

LED/雷射/VCSEL (SSL) 測試

生產和其他應用中的 LED、雷射和 VCSEL 測試 (SSL 測試) 概述

內容

- 1. 簡要說明
- 2. 簡介
- 3. SSL 測量要求概述
 - 3.1 LED 和 SSL 測試的標準、規範和指南
 - 3.2 LED、VCSEL 和雷射測量要求因應用而異
 - 適用於所有應用程式：
 - 生產線測試
 - 實驗室應用/來貨檢驗/生產助理品質保證
 - 客戶/使用者現場應用測試
 - 3.3 LED 和 VCSEL 測量設備的關鍵參數
 - LED 和 SSL 光度計（光譜輻射計）：
 - 適用於不同 LED 測試測量的輸入光學元件
 - LED 和 SSL 測試電氣測量
 - LED 和 SSL 測試的軟體需求
 - LED 和 SSL 測試的環境條件
- 4. LED、VCSEL 和 SSL 測試中的測量解決方案和可能性
 - 生產線中的 SSL 測試
 - 實驗室應用/品質控制/生產助理 QA
 - 客戶或使用者現場應用測試
- 5. 總結

◦ 6. 文學

1. 簡要說明

本文將首先介紹 LED/SSL (LED = 發光二極管，SSL = 固態照明) 測試的要求以及針對不同應用的計量解決方案，這些應用涵蓋生產現場應用、實驗室測量以及用戶/客戶現場測試。Gigahertz-Optik 在光測量技術領域擁有 30 多年的經驗，並憑藉 BTS 技術在光譜測量領域開闢了一條極具創新的道路。

2. 簡介

LED 越來越多地被用於照明和設計元素。隨著眾多新應用和龐大市場的出現，市場對 LED 和 SSL 的品質（即光譜特性，例如顯色性、色彩保真度、主波長、色位）、能源效率（效率 lm/W）和價格的要求也日益提高。這意味著在價格下降、全球競爭日益激烈的今天，產品品質必須不斷提高。在品質方面，除了高端精密的製造方法外，還需要非常精確、穩定且經濟的測量技術，因為由於製造流程的不同，LED 的光學特性無法完全相同。即使在同一生產批次中，光學特性也可能存在差異。因此，需要對 LED 進行全面的測試（強度 (W、lm、W/sr、cd) 和色度），以及在生產過程中對不同 LED 等級進行測試。此外，LED 的生產週期對其在實際應用中的技術應用也至關重要。例如，散熱器對產品的穩定性和使用壽命有著決定性的影響。此外，基於 SSL 的雷射和 VCSEL 如今發揮著重要作用，測量系統必須解決這個問題。

3. SSL 測量要求概述

3.1 LED 和 SSL 測試的標準、規範和指南

一些專業委員會制定了指南，以滿足計量、電子和光學方面的要求。這些指南為使用者在測量技術選擇和關鍵參數方面提供了良好的框架。以下文件值得一提：

發佈日期:

CIE84 光通量測量

CIE127 LED 的測量

CIE198 光度測定中測量不確定度的測定

CIE214 儀器帶通函數的影響

CIE S014 比色法

CIE S025 LED 燈、LED 燈具和 LED 模組的測試方法

LM-79-08 固態照明產品的電氣和光度測量

LM-80-08 測量 LED 光源的光通維持率

DIN 5032-9 非相干輻射半導體光源光度參數的測量

CIE225 高功率 LED 的光學測量

CIE226 LED 高速測試方法

CIE233 陣列光譜儀的校準、特性和使用

資訊：作為 CIE 的銀牌支援會員，Gigahertz-Optik GmbH 支援標準處理，並協助確保計量概念在技術上可行。我們也參與 DIN 專家委員會。這項流程使我們能夠快速回應客戶的新需求。

3.2 LED、VCSEL 和雷射測量要求因應用而異

測量技術必須適應相應的應用。這意味著生產線上的工業測量與客戶現場產品品質檢查的要求截然不同。以下是適用的基本要求：

適用於所有應用程式：

- 對測量技術的穩定性要求非常高
- 對測量值的可重複性和可比性的要求非常高
- 校正不確定度低、可追溯至國家機構且測量不確定度低
- 卓越的性價比，取決於品質要求

生產線測試

- 快速同步測量
- 與其他測量技術（例如 Keithley 2400/2600 電源供應器或 LPS20）的相容性（觸發選項等）
- 全面的軟體包，提供良好的支持，方便整合到客戶系統中。或完整的測量軟體。

- 緊湊型測量系統，可整合於晶圓探針/測試機（前端和後端分選）

實驗室應用/來貨檢驗/生產助理品質保證

- 非常靈活，可能是模組化的測量概念，以促進不同的測量任務
- 在受控條件下進行測量，例如 **junction temperature**.
- 與其他測量技術（例如 **Keithley 2400/2600** 電源供應器或 **LPS20 LED** 驅動器）的相容性（觸發選項等）

客戶/使用者現場應用測試

- 手持式測量設備/行動設備
- 適合戶外使用（溫度校正、防潑水、非常堅固、小巧）
- 操作簡單直觀，無需預熱
- 性價比高，適應不同應用場合的要求。

3.3 LED 和 VCSEL 測量設備的關鍵參數

一些專業委員會（例如 **CIE** 和 **IES**）根據科學出版物，為基本設備參數指定了不同的標準、規範和指南。以下是一些參數：

LED 和 SSL 光度計（光譜輻射計）：

光譜輻射計廣泛應用於 **LED/SSL** 測量技術。

- 校準不確定度：

光譜輻射計的校正必須可溯源至國家標準，例如 **PTB** 或 **NIST**。校準也必須在合格且經驗豐富的校準實驗室進行，因為校準品質對於測量設備的可用性、可重複性和可比較性至關重要。

附註：*Gigahertz-Optik* 擁有自己的、經認可的 (**DAkkS : DK-15047-01-00**) 光譜幅照度和光譜響應度校準實驗室，以確保其產品的最佳校準品質和品質保證。

- 測量不確定度：

除了校準不確定度外，測量不確定度也至關重要，因為待測光源通常與設備校準中使用的光源不同。也必須考慮測量地點的不同因素（環境條件）（參見 **CIE198** 和 **CIE S025**）。因此，必須進行額外的測量不確定度測試。對於使用者而言，這意味著需要對光譜輻射計進行全面的特性分析，並

且製造商必須提供這些參數。

- 可重複性：

測量結果的可重複性以及機構設計（例如積分球或光強度適配器）的可重複性都至關重要。從機械角度來看，這些適配器必須經過深思熟慮並堅固耐用。光纖在此更容易損壞，因此與更穩定的封閉系統相比，其要求更高。

- 光頻寬：

小於 **5 nm** 或根據 **CIE214** 進行頻寬校正（例如，頻寬校正後的 **10 nm**）。適用於實驗室和應用測量。小於 **3 nm** 的光學頻寬是工業應用（例如 **LED** 分選）的理想選擇，可提高顏色測量的精度。光學頻寬會扭曲光譜，例如當 **LED** 的譜線或峰值擴散時（請參閱“[光測量基礎知識](#)”）。

- 波長精度：

對於應用測量，此精度應優於**±0.5** 奈米，以確保色坐標測量具有足夠的精度。對於高精度分檔應用，波長精度應優於**±0.2** 奈米。這種精確度在色坐標測量中至關重要，因此也是測量不確定度中最重要的因素之一。除了精確度之外，波長校準的穩定性也是獲得穩定結果的關鍵。

- 雜散光抑制：

雜散光抑制（見下文註）對於白光 **LED** 的測量尤其重要。雜散光抑制不足會導致色位偏移等問題。為了獲得足夠精確的測量結果，雜散光抑制率必須達到不低於 **10E-3**。高階光譜輻射計（例如，具有 **ZEMAX** 模擬的光束路徑等）憑藉其硬體特性，可以輕鬆滿足此要求。根據(**Zong et al., 2006**)或(**Nevas et al., 2012**)的文獻，雜散光矩陣計算可以更好地抑制雜散光。除了波長精度之外，充分的雜散光抑制對於精確的色位測量也至關重要。

註：雜散光抑制是指避免與所用波長不同的雜散光/偽光。例如，光譜儀中白光 **LED** 發出的訊號可能會產生雜訊光，偵測器像素會在 **400 nm** 以下的光譜範圍內偵測到此雜散光。該訊號隨後會在測量數據中重現，儘管從物理上講，它並非直接來自 **LED**，而是由於光譜輻射計的測量誤差造成的。這種測量誤差會導致顏色位置的偏移。雜散光的主要問題在於它高度依賴被測光源及其光譜分佈。因此，應始終努力實現最佳的雜散光抑制，以避免或減少這種不確定性。

- 觸發選項：

尤其是在工業應用中，由於生產過程採用時鐘控制，測量設備通常並非控制設備。因此，應整合觸發選項，例如允許電流源（例如 **Keithley 2400/2600** 或 **LPS20**）觸發測量。此處，精確同步要求觸發輸入埠（即測量物件的電流源）與量測起始點（使用光譜輻射計開始測量）之間的抖動盡可能

小。

- 線性：

CCD 和 **CMOS** 偵測器的線性度不足以滿足所有驅動電平和積分時間下精確光譜輻射測量的要求。因此，高品質的測量設備通常配備完全線性化的探測器。

注意：**Gigahertz-Optik** 的 **BTS** 技術允許整合額外的偵測器作為參考或校正因子，從而確保在大動態範圍內的高線性度。

適用於不同 **LED** 測試測量的輸入光學元件

- 光通量測量：

積分球 → 不同的應用需要不同的球體幾何形狀。**2pi** 測量幾何形狀通常是生產線的首選，因為它們可以快速輕鬆地將測量對象放置在球體中。組合式 **2pi** 或 **4pi** 積分球是實驗室應用的理想選擇，因為它們在測量物件的位置方面具有高度靈活性。此外，可旋轉球體也是測量處於應用位置的燈的理想選擇。

註：**Gigahertz-Optik GmbH** 在積分球製造方面擁有數十年的經驗，並在球體的選擇和配置方面提供必要的專業知識和多種設計選擇。

- 發光強度測量：

ILED-B 或 **ILED-A** 轉接器 → **LED** 平均強度轉接器（**A** 或 **B**）憑藉其快速且可重複的測量結果，在 **LED** 測量技術領域佔有一席之地。兩種型號均需要 **1 cm²** 的均勻響應區域和規定的測量距離（**ILED-B = 100 mm → 0.01 sr**，**ILED-A = 316 mm → 0.001 sr**）。**ILED-B** 因其更短的測量距離和由此帶來的更短測量時間（**10** 倍）等額外優勢而更廣泛地應用。

- 晶圓測試儀/晶圓探測器：

有些生產線需要在晶圓製造過程中進行檢測/分類。這需要使用所謂的晶圓測試儀。這些特殊的高靈敏度光纖輸入光學系統，能夠以最短的測量時間，將測量點直接精確定位在所需 **LED** 前方的晶圓上。它們主要根據輻照度和輻射度進行校準。原則上，它們是 **ILED-B** 或 **ILED-A** 測量幾何結構的改良版，以滿足不同的需求。

- 照度：

COS 漫射器 → 完美適配光譜輻射計整個光譜範圍的 **COS** 漫射器對於精確的照度測量至關重要。如果未整合 **COS** 漫射器，由於測量訊號的 **COS** 加權不同，在入射角較大的情況下可能會導致光

譜測量誤差。

LED 和 SSL 測試電氣測量

- 來源與測量：

電流源應符合 **CIE S025** 指南。這意味著必須考慮電流源的校準不確定度、頻寬等因素。直流電壓源的 **RMS** 精度必須達到 $\pm 0.4\%$ ，直流電流源的 **RMS** 精度必須達到 $\pm 0.2\%$ 。直流電壓測量精度應優於 0.1% 。在脈衝工作模式下，應能透過觸發選項將電源與測量設備同步。

注意：*Gigahertz-Optik* 使用 *Keithley* 或其自己生產的電流源和測量設備。

LED 和 SSL 測試的軟體需求

為了避免操作錯誤和額外成本，需要直覺的軟體和良好的支持，以便將測量技術整合到應用中，並確保測量結果準確。軟體還必須支援定制，以滿足用戶的特定需求。它應該能夠檢查和監控不同的設備，並支援邏輯運算和評估。此外，它還應能夠提供快速、可靠和精確的計算參數。此外，還必須考慮快速輕鬆地整合新參數，例如 **IES TM-25** 或 **IES TM30-15**。

LED 和 SSL 測試的環境條件

CIE S025 規定了實驗室和框架條件的準則。這些準則包括環境溫度（公差範圍 $\pm 1.2^\circ\text{C}$ ）、表面溫度、通風等。它還規定了電氣測量精度的準則。

4. LED、VCSEL 和 SSL 測試中的測量解決方案和可能性

不同的規範（例如 3.1 節中提到的規範）可作為測量實施的指南。然而，一個好的解決方案不僅要滿足這些規定的規範，還要確保解決方案實用、經濟實惠並滿足使用者的需求。**Gigahertz Optik GmbH** 非常重視這一點，並且在生產滿足客戶需求、其各自應用和適用規範的測量系統方面擁有 30 多年的經驗。以下是一些範例：

生產線中的 SSL 測試

BTS2048-VL 系列以其光學特性、豐富的電子元件、緊湊的設計以及在這些應用中的靈活性而著稱。就其光學特性和品質而言，該設備屬於光譜輻射計中的高階產品（請參閱 200 nm 至 2150 nm 的 **BTS2048** 系列）。它可以直接連接到積分球，用於測量光通量和不同的色度。連接到 **ILED-B** 轉接器後，可以按照 **CIE127** 進行輻照度測量。這兩種測量幾何形狀都是知名 **LED** 製造商在 **LED** 分選過程中常用的。

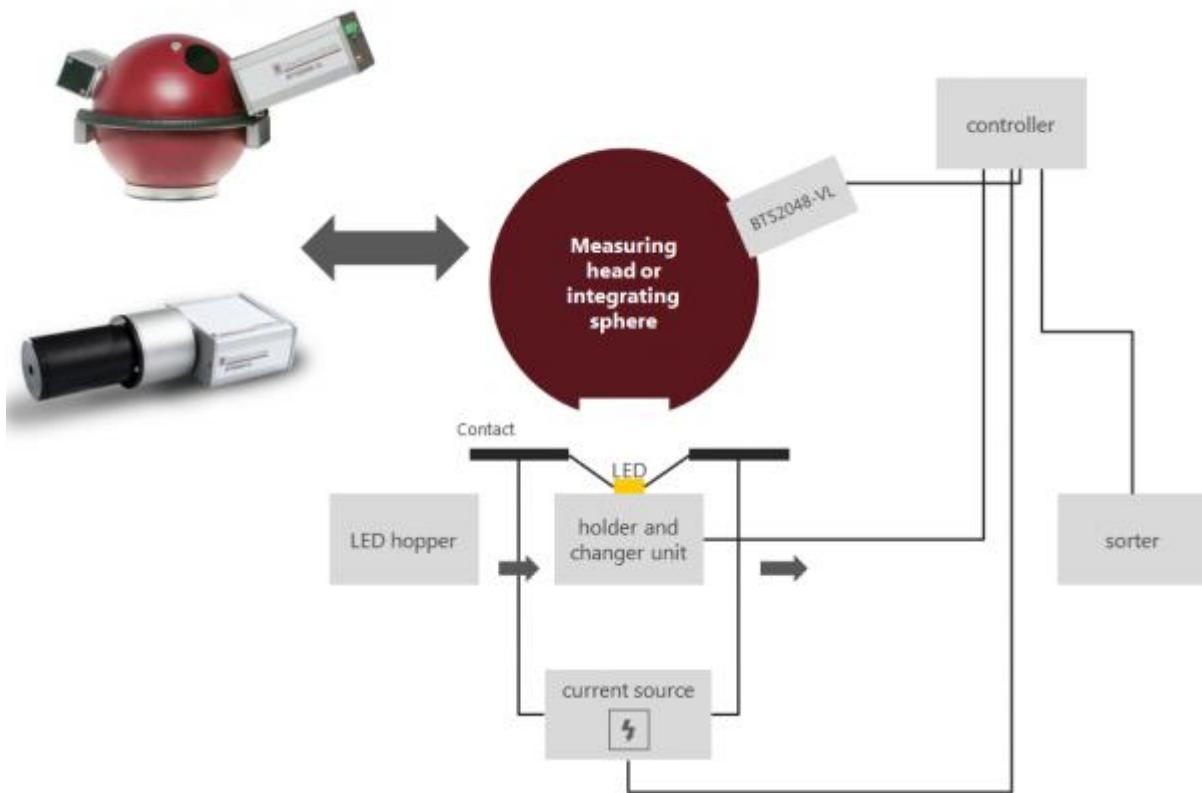


圖2：BTS2048-VL 搭配 ISD-xxx（右上）在生產線（左上）的示意圖。BTS2048-VL 搭配 ILED-B 轉接器（下圖）

由於採用整合式電子快門，BTS2048 系列可顯著縮短積分時間（小於 $2\text{ }\mu\text{s}$ ），相比同類產品（ μs 級）中的其他產品，更顯著。這使得無需使用 OD 濾光片即可將動態範圍提升 1000 倍。使用 OD 濾光片可進一步提升動態範圍。其先進的強大電子設備配備各種介面（乙太網路、USB 等），可執行快速測量序列，從而縮短測量之間的等待時間。例如，您可以進行 1 ms 的測量，延遲僅為 6 ms。這節省了生產時間，從而降低了成本（更多資訊請點擊[此處](#)）。

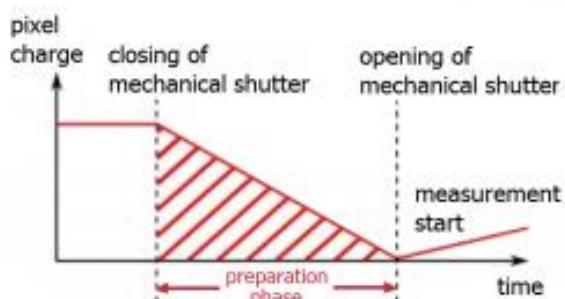
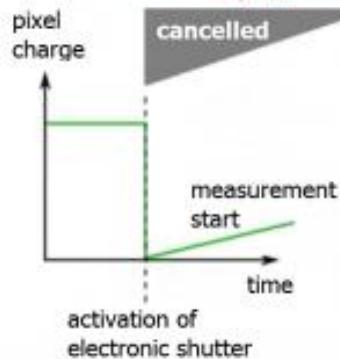
spectrometer with mechanical shutter

BTS2048-VL with electronic shutter


圖 3：BTS2048-VL 的電子快門縮短了兩次連續測量之間的等待時間。強大的電子元件可實現更快的運算和資料傳輸。

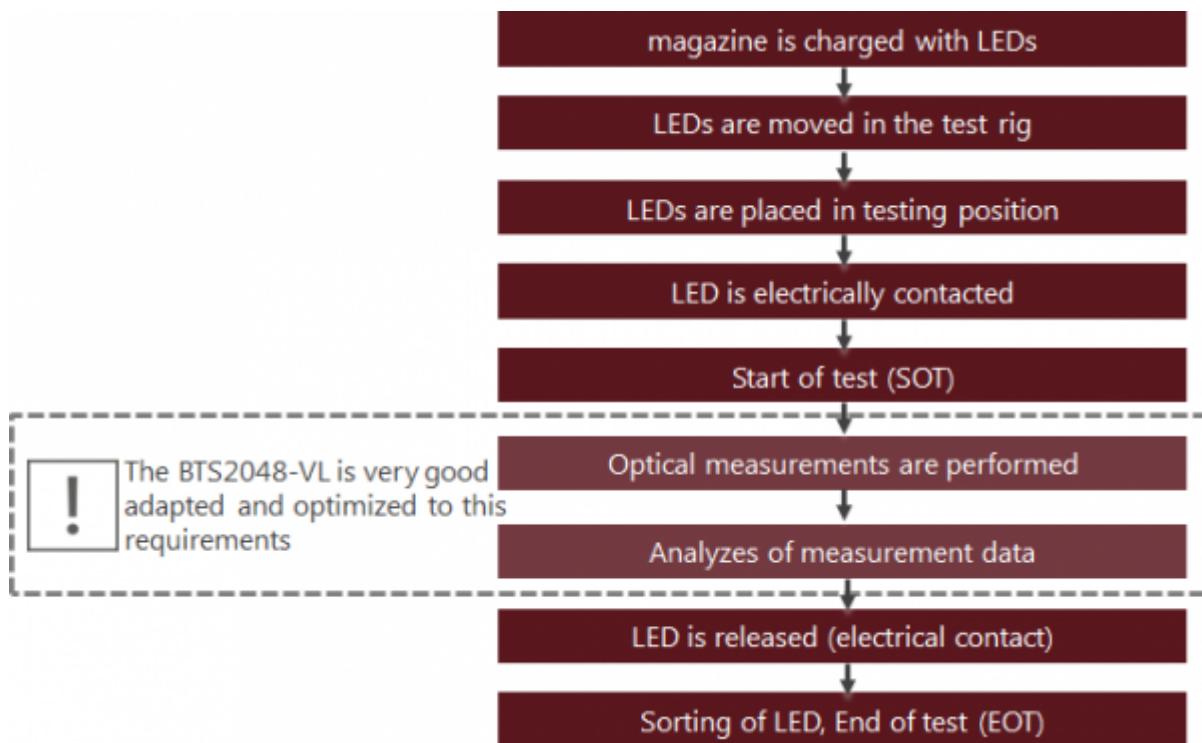


圖 4：生產過程中裝箱過程的基本順序

此外，在雷射雷達 (LiDAR) 應用方面，對雷射脈衝波形和脈衝強度進行超快速測量也至關重要。**ISD -1.6-SP-Vxx** 是一款滿足這些需求的測量系統，它配備一個快速 (ns) 二極體用於測量脈衝波形，以及一個精確 (μ s 至 ms) 二極管用於測量脈衝能量。



實驗室應用/品質控制/生產助理 QA

BTS256-LED 測試儀 系列是一款多功能的實驗室應用測試儀。作為一款手持式設備，**BTS256-LED** 非常適合測量單一 LED。快速安裝的漫射透鏡和設備卡口連接器使其能夠連接到測角儀，或用作聚光燈的輻照度計。卡口連接器還允許將該設備連接到不同的積分球。它是實驗室中執行各種測量任務的理想光譜輻射計。（更多資訊請點擊[此處](#)）。



相同的概念也可用於 **BTS2048 系列**，以實現更高品質的測量（更多資訊可[在此處找到](#)）。

TPI21 -TH 是一款即插即用型測試系統，適用於單一 LED (星型、SMD 等) 或直徑最大可達 70 mm 的 LED 組件。系統軟體可運作使用吉時利光源表、高品質光譜儀 (**BTS2048-VL**) 以及熱電冷

卻和加熱 (LEDA-7-TEC) 進行 LED 測量所需的所有功能。使用者可以單獨設定測量週期。S-BTS2048 軟體也支援完整的測量數據分析。總體而言，其特性使該系統能夠根據 DINv5032-9 和 CIE S025 標準進行測量。可選配的遮光測量暗室使測量系統能夠在照明充足的生產場所使用。



圖 5 TPI21-TH 測量系統在選用測量室中

客戶或使用者現場應用測試

我們擁有兩款專為測量照度、輜照度、光色和顯色指數 (CRI) 而設計的設備。這些設備針對不同的技術要求而開發，旨在為客戶提供適合其應用的理想測量設備。BTS256 -EF 系列是一款基於 BTS 的高品質手持式測量儀，具有良好的雜散光抑制、波長精度等特點，可在現場應用中實現最高的精度。例如，使用該設備可以進行精確的色坐標測量（例如麥克亞當橢圓、Binning 場等），用於品質控製或檢測。此外，EF 版本能夠直接在現場測量閃爍參數。

MSC15 和 CSS-45 更像是 BTS256 的小兄弟。它的價格明顯更低，但在光學和功能性能方面略有妥協。但易用性和直覺的軟體彌補了這個缺陷。



5. 總結

由於 LED 技術的快速發展，LED/雷射/VCSEL (SSL) 測試的要求也隨之快速變化。在測量技術方面，主要挑戰在於既要符合既定的規範和標準，又要滿足使用者的需求。此外，為了跟上 LED 發展的步伐，測量技術必須具備較短的開發時間和良好的客戶支援。Gigahertz Optik GmbH 擁有超過 30 年的經驗，是此類測量技術開發的專家，憑藉其模組化產品組合和高品質的校準實驗室，是滿足所有當前和未來需求的理想合作夥伴。

6. 文學

Nevas S、Wübbeler G、Sperling A、Elster C 和 Teuber A 2012 同時校正陣列光譜儀資料中的帶通和雜散光效應 *Metrologia* 49 S43

Zong Y、Brown SW、Johnson BC、Lykke KR 和 Ohno Y 2006 陣列光譜儀的簡單光譜雜散光校正方法 *Appl. Opt.* 45 1111-9

CIE84，光通量測量

CIE127，LED 的測量

CIE198，光度測量不確定度的測定

CIE214，儀器帶通函數的影響

CIE S014，比色法

CIE S025，LED 燈、LED 燈具和 LED 模組的測試方法

IES LM-79-08，固態照明產品的電氣和光度測量

IES LM-80-08，測量 LED 光源的光通維持率

DIN 5032-9 照明技術訊息