



# 逢甲大學學生報告 ePaper

報告題名：

精巧型 LED 色溫量測裝置

作者：賴暉凱

系級：電機四甲

學號：D9573712

開課老師：陳德請

課程名稱：精密光學工程(一)

開課系所：電機系

開課學年：97 學年度 第二學期



## 中文摘要

近年來隨著高亮度發光二極體(LED)應用領域不斷的被開發，且高亮度 LED 具有體積小、發光效率佳、壽命長及環保等特點，將逐漸取代傳統光源，因此 LED 之光電特性檢測就顯得相當重要。本研究透過單晶片做系統上之概念性設計，採用 RGB color sensor 作為色彩檢知元件、使用脈衝調變驅動電路驅動待測 LED，以及撰寫高亮度 LED 品管要求之光電特性量測程式，其中包括：色度座標、色溫、及順向偏壓等。最後整合光電特性量測等介面程式，來發展視窗化監控環境，完成一套高精度、高穩定度之 LED 自動化光電檢測系統。此系統亦可依其量測之光電特性數據，做為高亮度 LED 出廠前之分級制度，藉由輸出報表格式，將所得資料回饋至生產線以修正相關參數，達到製程參數最佳化並提升產品良率之目的。色溫量測範圍在 1000 K~15000 K，解析度為 50 K。本色溫量測裝置優點為操作簡單、量測速度快、不易受外界環境干擾、使用微處理器單晶片價格便宜，及非常適合線上檢測。

**關鍵字：**三刺激值、色溫、色度座標



## 目 次

一、簡介.....	3
二、系統架構.....	3
三、實驗方法與結果.....	4
四、結論.....	6
五、參考文獻.....	7



## 一、簡介

白光 LED 是 LED 產業中最被看好的新興產品，在全球能源短缺的憂慮再度升高的背景下，白光 LED 在在照明市場的前景備受全球矚目，歐、美及日本等先進國家也投注許多人力，並成立專門的機構推動白光 LED 研發工作。目前主要的商品化作法是日亞化 (Nichia) 以 460nm 波長的 InGaN 藍光晶粒塗上一層 YAG 螢光物質，利用藍光 LED 照射此一螢光物質以產生與藍光互補的 555nm 波長黃光，再利用透鏡原理將互補的黃光、藍光予以混合，便可得出內眼所需的白光。與白熾鎢絲燈泡及日光燈相比，LED 具有體積小(多顆、多種組合)、發熱量低(沒有熱幅射)、耗電量小(低電壓、低電流起動)、壽命長(1 萬小時以上)、反應速度快(可在高頻操作)、環保(耐震、耐衝擊不易破、廢棄物可回收，沒有污染)、可平面封裝易開發成輕薄短小產品等優點，沒有白熾燈泡高耗電、易碎及日光燈廢棄物含汞污染的問題等缺點，是被業界看好在未來 10 年內，成為替代傳統照明器具的一大潛力商品。

## 二、系統架構

本文為精巧型 LED 色溫量測裝置，其系統架構如圖 1 所示。主要由 LED 脈衝電路、RGB 色彩偵測器、OP 放大器與 A/D 轉換 IC、微處理器以及 LCD 顯示器所組成。本系統使用 s9032-02 RGB color sensor 作為色彩檢知元件。在色彩量測時，此元件產生三組感應電流，分別為三刺激值 R、G、B。由於 Sensor 所產生的感應電流非常微弱，因此使用 OPA 將信號做 5 倍放大處理，如此較符合 ADC 的動態範圍，也利於讀取及判別。

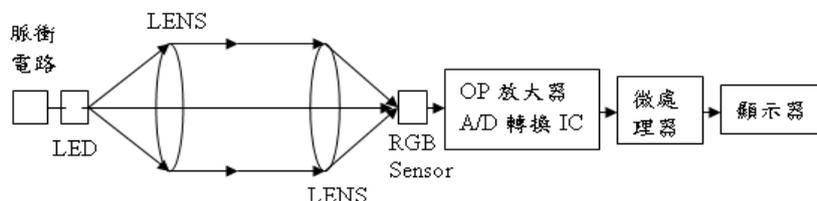


圖 1 LED 色溫量測系統示意圖

此系統使用的類比轉數位 IC 為 ADC0809，其內部提供 256 bit 類比轉數位和 8 channel 類比多工器。ADC 的訊號由 8051 做轉換處理，得到 R、G、B 三原色的數位值，並顯示在 LCD 上。LCD 係由 8051 所控制，分別顯示出 RGB 的數位信號值。8051 所接收 R、G、B 數位信號為 16 進制，但平常皆使用 10 進制，因此利用程式將 16 進制轉為 10 進制，範圍為 0~255，並將其數值顯示於 LCD 上。為了即時量測 R、G、B 的數值，顯示我們設計成動態顯示。微處理器不斷接收新的感測訊號，依序在 LCD 上顯示 R、G、B，更新速率為每 0.5 秒一次。

當量測待測 LED 的三刺激值 R、G、B 後，利用 CIE (International Commission on Illumination) 特殊委員會所訂定的 CIE RGB 空間到 XYZ 空間標準變換公式，求得三刺激值 X、Y、Z，轉換公式如下：

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2.7689 & 1.7517 & 1.1302 \\ 1.0000 & 4.5907 & 0.0601 \\ 0.0000 & 0.0565 & 5.5943 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

經轉換得到的三刺激值 X、Y、Z，可進而將三刺激值 X、Y、Z 轉為二維 xy 色度座標，如下：

$$x = \frac{X}{X+Y+Z} \quad y = \frac{Y}{X+Y+Z}$$

最後，根據相關色溫公式(McCamy, 1992)：

$$T = -437n^3 + 3601n^2 - 6861n + 5514.31$$

$$n = (x - 0.3320) / (y - 0.1858)$$

將 LED 的 xy 座標值代入，便可求得該待測 LED 的色溫值。

本系統程式流程如圖 2 所示。程式開始先設定 LCD 模組之初始狀態為：(1)2 行顯示，八位元介面，5x7 點字型(2)每當 LCD 模組接收 1Byte 資料後，AC 值自動加一(3)不顯示游標。初始化設定後，先於 LCD 上顯示出 R、G、B 字元；ADC0809 有 8 channel 類比多工器，利用 51 的 P1 來控制所要的類比信號，P1=00H、01H、02H 時，ADC 分別接收 R、G、B 的類比信號。接收類比信號後，由 ADC 進行數位轉換，轉換時間為 1ms，轉換完成後，由 51 的 P0 接收 R、G、B 的數位資料，並存於記憶體位址 30H~32H。由於 51 內部數位資料為 16 進制，經由 51 內部運算可將 16 進制的資料轉為 10 進制，其範圍為 0~255。資料送到 LCD 模組必須是相對應的字元碼，所以資料在送給 LCD 前，資料 0~9 必須先加上 30H 後才是相對應的字元碼，再把這些字元碼送至 LCD 模組，即可顯示出 R、G、B 的數值。為了即時量測 R、G、B 的數值，將程式設定為每 0.5 秒重新讀取 R、G、B 值一次，以達到動態更新的效果。

在量測 RGB 時，發現受外界光源干擾影響很大，為了解決此一問題，我們在原電路加上脈波調變。脈波調變電路係由 40106 配合電阻及電容所產生的調變脈波。待測 LED 需接上調變脈波，本系統會跟 LED 的調變脈波做同步擷取，達到減少外界光源干擾影響。

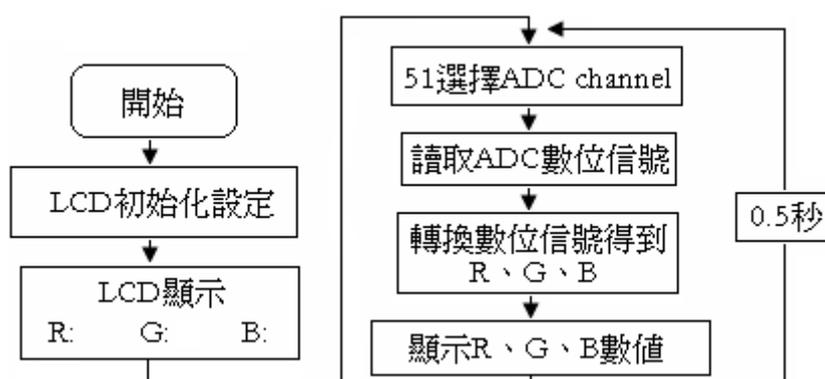


圖 2 量測程式流程

### 三、實驗方法與結果

量測 LED 的色溫，首先使用脈波調變電路驅動 LED 光源，再使用 RGB sensor 量測 LED 的色溫。LED 色溫量測裝置主要組件為各式 LED 樣品、RGB sensor、LCD 顯示器，相關規格如表 1 所示，RGB color sensor 的光譜響應圖如圖 3 所示。實驗流程詳述如下：

找出二種不同的白光 LED，分別為 warm white 和 cool white LED，利用 RGB 量測電路測出其 RGB 值，再將 RGB 值放入已做好的 Excel 檔中，經運算後得色溫值並紀錄結果。在做 LED 色溫量測時，須遵循以下測試流程：

- 1.量測電路特性確認即 OP 放大倍率與 LED 限電流電阻值
- 2.調校 RGB color sensor 與 LED 的光軸
- 3.設定 RGB color sensor 在最佳量測距離避免 RGB color sensor 操作飽和及暗電流區
- 4.讀取 RGB color sensor 的暗電流電壓值及飽和電壓值
- 5.移動 RGB color sensor 位置並讀取 LED 的 RGB color sensor 輸出電壓值
- 6.將 LED 的 RGB color sensor 輸出電壓值減 RGB color sensor 的暗電流電壓值，即 LED 真正三刺激值 R,G,B
- 7.將三刺激值 R,G,B 利用轉換矩陣轉換為三刺激值 X,Y,Z
- 8.將 X,Y,Z 轉換為 x, y 色度座標，再利用色溫公式求出其色溫值

LED 色溫量測結果如圖 4、圖 5：

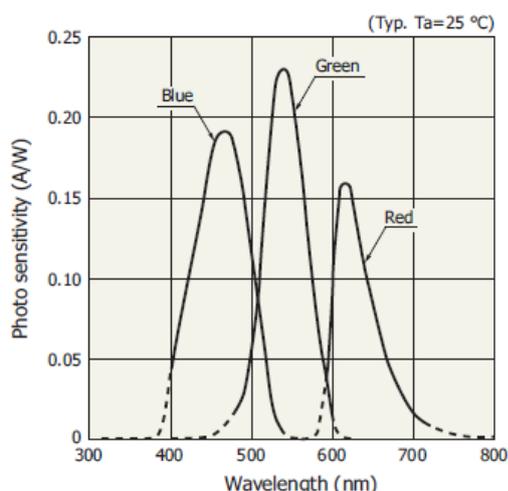


圖 3 RGB color sensor 光譜響應圖

表 1 S9032-02 RGB color sensor 規格

Spectral response range	Blue 400~540nm
	Green 480~600nm
	Red 590~720nm
Peak sensitivity wavelength	Blue 460nm
	Green 540nm
	Red 620nm
Photo sensitivity	Blue 0.18 A/W
	Green 0.23 A/W
	Red 0.16 A/W
Dark current	5 pA (typical) 100 pA (maximum)
Rise time	0.2μm (typical) 1.0μm(maximum)
Active area size	φ 2mm

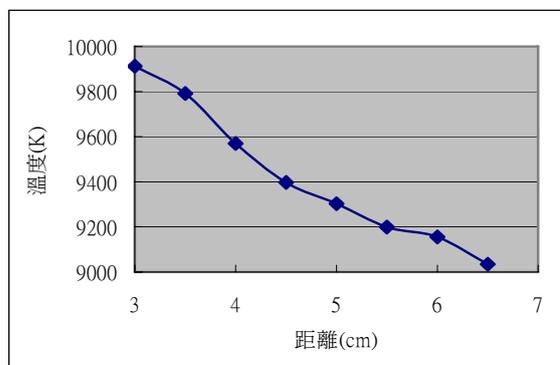


圖 4 Warm White LED

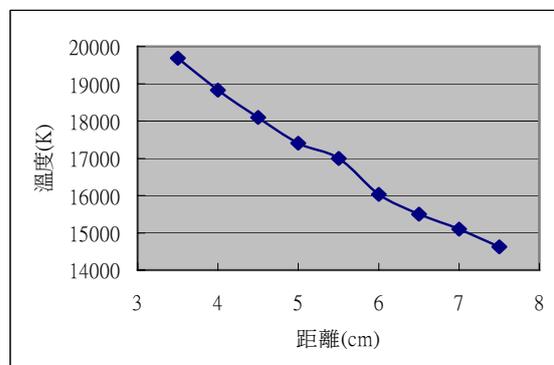


圖 5 Cool White LED

#### 四、結論

本色溫量測裝置優點為操作簡單、量測速度快、不易受外界環境干擾、使用微處理器單晶片價格便宜，及非常適合線上檢測。色溫量測範圍在 1000 K~15000 K，解析度為 50 K。經實驗結果，LED 的色溫與限電流電阻值與量測位置有關，其中量測位置包括距離及 LED 的輻射方向。因此影響 LED 的色溫的參數有 LED 限電流電阻值、LED 與 RGB color sensor 距離、RGB color sensor 相對於 LED 的立體角及 LED 的輻射方向。



## 五、參考文獻

- [1] M. J. L., P. J. Lu, The theory of sensor and its application, CWC Press, Taipei, 2000.
- [2] J. J. Carr, Sensors and circuit, Prentice Hall, New Jersey, 1993.
- [3] Y. K. Fang, S. B. Hwang, Y. W. Chen & L. C. Kuo, "A vertical-type a-Si:H back-to-back schottky diode for high speed color image sensor," IEEE Electron Device Letter, vol. 12, pp.172, 1991.
- [4] S. Soloman, Sensors and control systems in manufacturing, McGraw-Hill, New York, 1994.

