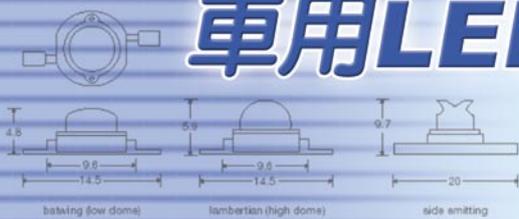




# 車用LED頭燈組研發介紹



財團法人車輛研究測試中心 許日滔

## 一、前言

隨著半導體材料的突破與白光發光二極體的問世，被譽為“照亮未來技術”的LED（發光二極體），漸漸走進了我們的日常生活當中，並帶領我們迎向固態照明世界。因此白光LED是固態照明中一個相當重要的關鍵技術，當固態照明取代傳統光源於戶外與室內照明時，將可節省一半的照明電力，其對能源的節省與環境的保護之潛力無庸置疑，其對經濟的影響，更是無可忽視。雖然目前的汽車頭燈仍以鹵素燈及HID為主流，而就目前的國際車展來看，各國汽車廠展覽均已將LED燈組（含前後燈）列入概念車配備中展示，並且對於研發LED頭燈展現高度的期待及企圖。反觀國內在LED燈具研發的投入，尚不夠普及與深入，主要原因係考量價格昂貴、高亮度LED尚未成熟等因素。本文將針對光源的模擬、反射鏡之設計做整合並搭配光學分析軟體ASAP，設計出體積小且配光分析接近ECE法規要求之汽車車燈雛型。

## 二、LED頭燈光源選用與LED頭燈單元設計

### （一）LED頭燈光源選用

由於目前高亮度LED生產技術仍待突破，因此頭燈產品暫不以符合實際汽車法規要求為目的，而先以市售高亮度LED元件進行設計，並完成汽車頭燈初步光形要求。選用的LED為Lumileds所生產的Luxeon Emitter產品，使用週期大約為十萬小時，且有多種發光顏色如白色、藍色、深藍色、青綠色、紅色、紅橘色、琥珀色等多樣化的選擇。Luxeon Emitter可分為Lambertian、Batwing及Side-Emitting三種不同分佈形式的LED，如圖1所示，在此所選用的LED為Lambertian與Side-Emitting型式。並針對Lumileds公司所生產二種不同白光LED的款式，包含Lambertian、Side-emitting LED建立其3D幾何光源模型。

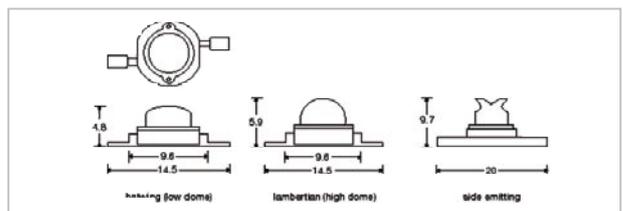


圖1三種不同規格的Lumileds LED  
([www.lumileds.com](http://www.lumileds.com))

## (二) 車燈設計方式

傳統式車燈為平滑拋物面構成之反射鏡，搭配花紋透明燈殼，將光源置於拋物面之焦距以產生平行光束，之後經過小凸透鏡進而雕塑光形。而目前車燈的兩大主流為多重反射鏡面車燈(Multi-Reflector, MR)與投射式車燈(Projection System)，以下針對此兩種形式車燈說明。

### 1. 多重反射鏡面車燈 (Multi-Reflector, MR):

多重反射鏡製作方式為將一個拋物面切割成許多的小方塊反射鏡，每個反射鏡再改變其曲率與旋轉角度，將光線反射到需要的區域，並利用堆疊方式增強亮度值，組合成需要之光形。許多單元反射鏡構成之MR 車燈，形狀類似鑽石，又稱為晶鑽頭燈。

### 2. 投射式車燈 (Projection System):

其設計方式為利用橢圓反射鏡，將燈源置於橢圓的第一焦點，光線經過反射後集中至第二焦點，在第二焦點位置放置擋板以製造出需要的截止線光形，並且再放置一個非球面凸透鏡於擋板前方，其焦點位於擋板位置，使光線能平行射出。本系統的特色為截止線明暗清晰，但由於擋板的緣故，能量損失較MR車燈多。以上兩種形式車燈皆可以使用LED光源製作，但是LED 為面光源形式，發光立體角為傳統光源如鎢絲燈泡的一半，因此光學設計必須經過改良。其配置如圖2所示，在只有單一反

射鏡可用的環境下，反射鏡設計變得更加重要，也比傳統的設計方式更有挑戰性。在本中心一系列的研究改良下，已將反射鏡作最佳化處理，讓LED投射燈單元模組的體積縮到最小，以符合陣列式LED頭燈設計的空間需求。以下即將投射式LED單元模組作為LED霧燈與LED頭燈之設計概念作說明。



圖2 LED投射燈單元模型

## 三、LED霧燈模組與LED近遠燈模組

### (一) LED霧燈模組

當完成單一LED投射燈模組以後，可以利用此單元來排列出霧燈模組，為了使LED霧燈雛型之體積縮小，採用多個反射鏡組合如圖3所示，這樣的作法優點是節省體積，缺點是因為部份的反射鏡被犧牲掉了，會使得25m配光的擴散區部分能量變小，然而此模組的模擬仍可以通過法規ECE 19的要求，如圖4為霧燈ECE 19之法規。LED霧燈模組以四方形鋁模加工製成反射鏡如圖5所示，下層使用散熱板之設計來降低LED高溫問題，如圖6所示。LED光源部份採用市售Lumileds所生產之



達法規的二分之一要求。而設計LED遠燈，選用的反射鏡為角度分佈範圍左右10度之變焦橢圓曲面，並採用多個反射鏡組合，此時還需加入近燈模組，二種模組同時點亮，排列結果如圖11所示，始達到二分之一法規要求；分析結果如圖12所示。

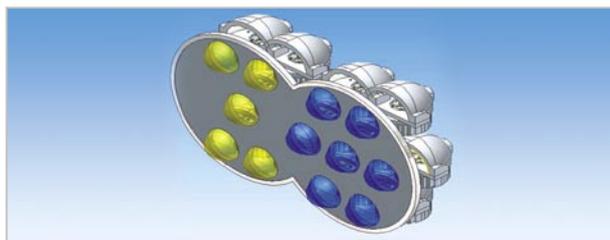


圖11 LED遠燈模組

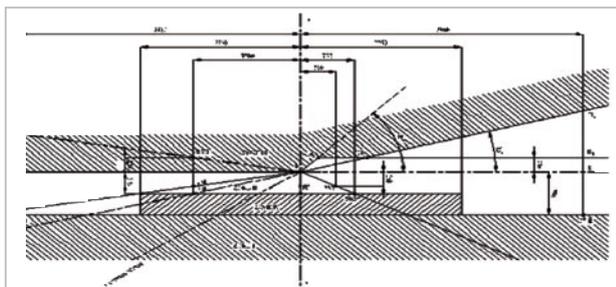


圖8 ECE R 112法規

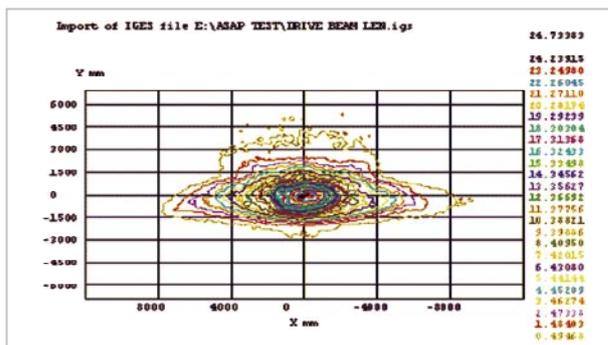


圖12 LED遠燈模組模擬分析結果

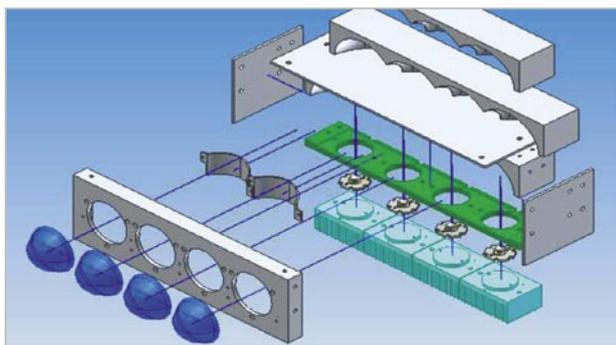


圖9 LED近燈模組

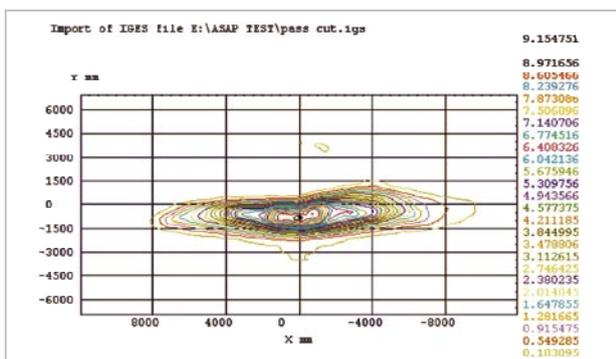


圖10 LED近燈模組模擬分析結果

#### 四、AFS功能與LED車頭燈

適路性前方照明系統已成為未來車燈照明的趨勢，目前各國車燈製造大廠對此系統亦投入研究開發，從1993迄今，適路性前方照明系統已有相當程度發展，在歐洲法規方面對適路性前方照明系統也訂定出了一些原則特性，原則中提出適路前方照明



在分析設計完成最佳化LED投射式單元之後，開始進行智慧型-LED頭燈雛型的系統功能設計，依照 AFS草案要求，本雛型設計成四種不同光形之近光燈光形及一個遠光燈光形，圖18為本雛型之系統排列圖，及2組遮片如圖19所示，其中LED PES模組分為上中下三排，最上排為遠光燈光形D之反射鏡，中排為B及A之反射鏡，下排為 C之反射鏡，以這些模組之配對來達成下列光形需求：

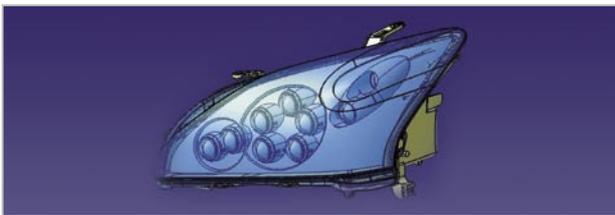


圖18 AFS-LED系統雛形

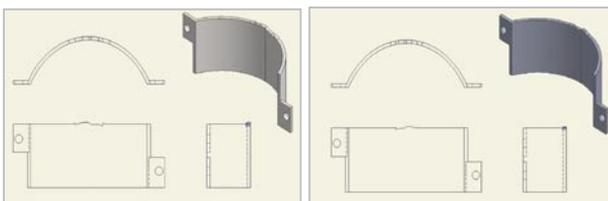


圖19 遮片A與遮片B

#### A. AFS基本光形:

此光形為一般的夜間照明模式，所以光形不需要特別的要求，其分佈與傳統之光形分佈要求類似，在此雛型中本文將此光形以C反射鏡組成，圖20為其排列位置圖與光形分析結果。

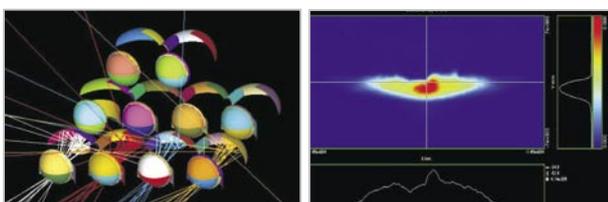


圖20 基本光形分析結果

#### B. AFS城鄉光形：

汽車在夜間進入城鄉時，因週遭環境變的複雜，路旁常存在著許多容易造成交通事故的人事物，因此在本文中，將光形變為寬廣的形狀，來讓駕駛者能更清楚的看見汽車前方的突發狀況，減少事故的發生，以C反射鏡加上B反射鏡組成來增加照明範圍，圖21為其排列位置圖與光形分析結果。

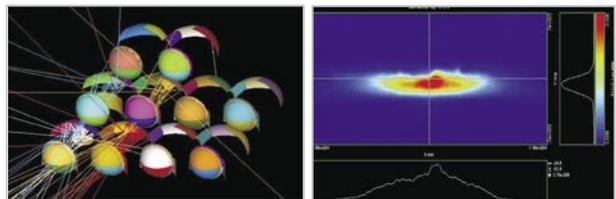


圖21 城鄉光形分析結果

#### C. AFS高速公路光形：

汽車高速行駛於夜間中，特別需要更遠的前方的照明，駕駛者在高速行駛的環境下，視線會往前方注視，因此前方中間的光度需要更亮且光形必須略為向上，才能讓駕駛者看的更遠，有充裕的時間來反應高速狀態下前方發生的狀況，以C反射鏡加入A反射鏡組成讓光形集中提高中心亮度來達成上述需求，圖22為其排列位置圖與光形分析結果。

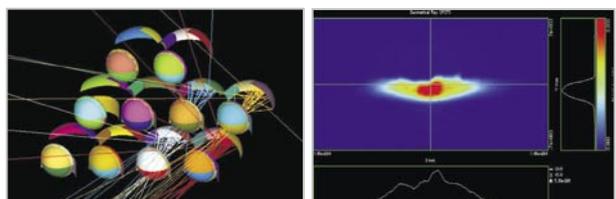


圖22 高速公路光形分析結果



#### D. AFS濕路光形：

汽車於夜間行駛時若遇到下雨積水，很容易將汽車的前方照明光線經地上的水漬反射到對方車道上，且因為地面的積水讓光視線變得更為不清楚，以A反射鏡加入B反射鏡組成，此設計讓容易造成反射的光線減少並提高遠方的照明光度來解決上述的缺點，圖23為其排列位置圖與光形分析結果。

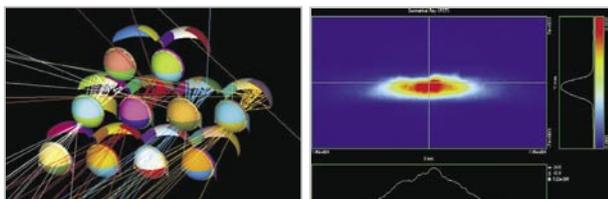


圖23 濕路光形分析結果

#### E. 遠光燈光形：

上述為AFS近光燈光形的四種光形要求，但汽車在夜間行駛，且前方無對向來車時，遠光照明為最合適的前方照明光形，除了可以提供遠方的強光照明，結合近光燈的照明特點更能提供前方寬廣的照明，圖24為其排列位置圖與光形分析結果。

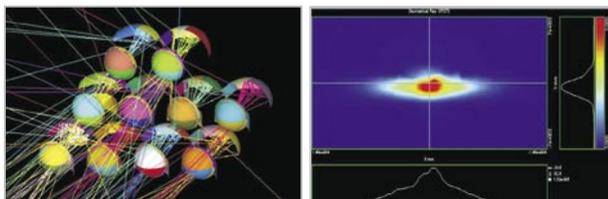


圖24 LED遠燈模組分析結果

## 五、結語

未來的車燈開發，LED光源將會應用在先進車輛照明的設計，然而造型、體積與效率為目前設計LED車燈的首要目標，如何將此目標做最佳化的設計，將會是未來LED車燈設計上應再尋求突破的重要工作。

因此後續的工作將著重於：

1. LED頭燈之造型設計，讓設計出的鋁雛型模，加工後能更美觀。
2. LED頭燈之雛型加工設計，讓雛型能夠符合以後實車裝車需要。
3. LED為面光源不同於傳統鎢絲燈泡，使得光學元件尺寸縮小，所以對於加工精度要求特別嚴格，亦可確保模擬分析結果的可靠度。
4. LED照明頭燈設計不僅只應用在傳統汽車頭燈產品上，亦可運用在適路性的智慧化功能設計，提昇LED頭燈產品附加價值。
5. LED頭燈之散熱設計，讓LED光源不會因為熱的效應而產生大量的光衰減，此議題將會是LED頭燈設計研發的重點工作。
6. 找尋或設計出符合車用之LED光源，由於目前的LED光源並不適合用來作為車頭燈光源，因此期望符合車用照明之LED光源，能儘快商品化。

然而，目前LED要取代車頭燈還需要幾年的時間，理由有如下：

1. 相較於HID 或是鹵素燈，LED價格仍居高不下。
2. 目前的車頭燈必須採用多組白光LED 以達到法規之能量要求，增加LED使用數量，成本必定大幅提高。
3. 高功率白光LED 的放熱量極高，每瓦輸出之流明值將隨溫度升高而逐漸下降。

雖然目前距離可商品化之LED頭燈產品仍有段距離，可是國外車燈大廠仍不斷堆出新型之LED頭燈雛型，有鑑於此，國內車燈廠商更應加緊腳步，開發LED頭燈，未來配合高亮度LED陸續推出，方能即時掌握產品研發時機。

## 六、參考文獻

1. Bo Stout, "Development Implementation of Side-Emitting LEDs in Exterior Automotive Signal Lighting Applications," SAE Tech. Paper No.2004-01-0221
2. Ben Wang, Takayuki Iwaki, and Jianzhong Jiao, "Studies for Headlamp Optical Design Using LEDs,"SAE Tech.Paper No. 2004-01-0434
3. Kiyoshi Sazuka, Masaru Sasaki, Hiroyuki Ishida, and Masashi Tatsukawa, "LED Headlamps," SAE Tech.Paper No. 2004-01-0437
4. Pierre Albou,"LED Module for Headlamp," SAE Tech.Paper No. 2003-01-0556
5. <http://www.breault.com/>.
6. Lumileds Lighting, <http://www.lumileds.com>.
7. C. C. Sun and C. Y. Lin, "Optical modeling and light extraction of an LED with surface roughening and sharpening," Proc. SPIE 5187 (2003).
8. 彭偉捷,李宗憲,馬仕信,許日滔,孫慶成, "以 Lumileds 五瓦LED為光源之歐規汽車近光頭燈之設計," OPT04 (2004).
9. 彭偉捷,高功率LED之歐規汽車近光燈設計, 中央大學光電所碩士論文,(2004).
10. 林松南 "車燈照明設計課程講義"
11. 劉源昌 "非球面反射鏡照明設計之研究"照明學刊
12. 蔡漢文 "車輛頭燈照明設計之發展與研究"光學工程 第60期
13. 財團法人車輛研究測試中心 "工業技術人才出國研修教材資料-車燈設計實務"1995年6月
14. 王溫良"AFS與傳統燈具之歐洲法規要求分析比較報告"財團法人車輛研究測試中心
15. 李宗憲, 孫慶成, "利用微陣列結構提升LED光萃取效率之研究," OPT04(2004).