

國立交通大學

工學院精密與自動化工程學程

碩 士 論 文

圖形化藍寶石基板缺陷檢測之研究

Inspection of Patterned Sapphire Substrate Defects

研究生：張嘉原

指導教授：洪紹剛教授

中華民國 101 年 7 月

# 圖形化藍寶石基板缺陷檢測之研究

Inspection of Patterned Sapphire Substrate Defects

研究生: 張嘉原 Student : Chia-Yuan Chang

指導教授: 洪紹剛 Advisor : Shao-Kang Hung

國立交通大學  
工學院精密與自動化工程學程  
碩士論文

A Thesis

Submitted to Degree Program of Automation and Precision Engineering

College of Engineering  
National Chiao Tung University  
in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of  
Master of Science

In

Automation and Precision Engineering

July 2012

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國 101 年 7 月

# 圖形化藍寶石基板缺陷檢測之研究

學生：張嘉原

指導教授：洪紹剛

國立交通大學工學院精密與自動化工程學程

## 摘要

本研究主要目的為設計一光學檢查系統，針對圖形化藍寶石基板上的瑕疵檢測出來，並加以分類以利後續製程。在設計光學檢測系統中，需先完成基本的影像處理功能，如二值化，直方圖，ROI 形態學處理，以及邊緣檢測的基本功能。

本研究利用 Boland C++ 5.0 做為程式撰寫工具，開發出影像處理的基本功能，且透過實際的CCD 拍攝影像來判斷，並修改核心參數以達到最適化，主要的研究環境，程式都可以轉移到將來的自動化生產，以改善LED 的製造成本。

# **Inspection of Patterned Sapphire Substrate Defects**

Student : Chiayuan Chang

Advisor : Shaokang Hung

Degree program of Automation and Precision Engineering

College of Engineering

National Chiao Tung University

## **Abstract**

An optical inspection system for PSS is designed in this thesis. Before this inspection system, some basic image processing functions shall be implemented first , like thresholding , histogram , morphology , and edge detection.

Boand C++ 5.0 is the programming tool used for image processing. By taking the real PSS image for inspection, we can optimize the parameter. Also, we can transfer this research to factory automation to reduce the cost and mass production.



## 誌謝

還記得當初重新踏進校園的那份感動，看著一群群活力旺盛的年輕人在校園內穿梭，不知不覺自己也跟著年輕了起來。而時光飛逝，兩年的光陰或許是不長，而這份情緣是我日後很美的回憶。

在碩士專班的時間裡，首先感謝我的指導老師 洪紹剛博士，在這兩年中對我悉心的指導，提供我完善實驗設備與研究知識，讓我可以順利的做好實作，還有專班的同學們 詠鈞、維仁 能在下班之餘一起開車去上學，另外還有我的同班同學 智強、坤男、光誠、俊翰、俊星 在課程中可以讓我接觸到不同領域的學問。

最後，我要感謝我的父母，在這兩年內給我精神上的支持，讓我能無牽掛的學習，還有我可愛的女兒在我讀書的時候總是能安靜的跟我一起唸，才能順利地完成我的碩士學位，感謝你們。

# 目次

摘要.....	I
Abstract.....	II
誌謝.....	III
目次.....	IV
圖目次.....	VI
表目次.....	IX
第一章 序論.....	1
1-1 發光二極體之發展.....	1
1-2 LED 的應用.....	3
2-1 藍寶石基板的發展.....	4
2-2 圖形化 LED 的發展.....	7
2-3 研究動機.....	9
2-4 相關文獻.....	11
2-5 圖形化 LED 的缺陷分類.....	13
第三章 影像處理理論.....	17
3-1 二值化.....	17
3-2 直方圖.....	19
3-3 連通性.....	23

3-4 邊緣檢測 .....	24
3-5 幾何運算 .....	29
第四章 實驗 .....	32
4-1 實驗器材 .....	32
4-2 實驗內容與結果 .....	33
第五章 結論與未來展望 .....	49
5-1 結論 .....	49
參考文獻 .....	51
附錄 .....	54
5x 與 10x 之優缺 .....	54
照明的影響 .....	54



## 圖目次

圖 1-1 路燈 .....	2
圖 1-2 室內照明燈.....	2
圖 1-3 隧道燈.....	2
圖 1-4 碗狀 LED 燈.....	3
圖 1-5 條狀 LED 燈.....	3
圖 2-6 藍寶石基板與晶粒結構.....	6
圖 2-7 無 PSS 前的出光示意圖.....	7
圖 2-8 有 PSS 後的出光示意圖.....	8
圖 2-9 黑點缺陷.....	13
圖 2-10 白點缺陷.....	14
圖 2-11 長黑缺陷.....	14
圖 2-12 長白缺陷.....	15
圖 2-13 格線.....	15
圖 3-1 原始影像.....	18
圖 3-2 經過二值化後所呈現之區域.....	18
圖 3-3 原始影像.....	19
圖 3-4 直方圖.....	19



圖 3-5 過亮影像.....	20
圖 3-6 過亮影像直方圖 .....	20
圖 3-7 過暗影像.....	21
圖 3-8 過暗影像直方圖 .....	21
圖 3-9 適中影像.....	22
圖 3-10 適中影像直方圖 .....	22
圖 3-11 連通演算法.....	23
圖 3-12 黑白對比之影像.....	25
圖 3-13 影像輸出灰階值.....	25
圖 3-14 影像一階導數.....	25
圖 3-15 原始影像.....	27
圖 3-16 經過 Sobel 運算子過後之影像.....	28
圖 4-1 OLYMPUS 顯微鏡組 .....	32
圖 4-2 光學 CCD.....	32
圖 4-3 全域閾值與其檢測結果 .....	34
圖 4-4 區域閾值與其檢測結果 .....	35
圖 4-5 連通示意圖.....	36
圖 4-6 用框選顯示檢測結果 .....	36
圖 4-7 用輪廓顯示檢測結果 .....	37

圖 4-9 最小包覆矩形演算法 ..... 40

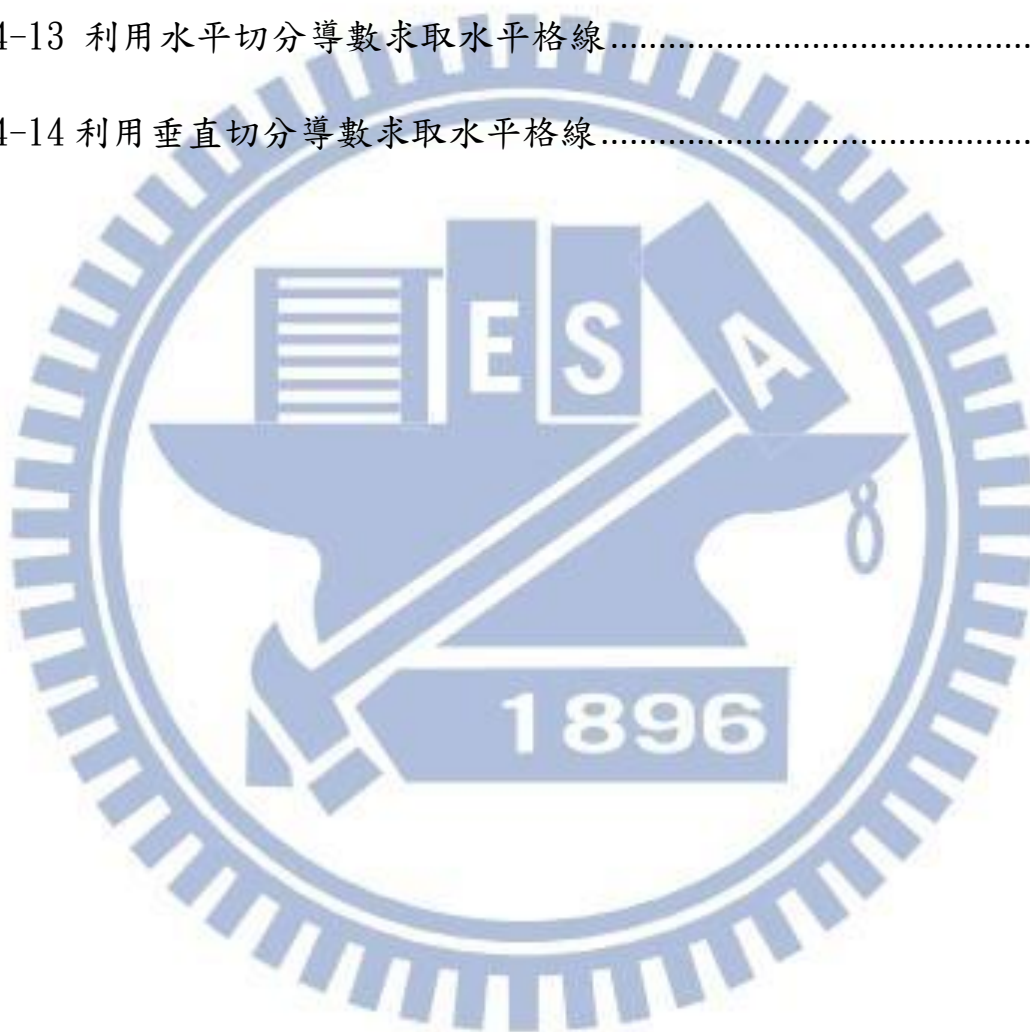
圖 4-10 最小包覆矩形演算法所產生之檢測結果 ..... 40

圖 4-11 最小包覆矩形演算法並計算其長寬之檢測結果..... 41

圖 4-12 格線圖..... 41

圖 4-13 利用水平切分導數求取水平格線..... 42

圖 4-14 利用垂直切分導數求取水平格線..... 43



## 表目次

表 1 藍寶石之基本性質 .....	5
表 2 藍寶石基板與矽板比較 .....	6
表 3 顯示各種圖形化與無圖形化的出光率比較 .....	8
表 4 3 Cell, 4 Cell, 5 Cell, 6 Cell up, 面積條件下判斷比較 .....	37



# 第一章 序論

## 1-1 發光二極體之發展

LED 原理-發光二極體(Light Emitting Diode, LED)在 1950 年代末於實驗室發展出來，1968 年 HP 開始商業化量產，早期只有單調的暗紅色電子產品指示燈，1992 年 Nichia 突破藍光 LED 技術障礙後，逐漸衍生出多重色彩，亮度也大幅提高，並以顯示器(Display)、表面黏著型(SMD) 等各種封裝型態深入生活中各個層面。LED 是利用電能直接轉化為光能的原理，在半導體內正負極 2 個端子施加電壓，當電流通過，使電子與電洞相結合時，剩餘能量便以光的形式釋放，依其使用的材料的不同，其能階高低使光子能量產生不同波長的光，人眼所能接受到各種顏色的光。波長介於 400-780nm，在此區間之外則為不可見光，包括紅外光及紫外光(UV)。

人類從早期用燭光來當照明工具到近代, 西元 1882 年愛迪生(Thomas A. Edison, 1847~1931)發明白熾燈泡開始，人類遂進入了使用電力轉換成照明的年代。在此之後，照明元件的發光效率(luminous efficacy)及亮度(luminance)也開始逐年提升。發光二極體與傳統的燈泡比較中，具有元件壽命長、低電流、低電壓驅動的省電特性、環保、體積小、反應速度快等優點，可以廣泛地被運用於通訊、電子、汽車、光電顯示等各種產業。

在西元 1960 年，人類發明了紅色發光二極體(light-emitting diode



，LED)，後續其他顏色的發光二極體也慢慢地被開發了出來。

目前發光二極體在固態照明上的應用越來越廣泛，已經應用在亮度需求較低常見的交通號誌、儀表板、音箱、汽車(ex：剎車燈、左右尾燈、方向燈)等指示燈、手電筒及小尺寸液晶螢幕背光源等非照明設備上，至 2006 年各汽車公司更將其使用在高亮度、光場集中度高之路燈，隧道照明，(如圖 1-1,1-2,1-3)[1]。



圖 1-1 路燈



圖 1-2 室內照明燈



圖 1-3 隧道燈

## 1-2 LED 的應用

日常生活中, LED 已經是我們不可或缺的照明用品, LED 照明除了我們熟知的各種電子產品上面的指示燈外, 螢幕、日常照明、液晶螢幕用的背光源、手機上按鍵的背光、新世代的 OLED 螢幕、PLED 螢幕等等各式各樣關於 LED 的應用正逐漸穩定的發展中, 部份領域的 LED 應用因為市場發展趨於成熟, 普及的速度開始加快, 加上節約能源的觀念, 無形中創造出大量的需求。

隨著光效的提高, 價格的平民化, 環保意識抬頭, 2010 年日本廠商力推 LED 燈泡, 全球 LED 的照明逐漸普及至室內, 預估 2012~2015 年將是 LED 大量應用在各式場合的黃金年代[2]。



圖 1-4 碗狀 LED 燈



圖 1-5 條狀 LED 燈

## 第二章 圖形化藍寶石基板

### 2-1 藍寶石基板的發展

LED 是一種固態的半導體元件，利用二極體內分離的二個載子（分別為負電的電子與正電的電洞）相互結合而產生光，且屬於冷光發光，不同於鎢絲燈泡的熱發光，只要在 LED 元件兩端通入極小電流便可發光。

LED 因其使用的材料不同，其內電子、電洞所佔的能量也有所不同，能量的高低差影響結合後光子的能量而產生不同波長的光，LED 燈會因為二極晶圓製造過程中所添加的金屬元素不同，成分比例不同，而發出不同波長的光，以波長在 470 發藍光，530 發綠光，570 發黃光，630 發紅光，其中又以藍光及綠光價格較高，因為藍綠光的特殊金屬在晶圓磊晶需成長在藍寶石上，故每顆藍綠光 LED 晶片都是由藍寶石製成的[5][6]。

表 1 藍寶石之基本性質

分子式	$\text{Al}_2\text{O}_3$
密度	$3.95\text{g}/\text{mm}^3$
晶格結構	六方晶格
晶格常數	4.785 埃
硬度	9
熔點	$2045^\circ\text{C}$
沸點	$3000^\circ\text{C}$
熱傳性	$25.12\text{W}/\text{m}/\text{K}$
折射率	$n_e=1.760$
介電常數	11.5



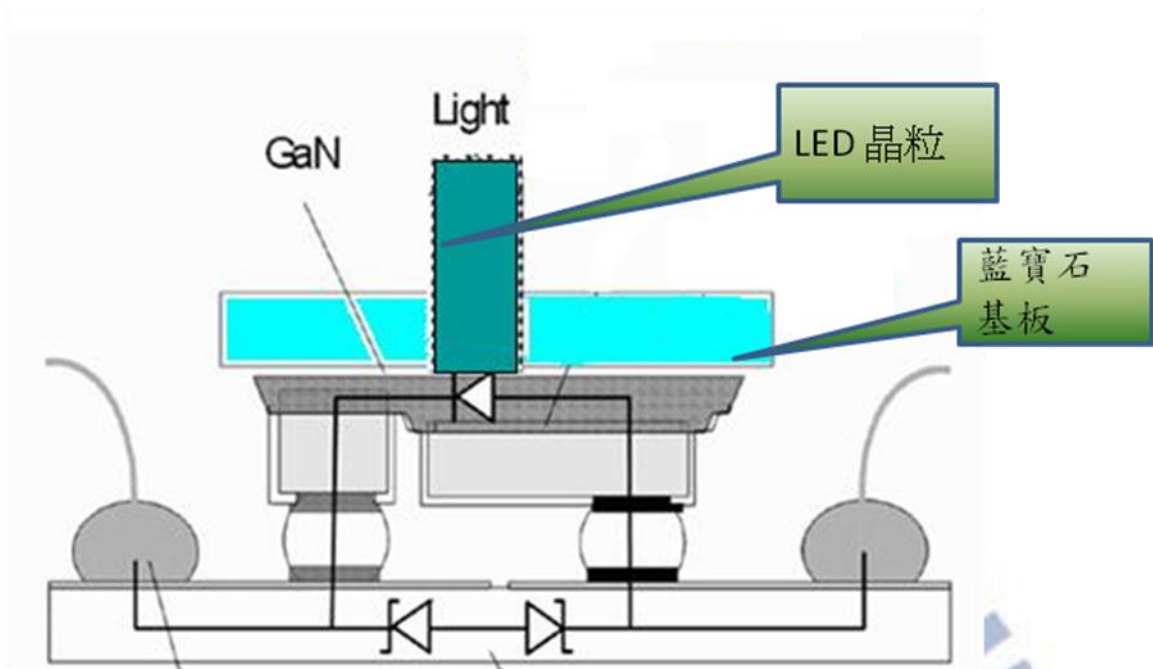


圖 2-6 藍寶石基板與晶粒結構

西元 1996 年，日本學者中村修二(Shuji Nakamura)改良了藍色發光二極體後，其結構特點是以氮化鎵鎵(InGaN)取代異質結構(hetero-structure)，二極體在藍色發光效率上進展快速，而日本日亞化學(Nichia)利用藍光發光二極體塗上黃色螢光粉(YAG)激發產生人眼可見的白光發光二極體之後，白光發光二極體也正式進入商業階段[7]。表 2 顯示，在藍寶石基板與矽基板製造 LED 比較表。

表 2 藍寶石基板與矽板比較

	藍寶石基板	矽基板
導電性	無	佳
導熱性	差	佳
價格	低	高

## 2-2 圖形化 LED 的發展

發光二極體之所以能成為照明設備，其發光效率必需有一定的提升，否則是難以取代傳統的鎢絲燈泡，而隨著效率的提升更高亮度的發光二極體才足以應用跨足至照明光源市場領域。發光效率的提升有各式的方法，如：表面粗化(surface roughness)[8]、表面圖形(patterned surface)[9]、光子晶體(photonic crystal)[10]、將側面做成斜面(shaping of sidewalls)[11]或在磊晶前就將藍寶石基板蝕刻成圖形化(patterned-sapphire substrate, PSS)[12]等 (如圖 1-2)。

而藍寶石基板蝕刻成圖形化，除了改善量子效率外其，透光率也有顯著的提升。如圖所示，圖形化的藍寶石基板改善的出光率，MQW是multiple quantum well (多量子井)的縮寫。

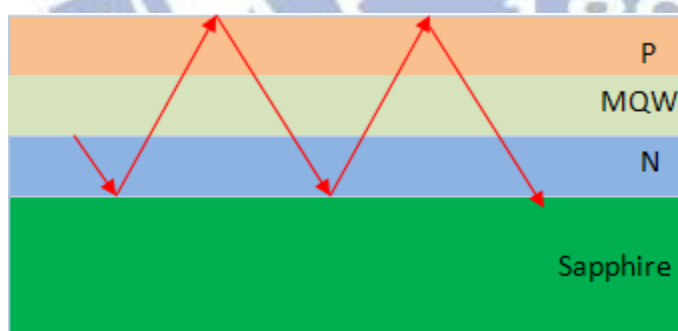


圖 2-7 無 PSS 前的出光示意圖

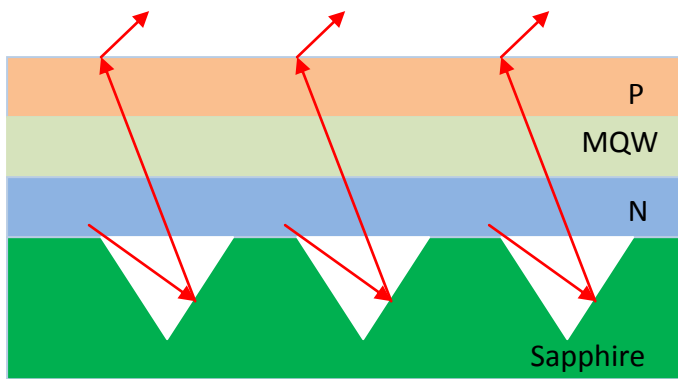
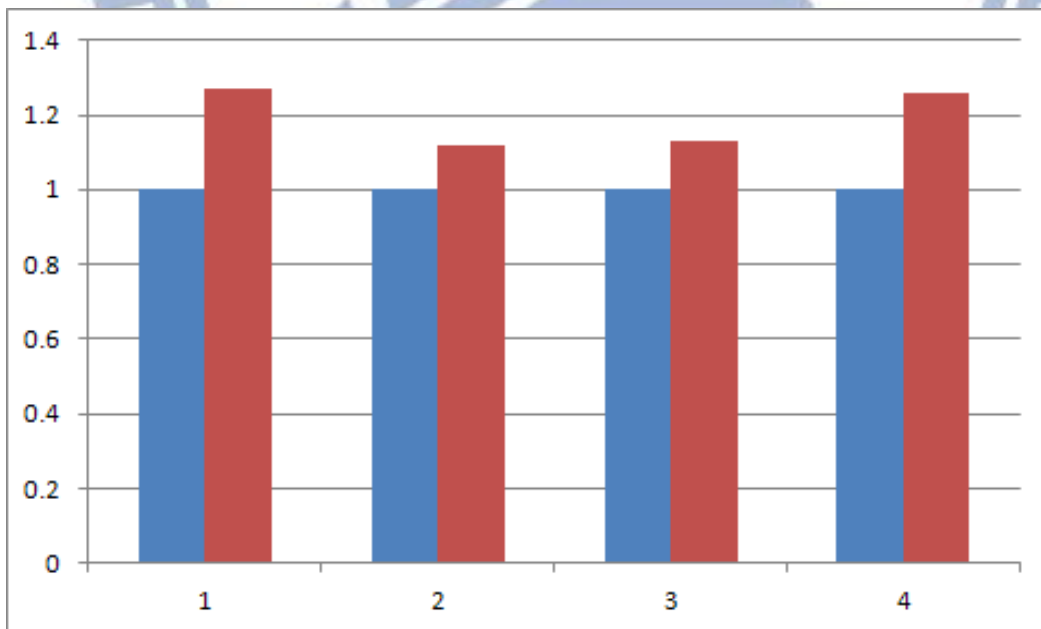


圖 2-8 有 PSS 後的出光示意圖

表 3 為 1. 圓洞 (Hole) 、2. 金字塔 (Pyramid) 、3. 圓錐 (Cone) 以及 4. 光柵 (Grating) 四種圖形結構，與沒有壓印微結構相比較，光強度分別提升 27 %、12 %、13 % 及 26 %。 [13]

表 3 顯示各種圖形化與無圖形化的出光率比較



由於發光二極體的應用是非常多樣化地，為了提升效率改善熱的損耗，

各式各樣的研究方式也如同雨後春筍般展開來，而圖形化藍寶石基板能同時提升內部與外部量子效率，可以提升發光層晶格品質，以彌補磊晶時缺陷造成的破壞。另外，藉由圖形化藍寶石基板本身的圖樣，可以使原本被侷限在內部的光，有更大的機會被萃取出來，直接增加出光效益，相信在內部與外部的量子效率同時提升後，對發光二極體在整體效率上會有所助益。

### 2-3 研究動機

近年來 LED 的發展飛速，從紅光開始到白光，藍光，亮度也從原本的幾百 LUX 到 百萬 LUX，在這過程中，LED 的評價，除了價格，壽命外，最重要的就是亮度，而如何提升 LED 亮度一直是個研究的課題。

透過黃光微影在藍寶石基板蝕刻出圖形來提高亮度是目前業界常用的方式，此方式有兩個優點：

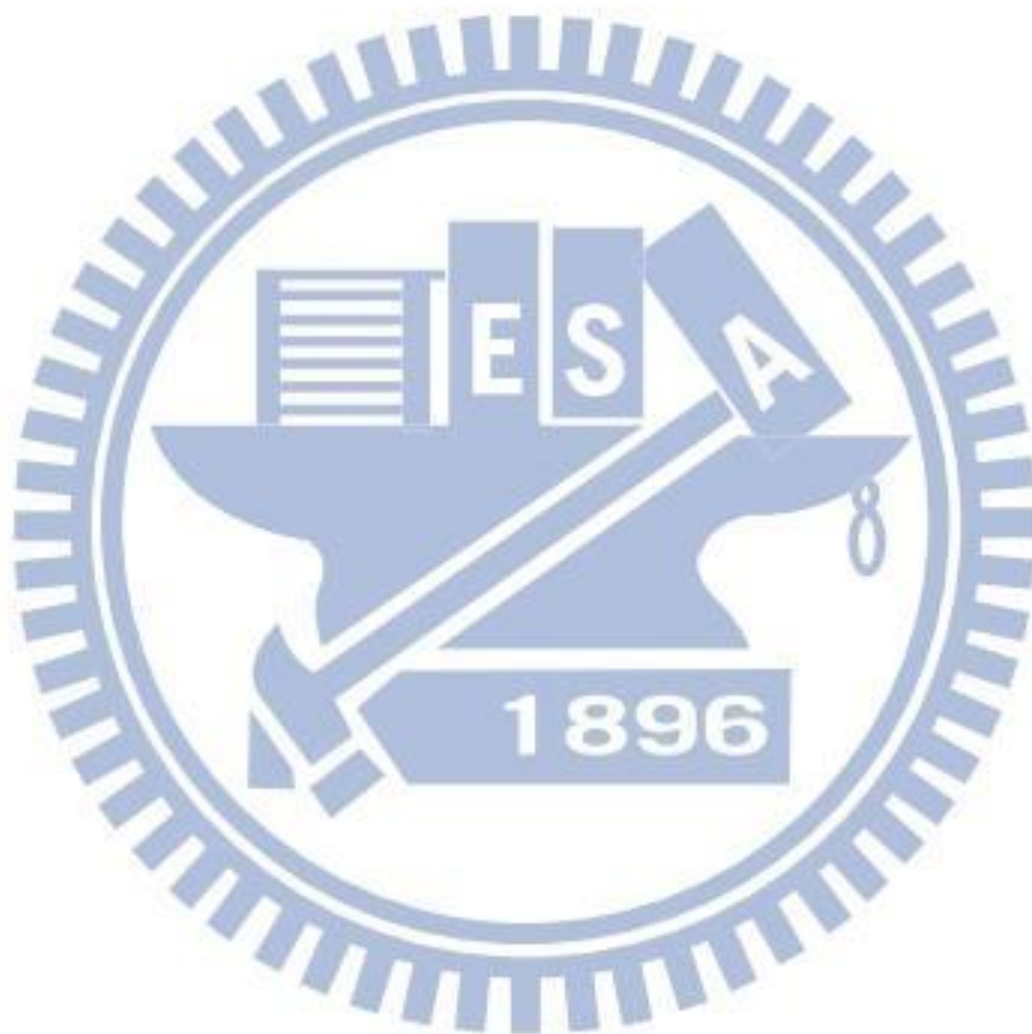
- A. 提高出光率 10~20 %，提高了亮度。
- B. 提高出光率的同時光的能量不會累積在 LED 內部形成熱，這不僅減少了散熱問題，且提高了 LED 的壽命。

當然有了新的製程就會衍生出新的問題，如基板的蝕刻良率，蝕刻後的缺陷等等。

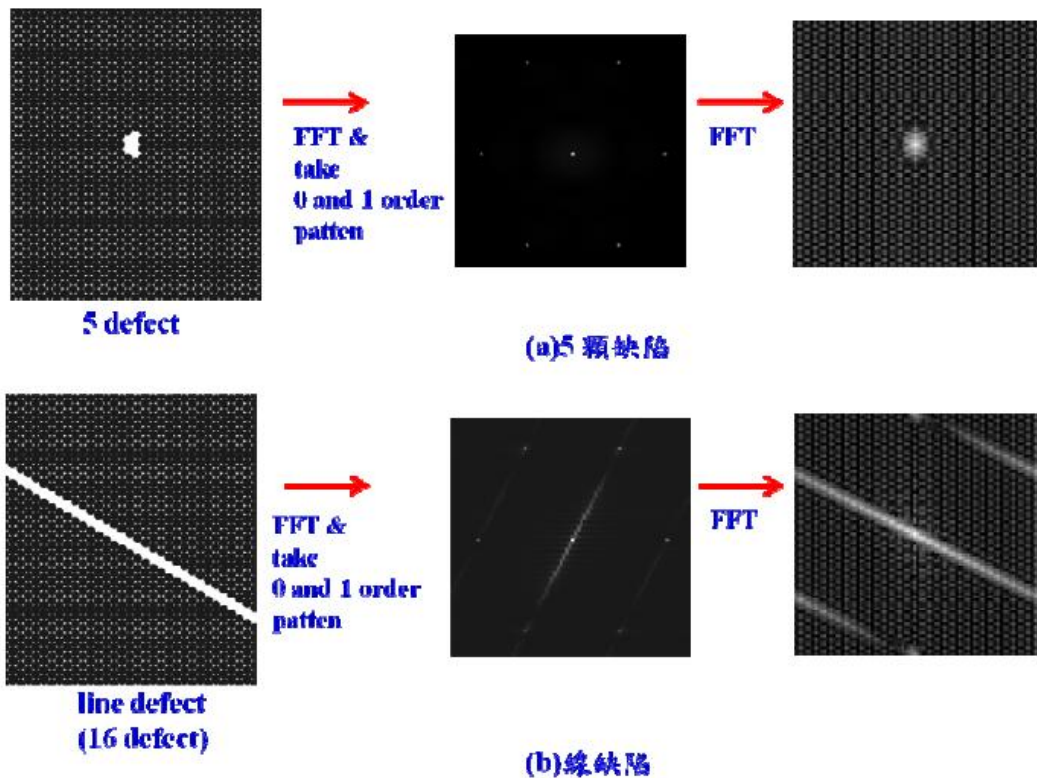
如何辨別出蝕刻後的缺陷，傳統的方式是用人工目檢的方法透過顯微鏡去觀察並挑出有缺陷的地方，但這樣的方式很可能因為人眼長時工作的疲勞，



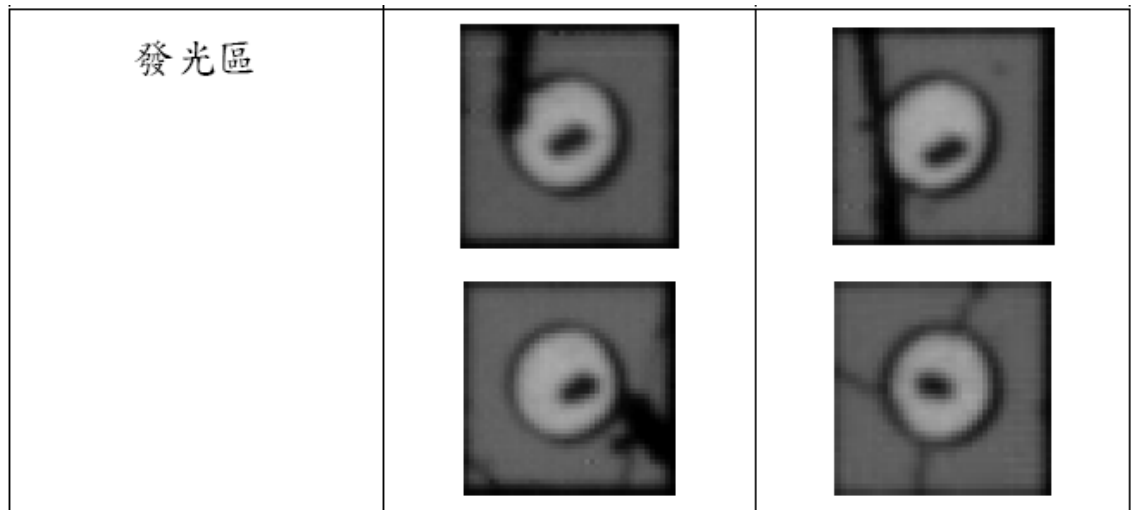
與主觀意識的不同,而造成不同的結果,想對的透過光學檢測系統,不僅節省人力與時間,且檢測的一致性高,可以提升產品的品質與競爭力  
因此,本論文題出一套系統的方法來檢測圖形化 LED 的缺陷。



## 2-4 相關文獻



楊松霖, 奈米球波導與奈米球缺陷檢測 利用快速傅立葉轉換的方法找尋奈米球波導與奈米球缺陷[3], 傅立葉轉換一直是同紋路下檢測缺陷常用的方法, 但其缺點是運算速度會比較慢, 從空間域轉到頻率域約為 0.5 秒, 再經頻率域演算轉回空間域就要 1 秒, 這對於快速的自動化產業上並不是很理想的檢測時間。



又張金璜,發光二極體晶元缺陷檢測 利用類神經網路[4],類神經網路於分類缺陷的應用,也一直有人探討,欲用類神經網路分類缺陷,守先必須建構出可以分辨良品與缺陷的特徵群,利用這些特徵事先加以學習,再以學習過後的結果予以分類,分類的好壞端看挑選的特徵群是否足以區分良品與缺陷,與事前學習的樣本是否有其代表性,因此類神經網路分類方式是有其煩瑣且不確定的因子在裡面。

## 2-5 圖形化 LED 的缺陷分類

將藍寶石基板蝕刻成圖形化後也會衍生出其製成上的問題,其中最大的問題是圖形化缺陷。本論文的研究目的即是利用視覺檢測的方式將圖形化 LED 的缺陷找出,並適當的予以分類,以達到提升良率,提高產能,有效控管品質的結果。

圖形化 LED 的缺陷有以下的分類

黑點(如圖 2-4)的由來可能來自製程中的髒污,微塵或是蝕刻不良所引起。



圖 2-9 黑點缺陷



白點(如圖 2-5) 的由來可能來自製程中的蝕刻不良所引起。

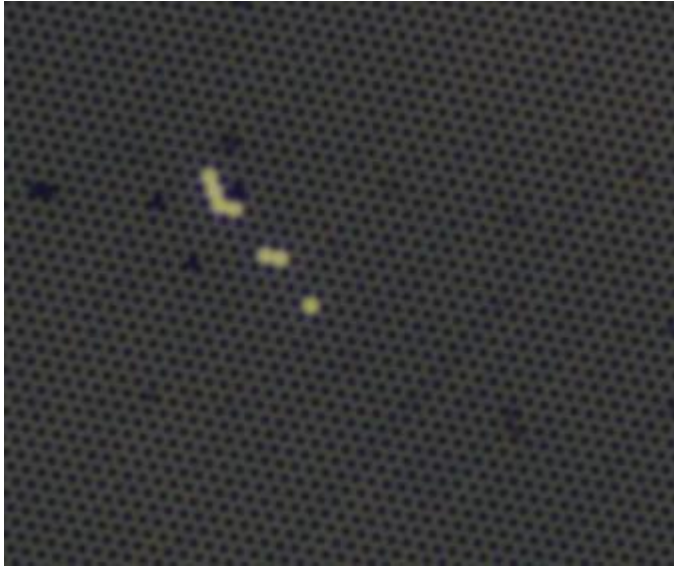


圖 2-10 白點缺陷

長黑(如圖 2-6) 的由來可能來自製程中的髒污, 微塵, 刮傷或是蝕刻不良所引起。



圖 2-11 長黑缺陷

長白(如圖 2-7) 的由來可能來自製程中的,刮傷或是蝕刻不良所引起。



圖 2-12 長白缺陷

曝光不均(如圖 2-8) 的由來可能來自製程中曝光機因分次曝光, 機台的平整度, 光量不均所引起。

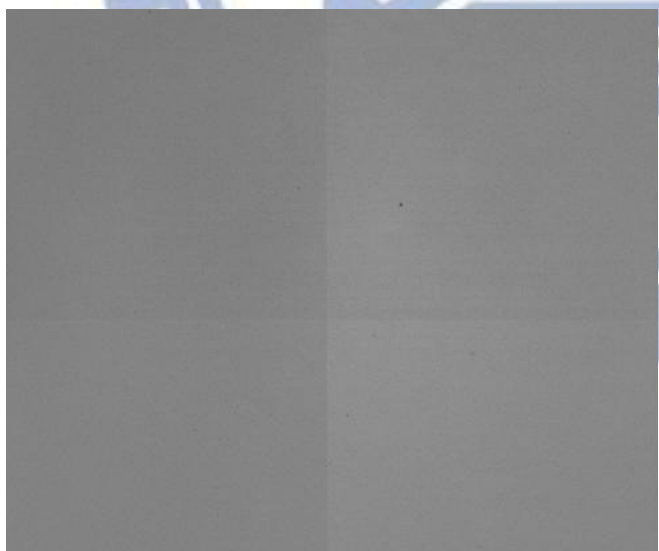
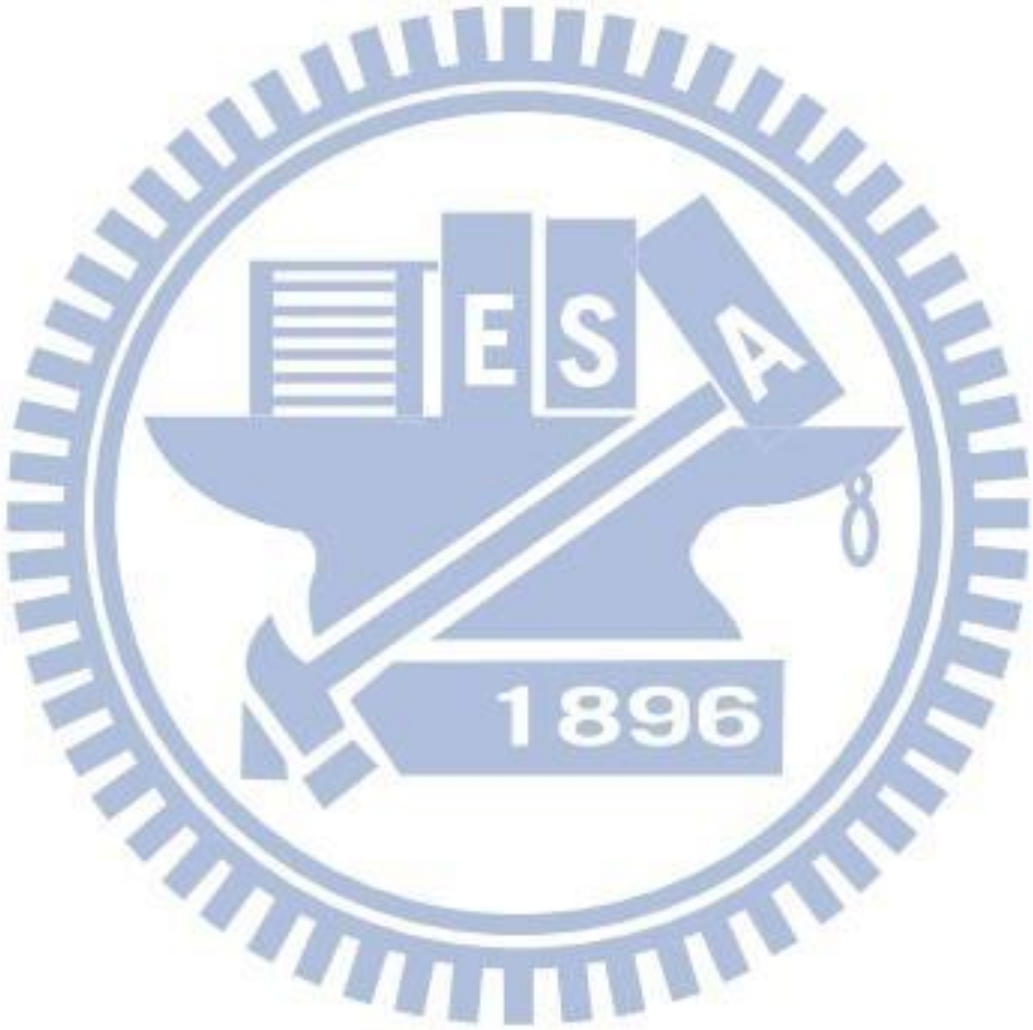


圖 2-13 格線





## 第三章 影像處理理論

### 3-1 二值化

二值化的動作是利用 pixel-by-pixel operation 把一張灰階圖

(gray image) 變成一張「只有黑、白」二值的圖。假定原來的灰階圖為  $F$ ，其中任何一個像素  $f(i, j)$  的亮度值都是介於  $[0, 255]$ 。

此外再假定二值化的過程用的 threshold 為  $T$ ，且二值化以後的影像為  $b(i, j)$ 。則實際的二值化運算是

$$B(i, j) = \begin{cases} 1 & \text{if } g(i, j) \leq T \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3-1)$$

• 二值化有時會被用來作為 segmentation (分離物件) 的工具[14]。

如圖所顯示，當二值化後暗的部份被分離開來。



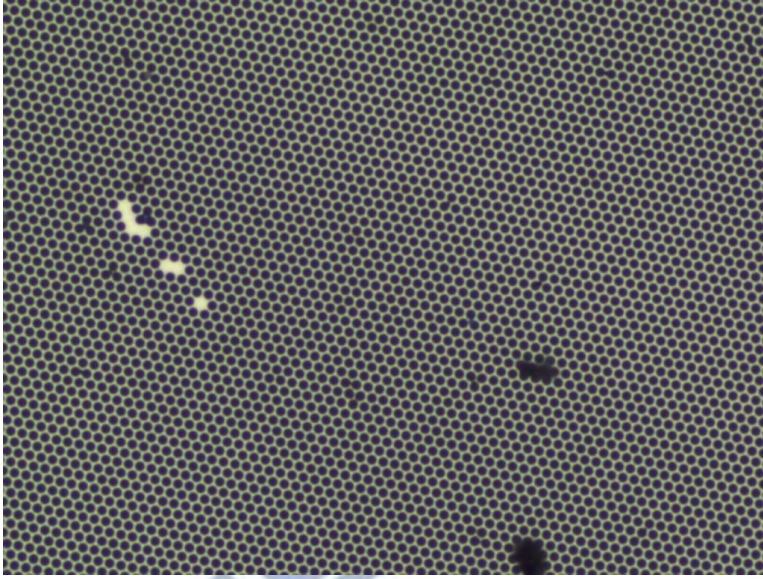


圖 3-1 原始影像

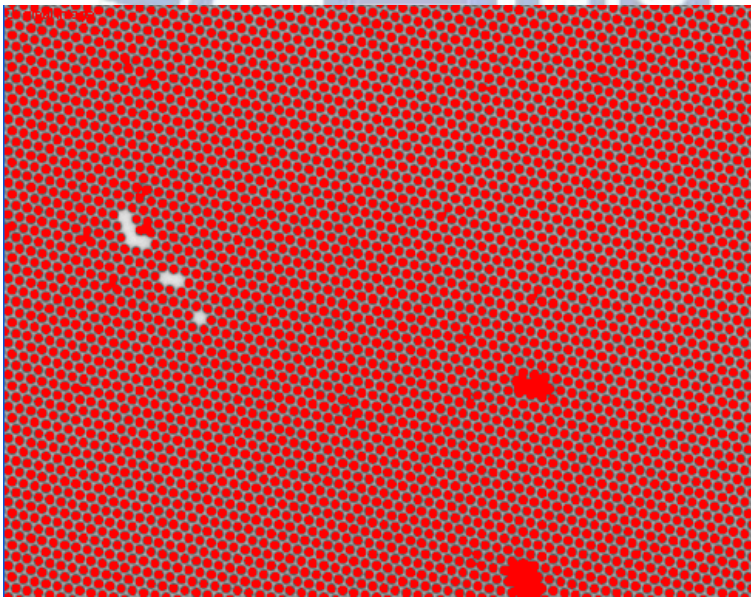


圖 3-2 經過二值化後所呈現之區域

## 3-2 直方圖

做法為將整張圖片所有的圖素取出亮度值，統計出每個亮度(0~255)的個數，最後再將 0-255 個整數陣列的值以直條圖方示畫出。

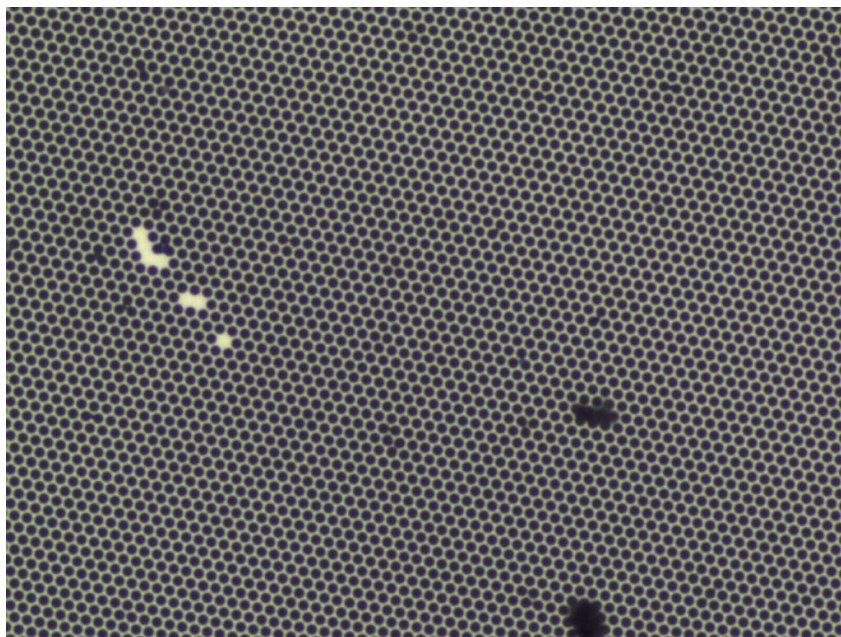


圖 3-3 原始影像

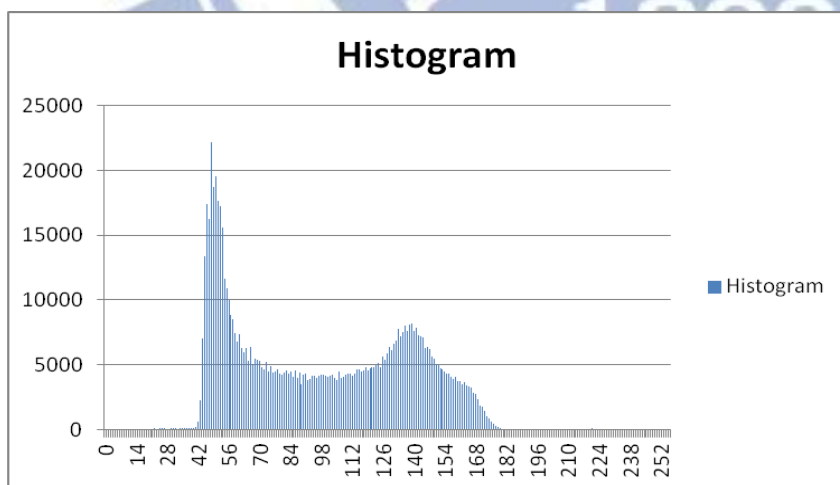


圖 3-4 直方圖

圖中顯示原始圖與其直方圖。

直方圖，它是一張圖所有點所描繪出來的線圖，目的是要看出這一張圖明



亮分佈的狀況，藉此判斷圖片中暗的部份太多還是亮的部份太多

標準的圖檔直方圖曲線應呈現中間部份最高，兩邊逐漸降低（常態分佈，

又稱高斯分佈），且一張圖如果直方圖只分布在左半區顯示

則圖形會偏暗，相反的直方圖只分布在右半區，則圖形會偏亮，直方圖呈現

兩個小山丘狀，中間凹的部分常是用來作分離物件的 T 點[15]。



圖 3-5 過亮影像

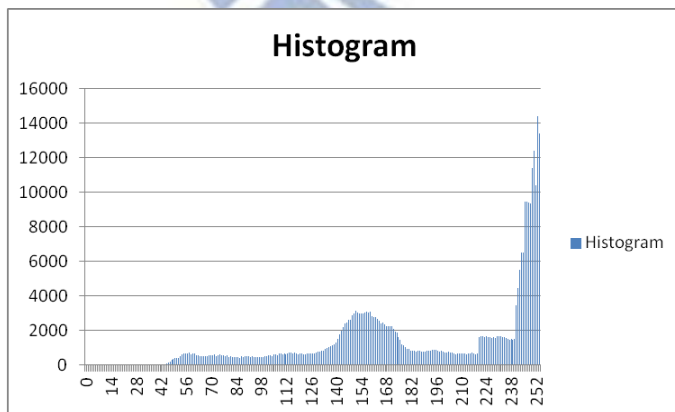


圖 3-6 過亮影像直方圖

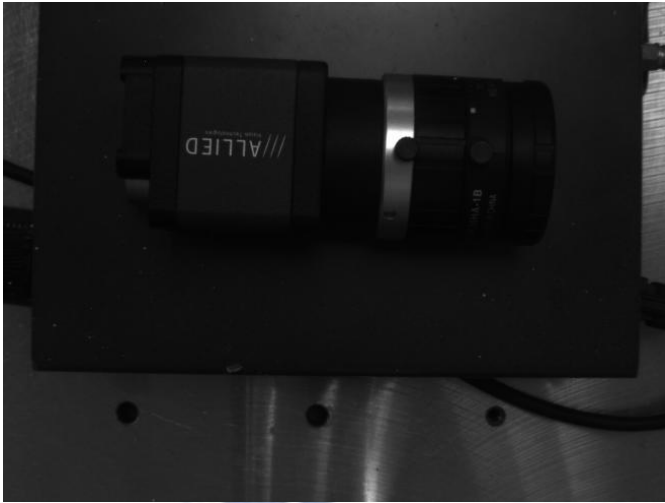


圖 3-7 過暗影像

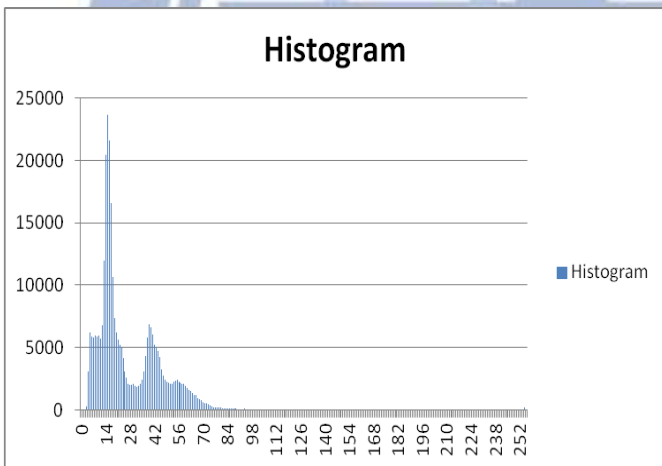


圖 3-8 過暗影像直方圖





圖 3-9 適中影像

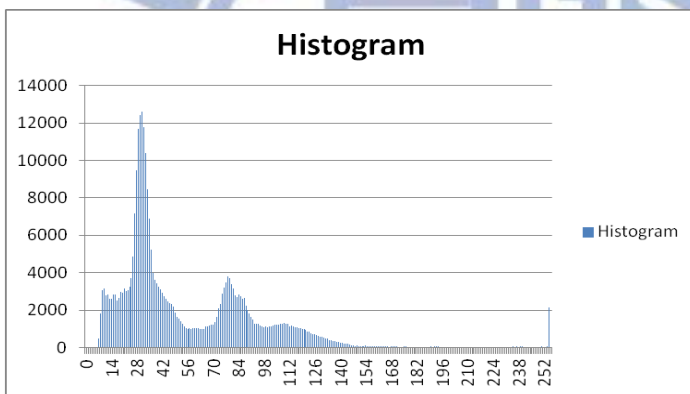


圖 3-10 適中影像直方圖

曲線左邊部份太高代表暗部太多，曲線右邊部份太高代表亮部太多，若曲線高度集中在中間附近，表示這張圖整體明暗度是適中的

另外影像的對比度也能經由直方圖看出來，如果直方圖呈現過窄，則對比度不高，若直方圖呈現均勻分布，影像對比會好很多。

### 3-3 連通性

Component Connection 可以把不相連的物件個別給區分開來藉以後續的特徵處理。

定義為

令代表影像中的像素子集，設  $p$  與  $q$  是  $S$  中的像素，如果存在一條全部由  $S$  中的像素組成的路徑，和  $q$  在  $S$  中是連通的，對於  $S$  中的任意像素，與其連通的像素集合稱為  $S$  的連通成分[16]。

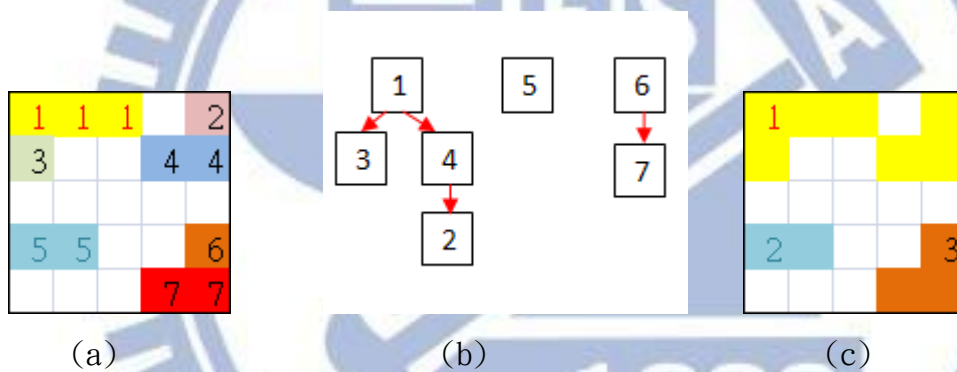


圖 3-11 連通演算法

由上圖 3-11(a)表示為一原始圖分割之區域，經由(b)的演算，最後得到(c)的結果。

## 3-4 邊緣檢測

邊緣檢測是影像處理和視覺檢測中的基本問題，邊緣檢測的目的是識別出物件中的亮度變化明顯的點。

影像屬性中的顯著變化通常反映了屬性的重要事件和變化。這些包括

- (i) 垂直深度上變化
- (ii) 表面方向變化
- (iii) 物件變化
- (iv) 照明變化

邊緣檢測是影像處理和計視覺檢測中特徵提取中的一個研究領域。

在空間域的分佈中，我們可以先假定邊緣是亮度發生變化的地方，那麼邊緣檢測大體上就是計算這個亮度變化的導數。

為簡化起見，我們可以先在一維空間分析邊緣檢測。在下面的例子中，我們的數據是一行不同點亮度的數據。

例如，在下面的一維數據中我們可以直觀地說在第 3 與第 4 個點之間有一個邊界：

8 9 11 112 120 128 133

但一般而言，除非場景中的物體非常簡單，無耦合情形並且照明條件得到了很好的控制，否則確定一個用來判斷兩個相鄰點之間有多大的亮度變化才算是**有邊界的閾值(Threshold)**，並不是一件容易的事。

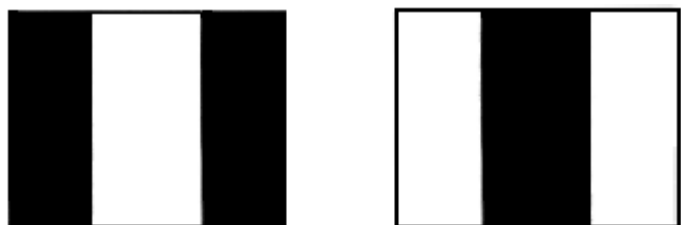


圖 3-12 黑白對比之影像

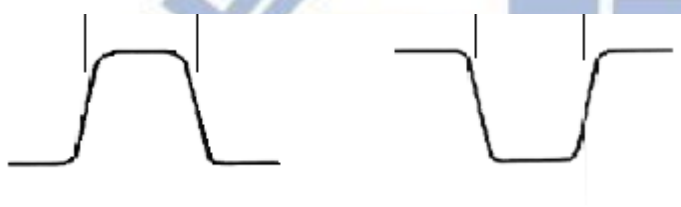


圖 3-13 影像輸出灰階值

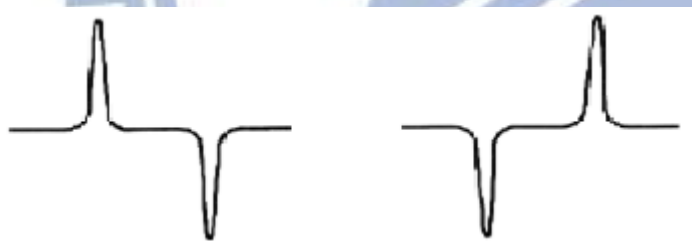


圖 3-14 影像一階導數

### 計算二階導數

其它一些邊緣檢測操作是基於亮度的二階導數。這實質上是亮度梯度的變化率。

$$\nabla^2 f = \frac{\partial^2 f}{\partial X^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial Y^2} \quad (3-2)$$



在式中算出梯度之變化，進而導出下面兩式

$$\frac{\partial^2 f}{\partial X^2} = f(x+1, y) + f(x-1, y) - 2f(x, y) \quad (3-3)$$

與

$$\frac{\partial^2 f}{\partial Y^2} = f(x, y+1) + f(x, y-1) - 2f(x, y) \quad (3-4)$$

經(3-3)與(3-4)二式合成

$$\nabla^2 f = f(x+1, y) + f(x-1, y) + f(x, y+1) + f(x, y-1) - 4f(x, y) \quad (3-5)$$

在理想的連續變化情況下，在二階導數中檢測過零點將得到梯度中的局部最大值。

另一方面，二階導數中的峰值檢測是邊緣檢測，只要圖像操作使用一個合適的尺度表示。如上所述，邊緣是雙重邊緣，

這樣我們就可以在邊緣的一邊看到一個亮度梯度，而在另一邊看到相反的梯度。

這樣如果圖像中有邊線出現的話我們就能在亮度梯度上看到非常大的變化。為了找到這些邊線，我們可以在圖像亮度梯度的二階導數中尋找過零點(Zero Crossing)。也就是說，它會發生 暗-亮-暗 或者是 亮-暗-亮 的情形[17]。

著名的邊緣找尋方式有 Sobel , laplacian , Canny ，它們分別代表，一階導數，二階導數，以及次像素的方法[18]。

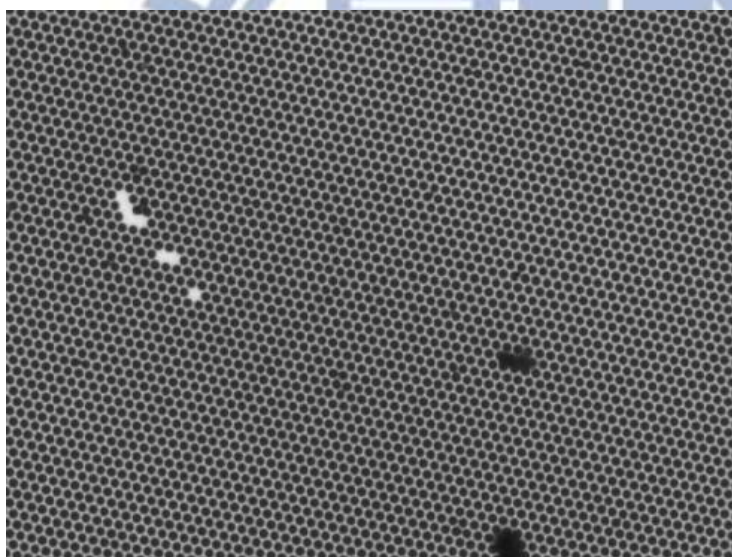


圖 3-15 原始影像

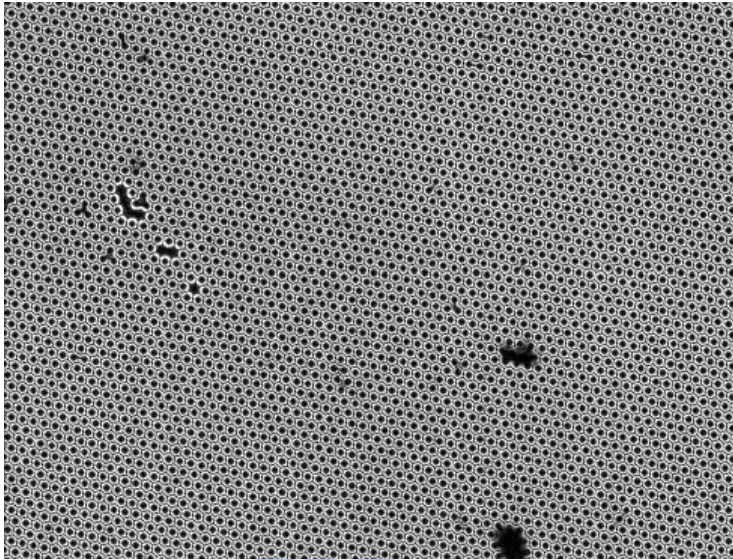


圖 3-16 經過 Sobel 運算子過後之影像

圖中顯示 Sobel 運算子對於邊緣運算後的結果





### 3-5 幾何運算

幾何運算對於量測實體的大小，角度，長度，有其必要性，尤其是精密的量測，加上次像素(SubPixel)的數學運算，可以將物件的範圍做一個精密的量測[19]。

#### 1. 物件面積 A：

物件  $B=b(i,j)$  的面積可以用下一式算出來

$$Area = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m B(i, j) \quad (3-6)$$

#### 2. 物件位置：

物件  $B=b(i,j)$  在 FOV 內的形心位置  $(X_c, Y_c)$  可以用下面式子算出來

$$X_c = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m jB(i, j)}{Area} \quad (3-7)$$

$$Y_c = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m iB(i, j)}{Area} \quad (3-8)$$



### 3. 統計量

最常見的統計量是平均值與標準差

平均值在灰階  $m$  的計算方式可由下式算出

$$m = \frac{1}{mn} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m g(i, j) \quad (3-9)$$

標準差  $S$  則是

$$S = \sqrt{\frac{1}{mn} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (g(i, j) - m)^2} \quad (3-10)$$

最大最小值

在一個 FOV 中，最大值的算法由以下

$$g_{\min} = \min_{(i, j) \in R} (g(i, j)) \quad (3-11)$$

而最小值的算法由以下

$$g_{\max} = \max_{(i, j) \in R} (g(i, j)) \quad (3-12)$$

通常，最大最小值的運用能將其擴展到某一個比例上

則其計算方式為

$$g_{\min}(n\%) = \min_{(i,j) \in R}(n\%)(g(i,j)) \quad (3-13)$$

與

$$g_{\max}(n\%) = \max_{(i,j) \in R}(n\%)(g(i,j)) \quad (3-14)$$

式中表明，具有  $n\%$  的最小灰階值，與具有  $n\%$  的最大灰階值，當  $n=50$  時，即是平均灰階值。



## 第四章 實驗

### 4-1 實驗器材

實驗器材是由 OLYMPUS 顯微鏡組 搭配 Image Source DFK22AUC03-F CCD 將實物拍攝後，再用 Boland C++ 撰寫程式分析判斷



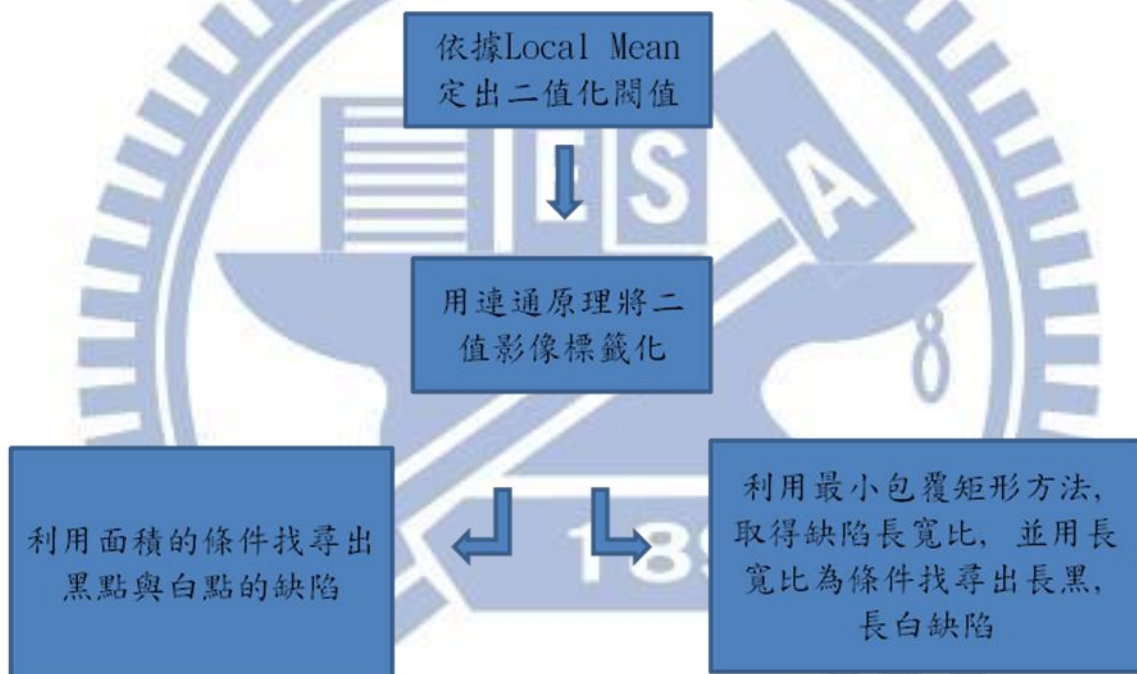
圖 4-1 OLYMPUS 顯微鏡組



圖 4-2 光學 CCD

## 4-2 實驗內容與結果

分析重複性的圖片，一般可以用傅利葉轉換將重複性的元素取出，再將以分析，其中重複性的元素即是無缺陷部份，其餘則可能是缺陷所在區域，但此法耗時，又也能用建 Gold，再用 pixel 比對方式，此法對準的架構必須建立在圖片來源精度本身就要求很高且光源分佈均勻上，所以本論文採取比較直接的空間域方式來分析缺陷。



### 缺陷切割

取得二值化門檻值將 hole(黑色) 與 邊緣分離(白色)

利用 Global Mean Value 取得整張圖片之平均值，與標準差以此值當成二

值化門檻值[20] 由圖中顯示數值為 93



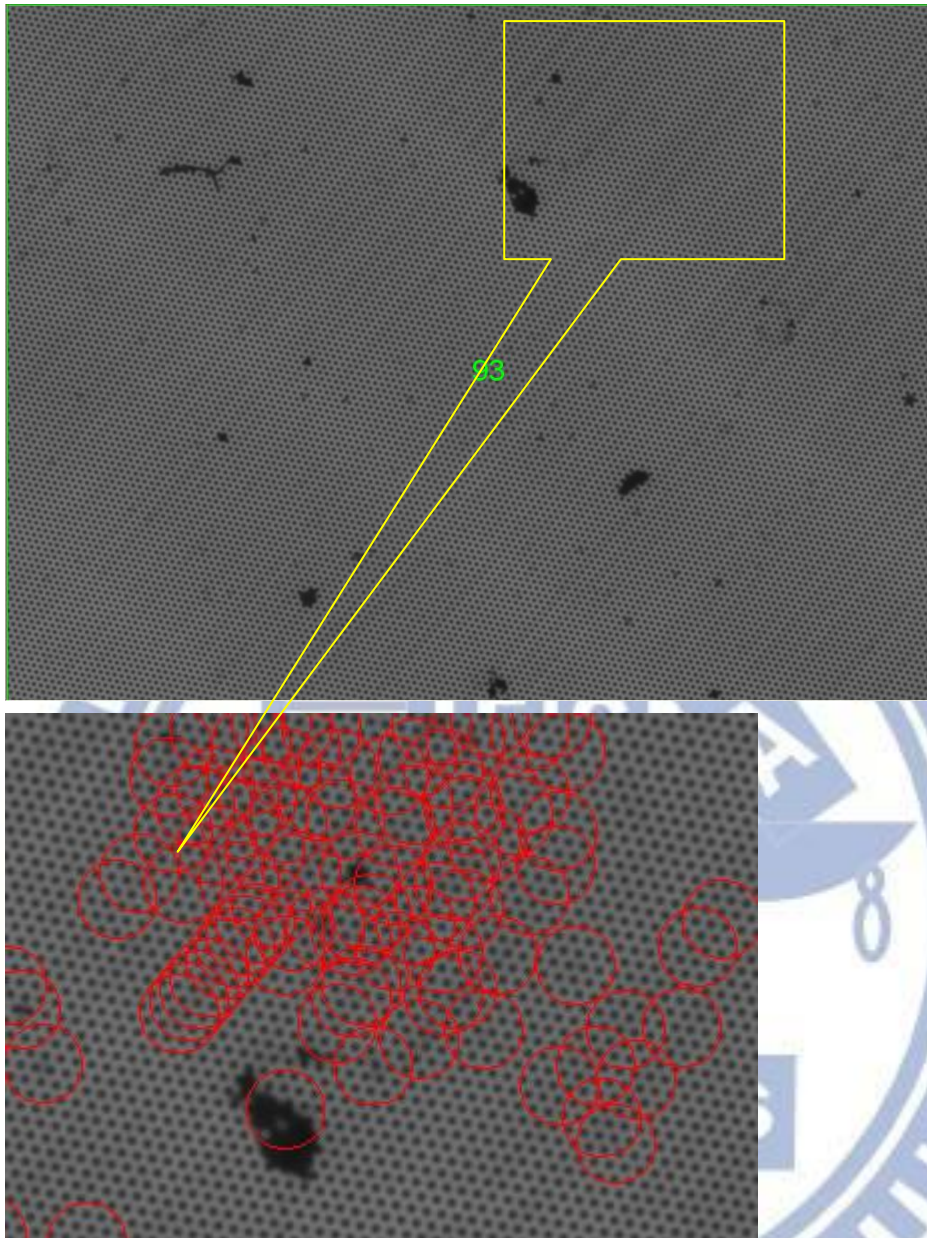


圖 4-3 全域閾值與其檢測結果

將整張圖片切分成 81 等份，分別以每一小等份取得圖片之平均值，與標準差以此值當成二值化門檻值

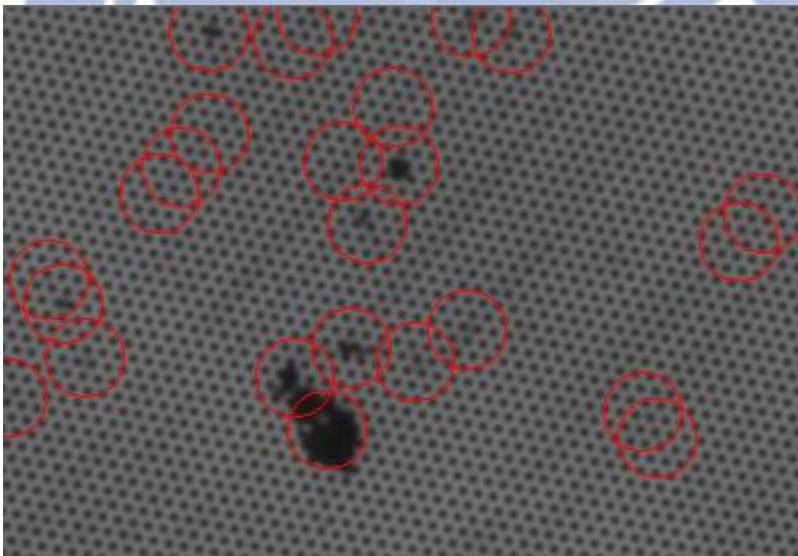
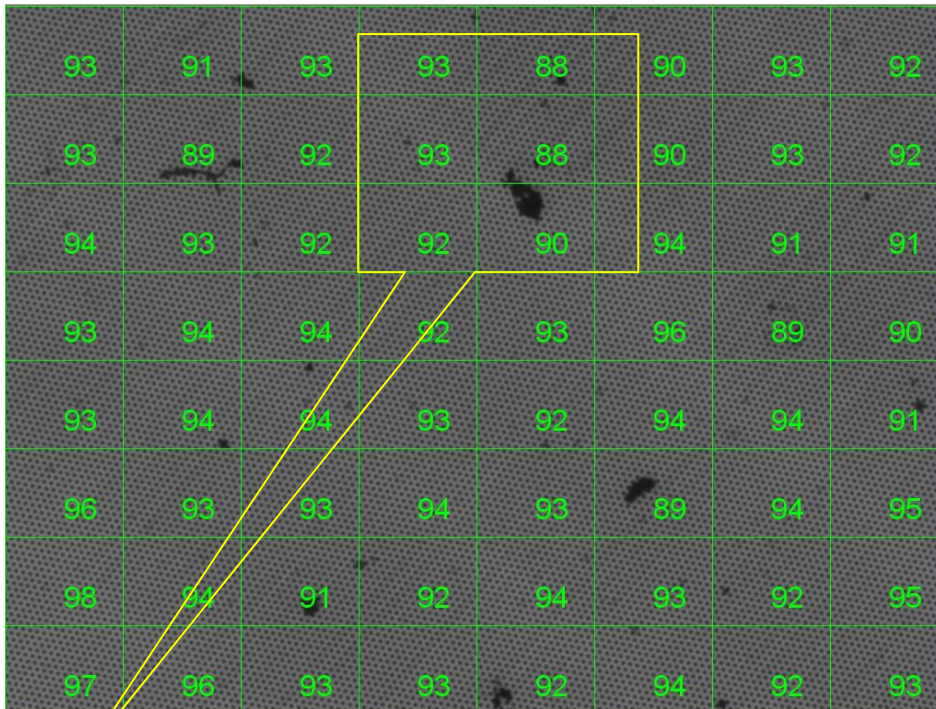


圖 4-4 區域閾值與其檢測結果

此方法能比較適應大圖的光量不均勻問題

利用連通原理, 抽取連通成份





圖 4-5 連通示意圖

以連通區域面積為判斷依據，若過大則是不良 defect

若是 defect 區，邊緣可能造成連通，面積一定大於單一 cell 的面積，

並用圈圈顯示檢測結果

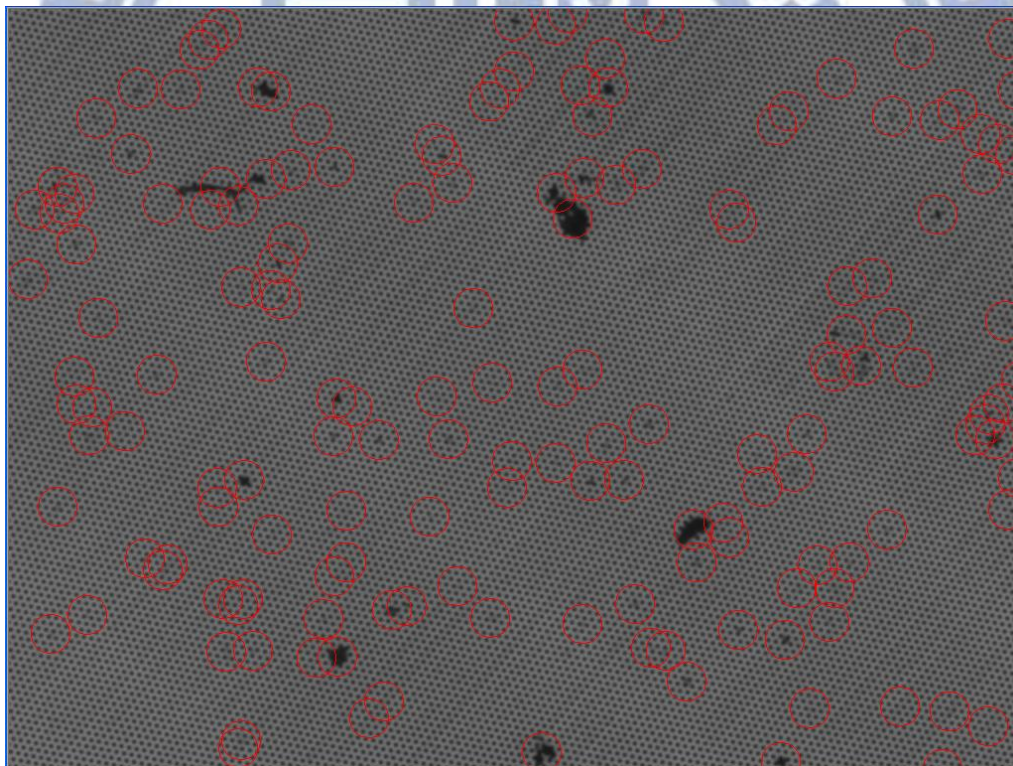


圖 4-6 用框選顯示檢測結果

也能用輪廓顯示檢測結果

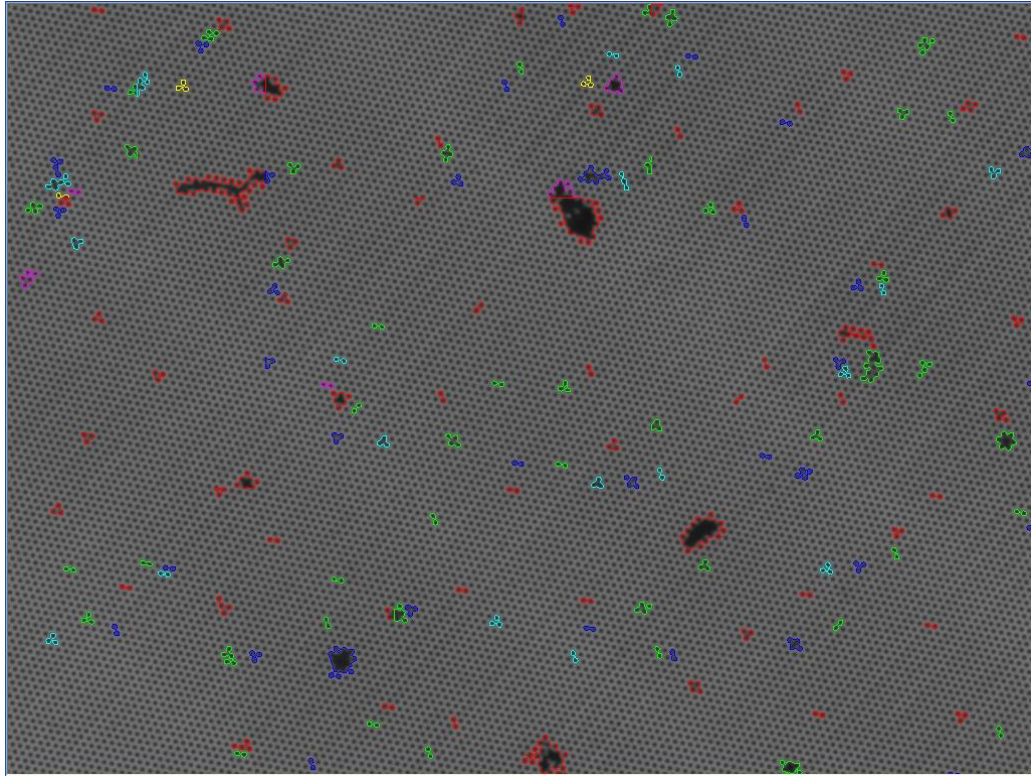


圖 4-7 用輪廓顯示檢測結果

表 4 3 Cell, 4 Cell, 5 Cell, 6 Cell up, 面積條件下判斷比較

面積條件	UnderKill	OverKill	良率	判斷時間
3 Cell	0	15%	85%	0.25 Sec
4 Cell	0	9%	91%	0.25 Sec
5 Cell	0	4%	96%	0.25 Sec
6 Cell up	0	0%	100%	0.24 Sec



一般而言 LED 的晶粒大小從約為 0.5mm x 0.5mm 此大小為藍寶石基板上的圖形的 400 倍，因此 6Cell 的缺陷只佔 1.5%，所以本實驗所呈現之檢測結果是很正面的。

## 長度計算

轉成最小包圍面積之矩形[21]

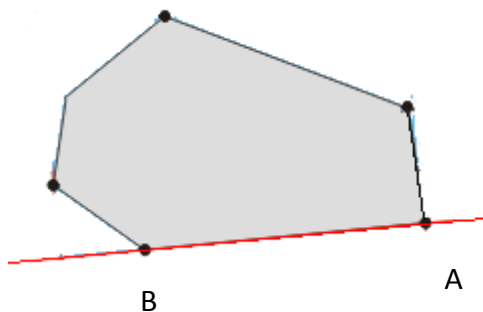
Algorithm

Step 1: 先將 Region 轉成凸包(Convex hull)

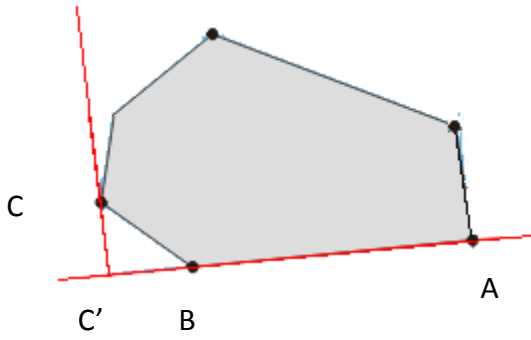
凸包(Convex hull)：圖形內任意兩點的連線不會經過圖形外部

在多維空間中有一群散佈各處的點，「凸包」是包圍這群點的所有外殼當中，表面積暨容積最小的一個外殼，而最小的外殼一定會是凸的。

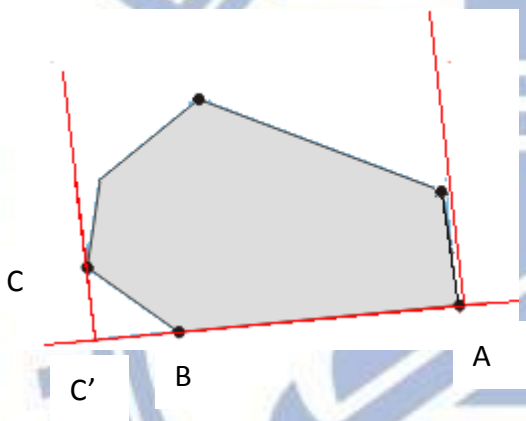
以凸面的一邊當矩形的一邊 AB



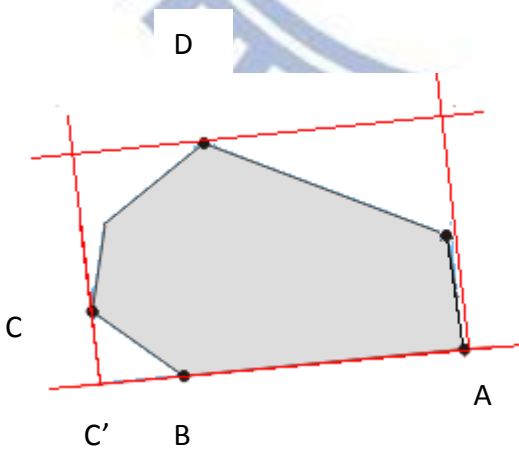
Step 2: 找一點 C，做出垂直 AB 的線 CC'



Step 3: 以 A 為一點 做出與  $CC'$  平行之線



Step 4: 找一點 D 做出與 AB 平行之線



Step 5: 重複 Step1~4 並找出面積最小之矩形

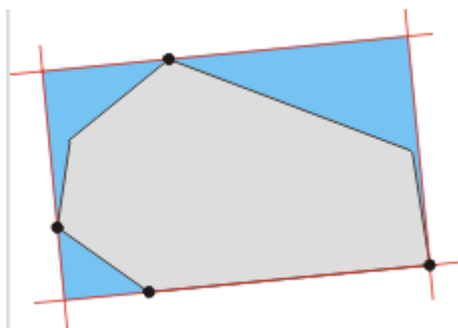


圖 4-8 最小包覆矩形演算法



圖 4-9 最小包覆矩形演算法所產生之檢測結果



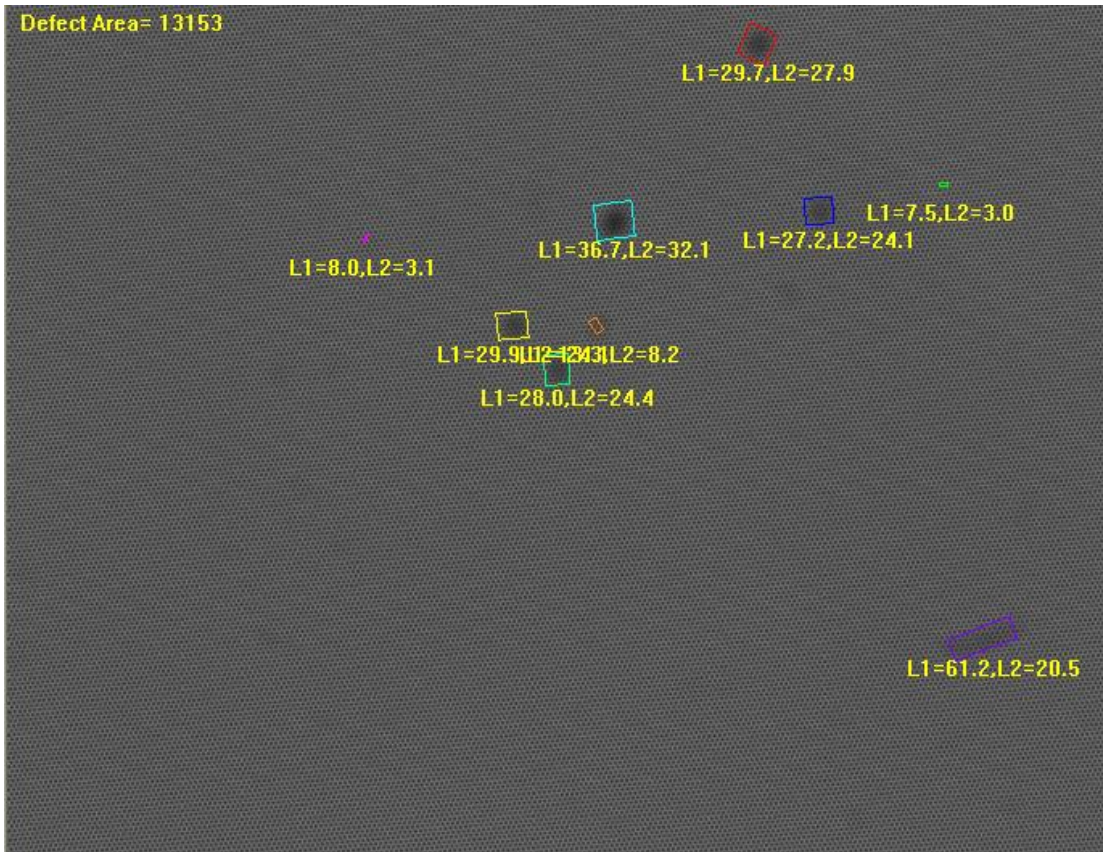


圖 4-10 最小包覆矩形演算法並計算其長寬之檢測結果

格線檢查

由於曝光機 非一次性曝光，而是分次，所以會產生一格一格的明暗分佈

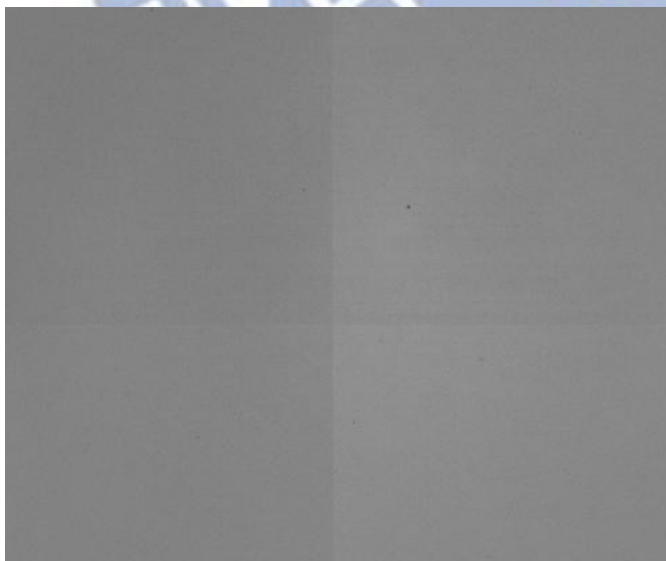


圖 4-11 格線圖



## 格線找尋 algorithm[22]

- a. 產生適當寬高之矩形
- b. 以統計為基礎，分別計算方框之灰階平均值(mean)  
 $mean_1, mean_2, mean_3 \dots mean_n$
- c. 計算與前一 mean 之差量  $mean_2 - mean_1, mean_3 - mean_2 \dots mean_n - mean_{n-1}$
- d. 格線發生在 差量極大處 (local maximum)



圖 4-12 利用水平切分導數求取水平格線

同理也能找尋平行 Y 軸 格線

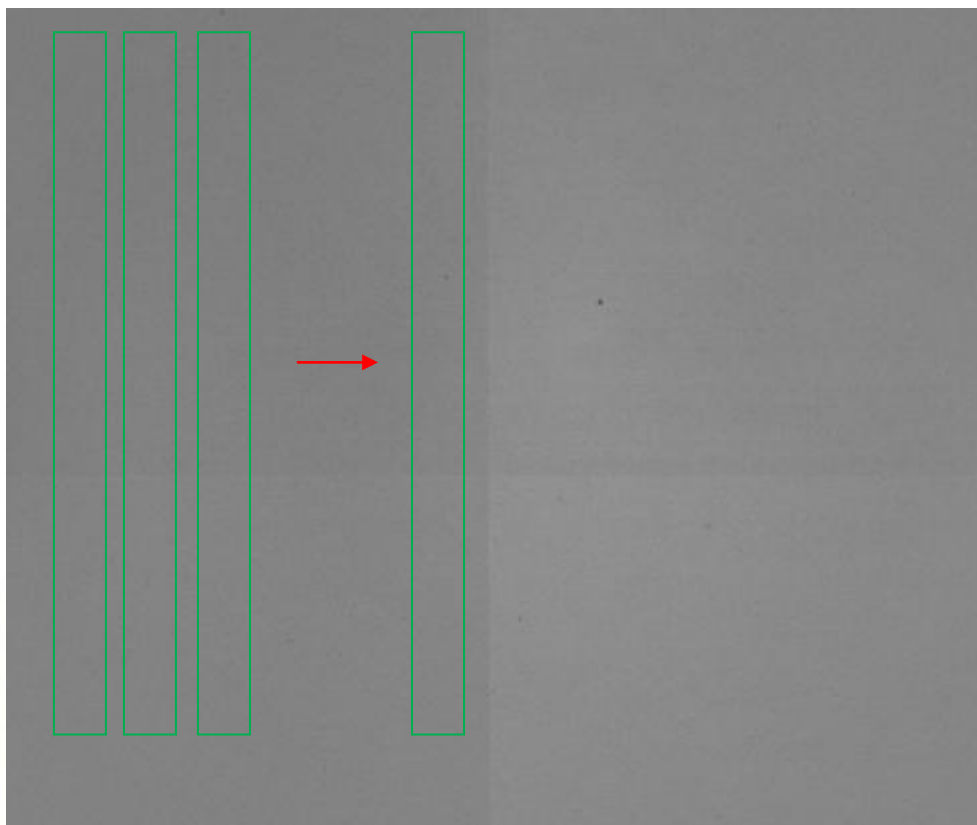


圖 4-13 利用垂直切分導數求取水平格線

整片 wafer 之格線檢查 algorithm

用小面積之灰階平均值之導數計算出  
格線可能位置



用DerivateGauss  
方法轉換Wafer  
ROI 圖片

在可能格線位置用灰階  
門檻的條件過濾，找尋  
格線位置



- a. 產生適當寬高之矩形
- b. 以統計為基礎，分別計算方框之灰階平均值(mean)

mean1, mean2, mean2... mean\_n

c. 計算與前一 mean 之差量  $mean_2 - mean_1$ ,  $mean_3 - mean_2 \dots mean_n$

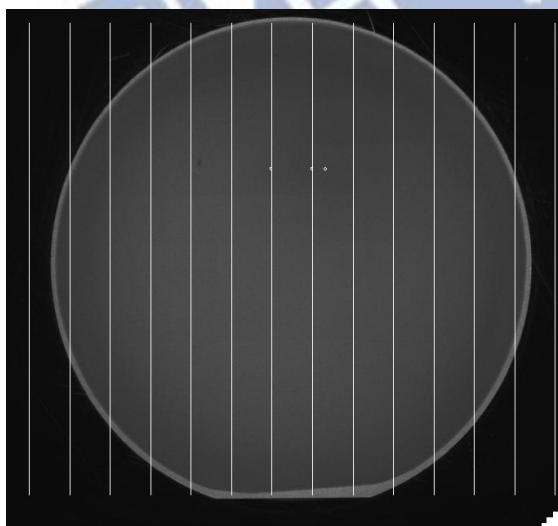
- mean\_{n-1}

d. 格線發生在 差量極大處 (local maximum)

e. 計算差異 x pitch

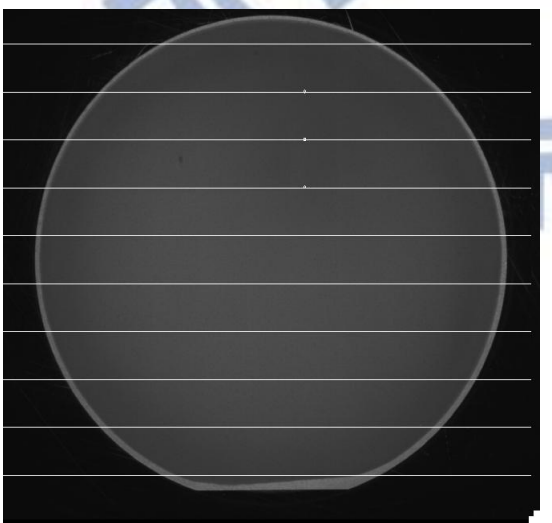
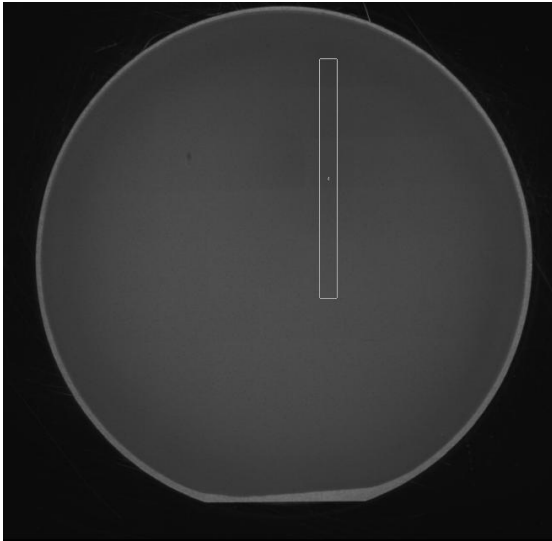


f. 以此 pitch 劃出整張圖

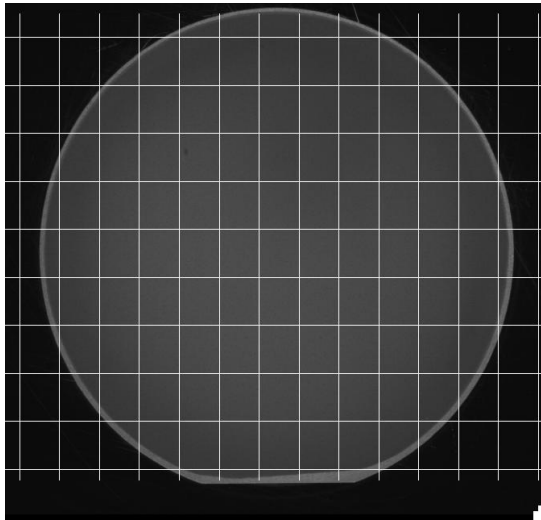


同理, y 軸亦可找出 y pitch, 劃出整張圖





以每個線段當候選人，計算，左右，或上下鄰近之灰階平均差異



©VTEC, Halcon 7.0, DerivateGauss (Operator)

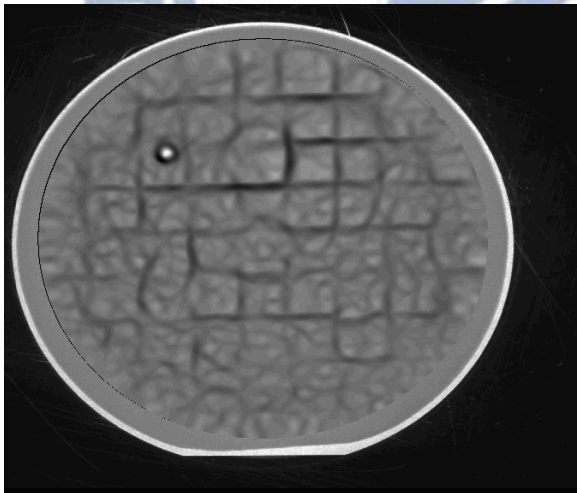
$$a = (g_{xx} * g_{yy}) / 2$$

$$\text{lambda1} = a - \text{sqrt}(a*a - (g_{xx} * g_{yy} - g_{xy} * g_{xy}))$$

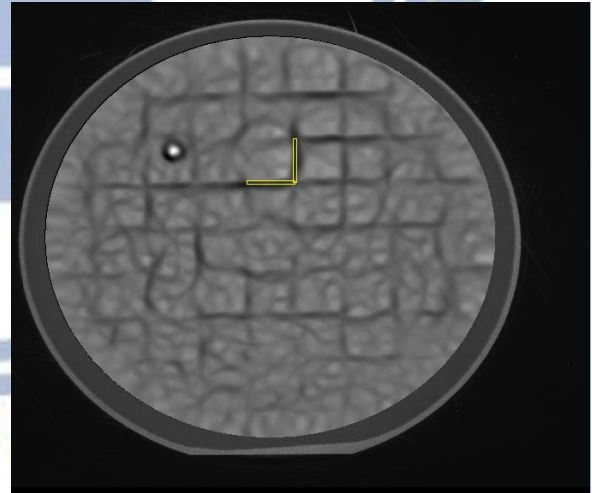
$g_{xx}$ =Second derivative along x

$g_{yy}$ =Second derivative along y

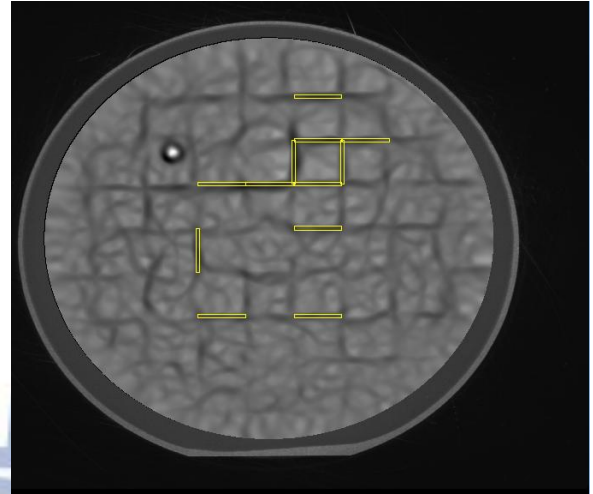
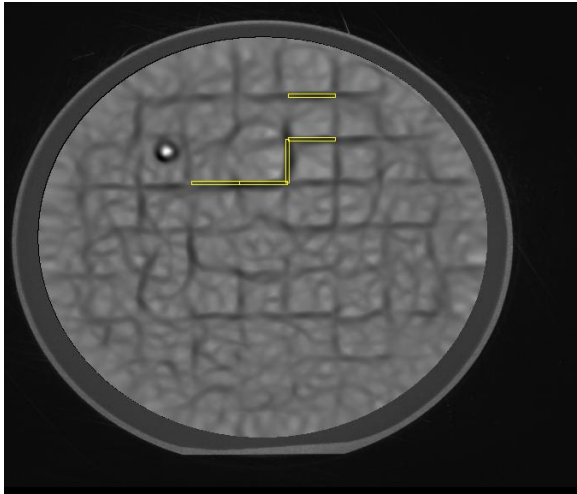
$g_{xy}$ =Second derivative along xy



(a) 經過運算後所產生的圖形



(b) 門檻值為 55 時所過濾之區域



(c) 門檻值為 70 時所過濾之區域

(d) 門檻值為 80 時所過濾之區域



## 第五章 結論與未來展望

### 5-1 結論

本論文使用光學檢測方法，利用區域性的平均亮度取得分割圖形化藍寶石基板的微米結構的二值化參，並利用影像處理連通性將物件分離。分離後的單一物件計算其面積，長寬比，將是缺陷的物件找出。在曝光不均部份，利用二階導數將最有可能產生曝光格線的線條找出，得出以下結論：

- 提出一個快速的缺陷演算法，應用在圖形化藍寶石基板缺陷檢測上。
  - 發展一個演算法，應用在圖形化藍寶石基板低對比格線檢測上。
- 均獲得良好的檢測成果。



## 5-2 未來展望

在手動研究光學方式檢測外觀的瑕疵，此套系統仍有許多研究可供進行。

在黑白瑕疵的檢測部份，如何能將判斷程序優化，以價格低廉的 CCD 與鏡頭，光源搭配，就能檢測出，這些研究是一個實務上一定會面臨到的研究問題。

在曝光不均的部份，有些肉眼看起來很明的條紋，機器視覺單就數字並不是很容易就能將其判斷出來，人眼雖然只有 30 萬畫數，每秒取樣 15 張，但加上經驗以及智慧的判斷，這都是 AOI 領域中能夠進一步研究的課題。

## 參考文獻

[1] 鑫源盛科技股份有限公司。檢索於 2012/03/09

<http://www.ttic-tech.com.tw/02.asp?PageType=2>。

[2] 拓璞產業研究所、光電所 IT IS。檢索於 2012/04/22，

<http://www.topology.com.tw/graph/graphcontent.asp?id=U199864192AG9LLTD81UGLAE2>。

[3] 楊松霖，「奈米球波導與奈米球缺陷檢測」，國立中央大學，碩士論文，2010。

[4] 張金璜，「學習向量量化類神經網路應用於發光二極體晶圓缺陷檢測」，國立雲林科技大學，碩士論文，2007。

[5] 馥坤光電股份有限公司。檢索於 2012/04/11，

<http://www.full-sun.com.tw/images/related/r01.pdf>。

[6] AUTOMATION 自動化科技學會會刊 2009.06。

[7] 日商日亞化學股份有限公司，「具備凹凸成型基板之半導體發光元件發明」，專利案號-091116475，2002。

[8] H.W. Huang, C.C. Kao, J.T. Chu, H.C. Kuo, S.C. Wang, and C.C.

Yu, "Improvement of InGaN-GaN light-emitting diode performance with a nano-roughened p-GaN surface," IEEE Photonics Technology

Letters, Vol. 17, pp. 983, 2005.

[9] C.C. Yang, R.H. Horng, C.E. Lee, W.Y. Lin, K.F. Pan, Y.Y. Su, and D.S. Wu, "Improvement in extraction efficiency of GaN-based light-emitting diodes with textured surface layer by natural lithography," Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 44, pp. 2525, 2005.

[10] J. Shakya, J.Y. Lin, and H.X. Jiang, "Time-resolved electroluminescence studies of III-nitride ultraviolet photonic-crystal lightemitting diodes," Applied Physics Letters, Vol. 85, pp. 2104, 2004.

[11] C.C. Kao, H.C. Kuo, H.W. Huang, J.T. Chu, Y.C. Peng, Y.L. Hsieh, C.Y. Luo, S.C. Wang, C.C. Yu, and C.F. Lin, "Light output enhancement in a nitride-based light-emitting diode with 22 degree undercut sidewalls," IEEE Photonics Technology Letters, Vol. 17, pp. 19, 2005.

[12] 吳麗雲，「圖案化藍寶石基板之濕式蝕刻」，國立中央大學，碩士論文，2006。

[13] 林佳裕，「壓印技術製作表面微結構應用於圖樣化藍寶石基板發光二極體之研究」，國立中央大學，碩士論文，2009

[14] Otsu, N., "A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms", IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Vol. SMC-9, NO.1,

pp.62-66,1979 ◦

[15] Ragael C. Gonzalez, Richard E. Woods, "Digital Image Processing 2/e" ◦

[16] Spanier, Edwin. Algebraic Topology. Springer. 1994.December. ISBN 0-387-94426-5 ◦

[17] Lindeberg, Tony "Edge detection and ridge detection with automatic scale selection", International Journal of Computer Vision, 30, 2, pp 117--154, 1998 ◦

[18] Canny, J., A Computational Approach To Edge Detection, IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol 8:679-714, 1986 ◦

[19] Carsten Steger, Markus Ulrich,Christian Wiedemann, Machine Vision Algorithms and Applications,2008 ◦

[20] Okawa, Y. "Automatic inspection of the surface defects of cast metals," Comput. Vision Graphics Ine. Process., 25, 89-112, 1984 ◦

[21] Godfried T. Toussaint, "Solving geometric problems with the rotating calipers," Proceedings of IEEE MELECON'83, Athens, Greece, May 1983 ◦

[22] Cooper, D.B., and Elliott, H., "A Maximum Lidelihood Framework for Boundary Estimation in Noise Images," IEEE 1978 Pattern Recognition & Image Processing, pp. 25-31 ◦



## 附錄

### 5x 與 10x 之優缺

10x 每個 pixel 約為 0.6  $\mu\text{m}$ , 以 cell pitch 5 $\mu\text{m}$  為基本, 約為 8 pixels  
如此可以很清楚的看到 defect 結構, 缺點是 FOV(0.6mm x 0.5mm) 太小, 需要掃瞄多次才能將所有圖片 scan 完成

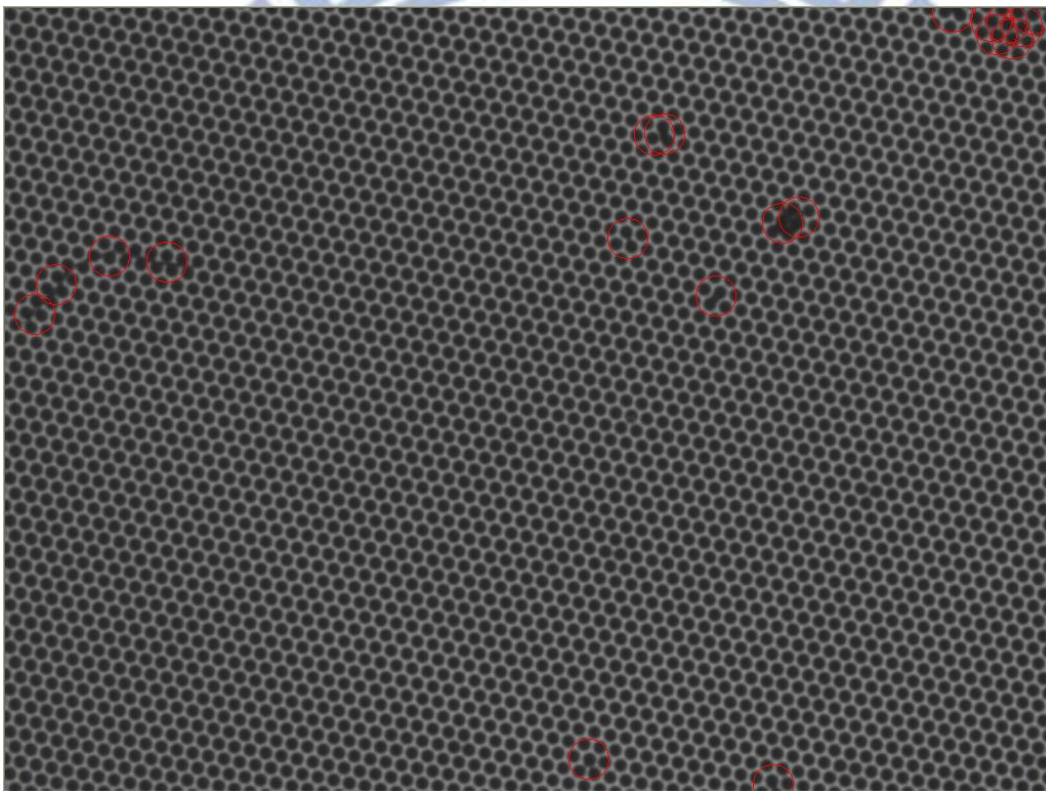


圖 A-1 10x 鏡頭顯示檢測結果

### 照明的影響

當同樣一個區域, 在不同照明底下, 其對比的深度影響到了判斷的依據, 最直接的影響是二值化的閾值, 本論文利用區域自適形的條件閾值, 以

一小塊區域為基礎分析其亮度，如此，在偏暗，對比不張的圖片上，亦可分析出缺陷的所在位置。

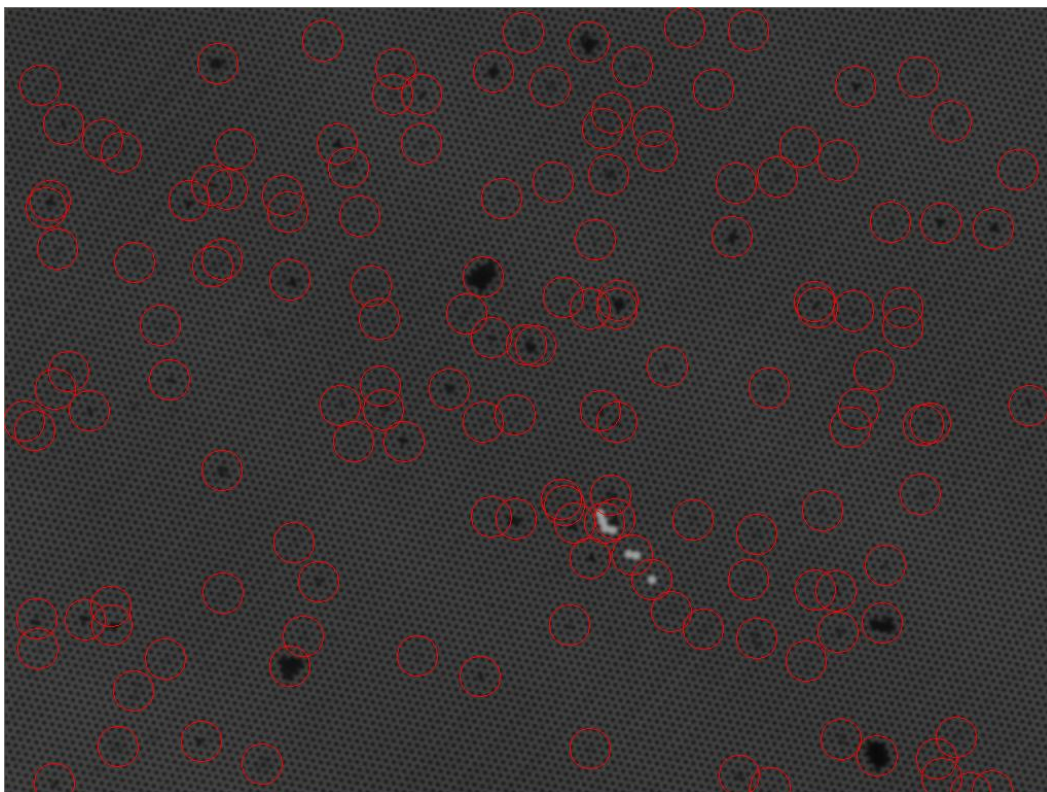


圖 B-1 較暗的圖片顯示檢測結果



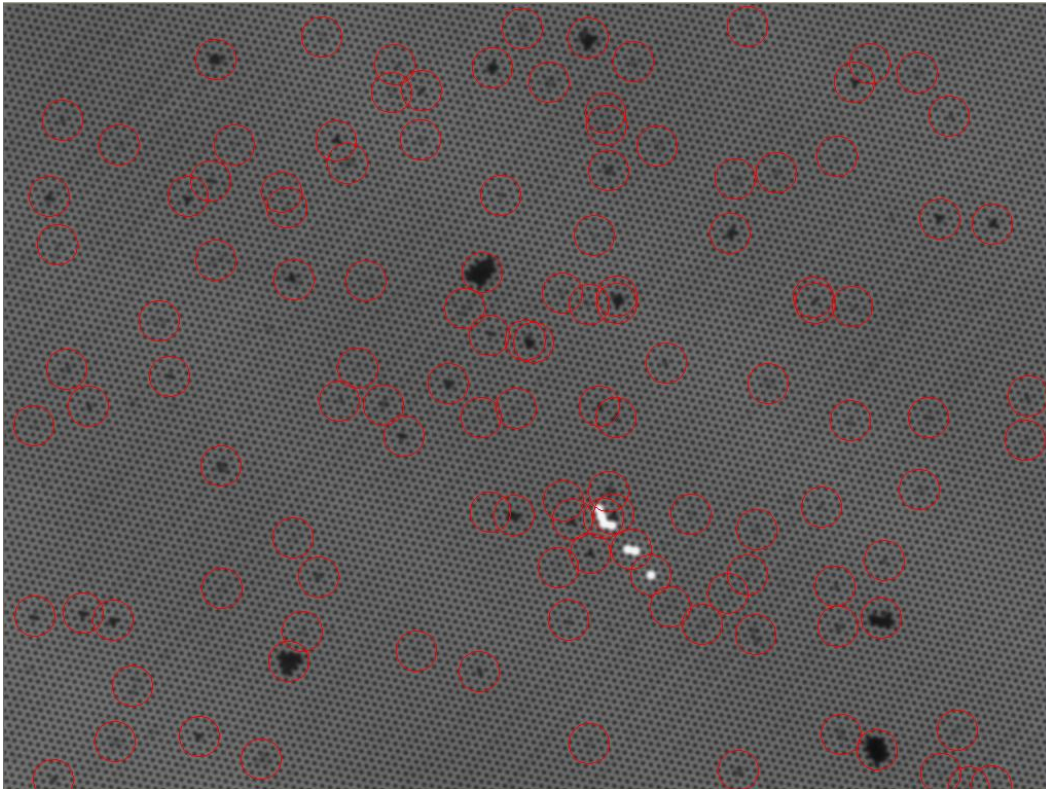


圖 B-2 較亮的圖片顯示檢測結果

