

紅外線發光二極體輸出光束形貌 讀取檢測裝置

An Infrared LED Inspector for Describing Beam Profile

陳永祥、魏子軒、廖泰杉

Yung-Hsiang Chen, Tzu-Hsuan Wei, Tai-Shan Liao

國研院儀器科技研究中心 (以下簡稱儀科中心) 開發一套適用於讀取檢測紅外線發光二極體輸出光束形貌的裝置。筆者將介紹該方法之人機介面軟體，詳述影像處理方法及軟體功能。該系統以可見光攝影機取代紅外線熱影像儀，即可達成紅外線發光二極體輸出光束形貌讀取檢測的目的。本系統工作原理為利用可見光攝影機拍攝紅外線發光二極體輸出光束形貌，經螢光片與轉接機構，將基板上呈現之變色區域拍攝進來，最後，由電腦利用影像處理補償此基板與水平線所成之角度，則於電腦螢幕顯現出類似攝影機正面拍攝之圖樣，得到紅外線發光二極體元件之能量分布及資料。

We present an infrared LED inspector for beam spatial profile description. This paper is focused on the method of graphical user interface introductions, includes image processing and function. This system consists of the visible spectrum camera, a controlled and analyzed NB, a phosphor plate, an inspector body and the tested LED fixture housing. The tested LED is turned on and emits the light on the phosphor plate, which faces the LED. The camera captures the output beam profile emitted from infrared LED on the phosphor plate. A computer program is designed to compensate the luminance relation versus the horizontal angle of the phosphor plate. The software automatically judges the output beam profiling of infrared LED. The image processing of this software includes ROI image processing, false-color image processing and power central distribution figure.

一、前言

紅外線光譜可用於觀測平常不易見到事物，並應用於不同的功能系統中，例如在自動光學檢測設備 (auto optical inspection, AOI) 應用上，可用於晶圓缺陷檢測、軟性電路板缺陷檢測等。此外，亦可廣泛應用於其他領域，如：多光譜遙測、軍事上飛彈

的警告系統、環保上污染源的監測、居家或辦公室的保全系統、醫療上的診斷等。根據國際照明委員會 (International Commission on Illumination, CIE) 將紅外線的頻率範圍定義成五個不同區段⁽¹⁾：近紅外 (near-infrared, NIR) 波長範圍為 0.7–1.4 μm ，短波紅外 (short-wavelength infrared, SWIR) 波長範圍為 1.4–3 μm ，中波紅外 (mid-wavelength infrared, MWIR)

波長範圍為 3–8 μm ，長波紅外 (long-wavelength infrared, LWIR) 光波長範圍為 8–15 μm 及遠紅外 (far infrared, FIR) 波長範圍為 15–1000 μm 。

1960 年代初期，第一顆發光二極體 (light emitting diode, LED) 問世。1968 年 HP 將其商業化開始量產，其後數十年間藉由調整發光二極體成分的比例，可見光包括紅 (620 nm)、橙 (590 nm)、黃 (570 nm) 及綠 (550 nm) 皆被成功地發展出來，唯獨藍光發光二極體障礙一直困擾所有研究人員。直到 1993 年日本 Nichia (日亞化學工業株式會社) 研究員中村修二發表突破性的氮化鎵鎵 (InGaN) 材質之高亮度藍光發光二極體，從此才正式打開發光二極體全彩世紀。1994 年 GaN 材質之高亮度綠光發光二極體、1996 年 GaN 材質之白光發光二極體相繼問世，更是宣告發光二極體產業成為未來照明市場的耀眼之星。

發光二極體已形成各種光譜系列產品，單顆發光二極體的功率也從最初的數 mW 發展至數十瓦。2001 年白光發光二極體研製成功，人們期待發光二極體最終能進入照明領域，甚至進入家庭照明。最新白光發光二極體的研究成果更是引人注目。小功率發光二極體的發光效率已達 100 lm/W。特別是 RGB 發光二極體的研究結果顯示，發光二極體亦與三基色螢光燈一樣，可以獲得各種不同的色溫和均勻的照明環境。發光二極體光源的進展和人們對它在照明領域中應用的期待，也對相應的光學檢測技術有了新的要求。由於發光二極體的光學特性與傳統光源有明顯的差別，需要研究開發適應這種新型光源的測量方法。發光二極體有紅外 (非可見光) 與可見光兩種，前者可用輻射度，後者可用光度學來量度其光學特性。

發光二極體製造商目前利用傳統人工目視檢測方法來過濾不良品，判斷其為屬於何種瑕疵之不良品，但是由於傳統人工目視檢測方法存在著 (1) 檢測成果變異性大、(2) 受主觀意識影響大、(3) 眼睛容易疲勞及 (4) 人工成本高漲等問題，往往造成成效不佳。近年基於電腦視覺 (computer vision) 自動化光學檢測技術快速發展，不但可以降低檢測成本、提高檢測速度及減少誤判率，並且可以達到產品全數檢驗的理想，其檢測效率、效能及品質的一

致性，更遠優於傳統的人工檢測，因此考慮到未來平面顯示元件量產，人工目視檢測將漸不敷使用，所以本研究希望能開發快速、穩定、正確的自動化光學檢測系統，來進行紅外發光二極體瑕疵檢測，以代替傳統之人工目視檢測方式，俾改善紅外發光二極體成品檢測的成效。

由於紅外發光二極體發射 1–3 μm 的紅外光，人眼是看不到的。通常單顆紅外發光二極體發射功率只有數 mW，不同型號的紅外發光二極體發光強度角分布也不盡相同。加上其發射的紅外光人眼看不見，若利用一般電氣特性檢測方法，只能就其發光二極體順逆向電氣特性的 PN 結構，判別其是否正常工作，而無法判定其發光情況是否正常。為解決這樣的問題，本文提出利用攝影機擷取螢光片反射紅外發光二極體發光特性作接收器，以達到紅外線發光二極體輸出光束形貌讀取檢測之用。

二、系統簡介

紅外線發光二極體輸出光束是一種人眼看不見的光，一般是使用紅外熱影像儀檢測儀器，判讀其紅外線發光二極體輸出光束資訊，但是紅外熱影像儀價格昂貴，且不易獲得。檢查紅外線發光二極體輸出光束形貌是封裝檢驗必要之手段，若光束波形偏離軸上，則表示紅外線發光二極體晶粒封裝有問題，因此生產線使用更經濟之方法來達成紅外線發光二極體輸出光束讀取檢測，為各廠商所希望面對解決的問題。「紅外線發光二極體輸出光束形貌讀取檢測裝置」使用可見光攝影機取代紅外熱影像儀器，可達成檢測目的。

圖 1 為系統影像處理流程圖。首先，利用一般可見光視訊攝影機 (web camera) 作為影像感測器，將擷取的紅外影像即時呈現出來，並可讓使用者看到紅外影像 (region of interest, ROI) 作影像處理，以利觀測紅外發光二極體發光特性。為了瞭解紅外光影像之能量分布情形，由假色影像套疊，可建置出能量分布圖，以二維及三維之假色影像形式呈現出影像中心能量分布圖。同時系統會對得到的光源資料計算，藉由「門檻設定區」可讓使用者自行決定光源功率及像素最大之門檻值，一旦所擷取的

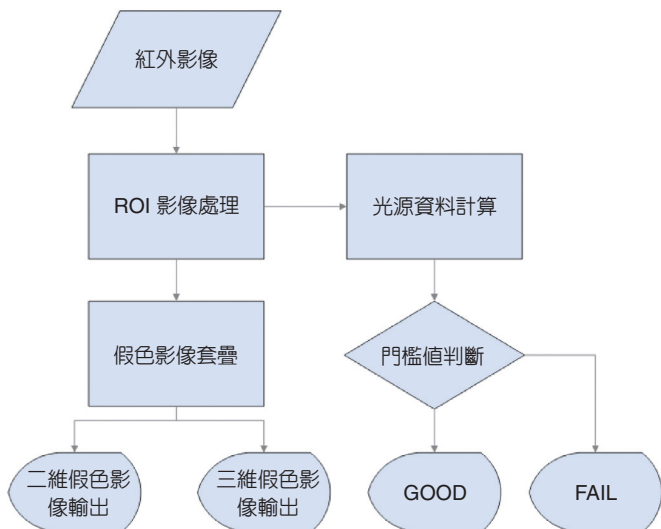


圖 1. 系統影像處理流程圖。

紅外光影像其光源功率或像素最大值低於其門檻值，將顯示 FAIL 圖示，告知使用者未達設定值，反之，則顯示 GOOD 圖示。

圖 2 為本文開發的紅外線發光二極體輸出光束形貌讀取檢測裝置之實體照片。使用方式為將待測紅外線發光二極體安裝於轉接機構上，利用具 USB 傳輸介面的可見光視訊攝影機與電腦連結。將人眼無法辨識之紅外光影像，透過螢光片與反射紅外發光二極體發光特性作接收器，即可順利擷取紅外光之影像。圖 3 為使用 MATLAB 程式語言撰寫的圖形化人機介面 (graphical user interface, GUI)⁽²⁾。此軟體人機介面程式具備即時影像顯示、ROI 影像處理⁽³⁾、假色處理⁽⁴⁾、影像中心能量分布

圖、紅外光源資料欄位區與閾值設定及 GOOD 或 FAIL 圖示等檢測功能。

三、檢測方法

紅外線發光二極體輸出光束形貌讀取檢測裝置係將待測紅外線發光二極體安裝於轉接機構上，經螢光片反射紅外發光二極體發光特性，利用可見光攝影機作接收器，即可順利擷取紅外光之影像。將基板上之呈現變色區域拍攝進來，電腦用影像處理補償此基板與水平線所成角度，則電腦螢幕顯現出類似攝影機正面拍攝到紅外線發光二極體輸出光束形貌，進而使用判讀良否軟體而自動完成檢測。紅外線發光二極體輸出光束形貌讀取檢測的影像處理可分為 ROI 影像處理、假色處理、影像中心能量分布圖、紅外光源資料欄位區與閾值設定及 GOOD 或 FAIL 圖示，以下將對這些功能做說明。

1. ROI 影像處理

為了避免影像計算量過大，搜尋區域的設定須恰到好處。在輸入待測紅外線發光二極體輸出光束影像平面上建立一個相對位置固定的搜尋區域 (region of interest, ROI)，如圖 4 所示，即檢測紅外線發光二極體可能在影像平面出現的範圍。擷取矩形視窗影像，設定 $A(x_1, y_1)$ 、 $B(x_2, y_2)$ 、 $C(x_3, y_3)$ 、 $D(x_4, y_4)$ 的座標值來表示這個矩形視窗，產生一個只含 ROI 的原始影像，將 ROI 檢測區中的紅外線發光二極體輸出光束影像畫面擷取出來。

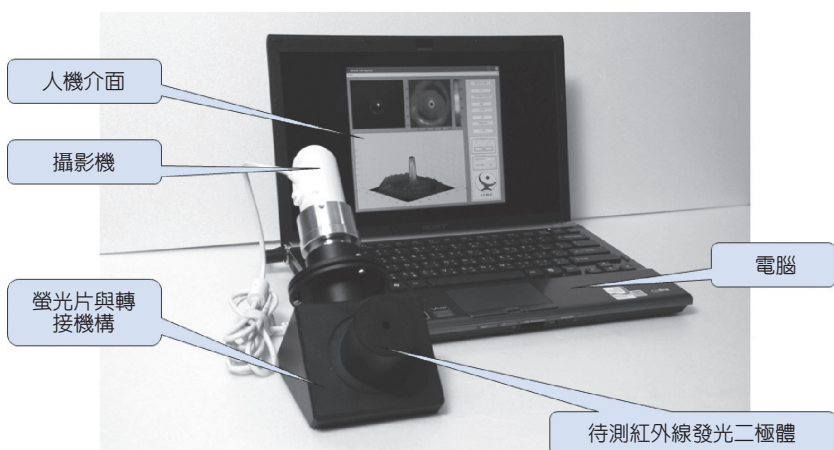


圖 2. 實體照片圖。

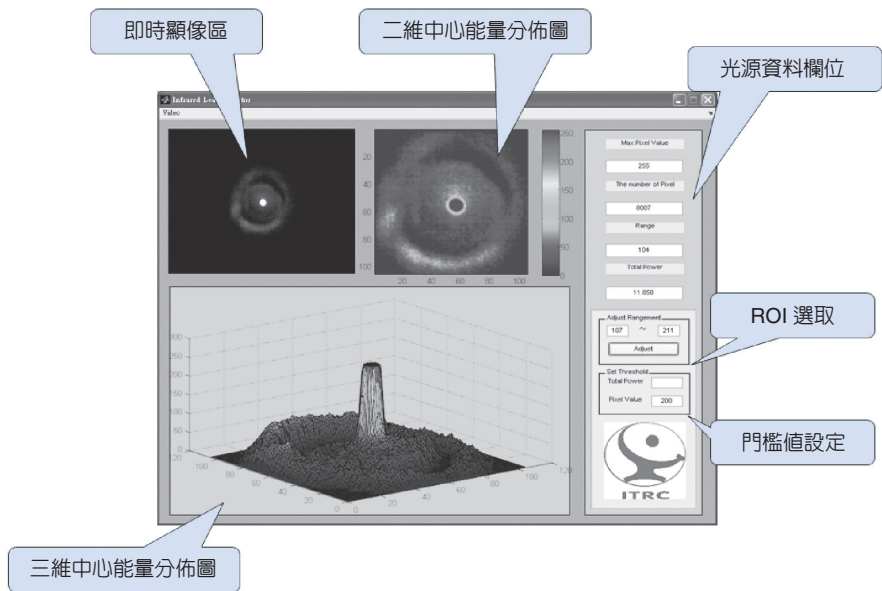


圖 3. 軟體人機介面。

2. 假色處理

將紅外線發光二極體輸出光束影像中各像素之灰度值資料記錄於電腦之記憶體或數位儲存媒體，因其為數值化之資料格式，故可利用電腦進行影像處理及資料運算，以達改良影像品質及資料分析之目的。一般而言，電腦螢幕上的彩色乃利用 RGB 三種顏色組合不同的 RGB 亮度而形成，一般電腦的硬體使用 256 個灰階 (8 bit)，即 0—255，若將 256 個灰階對應到不同顏色，則形成假色影像對照表 (pseudo-color table, PCT)。我們根據不同灰階階數，將階數愈高以暖色系代表，顯示紅外線發光二極體輸出功率愈大。反之，階數愈低以冷色系代表，顯示紅外線發光二極體輸出功率愈小。

3. 影像中心能量分布圖

為瞭解紅外線發光二極體輸出光束影像之能量分布，建置一能量分布圖，將影像中心能量分布以二維及三維之假色影像呈現。二維假色影像乃是將感測器接收到的能量，轉換為一 256 階數位值，然後再由藍綠紅為主所建立之彩色色階圖來展現數值大小；同理，三維假色影像亦是如此，差別在於增加一個維度來表示能量之強弱。而為了較清楚展現能量分布，軟體會自動框選出接受到光束之區域，才將其以假色影像呈現。

4. 紅外光源資料欄位區

將擷取出的紅外光影像資料結果顯現於「紅外光源資料欄位區」，所顯現之資料包含：最大像素值、像素個數、光源分布區域及光源功率值。最大像素值為影像中最大數位值，即為能量最大之數位轉換值。像素個數表示感測器接收到能量之總和區域，光源分布區域則為能量分布範圍。光源功率值為該紅外光源總功率估算值，其換算方式為給予不同電流之紅外光源，計算影像像素值能量及電流之間相互關係及其關係式。最後，再以所得之電流轉換為功率，計算輸出功率值。

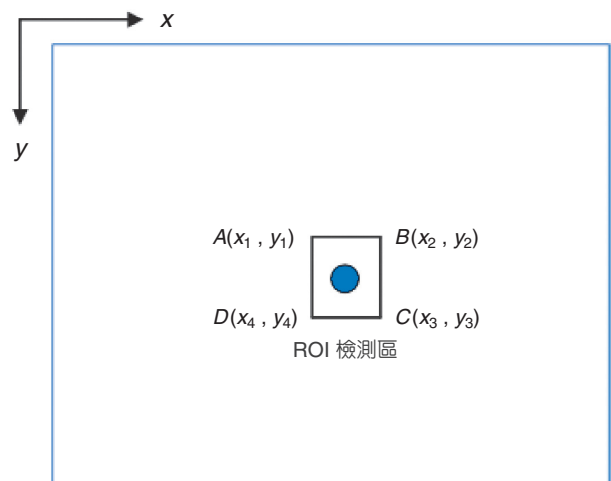


圖 4. ROI 檢測區示意圖。

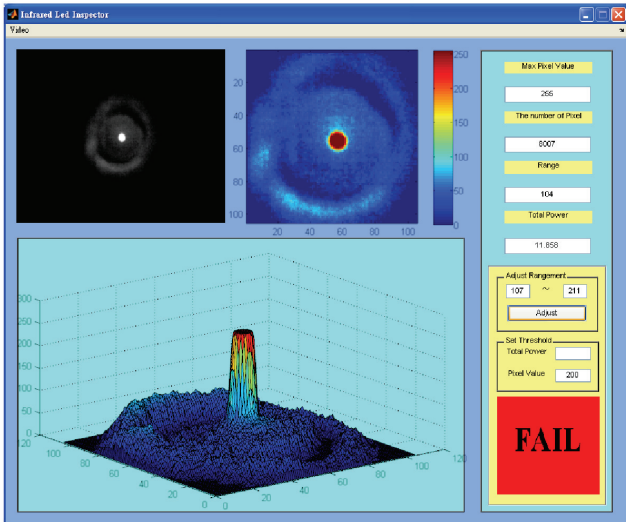


圖 5. FAIL 示意圖。

5. 門檻值設定及 GOOD 或 FAIL 圖示

「門檻設定區」可讓使用者自行決定光源功率及像素最大值之門檻值，一旦所擷取的紅外光影像其光源功率或像素最大值低於其門檻值，將顯示 FAIL 圖示 (如圖 5)，告知使用者未達設定值，反之，則顯示 GOOD 圖示。

四、實驗結果

本實驗將進行「紅外線發光二極體輸出光束形貌讀取檢測」及「紅外線發光二極體光源資料分析」實驗。將待測紅外線發光二極體安裝於轉接機構上，利用具 USB 傳輸介面的可見光視訊攝影機與電腦連結。將人眼無法辨識之紅外光影像，透過螢光片與反射紅外發光二極體發光特性作接收器，即可順利擷取紅外光之影像。擷取的紅外線發光二極體輸出光束外型影像設置有一「即時影像顯示區」，將攝影機擷取的影像即時呈現。為了瞭解紅外光影像之能量分布，建置一能量分布圖，將影像中心能量分布以二維及三維之假色影像呈現。二維假色影像乃是將感測器接收到的能量，轉換為 256 數位階層數，與建立之假色色階圖來展現數值大小；同理，三維假色影像亦是如此，差別在於增加一個維度來表示能量之強弱。而為了較清楚展現能量分布，軟體會自動框選出接收到光束之區域，以假色影像呈現。最後，將擷取的紅外光影像資料結

果顯現在「紅外光源資料欄位區」，所顯現之資料包含：最大像素值、像素個數、光源分布區域及光源功率值。

圖 6 為紅外線發光二極體輸出光束形貌讀取檢測實驗結果。利用可見光攝影機把基板上之呈現變色區域拍攝進來，得到如圖 6(a) 所示。圖 6(b) 將圖 6(a) 經過 ROI 影像處理擷取的 ROI 影像。圖 6(c) 為假色處理後的結果，對紅外線發光二極體輸出光束形貌進行量測假色影像。圖 6(c) 右邊對照表係透過 PCT 對照表即可重新排列灰階與假色的對應值，並可估算紅外線發光二極體發光效率分布，紅色代表該區發光特性最佳能量最高。最後，圖 6(d) 以 3D 方式顯示紅外線發光二極體的中心能量分布圖。

最後，將擷取的紅外光影像資料結果顯現在「紅外光源資料欄位區」，所顯現之資料包含：最大像素值、像素個數、光源分布區域及光源功率值。最大像素值為影像中最大數位值，即為能量最大之數位轉換值。像素個數則表示感測器有接收到能量之總和區域，光源分布區域則為能量分布範圍。光源功率值則為該紅外光源總功率估算值，其換算方式為給予不同電流之紅外光源，計算影像像素值能量及電流之間相互關係及其關係式。最後，再以所得之電流轉換為功率，計算輸出功率值。

圖 7 為一種 850 nm 紅外線發光二極體光源資料分析實驗結果。光源功率值則為該紅外光源總功率估算值，其換算方式為給予不同電流之紅外光源，計算影像像素值能量及電流之間相互關係 (如圖 7(a)) 及其關係式 (1)。其中 E 為影像像素值能量， A 為電流。再以所得之電流轉換為功率，電流功率轉換式表示於 (2)，其中 P 為輸出功率值， A 為電流值，圖 7(b) 為電流功率轉換圖。

$$A = 1.908 \times E^{0.3681} \quad (1)$$

$$P = 2E - 0.05A^4 - 0.001A^3 + 0.0204A^2 + 0.0501A - 0.0672 \quad (2)$$

圖 8 為一種 1500 nm 紅外線發光二極體光源資料分析實驗結果。光源功率值則為該紅外光源總功率估算值，其換算方式為給予不同電流之紅外光源，計算影像像素值能量及電流之間相互關係 (如

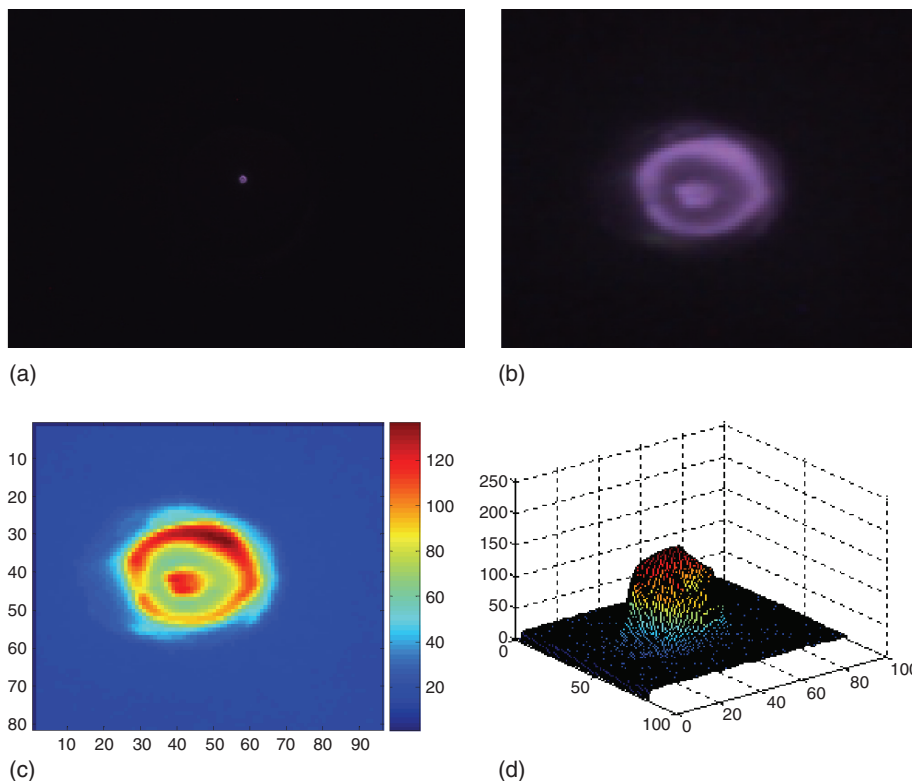


圖 6. 紅外線發光二極體輸出光束形貌讀取檢測實驗結果。(a) 原始影像，(b) ROI影像，(c) 假色影像處理，(d) 中心能量分布圖。

圖 8(a) 及其關係式 (3)。其中 E 為影像像素值能量， A 為電流。再以所得之電流轉換為功率，電流功率轉換式表示於 (4)，其中 P 為輸出功率值， A 為電流值，圖 8(b) 為電流功率轉換圖。

$$E = 18.133A^2 - 71.379A + 3.3166 \quad (3)$$

$$P = 3.6444A + 0.5366 \quad (4)$$

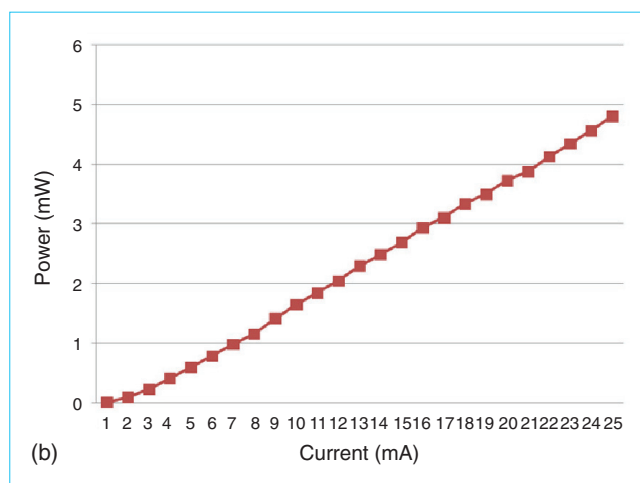
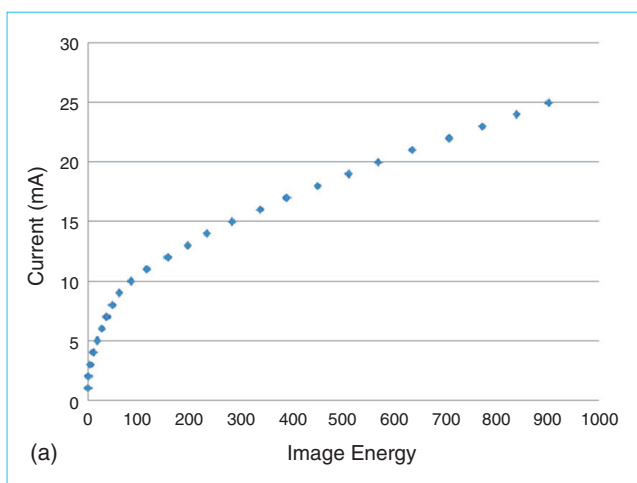


圖 7. 850 nm 紅外線發光二極體光源資料分析實驗結果。(a) 影像像素能量及電流轉換圖，(b) 電流與功率轉換圖。

五、結論

筆者在本文中所介紹的紅外線發光二極體輸出光束形貌讀取檢測裝置價格便宜，以可見光攝影機取代紅外熱影像儀即可達成檢測目的。而光源功率值則為該紅外光源總功率估算值，其換算方式為給予不同電流之紅外光源，計算影像像素值能量及電

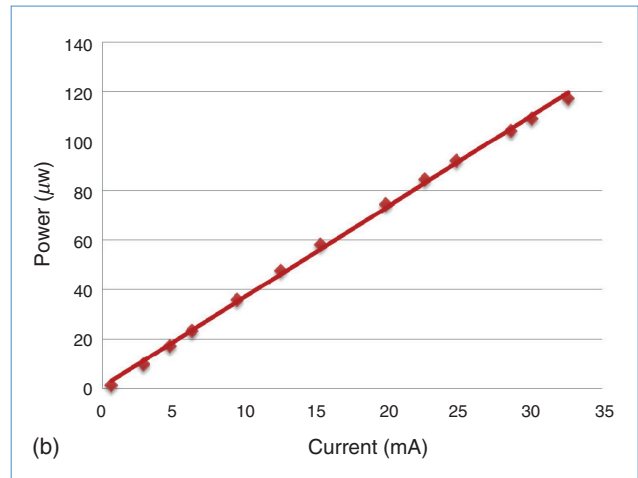
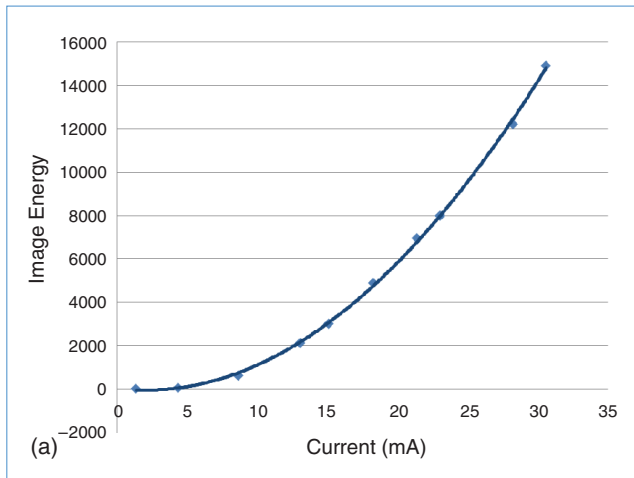


圖 8.1500 nm 紅外線發光二極體光源資料分析實驗結果。(a) 影像像素能量及電流轉換圖，(b) 電流與功率轉換圖。

流之間相互關係及其關係式。最後，再以所得之電流轉換為功率，計算輸出功率值，分析結果初步證明具可行性。儀科中心所研發之「紅外線發光二極體輸出光束形貌讀取檢測裝置」可廣泛地應用於紅外線發光二極體的量測，可對於紅外線發光二極體發光特徵進行分析，未來亦可針對有問題的紅外線發光二極體深入探討其瑕疵檢測，使本檢測系統更加完善。

參考文獻

1. J. Byrnes, *Unexploded Ordnance Detection and Mitigation*, Springer, 21 (2009).
2. J. Sticklen and E. M. Taner, *An Introduction to Technical Problem Solving with MATLAB*, 7, Great Lakes Press, 2nd ed. (2006).
3. C. G. Rafael and E. W. Richard, *Digital Image Processing*, 2nd ed., Prentice Hall (2002).
4. T. Johji, M. Minoru, A. Hisao, T. Hidetoshi, and K. Jiro, *Color Enhancement Algorithm for Remotely Sensed False Color Image, Using Uniform Color Scale*, Springer Berlin, **301**, 606 (1988).



陳永祥先生為國立彰化師範大學電機工程碩士，現任國家實驗研究院儀器科技研究中心助理研究員。

Yung-Hsiang Chen received his M.S. in electrical engineering from National Changhua University of Education. He is currently an assistant researcher at Instrument Technology Research Center, National Applied Research Laboratories.



魏子軒先生為國立中央大學資訊工程碩士，現任國家實驗研究院儀器科技研究中心助理研究員。

Tzu-Hsuan Wei received his M.S. in computer science and information engineering from National Central University. He is currently an assistant researcher at Instrument Technology Research Center, National Applied Research Laboratories.



廖泰杉先生為中原大學電子工程博士，現任國家實驗研究院儀器科技研究中心研究員。

Tai-Shan Liao received his Ph.D. in electronic engineering from Chung Yuan Christian University. He is currently a researcher at Instrument Technology Research Center, National Applied Research Laboratories.