

LED 測試

# 量測 Mini LED 和 Micro LED 特性的關鍵考量

■作者：Gobinath Tamil Vanan  
是德科技產品行銷經理

LED 的能源效率、壽命和多功能性使其在各種應用中廣受歡迎，包括家居、辦公室、汽車照明和電子顯示器等，如圖 1 所示。隨著需求持續發展，LED 技術也在不斷進步。這些進步涉及整合先進功能，如與物聯網 (IoT) 技術結合的智慧照明，並通過提升發光效率、散

熱管理和整體性能來提高 LED 照明或指示燈的效率。此外，顯示技術的持續發展旨在提高 LED 顯示器 (如由數千個 LED 組成的 Mini LED 和 Micro LED) 的對比度、能源效率和解析度。與有機發光二極體 (OLED) 和液晶顯示器 (LCD) 技術相比，Micro LED 具有更高的亮度、

效率以及整合感測器等附加功能的能力等顯著優勢。然而，由於其高昂的生產成本和技術複雜性，其應用被局限於 AR/VR 顯示器、汽車照明和透明顯示器等利基市場。這些進步推動了量測系統的需求增長，以評估 LED 的特性。

圖 1: 各種應用中的 LED

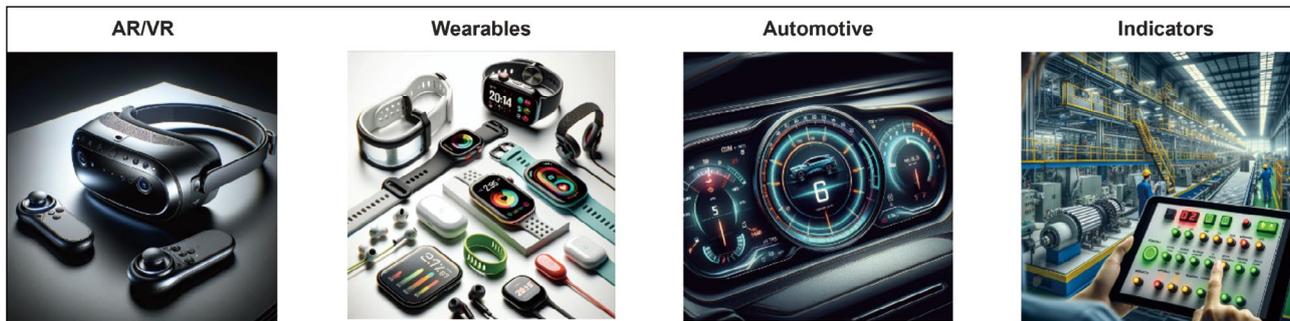
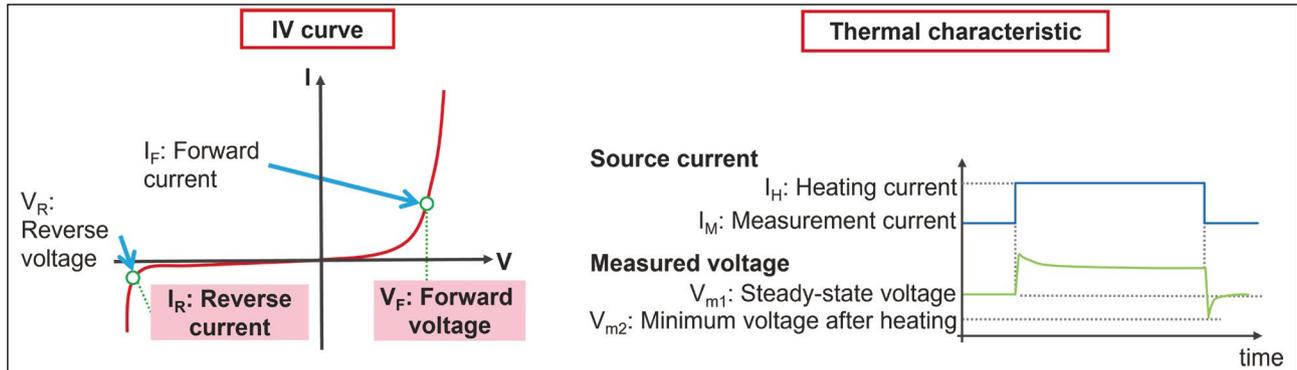


表 1: LED 的主要電氣特性

VF：正向電壓	正向電壓是啟動 LED 所需的電壓。評估時，需施加 IF (正向電流) 並測量電壓 VF。
IR：反向電流	反向電流是指 LED 在反向偏壓下的洩漏電流。此電流通常較小，例如小於 1 $\mu$ A；然而，具體數值取決於 LED 的類型。進行評估時，需施加反向電壓 (VR) 並測量 IR。
IV 曲線	IV 曲線在正向和逆向偏壓下，代表不同工作條件下的行為。評估時，可掃描電壓 (或電流) 並測量電流 (或電壓)。在高電流下進行正向特性測試時，脈衝掃描可避免直流掃描中產生的自熱效應。
熱特性	熱管理非常重要，因為它有助於減輕 LED p-n 介面產生的熱量。為了準確描述這種熱行為，需施加長脈衝電流並測量瞬態電壓。

圖 2: LED 的電流 - 電壓和熱特性



## LED 的主要電氣特性

在開發或製造 LED 時，瞭解其電氣、光學和發光度 - 電流 - 電壓 (LIV) 特性對確保最佳性能和功能至關重要。瞭解電氣特性可確保 LED 在指定的電壓和電流範圍內運行，這對電路設計至關重要。反之，光學特性有助於深入了解發光品質，包括亮度、色彩準確度和分佈情況。LIV 特性則可為光輸出、電流和電壓之間的關係提供洞察，有助於最佳化操作參數以提高能源效率。表 1 列出了 LED 的電氣特性；圖 2 顯示

了 IV 特性和熱特性。

## 使用電源量測設備 (SMUs) 進行 LED 特性分析

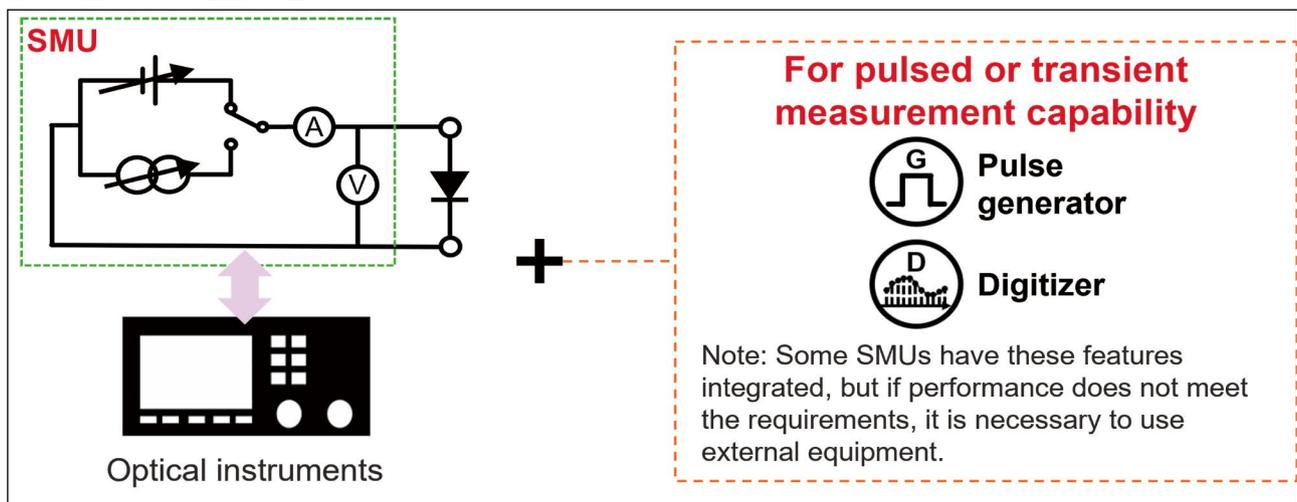
LED 測試通常使用 SMUs 來達成多種目標，包括作為精確的 IV 電流源和量測工具來評估電氣特性。SMU 同時可作為精密偏壓源，用於與光學儀器同步進行光學和 LIV 特性評估。SMU 是一種多功能儀器，結合電流源、電壓源、電流錶和電壓表的功能。SMU 可在這些功

能間無縫切換，並準確量測電流和電壓輸出。

內部回饋電路使 SMU 即使在負載條件意外改變時，也能保持穩定性和準確度。這種可靠性使 SMU 成為分析 LED 等半導體設備的首選工具。圖 3 展示了一個典型的量測裝置，說明 SMU 如何與光學儀器同步，作為精密偏壓源進行光學和光電流 - 電壓特性分析。

然而，隨著 LED 技術的進步以應對日益增長的需求，LED 設備和應用 (如 Mini LED 和 Micro LED) 的演變，要求

圖 3: 典型的 LED 特性量測裝置



SMU 滿足愈發嚴格的要求。

## 挑戰

以下是工程師在實現精準測試時必須克服的主要挑戰，包括空間與密度限制、精度需求和系統開發複雜性。

### 挑戰 1：SMU 數量和空間需求不斷增加

為有效測試由數千個 LED 組成的 Mini LED 或 Micro LED，需要大量 SMU 通道和空間，因而驅動了平行 IV 測試的需求。對多個 LED 進行耗時測試時，這種方法能有效提高測試吞吐量。然而，雖然平行 IV 測試能提高測試吞吐量，但也需要大量空間容納這些 SMU。

### 挑戰 2：量測儀器性能要求

隨著先進 LED 的需求不斷增加，測試所需的精確度也越來越高，尤其在低電流、脈衝或瞬態量測中。當測試微小且低反向電流時，精確的靈敏度至關重要，以防止雜訊干擾量測結果。窄脈衝 IV 的限制會因自熱 (self-heating) 而影響正向特性。此外，有限的瞬態量測能力可能影響在脈衝 IV 或熱測試期間捕捉電流或電壓瞬態的準確性。雖然某些 SMU 內建脈衝產生器和數位轉換器，但其性能可能無法滿足需求，在這

種情況下，必須使用外接的脈衝產生器或數位轉換器。

### 挑戰 3：測試序列和物理連接的複雜度增加

在進行同步光學測試或在內部或外部脈衝發生器與數位轉換器之間進行脈衝或瞬態量測時，對於光學儀器與 SMU 間精確同步的需求日益增加。這些需求導致儀器控制和連線的複雜度隨之提高。隨著所使用的 SMU 通道數量增加，精確同步更為重要。另一方面，從測試軟體開發的角度來看，自動化量測設置進一步增加了系統的複雜性。

## 解決方案

為了克服 LED IV 測試中不同面向的挑戰，工程師須尋找能解決這些問題的多功能 SMUs。以下整理了選擇 SMU 時的三大考慮因素，這些是解決每項挑戰的關鍵。

### 解決方案 1：選擇高密度、緊湊型 SMU

具備高通道密度 SMU 設計可幫助工程師節省寶貴的機架空間，並最大程度減少測試系統的佔地面積。此類設計應著重於通道數量以及配置 SMU 通道類型與規格的靈活性。一些 SMU 支援任意混合模組配置，可靈活地

圖 4: LED 正向和逆向偏壓的 IV 曲線

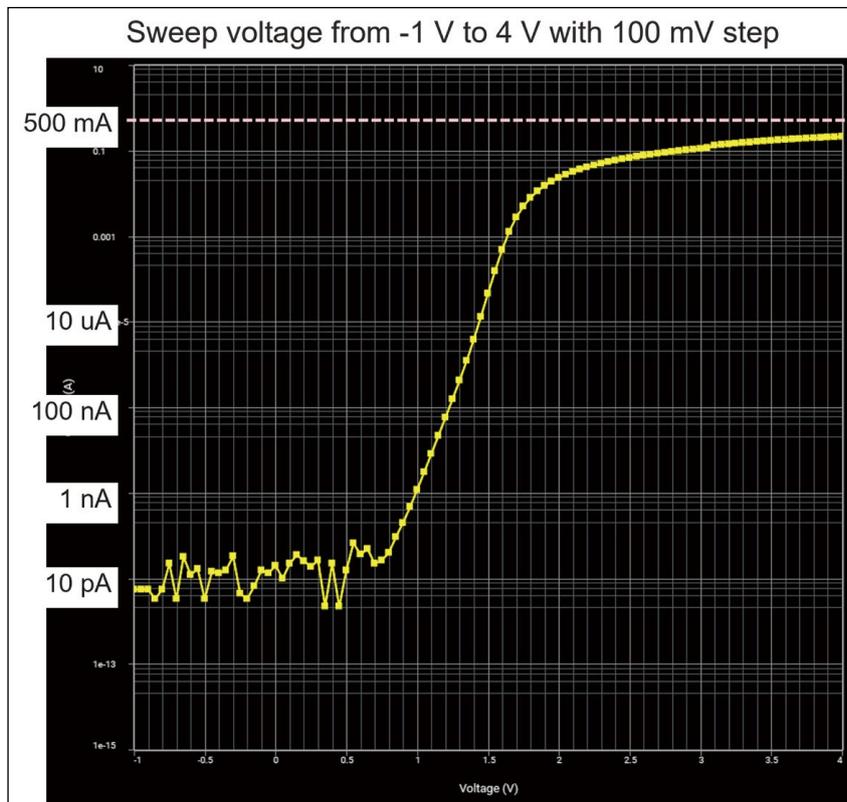
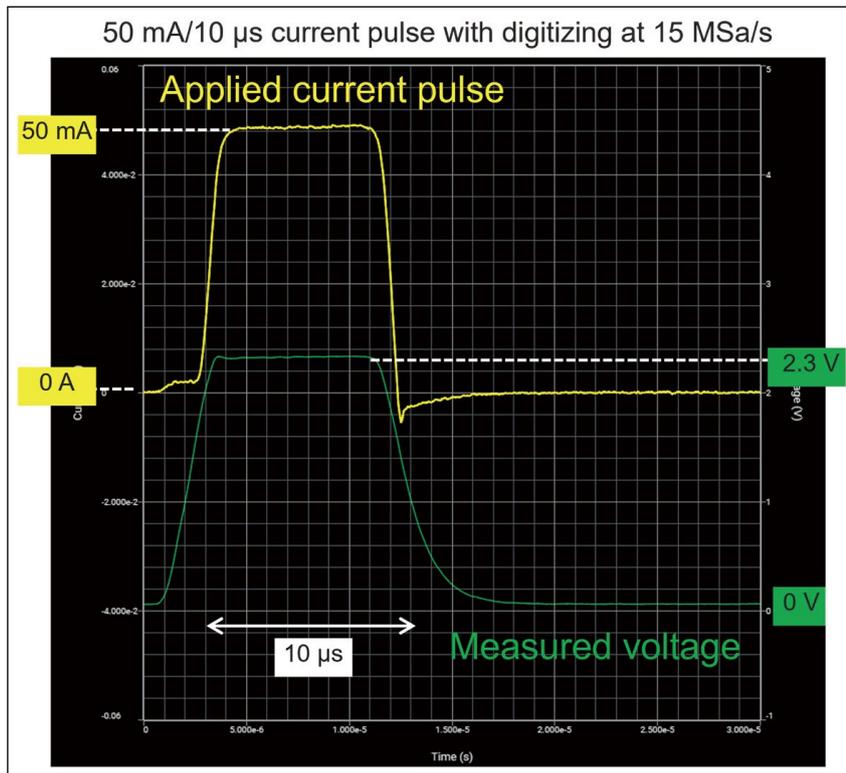


圖 5: 使用脈衝 IV 特性，以最大限度地減少設備自熱效應



根據應用需求進行擴充。

## 解決方案 2：使用高準確度 SMU

某些 SMU 具備超高準確度，可從逆向偏壓到正向偏壓的整個 LED 偏壓範圍內進行精確的 IV 特性分析。尤其對於高功率 LED，SMU 的窄脈衝功能可在進行 IV 特性分析的同時最大限度地減少自熱效應。

在熱測試中，速度更快的數位轉換器和靈活的觸發系統可以捕捉由熱引起的瞬態，基本消除了因設備自熱或雜訊問題而引起的量測誤差。圖 4 顯示了正向和逆向偏壓電壓的 IV 曲線掃描範例；圖 5 則展示了

脈衝瞬態響應方法，以最大限度地減少設備的自熱效應。

## 解決方案 3：採用具備智慧觸發系統的 SMU

具備智慧觸發系統的單一解決方案可簡化儀器控制，並同步每個 SMU 和外部光學儀器的電纜線。整合了脈衝產生器和數位轉換器功能的一體化 SMU 可有效減少所需的量測儀器和系統佔地面積。該系統無需額外布線和手動同步，從而解決在小空間內進行平行 IV 測試的難題。

## 結論

儘管 Micro LED 技術不斷

進步，但在成為主流技術前仍面臨許多重大挑戰。隨著 Micro LED 在各種應用的需求日益增長，製造商面臨精密 IV 測試解決方案方面的多重挑戰。為在日益競爭的 LED 市場中取得優勢，選擇合適的 SMU 進行 IV 測試是克服這些挑戰的關鍵。合適的 SMU 可以解決 IV 特性中的密度、準確度、同步性和光學測試偏壓等挑戰。一個具備高準確度的多功能 SMU 對於確保 LED 的可靠性和高性能至關重要。表單的頂端

## 關於作者

■ 是德科技產品行銷經理  
Gobinath Tamil Vanan

Gobinath 畢業於斯威本科技大學，擁有電機與電子工程學位與超過 9 年的工作經驗，涵蓋半導體、航太國防、汽車產業及自動化測試領域。在是德科技，他與現場工程師、產品經理和研發工程師密切合作，確保能夠提早瞭解並滿足產業內所有相關的客戶的需求，從而幫助客戶取得成功，並解決測試與量測的巨大挑戰。CTA