

# TRIZ 理論在高功率 LED 散熱的應用

賴榮哲

國立高雄應用科技大學副教授  
rjlai@cc.kuas.edu.tw

吳韶舫

國立高雄應用科技大學研究生  
1096303139@cc.kuas.edu.tw

## 摘要

近年來 LED 發展極為迅速，廣泛應用於通訊、電子、汽車照明設備等產業，白光 LED 正式進入商業化階段，提升 LED 亮度成為研發重點。由於發光二極體在產生光線的同時，伴隨產生熱能，而且，光的亮度越高，熱能的產生量隨之提高，過度的熱量將會對 LED 造成光衰、元件損壞等有害副作用。本文以發光二極體 LED 的散熱技術為研究對象，經由 LED 散熱技術專利分析，歸納出其技術走向與欲達到之功效種類，再參考 TRIZ 理論的工程參數，透過矛盾矩陣找出創新原則以解決問題、改善產品功能。

**關鍵詞：**發光二極體 LED、專利分析、TRIZ、散熱。

## Abstract

The development of LED has been undertaken recently and applied extensively at the Industries of communication, electronics and illumination of car, even the white light LED reached commercial stage and has to enhance the brightness of LED becomes the key point of research. The light is radiated from LED accompanied with heat, and the brighter light the more heat. Excessive heat will do harm to LED such as lowering of light output and component damage. This study aims the heat transfer technology of LED, and will be endeavored to discover the technology trends and the effects to be reached through patent analysis. The engineering parameters based on TRIZ

will be identified and the innovation solution principles will be found from the contradiction matrix to solve the problem and improve the product functions.

**Keywords :** LED、Patent analysis、TRIZ、Heat transfer.

## 1. 前言

發光二極體是一種半導體元件，同時是一種極小的發光源，可配合各種應用設備的小型化，相對於一般照明，具有省電、體積小、高發光效率、壽命長、點燈現象不明顯、不易破損、可靠度高、反應速度快等優點，且其廢棄物的處理既安全又環保，因此被喻為「綠色照明光源」。LED 所輸出光能均屬可見光，僅佔輸入電源約 10~15%，其餘 85~90% 輸入電能轉換成熱。一般來說，LED 燈功能是否穩定，與燈體本身散熱至關重要。目前市場上的高亮度 LED 燈的散熱，常採自然散熱方式，效果並不理想。熱能若未有效的傳遞散逸，尤其是高密度佈置的發光二極體，熱量逐漸累積將使尺寸很小的發光二極體晶片本身及其週遭溫度迅速上升，引起非均勻熱應力分布、晶片發光效率與螢光粉激射效率下降。當溫度超過一定值時，器件失效率將呈指數形式增加。統計資料顯示，元件溫度每上升 2°C，可靠性下降 10%。當多個 LED 密集排列組成白光照明系統時，熱量的耗散問題將更嚴重[1]。因此，研究 LED 散熱技術進化過程，掌握未來發展方向，至為重要。

本文將透過專利分析得知產業技術發展趨勢，運用 TRIZ 的進化理論分析 LED 散熱技

術的發展過程，以系統化之創意設計方法，預測未來產品可能的散熱技術。

## 2. TRIZ 理論

TRIZ 為前蘇聯發明家 Genrich Altshuller 所提倡意指創意性解決問題理論，為俄文 (Teoriya Resheniya Izobretatelskikh Zadatch) 之縮寫，係以系統化方式尋找技術創新之可能途徑，其運用技術發展演化模式描繪創新趨勢，為一強大的創新工具。

Altshuller 經由閱讀超過二十萬篇專利，發現不同領域的各種創新發明，存在著共同的基本問題及解決問題的技巧。換言之，相同的解決方案，可以用於解決不同領域、不同時期所發生的問題，進而從這些專利中有系統的整理各種問題模式，提出發明創新的流程和解題的方法途徑[2]。創意性解決問題理論，主要建構在三項基礎概念：

1. 以理想設計為目標
2. 以矛盾表幫助解決問題
3. 創新過程可以有系統地結構化

簡言之，TRIZ 之解題方式，係將特定問題轉換成一般化問題 (general problem)，而後運用 TRIZ 分析解答工具問題解決，得到一般化解答 (general solution)，最後將所得之一般化問題之解答加以具體化實現，得到合適且可行之特定解決方案[10]。

Altshuller 發現每個問題可以 39 個工程參數加以描述，如表 1，並歸納出解決這些矛盾問題的「40 項發明原則」，如表 2，進而組成由 39 個改善參數與 39 個惡化參數所構成的矛盾矩陣表 (Contradiction Matrix) [3]，如圖 1 所示。

## 3. LED 專利分析

為了解 LED 散熱技術的發展方向，針對 2004 年 1 月 1 日起至 2009 年 4 月 30 日止中華民國專利公報檢索系統之資料進行分析，計

330 件。

### 3.1 LED 技術功效矩陣

經過研讀 LED 散熱技術相關專利，整理出目前對於 LED 散熱所採用的各項技術重點，及所欲達到之功效。包括國際專利分類號 (IPC) 之分布區及廠商/發明人分布圖，LED 散熱技術所處生命週期階段，並依專利發明人數與專利公告件數之關係分析 LED 散熱技術主要可分為 7 項，分別為：

1. 增加氣體散熱空間
2. LED 結構設計
3. 降低熱阻
4. 增加散熱件面積
5. 熱導管
6. 材質
7. 風扇

利用各項技術所出現之次數整理成技術雷達圖，可看出技術主要走向，如圖 2 所示。另一方面 LED 散熱技術專利欲達到之功效，主要可分為 8 大類，分別為：

1. 提升散熱功效
2. 提高亮度
3. 延長使用壽命
4. 縮小尺寸
5. 可靠度
6. 易於裝配
7. 結構簡單
8. 降低成本

LED 散熱技術專利之功效雷達圖，如圖 3 所示。將專利相關技術及功效進一步組合成為矩陣型圖表，稱為技術功效矩陣。有助於分辨專利之分布情形，發現技術發展集中區域與尚未開發之處，當成規劃技術突破課題的參考，也可當成迴避設計的初步依據。

國際專利分類系統 (the International Patent Classification, 簡稱 IPC)，主要採取「功能導向」原則，將專利技術分為八大項，其架構在

於將整體技術知識依由上而下之階層次序排列，將專利技術依 IPC 分類可以了解技術發展趨勢及重心所在。觀察 LED 散熱技術之 IPC 分類，技術著重於 H05K7/20、H01L33、F21V29/00、F21Y101/02 等四大項，其中 F21V29/00 (F 部：機械工程；F21V：照明裝置或其系統之功能特性或零部件；29/00：冷卻或加熱裝置) 所佔比例最大，如圖 4 所示。

由各申請廠商歷年專利之產出件數，可以得知各廠商技術之發展方向瞭解各競爭公司之技術處境。從圖 5 可知，擁有較多專利之廠商，如奧古斯丁科技之技術區域在於結構設計、導熱件接觸及增加散熱面積三項，大億交通工業與浩然科技著重結構設計，而鴻準精密工業在增加散熱面積、熱導管的應用方面擁有較多的專利。

Ernst 在 1997 年指出，專利活動會隨著生命週期的不同，而呈現不同之態勢[11]。一般而言，技術生命週期可分為四個階段，分別為技術萌芽期、技術成長期、技術成熟期、技術衰退期，與有機體成長過程相似，常呈現狀似英文字母 S 型的成長軌跡。萌芽期因尚處於研發階段，未能掌握核心關鍵技術，因此專利申請件數較為零星；成長期階段技術有所突破，對於市場價值有新的認知，競相投入發展新技術，專利申請件數與人數呈現急速上升情形；成熟期由於市場開始飽和，技術發展趨於成熟，專利申請件數與人數逐漸不再成長；衰退期階段技術逐漸被淘汰或被其他技術取代，專利申請件數與人數則逐漸減少[4]。如圖 6 所示，近年來專利申請案件與核准數量激增，而發明人數也不斷增加，推測高功率 LED 散熱技術已逐漸由成長期邁入成熟期階段。

### 3.2 創新原則分析

以台灣專利申請號 200539476 之技術為例，如圖 7 所示。此技術內容之 LED 設備為一散熱座體，散熱座體具有複數散熱鰭腳，散

熱座體上設有一個以上的發光二極體，各發光二極體具有一金屬本體，各金屬本體並抵靠接觸於散熱座體，使各發光二極體於發光時所產生之熱量可經由散熱座體與散熱鰭腳有效的傳遞散熱[5]。該專利說明提到：「本發明之具體達成的功效在於：經由散熱座體與散熱鰭腳有效的散熱，使發光二極體本身及其週遭溫度不會有過高溫度的產生，可保護發光二極體本身及其週遭元件，並提高發光二極體的使用壽命及降低光度的衰減」。

根據該技術內容，找出所欲解決之 LED 散熱之特定問題為：

1. 有效的散熱
2. 提高發光二極體的使用壽命
3. 降低光度的衰減

將其轉換成一般化問題，並以 TRIZ 工作參數表示改善特徵：

16. 不動物體之耐久性
17. 溫度
21. 功率
31. 有害的副作用

再考慮所可能帶來之惡化並找出惡化特徵，首先針對不動物體之耐久性做改善，欲改善物體的耐久性，除了改變其物件的強度、適應性，也可透過增加配備或元件加強其原本結構強度，轉換成 TRIZ 一般化問題為：14. 強度、35. 適應性、36. 設備複雜性等。使溫度下降將使：6. 不動物體的面積、12. 形狀、21. 功率此三項惡化。從調整功率方面來看，將產生：17. 溫度及 31. 有害的副作用惡化參數。

根據 LED 散熱技術存在的問題，對應各改善及惡化特徵對照矛盾矩陣，得到推薦的發明原則組合[6]，如表 3 所示。最常出現之 TRIZ 發明原則為：02. 移除以及 35. 改變參數。其分別代表的意義如下：

02. 移除：從一物體中取出（移除或分離）具妨礙性的零件或屬性或僅取出需要的零件或屬性。

35. 改變參數：改變物體各種狀態、密度、濃度、彈性或溫度等。

### 3.3 發明原理應用

利用上述所得之發明原則，對既有技術進行改良以獲得新產品，分別為專利號 M330425 如圖 8 所示；及專利號 200806922 如圖 9 所示。

專利號 M330425 「散熱模組結構改良」，其發明摘要重點：「一種散熱模組結構改良，以鍛造鎂合金材料製成結構複雜的散熱模組，不但能使生產良率有效提升，更可獲得均勻及緊密的晶相組織，使產生優於鋁合金之良好散熱效果」。

因發光二極體對於散熱模組之要求在於降低熱殘留，所以材料本身必須具備較低的熱殘留性，為有效增加 LED 之散熱性能，其較先進的散熱模組不但已採用鋁合金製造，甚至將燈殼外表直接設計成一散熱器形狀，以散熱鰭片來增加散熱效果，但直到目前，其所能達到的散熱效果仍然未臻理想。

經由不斷的實驗發現，沖鍛過的鎂合金工件，其內部晶相組織經由鍛造壓縮後，所得到均勻及緊密的晶相組織會提高熱傳及散熱效果。換言之，以鎂合金沖鍛製成散熱模組結構，其熱效果遠比鋁合金好[7]。

此專利利用「改變參數」此一發明原則，將舊有之散熱模組材料，從鋁合金改變為鎂合金，除整體散熱效果更佳之外，良品率提升，且質輕表面光滑後續加工更容易。

另一方面，專利號 200806922 「具有強化散熱的高功率發光二極體電燈」，其發明摘要重點：「一種高功率 LED 電燈，包括具有充填液體的腔室的容器，提供高功率 LED 光源穿透該液體的光源模組，將熱從該光源模組透過該液體傳遞到該容器」。

LED 先前技術單位輸出功率的發光亮度漸漸提昇，亮度不足的問題雖已解決，但散熱效率不佳及照明角度不足是 LED 用於照明的

主要問題。以相同散熱面積而言，自然對流的散熱量是強制對流(例如風扇)的 1/4 至 1/10，為達到理想的散熱效能，自然對流的散熱鰭片間隔通常較大，造成自然對流散熱器的體積相對於強制對流散熱器龐大，對於高功率 LED 的長效可靠度而言，若考量風扇的壽命及可靠度，強制對流散熱器不可行。此項專利發明提出一種高功率 LED 電燈，具有裝填液體的腔室之容器，提供高功率 LED 光源穿透該液體的光源模組，軸向導熱器具有第一部分鄰近該光源模組與第二部份在該液體中沿著該腔室的軸向延伸至遠離該光源模組。在該光源模組的溫度升高時，該軸向導熱器將熱從該光源模組透過該液體傳遞到該容器，因此該光源模組獲得快速且良好的液體對流散熱。該液體有助於熱發散、擴展照明角度且提高亮度。若在該液體中安排加速熱對流裝置，可以進一步提高散熱，其成本僅習知金屬散熱鰭片的 1/5 至 1/10。光線進入該液體後的光擴散可擴增照明角度，光線在該液體與容器之間的全反射可達到良好的聚光效果及增加照明亮度[8]。

此項專利以燈泡內的特殊液體及金屬散熱鰭片作為 LED 散熱方法，讓 LED 燈泡的散熱、光型與成本等問題受到相當程度的改善。由於 LED 照明最大的瓶頸在於光衰，而造成光衰的原因主要有二；一是散熱，二是氧化。此專利的散熱模式是將 LED 所產生的熱傳導到圍繞在 LED 外圍的金屬散熱鰭片上。由於金屬是極易導熱的材料，故能快速將 LED 的熱導出晶片外，而金屬散熱鰭片又與燈泡內液體接觸，繼續將熱導入液體中，利用環繞在鰭片周圍的液體將熱擴散開，進行 360 度的全項式散熱。此專利應用發明原則，「移除」以及「改變參數」，進行散熱技術的改良。將燈泡內部抽成真空狀態以避免氧化即是使用「移除」發明原則。將傳熱的物質由氣體轉為液體，進行更有效率的散熱，利用「改變參數」發明原則，一舉解決 LED 燈具散熱、氧化的問題。



#### 4. 結論

本研究探討 LED 散熱技術專利為對象，藉由問題分析，找出其重要的改善參數及相對的惡化參數，利用 TRIZ 法得到 11 項可能的發明原則，最終以「移除」與「改變參數」兩項作為發明依據。

專利號 M330425 之專利使用「改變參數」發明原則，提升散熱模組整體散熱效果，使良品率提升，且質輕，表面光滑，後續加工容易。

專利申請號 200806922 應用「移除」發明原則，將燈泡內部抽成真空狀態以避免氧化，使用「改變參數」此項發明原則，將常見的傳熱物質氣體，轉換成利用液體傳熱，以達到更有效率之散熱作用，進而解決問題。

利用 TRIZ 方法之解題論點，簡化特定問題分析與轉換過程，協助設計者快速找到產品創新的概念，同時確保創新內容之水準以及降低侵權行為的發生 [9]。

#### 參考文獻

- [1]黃政德，”以 EHD 技術增加 LED 散熱效率之研”，**國立清華大學動力機械工程學系碩士論文**，2005.
- [2]盧文翰，”白光 LED 專利分析與技術預測之研究”，**國立高雄應用科技大學機械與精密工程研究所碩士論文**，2007.
- [3]曾柏霖，”結合 TRIZ 與 QFD 產生矛盾關係評估競爭者矩陣以探討手機功能項目”，**國立高雄應用科技大學工業工程與管理系碩士班碩士論文**，2007.
- [4]賴榮哲，**專利分析總論**，翰蘆圖書出版有限公司，2002.
- [5]劉時立，”具有高效率散熱效過的發光二極體 (LED) 裝置”，**專利申請號 200539476 發明專利說明書**，2004.
- [6]楊惟中、何啟弘、張弘展、車慧中、賴以軒，”結合發明法則之專利技術功效佈局分析以白光 LED 為例”，**中華大學科技管理研究所**，

2006.

[7]蕭錦雪，”散熱模組結構改良”，**專利號 M330425 發明專利說明書**，2008.

[8]江昆淵，”具有強化散熱的高功率發光二極體電燈/HIGH POWER LED LAMP WITH HEAT DISSIPATION ENHANCEMENT”，**專利申請號 200806922 發明專利說明書**，2008.

[9]廖文進，”萃思 (TRIZ) 方法之實務應用-以液晶螢幕翻轉裝置為例”，**國立交通大學管理學院碩士班碩士論文**，2006.

[10]Ellen Domb，”Enhance Six Sigma with TRIZ”，**Quality Digest Magazine**，2004.

[11]Ernst,H.，”The Use of Patent Date for Technological Forecasting：The Diffusion of CNC-Technology in the Machine Tool Industry”，**Small Business Economics**，Vol9，pp. 361-381，1997.

#### 圖表彙整

表 1 TRIZ 之 39 個工程參數

序號	名稱	序號	名稱
1.	移動物體的重量	21.	功率
2.	不動物體的重量	22.	能源的耗費
3.	移動物體的長度	23.	物質的耗費
4.	不動物體的長度	24.	資訊的損失
5.	移動物體的面積	25.	時間的浪費
6.	不動物體的面積	26.	物質的量
7.	移動物體的體積	27.	可靠度
8.	不動物體的體積	28.	量測的準確度
9.	速度	29.	製造的準確度
10.	力	30.	作用於物體的有害因素
11.	張力/壓力	31.	有害的副作用
12.	形狀	32.	容易製造
13.	物體的穩定性	33.	容易使用
14.	強度	34.	容易修理

15.	移動物體耐久性	35.	適應性
16.	不動物體耐久性	36.	設備複雜性
17.	溫度	37.	控制複雜性
18.	明亮度	38.	自動化程度
19.	移動物體消耗的能量	39.	生產力
20.	不動物體消耗的能量		

表 2 TRIZ 之 40 項發明原則

序號	名稱	序號	名稱
1.	分割	21.	急速通過
2.	移除	22.	將害處轉換為益處
3.	局部品質	23.	回饋
4.	不對稱	24.	媒介物
5.	合併	25.	自助
6.	普遍性	26.	複製
7.	穴	27.	便宜而壽命短的物體
8.	重量平衡	28.	技術替換
9.	先前的反作用力	29.	氣動或水力
10.	預先作用	30.	彈性膜或薄膜
11.	事先緩和	31.	多孔材料
12.	等位能	32.	改變顏色
13.	反向	33.	同質性
14.	球狀化	34.	拋棄及再生零件
15.	動態	35.	改變參數
16.	局部或過度的動作	36.	相的變化
17.	另一維度	37.	熱膨脹
18.	機械振動	38.	強氧化劑
19.	週期性動作	39.	非活性環境
20.	有效動作的連續性	40.	複合材料

表 3 發明原則之排列組合

參數組合	可用的發明原則
A1 溫度 VS. 不動物體的面積	35. 改變參數 38. 強氧化劑
A2 溫度 VS. 形狀	14. 球狀化 19. 週期性動作 22. 將害處轉換為益處 32. 改變顏色
A3 溫度 VS. 功率	2. 移除 14. 球狀化 17. 另一維度 25. 自助
B1 不動物體的耐久性 VS. 強度	No Proposition
B2 不動物體的耐久性 VS. 適應性	2. 移除
B3 不動物體的耐久性 VS. 設備複雜性	No Proposition
C1 功率 VS. 有害的副作用	2. 移除 18. 機械震動 35. 改變參數
C2 功率 VS. 溫度	2. 移除 14. 球狀化 17. 另一維度 25. 自助
D1 有害的副作用	01. 分割 02. 移除 18. 機械震動 22. 將害處轉換為益處 35. 改變參數 39. 非活化環境

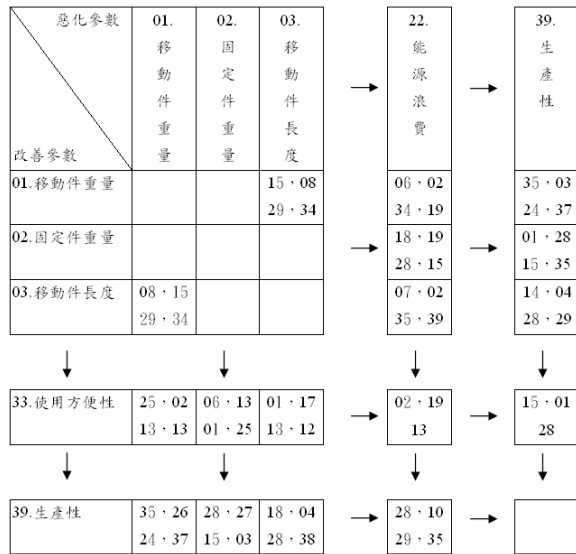


圖 1 矛盾矩陣表 (簡圖)

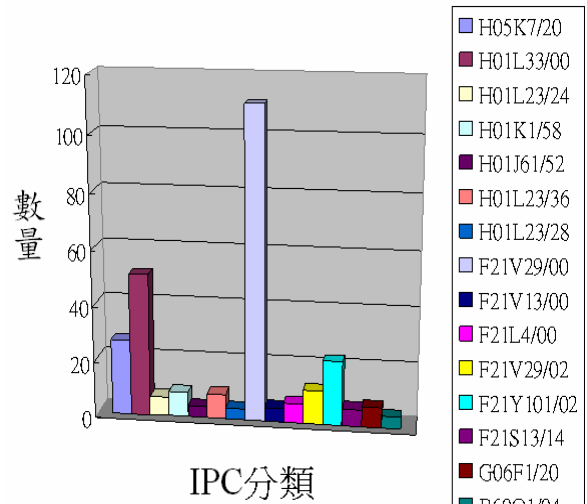


圖 4 IPC 分析圖

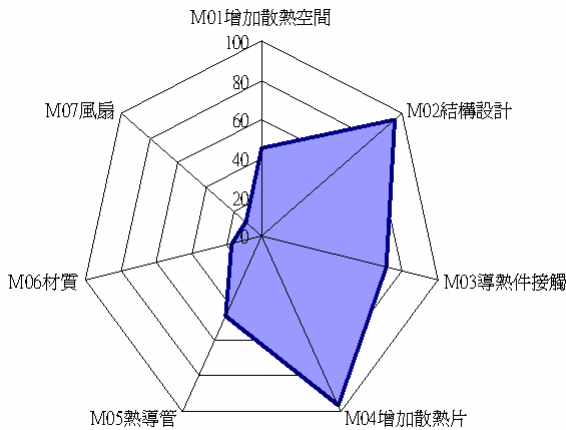


圖 2 技術雷達圖

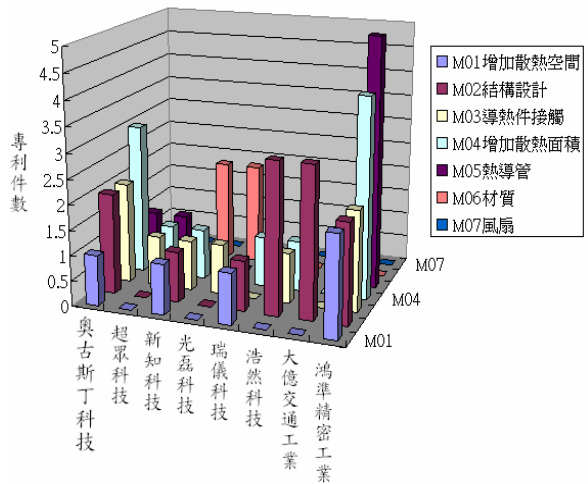


圖 5 廠商技術分析圖

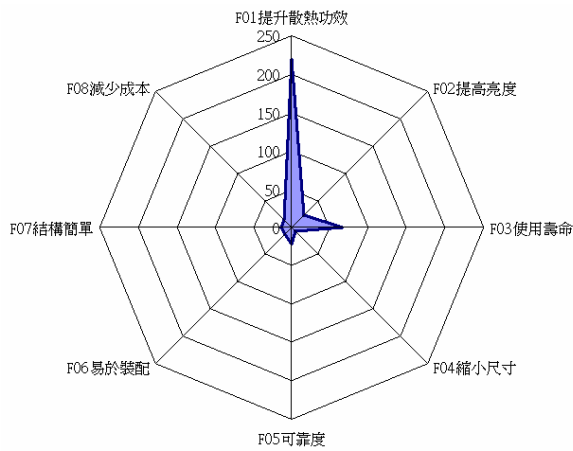


圖 3 功效雷達圖

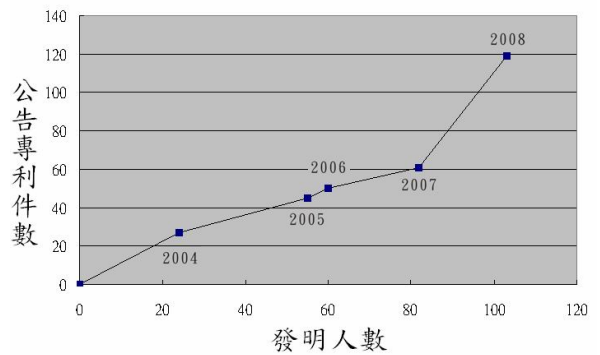


圖 6 技術生命週期圖

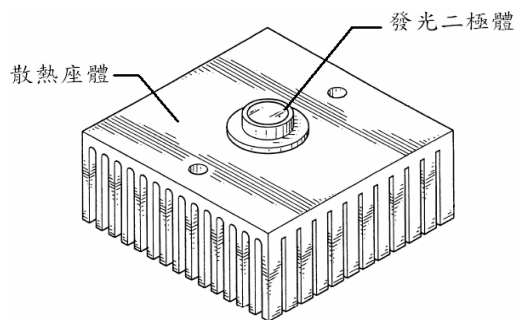


圖 7 專利號 200539476 專利圖示

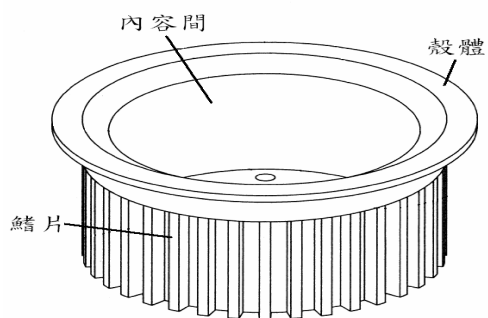


圖 8 專利號 M330425 專利圖示

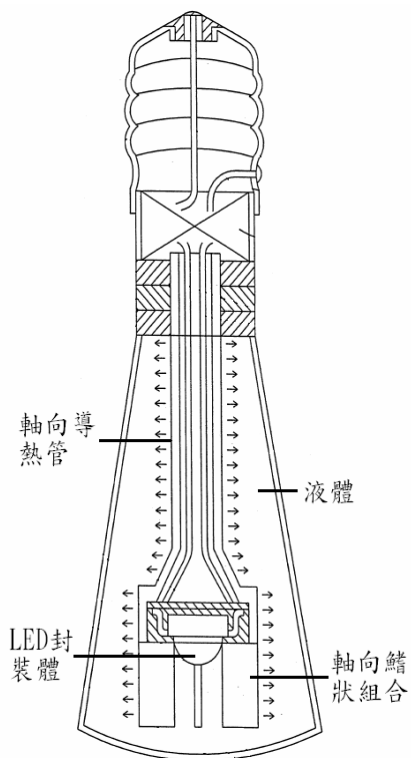


圖 9 專利號 200806922 專利圖示