

國立交通大學

平面顯示技術碩士學位學程

碩 士 論 文

高功率 LED 的散熱方式與溫度量測分析



Heat Dissipation and Thermal Measurement Analysis of High Power LED

研 究 生：林旻賢

指 導 教 授：郭浩中 教授

中 華 民 國 九 十 九 年 三 月

高功率 LED 的散熱方式與溫度量測分析

Heat Dissipation and Thermal Measurement Analysis of High Power LED

研 究 生：林旻賢

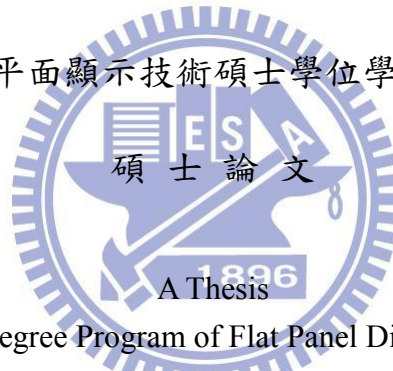
Student : Min-Xian Lin

指 導 教 授：郭浩中

Advisor : Hao-Chung Kuo

國立交通大學

平面顯示技術碩士學位學程



Submitted to Degree Program of Flat Panel Display Technology
National Chiao Tung University
in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science
in

Flat Panel Display Technology

March 2010

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國 九十九 年 三 月

學生：林旻賢

指導教授：郭浩中

國立交通大學平面顯示技術碩士學位學程（研究所）碩士班

摘 要

在發光二極體(LEDs)的研究發展上，隨著科技的發展以及製程的改善，LED 的應用以不再只適用於指向性光源，而是朝向照明應用的發展，勢必在未來的發展上將會是人類照明應用的主要零件。

當 LED 的應用趨勢逐漸普及，這也代表著 LED 的效率以逐步提升當中。以照明的市場所使用的 LED 多半屬於高功率 LED 的應用，以目前高功率 LED 的效率大約為 60~70lm/W，LED 的效率之所以會提高，主要原因來自於晶片、封裝、材料製程能力的提升，而以目前高功率 LED 所使用的晶片的種類可分為垂直式晶片與水平式晶片兩種，製程方式也因晶片的不同有所差異。

本論文的將以高功率 LED 為主要分析重點，並針對兩種不同結構的晶片-垂直式晶片與水平式晶片做熱阻與光學效率的分析，再藉由不同的銀膠材料與印刷電路板(PCB)材質做比較分析，相信可藉由此分析研究將會讓我們瞭解不同晶片所搭配不同銀膠與 PCB 所表現出來的效果，進而得到最佳化的高功率 LED。

Heat Dissipation and Thermal Measurement Analysis of High Power LED

student : Min-Xian Lin

Advisors : Dr. Hao-Chung Kuo

Department (Institute) of Flat Panel Display Technology
National Chiao Tung University

ABSTRACT

In the light-emitting diodes (LEDs) on the research and development, with the development of technology and process improvements, LED applications are no longer only applies to intensity directivity of light source, but rather toward the development of lighting applications, they will be the main components of human lighting applications in the future development.

When the trend of the increasing popularity of LED applications, which also represents the efficiency of LED has been increased gradually. With lighting in the LED market, most are used in high-power LED applications, high-power LED current efficiency of about 60 ~ 70lm / W, The efficient reason of LED improvement, mainly from the chip, packaging, materials, process capability enhancement, and the present high-power LED chips used in the types of chips can be divided into vertical dies and horizontal dies, and the manufacturing process these two ways differ due to different chips.

This thesis will be high-power LED as the main focus of the analysis, and targeted at the two different structures of the chip – the analysis of vertical dies and horizontal dies on thermal resistance and optical efficiency, and then by the colloidal silver of different materials and printed circuit board (PCB) material to do a comparative analysis, it is thought that this analysis will allow us to understand the demonstrated results from the collocation of different chips with different colloidal silver and the PCB , and thus get the best of high-power LED.

誌 謝

本篇論文的完成最多的感謝要給我的論文指導教授-郭浩中教授，在我就讀交通大學平面顯示專班期間，不只在學業課程上的指導，也在思考邏輯上引導我學習的進步。並感謝邱清華學長對於研究分析的教導並給予寶貴的經驗。

也要感謝支持我與鼓勵我的家人與朋友，謝謝你們給我的加油與打氣，讓我有能力完成這篇論文的撰寫，在此向你們致上最深的謝意。



目 錄

| | | |
|-------|--------------------------|-----|
| 中文提要 | | i |
| 英文提要 | | ii |
| 誌謝 | | iii |
| 目錄 | | iv |
| 表目錄 | | vi |
| 圖目錄 | | vii |
| 一、 | 緒論..... | 1 |
| 1.1 | 前言..... | 1 |
| 1.2 | 研究動機..... | 2 |
| 1.3 | 論文架構與章節大綱..... | 3 |
| 二、 | LED 基本原理與光學特性..... | 5 |
| 2.1 | 發光二極體簡介..... | 5 |
| 2.2 | LED 發光原理..... | 5 |
| 2.3 | 白光 LED 發光原理..... | 6 |
| 2.4 | LED 光效率提升技術..... | 6 |
| 三、 | 高功率 LED 封裝..... | 17 |
| 3.1 | 磊晶製程..... | 17 |
| 3.2 | 高功率 LED 封裝技術..... | 19 |
| 3.2.1 | 傳統砲彈型 DIP LED..... | 20 |
| 3.2.2 | 表面黏著型 LED 封裝..... | 20 |
| 3.2.3 | 高功率 LED 封裝..... | 21 |
| 3.2.4 | 傳統 LED 與高功率 LED 之比較..... | 22 |
| 四、 | 研究步驟與結果分析..... | 34 |
| 4.1 | LED 封裝材料..... | 34 |
| 4.2 | LED 熱阻分析..... | 35 |
| 4.3 | LED 熱阻量測方式..... | 38 |
| 4.3.1 | 量測條件..... | 38 |
| 4.3.2 | 熱穩定狀態..... | 38 |
| 4.3.3 | 接面溫度量測..... | 38 |
| 4.3.4 | K 係數量測..... | 39 |
| 4.3.5 | 熱阻量測..... | 40 |
| 4.4 | LED 量測結果分析..... | 40 |
| 4.4.1 | 熱阻數據分析..... | 40 |
| 4.4.2 | 光學效率量測分析..... | 41 |

目 錄

| | | |
|------|----------------|----|
| 五、 | 結論與未來研究方向..... | 67 |
| 參考文獻 | | 68 |

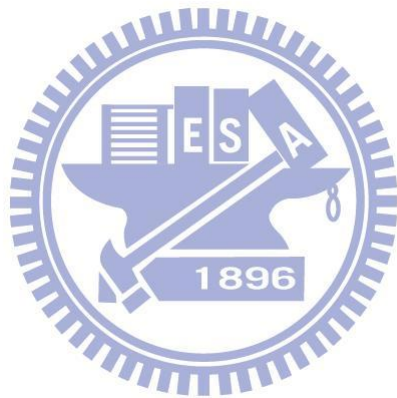


表 目 錄

| | | |
|--------|------------------------------------|----|
| 第二章 | | |
| 表 2-1 | 常見用於製造 LED 的三五族材料及其放射波長 | 10 |
| 第三章 | | |
| 表 3-1 | 長晶技術比較表 | 28 |
| 第四章 | | |
| 表 4-1 | 垂直式晶片+SumitomoT-3100 銀膠+銅基板熱阻量測數據表 | 54 |
| 表 4-2 | 垂直式晶片+Ablestik2600AT 銀膠+銅基板熱阻量測數據表 | 54 |
| 表 4-3 | 水平式晶片+Ablestik2600AT 銀膠+鋁基板熱阻量測數據表 | 55 |
| 表 4-4 | 水平式晶片+Ablestik2600AT 銀膠+銅基板熱阻量測數據表 | 55 |
| 表 4-5 | 垂直式晶片+SumitomoT-3100 銀膠+鋁基板熱阻量測數據表 | 56 |
| 表 4-6 | 垂直式晶片+SumitomoT-3100 銀膠+銅基板熱阻量測數據表 | 56 |
| 表 4-7 | 水平式晶片+SumitomoT-3100 銀膠+鋁基板熱阻量測數據表 | 57 |
| 表 4-8 | 水平式晶片+SumitomoT-3100 銀膠+銅基板熱阻量測數據表 | 57 |
| 表 4-9 | 垂直式晶片+Ablestik2600AT 銀膠+鋁基板光學量測數據表 | 59 |
| 表 4-10 | 垂直式晶片+Ablestik2600AT 銀膠+銅基板光學量測數據表 | 59 |
| 表 4-11 | 水平式晶片+Ablestik2600AT 銀膠+鋁基板光學量測數據表 | 60 |
| 表 4-12 | 水平式晶片+Ablestik2600AT 銀膠+銅基板光學量測數據表 | 60 |
| 表 4-13 | 垂直式晶片+SumitomoT-3100 銀膠+鋁基板光學量測數據表 | 61 |
| 表 4-14 | 垂直式晶片+SumitomoT-3100 銀膠+銅基板光學量測數據表 | 61 |
| 表 4-15 | 水平式晶片+SumitomoT-3100 銀膠+鋁基板光學量測數據表 | 62 |
| 表 4-16 | 水平式晶片+SumitomoT-3100 銀膠+銅基板光學量測數據表 | 62 |

圖目錄

第二章

| | | |
|--------|--------------------|----|
| 圖 2-1 | 常作為可見光 LED 的半導體 | 11 |
| 圖 2-2 | (a)P-N 接面結構 (b)能帶圖 | 11 |
| 圖 2-3 | LED 材料與發光顏色 | 12 |
| 圖 2-4 | 白光 LED 發光方式 | 12 |
| 圖 2-5 | TIP 型 LED 光線路徑圖 | 13 |
| 圖 2-6 | TIP 型 LED | 13 |
| 圖 2-7 | Osram 提升光萃取的方式 | 13 |
| 圖 2-8 | 晶片黏貼圖示 | 14 |
| 圖 2-9 | 厚窗口層和透明基板的脫逃角錐示意圖 | 14 |
| 圖 2-10 | 光線被侷限示意圖 | 15 |
| 圖 2-11 | 粗化後光線路徑圖 | 15 |
| 圖 2-12 | 傳統 LED 矩行架構 | 15 |
| 圖 2-13 | 日亞 LED 架構圖 | 15 |
| 圖 2-14 | ThinGaN 結構圖 | 16 |
| 圖 2-15 | Flip chip 結構圖 | 16 |

第三章

| | | |
|--------|--|----|
| 圖 3-1 | LED 生產流程圖 | 24 |
| 圖 3-2 | 氮化鎵發光二極體磊晶片成長流程 | 24 |
| 圖 3-3 | MOCVD 架構圖 | 25 |
| 圖 3-4 | Sapphire-based LED 晶片 | 25 |
| 圖 3-5 | Sapphire-based LED 晶片封裝架構圖 | 26 |
| 圖 3-6 | 第一道黃光製程 | 26 |
| 圖 3-7 | 第二道黃光製程 | 27 |
| 圖 3-8 | 第三道黃光製程 | 27 |
| 圖 3-9 | ThinGaN LED 晶片 | 29 |
| 圖 3-10 | ThinGaN LED 封裝架構圖 | 29 |
| 圖 3-11 | Thin-GaN chip 製作流程 | 30 |
| 圖 3-12 | 不同 Lamp 設計與不同光場分佈 | 31 |
| 圖 3-13 | 傳統砲彈型 $\phi 5\text{mm}$ DIP LED | 31 |
| 圖 3-14 | SMD LED 實體圖示 | 31 |
| 圖 3-15 | PLCC LED 實體圖示 | 32 |
| 圖 3-16 | Top view PLCC LED 與 Side view PLCC LED | 32 |
| 圖 3-17 | Lumileds 1W LED 示意圖 | 32 |
| 圖 3-18 | Lumileds Luxeon V LED | 32 |
| 圖 3-19 | Lumileds Luxeon LED 元件結構圖 | 33 |

| | | |
|--------|------------------------------------|----|
| 圖 3-20 | 傳統 LED 與 Lumileds Luxeon LED 的壽命比較 | 33 |
| 第四章 | | |
| 圖 4-1 | Sapphire-based LED 封裝完成圖 | 43 |
| 圖 4-2 | ThinGaN LED 封裝完成圖 | 43 |
| 圖 4-3 | Ablestik 2600AT 規格圖 | 44 |
| 圖 4-4 | Sumitomo T-3100 規格圖 | 45 |
| 圖 4-5 | 銅基板實體 | 46 |
| 圖 4-6 | 鋁基板實體 | 46 |
| 圖 4-7 | 銅基板與鋁基板厚度 | 47 |
| 圖 4-8 | 二極體順向偏壓圖示 | 47 |
| 圖 4-9 | 二極體電壓電流關係圖 | 48 |
| 圖 4-10 | LED 封裝熱阻分佈圖 | 48 |
| 圖 4-11 | 載板熱傳遞路徑 | 49 |
| 圖 4-12 | 碳銅材質基板 | 49 |
| 圖 4-13 | 各種設計參數對 LED 熱傳遞能力 | 50 |
| 圖 4-14 | 升溫曲線範例 | 50 |
| 圖 4-15 | 熱阻量測時間決定之流程圖 | 51 |
| 圖 4-16 | 量測電壓圖 | 52 |
| 圖 4-17 | 量測程序的波形 | 52 |
| 圖 4-18 | K 係數量測電路原則 | 53 |
| 圖 4-19 | $V_f - T_j$ 相對應曲線 | 53 |
| 圖 4-20 | 熱阻上升曲線比較圖 | 58 |
| 圖 4-21 | 垂直式晶片與水平式晶片熱阻比較圖 | 63 |
| 圖 4-22 | 鋁基板與銅基板熱阻比較圖 | 64 |
| 圖 4-23 | 銀膠熱阻比較圖 | 65 |
| 圖 4-24 | 發光效率比較圖 | 66 |

第一章 緒論

1.1 前言

照明的需求一直一來是人們不可缺少的必需品，而從原始社會當中，人們利用火來照亮夜晚的明亮，進而利用蠟燭達到更便利的照明效果。在西元 1866 年時因為愛迪生利用鎢絲發明了第一顆燈泡，也因為這顆燈泡照亮了人類的未來。隨著科技的發展，地球資源不斷的在開發，能源也日漸衰竭，節能與環保的議題已備受矚目，以傳統的白熾燈泡與日光燈管，都是高功率耗電的產品，而且一般日光燈管裡含有汞，這也是造成地球環境的暖化的兇手之一。然而 LED 的發展與特色，正符合人類對環保與節能的需求。

Henry Joseph Round 於 1906 年發現某些半導體材料所製作的二極體於順向導通時會有發光的現象，因而研發出第一顆發光的半導體。於 1962 年 Holonyak 發明第一顆紅光 LED[1]，緊接著 Monsanto 與惠普用 GaAsP 製作 LED，並於 1968 年將其作為指示燈。LED 從早期利用 GaAsP 製作出 0.1 lm/w，到了七十年代發光效率已提升到 1 lm/w，且顏色也由單一紅色光演變出綠光與黃光。到了八十年代紅光的效率已經到達了 10 lm/w。科技與技術的突破，在九十年代初期工程師掌握了如何利用 MOCVD(Metal Organic Chemical-Vapor Deposition, MOCVD)在 GaAs 基板長出 AlInGaP 的技術，該技術也因此將 LED 的發光效率提升至 25 lm/w，因此也創造了 LED 的許多

應用。AlInGaP 的開發後，日亞和名古屋大學的研究人員掌握了使用金屬有機化學氣相沉積技術在藍寶石(Sapphire)基板上成長出 AlInGaN 的複雜技術。AlInGaN 材料的帶隙比 AlInGaP 的寬，可以覆蓋高能量的藍光和綠光波段。AlInGaN 綠光元件在標準的工作電流下內部量子效率停留在 40%~50%，而藍光元件的內部量子效率為 60%~80%。1996 年日亞公司的中村修二(Shuji Nakamura)運用 GaN-based LED 發出的藍光，激發 YAG 螢光粉的黃光合成白光，是目前市面上最常使用的白光 LED[2]。

針對 LED 固態光源，隨著技術的開發與成長，經學術探討的結果評估，可望於 2012 年達到 150 lm/w 的效率輸出，也預估在 2020 年有機會將效率提高至 200 lm/w，這已經突顯出未來 LED 的應用將幾乎取代人類所使用的光源用品。



1.2 研究動機

LED 與傳統照明的比較是有絕對優勢的，從中、低瓦數(~20mW)的 LED 到高功率(1W 以上)LED，而白光 LED 的亮度也突破 60 lm/w，甚至往後提升至更高的流明值，都將一一取代每一種照明應用。

近年來，LED 的應用版圖持續地向消費市場擴大，白光照明的應用也隨著全球暖化的議題，讓 LED 繼背光應用之後持續發燒。LED 封裝之目的是為了確保 LED 晶片正確地做電性連接，機械性地保護 LED 晶片減低其受到機械、熱、潮溼及其他種種的外來衝擊。封裝方法、材料均與 LED 磊晶的外

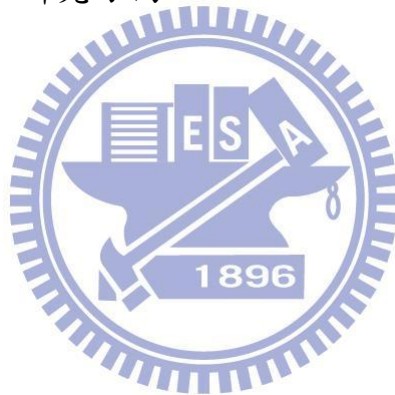
形、電性等因素習習相關，更因 LED 具有光學特性，封裝時同時要考慮光學特性上的應用與限制。因此，當 LED 進入全新的照明應用時，不論在光、電、散熱及機械接合等各種環境因素都有很大差異，我們可想而知，照明應用上的 LED 封裝技術上勢必會有一番新的革命。[3]

DIP(Dual In-line Package) LED 與 SMD(Surface Mount Device) LED 已經是標準化的產品，近年來 LED 照明的應用崛起，進而拓展了 LED 模組另一新的紀元。為了這個新的市場需求，高功率的各種封裝技術也不斷的演進。為了增加成品的封裝亮度，大功率 LED 模組一般都具有杯形反射面，有助把光線反射出封裝層來提升出光效率。LED 上方的光學透鏡，因為以往環氧樹脂 (Epoxy) 無法耐高溫而透光率變差，材料上多為使用 PC 材料射出透明殼狀體，再以 Silicone 材質填入其中代替，使封裝能保持一定的耐用性。此外，為了使高功率 LED 能有效的導熱，在支架上更多採用具有高導熱、導電性能的鋁或銅支架，這樣可以大大地降低 LED 的熱阻。至於基板材料方面，印刷電路基板(PCB)、金屬印刷電路基板(MCPCB)、陶瓷基板 (Ceramic Substrate) 、銅(Copper)或鋁(Aluminum)基板等都是常用用的導熱或散熱材料。[3]

1.3 論文架構與章節大綱

LED 的發光效率一直是大家所重視的焦點，而要達到理想的發光效率除了必須具備高品質的磊晶技術與特殊結構的晶片，才可以使 LED 的發光效

率提高，後段的封裝看似是為了保護晶片而添加的一道製程，但良好的封裝技術卻可以將 LED 的發光效率與視角做進一步的提升。本論文將以散熱分析為出發點，進而針對垂直式晶片與水平式晶片的架構探討分析熱阻的比較，亦搭配不同的銀膠與 PCB 做光、電、熱之分析。關於論文大綱，第一章主要說明目前 LED 在產業上的發展趨勢，並說明論文的研究動機；第二章中，將介紹 LED 的基本原理與發光原理；第三章的將探討 LED 的晶粒製作與封裝技術製程；第四章將針對本論文的研究步驟與分析結果作討論；第五章為結論與未來研究方向。



第二章 LED 基本原理與光源特性

2.1 發光二極體簡介

發光二極體是一種 p-n 接面，它能在紫外光、可見光或紅外光區域放射自發輻射光。可見光 LED 被大量用於各種電子儀器設備與使用者之間的訊息傳遞。而紅外光 LED 則可以用於光隔絕器及光纖通訊。

人眼最大感光度位於 $0.555\mu\text{m}$ 。而可見光譜的極限值（約為 0.4 與 $0.7\mu\text{m}$ ）處人眼的響應幾乎降為零。對於有正常視覺的人，在人眼響應的峰值處，1 瓦特的輻射能量相當於 683 流明(Lumen)。

由於人眼只對光子能量 $h\nu$ 等於或大於 1.8eV ($\leq 0.7\mu\text{m}$) 的光線感光，因此所選擇的半導體，其能隙必須大於此一極限值，圖 2-1 並標示了各種半導體的能隙表。表 2-1 列出來在可見光與紅外光譜區產生光源的半導體。在所列出的半導體中。對於可見光二極體而言，最重要的是 $\text{GaAs}_{1-y}\text{P}_y$ 與 $\text{Ga}_x\text{In}_{1-x}\text{N}$ 合金的三五族 (III-V) 化合物系統。[4]

2.2 LED 發光原理

光的基本單位稱為光子，光可以視為一種能量的形式，LED 是一種把電能轉換成光能的固態元件。材料依照導電性可以分成導體、半導體與絕緣體三種。若我們將半導體加入少量的三價原子，此為 P 型半導體；若在半導體中加入少量五價原子，此為 N 型半導體。將 P 型與 N 型半導體接合行程 PN 接面，利用順向偏壓施予此 PN 接面，此時的 P 區的電洞往 N 區移動，

同時區的電子也會向 P 區移動，電子與電洞將會在 PN 接面的空乏區進行交互結合，在電子與電洞的結合過程當中，能量將以光的形式釋放出光子，如圖 2-2 所示。

LED 所發出光的波長除了決定二極體所使用的半導體材料的波長以外，相對的也取決於不同材料間的混和比例。而目前紅、黃光所使用的材料以 InGaAlP 為主，而藍光與綠光是以 InGaN 材料為主，如圖 2-3 所示。

2.3 白光 LED 發光原理

使用 LED 產生白光的方式有三種，第一種是利用三種不同顏色的發光晶片-紅、綠、藍，同時置入一模組後封裝，在透過不同的電流驅動進而混和出白光[6-7]。第二種方式是利用藍色的 LED 發光晶片，在其表面添加黃色的螢光粉後封裝，因為藍色 LED 晶片屬於能量較高的短波長藍光，而黃色螢光粉吸收此能量後放出黃光，進而螢光粉發出的黃光加上原本 LED 晶片所發出的藍光，混和出白光[8-13]。第三種混光方式為利用 UV LED 發光晶片，晶片上覆蓋紅色、綠色、藍色三種不同的螢光粉，藉由 UV 光激發三種顏色的螢光粒子，進而達到混合成白光的效果[16-17]，如圖 2-4 所示。

[6]

2.4 LED 光效率提昇技術

LED 利用提昇磊晶品質與改變磊晶的結構，理論上可獲得大約 90%左右的內部量子效率，但受限於材料的吸收及電流分布不均、Fresnel Loss 以

及臨界角損失(Critical Angle Loss)[20]等因素，會造成晶粒外部可接收的光量很少，若是藍光 LED 還需要加上螢光粉(Phosphor)進行激發轉換所造成的損失，所早成的轉換效率會使白光 LED 的發光效率更加不足，而我們該如何將光效率提昇呢？以下幾種方法將一一敘述。

(1)增強電流的分佈

LED 正極與負極分布的位置有兩種，一種是正極與負極在同一側，電流在 NGaN 層中橫向導通時，將會流動不等的距離，使得電流分佈不均，可使用指叉型電極結構或是螺旋型電極結構，平均分散電極位置，藉此達到強化電流分佈的效果，另一種正極與負極在 LED 兩側，電流為垂直流動，除了電阻組抗會降低以外，電流分佈也可以較為均勻。我們也可以用電流堵塞層使電流避開電極下來而減少吸收，使得電流可以達到電極沒有接觸的地方，進而達到讓電流均勻分佈的效果。

(2)改變晶粒外型

早期 LED 為矩形形狀，由於半導體材料與封裝材料折射率相差很多，因此許多光線因此侷限在 LED 內部，因此 Lumileds 公司所發展出的倒角錐(Truncated Inverted Pyramid, TIP)結構，利用晶粒削切(Chip Shaping)方式，減少光線在內部反射的次數而能被萃取出來，在紅光波長下，外部量子效率提升至 55%，其結構及光追跡圖如圖 2-5 與圖 2-6。[7]針對 GaN-based LED，OSRAM 公司也以 SiC 為基板，發表了 ATON 與 NOTA，發光

效率也比傳統的多兩倍，其結構如圖 2-7[13]。

(3)晶片黏貼(Wafer Bonding)

早期 AlGaInP 的 LED，所使用基板材料為 GaAs，不透明表面的 GaAs 使發出的光經過多次全反射後，會有一半被半導體材料與封裝材料所吸收，而造成光能量的損耗，接著改用透明的 GaP 材料來做基板材料，利用化學蝕刻的方式將 GaAs 移除，並在高溫高壓下的製程下，將 GaP 基板黏貼上去，如圖 2-8[14]。

我們如果使用薄的窗口層，則射出的光只有頂部的一個圓錐部分，如果使用較厚的窗口層，除了可以加大頂部出光圓錐的大小，還可以增加側邊的出光圓錐面積，如果同時使用了厚的窗口層和透明電極，則可以形成六個出光圓錐，進而大幅提升光效率，如圖 2-9 所示。

(4)微週期性陣列結構

傳統矩形晶粒並未在表面或是內部建立幾何結構，因此光線因為內部全反射的緣故被侷限住，如圖 2-10 與圖 2-11。而日亞化學提出在藍寶石基板上經過凹凸加工，在 GaN 層磊晶，光透過藍寶石基板與 GaN 兩層中間反射，進而改變光反射的方向，如圖 2-12 與圖 2-13。之後 I. Schnitzer 等人在 1993 年提出表面粗糙化，可使得外部量子效率由 9% 提升到 30%[15]。A. Kock 等人在 1990 年，提出在 LED 表面做週期結構，這兩種方法是利用微結構破壞光的全反射效應而提升出光量[16]。之後也有許多不同形狀微

結構被研究出來，像是半球、角錐、圓柱等結構[17]。

(5)ThinGaN

採用 Sapphire 為基板的藍光 LED 是目前製程的主流，但是它不導電，而且 P、N 兩極需要放在同一端，才能形成電光轉換，加上導熱又差，對於大尺寸 LED 來說，電流不易通過並且散熱問題較難解決，因此，ThinGaN 利用銅的導熱性最佳的緣故，以銅或鋁合金為基板，而金屬不透明的特性會減少光的取出，因此加上一塊鏡面作為反射層；加上表面粗化，改善全反射角使得光的萃取提升。如圖 2-14。

(6)覆晶結構(Flip Chip)

Flip Chip 是一種將電極與基板相互連接的封裝技術，對於使用藍寶石當基板的 LED，P 極與 N 極需在元件的同一側，若是使用傳統封裝時，頂部的發光面會因為電極或是金線阻擋造成光量損耗，而藍寶石基板是透明的，我們可以將光由藍寶石基板端萃取出，除此之外，在 P 極電極上方製作較高的反射層，可將原本從元件上方發出的光由其他角度發出。散熱部分可從底部的散熱結構導出，而提升 LED 發光效率，如圖 2-15

| 材料 | 波長 (nm) |
|---------------------------------------|-----------------|
| InAsSbP/InAs | 4200 |
| InAs | 3800 |
| GaInAsP/GaSb | 2000 |
| GaSb | 1800 |
| $Ga_xIn_{1-x}As_{1-y}P_y$ | 1100-1600 |
| $Ga_{0.47}In_{0.53}As$ | 1550 |
| $Ga_{0.27}In_{0.73}As_{0.63}P_{0.37}$ | 1300 |
| GaAs:Er, InP:Er | 1540 |
| Si:C | 1300 |
| GaAs:Yb, InP:Yb | 1000 |
| $Al_xGa_{1-x}As:Si$ | 650-940 |
| GaAs:Si | 940 |
| $Al_{0.11}Ga_{0.89}As:Si$ | 830 |
| $Al_{0.4}Ga_{0.6}As:Si$ | 650 |
| $GaAs_{0.6}P_{0.4}$ | 660 |
| $GaAs_{0.4}P_{0.6}$ | 620 |
| $GaAs_{0.15}P_{0.85}$ | 590 |
| $(Al_xGa_{1-x})_{0.5}In_{0.5}P$ | 655 |
| GaP | 690 |
| GaP:N | 550-570 |
| $Ga_xIn_{1-x}N$ | 340 · 430 · 590 |
| SiC | 400-460 |
| BN | 260 · 310 · 490 |

表 2-1 常見用於製造 LED 的三五族材料及其放射波長[4]

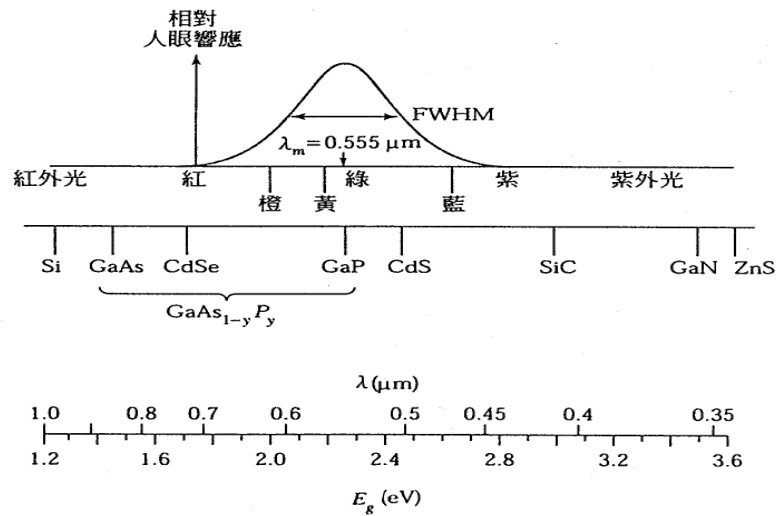


圖 2-1 常作為可見光 LED 的半導體 [4]

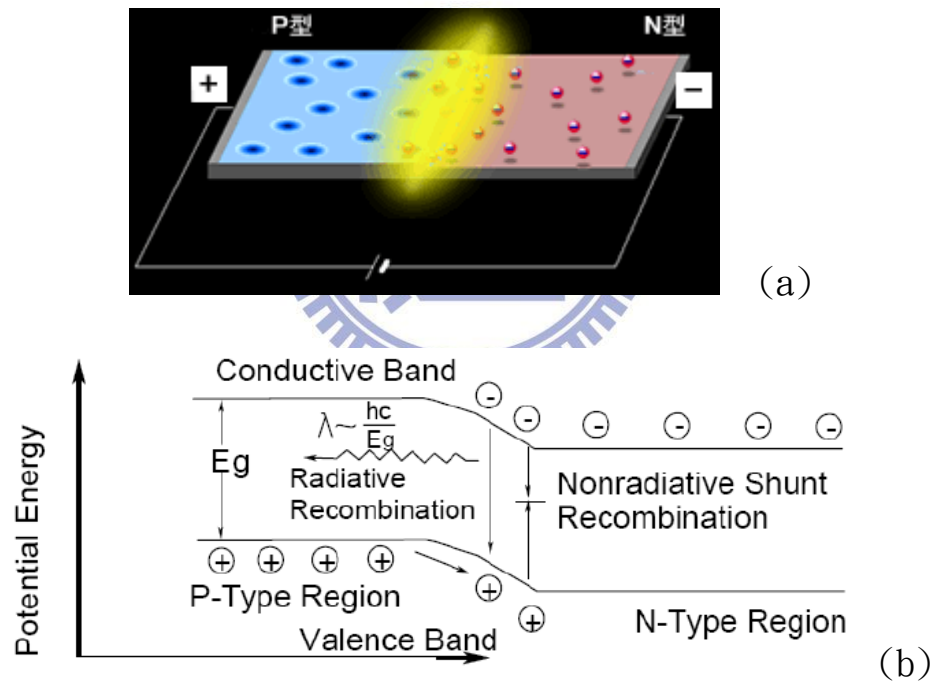


圖 2-2 (a)P-N 接面結構 (b)能帶圖 [5]

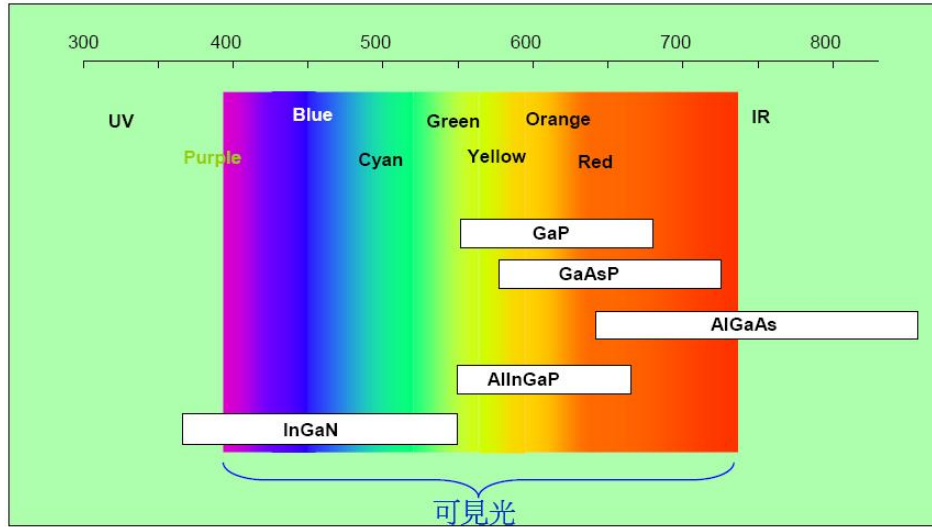


圖 2-3 LED 材料與發光顏色

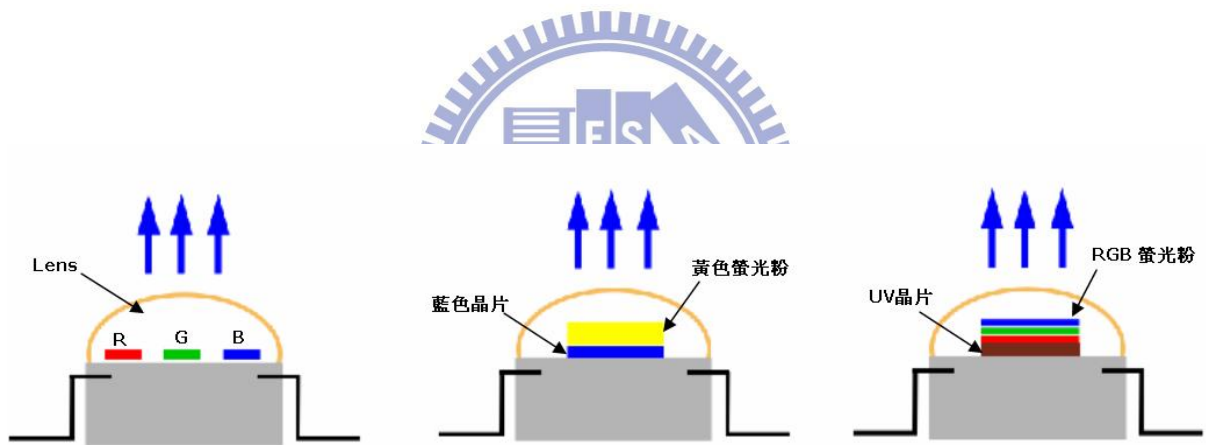


圖 2-4 白光 LED 發光方式[12]

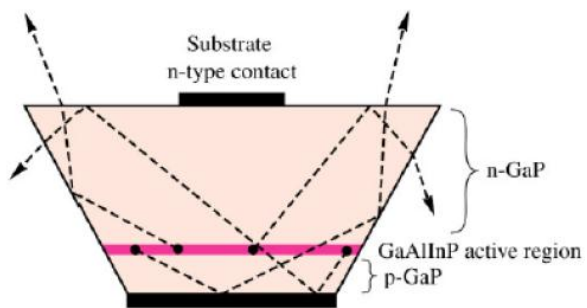


圖 2-5 TIP 型 LED 光線路徑圖 [7]

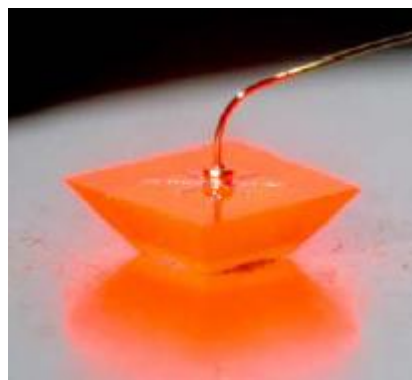


圖 2-6 TIP 型 LED

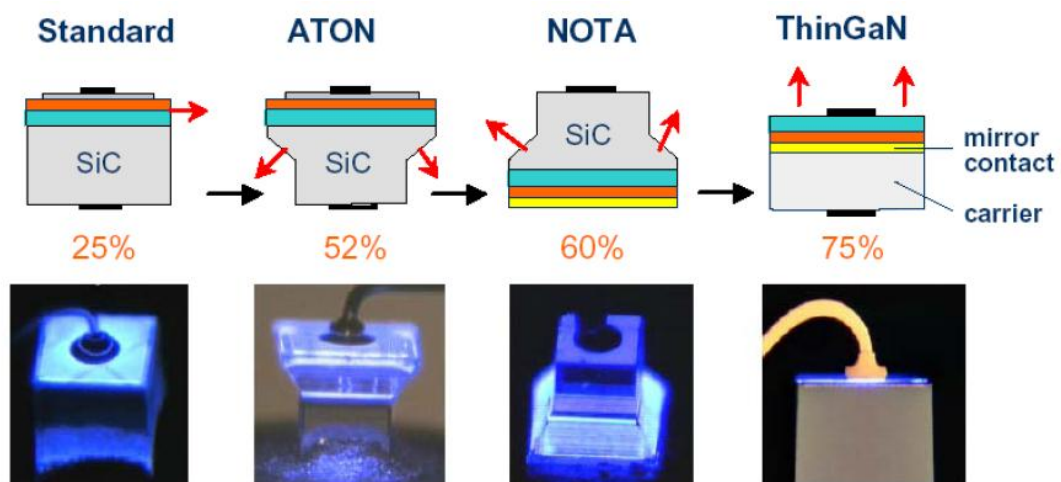


圖 2-7 Osram 提升光萃取的方式 [13]

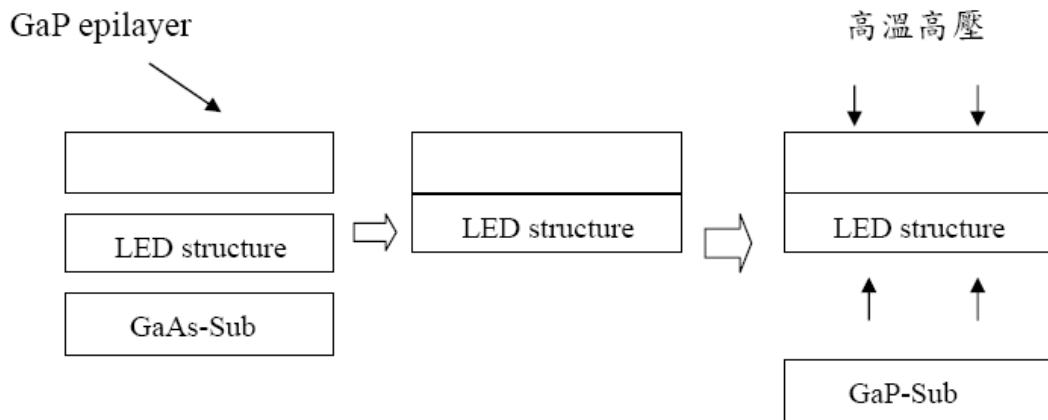


圖 2-8 晶片黏貼

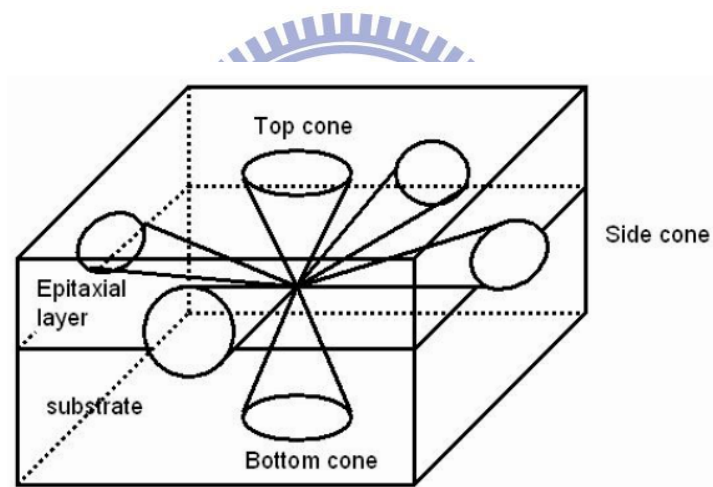


圖 2-9 厚窗口層和透明基板的脫逃角錐示意圖

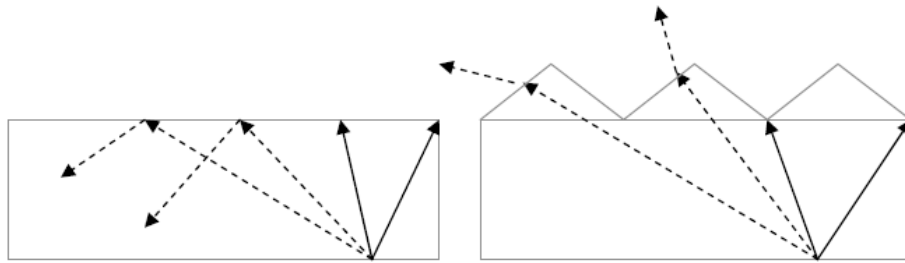


圖 2-10 光線被侷限示意圖

圖 2-11 粗化後光線路徑圖

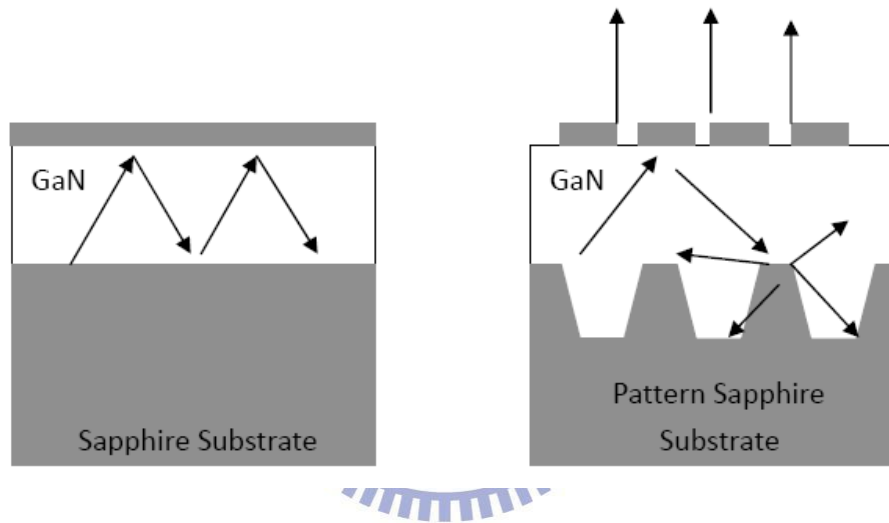


圖 2-12 傳統 LED 矩形架構

圖 2-13 日亞 LED 架構

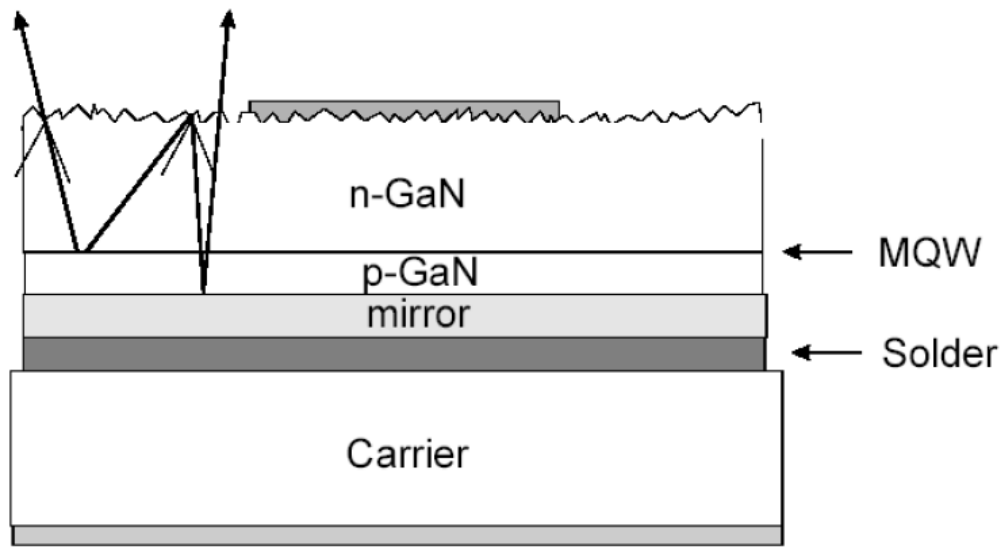


圖 2-14 ThinGaN 結構圖

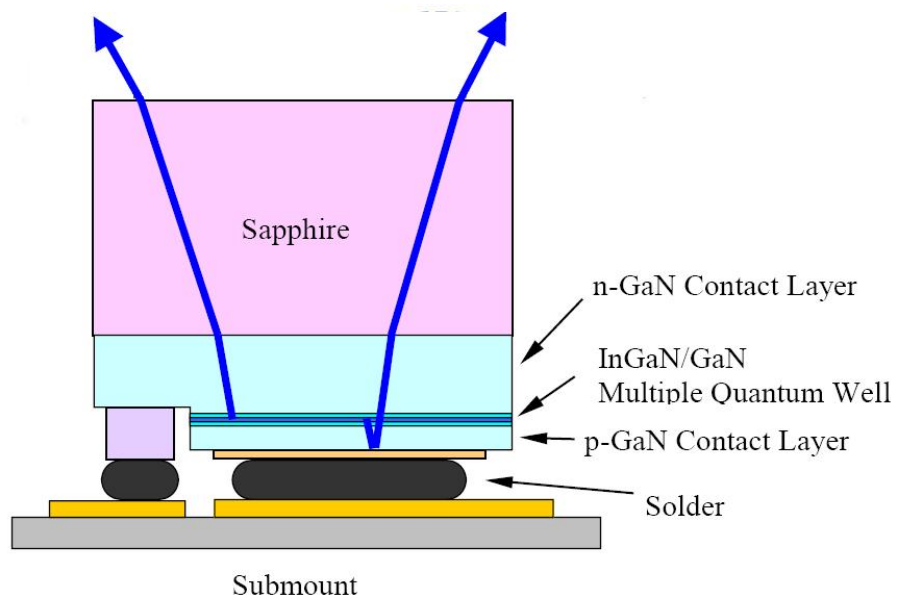


圖 2-15 Flip chip 結構圖

第三章 高功率 LED 製作流程

發光二極體主要由晶粒發光，在此以氮化鎵 LED 為例，簡介其中晶粒的製作方法與封裝流程。晶粒製作流程大致分為磊晶、黃光微影製程 (Photolithography Process)、切割等三大步驟，而封裝流程分為固晶、打線、成形、測試分類。以下我們將一一說明這些製作流程。圖 3-1

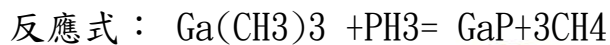
3.1 磊晶製程

磊晶製程屬於 LED 製作的首要步驟，先在藍寶石基板(sapphire)上成長一層低溫氮化鎵當 buffer layer，然後進行磊晶成長流程。圖 3-1 為氮化鎵發光二極體磊晶片成長流程，再經過金屬蒸鍍與光罩蝕刻等流程後，切割後產生晶粒，流程圖如圖 3-2 所示。

砷化鎵磊晶依製程的不同，可分為 LPE(液相磊晶)、MOCVD(有機金屬氣相磊晶)及 MBE(分子束磊晶)。LPE 的技術較低，主要用於一般的發光二極體，而 MBE 的技術層次較高，容易成長極薄的磊晶，且純度高，平整性好，但量產能力低，磊晶成長速度慢。MOCVD 除了純度高，平整性好外，量產能力及磊晶成長速度亦較 MBE 為快，所以現在大都以 MOCVD 來生產。比較表如表 3-1 所示。

MOCVD 長晶技術已是目前 LED 業界最主要的一種技術，其架構圖如圖 3-3 所示。其過程首先是將 GaAs 襯底放入昂貴的有機化學汽相沉積爐 (MOCVD)，再通入 III、II 族金屬元素的烷基化合物 (甲基或乙基化物)

蒸氣與非金屬(V 或 VI 族元素)的氫化物(或烷基物)氣體，在高溫下，發生熱解反應，生成 III-V 或 II-VI 族化合物沉積在襯底上，生長出一層厚度僅幾微米(1 毫米=1000 微米)的化合物半導體外延層。長有外延層的 GaAs 片也就是常稱的外延片。外延片經晶片加工後，通電就能發出顏色很純的單色光，如紅色、黃色等。不同的材料、不同的生長條件以及不同的外延層結構都可以改變發光的顏色和亮度。其實，在幾微米厚的外延層中，真正發光的也僅是其中的幾百納米(1 微米=1000 納米)厚的量子阱結構。



砷化鎵晶片種類：

(1) Sapphire-based LED

Sapphire-based LED，又稱為水平式晶片 LED，它的正極與負極電極皆在晶片表面，如圖 3-4。因此，各選陽極與陰極一端，用金線連自各自的接腳，如圖 3-5。此晶片底部為透明 Sapphire 層，此層用銀膠與支架相連接，底部反射率由烤乾銀膠的反射率所控制。

其晶片的製程，主要分成三道光罩，第一道光罩主要流程為塗抹光阻進行曝光顯影後進行蝕刻至 n-GaN 層(如圖 3-6)，第二道光罩為主要的使 p-electrode 電流均勻散佈於整個 LED，並利用 ITO((Indium Tin Oxide)的透明特性使 LED 的光線更容易透射出來(如圖 3-7)，第三道光罩為連接 n 極與 p 極兩個電極的腳位(如圖 3-8)，最後進行研磨切割，並測試完成

晶粒的製作。

(2)Thin-GaN LED

Thin-GaN LED，又稱為垂直式晶片 LED，它的負極電極在晶片表面，正極電極在底部，電流可以由下到上貫通，如圖 3-9。因此我們用金線連接負極電極與接腳，和正極相接的碗杯是導電的，因此在用金線連接碗杯與另外一隻接腳，如圖 3-10。

晶片底部為金屬反射層，此層用銀膠與支架相連接，底部反射率由金屬反射層的反射率所控制。

Thin-GaN LED 結構是利用wafer bonding方式先將GaN薄膜鍵合到高散熱和高導電性的基板上，再配合雷射剝離 (Laser Lift-off) 的技術則能將Sapphire去除，完成將GaN epi-layer從導熱性差的基板 (Sapphire) 轉移到導熱性良好的基板上，如圖3-11所示。

3.2 高功率 LED 封裝技術

提升 LED 發光效率的方式除了晶片的選用以外，還可以透過封裝的材料及發光透鏡一不同的設計方式來提升 LED 的發光效率。

由於折射率的匹配關係，封裝過程中可以很明顯提升 LED 發光效率，並且不同的封裝外觀與形狀將有產生不同的光型，如圖 3-12 所示。我們可以藉此不同的設計方式來達到我們所需的光形與發光效率。

LED 封裝的分類是根據晶片材料、發光亮度、發光顏色、尺寸大小來

分類。主要可以分成傳統砲彈型雙邊引線式封裝 (Dual In-line Package, DIP)、表面黏著型 (Surface Mount Device, SMD) 封裝及高功率型封裝 (High Power LED)。最終的目的還是要保護封裝內部的晶片與電路之連結，再者必須能抵抗低波長、或是紫外光破壞，還要有一定的硬度來抵抗外力與耐熱性，此外絕緣、抗靜電、抗濕，也是必須注意到的。

3.2.1 傳統砲彈型 DIP LED

傳統砲彈型 DIP LED 是最先研發進入市場的封裝類型，種類很多且技術純熟度也相當高，是目前封裝認定最經濟且方便的 LED 封裝製程。

最常見的就是 $\phi 5\text{mm}$ 型的 LED，如圖 3-13 所示，所使用的光源是邊長 0.25mm 正方形晶片，將晶片黏結或是燒結在反射杯上，反射杯的功能是收集側邊與介面所發出來的光，反射至所需要的方向。再來使用金線連接晶片正極與另外一隻引腳，負極則是從反射杯與另外一個引腳相連接，頂部最後使用高溫固化的環氧樹脂包覆。

典型的砲彈型 DIP LED 主要是以 0.1W 以下的功率做驅動，約有 90% 的熱能是由負極經過反射杯傳導至引腳上，最後引入 PCB 板上。影響傳統砲彈型 DIP LED 主要的原因在於其晶片較小而且導熱性能差，所以發光效率也相對的比較低。

3.2.2 表面黏著型 LED 封裝

於 1980 年初，SMD LED 因應市場的需要而產出，但是由於 LED 的比

熱比 IC 低，元件的耐熱度不高，在溫度升高時，造成亮度下降，剛開始並不被看好。在改良封裝材料之後，於 2002 年，SMD 型封裝才慢慢被市場接受。

早期的 SMD LED，如圖 3-14，外殼是透明的，而後才慢慢改良成有透鏡的封裝，跟傳統砲彈型 DIP LED 不一樣的地方是用較輕叫薄的 PCB 取代較重的碳鋼材料的引腳，使重量減輕，且驅動電流也比傳統砲彈型 DIP LED 大，之後也發展出一樣屬於 SMD LED 類型的塑膠引腳晶片載體 (Plastic Leads Chip Carrier, PLCC) LED，如圖 3-15，它主要跟一般 SMD LED 不一樣的地方在於少了 PCB 基板，且封裝方式也不一樣，基於應用面的不同，PLCC LED 主要分為向上發光型 (Top view) 與側向發光型 (Side view) 兩種，如圖 3-16，功率大約介於 60~180mw 左右，主要應用市場為：LED 背光模組。

3.2.3 高功率 LED 封裝

高功率 LED 封裝基本上是以高驅動電流來區分。主要是採用較輕 PCB 板和反射層材料，以 Lumileds 1W Emitting LED 來說，用晶片黏貼的方式，將 AlGaInN 材料的晶片焊接在有錫料凸點的矽載體上，用金線連接晶片正負極至各自的接腳，再將環氧樹脂透鏡封裝上去，內部填充硬度較軟的矽膠，在 $-40^{\circ}\text{C} \sim 120^{\circ}\text{C}$ 範圍內，不會因為熱脹冷縮將金線撐斷，內部框架也不會氧化，環氧樹脂透鏡也不會變黃，反射杯與透鏡也是經過設計，使得光萃取效率提升許多，如圖 3-17。

以 Lumileds Luxeon V 來說，封裝結構以星形鋁基板當基座，電流可驅動到 700mA，熱阻也降到 $10\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{w}$ ，出光效率可超過 $70\text{ lm}/\text{w}$ ，也因此拓展固態照明開發的一片新的空間，如圖 3-18。

3.2.4 傳統 LED 與高功率 LED 之比較

傳統 LED 為砲彈型或是 SMD 型的封裝，在反射杯上固定 LED 的晶片，以打線的方式連接正負極，最後以環氧樹脂封裝[19]，如圖 3-13 所示。當驅動電流為 20mA 時，熱阻約 $250^{\circ}\text{C}/\text{w}\sim 350^{\circ}\text{C}/\text{w}$ 。因為設計簡單，電光轉換效率差，常常因熱能過大而燒毀，而且晶片較小，無法以較大電流驅動，發光效率則較低。因此只用於顯示或是指示燈，像是儀器指示燈，紅綠燈，腳踏車尾燈等[20]。

因此，在一般照明應用上為了獲得高亮度，高功率 LED 為現今發展的目標，主要利用陣列封裝(Packing Array)及擴大晶粒尺寸兩種方式。

(1) 陣列封裝

主要將複數顆 LED 排列成矩陣，並封裝成單體結構，優點為模組光量提高，相對於擴大晶粒尺寸的 LED 而言，散熱問題較小，但是缺點是產品色溫及亮度的一致性較差，控制電路設計較複雜，以及光學設計不易。因此目標為色溫及亮度控制與降低控制電路的成本。

(2) 擴大晶粒尺寸

以 Lumileds 高功率 Luxeon 系列為例，如圖 3-19，共有 1W、3W、5W

三種規格，1W 與 3W 的 LED 將尺寸從 0.3mm x 0.3mm 擴大到 1mm x 1mm，驅動電流為 700mA~1A，5W 的 LED 則是使用 4 顆 1mm x 1mm 晶粒封裝成一組，整體尺寸達到 2mm x 2mm，驅動電流為 700mA。優點為單位元件出光量提高，但是缺點是若採用傳統 LED 封裝形式，將會因為散熱不良而導致 Epoxy 材料變黃，使得穿透率變低，或是 LED 內部斷線、界面脫層，影響出光效能。

而 Lumileds 在 Luxeon 系列中，在晶粒下方加入以銅為主的高導熱底座，可達 12 °C/W 低熱阻封裝。圖 3-20 為傳統 LED 與高功率 LED 的操作時間與輸出光強的比較圖。可以發現高功率 LED 在使用長達 5000 小時之後，光輸出仍可在 90% 左右，比傳統 5mm LED 較為穩定。一般照明市場定義 LED 點亮後，光能量衰減至 70% 後便無法使用，可以看出在改善散熱問題後的新型高功率 LED，其壽命增長許多。[21-24]。

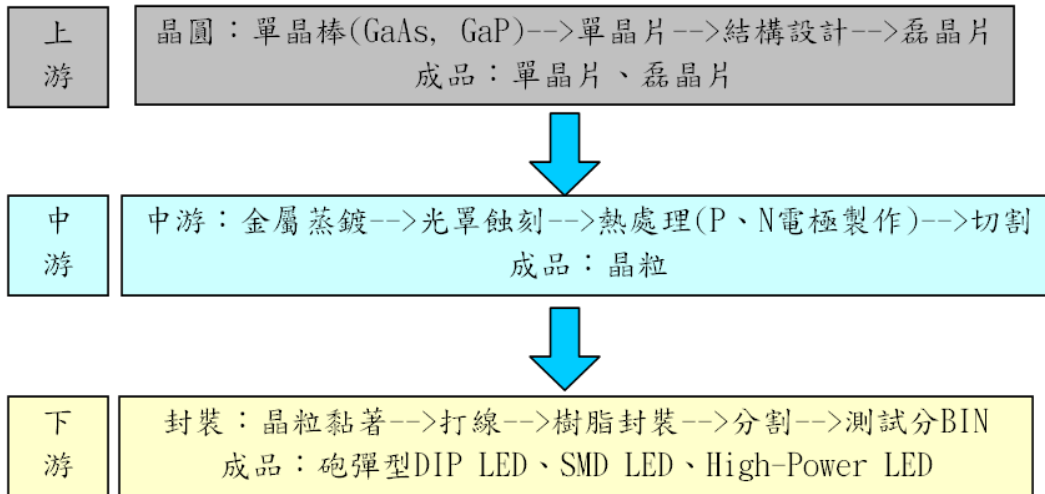


圖 3-1 LED 生產流程圖

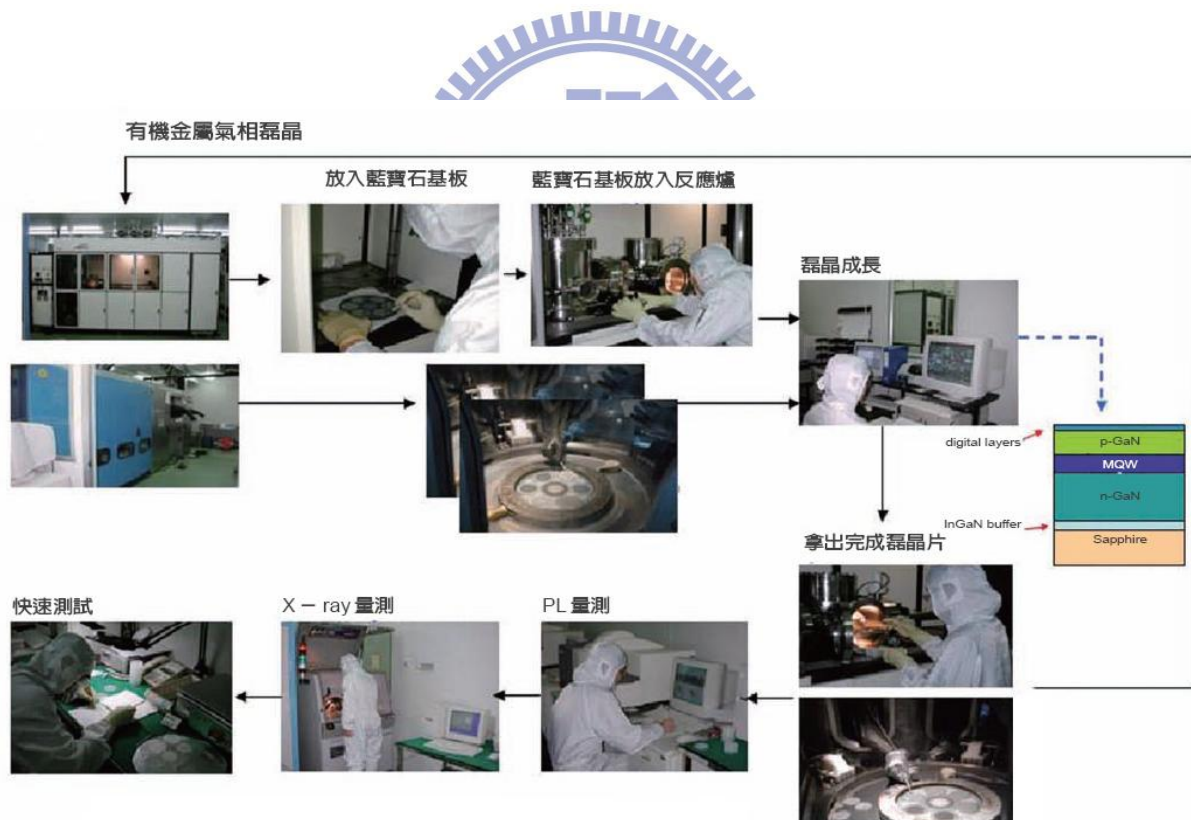


圖 3-2 氮化鎵發光二極體磊晶片成長流程

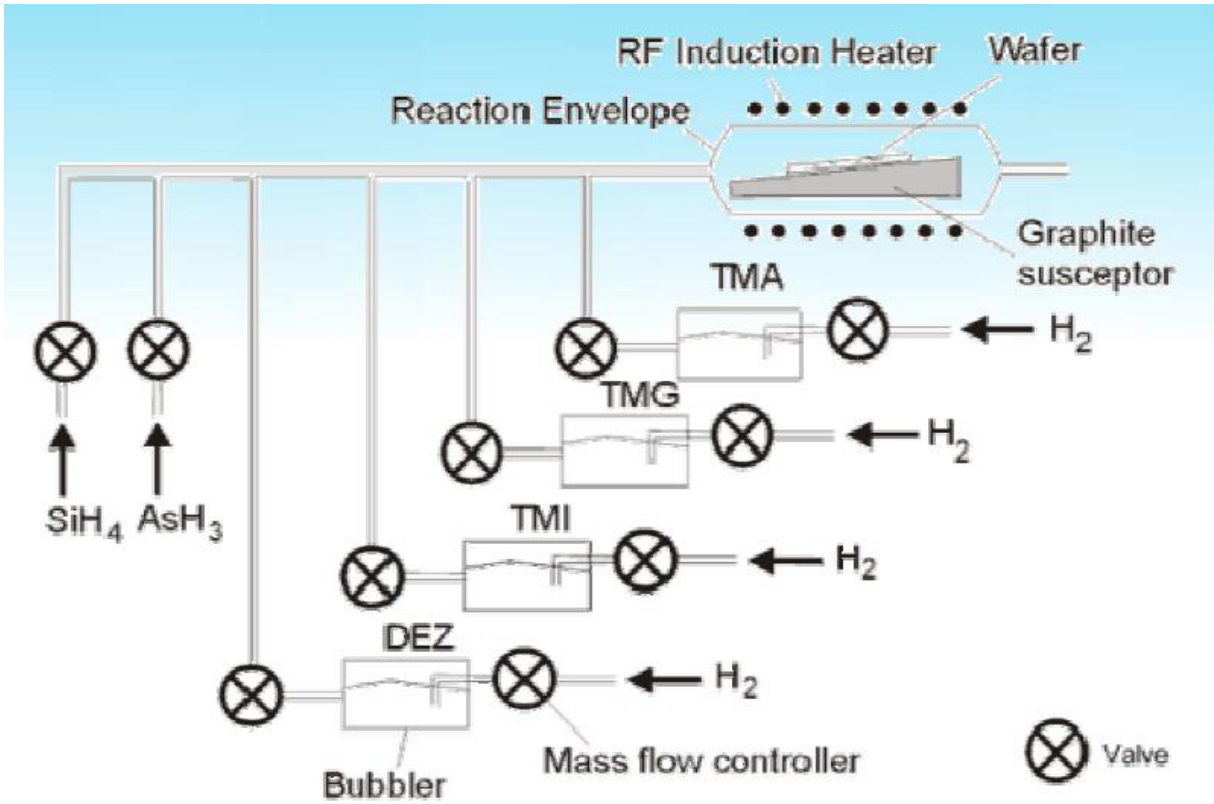


圖 3-3 MOCVD 架構圖



圖 3-4 Sapphire-based LED 晶片

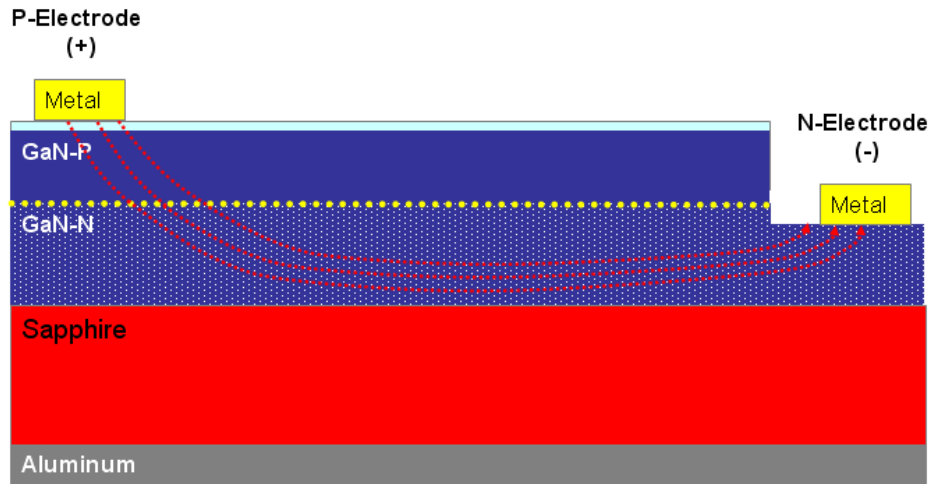


圖 3-5 Sapphire-based LED 晶片封裝架構圖

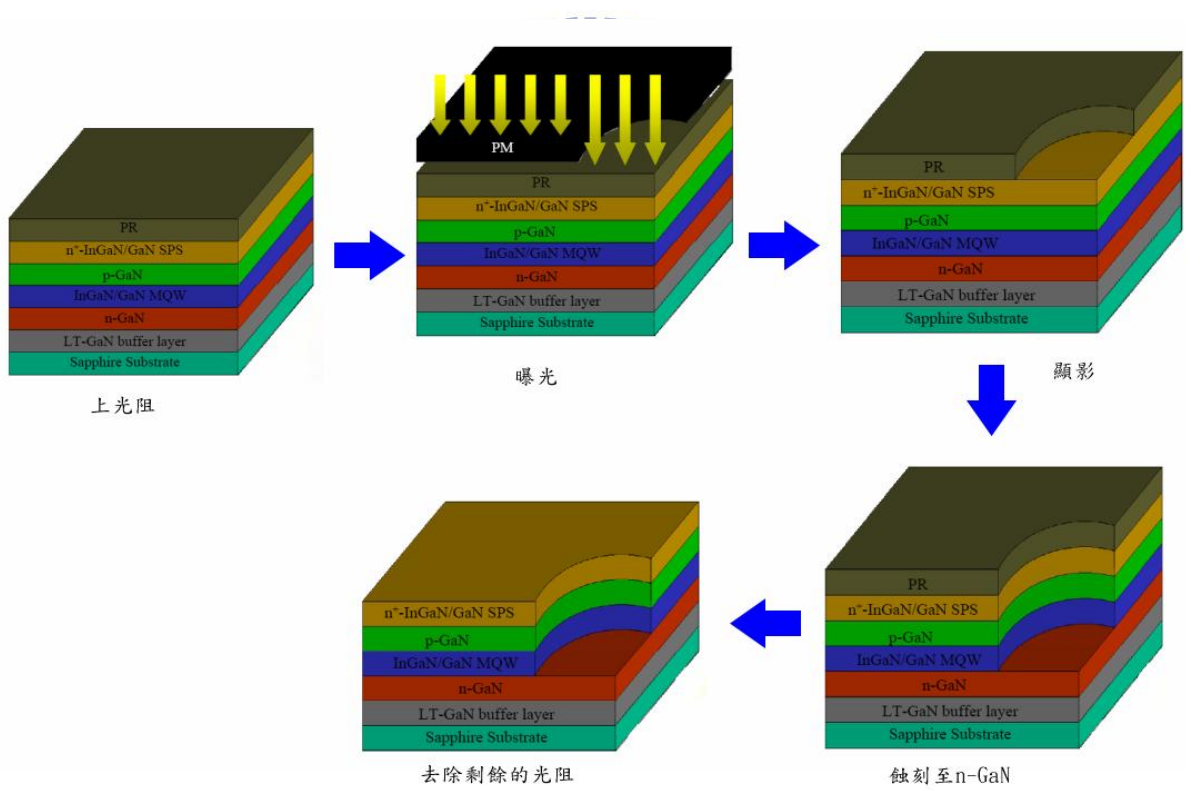


圖 3-6 第一道黃光製程

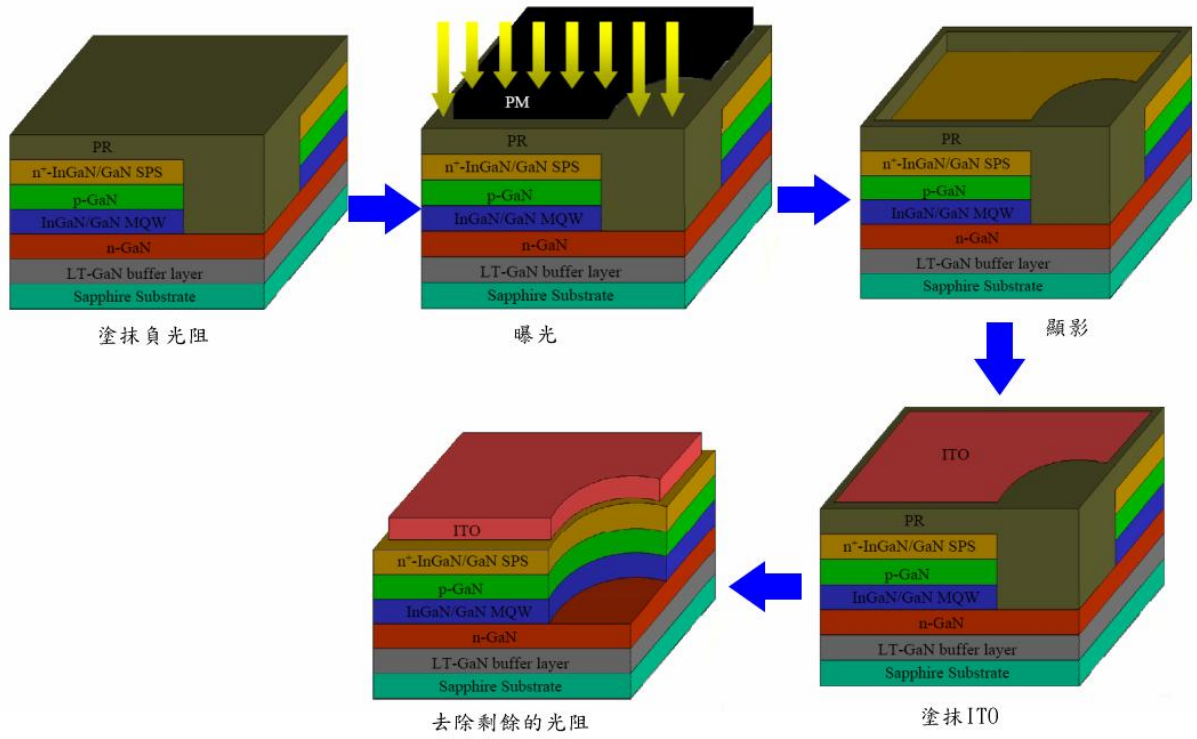


圖 3-7 第二道黃光製程

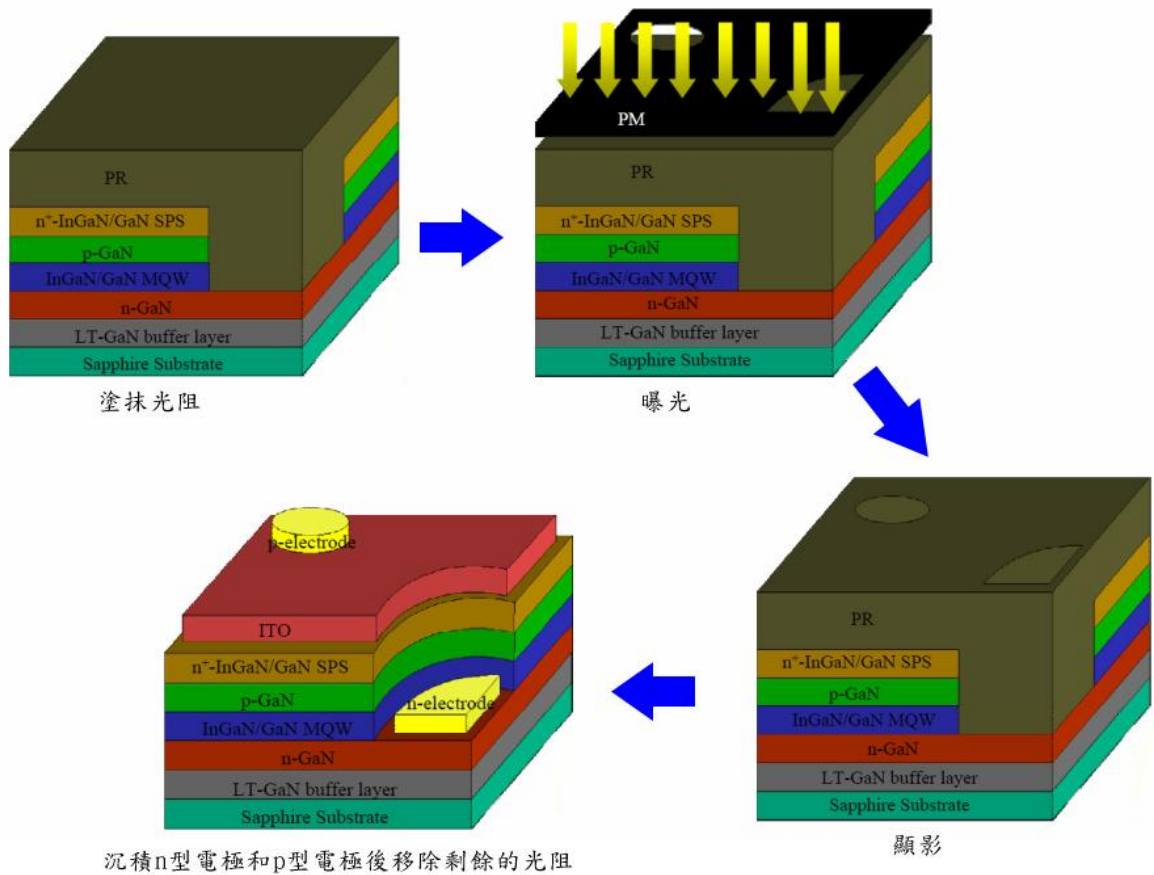
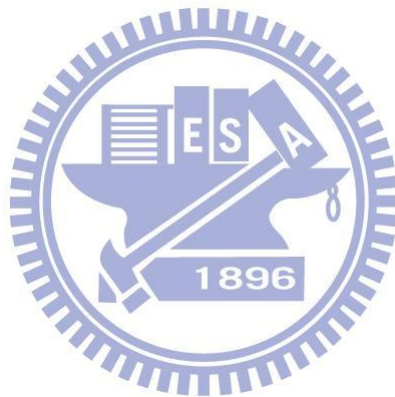


圖 3-8 第三道黃光製程

| 長晶技術 | 優點 | 缺點 |
|---|----------------------|----------------|
| Liquid Phase Epitaxy(LPE) | 高品質 價格便宜 | 無法立刻改變沈積物質 |
| Vapor Phase Epitaxy(VPE) | 純度高 | 量產能力低 磊晶速度慢 |
| Molecular Beam Epitaxy(MBE) | 高品質 可快速改變沈 積物質 | 操作技術較困難 |
| Metal Organic Chemical Vapor Deposition(MOCVD, MOVPE) | 成品可靠度佳 | 量產能力高 磊晶速度快 |

表 3-1 長晶技術比較表



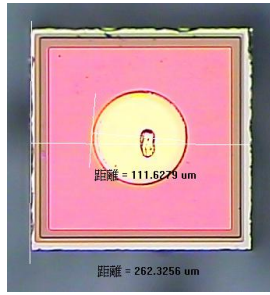


圖 3-9 ThinGaN LED 晶片

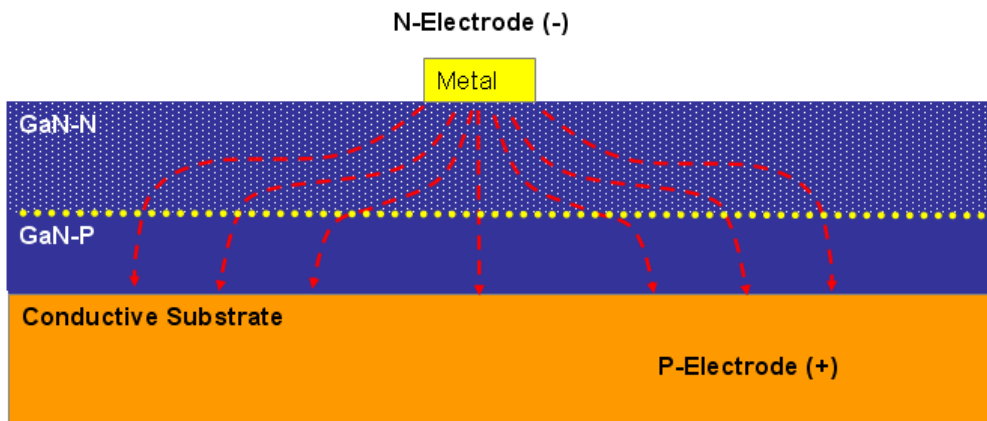


圖 3-10 ThinGaN LED 封裝架構圖



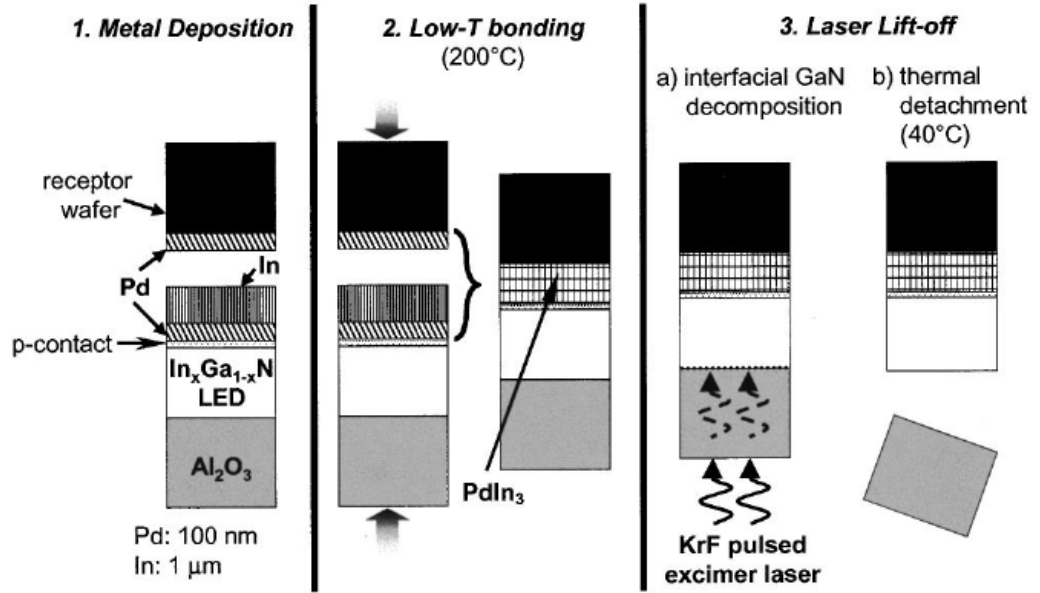
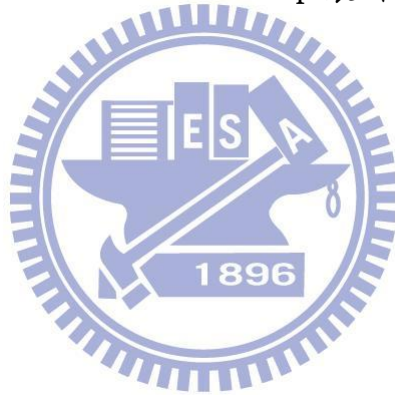


圖 3-11 Thin-GaN chip 製作流程[22]



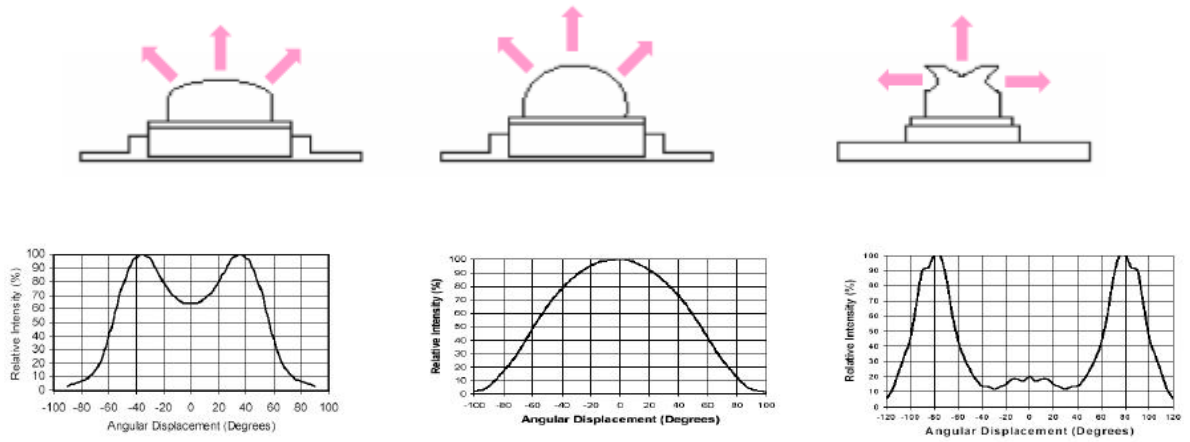


圖 3-12 不同 Lamp 設計與不同光場分佈

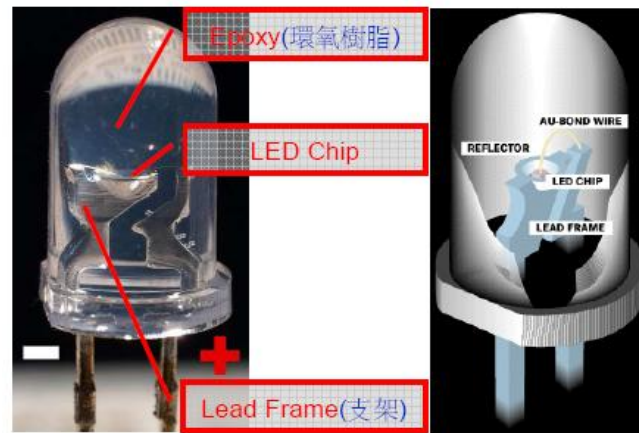


圖 3-13 傳統砲彈型 ϕ 5mm DIP LED

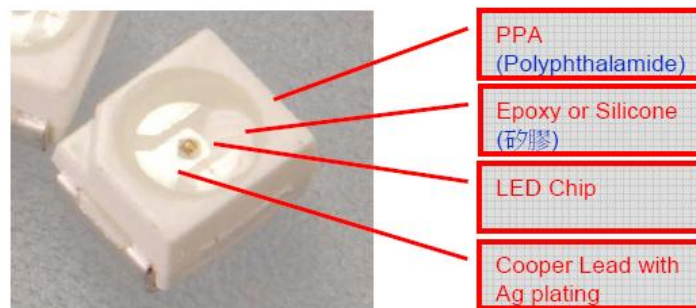


圖 3-14 PLCC LED

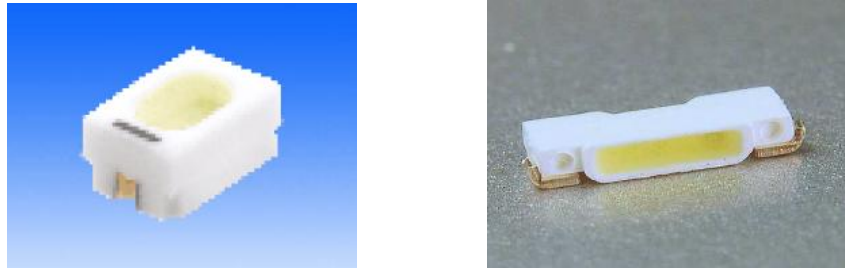


圖 3-15 Top view PLCC LED (右圖) Side view PLCC LED (左圖)

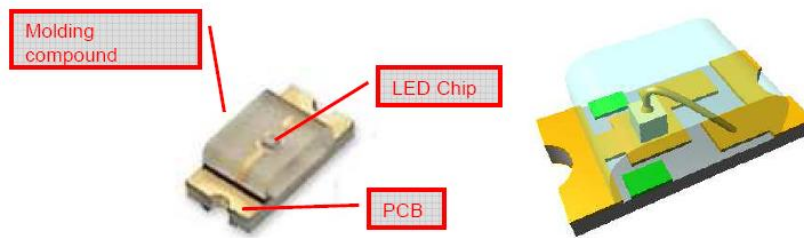


圖 3-16 SMD LED

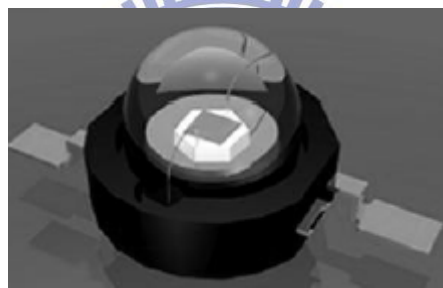


圖 3-17 Lumileds 1W LED 示意圖[7]



圖 3-18 Lumileds Luxeon V LED [7]。

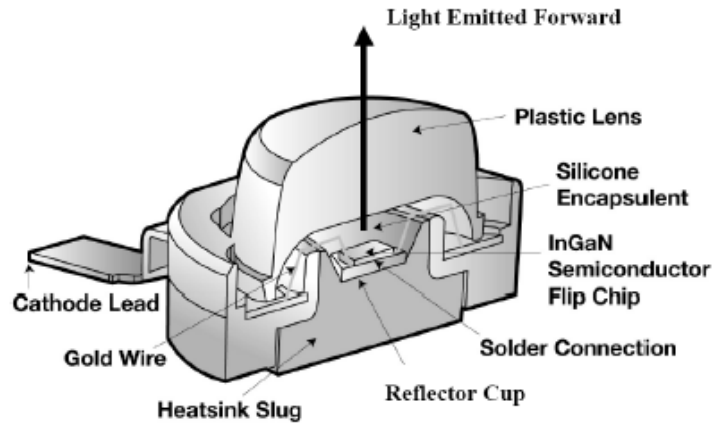


圖 3-19 Lumileds Luxeon LED 元件結構圖[7]。

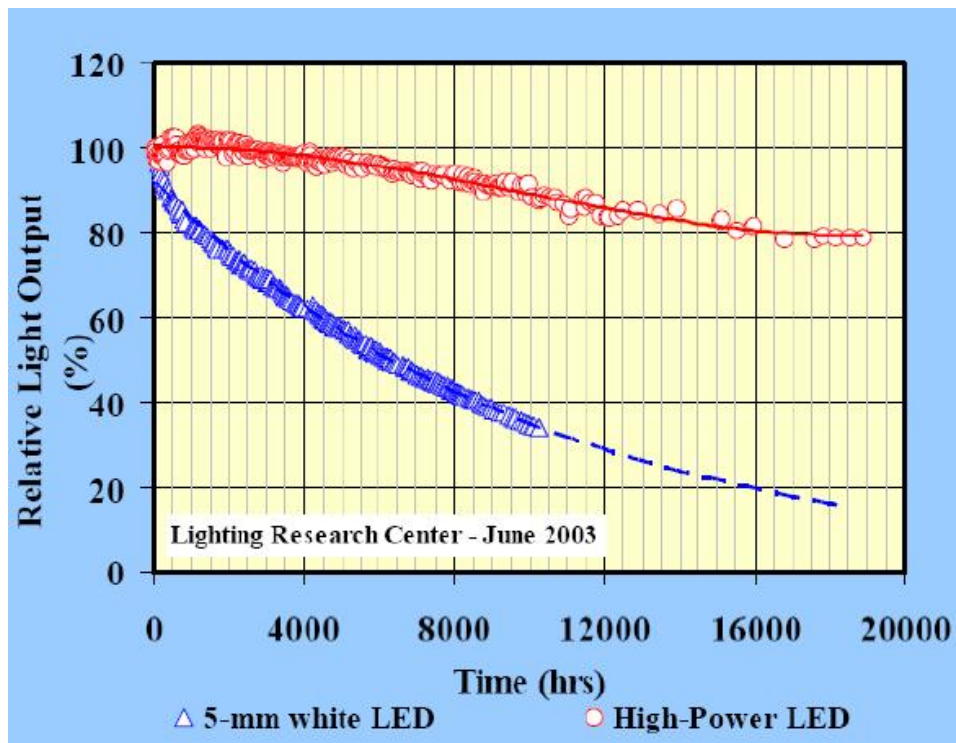


圖 3-20 傳統 LED 與 Lumileds Luxeon LED 的壽命比較[7]。

第四章 研究步驟與結果分析

4.1 LED 封裝材料

此研究分析主要是以 Sapphire-based LED（水平式晶片）與 Thin-GaN LED（垂直式晶片）兩種晶片架構作分析，晶片的大小為 45 mil x 45 mil 的晶片，如圖 4-1 與 4-2。

(1) 銀膠材料

在此研究分析中，我們也將銀膠的作為分析比較的一主要材料，分別使用 Ablestik 2600AT 與 Sumitomo T-3100 的高散熱導熱銀膠。

此兩款 LED 銀膠，主要的是熱傳導率的差別，Ablestik 2600AT 的熱傳導率大約為 20W/mK，Sumitomo T-3100 的熱傳導率大約為 12W/mK，此兩款銀膠的熱傳導率差異並不大，主要是要比較兩種晶片對銀膠的熱阻溫升效應。規格圖如圖 4-3

(2) MCPCB

高功率 LED 散熱方式，我們在此實驗中選用兩種不同材質的 MCPCB，分別為銅基板與鋁基板，如圖 4-5 與 4-6。此兩種不同材質的 MCPCB 主要功用是要將 LED 的熱源迅速的散發，我們也可以藉由此比較看出其導熱的優越性。我們以業界較常用的鋁基板與銅基板的厚度來做實驗，分別選用 1.6mm 的鋁基板與 1.0mm 的銅基板，如圖 4-7。

4.2 LED 熱阻分析

(1) 晶片尺寸與散熱的關係

提升 LED 的亮度最直接的方法是增大輸入功率，在相同的單顆封裝內送入倍增的電流，發熱自然也會倍增，如此散熱情況當然會惡化，增大輸入功率 Q 必然使溫度 T_j 升高，進而使量子效率降低。隨著 LED 晶片效率提升，越來越多使用較小晶片取代原有晶片光源，這導致晶片熱傳遞面積 A 減少而在相同發熱量下也會造成溫度的升高，這可以由熱傳導公式了解：

$$Q = K \times A \times \frac{(T_j - T_x)}{L}$$

其中 K 是接觸面材料的熱傳導係數， L 是接觸面的厚度

固晶製程是將 LED 封裝的第一階段關鍵製程，也是 LED 晶片的第一個熱傳遞面，大部分 LED 產生的熱量都經由固晶製程的接合材料傳遞至支架或載板，其中接合材料主要以以下三種：

一般接著劑：熱傳遞係數介於 0.2~0.5W/mK 之間，不導電。

銀膠：熱傳遞係數會隨銀粉的比例而介於 2~50W/mK 之間，厚度會隨銀粉顆粒尺寸而變化。

共晶製程：熱傳遞係數 50W/mK 左右。

(2) LED 核心溫度量測

在外加電壓的情況下，當二極管的正極(P 區)連接於電源電壓的正極，而該二極管的負極(N 區)連接電源電壓的負極，就稱為順向偏壓(forward

-biased) ，如圖 4-8。二極管順向偏壓與電流關係圖，如圖 4-9，藍線代表元件在瞬間不被熱影響下的關係圖，紅線為電流驅動下高溫之曲線，LED 核心溫度則是量測經過電性穩定時間後低電流下的電壓差，再與晶體校正曲線斜率(K)的乘積，加上控制的環境溫度，而熱阻抗 (Thermal resistance) 就是核心溫度與環境溫度差除以 LED 發熱功率如下式，不同的材料搭配的封裝介面可以以熱阻抗分佈圖表示，如圖 4-10，整體串接的阻抗總和代表 LED 封裝的熱傳遞能力，熱阻越低代表熱傳遞能力越好。

$$\Delta T_j = K \times \Delta V_f$$

$$R_{th} = \Delta T_j \div Q_{power\ consumption}$$

不僅亮度不斷提升，LED 的散熱技術也一直在提升，1992 年一顆 LED 的熱阻抗為 360°C/W，之後降至 125°C/W、75°C/W、15°C/W，而今已是到了每顆 6~10°C/W 的地步，更簡單說，以往 LED 每消耗 1 瓦的電能，溫度就會增加 360°C，現在則是相同消耗 1 瓦電能，溫度卻只上升 6°C~10°C。

(3) 載板

載板(Heat slug)是連結 LED 支架與 PCB 之間的第二主要熱傳遞路徑，如圖 4-11，主要是由銅柱組成，迅速的將 LED 熱量傳遞至 PCB 上，載板與 PCB 的接觸面積大小會直接影響到 LED 整體熱阻的好壞。

LED 散熱基板的種類隨著材料開發與製程技術不斷的改良與進步，所提供的選擇日益增加，主要都是朝向高熱傳導，低膨脹方向進行設計，主要有以下幾種分類：

一般 FR4 PCB：為最經濟的方案，但隨著製程技術進步，搭配散熱孔洞 (Thermal via)、多層板架構、增加鋪銅面積與增加銅箔厚度(oz)等配套方案，可進一步讓 PCB 板面均溫度提升。

金屬基板：主要材料為鋁基板與銅基板 2 種，鋁基板是目前使用於高功率 LED 封裝上最為普遍，藉由銅鋁金屬材料高熱傳導係數特性，可輕易將 LED 的熱傳導到均溫板上，其中絕緣層材料的選用、LED 與 PCB 間的接合方式是主要熱阻抗的來源。

陶瓷基板：主要是以氮化鋁與氧化鋁為主的基板，主要利用陶瓷材料的低熱膨脹係數，與較 FR4 材料高的熱傳導係數。

碳基基板：主要以碳鋁、碳銅，如圖 4-12，或石墨材料為主的基板，由於碳原子排列結構與鍵結，在鍵結方向的熱傳導係數可高達 300 w/mK 以上，於法線方向則表現不佳，必須要注意使用場合與厚度控制。

以上種種材料的選用都是特別注重於材料對於熱的傳遞量與膨脹與應力反應，主要設計思路都是朝向縮短熱傳遞路徑與增加單位時間熱傳遞量進而達到減小整體 LED 封裝熱阻；圖 4-13 表示在各種設計參數下，在 LED 相同核心溫度下冷卻的速度，核心溫度下降的速度越快代表熱傳遞速度越快，也意味著對 LED 核心溫度的敏感度越高。圖中表示固晶製程中，固晶的界面材質由原始 0.3W/mk 固晶膠(原始設定)提升到 3W/mK 與 40W/mK 會對 3020 封裝形式的 LED 影響最高。而 FR4 板(原始設定)變更為鋁基板的設計

則可以在熱傳遞到 PCB 散熱面後才對核心溫度造成影響。

4-3 LED 熱阻量測方式

4.3.1 量測條件

環境溫度設定於 $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ ，相對濕度設定於 45~85%。

4.3.2 熱穩定狀態：

(1) 決定升溫時間的最佳方法，為在指定之環境與測試條件下，對待測 LED 作不同時間點之量測，並將所得到的資料繪成如圖 4-14 之升溫曲線。經過一段時間之後，曲線會保持原來的斜率直到實驗結束，此時在樣本特定的位置上收集一至二個數據，經過十分鐘後再收一次數據作為比較，流程圖如圖 4-15 所示。

(2) 若升溫時間很難由升溫曲線得知，可依圖 4-15 的流程，當認為已達穩態時，先紀錄其熱阻值 (θ_{T1}) 與加熱時間作為後來之參考比較；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 (θ_{T2}) 與先前相比，若能與最初的數據相符 ($|\theta_{T2} - \theta_{T1}| \leq 0.01 \theta_{T1}$)，則再重複一次此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升溫時間。

4.3.3 接面溫度量測

量測電路原理如圖 4-16，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。

量測程序：如圖 4-16 所示，開關置於位置 1，在待測 LED 上施加量測電

流 I_M ，測量得到接面電壓 V_F ，快速將開關切換至位置 2，用加熱電流 I_H 快速替代 I_M ，要求電流 I_H 持續時間內穩定，測量加熱電壓 V_H 。再快速將開關切回位置 1，用量測電流 I_M 代 I_F 測量得到接面電壓 V_{FSS} 得：

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

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

$$T_J = T_{J0} + \Delta T_J$$

T_{J0} 測量開始前待測 LED 的初始接面溫度。量測程序之波形如圖 4-17。

I_M 之目的在於驅動待測 LED，但不能使元件產生自發熱，其範圍大約為 $100 \mu A$ 至 $5mA$ 之間。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。

4.3.4 K 係數量測

量測電路原則上如圖 4-18 所示，溫度控制系統可以是有均勻溫度和有足夠大空間放置試驗盒的小型乾燥箱，其必須對試驗盒內每個待測 LED 提供訊號連接線，使其可以進行電流、環境溫度及順向電壓的測量。

首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 $25^\circ C$ ，隨即測量順向電壓 (V_{Fi})。接著使溫度增加到高溫 (T_h)，典型值為 $100^\circ C$ ，待其穩定後測量 (V_{Fh}) 的數值。K 係數即可以從下式計算得到：

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

由圖 4-19 可得知是 $V_F - T_J$ 直線斜率的倒數。

4.3.5 熱阻量測

熱阻的量測原理與同接面溫度與 K 係數量測相同。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 為加熱功率， Φ_e 為 LED 在加熱電流下所發出之輻射通量。 θ_{JX} 下標 X 由待測 LED 的參考點決定之，例如，在待測 LED 具有良好之熱沉的情況下，X 可以表示為待測 LED 之外殼 C，即為 θ_{JC} 。

4.4 LED 量測結果分析

4.4.1 熱阻數據分析

針對不同的 LED 晶片我們先對熱阻做量測，我們將環境溫度設定在 25°C，高功率 LED 的驅動電流設定於 350mA、500mA、700mA、1A，對以下 LED 作熱阻量測分析，如表 4-1~4-8 所示。

- (1) 垂直式晶片 + Ablestik 2600AT 銀膠 + 鋁基板
- (2) 垂直式晶片 + Ablestik 2600AT 銀膠 + 銅基板
- (3) 水平式晶片 + Ablestik 2600AT 銀膠 + 鋁基板
- (4) 水平式晶片 + Ablestik 2600AT 銀膠 + 銅基板
- (5) 垂直式晶片 + Sumitomo T-3100 銀膠 + 鋁基板
- (6) 垂直式晶片 + Sumitomo T-3100 銀膠 + 銅基板
- (7) 水平式晶片 + Sumitomo T-3100 銀膠 + 鋁基板

(8)水平式晶片 + Sumitomo T-3100 銀膠 + 銅基板

由以上的量測數據，我們將晶片、MCPCB 與銀膠作單一比較分析。

(1)晶片比較：由圖 4-21 所示，我們可以看出垂直晶片與水平晶片的熱阻曲線圖，在相同的驅動電流下，垂直式晶片的熱阻表現優於水平式晶片約有 33%，其主要原因在於垂直式晶片與水平式晶片導熱效應的差異性。垂直式晶片的電流導通方式與水平式晶片電流導通方式的不同，其散熱表現以垂直式晶片較具良好表現。

(2)MCPCB 比較：如圖 4-22 所示，鋁基板與銅基板的熱阻表現，以銅基板的熱阻表現較為低，在相同的驅動電流下，其優越性大約相差 30%，主要原因在於銅與鋁的熱傳導率差異，銅的熱傳導率大約 400 W/mK，鋁的熱傳導率大約 250 W/mK，兩種材料熱傳導率大約相差 1.6 倍，在 MCPCB 的製程中，若使用不同的散熱膠，將會有不同的散熱效果。

(3)銀膠比較：如圖 4-23 所示，為本次實驗中所使用的兩款銀膠之比較圖，此兩款銀膠在垂直式晶片差異並不大，而在水平式晶片以相同的驅動電流下，熱阻差異大約 $1^{\circ}\text{C}/\text{W}$ 。

4.4.2 光學效率量測分析

LED 熱阻量測讓我們看出電流與熱阻值上升的變化，接下來我們將對光效率的表現進行分析，初始量測值由 350mA 提升至 1A，每 50mA 做光學量測。如表 4-9~4-16 所示。

- (1)垂直式晶片 + Ablestik 2600AT 銀膠 + 鋁基板
- (2)垂直式晶片 + Ablestik 2600AT 銀膠 + 銅基板
- (3)水平式晶片 + Ablestik 2600AT 銀膠 + 鋁基板
- (4)水平式晶片 + Ablestik 2600AT 銀膠 + 銅基板
- (5)垂直式晶片 + Sumitomo T-3100 銀膠 + 鋁基板
- (6)垂直式晶片 + Sumitomo T-3100 銀膠 + 銅基板
- (7)水平式晶片 + Sumitomo T-3100 銀膠 + 鋁基板
- (8)水平式晶片 + Sumitomo T-3100 銀膠 + 銅基板

將以上數據彙整於圖 4-24，我們可以觀察到垂直式 LED 與水平式 LED 的發光效率差異，兩種不同晶片的發光效率約相差 11%，鋁基板與銅基板的發光效率約相差 2~3%，由此可驗證垂直晶片不只在熱阻的表現良好，在發光效率的表現也有相當不錯的表現。

高功率 LED 的散熱應用不只是靠晶片的結構，散熱模組也是必需考量在其中的，此部分的研究重點，希望能將此納入未來計畫上，相信在未來 LED 的發展，此設計將是一大考量重點。



圖 4-1 Sapphire-based LED 封裝完成圖



圖 4-2 ThinGaN LED 封裝完成圖

2600AT

| PHYSIOCHEMICAL PROPERTIES - Post Cure | | | | ABLETHERM 2600AT | Test Description | Test Method | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-----|-----|--------------------|--|--|--------------------|--|--------|--------|--------------------------------|------|-----|-----|-----------------|------|-----|-----|--------------|------|-----|-----|-----------------|-----|-----|-----|--------------------|----------|
| Glass Transition Temperature | | | | 84°C | TMA penetration mode | ATM-0058 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Coefficient of Thermal Expansion Below Tg Above Tg | | | | 38.1 ppm/°C 111.1 ppm/°C | TMA expansion mode | ATM-0055 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Dynamic Tensile Modulus @ -65°C @ 25°C @ 150°C @ 250°C | | | | 5300 MPa (763,000 psi) 3800 MPa (529,000 psi) 300 MPa (43,000 psi) 210 MPa (31,000 psi) | Dynamic mechanical thermal analysis (DMTA) using <0.5mm thick sample | ATM-0112 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Moisture Absorption @ Saturation | | | | 0.25% | Dynamic vapor sorption after 85°C/ 85% RH exposure | ATM-0093 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| THERMAL/ELECTRICAL PROPERTIES - Post Cure | | | | ABLETHERM 2600AT | Test Description | Test Method | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Thermal Conductivity | | | | 20 W/mK | Independent Laser Flash | ATM-0116 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Volume Resistivity | | | | 0.00005 ohm-cm | 4-point probe | ATM-0020 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Bond Joint Resistance | | | | 0.00005 ohms/0.5 sq. in. | Cu to Cu joint 25 µm bondline thickness | ATM-0032 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MECHANICAL PROPERTIES - Post Cure | | | | ABLETHERM 2600AT | Test Description | Test Method | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Die Shear Strength @ 25°C | | | | 8.1 kg/die | 2 x 2mm (80 x 80 mil) Si die on Ag/Cu leadframe | ATM-0052 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Die Shear Strength (kg/die) vs. Temperature | | | | <table border="1"> <thead> <tr> <th>@25°C</th> <th>@200°C</th> <th>@250°C</th> <th>3x3mm (120x120 mil) Si die on:</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>18.3</td> <td>1.3</td> <td>1.1</td> <td>Ag/Cu leadframe</td> </tr> <tr> <td>12.7</td> <td>1.2</td> <td>1.1</td> <td>Cu leadframe</td> </tr> <tr> <td>16.4</td> <td>1.2</td> <td>0.9</td> <td>Pd/Ni leadframe</td> </tr> <tr> <td>9.7</td> <td>2.3</td> <td>2.1</td> <td>Au flash leadframe</td> </tr> </tbody> </table> | | | @25°C | @200°C | @250°C | 3x3mm (120x120 mil) Si die on: | 18.3 | 1.3 | 1.1 | Ag/Cu leadframe | 12.7 | 1.2 | 1.1 | Cu leadframe | 16.4 | 1.2 | 0.9 | Pd/Ni leadframe | 9.7 | 2.3 | 2.1 | Au flash leadframe | ATM-0052 |
| | | | | @25°C | @200°C | @250°C | 3x3mm (120x120 mil) Si die on: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | 18.3 | 1.3 | 1.1 | Ag/Cu leadframe | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | 12.7 | 1.2 | 1.1 | Cu leadframe | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | 16.4 | 1.2 | 0.9 | Pd/Ni leadframe | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9.7 | 2.3 | 2.1 | Au flash leadframe | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Chip Warpage @ 25°C vs. Chip Size | | | | Chip Size | | Warpage | 0.38mm (15mil) thick Si die on Ag/Cu leadframe | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | 7.6x7.6mm (300 x 300 mil) | | 15 µm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | 12.7x12.7mm (500x500mil) | | 58 µm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | ATM-0059 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

圖 4-3 Ablestik 2600AT 規格圖

【特徴】

- ・小型IC、LED用のダイアタッチ剤に適している1液無溶剤型のエポキシ系導電性接着剤
- ・無溶剤型のため硬化時の重量減少が少ない
- ・長いタックフリータイム
- ・スタンピング、ディスペンス、印刷にて塗布可能
- ・塗布時の糸引きがほとんど生じない
- ・耐熱性熱硬化樹脂の使用により高温時の接着強度が優れている
- ・Na、K、Clイオン等の不純物が極めて少ない
- ・ブリーディングがほとんど生じない
- ・チップへの選り上がりが少ない
- ・冷凍庫（-15℃～-40℃）保管

【T-3100 一般特性】

| | | | |
|--|--|--|--|
| <p>(1) ベース特性</p> <ul style="list-style-type: none"> ・充填含有率 高純度Ag 73~77% (重量比) ・粘度 (25℃) 17~22 Pa·s ・チクソ性 HBT型粘度計 50/min時 0.55~0.75 ・比容 3.2~3.6 ・タックフリータイム 6時間 ・ポットライフ 2日 ・硬化時不揮発分 ≥90% ・有効保存期間 3ヶ月 (-15℃~-40℃保管) | | <p>(3) 硬化物特性</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ダイシエア強度 ≥45N (1.5mm角Siチップ使用時) ・動荷強度 ≥9.0N (250℃×20秒) (1.5mm角Siチップ使用時) ・面抵抗値 ≤300mΩ ・体積抵抗値 1~5×10¹⁴Ω·cm ・不純物濃度 Na⁺ <10ppm, K⁺ <10ppm, NH₄⁺ <30ppm, Hy-Cl⁻ <20ppm, 全Cl <50ppm ・ガラス転移点 (T_g) 160℃~180℃ ・炭化銀アウトガス (250℃) ≤0.3% ・熱分解温度 380℃ | |
| <p>(2) 使用条件</p> <ul style="list-style-type: none"> ・塗布方法 スタンピング、ディスペンス、スクリーン印刷 ・熱硬化条件 180℃~220℃ 30~120分 | | | |



【T-3100 の硬化条件】

T-3100は180℃~220℃で30分以上硬化して頂ければ、安定した特性が得られます。

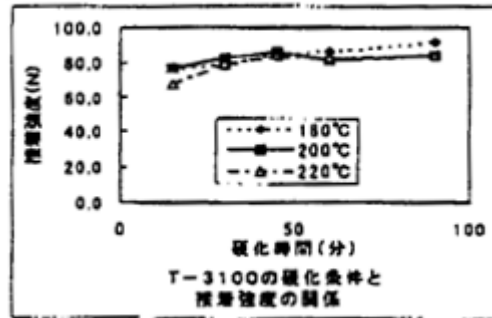
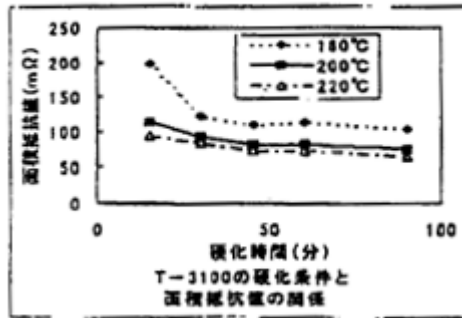


図 4-4 Sumitomo T-3100 規格図

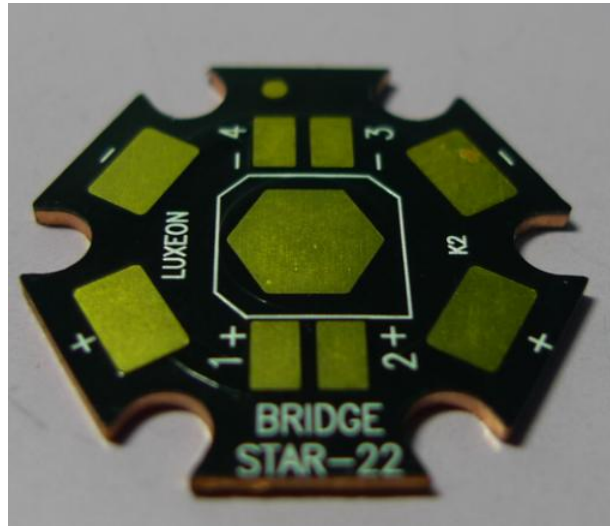


圖 4-5 銅基板實體



圖 4-6 鋁基板實體

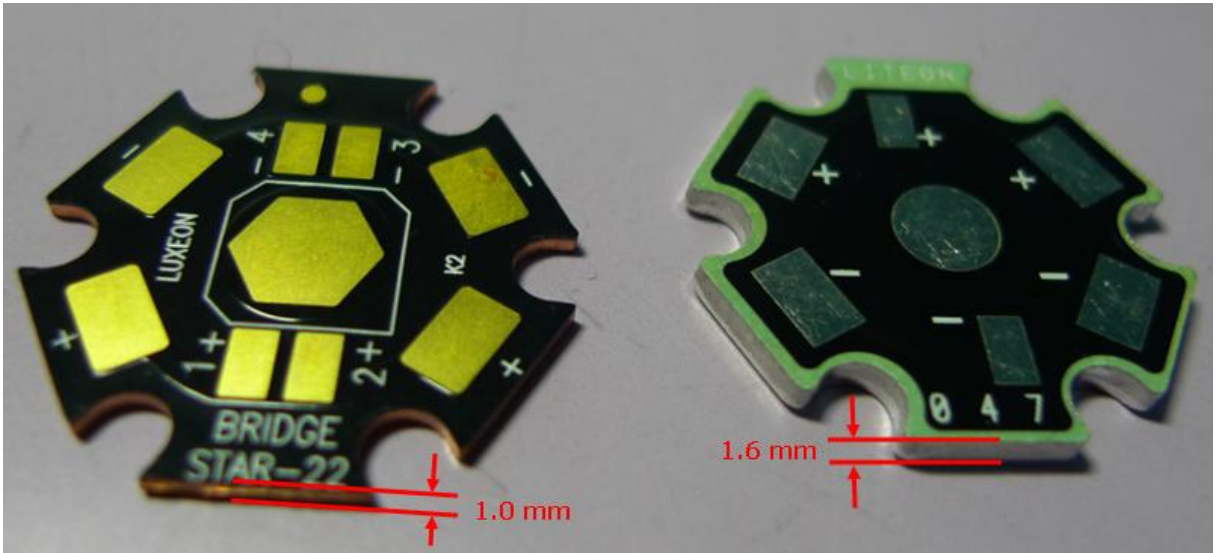


圖 4-7 銅基板與鋁基板厚度

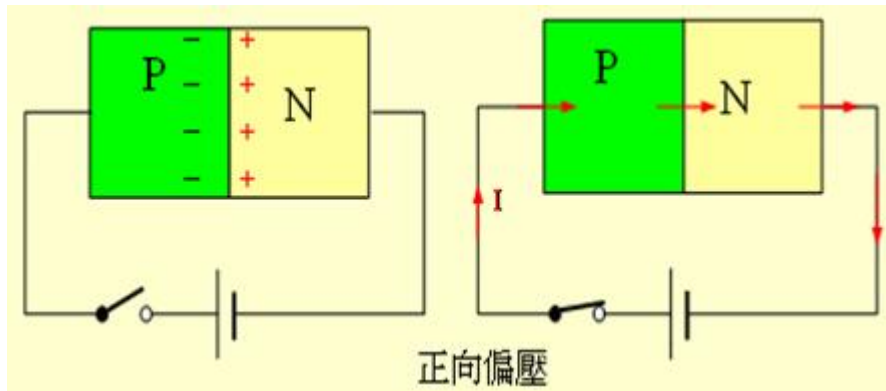


圖 4-8 二極體順向偏壓圖示

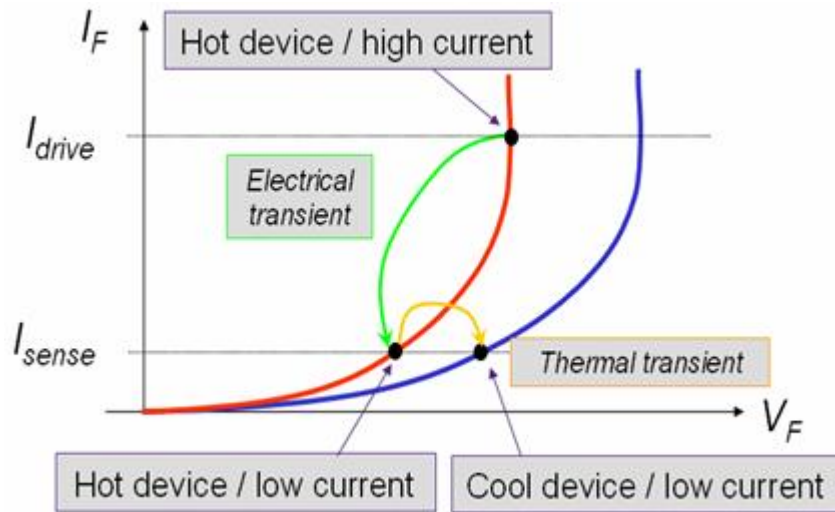


圖 4-9 二極體電壓電流關係圖

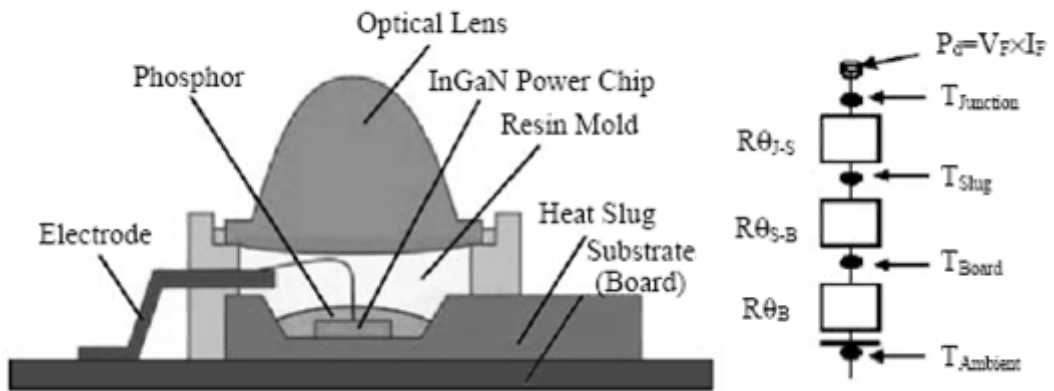


圖 4-10 LED 封裝熱阻分佈圖

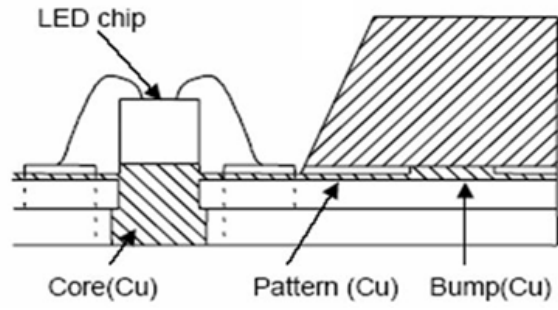


圖 4-11 載板熱傳遞路徑

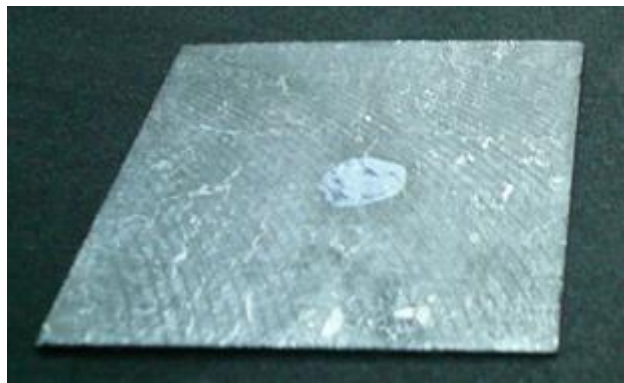


圖 4-12 碳銅材質基板



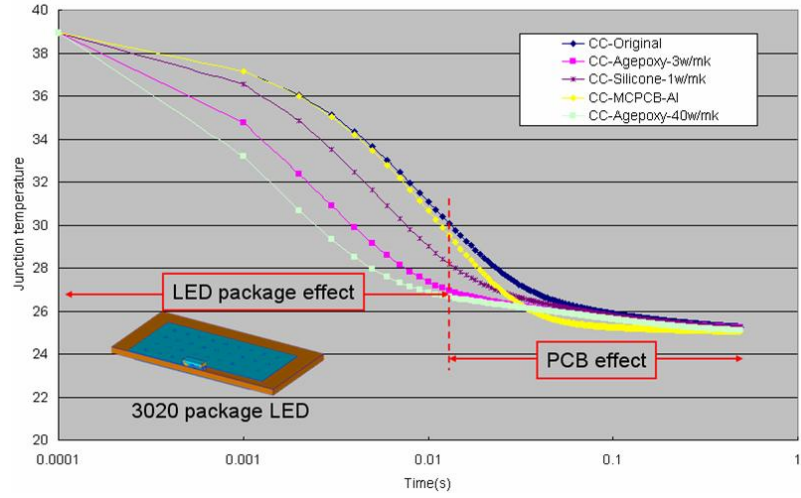


圖 4-13 各種設計參數對 LED 熱傳遞能力

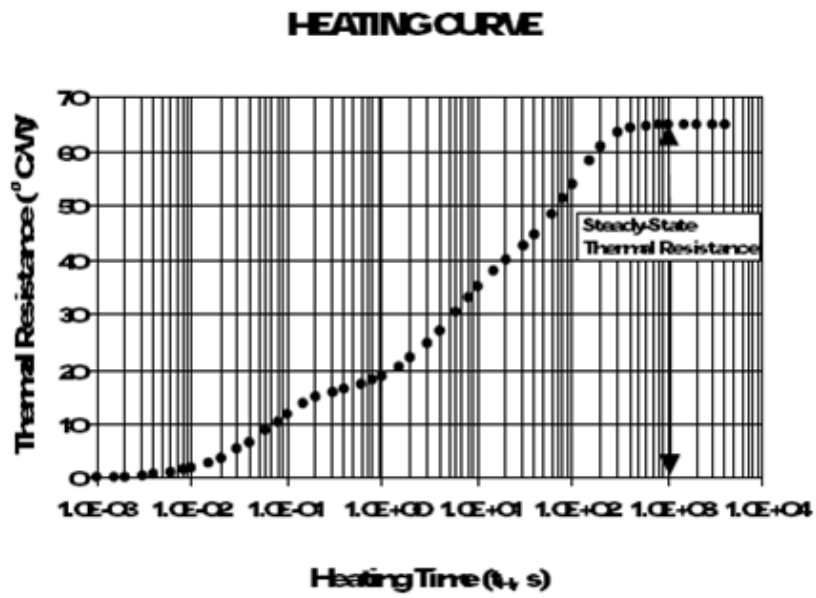


圖 4-14 升溫曲線範例

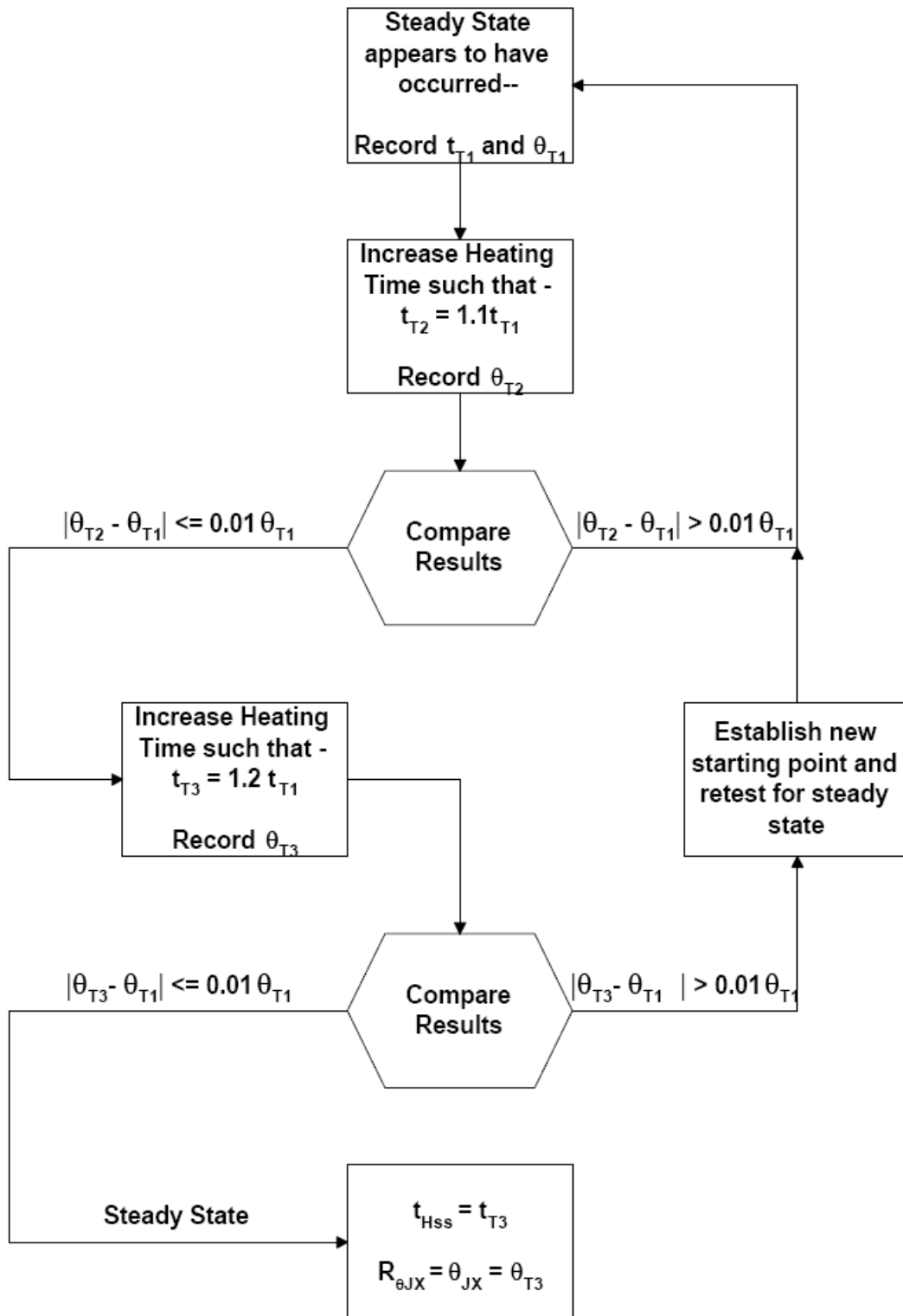


圖 4-15 熱阻量測時間決定之流程圖

DUT..... 待測 LED
 I_H 加熱電流源
 I_M 量測電流源
 V_F 電壓測量系統

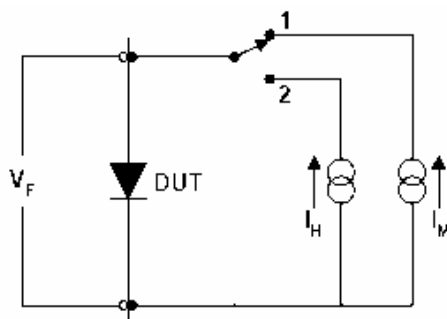


圖 4-16 量測電壓圖

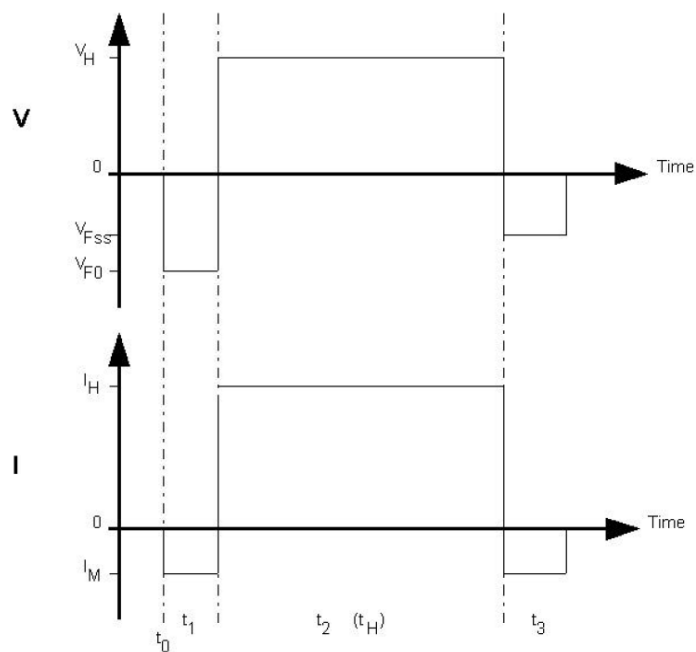


圖 4-17 量測程序的波形

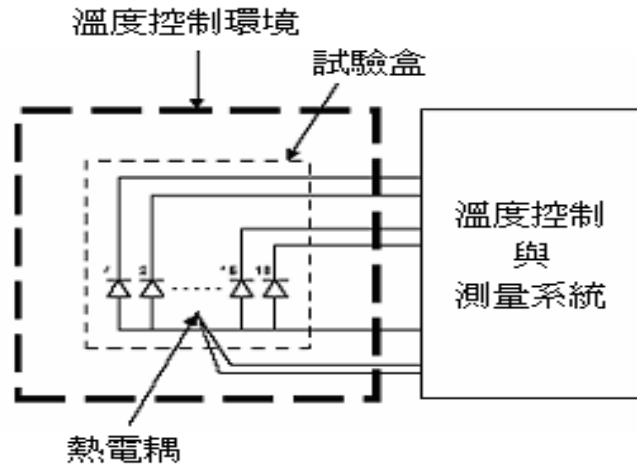


圖 4-18 K 係數量測電路原則

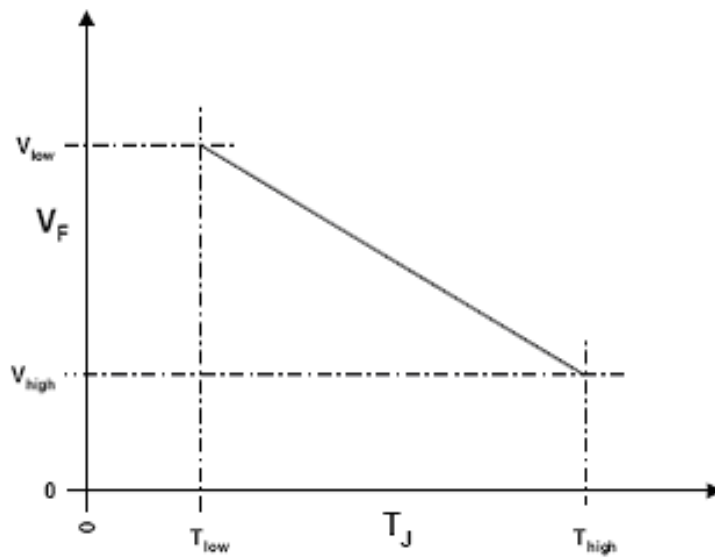


圖 4-19 $V_F - T_J$ 相對應曲線

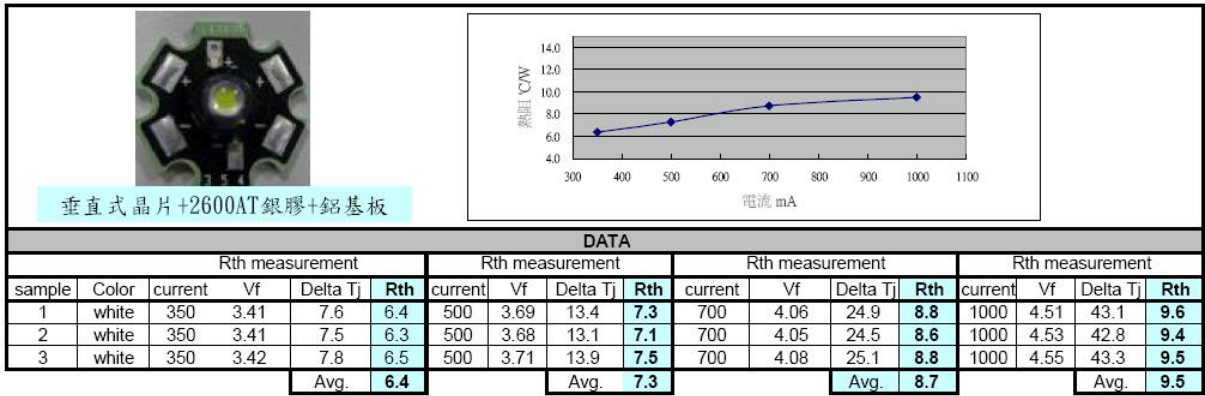


表 4-1 垂直式晶片 + Sumitomo T-3100 銀膠 + 銅基板 熱阻量測數據表

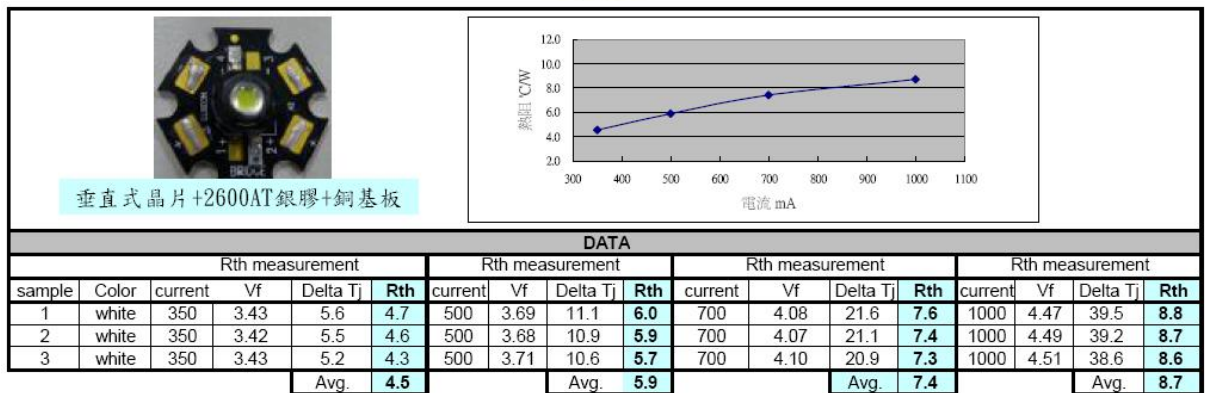


表 4-2 垂直式晶片 + Ablestik 2600AT 銀膠 + 銅基板 熱阻量測數據表

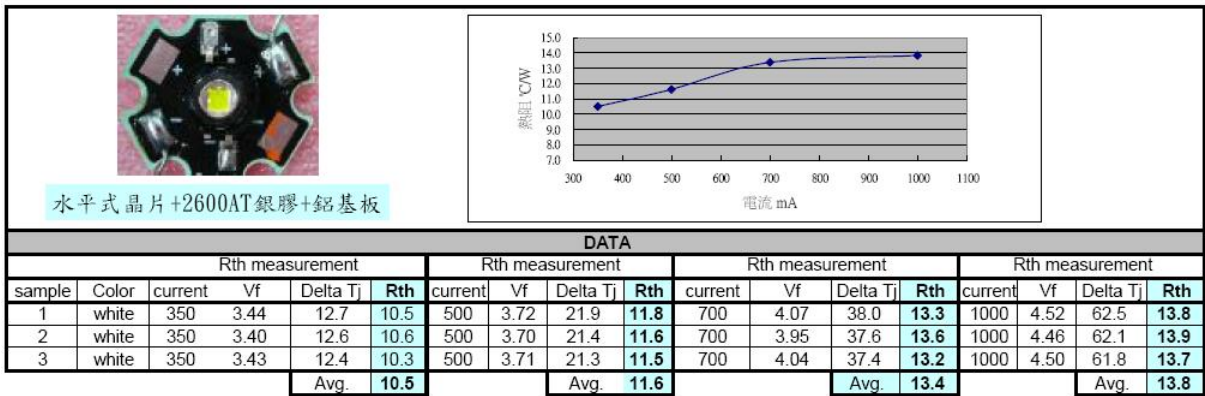


表 4-3 水平式晶片 + Ablestik 2600AT 銀膠 + 鋁基板 熱阻量測數據表

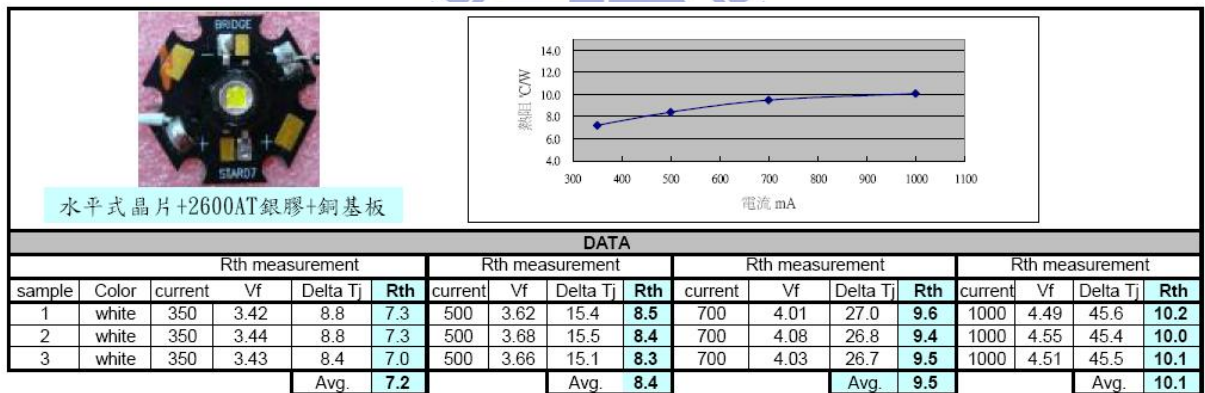


表 4-4 水平式晶片 + Ablestik 2600AT 銀膠 + 銅基板 熱阻量測數據表

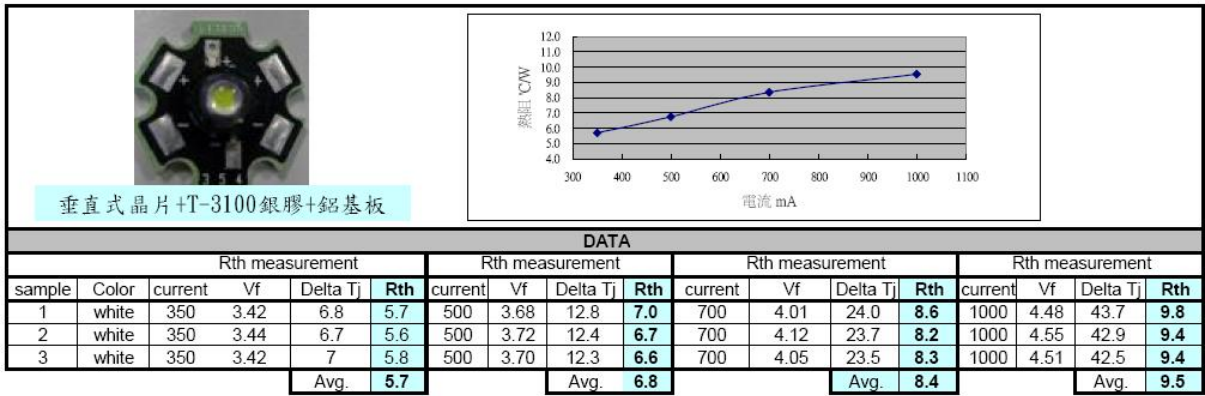


表 4-5 垂直式晶片 + Sumitomo T-3100 銀膠 + 鋁基板 熱阻量測數據表

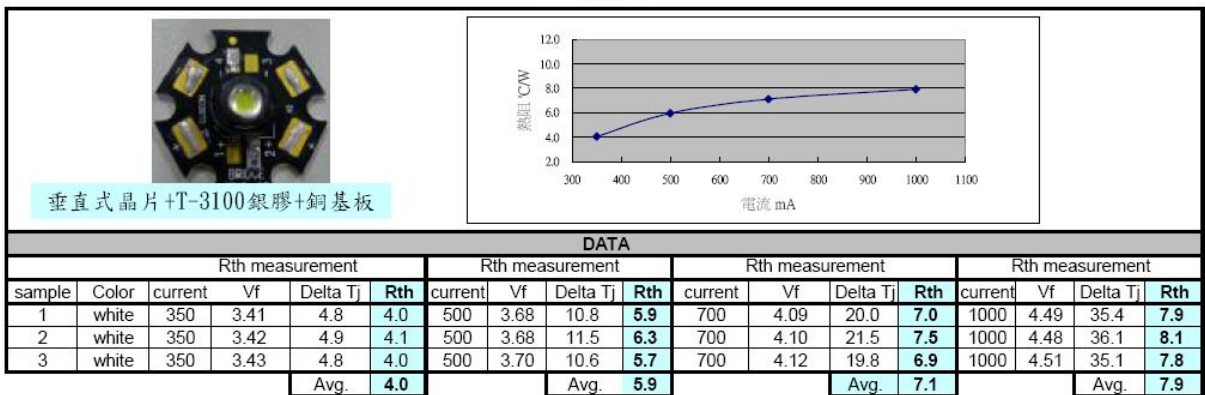


表 4-6 垂直式晶片 + Sumitomo T-3100 銀膠 + 銅基板 熱阻量測數據表

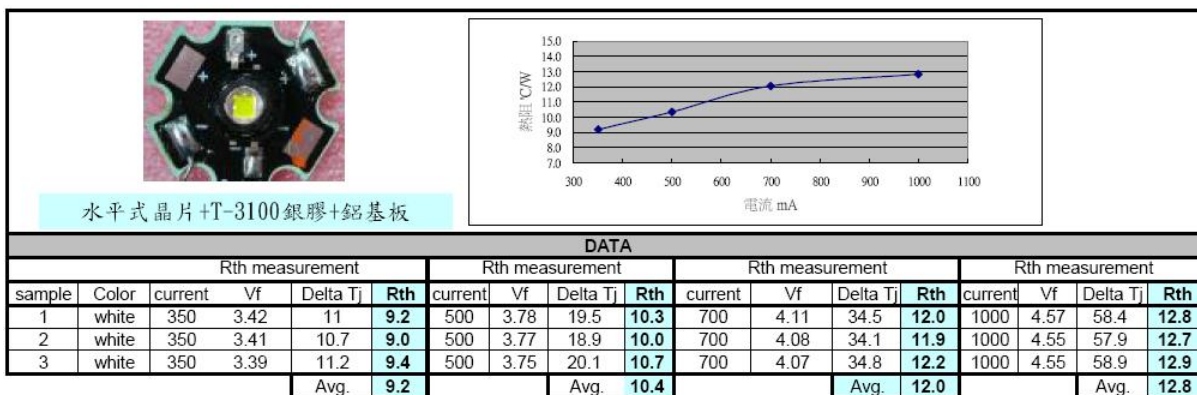


表 4-7 水平式晶片 + Sumitomo T-3100 銀膠 + 鋁基板 熱阻量測數據表

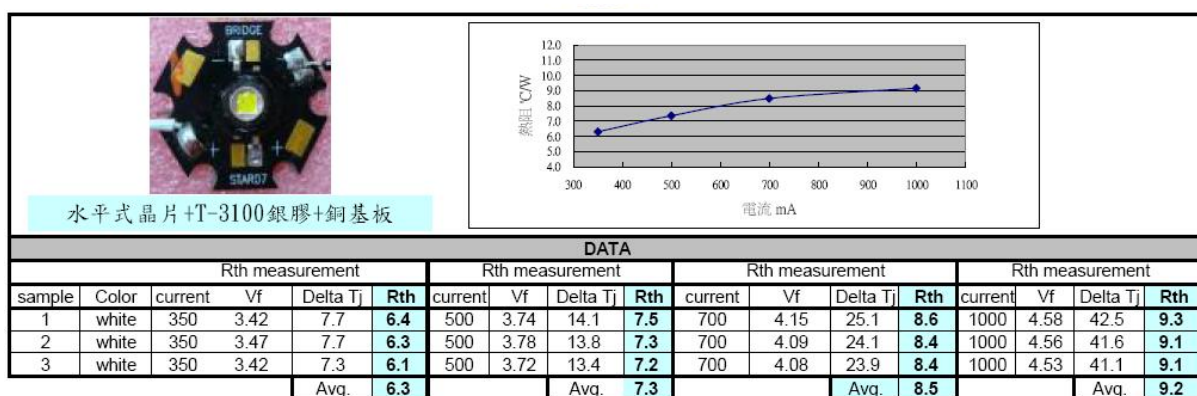


表 4-8 水平式晶片 + Sumitomo T-3100 銀膠 + 銅基板 熱阻量測數據表

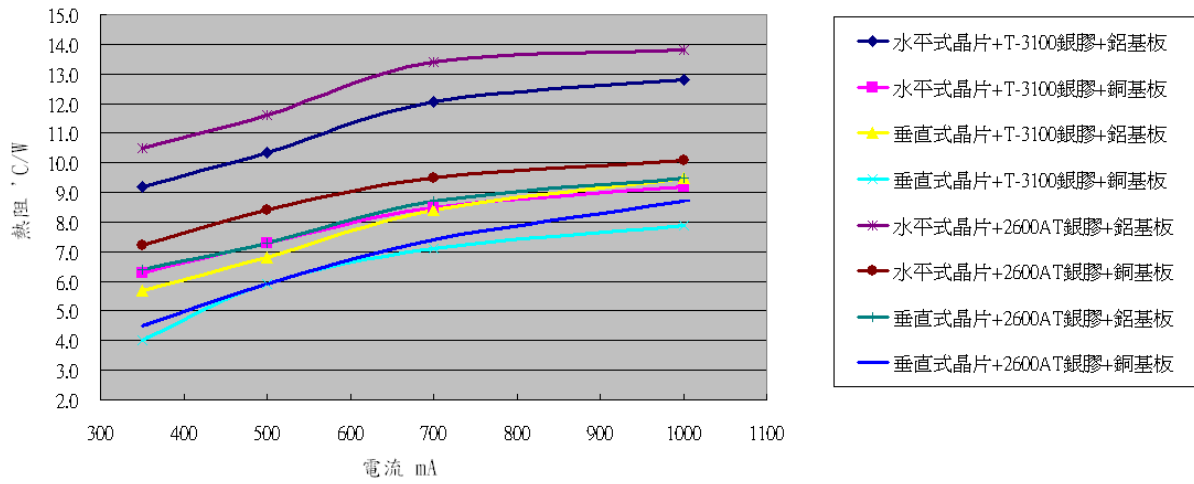
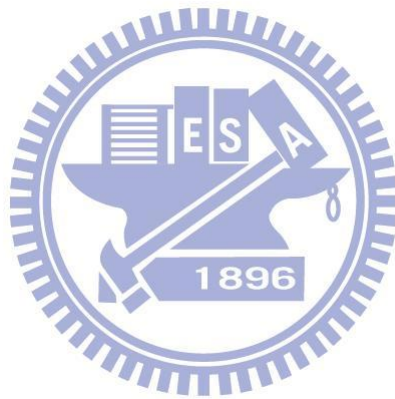


圖 4-20 熱阻上升曲線比較圖



| lm | If | Vf | efficiency |
|----------|----------|----------|------------|
| 75.74209 | 0.349887 | 3.474806 | 62.2987 |
| 86.35458 | 0.399909 | 3.571136 | 60.46698 |
| 94.57275 | 0.449889 | 3.660986 | 57.41995 |
| 102.2459 | 0.499885 | 3.747556 | 54.57932 |
| 109.7086 | 0.549895 | 3.833967 | 52.037 |
| 116.829 | 0.599883 | 3.91818 | 49.70494 |
| 123.4157 | 0.649893 | 4.001133 | 47.46193 |
| 129.9105 | 0.699874 | 4.089768 | 45.38641 |
| 136.0288 | 0.749867 | 4.171907 | 43.48226 |
| 141.5786 | 0.799871 | 4.251658 | 41.63127 |
| 146.8122 | 0.849863 | 4.331288 | 39.88379 |
| 151.7597 | 0.899884 | 4.409961 | 38.24152 |
| 156.3395 | 0.949882 | 4.490664 | 36.65123 |
| 160.4542 | 0.999895 | 4.560564 | 35.18667 |

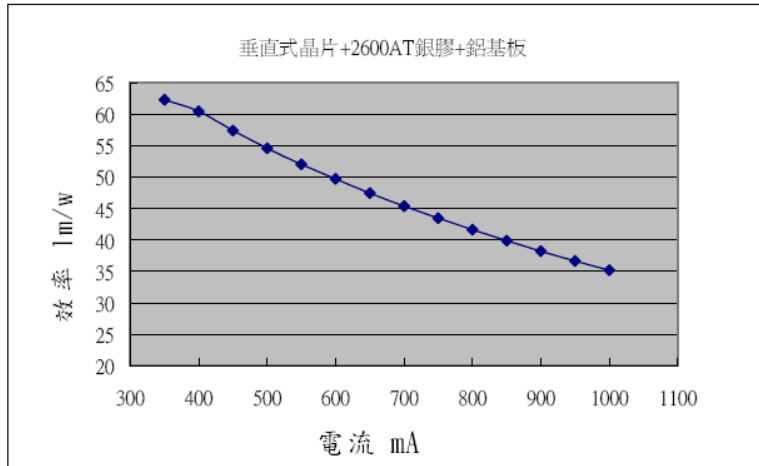


表 4-9 垂直式晶片 + Ablestik 2600AT 銀膠 + 鋁基板光學量測數據表



| lm | If | Vf | efficiency |
|----------|----------|----------|------------|
| 76.17153 | 0.349887 | 3.448516 | 63.12955 |
| 86.85103 | 0.399909 | 3.544879 | 61.26508 |
| 95.11309 | 0.449889 | 3.633821 | 58.17973 |
| 102.8321 | 0.499885 | 3.720468 | 55.29188 |
| 110.3431 | 0.549895 | 3.805988 | 52.72273 |
| 116.684 | 0.599883 | 3.948839 | 49.25785 |
| 123.2641 | 0.649893 | 4.032152 | 47.03896 |
| 129.6272 | 0.699874 | 4.114003 | 45.02067 |
| 135.7282 | 0.749867 | 4.19633 | 43.13366 |
| 141.267 | 0.799871 | 4.277232 | 41.29127 |
| 146.494 | 0.849863 | 4.357029 | 39.56221 |
| 152.4867 | 0.899884 | 4.37106 | 38.76668 |
| 157.0894 | 0.949882 | 4.450739 | 37.15739 |
| 161.3889 | 0.999895 | 4.529653 | 35.63316 |

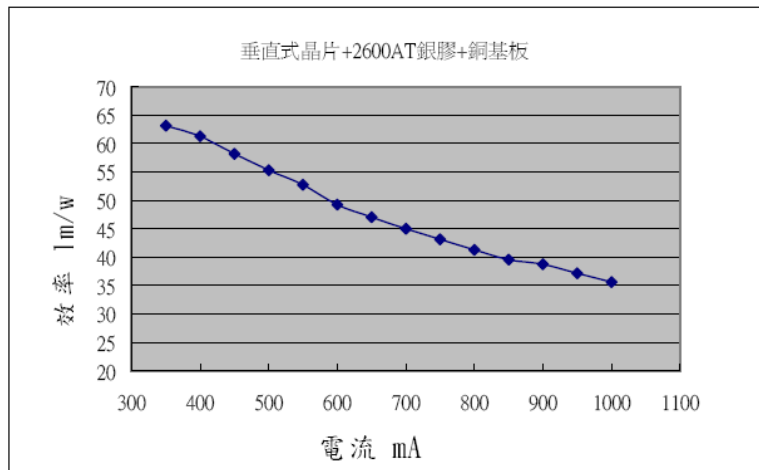


表 4-10 垂直式晶片 + Ablestik 2600AT 銀膠 + 銅基板光學量測數據表

| lm | If | Vf | efficiency |
|----------|----------|----------|------------|
| 66.97358 | 0.349887 | 3.47468 | 55.0885 |
| 74.66523 | 0.399909 | 3.571673 | 52.27405 |
| 81.76961 | 0.449889 | 3.653197 | 49.75237 |
| 88.40705 | 0.499885 | 3.740411 | 47.28221 |
| 94.9356 | 0.549895 | 3.826491 | 45.11787 |
| 101.0905 | 0.599883 | 3.911344 | 43.08416 |
| 106.7881 | 0.649893 | 3.993958 | 41.14125 |
| 112.298 | 0.699874 | 4.075123 | 39.37417 |
| 117.5808 | 0.749867 | 4.15676 | 37.72222 |
| 122.3769 | 0.799871 | 4.244984 | 36.04155 |
| 126.9029 | 0.849863 | 4.324112 | 34.53232 |
| 131.174 | 0.899884 | 4.403258 | 33.1045 |
| 135.0618 | 0.949882 | 4.483459 | 31.71391 |
| 138.7588 | 0.999895 | 4.562889 | 30.4135 |

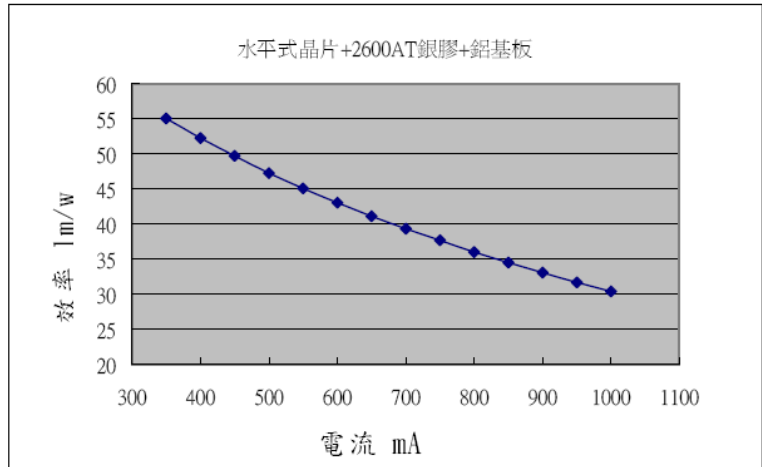


表 4-11 水平式晶片 + Ablestik 2600AT 銀膠 + 鋁基板光學量測數據表



| lm | If | Vf | efficiency |
|----------|----------|----------|------------|
| 68.63758 | 0.349887 | 3.479662 | 56.37636 |
| 76.51773 | 0.399909 | 3.559823 | 53.74934 |
| 83.79622 | 0.449889 | 3.64929 | 51.04003 |
| 90.80973 | 0.499885 | 3.73645 | 48.61871 |
| 97.44215 | 0.549895 | 3.822475 | 46.35775 |
| 103.7627 | 0.599883 | 3.907275 | 44.26911 |
| 109.3482 | 0.649893 | 3.989837 | 42.17105 |
| 114.9931 | 0.699874 | 4.085644 | 40.21531 |
| 120.4133 | 0.749867 | 4.167625 | 38.53025 |
| 125.3269 | 0.799871 | 4.248186 | 36.88256 |
| 129.9639 | 0.849863 | 4.332672 | 35.29539 |
| 134.3397 | 0.899884 | 4.412152 | 33.83509 |
| 138.3945 | 0.949882 | 4.49269 | 32.42968 |
| 142.1821 | 0.999895 | 4.572455 | 31.09862 |

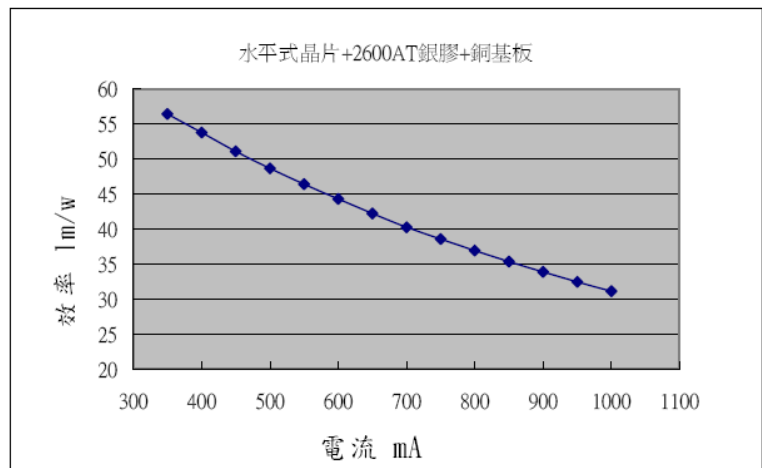


表 4-12 水平式晶片 + Ablestik 2600AT 銀膠 + 銅基板光學量測數據表

| lm | If | Vf | efficiency |
|----------|----------|----------|------------|
| 75.65782 | 0.349887 | 3.484145 | 62.06257 |
| 86.26308 | 0.399909 | 3.581503 | 60.22807 |
| 94.46771 | 0.449889 | 3.671364 | 57.19404 |
| 102.1331 | 0.499885 | 3.758907 | 54.35444 |
| 109.5919 | 0.549895 | 3.845311 | 51.8283 |
| 116.6999 | 0.599883 | 3.930484 | 49.49462 |
| 123.2799 | 0.649893 | 4.013409 | 47.26473 |
| 129.772 | 0.699874 | 4.103029 | 45.19149 |
| 135.879 | 0.749867 | 4.185136 | 43.29709 |
| 141.4233 | 0.799871 | 4.265822 | 41.44753 |
| 146.6555 | 0.849863 | 4.345406 | 39.71176 |
| 151.593 | 0.899884 | 4.425009 | 38.06961 |
| 156.1683 | 0.949882 | 4.505671 | 36.48915 |
| 160.2828 | 0.999895 | 4.576452 | 35.02705 |

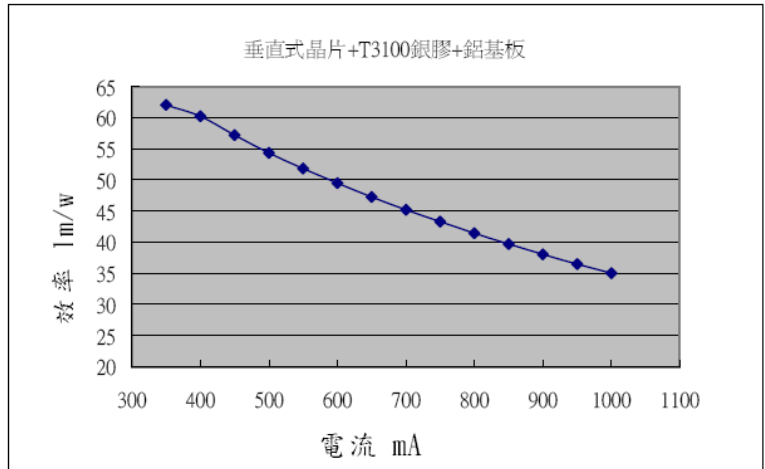


表 4-13 垂直式晶片 + Sumitomo T-3100 銀膠 + 鋁基板光學量測數據表



| lm | If | Vf | efficiency |
|----------|----------|----------|------------|
| 76.19504 | 0.349887 | 3.432486 | 63.44394 |
| 86.87561 | 0.399909 | 3.528401 | 61.5686 |
| 95.1385 | 0.449889 | 3.61693 | 58.46704 |
| 102.8583 | 0.499885 | 3.703174 | 55.56423 |
| 110.37 | 0.549895 | 3.788297 | 52.98188 |
| 116.7116 | 0.599883 | 3.930484 | 49.49957 |
| 123.2923 | 0.649893 | 4.013409 | 47.26945 |
| 129.6561 | 0.699874 | 4.09488 | 45.24098 |
| 135.7576 | 0.749867 | 4.176824 | 43.3445 |
| 141.297 | 0.799871 | 4.25735 | 41.49292 |
| 146.5245 | 0.849863 | 4.336776 | 39.75525 |
| 152.5178 | 0.899884 | 4.350742 | 38.95567 |
| 157.121 | 0.949882 | 4.43005 | 37.33842 |
| 161.4209 | 0.999895 | 4.508598 | 35.80667 |

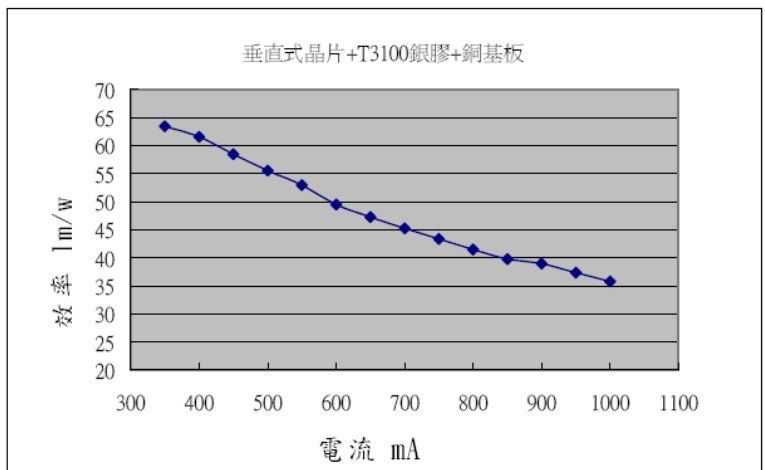


表 4-14 垂直式晶片 + Sumitomo T-3100 銀膠 + 銅基板光學量測數據表

| lm | If | Vf | efficiency |
|----------|----------|----------|------------|
| 67.4581 | 0.349887 | 3.466811 | 55.61297 |
| 75.20194 | 0.399909 | 3.563685 | 52.76781 |
| 82.35452 | 0.449889 | 3.653099 | 50.1096 |
| 89.03699 | 0.499885 | 3.740206 | 47.62172 |
| 95.53937 | 0.549895 | 3.82618 | 45.4085 |
| 101.736 | 0.599883 | 3.910929 | 43.36388 |
| 107.4723 | 0.649893 | 3.993442 | 41.41019 |
| 113.0196 | 0.699874 | 4.074507 | 39.63316 |
| 118.3382 | 0.749867 | 4.156044 | 37.97176 |
| 123.1668 | 0.799871 | 4.236169 | 36.34969 |
| 127.7235 | 0.849863 | 4.3152 | 34.82741 |
| 132.0236 | 0.899884 | 4.394249 | 33.38723 |
| 136.0083 | 0.949882 | 4.474351 | 32.00116 |
| 139.7304 | 0.999895 | 4.553684 | 30.68836 |

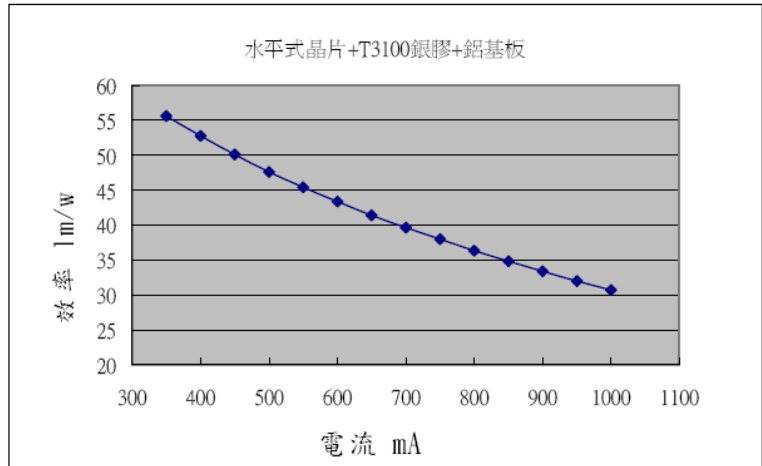


表 4-15 水平式晶片 + Sumitomo T-3100 銀膠 + 鋁基板光學量測數據表



| lm | If | Vf | efficiency |
|----------|----------|----------|------------|
| 68.80726 | 0.349887 | 3.46789 | 56.70757 |
| 76.70598 | 0.399909 | 3.574823 | 53.65548 |
| 84.00161 | 0.449889 | 3.65429 | 51.09513 |
| 90.81773 | 0.499885 | 3.74145 | 48.55801 |
| 97.45015 | 0.549895 | 3.827475 | 46.30099 |
| 103.7707 | 0.599883 | 3.924275 | 44.08073 |
| 109.6217 | 0.649893 | 4.006837 | 42.09719 |
| 115.2799 | 0.699874 | 4.087951 | 40.29288 |
| 120.705 | 0.749867 | 4.169537 | 38.60586 |
| 125.6301 | 0.799871 | 4.24971 | 36.95854 |
| 130.278 | 0.849863 | 4.316789 | 35.51089 |
| 134.6641 | 0.899884 | 4.395885 | 34.04231 |
| 138.7285 | 0.949882 | 4.478035 | 32.61433 |
| 142.525 | 0.999895 | 4.555416 | 31.29023 |

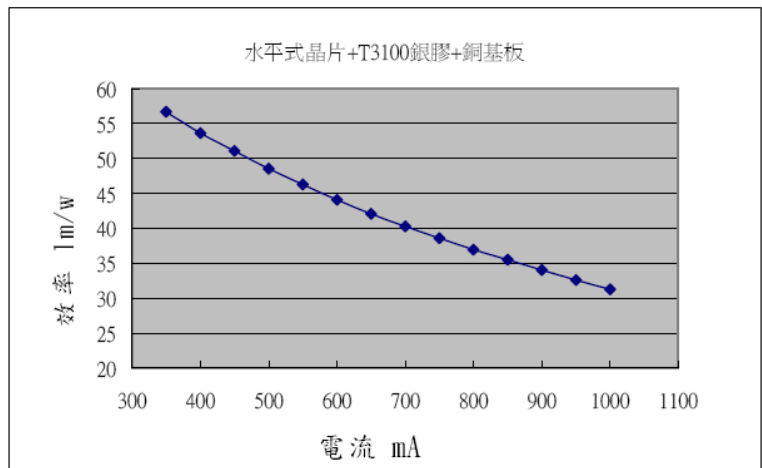


表 4-16 水平式晶片 + Sumitomo T-3100 銀膠 + 銅基板光學量測數據表

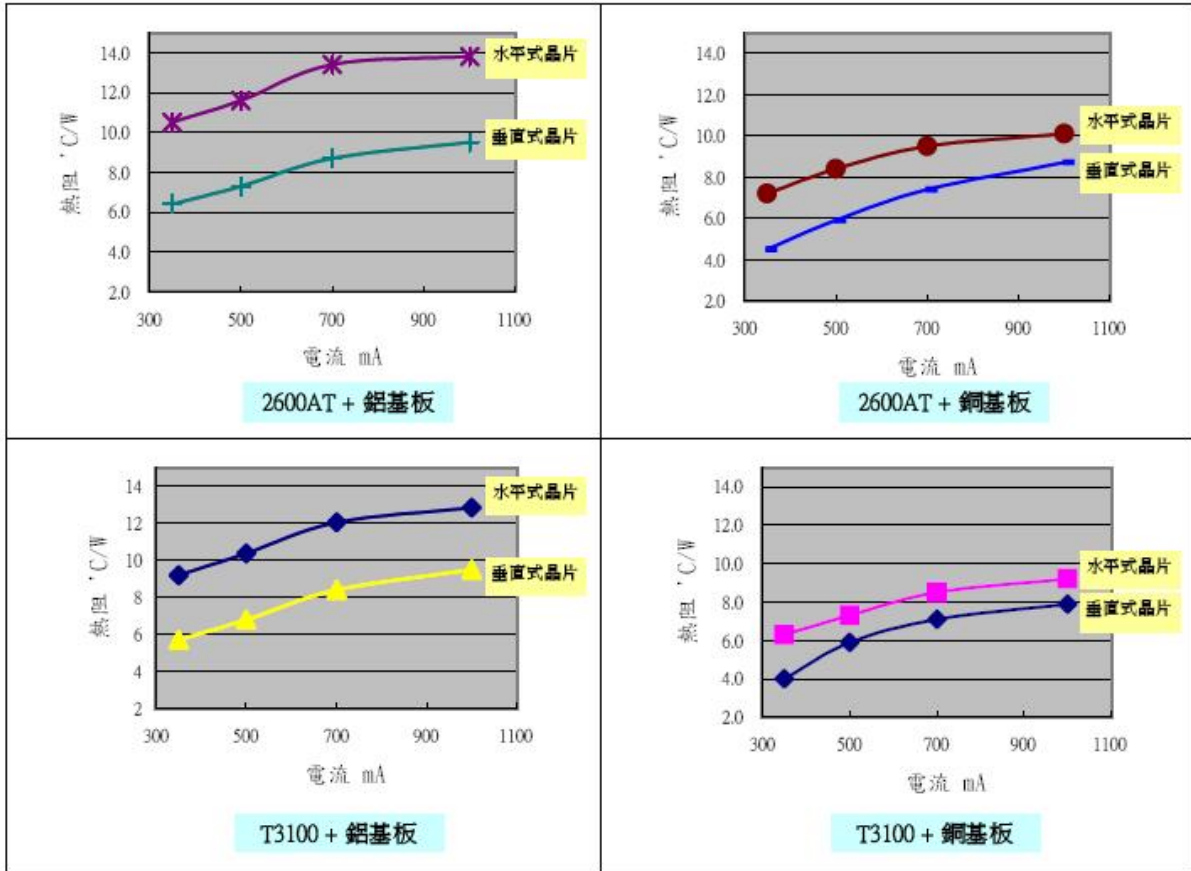


圖 4-21 垂直式晶片與水平式晶片熱阻比較圖



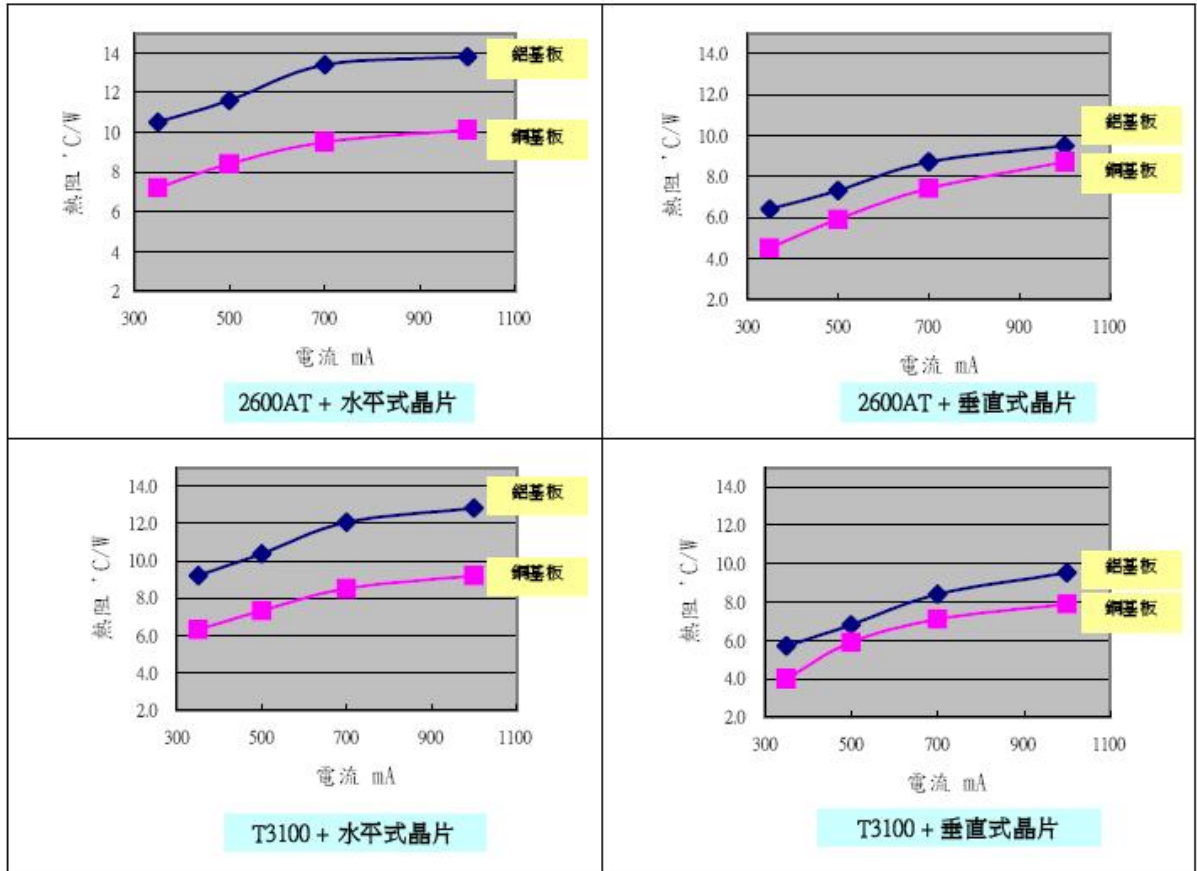


圖 4-22 鋁基板與銅基板熱阻比較圖



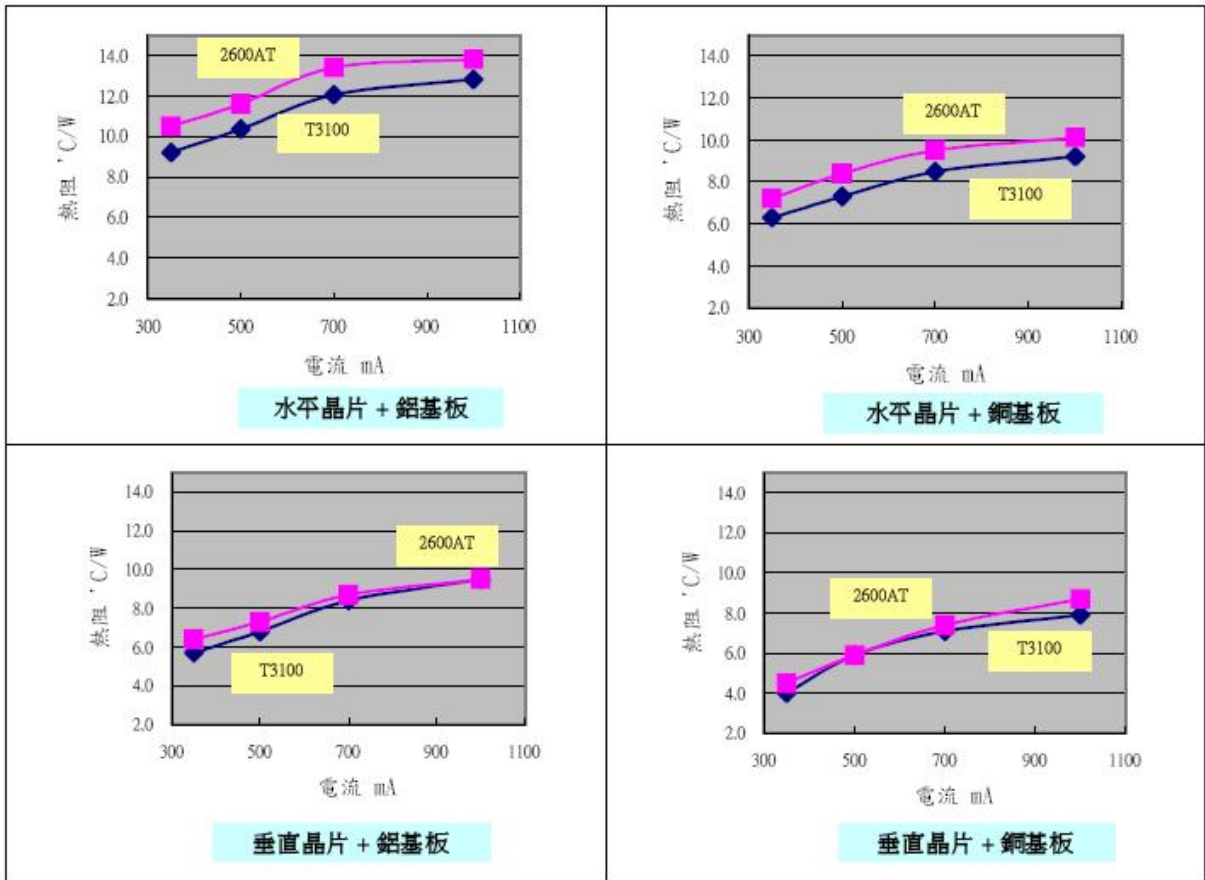


圖 4-23 銀膠熱阻比較圖

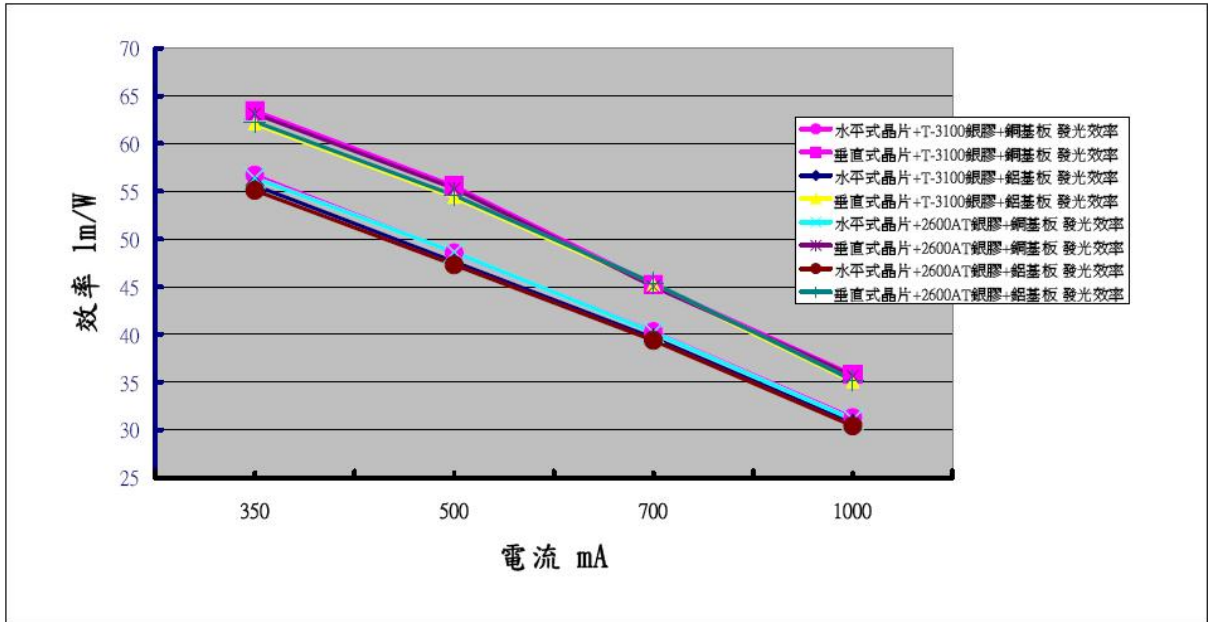
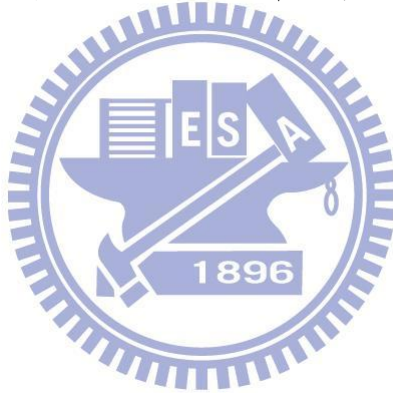


圖 4-24 發光效率比較圖



第五章 結論與未來研究方向

目前 LED 的研發方向主要都朝向增加瓦數、提高照明效率(lm/W)與核心溫度控制等手法提升亮度達到照明的需求，並以優異的壽命、節能特性與豐富演色性的特點取代傳統光源的應用；然而，在傳統照明的自然對流環境中，LED 核心溫度的控制與整體熱傳遞與熱消散的熱阻模型優化，面臨越來越大的挑戰，所以在熱傳遞中的三項指標都能有效的降低封裝熱阻：

1. 高熱導材料選用
2. 最短熱傳遞路徑
3. 最大傳熱接觸面設計

而自然對流環境中的熱消散指標：

1. 增加熱交換面積
2. 增加熱對流係數
3. 增加輻射熱通量



都可以有效的把傳遞到與空氣接觸表面的熱消散至工作流體中，有效控制表面與核心溫度。這些技術的探討與研發都是為了讓 LED 可以將電能完全轉換成光能，以達到最高的效率輸出，相信未來的製程能力的開發與突破，勢必會將 LED 的應用完全普及到人們的日常生活中，研究的路途是遙遠的，可對於科技新知的探討是我們每個都必須去努力研究的。

參考文獻

- [1] N. Holonyak, Jr. and S. F. Bevaqua, "Coherent(visible) Light Emission From Ga(As_{1-x}P_x) Junctions," Appl. Phys. Lett. 1, 82 (1962).
- [2] A. Zukauskas, *Introduction to Solid-State Lighting*, (John Wiley & Sons, New York, 2002).
- [3] <http://www.fpd.edu.tw/entry/content!newsView.htm?id=1358>
- [4] 半導體元件物理與製作技術, 施敏著, 張俊彥譯
- [4] S. Nakamura, T. Mukai, and M. Senoh, "High-brightness InGaN/AlGaNdouble-heterostructure blue-green-light-emitting diodes," J. Appl. Phys. 76, 8180-8191(1994).
- [5] Lumileds Lighting, <http://www.lumileds.com/>.
- [6] D. A. Steigerwald, J. C. Bhat, D. Collins, R. M. Fletcher, M. O. Holcomb, M. J. Ludowise, P. S. Martin and S. L. Rudaz, "Illumination with solid state lighting technology," IEEE J. Select. Topics Quantum Electron. 8, 310, (2002).
- [7] Lumileds Lighting, <http://www.lumileds.com/>.
- [8] S. J. Lee, "Analysis of light-emitting diodes by Monte Carlo photon simulation," Appl. Opt. 40, 1427-1437 (2001).
- [9] E. F. Schubert, *Light Emitting Diodes* (Cambridge University Press, Cambridge, 2003).
- [10] T. Taguchi, Yamaguchi University, "Light Gets Solid," SPIE's oemagazine 5,13(2003).
- [11] S. Aanegola, J. Petroski and E. Radkov, GELcore LLC, "let there be LIGHT," SPIE's oemagazine 5,16(2003).
- [12] S. Nakamura and S.F. Chichibu, "Introduction to nitride semiconductor blue laser diodes and light emitting diodes", London, UK: Taylor and Francis, 2000.
- [13] Osram Opto Semiconductors, <http://www.osram-os.com>.
- [14] R. H. Horng, D. S. Wu, S. C. Wei, M. F. Huang, K. H. Chang, P. H. Liu and K. C. Lin, "AlGaInP/AuBe/glass light-emitting diodes fabricated by wafer bonding technology," Appl. Phys. Lett., 75, 154(1999)
- [15] I. Schnitzer, E. Yablonovitch, C. Caneau, and T. J. Gmitter, "Ultrahighspontaneous emission quantum efficiency, 99.7% internally and 72%externally, from AlGaAs/GaAs/AlGaAs double heterostructures," Appl. Phys.Lett. 62, 131(1993).
- [16] A. Köck, E. Gornik, M. Hauser and W. Beinsting, "Strongly directional emission from AlGaAs/GaAs light-emitting diodes," Appl. Phys. Lett. 57,2327(1990).
- [17] H. X. Jiang, S. X. Jin, J. Li, J. Shakya and J. Y. Lin, "III-nitrides blue microdisplays," Appl. Phys. Lett., 78, 9(2001).
- [18] Nichia, <http://www.nichia.com/>.
- [19] "Light Guide Techniques Using LED Lamps,"Agilent Technologies, Inc.Obsoletes 5988-5086EN,June 11 (2002).
- [20] "Benefits of Lumileds Solid State Lighting Solutions vs. Conventional Lighting,"Application Brief AB05(2005). <http://www.lumileds.com/>.

- [21] M. Arik , “Thermal challenges in the future generation solid state lighting applications:
al challenges in the future generation solid state lighting applications:
- [22] W. S. Wong et. APPLIED PHYSICS LETTERS 77, No. pp.2822, 2000

