

LED 模組光學與電性量測標準草案

(徵求意見稿)

推動單位：

台灣光電半導體產業協會、台灣區照明燈具輸出業同業公會

草擬單位：

LED 照明標準及品質研發聯盟

(中國電器、晶元光電、光寶科技、中盟光電、齊瀚光電、維明企業、一詮精密)

支持單位：

經濟部技術處、工業技術研究院

2008-08-07 發布

前言

有鑑於 LED 標準制定是 LED 產業與照明產業永續經營的重要關鍵，經濟部特邀集國內 LED 上中下游、測試設備與週邊材料廠家，組成「LED 照明標準及品質研發聯盟」，並於 2007 年啟動「LED 照明標準與品質研發應用整合計畫」，結合中國電器、晶元光電、光寶科技、中盟光電、齊瀚光電、維明企業及一詮精密等 7 家公司，與工研院電光所、能環所，共同建立一套較為完整的 LED 相關產品之光電特性量測與品質驗證規範，藉此提升國內 LED 之製造品質及量測評估能力。

該聯盟目前已完成 5 份標準草案，本份草案訂為「LED 模組光學與電性量測標準草案」。草案內容以參酌各方意見修正為 2.0 版，接下來將透過「台灣光電半導體產業協會 TOSIA」與「台灣區照明燈具輸出業同業公會」共同推動，再次聽取業界意見，使標準草案之訂定能更符合業界需求，以作為業界規範參考與政府制定相關標準之支援。

標準草案推動活動如下：

1. 5 月 28 日舉辦「LED 產業標準及專利策略交流研討會議」
2. 7 月 4 日舉辦「台灣 LED 標準草案座談會」，由公協會會員進行討論
3. 8 月 7 日舉辦「研討 LED 標準草案公聽會」

LED 模組光學與電性量測標準草案

1. 適用範圍：本標準適用於發光二極體模組之電性與光學特性之量測方法。
2. 用語釋義：本標準所用之主要名詞其定義如下。
 - (1) 發光二極體(light emitting diode, LED)：是指被電能激發後，可以放出光且具有 PN 接面之半導體元件。
 - (2) 發光二極體模組(LED module)：LED 單體封裝於基板上，或是複數個 LED 以平面或立體的排列方式，結合機械、光學、電性等多種構件形成一個單元體或是該單元的集合體。
 - (3) 順向電流(forward current) I_F ：LED 模組在順向導通情況下所流通的電流。
 - (4) 順向電壓(forward voltage) V_F ：LED 模組在順向導通情況下，兩電極間的順向電壓差值。
 - (5) 逆向電壓(reverse voltage) V_R ：LED 模組在逆向偏壓情況下，兩電極間的電壓差值。
 - (6) 逆向電流(reverse current) I_R ：LED 模組上施加逆向電壓時所流通的電流。
 - (7) 立體角(solid angle) ω ：在半徑為 d 之球面上，一面積為 A 之圓形曲面(spherical surface area)，其周邊對球心的連線所包含的角度為立體角 $\omega = A/d^2$ 。立體角單位(sr)定義為當 $A = d^2$ 時之立體角。
 - (8) 全光通量(total luminous flux) ϕ_v ：光源朝所有方向發出的光通量之總和。單位為流明(lm)。
 - (9) 光強度(luminous intensity) I_v ：在指定方向之單位立體角所發射之光通量。單位為燭光(candela, cd)。
 - (10) 半功率發射角(half intensity angle) θ_{hp} ：待測 LED 模組光強度分佈由峰值往兩側強度降到峰值強度一半之間隔夾角角度。
 - (11) 發光光譜分佈(spectral power distribution) $P(\lambda)$ ：發光光譜之發光強度對於發光波長之分佈。

- (12) 峰值發光波長(peak wavelength) λ_p : 發光光譜分佈中, 發光強度最大值處之波長。單位為奈米(nm)。
- (13) 光譜半高波寬(spectral half-width bandwidth) $\Delta\lambda_{1/2}$: LED 模組之發光光譜分佈由峰值往兩側功率降到一半之間隔波長寬度。單位為奈米(nm) (參考圖 6)。
- (14) 色度座標(chromaticity coordinates) : 利用 CIE 15:2004 標準色度觀測者之色匹配函數求得的座標(x,y)^{註1}。
- (15) 主波長(dominant wavelength) λ_D : 人眼所看到的顏色之對應純色單光波長^{註1}。
- (16) 相關色溫(correlated color temperature) : 在 CIE uv (1960)^{註1} 均勻色度空間內, 光源之色度座標與距離普朗克軌跡(Planckian locus) 最近處對應之黑體輻射的絕對溫度值, 稱為該光源的相關色溫。
- (17) 演色性指數(color rendering index)^{註2} : 以待測光源與參考光源照射 CIE-13.3 指定之顏色試片, 以參考光源為 100%, 比對同一顏色試片在兩光源照射下所呈現之相對顏色差異指數。綜合前 1 至 8 號演色性指數之平均值為該待測光源的平均演色性指數(R_a)。

3. 量測條件

1. 溫度 : 無特別規定時, 熱平衡狀態下之環境溫度或基準點溫度, 於量測期間定為 25 ± 2 。
2. 濕度 : 無特別規定時, 相對濕度為 40~80%。
3. 穩定狀態 : 待測 LED 模組自開始點亮起, 待測量(如 : V_f)之讀值已無明顯的趨勢變化(評估量測取樣期間內, 其變化小於容許誤差值)後, 判定其達穩定狀態。

4. 量測機器與裝置

- 4.1 量測用電源 : 直流電源漣波(ripple)含有率應小於 1%。電源穩定度應在 $\pm 0.2\%$ 以內, 電源之內部阻抗須不影響量測之結果。

¹ CIE 15:2004 Colorimetry

² CIE 13.3

- 4.2 電氣特性用計器及量測儀器：無特別規定時，計器使用 CNS 10907(指示電計器)規定之 0.5 級品。量測儀器之精確度需在 0.5 級及同等以上，其內部阻抗須不影響量測之結果，但以下情形不在此限：
- (1) 不會嚴重影響量測結果時。
 - (2) 不會對合格條件的判斷有重大影響時。
- 4.3 光度計(photometer)：通常由一光度計頭(包含光偵測器、濾光器、入射孔徑)及一放大電路所組成。需具備良好且一致之空間響應(spatial responsivity)。建議光度計頭之 f_1' (視效函數匹配性)須小於 3.0%。
- 4.4 分光輻射計(spectroradiometer)：對所量測之波長範圍具有必要的帶域特性，並具有充分之解析力者。頻寬及波長掃描間隔應小於 2.5nm。波長精確度須小於或等於 $\pm 0.3\text{nm}$ (以汞氫燈或雷射比對)。
- 4.5 積分球(integrating sphere)：內部(壁面、遮光板以及治具等)應具備相同之白色擴散反射特性。球體直徑建議須足夠使擋板(baffle)及待測 LED 模組的自我吸收所造成的量測誤差小於容許誤差值。內壁反射率須大於 90%。
5. 量測條件有關之注意事項
- 5.1 電位基準點：在待測 LED 模組之各電極施加的電位基準點為其陰極端子。
 - 5.2 遮光：為使量測值不受外來光或其他放射線影響，量測時需適當遮光。
 - 5.3 絕對最大額定：為確保待測 LED 模組的正常動作，即使在暫態也不能超過電壓及電流之絕對最大額定值。
 - 5.4 供電方式之註明：量測紀錄需註明 LED 的測試供電方式，如連續直流(DC)、脈衝調變(PWM)或脈衝量測及其相關條件。
 - 5.5 溫度量測點標示：LED 各項特性參數易受溫度的影響，LED 模組溫度量測基準點需以圖表示之。亦可使用溫度控制的治具使待測 LED 之溫度保持一定。注意量測儀器及承載治具所造成的冷卻效應(cooling effect)會影響量測之結果，故需註記清楚。
 - 5.6 暖機：量測設備需充分進行暖機(warming up)。

5.7 不確定度表示：建議全系統的量測不確定度信賴水準達 95%，擴充係數在 $K=2$ 條件下符合容許誤差需求。

6. 電氣、光學特性之量測

6.1 順向電壓(V_F)

6.1.1 目的：本量測係以量測 LED 模組流通規定之順向電流(I_F)時的順向電壓(V_F)為目的。

6.1.2 量測配置：量測電路原則上如圖一所示。

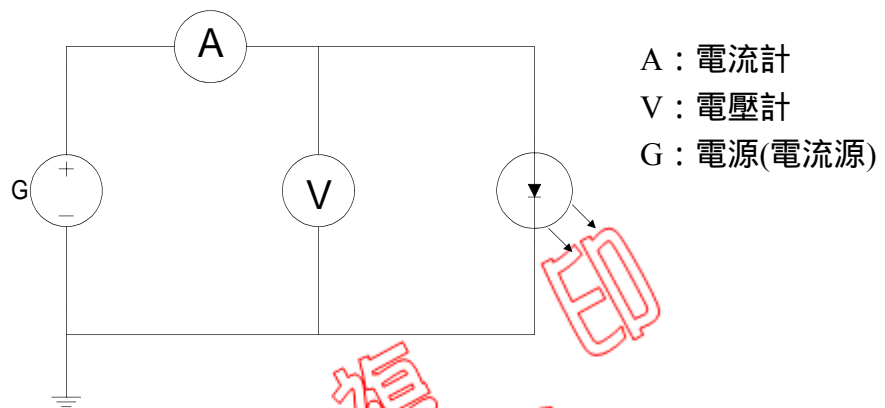


圖 1

6.1.3 量測程序：以規定值之順向電流(I_F)導入待測 LED 模組，待達到穩定後量測其順向電壓(V_F)。

6.1.4 注意事項：

- (1) 圖 1 中，電壓計(V)之內部阻抗須非常高，使電壓計對測試電流的分流效應不影響測試讀值。
- (2) LED 模組因供電發熱而嚴重影響順向電壓之測試讀值時，可採用下述 (a)、(b)或(c)之任何一種方法測得之電壓為順向電壓。但需註明係以 (a)、(b)或(c)法量測。
 - (a) 使用直流 DC，達穩定後進行量測。
 - (b) 使用直流 DC，但未達穩定，在開始流通規定之電流後，經過一指定之等待時間(t_w)再量測。
 - (c) 使用脈衝或於可以忽視 LED 內部溫度上升時可於短時間進行量測。

(3) 當量測導線上的壓降會使量測結果超出容許誤差時，需使用四線式接線方式量測。

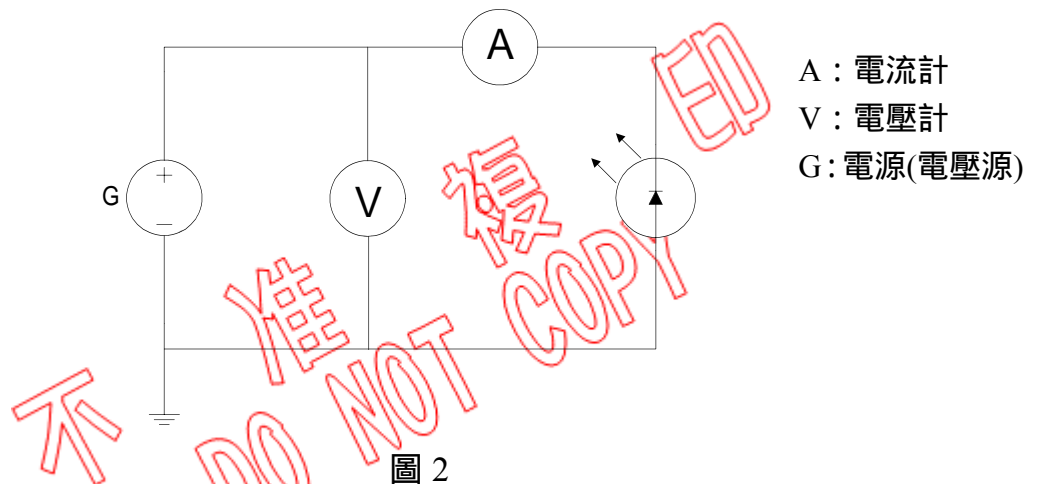
6.1.5 應規定之量測條件

- (1) 順向電流(I_F)
- (2) 環境溫度(T_a)和基準點溫度(T_{ref})
- (3) 等待時間(t_w)

6.2 逆向電流(I_R)

6.2.1 目的：本量測係對 LED 模組施加規定之逆向電壓，以量測 LED 模組所流通的逆向電流為目的。

6.2.2 量測配置：量測電路原則上如圖 2 所示。



6.2.3 量測程序：在待測 LED 模組上施加規定之逆向電壓，待達到穩定後量測逆向電流。

6.2.4 注意事項：

- (1) 圖 2 中，電流計之內部阻抗需足夠小，使電流計的壓降不得影響測試結果。
- (2) LED 的逆向電流易受溫度的影響，需注意測試環境或基準點之溫度。

6.2.5 應規定之量測條件

- (1) 逆向電壓(V_R)
- (2) 環境溫度(T_a)或基準點溫度(T_{ref})

6.3 光強度(I_v)

6.3.1 目的：本量測係在規定條件下以量測 LED 模組之光強度為目的。

6.3.2 量測配置：LED 模組光強度的量測架構如圖 3 所示。量測距離是從 LED 模組的前端面至光度計頭的入射孔徑之基準面。待測 LED 模組按照選定的形式定位，其機械軸應經過光度計頭圓形孔徑的中心。

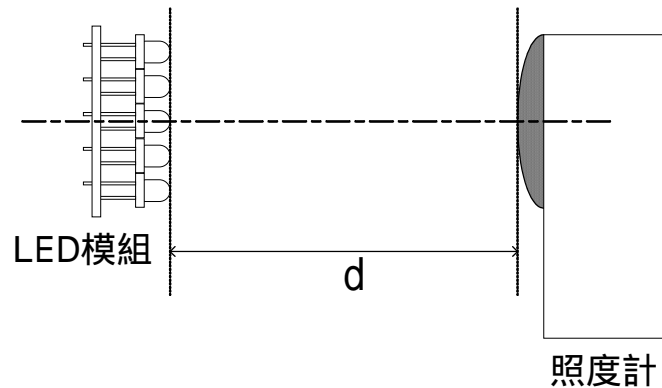


圖 3

6.3.3 量測程序

- (1) 需先在遠場條件 $E_{v,t} \cong \frac{I_{v,t}}{d^2}$ 的情形下，找出符合條件之距離 d_{\min} ，再訂定量測距離 $D = 2d_{\min}$ ，模組之光強度可藉由下式得到。

$$I_{v,t} = E_{v,t} \times D^2$$

其中

$I_{v,t}$ ：待測LED模組的光強度

$E_{v,t}$ ：待測LED模組的光照度

D ：量測距離

- (2) 在無法滿足遠場條件的情形下，可以選擇下列建議中最長之距離作為量測距離：1. 取光度計受光面及光源最大尺寸的 10 倍以上距離 2. 距離 1 公尺。
- (3) 光度計頭之相對分光感度與視效函數不一致時，需乘上如下之光譜修正係數 F 。

$$F = \frac{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} P_t(\lambda)V(\lambda)d\lambda}{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} P_s(\lambda)V(\lambda)d\lambda} \times \frac{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} P_s(\lambda)S_{rel}(\lambda)d\lambda}{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} P_t(\lambda)S_{rel}(\lambda)d\lambda}$$

其中

$V(\lambda)$ ：視效函數(luminous efficiency function of the photopic vision)

$S_{rel}(\lambda)$ ：光度計頭(photometer head)的相對分光感度(relative spectral responsivity)

$P_s(\lambda)$ ：標準LED的相對光譜分佈(relative spectral distribution)

$P_t(\lambda)$ ：待測LED的相對光譜分佈

λ_1 ：可見光波長領域的下限(380nm)

λ_2 ：可見光波長領域的上限(780nm)

6.3.4 注意事項

- (1) 光度計頭需以標準光源校正。

6.3.5 應規定之量測條件

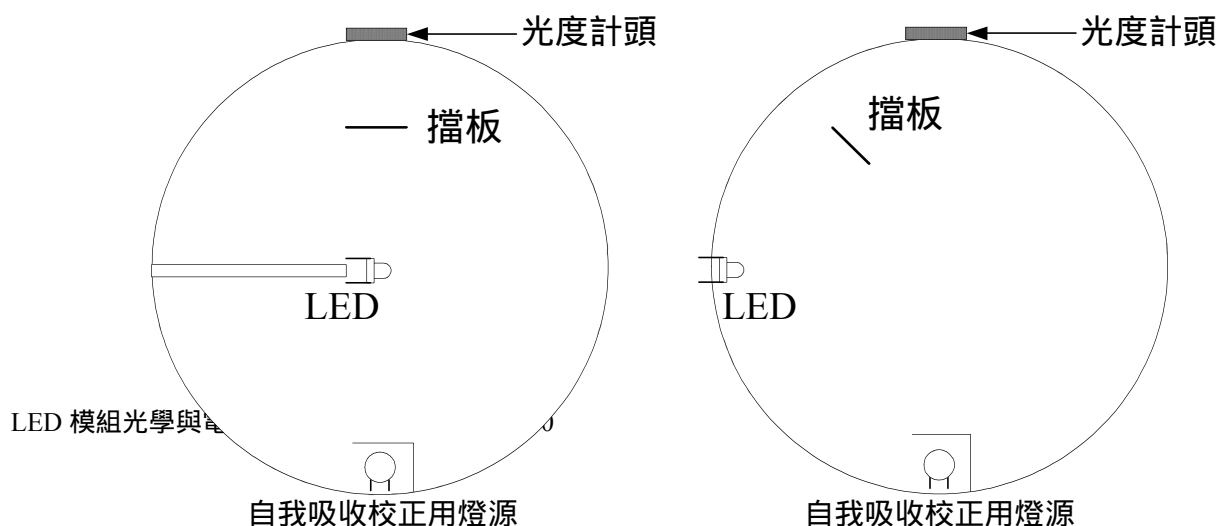
- (1) 順向電流(I_F)
- (2) 環境溫度(T_a)和基準點溫度(T_{ref})

6.4 全光通量

6.4.1 目的：本量測係在規定條件下以量測 LED 模組的全光通量為目的。

6.4.2 量測配置：量測方式建議使用下述方式中的任一種：1. 積分球量測法 2.

測角光度儀量測法。通常全光通量以積分球量測之，其範例如圖 4(a) 或(b)所示，架構(a)適用於各種型式之 LED 模組，架構(b)適用於無後方出光的 LED 模組。



(a)

(b)

圖 4

6.4.3 量測程序

6.4.3.1 積分球-光度計頭量測法

(1) 利用與標準 LED 模組的比較量測方式進行，亦即在相同的位置及條件之下，施加規定之順向電流，待 LED 模組達到穩定之後進行量測，利用下式可求出待測 LED 模組的全光通量 Φ_t 。

$$\Phi_t = \alpha \times F \times \frac{y_t}{y_s} \times \Phi_s$$

其中

α ：自我吸收修正係數 (self-absorption correction factor)

F ：光譜修正係數 (spectral mismatch correction factor)

Φ_t ：待測LED模組的全光通量

Φ_s ：標準LED模組的全光通量

y_t ：光度計對於待測LED模組之讀值

y_s ：光度計對於標準 LED 模組之讀值

(2) 待測 LED 模組之相對光譜分佈與標準 LED 模組不一致，或是光度計頭之相對分光感度與視效函數不一致時，需乘上光譜修正係數 F 。

$$F = \frac{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} P_t(\lambda)V(\lambda)d\lambda}{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} P_s(\lambda)V(\lambda)d\lambda} \times \frac{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} P_s(\lambda)S_{rel}(\lambda)d\lambda}{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} P_t(\lambda)S_{rel}(\lambda)d\lambda}$$

其中

$V(\lambda)$ ：視效函數

$S_{rel}(\lambda)$ ：光度計頭的相對分光感度

$P_s(\lambda)$ ：標準LED模組的相對光譜分佈

$P_t(\lambda)$ ：待測LED模組的相對光譜分佈

λ_1 ：可見光波長領域的下限(380nm)

λ_2 ：可見光波長領域的上限(780nm)

6.4.3.2 積分球-分光輻射計量測法

(1)可使用分光輻射計當作積分球內的偵測器，此時不需乘上光譜修正係數而可直接得到待測 LED 模組之全光通量，計算公式如下：

$$\Phi_t = K_m \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \Phi_t(\lambda) V(\lambda) d\lambda; \quad (K_m = 683 \text{ lm/W})$$

其中

Φ_t ：待測LED模組的全光通量

$V(\lambda)$ ：視效函數

$\Phi_t(\lambda)$ ：待測LED模組的分光輻射全通量(total spectral radiant flux)(單位為W/nm)

λ_1 ：可見光波長領域的下限(380nm)

λ_2 ：可見光波長領域的上限(780nm)

6.4.3.3 測角光度儀量測法

(1)可使用 C 型測角光度儀(goniometer)進行量測，量測距離建議在 1m 以上。可以藉由量測不同空間之光強度值 $I(\theta, \phi)$ 得到全光通量，計算公式如下：

$$\Phi_t = \int_{\phi=0}^{2\pi} \int_{\theta=0}^{\pi} I(\theta, \phi) \sin \theta d\theta d\phi$$

測角光度儀也可以量測在距離 r 處之照度分佈值 $E(\theta, \phi)$ 得到全光通量，計算公式如下：

$$\Phi_t = r^2 \int_{\phi=0}^{2\pi} \int_{\theta=0}^{\pi} E(\theta, \phi) \sin \theta d\theta d\phi$$

6.4.4 注意事項

- (1) 光度計頭輸出需以標準光源校正。
- (2) 使用於積分球量測法之光度計頭，應具有良好的餘弦響應(cosine response)及視效函數匹配。
- (3) 使用於積分球量測法之光度計頭，其對分光感度的要求須包含整個積分球系統在內，可藉由光度計頭單獨的相對分光感度 $S_{ph,rel}(\lambda)$ 與積分

球的相對分光輸出 $T_{rel}(\lambda)$ ，得到包含積分球特性的相對分光感度

$$S_{rel}(\lambda) = S_{ph,rel}(\lambda) \cdot T_{rel}(\lambda)。$$

其中，積分球的相對分光輸出 $T_{rel}(\lambda)$ 可用下式求得近似值。

$$T_{rel}(\lambda) = k \cdot \frac{\rho(\lambda)}{1 - \rho(\lambda)}$$

此處：

$\rho(\lambda)$ ：積分球內壁之分光反射率(spectral reflectance)

k ：歸一化係數

- (4) 使用積分球量測法之系統，需加入自我吸收修正係數以修正待測 LED 模組與積分球內其他物件的光吸收對效率造成的影響。
- (5) 量測角度間隔須依待測 LED 模組之光型分佈進行調整，對於光型均勻分佈的 LED，建議量測角度間隔須小於 5 度。
- (6) 測角光度儀的機械軸轉動對於待測 LED 模組穩定的影響應降至最小。

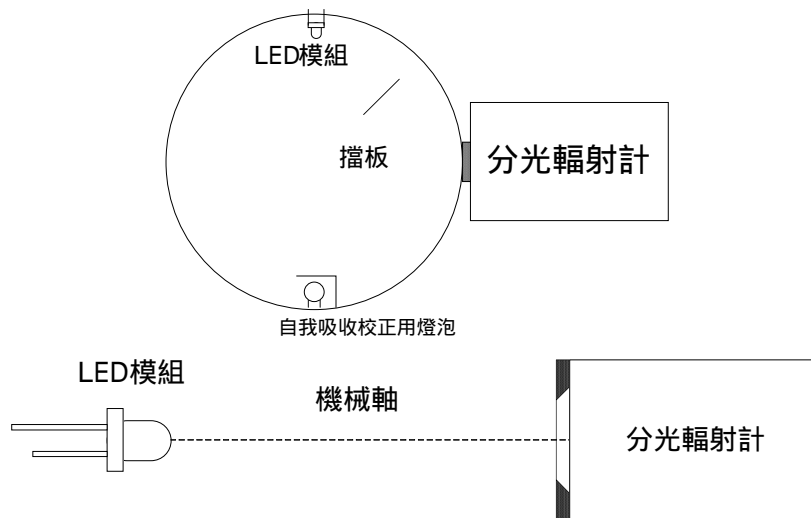
6.4.5 應規定之量測條件

- (1) 順向電流(I_F)
- (2) 環境溫度(T_a)和基準點溫度(T_{ref})

6.5 發光光譜分佈

6.5.1 目的：本量測係在規定條件下以量測待測 LED 模組之發光光譜分佈及相關色度參數為目的。

6.5.2 量測配置：量測之範例如圖 5(a)或(b)所示，架構(a)積分球-分光輻射計量測法，適用於平均光度與色度特性的量測。架構(b)測角分光輻射計適用於量測空間中各方向的光譜分佈，也可使用數值積分加權平均的方式得到平均光譜分佈。



(b)

圖 5

6.5.3 量測程序

- (1) 供給待測 LED 模組規定順向電流到穩定狀態，依配置條件將收到的光導入分光輻射計的輸入口。
- (2) 將分光輻射計之波長掃描整個待測 LED 模組之發光波長區並紀錄對應掃描波長時光度計頭之讀值，製成發光光譜分佈(參照圖 6)。

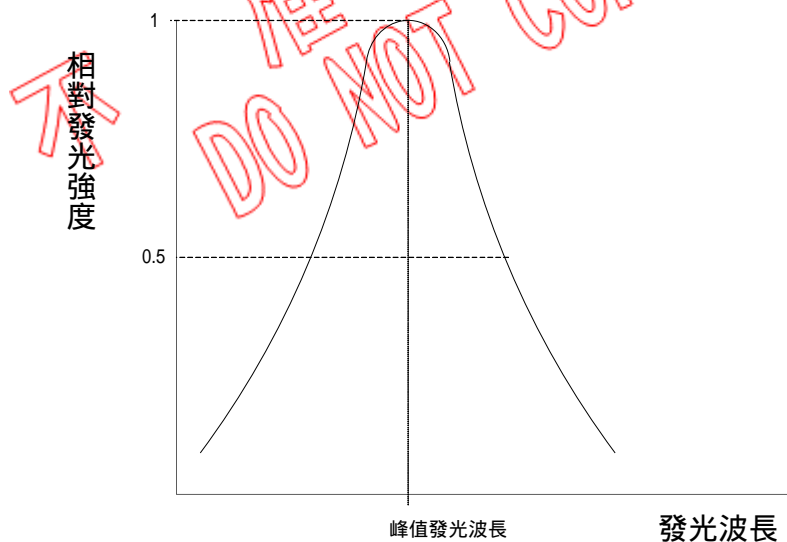


圖 6

- (3) 由發光光譜分佈求得對應發光光譜之最大值的波長(峰值發光波長)。
- (4) 由發光光譜分佈求得對應發光光譜之最大值一半之波長相互間之波長間隔(光譜半高波寬)。

- (5) 由發光光譜分佈透過 CIE 15:2004 之計算式可求得待測 LED 模組之 CIE 1931 色度座標。
- (6) 由發光光譜分佈透過 CIE 15:2004 之計算式可求得待測 LED 模組之相關色溫。
- (7) 由發光光譜分佈透過 CIE 13.3 之計算式可求得待測 LED 模組之演色性指數。

6.5.4 注意事項

- (1) 測光系統之相對分光特性需採用已知光譜分佈之標準光源來校正整個量測發光波長區。

6.5.5 應規定之量測條件

- (1) 順向電流(I_F)
- (2) 環境溫度(T_a)和基準點溫度(T_{ref})

引用標準：

CNS 411 電驛及接點符號

CNS 10907 指示電計器

CIE 13.3 Method of Measuring and Specifying Colour Rendering Properties of Light Sources

CIE 15:2004 Colorimetry

CIE127:2007 Measurement of LEDs

JIS C 8152 照明用白光 LED 的測光方法

名詞中英對照表

絕對光譜輻射照度	absolute spectral irradiance
平均 LED 光強度	averaged LED intensity
色度座標	chromaticity coordinates
CIE 標準光源 A	CIE Standard illuminant A
演色性指數	color rendering index
相關色溫	correlated color temperature
餘弦響應	cosine response
指向特性	directivity reflectance

主發光波長	dominant wavelength
順向電流	forward current
順向電壓	forward voltage
測角光度儀	goniometer
半功率發射角	half-intensity angle
積分球	integrating sphere
接面溫度	junction temperature
發光二極體	light emitting diode, LED
光強度	luminous intensity
單光儀	monochromator
部分 LED 光通量	partial LED flux
峰值發光波長	peak wavelength
光偵測器(測光器)	photo detector
多光儀	polychromator
相對光譜分佈	relative spectral distribution
相對分光感度	relative spectral responsivity
逆向電流	reverse current
逆向電壓	reverse voltage
漣波	ripple
自我吸收修正係數	self-absorption correction factor
立體角	solid angle
空間響應	spatial responsivity
光譜帶寬	spectral bandwidth
光譜半高波寬	spectral half-width bandwidth
視效函數	spectral luminous efficiency
光譜修正係數	spectral mismatch correction factor
發光光譜分佈	spectral power distribution
分光輻射計	spectroradiometer
全光通量	total luminous flux
三刺激值	tristimulus value

聯絡人：范馨文

E-mail：sw_fan@itri.org.tw

電話：03-5912575