

桃園創新技術學院教師專題研究計畫
成果報告

LED 嵌燈陶瓷散熱座創新設計之研究

計畫編號：教專研 102P-034

計畫類別：個別型計畫

執行年度：102 年度

執行期間：102 年 1 月 1 日至 102 年 12 月 31 日

計畫主持人：郭家全

執行單位：

研發小組審查：同意結案不同意結案 簽名：

(審查人不得與計畫主持人相同)

中華民國一〇三年一月二十一日

LED 嵌燈陶瓷散熱座創新設計之研究

郭家全

機械工程系

摘要

本研究的目的是在於改善高功率 LED 燈具的散熱效能，因此針對其中的散熱問題，作出創新的設計。首先藉由改變散熱座形狀、厚度或銀膠材質等設計參數產生許多設計模型，再利用 ICEPAK 軟體進行數值模擬，獲得結論如下：

- 一、由於實驗的量測值與數值模擬分析結果其誤差在 6% 以內，因此證實了可數值模擬分析的結果來協助研發 LED 燈具相關的模組，可減少開發新產品之時間與成本上的花費。
- 二、本研究整合了影響陶瓷散熱座的因素和實用上的價值，得到一組在許可的安全溫度 125°C 以內的範圍內，最佳化的嵌燈模組設計參數為：散熱膏 $k=4.5$ ，銀膠 $k=2.5$ ，陶瓷厚度為原始模型厚度的 2 倍，並增大原始模型的圓形面積，可供將來實際設計燈具時參考之用。

壹、緒論

一、研究動機

LED 光源為目前最受歡迎的發光產品，體積小、亮度高、壽命長、省電...等都是勝過傳統光源的地方，漸漸被大眾所接受，也取代了很多傳統光源的產品。雖然 LED 有這麼多的優點，但仍然有些問題存在著，熱就是其中一項很嚴重的問題。因 LED 體積小且亮度高，所以在一個小晶片上的溫度很容易達到過熱情形，而過高的溫度會影響到整個 LED 燈的壽命及安全性，因此散熱問題到現在都還是 LED 廠商必須去面對的難題之一。

由於當 LED 過熱時，會影響其壽命及可靠性，Arik 等人(2002)提到晶片接面溫度要在 125°C 以下才是最適當的，且資料顯示元件溫度升高 2°C，可靠性會降低 10%，光源溫度從 50°C 升高至 100°C 時，壽命會減少約 3/4 的時間，可見熱的問題對 LED 的影響是很大的，所以好的散熱設計對 LED 燈來說是非常重要的。

本研究使用之高功率 LED 嵌燈是一般室內用的 LED 嵌燈，為一種常見於一般室內裝潢用的藝術燈或是珠寶首飾店的展示燈，體積小但亮度很高，可用在小範圍照明上，其晶片是採用 10W 的高功率 LED，目前在市面上所看到的這種小嵌燈大多為 3W、5W，瓦數並沒有這麼高，這款將近 10W 的高功率 LED 嵌燈亮度很高，可照明的範圍更廣，但相對的晶片上的溫度也很高，如果能做好散熱裝置，有效控制住晶片下的接面溫度，這款

高功率LED嵌燈將可以用在更多的地方。

基於以上的觀點，本研究將針對一種高功率LED嵌燈模組進行研究，先以實驗方式測出溫度變化的範圍。接著再針對其中的散熱問題，找到數種影響嵌燈陶瓷散熱座散熱效果的因素，如：改變散熱座形狀、銀膠或材質等，並利用ICEPAK軟體進行數值模擬探討晶片接面處溫度。最後整合各種影響嵌燈陶瓷散熱座散熱效果的因素和實用上的價值，得到一組在許可的安全溫度125°C的範圍內且最佳化的嵌燈模組設計參數。

本研究的目的是在於改善此款高功率LED的散熱效能，在合理的誤差範圍內，期望能將晶片接面溫度降至安全溫度125°C以下，延長嵌燈的使用壽命及安全性問題。

二、研究目的

- (一) 探討影響嵌燈陶瓷散熱座散熱效果的因素。
- (二) 探討 LED 嵌燈陶瓷散熱座的最佳化設計。

三、研究範圍

- (一) 本研究使用之高功率 LED 嵌燈，乃由黏接在鋁基板上之九個小晶片所組成的 10W 高功率 LED 所構成。
- (二) 本研究使用之高功率 LED 嵌燈，其基底為陶瓷材質的散熱座，並搭配一個鋁散熱塊以增進散熱效果。

四、名詞解釋

- (一) LED(light-emitting diode)：指一種以二極體為發光主體所組成的元件，其波長涵蓋了紅外光、可見光及紫外光。
- (二) 高功率 LED(High Power LED)：在業界定義，LED 的消耗功率大於 1W 者為高功率 LED。

貳、文獻探討

近10年來，有許多文獻以實驗方法或數值模擬探討關於LED熱傳分析之問題。Lianqiao等人(2007)之研究中，針對不同封裝型式的高功率LED陶瓷燈具做熱傳分析，利用FLOTHERM這套CFD分析軟體去做數值模擬，得到散熱的好壞跟材質之間的接觸熱阻有很大的關係，當接觸面間的空隙越少，接觸熱阻就越低，此時晶片上的接合溫度也就越低，是直接影響到晶片上溫度高低的關鍵因素。

林世章等人(2007)之研究中，針對一組高功率LED燈組進行研究，利用ANSYS軟體將實驗與模擬做結合，針對不同瓦數的燈具去設計不同形狀的鋁燈罩尺寸做最佳化設計，結果發現實驗與模擬值相當吻合，分析模式具有相當可靠性與準確性。

Kim等人(2007)之研究中，針對單顆晶片、兩顆晶片、四顆晶片等三種不同的晶片封裝型式做研究，發現晶片數目和晶片溫度在熱阻比值越大時越有影響，此熱阻比值為晶片至散熱塊的熱阻除以散熱塊至環境中的熱阻值，當比值越大時，越多晶片數目的晶片接面溫度會越低，證明了多晶型式的晶片比單晶型式的晶片更加有其優勢存在。

Senawiratne等人(2008)之研究中，針對LED晶片製程中的基板做研究，分別探討Sapphire和GaN兩種不同的基板材值去做分析，並比較分析的結果，發現LED的接面溫度高低和基板的熱傳導係數有很大的關係。

許益銑等人(2008)之研究中，利用Fluent分析軟體模擬LED機車頭燈的散熱設計，發現在模擬時由於設定的接觸面積是假設很完美的情況，所以散熱效果很好，但實際上的量測溫度並沒有模擬來的這麼好，因為實際上還需要去考慮熱阻問題，在加上熱阻去分析後發現會更接近實驗值。

Hu等人(2008)之研究中，利用ANSYS軟體針對陶瓷封裝的LED燈具做分析，發現用陶瓷封裝的LED接面溫度會降低，且接面處至環境的熱阻值會從原本普通塑膠封裝的76.1降至45.3，證明陶瓷封裝可有效降低LED燈具的接面溫度。

Christensen等人(2009)之研究中，針對燈具的封裝型式對高功率LED的熱影響做研究，搭配CFD軟體進行模擬，發現增加鰭片或是增加強制對流的情況下可有效改善晶片上的接面溫度，在模組的封裝上採用較高熱傳係數的材質也可有效達到散熱效果。

由上述文獻得知，多數的研究僅僅研究影響LED燈具散熱效果的某些因素，如：燈具材料之材質、熱阻和基板的熱傳導係數等。可是到目前為止關於以創新的方式同時考慮這些因素對燈具散熱效果的影響，整合出一組最佳化的設計參數的研究還是很少。

因此本研究將針對一種高功率LED嵌燈模組進行研究，先以實驗方式測出溫度變化的範圍，試圖提高此嵌燈模組之散熱效率，因此針對其中的散熱問題，作出創新的設計，如：改變散熱座形狀、銀膠或材質等，最後再利用ICEPAK軟體進行數值模擬探討晶片接面處溫度，改善高功率LED的散熱效能，期許將晶片接面溫度控制在125°C以下的範圍內，延長嵌燈的使用壽命及安全性問題。

參、研究方法

一、研究器材

本研究所使用的LED嵌燈主要用陶瓷材質做為散熱基底，搭配鋁6061散熱塊，晶片為10W之高功率LED，係利用MCPCB法(Metal Core PCB)直接將LED晶片黏著在鋁基板上，整體燈具如圖1所示所示：



圖 1 LED 嵌燈

進行嵌燈模組的溫度量測實驗時，所需要之器材如下：

(1) 基底陶瓷(Ceramic)：

本研究使用的嵌燈底部之基底陶瓷，如圖 2 所示，屬於多孔性陶瓷，其熱傳係數為 2.477，常用於發熱量高的 3C 產品中，其主要的用途為可以輻射方式將熱排出，且具有重量輕、熔點高、易大量生產、形狀可多樣化等優點。

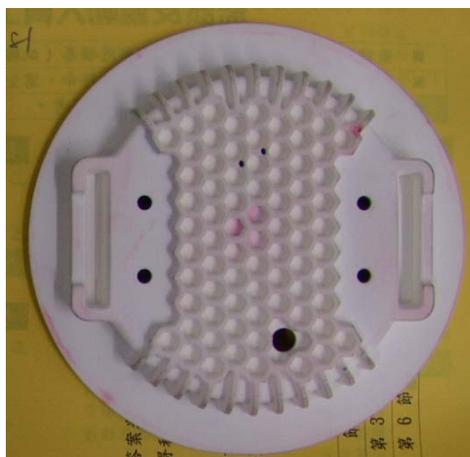


圖 2 基底陶瓷

(2) 鋁散熱塊：

嵌燈中的散熱機制除了陶瓷外，還有一塊鋁 6061 板，如圖 3 所示，來幫助晶片上的散熱，其形狀為一厚度 3 mm，半徑 29.9 mm 的圓形，重量為 21.78g。因鋁的熱傳導係數為 154.88，為目前工業界愛用的散熱材質之一。



圖 3 鋁 6061 基板

(3) 散熱膏：

本研究使用兩種不同的散熱膏，散熱膏的目的在降低陶瓷和鋁塊、鋁塊和鋁基板之間的接觸熱阻。一種為較常見使用在 CPU 上的散熱膏，也是此款嵌燈本身所使用的散熱膏，主成分為矽，雖然成本較低，但熱傳導係數也較低，僅 $0.9 \frac{W}{m \cdot K}$ 。另一種散熱膏具有 $4.5 \frac{W}{m \cdot K}$ 之熱傳導係數及較低的接觸熱阻，但成本也相對較高一些。

(4) LED 晶片：

本研究使用之嵌燈的 LED 晶片為 10W 高功率 LED，如圖 4 所示，由九個小晶片所組成。一般 LED 晶片發光時，有 15~20% 轉為光，80~85% 轉為熱，因此實際發熱瓦數為 8~8.5W 左右。

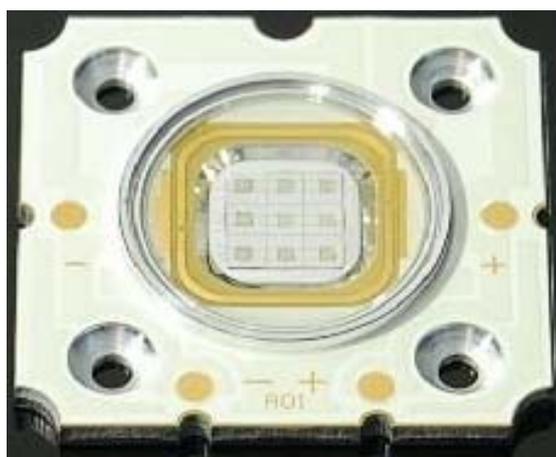


圖 4 LED 晶片

(5) TVS-200EX 紅外線熱像儀：

紅外線熱像儀為利用紅外線去感測物品在不同環境條件下的溫度變化，量測溫度可從 -20°C ~ 500°C ，準確度在 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 或者 $\pm 2\%$ 間，是很精確的儀器，可確保我們量出來的嵌燈溫度有一定的準確性。

(6) 溫度控制器：

在本研究的實驗中使用溫度控制器做為溫度校正的輔助工具。此設備可以直接利用接觸點量測物體表面的溫度，方便立即知道溫度的變化。

(7) 黑體膠布：

為了使實驗結果更加準確，在本研究的實驗中使用黑體膠布黏貼在要量測的四個位置上，此黑體膠布的放射率為 0.93。知道物體表面的放射率之後，即可在模擬軟體中定義，並求出這觀測點的確切溫度值。

(8) 銀膠：

本研究的每個 LED 晶片底下都有一層銀膠將晶片黏接於基板上。本研究採用兩種不同銀膠熱傳係數 $k=1.1$ 和 $k = 2.5 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}$ 。

二、實驗架設

本研究使用之高功率 LED 嵌燈乃由黏接在鋁基板上之九個小晶片所組成的 10W 高功率 LED 所構成，基底為陶瓷材質的散熱座，並搭配一個鋁散熱塊以增進散熱效果。本實驗設備之架設程序如下：

在一密閉房間內，做好隔光與隔熱的動作，為了避免其他不必要的光線影響到紅外線熱像儀量測溫度，將室溫控制在 25°C 左右，將嵌燈用夾具固定好，旁邊用軟木塞將嵌燈固定住，整個架設好的嵌燈量測實驗設備如圖 5 所示。

為了防止在實驗過程中移動到嵌燈，再將桌面光滑會反射光線的地方用隔擋物遮蓋住，避免反射的紅外線影響到實驗本身的精確性，之後將紅外線熱像儀架設在與燈具距離約三十公分處，此三十公分為儀器本身可接受的最短焦距範圍。

準備好這些事前動作後，記錄下當時的環境溫度，關掉室內光源，將儀器設定每三秒拍一張照片，開始進行實驗量測，剛開始實驗放置 24 小時做觀察，發現在量測過幾組燈具後嵌燈幾乎在 30 分鐘之內就達到平衡了，所以之後的實驗都設定量測 90 分鐘，最後再將照片匯入專用軟體內讀取溫度的變化。

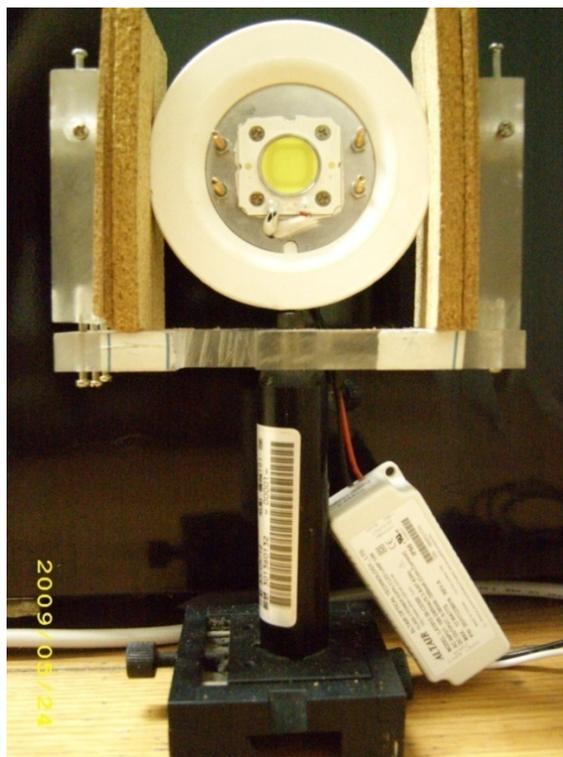


圖 5 嵌燈量測實驗設備

三、建立模型

本研究為改善此款高功率 LED 的散熱效能，採用 ICEPAK 建立模型。圖 6(a)、6(b) 為使用 ICEPAK 建立的經過簡化後嵌燈的模型：在晶片方面簡化為鋁基板上有一層發光層材質為矽，厚度為 0.5 mm、半徑 10 mm 的圓形，內含九個小晶片為 1×1 (mm²) 的正方形，晶片下方用銀膠黏接鋁基板，其尺寸皆與實際模型相同。在晶片部分，則採用 source 建構，由九個小晶片所組成，每一個晶片發熱設定為 0.9W，因此嵌燈總共發熱為 8.1W。

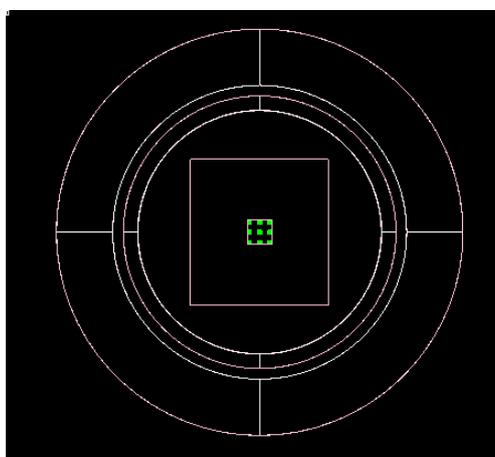


圖 6(a) 嵌燈模型(俯視圖)

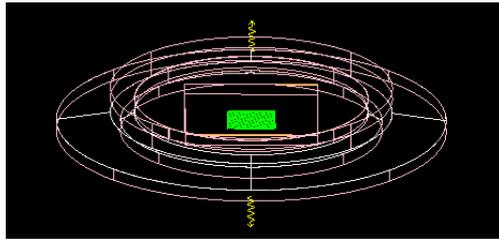


圖 6(b) 嵌燈模型(側視圖)

為了讓ICEPAK軟體能夠更準確地進行嵌燈模型之溫度分析的數值模擬，本研究需要經過下列各種的設定、測試和計算過程：

(一) 基本假設：

本研究對於嵌燈這個模組的其他相關基本假設如下：

- (1) 求解過程為穩態模式。
- (2) 流場內流體為空氣，為不可壓縮之牛頓流體。
- (3) 流場型式屬於層流流場。
- (4) 因為散熱陶瓷部分為多孔隙材質，主要利用輻射散熱，因此需要加入輻射項。

(二) 邊界條件設定

為了讓模擬的結果能與實驗的結果相近，因此本研究以接近實驗環境的條件去定義系統的邊界條件：(1) 假設模組在自然對流情況下操作，沒有其他外在的對流因素影響，(2) 重力方向由於嵌燈是面朝下置放，因此由建模時的座標可看出重力為正Z方向：

$9.8 \frac{m}{s^2}$ ，(3) 假設工作流體為空氣，為不可壓縮之牛頓流體，(4) 環境溫度為 $25^{\circ}C$ 和模擬高溫 $35^{\circ}C$ 情況下溫度變化，(5) 壓力為一大氣壓： $101325 \frac{N}{m^2}$ 。

(三) 材料參數設定：本研究採用之原始材質參數詳細列於表 1 中。

	尺寸	熱傳導係數()	瓦數(W)
晶片	1×1(mm ²)	NA	8.1
銀膠	1×1×0.1(mm ³)	1.1	NA
鋁基板	34×36×2.7(mm ³)	154.88	NA

散熱膏	(1) 34×36×2.7(mm ³) (2) 29.92×3.14×3(mm ³)	0.9、4.5	NA
鋁散熱塊	29.92×3.14×3(mm ³)	154.88	NA
陶瓷	約 39000mm ³	2.477	NA

表 1 原始材質參數表

(四) 改變設計參數：

為了改善嵌燈散熱效率，針對陶瓷的形狀及材質做改變，在分析軟體中可直接改變材質定義並求解，因此本研究選擇了下列的設計參數去作組合，以找出最佳的設計方案：

- (1) 改變陶瓷的厚度：以原始模型厚度為基準作-0.5，+0.5，+1 和+1.5 倍的增減。
- (2) 改變陶瓷表面形狀：可選擇正方形，六角形或比原始模型增大的圓形面積。
- (3) 改變銀膠材質：銀膠熱傳係數，可選擇 $k=1.1$ 或 $k=2.5$ 。

(五) 建立網路：經過評估之後，本研究選擇使用 ICEPAK 之非結構六面體網格 (Hexahedral Unstructured)，定義網格大小時，可定義網格的最大邊長與最小邊長，Max X size 代表 X 軸最大邊長，Max Y size 代表 Y 軸最大邊長，Max Z size 代表 Z 軸最大邊長，可自行定義大小，若沒有指定，ICEPAK 將會自動以求解區域的 1/20 的尺寸進行劃分，而最小邊長 (Min size)，ICEPAK 將會自動以原件中最小尺寸的 1/10 的尺寸進行劃分。針對特定物件也可進行更細微的網格劃分，以求更精確的值。

(六) 網格測試：

由於網格數目與結點數目會影響到計算過程的穩定度與求解的精準性，因此定義網格大小是很重要的一個步驟，一般而言雖然網格越細計算會越精準，但必須花費的時間也相對多出很多去進行運算，所以取得一個最佳值才是最適當的。

本研究總共測試了七組網格尺寸：分別為求解域尺寸的 1/20、1/30、1/40、1/50、1/60、1/70、1/80 進行測試，發現當尺寸在 1/20~1/60 時的網格性質並不是達到最好，網格好壞可從 ICEPAK 中可直接判斷，較好的網格性質越接近 1 為越好，測試發現當尺寸在 1/70 或 1/80 時網格性質已達到最好值，如圖 7 所示。

從表 2 所示之網格測試結果比較可看出，這兩種尺寸在分析溫度結果相差不到 1°C，但時間卻相差了很多，因此本研究採用求解域尺寸的 1/70 做為網格劃分。

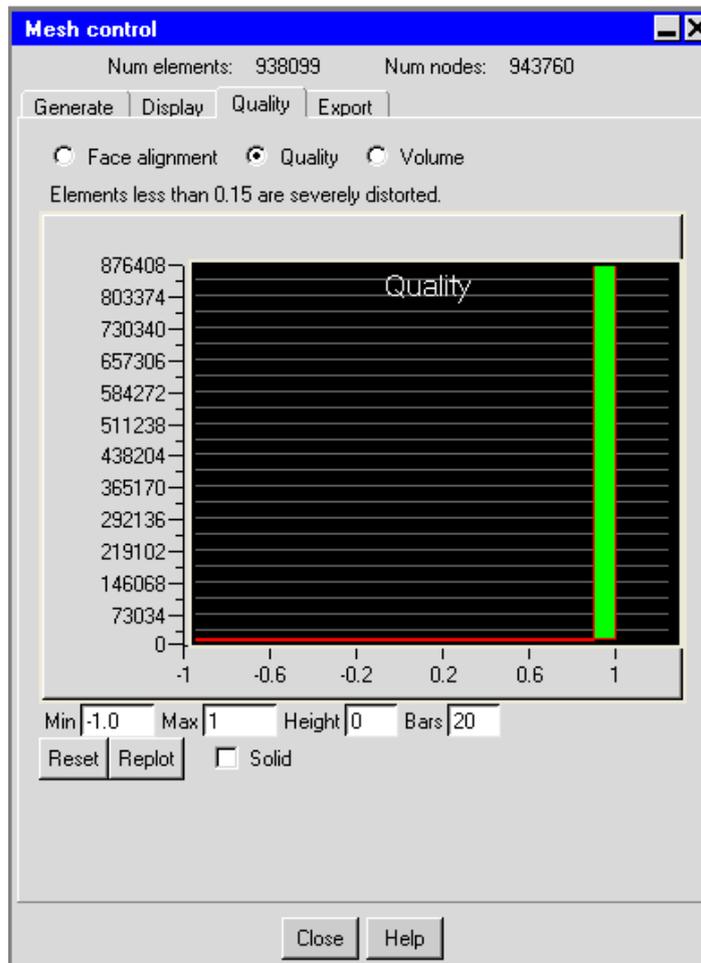


圖 7 網格性質(求解域尺寸的 1/70)

	網格數目	分析時間	疊代次數	分析溫度
1/70 1.57×1.57×0.31(mm ³)	938099	3 分 20 秒	500	140.102°C
1/80 1.375×1.375×0.275(mm ³)	1264364	5 分 10 秒	500	140.935°C

表 2 網格測試結果比較

(七) 收斂條件：在分析過程中，將嵌燈模型設置五個溫度監控點，分別為晶片、銀膠、鋁塊、基板、陶瓷，模擬中可由溫度監控點的穩定性觀察收斂狀況。網格測試時原本設定在將數值疊代 500 次觀察。從圖 8 溫度監控圖發現：溫度監控

點在疊代將近 50 次時已經沒有太大變化，而在將近 100 次左右已達到穩定階段。因此為了節省計算時間，將次數減為 300 次做分析運算。

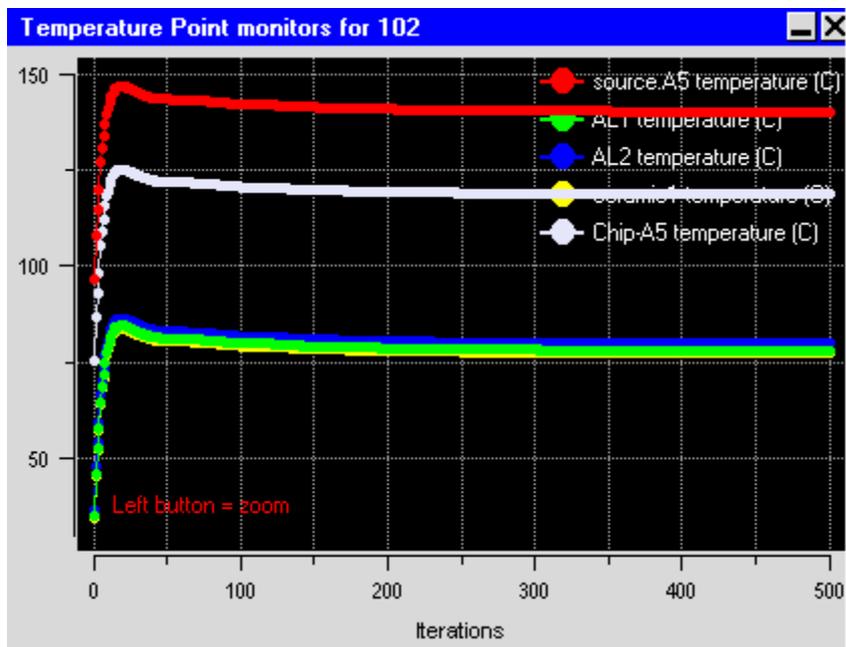


圖 8 溫度監控圖

肆、結果與討論

一、實驗的量測值與數值模擬分析結果比較



圖 9 溫度觀察點(1.晶片、2.基板、3.散熱塊、4.陶瓷)

將熱像儀所拍攝下的照片匯入專用的軟體進行溫度分析，嵌燈上貼上黑體膠布的四個位置上設置四個溫度觀察點，分別為晶片、基板、散熱塊、陶瓷，如圖9所示。觀察這四點的溫度。

為了比較藉由實驗的量測值與數值模擬分析出來的溫度值，本研究量測了原始模型(散熱膏 $K=0.9$)的溫度：圖10為原始模型(散熱膏 $k=0.9$)熱像儀所拍攝下的照片，晶片界面溫度最高溫為 141.30°C ，陶瓷部分最高溫為 77.63°C 。再將陶瓷、鋁散熱塊、基板、基板到晶片的界面處和晶片等五個點的最高溫、均溫、最低溫之數據整理如圖11曲線圖所示。

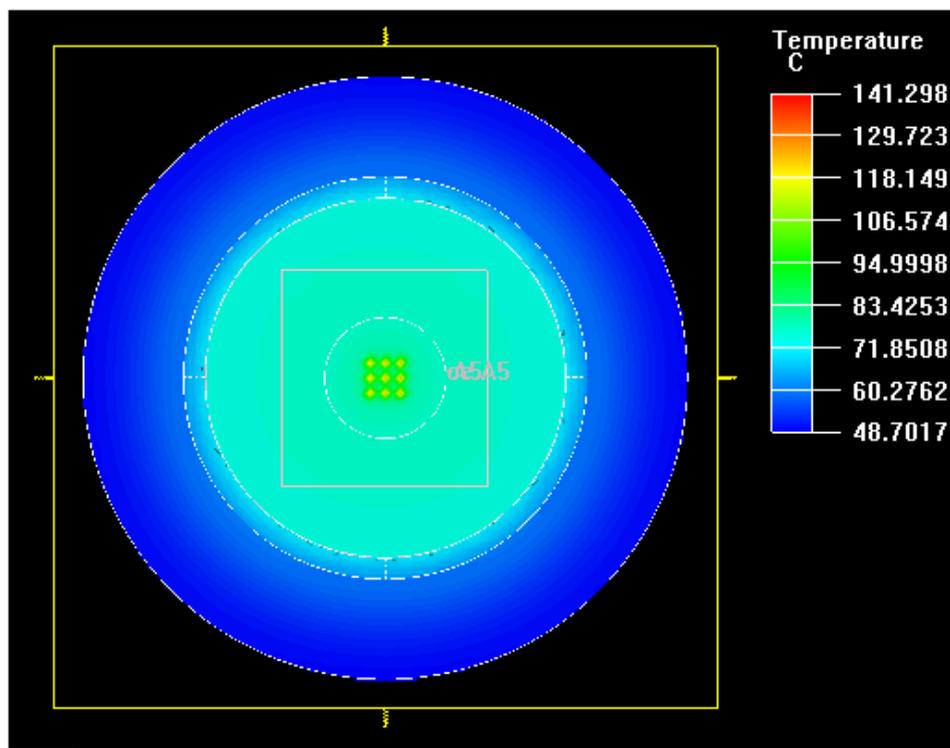
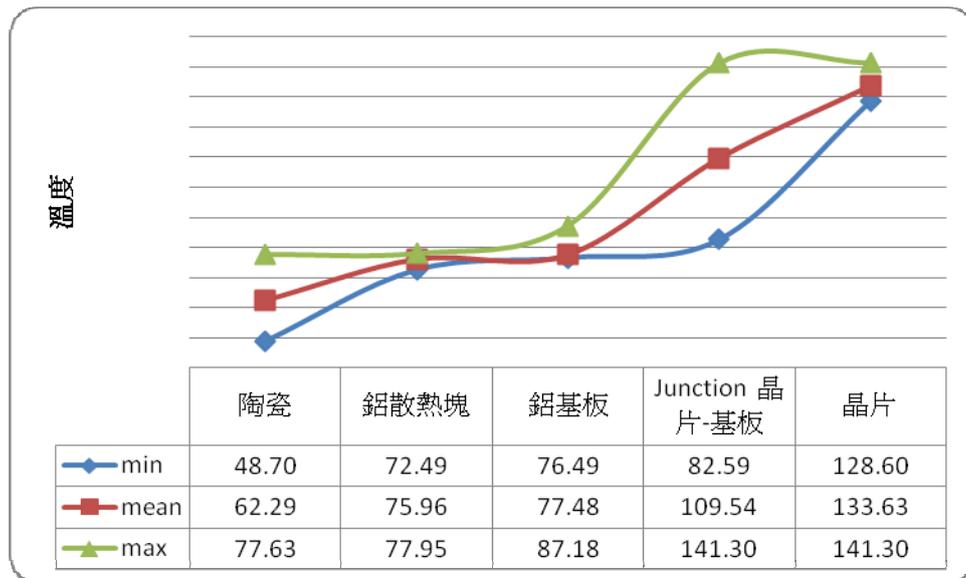


圖 10 原始模型(散熱膏 $K=0.9\text{W/m.K}$)溫度圖

圖 11 原始模型(散熱膏 $k=0.9\text{W/m.K}$)溫度曲線圖

藉著比較圖11與圖12中的原始形狀(圓形)的溫度曲線圖發現：兩者的陶瓷溫度分別為 77.63°C 和 77.81°C ，而晶片的溫度則分別為 141.30°C 和 140.10°C ，其誤差在6%以內。因為圖11是由實驗量測而得的溫度變化記錄，而圖12則是數值模擬的結果，當數值模擬的結果非常接近實驗的量測值時，意味著將來可用數值模擬分析來協助研發LED燈具相關的模組，如此將可減少許多時間與成本上的花費。

二、影響嵌燈陶瓷散熱座散熱效果的因素

(一) 不同陶瓷座形狀對散熱效果的影響

為了研究陶瓷座形狀對散熱效果的影響，本研究先針對陶瓷表面的形狀做改變，在保持總體積不變的情況下，單純作形狀的變化，分別將陶瓷座形狀改變成八角形、六角形、正方形。

圖12為不同陶瓷形狀溫度比較，從圖12的分析結果顯示：圓形形狀的溫差最小，正方形的溫差最大。可見在各種不同陶瓷形狀形中，圓形陶瓷座的散熱效果最好，可見圓形陶瓷座具有讓晶片上的高溫可均勻散熱的優點。

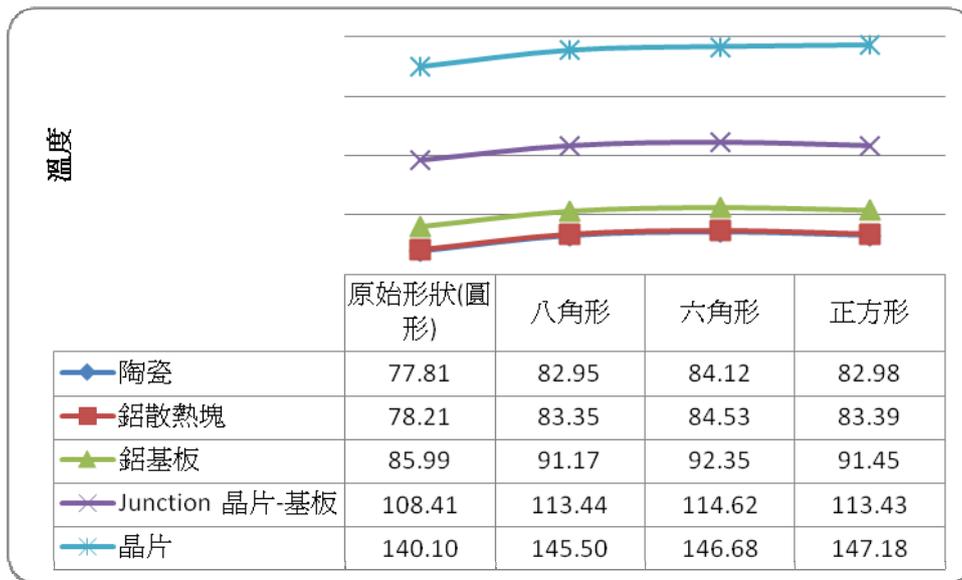


圖 12 不同陶瓷形狀模型之溫度比較圖

(二) 陶瓷座厚度對散熱效果之影響

本研究針對陶瓷的厚度作改變，分別模擬當陶瓷座的厚度為原始模型厚度的0.5倍、1.5倍、2倍、2.5倍時，其溫度的變化。

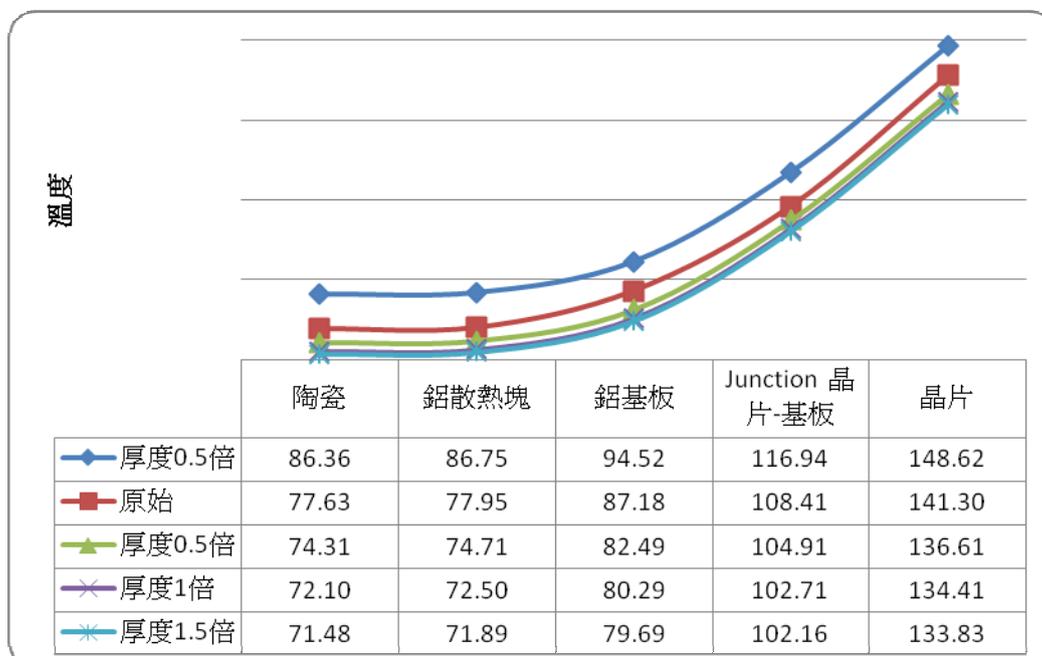


圖 13 不同厚度的陶瓷座各量測點的溫度比較圖

圖13為針對上述四種厚度的陶瓷座，與原始模型厚度的陶瓷座各量測點的溫度的比較。以上結果顯示：當厚度越厚時，整體溫度會越低，當厚度減薄時整體溫度升高，在

厚度增為1倍時，晶片接面溫度由原本的 141.30°C 降至 134.41°C ，總共降了 6.89°C ，陶瓷部分也從原本的 77.64°C 降至 72.10°C ，總共降了 5.54°C ；但在厚度增為1.5倍時，溫度雖然又有往下降，但跟1倍時的晶片接面溫度比較才差了 0.59°C ，且在陶瓷部分幾乎沒有溫度的變化，表示陶瓷的厚度並不是越厚越好，應該在考慮成本與效益上取得一個最佳值做設計才是最適當的。

(三) 不同銀膠熱傳係數對散熱效果之影響

為了要研究銀膠熱傳係數對散熱效果之影響，本研究以兩種不同銀膠熱傳係數 $k=1.1$ 和進行模擬。分析結果的溫度如圖14所示。

圖14顯示：若將原來使用的熱傳係數 $k=1.1$ 的銀膠，換成熱傳係數的銀膠，晶片接面溫度可從原本的 141.30°C 降至 108.90°C 。

上述結果顯示：當使用銀膠的熱傳係數越大時，晶片接面溫度明顯降低，其原因為銀膠的熱傳係數會影響到晶片上的高溫能否傳到基板上。因此，銀膠熱傳係數對於晶片接面溫度為一明顯的影響因素。

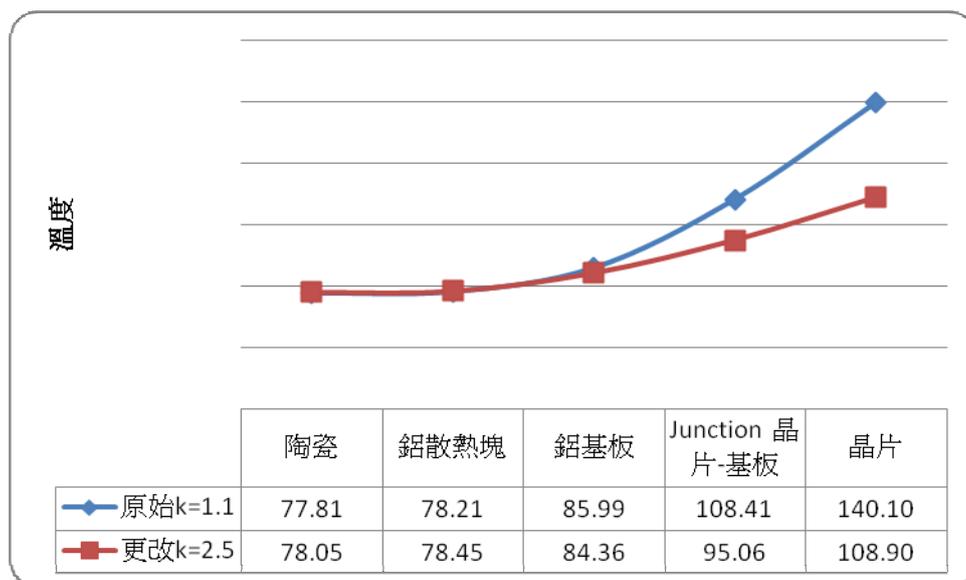


圖 14 不同銀膠熱傳係數散熱效果比較圖

三、LED 嵌燈陶瓷散熱座的最佳化設計

(一) 最佳化設計參數

根據以上所有的分析的結果，考慮各種影響嵌燈陶瓷散熱座散熱效果的因素和實用上的價值，取得一組參數值：散熱膏 $k=4.5$ ，銀膠，陶瓷厚度為原始模型厚度的2倍，並增大原始模型的圓形面積。

從圖15模擬的結果可看出這組參數所建構的模型，在室溫為25°C時各點的溫度都比原始模型來得低。尤其是讓「晶片接面溫差變小」為最明顯改善的地方。因為這組參數值模擬的結果呈現燈具溫度最好的情況，因此本研究將這組參數的模型視為燈具的最佳化設計。

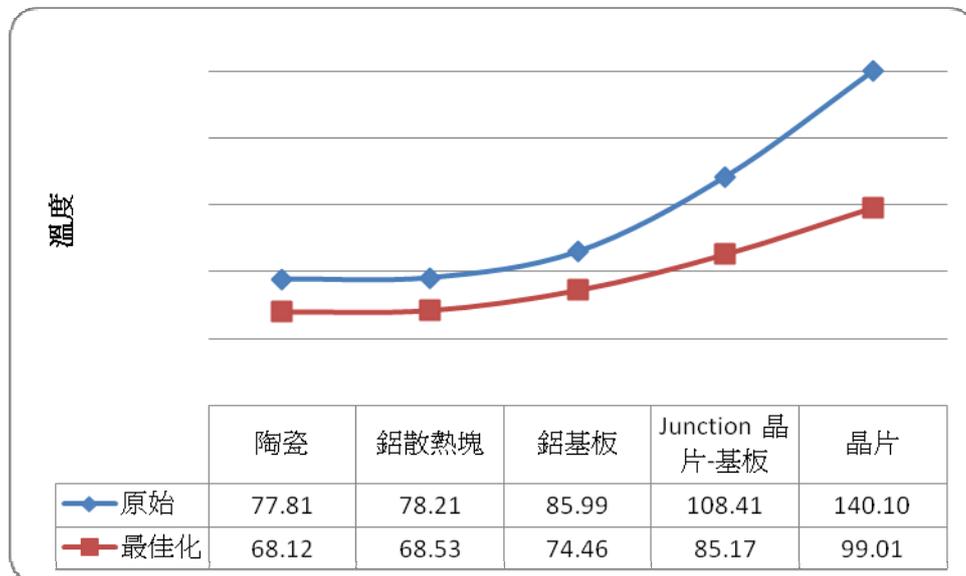


圖 15 原始模型與最佳化模型比較圖

(二) 檢測最佳化設計模組

上述所分析之模型都在室溫25°C的條件之下進行模擬，為了避免燈具將來有可能在室溫較高的情況之下使用產生過熱現象。本研究設定燈具的安全溫度須在120°C以下。因此將室溫提高到35°C，比較及最佳化嵌燈模型在溫度方面的表現。

圖16和圖17分別為原始嵌燈模型和最佳化嵌燈模型在室溫35°C之下所作的模擬結果。從圖16和圖17的分析結果顯示：當原始嵌燈模型在室溫35°C情況下，晶片接面溫度會升高至145.71°C，如圖13所示；而最佳化設計的嵌燈模型在室溫在35°C情況下，晶片溫度只會上升到103.35°C，如圖17所示。因此最佳化嵌燈模型可滿足在較高溫情況下，晶片接面溫度仍然會維持在125°C以下的安全溫度的條件。

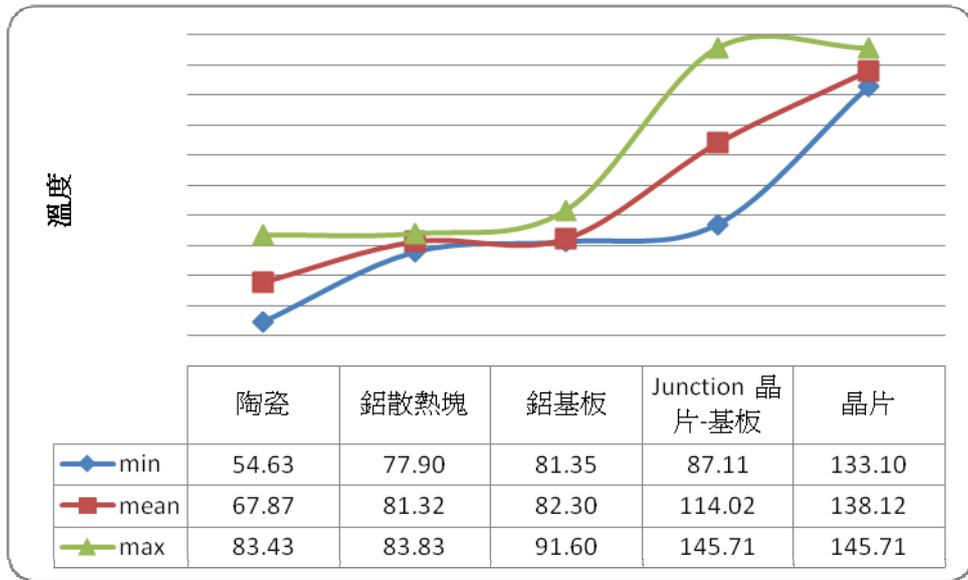


圖 16 原始嵌燈模型在室溫 35°C 下之溫度圖

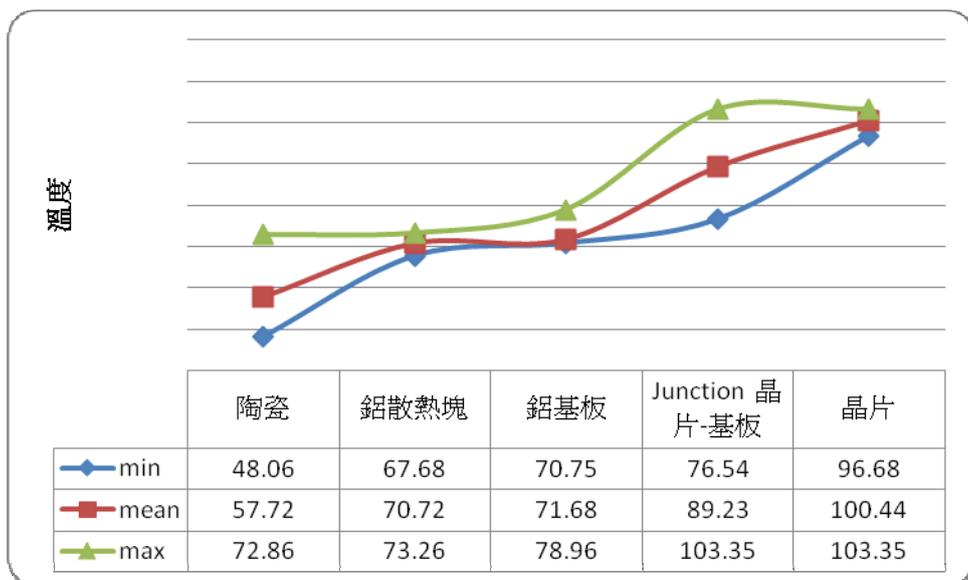


圖 17 最佳化嵌燈模型在室溫 35°C 下之溫度圖

伍、結論

本研究針對高功率LED嵌燈之陶瓷散熱座進行創新設計，首先藉由實驗與模擬軟體的搭配驗證其準確性，再以ICEPAK軟體在不同的條件參數下進行模擬，可得以下的結論：

1. 藉由實驗的量測值與數值模擬分析出來的溫度值做比較，發現計算誤差在6%以內。因為用數值模擬的結果非常接近實驗的量測值，因此用此方法來協助研發LED燈具相關的模組，可減少時間與成本上的花費。

2. 比較不同形狀陶瓷散熱座的模擬結果，發現六角形又比正方形來的更好些，可見圓形的散熱效果比其他形狀來的好。其原因與越接近圓形形狀的表面積溫度散佈更均勻。
3. 無論是增大散熱座的面積或是增加其厚度，其溫度明顯降低，其原因為散熱座的表面積越大其散熱效果越好。
4. 當使用銀膠的熱傳係數越大時，晶片界面溫度明顯降低，其原因為銀膠的熱傳係數會影響到晶片上的高溫能否傳到基板上。
5. 整合以上各影響散熱座散熱的因素，得到一組在許可的安全溫度 125°C 以內的範圍內，最佳化的嵌燈模組設計參數為：散熱膏 $k=4.5$ ，銀膠，陶瓷厚度為型在室溫 35°C 下之溫度圖厚度的2倍，並增大型在室溫 35°C 下之溫度圖的圓形面積，可供未來實際設計燈具時參考之用。

參考文獻

一、中文文獻

1. 李世章, "高功率LED燈組之散熱最佳化設計," 中國機械工程學會第二十四屆全國學術研討會論文集, 96年11月23日.
2. 許益銑, 蔡明倫, 許日滔, 顏則修, 洪俊卿, 林顯群, "LED機車頭燈散熱設計之數值與實驗整合研究," 中國機械工程學會第二十五屆全國學術研討會論文集, 97年11月21.22日.
3. 虎門科技股份有限公司, "ICEPAK教育訓練講義", 2004.
4. 梁倫語, 李子瑜, 楊軒政, 林育才, "熱介面材料之熱傳導係數的量測方法改良研究," 中國機械工程學會第二十五屆全國學術研討會論文集, 97年11月21.22日.
5. 邱子庭, "非牛頓熱液動力頸軸承潤滑模式之建立," 成功大學, 碩士論文, 2003.
6. 黃振東, "LED封裝及散熱基板材料之現況與發展," 工業材料雜誌, 231期, 95年3月, pp.70-81.
7. 江松柏, "序列式LED顯示器的熱傳能力分析," 中國機械工程學會第二十五屆全國學術研討會論文集, 97年11月21.22日.
8. 鐘正發, "高功率發光二極體熱傳途徑分析研究," 中山大學, 碩士論文, 2007.
9. 廖昀瑄, "LED平面背光模組散熱機構研究," 元智大學, 碩士論文, 2007.

二、英文文獻

10. M. Arik, J. Petroski and S. Weaver, "Thermal challenges in the future generation solid state lighting applications: light emitting diodes," IEEE Inter Society Conference on Thermal Phenomena 2002.
11. Lianqiao Yang, Sunho Jang, Woongjoon Hwang, Moowhan Shin, "Thermal analysis of high power GaN-based LEDs with ceramic packages," *Thermochimica Acta* 455 pp.95–99, 2007.
12. L. Kim and M. W. Shin, "Thermal resistance measurement of LED package with multichips," *IEEE Transactions on components and packaging technologies*, Vol. 30, No. 4, 2007.
13. A. Christensen, S. Graham, "Thermal effects in packaging high power light emitting diode arrays," *Applied Thermal Engineering* 29 pp.364–371, 2009.
14. J. Senawiratne, Y.Li, M. Zhu, Y. Xia, W. Zhao, T. Detchprohm, A. Chatterjee, J. L. Plawsky and C. Wetzel, "Junction temperature measurements and thermal modeling of GaInN/GaN quantum well light-emitting diodes," *Journal of Electronic Materials*, vol. 37, no.5, 2008.
15. Jianzhing Hu, Lianqiao Yang and Moo Whan Shin, "Thermal and mechanical analysis of high-power light-emitting diodes with ceramic packages," *IEEE Transactions on Device and Materials Reliability*, vol. 8, pp. 297-303, Jun 2008.
16. S. V. Patankar, D. B. Spalding, "A calculation procedure for heat, mass and momentum transfer in three-dimensional parabolic flows," *Int. Journal Heat Mass Transfer*, Vol 15, pp.1787-1806, 1972.