

# LED 熱阻量測標準草案

指導單位：經濟部技術處

推動單位：工業技術研究院

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)

2008-09-01 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 熱阻量測標準草案」。草案內容已透過以下活動，聽取各方意見，

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」

透過以上活動，參酌各方意見修正為 3.0 版，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

# LED 熱阻量測標準草案

1. 適用範圍：本標準適用於發光二極體元件熱阻之量測方法。
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 diodes, LED)：是指被電子激發後可以放出光且具有 PN 接面之半導體元件。
  - (2) 接面溫度(junction temperature):指 LED 中 PN 接面之溫度,亦為 LED 之實際溫度。
  - (3) 加熱電流(heating current)  $I_H$ ：施加於待測 LED 上，可使接面溫度上升之電流，通常為待測 LED 之額定電流。
  - (4) 加熱電壓(heating voltage)  $V_H$ ：在施加規定之加熱電流  $I_H$  下，所對應之電壓。
  - (5) 加熱功率(heating power)  $P_H$ ：施加於待測 LED 上，加熱電流  $I_H$  與加熱電壓  $V_H$  之乘積。
  - (6) 量測電流(measuring current)  $I_M$ ：在量測 K 係數期間，施加於待測 LED 上之電流。
  - (7) K 係數(K factor)：量測電流  $I_M$  所對應之順向電壓與 LED 接面溫度的關係，指其呈線性關係區域內之曲線斜率。
  - (8) 熱阻(thermal resistance)：在熱平衡之條件下，沿熱傳導通道上的溫度差與通道上所消散的功率之比值，表示待測 LED 的散熱能力。
  - (9) 光功率(radiant flux)  $\Phi_e$ ：在規定之加熱電流值  $I_H$  之下，待測 LED 所發射之輻射功率，單位為瓦(W)。
3. 量測條件
  - 3.1 溫度：無特別規定時，室溫之環境溫度或基準點溫度，於量測期間定為  $25\pm 2$ 。
  - 3.2 濕度：無特別規定時，相對濕度為 40~80%。
  - 3.3 熱穩定狀態：

- (1) 決定熱穩定狀態的最佳方法，可依圖 1 與圖 2 的流程：1.當認為已達穩態時，先紀錄其熱阻值( $T_1$ )與加熱時間作為後來之參考比較；2.升溫時間為其原先升溫時間之 1.1 倍時，再取一次熱阻值數據( $T_2$ )與先前相比，若能與最初的數據相符 ( $T_2 - T_1 \leq 0.01 T_1$ )，則再重複一次第 2 步驟，若數據仍是與前一次的數據相符合，則最後一次的時間即為熱穩定狀態之時間。
- (2) 若熱穩定狀態很難由熱穩定曲線得知，可在指定之環境與測試條件下，對待測 LED 之加熱電壓  $V_H$  作量測，並將所得到的資料繪成如圖 3 之熱穩定曲線。LED 加熱一段時間之後， $V_H$  之值會趨於穩定，此時收集一至二個數據，經過十分鐘後再收一次數據作為比較，待  $V_H$  讀值已無明顯的趨勢變化(評估量測取樣期間內，其變化小於容差值)後，判定其達穩定狀態。上述之加熱電壓  $V_H$  也可用量測電流  $I_M$  所對應之順向電壓取代。

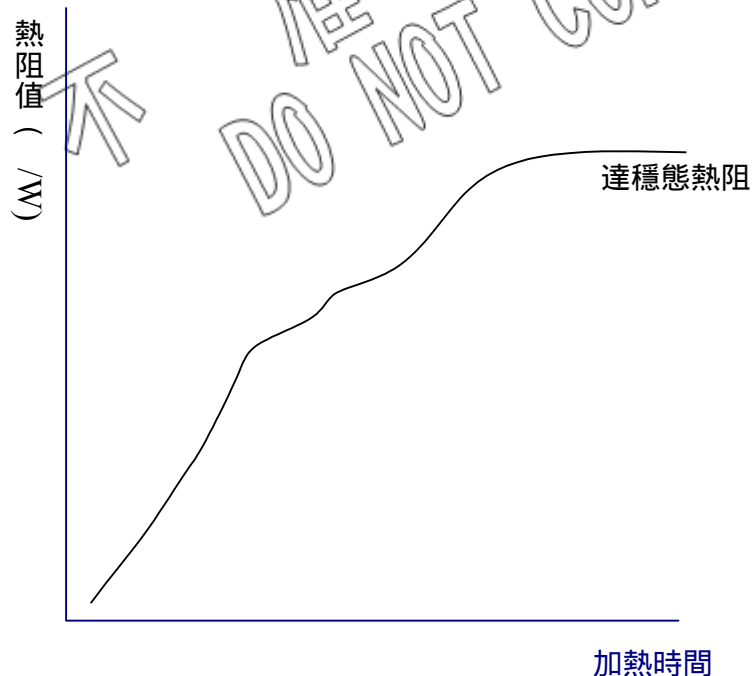


圖 1 熱穩定曲線範例-1

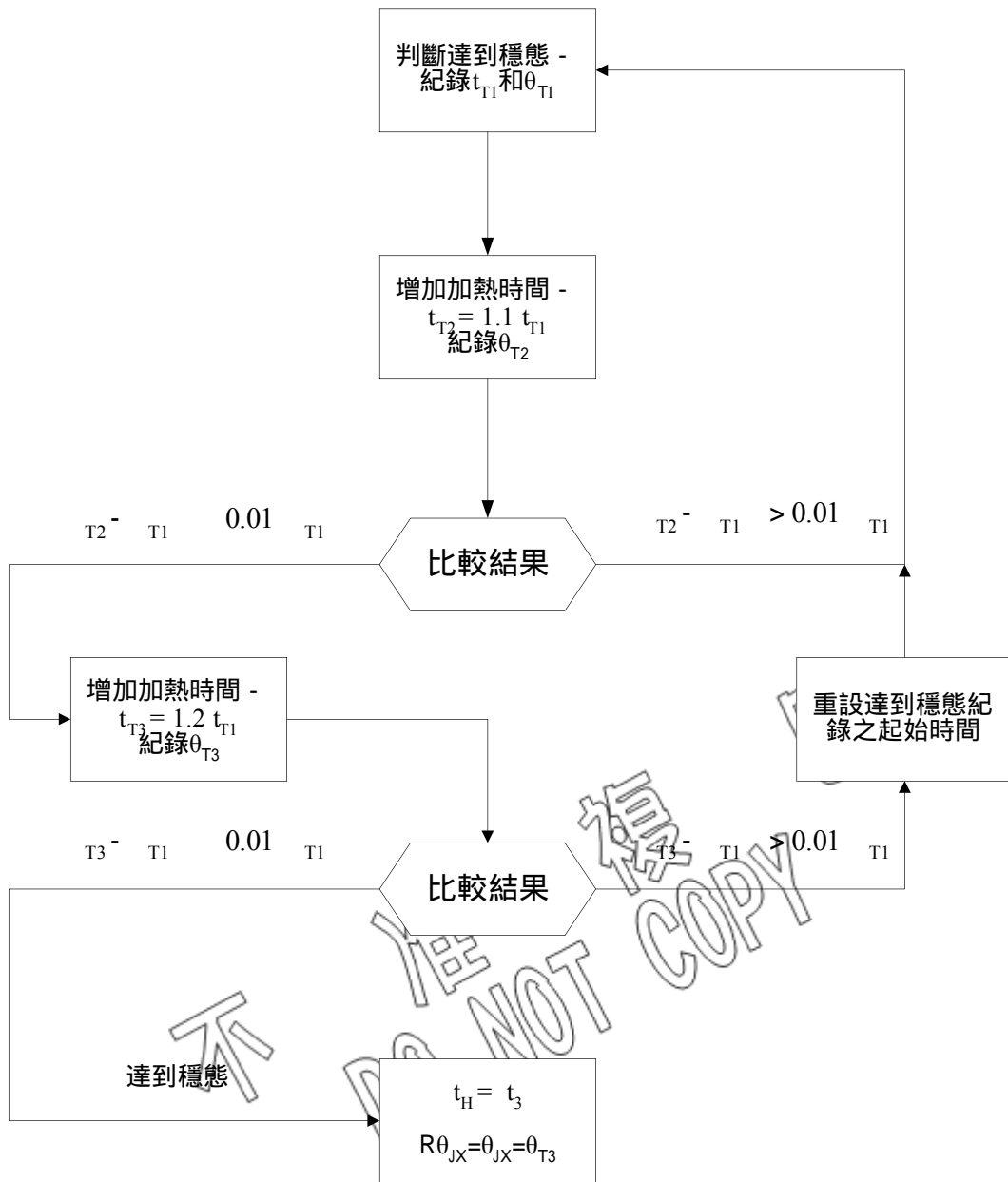


圖 2 熱阻量測時間決定之流程圖

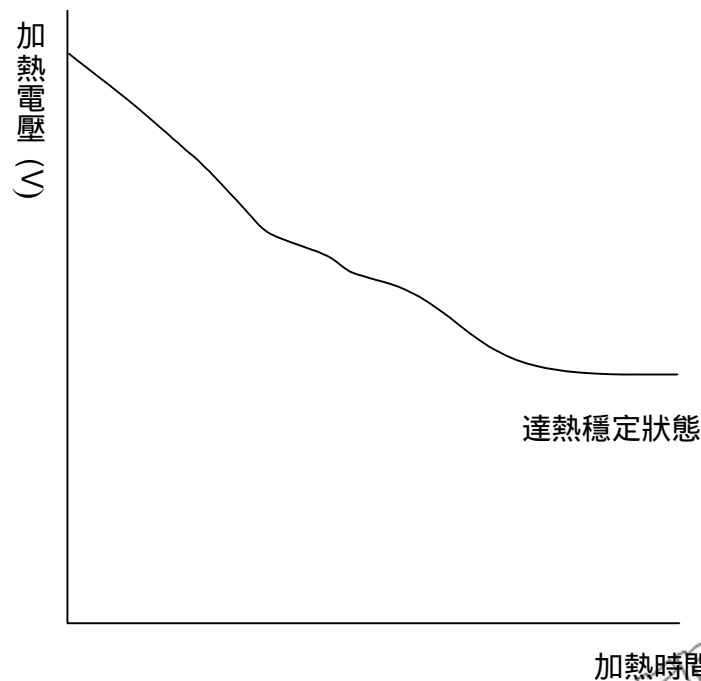


圖 3 熱穩定曲線範例 2

#### 4. 量測機器與裝置

4.1 量測用電源：直流電源漣波(ripple)含有率在 1%以下。電源之內部阻抗須不影響量測之結果。

4.2 電氣特性用計器及量測儀器：電壓量測儀器之精確度需小於 0.5%，解析度在 0.5 mV 以下，其阻抗需不影響量測結果。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 溫度量測系統：其精確度需小於 1%，解析度在 0.1% 以下。

4.4 測試治具與裝置：建議使用附錄之高導熱率測試板及熱阻測試環境規定，在符合以下情形時，可自行設計控溫承載治具進行量測，量測溫度點需以圖表示之。

- (1) 可使待測 LED 之接面溫度保持穩定，且不超過最大額定值時
- (2) 不會嚴重影響量測結果時
- (3) 不會對合格條件的判斷有重大影響時

## 5. 量測條件有關之注意事項

- 5.1 電位基準點：在待測 LED 之各電極施加的電位基準點為其陰極端子。
- 5.2 絕對最大額定：為確保待測 LED 的正常動作，即使在暫態也不能超過接面溫度、電壓及電流之絕對最大額定值。
- 5.3 供電條件之註明：量測紀錄需註明 LED 的測試供電之相關條件。
- 5.4 暖機：量測設備需充分進行暖機(Warming up)。

## 6. 熱學特性之量測

### 6.1 接面溫度

- 6.1.1 目的：本量測係在規定條件下以量測消耗一定功率時，待測 LED 之接面溫度為目的。
- 6.1.2 量測原理：量測電路原則上如圖 4 所示。對待測 LED 施加不同電流，測量電壓之增加量與接面溫度溫升的關係以確定接面溫度。

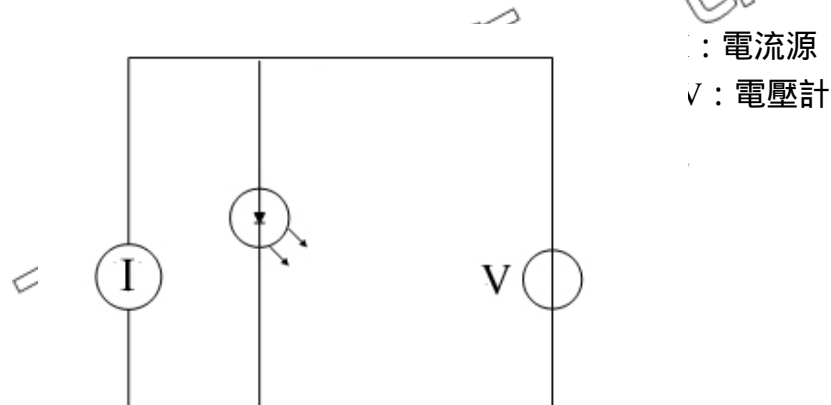


圖 4

### 6.1.3 量測程序

- (1) 如圖 5 所示，在待測 LED 上施加量測電流  $I_M$ ，測量得到其對應之順向電壓  $V_{F0}$ 。
- (2) 用加熱電流  $I_H$  替代  $I_M$ ，待達到熱穩定狀態後，測量加熱電壓  $V_H$ 。
- (3) 快速用量測電流  $I_M$  取代  $I_H$ ，測量得到其對應之順向電壓  $V_{FSS}$ 。由此可得：

$$\Delta V_F = |V_{F0} - V_{FSS}|$$

$$\Delta T_J = K \times \Delta V_F$$

$$T_J = T_{J_0} + \Delta T_J$$

$T_{J_0}$  為測量開始前待測 LED 的初始接面溫度。量測程序之波形如圖 4 所示。

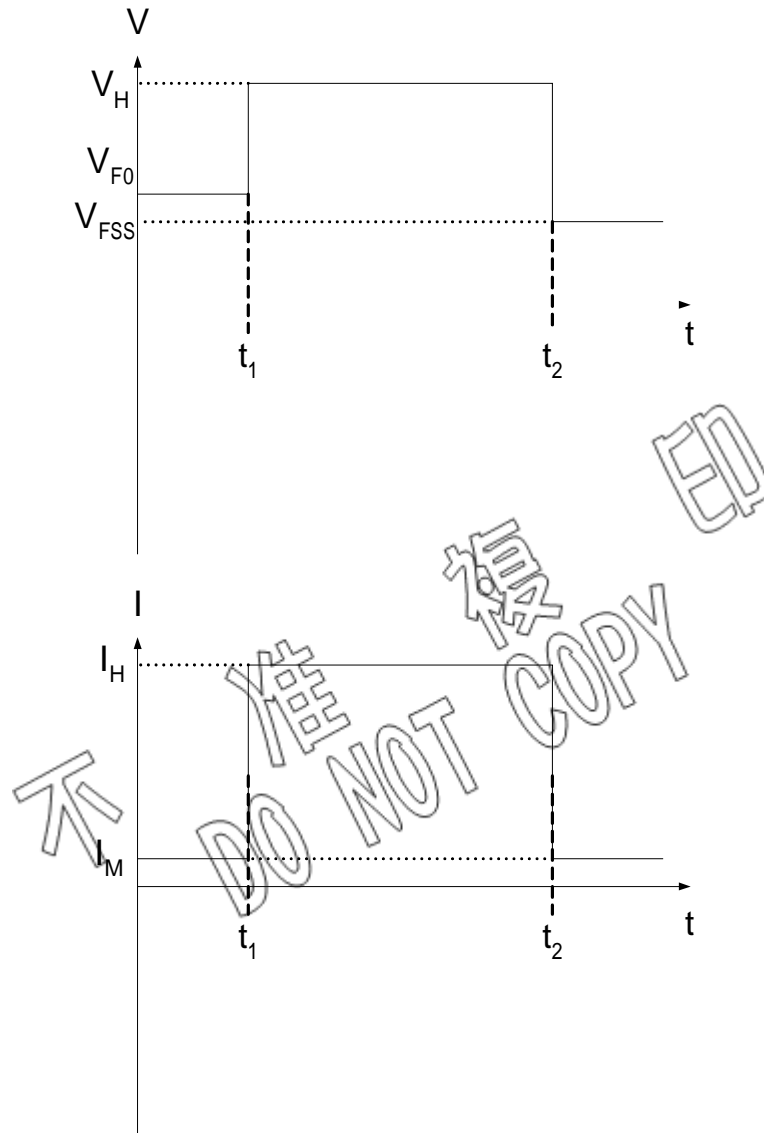


圖 5

#### 6.1.4 注意事項

- (1)  $I_M$  之目的在於驅動待測 LED，但不能使待測 LED 產生自發熱，其範圍建議為 100uA 至 10mA 之間。
- (2) 將電流由  $I_H$  切換至  $I_M$  時，擷取電壓值時會有一量測延遲時間，其會因為冷卻效應而影響量測結果，故需將其降至最短，建議在 20~50μs



之間。

### 6.1.5 應規定之量測條件

- (1) 環境溫度( $T_a$ )
- (2) 量測電流( $I_M$ )與加熱電流( $I_H$ )

## 6.2 K 係數

6.2.1 目的：本量測係在規定條件下，以量測待測 LED 之 K 係數為目的。

6.2.2 量測原理：量測電路原則上如圖 6 所示，溫控箱需具有均勻溫度和有足夠大空間放置待測 LED，其必須對待測 LED 提供電性連接，使其可以進行電流、環境溫度及順向電壓的測量。

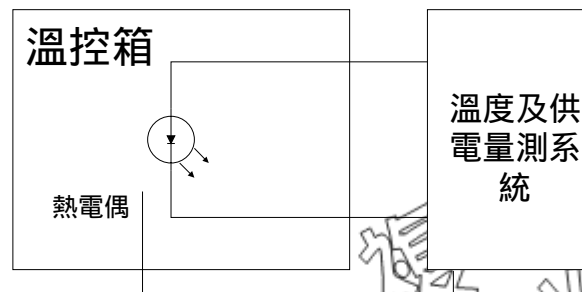


圖 6

### 6.2.3 量測程序

- (1) 先使溫度控制環境的初始溫度( $T_i$ )穩定在接近室溫狀態如  $25^{\circ}\text{C}$ ，隨即測量其對應之順向電壓( $V_{Fi}$ )。
- (2) 使溫度增加到高溫( $T_h$ )，典型值為  $100^{\circ}\text{C}$ ，待其穩定後測量其對應之順向電壓( $V_{Fh}$ )的數值。K 係數即可以從下式計算得到：

$$K = \left| \frac{T_h - T_i}{V_{Fh} - V_{Fi}} \right|$$

- (3) 由圖 7 可得知是  $V_F - T_j$  直線斜率的倒數。

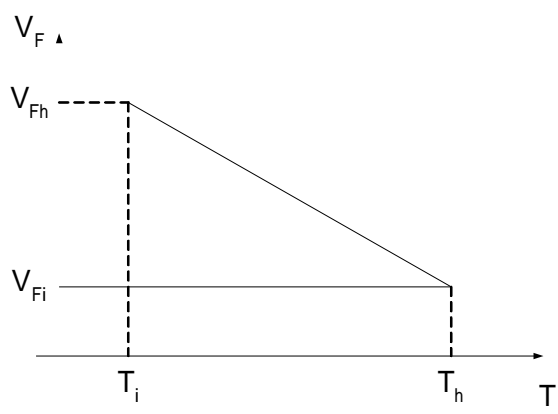


圖 7

#### 6.2.4 注意事項

- (1) 給予待測 LED 之量測電流不能使 LED 產生自發熱。
- (2) 量測的溫度範圍建議大於 50 ，取樣次數建議至少每隔 10 擷取一點。

#### 6.2.5 應規定之量測條件

- (1) 環境溫度( $T_a$ )
- (2) 測量電流( $I_M$ )與加熱電流( $I_H$ )

#### 6.3 熱阻

6.3.1 目的：本量測係在規定條件下，以量測待測 LED 之熱阻為目的。

6.3.2 量測原理：同 6.1.2 和 6.2.2。

6.3.3 量測程序：

依照下列公式可得到待測 LED 之熱阻值：

$$\theta_{JX} = \frac{\Delta T_J}{P_H - \Phi_e} = \left[ \frac{K \times \Delta V_F}{(I_H \times V_H) - \Phi_e} \right]$$

其中  $P_H$  為 LED 消耗的功率。 $\theta_{JX}$  下標 X 由待測 LED 的參考點決定之，例如，在待測 LED 具有良好之散熱情況下，X 可以表示為待測 LED 之外殼 C，即為  $\theta_{JC}$ 。

LED 消耗的功率有一部分的能量是以光的形式發散出來，其熱阻簡化模型見圖 8：

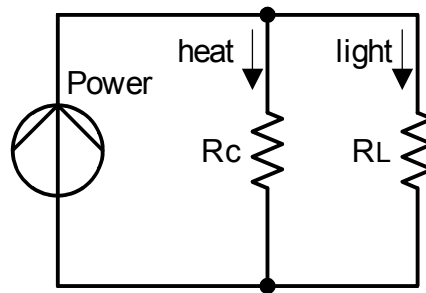


圖 8 LED 的熱阻模型

$$\theta_{jx} = R_C // R_L$$

以光的形式消散能量的路徑是另一個等效熱阻  $R_L$ ，與其他的熱傳導路徑的總熱阻  $R_C$  並聯成為整個 LED 的熱阻。隨著 LED 出光效率的提昇， $R_L$  的比重也跟著增加。在同樣的封裝製程下出光效率高的 LED 其測得的熱阻會較出光效率低者為低。評估封裝結構的散熱能力時需要量測的是  $R_C$ ，計算  $R_C$  時需扣除分流掉的光功率，請使用下列的修正公式：

$$R_C = \frac{\Delta T_J}{P_H - \Phi_e} = \left[ \frac{K \times \Delta V_F}{(I_H \times V_H) - \Phi_e} \right]$$

其中  $\Phi_e$  為 LED 在加熱電流下所發出之光功率。

#### 6.3.4 注意事項

- (1) 環境溫度會影響量測結果。
- (2) 以測溫器（如熱電偶或熱敏電阻等）擷取待測 LED 之參考點溫度。

#### 6.3.5 應規定之量測條件

- (1) 環境溫度( $T_a$ )
- (2) 測量電流( $I_M$ )與加熱電流( $I_H$ )

## 附錄

### 高導熱率測試板建議規格

#### 1. 目的

作為熱阻測試設計之高導熱率測試板的參考規格，以確保在量測熱阻 (junction to air) 時，由測試板幾何形狀所造成的誤差能小於 10%。

#### 2. 材料規格

測試板之材質為鋁基板，其厚度為  $1.60\text{mm} \pm 10\%$ ，在特殊條件下，也可使用其他已知與鋁導熱率建立關係係數之材質。圖 9 為鋁基板之厚度之示意圖。



圖 9 鋁基板之通路層與介電材料厚度之示意圖

#### 3. 測試電路板幾何規格

$101.60\text{ mm} \times 114.30\text{mm} \pm 0.25\text{mm}$ 。尺寸參考請參閱 JEDEC JESD 51-7 之規定。

## 熱阻測試環境規定 (junction to air)

### 1. 環境條件規格

- A. 熱阻測試基板：參考高導熱率測試板之規格。
- B. 測試箱：其構造為內部尺寸為 0.0283 立方公尺之密封箱，所有接縫應徹底密封，以確保無氣流通過封箱，注意封箱材料應為低導熱材料。範例設計參考請參閱 JEDEC JESD 51-2 之規定。  
( PS：對於消耗功率大於 1W 之高功率 LED，若其在進行熱阻量測時使環境溫度增加 10% 以上，則應考慮增加測試箱的尺寸。任何測試箱的尺寸變化都必須註明於報告上且標示為非標準。 )
- C. 夾治具：待測物應位在測試箱內之幾何中心，因此夾治具的尺寸將視測試電路板大小的不同而改變，夾治具應使用絕緣且導熱率低的材料。( PS：任何偏離此規定的裝置必須標記為非標準。 )
- D. 邊緣連接器(edge connector)：插槽需與規格中所述之測試板相符。
- E. 熱電偶(thermocouple)：導線直徑應不大於 AWG 30。熱電偶應安裝於測試電路板下方 2.54 公分處，並距離箱壁 2.54 公分。熱電偶量測系統的精確度必須要小於 1°C。
- F. 測試板：見規格中對測試板之規定。
- G. 材料：本文件所列之使用材料僅供參考，並不限定。
  - (1) 密封箱：紙板、聚碳酸酯(polycarbonate)、聚丙烯(polypropylene)、木材和膠合板等為可製作密封箱的材料。這些材料具有較低的熱導率。注意最小厚度為 3 公釐。( 如果測試過程中環境溫度發生急劇的變化 ( $> \pm 3^{\circ}\text{C}$ )，則應使用更厚的密封箱並將密封箱放至於更大的空間中。 )
  - (2) 測試夾具：膠合板、木製品、聚碳酸酯或聚丙烯等為可製作密封夾置具的材料。這些材料具有較低的熱導率。可使用一般的固定裝置和粘合劑。

## 熱阻測試環境規定 (junction to board)

### 1. 環境條件規格

- A. 熱阻測試板：參考高導熱率測試板之規格。
- B. 環式冷板(ring style cold plate): 一種使用液態冷卻而夾持測試板兩面之冷板。
  - (1) 材料規格：冷板材料是由銅或銅合金鍍鎳（導電率大於  $300\text{W/m}\cdot\text{k}$  者，如 C14500 或 C14700）。
  - (2) 夾架位置：環式冷板覆蓋著電路板並鎖在板緣至少 5mm 之處，其與中心偏差之距離不超過從待測 LED 至夾持處之  $\pm 10\%$ ，覆蓋區域須超過 4mm 寬，夾持應力應均勻並且在 200g 的力下仍不會被打開。
  - (3) 範例設計參考：請參閱 JEDEC JESD 51-8 之規定。
- C. 絕緣要求
  - (1) 此設備頂部和底部的冷板部分為絕緣材料，為導電率小於  $0.1\text{W/m}\cdot\text{k}$  之鍍鋁塑膠基板。
- D. 流體溫度
  - (1) 冷卻液應控制在室溫的  $+2$  至  $-5$  。
  - (2) 測試期間，其溫度改變不應超過  $0.2$  。
  - (3) 在接觸底座處，溫度誤差應於  $0.4$  內。
- E. 基板溫度量測
  - (1) 板溫建議將 40 gauge T 型熱電偶鉚於板上進行量測較佳。
  - (2) 也可使用 J 或 K 型熱電偶。
  - (3) 為減少溫度梯度，在導線接近熱電偶交界處，將環氧樹脂施於距其交界約 1mm 處。環氧樹脂直徑不應大於 3mm。熱電偶的儀表必須校正，以避免電訊干擾。

引用標準：

JEDEC JESD 51 Integrated Circuits Thermal Measurement Method – Electrical  
Test Method (Single Semiconductor Device)

中英名詞對照

發光二極體	light-emitting diodes, LED
接面溫度	junction temperature
加熱電流	heating current
加熱電壓	heating voltage
量測電流	measuring current
加熱功率	heating power
K 係數	K Factor
熱阻	thermal resistance
漣波	ripple
邊緣連接器	edge connector
熱電偶	thermocouple
聚碳酸酯	polycarbonate
聚丙烯	polypropylene
環式冷板	ring style cold plate

聯絡人：范馨文

E-mail：sw\_fan@itri.org.tw

電話：03-5912575