雷射二極體物鏡表面瑕疵之光學自動檢測系統研究

陳昭雄*洪偉翔**

*大葉大學機電自動化所 **大葉大學機電自動化所

515 彰化縣大村鄉山腳路 112 號

Tel: (04) 8511888 ext. 2464

Fax: (04) 8511666

E-mail: chao@mail.dyu.edu.tw

摘要

本論文主要以影像視覺系統架構下,發展雷射二極體物鏡瑕疵之自動檢測技術。本研究由 CCD 影像擷取系統取得雷射二極體物鏡影像,再透過影像處理技術進行瑕疵檢測。而瑕疵檢測方法,我們 分別發展空間域與頻率域兩種影像處裡技術。在空間域中,首先利用影像色彩空間轉換,得到物鏡清 晰灰階影像,且透過中值濾波、二值化、編幅長碼等方法,降低環境雜訊之干擾,並且尋找物鏡邊界 點座標,再經由最小平方法找出最佳的物鏡位置,最後再結合 Otsu 與型態學方法做瑕疵辨識。在頻 率域中是應用 Haar 小波轉換技術,以擷取物鏡影像在不同空間尺度位置下的頻率域特徵來做瑕疵檢 測,包括物鏡裂痕和污點等瑕疵,並經由實際實驗來證明本文所提方法之有效性。 **關鍵字:** 雷射二極體,瑕疵檢測,影像處理,機器視覺

壹、前言

半導體雷射,又稱為雷射二極體 (Laser Diode;簡稱 LD),如圖1所示,早期我國 LD 產業是以 發展 LD 指示筆為主力,因其技術門檻低,且近幾年來又受到大陸低價競爭的影響,漸漸轉型發展高 功率雷射二極體。由於上游應用技術之系統廠商多為美、日等廠商把持,現階段國內廠商多以接國際 大廠之 OEM 訂單為主,因此為了擺脫美、日等廠商之牽制,國內現今正積極發展 LD 之光電半導體 材料製程,並將LD物鏡用單片雙面之非球面鏡取代傳統多片鏡組,且在最後封裝製程中,做嚴格的 產品檢測,以確保產品本身品質。本研究主要發展一套光學自動檢測系統,以偵測電射二極體物鏡表 面的瑕疵,因雷射二極體物鏡本身外徑只約2mm,可說是非常輕薄短小,其中物鏡因製程關係,容易 產生一些瑕疵,如圖2所示,這些瑕疵種類包括細小汙點和細微裂痕等。在現今常用之雷射二極體瑕 疵之檢測技術,大部分都利用雷射光束外型、流明特性、封裝焊接殘留應變、亮度分部和光強衰退速 度,進而分析出雷射二極體製程中半導體磊晶、封裝焊接殘留應變和驅動電路等瑕疵[1],但對於雷射 二極體物鏡瑕疵之檢測研究則付之闕如,以雷射光束之光場檢測方式,是無法辨識出物鏡細微之裂痕 及汙點。在視覺影像對於檢測表面破裂或玷污之紋路分析,依影像處理技術,相關文獻主要可分空間 域與頻率域二部份;(一)空間域:Wu[11]在彩色影像轉成灰階影像比對中,建立出色彩對應的樣本區 塊,再經由區塊的相似比對使灰階影像具有較為真實的色彩資訊。Zhang 等人[10]提到先將擷取的影 像經過濾波器來消除雜訊,透過處理的影像與原始影像相減,可得到強化瑕疵以便於檢測。Otsu [7] 透過統計所有相關灰階度係數值,並將這些相關係數分成兩類,經由疊代方式,找到兩個群組最小的 變異數加權總合,即為在影像二值化中之最佳門檻值。Walle 等人[8]在生醫科技中,使用 X 光照射頭 顱區域,並抓取頭顱外圍輪廓所有邊界點,透過最小平方法來找到最佳近似圓位置,此方法針對圓形 與橢圓形輪廓搜尋效果非常好。Rigney 等人[6]提到在機器視覺應用技術中提到影像連結體的計數方法 是屬於 Blob 分析技術,此法應用於物體表示法可以得到許多物體的特性,如物體的數量、個體面積、 中心點等。(二)頻率域:為將影像空間灰階像素點先進行頻率域轉換,並在頻率域作紋路分析,近年 來常用在影像壓縮、邊緣與特徵檢測以及組織分析等問題上,現今最常用的頻率域轉換是小波轉換,

小波函數的觀念,是在1910年由 Haar 提出[3],但 wavelet 名詞最早出現在1984年,由法國的學者 Morlet 等人在研究地質探測時用以表示地震波而加以命名。Grossmann 與 Morlet [2]提出一個運用小 波函數所做的轉換法,用以提供時間為變數的訊號函數之頻率分析。Mallat [9]以多重解析度分析法突 破傳統的計算法,建構了小波函數的構造、信號與小波轉換的分解、重構。法國地震學家 Daubechies[4][5] 接續 Meyer 的工作,提出一組緊支撐的正交小波,並建立小波分析與離散訊號分析間的關係。

因此本文將發展一套雷射二極體物鏡瑕疵之自動檢測系統,來搭配實際封裝之生產線,達到生產 線自動化的目的,以取代現有雷射光束和人工不精準之檢測方式,並能確實檢測出物鏡細小汙點及細 微裂痕區域特徵,將瑕疵位置顯示出來,這不但能大幅縮短檢測時間及提高辨識率等,且還提升整體 製程之工作效率。

本檢測系統之硬體架構如圖 3 所示,藉由機械手臂從輸送帶中,將 LD 檢測盤放在兩軸線性馬達的動子上,並利用驅動器作定位,讓 CCD 順利擷取影像。電腦使用 AMD Athlon(tm)64 Processor 3000⁺ 之個人電腦,系統撰寫軟體為 Labview 7.0, CCD 為新亞洲公司的 Baslar 1/2"彩色數位攝影機,解析 度為 640×480,照明燈光使用新亞洲公司所代理之鹵素燈光。



圖1 雷射二極體



圖 2 雷射二極體



圖 3 雷射二極體

貳、研究方法

本系統之檢測流程如圖 4 所示,我們應用影像處理中的空間域與頻率域兩種方法,首先第一部分

為影像前處理,先利用彩色 CCD 所擷取之影像,經由 PCI1394 介面卡轉為數位訊號傳送到個人電腦, 並針對彩色影像作色彩轉換,保留灰階區域的明亮度,並運用影像濾波來去除孤立雜點及強化邊緣, 再對影像作平均灰階並計算出最佳二值化之門檻值,之後我們利用編幅長碼法計算出每個封閉的物件 面積大小,並去除最大面積,來偵測雷射二極體的物鏡位置,然後把搜尋到的物鏡位置,透過最小平 方法計算出最佳近似圓之物鏡輪廓,進而對物鏡作低通濾波,讓影像高頻雜訊降低且更平滑化。第二 部份應用空間域中的 Otsu 法求得影像二值化最佳門檻值來顯示瑕疵特徵,並利用形態學之運算來修 飾二值化物鏡影像中不完整的邊緣,再針對物鏡表面留下的黑色像素點特徵,計算其面積及周長大小 來辨識出良品與不良品。第三部分是另外使用頻率域方法來針對物鏡所在影像位置,透過 Haar 小波 轉換及反小波轉換後,再經由物鏡影像之亮度比對結果作瑕疵辨識;最後經由實驗結果來比較兩者檢 測速度及辨識率的優劣。各項檢測步驟詳述如下:



圖4 檢測流程

一、影像色彩轉換

使用 YIQ 法來轉換色彩空間,運用影像像素值與亮度關係實行灰階轉換,而此轉換方式目的是將 一幅影像的亮度能做單獨處理,並不會干擾彩色成分,其中 Y 分量為亮度不受光線影響,並保有原始 影像的特徵,因此即為本研究所取的灰階影像, I、Q 分量則分別代表不同的色差,其轉換公式如(1)、 (2)、(3)式,將 RGB 轉換成 YIQ。

$Y = 0.299 \times R + 0.587 \times G + 0.114 \times B$	(1)
$I = 0.596 \times R - 0.275 \times G - 0.321 \times B$	(2)
$Q = 0.212 \times R - 0.528 \times G + 0.311 \times B$	(3)

二、影像二值化

在圖 5 中,圖(a)為雷射二極體灰階影像,在中間部份為物鏡位置,其為近似圓的形狀, 而物鏡周圍偏暗的顏色為鋁框,物鏡為容易反光的玻璃鏡片在影像中像素點灰階值呈現偏白,因 此我們利用平均灰階法來求得影像最佳二值化門檻值,而圖(b)是將整張原始影像作亮度平均, 使得順利分割出亮(物鏡)與暗(鋁框)的物體,但在鋁框區域中,仍有反光亮點存在,所以無 法與鏡片反光做區分,因此我們將透過使用下面章節的編幅長碼法來解決此問題;以利後續作物 鏡表面瑕疵檢測。而計算方法是求出整個影像各像素灰階值之總和,除以像素點個數總和,求出 影像的平均灰度,如下式:

圖 5 影像二值化

另外本文將分割出來之雷射二極體物鏡影像,透過低通濾波器來平滑影像並降低高頻雜訊,之後 再針對影像中佔少數比例之黑點瑕疵做 Otsu 影像二值化,求取邊界特徵的臨界值。其方法是使用比 例統計原理,如圖 6 所示,圖中可明顯看出有兩個波峰 (Peak),而在兩波峰間的波谷 (Valley)為 最佳門檻值 Z^* ,假設影像中有L個灰階度, n_i 代表灰階值為i之像素點個數,令影像之像素點總和為 N,其影像灰階值分布在[1,2,3...,L]範圍內,影像中每個灰階度發生機率為 $P_i = n_i/N$,設定灰階門檻 值為 Z,此門檻值將影像之像素分成 C_0 和 C_1 兩類, C_0 代表灰階度 1~Z 的群集, C_1 代表Z+1~L 的群 集,則分別計算出各群集發生之總機率 $\omega_0 、 \omega_1$,平均灰階值 $\mathbf{m}_0 \mathbf{x}_1$,和群集變異數 $\sigma_0 \mathbf{x}_1$,其推 導公式如文獻[9],即所求得的 C_0 和 C_1 群集變異數加權總合為(5)式所示,經由疊代方式,找到兩個 群組變異數之加權總合為最小時,即是我們所要求得之最佳門檻值 Z^* 。圖 7 為雷射二極體物鏡之影 像,經由 Otsu 法計算出影像二值化最佳門檻值,順利將影像中細小污點及細微裂痕等瑕疵邊緣特徵 給分割出來。

 $s^{2} = w_{0} \times s_{0}^{2} + w_{1} \times s_{1}^{2}$



(5)

圖 6 灰階統計圖



圖 7 Otsu 二值化影像

三、偵測物鏡位置

本節利用上述平均灰階法所得到的雷射二極體二值化影像,來偵測物鏡的位置,並分成編幅長

碼法及最小平方法二個步驟,以下將詳細說明處理過程。

步驟一、編幅長碼法:將二值化後的雷射二極體影像透過編幅長碼法來搜尋相連的物鏡面積,而記錄方式是以亮點起始座標(x, y)和長度(length)來作編碼,即**RL**(x, y, L),如圖 8 所示,灰色代表物體像素,左邊代表編碼紀錄。首先我們令 $x_m \times y_m \times L_m \mathcal{D} x_n \times y_n \times L_n$ 為第m個和第n個幅長之起始點座標和亮點長度,在開始時第一列每一幅長都可以得到一個初始編碼,而往後的每一列裡,可判斷該幅長是否跟上一列的幅長相連,如果相連的話則此一幅長的編碼與相連的上一列幅長編碼相同,若不相連則得到一個新的編碼。其判斷各幅長連接條件如下:

1.
$$y_n - y_m = 1$$
 (與下一列比對)
2.
$$\begin{cases} x_m + L_m \ge x_n, if...x_n > x_m \\ & \text{or} \\ x_n + L_n \ge x_m, if...x_n \le x_m \end{cases}$$

若有兩個幅長同時滿足上面條件時,我們就可判定此兩幅長為相連,如果此一幅長和上一列不只 一個幅長相連,則將這些相連的幅長編碼以這些幅長間最小的號碼予以編碼。當全部幅長都編碼完 畢,最後就能得知每個標籤中物件之像素點面積及中心位置,此時去除其中最大面積,即為銘框面積, 如圖9所示,圖中可看出所有偵測到之物鏡鏡片輪廓特徵近似圓形,且每個物鏡輪廓大小不同也不平 滑,因此容易造成瑕疵辨識時的誤判,所以我們先利用沿邊找尋法來集合物鏡外圍輪廓座標點資料, 以利後續使用最小平方法來找尋物鏡最佳近似圓。



圖 8 編幅長碼法示意圖



圖9去除鋁框

步驟二、最小平方法:透過沿邊找尋法將搜尋到的外輪廓邊界點,經由最小平方法計算出物鏡之 最佳近似圓,如圖 10 所示,當描繪外輪廓的點資料越多,則判別出來的圓心位置和半徑就越準確。 假設已找到 N 個物鏡邊界座標點: {(x_i, y_i), *i* = 1,2,.., N}, 而最佳近似圓方程式如下:

$$r_0^2 = (x_i - c_x)^2 + (y_i - c_y)^2 \tag{6}$$

最小平方法為要找到最佳的圓心座標 (c_x, c_y) 和圓半徑 r_0 以最小化如下價值函數:

$$E = \sum_{i=1}^{N} \left[r_0^2 \cdot (x_i - c_x)^2 \cdot (y_i - c_y)^2 \right]^2$$
(7)

針對(7)式分別對 r_0 、 c_x 和 c_y 取偏微分,並令其為零,可求出最佳圓心和半徑如下[10]:

$$r_{0} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N} x_{i}^{2} - 2c_{x} \sum_{i=1}^{N} x_{i} + Nc_{x}^{2} + \sum_{i=1}^{N} y_{i}^{2} - 2c_{y} \sum_{i=1}^{N} y_{i} + Nc_{y}^{2}}{N}}$$
(8)

$$\begin{bmatrix} c_x \\ c_y \end{bmatrix} = AB \tag{9}$$

其中 AB 分別為(10)與(11)兩式,如下:

$$A = \begin{bmatrix} 2 \left[N\sum_{i=1}^{N} x_{i}^{2} - \left(\sum_{i=1}^{N} x_{i}\right)^{2} \right] & 2 \left[N\sum_{i=1}^{N} y_{i} x_{i} - \sum_{i=1}^{N} y_{i} \sum_{i=1}^{N} x_{i} \right] \\ 2 \left[N\sum_{i=1}^{N} y_{i} x_{i} - \sum_{i=1}^{N} x_{i} \sum_{i=1}^{N} y_{i} \right] & 2 \left[N\sum_{i=1}^{N} y_{i}^{2} - \left(\sum_{i=1}^{N} y_{i}\right)^{2} \right] \end{bmatrix}^{1} \\ B = \begin{bmatrix} N \left(\sum_{i=1}^{N} x_{i}^{3} + \sum_{i=1}^{N} y_{i}^{2} x_{i} \right) - \sum_{i=1}^{N} x_{i} \left(\sum_{i=1}^{N} x_{i}^{2} + \sum_{i=1}^{N} y_{i}^{2} \right) \\ N \left(\sum_{i=1}^{N} x_{i}^{2} y_{i} + \sum_{i=1}^{N} y_{i}^{3} \right) - \sum_{i=1}^{N} y_{i} \left(\sum_{i=1}^{N} x_{i}^{2} + \sum_{i=1}^{N} y_{i}^{2} \right) \end{bmatrix}$$
(11)



圖10物鏡圓位置

四、空間域瑕疵辨識

最後利用形態學中斷開運算的二值化影像,將物鏡內每個封閉的黑色面積經由編幅長碼後,如圖 11 所示,依照每個瑕疵的位置給與一個標籤,並記錄每個瑕疵的周長及面積大小,如表1所示,其中 雷射二極體物鏡有時會因空氣中的灰塵附著而產生檢測鏡片造成誤判,因此設定良品之檢測條件必須 在物鏡範圍內不能有同時超過5個像素點的黑色封閉面積及周長,而不良品檢測條件即為須大於5個 像素點以上才能判斷為瑕疵。



圖 11 瑕疵檢測

瑕疵编號	0	1	2	3	4	5
Х	141	76	161	182	210	83
Y	26	45	87	121	177	219
周長	2	5	6	3	4	5
面積	1	4	5	2	3	4

表一 黑色像素面積與周長分析

五、頻率域瑕疵辨識

首先將最小平方法所顯示的雷射二極體平滑物鏡經由低通濾波器濾除高頻雜訊後,再透過 Haar 小波轉換把影像中的像素值都先視為各自獨立的數值,然後利用這些像素值做相加或相減的運算,來 求得頻域中的小波係數,其中像素值相加部分之值會越來越大,也就是影像重要的特徵資訊,即是我 們的低頻部分。相反地,相減的部份為像素間的差值,若差值越大,即為影像邊緣部份,若差值越小, 即為影像平滑的部分,而處理步驟可分為下列兩個步驟。

步驟一(小波轉換):先做水平小波分解,如圖 12 所示,首先依序由左至右的水平方向,讀取 空間域中物鏡影像之矩陣像素值,並取出A、B、C、D相鄰的像素作相加與相減之平均運算,之後 將依序水平方向儲存,圖中在相加的區域我們稱為空間域影像的低頻區,此以L表示,相減的區域則 為空間域影像的高頻區,此以H表示。



圖 12 水平小波分解程序

再做垂直小波分解,如圖 13 所示,將水平小波分解後的運算結果,再依序由上而下的垂直方向 讀取相鄰的係數值,再作一次相加與相減的平均運算,經過運算後的係數也分別依垂直方向順序儲 存,即可得到 LL、LH、HL及HH四個不同頻帶影像,而每一個頻帶區域的影像長度皆是原始影像 的四分之一;因此當雷射二極體物鏡影像經過小波轉換後,根據小波轉換的特性,在HH區域裡,可 發現在物鏡影像中,大部分雜訊均被濾除掉,且讓所有亮度對比不同的瑕疵特徵位置變得更清晰。



圖 13 垂直小波分解程序

步驟二(小波反轉換):小波反轉換目的是因 Haar 小波轉換結果為四個頻帶,而每個頻帶區域

的影像都為原影像的四分之一,為了讓區域中的瑕疵特徵位置能與原來影像位置相同,所以使用反小 波轉換。下列將詳細說明反 Haar 小波轉換之方法:



如圖 14 所示,從 LL、LH、HL及HH 四個頻帶中先分別取出E、F、G、S的第一點係數值,然後 依序做E+F、E-F、G+S、G-S之垂直方向運算,而影像中其餘之係數都照此運算方式處理,並 依垂直方向分別作儲存,則可得到第一次垂直回復係數的矩陣。然後再將垂直反轉後的兩個頻帶中, 依水平方向順序分別取出A、B、C、D等係數,並做A+B、A-B、C+D、C-D之水平反轉,而 影像中其餘之係數一樣依照此方式做運算,並依水平方向分別作儲存,進而獲得水平回復係數的矩 陣,如圖 15 所示,這時便可得到反小波轉換,即是原來影像中像素值的位置,如圖 16 所示,將影像 做 Haar 小波轉換後再用反小波轉換後,便可得到原來原始影像之位置,因此在 HH 區域中,所發現 的瑕疵位置就會跟原影像位置相同。





圖 16 反 Haar 小波轉換影像

最後藉由 Haar 反小波轉換,所得到的瑕疵特徵位置,如圖 17 所示,其中因圖 (a) 雷射二極體 物鏡和背景紋路反光不同,而造成小波轉換後殘留部分背景雜訊,使得直接影響物鏡瑕疵之辨識,所 以我們透過亮點位置做比對,若比對後物鏡內留下之所有白色像素點與物鏡反光亮點位置都相同時, 就判斷為良品,若其中白色像素點與物鏡反光亮點位置比對後不相同時,就判斷為不良品。



圖 17 頻率域瑕疵檢測

参、研究成果

針對上述所提出的影像處理方法來進行雷射二極體物鏡表面檢測實驗,首先我們使用人工顯微鏡 找出100個良品與不良品作為瑕疵程式測試。而實驗分成空間域與頻率域物鏡瑕疵檢測二部分,以下 將說明各實驗結果。

一、影像空間域瑕疵辨識

我們利用空間域中的 Otsu 統計法做二值化,當物鏡內留下的黑色像素即為瑕疵位置,但因有些 細微破裂邊緣不完整且又有少許的雜訊,故再經過斷開運算來修整,並運用編幅長碼法將所有瑕疵大 小及周長都標示出來,並設定同時小於5個像素點的面積及周長都視為雜訊不予以辨識為不良品;如 圖 18 為二個正常物鏡經由 Otsu 法做影像二值化後,在圖 (a)物鏡內並無發現任何瑕疵,固判斷為 良品,但在圖 (b)物鏡中,發現有 8 個極小黑點,其瑕疵大小為表二所示,瑕疵面積及周長均不超 過5個像素點,而依瑕疵檢測條件則判斷為良品。如圖 19 為二個汙點物鏡經由 Otsu 法做影像二值化 後,分別在圖 (a)內檢測出 17 個瑕疵,圖 (b)內檢測出 14 個瑕疵。如圖 20 為二個破裂物鏡經由 Otsu 法做影像二值化後,分別在圖 (a)內檢測出 22 個瑕疵,圖 (b)內檢測出 34 個瑕疵。



圖 18 空間域正常物鏡檢測

<u> </u>								
瑕疵编號	1	2	3	4	5	6	7	8
周長	4	4	1	3	2	1	2	4
面積	3	4	1	2	2	1	1	4

表二 空間域瑕疵面積與周長分析(正常物鏡二)



圖 19 空間域汙點物鏡檢測



圖 20 空間域破裂物鏡檢測

二、影像頻率域瑕疵辨識

在頻率域處理,也是針對偵測到物鏡鏡片位置之空間灰階影像作 Haar 小波轉換,並透過觀察 HH 區域裡的白色像素點與物鏡反光亮點而識別出良品與不良品; 如圖 21 所示,這是兩個正常物鏡,因 圖 (a) 與圖 (b) 中的物鏡鏡片反光偏亮,使得經 Haar 小波轉換後,而殘留一些背景反光雜訊,最 後依頻率域檢測條件,將殘留的白色像素點與原始反光亮點作比對後,發現殘留的白色像素點與物鏡 反光亮點位置相同,故此時判斷為良品。如圖 22 為二個污點物鏡之瑕疵檢測,圖 (a) 與圖 (b) 經 亮點比對後,除了有亮點雜訊以外,還發現其他瑕疵特徵,所以判定為不良品。如圖 23 為二個破裂 之瑕疵檢測,在圖 (a) 與圖 (b) 中,經亮點比對後,發現除了反光亮點雜訊以外的瑕疵特徵,故判 定為不良品。



圖 21 頻率域正常物鏡檢測



圖 22 頻率域 汙點物鏡檢測



圖 23 頻率域破裂物鏡檢測

表三為空間域與頻率域使用 100 個雷射二極體樣品測試後的辨識率結果。在空間域檢測中, 1%失敗原因是由於正常物鏡中的雜訊超過5 個像素點而誤判為污點瑕疵;在頻率域檢測中,3% 失敗原因是污點瑕疵特徵剛好落在物鏡反光亮點上而造成誤判。然而綜合上述實驗,發現頻率域 在影像處理時,雖簡化了許多空間域的程序,處理速度快(平均測試一個約 0.5 秒),但因背景紋 路不同,且雷射二極體的鋁框反光有時偏暗有時偏亮,則使物鏡中有些細小汙點和破裂瑕疵之灰 階度對比不明顯或者因為雜訊亮度偏高,而間接影響到亮度比對後的瑕疵紋路特徵,造成瑕疵辨 識誤判。但瑕疵檢測在空間域中雖檢測程序較為複雜,檢測速度較慢(約 0.8 秒),但由於 Otsu 對影像的每個像素的灰階度都十分敏感,因而不論是檢測細小汙點或細微破裂都能比 Haar 小波 辨識還高。

檢測方法	正常	污點	破裂	無物鏡	成功率		
空間域	60	20	10	10	99%		
頻率域					97%		

表三 空間域與頻率域瑕疵辨識

肆、結論與建議

在雷射二極體的製程當中,因物鏡鏡片極小,檢測不易,所以大部分都仰賴人工檢測,但相對所 付出的時間和成本都佔有相當重的比例。而本論文中以開發出一套線上自動檢測系統,進而取代人 工,且能配合自動化生產線,作即時性檢測且大幅降低雷射二極體檢測成本與時間,也從實驗中比較 兩種檢測之辨識率,雖在頻率域中檢測速度最快,但也因背景中之銅片反光問題,使得辨識率較為不 佳,而空間域影像處理方法,雖耗費時間較長,不過卻能檢測出細小汙點即細微裂痕,對於不良品檢 測已有不錯的成效,但因設備與檢測程式還是無法達到全面性百分之百的瑕疵檢測,所以還必須不斷 改良程式與製程設備,已確保能有更優良之雷射二極體品質,使LD產品更具有競爭力。

未來建議:

- 一、可增加類神經網路(neural network)、支向機(support machine)等各種不同瑕疵分類技術,將其 污點、鐵屑、破裂、無物鏡等作依序分類。
- 二、縮短影像處理程式之執行時間。
- 三、利用小波轉換後的特徵植,尚可運用其他演算法加以改良,以提升其辨識率。

伍、參考文獻

- A. V. Andrianov, I. Harrison, M. Dorin, R. B. Kerr, J. Noto, and E. C. Larkins, (2005) "A spectroscopically resolved photo- and electroluminescence microscopy technique for the study of high-power and high-Brightness laser diodes," IEEE Trans. on instrumentation and measurement, Vol.54, No.3, pp. 1079-1088.
- [2] A. Grossmann, and J. Morlet, (1984) "Decomposition of hardy function into square integrable wavelets of constant shape," SIAM J. math. anal., Vol.15, No.4, pp. 736-783.
- [3] A. Haar, (1910) "Theorie der orthogonalen funktionen-systeme," Mathematische annalen, Vol.69, pp. 331-371.
- [4] I. Daubechies, (1988) "Orthonomal bases of compactly supported wavelets," Communications on pure and applied mathematics, Vol.XLI, pp. 909-996.
- [5] I. Daubechies, (1990) "The wavelet transform, time frequency localization and signal analysis," IEEE Transactions on information theory, Vol.36, No.5, pp. 961-1005.
- [6] M. P. Rigney, G. H. Brusewitz, and G. A. Kranzler, (1992) "Asparagus defect inspection with machine vision," American society of agricultural engineers, Vol.35, No6, pp. 1873-1878.
- [7] N. Otsu, (1978) "A threshold selection method from gray level histogram," IEEE Trans. on Systems, Man, and Cybernetics, SMC-8, pp. 62-66.
- [8] Rik Van de Walle, Harrison H. Barrett, Kyle J. Myers, (2000) "Reconstruction of mr images from data acquired on a general nonregular grid by pseudoinverse calculation," IEEE Trans. on Medical Imaging, Vol.19, No.12, pp. 1160-1167.
- [9] S. Mallat, (1989) "A theory for multiresolution signal decomposition: The wavelet representation," IEEE Transaction on pattern analysis and machine intelligence, Vol.11, No.11, pp.674-693.
- [10] W. Xlan, Y. Zhang, Z. Tu, and E. L. Hall, "Automatic visual inspection of the surface appearance defects of bearing roller," Proceedings IEEE International Conference on Robotics and Automation, Vol.3, pp. 1490-1494, 1990.
- [11] X. Wu, (1996) "YIQ vector quantization in a new color palette architecture," IEEE Trans. on instrumentation and measurement, Vol.5, No.2, pp. 321-329.