

高功率LED之散熱分析

高苑科技大學 電子工程系

徐金全 助理教授

Tel : 07-6077758

Cell Phone : 0920875082

E-mail: t10045@cc.kyu.edu.tw

大 綱

簡介：高功率LED之熱傳與封裝型式

方法：COMSOL Heat Transfer 2D Module

結果與討論：

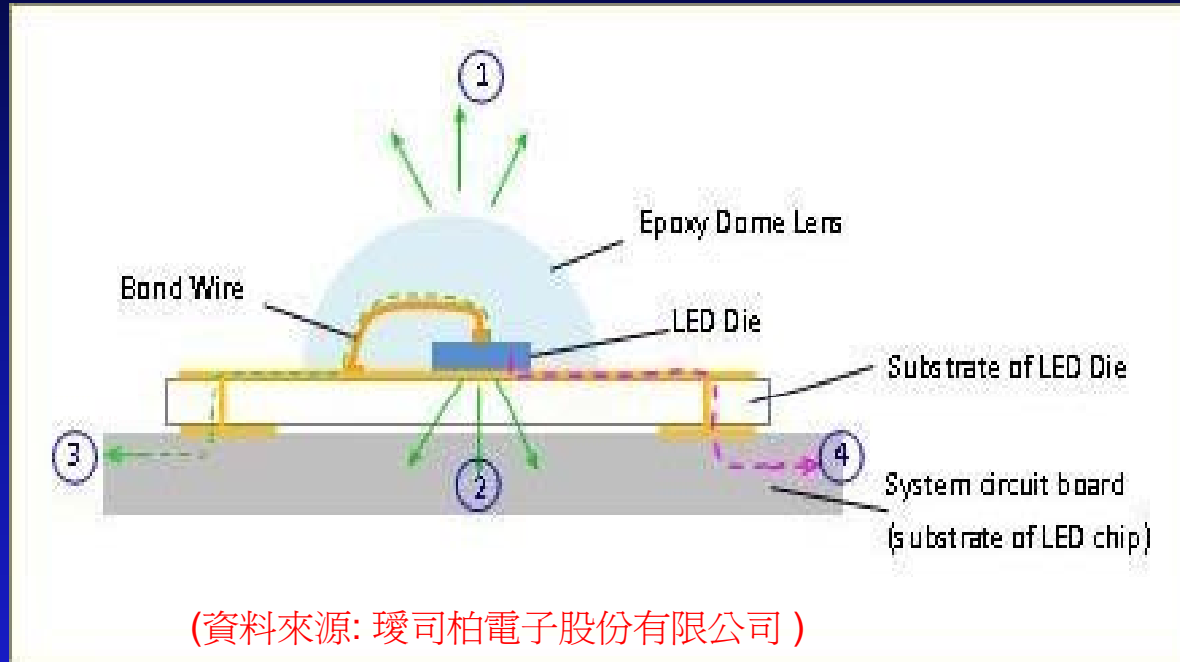
- 1.高功率LED 之MCPCB 封裝散熱模擬分析
- 2.高功率LED 之IMS封裝散熱模擬分析
- 3.石墨應用於高功率LED 之封裝散熱模擬分析

結論：

高功率LED之熱傳與封裝方式(1/17)

- ◆70%的LED損壞是因為過高之接面溫度所引起。
- ◆輸入的能量僅20%轉換為光，80%則轉換成熱。
- ◆LED的接面溫度愈高，光的強度愈低，使用壽命亦愈低。

高功率LED之熱傳與封裝方式(2/17)

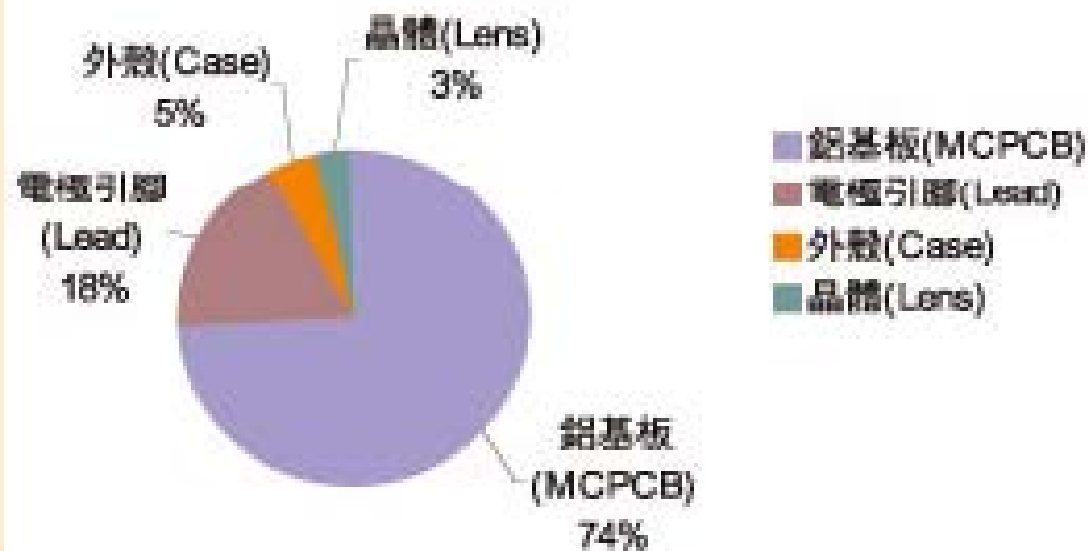


LED散熱途徑示意圖

- 散熱途徑：
1. 從空氣中散熱
 2. 熱能直接由System circuit board導出
 3. 經由金線將熱能導出
 4. 若為共晶及Flip chip製程，熱能將經由通孔至系統電路板而導出

高功率LED之熱傳與封裝方式(3/17)

LED各部位散熱比例

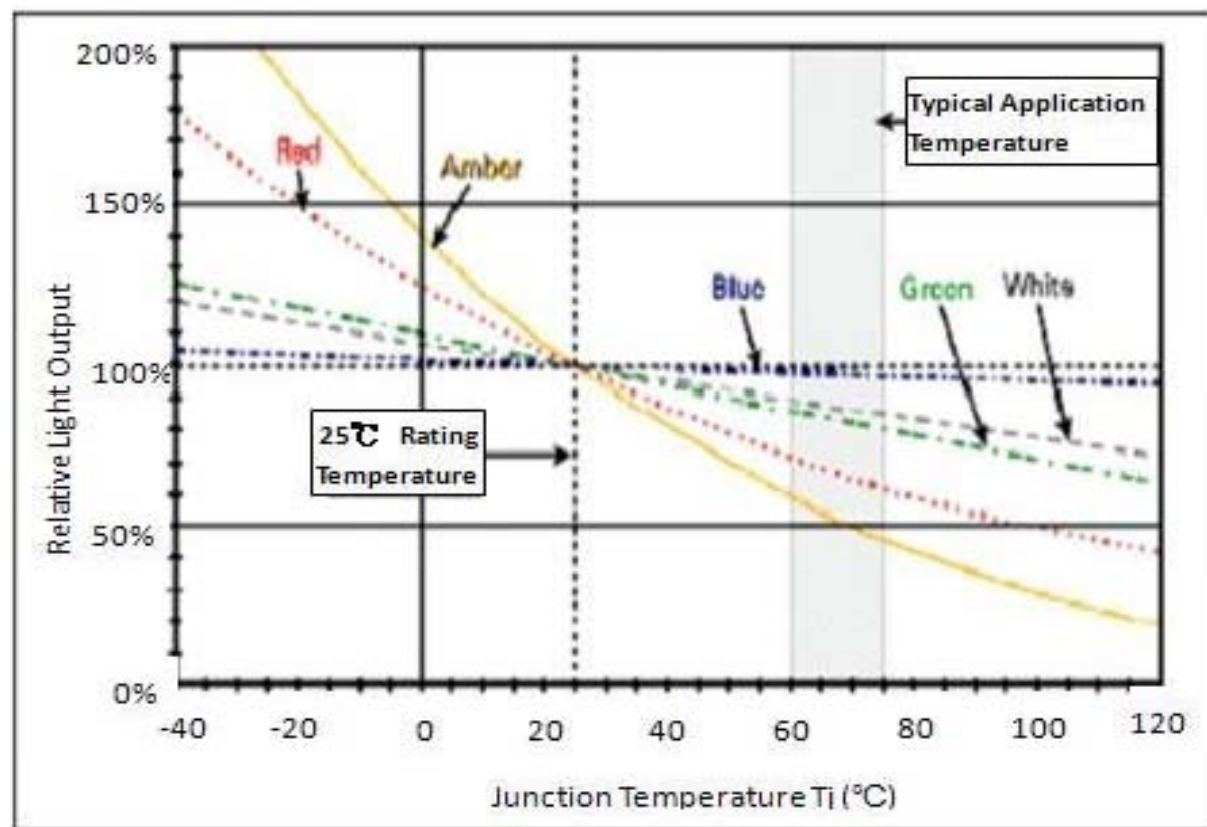


(資料來源: 璦司柏電子股份有限公司)

高功率LED之熱傳與封裝方式(4/17)

- ◆ 降低接面溫度可以：
 - ✓ 提高光輸出強度
 - ✓ 增加元件使用壽命
 - ✓ 改善元件穩定度
 - ✓ 提高色彩穩定度
 - ✓ 可在較高環境溫度下工作
 - ✓ 增加元件及模組設計彈性

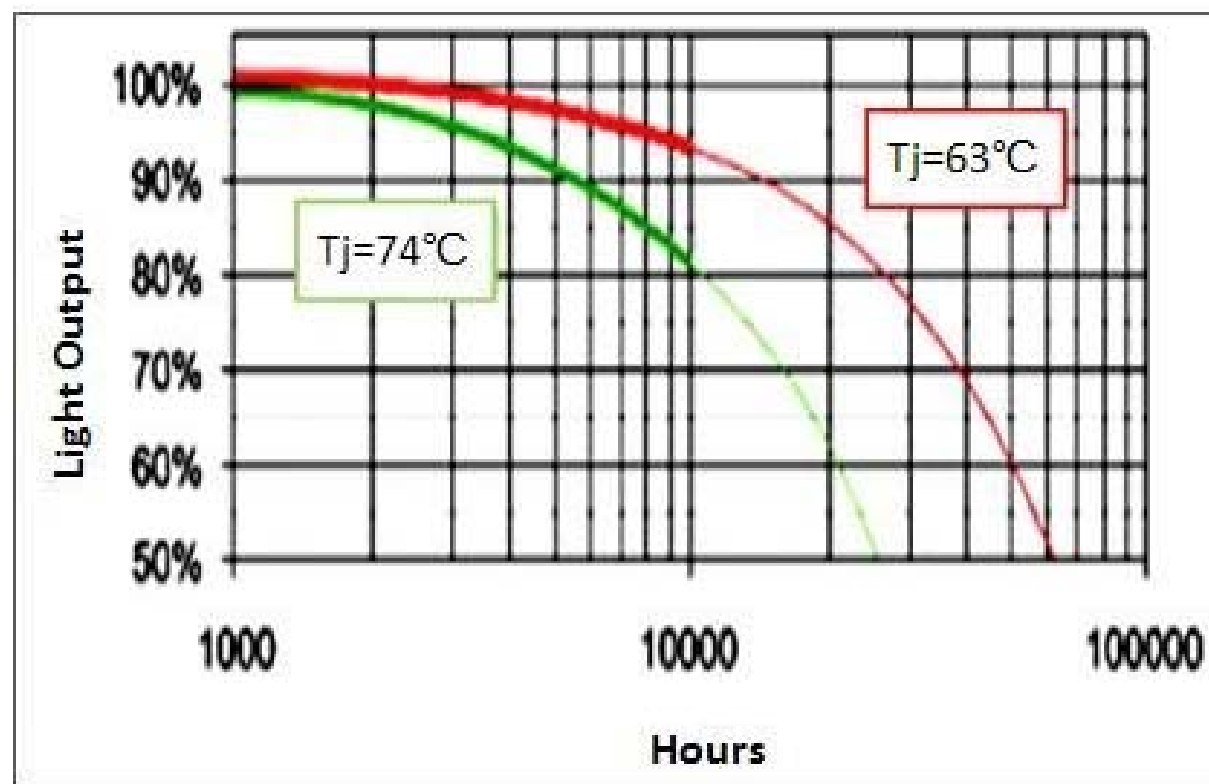
高功率LED之熱傳與封裝方式(5/17)



圖一 結面溫度與發光效率之關係圖 (Source: PNNL)

(資料來源：PNNL)

高功率LED之熱傳與封裝方式(6/17)



圖二 LED 溫度與壽命關係圖 (Source: Lighting Research Center)

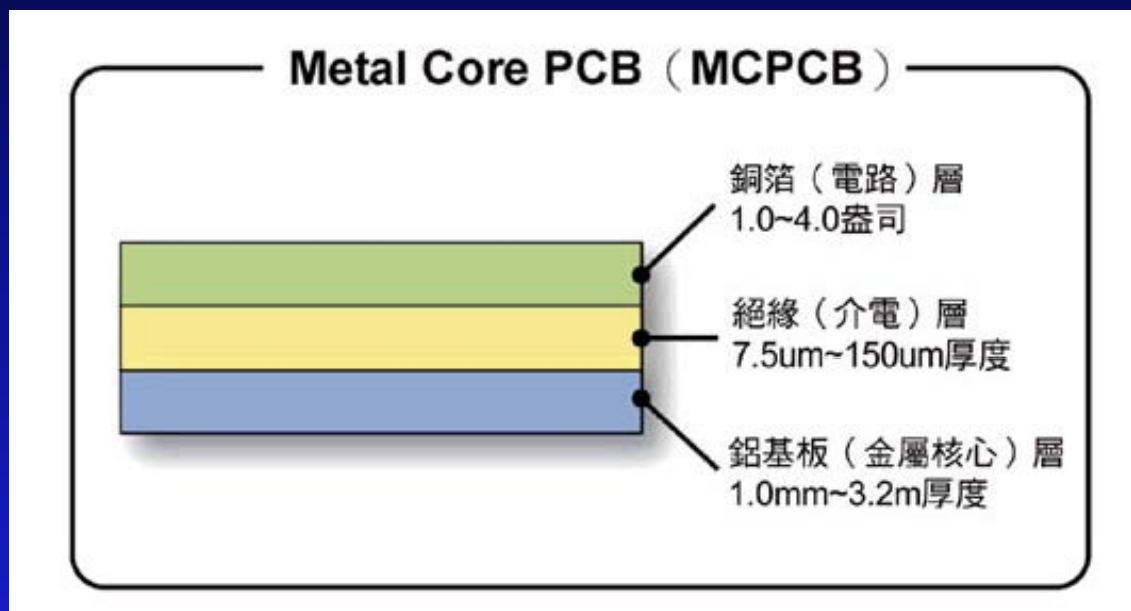
(資料來源：Lighting Research Center)

高功率LED之熱傳與封裝方式(7/17)

◆ 常見之LED基板：

- ✓ PCB(例如FR4等印刷電路板)
- ✓ MCPCB (金屬心印刷電路板)
- ✓ IMS (絕緣金屬基板)
- ✓ 陶瓷基板 (AlN /SiC、DBC)
- ✓ 高導熱複合基板

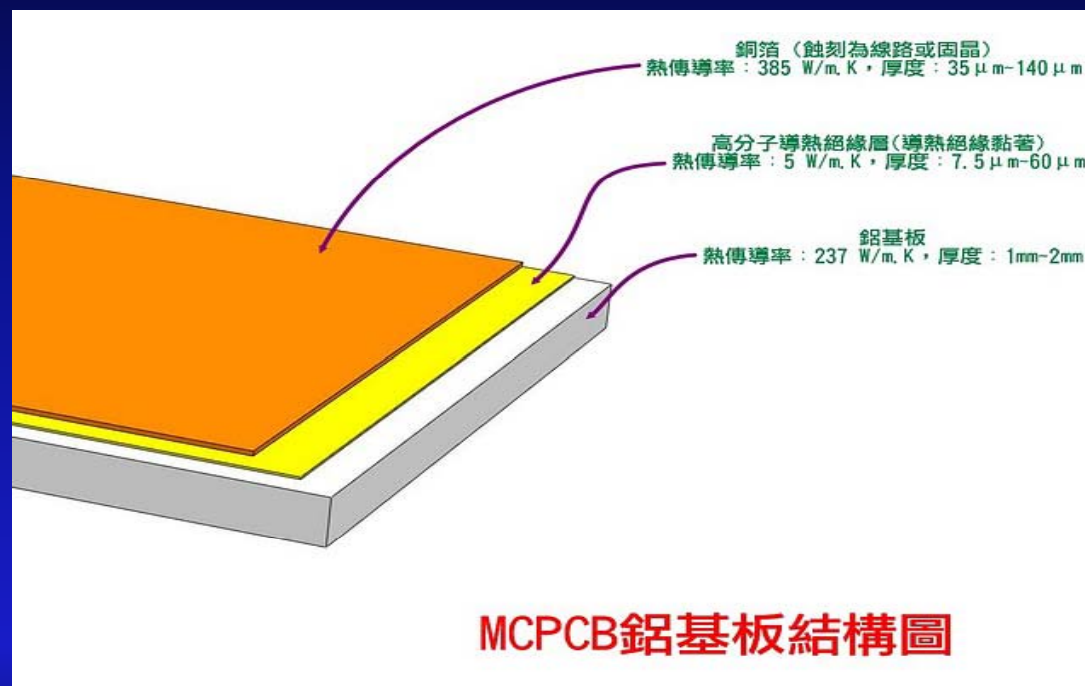
高功率LED之熱傳與封裝方式(8/17)



MCPCB (Metal Core PCB)

(資料來源: 晨怡熱管技術公司)

高功率LED之熱傳與封裝方式(9/17)



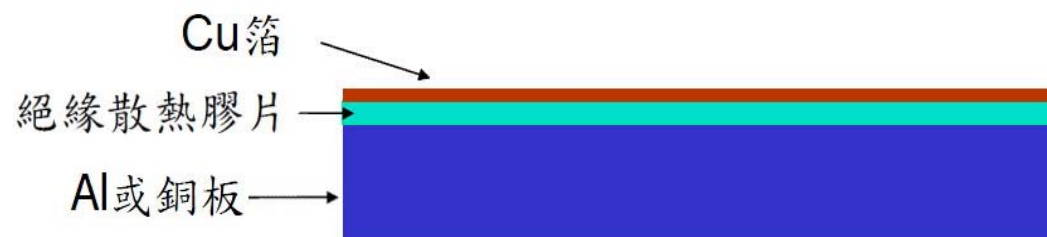
MCPCB (Metal Core PCB)

(資料來源: Cree, Inc.)

高功率LED之熱傳與封裝方式(10/17)

Single sided IMS

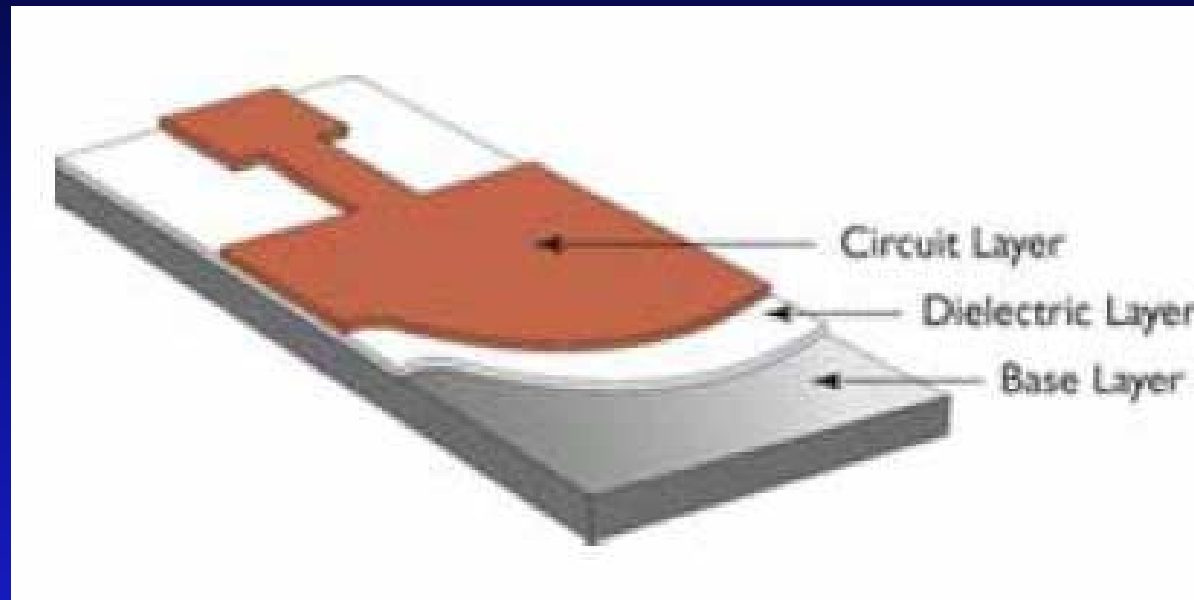
銅箔+絕緣散熱膠片+金屬板



IMS (Insulated Metal Substrate)

(資料來源：聯茂電子股份有限公司)

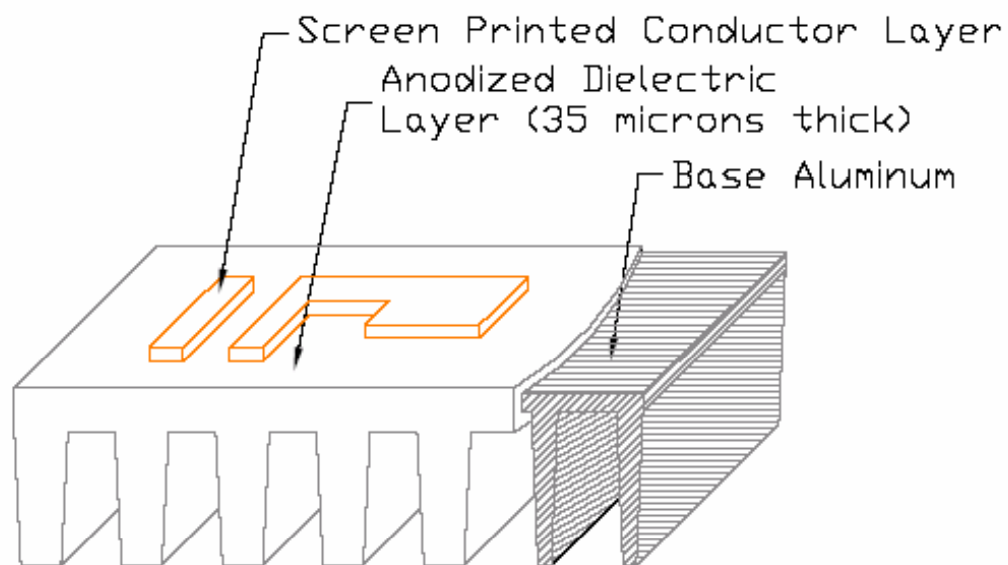
高功率LED之熱傳與封裝方式(11/17)



IMS (Insulated Metal Substrate)

Thin thermally conductive layer bonded to aluminum or copper substrate for heat Dissipation (資料來源: Bergquist Company)

高功率LED之熱傳與封裝方式(12/17)



Anotherm™ Insulated Metal Substrate

(資料來源: TTelectronics Company)

高功率LED之熱傳與封裝方式(13/17)

散熱基板材質比較

金屬基板	陶瓷基板
主要分為金屬基材及金屬芯	材料有AlN、Al ₂ O ₃ 、SiC、Si ₃ N ₄ 、BeO等
材質以鋁銅為主，鋁材比率較高	熱傳導率較絕緣樹脂佳
矽在鋁銅基材表面做絕緣層，再做銅箔電路	熱膨脹係數與半導體材料匹配性好
可做單層板、雙層板及多層板	金屬化方法有厚膜法、薄膜法、直接接合銅箔、直接硬焊鋁箔
散熱係數較低	散熱係數較高
單價較低，為市場主流商品	單價較高，多利用於利基市場

高功率LED之熱傳與封裝方式(14/17)

陶瓷材料之優缺點

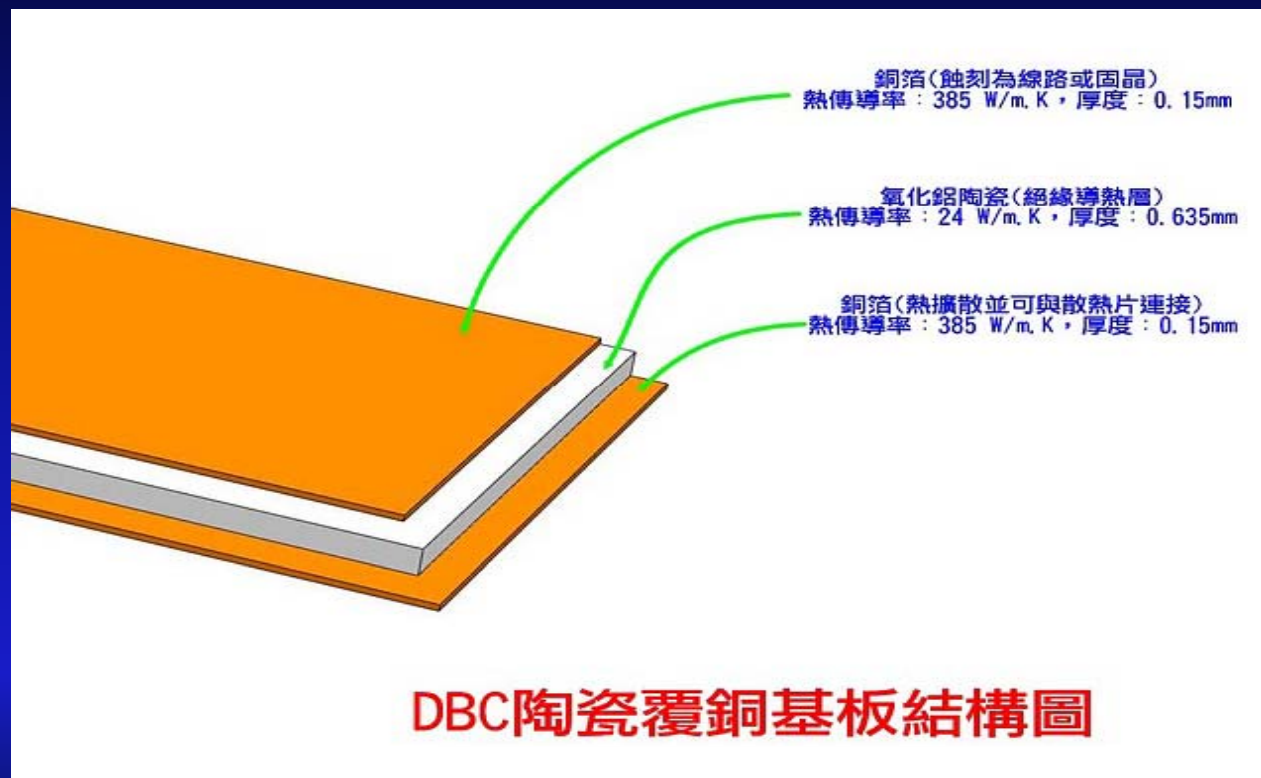
材料	優點	缺點
氧化鋁	原料容易取得、性質穩定、成本便宜、材料配方及製程已有充份了解製程穩定良率高。	介電常數較高、熱傳導係數偏低、熱膨脹係數略高。
氮化鋁	高熱傳導係數、低熱膨脹係數。	原料價位高，製程仍在開發中穩定性不足，不易和金屬共燒燒結溫度高，介電常數較高。
氧化鈹	高熱導係數。	原料具毒性，製程技術不普遍熱膨脹係數及介電常數略高。
玻璃陶瓷	低介電常數，低熱膨脹係數，燒結溫度低，可使用低電阻之銅、銀、金等做導體材料	熱傳導係數太低，強度不足，銅導體共燒困難，原料成本較高。
鉬(mullite)陶瓷基板	介電常數較低，熱膨脹係數低。	熱傳導係數低，不易共燒，製程技術不普遍。

高功率LED之熱傳與封裝方式(15/17)

陶瓷基板之應用

陶瓷基板應用	應用範圍
LTCC (Low-Temperature Co-fired Ceramic 低溫共燒多層陶瓷基板)	LED散熱基板、RF Modules、手機通訊、藍芽 (Bluetooth)、無線網路 (WLAN) 與全球衛星定位系統 (GPS) ..等
HTCC (High-Temperature Co-fired Ceramic 高溫共燒多層陶瓷)	工農業技術、軍事、科學、通訊、醫療、環保、宇航等眾多領域
DBC (Direct Bonded Copper 直接接合銅基板)	LED散熱基板、太陽能電池板組件、通訊、車用電子..等
DPC (Direct Plate Copper 直接鍍銅基板)	高功率LED陶瓷散熱基板、覆晶/共晶封裝基板、太陽能HCPV heat-sink、微波無線通訊、半導體設備、軍事電子、整合型被動/保護元件、各式感測器基板..等

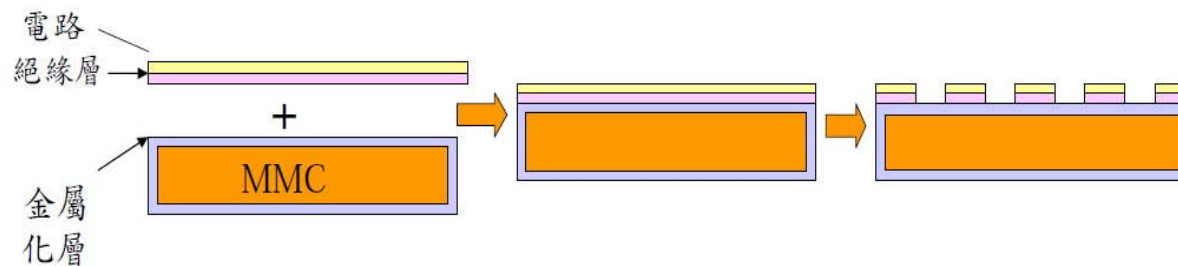
高功率LED之熱傳與封裝方式(16/17)



(資料來源: Cree, Inc.)

高功率LED之熱傳與封裝方式(17/17)

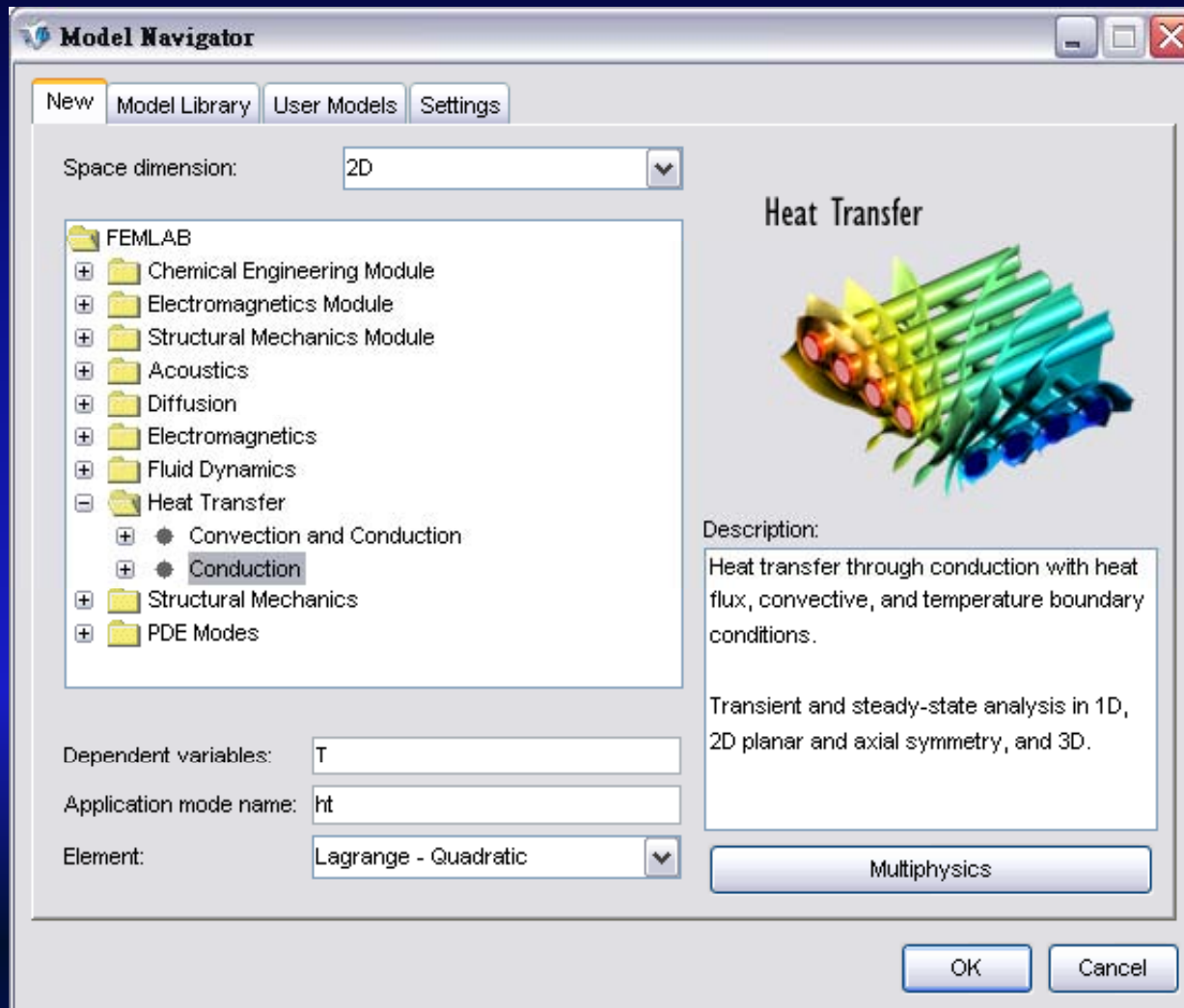
- 基板材料: 鋁碳複合材料
- 熱傳導率 :320/310/200 W/m.K
- 熱膨脹係數~4ppm/K
- 高熱擴散率~ 1.8 cm²/s (Cu : 1.05 cm²/s)
- 密度: 2.3 g/cc



高散熱複合基板:

(資料來源: 工研院化才所)

COMSOL 多重物理量耦合分析軟體之熱傳2D模組



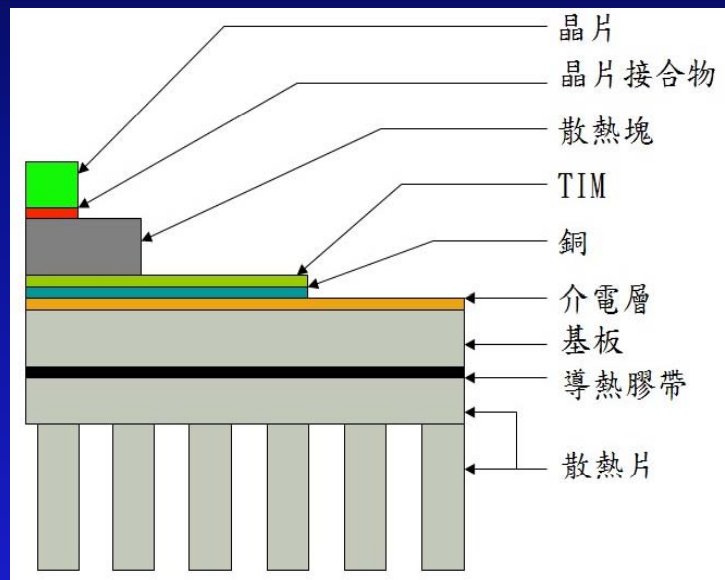
結果與討論

高功率LED 之MCPCB 封裝散熱模擬分析

高功率LED 之IMS封裝散熱模擬分析

石墨應用於高功率LED 之封裝散熱模擬分析

高功率LED之MCPCB封裝散熱模擬分析(1/6)

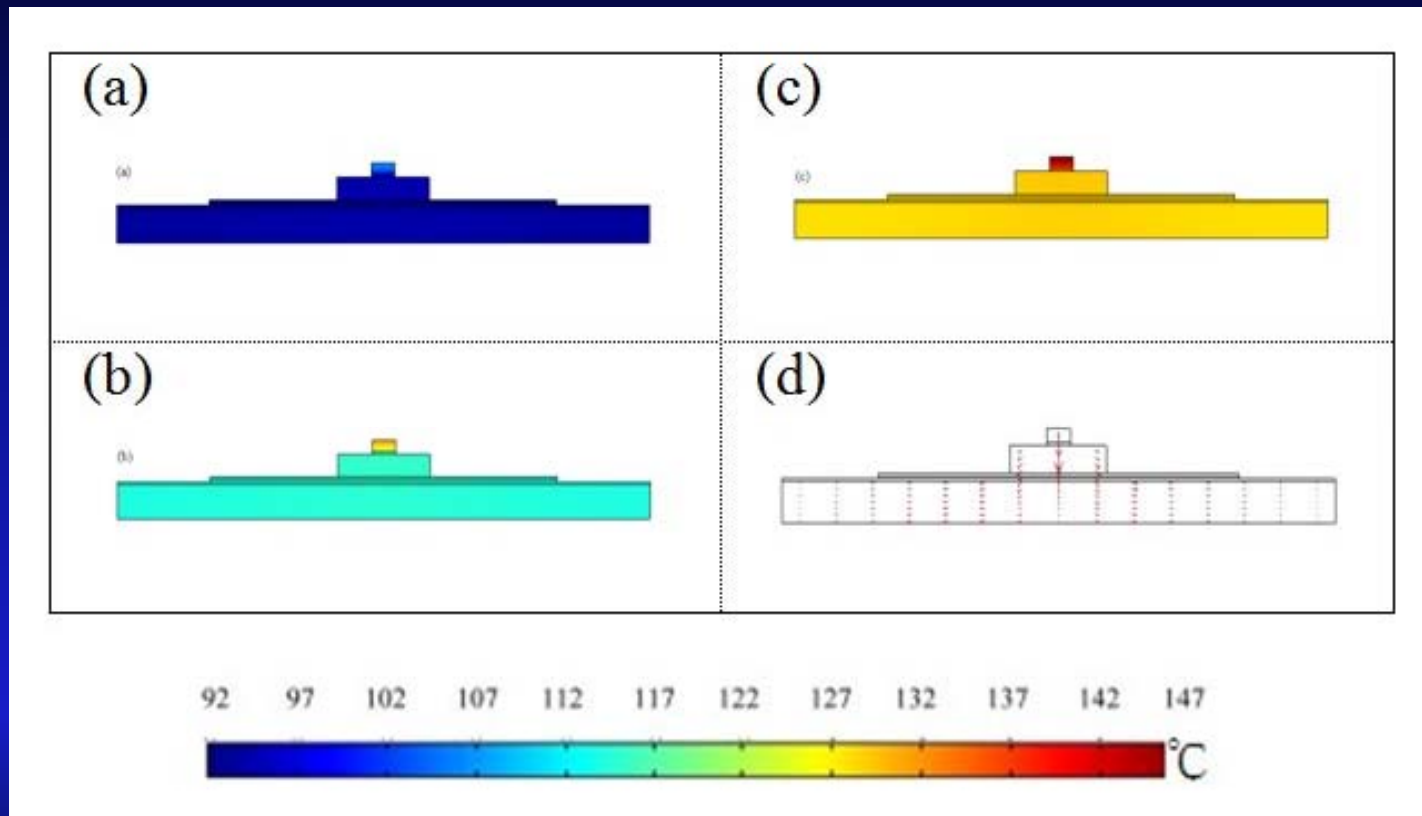


LED之MCPCB封裝結構圖

組件	材料	熱傳導係數 (W/m · K)	尺寸
晶片	藍寶石	23	40mils
TIM	銅	81.6	厚度25μm
銅箔	銅	401	厚度40μm
介電層	氧化鋁	8	厚度70μm
基板	鋁	237	20mm*20mm* 1.5mm
散熱片	鋁	237	1mm*1mm*4mm, 1mm*1mm*8mm

MCPCB封裝材料參數表

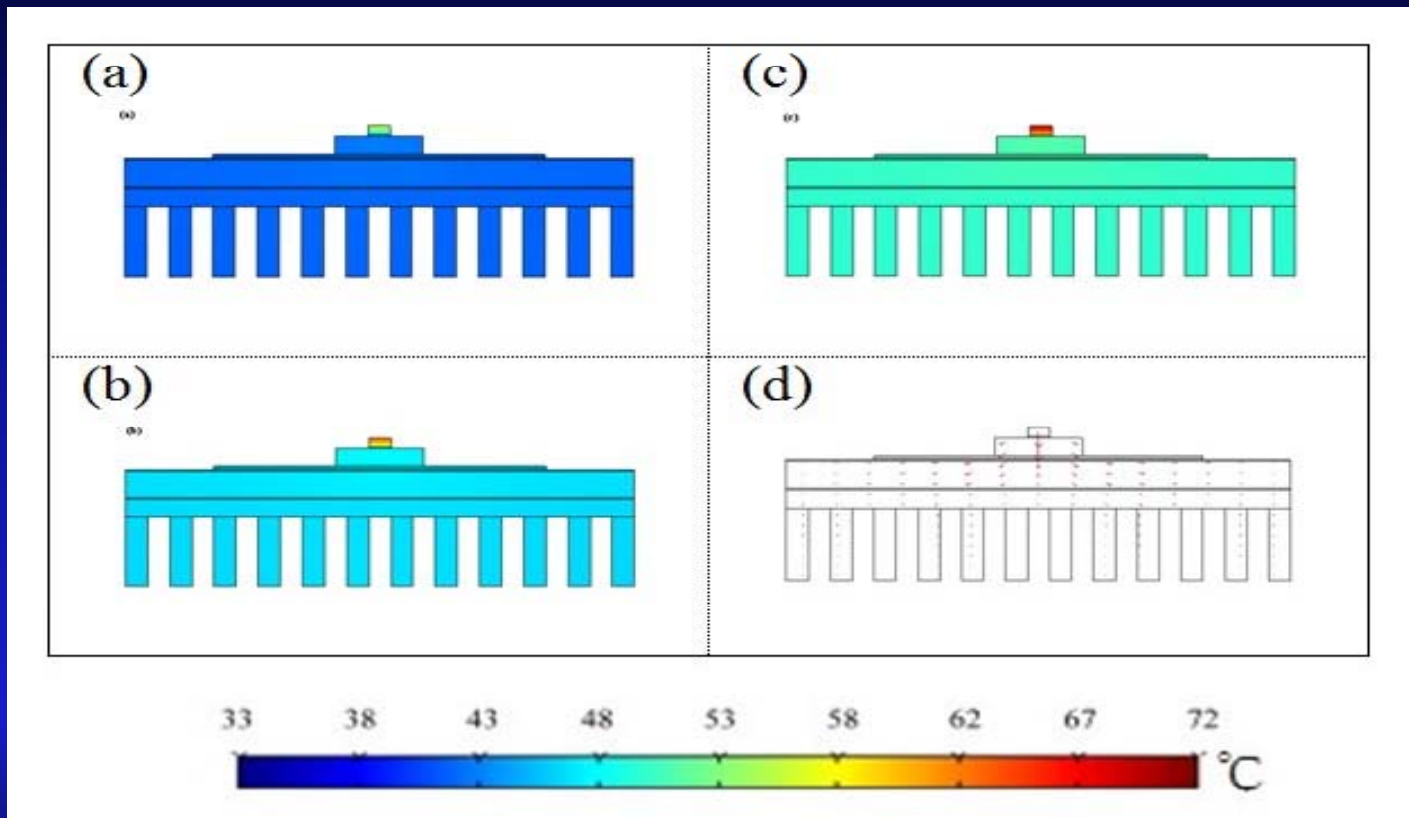
高功率LED之MCPCB封裝散熱模擬分析(2/6)



未搭載散熱片模型的模擬結果

- (a)功率1.0w時，溫度範圍 93~106°C；(b)功率1.3w時，溫度範圍 114~130°C
(c)功率1.5w時，溫度範圍 127~147°C；(d)熱量流向圖

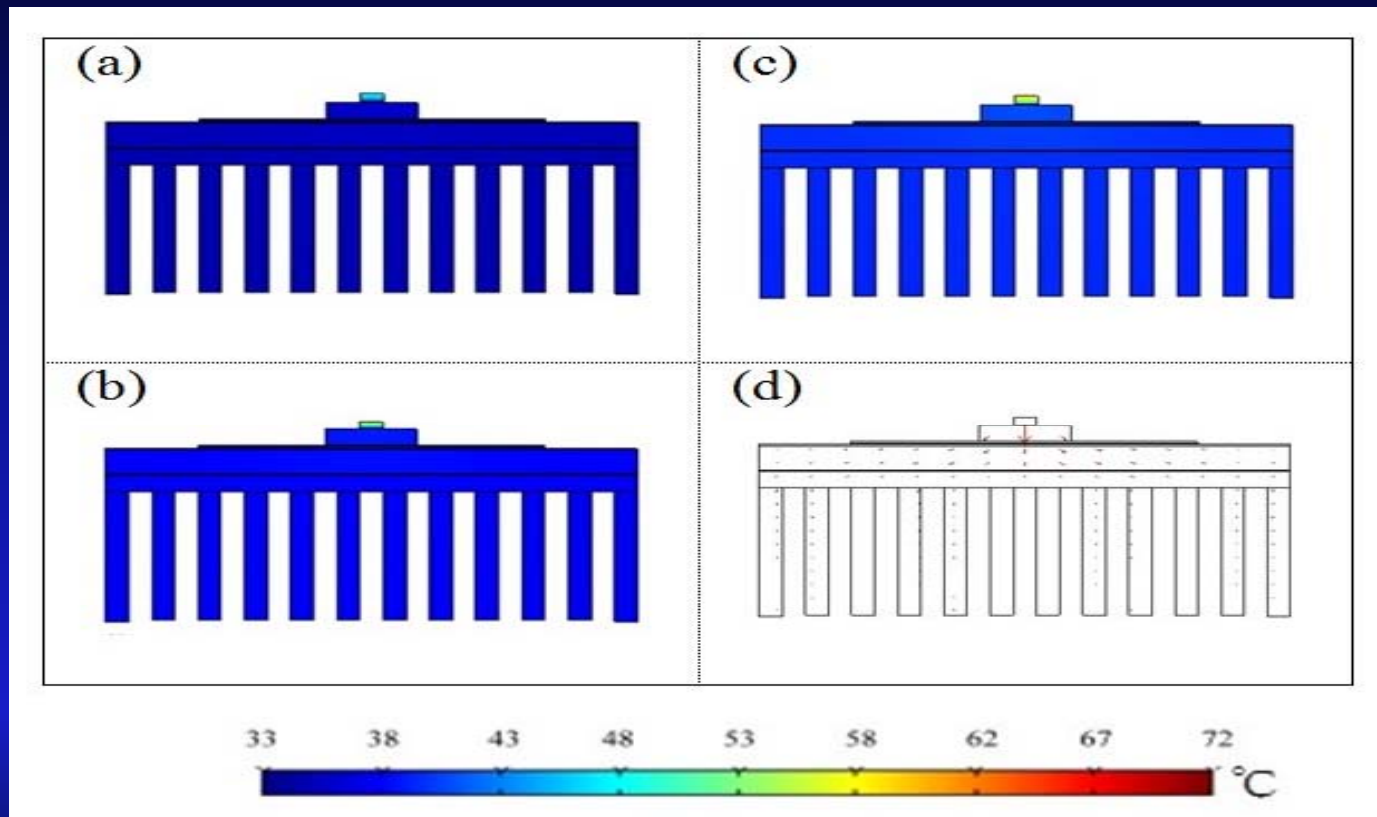
高功率LED之MCPCB封裝散熱模擬分析(3/6)



搭載4mm散熱片模型的模擬結果

- (a)功率1.0w時，溫度範圍 40~53°C；(b)功率1.3w時，溫度範圍 45~62°C
(c)功率1.5w時，溫度範圍 48~68°C；(d)熱量流向圖

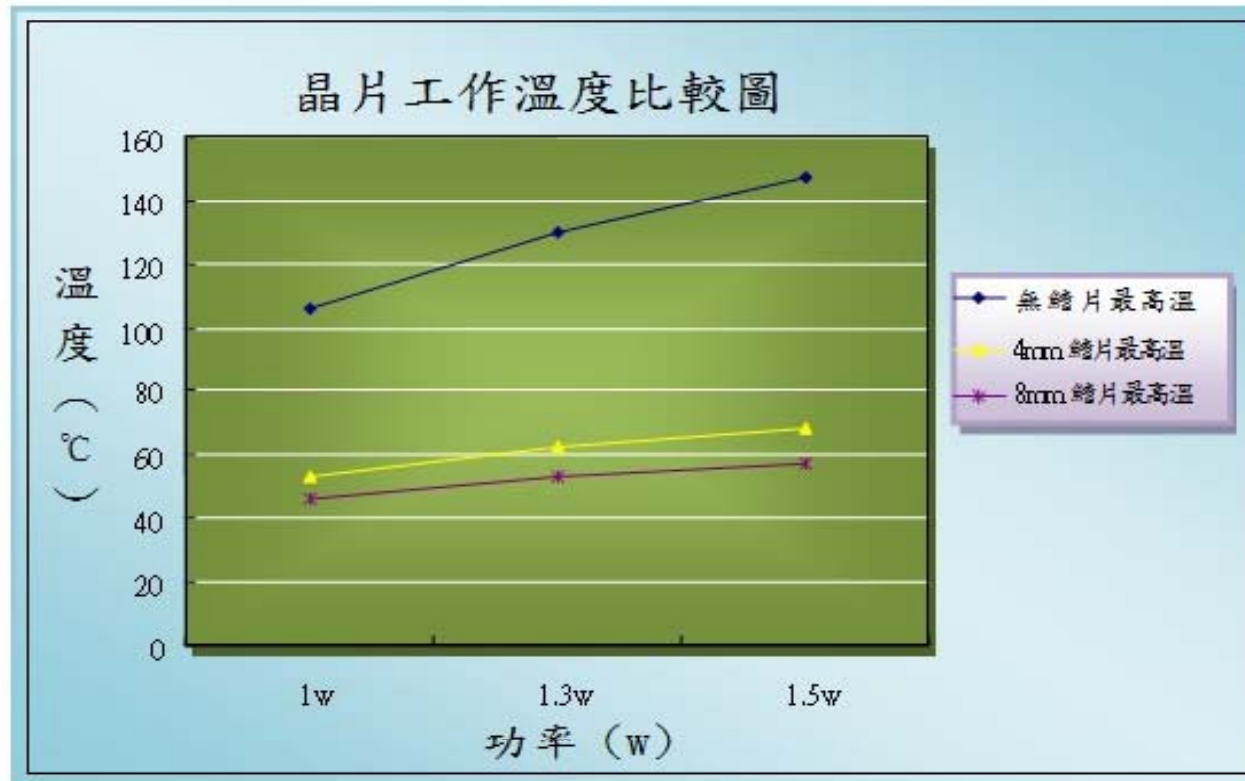
高功率LED之MCPCB封裝散熱模擬分析(4/6)



搭載8mm散熱片模型的模擬結果

- (a)功率1.0w時，溫度範圍 33~46°C；(b)功率1.3w時，溫度範圍 36~53°C
(c)功率1.5w時，溫度範圍 38~57°C；(d)熱量流向圖

高功率LED之MCPCB封裝散熱模擬分析(5/6)



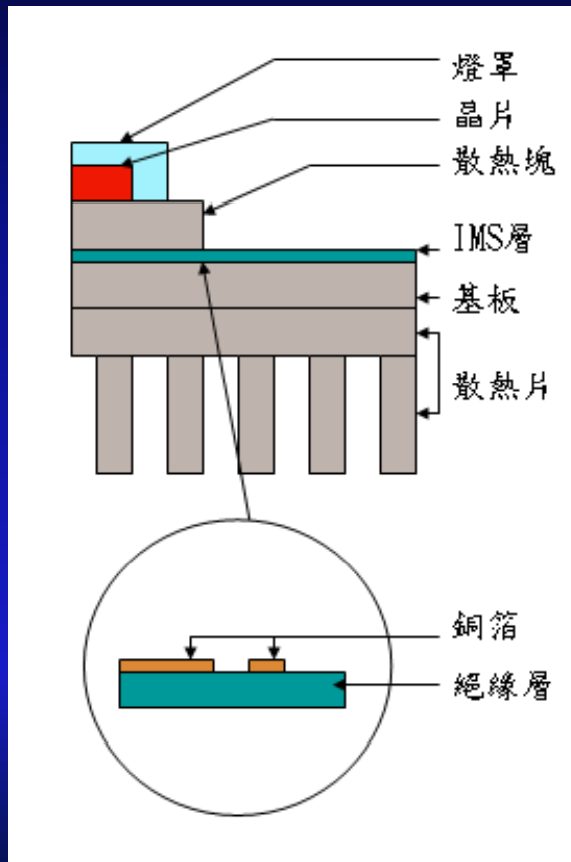
MCPCB封裝晶片工作溫度比較圖

高功率LED之MCPCB封裝散熱模擬分析(6/6)

小結：

- 搭配4mm與8mm兩種型態的散熱片，在使用1.0w、1.3w以及1.5w之功率時，所呈現出的溫度分佈模擬結果顯示，即使是最高功率的1.5w中，亦都在適合的工作溫度範圍內。
- 搭配散熱片後，不但晶片之工作溫度均有明顯下降外，隨著功率增加所造成的溫度升高趨勢亦有明顯趨緩現象。散熱片長度對功率增加所造成之溫度升高趨勢影響則似乎不大。
- 模擬結果顯示，搭載4mm散熱片對晶片之散熱效果，對搭配MCPCB封裝之高功率LED而言，已有令人滿意的結果。

高功率LED之IMS封裝散熱模擬分析(1/7)

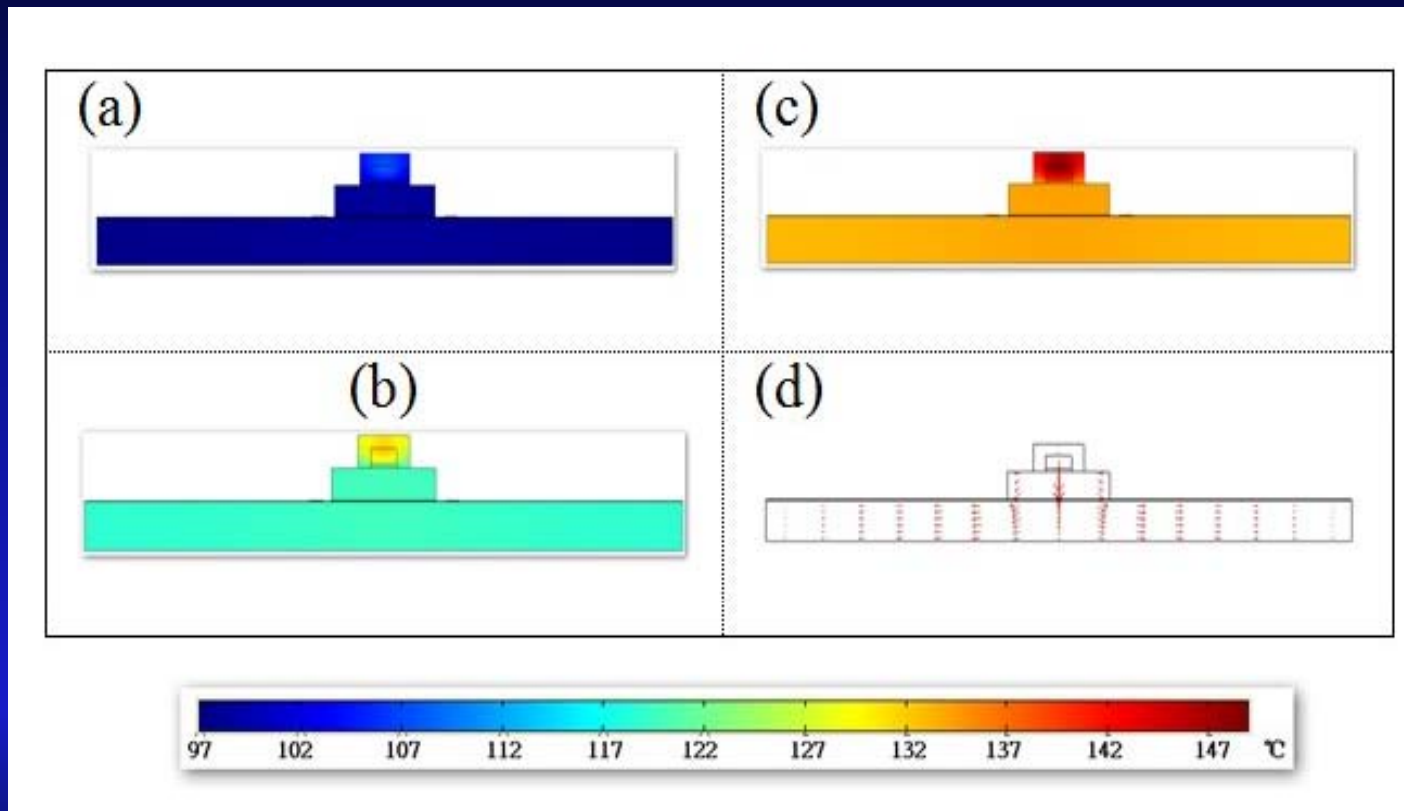


LED之IMS封裝結構圖

組件	材料	熱傳導係數 (W/m · K)	尺寸
燈罩	矽玻璃	1.38	**
晶片	藍寶石	23	40mils
絕緣層	陽極化 Al ₂ O ₃	20	厚度35μm
銅箔	銅	401	厚度10μm
基板	鋁	237	**
散熱片	鋁	237	**, **

MCPCB封裝材料參數表

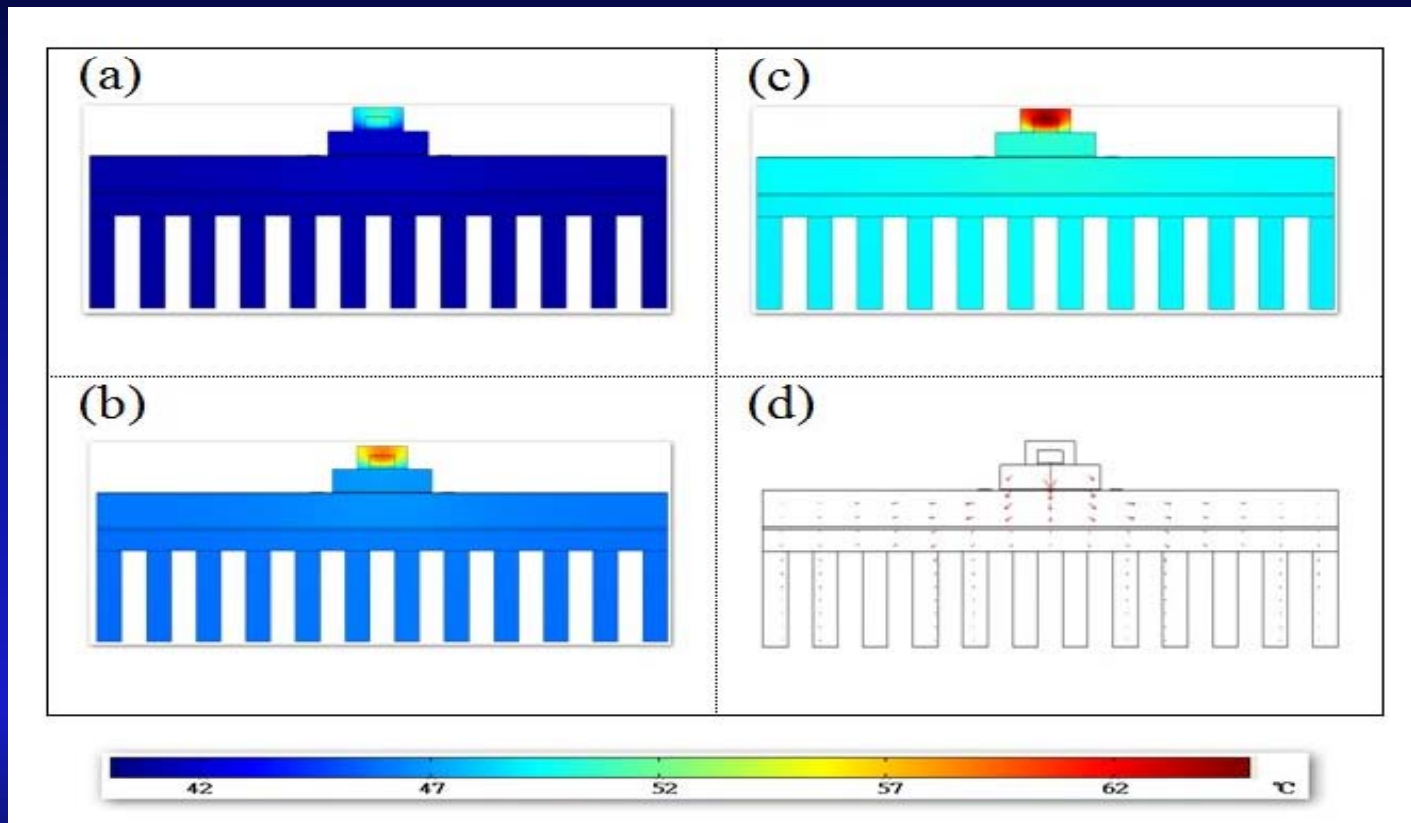
高功率LED之IMS封裝散熱模擬分析(2/7)



未搭載散熱片模型的模擬結果

(a)功率1.0w時，溫度範圍 93~103°C；(b)功率1.3w時，溫度範圍 114~126°C
(c)功率1.5w時，溫度範圍 127~142°C；(d)熱量流向圖

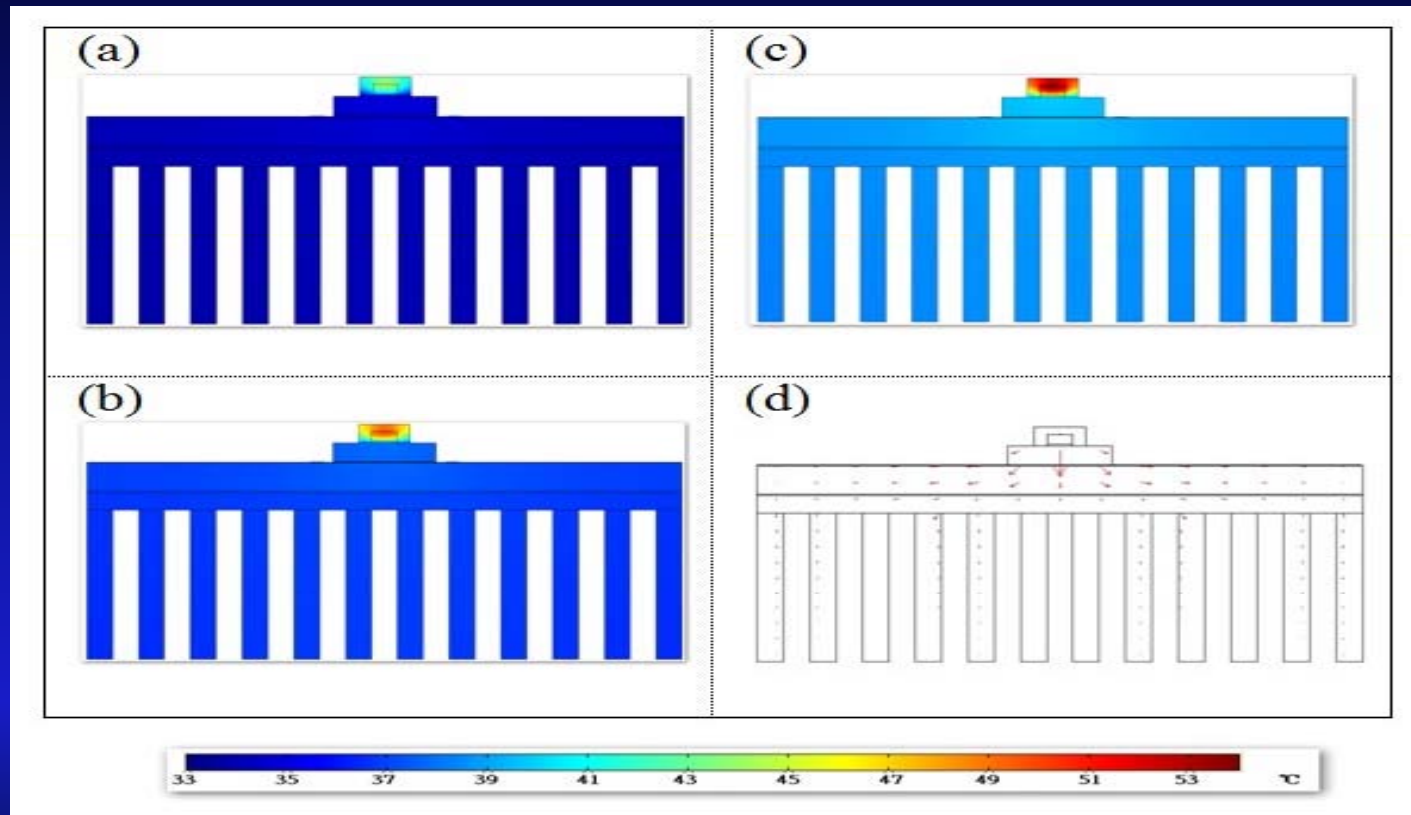
高功率LED之IMS封裝散熱模擬分析(3/7)



搭載4mm散熱片模型的模擬結果

- (a)功率1.0w時，溫度範圍 40~45°C；(b)功率1.3w時，溫度範圍 45~58°C
(c)功率1.5w時，溫度範圍 48~63°C；(d)熱量流向圖

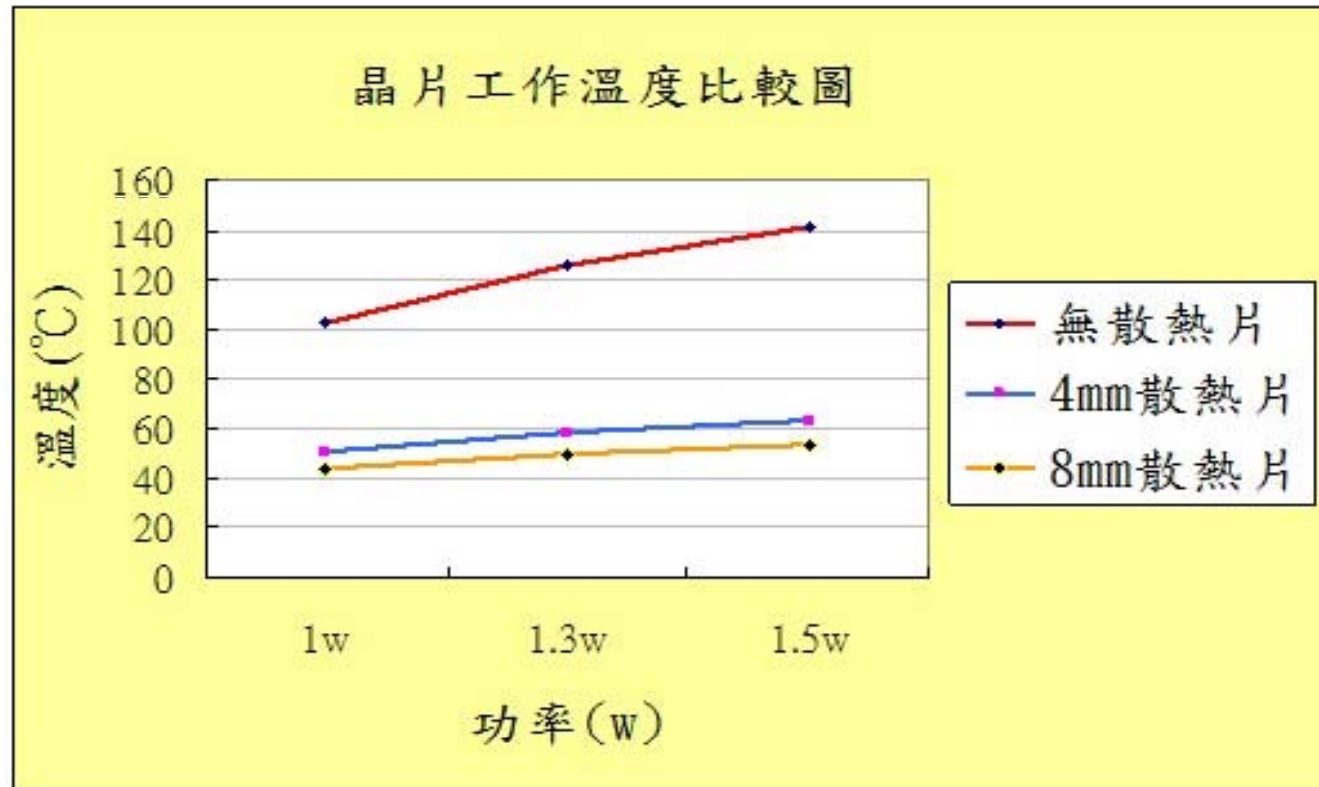
高功率LED之IMS封裝散熱模擬分析(4/7)



搭載8mm散熱片模型的模擬結果

- (a)功率1.0w時，溫度範圍 33~44°C；(b)功率1.3w時，溫度範圍 36~50°C
(c)功率1.5w時，溫度範圍 38~53°C；(d)熱量流向圖

高功率LED之IMS封裝散熱模擬分析(5/7)



IMS封裝晶片工作溫度比較圖

高功率LED之IMS封裝散熱模擬分析(6/7)

IMS與MCPCB 搭載4mm散熱片時比較無搭載散熱片的晶片最高溫度降低比率比較表

	1.0W (%)	1.3W (%)	1.5W (%)
IMS	51	54	56
MCPCB	50	52	53
$\Delta T\%$	+1	+2	+3

IMS與MCPCB 搭載8mm散熱片時比較無搭載散熱片的晶片最高溫度降低比率比較表

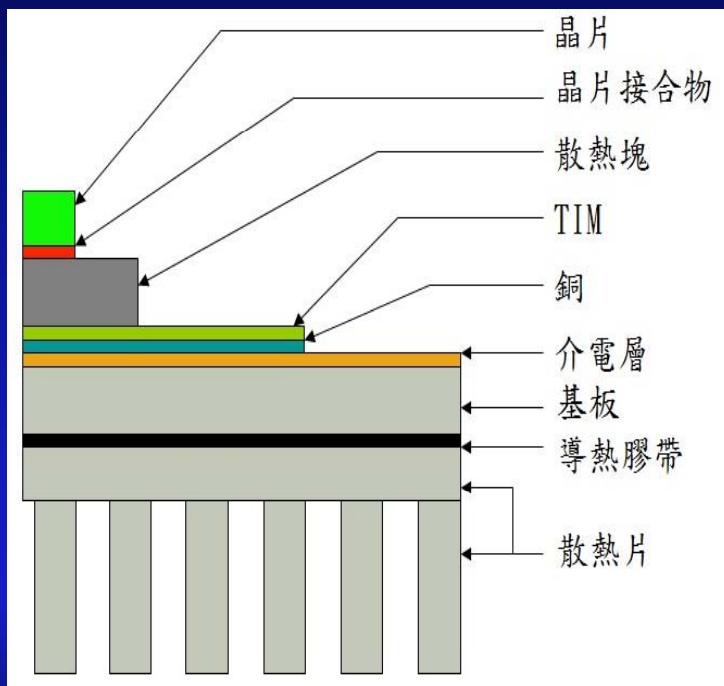
	1.0W (%)	1.3W (%)	1.5W (%)
IMS	57	60	63
MCPCB	57	59	61
$\Delta T\%$	0	+1	+2

高功率LED之IMS封裝散熱模擬分析(7/7)

小結：

- 搭配4mm與8mm兩種型態的散熱片，在使用1.0w、1.3w以及1.5w之功率時，所呈現出的溫度分佈模擬結果顯示，即使是最高功率的1.5w中，亦都在適合的工作溫度範圍內。
- 散熱片長度對功率增加所造成之溫度升高趨勢影響則似乎不大。搭載4mm散熱片對晶片之散熱效果，對搭配IMS封裝之高功率LED而言，已有令人滿意的結果。
- 無論搭載散熱片與否，以IMS封裝之高功率LED，其散熱效果均較以MCPCB封裝者為佳，唯其差距不大，僅數°C而已。

石墨應用於高功率LED之封裝散熱模擬分析(1/10)

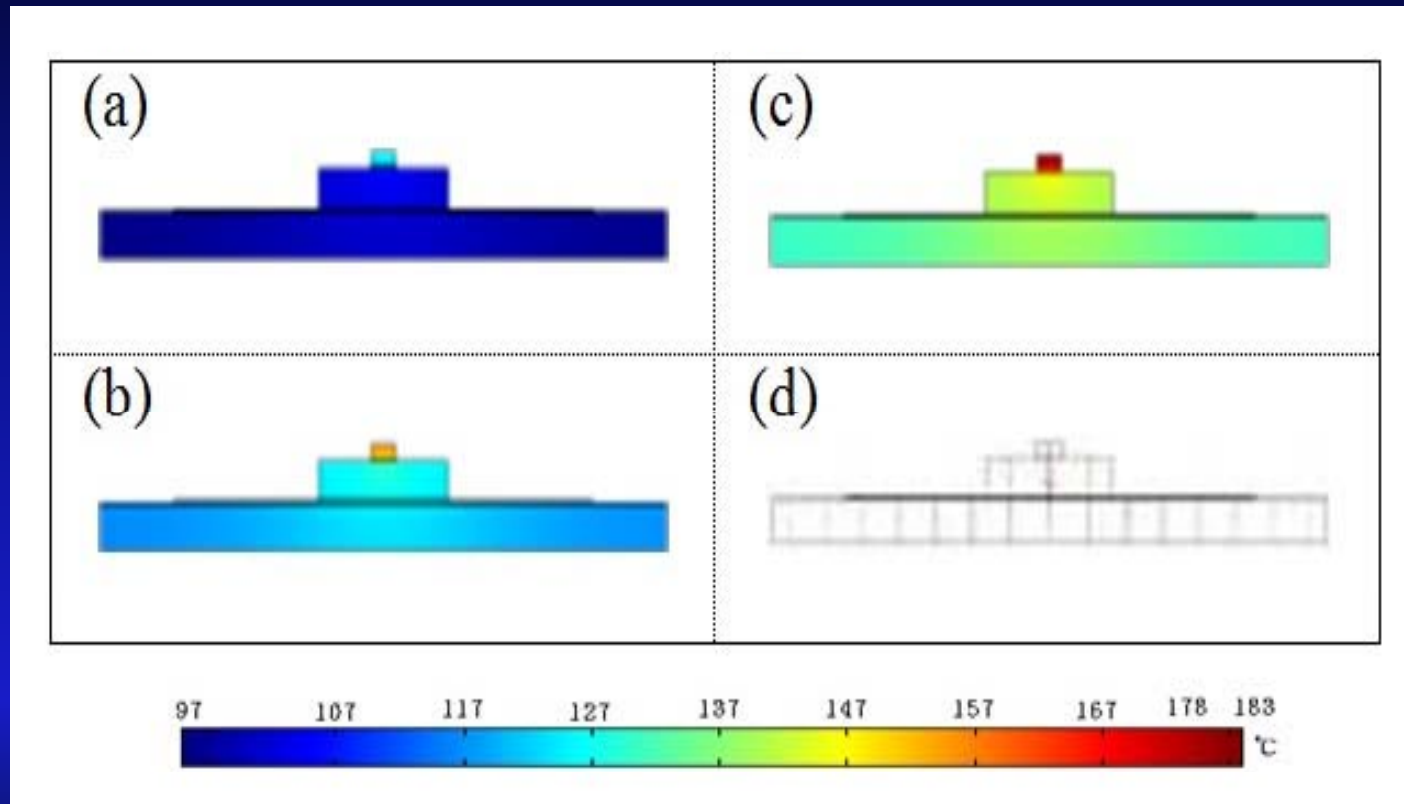


加裝散熱片之LED模型剖面結構圖

材料	熱傳導係數	密度	熱容	尺寸
晶片(藍寶石)	23	4000	418	40mils
晶片接合物(銀膠)	2.5	3500	2208	厚25 μ m
散熱塊(鋁)	160	2700	900	厚1.3mm
TIM(銅)	81.6	7310	233	厚25 μ m
銅	401	7900	390	厚40 μ m
介電層(氧化鋁)	8	3970	205	厚70 μ m
基板(鋁)	237	2700	900	20mm*20mm*1.5mm
散熱片(鋁)	160	2700	900	1mm*1mm*4mm
石墨基板	X 400 y 400 z 15	1500	708	1.2mm
石墨片	X 400 y 400 z 20	1800	708	0.13mm

LED封裝材料參數表

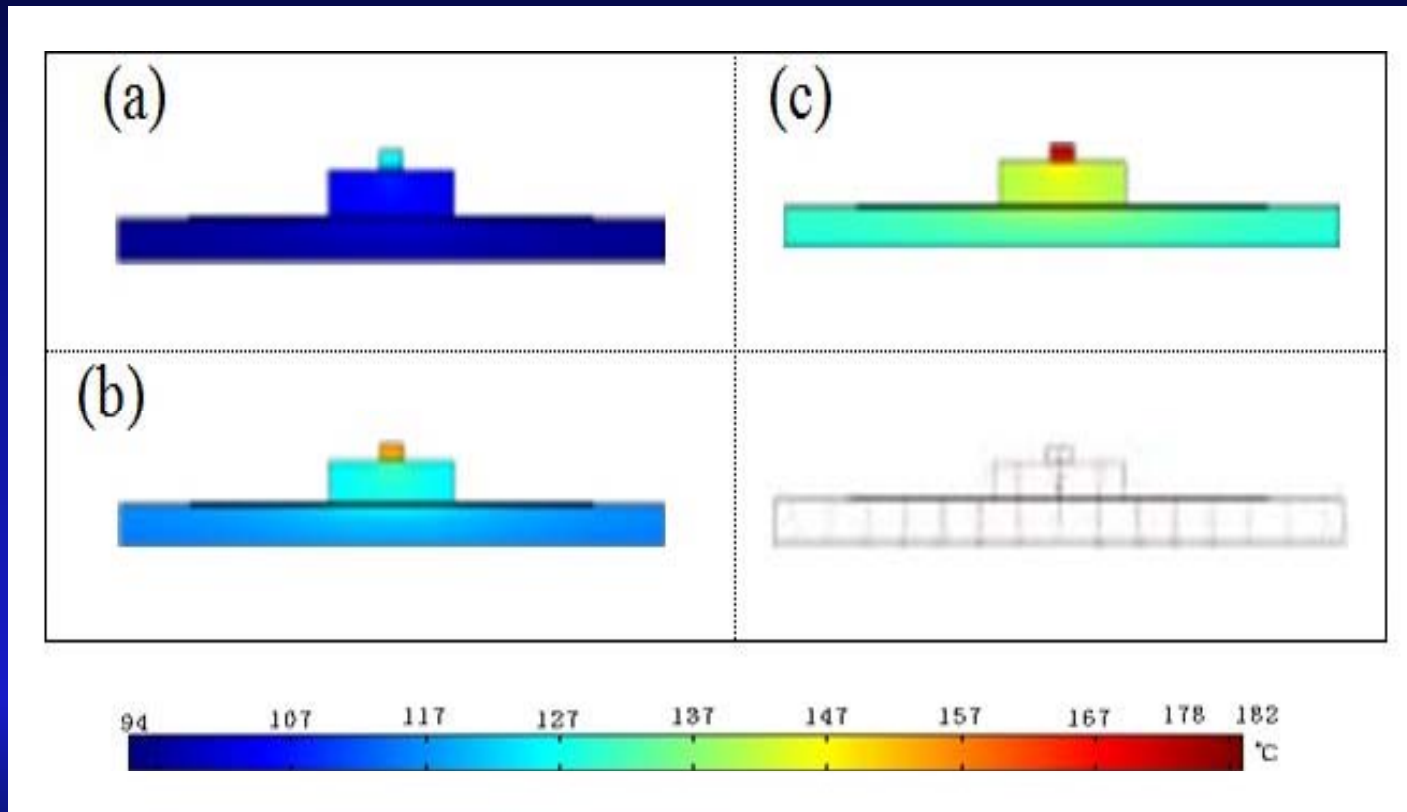
石墨應用於高功率LED之封裝散熱模擬分析(2/10)



未搭載散熱片和石墨材料模型的模擬結果

(a)功率1.0w時，溫度範圍 97.63~129.90 °C； (b)功率1.3w時，溫度範圍 119.43~161.38 °C
(c)功率1.5w時，溫度範圍 133.95~182.36 °C；(d)熱量流向圖

石墨應用於高功率LED之封裝散熱模擬分析(3/10)

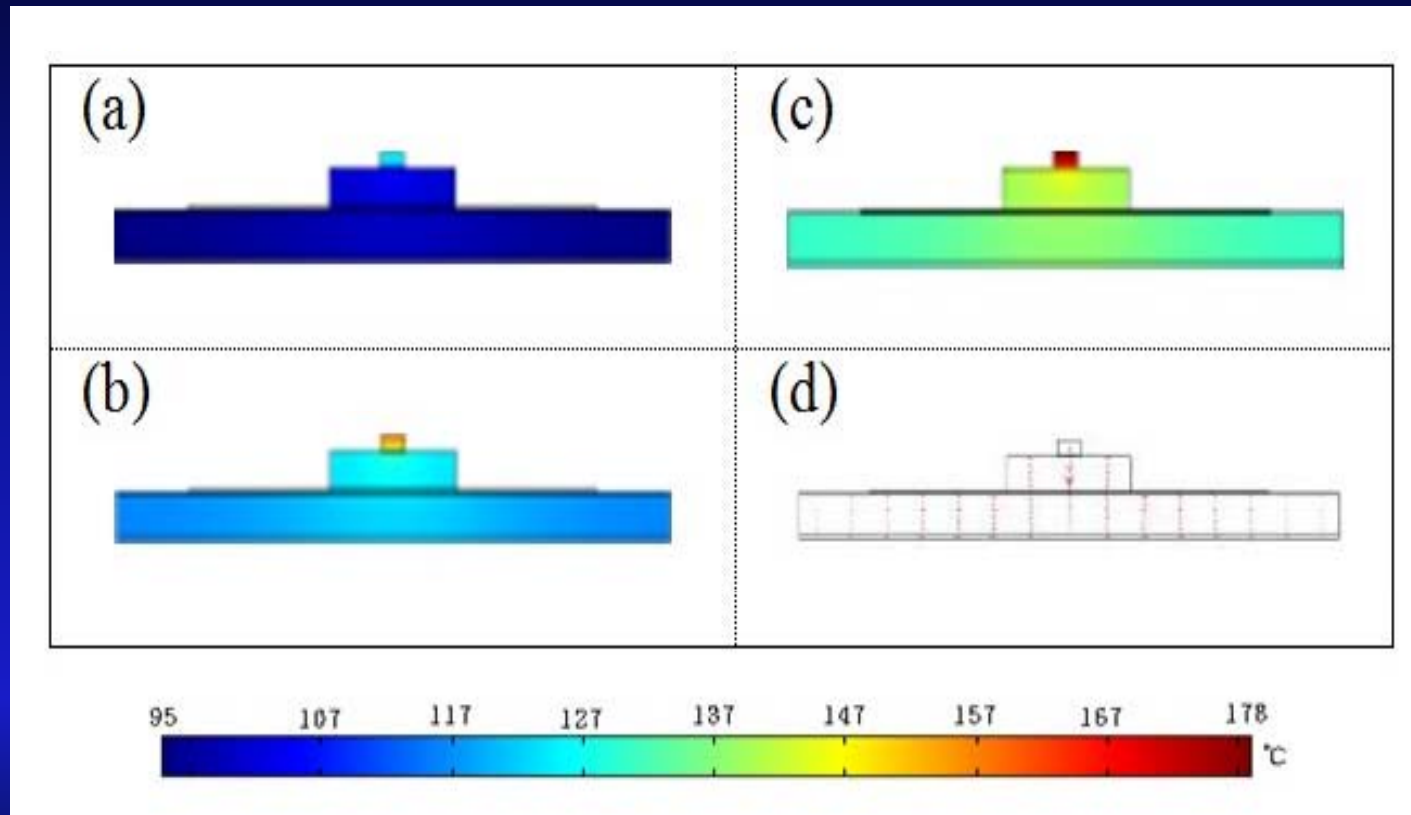


未加裝散熱片但改成石墨基板的模擬結果

(a)功率1.0w時，溫度範圍 94.40~129.03 °C；(b)功率1.3w時，溫度範圍 115.22~160.23 °C

(c)功率1.5w時，溫度範圍 129.10~181.04 °C；(d)熱量流向圖

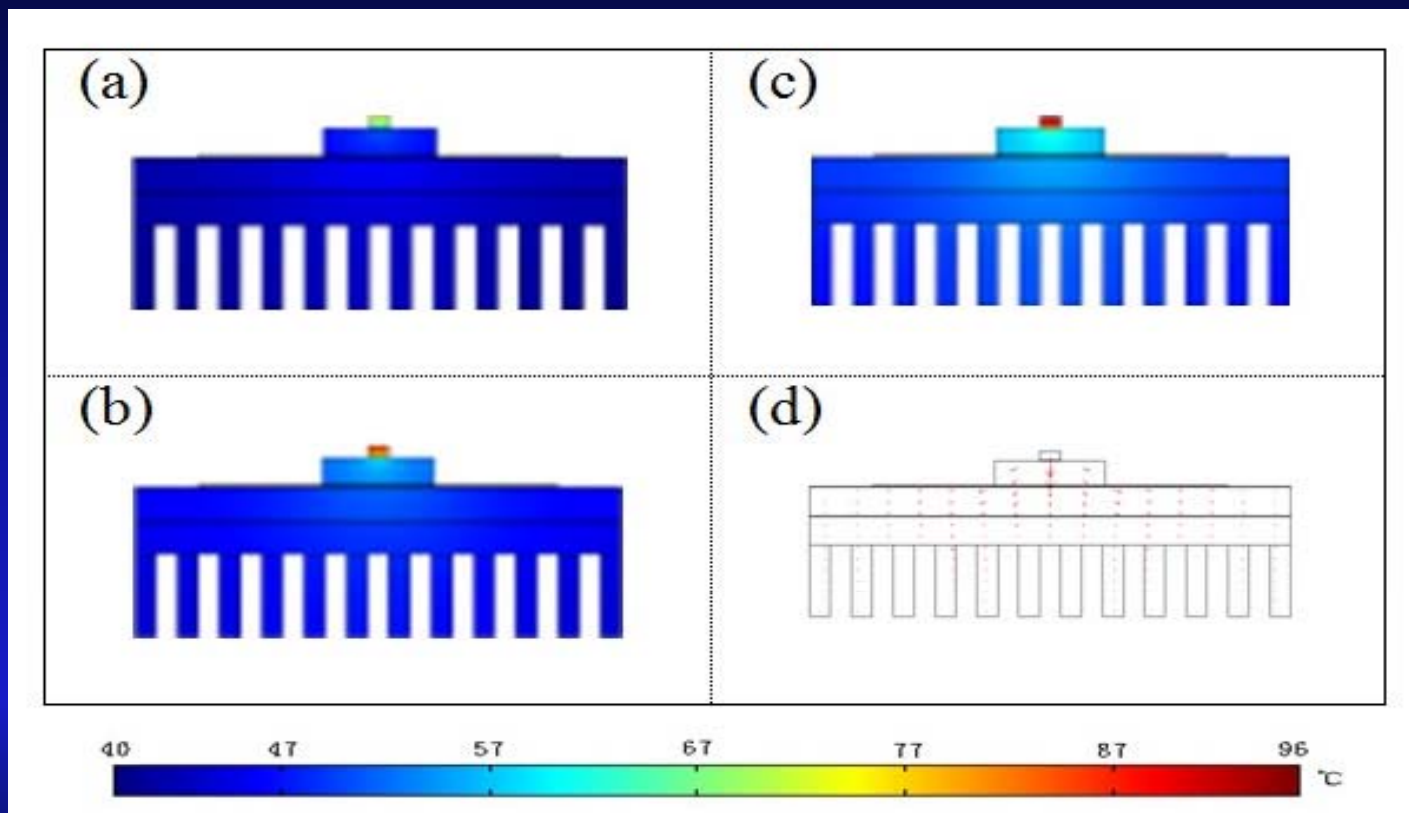
石墨應用於高功率LED之封裝散熱模擬分析(4/10)



未加裝散熱片但加上石墨片的模擬結果

(a)功率1.0w時，溫度範圍 95.02~126.72 °C；(b)功率1.3w時，溫度範圍 116.02~157.24 °C
(c)功率1.5w時，溫度範圍 130.03~177.59 °C；(d)熱量流向圖

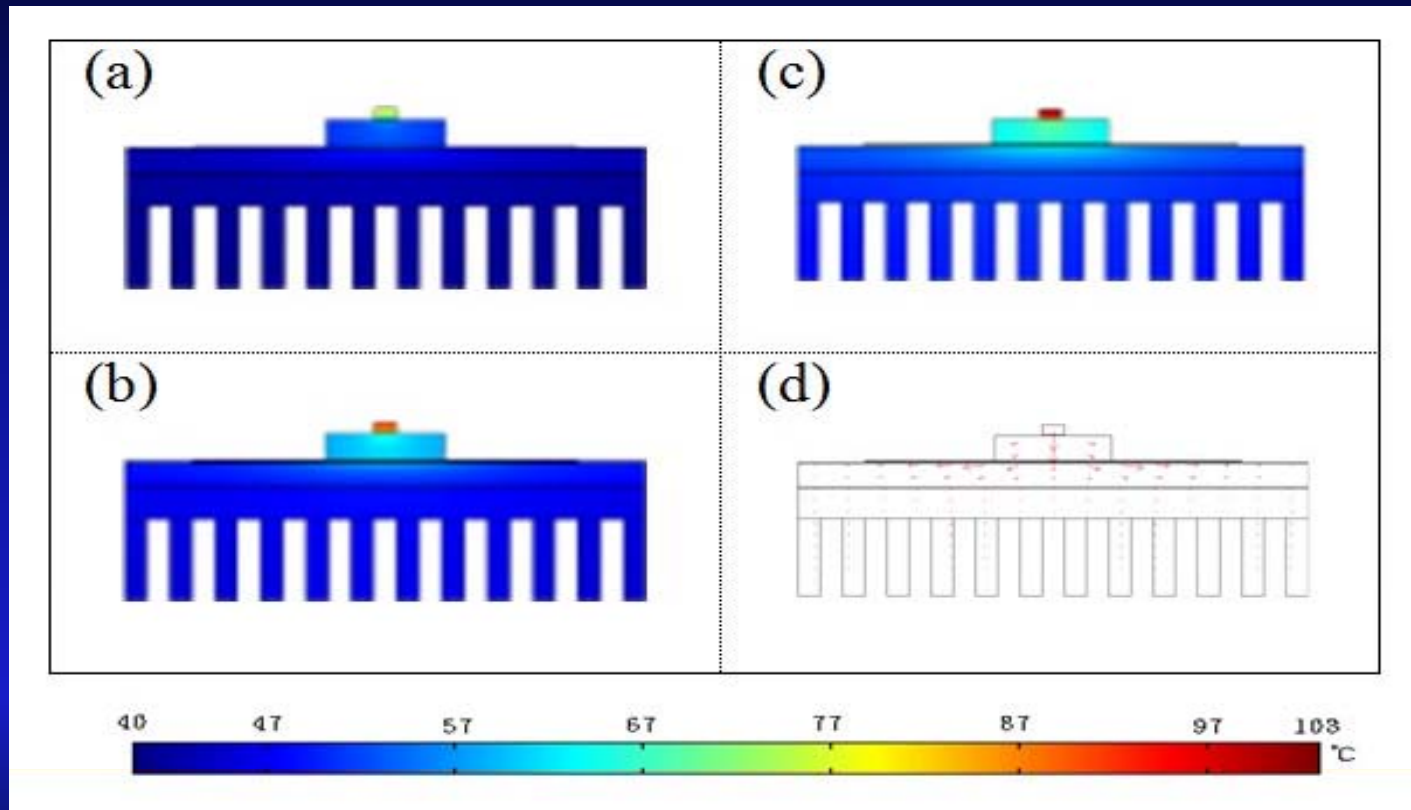
石墨應用於高功率LED之封裝散熱模擬分析(5/10)



加裝散熱片的模擬結果

(a)功率1.0w時，溫度範圍 39.98~72.19 °C； (b)功率1.3w時，溫度範圍 44.48~86.35 °C
(c)功率1.5w時，溫度範圍 47.47~95.79 °C； (d)熱量流向圖

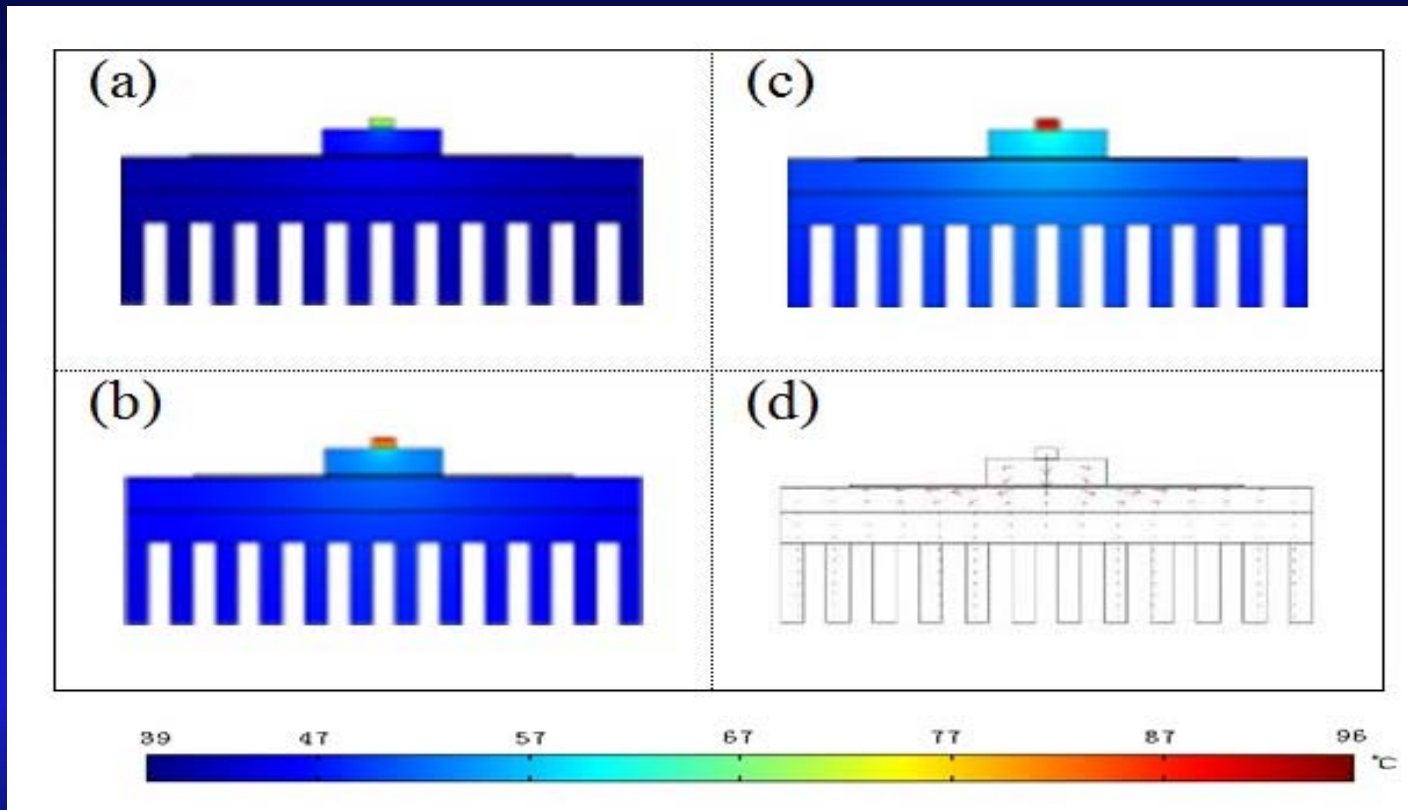
石墨應用於高功率LED之封裝散熱模擬分析(6/10)



換成石墨基板並加裝散片的模擬結果

(a)功率1.0w時，溫度範圍 40.30~76.70 °C；(b)功率1.3w時，溫度範圍 44.89~92.22 °C
(c)功率1.5w時，溫度範圍 47.95~102.56 °C；(d)熱量流向圖

石墨應用於高功率LED之封裝散熱模擬分析(7/10)

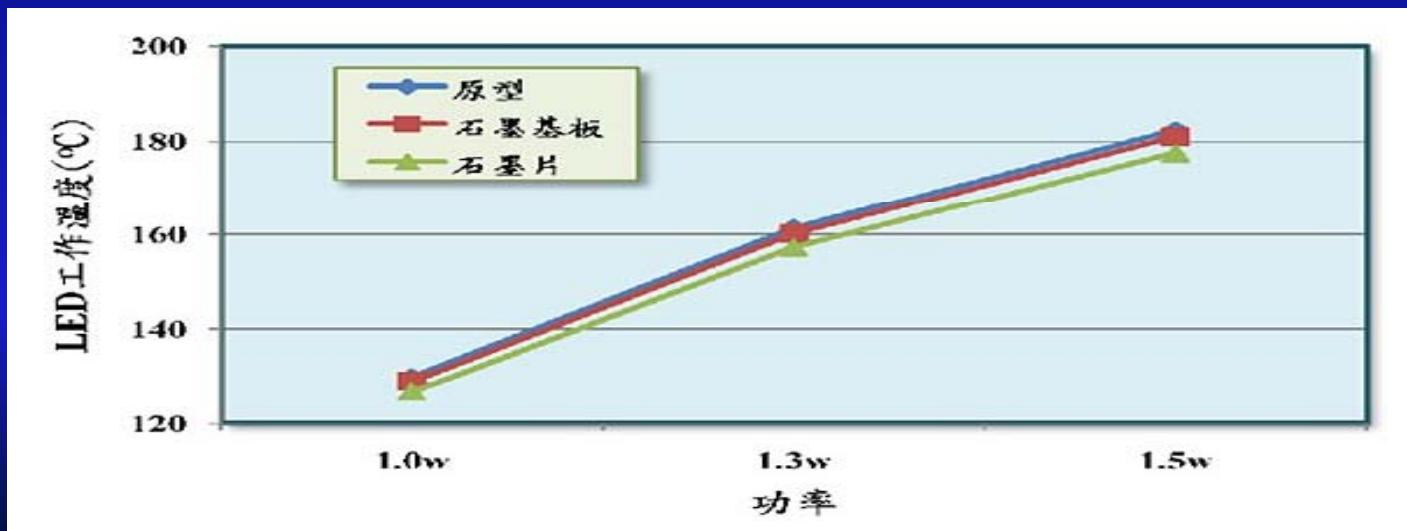


加裝散熱片與石墨片模擬結果的模擬結果

- (a)功率1.0w時，溫度範圍 39.92~71.79 °C ；(b)功率1.3w時，溫度範圍 44.40~85.82 °C
(c)功率1.5w時，溫度範圍 47.38~95.18 °C ；(d)熱量流向圖

石墨應用於高功率LED之封裝散熱模擬分析(8/10)

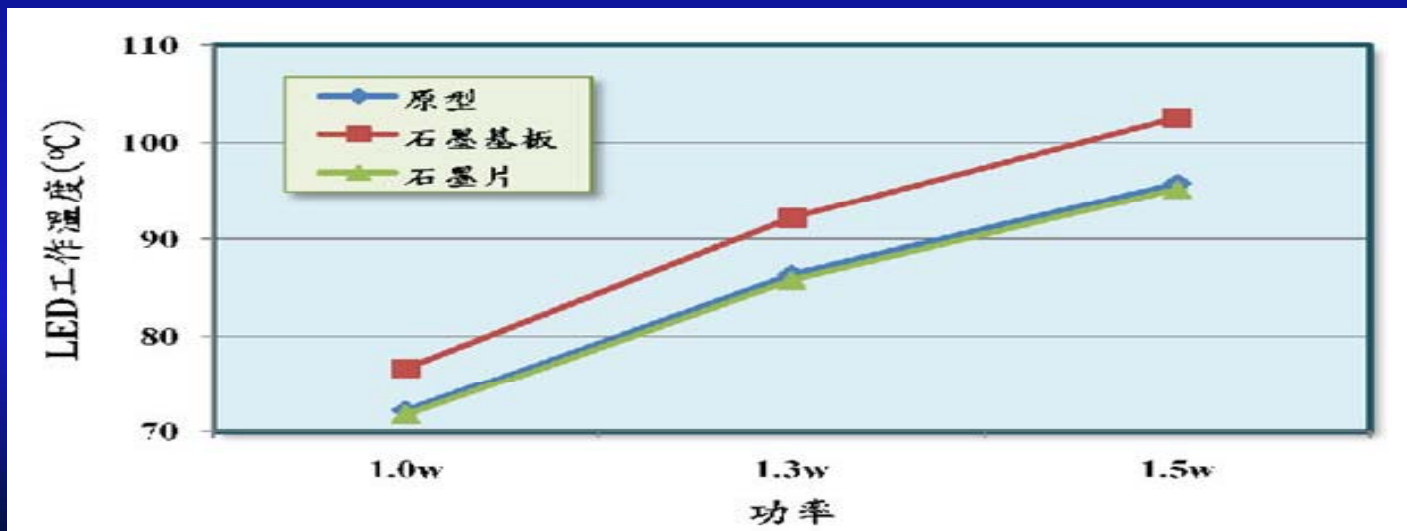
溫度 \ 功率	石墨基板	石墨片
1.0w	129.90°C	129.03°C
1.3w	161.38°C	160.23°C
1.5w	182.36°C	181.04°C



未裝散熱片時LED晶片工作溫度與功率之關係

石墨應用於高功率LED之封裝散熱模擬分析(9/10)

溫度 功率	石墨基板	石墨片
1.0w	72.19°C	76.70°C
1.3w	86.35°C	92.22°C
1.5w	95.79°C	102.56°C



加裝散熱片時LED晶片工作溫度與功率之關係

石墨應用於高功率LED之封裝散熱模擬分析(10/10)

小結：

- 在搭載散熱片條件下，將鋁基板改為石墨基板時，溫度反而上升。但三種功率最高溫度亦落於LED之合理工作溫度範圍內。溫度上升之原因為LED晶片產生之熱傳遞至石墨基板時，由於石墨之熱傳導異向性，使熱大部分流向基板兩側，造成熱無法順利往下方繼續傳遞，進而導致晶片溫度無法迅速下降。
- 石墨片於搭載散熱片條件下，其散熱效果較原型為佳，其降溫效果亦隨功率之增加而提高。因此，以石墨片搭載散熱片是本研究所獲得之最佳封裝模型。

結 論

- 搭配散熱片後，不但晶片之工作溫度均有明顯下降外，隨著功率增加所造成的溫度升高趨勢亦有明顯趨緩現象。散熱片長度對功率增加所造成之溫度升高趨勢影響則似乎不大。
- 搭載4mm散熱片對晶片之散熱效果，對搭配MCPCB、IMS以及改用石墨基板或加裝石墨片封裝之高功率LED而言，均有令人滿意的結果。
- 以石墨片搭載散熱片是本研究所獲得之最佳封裝模型。
- COMSOL 多重物理量耦合分析軟體是一種極為適合作為高功率LED封裝散熱模擬分析之工具。

感謝聆聽

敬請指教