

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

彩色濾光片瑕疵與表面突起之自動檢測 研究成果報告(精簡版)

計畫類別：個別型
計畫編號：NSC 97-2221-E-216-025-
執行期間：97年08月01日至98年07月31日
執行單位：中華大學機械工程學系

計畫主持人：羅鵬飛

計畫參與人員：碩士班研究生-兼任助理人員：施柄辰
碩士班研究生-兼任助理人員：蔡勇毅

處理方式：本計畫可公開查詢

中華民國 98 年 10 月 27 日

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫 成果報告
 期中進度報告

彩色濾光片瑕疵與表面突起之自動檢測

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫
計畫編號：NSC 97-2221-E-216 -025-
執行期間： 97 年 8 月 1 日至 98 年 7 月 31 日

計畫主持人：羅鵬飛
共同主持人：
計畫參與人員：施柄辰、蔡勇毅

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)： 精簡報告 完整報告

本成果報告包括以下應繳交之附件：

- 赴國外出差或研習心得報告一份
- 赴大陸地區出差或研習心得報告一份
- 出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份
- 國際合作研究計畫國外研究報告書一份

處理方式：除產學合作研究計畫、提升產業技術及人才培育研究計畫、列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢

涉及專利或其他智慧財產權， 一年 二年後可公開查詢

執行單位：

中 華 民 國 九 十 八 年 十 月 十 九 日

彩色濾光片瑕疵與表面突起之自動檢測

An Automatic Inspection for the Defects and Protrusions in Color Filter

計畫編號：NSC 97-2221-E-216-025

執行期限：97年8月1日至98年7月31日

主持人：羅鵬飛 中華大學機械工程學系

計畫參與人員：施柄辰、蔡勇毅 中華大學機械工程學系碩士班

一、中文摘要

彩色濾光片(Color filter)是組成液晶面板的關鍵零組件之一，目前彩色濾光片的瑕疵檢測是在最後成品階段進行人工檢測，為確保彩色濾光片的生產品質，實有必要在彩色濾光片的表面瑕疵檢測上導入機器視覺系統來提昇檢測效率，以避免人工檢測誤判造成之損失。由於瑕疵在不同的光源形式下會有不同的表現形態，所以本文利用透射光和反射光擷取彩色濾光片影像，以確實的將瑕疵凸顯出來。由於彩色濾光片本身具有水平線和垂直線的結構紋路，所以藉由傅立葉轉換的方式於頻率域上濾除其水平垂直的響應，並搭配高斯低通濾波器來保留瑕疵響應所在之低頻帶以達到凸顯瑕疵之效果，接著以管制界限二值化將瑕疵部分分割出來。本文觀察功率頻譜中能量的分布情形，並找出高斯低通率波器的最佳截止頻率。在白瑕疵檢測的部份，則是於透射光影像直接利用管制界限二值化將白瑕疵檢出。由實驗結果可知本研究方法可有效檢測出彩色濾光片表面瑕疵。

關鍵詞：彩色濾光片、瑕疵、傅立葉轉換、頻率域、高斯低通濾波器

Abstract

Color filter (CF) is one of the key components of the liquid crystal panel. Currently, the defect of color filters is inspected by artificial inspection in the final product stage. To insure the product quality of the color filter, it is necessary to induct the machine vision system to the inspection line to promote the inspection efficiency to avoid the mistake in the judgment of the defects. Since the defects have different state under the different light

source form, both of the transmitted and reflected lights are used to acquire the image of the colors filter to highlight the defects in this research. The color filter panel involves regular grid texture consisting of vertical and horizontal lines. Fourier transform is first used to filter the response of these components out in frequency spectrum and the Gauss low pass filter is then used to retain the low frequency spectrum corresponding to the defect response so that the defects may be highlighted. Finally the trial control limits binary thresholding is applied to segment the defect from the CF image. By observing the energy distribution in the power spectrum, the optimum cutoff frequency of the Gauss low-pass filter is found. In the inspection of white defects, the trial control limits binary thresholding is directly used to examine white defects in the image acquired by the transmitted light. Experimental results indicate that the proposed method is effective for detecting surface defect of color filter panels.

Key words: color filter、defect、Fourier transform、frequency spectrum、Gauss low pass filter

二、緣由與目的

顯示器乃是人與機器溝通的重要介面，早期以映像管顯示器(CRT)為主，但隨著科技不斷進步，各種顯示技術如雨後春筍般誕生，而薄膜液晶顯示器(Thin Film Transistor Liquid Crystal Display, TFT-LCD)則為目前的主流產品之一。對於 LCD 面板產品而言，為能具體呈現色彩化的高品質顯示能力，當中的彩色濾光片(Color Filter, CF)是不可或缺的關鍵零組件之一。彩色濾光片的主要製程分為 BM、R、G、B 以及 ITO 等製作流程，在每個製程上都有可能產生瑕疵。基本上，瑕疵的種類大多集中在黑瑕疵與白瑕疵上，

其中白瑕疵可算是重大缺陷，至於其他的缺陷，則要以其大小來判斷是否剔除或視為良品。一般以一個顏色單元(RGB Cells)的 1/2 面積當作一個基準，若瑕疵面積大於等於 1/2，則視為缺陷；瑕疵面積小於 1/2 則視為良品，但若瑕疵數量過多時則也將之視為缺陷。

Nakashima[1]將彩色濾光片的瑕疵分類為巨觀瑕疵(Macro-Defects)和微觀瑕疵(Micro-Defects)，提出利用影像相減法並採用He-Ne雷射搭配傅立葉濾波器所產生之高度變化以過濾出瑕疵，但此方式只適用於具有高度的瑕疵且He-Ne雷射須有嚴格的環境控制才得以濾除雜訊。吳木杏[2]以影像相減法作為基礎在彩色濾光片上進行表面瑕疵檢測，此方法必須考慮到參考影像(Golden Image)的擷取以及影像定位(Registration)的問題，若參考影像選擇不佳或定位不夠精確，瑕疵偵測誤判的機率將會大幅提高。

由於彩色濾光片具有由RGB顏色單元(RGB cells)和黑色矩陣(Black matrix)所構成的結構性紋路(Structural Texture)，此紋路會造成瑕疵判斷上的困難。在分析表面紋路特徵(Textural Features)的方法有很多，但主要可分為空間域(Spatial Domain)和頻率域(Frequency Domain)兩種。

空間域是使用原始影像之顏色或灰階值變化來表示影像之特徵，此方法運算簡單但是對影像光源或材質不均勻時較不易處理。Amet, et al.[3]利用共生矩陣(Co-Occurrence Matrix)的方式檢測紡織品缺陷；陳普中[4]以灰階共生矩陣的方式來分析瑕疵位置及影像檢索。廖耀璋[5]使用斷開、閉合、膨脹、侵蝕、空間迴旋運算等傳統影像技術，並加入基因演算法，將所有檢測參數依計算完之適應函數值，透過基因演算競爭式選擇法進行淘汰，找出最小差異值。葉孟吉[6]針對其RGB三顏料上色製程中常發生之微觀瑕疵白缺陷、黑缺陷和突起建構智慧型辨識系統，以紅綠色度比值邏輯判斷法來判斷白缺陷，並採用迴歸預測閾值法和倒傳遞類神經來判斷黑缺陷和突起。

頻率域是將二維空間影像轉換為頻率域之頻譜，透過以影像頻譜的呈現可藉以辨別紋路的特性，因此可減低雜訊及光源影響。一般較為常見的方法有傅立葉轉換(Fourier Transform)和小波轉換(Wavelet Transform)。傅立葉轉換是將一訊號由空間域轉換到頻率域下，並於頻譜中擷取影像特徵資訊。Tsai[7,8]針對方向性紋路和隨機性紋路進行頻譜分析，濾除傅立葉頻譜中特定頻率元素再藉由反轉換以突顯瑕疵區域。Chan and Pang[9]觀察傅立葉頻譜中訊號的變化情形來檢測紡織品瑕疵，並由頻譜中所擷取的七項特徵值

進行四種瑕疵分類。曾彥馨[10]對TFT面板中的指觸、粉塵、配向膜孔洞以及刮痕等瑕疵進行瑕疵檢測並予以分類，其所用之檢測方法為先將影像轉換為頻譜，再濾除頻譜中規則性結構紋路以保留瑕疵特徵，然後再使用管制界限法來突顯瑕疵。洪崇祐[11]針對TFT-LCD面板之一維掃描影像以一維傅立葉轉換進行瑕疵檢測。小波轉換經常和傅立葉轉換做比較，其訊號是用正弦函數的和來表示。主要的區別是小波在時域和頻域都是局部的，而標準的傅立葉轉換只在頻域上是局部的。Lambert and Bock[12]利用小波轉換，針對方向性與統計性紋路的表面瑕疵進行檢測，以擷取紋路的特徵和分類。Kim, et al.[13]利用小波轉換來擷取瑕疵的特徵值來檢測紡織品的瑕疵。

本研究主要是利用透射光和反射光對彩色濾光片的外觀進行取樣和影像的分析，以期能確實的找出彩色濾光片於製程中可能產生的瑕疵。

三、研究方法

(一)、檢測系統架構與流程

如圖1所示，本文以CCD相機、影像擷取卡、可變焦光學觀察系統(可輸入同軸光源)以及PC形成電腦視覺系統。圖1亦顯示一背光板，此背光板係置放於雙軸移動平台之上以方便視覺系統擷取彩色濾光片影像。本文亦使用兩台光源供應器，以便將光源經由光纖管分別導入可變焦光學觀察系統及背光板。

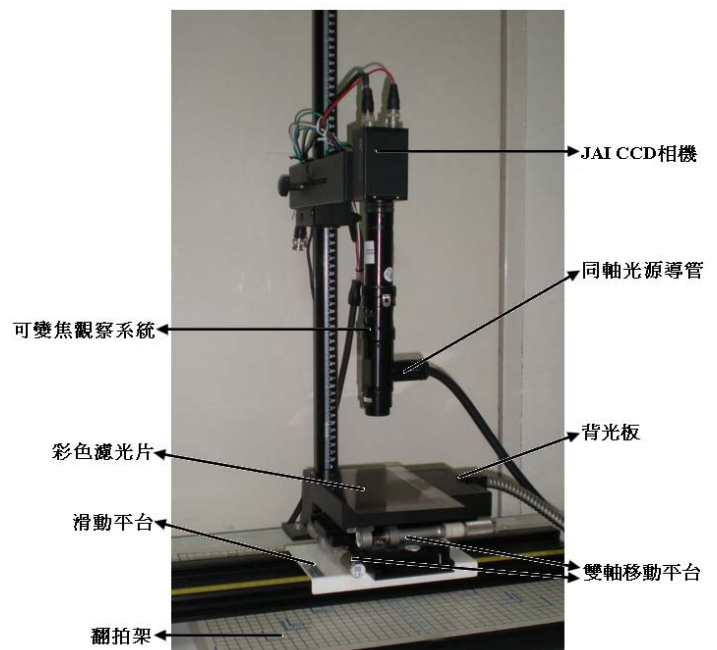


圖1 硬體設備架構圖

本文採用透射光和反射光兩個視覺模組來擷取影像，反射光可獲得待測物表面特徵及紋理

形狀的影像，能使用於具有灰階或二元化的影像擷取。而透射光則可獲得待測物之輪廓及外形的影像資料，且會產生較高的對比效果，適用於測量物體之尺寸及定位。藉由擷取透射光影像和反射光影像，可明確的得知瑕疵的特徵和瑕疵是否存在。本實驗擷取如表 1 所說明的污染、刮傷(面)、刮傷(線)、異物、粉塵等五種瑕疵。本文以如圖 2 所示的影像處理流程，對透射光或反射光影像進行影像分割處理，將瑕疵和背景分離。本文先針對白瑕疵的部份進行檢測，如果檢測結果為無瑕疵的話，則進行其他瑕疵的檢測。首先對透射光影像進行影像處理，再經由物件標號和瑕疵判定來檢測是否有瑕疵的存在並判定瑕疵的嚴重程度，如果檢測結果為無瑕疵或為非嚴重瑕疵時，則再對反射光影像進行如同透射光影像部分的處理，藉由此詳細的檢測系統流程以確實的把瑕疵給檢測出來。

表 1 瑕疵種類

瑕疵種類	說明
污染	指濾光片表面有油污或水漬
刮傷(面)	濾光片表面被刮傷且彩色格被完全剝離
刮傷(線)	濾光片表面被刮傷且彩色格被部分剝離
異物	濾光片表面有纖維或其他微小物
粉塵	濾光片表面有灰塵等

(二)、頻率域的平滑濾波器

針對具有瑕疵的彩色濾光片影像來說，其週期性的紋路和背景是屬於灰階變化較劇烈的部份，其頻帶的分布約在中頻至高頻的區段，而瑕疵部分由於灰階的變化較於平緩，所以頻帶的分布約在低頻的區段。因此為了達到降低背景紋路所造成判斷上的影響，以確實的突顯瑕疵影像，

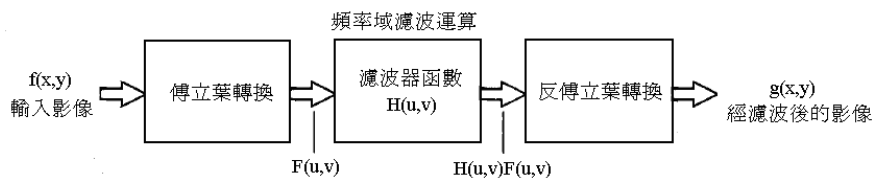


圖 3 頻率域上濾波的基本步驟

(三)、去除結構性紋路

對於一具有結構性水平和垂直紋路的彩色濾光片影像，其傅立葉頻譜具有通過原點的顯著的水平和垂直頻率分量(Frequency Component)。

採用低通濾波器來保留低頻部份的瑕疵，並衰減中高頻部份的背景紋路。在頻率域上的濾波可以方程式表示為

$$G(u, v) = H(u, v)F(u, v) \quad (1)$$

其中 $F(u, v)$ 為要平滑影像的傅立葉轉換，目的是選擇一個濾波器轉移函數 $H(u, v)$ ，透過衰減 $F(u, v)$ 的高頻分量來得到 $G(u, v)$ 。濾波的基本步驟如圖 3 所示。

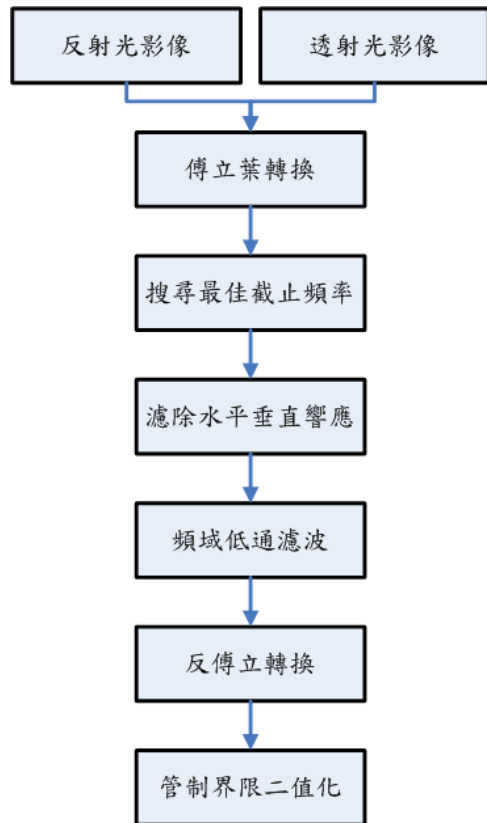


圖 2 影像處理流程圖

若只在頻域上濾除水平和垂直這兩條直線上的頻率響應(Response)，還是無法達到完全去除背景紋路的效果，這是因為彩色濾光片影像上還具有其它的紋理細節分別分布在中、高頻帶[10]。

圖 4(a)和 5(a)為原始影像，圖 4(b)和 5(b)為原始影像經傅立葉轉換後之影像，而圖 4(c)和圖 5(c)為濾除水平垂直響應的傅立葉頻譜圖，圖 4(d)和圖 5(d)為濾除水平垂直響應後經反轉換的影像圖，圖中可看到其背景紋路依然明顯。濾除水平垂直響應的轉移函數如下式所示：

$$H(u, v) = \begin{cases} 0 & u = 255 \text{ or } v = 255 \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

為確實濾除背景紋路，本文再以高斯低通濾波器衰減其他方向紋理細節的頻率響應。高斯低通濾波器 (GLPF) 的轉移函數形式如下式所示：

$$H(u, v) = e^{-D^2(u, v)/2D_0^2} \quad (3)$$

本文找出其最佳的截止頻率，並在濾波過程中選擇略過頻譜原點，以免影像的灰階值被重新調整，以便保留截止頻率內的瑕疵響應。圖 5(e)和圖 6(e)為經過最佳截止頻率的高斯低通濾波器處理後的傅立葉頻譜圖，圖 5(f)和圖 6(f)為經過濾波器後之反轉換，圖中可發現到背景紋路明顯的被濾除掉。

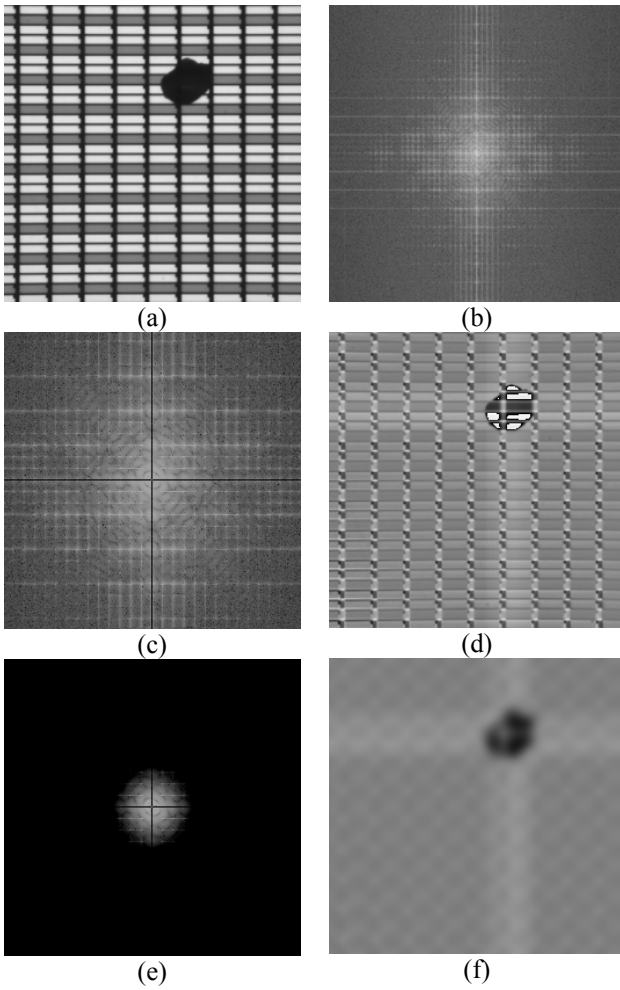


圖 4 去除結構性紋路的分析樣本 (a) CF 透射光影像 (b)圖(a)之反傅立葉轉換 (c)濾除水平垂直響應 (d)圖(c)之反傅立葉轉換 (e)濾除水平垂直響應並經過最佳截止頻率的高斯低通濾波器處

理(略過原點) (f)圖(e)之反傅立葉轉換

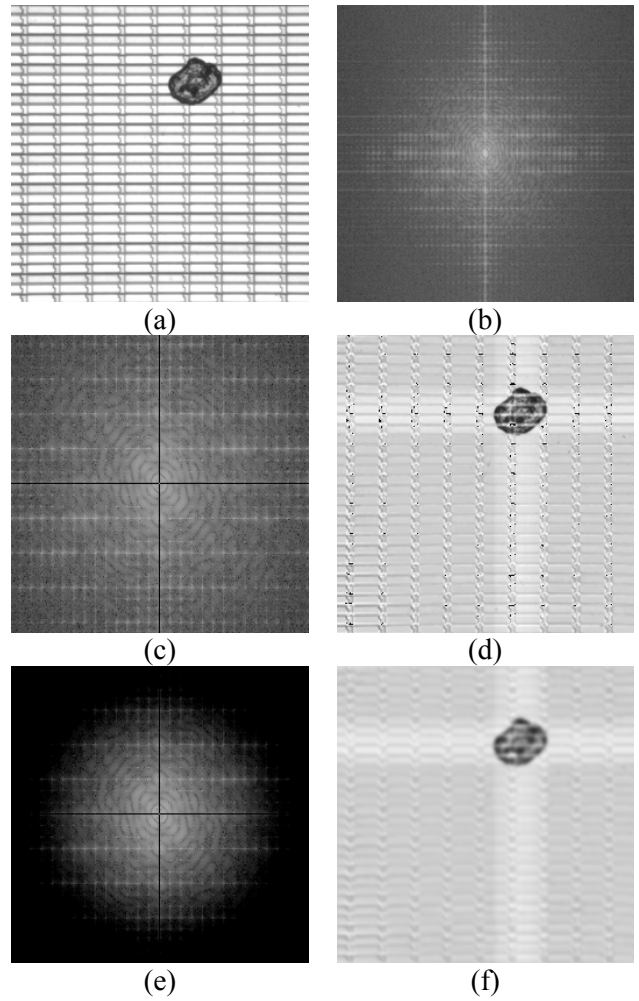


圖 5 去除結構性紋路的分析樣本 (a)CF 反射光影像 (b)圖(a)之反傅立葉轉換 (c)濾除水平垂直響應 (d)圖(c)之反傅立葉轉換 (e)濾除水平垂直響應並經過最佳截止頻率的高斯低通濾波器處理(略過原點) (f)圖(e)之反傅立葉轉換

(四)、最佳截止頻率之選取

本文藉由功率頻譜中能量的分布情形來找出最佳的截止頻率[16,17]。首先計算整體影像的功率 P_T ，其方程式如下所示：

$$P_T = \sum_{u=0}^{M-1} \sum_{v=0}^{N-1} P(u, v) \quad (4)$$

其中 $P(u, v)$ 為功率頻譜。當影像經傅立葉轉換且置中時，其原點位於頻率矩形中心。因此可以下式計算在功率頻譜上半徑為 r 的圓所包括的功率百分比 α ：

$$\alpha(r) = \left[\frac{\sum_{u^2+v^2 \leq r^2} P(u, v)}{P_T} \right],$$

$$r=1, 2, \dots, M/2-1 \quad (5)$$

圖 6 與 7 分別為圖 4(a)與 5(a)所示的 CF 的透射光與反射光影像的功率百分比分布圖，觀察此二圖可發現其分布的情形呈現一明顯的階梯狀，因此可利用梯度法找出其最大轉折處並將其對應到的半徑視為最佳截止頻率，其公式如下：

$$\Delta\alpha(r) = \alpha(r+1) - \alpha(r), \quad r=1, 2, \dots, M/2-1 \quad (6)$$

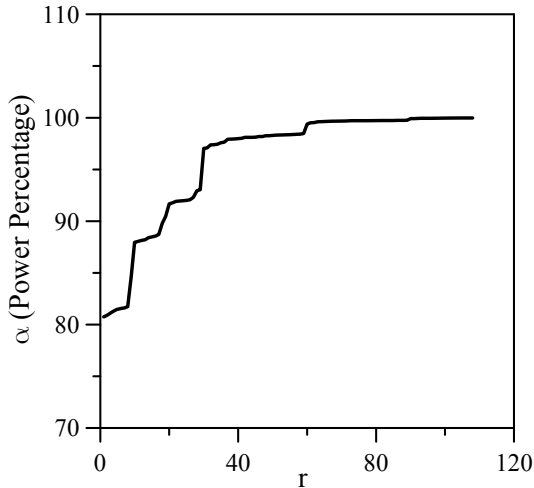


圖 6 CF 透射光影像功率百分比分布圖 (截止頻率為 8, 17, 31, 59)

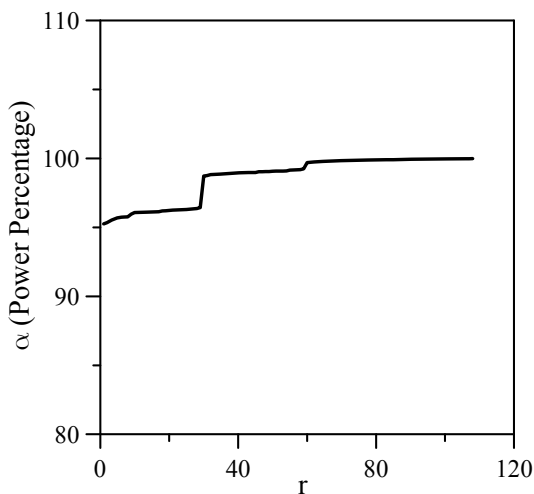


圖 7 CF 反射光影像功率百分比分布圖 (截止頻率為 31, 59)

圖 8 與 9 分別為圖 4(a)與 5(a)所示的 CF 的透射光和反射光影像在不同的截止頻率下的濾波效果比較圖。其中圖 8(a)和 9(a)所使用的截止頻率為最佳，其發生位置是在第一個轉折點。圖 8(b)至(d)以及 9(b)則使用其他轉折處之值為截止頻率。經比較後可明顯的發現在最佳截止頻率下能有效的將背景紋路濾除，而其他轉折處的截止頻率由於還包含了結構性紋路的峰值能量，所以其背景紋路仍較為明顯。

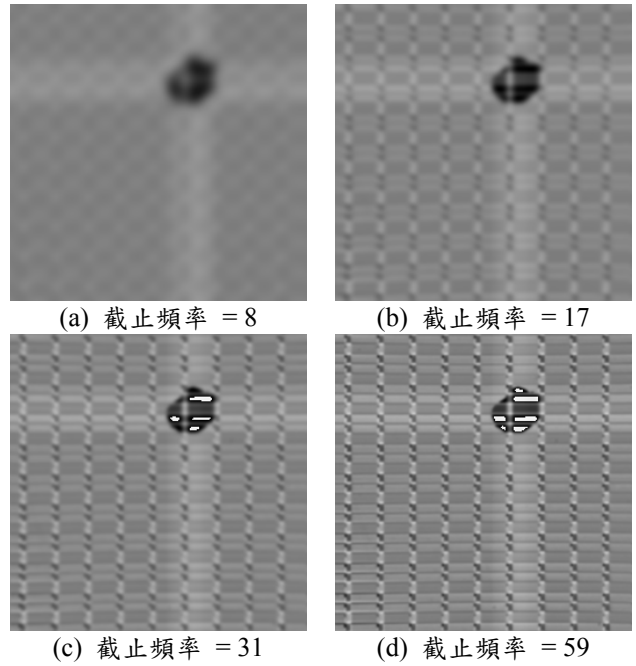


圖 8 透射光影像在不同截止頻率的濾波效果

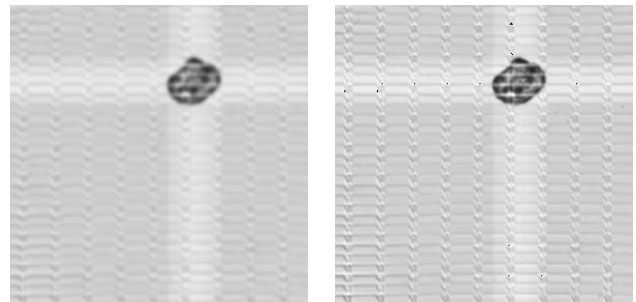


圖 9 反射光影像在不同截止頻率的濾波效果

(五)、二值化影像分割

在去除影像中結構性的水平和垂直紋路後，本文使用管制界限法(Trial Control Limits Method)將影像二值化(Binary Thresholding)，以分割瑕疵區域與背景區域[10]，並突顯瑕疵位置所在。首先利用傅立葉轉換反轉濾波後的影像，再以下式分別計算影像的灰階平均值 μ 及標準差 σ 。

$$\mu = \frac{1}{N^2} \sum_{y=-\frac{N}{2}}^{\frac{N}{2}} \sum_{x=-\frac{N}{2}}^{\frac{N}{2}} f(x, y) \quad (7)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N^2} \sum_{y=-\frac{N}{2}}^{\frac{N}{2}} \sum_{x=-\frac{N}{2}}^{\frac{N}{2}} (f(x, y) - \mu)^2} \quad (8)$$

接著以下式二值化影像：

$$g(x, y) = \begin{cases} 255 & \text{if } k\sigma - \mu \leq f(x, y) \leq k\sigma + \mu \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (9)$$

其中 $g(x, y)$ 為二值化後的影像， $k\sigma \pm \mu$ 為瑕疵影像管制界限，而 k 為檢測常數。

對於影像上任一像素點 (x, y) ，若其灰階值 $f(x, y)$ 在管制界限外，則將其值設為 0 (屬於背景部份)，若是在界限內，則設為 255 (瑕疵的部份)，藉此即可將瑕疵與背景分離出來。本文也利用無瑕疵影像進行測試以試誤法找出濾除背景紋路的最佳 k 值，以避免在無瑕疵的影像上出現誤判的情形。本文依實驗結果採用檢測常數 $k=5$ 。圖 10(a) 與 11(a) 係為透射光及反射光的 CF 瑕疵影像，圖 10(b) 與 11(b) 為以濾波處理去除影像中結構性的水平和垂直紋路後的反傅立葉影像，圖 10(c) 與 11(b) 則為使用管制界限法 ($k=5$) 的處理結果。

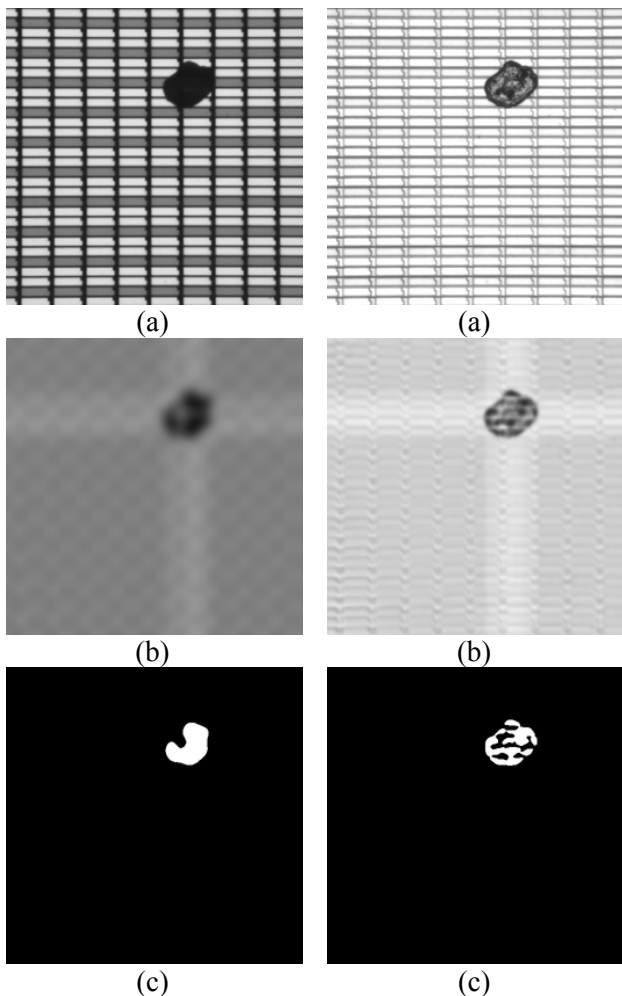


圖 10 (a) 透射光瑕疵影像 (b) 濾波處理後的反傅立葉影像 (c) 影像二值化 ($k=5$)

圖 11 (a) 反射光瑕疵影像 (b) 濾波處理後的反傅立葉影像 (c) 影像二值化 ($k=5$)

(六) 白瑕疵檢測

在彩色濾光片中白瑕疵是屬於非常嚴重的瑕疵，其產生的情形可能為 cell 格顏色的塗佈有缺失，或是在製程中遭受外在因素而導致 cell 格

顏色的剝落，這會使得最後組裝的顯示器在成像上會出現一般所謂的亮點，因此對於彩色濾光片來說，白瑕疵的檢測極為重要。

在白瑕疵與其背景紋路相較之下，瑕疵特徵較為明顯且灰階的差異也較大，所以本文在空間中直接利用管制界限法將白瑕疵檢出，如圖 12 所示。圖 12(a) 到 (c) 為刮傷(面)的透射光影像，圖 12(d) 至 (f) 為檢測常數 $k=2$ 時的二值化結果。實驗結果顯示當 $k=2$ 時，三種型態的刮傷(面)瑕疵皆可檢出；但當 $k=3$ 時，只有瑕疵面積較大的可以檢出，而面積較小的卻無法有效檢出；當 $k=4$ 時，便無法檢出任何東西。因此，在針對白瑕疵檢測的部份，本文採用檢測常數 $k=2$ ，以確實的把白瑕疵檢出。

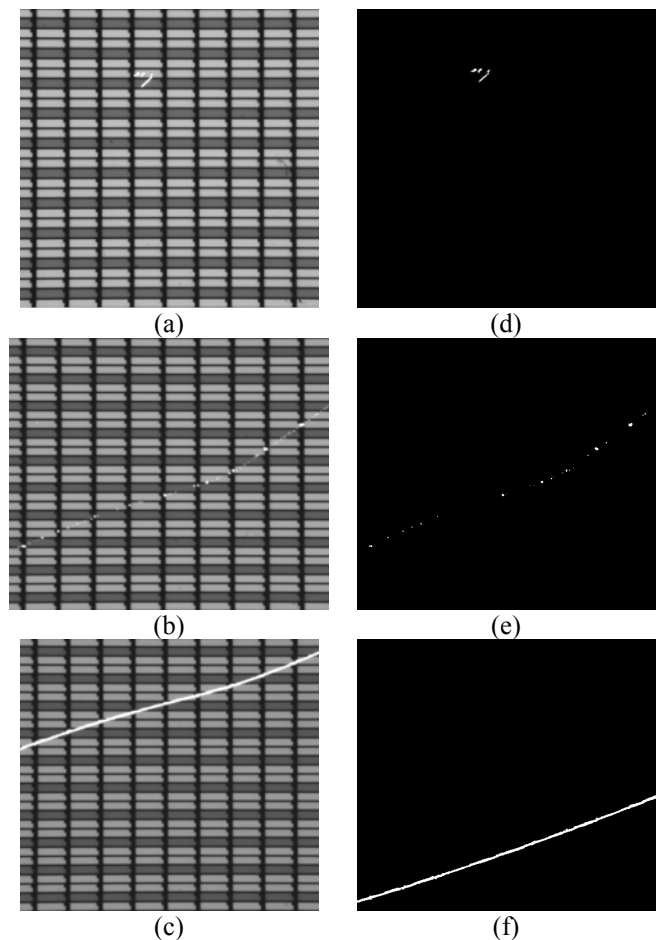


圖 12 白瑕疵透射光影像於 $k=2$ 時的二值化結果

(七)、瑕疵判定

本文中所檢測的影像尺寸為 512×512 pixels，彩色格的大小則約為 50×15 pixels。以一個彩色格(Cell)的 $1/2$ 面積當作一個基準，若瑕疵面積 $\geq 1/2$ 彩格面積，則視為嚴重瑕疵；若瑕疵面積 $< 1/2$ 彩格面積則視為非嚴重瑕疵，在檢測上容許被忽略。雖然將小於 $1/2$ Cell 格的瑕疵面積視為非嚴重瑕疵，但若瑕疵邊界的長或寬大於 Cell

的長或寬的 2/3 時，也將之視為嚴重瑕疵，；或是當瑕疵的數量太多時也將之視為嚴重瑕疵，本文的瑕疵數量將以 20 個為限制。

四、研究成果

在彩色濾光片的瑕疵檢測上，本文利用透射光和反射光對彩色濾光片進行外觀影像的擷取，並利用傅立葉轉換的方式於頻率域使用高斯低通濾波器並搭配最佳截止頻率，衰減中高頻部份的背景紋路並保留低頻部份的瑕疵，以達到將瑕疵檢出的目的。

本實驗擷取的彩色濾光片瑕疵影像有污染、刮傷(面)、刮傷(線)、異物、粉塵等五種類型。在刮傷(面)(即白瑕疵)檢測部份，於透射光影像直接利用管制界限二值化來進行影像分割，其管制界限的檢測參數 $k=2$ 。對於其他瑕疵檢測，在透射光影像部分，經實驗而得之高斯低通濾波器的最佳截止頻率為 $d=8$ ，管制界限二值化的檢測參數 $k=5$ ；反射光影像的部份，高斯低通濾波器的最佳截止頻率則為 $d=31$ ，而管制界限二值化的檢測參數為 $k=5$ 。

本研究的 CF 瑕疵辨識率約為 80%，如表 2 所示，其中在檢測上產生誤判的情形因素大抵都發生在所擷取影像的瑕疵本身的辨識度不足或是瑕疵所在位置不佳。

對於某些瑕疵(如污染及異物)的透射光影像，其瑕疵和背景的灰階值差異不大，因此即使透過傅立葉轉換於頻率域下將規律性紋路去除，其差異仍然不易被檢測出來，但經由反射光影像，即可將瑕疵順利檢出，如圖 13 與 14 所示。此外，當瑕疵的位置位於結構紋路上時，在濾除背景紋路的響應時多少都會將部分的瑕疵響應濾除，所以會造成誤判的情形產生或是瑕疵本身部分被濾除。

五、結論與建議

本文主要是藉由傅立葉轉換的方式於傅立葉頻譜上進行結構性紋路的濾波處理，且藉由觀察功率頻譜中能量的分布情形來找出高斯低通濾波器的最佳截止頻率，實驗結果顯示本文所提方法確實能有效的濾除結構性紋路並保留瑕疵部分。本文同時也由試誤法選出管制界限二值化的最佳檢測參數，以進行影像分割將瑕疵確實分割出來。

本文並未考慮到影像定位不精確的問題，但當影像定位不準時，於頻率域上律除水平垂直響應的方式即不適用，因此未來會針對定位不正時影像偏轉的問題進行探討。由於彩色濾光片之瑕

疵樣本取得不易，未來將繼續取得更多的瑕疵影像來擴充現有的瑕疵影像的樣本資料庫，並開發瑕疵的分類系統及針對結構性紋路的濾除及二值化的方式做更進一步的研究與改良。

六、致謝

本文承蒙行政院國家科學委員會專題研究計畫(學門：自動化檢測技術；計畫名稱：彩色濾光片瑕疵與表面突起之自動檢測；計畫編號：NSC 97-2212-E-216-025；執行期限：97/08/01 ~ 98/07/31；主持人：羅鵬飛)以及中華大學配合款(計畫編號：CHU 97-2212-E-216-025；執行期限：97/08/01 ~ 98/07/31；主持人：羅鵬飛)補助始得以完成，特此致謝。

七、參考文獻

- [1] K. Nakashima, "Hybrid Inspection System for LCD Color Filter Panels," Proceedings of IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference, 689-692, Hamamatsu, Japan, Vol. 2, 1994.
- [2] 吳木杏, 「彩色濾光片表面瑕疵檢測分析」, 國立台灣大學, 碩士論文, 民國 89 年。
- [3] A. L. Amet, A. Ertuzun, and A. Ercil, "Texture Defect Detection Using Subband Domain Co-Occurrence Matrices," Proceedings of the IEEE Southwest Symposium on Image Analysis and Interpretation, 205-210, 1998.
- [4] 陳普中, 「紋理分析於瑕疵定位及影像檢索之研究」, 國立臺灣科技大學, 碩士論文, 民國 94 年
- [5] 廖耀璋, 「高速 TFT LCD 瑕疵檢測系統」, 逢甲大學, 碩士論文, 民國 94 年。
- [6] 葉孟吉, 「智慧型彩色濾光片瑕疵辨識系統」, 義守大學, 碩士論文, 民國 93 年。
- [7] D. M. Tsai and C. Y. Hsieh, "Automated Surface Inspection for Directional Textures," *Image and Vision Computing*, 18, 49-62, 1999.
- [8] D. M. Tsai and T. Y. Huang, "Automated Surface Inspection for Statistical Textures," *Image and Vision Computing*, 18, 307-327, 2003.
- [9] C. H. Chan, K. H. Pang, "Fabric Defect Detection by Fourier Analysis," *IEEE Transactions on Industry Application*, 1267-1276, 2000.
- [10] 曾彥馨, 「應用機器視覺於 TFT 面板之表面瑕疵檢測與分類」, 元智大學, 碩士論文, 民國 91 年。
- [11] 洪崇祐, 「應用一維傅立葉分析於 TFT-LCD 液晶顯示面板之瑕疵檢測」, 元智大學, 碩士論文, 民國 92 年。
- [12] G. Lambert and F. Bock, "Wavelet Method for Texture Defect Detection," Proceedings of the IEEE International Conference of Image Processing, 201-204, 1973.

[13] S. Kim, M. H. Lee, and K. B. Woo, "Wavelet Analysis to Fabric Defects Detection in Weaving Processes," Proceedings of the 67 IEEE International Symposium on Industrial Electronics, 3, 1406-1409, 1999.

[14] 顏鴻壽, 「光電液晶平面顯示器基礎及應用」, 新文京開發出版有限公司, 民國 92 年。

[15] 顏鴻壽, 「光電平面顯示器基本概論」, 高立圖書有限公司, 民國 93 年。

[16] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, Digital Image Processing, Prentice Hall, 2008.

[17] 繆紹綱, 「數位影像處理 Digital Image Processing」, 2/e, 臺灣培生教育出版股份有限公司, 民國 92 年。

[18] 井上誠喜等編著, 吳上立、林宏墩譯, 「C 語言數位影像處理」, 全華科技圖書股份有限公司, 民國 94 年。

表 2 五種瑕疵的約略檢測率

	透射光 (白瑕疵檢測)	透射光 (傅立葉轉換)	反射光 (傅立葉轉換)	結果
刮傷(面)	90%	80%	75%	81%
刮傷(線)	90%	80%	75%	81%
異物	95%	70%	73%	79%
污染	95%	70%	73%	79%
粉塵	95%	76%	73%	81%

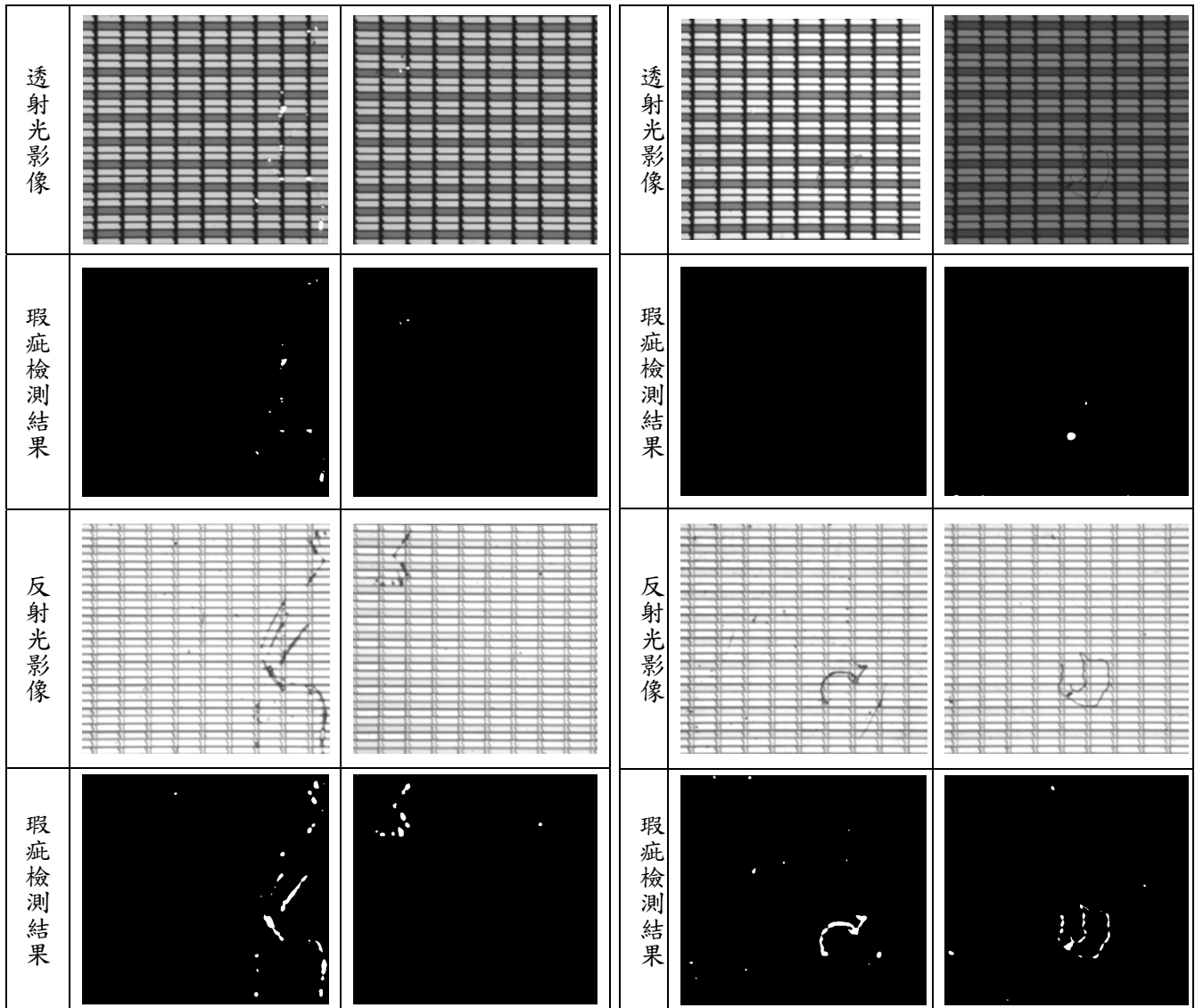


圖 13 刮傷(面)瑕疵檢測結果

圖 14 異物瑕疵檢測結果

計畫成果自評

本計畫之研究內容與原計畫之相符程度約為 70%，並已達成下列目標：

1. 本文利用透射光和反射光擷取 CF 的污染、刮傷(面)、刮傷(線)、異物、粉塵等五種類型瑕疵影像以建立影像資料庫。
2. 本文利用傅立葉轉換的方式於頻率域使用高斯低通濾波器並搭配最佳截止頻率，以衰減中高頻部份的背景紋路並保留低頻部份的瑕疵。
3. 在刮傷(面)(即白瑕疵)檢測部份，直接於其透射光影像利用管制界限二值化來進行影像分割，其管制界限的檢測參數 $k = 2$ 。
4. 對於其他瑕疵檢測，在透射光影像部分，經實驗而得之高斯低通濾波器的最佳截止頻率為 $d = 8$ ，管制界限二值化的檢測參數 $k = 5$ ；反射光影像的部份，高斯低通濾波器的最佳截止頻率則為 $d = 31$ ，而管制界限二值化的檢測參數為 $k = 5$ 。
5. 本研究的 CF 瑕疵辨識率約為 80%。

本計畫原為三年期的計畫，但只核准一年，由於時間所限，本研究係聚焦於建立 CF 瑕疵影像資料庫並檢出瑕疵，並未進行瑕疵分類以及建立完全自動檢測的軟硬體設施。但本研究成果除可在 AOI 領域的學術期刊發表外，並可作為開發彩色濾光片瑕疵檢測機台之重要參考。

可供推廣之研發成果資料表

 可申請專利 可技術移轉

日期：98年10月19日

國科會補助計畫	計畫名稱：彩色濾光片瑕疵與表面突起之自動檢測 計畫主持人：羅鵬飛 計畫編號：NSC 97-2221-E-216-025- 學門領域：自動化
技術/創作名稱	彩色濾光片瑕疵檢測
發明人/創作人	羅鵬飛
技術說明	<p>本文利用透射光和反射光擷取彩色濾光片影像，以確實的將瑕疵凸顯出來。由於彩色濾光片本身具有水平線和垂直線的結構紋路，所以藉由傅立葉轉換的方式於頻率域上濾除其水平垂直的響應，並搭配高斯低通濾波器來保留瑕疵響應所在之低頻帶以達到凸顯瑕疵之效果，接著以管制界限二值化將瑕疵部分分割出來。本文觀察功率頻譜中能量的分布情形，並找出高斯低通率波器的最佳截止頻率。在白瑕疵檢測的部份，則是於透射光影像直接利用管制界限二值化將白瑕疵檢出。</p> <p>Both of the transmitted and reflected lights are used to acquire the image of the colors filter to highlight the defects in this research. The color filter panel involves regular grid texture consisting of vertical and horizontal lines. Fourier transform is first used to filter the response of these components out in frequency spectrum and the Gauss low pass filter is then used to retain the low frequency spectrum corresponding to the defect response so that the defects may be highlighted. Finally the trial control limits binary thresholding is applied to segment the defect from the CF image. By observing the energy distribution in the power spectrum, the optimum cutoff frequency of the Gauss low-pass filter is found. In the inspection of white defects, the trial control limits binary thresholding is directly used to examine white defects in the image acquired by the transmitted light.</p>
可利用之產業及可開發之產品	<ol style="list-style-type: none"> 1. 可應用於 LCD 製造業。 2. 可開發彩色濾光片瑕疵檢測機台。
技術特點	<ol style="list-style-type: none"> 1. 由於瑕疵在不同的光源形式下會有不同的表現形態，所以本文利用透射光和反射光擷取彩色濾光片影像，以確實的將瑕疵凸顯出來。 2. 本研究以高倍率鏡頭擷取 CF 影像，分析 cell 格內缺陷，CF 影像所含之結構紋路亦較難去除。 3. 本文觀察功率頻譜中能量的分布情形，並找出高斯低通率波器的最佳截止頻率。
推廣及運用的價值	<ol style="list-style-type: none"> 3. 由實驗結果可知本研究方法可有效檢測出彩色濾光片表面瑕疵。 4. 本研究方法可供彩色濾光片產業於高倍率鏡頭下檢測瑕疵之參考。

※ 1. 每項研發成果請填寫一式二份，一份隨成果報告送繳本會，一份送 貴單位研發成果推廣單位（如技術移轉中心）。

※ 2. 本項研發成果若尚未申請專利，請勿揭露可申請專利之主要內容。

※ 3. 本表若不敷使用，請自行影印使用。