

公務出國報告

(出國類別：其他)

經濟部標準檢驗局 99 年度「參與科技發展之國際標準化活動科發基金計畫」項目 7 有關出席 LED 之 ENERGY STAR 標準化會議並參與技術標準及檢測驗證制度工作組暨相關資料蒐集與參訪 UL 實驗室出國報告

服務機關：經濟部標準檢驗局

職 稱：技正、技士

姓 名：邱垂興、吳昌圖

地 點：美國

出國期間：99 年 8 月 1 至 8 月 6 日

報告日期：99 年 11 月 1 日

摘要

LED 之應用已從傳統指示用途跨入照明領域，具有成為主流照明之潛力。由於 LED 與傳統光源在電性及光學特性等方面差異極大，測試條件、方法與設備亦不盡相同，爰在標準制定與檢測技術方面，充足之資訊（料）與實測經驗極待建立。

本局 99 年度「參與科技發展之國際標準化活動」科發基金計畫派員出國計畫中，項目 3 即規劃「出席 LED 之 ENERGY STAR 標準化會議，並分別參與技術標準及檢測驗證制度工作組，以及研習 CIE 標準測試技術，俾引進國外先進檢測技術，加速國內 LED 室內外照明系統取得國外測試報告及驗證證書腳步，提昇產業競爭力」之標準化活動，涵蓋標準研討與技術研習。

此行在檢測技術方面，於 99 年 8 月 3 日至 8 月 4 日美國 UL 參訪 LED 相關產品之安規及 EMC 試驗室，並與 UL 之技術人員就 ENERGY STAR 之規範與 LED 產品之檢測技術等方面進行交流與討論，吸取實務面之經驗。

此行在標準研討方面，於 99 年 8 月 5 日參加由國際光學工程學會(SPIE)所舉辦之 Optics + Photonics 研討會議暨展覽，蒐集 LED 產品相關標準之發展動態，以及在製程設備、量測設備及產品等方面之資料，並與全球各地之參展廠商晤談 LED 技術之進展，體察全球 LED 產業發展情況。

目錄

摘要.....	2
一、目的.....	6
二、出國行程.....	8
三、過程.....	9
(一) 參訪 UL 之 LED 相關產品安規檢測實驗室.....	9
1. UL 之背景概述.....	9
2. 實驗室參觀.....	10
3. LED 產品安規相關標準研討.....	13
4. 參訪心得.....	49
(二) 參訪 UL 之 LED 相關產品電磁相容性檢測實驗室.....	49
1. 實驗室參觀.....	49
2. 參訪心得.....	56
(三) 參加 SPIE 光電工程應用展暨研討會 (SPIE Optics + Photonics)	56
1. 活動說明.....	56
2. ENERGY STAR 技術規範之分析.....	58
3. LM 79 之重點內容簡介.....	64
4. LM 80 之重點內容簡介.....	101
5. 活動心得.....	108
四、心得與建議.....	110
五、活動照片.....	112

一、 目的

近年來，LED 產品之大量應用已深入每個人的日常生活中。從戶外的道路照明燈具、LED 顯示看板、交通號誌燈、自發光交通標誌及投光燈等，到室內應用的 LED 燈泡、LED 燈管、LED 背光顯示器及 LED 電視等，應用種類包羅萬象、無所不在，應用範圍及擴散速度可謂一日千里。

由於 LED 與傳統光源在電性及光學特性等方面差異極大，測試條件、方法與設備亦不盡相同，目前 LED 產品仍以取代傳統照明為主要目標，現行適用於傳統照明之標準與檢測方法往往無法全數套用，為加速 LED 產品的擴散與應用速度，在標準制定與檢測技術方面，充足之資訊、資料與實測經驗極待建立。

本局 99 年度「參與科技發展之國際標準化活動」科發基金計畫派員出國計畫中，項目 3 即規劃「出席 LED 之 ENERGY STAR 標準化會議，並分別參與技術標準及檢測驗證制度工作組，以及研習 CIE 標準測試技術，俾引進國外先進檢測技術，加速國內 LED 室內外照明系統取得國外測試報告及驗證證書腳步，提昇產業競爭力」之標準化活動，涵蓋標準研討與技術研習，可藉此提升標準與檢測業務之承辦同仁對於國際趨勢之掌握能力。

此行在檢測技術方面，於 99 年 8 月 3 日至 8 月 4 日美國 UL 參訪 LED 相關產品之安規及 EMC 試驗室，並與 UL 之技術人員就 ENERGY STAR 之規範與 LED 產品之檢測技術等方面進行交流與討論，透過對檢測規範的了解，檢測設備之建置情況以及測試流程的研習，吸取在實務方面之經驗。

此行在標準研討方面，於 99 年 8 月 5 日參加由國際光學工程學會(SPIE)所舉辦之 Optics + Photonics 研討會議暨展覽，聽取來自世界各國專業人士，發表 LED 技術在理論及應用面之簡報，並參與標準及檢測技術相關之討論，掌握 LED 技術之最新趨勢。在展覽會場多方蒐集 LED 在製程設備、量測設備及產品等方面之資料，並與全球各地之參展廠商晤談 LED 應用面之進展，體察全球 LED 產業發展情況。

二、 出國行程

日期	地點	行程說明
8/2 (一)	美國加州	抵達美國
8/3 (二)	美國加州	1.參訪 UL 之 LED 相關產品安規檢測實驗室 2.與 UL 之技術專家進行 LED 產品安規等相關標準研討，並了解 ENERGY STAR 之相關規範
8/4 (三)	美國加州	參訪 UL 之 LED 相關產品電磁相容性檢測實驗室
8/5 (四)	美國加州	參加 SPIE 光電工程應用展暨研討會 (SPIE Optics + Photonics)，參與 LED 照明相關技術及標準之研討
8/6 (五)	美國加州	移動及回程
8/7 (六)	美國-台灣	返抵台灣

三、 過程

(一) 參訪 UL 之 LED 相關產品安規檢測實驗室

1. UL 之背景概述

19 世紀末，電氣化為一般家庭與工作場所在生活上帶來了極大的便利性，亦促使因品質不良的電氣產品，所造成之火災事故層出不窮，形成嚴重的生命及財產損失。UL 的創始人威廉·梅瑞爾先生(Mr. William H. Merrill)受美國政府委託，針對火災發生之原因展開調查，因而促使 M 氏萌生建構安全環境之理想。1894 年 M 氏於美國芝加哥創立了 UL 之前身—保險業者電氣產品檢測機構 (Underwriters Electrical Bureau)，同年 3 月，正式核發第一份產品安全測試報告。1901 年改組成立 Underwriters Laboratories (UL) 公司，並於 1903 年發表第一項 UL 安全標準，1905 年創造 UL 安全標識。

UL 是美國「保險業者實驗室 Underwriter Laboratories」之縮寫，主要針對客戶委託之產品執行驗證服務，其安全性驗證分為 3 種：成品標識、認可零件、分級產品。

- (1) 標識成品 (Listed Mark)：屬於一般使用者可在市面上直接購買、安裝及使用之產品（成品），例如：個人電腦、筆記型電腦、LCD 螢幕、PDA 及鍵盤等。在合理及可預期之情況下，產品不致引起火災、電擊及相關危險。
- (2) 認可零件 (Recognized Component)：涵蓋塑膠、電線、電路板等零組件，或半成品（例如：磁碟、電池組及 LCD 面板等）。認可零件將用於 UL 之標識成品中，並

須與成品一併測試。

- (3) 分級產品(Classified)：依不同性質、指定危險範圍或特定情況進行測試之產品。一般而言，分級產品多屬建築材料、工業儀器或工業或商業用產品等，測試時需指定性質，包括易燃性、危險條件耐受能力或政府部門為執行公權力而指定之特殊要求等。

2. 實驗室參觀

LED 照明產品在安全性方面之檢測，所使用之設備與測試傳統燈具相仿，既有設備多可沿用。茲就實驗室之基本安全性測試設備簡要說明如下：

- (1) 熾熱線試驗機：適用於電機電子產品、家用電器及其材料進行起火危險性評估，模擬熱源或火源在短時間所造成之熱應力。
- (2) 針焰試驗機：適用於非金屬材料之耐燃性評估。使用特定燃氣（丁烷或丙烷等），以 45°之角度定時定量朝試驗樣品施加火焰，檢視試驗樣品是否引燃、耐燃時間及火焰延燒情況，以評定其耐燃性。
- (3) 耐電弧試驗機：評估材料對電弧所產生電氣及熱應力之耐受程度。



熾熱線及針焰試驗機



耐電弧試驗機

- (4) 鹽霧試驗機：適用於金屬材料或施以表面被覆、表面改質之金屬材料其耐蝕性試驗。試驗結果可評估產品在腐蝕性較高之環境中之耐用年限與安全性。
- (5) 防塵試驗機：測試產品對塵埃等固體外物侵入之能力（IP 防塵試驗）。



鹽霧試驗機



防塵試驗機

- (6) 漏電起痕試驗機：適用於固體絕緣材料在潮濕條件下，測定比較起痕指數(CTI)及耐電痕指數(PTI)。量測在固體絕緣材料施加 600 V 以下之電壓時，在電場作用下其表面暴露於含雜質水分時之相對耐電痕能力。
- (7) 溫升試驗機：適用於評估試驗樣品（燈具或家用電器等）在最高操作溫度與最高表面溫度下之溫度級別，以利進行後續之熱劇變、防水、防塵之測試。



漏電起痕試驗機



溫升試驗機

- (8) 衝擊試驗機：對試驗樣品之不同部位施加指定次數之機械撞擊，以評估其耐受機械撞擊之能力，主要用於測試產品其外殼之強度，以利提升抵抗機械應力之可靠

度或達成最佳之包裝設計。

- (9) 跌落試驗機：以試驗樣品在正常使用狀態下產生之跌落狀況，評估產品在正常使用狀態下其強固性及安全性，以利提供產品其保護外殼最佳之設計建議。



衝擊試驗機



跌落試驗機

- (10) 熱劇變試驗機：將試驗樣品於最高操作溫度下對其透明玻璃或視窗，噴射 10°C 之冰水，檢視透明玻璃或視窗表面否能承受溫度之瞬間變化。
- (11) 恆溫恆濕試驗機：評估試驗樣品在特定溫度及濕度等條件下，對於環境之適應能力及性能變化情況。



熱劇變試驗機



恆溫恆濕試驗機

- (12) 防水試驗機：評估試驗樣品在使用時對於雨水、濺水、噴水及浸水等狀況之耐水性及防水性（IP 防水試驗）。
- (13) 拉力試驗機：評估試驗樣品經過拉伸、壓縮、剝離及

撕裂等試驗後，是否改變外觀原貌，並需符合指定需求之變動量。



防水試驗機



拉力試驗機

(14) 冷熱衝擊試驗機：評估材料在瞬間經極高溫度及極低溫度之連續循環環境下所能耐受之能力，以在最短時間內，了解因熱脹冷縮效應所引起之化學或物理變化對其損害程度。

(15) 落下試驗機：針對已包裝完成之產品，造成產品之損壞程度及安全性對安全性之影響，以作為包裝結構設計之參考。



冷熱衝擊試驗機



落下試驗機

3. LED 產品安規相關標準研討

參觀相關安規試驗設備後，隨即與 UL 之技術專家進行 LED 產品安規相關標準及 ENERGY STAR 技術規範之討論，

與談之技術專家群成員包括：高級工程師（Staff Engineer）Mr. James W. Lee、主任工程師（Principal Engineer）Mr. Michael Shulman、資深高級工程師（Senior Staff Engineer）John K. Taecker 及 UL 標準部經理暨技術委員會秘書處主席（UL Standards Section Manager/STP Chair）Ms. Randi K. Myers 等。由技術專家群口中得知，固態照明（SSL）產品（即 LED 照明產品）欲申請 ENERGY STAR 標章，在安全性方面除燈具須符合現行針對傳統燈具所指定之標準外，光源部分尚須依 UL 8750「燈具之發光二極體光源其安全性要求」進行追加測試，由於針對傳統燈具之安規標準已行之多年，廠商對相關要求均知之甚詳，符合規定並無困難，而 UL 8750 為近期始制定之標準（2009 年 11 月正式發佈），廠商對其內容往往一知半解，產品往往須經多次測試與修改使能順利通過。為能快速掌握 UL 8750 之精髓，研討重點鎖定該標準中重點內容之講解及說明，茲將其內容要點部分摘錄如下。

(1) 概要

該標準適用於以發光二極體作為光源之元件，例如：發光二極體模組、發光二極體陣列、電源及控制電路，亦涵蓋由最終產品製造商所製作之發光二極體光源，可為燈具之一部分或由其他光源廠商組裝於燈具內之零組件。

(2) 適用範圍

該標準係針對下列燈具所使用之發光二極體光源，規定其基本安全性要求。

所包含之燈具計有：

- (a) 燈具（對應標準為UL 1598）
- (b) 可攜式燈具（對應標準為UL 153）
- (c) 舞台與工作室照明（對應標準為UL 1573）
- (d) 潛水用照明（對應標準為UL 676）
- (e) 游泳池照明（對應標準為UL 676）
- (f) 軌道燈系統（對應標準為UL 1574）
- (g) 號誌燈（對應標準為UL 48）
- (h) 緊急照明燈與出口標示燈（對應標準為UL 924）
- (i) 內置電子安定器之燈具（對應標準為UL 1993）
- (j) 避難方向指示燈（對應標準為UL 1994）
- (k) 小夜燈（對應標準為UL 1786）
- (l) 燈串（對應標準為UL 2388）
- (m) 低電壓照明系統（對應標準為UL 2108）
- (n) 燈座配件（對應標準為UL 496）
- (o) 景觀用照明（對應標準為UL 1838）

符合該標準要求之發光二極體光源，始可用於符合上述燈具（須符合對應標準）之照明。

上述燈具適用於600 V以下之電源，並在美國國家電工法規（ANSI/NFPA 70）中所列之非危險環境下使用。該標準亦適用連接於獨立電源（例如：連接於一般電池組或燃料電池等）之發光二極體光源。

發光二極體光源包含下列零組件：

- (a) 提供照明之單一發光二極體元件或發光二極體陣列。

- (b) 提供適當之電壓與電流，使發光二極體運作之電源。
- (c) 提供點滅、調光或其他控制發光二極體電能之控制電路。

對於危險場所、健康照護、緊急或軍事用途之LED照明應用，所涉及其他額外之要求，不涵蓋於該標準中。

(3) 零組件

除下列例外情況，該標準所涵蓋之產品其零組件須符合對應零組件標準之要求。

例外情況係指，滿足下列條件之零組件不須符合該標準之要求：

- (a) 不具備該標準所涵蓋燈具內零組件功能之特徵。
- (b) 該標準已對該零組件規定特別要求。

前述之零組件對應標準如下：

- (a) 插頭及插座（對應標準為UL 498）
- (b) 電容器（對應標準為UL 810）
- (c) 用於資訊傳輸、信號指示、控制及電力等應用之零組件連接器（對應標準為UL 1977）
- (d) 可撓式電線及電纜（對應標準為UL 62）
- (e) 電源線組（對應標準為UL 817）
- (f) 電氣快速連接器（對應標準為UL 310）
- (g) 絕緣套管（對應標準為UL 224）
- (h) 熔線座（對應標準為UL 512）
- (i) 燈座（對應標準為UL 496）

- (j) 銘牌及標示 (對應標準為UL 969)
- (k) 用於塑膠零件之聚合物材料 (對應標準為UL 746D)
- (l) 用於印刷電路板之聚合物材料 (對應標準為UL 746E)
- (m)對於聚合物材料其長期特性之評估方法 (對應標準為UL 746B)
- (n) 對於聚合物材料其短期特性之評估方法 (對應標準為UL 746A)
- (o) 對於聚合物材料其電氣特性之評估方法 (對應標準為UL 746C)
- (p) II類以外之電源單元 (對應標準為1012)
- (q) II類之電源單元 (對應標準為UL 1310)
- (r) 印刷電路板 (對應標準為UL 796)
- (s) 用於電氣設備之保護裝置 (對應標準為UL 1077)
- (t) 非工業光電設備用之照明控制開關 (對應標準為UL 773A)
- (u) 特殊用途之開關 (對應標準為UL 1054)
- (v) 絕緣材料系統之通則 (對應標準為UL 1446)
- (w) 溫度指示及調節設備 (對應標準為UL 873)
- (x) 端子台 (對應標準為UL 1059)
- (y) 溫度熔線之使用指南與技術要求 (對應標準為UL 60691)
- (z) 熱敏電阻 (對應標準為UL 1434)
- (i) 影音及視聽用途之變壓器 (對應標準為UL 1411)

- (ii) II類及III類之變壓器（對應標準為UL 1585）
- (iii) 特殊用途之變壓器（對應標準為UL 506）
- (iv) 導線連接器（對應標準為UL 486A-486B）
- (v) 熱塑性絕緣被覆之電線電纜（對應標準為UL 83）
- (vi) 電器用導線之絕緣材料（對應標準為UL 758）

零組件之使用，須符合所標示之額定等級。零組件之結構若不完整時，功能將受限制。倘零組件僅得用於特定情況時，例如：對於限制操作環境溫度之情況，則零組件僅得於不高於該額定溫度下使用。

(4) 數值單位

關於導線尺寸之標示，括號外之數值屬該標準之要求，括號內之數值係參考或經換算之近似值。除非特別註明，該標準所有之電壓與電流值均為均方根值（RMS，或稱有效值）。導線之尺寸採用美國電線規格（AWG）。

(5) 用語及定義

- (a) 使用條件(conditions of use)：標示於LED模組，作為零組件使用或控制用途時之適當參數與規格。
- (b) 電氣絕緣外殼(enclosure, electrical)：用於防止使用者觸及設備內之帶電體，屬II類保護等級以上、在安全超低電壓電路或低功率電源下操作之部品。
- (c) 防火外殼(enclosure, fire)：用於防止使用者觸及設備內之帶電體，亦防止內部火焰噴發或蔓延之部品。
- (d) 機械防護外殼(enclosure, mechanical)：用於防止因機械或其他物理性應力，造成人員及設備損傷之部

品。

(e) 燈(lamp)：人造光源之通稱，通常指散發可見光之輻射源。對於照明之應用，燈係指燈具內可替換之發光體，透過規格化燈座（例如：螺旋式、插腳式、卡榫式等）達成機械與電氣之連接。

(f) 安定器內藏式LED燈泡(LED lamp, integrated)：內建驅動器及符合ANSI規格之燈帽，可連接於對應燈座，並直接以市電為電源之發光二極體光源。

在北美地區，燈座之規格須符合 ANSI 標準之要求，在美國地區，市電電源係指 IEC 標準中所指之「主電壓」。

(g) 不具驅動器（或安定器）之LED燈泡(LED lamp, non-integrated)：不內建電源裝置，惟具備符合ANSI規格之燈帽，可與具備對應燈座及驅動器之LED燈具連接，非直接以市電為電源之發光二極體光源。

(h) LED燈具(LED luminaire)：包含LED光源與電源，亦具備光學元件、固定與保護光源等裝置之完整燈具，並可將光源連接到電源上。LED光源可能是LED陣列、LED模組或LED燈泡。LED燈具直接連於電源。

(i) 發光二極體(light emitting diode (LED))：具備p-n接面之半導體元件，當施加順向偏壓時產生光輻射。

(j) LED陣列(LED array)：黏著於印刷電路板之LED組件，可能具備光學與額外之散熱、機械、電氣裝

置，不含電源且不直接接於電源。

- (k) LED模組(LED module)：屬LED光源之零組件，包含1個以上之LED連接到LED電源或驅動源，亦可含有其他之電機、電子、光學跟機械零件，惟不包含電源，亦不直接連接至電源上。
- (l) LED封裝體(LED package)：包含1個以上之LED元件單體，亦可能與光學、熱、機、電介面封裝在一起之組成品，不包含電源亦不會直接連到電源上。
- (m) 固定式燈具(lighting unit, fixed)：固定不動之電源或LED燈具，將永久連接於電源。
- (n) 可攜式燈具(lighting unit, portable)：具備電源線與插頭連接到電源供應器之電源或LED燈具，不固定於支撐座之表面上，可徒手攜帶或移動。
- (o) 定置式燈具(lighting unit, stationary)：具備電源線與插頭連接到電源供應器之電源或LED燈具，惟仍固定於特定場所或區域，不任意移動。
- (p) 帶電體(live part)：與接地點具備電位差之導體，或任何無基本絕緣之導體。連接於接地線或中性線之導體亦視為帶電體。
- (q) 不帶電導體(dead conductive part)：在正常操作情況下，不具基本絕緣亦不承載電流之導體。接地之不帶電導體可能承載漏電流。
- (r) 污染等級(pollution degrees)：產品所在區域之污染程度，將影響產品內絕緣之空間距離與沿面距離要求之判定，可透過產品之設計進行控制。

- (s) 污染等級2(pollution degree 2)：一般情況之污染環境，亦不造成導電，惟允許因水汽凝結所造成之暫時導電現象。
- (t) 污染等級3(pollution degree 3)：可形成導電之乾燥污染環境，或因水汽凝結而造成長久之導電現象。
- (u) 電源(power source)：在符合設計之限制條件下，可提供控制電流、電壓或功率之變壓器、電源供應器或電池組。
- (v) 超低電壓電路(circuit, extra-low voltage)：在正常操作情況下，電路中之任何兩導體間或導體與接地點之電位差不超過交流42.4 V峰值或直流60 V之二次側電路，與危險之電壓由基本絕緣隔離，而且不符合所有關於SELV或是限制電流電路之要求。
- (w) 電路及限流電路(circuit, limited current)：具備保護之設計，以確保在正常操作情況與單一失效模式之情況下並不會造成安全危險之電路（不超過II類之危險限制）。
- (x) 安全超低電壓電路(circuit, safety extra-low voltage (SELV))：二次電路，具備保護功能之設計，以確保在正常操作與單一失效模式情況下，電路內之交流電壓低於 $30 V_{\text{rms}}$ （42.4 V峰值），或不超過60 V之直流電壓。
- (y) LED控制模組(LED control module)：介於電源與LED陣列間，由電子電路構成，用於控制LED之陣列之電壓、明滅、開關或電能控制等。控制模組不

包含電源，亦不直接接於電源。

- (z) LED驅動器(LED driver)：內建控制電路，用於搭配LED燈或LED陣列操作之電源單元。
- (i) II類LED驅動器(LED driver, class 2)：符合II類危險限制要求之LED驅動器。
- (ii) 電源供應器(power supply)：具備控制電流、電壓或功率之電子裝置。
- (iii) II類電源(power source, class 2)：以變壓器、電源供應器或電池等供電之電源，當交流開路電壓低於30 V_{rms} (42.4 V峰值)，或直流電壓不超過60 V時，在包含短路之負載情況下具備低電阻特性以限制產生之能量。II類電源單元可採行上述之設計，亦可透過其他設計達成上述目的。
- (iv) 限制型電源(inherently limited power source)：變壓器、電源供應器或電池組等電源，不仰賴獨立保護裝置針對電源之輸出加以限制者。內含限制電流與能量之電源供應器或電池組，可視為具備內建限制之電源。倘不完全仰賴獨立保護裝置針對電源之輸出加以限制時，變壓器、電源供應器或電池組，可附加額外之保護裝置。
- (v) 非限制型電源(non-inherently limited power source)：變壓器、電源供應器或電池組等電源，當其電流與功率之輸出超過預設限制時，須透過額外之獨立保護裝置針對輸出加以限制者。
- (vi) 電源及限制型電源(power source, limited power source)

(LPS))：標示為「LPS限制型電源」須符合等同於 II 類電源單元之要求。

- (vii) 額定最大溫度， T_c (rated maximum temperature, T_c)：由製造廠商所指定，標示於LED模組之外表面，不得超出燈具正常操作條件之溫度限制。 T_c 與燈具操作之可靠性相關，惟不必然為安全極限。
- (viii) 電擊之風險(risk of electric shock)：在任何無基本絕緣之兩導體間或無基本絕緣之兩導體對地間，當存在1.5 k Ω 之電阻與0.15 μ F之電容並聯，於上述兩點間持續流通超過5 mA均方根值（7 mA峰值）電流之情況下，且在乾燥環境下之開路電壓超過30 V均方根值（峰值不得超過42.4 V），或直流電壓超過60 V，或在潮濕環境下之開路電壓超過15 V均方根值（峰值不得超過21.2 V）或直流電壓超過30 V時，即代表具備電擊之風險。
- (ix) 起火之風險(risk of fire)：在任何無基本絕緣之兩導體間，若最大電流 I_{max} 或最大視在功率 VA_{max} 超過由美國國家電工法規NEC第725節規定之 II 類危險限制時，即代表具備起火之風險。
- (x) 單元(unit)：代表電源、驅動器或LED模組之通稱。

(6) 一般要求與使用方法

該標準提供評估 LED 零組件作為單獨光源零件或光源組件（包含電源供應器與單一之電路板上之 LED 燈）應用在不同燈具時，須符合該標準適用範圍中所列之燈具標準其安全要求。當零件以額外燈具標準之要求進行

評估時，該燈具標準之要求將凌駕該標準所規範之要求。

須透過檢視產品之標示或與製造廠商討論，以決定產品之功能及使用之環境，以決定該標準之適用性。

標示為「雙重絕緣」或相關標示之單元，須符合 UL 2097 中針對雙重絕緣系統之要求。

(7) LED 模組

無單獨外殼之 LED 模組須為照明產品之組件，並須符合該燈具與該零組件相關之要求，亦須通過該標準所指定之所有相關測試。

獨立模組除符合該標準之測試要求外，仍須符合燈具之相關要求。

若 LED 模組已由製造商封裝完成，所有測試過程中亦不得破壞封裝體。倘為檢查模組及其電路設計，在製造商或責任供應商之同意下，須以解除封裝之模組送交測試，以模擬產品失效之狀況。

(8) 使用環境

不具備環境測試條件之單元，僅得於乾燥環境下使用，並須進行相關之標示。該單元不得提供如標示、指示或圖面等暗示或直接描述可在潮濕/浸水環境下使用之任何相關資訊。

若存在室外燈具內並可在潮濕環境下使用之單元，須符合下列要求：

- (a) 進行 UL 935 中針對螢光燈安定器之耐溼性測試。
- (b) 具備符合潮濕/浸水環境下針對電機部品間距之要

求，或符合電機部品間距中對於污染等級2之要求。

(c) 依標示之規定進行標示。

可用於浸水環境下之單元，須符合下列要求：

(a) 進行UL 935中針對螢光燈安定器之耐溼性測試。

(b) 具備符合潮濕/浸水環境下針對電機部品間距之要求，或符合電機部品間距中對於污染等級3之要求。

(c) 具備符合UL 746C中針對UV等級要求之聚合物外殼。

(d) 進行UL 1598中針對燈具之灑水測試。

(e) 具備符合UL 746C中針對低溫測試要求之聚合物外殼。

(f) 依標示之規定進行標示。

經常接觸水之單元，須符合下列要求：

(a) 進行UL 935中針對螢光燈安定器之耐溼性測試。

(b) 具備符合潮濕/浸水環境下針對電機部品間距之要求，或符合電機部品間距中對於污染等級3之要求。

(c) 具備符合UL 746C中針對UV等級要求之聚合物外殼。

(d) 符合UL 746C中針對暴露及浸泡在水中之測試。

(e) 具備符合UL 746C中針對於低溫測試要求之聚合物外殼。

(f) 依標示之規定進行標示。

(9) 機械結構

外殼須具備足夠之硬度及強度，以抵禦使用期間遭逢可預期之破壞時，因帶電體間或帶電體與不帶電體間絕緣間距之減少、或該部品之鬆脫或移動而造成火災、電擊、人體傷害等危險性。該標準倘有其他補充要求時應一併考慮。

所有在超過Ⅱ類或限制型電源等條件下操作之部品，均須以合格之材料包覆。

備考：非Ⅱ類、限制型電源或與在燈具內不受包覆之所有帶電部品，均須包覆合格之材料。

外殼須具備適當之設計，以降低電擊、造成零件部品之機械性損害與內部起火之風險。

具備符合零件外殼要求、屬一體式絕緣外殼之零組件，即符合該標準之要求。

當零組件之絕緣外殼亦為燈具外殼之一部分時，則不需具備一體式之絕緣外殼。

(10) 金屬外殼

金屬箔與鑄造之外殼，須符合UL 1310中針對Ⅱ類電源單元所規定之最低厚度要求。

鐵或鋼製外殼，無論其內側或外側，均須可抵禦因電鍍、烤漆或其他類似方式所造成之腐蝕。

下列情況不需具備防護塗層：

- (a) 外殼內側完全以密封填料填充。
- (b) 緊密貼合之平整金屬表面間。

(11) 具備絕緣功能之聚合物外殼

聚合物絕緣外殼須符合針對LED模組與控制模組之要求。聚合物材料包含熱塑性、熱固性及以有機材料所合成之複合材料。熱固性材料，例如：酚醛樹脂與環氧樹脂，係經由鑄造而非塑造之材料。

聚合物材料之RTI相對溫標或額定溫度，須不低於在一般操作條件之操作環境溫度下所測得之溫度：

- (a) 所測得之溫度均不得高於經長時間老化及溫度衝擊測試後，所決定之最低機械特性相對溫標。
- (b) 無論部品與帶電體直接接觸與否，所測得之溫度均不得高於經長時間老化後所評估之電氣相對特性溫標。
- (c) 須不低於在一般操作溫度下所測得之溫度。
- (d) 材料之相對特性溫標，不得逕依UL 746B中通用材質類別表所提供之數值。

在該標準所指定之功能特性測試之外，聚合物外殼亦須考慮下列之安全因子：

- (a) 燃燒特性。
- (b) 耐電弧之特性。
- (c) 吸濕性。

除非確認塗層以片狀方式脫落或剝落部分不因絕緣間距之減少，或帶電體間之連接而造成起火、電擊或人體傷害，否則若外殼內側為非金屬表面之導電塗層或其他類似之情況時，須符合UL 746C中針對金屬化聚合物材料測試之要求。

黏合外殼之接著劑須符合UL 746C之要求。

透過溶劑接合、超音波焊接、電磁誘導或熱焊接等融合組裝之方法時，則不需特別評估。

電源單元、LED模組或控制模組所使用之聚合物外殼材料，須符合UL 746C之要求。

(12) 電氣隔離層（絕緣層）

提供絕緣間距之絕緣層或內襯，須符合UL 746C之要求，且厚度不得低於0.71 mm。

當材料符合UL 746C及下列要求時，該複合之絕緣層或內襯，倘厚度不低於以空氣為絕緣之絕緣間距一半時，則可低於0.71 mm，惟不得以低於0.305 mm。

- (a) 不吸水。
- (b) 對於暴露在機械性之損害環境下仍具備可接受之機械強度。
- (c) 位置穩固。
- (d) 處於不造成嚴重損害環境（例如：電弧）之位置。

符合下列要求時，當絕緣層或內襯在二次電路端，且電壓不超過50 V時，其厚度亦可低於0.71 mm，惟不得低於0.25 mm。

- (a) 不吸水。
- (b) 對於暴露在機械性之損害環境下仍具備可接受之機械強度。
- (c) 位置穩固。

絕緣材料低於上述之厚度要求時，須依UL 1310針對Ⅱ類電源單元絕緣材料之要求進行測試，對於前者之

情況，絕緣耐電壓不得低於5,000 V，對於後者之情況，則絕緣耐電壓不得低於2,500 V。

(13) 導線之保護

通過金屬邊緣或金屬開口之導線應加以固定，不得接觸金屬邊緣，且導線須受到保護，不得被切斷或磨損。

須以下列方式保護低於1.1 mm之薄材料：

- (a) 捲起之金屬邊緣，角度不得低於120°。
- (b) 橡膠以外之材料其厚度應超過1.2 mm。
- (c) 厚度超過0.25 mm之玻璃套管。

(14) 拉扯測試

電源線與輸出端之導線均須進行拉扯測試。進行拉扯測試之裝置，包含拉力消除之襯料，須可限制拉力，防止導線之絕緣被覆與導線間之絕緣材料受損。

測試裝置之設計亦須防止導線由線孔被推往外殼內之移位，而造成下列問題：

- (a) 造成電源線之機械性損害。
- (b) 使導線曝露在高於額定溫度之環境下。
- (c) 使絕緣間距（例如：金屬製之拉力消除裝置）降至低於最小絕緣間距。
- (d) 造成內部電路之連接或零組件之損害。

針對電路內超過II類限制要求之可觸及導線，亦須進行拉扯測試。

(15) 電源線

電源線之拉扯測試，須符合UL 1598關於拉力消除測

試中針對156 N之要求。

電源線或其他導線之推送測試，須符合UL 1310針對Ⅱ類電源單元之推力測試要求。

(16) 導線

導線之拉扯測試須符合UL 1598關於拉扯測試中針對89 N之要求。

(17) 電機結構

須同時考慮該標準中其他適用之補充要求。

承載電流之部品須為銀、銅、銅合金、電鍍鐵、電鍍鋼、不鏽鋼或其他適用之抗蝕合金。

未絕緣之帶電體須加以固定，避免彎折或移動並造成絕緣間距低於最小可接受值。

除用於固定之華司(washer)外，不得以表面間之摩擦力作為減少帶電體滑動或彎折之方法。

(18) 危險帶電體之接觸性

危險之帶電體應加以固定或以絕緣材料包覆，俾降低受觸及之風險。

在決定危險帶電體受觸及之可能性時，須先移除不需使用工具即可移去之保護、擋板或覆蓋物。

觸及危險帶電體之可能性須以UL 1310中針對Ⅱ類電源單元所規定之探棒進行確認。

(19) 裸露接線端子以外之危險帶電體

依UL 1310中針對Ⅱ類電源單元所規定之探棒進行測試時，不得觸及下列部品：

(a) 一次側電路，或。

(b) 具備與接地端超過下列最大容許電壓值之任何帶電體，或任何其他可同時觸及探棒之帶電體。

最大容許之電壓值如下：

(a) 對於交流電，無論其波形是否為正弦波，峰值均不得超過42.4 V。

(b) 對於直流電，其值不得超過60 V。

(c) 具備中斷頻率低於200 Hz、有效功率約50%之直流電，峰值不得超過24.8 V。

(d) 符合UL 1310之Ⅱ類電源單元若為交直流合併者，其峰值不得超過42.4 V。

對於相關之要求，可忽略最初低於200 ms內之瞬間電流，因短時間之峰值情況將於失效模式中評估，爰任何由功能失效所引起最初2秒內之瞬間電流，須以示波器觀察電壓之變化。當依UL 1310針對之Ⅱ類電源單元進行漏電流測試，帶電體間之電流不超過0.5 mA時，則電壓可超過上述要求。

進行帶電體受觸及可能性之測試時，探棒之接觸力不得超過4.4 N，亦不得觸及熔線座。

(20) 裸露之接線端子

進行帶電體受觸及可能性之測試時，探棒不得觸及與對地端電壓差超過最大容許電壓值之裸露接線端子，或任何其他可同時觸及探棒之裸露接線端子。

上述可接觸之最大容許電壓值為：

(a) 對於交流電，無論其波形是否為正弦波，峰值均不得超過42.4 V。

- (b) 對於直流電，其值不得超過60 V。
- (c) 具備中斷頻率低於200 Hz、有效功率約50%之直流電，峰值不得超過24.8 V。
- (d) 符合UL 1310之Ⅱ類電源單元若為交直流合併者，其峰值不得超過42.4 V。

進行帶電體受觸及可能性之測試時，探棒之接觸力不得超過 25N。對Ⅱ類電源單元進行測試時所採用UL 1310中所規定之可容許最大導線時，須在測試前以螺釘加以固定。

(21) 內部配線

內部配線在一般操作條件下應為具備足夠之機械強度、絕緣耐電壓及承載電流量之絕緣導體。

導線之各電源分路及連接點均須以機械方式固定，並提供可靠之電氣連接，除非在電源分路與其他金屬部品間能保有足夠之永久絕緣間距，否則須具備至少與該導線等效之絕緣材料。決定電源分路之絕緣能力時，電路電壓與其他電路之交互作用均須同時考慮。

作為電源分路之導線其連接作業須以工具進行，進行分接作業之施力大小與操作人員無關。

電源線、變壓器繞組或其他電源部品間之接線，須在外殼內部進行，並以錫焊或鎔接等可靠之方式進行連接作業。銲點須在銲接前以機械方式妥善固定。

倘導線並非透過銲錫之方式連接，惟因本身材質堅硬不致產生晃動時，或置於不受任何動作影響之位置時，若接點之分離不致引發起火或電擊之危險時，可

不需採用額外之機械方式固定。

除非已評估為無絕緣之帶電體，否則包含接地導體在內之內部配線，須依使用情況對內部導線考量下列情況：

- (a) 導線操作時可能存在之溫度及電壓條件。
- (b) 可能接觸之油脂、清潔劑或其他可能造成絕緣破壞之物質。
- (c) 其他可能之操作環境條件。

(22) 電源與負載之連接

電源之輸入與輸出連接須符合該標準針對LED電源之要求。

電源單元之輸出與輸入端須以導線、端子或輸出連接器進行連接。

(23) 輸入與輸出端之接線

連接之絞線或單心線其絕緣層厚度不得低於0.33 mm，亦須能永久與輸出電路連接。接線至少需由電源單元端延伸出150 mm之長度。

當電源單元以被覆絕緣之絞線作為輸出接線時，倘導線符合下列要求，則個別導線間之絕緣厚度可低於0.33 mm。

- (a) 個別導線間之絕緣厚度加上被覆之絕緣厚度不低於0.33 mm。
- (b) 電源單元須符合UL 1310中針對最大輸出電壓之測試要求，並符合(25)限制型電源之測試要求。

母型接線座之設計須不得接觸標準插頭刀片，公型

接線座之設計須不得接觸標準插座之帶電體。

(24) 螺紋式端子

用於固定接線之螺紋或螺栓端子其材質須為黃銅、電鍍鋼或其他非鐵金屬，厚度不得以低於0.76 mm，用於接觸導線之金屬螺栓不得少於2圈完整螺紋。倘少於2圈完整螺紋即可提供穩固之連接且不致脫落，並符合UL 1310中針對Ⅱ類電源單元之輸出連接器穩固性要求。倘所連接之端子其螺紋之嚙合程度可滿足UL 1310中針對Ⅱ類電源單元之輸出連接器穩固性要求，則端子座厚度可低於0.76 mm。

倘端子座符合UL 1310中針對Ⅱ類電源單元之例外情形時亦不適用。

固定接線之螺釘或螺栓端子不得以小於6號（即直徑為3.5 mm），亦不得以少於每英吋32圈螺紋。

螺釘或螺栓材質須是黃銅、黃銅合金或電鍍之銅或鋼。

螺栓端子不得以接觸面摩擦力之方式轉動，使用華司或其他避免轉動之方式須符合UL 1310第45節針對Ⅱ類電源單元之輸出連接器穩固性要求。

(25) 壓入式端子

以無螺紋壓入式接線端子（裸露之銅導體插入後導線孔自動鎖定）提供電氣連接時，須符合下列之測試要求：

- (a) UL 935之拉扯測試。
- (b) UL 935之耐溫測試。

除非壓入式接線端子具備承載負載端全電流之能力，否則連接電源端之壓入式接線端子僅容許與電源線之連接，不得與其它電源分路連接。

連接電源端之壓入式之端子與其他不帶電導體接觸點，須具備至少9.5 mm之沿面距離及空間距離。

使用壓入式接線端子之電源，須依標示之相關規定進行標示。

(26) 輸出端連接器

電源單元倘具備多個連接器且連接非Ⅱ類電源或負載時，須具備可識別極性之連接器。

安裝於外殼上並可直接連接其他零組件之輸出端連接器，須與所連接之零組件達成穩固連結，倘連接直流電源或具備多個輸出端時，則須具備可識別極性之特性。

同軸電纜之連接器不得作為電源輸出之用途。

(27) 電路之隔離

可任意接觸之限制型電源與電源分路電源，須具備能滿足整體電路中最高電壓之絕緣能力，否則須永久隔離，以避免接觸之風險，間距至少6.44 mm。

將導線隔離之方式可為在保持間距處固定、置入絕緣套管內、外加絕緣阻隔物或其他等效之方法，使不同電路間具備絕緣或不具備絕緣之帶電體永久隔離。

用於隔離內部電路之絕緣材料須具備足夠之機械強度，且須妥善固定以形成永久隔離，亦須符合操作溫度等相關限制。

將Ⅱ類電路與電源分路之帶電體隔離之絕緣材料，其厚度應可滿足使用情況之要求。絕緣阻隔材料亦須具備適當之支撐，以避免因變形而損及預期之絕緣功能。

(28) 絕緣材料

絕緣華司、套管及支撐帶電體等部品，須為實際使用時不受操作溫度而改變其機械強度之非吸濕性材料。

雲母、陶瓷或其他封裝用材料通常可作為帶電體之支撐材料。除上述材料外，其餘絕緣材料須依UL 746C進行下列評估：

- (a) 機械強度。
- (b) 耐燃性。
- (c) 絕緣耐電壓。
- (d) 絕緣電阻。
- (e) 老化處理前後之耐熱性。
- (f) 受包覆之程度。
- (g) 產品在非乾燥環境下使用時之抗潮能力。
- (h) 其他任何可能引起火災與電擊危險之特性。

(29) 電路板

電路板須能夠符合使用需求，包含下列條件：

- (a) 除完全透過封裝材料或絕緣塗層所包覆之電路板外，貼於基板銅箔，最小銅箔導體間寬度與最大無穿孔面積均須符合UL 796之要求。
- (b) 在LED模組之正常操作溫度測試時所測得之溫度，

不得高於基板以UL 746B長期特性評估所得之相對溫標數值(RTI)。

(c) 基板之耐燃性不得以低於UL 94之V-1等級。

上述之絕緣塗層須符合UL 746C之要求。

貼附於印刷電路板邊緣之零件，無絕緣且極性相反之導體間、無絕緣帶電體與接地之不帶電導體間，或人體可觸及之暴露金屬部品，應考量電路板與零件自身之可移動情況，以評估其空間裕度。

(30) 電子零件之絕緣間距

考量極性相反之無絕緣帶電體間其空間距離與絕緣體表面之沿面距離。

可參照UL 840中針對空間距離與沿面距離之要求。

UL 840中針對絕緣距離之要求，不適用於現場安裝配線用接線端子、輸出端接線端子及不帶電導體與外殼之間距。

除現場安裝用接線端子外，II類限制型電源，極性相反之帶電體間、帶電體與不帶電導體之間、變壓器之二次側繞組及限制能量零件間之絕緣間距，均不受限制。

沿面距離不得低於空間距離。

當依UL 840決定沿面距離時，電源單元應以II類之過電壓型進行評估。

印刷電路板採用XXXP、XXXPC、G10、FR2、FR3、FR4、FR5、CEM1、CEM3、GPO2或GPO3等ANSI規格之基板時，不須進行CTI測試，可逕依UL

746E之要求，將最小CTI值設定為100（等級4）。

(31) 電路零組件

用於限制電源單元之輸出，不受溫度影響之固定式電阻器、正溫度係數或負溫度係數之電阻器、半導體或其他類似元件，在指定電流或功率範圍內或用於特定功能時，須保持穩定性，且限制輸出之能力不得受影響。針對下列影響因子進行評估：

- (a) 操作環境溫度。
- (b) 電壓。
- (c) 突波。
- (d) 抗吸濕性。

(32) 保護裝置

電源單元內之保護裝置，須符合相關之安全要求。

保護裝置可設計於一次側電路或二次側電路中。

除非可同時切斷接地與非接地導體，否則設計於一次側電路中之保護裝置不得連接中性線或接地線。

上述保護裝置可包含惟不限於下列方式：熔線、過電流保護裝置、熱斷路器或其他可啟斷負載電流或限制電流之裝置。

所使用之溫度調節器、熱斷路器及正或負溫度係數之熱敏電阻，不得因操作不當而提高起火或電擊之風險。

自動或手動復歸之保護裝置或可替換之過電流保護裝置，當燈具在額定條件下操作時，不得發生斷路情況。

一次側電路中以自動控制且不標示停止動作位置之開刀式過電流保護裝置，或可替換之過電流保護裝置，當燈具在額定條件下操作時，不得發生斷路情況。

當一次側電路中僅具備1個保護裝置時，須與非接地電路之導體連接。

倘於燈具中120 V之電路設置熔線，而接地電路亦設置熔線時，接地電路之熔線其額定電流不得低於非接地電路之熔線其額定電流值。

過電流保護裝置應設置於電源單元其外殼之內部，在外殼受到破壞時亦不得觸及之位置，倘電源單元具備外部之可替換過電流保護裝置則不在此限。若保護裝置之功能特性涉及燈具之安全性，則該裝置不得由更高額定電流之裝置所替代。

熔線種類連同額定電流之數值，應該標示於熔線座或可替換之熔線本體或鄰近區域。

(33) LED 電源

電源單元須在其額定之輸入與輸出範圍內操作。

非與外殼一體成型之電源單元，須由符合相關標準之電氣絕緣外殼所包覆。

(34) 電源單元之外殼

構成電源單元之外殼或其一部分之聚合物材料（不論屬熱塑性或熱固性），須符合對材料之相關要求。

依UL 746C之規定，與電源分路連接之電源單元，視為永久性連接之設備。透過電源線或牆面插座連接

電源之電源單元，視為可攜式且不需人員在場操作之設備。

(35) 電源單元

倘電源單元符合下列標準其中之一時，僅額外符合該標準之補充要求即可。

- (a) UL 1310 (II類電源單元)。
- (b) UL 60950 (資訊設備)。
- (c) UL 1012 (II類以外之電源單元)。

(36) 透過插頭連接之電源

標示為「室內使用」之牆面插座或透過電源線連接之電源，僅適用於可攜式燈具。

標示為「資訊設備」之牆面插座或透過電源線連接之電源，僅適用於資訊設備之燈具。

光源連接於標示為II類之牆面插座或透過電源線連接電源之零件，不須由電氣絕緣外殼包覆。

(37) 永久性連接之電源分路

LED模組及控制電路之電源單元符合UL 60950針對輸出端為安全超低電壓或超低電壓之要求時，倘該電源單元超過火災危險限制時，須連接於I類電路之二次側電路端。

LED模組與控制電路之電源單元符合UL 60950之要求時，倘該電源單元存在二次側電路且為限制型電源時，須連接於II類電路。

污染等級2之電源單元，僅適用於室內或在乾燥環境下操作之燈具。

污染等級2之電源單元，倘以絕緣塗佈材料或其他模鑄材料完全包覆時，可適用於室外或在潮濕或浸水環境下操作之燈具。

污染等級2之電源單元，安裝於NEMA類別為3、3S或4X之外殼內時，可適用於室外或在潮濕或浸水環境下操作之燈具。

污染等級3之電源單元，安裝於NEMA類別為3R之外殼內時，可適用於室外或浸水環境下操作之燈具。

(38) 變壓器

倘變壓器符合下列標準其中之一時，僅額外符合該標準之補充要求即可。

- (a) UL 1585 (II類或III類變壓器) 。
- (b) UL 1411 (影音設備用變壓器) 。
- (c) UL 506 (特殊用途變壓器) 。
- (d) UL 1561 (乾燥環境用變壓器) 。

變壓器須在額定輸入與輸出條件下操作。

(39) LED 與控制模組

LED模組與控制模組之II類或限制型電源，不須由電氣絕緣外殼包覆。

(40) 模組外殼

構成LED模組或控制模組外殼之聚合物材料（不論屬熱塑性或熱固性），須符合對材料之相關要求。

(41) 模組外殼之開孔

控制模組之電氣絕緣外殼其任一表面均須具備散熱孔。

散熱孔之最大尺寸需符合UL 1598之要求，以隔離網防止探棒觸及無絕緣帶電體或漆包線。

Ⅱ類無絕緣帶電體與元件之電源、限制型電源、安全超低電壓電路中之無絕緣帶電體與其他零件，均屬可觸及部位。

可窺見鐵心及繞組之散熱孔，須具備百葉或擋板之設計。

(42) LED 零件與控制模組之使用環境

LED或控制零件模組在燈具工廠內組裝時，須標明使用環境之條件。典型之使用環境包含乾燥、潮濕或浸水環境。

倘於浸水環境下使用，須評估防水外殼之適用性；倘外殼具備散熱孔，則須標示安裝之位置。

每個LED模組或控制模組之限制型電源，須依所連接之電路進行設計。

倘單一電路之電源需超過Ⅱ類或限制型電源之要求時，亦須評估電氣絕緣外殼與二次側電路之適用性。

(43) 功能特性

除特別註明外，所有電性量測均須在下列環境中進行：

(a) 無強制對流之空間。

(b) 除製造廠商特別指明外，否則試驗環境之溫度須在 $25\pm 5^{\circ}\text{C}$ 以內。

(c) 電源單元須接於與標示額定電壓差異在5%以內且與額定頻率相符之電源。

(44) 輸入測試

在額定電壓下操作時，輸入電流不得超過電源單元其額定電流之110%。

(45) LED 模組之正常操作溫度測試

LED電源、模組與控制模組均須符合燈具標準中針對在正常操作溫度下測試之相關要求。

除非零件、材料或複合組件已取得更高溫度之評估認可，否則在正常操作溫度下測試時所測得之溫度不得超過燈具所容許之限制值。

在正常操作溫度下之測試後，燈具應立即進行絕緣耐電壓測試，並應符合要求。

(46) 絕緣耐電壓測試

以下列所規定之測試電壓，針對直接接於電路分路之電源單元、LED模組與控制電路模組進行測試。

下列所規定之測試電壓，適用於使用F-I、F-D、FS-I或FS-D等型之電源單元之LED模組與控制電路模組。

本項測試不適用於使用2-I或2-D等型之電源單元之LED模組與控制電路模組。

受測單元須能耐受1分鐘之耐電壓測試而不產生絕緣崩潰之現象，測試電壓如下：

(a) 在下列位置之間施加1,000 V再加上2倍之最大額定電壓（交流）：

(i) 一次側電路與可接觸之不帶電導體間。

(ii) 變壓器之一次側與二次側電路間。

(b) 在變壓器之二次側電路與不帶電導體間，施加500

V交流電壓。

- (c) 將1.414倍之直流電壓，相當於2倍電源之額定電壓均方根值再加上1,000 V，施加於印刷電路板之銅箔導體間，或用於消除射頻干擾或抑制電弧產生之電容器接腳間。若進行(a)與(b)之測試時，交流電壓造成電容器釋放額外之漏電流時，該電容器須自測試電路中移除。倘電路存在電容器時，受測部位須以上述電壓再乘以1.414倍之直流電壓進行測試。

須以具備500 VA以上功率，輸入電壓波形為正弦波或連續直流之變壓器，進行受測部位是否符合上述要求之測試。測試電壓須由0起始，增加至預定之測試電壓，且在達到測試電壓位準後維持1分鐘。電壓上升率須一致，且須與電壓計所顯示之讀值相同。倘變壓器具備可直接量測輸出電壓之電壓表時，變壓器之功率可低於500 VA。

(47) 異常狀況測試

當進行負載輸出、極性反向、開關位置、零件崩潰或適用之印刷電路板等異常狀況測試時，受測單元不得噴發火焰、流出熔化金屬，發生起火或產生電擊之危險。每項異常狀況測試完成後，均須立即進行絕緣耐電壓測試。

出現下列其中1項狀況時，視同存在電擊或起火危險：

- (a) 接地熔線熔斷。

- (b) 棉紗布碳化。
- (c) 從受測單元之外殼或隨附之輸出端導線竄出火苗或發生材料熔化現象。
- (d) 具電擊危險性之帶電體暴露。
- (e) 發生絕緣崩潰現象。
- (f) 造成牆面插座之電源在測試後，無法從插座立即以非破壞性或以無電擊危險性方式移除之結構其完整性喪失，或
- (g) 造成電源分路中之過電流保護裝置啟斷。

除非製造廠商要求以同一件樣品進行1項以上之測試，否則各項異常狀況均須以單獨之樣品進行測試。

受測樣品倘需接地時，於接地電路中連接1只額定電流為3 A之非延時型熔線。

在所有異常狀況測試期間，受測樣品須以雙層紗布緊密之包覆。

受測樣品須施加額定之輸入電壓與頻率。電源單元須連接額定電流為20 A之延時型熔線（通過40 A之電流時，於12秒內不熔斷），受測樣品以下列條件進行測試。

任何可對外加電阻提供50 W以下功率之電解電容器或半導體PN接點等電路元件，須依下列要求進行短路或開路測試。每次僅施加1項條件，不限順序，惟所有條件均須測試。

以 $25\pm 5^{\circ}\text{C}$ 作為測試環境溫度，直到下列情況發生：

- (a) 上述電路元件在30分鐘內持續維持開路狀態且受測

樣品已無法正常操作，或

(b) 經7小時持續測試，並取得最終之測試結果。

倘電源單元所連接之20 A熔線熔斷，則代表受測零組件已失效。

(48) 50 W 功率輸出點之量測

無法確定電路之輸出功率時，可將功率計外接可變電阻器，依UL 935中之電路圖進行測試，以決定最大輸出功率。

將外接之可變電阻器調至最大值後接回原電路，倘受測樣品無保護裝置，可將可變電阻器逐漸調低直到功率計顯示最大功率值為止。

當上述電路元件在開路1分鐘內即可將輸出功率限制於50 W以下時，或電路中具備限制輸出功率之功能時，則視為該測試點無法在1分鐘內達到50 W之輸出。

倘受測樣品具備保護裝置，將短路開關接於保護裝置兩端，再連接可變電阻器，使功率輸出調整至功率計顯示50 W為止，再將上述短路開關切換至開路狀態，並記錄保護裝置由短路轉為開路之時間。

倘保護裝置在60秒內即形成開路，則視為該測試點無法在1分鐘內達到50 W之輸出。

(49) 標示之方法

須以下列方法，確保標示之有效性：

(a) 於自黏標籤打印文字。

(b) 以噴漆方式標示文字。

(c) 以油墨印刷方式標示文字。

- (d) 以手工油印方式標示文字。
- (e) 以鐫刻方式標示文字。
- (f) 以銘印方式標示文字。
- (g) 以雕鑿方式標示文字，或
- (h) 以模鑄成型方式標示文字。

利用雕鑿或模鑄等方式所形成之文字，無論突出或凹陷至少需0.25 mm之高度或深度。字高至少需1.6 mm，字體為大寫。

以接著劑固定之自黏標籤或永久性之銘牌，須符合UL 969對標示之要求。

以接著劑固定之自黏標籤或永久性之銘牌，須符合針對黏貼表面、操作環境與溫度變化時之要求。

(50) 必要標示項目

電源單元之輸出端子須標示適用電源種類。

電源單元若採用壓入式（無螺紋）端子，則須標示於連接時可見之連接指示，內容如下所示：

- (a) 將原導線自端子中移去。
- (b) 檢視適用之導線尺寸規格。
- (c) 除非端子可連接單心線及絞線，否則標示應為「僅適用於單心線」。
- (d) 將適用之導線剝除適當長度之絕緣被覆。
- (e) 將適用尺寸規格之導線與端子連接。
- (f) 標示連接導線與端子連接之位置。

LED模組或控制模組應標示下列項目：

- (a) 公司名稱。

- (b) 型號。
- (c) 產地標示，當生產或組裝之地點超過1個時，須明確標示以便確認實際之生產製造地點。
- (d) 製造日期。
- (e) 額定電壓與額定電流。
- (f) 替換熔線之方式，熔線型式與額定電流須標示於熔線本體與熔線座或鄰近位置，標示之內容須等同於「熔線[型式]，_A」。
- (g) 電氣絕緣外殼須標示進行測試時之適用環境（乾燥、潮濕或浸水）。

外殼類別為3、3R、3S或4X時，可適用於浸水之操作環境，並需依適用之操作環境加以標示。

- (h) 電源單元須依適當之輸出規格進行標示。
- (i) 適用之電源種類。

具備外殼之零組件或產品單元，須以可目視永久性方式，標示下列任一項關於使用之環境之文字：

- (a) 「僅適用於乾燥之環境」。
- (b) 「適用於潮濕之環境」。
- (c) 「適用於浸水之環境」。

無外殼之零組件或產品單元，亦以可目視永久性方式，標示下列任一項關於使用之環境之文字：

- (a) 「僅適用於乾燥之環境」。
- (b) 「適用於潮濕之環境」。
- (c) 「適用於浸水之環境」。

4. 參訪心得

在試驗室參觀方面，欲進行 LED 產品之安規檢測，一般而言並不需建置特殊之設備（IEC 62471「光生物性危害評估」除外），據了解本局及民間財團法人與試驗室多已具備，應可滿足目前檢測需求。

在 UL 8750 之內容方面，整體而言，UL 8750 近似於 IEC 61347-1「光源控制裝置之通則」、IEC 61347-2-13「LED 模組用光源控制裝置之個別規定」及 IEC 62031「一般照明用 LED 模組之安全性要求」（已調和為 CNS 15357）之綜合版本，以針對控制裝置及電源供應器之規定為主，針對整體（即控制裝置及電源供應器搭配 LED 元件之組合體）之要求為輔。兩者間在檢測項目及要求方面雖有差異，惟安規之架構與觀念相通，產品設計人員及安規檢測工程師在熟悉其中 1 種標準時，欲掌握另一種標準對於技術層面而言困難度並不高。

（二） 參訪 UL 之 LED 相關產品電磁相容性檢測實驗室

1. 實驗室參觀

依安培定律，磁場將伴隨著電流應運而生，電機電子設備在使用時內部必流通電流，所生之磁場將於空間中傳播，在日常生活環境中，所使用之電機電子設備不只一種，同時使用亦為常態，因此，任一件電機電子設備同時具備干擾源與干擾者之雙重角色，故電磁相容性(EMC)包含電磁干擾(EMI)與電磁耐受性(EMS)，在不同頻率範圍內，依不同之方法進行測試。

電磁干擾包括 CE 及 RE，其中 CE 表示傳導發射(conducted emission)，RE 則表示輻射發射(radiated emission)。電磁干擾主要測試項目包含：電子電機產品及設備在各種電磁雜訊環境中之傳導干擾和輻射干擾發射量之測試（例如：電子電機設備之交換式電源其脈衝干擾和連續干擾）以及各種訊號傳輸時，干擾傳遞特性之測試（例如：各種傳輸線之傳輸特性及屏蔽效果）。

電磁耐受性包括 CS 及 RS，其中 CS 表示傳導耐受性(conducted susceptibility)，RS 則表示輻射耐受性(radiated susceptibility)。主電磁耐受性要測試項目包含：對電場、磁場之輻射耐受性測試；對電源線、控制線、訊號線及地線等注入干擾之傳導耐受性測試；對靜電放電及各種暫態電磁波（例如：突波或電性快速暫態）之耐受性測試等。

LED 照明產品在電磁相容性方面之檢測，所使用之設備與測試傳統燈具相仿，既有設備多可沿用。茲就實驗室之基本電磁相容性設備簡要說明如下：

- (1) 電流感應器：利用霍爾效應(Hall effect)，由穿過電流感應器之偵測導線流通之電流所產生之磁場，以達到電流感測之目的。進行傳導干擾測試時，須以電流感應器偵測由導線所發射之雜訊。
- (2) 電源阻抗模擬網路(LISN)：係一種耦合電路，用以提供良好品質之交流/直流電源，阻隔受測樣品所產生之雜訊回饋至電源及射頻耦合端。



電流感應器



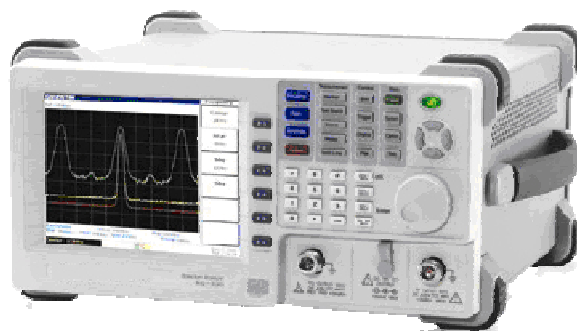
電源阻抗模擬網路(LISN)

(3) EMI 測試接收機：內含高頻選頻放大之超外差接收機，其靈敏度可透過輸入電路中之可調衰減器加以調變。由於測試訊號之輸入常為寬頻訊號，可運用調諧高頻選擇器針對輸入訊號進行預選，藉以改善混頻器之操作情況。中頻放大器與中頻選擇器可用以確定儀器之通行頻帶，並對訊號進行功率放大。

(4) 頻譜分析儀：架構猶如時域用途之示波器，主要功能在於量測信號的頻率響應，以橫軸代表頻率、縱軸代表信號功率或電壓等數值，可以線性或對數刻度顯示量測的結果。該設備應用領域十分廣泛，諸如射頻通信系統、輻射場強之分析、電磁干擾等高頻信號之分析、研究訊號成份、失真度、衰減量及增益等特性之重要儀器。



EMI 測試接收機



頻譜分析儀

- (5) EMC 測試用天線：電磁相容性之測試頻率範圍從 10 Hz 以下至 10 GHz 以上，須借助各種探測天線將受測場強轉換為電壓，以利分析。在寬廣之頻率範圍內進行電磁干擾及電磁耐受性測試，需使用不同種類之天線，例如：在 150 Hz 至 30 MHz 間選用棒狀與環路天線；在 30 MHz 至 300 MHz 間採用偶極與雙錐天線；在 300 MHz 至 1 GHz 間使用偶極、對數週期及對數螺旋天線；在 1 GHz 至 40 GHz 間則選擇號角型天線等。
- (6) 平行板天線：針對車輛零組件執行電磁場輻射耐受性試驗時，提供均勻橫電磁波之量測環境。利用平行板天線，在其一端連接對應之訊號產生器與功率放大器，另一端則連接匹配負載，則可在兩平行板間產生橫電磁波之行波狀態。



EMC 測試用天線



平行板天線

- (7) 橫電磁波(Transverse Electro Magnetic, TEM)室：利用傳輸線原理，係為內部可傳輸均勻橫電磁波之長方形測試艙，屬電子電機設備電場輻射耐受性試驗之理想裝置，除可進行射頻連續波耐受性，脈衝波耐受性試驗外，亦可用於測試電子電機設備所產生之輻射干擾，以及作為對各種近場測試探夾（例如：電流感應

器、電壓感應器及場強感應器等) 進行校正用之標準場源裝置。



橫電磁波室

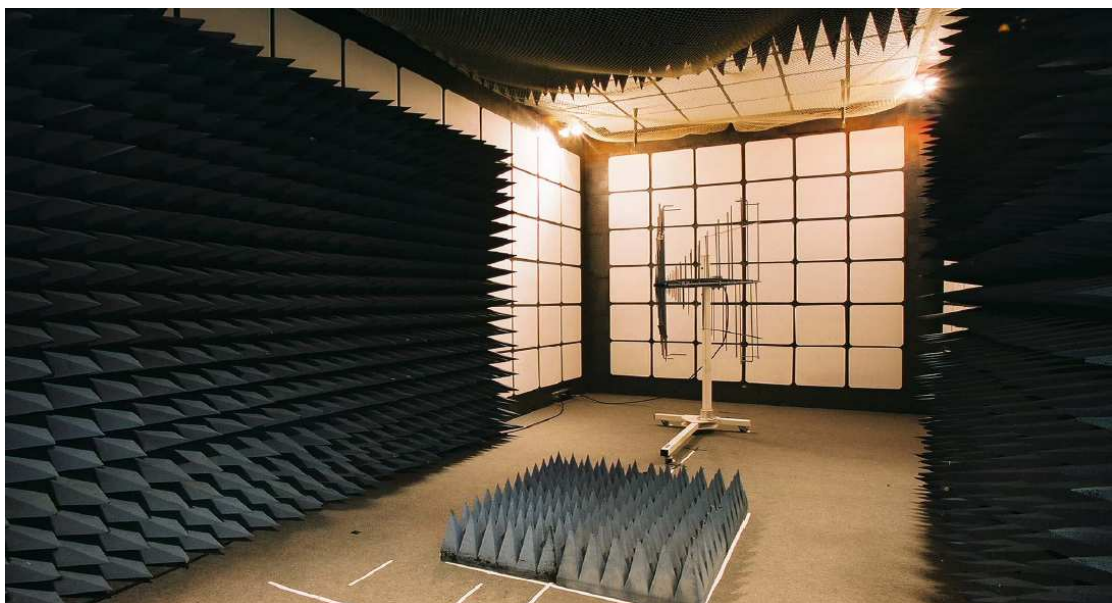
為模擬複雜電磁雜訊環境並確保 EMC 測試結果之重複性、準確性及可靠性，對於測試環境具有特殊之要求。測試場地可分為隔離室（包含 TEM/GTEM Cell 橫向電磁波 EMC 測試室）、電波暗室及室外開放測試場（open area test site, OATS）等。

以隔離室而言，一方面須對外來干擾加以屏蔽，以保證室內電磁雜訊環境滿足要求，另一方面則須對內部發射源（例如：天線等）加以屏蔽而不對外界環境產生干擾。隔離室係由金屬材料所構成之六面體空間，其結構分為鍍鋅鋼板式、銅網式、多層複合金板式等。影響隔離室性能之主要原因有：屏蔽門、屏蔽材料、電源濾波器、波導、安裝、接縫及接地等因素。

以電波暗室（分為全電波暗室及半電波暗室）而言，由於電波將於一般隔離室內之各壁面間反射，將影響測試結果，因此，全電波暗室建構為其內部之 6 道壁面均附加吸波材料之隔離室，另為模擬室外開放測試場，接地地板不附加吸波材料者則為半電波暗室。吸波材料一般為介質損耗型（例

如：聚氮脂類之泡棉或亞鐵磁磚等），為確保其耐燃特性需經碳酸溶液之滲透處理，另為保持連續漸變之焦耳阻抗，常製成圓錐、稜角錐及方楔等形狀。吸波材料之最小吸收量在頻率 80 MHz 至 250 MHz 間至少為 6 dB，頻率大於 250 MHz 時至少為 10 dB。為確保測試場內部之均勻性，吸波體之長度相對於隔離室操作頻率下限，所對應之波長應足夠長以四分之一波長之效果較佳，而吸波體之體積亦將限制吸波材料之有效操作頻率（一般在 30 MHz 以上）因而縮減隔離室之有效空間，建置時需權衡考量。電波暗室之屏蔽效益之要求與隔離室相同。

以室外開放測試場而言，由於常用於精確測量受測樣品之發射極限值，因此要求平坦開闊，遠離建築標地、塔台、電線、樹林、地下電纜及金屬管道，且環境電磁干擾背景需極小（一般要求至少低於 6 dB），而接地地板可為鋼板或其他低阻抗之金屬結構。場地尺寸隨不同 EMC 標準要求不盡相同。UL 之 LED 相關產品電磁相容性之測試場如下：



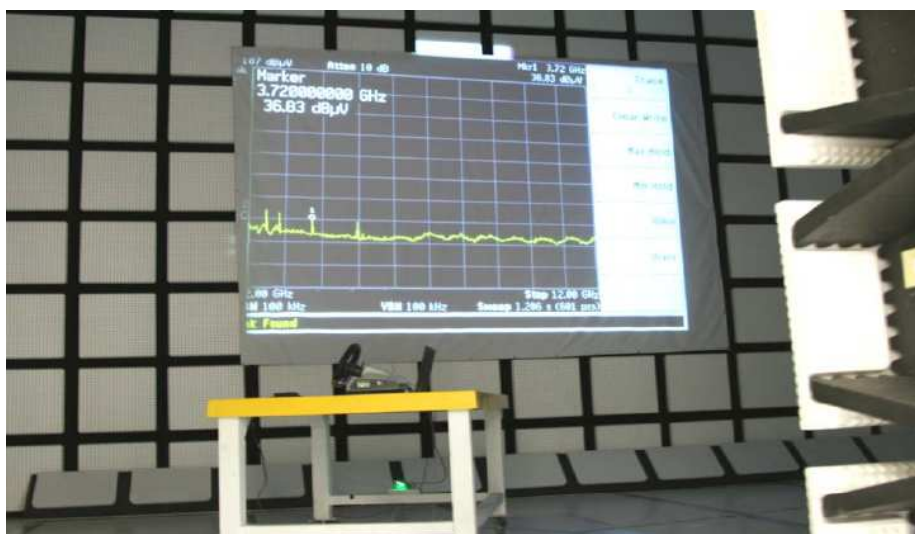
電磁免疫力電波暗室



電磁免疫力電波暗室



5 m 電波暗室



干擾抑制相容性試驗室

2. 參訪心得

在試驗室參觀方面，欲進行 LED 產品之電磁相容性檢測，一般而言並不需建置特殊之設備，據了解本局及民間財團法人與試驗室多已具備，應可滿足目前檢測需求。

(三) 參加 SPIE 光電工程應用展暨研討會 (SPIE Optics + Photonics)

1. 活動說明

本次活動在技術研討方面，共有 4,250 名學者、研究人員、技術專家及學生共同參與交流討論，共計發表 2,775 篇論文，涵蓋奈米科技與工程、太陽光電技術、光學元件及應用，以及照明工程與應用等領域。在展覽方面，共計有 225 家廠商參展，其中有 70 件以上之新產品首度問世。

研討會之進行分為在綜合研討與分組研討，在綜合研討方面大會安排「固態光源之發展方向」與「LED 照明之未來趨勢」等 2 項主題，茲將重點摘錄如下。

在「固態光源之發展方向」之主題方面，固態光源發展至 2012 年，可預期在效率、價格及演色性等面向，將超越現行之緊密型螢光燈，成為一般照明的首選。照明產業應停止在售價與成本的追逐戰，應將眼光放在產品的研發上。對於取代現行之螢光燈，固態光源之效率僅需再提升 20% 至 25%，惟仍有很長的路要走。價格低廉的照明產品將導致更大的光害及更多的能源消耗，欲解決此等問題仍須仰賴技術提升。

在「LED 照明之未來趨勢」之主題方面，LED 技術雖持

續發展中，惟 LED 照明在技術面無法有更大之突破時，則 OLED 將成為嶄新的解決方案。次世代照明將突破傳統照明之架構，並超越及取代傳統光源。從發光效率、壽命及成本等 3 個面向比較 LED 與 OLED 在照明方面之應用，可發現目前 OLED 在發光效率與成本方面，比 LED 更具競爭力，惟在壽命方面仍有努力之空間。居家照明之需求與辦公室照明不同，LED 產品之整體壽命應包含貨架壽命，然而，應將 OLED 或 LED 與傳統光源相比，而非與燈具相比，因燈具包含反射板、外殼及電源界面等元件。未來照明之相關元件將整合於燈具之中，使得安裝及使用更為便利，型式可更多元，消費者最終期望使用壽命不再以光源及燈具區分，亦即未來照明之方案光源與燈具之壽命將趨於一致。對於照明產業未來之發展，從實際所面臨的問題可發現，每年有 33% 之傳統照明替換為 LED 照明，但從 DC 電源及燈具之市場需求不難看出，只有在 15 年一輪之建築物整修週期中始湧現 LED 之替換潮。全光譜 LED 具有在促進人體健康方面之優勢，原因在於可提供活化褪黑激素之光譜，具有調整生理節律之功效。設計為可改變光譜之 LED，可模擬日光照射之週期，使增進人體健康成為其附加價值，有助於 LED 在公衛方面之發展及推廣應用。

在分組討論部分，選擇參與 ENERGY STAR 及 LED 產品性能量測相關之主題，目標鎖定在針對 ENERGY STAR 之內容及所引用相關性能量測標準了解。在技術規範方面，以 2009 年之最終草案版為標的，在相關標準方面，則以 LM 79 「固態照明產品之光學特性與電性之量測方法」之 2008 年版

及 LM 80「LED 光源之光束維持率量測方法」之 2008 年版為了解重點。

2. ENERGY STAR 技術規範之分析

能源之星(ENERGY STAR)係由美國政府所主導，主要針對消費性電子產品之節約能源計畫。2009 年底「整體式 LED 燈之能源之星驗證技術規範」最終版草案正式出爐，與先前版次相比，明顯有大幅度之修訂。內容之重點摘錄如下：

(1) 範圍

該技術規範（以下簡稱規範）適用於整體式 LED 燈，即包含發光二極體元件或模組(LEDs)，具備一體式 LED 驅動器，與 1 個符合 ANSI 標準之燈頭，可連接於符合 ANSI 標準之燈座或插座，再與電源連接並供電之光源。該規範涵蓋用以取代 25 W 以上白熾燈之整體式 LED 燈，裝飾用（例如：燭臺燈）燈與 20 W 以上之反射燈，以及非標準規格燈(non-standard lamps)等。其他之燈型未來可隨 LED 技術之發展陸續加入該規範中。

(2) 對所有燈型之要求

相關色溫(CCT)及 Duv	須包含下列指定之相關色溫（依ANSI C78.377-2008）其中一種，且範圍應在七階色度四邊形內。		
	標稱CCT	目標色溫（K）及許可差	目標Duv及許可差
	2,700K	2,725±145	0.000±0.006
	3,000K	3,045±175	0.000±0.006
	3,500K	3,465±245	0.000±0.006
	4,000K	3,985±275	0.001±0.006
色度維持(color maintenance)	產品壽命期間之色度於CIE 1976(u',v')色度圖上之變化在0.007以內。		
演色性指數(color	最低演色性指數(CRI)為80		

rendering index(CRI))	
調光(dimming)	產品包裝上須註明是否可調光，而調光器須滿足安全之要求。製造廠商對於合格之可調光產品，應於網頁上發佈有關相容調光器之資訊。
保固(warranty)	從購買日起須提供至少3年保固，包括維修或更換。
壽命/光束維持率	連續點燈（操作）25,000小時後，光通量至少應在初始值之70%以上。
適用燈座(allowable lamp bases)	須為符合ANSI ANSLG C81.61-2007之燈座
功率因數(power factor)	≥ 0.70
最低操作溫度 (minimum operating temperature)	最低工作溫度應在-20°C以下
操作頻率	≥ 120 Hz
電磁與射頻干擾 (electromagnetic and radio frequency interference)	電源單元須符合FCC 47 CFR Part 15。
噪音(noise)	須為A級
暫態電流保護 (transient protection)	電源應符合IEEE C.62.41-1991中對於A類之要求
操作電壓(operating voltage)	須為120 V \pm 10%

(3) 外包裝之要求

保固	產品之外包裝須註明“保固”或“有限保固”以及免付費服務之電話號碼、郵寄地址或網際網路之網址。
標示之語言	英語或英語再附加其他語言。對於銷往加拿大的產品，外包裝上之標示文字須包括英語及法語。
適用情況	外包裝須註明與相關裝置之相容性，例如：調光器或定時裝置等。此外，外包裝須註明不適用之情況。
可調光型LED燈	外包裝及說明書須包含警告標示，註明產品與調

	光器之相容性，並提供網際網路之網址(URL)，以利查詢相關最新資訊。
用於低壓電路之MR-16型LED燈	外包裝須註明與低壓變壓器之相容性，且外包裝及說明書須包含警告標示，註明產品與現有燈具中既設之低壓變壓器其相容性，並提供網際網路之網址，以利查詢相關最新資訊。
非標準型LED燈	外包裝須註明適用之領域及燈具類型。
產品之等效性要求 (針對替代型LED燈)	外包裝及型錄僅能顯示符合ANSI C79.1-2002所明定之燈型資訊，不得呈現與其他功率或類型產品進行性能比較之資訊。例如：1只45 W BR 30之白熾替代型LED燈，不得宣稱等同於1只65 W之BR 30或1只45 W之A型傳統光源。
Lighting Facts™標識	製造廠商須使用Lighting Facts標識，以宣示屬於美國能源部之品質促進計畫成員。

(4) 非標準型 LED 燈 (Non-Standard Lamps)

此種型式之 LED 燈不得宣稱在功率或類型上等同於現行之傳統光源。除上述要求外，下列針對性能及資訊之要求亦適用於非標準型 LED 燈。相關要求不適用於替代直管型螢光燈或高強度氣體放電(HID)燈之 LED 燈。

最低發光效率	55 lm/W
最小光通量	400 lm
光強度分布	無特定之光強度分布要求。須提交以測角光度計所量測之報告（以LM-79-08所要求之格式），以取得光強度分布資訊。產品須以圖示方式標明與上述報告一致之光強度分布情況。
應用	產品型錄須註明非標準型LED燈預期之應用及適用燈具之類型

(5) 替代型 LED 燈(replacement lamps)係以取代現行傳統光源之 LED 燈（符合 ANSI C79.1-2002 所明定之燈型）

在產品外包裝、型錄或其他資訊媒體須提供下列資訊：

- (a) 受取代光源之類型，採用ANSI C79.1-2002所定義之名稱。例如：A、R、MR及PAR等。
- (b) 以八分之一英吋為光源之單位直徑，例如：A 19、MR 16及PAR 38等。
- (c) 受取代光源之標稱功率。
- (d) 對於指向型光源，受取代光源以角度為單位之光束角，不適用於替代直管型螢光燈或高強度氣體放電(HID)燈之LED燈。對於全方向、裝飾及指向等類型之替代型LED燈其最低性能與尺寸要求，規定如下。

全方向型		
適用之燈型	取代下列符合ANSI C79.1-2002所明定燈型之LED燈：A、G、P、PS及S。	
最低發光效率 LED燈功率 < 10 W LED燈功率 ≥ 10 W	50 lm/W 55 lm/W	
最小光通量	最小光通量至少應符合受取代光源其標稱功率之對應值，如下所示。	
	受取代光源之標稱功率 (W)	LED燈之最小光通量 (lm)
	25	250
	40	450
	60	800
	75	1,100
	100	1,600
	125	2,000
	150	2,600
光強度分布	分布區域在0°至135°（軸對稱）之產品，光強度應呈現均勻分布之型態。在分布區域內任何角度之光強度，與在相同區域內之平均光強度，兩者間之差異不得超過20%。	
最大直徑	不得超過受取代光源之直徑。	
最大總長度(MOL)	應滿足ANSI C78.20-2003所明定之規格，不得超過	

	受取代光源之最大總長度。	
裝飾型		
適用之燈型	取代下列符合ANSI C79.1-2002所明定燈型之LED燈：B、BA、BT、C、CA、DC及F。	
最低發光效率	40 lm/W	
最小光通量	最小光通量須等於受取代光源其標稱功率對應值之7倍。	
最大直徑	不得超過受取代光源之直徑。	
指向型		
適用之燈型	取代下列符合ANSI C79.1-2002所明定燈型之LED燈：BR、ER、K、MR、PAR及R 針對MR型和PAR型，應包含下列規格： MR 16、PAR 16、PAR 20、PAR 30S、PAR 30L及PAR 38	
最低發光效率 直徑≤20/8英吋 直徑>20/8英吋	40 lm/W 45 lm/W	
色度空間均勻度	不同方向（例如：視角改變）之色度變化應在CIE 1976(u',v')色度圖中加權平均點之0.004以內。	
最大直徑	不得超過受取代光源之直徑。	
最大總長度	針對BR、ER、PAR及R：應滿足ANSI C78.20-2003所明定之規格，不得超過受取代光源之最大總長度。	
PAR型及MR16型		
最小中心光強度 針對PAR和MR16燈	以NEMA製造廠商所生產之432 PAR與122 MR16產品進行統計分析為基礎所歸納之模型（數學函數），決定最小中心光束強度要求。對特定燈型、功率及光束角，各燈型經對應之數學函數所算出之最小中心光強度（以坎德拉(cd)為單位），其值在2個標準差以內。	
	燈型	函數
	PAR	http://www.drintl.com/temp/ESIntLampCenterBeamTool_5_19.xls 須輸入下列資訊： 1.以八分之一英吋為單位之直徑（即16、20、30及38）。 2.受取代光源之標稱功率。

		3.受取代光源之光束角（以°為單位）。
	MR 16	http://www.drintl.com/temp/ESIntLampCenterBeamTool_5_19.xls 須輸入下列資訊： 1.受取代光源之標稱功率。 2.受取代光源之光束角（以°為單位）。
光束角 針對PAR型及 MR16型	在 $1.3 \times$ 光束角 $+3^\circ$ 角度內之光強度，至少應為最大光強度之10%。	
BR型、ER型、K型、及R型		
最小光通量 針對BR型、ER 型、K型及R型	最小光通量須等於受取代光源其標稱功率對應值之10倍。	
光強度分布 針對BR型、ER 型、K型及R型	以聚光(spot)、窄泛光(narrow flood)及泛光(flood)表示BR型、ER型、K型及R型光源之光束分布： 聚光：光束角在 10° 與 20° 之間 窄泛光：光束角在 20° 至 30° 之間 泛光：光束角大於 30°	

(6) 測試標準及相關文件

特性	建議採行之標準	相關文件
發光效率 輸入功率	IESNA LM-79-2008 ANSI C82.2-2002	針對製程中所使用之特定LED元件或模組及其電源組合，交由試驗室測試所產出之試驗報告。
功率因數	ANSI C82.77-2002	針對製程中所使用之特定LED元件或模組及其電源組合，交由試驗室測試所產出之試驗報告。
光束維持率 (L_{70})	IESNA LM-80-2008	在整體式LED燈中所使用之LED元件或模組其至少6,000小時之光束維持率。
可靠度	DOE正在評估數種可靠性測試模式以確保整體式LED燈之長期可靠性。包括：短期老化試驗(burn-in test) (NEMA正制定中)；高濕熱環境操作壽命試驗(wet high temperature operating life(WHTOL))，以EIA/JESD 22-A101-B為依據；能源之星CFL技術規範4.0版中所規	

	定之高溫加速評估試驗等。	
演色性指數	ANSI C78.377-2008 IESNA LM-79-2008 CIE 13.3-1995 IESNA LM-58-94	針對製程中所使用之特定LED元件或模組及其電源組合，交由試驗室測試所產出之試驗報告。
相關色溫	ANSI C78.377-2008 IESNA LM-79-2008 CIE 15: 2004 IESNA LM-58-94 IESNA LM-16-93	針對製程中所使用之特定LED元件或模組及其電源組合，交由試驗室測試所產出之試驗報告。
色度空間均勻度及色度偏移	IESNA LM-79-2008 CIE 15: 2004 IESNA LM-58 IESNA LM-16 IESNA LM-80	自主測試及宣告。
噪音	A類：電源單元不超過24 dB	自主測試及宣告。
保固	—	於外包裝中註明提供3年保固。
安全性	UL 8750	提供經OSHA NRTL試驗室測試合格之試驗報告其封面頁或符合性聲明。

3. LM 79 之重點內容簡介

(1) 適用範圍

該標準規定作為一般照明用途之固態照明產品 (SSL)，在標準條件下進行總光通量、電性、光強度分布及色度等再現性量測時，所須依循之程序及注意事項。該標準涵蓋 LED 具有電子式控制裝置及散熱裝置之固態照明產品，所附屬之裝置僅以交流（直接使用市電）或直流（透過電源供應器）電源即可操作。該標準不涵蓋

需要外部操作電路及外部散熱裝置（例如：LED 晶粒、LED 元件及 LED 模組）之固態照明產品。該標準涵蓋燈具形式（裝配 LED 光源之燈具）之固態照明產品，亦涵蓋整合 LED 光源之燈具。該標準不涵蓋以固態照明產品為設計導向，但銷售時不包含 LED 光源之燈具。該標準所規定之試驗方法僅針對單一 LED 產品，不涵蓋對產品性能優劣之評定。對於產品性能之評比，應考慮產品間之個別差異。

(2) 一般要求

該標準所定義之固態照明產品（以下簡稱為 LED 產品），係利用 LED（包含非有機 LED 及有機 LED(OLED)）作為光學輻射源，以其輻射光供一般照明使用。單顆 LED 係具有 p-n 接面之半導體裝置，在施加順向偏壓時發射非同調之光學輻射。LED 利用 2 種方法產生白光：將 LED 所產生之 2 種或多種可見光譜加以混合，或將 LED 在藍光或紫外光域所發射之輻射用以激發 1 種或多種螢光粉，在可見光域產生帶寬輻射（Stokes 輻射）。儘管單獨之 LED 一般以定電流控制，該標準所考慮之整體式 LED 產品本身已具有能控制電流位準之半導體裝置，因此，在電性方面以在 LED 產品輸入端之電性參數最為重要。

為達成特定之目的，在測定 LED 產品之特性時，可使 LED 產品在該標準所規定之標準條件以外之條件下操作。此時，試驗結果僅對在特殊條件下之操作始具有實質上之意義，並應於試驗報告中註明。

對於 LED 產品，一般必要之光度資訊包括：總光通量(lm)、發光效率(lm/W)、1 個或多個方向之光強度(cd)、色度座標、相關色溫及演色性指數。該標準將上述數據之測定，均視為光度量測。

對於以交流為電源之 LED 產品，電性之量測包括：輸入端交流電壓之均方根值(RMS)、輸入端交流電流之均方根值、輸入端之交流電功率、輸入端電壓之頻率及功率因數。對於以直流為電源之 LED 產品，電性之量測包括：輸入端之直流電壓、輸入端之直流電流及輸入端之直流電功率。該標準將上述數據之測定，均視為電性量測。

(3) 用語及定義

- (a) 電性量測之單位為伏特(V)、安培(A)及瓦(W)。
- (b) 光度量測之單位為流明(lm)及坎德拉(cd)。色度座標係依CIE所建議之座標系統，即以(x,y)或(u',v')表示色度座標。應以(u',v')指明與相對色溫(CCT)無關之色度許可差。色度亦可以相對色溫(CCT)及Duv（係ANSI-NEMA-ANSLG C78-09.377-2008所定義，在CIE (u', 2/3v') 圖上距離普朗克軌跡之標示距離）表示。
- (c) 電壓調整(regulation)係指施加於受測LED產品之電源，其電壓之穩定度。
- (d) 枯化點燈時間(seasoning time)係指受測LED產品從新品狀態先進行指定時數之操作時間。在枯化點燈後立即量測所取得之數據稱為「初始值」。

- (e) 穩定性(stabilization)係指受測LED產品經過一定（足夠長）時間之操作，電性及光度值已趨於穩定。達到趨於穩定之時間亦可稱為升溫時間。
- (f) 整體式LED燈(integrated LED lamp)係指整合驅動器(driver)及標準化燈帽之LED燈，設計為透過標準化之燈座從配電系統之分路取得電源（例如：取代具有螺旋式燈帽之白熾燈泡）。
- (g) LED燈具係指由光源、驅動器及配光、安裝、保護光源以及使光源從配電系統之分路取得電源等元件所組成之完整燈具。光源可為LED陣列、LED模組或LED燈。
- (h) 前置點燈(preburning)係指光源在安裝於量測設備前預先進行之操作，以縮短在量測進行時所需之穩定時間。
- (i) 照度計頭(photometer head)係指由偵測器、 $V(\lambda)$ 修正濾波器及其他相關配件（孔徑、擴散器及放大器等）所組成之單元。

(4) 周圍環境條件

- (a) LED產品之電性及光學特性量測值，對於周圍溫度及氣流之變化極為敏感，而上述之變化又與LED之熱特性相關。
- (b) 周圍溫度：量測時之周圍溫度應維持在 $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ ，在與LED產品相同高度並距離1 m之位置量測。溫度感測器應予適當遮蔽，比避免受LED產品之直接光輻射及其他光輻射來源所影響。若不在上述之溫

度進行量測時，則應在試驗報告中註明。

- (c) 設置LED產品時關於熱之條件：將LED產品裝設於試驗設備之方法，可與設備保持一段距離、在熱流的主要路徑上，並可能對量測結果產生影響。LED產品應依試驗設備之說明書（例如：積分球）進行裝設，使透過支撐物件傳導之熱所造成之應冷卻效應可儘可能降低。例如：吸頂式產品裝設在積分球壁面進行量測時，受測產品將懸吊於空氣中而非直接貼於與熱直接接觸之壁面。受測LED產品可能以熱傳導性低之材料（例如：鐵氟龍）支承。未能符合上述要求時，應列入影響量測結果之評估事項。亦應考量支撐物件不應對受測LED產品周圍之氣流產生擾動。若受測LED產品提供支撐結構，且需作為燈具熱管理系統之元件時，則LED產品應在裝設支撐結構後受測。搭配任何與散熱有關之支撐結構一同進行試驗時，應於試驗報告中註明。
- (d) 氣流：受測LED產品表面之氣流，將影響電性及光學特性之量測值。由受測LED產品所產生之自然對流氣流，不對周圍之環境條件造成影響。

(5) 供電特性

- (a) 交流電源之波形：LED產品之操作電源，電壓波形應為指定頻率（一般為50 Hz至60 Hz）之正弦波，於受測LED產品操作期間，均方根值之諧波分量總和不超過基本波之3%。
- (b) 電壓調整：施加於受測LED產品之交流電源（均方

根值)或直流電源(瞬時值),其電壓應調整至在有載情況時之 $\pm 0.2\%$ 以內。

(6) 受測 LED 產品之枯化點燈

受測 LED 產品可從新品狀態直接測試,不須進行枯化點燈。

備考:已知某些 LED 光源在前 1,000 小時之點燈期間,光輸出有略微提升之現象,而多數其他 LED 光源則不具此項特性。由於 LED 產品即使在 0 至 1,000 小時之點燈期間發生光輸出略微提升之情況,所上升之幅度實際上僅數個百分點,對於 LED 產品之初始光通量及壽命等特性並無明顯改變,爰 LED 產品不須進行枯化點燈。

(7) LED 產品之穩定性

進行量測前,受測 LED 產品應先進行一定時間(足夠長)之操作,已達到穩定及溫度平衡狀態。達到穩定所需之操作時間視受測 LED 產品之型式而定。一般達到穩定狀態之操作時間,範圍在 30 分鐘(對於小型之安定器內藏式 LED 燈泡)至 2 小時以上之間。LED 產品在達到穩定前之點燈期間內,操作條件應符合規定之周圍溫度及操作方向。若受測 LED 產品經過 30 分鐘以上之操作,於每 15 分鐘擷取 1 筆光輸出數據,至少有 3 筆讀值之變化率(最大值與最小值之差)低於 0.5%時,則可判定已達到穩定狀態。試驗報告中應載明受測 LED 產品達到穩定狀態之時間。

對一定數量相同型式之 LED 產品進行量測時,得採

用上述以外能達到穩定狀態之方法（例如：進行前置點燈），只要所採用之方法經證明與上述方法同樣能達到相同之穩定狀態（所測得之總光通量在 0.5% 之容許範圍內）。

(8) 操作方向

LED 產品應在製造廠商所建議之操作方向（LED 產品之預期使用方向）受測。LED 產品達到穩定狀態之操作及光學特性量測均應在此位置進行。

備考：單顆 LED 之光輻射過程不受操作方向之影響，然而，LED 產品之操作方向能對產品中之 LED 元件在熱條件方面造成影響，因此，光輸出可能受 LED 產品之操作方向所影響。LED 產品量測時所設置之位置，應於試驗報告中載明。

(9) 電性之設定

受測 LED 產品應施加額定電壓（產品規範中所註明，正常使用時所應施加之交流或直流電壓）操作。為使 p-n 接面之溫度降低（降幅為比連續輸入電功率時低），而以脈衝方式輸入電壓並在減少工作週期之輸入電壓下同步進行量測之方法，不得用於對 LED 產品之測試。

若 LED 產品具備調光能力，則應在最大輸入功率之條件下進行量測。若 LED 產品具有多重操作模式，包括可調變色溫，則視需要在不同操作模式下進行量測，此時應將所設定之條件載於試驗報告中。

(10) 電性量測儀器

(a) 電路：對於直流輸入之LED產品，直流電壓計及直流電流計應連接於直流電源與受測LED產品間。直流電壓計應連接至LED產品之電壓輸入端。以對LED產品所測得電壓及電流計算其直流電功率。

對於交流輸入之 LED 產品，交流電壓計應連接至受測 LED 產品之電壓輸入端，此外還應量測交流電源之電壓及電流。

(b) 不確定度：交流電壓及電流之校正不確定度（參照備考之說明）應在0.2%以下。交流電壓計之校正不確定度應在0.5%以下，直流電壓及電流計之校正不確定度應在0.1%以下。

備考：不確定度係指信賴區間為 95%之相對擴充不確定度，一般擴充係數 k 為 2。若製造廠商之產品規範中未指定不確定度時，則應與製造廠商確認。

(11) 總光通量之量測方法

(a) 積分球系統

積分球系統適用於安定器內藏式 LED 燈泡及相對尺寸小之 LED 燈具。積分球系統具有量測時間短及不需建置暗室之優點。積分球內之溫度與氣流應不受室內環境之影響而產生劇烈之擾動。應特別注意，不論將 LED 產品設置於積分球之內部或外部，所散發之熱可能持續累積，而使待測 LED 產品之周圍溫度升高。

有 2 種型式之積分球系統可供選用。1 種搭配

$V(\lambda)$ 修正之照度計頭，另 1 種則搭配分光輻射計（作為感測器）。由於積分球之相對光譜響應與照度計頭之 $V(\lambda)$ 間存在偏差，爰第 1 種系統常發生光譜不匹配誤差，而理論上光譜不匹配誤差不發生在第 2 種系統上。量測 LED 產品時，以分光輻射計系統較佳，理由在於照度計頭所存在之光譜不匹配誤差顯然對於 LED 光學特性之量測及修正毫無幫助，而量測時除系統光譜響應外，受測 LED 產品之光譜特性亦需得知。此外，分光輻射計系統可將色度特性與總光通量同時量出。

(b) 測角光度計

測角光度計可用於光強度分布及總光通量之量測。測角光度計在總光通量之量測方面，除大尺寸之 LED 產品（與傳統螢光燈具相當之尺寸）外，亦可量測小尺寸之 LED 產品。測角光度計需設置於暗室中，通常需控制室內之溫度，量測時不受 LED 產品散熱（累積）之影響。然而須特別注意，由於 LED 產品對於溫度較為敏感，室內之氣流可能對量測造成影響。須量測 LED 產品之周圍溫度並將溫度維持在規定之條件。使用測角光度計所需之量測時間將比「積分球-照度計頭」系統長。測角光度計搭配光譜帶寬廣之光偵測器時，易產生上述之光譜不匹配誤差。若在色度特性與角度之間存在顯著之差異時，對於光譜不匹配誤差之校正可能更加困難。參考以測角光度計

量測 LED 產品之說明。

(c) 積分球-分光輻射計法（「積分球-分光輻射計」系統）

以「積分球-分光輻射計」系統測得光譜輻射通量（以 W/nm 為單位），進一步計算得出總光通量及色度特性。搭配陣列式分光輻射計時，量測速度將可與「積分球-照度計頭」系統相當。

(I) 積分球：為避免擋板及 LED 產品之自體吸收效應對量測產生誤差，應選用尺寸足夠大之積分球。通常，直徑 1 m 以上之積分球，可用於量測緊緻型光源（約為白熾燈泡及緊密型螢光燈之尺寸），直徑 1.5 m 以上之積分球，可用於量測較大之光源（例如：約 1.2 m 長之直管型螢光燈或高強度放電燈(HID)）。為避免受測光源之散熱，造成光源之周圍溫度升高，積分球亦應具有足夠大之尺寸。直徑 2 m 以上之積分球，通常用於量測 500 W 以上之光源。

積分球應具備自體吸收效應量測之輔助光源。在「積分球-分光輻射計」系統中，輔助光源之特性須在分光輻射計之全光譜範圍內可放射寬廣之光譜輻射，因此一般採用石英鹵素燈。輔助光源須在自體吸收效應量測期間保持光輸出之穩定。

積分球依其尺寸及用途，對內壁塗層要求之反射率為 90% 至 98%。較高之反射率，對於

量測信號之接收、降低積分球空間不均勻性響應之誤差，以及降低受測 LED 產品光強度分布之偏差，均有較大之效益。「積分球-分光輻射計」系統常特別要求較高之反射率，以確保在全可視範圍內，具有足夠之信號-雜訊比。然而應特別注意，在較高之反射率下，積分球響應將對自體吸收效應之敏感度提高並有長時間之漂移現象，且對於輸出光譜具有較大之偏差。若積分球具有開口，則應考量平均反射率，而較高之反射率將可彌補平均反射率降低之問題。

(II) 積分球之空間幾何架構：圖 1 為以「積分球-分光輻射計」系統量測 LED 產品總光通量之空間幾何架構。標準燈用於全光譜輻射通量之比對。 4π 空間幾何架構(a)適用於各種型式之 LED 產品，包含照射範圍涵蓋各個方向 ($4\pi\text{sr}$)，或照射範圍僅為前方 (不考慮方向性)。 2π 空間幾何架構(b)適用於照射範圍僅為前方 (不考慮方向性) 之 LED 產品，以及具有較大之外殼或載具，而難以 4π 空間幾何架構進行量測之 LED 產品。無論採用何種空間幾何架構，受測 LED 產品之尺寸應能配合特定尺寸之積分球，以確保光在球中之空間均勻度，以及自體吸收效應修正之準確性。量測安定器內藏式 LED 燈泡時，積分球應配備具有螺紋式燈座之治具。

以 4π 空間幾何架構進行量測時，LED 產品之總表面積，應不得低於積分球內壁總面積之 2%。例如：在直徑為 2 m 之積分球中，球形物體之直徑應不小於 30 cm。直線型產品之最長尺寸，應不小於積分球直徑之三分之二。

以 2π 空間幾何架構進行量測時，積分球上用於裝設 LED 產品之開口，直徑應小於積分球直徑之三分之一。LED 產品應裝設於積分球上之圓形開口，而 LED 產品之前緣應與開口之邊緣切齊（或 LED 產品之前緣可略微伸入開口內，以確保所有之放射光可完全照射於球體內）。開口之邊緣與 LED 產品（或標準燈）外緣間之縫隙，可利用 1 個表面（內側應為白色）加以覆蓋，則在一般照明環境之室內進行量測時，積分球可完全不受室內照明之影響（參考圖 2(a)）。若無法對縫隙加以覆蓋，需使開口保持敞開時，則應在暗室（至少在開口周圍處）中進行量測，以避免外來光或反射光射入積分球內（參考圖 2(b)）。無論何種情況，將受測 LED 產品安裝於積分球上時，應留意支撐材料或結構物不得將 LED 產品所散發之熱，傳導至積分球內。

無論採用何種空間幾何架構，遮蔽光偵測器埠，避免最大尺寸之受測 LED 產品或標準燈之照射光直接射入光偵測器之擋板，尺寸應儘可

能縮小。建議將擋板設置於距離光偵測器埠約為球體半徑之三分之一至二分之一處。輔助光源應加以遮蔽，以避免直接照射受測 LED 產品或光偵測器埠。

(a)適用於各種型式之 LED 產品 (b)適用於僅朝前方照射之 LED 產品

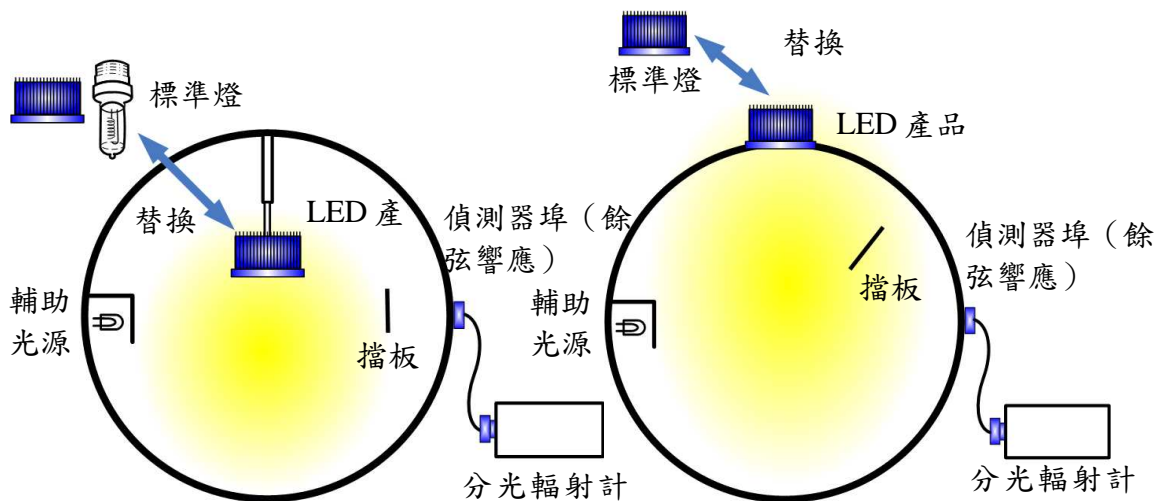


圖 1 以「積分球-分光輻射計」系統量測總光通量之積分球空間幾何架構

(a)LED 產品裝設時搭配蓋板，(b)LED 產品裝設時不搭配蓋板

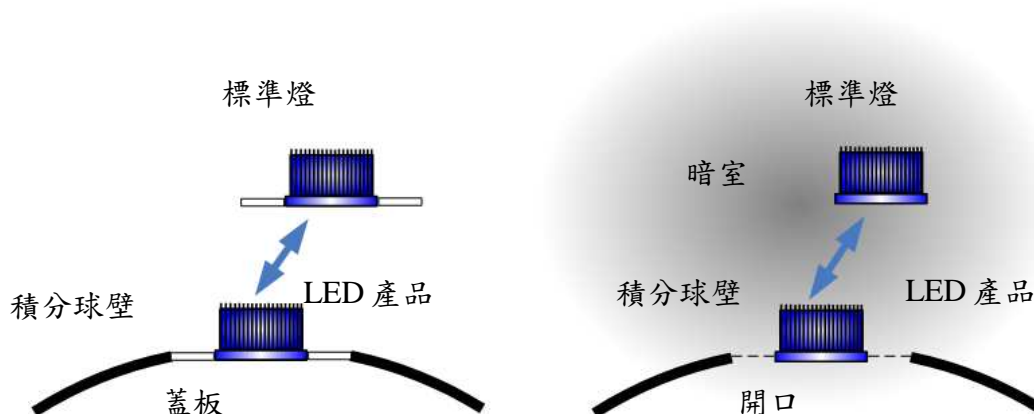


圖 2 LED 產品於積分球開口之設置條件

全光譜輻射通量之標準燈，通常為石英鹵素白熾燈，具有光譜帶寬廣之特性，用以校正分光輻射計之全可視區域。對於 2π 空間幾何架構，僅須選用具有前向光強度分布特性之標準燈即可。例如：具有反射鏡並能提供合適光強度分布之石英鹵素燈，可作為標準燈。對於 4π 空間幾何架構，通常使用具有全方向性光強度分布特性之標準燈，惟亦可能需要具有前向光強度分布特性之標準燈。應特別注意，當白熾型標準燈之點燈位置改變，則光輸出亦將改變。

應特別注意，積分球內部之表面，並非各處均具有完美之均勻性響應。由於落塵污染及球體周圍存在微小縫隙等因素之影響下，積分球在下半部之響應略低。因此，若積分球（ 4π 空間幾何架構）以全方向性標準燈校正，而對具有前向光強度分布特性之 LED 產品進行量測時，則所測得之光通量將比 LED 產品實際之光通量略低。此種誤差對於光強度分布窄之光源尤為明顯。誤差之程度與積分球之設計及維護相關，倘若標準燈之角度光強度分布與受測 LED 產品相同時，則可消除此項誤差。為避免此項誤差之發生，可準備各種不同光強度分布（全方向性、直下照射/光譜帶寬廣、直下照射/

光譜帶狹窄)之標準燈，並依受測 LED 產品之型式挑選適用之標準燈進行量測。若僅擁有全方向性之標準燈，而須對光強度分布特性不同之 LED 產品進行量測時，應決定並引入修正因數。可透過對業經其他準確之方法(校正品可追溯至國家度量衡標準實驗室，或使用設計良好之測角光度計)校正總光通量、而光強度分布特性不同之 LED 產品或光源之量測結果為基準，決定修正因數。

積分球內之周圍溫度應加以監測。若擋板(遮蔽光偵測器埠，避免光直接射入)設置於積分球垂直高度之中央(如圖 1(a)之情況)，則溫度感測器通常設置於擋板之後方。若 LED 產品設置於積分球之壁面(如圖 1(b)之情況)，積分球內之周圍溫度應在擋板之後方量測(靠近分光輻射計側)，此外，亦應量測積分球外靠近 LED 產品側之周圍溫度。2 項量測結果應符合 $25^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$ 。

若受測 LED 產品所產生之熱，使鄰近積分球之周圍溫度超過 $25^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$ 時，則可將積分球部分敞開，使 LED 產品達到熱穩定，而周圍溫度達到 $25^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$ 後，再使積分球閉合並進行量測。進行量測前應將積分球徐徐閉合，以避免在積分球內部形成氣流而影響後續之量測。應特別注意，當積分球敞開，而 LED 產品之光輸

出穩定度以積分球之照度計監測時，應關閉室內照明且不移動積分球之敞開位置。

- (III) 量測之原理：量測儀器（「積分球-分光輻射計」系統）應以標準燈校正全光譜輻射通量。當積分球已完成校正後，則毋需得知積分球之輸出光譜。受測 LED 產品之全光譜輻射通量，可由比較標準燈之 $\Phi_{REF}(\lambda)$ 得出：

$$\Phi_{TEST}(\lambda) = \Phi_{REF}(\lambda) \cdot \frac{y_{TEST}(\lambda)}{y_{REF}(\lambda)} \cdot \frac{1}{\alpha(\lambda)} \quad (1)$$

其中 $y_{TEST}(\lambda)$ 及 $y_{REF}(\lambda)$ 為分光輻射計分別對受測 LED 產品及標準燈之量測值， $\alpha(\lambda)$ 為自體吸收效應因數。

透過量測全光譜輻射通量 $\Phi_{TEST}(\lambda)$ （以 W/nm 為單位），可經由下列方程式之計算，進一步得出總光通量 Φ_{TEST} （以 lm 為單位）：

$$\Phi_{TEST} = K_m \int_{\lambda} \Phi_{TEST}(\lambda) V(\lambda) d\lambda \quad (2)$$

$(K_m = 683 \text{ lm/W})$

- (IV) 分光輻射計：可從機械掃描型或陣列型中選用任一種型式之分光輻射計。由於陣列型具有多工之特性，爰陣列型分光輻射計具有量測時間短之優點。分光輻射計之最小光譜範圍應涵蓋 380 nm 至 780 nm。可視光譜範圍定義為 360 nm 至 830 nm

積分球之光偵測器埠應為 1 個平面擴散器或為 1 個附屬球體（具 1 個開口之極小「積分

球-光偵測器」系統），設置時應與積分球內部之塗層表面切齊。使分光輻射計位於光偵測器埠內之輸入端可得到方向性響應指數 f_2 （CIE 69）小於 15% 之近似餘弦響應。應特別注意，通常配屬於陣列式分光輻射計之光纖輸入端（無額外光學特性），具有窄接收角，在未附加餘弦校正光學元件時不得使用。

經校正過後之分光輻射計於量測光學特性時將不具有匹配誤差。然而，分光輻射計仍受許多其他誤差來源所影響。應特別注意，在某些劣質之陣列型分光輻射計所產生之誤差，可能比優質之照度計頭所產生之誤差大。當 LED 產品之光譜分布與標準燈（白熾燈）不相符時，誤差將轉趨明顯。誤差之主要來源包括光譜帶寬、掃描間距、波長準確度、光譜雜散光、光偵測器非線性及輸入端之幾何特性等。以分光輻射計進行量測時，為得到準確之色度特性，光譜帶寬及掃描間距應小於 5 nm。如何減少誤差及評估量測不確定性，可參考 CIE 15 及相關技術論文。

- (V) 自體吸收效應之修正：由於在積分球內部之光源本身之吸光性，造成積分球系統之響應改變，此種現象稱為自體吸收效應。受測光源之外形及尺寸與所選用之標準光源不同時，則可

能發生量測誤差。當受測 LED 產品之外形及尺寸與所選用之典型標準燈在外形及尺寸產生極大差異時，則自體吸收效應之修正極為重要。自體吸收效應與波長相關，原因在於積分球內部塗層之光譜反射率，在光譜分布上不具平坦之特性。自體吸收效應因數定義如下：

$$\alpha(\lambda) = \frac{y_{aux,TEST}(\lambda)}{y_{aux,REF}(\lambda)} \quad (3)$$

其中， $y_{aux,TEST}(\lambda)$ 及 $y_{aux,REF}(\lambda)$ 為，LED 產品或標準燈分別依 4π 或 2π 空間幾何架構設置於積分球時，分光輻射計對輔助光源之量測值。此時，LED 產品及標準燈不點亮，僅輔助光源點亮。

(VI) 校正：量測儀器（「積分球-分光輻射計」系統）應以可追溯至國家度量衡標準實驗室之標準燈，校正全光譜輻射通量。

(d) 積分球-照度計頭法（「積分球-照度計頭」系統）：本量測方法源自傳統之積分球照度計頭法，但以照度計頭作為積分球之偵測器。以本量測方法所測得之結果雖尚可接受，但不建議採行，基於下列2項原因：以此種方法量測LED產品之光通量時將產生較大之光譜不匹配誤差（若未進行光譜不匹配誤差修正時），此外，需另設置1套獨立之色度量測儀器。

(I) 積分球：除對輔助光源之要求不同外，本量測方法適用前述之規定。採用「積分球-照度計

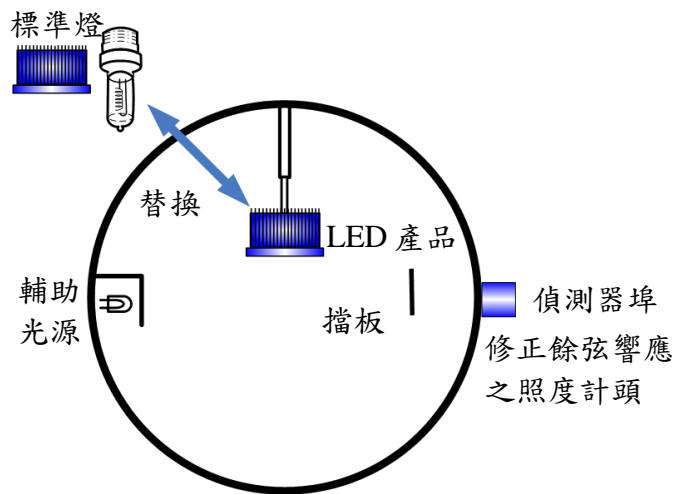
頭」系統時，輔助光源不限於白熾燈之型式。當自體吸收效應極大 ($\alpha < 0.8$)，或受測 LED 產品之外殼較大且顏色鮮明時，所使用之輔助光源之光譜分布若能與受測 LED 產品相近，則對於自體吸收效應之量測將特別準確。對受測 LED 產品量測自體吸收效應之期間，輔助光源之光輸出須保持穩定，例如：可採用穩定之白光 LED 產品。

(II) 積分球之空間幾何架構：本量測方法對於「積分球-照度計頭」系統之空間幾何架構，如圖 3 所示。以照度計頭作為偵測器係為與圖 1 不同之處。參照前述以 4π 及 2π 空間幾何架構進行量測之作法及要求。除對標準燈之要求不同外，本量測方法適用前述之規定。標準燈選用作為總光通量比較之型式，對於不同光強度分布之要求，適用前述之規定。例如：對於光束角較窄之 LED 產品，應選用光強度分布特性較窄之標準燈。若僅採用光強度分布特性為全方向性之標準燈，則面對不同型態之光強度分布需進行校正。

雖然傳統之標準燈均為白熾燈之型式，惟以「積分球-照度計頭」系統進行量測時，不限定標準燈須為白熾燈之型式。穩定性且再現性高之 LED 產品（例如：具備溫度控制之白光 LED 產品），可作為總光通量比較基準之標準

燈。標準燈之光譜分布若能與受測 LED 產品相近，將可縮小光譜不匹配誤差。若以 LED 產品作為標準燈，則角度光強度分布特性將可與受測 LED 產品相近。

(a) 4π 空間幾何架構 (針對各種型式之 LED 產品)



(b) 2π 空間幾何架構 (針對僅具有前向光強度分布特性之 LED 產品)

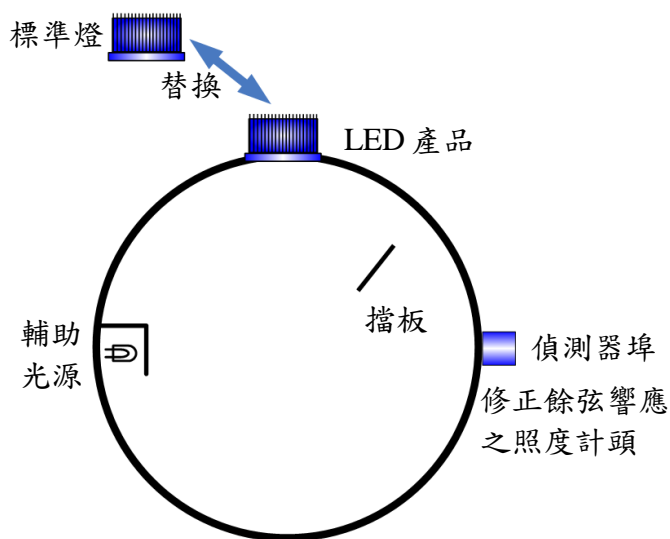


圖 3 以「積分球-照度計頭」系統量測總光通量之建議空間幾何架構。

(III) 量測之原理：受測 LED 產品之總光通量，可由與標準燈之比較得出：

$$\Phi_{TEST} = \Phi_{REF} \cdot \frac{y_{TEST}}{y_{REF}} \cdot \frac{F}{\alpha} \quad (4)$$

其中 Φ_{REF} 為標準燈之總光通量（以 lm 為單位）， y_{TEST} 及 y_{REF} 為照度計分別對受測 LED 產品及標準燈之量測值， F 為光譜不匹配誤差之修正因數， α 為自體吸收效應因數。若不測定 F ，則可在考量不確定度下採用 $F=1$ 之值。

(IV) 照度計頭：即使整個積分球之光譜響應亦對全光譜響應造成影響，照度計頭仍應具有與視效函數 $V(\lambda)$ 匹配之相對光譜響應。「積分球-照度計頭」系統之 f_1' 值（參照 CIE 69 之定義）應小於 3%。為降低後續量測之不確定度，應進行光譜不匹配誤差之修正。參照前述對決定 f_1' 值及光譜不匹配修正因數之程序。

照度計頭應具有 f_2 值小於 15% 之近似餘弦響應，且擴散器設置時應與積分球內部之塗層表面切齊。若因餘弦響應而使用附屬球體時，附屬球體之開口應不得內縮，而開口邊緣不得突出於積分球內部塗層之表面。

(V) 自體吸收效應之修正：除受測 LED 產品之型式及尺寸與作為光通量比較基準之標準燈相同（特性幾近相同之替代品）外，否則應進行自體吸收效應之修正。自體吸收效應因數可以下列方程式計算：

$$\alpha = \frac{y_{aux,TEST}}{y_{aux,REF}} \quad (5)$$

其中， $y_{aux,TEST}$ 及 $y_{aux,REF}$ 為，受測 LED 產品或作為光通量比較基準之標準燈分別依 4π 或 2π 空間幾何架構設置於積分球（設置於積分球之內或外）時，照度計頭對輔助光源之量測值。此時，LED 產品或標準燈不點亮，僅輔助光源點亮。輔助光源可為鹵素燈、白熾燈或白光 LED 產品。

(VI) f_1' 及光譜不匹配修正因數之測定：積分球之照度計頭之相對光譜響應無法與完全匹配。當受測 LED 產品之光譜功率分布與標準燈不同時，將產生誤差（稱為光譜不匹配誤差）。 f_1' 之值可視為指出光譜響應不匹配程度之指數，此值（以百分比表示）概略指出一般照明用白光光源發生誤差之程度，而 LED 產品由少數光譜輻射範圍窄之元件所組成時，誤差將大於 LED 產品之 f_1' 值。

為決定 f_1' 值，應先得知整個積分球系統之相對光譜響應 $S_{rel}(\lambda)$ 。 $S_{rel}(\lambda)$ 可對應於照度計頭之光譜響應 $S_{ph,rel}(\lambda)$ ，而 $T_{rel}(\lambda)$ 為整個積分球之相對光譜響應：

$$S_{rel}(\lambda) = S_{ph,rel}(\lambda)T_{rel}(\lambda) \quad (6)$$

$S_{ph,rel}(\lambda)$ 應於半球照明空間幾何架構中量測。若 $S_{ph,rel}(\lambda)$ 僅在一般方向量測，則應決定不確定度。理論上， $T_{rel}(\lambda)$ 可由下列方程式得

出：

$$T_{rel}(\lambda) = k \frac{\rho_a(\lambda)}{1 - \rho_a(\lambda)} \quad (7)$$

其中， $\rho_a(\lambda)$ 為積分球整個內表面之平均反射率（若積分球具有 1 個開口時，則 $\rho=0$ ）， k 為正規化因數若所使用之積分球經準確量測，則可以此方程式求得 $T_{rel}(\lambda)$ 。然而，所使用之積分球若受到污染時，從塗層反射所取得之數值，將偏離實際積分球表面之反射率。

$S_{rel}(\lambda)$ 決定後， f_1' 可以下列方程式計算：

$$f_1' = \frac{\int_{\lambda} |s_{rel}^*(\lambda) - V(\lambda)| d\lambda}{\int_{\lambda} V(\lambda) d\lambda} \times 100\% \quad (8) \text{ 且}$$

$$s_{rel}^* = \frac{\int_{\lambda} S_A(\lambda) V(\lambda) d\lambda}{\int_{\lambda} S_A(\lambda) s_{rel}(\lambda) d\lambda} s_{rel}(\lambda)$$

其中， $S_A(\lambda)$ 為 CIE 標準燈 A 之光譜分布， $V(\lambda)$ 為視效函數(spectral luminous efficiency function)。 $S_{rel}(\lambda)$ 及受測 LED 產品之相對光譜功率分布 $S_{TEST}(\lambda)$ 均得知後，光譜不匹配誤差修正因數 F 可以下列方程式計算得出：

$$F = \frac{\int_{\lambda} S_{REF}(\lambda) s_{rel}(\lambda) d\lambda \int_{\lambda} S_{TEST}(\lambda) V(\lambda) d\lambda}{\int_{\lambda} S_{REF}(\lambda) V(\lambda) d\lambda \int_{\lambda} S_{TEST}(\lambda) s_{rel}(\lambda) d\lambda} \quad (9)$$

其中， $S_{REF}(\lambda)$ 為標準燈之光譜分布。光譜不匹配誤差可由將 LED 產品所測得之光通量值乘以 F 因數加以修正。 $S_{TEST}(\lambda)$ 之準確度一般並非極為重要，可採用 LED 產品之標稱光譜分布。

有關 f_1' 及光譜不匹配誤差之細節，可參考 CIE 69。

(VII) 校正：「積分球-照度計頭」系統中之照度計頭，應以可追溯至國家度量衡標準實驗室之總光通量標準燈進行校正。

(e) 測角光度計：測角光度計通常用於量測光強度分布，據此得出總光通量。

(I) 測角光度計之型式：量測所用之測角光度計應為能使點燈位置維持不變之型式，因此，僅適用 C 型測角光度計。C 型測角光度計由移動光偵測器之測角儀及移動反射鏡之測角光度儀所組成。應特別注意，來自測角光度計機械結構及其他表面之反射光，包含從 LED 產品之表面經二次反射後到達光偵測器之情況。旋轉臂之轉速應能對 LED 產品熱平衡之影響性最小。

(II) 總光通量量測之原理：透過量測光源之光強度分布，可由下列方程式計算出總光通量：

$$\Phi = \int_{\phi=0}^{2\pi} \int_{\theta=0}^{\pi} I(\theta, \phi) \sin \theta d\theta d\phi \quad (10)$$

若照度計頭針對照度量測 $E(\theta, \phi)$ 進行校正，

$$\Phi = r^2 \int_{\phi=0}^{2\pi} \int_{\theta=0}^{\pi} E(\theta, \phi) \sin \theta d\theta d\phi \quad (11)$$

其中 r 為照度計頭之參考平面之旋轉半徑，量測光強度分布時， r 需為足夠長之光學距離 (photometric distance)。

若僅需量測總光通量，則距離之需求並無重要性。如方程式 (11) 所示，倘若能準確測出

照度，則可得出準確之光通量值，甚至在相對較短之光學距離下（半徑 r ），測角光度計僅需要較小之空間，即可對特定尺寸之光源進行量測。在此情況下，在照度計頭之偵測範圍內（對受測 LED 產品之照射角度範圍），應具有餘弦校正角度響應。依方程式（11）之定義，光源相對於旋轉中心之位置，理論上並無關聯性，因此，光源設置之位置對於總光通量之量測並不重要。

(III) 掃描解析度：應針對試驗樣品設定足夠精細之掃描解析度。對於一般廣角、平滑之光強度分布而言，橫向 22.5° （水平）、縱向 5° （垂直）之間距為可接受之範圍。若 LED 產品之光強度分布變動快速，或呈現不穩定之狀況，如同聚光型光源，則需採用更精細之角度解析度（更小之量測間距）。選擇正確之掃解析度，需憑藉長時間對燈具及各種型式光源測試中累積之經驗。

(IV) 角度涵蓋性：角度掃描之範圍，應涵蓋 LED 產品之照射角度範圍（全光束角）。使用測角光度計不利之處在於，當量測總光通量時，受測光源在某些角度被測角光度計之機構所阻擋（例如：夾持 LED 產品之旋轉臂），使得在某些方向無法進行量測（此角度稱為死角）。對於僅具有前向光強度分布特性之 LED 產品

(類似於許多既設之燈具)，並不受上述問題所影響。然而，上述問題將影響具有全方向性光強度分布特性（例如：類似於緊密型螢光燈之整體式光源）之 LED 產品。測角光度計對於具有全方向性光強度分布特性之 LED 產品由於具有較大之死角，不適合進行總光通量之量測。若死角範圍極小（例如： $\pm 10^\circ$ 或更小）時，則可在增加不確定度下以插值法補足數據點。

(V) 極化作用：應特別注意，由於旋轉鏡本身具有些微之極化特性，旋轉鏡式測角光度計之光偵測系統對極化作用具有敏感性。對具有極化光特性之 LED 產品量測總光通量時，對於極化光之靈敏性將使誤差將轉趨明顯。對此類 LED 產品進行量測時，建議測角光度計勿使用旋轉鏡。某些轉鏡式測角光度計可選擇直接在旋轉臂上安裝照度計頭，則可解決上述問題。

(VI) 照度計頭：測角光度計之照度計頭應具有與視效函數 $V(\lambda)$ 匹配之相對光譜響應。光譜響應之 f_1' 值應小於 3%。照度計頭之量測值需引入光譜不匹配性校正。對於 f_1' 及光譜不匹配性修正因數，將在正常方向所測得之照度計頭之相對光譜響應，代入下列方程式來決定。

$$f_1' = \frac{\int_{\lambda} |S_{rel}^*(\lambda) - V(\lambda)| d\lambda}{\int_{\lambda} V(\lambda) d\lambda} \times 100\%$$

$$S_{rel}^*(\lambda) = \frac{\int_{\lambda} S(\lambda)_A V(\lambda) d\lambda}{\int_{\lambda} S(\lambda)_A S_{rel}(\lambda) d\lambda} S_{rel}(\lambda)$$

其中， $S(\lambda)_A$ 為 CIE 標準燈 A 之光譜分布， $V(\lambda)$ 為視效函數。

對於總光通量量測，在照度計頭之偵測範圍內（對受測 LED 產品之照射角度範圍），應具有良好之餘弦響應，在可接收之角度範圍內， $f_2(\varepsilon, \varphi)$ 之值（與餘弦函數之相對偏差）應小於 2%。為能遮蔽雜散光（從受測光源以外，來自各個角度之反射光），照度計頭之偵測範圍應加以限制（例如：使用具有孔徑之屏幕）。為減少在照度計頭偵測範圍內之雜散光誤差，建議在偵測器旋轉臂之另一側裝設光閘，及/或天花板及地板之表面採用低反射性之材料（例如：黑色之絨布）。

(VII) 校正：用於量測光強度分布之測角光度計，應以可追溯至國家度量衡標準實驗室之照度或光強度標準品進行校正。此外，量測總光通量之測角光度計，應以可追溯至國家度量衡標準實驗室之總光通量標準燈進行有效性量測。有效性量測應以角度光強度分布（方向性/全方向性）與受測 LED 產品相近之標準燈，搭配測角光度計進行。

(f) 光強度分布：測角光度計適用於光強度分布及總光通量之量測。量測光強度分布時，應採用足夠之光學距離，一般為角度光強度分布寬之受測 LED

產品其最大尺寸之5倍以上。對於窄光束之光源，可能需要較長之距離。

設置LED產品之座標系統及空間幾何架構，應依循對特定用途之傳統燈具進行測試之規範。受測LED產品之絕對光強度分布應於試驗報告中載明。應特別注意，往常以相對光度法對傳統燈具所測得之正規化光強度數據，無法適用於LED產品。

光強度分布之量測值若記錄為電子檔，應符合以絕對光度表示之檔案格式。電子檔所記錄之數據可供設計者在產品設計時即可可靠預估出成品之照度水準。然而，在使用數據前應先認清，檔案中之光度數據僅代表單一燈具之性能，並不代表同類型LED燈具之平均性能。

(12) 發光效率

LED產品之發光效率(lm/W) η_v ，係為受測LED產品之光通量量測值 $\Phi_{\text{TEST}}(\text{lm})$ 與消耗功率量測值 $P_{\text{TEST}}(\text{W})$ ，兩者之比值，如下列方程式所示：

$$\eta_v = \frac{\Phi_{\text{TEST}}}{P_{\text{TEST}}} (\text{lm/W}) \quad (12)$$

應特別注意，上述之發光效率係指光源之發光效率，勿與輻射發光效率混淆，後者係為光源之光通量(lm)與輻射通量(W)之比值。

(13) LED產品之色度量測方法

LED產品之色度特性包含色度座標、相對色溫及演色性指數。LED產品之上述特性在空間中可能不具均勻性，因此，為使上述特性之量測結果達到特定之準

確度，所測得之色度特性值應為，在LED產品之照射角度範圍內，依光強度加權後之空間平均值。

- (a) 「積分球-分光輻射計」量測法：本節係以「積分球-分光輻射計」系統所測得之光譜輻射通量為基礎。以「積分球-分光輻射計」系統所測得之光譜輻射通量屬空間積分量，由光譜輻射通量所計算出之色度特性即為空間平均值。

欲深入了解分光輻射計如何進行色度特性量測，可另行參考 CIE 63。對於色度量測之誤差分析及校正作業，可另參考相關技術論文。

- (b) 「分光輻射計」或「色度計空間掃描」量測法：試驗室未建置「積分球-分光輻射計」系統，或試驗樣品過大而難以「積分球-分光輻射計」系統進行量測時，可採行本方法。本方法使用「分光輻射計」及/或「色度計」，可於不同方向量測受測LED產品之色度。若以測角光度計搭配色度量測儀之（稱為「測角-分光輻射計」或「測角-色度計」）進行量測，則效率更佳。在LED產品之照射角度範圍內，以合適之角度間距擷取數據，可同時量測光強度分布及色度座標。空間平均色度特性可由將各點量測值經方程式(13)計算之值，或依據空間積分三刺激值所導出。

若試驗室未建置「測角-分光輻射計」或「測角-色度計」，因角度準確度對量測所構成之影響性不大，可將儀器以徒手方式放置於特定方向且固定

距離之位置進行量測。量測色度座標及光強度（或照度）時，在 LED 產品之照射角度範圍內，垂直角 θ 之間距應在 10° 以下，且至少跨 $\varphi=0^\circ$ 及 $\varphi=90^\circ$ 之 2 個水平角（參照圖 4）。色度特性值僅需在平均光強度超過峰值光強度之 10% 的 θ 角範圍內量測。平均色度座標 (x,y) 及/或 (u',v') ，由所有量測點之加權平均值導出，權重值由光強度（或照度）及各量測點之立體角所決定。

圖 4 以測角光度計進行色度特性量測之幾何空間配置（圖中僅顯示 LED 產品朝正下方照射之情況）先將每個 θ 角在 $\varphi=0^\circ$ 及 $\varphi=90^\circ$ （或更多之 φ 角）之色度座標及光強度量測值加以平均，並表示為 $x(\theta_i)$ 、 $y(\theta_i)$ 、 $I(\theta_i)$ ，其中 θ_i 為 0° 至 180° ，角度間距為 10° ，再由計算加權平均值得出平均色度座標 x_a 。

$$x_a = \sum_{i=1}^{19} x(\theta_i) \cdot w_i(\theta_i), \text{ 其中 } w_i(\theta_i) = \frac{I(\theta_i) \cdot \Omega(\theta_i)}{\sum_{i=1}^{19} I(\theta_i) \cdot \Omega(\theta_i)} \quad (13)$$

$$\Omega(\theta_i) = \begin{cases} 2\pi \left[\cos(\theta_i) - \cos\left(\theta_i + \frac{\Delta\theta}{2}\right) \right]; \theta_i = 0^\circ \\ 2\pi \left[\cos\left(\theta_i - \frac{\Delta\theta}{2}\right) - \cos\left(\theta_i + \frac{\Delta\theta}{2}\right) \right]; \theta_i = 10^\circ, 20^\circ \dots 170^\circ \\ 2\pi \left[\cos\left(\theta_i - \frac{\Delta\theta}{2}\right) - \cos(\theta_i) \right]; \theta_i = 180^\circ \end{cases}$$

$$\Delta\theta = 10^\circ$$

色度座標 y_b 及其他平均色度特性依相同方式計算。經上述方程式計算所得為近似值，但對於一般應用仍具備足夠之準確度。若嚴格要求時，則以 X,Y,Z 三刺激值在幾何空間中之總量計算空間整

體色度特性。

使用色度計時，應與分光輻射計進行比對，即將 2 項設備分別對受測 LED 產品之量測結果加以比較，或僅將色度計用於量測與參考點（例如：垂直方向）間之色差，而參考點之色度特性則以分光輻射計量測，使分光輻射計所測得之數據成為各點之絕對色度特性之依據。光輸出亦應記錄並計算加權平均值。對於色度特性均勻之量測，量測距離應在受測 LED 產品之最大照射角度範圍之 5 倍以上。

若 LED 產品之空間色度特性不均勻程度已被斷定為小到可忽略時（ $\Delta u'v' \leq 0.001$ ），同一型式 LED 產品之平均色度特性可朝靠近光強度分布峰值之方向進行量測。

用於量測之分光輻射計，應以可追溯於國家度量衡標準實驗室之光譜輻射照度或光譜輻射標準件進行校正。

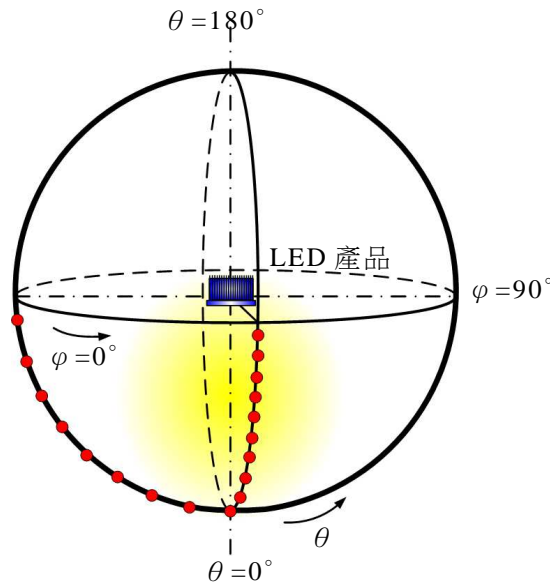


圖 4 以測角光度計進行色度特性量測之幾何空間架構（圖中僅顯示 LED 產品朝正下方照射之情況）

(c) 分光輻射計參數對量測色度特性之影響：分光輻射計之最小光譜範圍應涵蓋 380 nm 至 780 nm。分光輻射計應設定於下列狀態：即使為窄頻光譜分布特性之 LED 產品，亦能準確量測其相對光譜分布。通常，光譜帶寬及掃描間距為 LED 產品在光譜分布之量測中極為重要之參數。光譜帶寬及掃描波長間距應在 5 nm 以下（採行適當之校正方法除外），除非波長間距極小（例如：在 1 nm 以下），否則光譜帶寬及掃描波長間距應相互吻合。細節進一步參照 CIE 15。對於不同光源（包含 LED）在光譜色度量測之誤差分析及校正作業，可另參考相關技術論文。

(d) 色度特性之計算：色度座標 (x, y) 及/或 (u', v') 以及相

對色溫（CCT，以K為單位），依CIE 15之規定以LED產品之相對光譜分布進行計算。相對色溫定義為在色度圖（即眾所皆知之CIE 1960(u,v)圖，現已過時）中，光源之色度（ $u', 2/3v'$ ）座標與距離普朗克軌跡最近處對應之黑體輻射之絕對溫度值。演色性指數依CIE 13.3所規定之方程式進行計算。

- (e) 色度之空間不均勻性：LED產品在不同之輻射角，色度特性可能不同。色度之空間不均勻性應加以評估。從2個垂直平面（ $\phi=0^\circ$ 及 $\phi=90^\circ$ ）上可量出LED產品之色度座標在空間之分布，而空間平均色度座標則依方程式(13)計算。色度之空間不均勻性 $\Delta u'v'$ 由各點量測值與空間平均色度座標間之最大偏差值（在CIE(u',v')色度圖上之距離）所決定。進行色度之空間不均勻性之評估時，在準確度方面僅色度差較為重要，因此，在無法使用分光輻射計時，可以色度計進行各點之量測。

(14) 不確定度之聲明

若需聲明不確定度時，應遵照ISO Guide之規定。對於各項光學特性之量測，採用信賴區間95%之擴充不確定度，擴充係數 $k=2$ 。

(15) 試驗報告

試驗報告中應載明受測LED產品所有必要之資訊及性能數據。試驗報告中亦應載明所有與測試條件、試驗設備之型式、LED產品及所依據標準等相關之資訊。一般，須載於試驗報告中之項目包括：

- (a) 試驗日期及試驗室名稱
- (b) 製造廠商及LED產品之名稱
- (c) 量測項目及量測值（總光通量、發光效率等）
- (d) 受測LED產品與電性相關之額定值（交流或直流）
及標稱相對色溫
- (e) 量測前之操作時數（針對新品測試則為0小時）
- (f) 量測時之總操作時數（包括達到穩定狀態之時間）
- (g) 周圍溫度
- (h) 受測LED產品之點燈位置
- (i) 達到穩定狀態之時間
- (j) 光度量測方法或所使用之量測設備（積分球-照度計頭、積分球-分光輻射計或測角光度計）
- (k) 所使用標準燈之型式及名稱（功率、光源型式、光強度分布型式—全方向性/方向性）
- (l) 所使用之修正因數（例如：光譜不匹配性誤差、自體吸收效應及光強度分布等）
- (m) 光度量測條件（以積分球進行量測時，包括：積分球直徑、內部塗層之反射率及 4π 或 2π 之空間幾何架構等。以測角光度計進行量測時，則為光學距離等）
- (n) 對每個LED產品所測得之總光通量(lm)、電壓(V)、電流(A)及功率(W)等
- (o) 光強度分布（視需要）
- (p) 色度（白光LED產品之色度座標、相對色溫及/或

演色性指數)

- (q) 光譜功率分布 (視需要)
- (r) 若將光譜分布及/或色度分布載入試驗報告中，則應加註分光輻射計之光譜帶寬
- (s) 所使用之試驗設備
- (t) 不確定度之聲明 (依要求)
- (u) 若與標準操作程序有所差異時，應於試驗報告中加註差異點

(16) 附錄 (參考)

本附錄提供該標準在制定方面之背景資訊。本附錄針對相關議題加以補充說明，包括：固態照明產品與傳統光源或燈具在量測方面之差異、該標準制定之必要性，以及取樣未納入該標準之理由。

(a) 固態照明與傳統照明之差異

傳統光源與燈具在光度量測方面，操作條件與光源之種類無關。上述操作條件包括：標準安定器、電性之量測、穩定時間及光源之操作等。因此，對於不同種類之光源，甚至可搭配不同種類光源使用之燈具，須制定不同之標準。由於 LED 光源與傳統光源在操作及溫度等條件方面截然不同，有必要針對 LED 產品特別制定量測標準。

LED 產品可為光源之形式，例如整體式 LED 燈，或為燈具之形式，範圍可小至燈泡大至螢光燈管。視 LED 產品尺寸及光度之需要，可選用積分球或測角光度計進行量測。因此 LED 產品之光

度可分別由光源及燈具領域之工程師依不同之作法及經驗進行量測。該標準對上述 2 種領域之工程師提供一致性之量測方法。

傳統上，光度之量測需分別針對光源及燈具進行，採用不同之試驗方法。光源一般以積分球進行量測，總光通量及色度為最重要之參數。燈具通常以測角光度計進行量測，光強度分布及發光效率為最重要之參數。在標準方面，已發展為針對光源及針對燈具等 2 大體系。然而，對於現今絕大多數之 LED 產品，LED 光源多無法與燈具分離，爰 LED 產品多兼具光源及燈具之雙重特性。因此，既存針對光源或燈具之標準無法直接適用於 LED 產品。

(b) 相對及絕對光度

傳統針對燈具之光度量測方法無法套用於 LED 產品，係因傳統燈具以測角光度計，依稱為相對光度量測之程序進行測試。依上述之方法，受測燈具與所使用之光源分別進行量測。由測角光度計對燈具所測得之光強度分布數據，以用於該燈具之光源所測得之總光通量加以正規化。因此，光強度分布通常以相對比值表示（例如：每 1,000 lm 之 cd 值）。上述之試驗方法並不適用於 LED 產品，係因大多數之 LED 產品，LED 光源並非設計為可與燈具分離。即使 LED 光源可與燈具分離，相對光度量測法仍無法套用於 LED 產品，係

因 LED 光源若在燈具外操作，由於熱條件之不同將使光輸出產生明顯之改變。因此，既存標準針對燈具之量測方法，無法用於 LED 產品。

某些標準提供絕對光度量測法，在其架構下，燈具之絕對光強度分布可不需與光源分開量測。LED 產品應採用絕對光度量測法，然而，傳統燈具極少使用絕對光度量測法，而相關標準對於此方法之敘述亦不夠詳盡。該標準針對 LED 產品以絕對光度法量測總光通量之要求，提供詳盡之說明。

(c) 取樣

相對光度量測法通常用於燈具，量測結果通常與光源輸出流明值之個別差異無關，係因量測結果以光源所測得之總光通量加以正規化所致。因此，由於光源本身之差異以及控制裝置在安定器因數之差異，使光源光輸出之個別差異被消除。當光源因光通量差異所產生之不一致性被消除，則由燈具在幾何方面之差異所引起在光通量量測時所產生之不一致性可予忽略。

應特別注意，由光源所產生之光通量差異，為光源及所搭配之安定器/控制裝置兩者之函數。因此，回顧歷史之經驗，評定 1 盞燈具僅需針對單一樣品進行量測即可，此種做法常用以評定燈具之性能。相反地，LED 產品之量測結果，直接受光源之光輸出所影響，尤以 LED 光源之差異所造成

之影響最深，甚至比螢光燈所受之影響更顯著。

因此，量測單一樣品不足以評定 LED 產品，需適度取樣並將試驗結果加以平均為宜。

對於不同之應用，個別產品在差異方面之容許度要求將有所不同。該標準提供針對單一 LED 產品之試驗方法，不涵蓋針對產品性能評比之取樣方法。對於產品性能評比之要求及取樣方法，應由法規、採購者及供應商加以規範。

4. LM 80 之重點內容簡介

(1) 適用範圍

該標準所提供之方法係透過試驗室間對試驗結果可靠性之比對，所建立之一制性試驗方法。該標準提供 LED 光源在設計及驗證時所需之光束維持率量測方法，以符合照明產業標準。

該標準所提供之 LED 光源之光束維持率量測方法，僅適用於 LED 封裝體、陣列及模組。光束維持率係在控制之條件下所量測之特性，性能則視不同之應用而有所差異。該標準不提供指導或任何對預測性評估之建議，亦不得用於將實際測試之數值以外插法得出實測範圍外之光束維持率。

(2) 用語及定義

(a) 量測單位(unit)：電性之量測單位為伏特(V)、安培(A)及瓦特(W)。溫度之量測單位為攝氏溫標(°C)，光度之量測單位為流明(lm)。

(b) LED光源(LED light source)：透過驅動器操作之LED

封裝體、陣列及模組。

- (c) 光束維持率(lumen maintenance)：光束維持率為LED光源之光通量初始值，在經歷指定之操作時間後所維持之輸出光通量（通常以與最大光通量之百分比表示）。光束維持率與光衰之意義相反。
- (d) 光束維持壽命(lumen maintenance life)：LED光源在達到指定之光衰百分比（或光束維持率）時所經歷之操作時間，以小時表示。操作時間不包含光源在點滅循環中斷電或週期性斷電所經歷之時間。
- (e) LED光源失效(LED light source failure)：LED光源不再提供光輸出之情況。由於製造缺失所導致之失效，例如功能提前失效，應載於試驗報告中，惟不納入LED光源之光束維持率計算。
- (f) 額定光束維持率壽命(rated lumen maintenance life, L_p)：LED光源保持特定光束維持率 p （與初始光通量之百分比）所經歷之操作時間。例如：
 - L_{70} （小時）：到達 70% 光束維持率之時間。
 - L_{50} （小時）：到達 50% 光束維持率之時間。
- (g) 外殼溫度(case temperature, T_s)： T_s 為熱電偶位於LED光源封裝體貼附處（量測點）所測得之溫度。該點由LED封裝體之製造廠商指定。

(3) 周圍環境條件及物理條件

建議試驗室應在相對潔淨之環境中進行 LED 光源之儲存及測試。LED 光源在操作前應先詳細閱讀標示處理事項之標籤所註明之內容（例如：靜電放電(ESD)）隨

後清除乾淨。

(4) 試驗單元 (LED 光源) 之標示

個別之 LED 光源應在壽命試驗期間隨時追蹤。試驗單元識別之方式，可以試驗單元本體之標示、運送時黏貼於試驗單元本體之估價標籤，或試驗單元在壽命試驗期間位於試驗架上之位置。

應於考量暴露於光及熱之影響性後，選定識別方式。合適之標示方法及材料，包含具耐久性之條碼、以磁性墨水標示、高溫烙印或其他方法，可在壽命試驗期間維持其耐久性。

(5) 試驗樣品之選擇

由於測試值與取樣方法、取樣數量、試驗條件及其他因素相關，爰試驗樣品 (LED 光源) 之選擇極為重要。所選擇之試驗樣品，應為所有之受測群體中最具代表性者。在大多數之情況下，應依合適之標準進行取樣。取樣方法及取樣數量應載於試驗報告中。

(6) 環境條件

(a) 震動：在壽命試驗期間，LED光源應不受過度之震動或衝擊所影響。對於震動之要求，LED組件 (LEDs)不如LED光源嚴謹。

(b) 溫度及溼度：LED光源應在至少3種外殼溫度(T_s)及相同驅動電流之操作下，量測各項光學特性。外殼溫度(T_s)至少應包含 55°C 及 85°C ，第3種溫度則由製造廠商指定。製造廠商所指定之外殼溫度及驅動電流，應涵蓋使用者預期使用時之條件，並應在建議

之操作溫度範圍內。在壽命試驗期間，外殼溫度應控制在 -2°C 之範圍內。在壽命試驗期間，LED光源之周圍空氣溫度應維持在外殼溫度 -5°C 之範圍內。試驗室內之周圍空氣溫度應持續監控。在壽命試驗期間，相對濕度應維持在65%以下。

(c) 氣流：由於熱傳特性隨氣流之變化而異，LED光源應在氣流最小下起動及操作。由於部分空氣流動可避免溫度分層現象，爰應使鄰近於受測LED光源之氣流最小。

(d) 試驗單元（LED光源）之操作方向及間距：受測LED光源之操作方向應由製造廠商指定。由於LED光源由固態元件組成，理應不受操作方向影響，惟氣流之對流效應可能影響散熱片及熱管理裝置之運作。試驗單元之配置間距，應不影響各試驗樣品周圍之氣流流動。可透過設計開放式壽命試驗架，採用最少之結構元件阻隔氣流，以達成上述目的。

(7) 電性條件及熱條件

(a) 輸入電壓及電流

輸入電壓應符合驅動器之額定電壓（均方根值）及額定頻率。若以直流為電源時，漣波電壓應不超過直流輸出電壓之2%。

(b) 電壓波形

電源之電壓波形，總諧波失真應不超過基本波之3%。

(c) 輸入電流之調控

輸入電流應加以監控。在壽命試驗期間，應調控在額定電流（均方根值）之 $\pm 3\%$ 以內；在光學特性量測期間，應調控在額定電流（均方根值）之 0.5% 以內。在 LED 光源之操作期間，驅動電流應維持固定。為測試 LED 組件在相同電流下之實際操作情況，電流可依製造廠商之建議，以溫度為函數調整額定值。

(d) 輔助設備（包含驅動器）

若 LED 光源須搭配外部驅動器時，應使用符合製造廠商指定規格者。

(e) 外殼溫度

應使用符合「特別限制範圍」（ 1.1°C 以下或 0.4% ，擇其較大者）之熱電偶量測系統以監測外殼溫度(T_s)。在壽命試驗期間，應監測外殼溫度(T_s)。在製造廠商於 LED 光源試驗單元上所指定之外殼溫度量測點（即貼附熱電偶之點），直接量測外殼溫度(T_s)。應使用製造廠商所建議之散熱片。

(8) 試驗及量測程序

(a) 儀器

進行壽命試驗時，準確記錄 LED 光源所經歷之操作時間極為重要。若使用計時設備時，應連接至特定之試驗位置，且應在受測 LED 光源於通電狀態下始累計時間。當電源無法維持在規定之供電條件時，監控裝置應停止累計時間。若對時間準確性有所要求，則應採用視訊監視、電流監控或其他方

法以測定 LED 光源所經歷之操作時間。應依設備製造廠商之技術規範，進行所有設備之校正。總經歷操作時間之不確定度應在 $\pm 0.5\%$ 以內。

(b) 光學特性之量測

受測 LED 光源之光學特性，應依適用之標準進行量測。光通量應在壽命試驗所採用之驅動電流下進行量測。在理想情況下，驅動電流最初應設定在測定製造廠商所宣告之額定光通量所採用之驅動電流。

由於 LED 光源壽命期間內之光色穩定度在許多照明應用中為重要之參數，爰應測定色度座標值。強烈建議以分光輻射計進行全光譜輻射通量之量測，以測定光學特性及色度特性值。

(c) 光學特性之量測溫度

光通量及色度量測期間之周圍溫度，應在 $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 以內。各項光學特性量測時，整段試驗期間之周圍溫度，應載於試驗報告中。在進行量測前，LED 光源應冷卻至室溫。

(9) LED 光源之光束維持率試驗法

(a) 光束維持率之試驗期間

在所規定之溫度下，試驗單元至少應操作 6,000 小時，試驗數據至少每 1,000 小時擷取 1 次。為達到改善預測模型之目的，建議應操作 10,000 小時。

(b) 點滅循環

點滅循環嚴重影響一般光源之壽命及性能，而

LED 光源可因應頻繁之點滅循環，100%調控操作條件，對於壽命之影響極小。然而，驅動器及模組應以定電流驅動，以避免調控行為影響試驗結果。驅動方法應載於試驗報告中。

(c) 失效之記錄

在每次量測期間，至少應以目視觀察或自動監測之方式，檢查 LED 光源是否失效。當每次失效狀況發生時，應詳查並確認係 LED 光源本身之失效，而非因驅動器之功能失調或因電性連接所引發之失效。LED 光源嚴重失效時應載於試驗報告中。

(d) 色度

在各項光學特性試驗期間，於光束維持率試驗之過程中，以量測色度坐標之方式測定色度偏移並載於試驗報告中。

(10) 試驗報告

試驗報告中應載明相關之資訊，包括：試驗條件、試驗設備之型式及受測LED光源之型式。下列項目須載於試驗報告中：

- (a) 受測LED光源之數量
- (b) 關於受測LED光源之說明事項
- (c) 關於驅動器之說明事項
- (d) 點滅循環
- (e) 周圍條件，包括：氣流、溫度及相對濕度
- (f) 外殼溫度（試驗點之溫度）
- (g) LED光源進行壽命試驗時之驅動電流

- (h) 在進行光學特性量測之電流下，初始光通量及順向電壓
- (i) 各個別光源之光束維持率數據，包括：平均值、標準差及所有LED光源最大與最小之光束維持率
- (j) LED光源失效之觀察結果，包含：失效條件及失效之時間
- (k) LED光源之監測期間
- (l) 光學特性量測之不確定度
- (m) 在整段量測期間內之色度偏移

所有須載於試驗報告中之項目，在進行各項試驗時均應加以記錄。應以表格方式呈現試驗結果。

5. 活動心得

在 LED 發展趨勢方面，LED 在產品應用技術之進展迅速，OLED 亦不惶多讓，以後起之秀之姿緊追在後，發展前景看好，據了解，未來 ENERGY STAR 之技術規範中將涵蓋 OLED 產品。LED 在發光效率及演色性等方面尚難達成與傳統光源相當之水準，惟在可變光譜部分則獨佔優勢，光色可變之特性可用於醫療（調整生理節律）、道路照明（起霧時調為黃光，以增加能見度）、裝飾照明及一般照明（配合情境轉換光色）等，造就獨特且嶄新之應用。AC LED 之技術不若 LED 及 OLED 成熟，雖然 AC LED 光源已有通過 UL 8750 之實例，惟現今仍以低功率應用居多，未來是否普及且是否有機會納入 ENERGY STAR 技術規範中則值得觀察。

在 LM 79 標準方面，放眼全世界，針對 LED 照明產品光學特性及電性量測標準最詳實者莫過於此標準，此項標準歷經

5 年之討論及實測始完成制定，雖屬產業標準層級，惟在國際間廣泛受到採用及引用。在光學特性量測方面，該項標準提供積分球及測角光度計等 3 種方法（其中積分球法佔 2 種），據了解採用不同方法之量測結果存在偏差，而該標準中並未說明每種方法之適用條件及選用原則，試驗室有時面臨難以取捨之問題。此外，積分球法尚包含球內及球外之測試，以傳統光源而言，在球內之測試不需考慮光源表面之吸光性，量測誤差不大，惟以 LED 產品而言，目前多數屬整體式結構，即光源、外殼、散熱機構及電源單元之組合體（LED 路燈即為一例），若置於球內量測，則外殼之吸光性與燈體之散熱等因素均將造成量測結果產生重大誤差，且 LED 標準燈至今尚難取得，而標準中並未敘明校正方法及標準燈之規格，使得實際量測時易衍生爭議。

在 LM 80 部分，該標準屬 LED 光源之一般壽命量測方法，需以 6,000 小時至 10,000 小時之量測結果作為壽命評估之參考。以 LED 產品之生命週期為半年而言，6,000 小時之測試時間近 9 個月，而 10,000 小時之測試時間則超過 1 年，兩者均大於其生命週期，以 LED 發展標竿之海氏定律(Haitz's Law)而言（LED 之發光效率約每 18 至 24 個月可提升一倍，而 10 年內之發光效率可提升 20 倍，而成本將降至十分之一），LED 技術之發展速度將遠超過測試時間，即舊產品之測試尚未完成，新產品已先推出，而效能已超越測試中之舊產品，發展加速評估方法為值得努力之方向。據了解，IESNA 正積極制定 TM 21「LED 光源之光束維持率推估方法」，即以 LM 80 之測試數據搭配合適之統計模型進行 LED 光源之壽命

推估，而 IEC 亦正著手制定「LED 光束維持率之測試與推估方法」之暫行標準(PAS)，可見標準將朝向建立加速評估方法之方向發展。

四、心得與建議

本次之行程在檢測方面之收獲在於了解 LED 產品在安全性及電磁相容性測試設備方面之建置條件，可作為本局在檢測能力之建立以及國內 LED 產品檢測能量評估之參考。在標準方面之收獲則對於 LED 技術之發展趨勢有所認識，此外對於 ENERGY STAR 之技術規範、UL 8750、LM 79 及 LM 80 之內容則充分掌握。

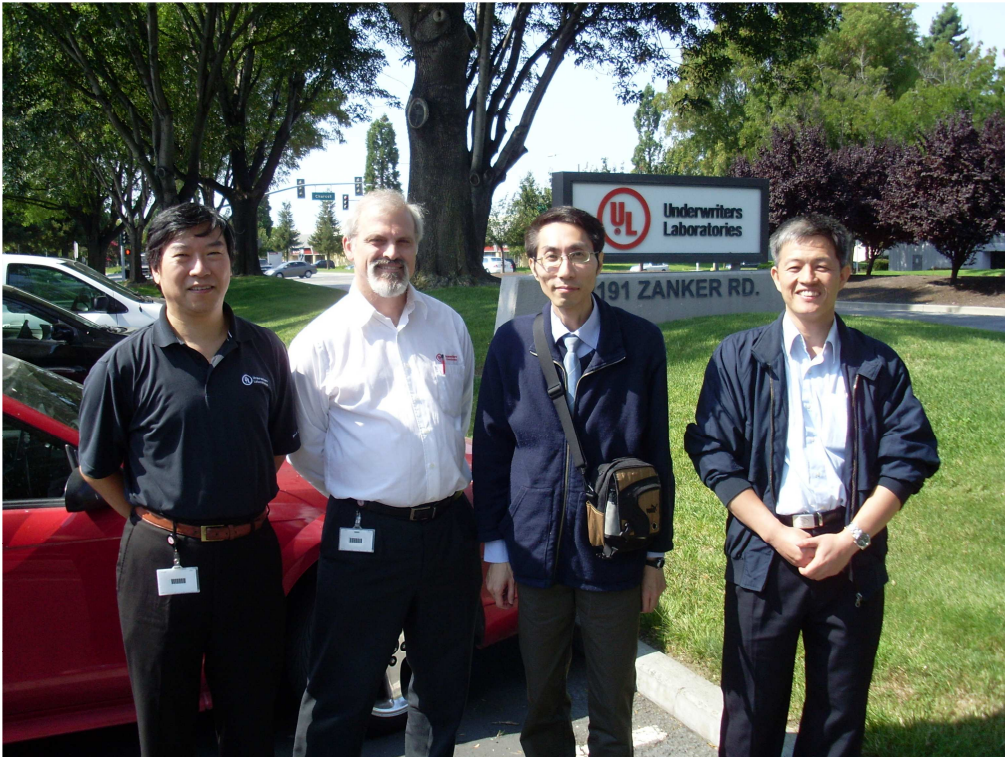
透過實驗室之參訪可了解本局及民間財團法人與試驗室所具有之設備，應可滿足目前 LED 產品在安全性及電磁相容性檢測需求。鑑於歐洲已要求輸入之產品除安規及電磁相容性測試外，須依 IEC 62471 進行光生物性危害評估，據了解國內已完成設備建置之實驗室仍屬少數，未來可添購相關設備，以因應 LED 照明產品普及後，對於光生物安全性之檢測需求。

在相關標準之資料蒐集方面，本報告已將 ENERGY STAR 之技術規範、UL 8750、LM 79 及 LM 80 之重要內容儘可能整理及收錄，可作為培養檢測技術及相關國家標準在制、修訂方面之參考資料。與 UL 8750 相關之標準計有 IEC 61347-1「光源控制裝置之通則」、IEC 61347-2-13「LED 模組用光源控制裝置之個別規定」及 IEC 62031「一般照明用 LED 模組之安全性要求」等 3 種，本局已完成 IEC 62031 之調和，後續可將 IEC 61347-1 及 IEC 61347-2-13 一併調和，與國際接軌。

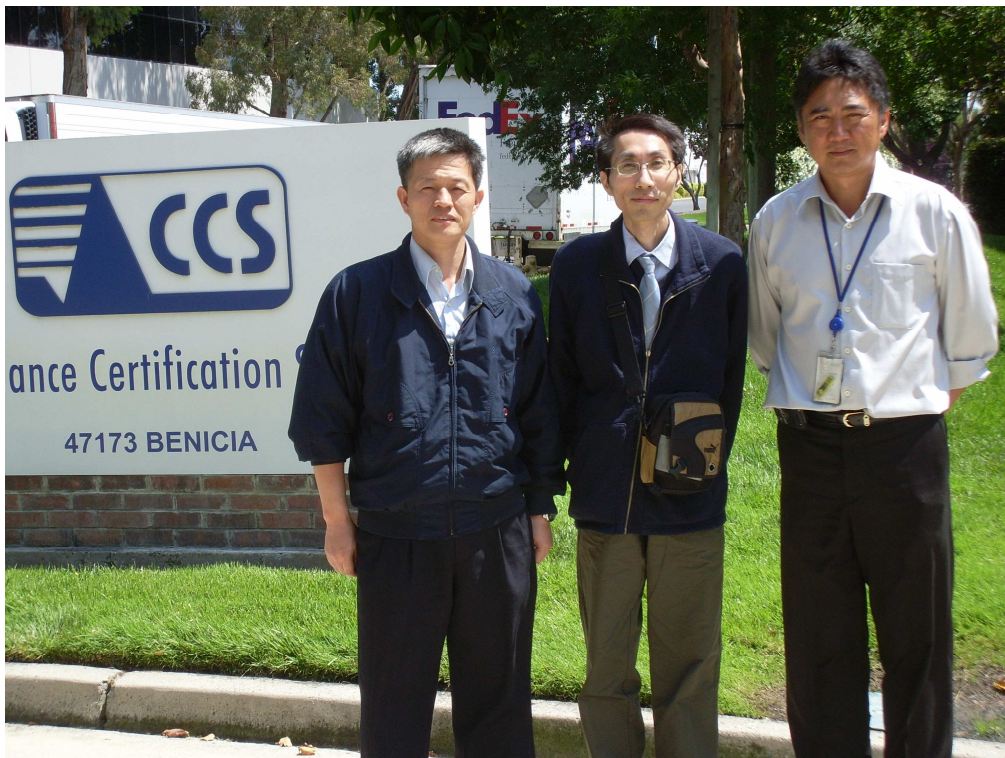
LED 加速評估方法之建立為標準制定之重要方向，本局正制定「LED 元件之加速壽命評估方法」及「LED 元件之加速壽命評估方法」等 2 項國家標準，可為 LED 之加速評估先行奠定基礎，對於 LED 光源及產品之加速評估方面，光源部分可積極掌握 IESNA TM-21 「Predicting Lumen Maintenance of LED Sources」及 IEC 發展中之 PAS「LED - Testing and prediction of lumen maintenance」之制定進度，在 LED 產品部分，據了解工研院與 LED 路燈產業聯盟正合作建立 LED 路燈之加速壽命評估方法。

此行在標準及檢測技術方面均獲得相當之成果，相信日後在標準、檢測及驗證等相關業務之推動，均能發揮極大之助益。

五、 活動照片



參訪 UL 之 LED 相關產品安規檢測實驗室



參訪 UL 之 LED 相關產品電磁相容性檢測實驗室(UL CCS)



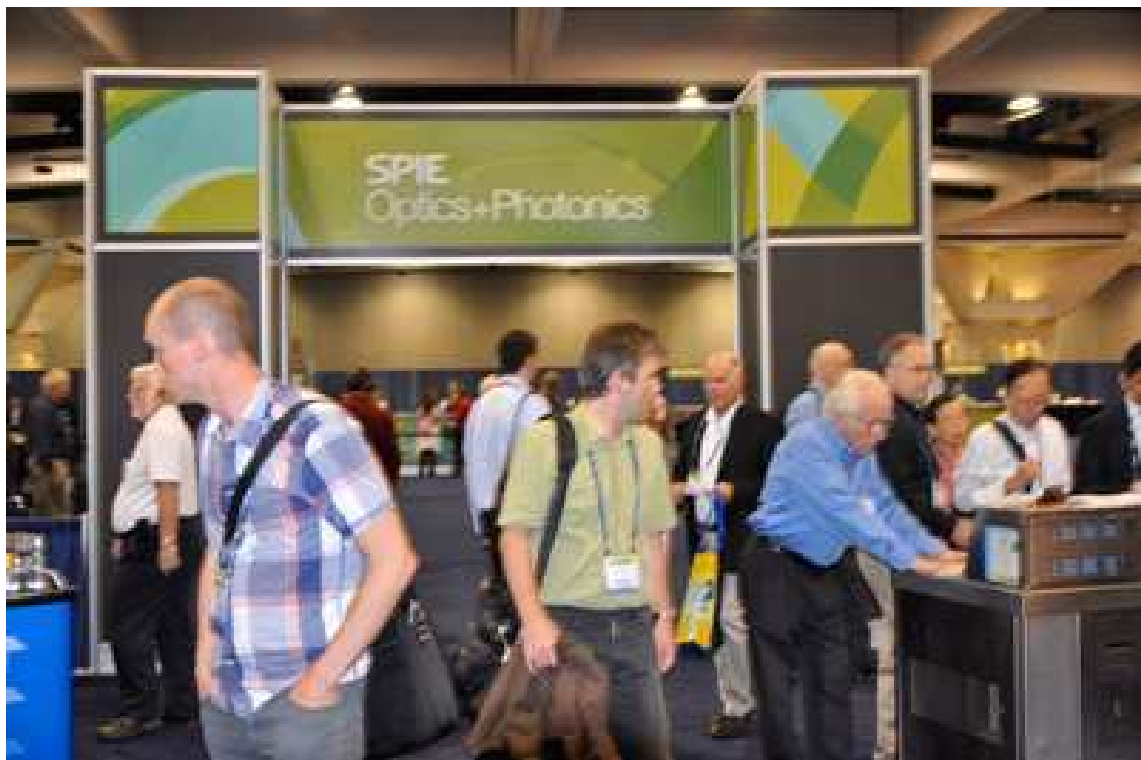
SPIE Optics + Photonics 之展覽會場



SPIE Optics + Photonics 研討會實況



SPIE Optics + Photonics 研討會實況



SPIE Optics + Photonics 展覽實況

