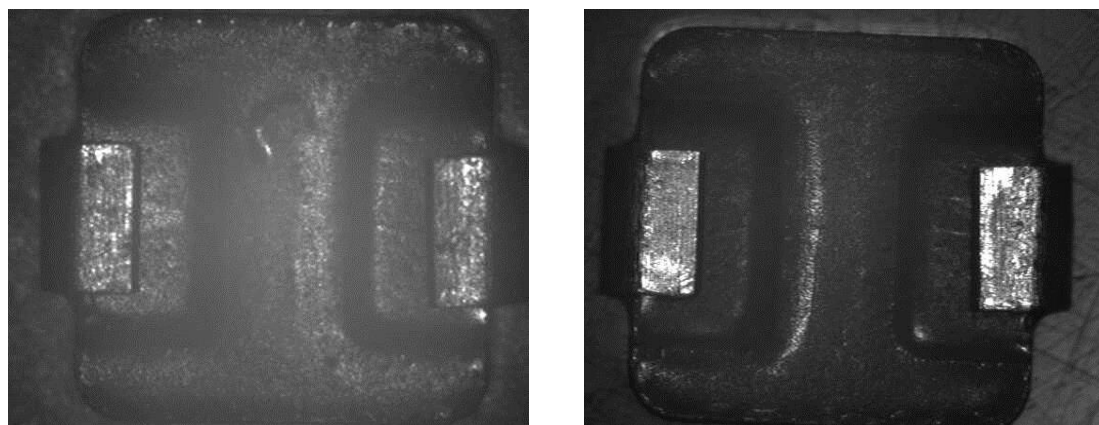


圖 3-9 實際擷取的晶片型電感器影像

圖 3-10 為電感器線圈實際擷取的影像，因檢測的性質不一樣，若是以內同軸光源垂直打光會比打背光來的差，因此電感器線圈選用背光的方式進行打光，如圖 3-11。

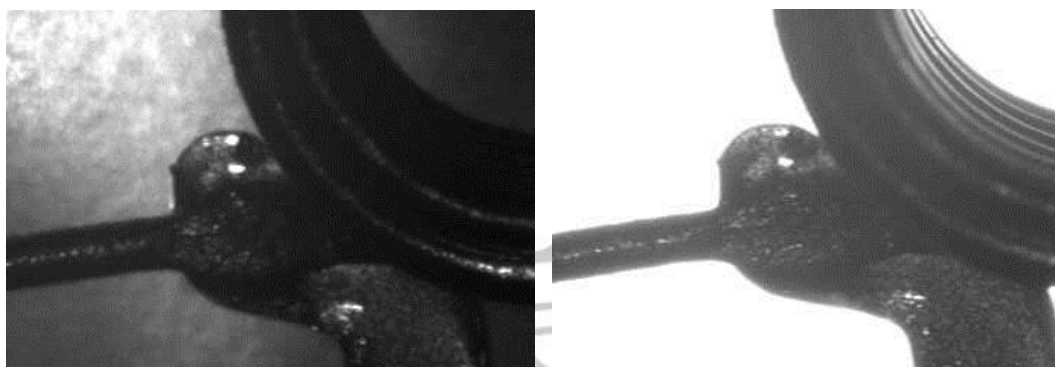


圖 3-10 為電感器線圈實際擷取的影像

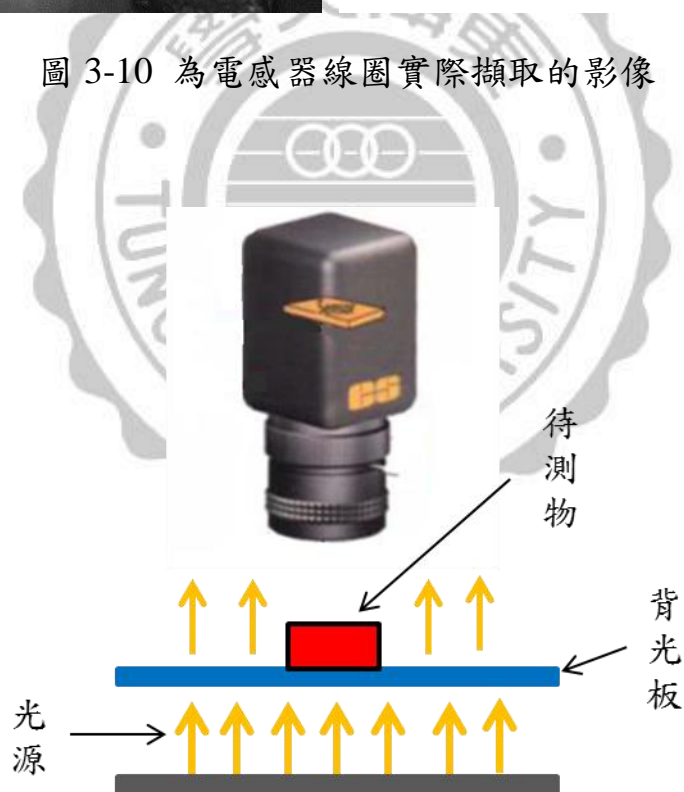


圖 3-11 背光板打光示意圖



CCD 取像的品質會受到光源選擇的影響，針對不同待測物的特性選擇合適的光源，會使檢測物體的特徵、輪廓比背景更為明顯，系統使用 LED 內同軸光源、LED 調光器及自製背光板，如圖 3-12。

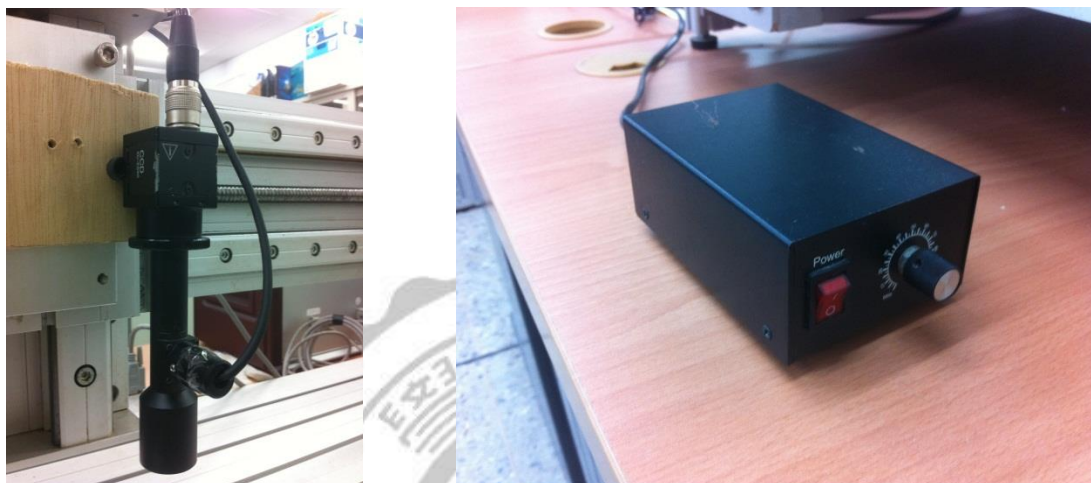


圖 3-12 LED 內同軸光源、LED 調光器

同軸光源又可以分為內同軸光源與外同軸光源，如圖 3-13。內同軸光源是屬於點狀光源，易發生影像的中心會較亮周圍較暗的情形，但體積較輕小。外同軸光源的打光範圍較大，但體積較大不易使用。



圖 3-13 內同軸光源與外同軸光源



### 3.1.4 影像擷取卡

影像擷取卡，如圖 3-14 所示，因 CCD 攝影機是屬於類比式，在選擇影像擷取卡時，必須要有類比轉數位的功能，雖然目前數位攝影機佔大多數，但類比式仍為標準攝影機，其硬體規格如下：

1. 接收信號格式：彩色為 NTSC（美規）、PAL（歐規）標準，單色為 RS-170（美規）、CCIR（歐規）標準。
2. 影像解析度：640x480（美規）、768x576（歐規）。
3. 傳輸速率：30fps（美規）、25fps（歐規）。
4. 匯流排種類：PCI 匯流排。



圖 3-14 Euresys PicoLo 影像擷取卡

## 3.2 運動控制系統

系統的第二部分為運動控制系統，是由 Leadshine 公司的運動控制卡 DMC3000、馬達驅動器 M535 以及三維 XYZ 線性滾珠螺桿平台組成。

### 3.2.1 運動控制卡

運動控制卡 DMC3000，如圖 3-15 所示，是將程式運動指令轉為脈衝訊號來驅動三軸線性滾珠螺桿，適合多軸插補聯動，可用於兩軸圓弧插捕和多軸直線插補，其硬體規格如下：

1. 電機控制機制：1~4 軸伺服/步進馬達。
2. 最大脈波頻率：4MHZ。
3. 傳輸措施：32 位 PCI 匯流排：
4. 速度曲線模式：兩軸圓弧插補與 2~3 軸直線插補：
5. 速度曲線模式：常量速度、S 加速和梯形加速：
6. 運動中可隨時光滑改變速度和目標位置：



圖 3-15 運動控制卡 DMC3000

### 3.2.2 馬達驅動器

系統使用的馬達驅動器如圖 3-16，可細分倍數為 2 倍到 250 倍的步進馬達驅動器，適合驅動 3.5A 電流以下的兩相或四相混合式

步進馬達。而本文中的步進馬達是可單步旋轉的電機，利用脈衝式的電流讓定子線圈激磁，藉以使轉子轉動，轉子的轉動角度與輸入脈波數成正比。



圖 3-16 馬達驅動器

### 3.2.3 XYZ 線性平台

圖 3-17 XYZ 線性平台是由三個軸的滾珠螺桿組成，藉以檢測晶片型電感器，平台的尺寸為 90cm x 60cm x 30cm。滾珠螺桿的移動是由程式下達運動指令，運動控制卡接收到訊號後，將方向、脈衝訊號給馬達驅動器，馬達驅動器的電流驅動步進馬達，步進馬達使滾珠螺桿做旋轉運動，再轉換成直線運動來檢測待測物。

滾珠螺桿轉動一圈的齒數為 200，為了讓移動更精確，利用馬達驅動器，將細分精度為 25 微分，所以滾珠螺桿轉動一周需要 5000 個脈衝，一個脈衝可轉動 0.072 度。

$$200 \times 25 = 5000$$

$$\theta = \frac{360^\circ}{200 \times 25} = 0.072(\text{度/脈衝})$$

而滾珠螺桿轉動一周可讓平台夾具移動 4000um，因此一個脈衝可移動夾具的距離為 0.8 (um/脈衝)。

$$\frac{4000(\text{um/周})}{5000(\text{脈衝/周})} = 0.8(\text{um/脈衝})$$

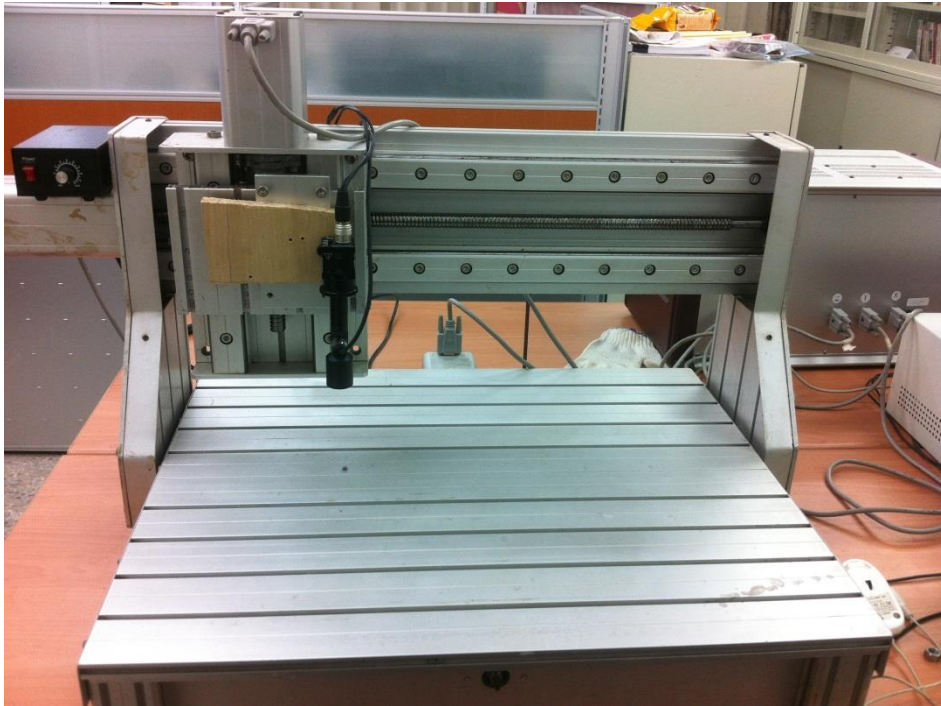


圖 3-17 XYZ 線性平台

### 3.3 影像處理程式設計

系統的第三部分為影像處理程式設計，為了擷取電感器接頭與電感線圈的影像，系統使用 Euresys 公司 Picolo 系列的影像擷取卡，這家公司提供 MultiCam Drive 驅動程式，因此可利用 API 函式來與影像擷取卡溝通，以便擷取影像。系統的影像處理軟體是用 Visual Basic

6.0 來編寫程式，對擷取的影像經過二值化、邊緣檢測及幾何運算，以檢測電感器的瑕疵，圖 3-18 為影像處理的流程。

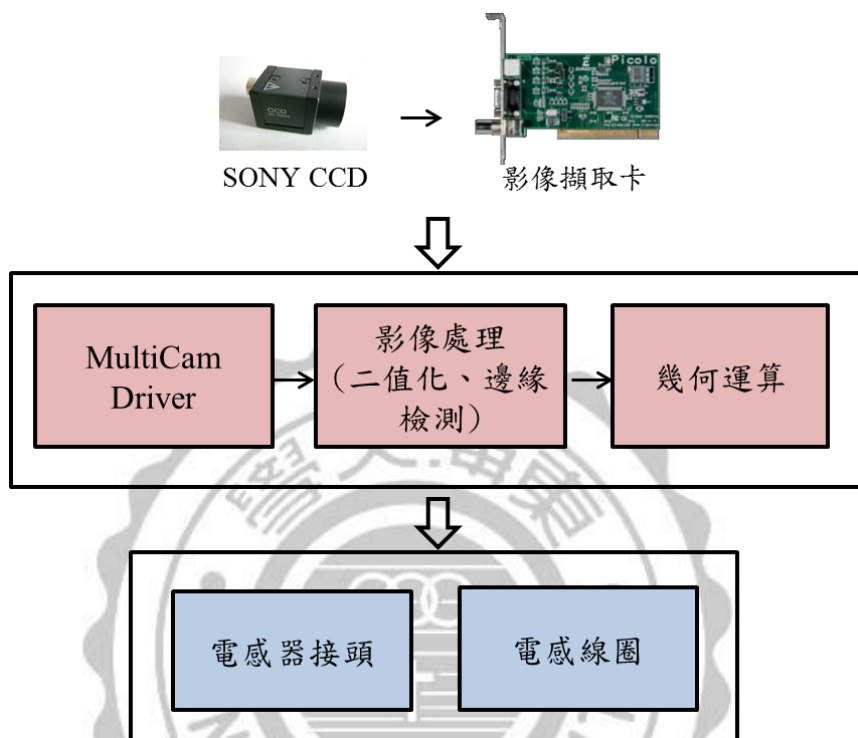


圖 3-18 影像處理流程

### 3.3.1 影像擷取

將 CCD、鏡頭、光源架構完成後，影像訊號透過影像擷取卡將影像傳至電腦的影像處理軟體，透過影像處理的運算，以檢測電感器的瑕疵。

### 3.3.2 切割窗格

系統對影像感興趣的區域(Region Of Interest, ROI)，利用切割窗格的方法，只對感興趣的部分做影像處理，如此便不用對感興趣



以外的區域做影像處理，以減少記憶體的使用空間、程式運算的複雜度。因 CCD 攝影機擷取的影像大小為 640x480 像素，感興趣區域大小約為 240x100 像素，我們只需針對感興趣區域做切割，可減少約 90% 的計算量。如圖 3-19 所示，對感興趣的區域做窗格切割，可避免影像其他部分的干擾，降低運算複雜度。

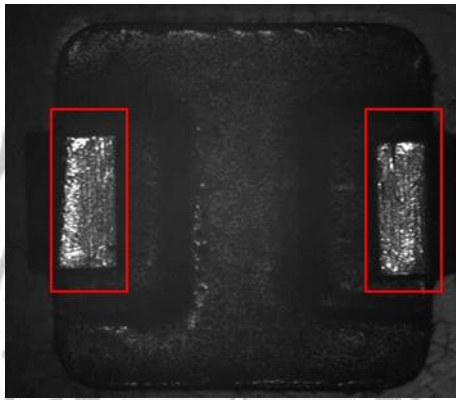


圖 3-19 對影像感興趣做切割，降低運算複雜度

### 3.3.3 電感器瑕疵檢測

本文電感器瑕疵的檢測是針對電感器接頭，其檢測工作主要有：

1. 變形
2. 歪斜

變形及歪斜的檢測是要判斷電感器的接頭是否有符合設計規格的大小，如圖 3-20 所示。其中變形的檢測是電感器接頭的影像

經過二值化、幾何運算，在與樣本比較，程式設計流程如圖 3-21 所示；而歪斜的檢測同樣是將電感器接頭的影像經過二值化、幾何運算，在判斷是否歪斜，程式設計流程如圖 3-22 所示。



圖 3-20 電感器良品與瑕疵品示意圖

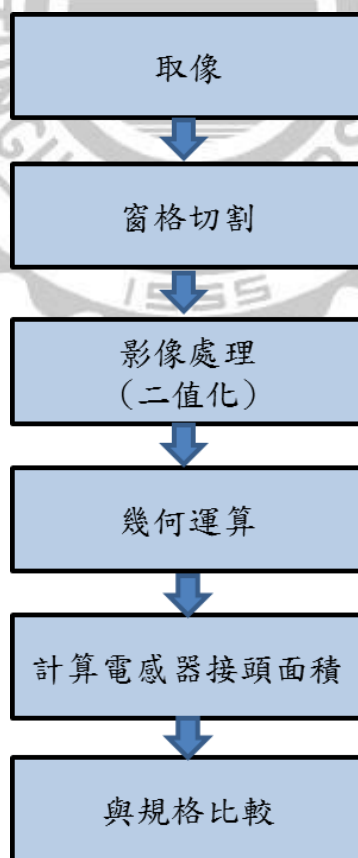


圖 3-21 電感器變形檢測程式設計流程

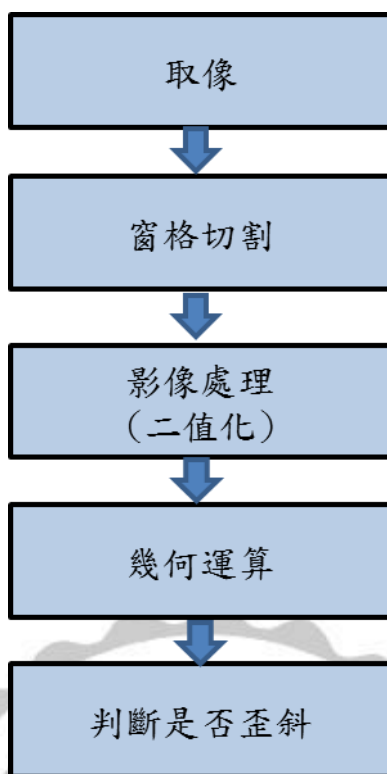


圖 3-22 電感器歪斜檢測程式設計流程

#### 3.3.4 電感線圈檢測

電感線圈的檢測是針對線圈的接點及接腳做檢測。擷取影像後，先經過二值化、邊緣偵測以及幾何運算，在判斷是否有斷線的情形，程式設計流程如圖 3-23。



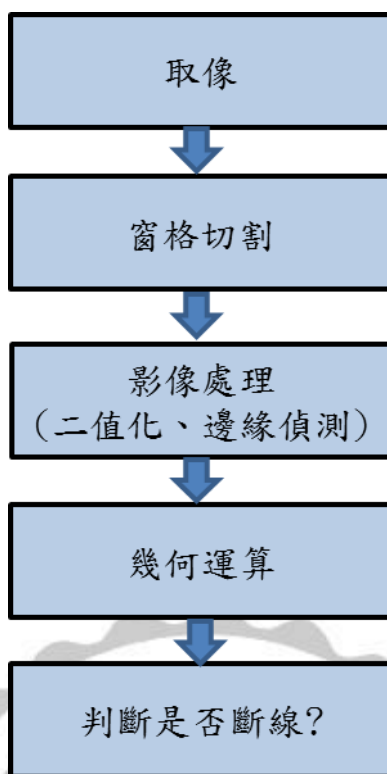


圖 3-23 電感線圈檢測程式設計流程

### 3.3.5 程式設計

本節將介紹程式設計流程，分別為調用驅動程式 MultiCam 中 API 函式及影像擷取 ROI 程式設計，透過驅動程式 MultiCam 的 API 函式，設定環境參數，藉此取得影像。

系統程式架構如圖 3-24 所示，當程式開始時，系統調用驅動程式 MultiCam 中的 API 函式，接著設定影像擷取卡的環境參數，以取得影像資料，再經幾何運算來對待測物做檢測。

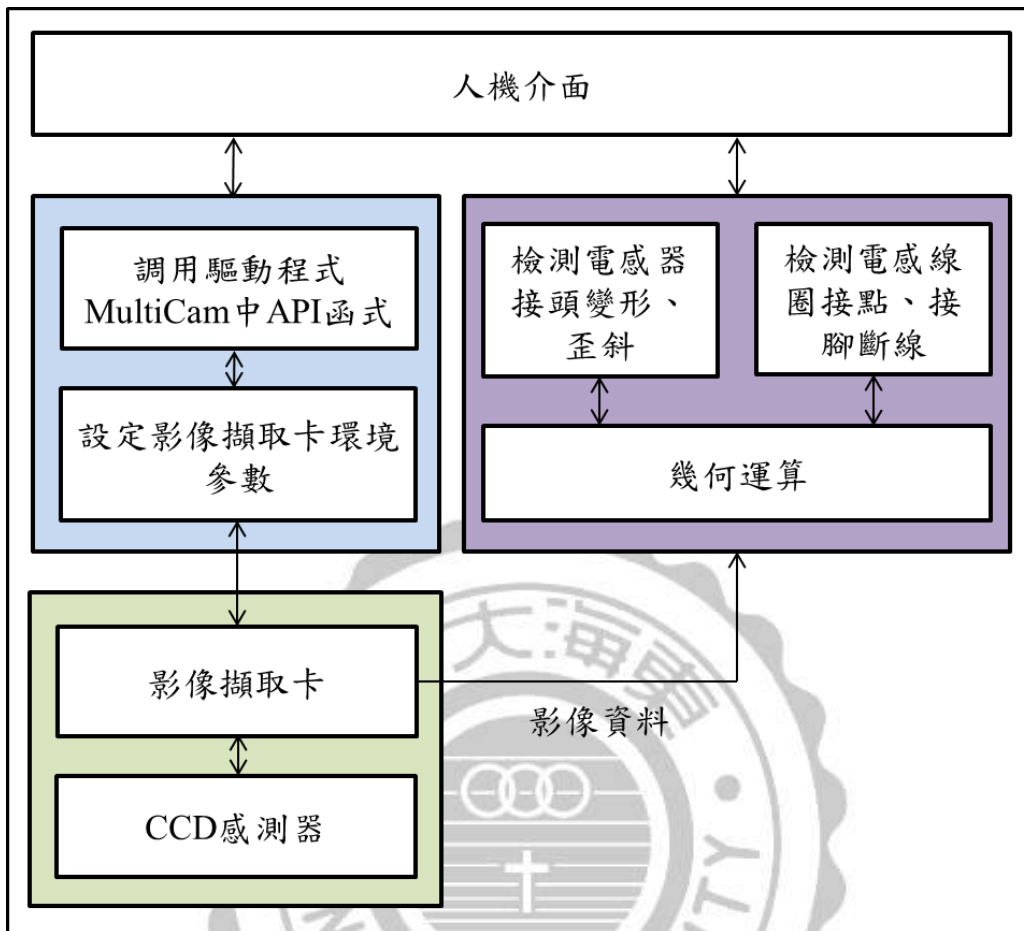


圖 3-24 系統程式架構

### 3.3.5.1 驅動程式 MultiCam 中 API 函式

系統程式呼叫 MultiCam 的 API 函式，藉此設定影像擷取卡的參數，從 CCD 攝影機獲取待測物的畫面，API 函式如下：

' 取得影像的大小

```
ECamera.intImageSizeX = .GetParamNm("ImageSizeX")
```

```
ECamera.intImageSizeY = .GetParamNm("ImageSizeY")
```

' 影像獲取

EasyMain1.Op12 eImgCopy, Obj.object, EBW8ImageView.object

EBW8ImageView.Refresh

lngFrameNb = lngFrameNb + 1

sngFrameRate = lngFrameNb / CSng(EasyMain1.StopTiming / 1000)

### 3.3.5.2 影像擷取與 ROI 程式設計

影像擷取與 ROI 程式是用 Euresys eVision 的 Easy 程式庫提供的 EBW8ImageView 及 EBW8ROI 兩個物件，其中 EBW8ImageView 物件是用來處理 8 位元的灰階影像，而 EBW8ROI 物件是擷取感興趣的影像，以減少大量的運算。Easy 程式庫提供以下功能：

1. 彩色或灰階影像物件。
2. 可支援外部圖像檔，如 bmp、jpeg、tiff 等。
3. 支援巢式 ROI 管理。
4. 執行時間的計算。

其中巢式 ROI 管理如圖 3-25，是為了要對感興趣的影像做切割窗格的處理，且 ROI 物件不需要記憶體的配置，EBW8ROI 物件必須依附在 EBW8ImageView 的物件上才可完成切割窗格。

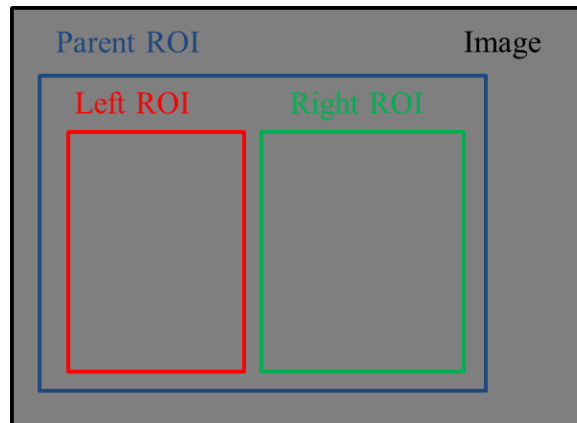


圖 3-25 巢式 ROI 管理

為了要建立 EBW8ImageView 及 EBW8ROI 兩物件，程式的寫法如下：

' 建立 EBW8ImageView 物件的大小

```
EBW8ImageView.SetSize intImageSizeX, intImageSizeY
```

' 建立 EBW8ROI

```
EBW8ROI1.ParentImage = EBW8ImageView.object
```

' EBW8ROI 物件大小及起始位置

```
EBW8ROI1.ROIOrgX = EBW8ImageView.ImageWidth / 4
```

```
EBW8ROI1.ROIOrgY = EBW8ImageView.ImageHeight / 4
```

```
EBW8ROI1.ROIWidth = EBW8ImageView.ImageWidth / 7
```

```
EBW8ROI1.ROIHeight = EBW8ImageView.ImageHeight / 2
```

' 移動 ROI

```

If (button = vbLeftButton) Then
    If (geCurrentHandle <> eHandleNone) Then
        EBW8ROI1.Drag geCurrentHandle, x, y
        EBW8ImageView.Refresh
    End if
End if

```

### 3.4 人機介面及功能介紹

系統的影像處理軟體是用 Visual Basic 6.0 來編寫程式，程式的人機介面如圖 3-26 所示。

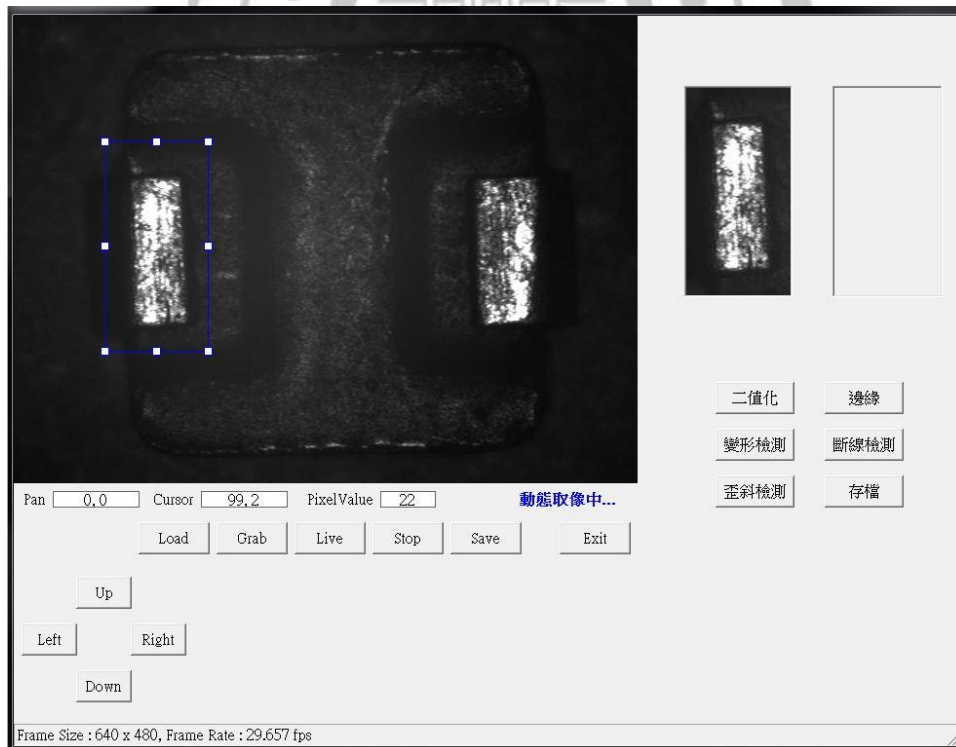


圖 3-26 系統人機介面

系統程式功能可分為：

## 1. 影像擷取卡功能

透過驅動程式 MultiCam 中的函式，來執行影像擷取的動作。

### (1) 擷取一張影像(Grab)

影像擷取卡單張取像，擷取完畢進入 IDLE 狀態。

```
ECamera1.SetParamNm "SeqLength_Fr", 1
```

```
' 張數 = 1, 單張取像
```

```
EasyMain1.StartTiming
```

```
' 開始計時
```

```
ECamera1.SetParamNm "ChannelState", "ACTIVE"
```

```
' 開始取像
```

### (2) 連續取像(Live)

影像擷取卡連續取像，以每秒 30fps 的速度取像。

```
ECamera1.SetParamNm "SeqLength_Fr", -1
```

```
' 張數 = -1, 即連續不停地取像
```

```
EasyMain1.StartTiming
```

```
' 開始計時
```

```
ECamera1.SetParamNm "ChannelState", "ACTIVE"
```

```
' 開始取像
```

### (3) 停止取像(Stop)

```
ECamera1.SetParamNm "ChannelState", "IDLE"
```

' 停止取像

## 2. 影像存取

### (1) Load

使用 eVision 的 EBW8Image 物件，可開啟已存檔的的灰階影像，進行後續的處理。

### (2) Save

可儲存 CCD 的即時影像，即把 EBW8Image 物件或 EBW8ROI 物件的影像儲存，儲存的格式可為 Tiff、Bmp 及 Jpeg。

## 3. 檢測功能

### (1) 變形檢測

### (2) 歪斜檢測

### (3) 斷線檢測

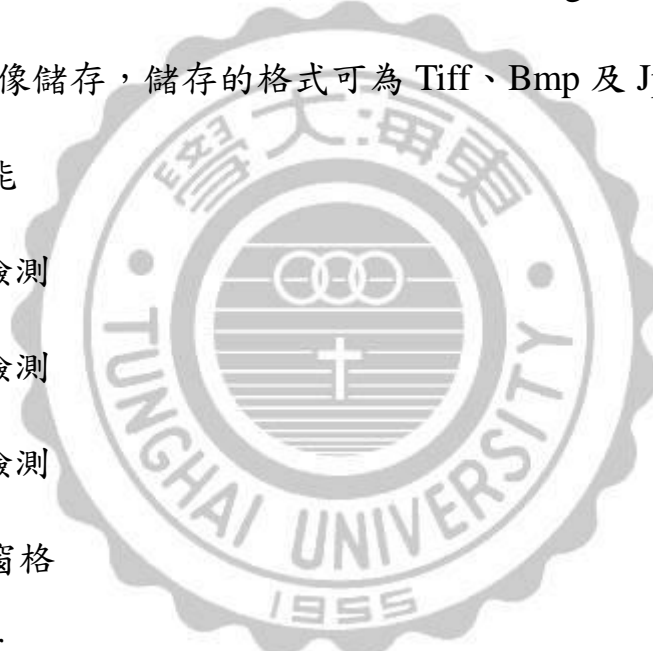
## 4. 狀態列窗格

### (1) Cursor

顯示滑鼠位置的座標。

### (2) Pixel Value

顯示滑鼠位置的灰階值。



## 第四章 實驗結果

在第三章介紹了系統架構，逐漸設計一個影像檢測系統以輔助晶片型電感器的定位及量測。系統架構如圖 4-1 所示，影像擷取系統的 CCD 攝影機及鏡頭安裝在滾珠螺桿的固定座上，當程式下達指令，由運動控制卡的脈衝訊號給馬達驅動器，驅動滾珠螺桿的馬達，使滾珠螺桿上的固定座 CCD 攝影機移動至待測物上進行取像，取像的影像訊號透過影像擷取卡將影像傳至電腦的影像處理軟體，檢測完畢在移動至下一個待測物體。

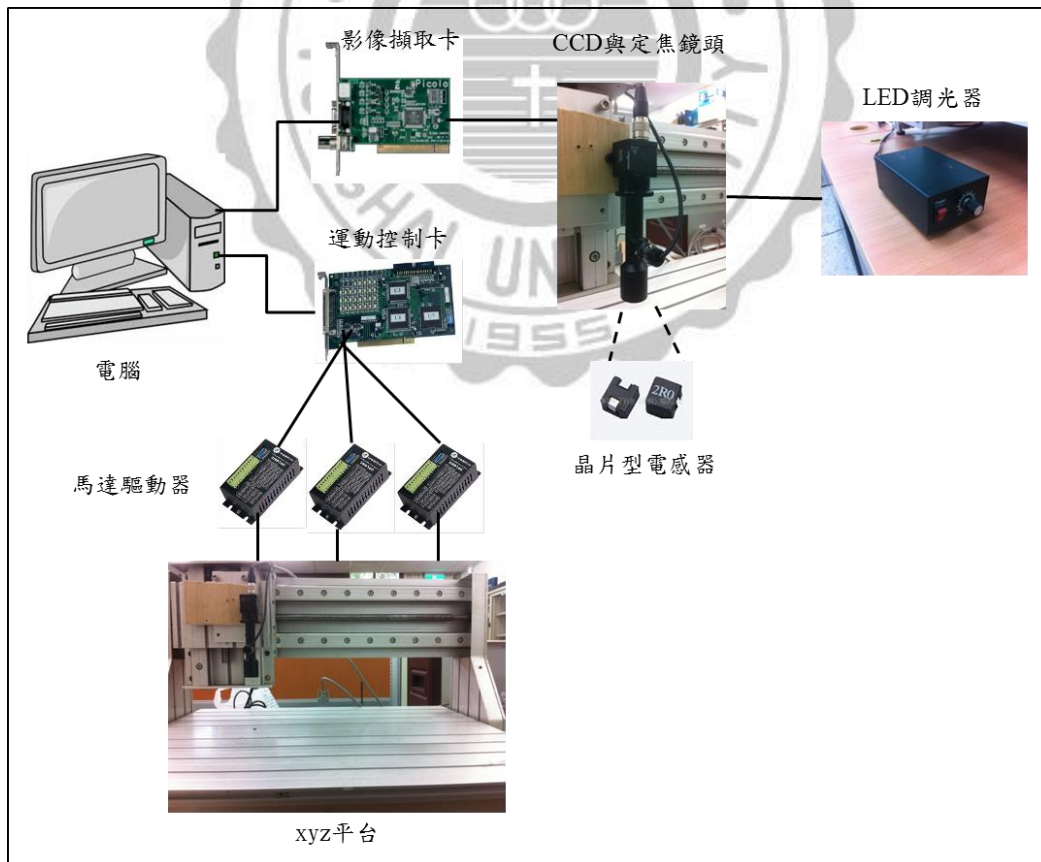


圖 4-1 電感器量測及定位架構圖



本章將對實驗結果做一個介紹，首先是 CCD 與調光器設備的校正，為了要擷取到好的影像，需仔細調整 CCD 的電子快門與 LED 調光器，再來是電感器瑕疵的檢測及電感線圈的檢測。

#### 4.1 CCD 與 LED 調光器設備的校正

在檢測時為了要得到最佳影像，必須先校正 CCD 的電子快門與 LED 調光器的光源，表 4-1 與圖 4-2 為 SONY XC-ES50 的電子快門速度設定與電子快門的指撥開關[8]。

表 4-1 SONY XC-ES50 電子快門速度設定

| Switch | Shutter Off         | 1/125 | 1/250 | 1/500 | 1/1000 | 1/2000 | 1/4000 | 1/8000(CCIR)<br>1/10000(EIA) | *Flickerless |
|--------|---------------------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|------------------------------|--------------|
| 1      | 0                   | 1     | 0     | 1     | 0      | 1      | 0      | 1                            | -            |
| 2      | 0                   | 0     | 1     | 1     | 0      | 0      | 1      | 1                            | -            |
| 3      | 0                   | 0     | 0     | 0     | 1      | 1      | 1      | 1                            | -            |
| 4      | 0                   | 0     | 0     | 0     | 0      | 0      | 0      | 0                            | 1            |
| 5      | Frame: 0 / Field: 1 |       |       |       |        |        |        |                              |              |
| 6      | -                   | -     | -     | -     | -      | -      | -      | -                            | -            |
| 7      | -                   | -     | -     | -     | -      | -      | -      | -                            | -            |
| 8      | 0                   | 0     | 0     | 0     | 0      | 0      | 0      | 0                            | 0            |

\* In the flickerless mode, the normal shutter speed is 1/100 sec for XC-ES50/ES30 and XC-EI50/EI30 (EIA) and 1/120 sec for XC-ES50CE/ES30 CE and XC-EI50CE/EI30CE (CCIR).

1: ON  
0: OFF  
-: Any

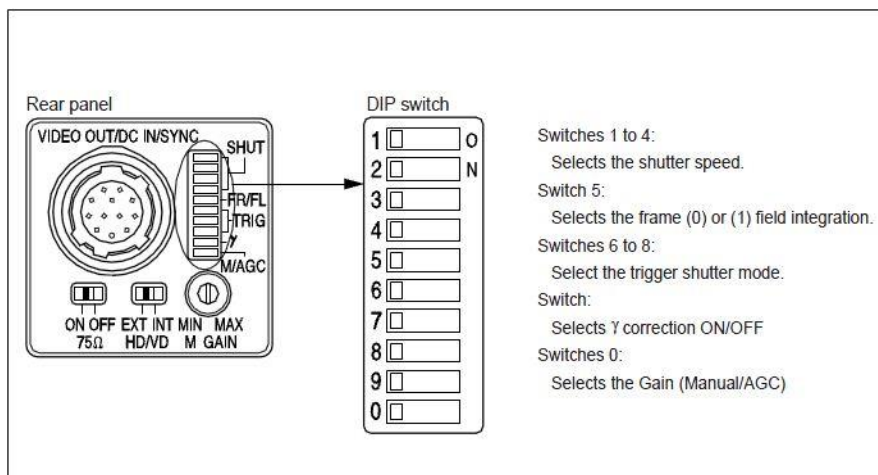







圖 4-2 SONY XC-ES50 電子快門的指撥開關

為了要得到最好的影像，首先將電子快門的速度設為全關，此時進光亮最大，讓調光器的亮度從 10 刻度起至 100 刻度，每次增加 20 刻度，接下來提高電子快門的速度為 1/125 秒，同樣地將調光器從 10 調至 100 刻度，以此循環下去，表 4-2 為設備校正的結果。

表 4-2 CCD 與調光器的校正

| LED 調光器<br>電子快門          | 10 | 30 | 50 | 70 | 90 |
|--------------------------|----|----|----|----|----|
| Shutter<br>Off<br>(0000) |    |    |    |    |    |
| 1/120 秒<br>xxx1          |    |    |    |    |    |
| 1/125 秒<br>0001          |    |    |    |    |    |
| 1/250 秒<br>0010          |    |    |    |    |    |
| 1/500 秒<br>0011          |    |    |    |    |    |

|                  |   |   |  |   |   |
|------------------|---|---|--|---|---|
| 1/1000 秒<br>0100 |  |  |  |  |  |
|------------------|---|---|--|---|---|

從表 4-2 可以看到當快門設為 Shutter Off，此時進光量最大，當調光器的亮度越大，影像越亮。當快門設定的時間越短，光線能進入 CCD 的時間相對越少，此時調整調光器的亮度影響不大。

而本系統選用電子快門時間為 1/120 秒及調光器刻度為 90，攝取的待測物與影像背景對比較佳。

## 4.2 電感器瑕疵的檢測

電感器瑕疵的檢測項目有變形及歪斜，在這一節將會詳細的介紹如何檢測以及演算法的過程。

### 4.2.1 電感器變形檢測

如圖 4-3，為了要減少影像處理的大量運算，系統先對電感器接頭做窗格切割即 ROI，然後對 ROI 內的影像做二值化，再利用 for 迴圈搜尋每一個像素，並計算灰階值為 255 的個數，此個數即是電感器接頭的面積，再將計算的面積與樣本的面積去計算誤差率，當誤差率為 10% 以內，視為合格，反之誤差率大於 10%，將視為不良品。

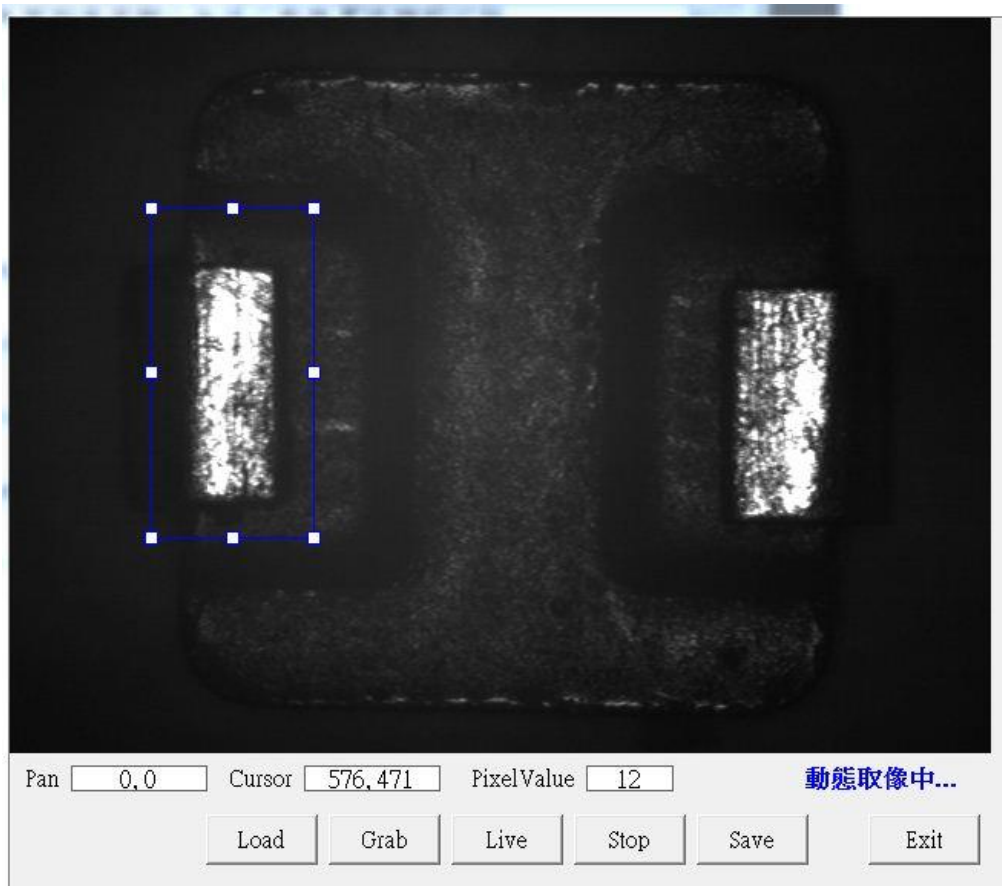


圖 4-3 電感器變形檢測

#### 4.2.1.1 二值化演算法

$I=R=G=B$  '因電腦儲存色彩是彩色 RGB，將 RGB 轉為灰階

$I=255$  'I 的值可設 0-255，二值化只需 0 和 255

$gray\ 255 = (9798 * R + 19235 * G + 3735 * B) / 32768$

$I=0$

$gray\ 0 = (9798 * R + 19235 * G + 3735 * B) / 32768$

' 搜尋 ROI 內每一個像素

For i = 0 To PSW 'ROI 內的寬度

For j = 0 To PSH 'ROI 內的高度

' 當像素值大於等於門檻值 TH 則設為亮點 255

If 像素值 >= TH Then

像素值 = gray255

End If

' 當像素質小於門檻值 TH 則設為黑點

If 像素值 < TH Then

像素值 = gray0

End If

#### 4.2.1.2 判斷是否變形的演算法

' 搜尋 ROI 內像素值，並計算灰階值為 255 的個數

For i = 0 To PSW

For j = 0 To PSH

If 像素值 = gray255 Then

count = count + 1

End If

Next j

Next i

' 跟樣本面積為 8000 比較，並計算誤差率

$$\text{Error} = (\text{count} - 800) / \text{count} * 100$$

' 當誤差率為 10%以內顯示合格，大於 10%顯示為瑕疵品

If Error <= 10 And Error >= -10 Then

MsgBox "合格，誤差範圍為" & Error, 0 + 64, "接頭變形檢測"

Else

MsgBox "瑕疵品，誤差為" & Error, 0 + 64, "接頭變形檢測"

End If

圖 4-4、4-5 為電感器變形檢測過程及結果，從圖 4-5 檢測結果為-7.2%，意即小於樣本面積 7.2%。

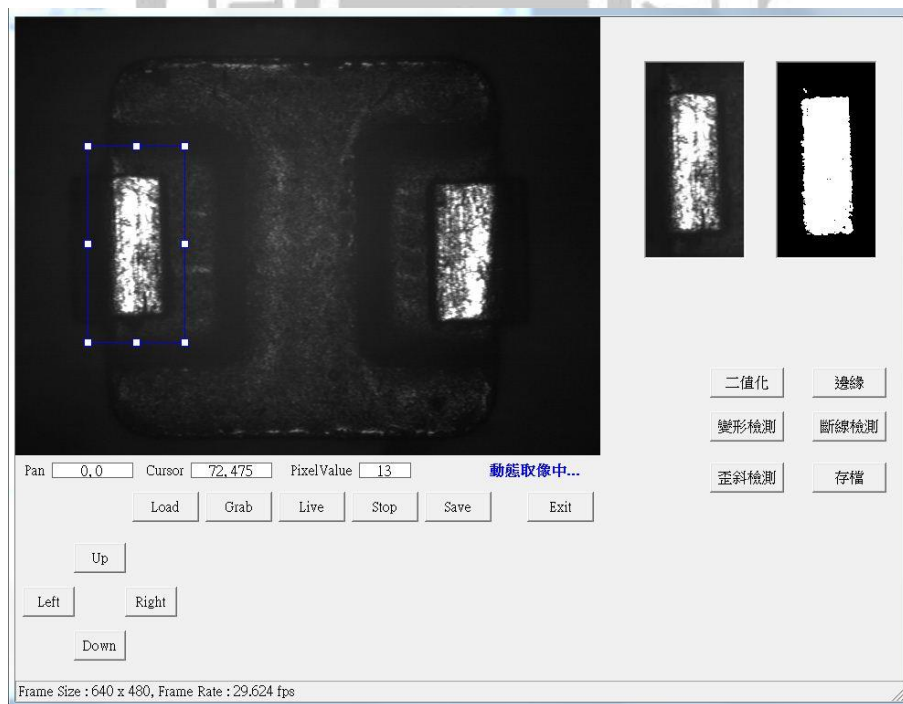


圖 4-4 電感器的原始影像及二值化

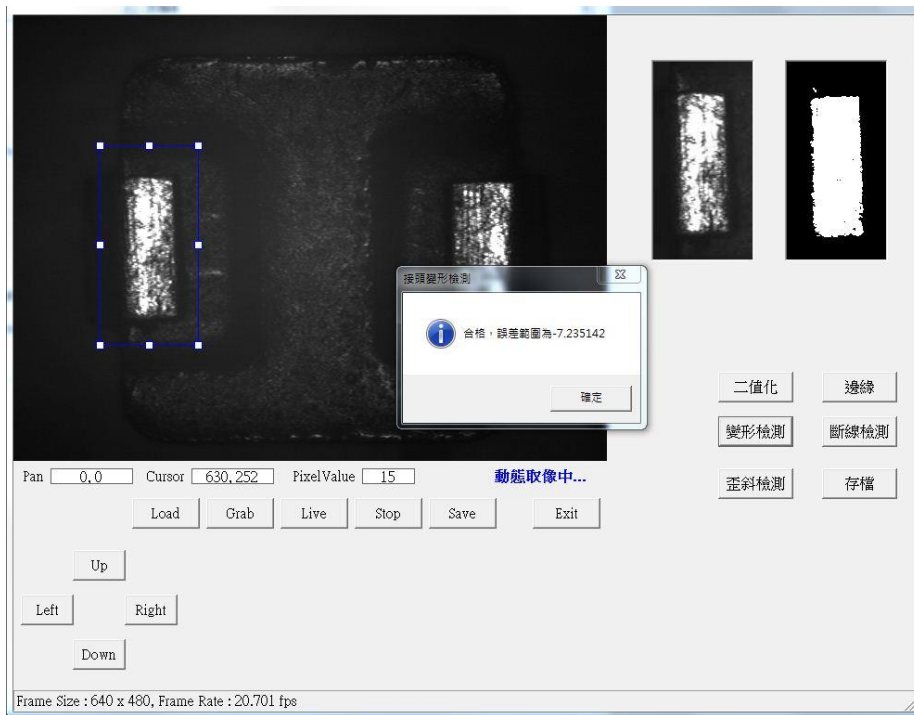


圖 4-5 電感器檢測結果

如圖 4-6 若是在擷取影像時先做  $5 \times 5$  濾波的處理，可以看到缺陷處也會被放大，因此不採用濾波處理。

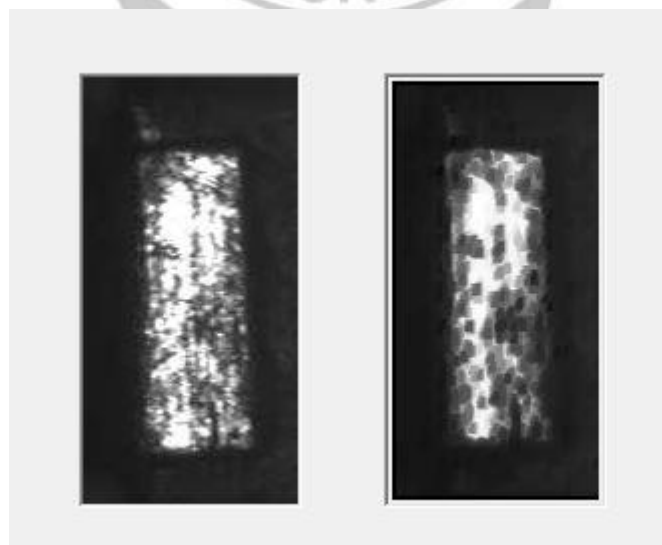


圖 4-6 影像濾波處理



#### 4.2.2 電感器歪斜檢測

電感器歪斜檢測同樣是先取一個 ROI，在對 ROI 內的影像做二值化，然後以邊框為基準點，去計算邊框到電感器接頭像素值為 255 的長度，利用長度的不同判斷是否為歪斜，如圖 4-7 所示。

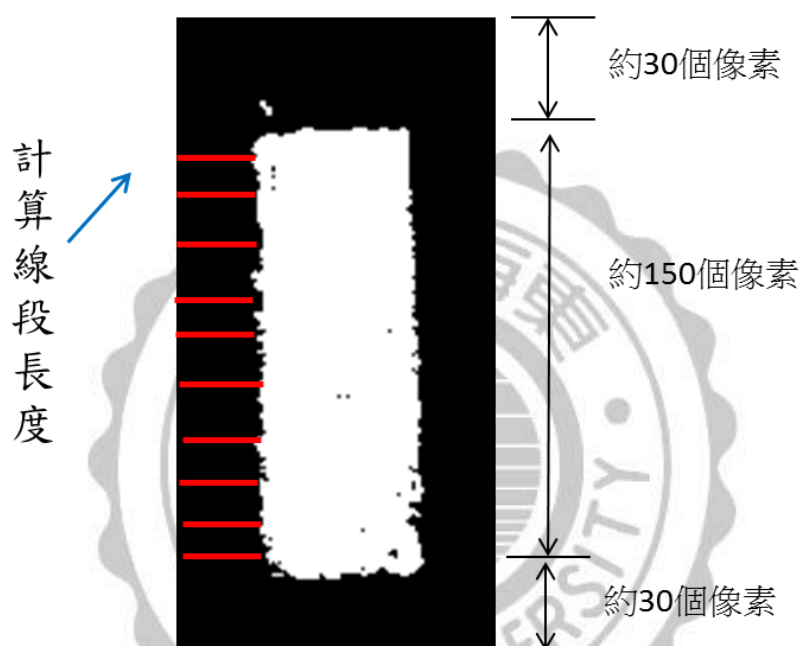


圖 4-7 電感器歪斜檢測方法，每隔 10 個像素計算一次

以下將說明對電感器歪斜檢測的演算法，圖 4-7 為原始影像經過二值化，接下來計算邊框到接頭的長度，計算如下：

1. 從邊框長度 45 個像素開始計算，計算長度直到遇到像素為 255 時停止計算長度。
2. 接著每隔 15 個像素計算一次，並記錄下來。
3. 計算到邊框長度 180 個像素這一行停止計算，共做了 10 次。



4. 將記錄下來的長度找最大值及最小值，若是超過 10 個像素的長度及判斷為歪斜。

以上的演算法，因電感器接頭長度約為 150 個像素，上、下距離邊框各約 30 個像素，因此從第 45 個像素起計算，可以避免一些雜訊的干擾，如圖 4-8 所示。圖 4-9 為實際量測歪斜距離。



圖 4-8 電感器歪斜檢測，紅色圈處為雜訊干擾

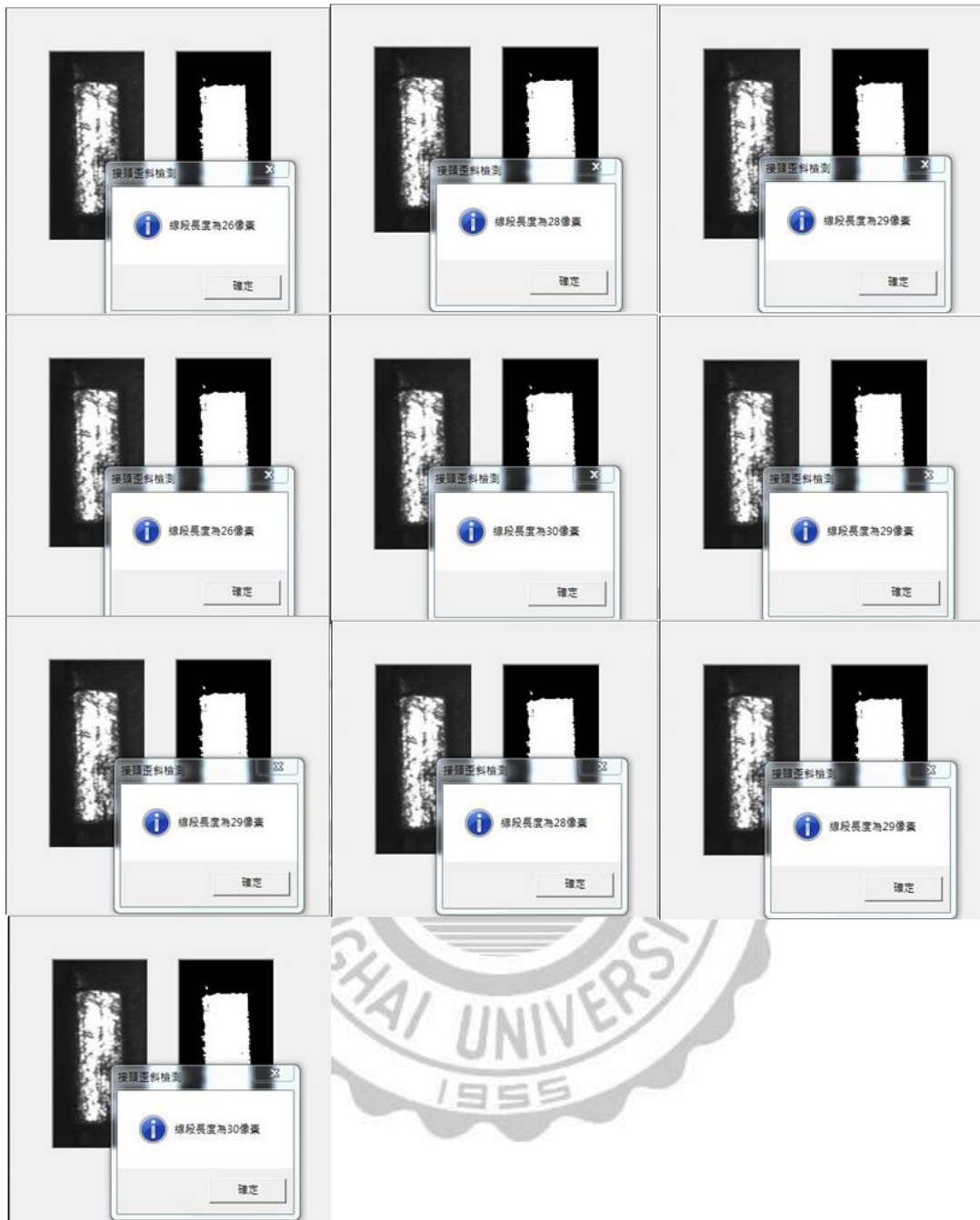


圖 4-9 實際量測歪斜距離

從圖 4-9 可看出每 15 個像素量測一次距離，最小為 26 個像素，最大為 30 個像素，誤差範圍小於 10 個像素，因此判定為合格，如圖 4-10 所示。圖 4-11、4-12 表示檢測出歪斜的瑕疵。

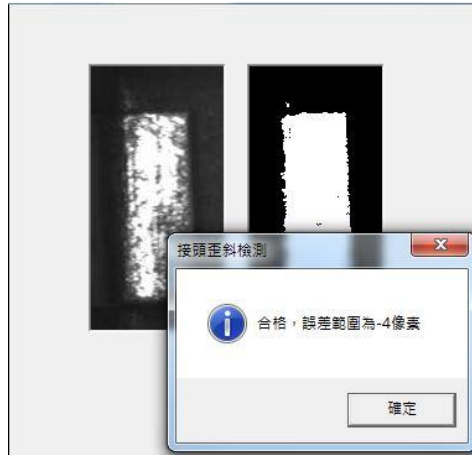


圖 4-10 歪斜檢測結果合格

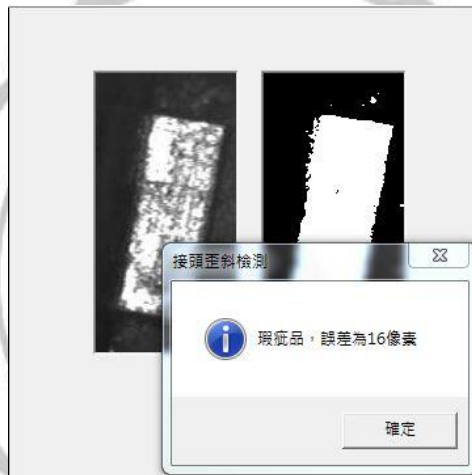


圖 4-11 歪斜檢測結果為瑕疵品，誤差為 16 個像素



圖 4-12 歪斜檢測結果為瑕疵品，誤差為 20 個像素

### 4.3 電感線圈斷線的檢測

如圖 4-13 所示，電感線圈斷線的檢測是採用打背光的方式，先對影像作二值化，在尋找影像的邊緣，接下來判斷是否為斷線。

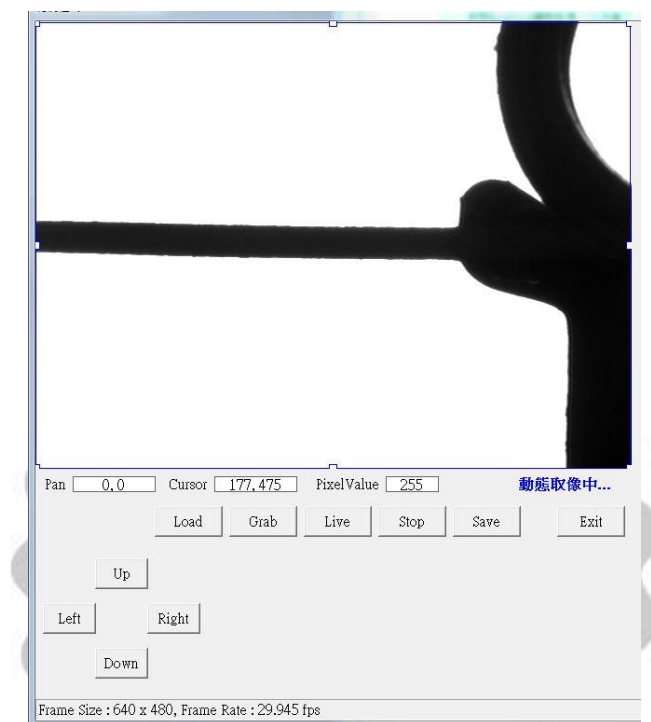


圖 4-13 電感線圈斷線檢測

#### 4.3.1 邊緣演算法

' 搜尋整張影像像素值為 0 的黑點

For i = 1 To PSW

    For j = 1 To PSH

        If PicArr(i, j) = gray0 Then

' 搜尋周圍鄰近 8 點，並計算灰階值為 255 的個數 c

    For a = -1 To 1

For B = -1 To 1

    If PicArr(i + a, j + B) = gray255 Then

        c = c + 1

    End If

Next

Next

' 當 c 的值大於 1 設為灰階值 0 黑點

    If c >= 1 Then

        PicArr1(i, j) = gray0

    End If

' 當 c 的值 < 1 或 c=6 或 c=5 設為灰階值 255 亮點

    If c < 1 Or c = 6 Or c = 5 Then

        PicArr1(i, j) = gray255

    End If

End If

' 如果搜尋到的像素值為 255 則不改變

    If PicArr(i, j) = gray255 Then

        PicArr1(i, j) = gray255

    End If

Next j

Next i

經過二值化、邊緣演算法的計算，可得 4-14 電感線圈邊緣化的結果。

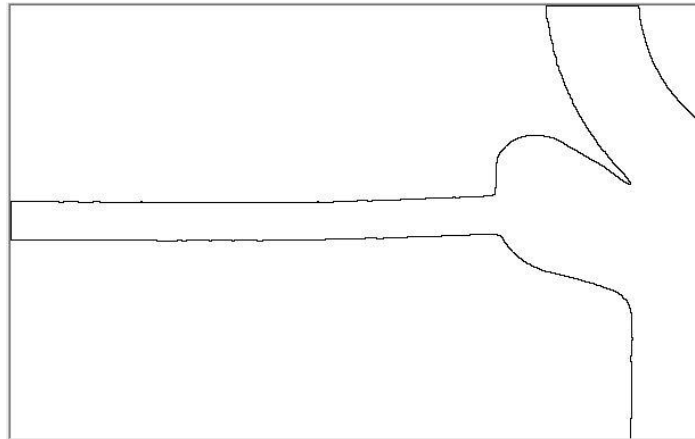


圖 4-14 電感線圈邊緣化的結果

#### 4.3.2 判斷是否斷線演算法

以下將對斷線演算法說明：

1. 由左而右，由上而下搜尋像素值為 0 的黑點，每一行紀錄一次是否有黑點。
2. 當計算到某一行沒有黑點時，即判斷為斷線，並計算斷線的長度為幾個像素。

' 由左至右，由上而下尋找像素值為 0 的黑點

For i = 0 To PSW

```

    For j = 0 To PSH
' 計算每一行像素值為 0 的個數

        If 像素值 = gray0 Then

            c = c + 1

        End If

    Next j

' 計算沒有出現黑點的行數

    If c = 0 Then
        count = count + 1
    End If

Next i

' 判斷是否斷線

If count > 0 Then

MsgBox "斷線，斷線長度為" & count & "像素", 0 + 64, "電感線
圈斷線檢測"

Else

MsgBox "合格，無斷線", 0 + 64, "電感線圈斷線檢測"

End If

End Sub

```

圖 4-15、4-16、4-17 為電感線圈斷線檢測結果。

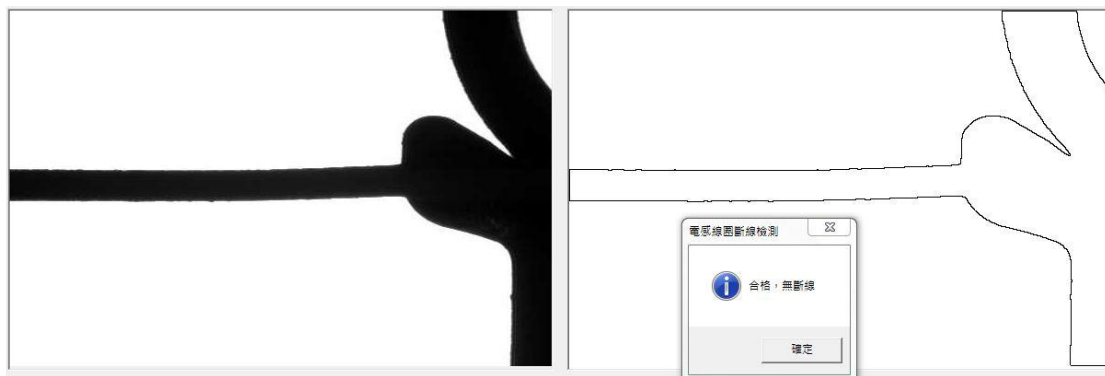


圖 4-15 電感線圈檢測結果合格

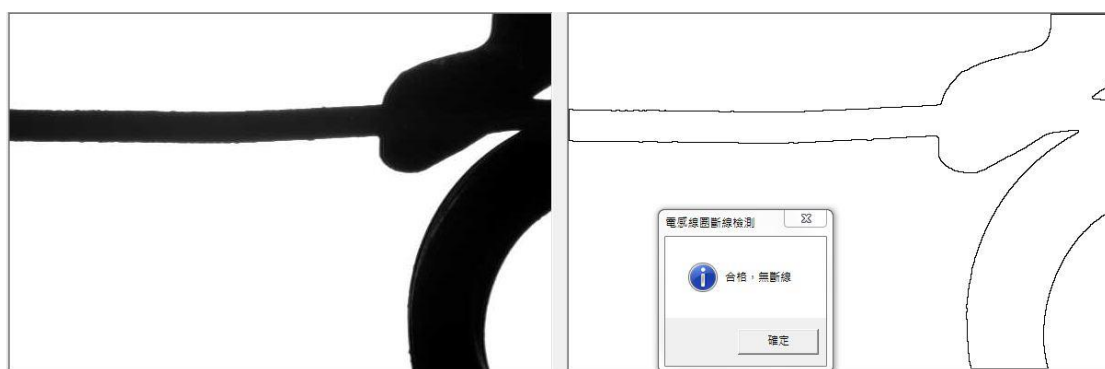


圖 4-16 電感線圈檢測結果合格



圖 4-17 電感線圈檢測結果為斷線，斷線長度 41 個像素



## 第五章 結論與未來研究方向

本文中所設計的影像檢測系統，目的在檢測晶片型電感器品質的好壞及電感線圈有無斷線。從影像理論分析、架構機器視覺系統、影像處理程式設計及設備的校正，得以完成整個系統的成果，藉以改善電感器目視檢測的人工作業，提高自動化產線，以提升良率。

在本研究中完成了以下項目：

1. 利用影像處理設計了一個影像檢測系統，改善目視檢測的人工作業，提高檢測自動化程度。
2. 針對晶片型電感器的瑕疵品、變形、斷線、偏斜等物體的影像特性，找到快速的影像處理演算法。
3. 針對晶片型電感器，評估適合的機器視覺設備。

在未來研究方向的部分，因本文針對晶片型電感器，所運用的影像處理、演算法技術，僅針對晶片型電感，而 CCD 打光易受到外在光源的影響，造成檢測上的誤差，且在自動檢測上的速度還可以再做改善。

## 參考文獻

- [1]台灣經濟研究院，網址 <http://tie.tier.org.tw/index.asp>
- [2]張致遠，“LCD 面板影像處理之開發”，國立交通大學電機學院與資訊學院專班電子與光電學程碩士論文，2006。
- [3]丁志文，“影像處理於 SMD 元件定位之應用”，國立台灣科技大學電機工程學系碩士論文，2002。
- [4] 影像處理與電腦視覺(第五版) 鍾國亮東華書局 101 年 3 月
- [5]孫嘉陽，“基於動態輪廓模型之移動目標物及時偵測與追蹤研究”，國立成功大學機械工程學系碩士論文，2004。
- [6]網址  
[http://www.360doc.com/content/09/0518/11/55615\\_3549360.shtml](http://www.360doc.com/content/09/0518/11/55615_3549360.shtml)，  
[http://www.360doc.com/content/09/0518/11/55615\\_3549333.shtml](http://www.360doc.com/content/09/0518/11/55615_3549333.shtml)
- [7] SONY XC-ES50 使用手冊
- [8]鄭文璋，“在次像素精準度下的邊緣偵測演算法及其應用”，銘傳大學資訊傳播工程研究所碩士論文，2005。
- [9]謝宗明，“自動化影像定位系統及其定位標記之應用”，國立成功大學製造工程研究所碩士論文，2005。
- [10] Wasfy, W. and Hong Zheng, “Dual image processing algorithms and parameter optimization,” Natural Computation (ICNC), 2011 Seventh International Conference on, Vol.2, pp946-950, 2011.

[11] Zhi-Hui Li, Meng Zhang, Hai-Bo Liu,  
“A fast algorithm of image segmentation based on Markov random field,”  
Wavelet Active Media Technology and Information Processing  
(ICWAMTIP), 2012 International Conference on, pp117-120, 2012.

