

應用機器視覺及影像處理技術於 PCB 板樣品之低成本輔助檢測系統之研製

黃景東¹, 黃峙綱^{2,*}

景文科技大學電腦與通訊研究所

¹ditherman@just.edu.tw, ²s110373001@just.edu.tw

摘要

在業界，要如何控制成本(Control costs)，早已成為全球各行業的重要課題；在本研究中，我們針對部分業界 PCB 板樣品的檢測方式，提出了一個有效降低檢測成本的輔助檢測系統。本系統基於機器視覺(Machine Vision)與影像處理(Image Processing)技術，以攝影機擷取標準樣品之影像，再與被檢測樣品之影像做比對分析，判斷兩者間之差異，以供檢測人員做為參考，縮短檢測之時間，讓檢測品質能夠更達到好的效果。

關鍵詞：控制成本、機器視覺、影像處理。

Abstract

How to control cost is an important issue in industry. For the detection method of industry PCB sample, this paper proposes an assisted detection system to effectively reduce the detection cost. Based on the techniques of machine vision and image processing, the system captures the image of a standard sample by cameras, and then analyzes the image difference between the standard sample and the detecting sample. According to the results, the inspectors can save detection time to achieve a high detection quality.

Keywords: Control costs. Machine Vision. Image processing .

1. 前言

現階段隨著科技的進步與技術的成長，所有的產品都走向輕薄短小，所以電路板上的佈線也越來越密集，而往往這麼密集的佈線，在過錫爐的製程[2]中難免會產生焊接不良的現象，可能會發生鉛球過大、錫渣過多、印刷線路短路、缺件等缺陷情形發生，而造成功能不佳的瑕疵品。

在品管的部分中 PCB 板主要的除錯是由人工來檢測整理電路板[2]，然而整理電路板的工作是具重複性的，易使人感到精神疲倦，以

人眼目視很難快速發現錯誤位置，以整理電路板問題，如能快速找到錯誤位置，即可加快製程的進行速度，進而達到降低生產成本[7]的目的。

自動化檢測可以加快生產的速度，進而減輕人工檢測時的負擔，以提升生產之品質，降低製造成本。如半導體製程，此類高精密的產業，如全用人工檢測時，會發生主觀性、疲勞、檢測速度慢等缺點，但如使用自動化檢測的方式，則可以使檢測據統一性、精準性、長期操作等優點[2]，但又由於自動化檢測設備成本費用高，一般中小企業無法負荷，故無法降低生產成本[9]。

由於國內外自動化檢測[2]設備成本費用過高，一般中小企業[1]難以承擔此成本費用，故無法壓低生產成本，所以本研究為此提出了一個低成本的快速的輔助檢測系統方案。

印刷電路板檢測方式主要檢測方式有兩大類，電性/接觸式檢測和非電性/非接觸式檢測，電性測試方法是利用電流去偵測有無開路、短路的狀況，而非電性的測試方法則是使用可見光或不可見光去檢測瑕疵，而部分瑕疵是有可能通過電性測試的，然而造成日後使用時，未檢測出之瑕疵所造成產品的不良影響[2]。

本系統應用機器視覺及影像處理[12]技術，可以立即檢測出電路板上它的一些基礎件或佈線或者是焊接上有不佳的位置，來達到減輕人工目檢[2]的負擔以提高生產效率，並以樹莓派[5]取代電腦的方式，更進一步的減少設備成本[7]，進而達到最低成本之目的。

機器視覺系統的基本組成，如圖 1 所示，含有光源、CCD 攝影機、影像攝取卡、影像處理器、主電腦、周邊及輸出裝置等六大單元，其作業功能可區分為影像的獲取與數位化、影像處理及分析、解釋，在製造業中，應用可區分為品管檢測、零件辨識、視覺引導與控制、安全性監視，據統計估計約有 90%的機器視覺皆應用在品管的範疇[9]。

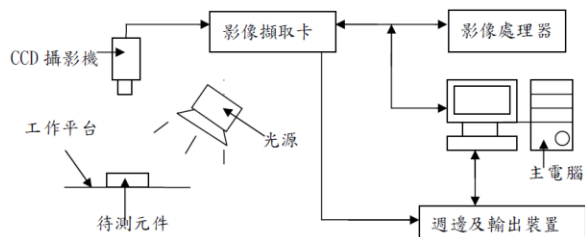


圖 1 典型的視覺系統架構[9]

2. 影像處理前的介紹

2.1 彩色影像

在數位影像中，基礎的影像類型共分為四種：二位元數位影像、灰階影像、全彩或 RGB 影像及索引影像[12]。

第一種是二位元數位影像 (binary)，即單色影像，在這種影像中，每一個像素 (pixel) 中只包含黑或白這兩種可能，其每個像素占一位元 (1 bit)，如圖 2 所示，而且影像的儲存效率非常高。

第二種為灰階影像 (grayscale)，這種影像由黑白兩色所構成，並依明暗分成 256 個層次，範圍值通常是從 0 到 255，其每個像素點都需要使用 8 個位元 (8 bits)，如圖 2 所示，剛好為一個位元組來表示，在影像檔案中是比較容易處理的範圍。

第三種影像類型就是全彩或 RGB 影像 (true color / red-green-blue)，是通過對紅 (R)、綠 (G)、藍 (B) 三個顏色通道的變化以及他們相互之間的疊加來得到各式各樣的顏色，其圖像中每一個像數點 RGB 分量 (R 分量, G 分量, B 分量) 深淺範圍也是由 0~255，也就是說影像中便有可能有 255 的三次方 16,777,216 種不同的顏色，又因每個像素需要 24 個位元，如圖 2 所示，所以又被稱為 24 位元彩色影像 (24-bit color image)。

而最後一種為索引影像 (Indexed Images)，雖然 RGB 影像可提供 16,777,216 種不同的顏色可以選擇，但對大多數彩色影像而言，並不會用到這麼多的顏色，而只會用到這些顏色中的少部分顏色，又基於節省儲存空間和方便儲存處理，而建立了相對應的色譜 (colormap) 或調色盤 (color palette)，每個像素的值不代表像素中的顏色，而是代表色譜上對應的顏色索引 (index)。

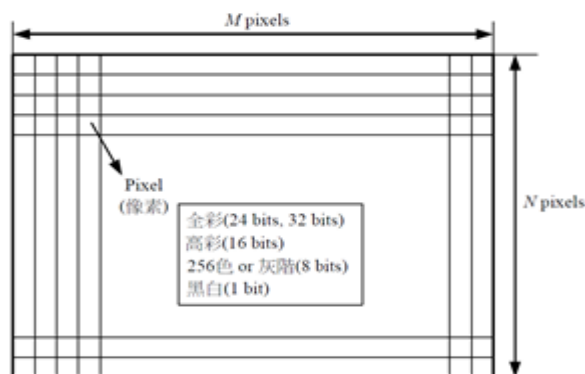


圖 2 各種數位影像的存放位元[1]

3. 實驗設備與方法

3.1 實驗設備

本研究所使用之設備，如圖 3 所示，包括：樹莓派 Raspberry Pi Type B+ (樣品影像偵測用)，如圖 4 所示，Logitech (羅技) C920 HD Pro 視訊攝影機 (攝取樣品影像用)，如圖 5 所示，自製可調式治具 (固定樣品定位用)，如圖 6 所示，Hanns.g (瀚宇彩晶) 15 吋液晶螢幕 (顯示檢測畫面)，Lemel (聯強) KB-5137U/M857PU 鍵盤，hp M-UAE96 光學滑鼠 (操作樹莓派介面)。

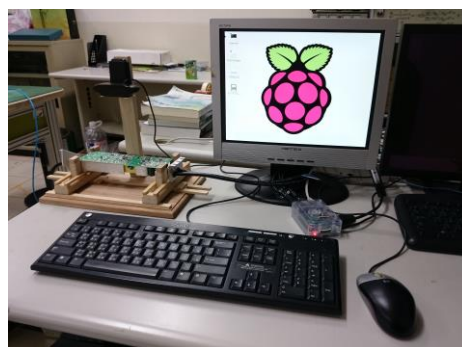


圖 3 完整 PCB 板樣品檢測設備



圖 4 樹莓派 Raspberry Pi Type B+



圖 5 Logitech C920 HD Pro 視訊攝影機

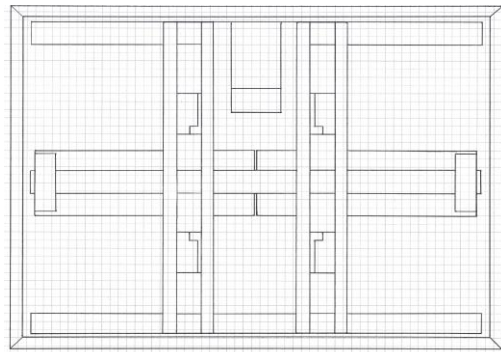


圖 6 自行設計可調式治具設計圖

3.2 系統架構與實驗方法

基於 RGB 彩色影像空間我們得知，其圖像中每一個像數點 RGB 分量(R 分量, G 分量, B 分量)深淺範圍是由 0~255 做分佈的。而黑色是{0, 0, 0}然後白色是{255, 255, 255}，由於圖像是矩陣格式，所以要執行它的加減法實際上是很容易的，而在圖像數學中永遠不會有一個負數，所有的數值都會存在 0~255 之間。例如:200-255=0。100+200=255。0+300=255。

在實驗前先讓我們分析电路板的顏色分部狀況，如圖 7 所示，首先是电路板的底色，主要顏色為綠色，所以我們可以先假定它為{0, 255, 0}，而表面線路的錒錫則為銀白色，所以可以假定為{255, 255, 255}，然後 SMD 件的電阻或電容則為黑色和黃色，分別可假定為{0, 0, 0}和{255, 255, 0}，而 IC 也是黑色也可假定為{0, 0, 0}。

而生產电路板成品常會發生的瑕疵 主要有三項，第一項為錒渣太多所導致的接腳短路，第二項是缺錒、造成空焊的狀況，第三項為缺件，即在過錒爐焊接的過程中所意外造成的零件缺失。

我們進一步的分析發生瑕疵時會對顏色造成的變化，第一個分析的是錒渣太多所造成的短路現象，首先原本相對應的位置應該是為电路板上線路的間隙，此處應為綠色，所以 RGB

的分量應該為{0, 255, 0}，而錒渣處應為銀白色{255, 255, 255}，如果是用變化量去看，那結果就是{255, 255, 255}-{0, 255, 0}={255, 0, 255}。



圖 7 PCB 板樣品

接著我們在分析第二個狀況，缺錒所造成的空焊現象，此現象會發生的位置為線路間或在零件接腳上，發生缺錒前的位置原本因該是銀白色，發生之後就有可能會讓同位置的銅箔或是因為銅箔掉落而露出电路板底色，此狀況會造成顏色{255, 255, 255}轉變為{255, 255, 0}或{0, 255, 0}的狀況，而變化有可能為{255, 255, 0}-{255, 255, 255}={0, 0, 0}或{0, 255, 0}-{255, 255, 255}={0, 0, 0}而造成誤判的變化量，所以為了得出變化的差異，我們應該要結合反向差額來得出變化量即

{255, 255, 255}-{255, 255, 0}={0, 0, 255}和{255, 255, 255}-{0, 255, 0}={255, 0, 255}才能完整的得出差異性。

最後我們要分析的是，在過錒爐焊接的過程中所意外造成的零件缺失狀況，以我們剛剛假定的 SMD 件顏色空間，電阻或 IC 為黑色可假定為{0, 0, 0}，電容為黃色可假定為{255, 255, 0}，然後缺件後可能為电路板間隙或是銅箔的位置，可能顏色為綠色、銅色、或銀白色，分別為{0, 255, 0}、{255, 255, 0}或{255, 255, 255}的狀況，而在電阻或 IC 的部分差額為{0, 255, 0}-{0, 0, 0}={0, 255, 0}、{255, 255, 0}-{0, 0, 0}={255, 255, 0}、{255, 255, 255}-{0, 0, 0}={255, 255, 255}這三狀況存在。然後在電容的部分差額為{0, 255, 0}-{255, 255, 0}={0, 0, 0}、{255, 255, 0}-{255, 255, 0}={0, 0, 0}和{255, 255, 255}-{255, 255, 0}={0, 0, 255}這三種狀況發生，然而變動判斷較差，所以為了得出變化的差異，我們應該要結合反向差額{255, 255, 0}-{0, 255, 0}={255, 0, 0}、{255, 255, 0}-{255, 255, 0}={0, 0, 0}和{255, 255, 0}-{255, 255, 255}={0, 0, 0}

來得出變化量即 $\{0, 0, 0\} + \{255, 0, 0\} = \{255, 0, 0\}$ 、 $\{0, 0, 0\} + \{0, 0, 0\} = \{0, 0, 0\}$ 和 $\{0, 0, 255\} + \{0, 0, 0\} = \{0, 0, 255\}$ 。

然後將這些影像的變化量取出，拿來做當作檢測變動率的依據，如圖 9 所示。最後我們再把這些瑕疵狀況的變化整理起來，如表 1 所示，再由顏色的混和效果，如圖 8 所示，我們也可輕易得出各種瑕疵狀況發生時會產生的差異影像顏色。

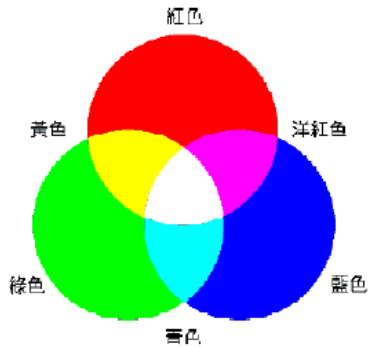


圖 8 RGB 色光的加色效果

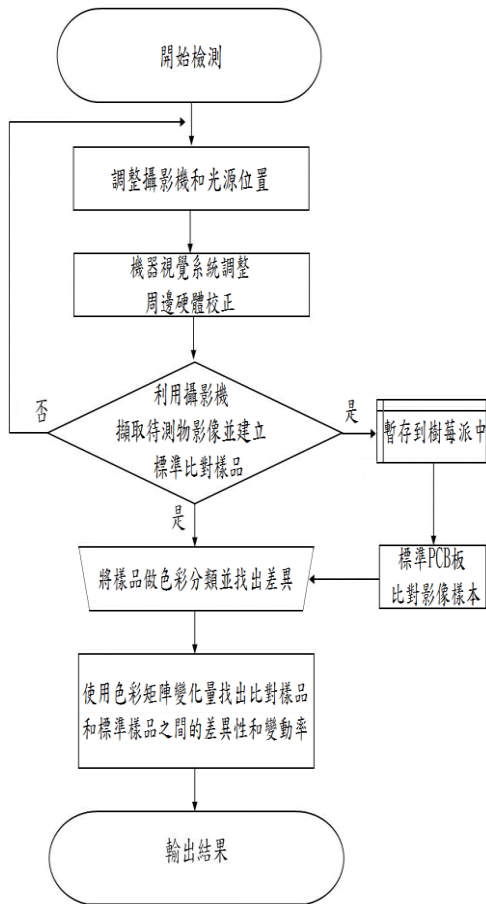


圖 9 PCB 版樣品輔助檢測系統流程圖

4. 表 1 各種瑕疵狀況差異

狀況	錫渣 短路	缺錫 空焊	缺件 電阻 IC	缺件 電容
電路 板 差額	{255, 0, 255}	{0, 0, 0}	{0, 255, 0}	{0, 0, 0}
電路 板 反向 差額	{0, 0, 0}	{255, 0, 255}	{0, 0, 0}	{255, 0, 0}
銅箔 差額		{0, 0, 0}	{255, 255, 0}	{0, 0, 0}
銅箔 反向 差額		{0, 0, 255}	{0, 0, 0}	{0, 0, 0}
線路 差額			{255, 255, 255}	{0, 0, 255}
線路 反向 差額			{0, 0, 0}	{0, 0, 0}

5. PCB 板樣品檢測系統的實測結果

5.1 操作方式

本檢測設備主要為一樹莓派加上網路攝影機等周邊和一個可調式治具所組成。其操作方式為，開啟樹莓派，如圖 10 所示，使用網路攝影機取得動態影像後，如圖 11, 12 所示，再調整遮光板，如圖 13 所示，做光源平均化動作後，確定影像光源平均後，如圖 14 所示，再去擷取標準樣品影像照片，如圖 15 所示，暫存到樹莓派中，再將治具中的標準樣品換為要被檢測之樣品，如圖 16 所示，由攝影機攝取樣品影像後，如圖 17 所示，再經由樹莓派去做影像處理等運算，如圖 18 所示，而得出差異之彩色影像以及差異性的百分比以供檢測人員作參考，如圖 19 所示。



圖 10 樹莓派畫面



圖 11 開啟攝影機畫面

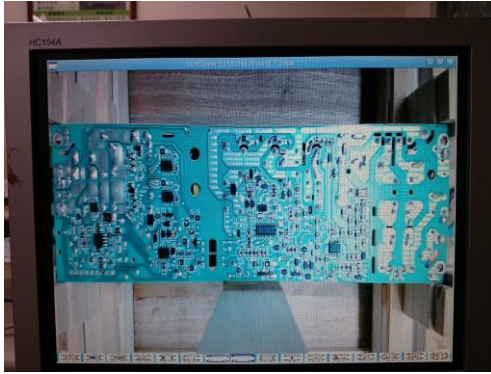


圖 12 攝影機畫面

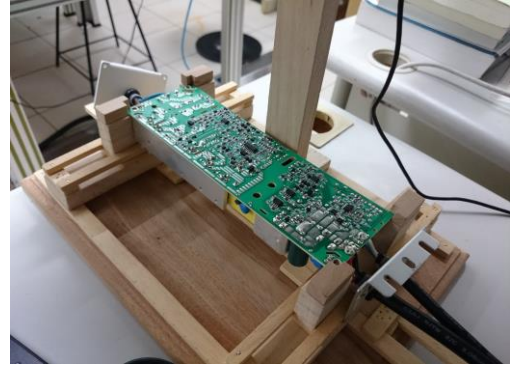


圖 16 比對之樣品和可調式治具



圖 13 遮光板架設方式

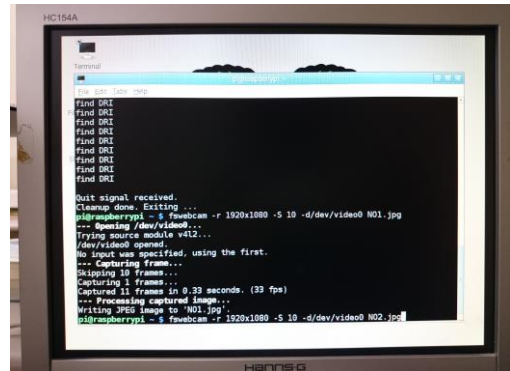


圖 17 擷取檢測之樣品畫面

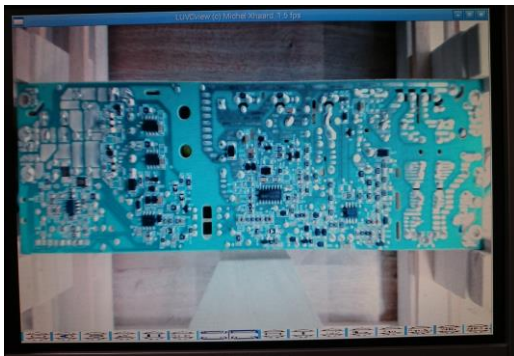


圖 14 光源平均化後影像

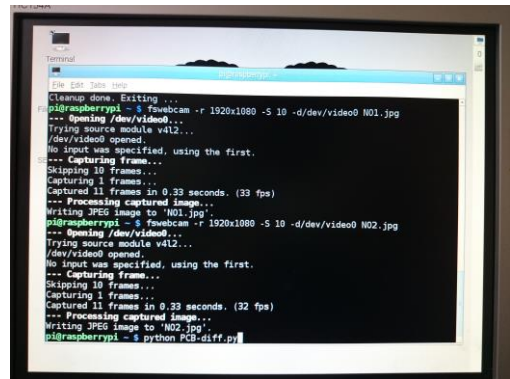


圖 18 執行本文所設計之樣品檢測程式

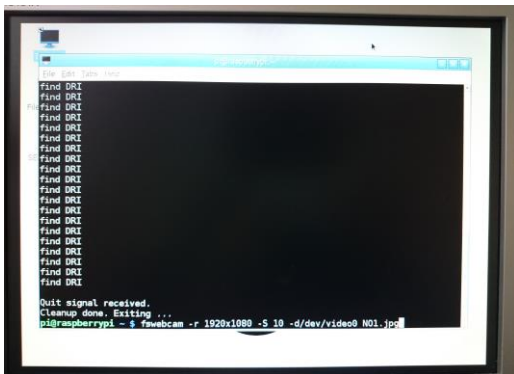


圖 15 擷取標準樣品畫面

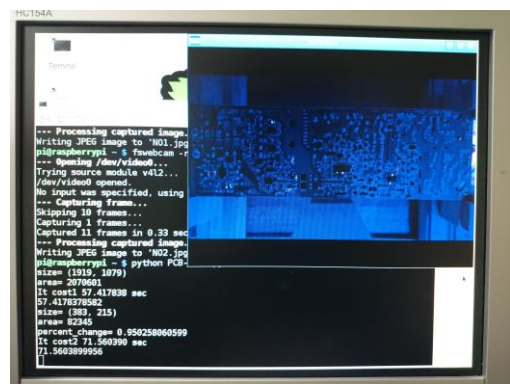


圖 19 PCB 板樣品比對結果

5.2 實驗結果分析

首先我們將標準樣品，如圖 20 所示，和比對樣品，如圖 21 所示，分別取像後在做分析。我們先分析它們兩者之間的差額，首先我們先比對樣品和標準品之間的差額，如圖 22 所示，其中我們由前面所提到各種瑕疵狀況的差異分析可得知錫渣/短路狀況時顏色比較接近 $\{255, 0, 255\}$ 附近，所以是紅色和藍色的部分比較多所以是洋紅色的，所以圖中的短路點應為洋紅色的地方，而綠色的點應為電阻或 IC 的缺件位置，而開路點和電容缺件位置則是無法判斷。

然後我們再比對標準品和樣品之間的差額，如圖 23 所示，如果發生缺錫/空焊的現象的話，則它的顏色會比較接近 $\{0, 0, 255\}$ 即較接近藍色的點，而缺件電容則是較接近 $\{255, 0, 0\}$ 即是較接近紅色的位置，而錫渣和電阻、IC 則是不好判斷的。

為了滿足判斷需求我們將這兩種差額給加起來組成一種複合型的差異影像，如圖 24 所示，即洋紅色的點為錫渣或短路位置，較接近藍色的點為發生缺錫或空焊的位置，而綠色的點為電阻或 IC 缺件位置，紅色的點為電容缺件的位置。

然後最後的問題是肉眼的判斷速度，要如何從實際的電路板中，以最快的速度找到和檢測判斷中相對應的實際位置，以加快電路板除錯維修的速度。要解決這個問題的其實只要將電路板與瑕疵處重疊就可以了，在這裡我所使用的方法是將 RGB 影像獨立取出 R、G、B 分量，再分別將判斷出來的瑕疵用侵蝕法做濾波過濾以減少樣品在定位取像上所造成的誤差雜訊，再用不同比例的權重做圖像矩陣的加減法運算來做圖像結合，就可以得到較佳的瑕疵比對畫面，如圖 25 所示，以幫助檢測人員能在最短的時間內找出瑕疵問題的所在位置。

本研究使用了自行設計之可調式治具固定 PCB 電路板，再使用影像處理的色彩空間來分析，並使用圖片相減法、顏色交換法、過濾取色法、圖像矩陣分析法等方法來實現快速檢測目的，檢測時間隨著數位取像的品質提升而跟著提升，越高的正確率需要越多的偵測時間，但這是一個輔助檢測系統，只要能達到輔助效果即可，即最快的 100% 辨識取像品質，大約 25 秒左右即可檢測出判斷結果，如表 2 所示，而成本費用使用樹莓派配組大約 5 千元左右，如表 3 所示。

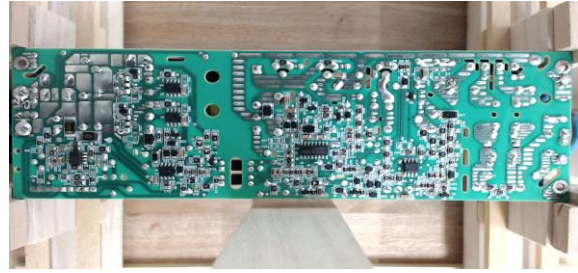


圖 20 標準 PCB 板樣品

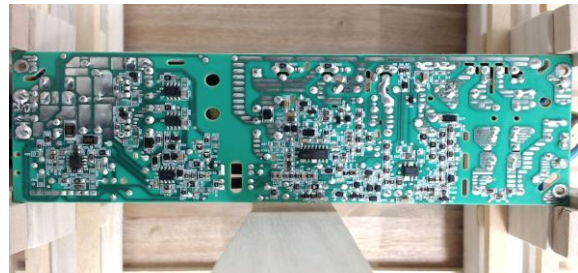


圖 21 被檢測 PCB 板之樣品



圖 22 PCB 板樣品差額影像

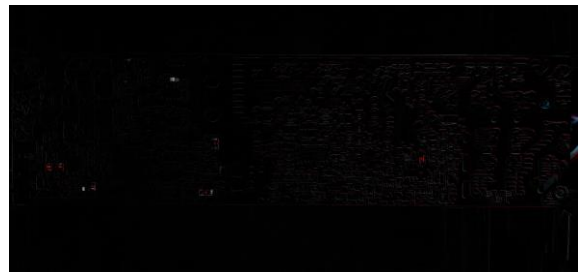


圖 23 PCB 板樣品反向差額影像

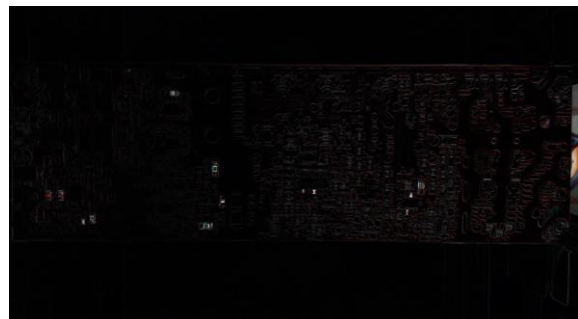


圖 24 PCB 板樣品差額相加後影像

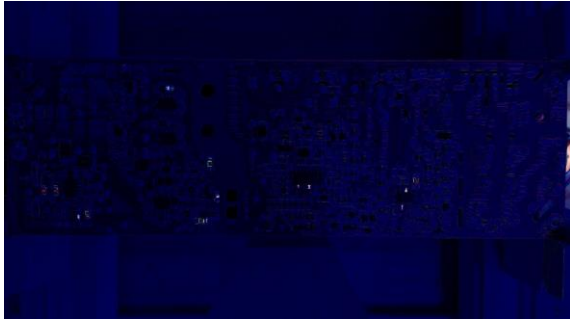


圖 25 PCB 板樣品檢測影像

表 2 改變拍攝解析度之檢測分析結果

取像解析度	檢測分析所需時間	瑕疵檢測效果	正確率
516*290	17.08	7/13	53%
620*348	18.55	11/13	84%
930*523	23.91	13/13	100%
1033*581	27.69	13/13	100%
1550*872	40.66	13/13	100%
1920*1080	54.90	13/13	100%

表 3 PCB 的樣品檢測系統成本費用

名稱	功用	成本
樹莓派	偵測運算	1490 元
攝影機	攝取影像	500~2000 元
自製可調治具	固定 PCB 板	200~300 元
液晶螢幕	顯示介面	500~2000 元
按鍵鍵盤	操作介面	300~400 元
光學滑鼠	操作介面	200~500 元

6. 結論

本研究成功以最低成本實現了 PCB 板的樣品檢測系統，並使用樹莓派單板機來更進一步的降低設備成本，來達到最低生產成本之理念。

如以最低成本架構出 PCB 板樣品檢測系統的考量來看，本論文所提出之方案對於小量生產的中小企業電子廠而言，是較有開發及應用的可行性的。

參考文獻

- [1] 吳惠林、彭素玲、吳淑妍，”由工商普查資料看臺灣中小企業發展特色與變遷趨勢”，財團法人中華經濟研究院，2014。
- [2] 王定一，”印刷電路板製程瑕疵檢測與分析之研究”，中原大學工業工程學系碩士論文，2001。
- [3] 吳建碩，”道路鋪面破壞影像辨識系統之研究”，龍華科技大學工程技術研究所碩士論文，2004。
- [4] 余淮琳，”IC 影像定位與印字瑕疵檢測之研究”，國立清華大學碩士論文，2006。
- [5] 柯博文，*Raspberry Pi 超炫專案與完全實戰*，基峰資訊股份有限公司，2015。
- [6] 郭光瑜，”智慧手機遠端車牌辨識”，醒吾科技大學資訊科技系碩士論文，2014。
- [7] 薛琦、胡名雯，”中小企業的蛻變與競爭力”，1980 年代以來臺灣經濟發展經驗論文集，pp. 309-345，1999。
- [8] 廖志儒，”人臉辨識在 Android 平台之實現”，國立中央大學電機工程學系碩士論文，2014。
- [9] 劉憲翰，”應用機器視覺及影像處理技術結合 SPC 統計製程管制於 BGA 底座錫球之檢測設計”，聖約翰技術學院自動化機電整合研究所碩士論文，2004。
- [10] 歐陽衡，”機器視覺用在封裝 IC 外觀瑕疵檢測之研究”，國立成功大學工程科學系碩士論文，2007。
- [11] 謝宗廷，”三維圓柱曲面上的文字偵測與校正”，國立中央大學資訊工程研究所碩士論文，2009。
- [12] Chun-Shun Tseng 著、劉震昌 審譯，”數位影像處理”，新加坡商聖智學習出版，2010。