

運用區域自相關方式實現 LED 晶粒計數功能

陳培文

南開技術學院電子系

pwchen@nkc.edu.tw

謝政勳

朝陽科技大學資工系

chhsieh@cyut.edu.tw

摘要

晶粒計數於發光二極體 (LED) 製造過程中有其重要的地位它提供了正確的產量資訊。目前業者利用高價的自動晶粒計數設備或人工計數方式精確掌握每片基板有多少顆晶粒。計數晶粒的困難在於晶粒尺寸很小且晶粒的灰階值與背景值差異很小，因此需要高像素 (pixels) 的影像感測器以及適當的影像處理方式才能正確地計算晶粒的個數。本研究使用中階數位相機以及自相關晶粒辨識方式克服了這些問題，運用中階數位相機以降低成本；運用自相關方式辨識晶粒可以降低計算錯誤率。本研究對於三張不同晶粒個數的 LED 晶粒樣本做計數，皆可正確地計算出晶粒的個數。

關鍵詞：相關計算、晶粒計數

Abstract

The LED die count is fulfilled by expensive computer image processing system. In this research that using a consumer digital camera and personal computer to achieve count function. The challenge of die count is the small size of die and low visibility of die image gray level, we use die location classify and autocorrelation method to recognize every LED die successfully. This method also has high noise tolerance and easy to realized by a lower price system. In our experiment, use die locations classify and autocorrelation method to three samples with different number of dice, the results shows that we have 100% dice count accuracy.

Keywords: correlation, dice count.

1. 前言

半導體元件具有非常小的尺寸約數十 um 左右可視為晶粒，於製造過程中計數晶粒

佔著重要的地位，規模較大的業者利用高價的設備自動計數晶粒而規模較小的業者則採用人工計數方式。目前業界常用的數種計數晶粒設備皆採用影像處理方式，然而晶粒的尺寸很小 (以 LED 為例約 25x25um) 對於光線的反射效果不佳且又需將數千顆晶粒放在同一張影像畫面之中，因此取得的晶粒影像的品質不夠好，晶粒灰階值與非晶粒區域的灰階差異不大造成晶粒邊緣不明顯，每一顆晶粒只能以少數的像素表示使得晶粒訊號易受干擾。以上這些因素讓晶粒訊息容易在影像處理時被誤認為雜訊而被忽略掉，或者將雜訊誤認為晶粒而造成計算晶粒個數上的錯誤。

晶粒影像與顏色關係不大可以用灰階影像來處理，這樣的影像可以用一個適當的閾值 (threshold value) 將影像二值化，讓晶粒區域的灰階為 255 而非晶粒區域的灰階為 0。這種二值化的方式容易將雜訊視為晶粒或是將晶粒誤認為雜訊而去除之。邊緣偵測也是常被用來辨視物體的一種方法但對於晶粒影像而言效果並不好，因為晶粒反光效果不高且尺寸很小因此晶粒邊緣並不明顯。自相關 (autocorrelation) 影像辨識於光學系統或影辨識系統中已被廣泛的採用[1-4]，自相關是以統計的方式全面的評估兩張影像相似的程度因此辨識效果不受局部雜訊的影響[5]適合用於影像品質不佳的晶粒影像辨識中。本研究就是運用自相關影像辨識加上一些影像前處理的技巧成功的達成晶粒計數的功能。

2. 相關影像辨識技術

相關 (correlation) 運算可以表示出兩張圖形相似的程度，因此我們採用了相關性影像處理技術[6-7]。若將含有相同結構的 A、B 兩張影像做相關計算，數學上可表示成相關值 C_{AB} 為

$$C_{AB} = \int_{\eta=-\infty}^{\infty} \int_{\xi=-\infty}^{\infty} A^*(\xi-x, \eta-y) \cdot B(\xi, \eta) d\xi d\eta \quad (1)$$

其中 ξ 、 η 為 x、y 方向的位移量。歸一化後的相關值可表示為

$$|c_{AB}|^2 = \frac{\left| \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} A^* B d\xi d\eta \right|^2}{\int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} |A|^2 d\xi d\eta} \quad (2)$$

若 A、B 為兩張相同內容的圖形則其相關公式可改寫成

$$|c_{AA}|^2 = \frac{\left| \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} |A|^2 d\xi d\eta \right|^2}{\int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} |A|^2 d\xi d\eta} \quad (3)$$

依據 Schwarz 不等式定理[6]

$$\left| \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} A^* B d\xi d\eta \right|^2 \leq \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} |A|^2 d\xi d\eta \cdot \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} |B|^2 d\xi d\eta \quad (4)$$

因此可以整理成下列結果

$$|c_{AB}|^2 \leq \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} |A|^2 d\xi d\eta = |c_{AA}|^2 \quad (5)$$

公式 (1) 可以看成 A 影像與 B 影像以不同的位移量重疊在一起並將每一個重疊點上的灰階值相乘，最後再將所有的乘積值相加起來，不同的位移量經過相乘相加的計算過程後會得到不同的結果。從公式 (4) 和公式 (5) 可以看出若 A 影像與 B 影像具有相同的圖樣則在相關運算的位移過程中會有一個位置是這兩張圖形完全重疊的狀況，此時所計算出來的相關值一定大於其他位移情況所得到的相關值，稱此為自相關運算 (Autocorrelation)。假若 A、B 影像具有不同的圖樣則無論位移情況為何其每一個位移量所得到的相關值都很接近，而且相關值偏低。因此相關值的大小與 A、B 兩張影像的相似程度有關，這表示相關值可用於圖形識別。這種相關值的計算不具旋轉不變性以及物體大小不變性，不過這些缺點於晶粒影像辨識中的影響程度不大，因為晶粒影像中每顆晶粒的尺寸都一樣且排列非常整齊。

3. 晶粒辨識系統與辨識方式

3.1 系統架構

本研究目標為發展出一套 LED 晶粒計數的機制，LED 於製作過程中會依據每一個晶粒的特性做分類，分類後的晶粒將以正方形的排列方式整齊地排列在一張紙上，晶粒上再覆蓋一層藍色膠膜保護之，由於每一道製作程序皆會剔除不良的晶粒，因此最後還有多少剩餘的晶粒則需另行計數。為了降低成本以及便利於

生產線上的檢測作業，我們以一般照像用的數位相機加上個人電腦形成晶粒計數系統，如圖一所示。相機取得的灰階影像直接傳入個人電腦並在個人電腦中完成影像處理與晶粒計數的工作。為了加快線上作業，覆蓋於晶粒上的藍色膠膜並未除去，但也因此而造成更差的晶粒影像品質，如圖二所示的部分晶粒放大影像。

3.2 晶粒分割

在圖二影像中白色的區域為晶粒，細看之下每個白色的區域中還有兩個小點特別亮，這兩點就是 LED 的正負兩個接點，為了銜接金屬引線而鍍上了一層金屬材料因此反光比較強。整體而言白色區域與旁邊灰色區域的灰階值差異不大且每顆晶粒約 10x10 個圖素點。由於晶粒的灰階反差小且晶粒所佔有的圖素數量不多，因此容易受到雜訊或光線不均勻等因素的影響造成晶粒計數上的誤差。

本研究分成晶粒區隔以及晶粒辨識等兩階段完成計數任務。在晶粒區隔影像處理技術上為了將每顆晶粒區分開來，我們運用灰階閾值 (gray level threshold) 以及灰階直方圖 (gray level histogram) 的方式將非晶粒區域的灰階值變為 0，晶粒區隔步驟如圖三所示。首先對晶粒影像 F (假設其為 nxm 點) 的水平方向以及垂直方向分別取得水平投影量 H 以及垂直投影量 V，H 代表 F 影像在水平方向的灰階平均值，H 共有 m 個值；V 代表 F 影像在垂直方向的灰階平均值，V 共有 n 個值。取 H(1:m) 中最大值與最小值的平均值當作水平方向的灰階閾值 TH，取 V(1:n) 中最大值與最小值的平均值當作垂直方向的灰階閾值 TV。TH 與 TV 當作判斷晶粒是否存在的依據。接著再以灰階直方圖分佈的判斷方式一一地檢查是否有晶粒存在。在水平方向由上而下逐條檢視 F 影像上的灰階直方圖，此圖橫軸為 0 到 255 的灰階值，縱軸為統計數目，在灰階值大於 TH 的區域只要有 5 個以上的個數存在則認定此條水平線上至少含有一顆晶粒，因此保留此水平線上所有圖素的灰階值，否則令此水平線上所有圖素的灰階值為 0。此處取 5 的原因是晶粒水平方向的大小約 5 至 10 點之間。至於垂直方向的處理方式則比照水平方向的作法。經過上述處理步驟後晶粒影像 F 只剩下晶粒區域的水平方向及垂直方向仍保持著原來的灰階值，其它地方的灰階值為 0，我們稱此經過晶粒區隔後的影像為 F1，如圖四所示。在圖四中灰階值

較高的區塊只是表示晶粒應該列的位置，此位置可能有晶粒存在也可能沒有晶粒存在必須進一步的辨識才能確認。

3.3 辨識步驟

取出F1影像中的某一顆晶粒區塊的影像資料 FD_{ij} 約10 x 10圖素點，將其整理成一張理想的晶粒影像 FD_{ideal} 以使用來做相關辨識的樣板，如圖五所示。此處理理想影像是指晶粒中的正負兩個接點處理成具有很高的灰階值而其它地方的灰階值則刻意的壓低。接著將F1中每一顆晶粒的影像依序取出，每取出一區塊的影像資料 FD_{ij} 立即與模板 FD_{ideal} 作相關計算，計算結果先經歸一化再乘上255後存在於 C_{ij} ，相關計算流程如圖六所示。 FD_{ij} 與 FD_{ideal} 所含的影像結構若相似程度高則其相關值就會高反之相關值則低。待全部區塊 FD_{ij} 皆計算完成後，將所有晶粒的相關值C做相關直方圖 (correlation histogram) 分佈，橫軸為0到255的相關值，縱軸為該相關值的統計數目，如圖七所示。從圖七中可以看出相關值在120至160之間沒有任何相關值存在，這表示從F1中取出的 FD_{ij} 區塊資料含有兩種結構，一種是含有LED晶粒的訊息的結構，含有這種結構區塊的相關值會大於160；另一種 FD_{ij} 區塊資料就是不含LED晶粒訊息的結構，也就是含有其他雜訊或背景資料，這種結構區塊的相關值會小於120。因此取相關值150當作判斷 FD_{ij} 區塊中是否含有LED晶粒的依據，判斷結果如圖八所示。圖八中白色的點代表 FD_{ij} 區塊含有LED晶粒，黑色的點代表 FD_{ij} 區塊不含有LED晶粒，且點與點之間為緊密相連。

依據上述方式，我們用數位相機以灰階影像模式針對三張不同數量的LED晶粒樣本做計數，晶粒樣本為一張20公分見方的紙上排列著數百至數千個不等的晶粒於3.5公分見方之中。測試結果皆能正確的得到晶粒個數，如表一所示。

4. 結果與討論

在操作上LED晶粒樣本需放置在預先規定的方向，晶粒排列方向需與數位相機畫面的方向平行不容許有太大的傾斜現象，若傾斜超過1度則辨識錯誤率大增。此外照明光線隨時空而變而且光線分佈不均勻，因此做晶粒區域分割時對於每一個樣本所用的灰階閾值TH和TV需適度地調整。表一中使用的TH和TV值分別是：樣本1的TH和TV皆為124；樣本2的TH

和TV皆為124；樣本3的TH為170，TV為120。

表一中我們以三種不同的晶粒計數方式分別計算三張不同樣本的晶粒數量，首先用人工方式在個人電腦上將晶粒影像放大後一個一個的計數，我們以此結果當成正確的晶粒數目。其次採用半導體廠中的自動晶粒計數設備進行計數，結果顯示出自動晶粒計數方式具有相當程度的誤差量，約為0.5%。至於運用本研究所提出的自相關辨識方式則可達到100%的正確率。

晶粒影像的品質關係到晶粒計數的正確性，因此需在適當的照明條件下盡量的讓晶粒影像擁有更多的畫素。本實驗用一般的檯燈當作照明光源並以中階等級的canon kiss數位像機，SIGMA 18-125mm鏡頭取得影像，拍照距離大約40公分因此只能以大約40萬畫素的區域來表現晶粒影像。

5. 結論

本研究使用一般中階數位相機連結個人電腦並以相關值計算方式成功的達成LED晶粒計數的目的，不但降低系統成本也提高了計數精確度。在影像處理方面我們以灰階分佈方式分割出晶粒區域與非晶粒區域，接著以預先備製的晶粒樣板與每一塊分割出來的區域做相關值計算，若該區域的相關值大於150則認定該區域含有晶粒存在，列入計數的對象，否則忽略該區域不列入晶粒計數的對象，我們以此方式成功的對三種不同個數的晶粒樣本做計數正確率達100%。

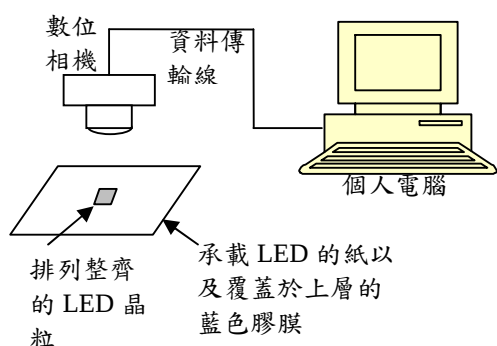
感謝

本論文承蒙南開技術學院產學計畫經費資助得以順利完成，計畫代號：95M004-A5。

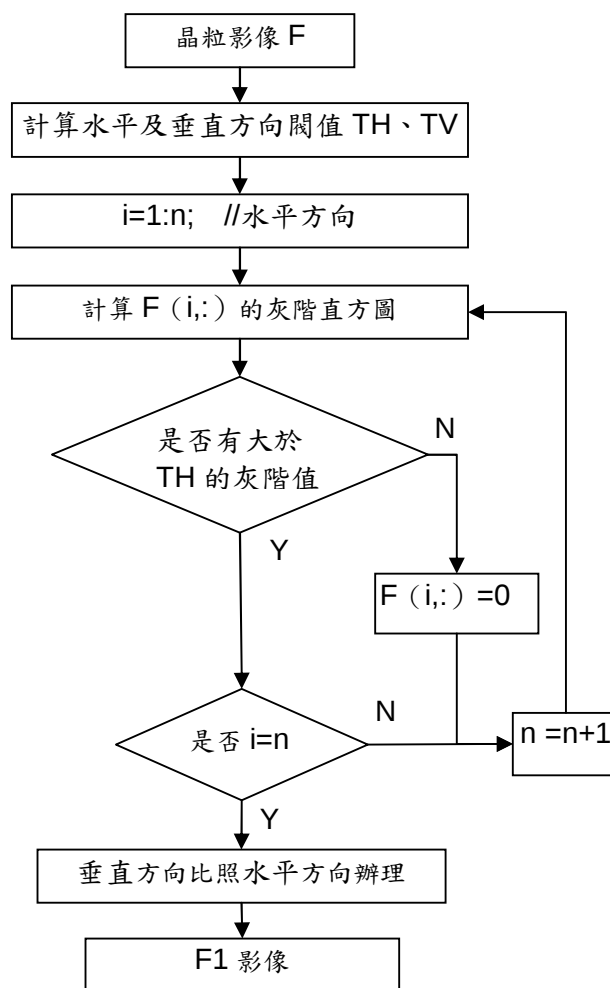
參考文獻

- [1]Armitage, J. D., and A. W. Lohman, "Character Recognition by Incoherent Spatial Filtering," Appl. Opt., Vol. 4, P.461, 1965.
- [2]Sun Yaofeng, Tan Yeow Meng, Pang J.H.L., Su Fei, "Digital image correlation and its applications in electronics packaging," Electronic Packaging Technology Conference, 2005. EPTC 2005. Proceedings of 7th, Volume 1, 7-9, p. 6, 2005.
- [3]Nicholson W.V., "Object detection by correlation coefficients using azimuthally

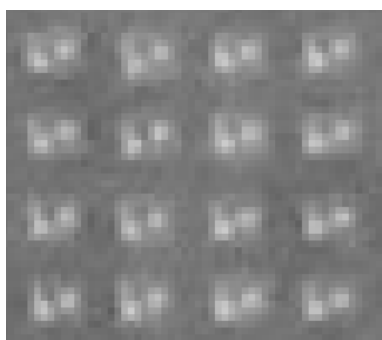
- averaged reference projections,*” Biomedical Engineering, IEEE Transactions on Volume 51, Issue 11, pp. 2006 – 2012, Nov. 2004.
- [4] Narayanan R.M., Wei Zhou, Wagner K.H., Sangtaek Kim, “*Acoustooptic correlation processing in random noise radar,*” Geoscience and Remote Sensing Letters, IEEE Vol. 1, Issue 3, pp. 166 – 170, July 2004.
- [5] Kozma, A., and D.L. Kelly, “Spatial Filtering for Detection of Signals Submerged in Noise,” Appl. Opt., 4:387, 1965.
- [6] Joseph W. Goodman, “*Introduction to Fourier Optics,*” McGraw-Hill, 1996.
- [7] Don Persion, “*Image Prosessing,*” McGraw-Hill International Editions, 1991.



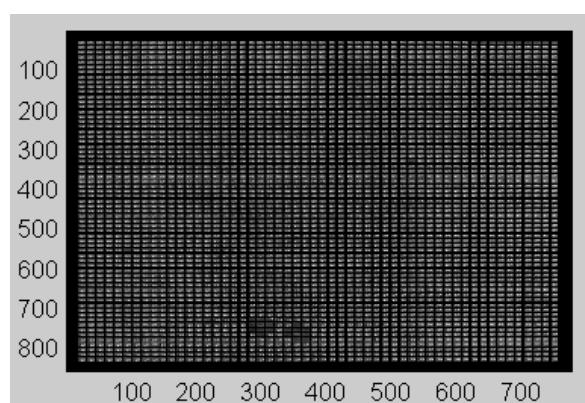
圖一：系統架構圖。



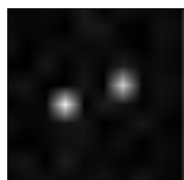
圖三：LED 晶粒分割流程圖。



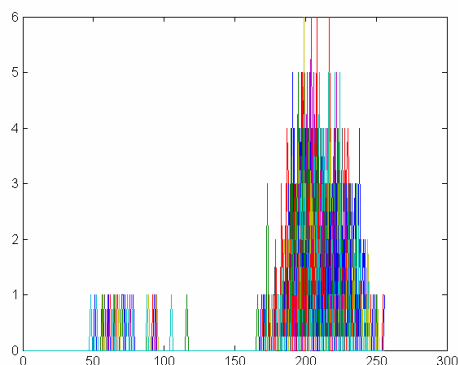
圖二：LED 晶粒放大影像，從 579x763 圖素的晶粒影像取出 16 顆晶粒放大 5 倍，白色為晶粒區域。



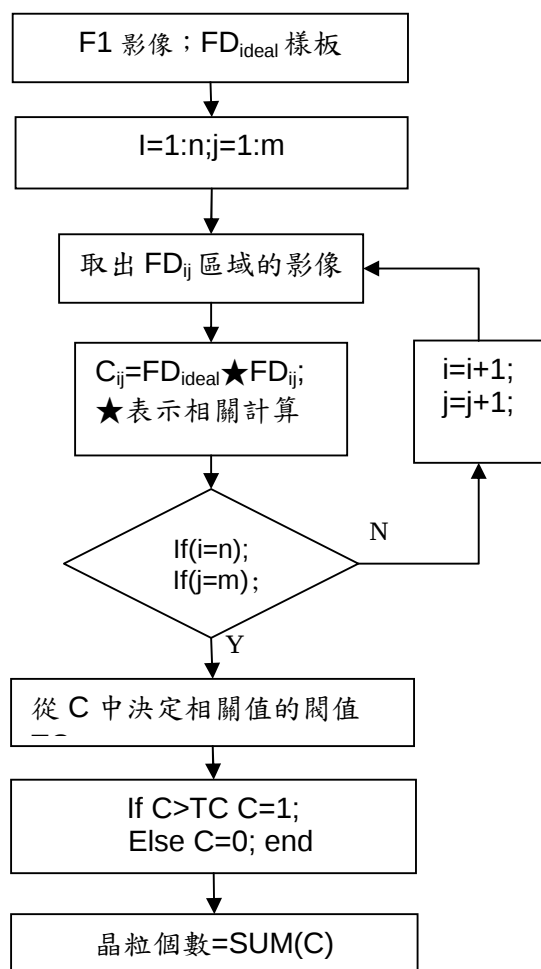
圖四：經過晶粒分割程序後的 F1 影像，每一區塊中的訊息可能是 LED 晶粒也有可能為背景的灰階訊息。



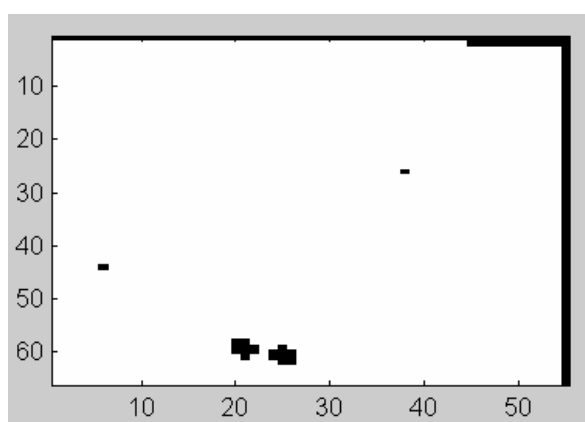
圖五：辨識樣板影像 10x10 圖素，白色地方為正負極的端點。



圖七：所有 LED 晶粒相關值的直方圖，橫軸為相關值縱軸為個數。



圖六：LED 晶粒辨識流程圖。



圖八：辨識成功的 LED 晶粒分佈圖，F1 影像中的晶粒區域存在著晶粒則用一個白色點代表，若沒有晶粒存在則用黑色點代表。

表一：晶粒樣本計數結果。以三種樣本以及三種不同的計數方式比較其計數的結果。三種計數方式為：人工方式、已在生產線上使用的機器計數方式以及自相關計數方式。

晶粒個數	人工計數結果	線上機器		自相關法	
	標準值 (顆)	計數結果	誤差	計數結果	誤差
樣本 1	2438	2441	3	2438	0
樣本 2	3480	3500	20	3480	0
樣本 3	543	544	1	543	0