

發光二極體接面溫度的自動量測系統

廖豐標 杜振德 林睿靖 林雲翔 劉秉承 黃文祥

大葉大學電機工程學系

515 彰化縣大村鄉山腳路 112 號

摘要

近年來，高功率發光二極體的應用領域不斷地增加，除了交通號誌及戶外看板外，高功率發光二極體也逐漸在背光模組及固態照明等應用中佔有一席之地。

高功率發光二極體需要大電流驅動，使用時會產生大量的熱，進而影響發光二極體的性能，例如發光效率及可靠度，因此，高功率發光二極體需要的高性能的散熱機制。

為有效評估高功率發光二極體的散熱機制，需要精確量測高功率發光二極體的接面溫度。我們使用順向電壓法量測發光二極體的接面溫度，並開發完成高功率發光二極體的自動化接面溫度量測系統。

本文說明如何設計電路並使用 LabVIEW 程式語言，透過資料擷取卡，建立高功率發光二極體的自動化接面溫度量測系統。最後，我們以 Cree 公司的 2W EZ1000 共陰發光二極體，示範自動量測系統的操作結果。

關鍵詞：接面溫度，順向電壓法，發光二極體

An Automatic Measurement System for Junction Temperatures of Light-Emitting Diodes

MICHAEL P. LIAO, CHEN-DE TU, RAY-CHIN LIN, YIUN-SHON LIN, PIN-CHEN LIU and WEN-SHON HWANG

Department of Electrical Engineering, Da-Yeh University

No. 112, Shanjiiao Rd., Dacun, Changhua, Taiwan 51591, R.O.C.

ABSTRACT

In recent years applications of high-power light-emitting diodes (LEDs) have constantly increased. For example, usage of high-power LEDs has increased in traffic signs and outdoor-boards, as well as in backlighting systems and solid-state illumination.

High-power LEDs requiring high current drives generate much heat, which in turn degrades the performance of a device with regard to illumination efficiency and reliability. Thus, a reliable heat management scheme is required in the application of these LEDs.

To evaluate a heat-management system, a precise measurement system for the junction temperatures of LEDs is highly desirable. In this study, the forward-voltage method was applied to measure such temperatures and an automatic measurement system developed.

This report describes the design of the circuit and the use of the LabVIEW programming

language through a data-acquisition card to create the measurement system. Finally, the measurements obtained from a 2W EZ1000 eutectic LED (Cree Corporation) by using the automatic system are demonstrated.

Key Words: junction temperatures, forward-voltage method, light-emitting diode (LED)

一、前言

長時間使用高功率發光二極體 (light-emitting diode, LED) 時, 元件產生的熱會聚集在元件內部, 因此, 元件內部溫度將會升高。LED 所釋放的熱, 是影響產品使用效率的關鍵, 假如釋放的熱量愈大, LED 內部所產生的熱也會愈高, LED 的發光效率及使用壽命也會相對降低 [2-8, 10]。現在 LED 的製造商也慢慢地重視這個問題。所以在這一部份, LED 封裝的材料不斷地被研發出來, 以因應持續提高 LED 亮度所產生高溫、高熱所帶來的影響。例如, 之前 LED 所使用的封裝材料為環氧樹脂, 其耐熱性較差, 在 LED 本身的使用壽命未到達之前, 環氧樹脂就已經出現劣化的情形。就目前而言, 代替環氧樹脂的新封裝材料—矽樹脂, 已經被開發出來。它具有較高的耐熱性, 平均耐熱溫度可達 150 °C~180 °C, 也不會有變色的情形, 且能夠分散藍色和近紫外光, 抑制材料因電流和光線所帶來的影響, 似乎是一項不錯的封裝材料。對使用者而言, 將大大提高 LED 的使用效率及延長使用壽命。

為了因應未來更多高功率 LED 所產生的散熱問題, LED 的接面溫度測量將是一項很重要的課題。因為 LED 的接面溫度是 LED 內部熱能聚集的直接指標, 精確的 LED 接面溫度量測, 將可協助廠商研發先進的 LED 散熱機制。在不破壞 LED 表面結構之下, 我們設計一套量測電路系統來輔助 LED 接面溫度的量測, 其量測出來的數據將可計算出 LED 的順向偏壓 (V_f)、亮度、電流和溫度的相關資料, 根據這一些精準的量測系統架構和資料, 將可使 LED 製造商研發製造更有發光效率及散熱更佳的高功率 LED。

二、量測方法與自動量測系統

因為注入功率消耗, LED 的接面溫度會被周圍溫度及內部自我加熱所影響, LED 的接面溫度則影響元件的發光亮度和順向偏壓。決定 LED 接面溫度的三個因素分別為: 周圍溫度、熱阻及 LED 注入功率 [11]。圖 1 為典型紅-橘光 AlInGaP LED 操作在定電流之亮度與周圍溫度曲線圖 [11], 由圖 1 可知 [11, 12], 當 LED 的接面溫度增加到 75°C

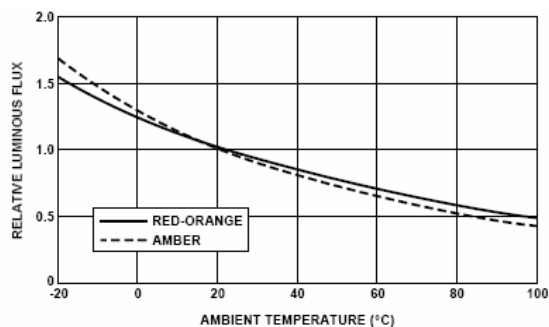


圖 1. 電流之亮度與周圍溫度曲線圖

時, 將導致亮度輸出減少為在室溫時所量測值的一半。這相當清楚地顯示 LED 接面溫度會影響亮度的輸出, 這對於 LED 在組裝的設計上是極為重要的。下列式子 (1) 說明接面溫度和亮度輸出的關係: [11, 12]

$$\Phi_v(T_2) = \Phi_v(T_1) e^{-k\Delta T_j} \quad (1)$$

其中

$\Phi_v(T_1)$ 是接面溫度為 T_1 時的亮度輸出,

$\Phi_v(T_2)$ 是接面溫度為 T_2 時的亮度輸出,

k 是溫度係數,

ΔT_j 是接面溫度差 ($T_2 - T_1$)。

當接面溫度差增加時, 亮度輸出呈指數衰減。典型紅光-橘光高亮度四元 LED 材質的溫度係數為 9.52×10^{-3} ; 琥珀光高亮度四元 LED 材質的溫度係數為 1.11×10^{-2} [11, 12]。

LED 接面溫度的量測方法很多 [4, 6, 8, 13], 包括維拉曼頻譜法、臨界電壓法、熱阻法、電激發法、光激發法、非接觸方法及順向電壓法 (forward voltage method) [1, 2, 4-8, 11] 等方法。因為順向電壓法屬於電性量測, 擁有簡單、非破壞性、精確等優點 [2-3, 5, 7], 因此, 我們採用順向電壓法量測 LED 的接面溫度。

順向電壓法主要得到順向電壓 (V_f) 與接面溫度 (T_j) 的關係, 即 $\frac{dV_f}{dT}$ [2-3, 7]。接面溫度的實驗量測分為兩部分, 首先是校正量測, 然後是實際量測。校正量測時, 我們以脈

衝電流激發 LED，以 LabVIEW 程式配合資料擷取卡來量測 LED 順向電壓。因為電壓訊號反應快，熱訊號反應慢；LED 的電壓／電流的反應由載子壽命決定，因此注入電流後，可以在 20 ns 得到響應（順向電壓）。當脈衝的責任週期（duty cycle）小，且頻率很低時，輸入脈衝的功率可以很快發散，對 LED 接面溫度的影響可以忽略；換言之，環境溫度可視為 LED 的接面溫度。順向電壓法的上述基本假設已經由實驗驗證，使用順向電壓法可以精確量測發光二極體的接面溫度，誤差小於 0.2 °C [7]。

我們以這方法建立資料庫，即不同接面溫度下，不同注入電流所產生的接面電壓。接著，實際量測在特定電流下產生的接面電壓，對照校正量測產生的資料庫，可以得到 LED 操作時的接面溫度。

圖 2 是 LED 接面溫度量測系統的架構圖。其中包括下列單元：

1. DAQ 卡：使用 LabVIEW 模擬訊號產生器的訊號經由個人電腦（PC）上的資料擷取卡 類比輸出通道（A/O channel）輸出至電路控制上，得到驅動 LED 所需要的訊號。
2. 電源供應器：提供控制電路上所需的直流電源。
3. 電路控制：產生 50mA 至 500mA 的電流驅動 LED，藉由電流選擇來選擇量測系統所需要的電流。
4. 烘箱：將待測物高功率 LED 放在烘箱裡面，經由溫度控制器控制量測系統所需要的溫度，烘箱提供的溫度範圍為 0~400 度。

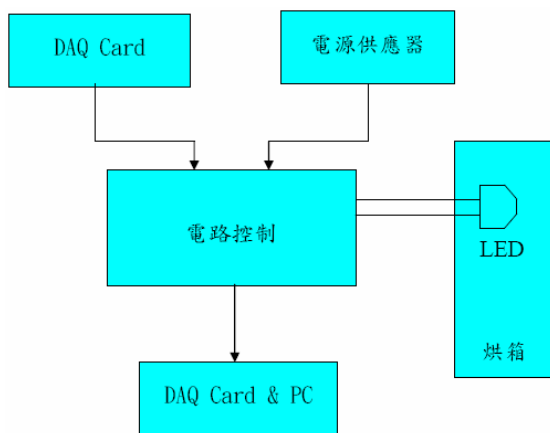


圖 2. 量測系統架構圖

5. 資料擷取卡 & PC：利用 LabVIEW 上的資料擷取卡類比輸入通道，擷取電路控制上的 LED V_f （順向偏壓）波形，使其顯示在 PC 上，並記錄量測系統所要量測的 V_f 值 [1, 9, 10]。圖 3 及圖 4 分別是 LabVIEW 模擬訊號產生及示波器波形的圖示。

三、量測結果與討論

圖 5 是 Cree 公司 2W 白光 GaN LED（型號 EZ1000）接面溫度的校正量測結果，這顆 LED 封裝為共金（eutectic）結構，即垂直的電流傳輸方式。 $\frac{dV_f}{dT}$ 是為 -2.57mV/K。這個結果比較藍光 GaN LED 量測得到 $\frac{dV_f}{dT}$ 值，-2.7mV/K 相當 [2]。

圖 6 是 2W 白光 GaN LED 的 I-V 特性曲線。經轉換後，GaN 白光 LED 的接面溫度量測結果如圖 7 所示。LED 接面溫度可用來評估 LED 磊晶、製程與封裝階段的技術優劣，協助提高 LED 的發光效率。實際的 LED 操作接面溫度則是

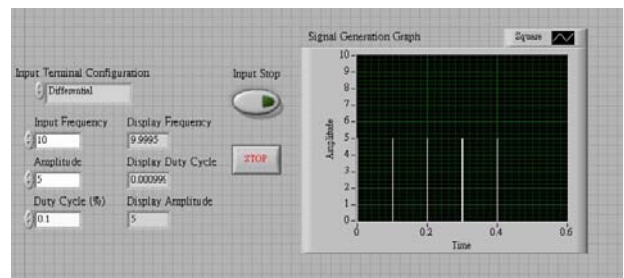


圖 3. LabVIEW 模擬訊號產生器圖

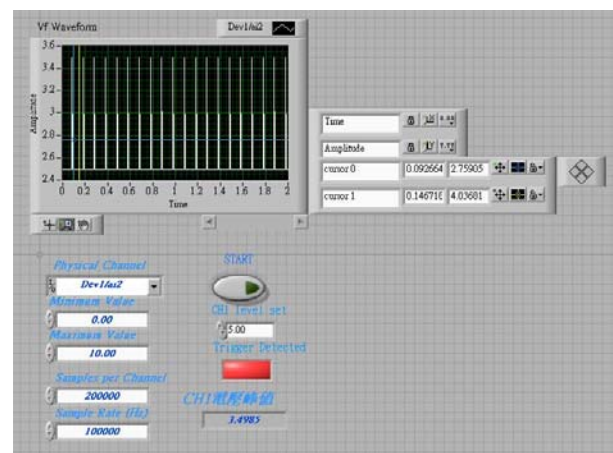


圖 4. LabVIEW 模擬示波器波形圖

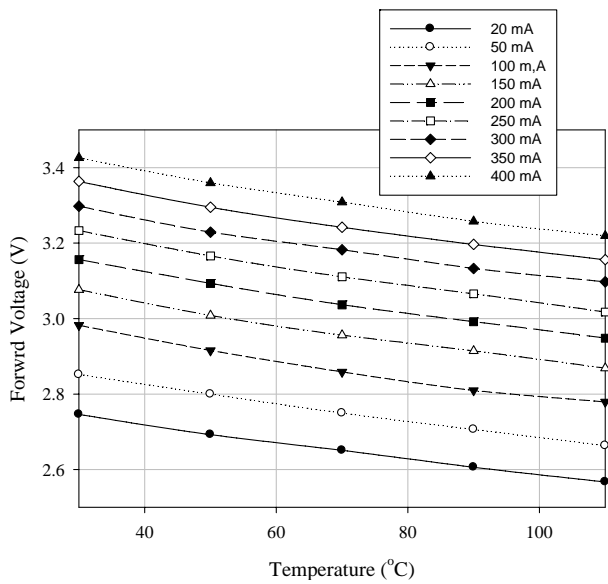


圖 5. 高功率 LED 接面溫度的校正量測結果

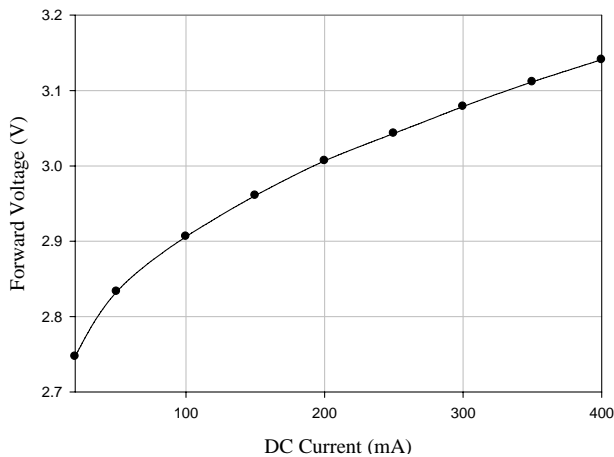


圖 6. 高功率 LED 的 I-V 特性

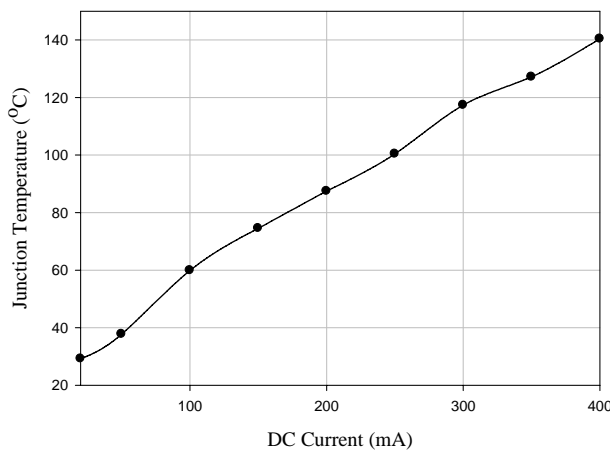


圖 7. 高功率 LED 接面溫度的量測結果

封裝技術和元件使用壽命的指標。

四、結論

由於光電材料技術的日新月異，促使 LED 的產品應用更為廣泛和普及。如果能建立一套完整、精確的量測系統，對於瞭解高功率 LED 接面溫度和電流、亮度的相關知識和特性，將會有所幫助。對於 LED 磊晶的製造者、晶粒的封裝測試者集終端產品使用者而言，這一點是非常重要的。未來工業發展的趨勢，將是強調綠色環保的製造與設計，隨著歐盟 RoHs 政策上路後，各國國際大廠無不相繼採行綠色供應鏈。LED 產品具有環保、高演色性及節能等優點，可取代目前含有危害物質之產品。

我們使用順向電壓法量測 LED 的操作接面溫度，並建立完成一套自動量測系統量測。我們應用這套系統，成功量測 1W 高功率 GaN LED 的操作接面溫度， $\frac{dV_f}{dT}$ 為 -2.57mV/K 。這套系統量得的 LED 接面溫度可做為 LED 磊晶、元件製作、封裝的技術指標，也可以作為元件使用壽命的非破壞性量測。

參考文獻

1. 惠汝生 (民 94), LabVIEW 7.1 Express 圖控程式應用含自動量測及硬體應用, 頁 11-2-11-6, 全華科技圖書有限公司, 台北。
2. 廖豐標、張簡士琨、李承銘 (民 94), 白光發光二極體的接面溫度量測, 2005 第三屆微電子技術發展與應用研討會, 高雄, 台灣。
3. 廖豐標、李承銘、溫坤禮、孫健仁 (民 95), 白光發光二極體的發光效率, 2006 第四屆微電子技術發展與應用研討會, 高雄, 台灣。
4. Gu, Y. and N. Narendra (2004) A non-contact method for determining junction temperature of phosphor-converted white LEDs. 3rd Conference on Solid State Lighting, Proceedings of SPIE 5187, 107-114.
5. Han, J. H. and S. W. Park (2004) Theoretical and experimental study on junction temperature of packaged fabry-perot laser diode. *IEEE Transactions on Device and Material Reliability*, 4(2), 292-294.
6. Hong, E. and N. Narendran (2004) A method for

-
- projecting useful life of LED lighting system. 3rd Conference on Solid State Lighting, Proceedings of SPIE 5187, 93-99.
7. Liao, M. P. (2007) Carrier concentration and junction temperature dependencies of illumination efficiency of GaN power light-emitting diodes. 2007 Conference on Lasers and Electro-optics, Baltimore, MD.
 8. Narendra, N., Y. Gu and R. Hosseinzadeh (2004) Estimating junction temperature of high-flux white LEDs, light-emitting diodes: Research, manufacturing, and application VIII, Proceedings of SPIE 5366, 158-160.
 9. National Instrument Corp. (2002) *DAQ Card PCI6221 User Manual*.
 10. National Instrument Corp. (2002) *SCB-68 68-Pin Shielded Connector Block User Manual*.
 11. Philips Lumileds Lighting Company (2002) *Application notes 1149-4 Thermal Management Considerations for Super Flux LEDs*, San Jose, CA.
 12. Shin, K. (2004) LED junction temperature measurement and its applications to automotive lamp design. 2004 SAE World Congress Detroit, Michigan.
 13. Xi, Y. and E. F. Schubert (2004) Junction-temperature measurement in GaN ultraviolet light-emitting diodes using diode forward voltage method. *Applied Physics Letters*, 85(12), 2163-2165.
- 收件：96.04.16 修正：96.05.28 接受：96.07.17