

國立交通大學

電機學院 電子與光電學程

碩士論文

RGB LED 光源應用於直下背光模組之研究

Study of Direct-Type Backlight using RGB Light-Emitting  
Diode

研究生：王維志

指導教授：郭浩中 博士

中華民國 一百零一年 二月

# RGB LED 光源應用在直下背光模組之研究

Study of Direct-Type Backlight using RGB Light-Emitting-Diode

研 究 生：王維志

Student : Wei-Chih Wang

指 導 教 授：郭浩中

Advisor : Hao-Chung Kuo

國 立 交 通 大 學

電機學院 電子與光電學程

碩 士 論 文

A Thesis

Submitted to College of Electrical and Computer Engineering

National Chiao Tung University

in partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Master of Science

in

Electronics and Electro-Optical Engineering

February | 2012

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國 一 百 零 一 年 二 月

# RGB LED 光源應用於直下背光模組之研究

學生：王維志

指導教授：郭浩中

國立交通大學電機學院

電子與光電學程碩士班

## 摘 要

近年來由於材料和製程能力的提升，提昇了 LED(發光二極體)的亮度、發光效率、高色彩飽和度和節能環保的特性。這大幅提升了 LED 在照明、顯示器等應用領域的滲透率，且成為液晶顯示器主要的光源之一。並成為近兩年來產業界及廠商所關注的研發焦點。

2011 年初，LED 效率的提升，促使在背光設計上透過燈條數量的減少，逐步縮小 LED 和 CCFL 成本上的差距。而未來的 LED 背光模組的設計將朝向低成本發展，首要之事便是降低 LED 的使用數量。對於提升 LED 應用的普及率會是個很大的突破。

在本論文使用蒙地卡羅光線追跡的方式進行廣視角 R/G/B LED 作為直下式背光模組設計，評估畫面的輝度均勻度，色度均勻度，並與實作樣品進行比對。以期達到減少開發時程，節省掉初期開發時不必要的錯誤嘗試和金錢上的浪費。

# Study of Direct-Type Backlight using RGB Light-Emitting Diode

Student: Wei-Chih Wang

Advisor: Dr. Hao-Chung Kuo

Degree Program of Electrical Computer Engineering  
National Chiao Tung University

## ABSTRACT

In recent years, the materials and fabrication processes used to make LEDs are continually improving – resulting in brighter, more efficient, vivid color, energy saving and environment friendly product. This dramatically improves the penetration of LEDs in Lighting, display and others application. And become one of the main light source of the liquid crystal display. In past two years, many company and manufacturer interests and focus on material research and develop.

At the beginning of 2011, the improvement of LED efficiency, that impelled to reduction of LED Light-bar in backlight design. It gradually narrow the cost gap between LED and CCFL. The future of the LED backlight module design towards lower cost development. The first thing is to reduce the number of LED used. This will be a big breakthrough and enhance the penetration rate for LED application.

In this thesis, we proceed optical simulation using Monte-Carlo ray tracing. And we use the wide view angle R/G/B LED in direct-type back-light design. To estimate and measure the brightness uniformity and color uniformity. We try to reduce the period of developing process. And avoiding the misdirected research and waste of time.

# 誌謝

在職的求學過程中，最煎熬的事情莫若是工作與課業之間的分寸拿捏，抗壓性和意志力的考驗。一路走來雖非平順但身旁總有許多貴人不吝給予建議和支持，首先感謝指導老師 郭浩中教授給予的機會和對我耐心的指導和教誨，老師在研究上的專注精神，堅持態度和熱情，讓身為學生的自己有著強烈的感受。在此雖僅能以一句，老師，謝謝您了！仍不足以表達心中滿滿的感謝之意。

回首論文撰寫期間的種種壓力，相信會是這輩子最痛也是最美的一段回憶了。感謝學長 黃鴻文博士、賴俊峰博士不厭其煩的指正和探討，使的本論文能夠完整而嚴謹。也感謝一路支持我的朋友、同事與長官，謝謝你們不斷的支持鼓勵，讓我能堅持到最後一刻。每一位都是我人生歷程中的貴人。

謹將我的成果與喜稅獻給所有關心我的家人、老師與同學、朋友們。



# 目錄

中文摘要.....	i
英文摘要.....	ii
誌謝.....	iii
目錄.....	iv
圖目錄.....	v
表目錄.....	vii
第一章 緒論.....	1
1.1 引言.....	1
1.2 發光二極體的優缺點.....	2
1.3 LED 背光模組結構介紹.....	6
1.4 研究目的與動機.....	7
1.5 論文架構.....	7
第二章 背光模組基礎理論.....	9
2.1 幾何光學原理.....	9
2.2 光度學基本原理.....	11
2.3 色彩基本原理.....	14
2.4 RGB LED 背光模組的色彩飽和度.....	19
第三章 光學模擬與設計.....	22
3.1 背光模組建立.....	22
3.2 RGB LED 直下背光模組光學模型.....	27
第四章 實驗結果.....	34
4.1 模擬結果與討論.....	34
4.2 量測結果.....	38
4.3 改善觀測面混色結果.....	41
4.4 色彩飽和度評價.....	42
第五章 總結.....	44
5.1 結論.....	44
5.2 未來工作.....	44
參考文獻.....	45
自傳.....	46

## 圖面錄

圖 1	LED 背光模組在顯示器的滲透率.....	02
圖 2	LED 燈條使用量的演化趨勢 .....	02
圖 3	側光式背光模組示意圖 .....	06
圖 4	發光二極體燈條結構示意圖和燈條樣品圖 .....	06
圖 5	反射片結構 .....	06
圖 6	擴散片結構 .....	07
圖 7	增亮膜 .....	08
圖 8	反射和折射示意圖 .....	09
圖 9	光強度說明示意圖 .....	12
圖 10	牛頓三菱鏡分光實驗 .....	15
圖 11	可見光波長和顏色的對應關係 .....	15
圖 12	標準色度觀測者光譜三刺激值-光譜圖 .....	16
圖 13	色度圖 CIE-1931 .....	17
圖 14	色度圖(CIE-1931)與麥克爾當橢圓 .....	20
圖 15	色度圖(CIE-1931)與麥克爾當橢圓 .....	20
圖 16	高色彩飽和度顯示器的色度圖 .....	21
圖 17	高色彩飽和度示意圖 .....	21
圖 18	軟體 ASAP 模擬流程架構圖 .....	25
圖 19	軟體 ASAP 全反射示意圖 .....	25
圖 20	父代，子代光線 .....	26
圖 21	直下式背光模組結構 .....	26
圖 22	傳統 Lambertian LED 發光強度在空間的分佈 .....	28
圖 23	傳統 RGB 發光二極體矩陣排列方式 .....	28
圖 24	廣視角 GD-Argues LED 在 ASAP 軟體內的光線追跡圖 .....	29
圖 25	廣視角 GD-Argues LED 在 ASAP 軟體內的光線追跡圖.....	29
圖 26	廣視角 GD-Argues LED 在 ASAP 軟體內的強度分佈.....	30
圖 27	發光二極體模組實體圖及各色 LED 排列相對位置 .....	31
圖 28	模擬軟體 ASAP 內，R/G/B LED 排列的方式和相對位置 .....	31
圖 29	三色發光二極體(R/G/B)在背光模組內排列的方式和相對位置示意圖.....	32
圖 30	模擬軟體內，R/G/B LED 排列的方式和相對位置 .....	32
圖 31	模擬觀測面的輝度均勻度圖 .....	35
圖 32	模擬觀測面的色度均勻度圖 .....	35
圖 33	觀測面的混色模擬結果 .....	36
圖 34	背光模組測試設備圖暨 9 個和 81 個量測點示意圖 .....	37
圖 35	背光模組實品點燈 .....	39

圖 36 分光放射輝度計 .....	39
圖 37 實作成品光側面混色結果 .....	40
圖 38 白光，紅光，綠光，藍光畫面色差結果 .....	40
圖 39 重新排列後，實作成品觀測面混色結果 .....	41
圖 40 背光模組光譜 .....	42
圖 41 液晶顯示器彩色濾光片穿透光譜 .....	43
圖 42 實作品色彩飽和度範圍 .....	43





## 表目錄

表 1 輻度量位&光度量單位列表 .....	14
表 2 顯示器色彩空間標準列表 .....	19
表 3 背光模組外觀尺寸幾何參數 .....	31
表 4 發光二極體參數 .....	33
表 5 實作成品輝度均勻度 .....	38
表 6 實作成品色彩飽和度 .....	42









# 第一章 緒論

## 1.1 引言

隨著發光二極體(Light Emitting Diode, LED)亮度持續的改善，進而促使發光二極體在照明、顯示器等領域的滲透率且提昇各方面的應用性。並成為產業界及廠商所關注及研發的焦點。

發光二極體等相關產品在筆記型電腦(NB)的應用從 2007 年開始萌芽，主要源自於美國蘋果電腦推出的超薄型的筆記型電腦，並開始採用發光二極體為背光源，使發光二極體背光源逐漸開始在筆電使用。加上 Intel 力推 ULV 平台產品，高性價比兼具輕薄、低耗電量、無汞環保等優勢。促使發光二極體背光源在筆記型電腦的應用中需求迅速提升，如圖 1 所示，2010 年發光二極體背光源在筆記型電腦市場滲透率高達 95%，而 2011 年預估滲透率更是高達 100%。除了前述的產品優點外，更因為有大量的產商投入此領域使得發光二極體在價格上和冷陰極管的差異逐年減小，以 12.1 吋面板為例子，2008 年和冷陰極管(Cold Cathode Fluorescent Lamp, CCFL)的價差約 1.6 倍，到了 2009 年的價差僅約 1.1 倍左右。預期未來會演化至幾乎沒有價差。

同樣的三星電子在 2009 年積極搶推薄型化白光 LED TV，加上各家 TV 品牌業者陸續加入開發。更是大幅提升 LED 在大尺寸面板的滲透率。由於發光二極體成本佔整體背光模組比重仍高達 40%，各家業者無不卯足全力提昇發光二極體效率，進而減少使用數量，降低成本。如圖 2 所示，在白光發光二極體背光模組中設計中，未來將從四邊入光改為兩側入光，將 LED 燈條的數量由 6 條減少為 4 條。並從減少發光二極體燈條(Light Bar)數量到縮短發光二極體燈條長度(短邊發光)。直下式背光模組的發展也是蓄勢待發，各家廠商皆著手進行廣視角 LED 的設計開發，期待能減少的 LED 使用的數量和降低模組厚度。

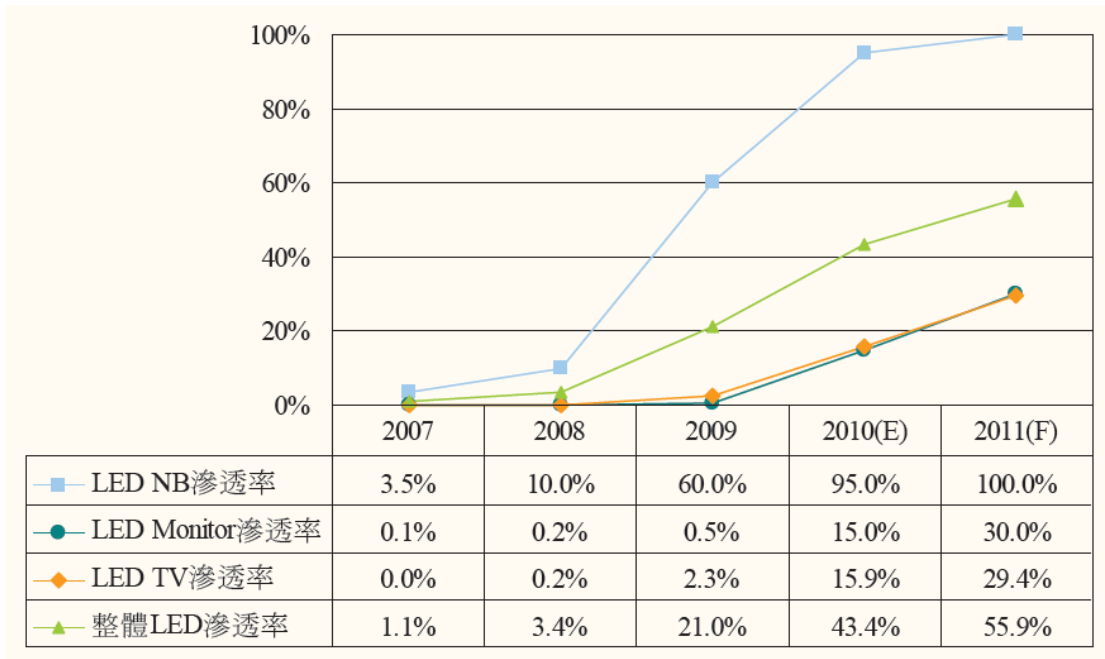


圖 1，LED 背光模組在顯示器的滲透率分析

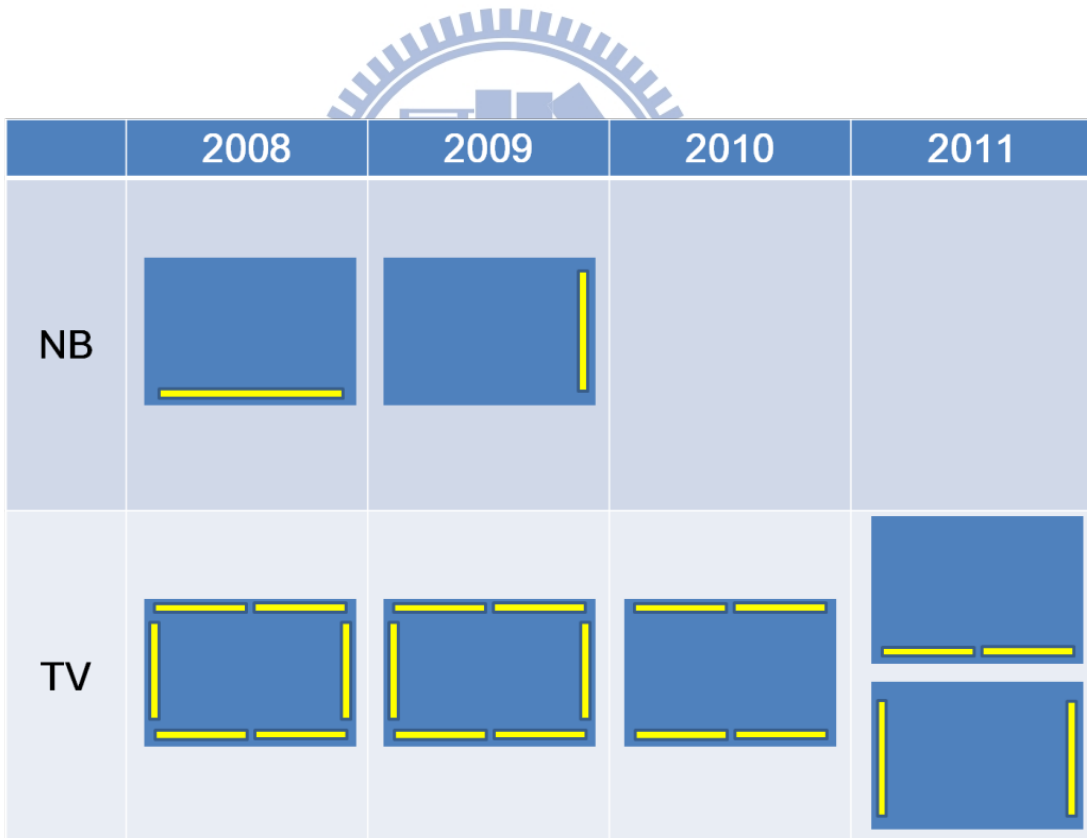


圖 2，LED 燈條使用量的演化趨勢

## 1.2 發光二極體的優缺點

### (一)發光二極體優點

#### 1. 無汞，符合環保需求

屬半導體發光，製程與發光過程不需使用汞等有害物質，因此發光二極體應用於中大型顯示器背光源將具有環保(無汞)之優勢。2006年中歐盟雖然將含汞的CCFL(冷陰極管)之相關產品排除在外，但在發光二極體的技術提升下，預期歐盟下一波2010年之環保規定將有可能全面禁止CCFL之產品進口。

#### 2. 體積小，耐壓耐震

LED屬半導體發光，如氮化物藍光LED目前晶粒最小尺寸可到8mil，甚至到瓦級的產品其尺寸規格也大約只有40mil，封裝後其最大尺寸規格也在1公分以內，因此體積原比目前的CCFL要小，並且LED晶片經封裝後，產品比CCFL更具耐壓與耐震。

#### 3. 壽命長，可達十萬小時以上

目前理論上之產品壽命約十萬小時，較目前冷陰極管光源(CCFL)產品的壽命五萬小時增加一倍，並且發光二極體固體封裝後，產品比冷陰極管光源(CCFL)更具耐壓與耐震。不過，發光二極體的操作環境溫度若高於80度會減低使用壽命，並且因發光二極體有正負極性分別，如果正負極接錯點亮可能會造成發光二極體直接燒毀。

#### 4. 低電壓，不需使用高壓轉換器(Inverter)

LED是利用電能直接轉化為光能的原理，在半導體內正負極兩個端子施加電壓，當電流通過，使電子與電洞相結合時，剩餘能量便以光的形式釋放。目前一般的發光二極體其驅動電壓範圍在1.4V~3.6V之間，而使用時可串聯電阻使用較大的電壓驅動，而耗電量極小。發光二極體使用電壓過高或是電流過大，會產生逆向電流造成二極體雪崩而燒毀。

## 5. 高色彩飽和度

發光二極體發出白光的方式有許多種，而不同的發光方式具有不同的發光效率以及色彩飽和度。藍光加黃色螢光粉的方式效率佳，但色彩飽和度未臻理想。故相繼有藍光加紅綠螢光粉的產品推出，以期能解決色彩飽和度問題。而以 RGB 混光方式所形成的光譜較佳，可表現出更高的色彩飽和度，不過在色彩的控制上則較為困難。

## 6. 快速啟動，No warm-up time

由於發光二極體驅動電壓低，所需啟動時間短，這項特點在未來 LCD-TV 的設計上將顯現出發光二極體的優勢。由於 LCD-TV 顏色的轉換的原理是，當光線通過液晶時，液晶旋轉的角度不同，使得光線投射在 RGB 不同的 CF 區域上。但由於液晶的旋轉是一個連續的過程，人類的眼睛會像是個積分器，將這個過程完整記錄下來，因此在畫面變換快速的情況下，畫面與畫面間的連續轉換過程將會被突顯出來，使消費者會產生畫面上有拖影的感覺。目前解決這個問題的方式之一就是控制發光源的明暗，讓液晶在旋轉時的畫面消失，但因為消失的時間很短，視覺暫留的結果使得消費者仍感覺畫面是連續的，且拖影的現象便消失了。而要達成這個效果，需要明滅快速的背光源如發光二極體是比較容易。

### (二)發光二極體缺點

#### 1. 晶片必須篩選亮度和色度

由於發光二極體的磊晶結果是呈現連續分配狀態，晶體間的亮度、色度有很大的差異，因此搭配目前的光學設計使用時必須去做篩選，如此才能達到較為標準化的要求，以確保光源在背光模組內的品質。

#### 2. 散熱問題的考量，色度會隨著電流大小之不同而作變化

發光二極體對於操作環境中的「熱」相當的敏感，且發光二極體在發光過程中，接合點的溫度達 100°C，若散熱問題未妥善處理，會造成發光二極體的波長飄移及壽命的大幅縮短。過去液晶顯示器之背光模組為達到更好的熱消散效果，整體背光模組需要透過風扇、散熱片、導熱元件、強制冷卻等散熱系統，來降低整體背光模組的熱度。



### 3. 單價成本較高

雖然在筆記型電腦的應用上發光二極體和冷陰極管光源幾乎無價差。但是在中大尺寸面板，發光二極體的價格依舊較冷陰極管來的高，但價差已經逐漸縮小。

### 4. 亮度衰減及壽命之均齊度較冷陰極管差

由於白光發光二極體具有螢光粉轉換效率衰減的問題，若使用不同顏色的 LED 具有不同的衰減速度，因此在設計上必須有相對應的考量。

## 1.3 LED 背光模組結構介紹

由於 LCD 為非自發光性的顯示裝置，必須藉由外部光源來達到顯示效果。而背光模組是由光源(Light Source)、導光板(Light Guide Plate)、擴散片(Diffuser)、增亮膜(Prism Sheet)、反射片(Reflector)等關鍵零件組合而成。如圖 3 所示側光式(Edge Lighting)模組，燈源擺放在側邊入射的光源設計，優點為薄型化，低耗能，通常 Monitor 大多使用此結構，TV 薄型化也漸採用此結構。

### 1. 光源(Lamp)

現階段，用於平面顯示器上的 LED 背光源，是先將發光二極體晶粒固晶在具高反射特性的聚鄰苯二甲醯胺支架(Polyphthalamide, PPA)上、再把封測後的 LED，透過表面黏著(SMT)的技術黏貼在 LED light bar 燈條上面。LED 燈條的材料有 3 大選擇，分別為硬板(Printed Circuit Board, PCB)、軟板(Flex Printed Circuit, FPC)和金屬芯鋁基板(Metal Core PCB, MCPCB)。如圖 4，因鋁基板導熱係數與散熱能力比一般硬板更好，能減少熱對發光二極體造成的光衰影響。故為大尺寸背光模組採用的主要選擇。

### 2. 導光板(Light Guide Plate, LGP)

只有側光型背光模組才需要導光板，其為影響整體導光效率的重心，導光板主要功能是在於導引光線方向。用以提高面板光輝度及控制亮度均勻。主要是利用疏密，大小不同的擴散點，來達到導光板均勻發光。

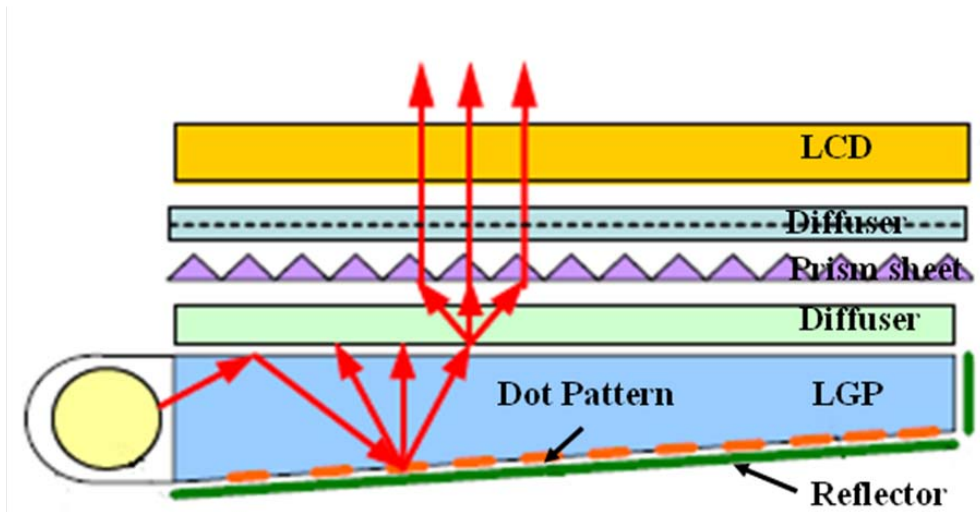


圖 3，側光式背光模組示意圖

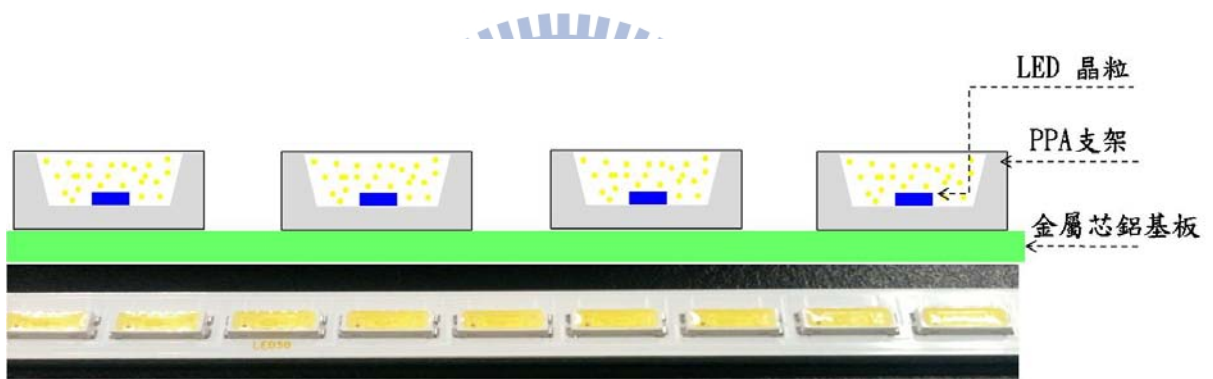


圖 4，發光二極體燈條結構示意圖和燈條樣品圖

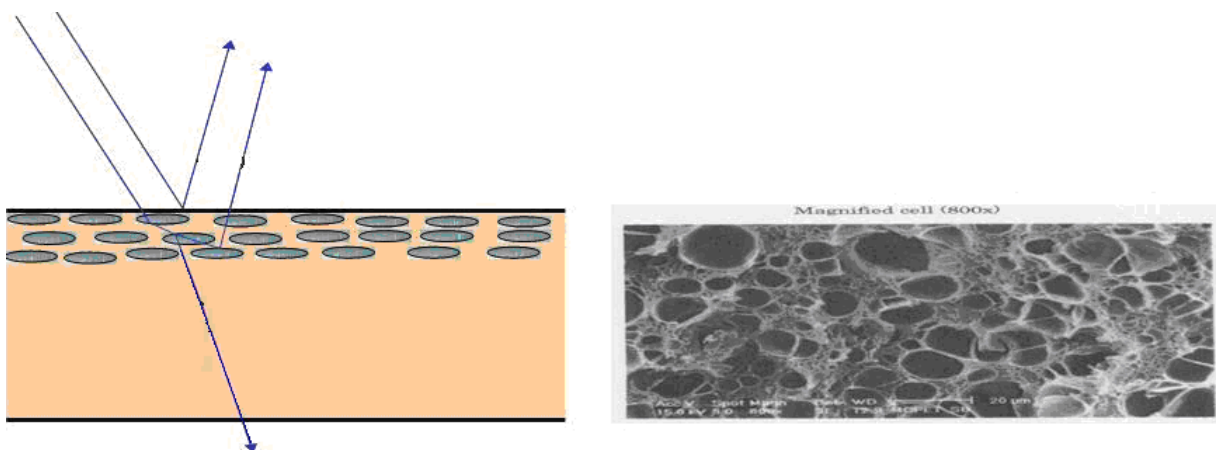


圖 5，反射片結構

### 3.反射片(Reflector sheet)

反射片一般放置於導光板底部，圖 5 所示將自底面漏出的光反射回導光板中，以增加光的使用效率，防止光源外漏，而直下式背光模組則是黏貼於燈箱底部表面或置於其上，將經光源之光束由燈箱底部反射至擴散板加以利用。主要功能為反射光線，增加背光模組之有效利用率。

### 4.擴散片(Diffuser sheet)

擴散片，如圖 6 所示。其功能是為了提供一個均勻的面光源，使出射之光線分佈更加均勻，讓畫面優化。一般傳統的擴散膜主要是加入微粒子顆粒在擴散膜基材中，作為散射粒子，現有擴散板其微粒子分散在樹脂之間，所以光線在兩個折射率相異的介質中在此同時光線就會發生許多反射、折射與散射的現象。

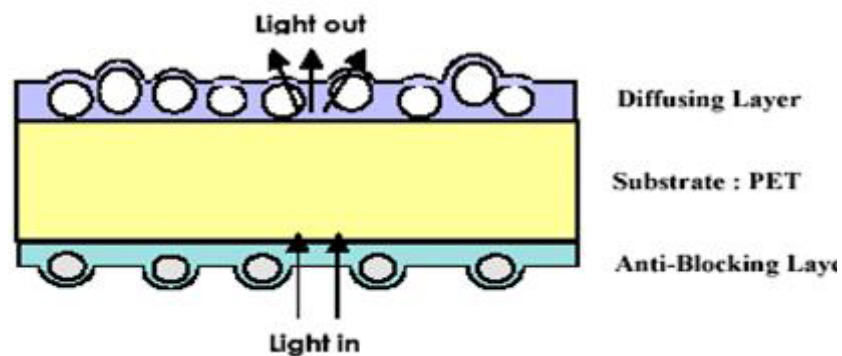


圖 6，擴散片結構

### 5.稜鏡片(Prism sheet)

光學自擴散片射出後其光的指向性非常差，因此必須利用稜鏡片來修正光的方向，如圖 7 所示，其原理是當光穿透稜鏡片時所發生之折射與反射來達到收斂光源，提高輝度的作用，使整體的背光模組的亮度提高。

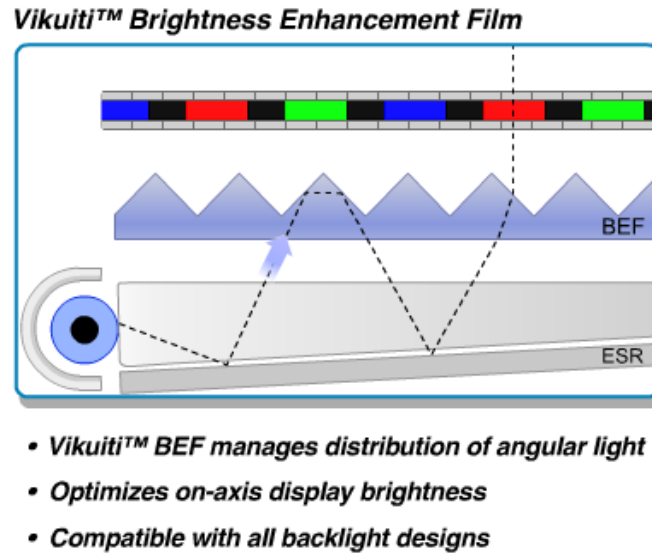


圖 7，增亮膜

資料來源：美商 3M [1]

## 1.4 研究目的與動機

近年來由於科技進步迅速，藉由電腦的處理可以快速且輕易的解決很複雜的數學問題，光學軟體可以藉由數學的方式來模擬光路在介質中的繁雜計算，可以取代實作所耗費的時間和金錢。本文將利用 BRO 高等系統分析程式 Advanced System Analysis Program(ASAP™) 光學仿真軟體，針對 R/G/B 發光二極體直下式背光模組的色彩表現進行模擬評估。

## 1.5 論文架構

本論文一共分為五個章節，以下約略介紹

第一章 緒論

第二章 基本理論

第三章 系統架構和軟體設計

第四章 R/G/B 直下背光模組實驗結果

第五章 結論

## 第二章 背光模組基礎理論

由第一章的介紹中，瞭解 LED 的相關光電特性以及在背光模組應用上的重要性，也介紹背光模組的基本結構和功能。而在第二章中，將詳細針對幾何光學和色彩學等原理作一說明。

### 2.1 幾何光學原理

Snell 折射定律，是所有光學理論中的基礎，主要包括反射、折射定理其數學描述如下

$$\theta_i = \theta_r$$
$$n_1 \sin \theta_i = n_2 \sin \theta_t \quad (2.1)$$

其中 $\theta_i$ ， $\theta_r$ 為入射角和反射角，而其所在介質之折射率為 $n_1$ ；而 $\theta_t$ 為折射角，而其所在之介質之折射率為 $n_2$ 。〔2〕

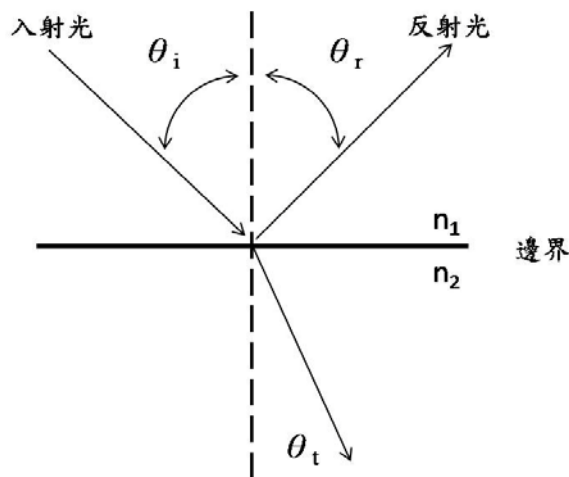


圖 8，反射和折射現象示意圖

在幾何光學中，討論光打在平面上的反射與折射行為是十分重要的，因為任何曲面實際上都是由無限多個平面所組合而成。在折射定理中當光線由光疏介質進入至光密介質時，折射角會隨著入射角的增加而增加，然而折射角卻都比入射角來的小，而這種情況稱之外反射(External reflection)。

若光線由光密介質射至光疏介質時，折射角亦會隨著入射角的增加而增大，然而折射角卻都比入射角來的大，這種狀況我們稱之為內反射(internal reflection)。在內反射中，有一個現象當入射角 $\theta_i = \theta_c$ 時，折射角為 $90^\circ$ ，而當 $\theta_i \geq \theta_c$ 時，就不再有折射光，全部的光線都被反射回原來的介質中，這個現象稱之為全反射(Total reflection)，而 $\theta_c$ 則被稱為臨界角(Critical angel)。在任何內反射系統中，臨界角的大小，取決於介面兩邊的折射率。其值可由臨界角的定義計算而得

$$n_1 \sin \theta_i = n_2 \sin 90^\circ$$

$$\theta_c = \sin^{-1} \left( \frac{n_2}{n_1} \right)$$

(2.2)

由 2.2 式可知只要當入射角大於全反射臨界角時，全反射現象即會發生。而當入射角大於全反射臨界角時，全反射光線之行為會遵循反射定理，即發生於同介質之全反射之反射角會等於入射角。

以全反射原理作為光傳遞之最顯著之應用即在光纖通訊。但相較於光纖不同之處為，為達到照明之目的，在導光板中傳遞之光線必須是時的在預照明處將光線導出，而不希望光線在導光板中作無止境的傳遞。而如何將光線由導光板導出，以光學的術語來說即是破壞全反射之條件。

### Fresnel Loss

當光自介質一其折射率為 $n_1$ ，入射到另一種介質其折射率 $n_2$ 時，一部分的光會被反射回，這種損失就是 Fresnel 損失，一般反射係數是

$$R = \left( \frac{n_2 - n_1}{n_2 + n_1} \right)^2 \quad (2.3)$$

而穿透係數(Transmission Coefficient)是

$$T = 1 - R = 1 - \left(\frac{n_2 - n_1}{n_2 + n_1}\right)^2 = \frac{4n_1 n_2}{n_1^2 + 2n_1 n_2 + n_2^2} \quad (2.4)$$

此式除以  $n_1$ 、 $n_2$ ，那麼 Fresnel 損失係數是

$$\eta_{Fr} = \frac{4}{2 + n_1/n_2 + n_2/n_1} \quad (2.5)$$

## 2.2 光度學基本原理

光是一種電磁波，而光度測試(Photometry)就是光輻射的測試方法，關於輻射最基本的定義便是光源在單位時間內所輻射放出的能量(輻射功率)，單位以瓦或是千瓦計算；以下介紹光度量測上一些常用的名詞和單位定義：

### 1. 光通量(Luminous Flux)：

光通量就是光源在單位時間內所能發出的光能量，光源所發出的能量是以電磁波之形式存在，這種能量稱為輻射能量(Radiant Energy)，單位是焦耳(J)，而光源每秒所發出的輻射能，稱之為輻射通量(Radiant Flux)，單位是瓦特(W)。

就同一光源而言，輻射通量越大，人眼會覺得越亮。由於人眼對不同波長光的光視效能不同，所以不同波長光的輻射功率相等時，其光通量並不相等。其公制單位是流明(lm)。依據國際公認制度，將波長 555nm 的單色光之發光效率定為 1，而此波長的單色光每瓦特的輻射為 683lm。並依此標準來推算出其於波長知單色光的發光曲線效率。

$$Q = \int_{t_1}^{t_2} \Phi(t) dt \quad (2.6)$$

### 2. 光強度(Luminous Intensity)

即表示光源在一定方向和範圍內發出的人眼感知強弱的物理量。以均勻發光之點光源發射的光通量除以空間的總立體角  $4\pi$ ，就是該光源平均發光強度。例如，一點光源沿某一方向的發光強度就是：沿此方向的單位立體角發出的光通量。如果光沿著  $v$  方向，取  $v$  為軸的一個立體角  $d\Omega$ ，假設  $d\Omega$  內的光通量為  $d\Phi$ ，則沿  $v$  方向

的平均發光強度為

$$I = \frac{d\Phi}{d\Omega} \quad (2.7)$$

(發)光強度的單位為燭光(cd)。

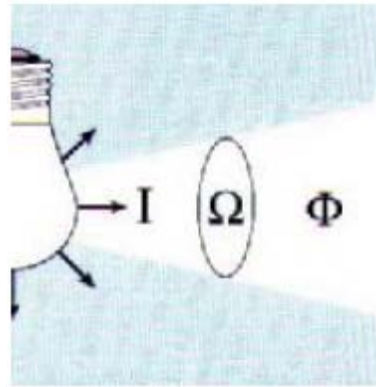


圖 9，光強度說明示意圖

### 3. 照度(Illuminance)

落在受照射物體每單位面積上的光通量稱之為照度。假設在面積 A 上的光通量為  $d\Phi$ ，則此面積上的照度為

$$E = d\Phi / A \quad (2.8)$$

對點光源而言，落在受照射物體每單位面積上的光通量稱之為照度。假設在面積 A 上的光通量為  $d\Phi$ ，則此面積上的照度為

$$E = \frac{\Phi}{A} \quad (2.9)$$

現在在半徑 r 的球中心，放置於任何方向發光強度為 I 的點光源時，該光源的光通量為  $\Phi = 4\pi I$ ，這就表示要入射於球的全內面積  $A = 4\pi r^2$ ，因此球面上所有點之照度 E 為對點光源而言，照度反比於光源到照射面的距離 r 的平方，而正比於光束的



軸線方向  $r$  與受照面的法線  $n$  間夾角的餘弦

$$E = \frac{\Phi}{A} = \frac{4\pi I}{4\pi r^2} = \frac{I}{r^2} \quad (2.10)$$

由於此，如圖所示當點光源  $L$  的某方向之發光強度為  $I$  時，於距離  $r$  處的光之方向而與其為垂直的面上  $P$  點之照度  $E$  為

$$E = \frac{I}{r^2} \quad (2.11)$$

則，照度與點光源之光點成比例，而與距離之平方成反比例。

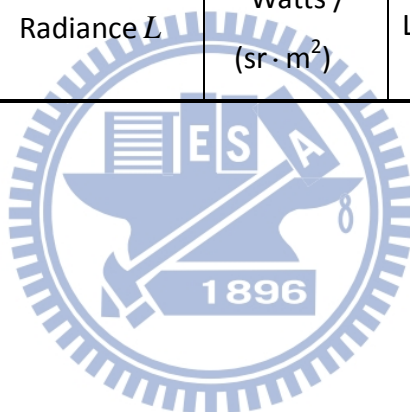
#### 4. 輝度(Luminance)

光源或是發光表面之輝度(或亮度)是指每單位面積，單位立體角，在某一方向上，自發光表面發射出的光通量，也可說是人眼所感知此光源或發光表面之明亮程度的客觀量測值。輝度的公制單位為每平方公尺的燭光值( $\text{cd}/\text{m}^2$ )，此單位過去被稱為“Nit”，或以英制的呎-朗伯( $\text{foot-lambert}$ ,  $\text{fL}$ )表示。輝度一般會隨觀察方向而變，但有某些光源如太陽、黑體、粗糙的發光面，其輝度和方向無關，這類光源叫做朗伯(Lambertian)光源。

表 1，輻度量位&光度量單位列表

定義	輻射度量(單位)		光度量(單位)	
	量符號	單位	量符號	單位
$\Phi_{(v)} = \phi_{(v)}$	Radiant flux $\Phi$	watts	Luminous flux $\Phi_v$	lumen (lm)
$E_{(v)}(x) = \frac{d\phi_{(v)}}{dA_{c(v)}}$	Irradiance $E$	watts/m <sup>2</sup>	Illuminance $E_v$	lm/m <sup>2</sup> or lux
$I_{(v)}(\theta) = \frac{d\phi_{(v)}}{d\Omega_{(v)}}$	Radiant intensity $I$	watts/sr	Luminous intensity $I_v$	lm/sr or cd
$L_{(v)}(x) = \frac{d^2\phi_{(v)}}{d\Omega_{(v)}dA_{\perp(v)}}$	Radiance $L$	Watts / (sr · m <sup>2</sup> )	Luminance $L_v$	lm/(sr · m <sup>2</sup> ), or nits

### 2.3 色彩基本原理



色度學是研究顏色度量與評價方法的一門學科，是顏色科學領域裡的一個重要部分。也是光度學的延伸。英國人牛頓(Newton)利用實驗證明，太陽白光是各種色光的集合。他通過如圖 10 所示的讓太陽光射入菱鏡的實驗證明了以下事實

1. 太陽白光可利用三菱鏡分解出成現彩虹的紅，橙，黃，綠，青，藍，紫七色光
2. 如果始分解的七色光逆向射入三菱鏡，可以得到原來的白色光。
3. 如果始分解七色光中的一種射入三菱鏡，則不能進一步分解出其他色光。

而利用三菱鏡無法再分解色的色光，稱為單色光(monochromatic light)，太陽光可以被視為所有單色光的集合。將白光分解為單色光後，並按照波長順序排列即形成光譜(Spectrum)，而可見光的波長與其顏色的對應關係，如圖 11 所示。

探討光進入人眼後，會引起視感覺。外界的光輻射作用於人的眼睛產生顏色感知，因此物體的顏色既決定於外界的刺激，又決定於人眼的視覺特性。顏色的測量和標定應符合人眼的觀測結果。然而，不同觀測者對顏色的感知特性多少是有些差異的，因此須根據許多觀測者對顏色的視覺實驗，確定一組為匹配等能量光譜所需的三原色數據，即“標準色度觀測者光譜三刺激值”，以此代表人眼的平均視覺特性，並用於色度計算及標定顏色。如圖 12 所示 CIE1931 標準色度觀測者光譜三刺激值頻譜。

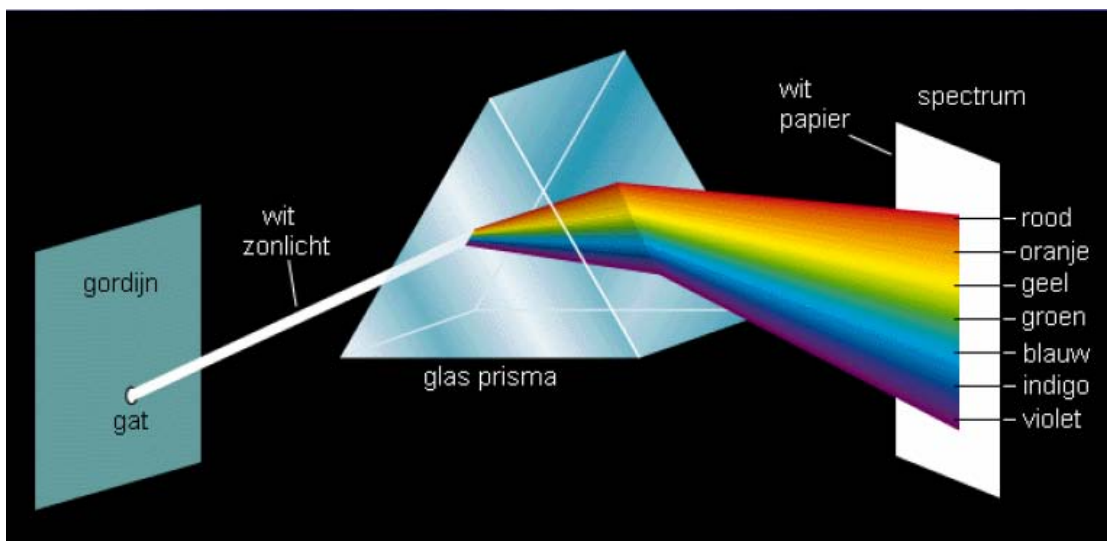


圖 10，牛頓三菱鏡分光實驗

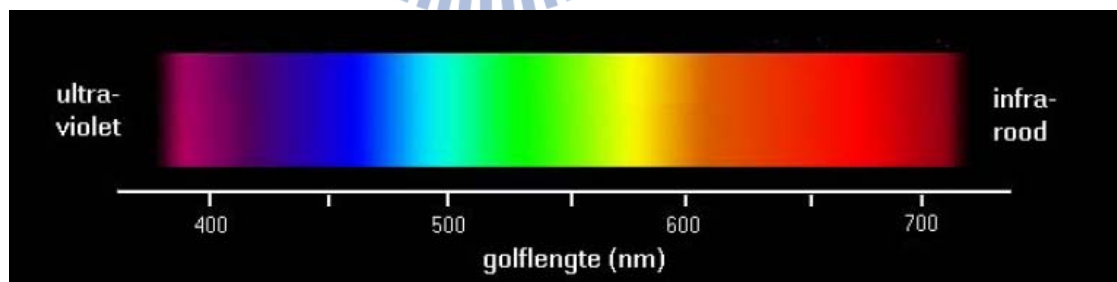


圖 11，可見光波長和顏色的對應關係

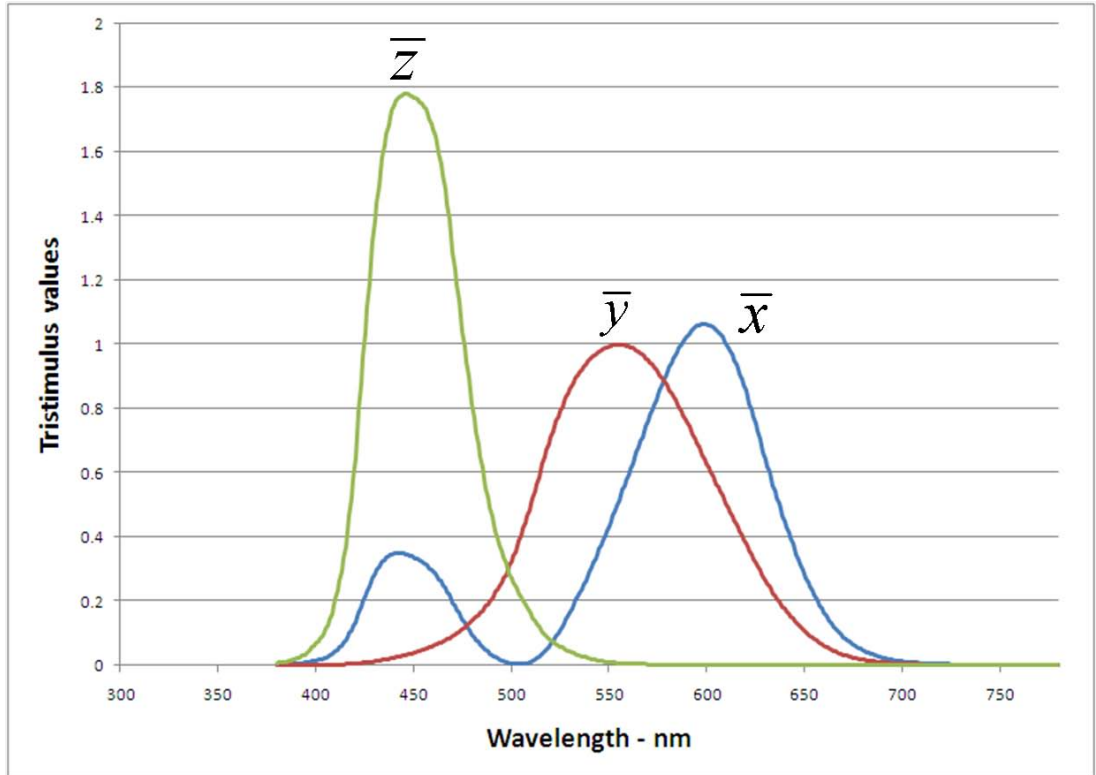


圖 12，標準色度(CIE-1931)觀測者光譜三刺激值-光譜圖

### CIE1931 標準表色系統

國家照明委員會(CIE)在 1931 定義標準配色函數，紅、綠、藍波長分別為 700nm、546nm、435.8nm，以光度量為單位以 1:4.6:0.06 的比例混色，定為標準白光。此後更制訂出 XYZ 色度圖，但因三維色度圖於顯示上有許多不便之處，進而求出 XYZ 色彩空間中的單位平面  $X+Y+Z=1$ ，和色相量(X、Y、Z)的焦點。根據 2.12 式簡化為二維座標。

$$x = \frac{X}{X + Y + Z}$$

$$y = \frac{Y}{X + Y + Z}$$

$$z = \frac{Z}{X + Y + Z}$$

(2.12)

由圖 13，CIE1931 色度圖中可見，這個圖形類似一個馬蹄形。馬蹄形線上的各點代表波長從 380nm(紫色)到 780nm(紅色)之間所有的單色光。藍光波段在圖的左下角綠色波段在圖的左上角，紅色波段在圖的右下角。各個波長的連線稱之光譜軌跡 (Spectrum locus)，這些波長被稱為主波長。在馬蹄形內的顏色包括了一切在物理上能實現的顏色。

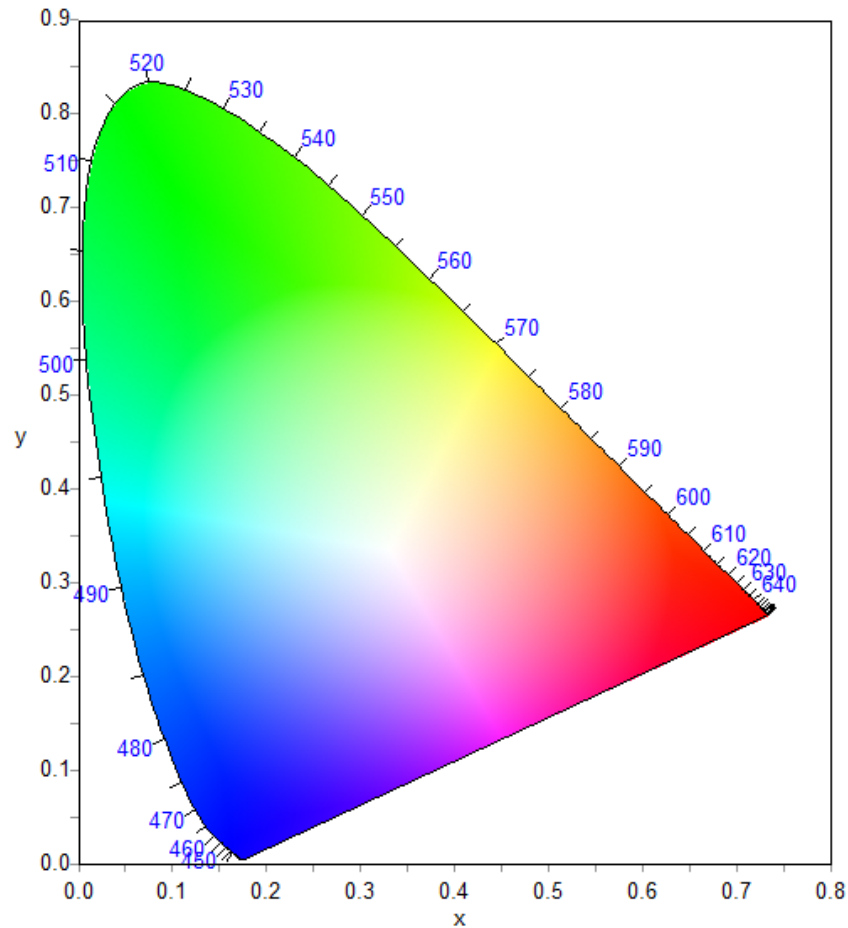


圖 13，色度圖 CIE-1931

三刺激值和 CIE1931(x, y)的關係如下式

$$\begin{aligned}
 X &= \frac{x}{y}L \\
 Y &= L \\
 Z &= \frac{1-x-y}{y}L
 \end{aligned}
 \tag{2.13}$$

## 色差

在 CIE 色度圖上每一點都代表一個確定的顏色。但對人眼來說，當顏色的座標位置變化很小時，無法感覺其變化，從而認定是原來的顏色。由此可見，每一顏色雖然在色度圖上佔一個點的位置，但對視覺來說，它實際上是一個範圍，就稱為顏色的寬容量。如圖 14 所示，麥克爾當橢圓即表示再不同位置上顏色的寬容量的大小與長軸方向都不同，藍色部分的寬容量最小，當座標值略有變化時視覺就能察覺出顏色的變化，而綠色部分的寬容量最大。在色度圖上端的寬容量橢圓的長軸與 y 軸座標方向近乎一致，而下端則與 x 軸較為接近。沿長軸方向座標值要有較大變化視覺才能感覺到顏色的變化，而沿短軸則反之。從此點來看 CIE-1931 色度圖並非理想色度圖，因為圖上的色度空間在視覺上是不均勻的，它不能反應顏色的視覺效果。

因此 CIE 於 1976 年推薦了 CIE-1976 Lu',v' 均等化之色度空間，把 u',v' 當作直角坐標所形成的色度圖。並可藉由色度座標 x,y 或是三原色色度值 XYZ 代入 2.14 求得

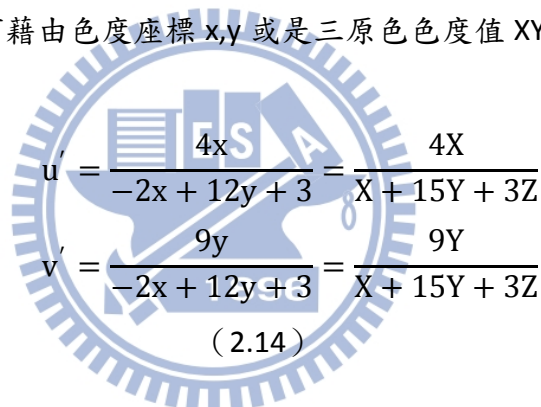

$$\begin{aligned}u' &= \frac{4x}{-2x + 12y + 3} = \frac{4X}{X + 15Y + 3Z} \\v' &= \frac{9y}{-2x + 12y + 3} = \frac{9Y}{X + 15Y + 3Z}\end{aligned}\quad (2.14)$$

圖 15 所示，將麥克爾當橢圓變換在 u',v' 色度圖上的結果。雖然均等色度圖還不是很完整，但已有相當程度的改善了 CIE-1931 xy 色度圖的不均等性。2-15 式列出在色度圖兩點之間的色差計算公式，以  $\Delta u',v'$  來表示。

$$\Delta u'v' = \sqrt{(u' - u_0')^2 + (v' - v_0')^2} \quad (2.15)$$

依據 TCO03 規範第三版，其定義了平面顯示器於畫面上最大容許色差為  $\Delta u',v'$  低於 0.01。但是當  $\Delta u',v'$  在低於 0.005 的範圍內，人眼較不容易察覺色彩的差異。並以此目標作為此次色彩分析的標準。〔3〕

## 2.4 RGB LED 背光模組的色彩飽和度

色彩飽和度 (Color Gamut)，代表顯示器色彩的鮮豔程度，以及反映能夠還原色彩的範圍。而色彩優劣之定義採用美國國家電視標準委員會(National Television System Committee, NTSC 規範)於 1953 年根據當時的映像管(CRT)的螢光粉技術定義了 RGB 三原色的 x,y 色度值，如表 2-2 所示。

表 2，顯示器色彩空間標準列表 [4]

Color Space	Gamut	White Point	Primaries					
			X <sub>R</sub>	Y <sub>R</sub>	X <sub>G</sub>	Y <sub>G</sub>	X <sub>B</sub>	Y <sub>B</sub>
NTSC 1953	CRT	III.C	0.67	0.33	0.21	0.71	0.14	0.08
NTSC 1979	CRT	D65	0.63	0.34	0.21	0.71	0.14	0.08
sRGB, HDTV (ITU-R BT.709-3)	CRT	D65	0.64	0.33	0.3	0.6	0.15	0.06
Adobe RGB 98	CRT	D65	0.64	0.34	0.21	0.71	0.15	0.06

液晶顯示器的色彩飽和度高低，是由背光源和液晶面板上的 R/G/B 子像素所決定的。假定在相同的子像素上，當光源的顏色越鮮艷，那麼顯示器可以還原的顏色範圍就更廣。如圖 16 所示。譬如使用 R/G/B 三色發光二極體混合成白光，即可提升色彩表現範圍達到 NTSC 所規範的 105%。尤其以在紅、綠兩種顏色的表現是更加出色的，如圖 17 所示。

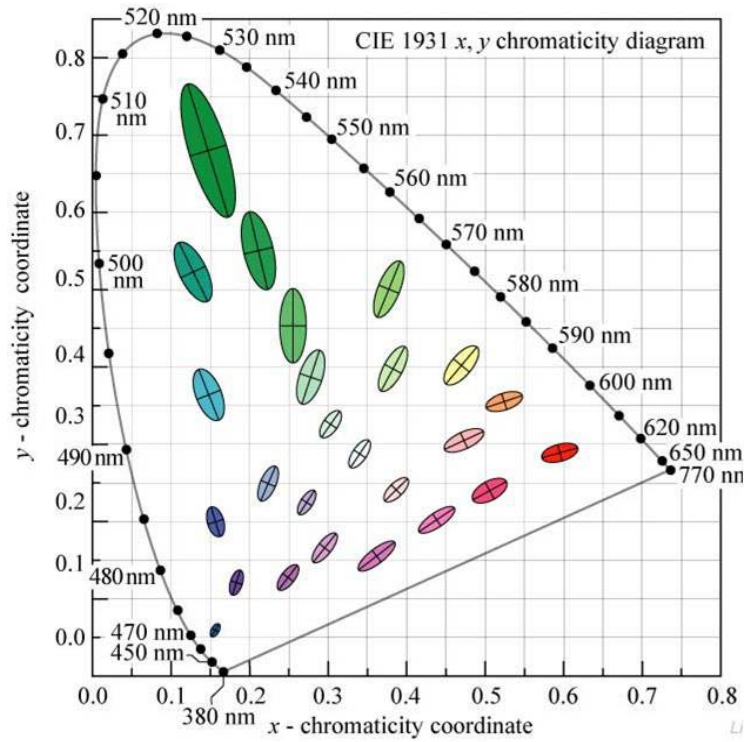


圖 14，CIE1931 色度圖與麥克爾當橢圓

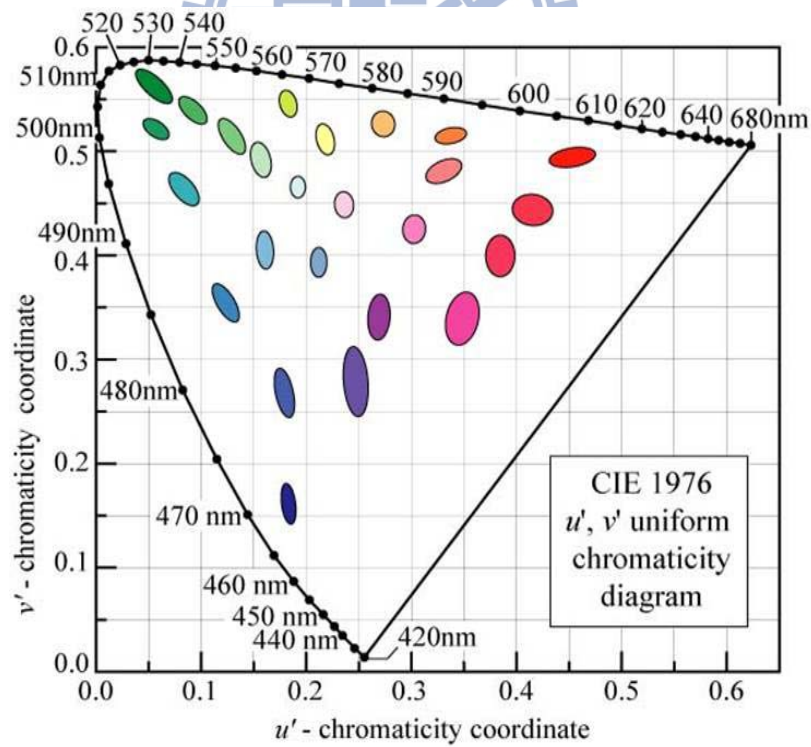


圖 15，CIE1976 色度圖與麥克爾當橢圓



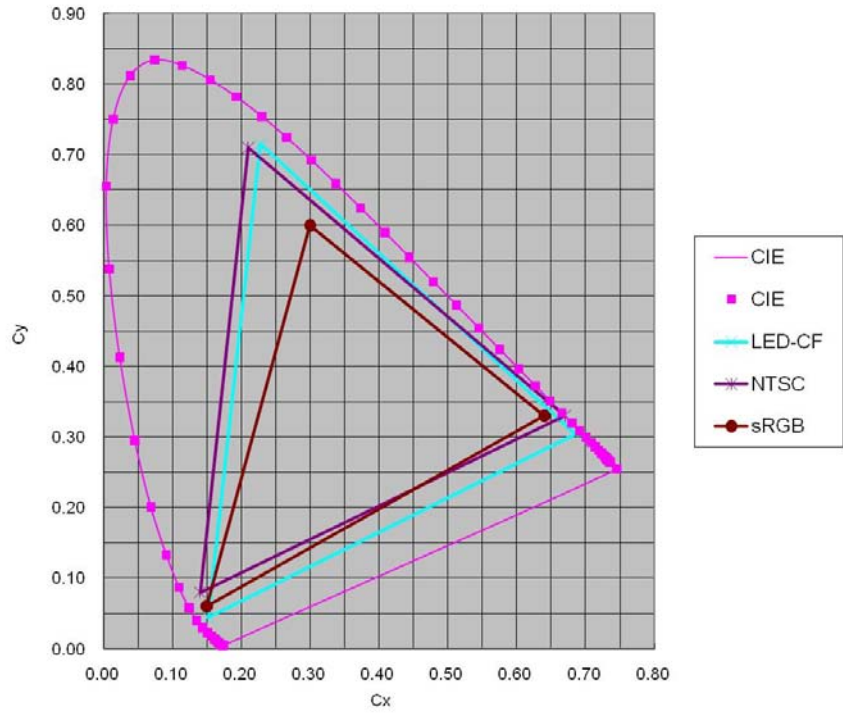


圖 16，高色彩飽和度顯示器的色度圖

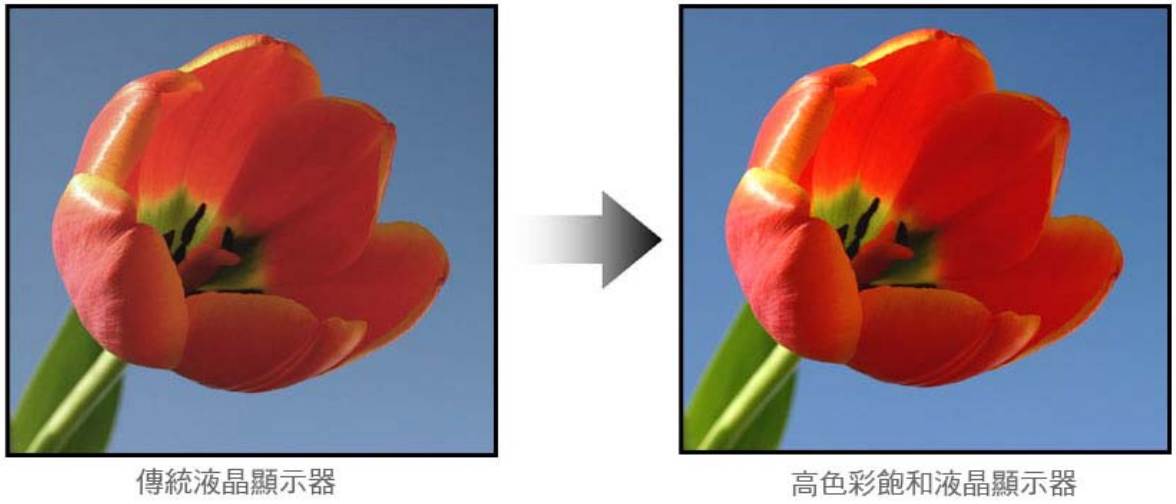


圖 17，高色彩飽和度示意圖

參考來源：奇美電子〔5〕

# 第三章 光學設計與模擬

由於傳統直下式 LED 背光模組問題在於 LED 矩陣排列方式，造成 LED 使用數量過多。所以本章節將說明如何藉由 ASAP 光學模擬軟體，建立廣視角 LED 之光源模組和 32 吋直下式背光模組以減少 LED 的使用數量的可行性。

## 3.1 光學模擬軟體說明

市面上有非常多種的光學設計軟體，如 CODEV、OSLO、ZEMAX、ASAP 和 TracePro 等等，每一種程式皆有所專精的工作領域，需要依照不同之設機或分析需求來搭配使用。

本論文所選的是 ASAP 此套模擬軟體，而 ASAP 及傳統透鏡軟體間的不同之處是在於，雖然傳統光學透鏡設計軟體也使用光線追跡。但，傳統透鏡設計軟體的主要功能是評估光學系統參數的組合-例如光學玻璃之種類、厚度、表面曲率-根據使用者定義的判斷式或評價函數，產生一個最佳的系統組態解。當這些光束被限制且一個曲面接著一個曲面，按照預先排定的順序，序列的通過光學系統的每一元件時，使得函數可以有效率的尋求最佳解。這種處理過程，允許快速評估許多光學系統組態。這種由透鏡設計程式執行的分析，需要發展最初系統的規格，通常假設理想光學表面。傳統透鏡設計軟體忽略了 Fresnel 損失、多重反射、散射光、繞射及其他非理想或複雜的光學行為。但是 ASAP 能夠作一個基礎光學設計。包含上述效應，如同對一個“已建立的”光機系統完成一個較佳的預測的表現。

ASAP 基本上是一具有彈性及效率之光學系統模型化的工具，它可以利用蒙地卡羅光線追跡的技術光-機結構間的模擬，它可以不必假設系統之對稱性，做單軸、全域、三維坐標的模擬。當光束穿越整個光學系統，光束可以自動地分裂為反射，折射，繞射，偏振光及散射的分量，當這束光穿越整個系統，光束可以包含物體任意的次序，獨立的根據物理可實施之路徑行進。這類的光線追跡一般稱為“無限制的”或“非序列的”。所以 ASAP 所做的就是一個仿真模擬。根據真實光線在真實世界裡的路徑。〔6〕

因為使用者可以軟體操作流程簡便。而且與一般光學模擬軟不同的地方在其主要功能並非單純的設計光學系統，而是用來分析光學系統，是專為模擬真實成像或光源照明的應用情況所設計的，所以可更真實的重建所要模擬的光學軟體。ASAP 除了可以利用軟體內建的指令建立光學系統外，可以輸入其他光學軟體所建立的光學系統，進而分析。而且 ASAP 提供了數種內建光源形式，可以簡單的設定直線光學，也可建立發散光源等形勢。

這一套軟體是在 1982 年問世，最早是由 Greynold 所撰寫。現在則由 Breault Research Organization 的研究群持續發展相關進階功能。目前最新版本是 2008，可以對光纖、光電顯示器、投影機、照相機系統、望遠鏡系統和照明系統等各領域光電產品進行模擬分析

## ASAP 模擬步驟流程

### 1. 建立光學系統模型

首先要定義所要模擬之光學系統其相關光學參數，比如定義光學系統設定：單位，波長；光學材料及鍍層：折射率，定義反射與穿透係數；對光學系統內架構內的每一面(物件)定義幾何形狀，並指定每一面(物件)之光學特性，且將每一物件平移或旋轉到所想要的位置及方向。最後，當物件被架構完成後，圖像化來確認每一物件的形狀、位置及方向如其被設計建造。

### 2. 建立光源(光線)模組

當檢視光學模組無誤後，其後便是設定所需的光學型態。並定義光源於三維座標內，每一光源(線)的起始位置、方向和光源(線)的光通量。光源的定義非常重要，因其將會深深影響分析結果之差異。

軟體內提供四種方式建立光學

1. 格子光源被用來模擬點光源及平行光（點光源在無窮遠）。
2. Emitters 發光體允許我們來模擬非同調性的擴展光源。  
以上兩種光源都允許設定光通量來符合觀察數據。對於光源的製造商，及其它實驗室的適當量測儀器，提供基本的圖像強度分佈是很平常的。你可以修飾基本 ASAP 光源，所以他們可以重建觀察到的光強度分佈，這個過程稱作光線的 apodization。
3. BRO 光源資料庫包含弧光燈源、發光二極體、冷陰極管及通常用在汽車照明的白熾燈光源。
4. 自訂的光線可以文字的方式輸入。如果你有一個外部的程式可產生適當的光源集合，直接以文字檔讀入這些光源是輕鬆方便的方法。

### 3. 光線追跡

當前面兩個步驟接完成後，即可對此光學系統進行模擬，也就是進行光線追跡。

### 4. 光學系統分析

當光線追跡完畢後，緊接便是選擇所要觀測面、並分析其數據，如光通量、發光強度、照度和輝度等。

我們藉由將上述建立光學模型的四個步驟流程化，如圖 18 所示。以提醒在模型建立過程，能謹慎確認所有的參數。

另，說明在 ASAP 語法中，三個使用的重要指令「Immerse」、「Fresnel Average」和「Split」。接下來的模擬，將使用 ASAP「Immerse」、「Fresnel Average」和「Split」指令使得計算追跡光線時，自動依據 Fresnel 公式計算射光的光通量，並使得到的光照度更加準確。

#### 「Immerse」指令

這個指令在定義的光源所在的介質，預設內訂的Air空氣介質。如圖19所示，我們使用一個範例來顯示當光線自折射率為1.5 的玻璃發出，當入射角超過臨界角ASAP 能夠由全反射 (TIR)，正確地反射光線。

#### 「Fresnel Average」指令

ASAP在幾何光學中將反射率取在S極化和P極化的中間值，做為ASAP在計算反射光線的光通量。

#### 「Split」指令

在計算光均勻度時，我們會使用Split指令，由圖20，可以了解使用「Split」指令用來控制ASAP 產生的子光線 (child rays) 的代的數目(number of generation)，假設一條光線時(在此稱為父代光線 Parent Rays)，能夠連續的分裂無限多的次數，但是假如SPLIT 設定為1，則子代光線child rays 不能再分裂。反射時，第一次反射光為Split 1，第二次反射光為Split 2，以此類推。



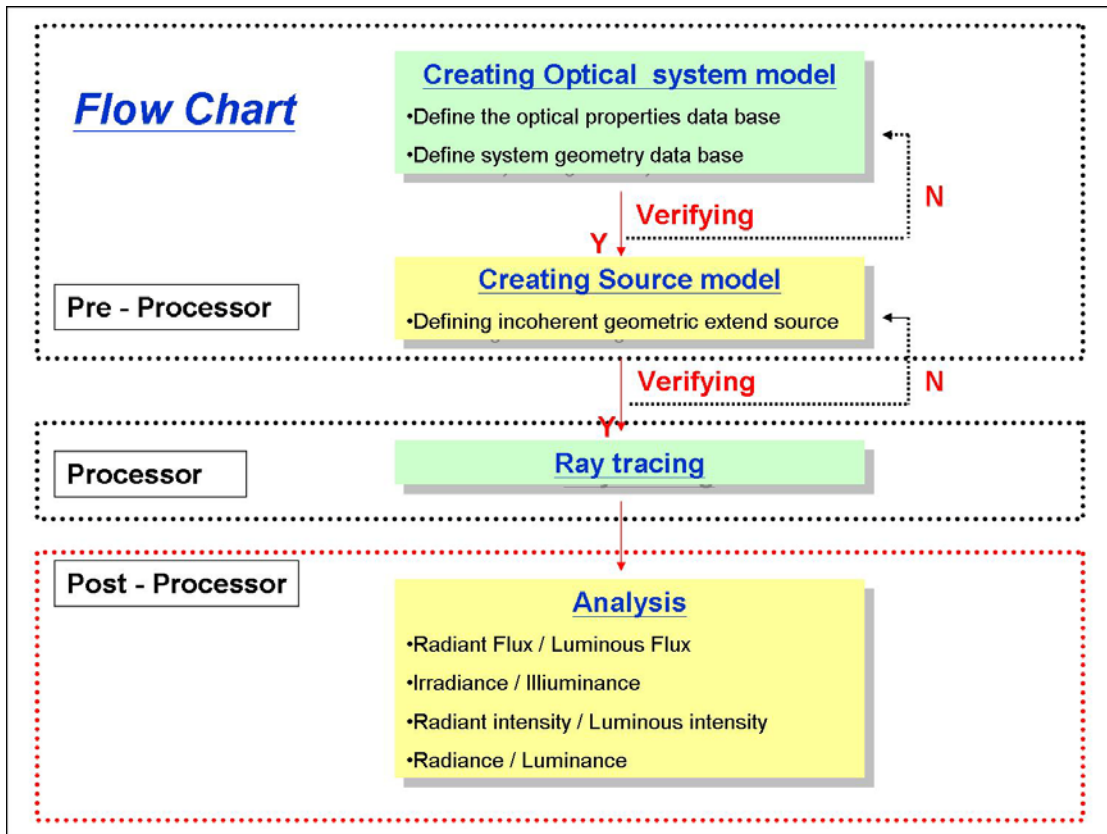


圖18，軟體ASAP模擬流程架構圖

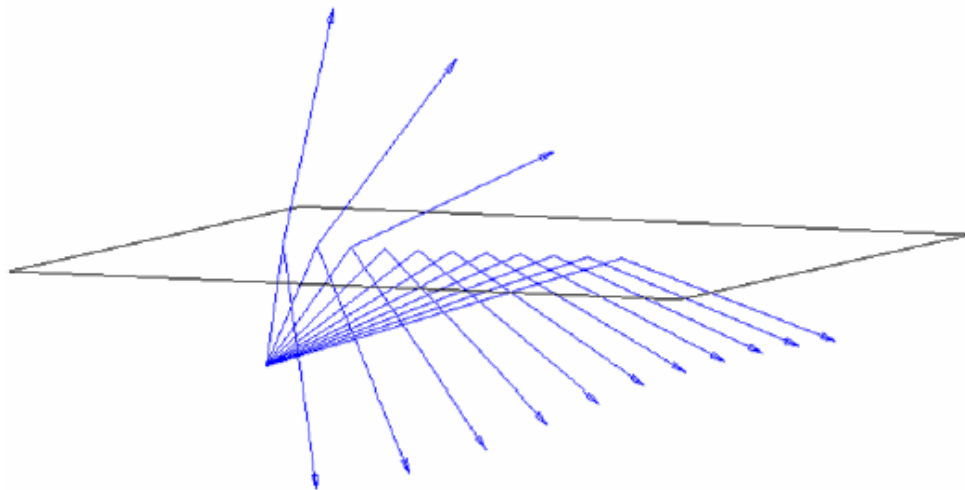
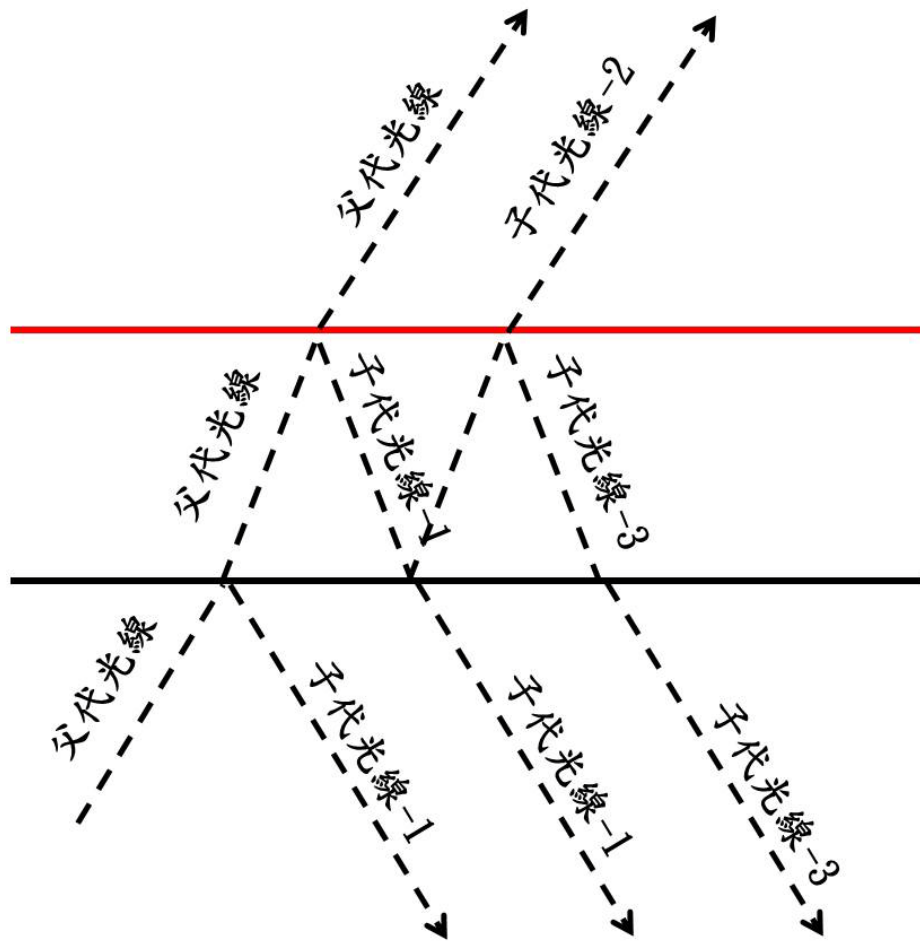


圖 19，軟體 ASAP 藉由全反射，正確的反射光線



1896  
圖20，父代，子代光線

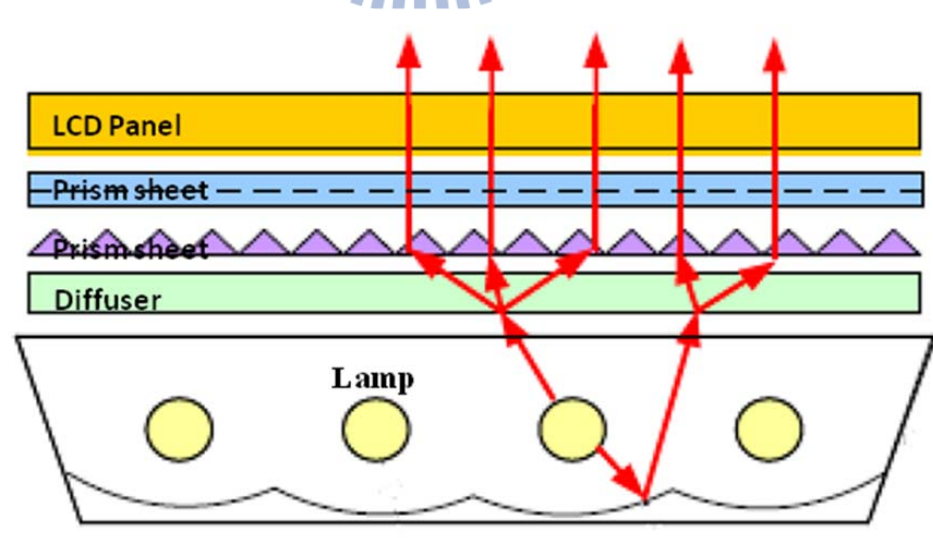


圖 21，直下式背光模組結構

## 3.2 R,G,B LED 直下背光模組光學模型

直下式(Direct-Lighting)結構，如圖21。適用於TV大型尺寸背光模組，燈源為自發性光源: 例如燈管，發光二極體等，光源發出光經反射片反射後，向上經擴散板均勻分散後正面射出，優點為高輝度、良好的出光視角，光利用率高、結構簡易化。

### 3.2.1 矩陣排列的 LED 直下背光模組

一般 LED 的發光強度在空間分佈為 Lambertian (朗柏)輻射模式其發光角度約 120 度，如圖 22 所示。所以發光二極體擺設的間距就不能太遠，否則人眼很容易辨識出畫面上有許多不同的明暗區塊。如圖 23 所示，為常見傳統發光二極體矩陣排列方式，其發光二極體選擇有二，1.多色多晶片發光二極體；2.單色單晶片發光二極體。

## 模擬廣視角 LED 背光模組各元件選擇和設定

### 3.2.2 LED 參數設定

在直下式背光模組系統設計中，為減少 LED 使用數量以及降低光學腔體的厚度。所以選擇 OSRAM 在 2005 年已經發售的廣視角 LED( Golden DRAGON ARGUS ; GD-Argus)。如圖 24 所示，此 LED 發光強度在空間的分佈有 160 度，相較傳統 LED 具有更廣的發光角度。〔7〕

選擇廣視角(Wide View Angle) LED 是因應大型顯示器薄型化以及減少 LED 使用數量之考量。另排除現有白光 LED 轉而選擇 R,G,B LED 為模擬對象，是因應未來對大型顯示器的需求高色彩飽和度是一個指標性的規格。

首先利用 ASAP 建立出 LED 的立體外型，模擬時我們設定每個波長的 LED 光線追跡數目為十萬條。GD-Argus LED 在 ASAP 軟體內的光線追跡，如圖 25 所示。LED 在 ASAP 軟體內的強度分佈，如圖 26 所示。現在市面上各家知名 LED 供應商，都在網路上公布各產品的 Ray Files 並適用各個不同版本的光學模擬軟體，故對於系統設計者，在 LED 選擇上可以迅速且彈性的做出對應，以縮短產品開發時程。

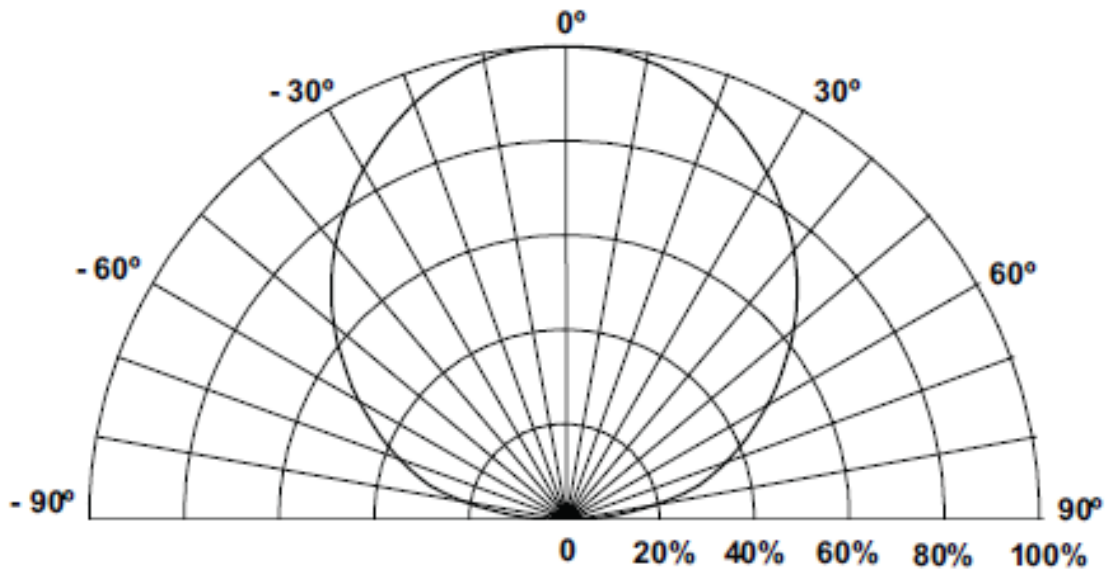


圖 22，傳統 Lambertian LED 發光強度在空間的分佈

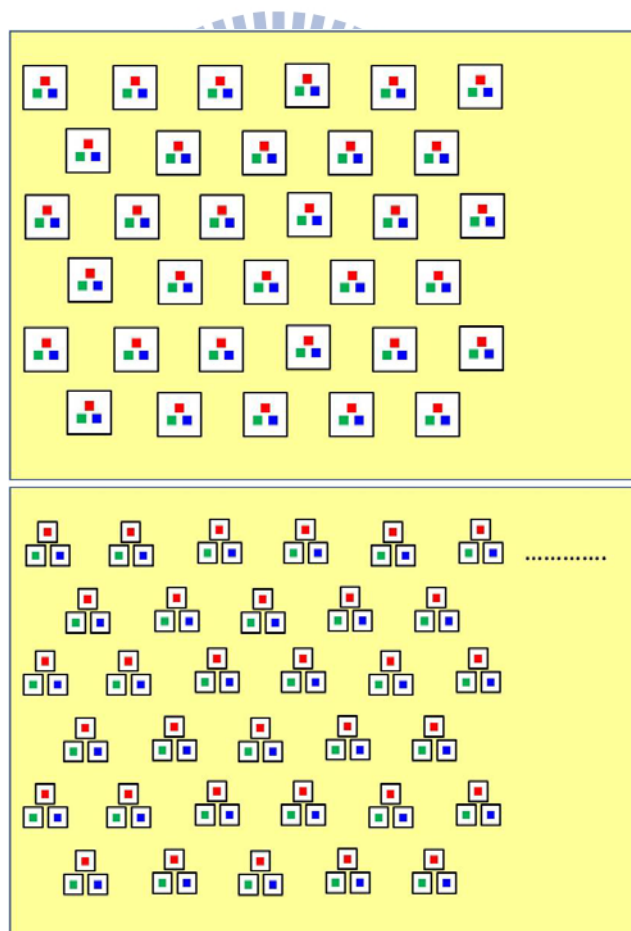


圖 23，傳統 RGB 發光二極體矩陣式排列方式



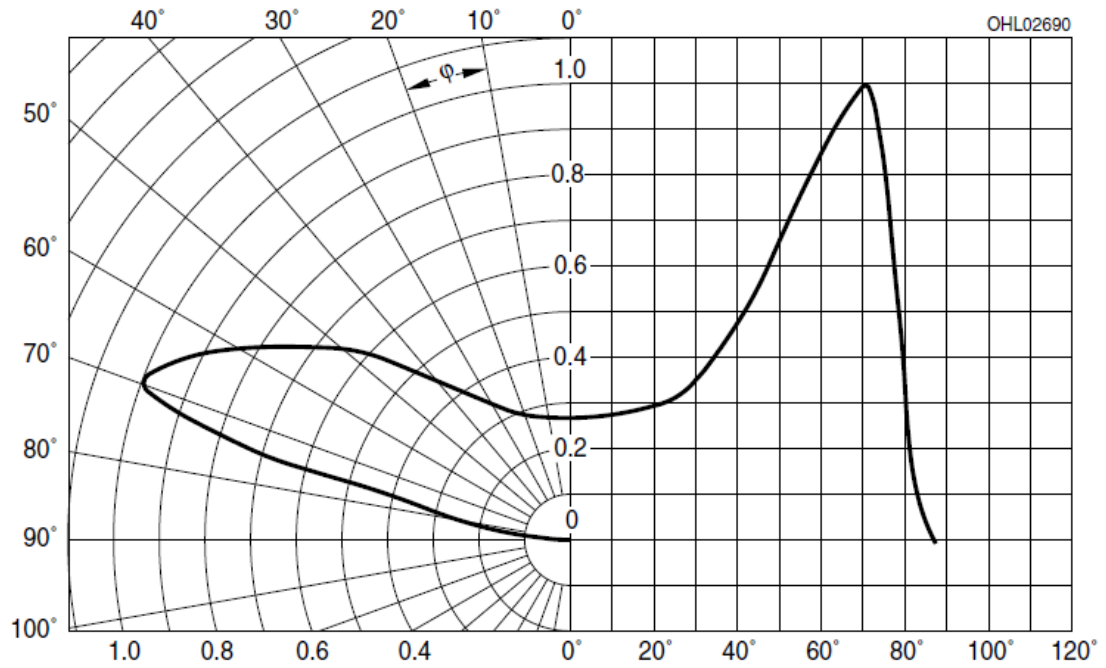


圖 24，廣視角 GD-Argues LED 發光強度在空間的分佈

資料來源：德商 OSRAM 光電半導體公司 [7]

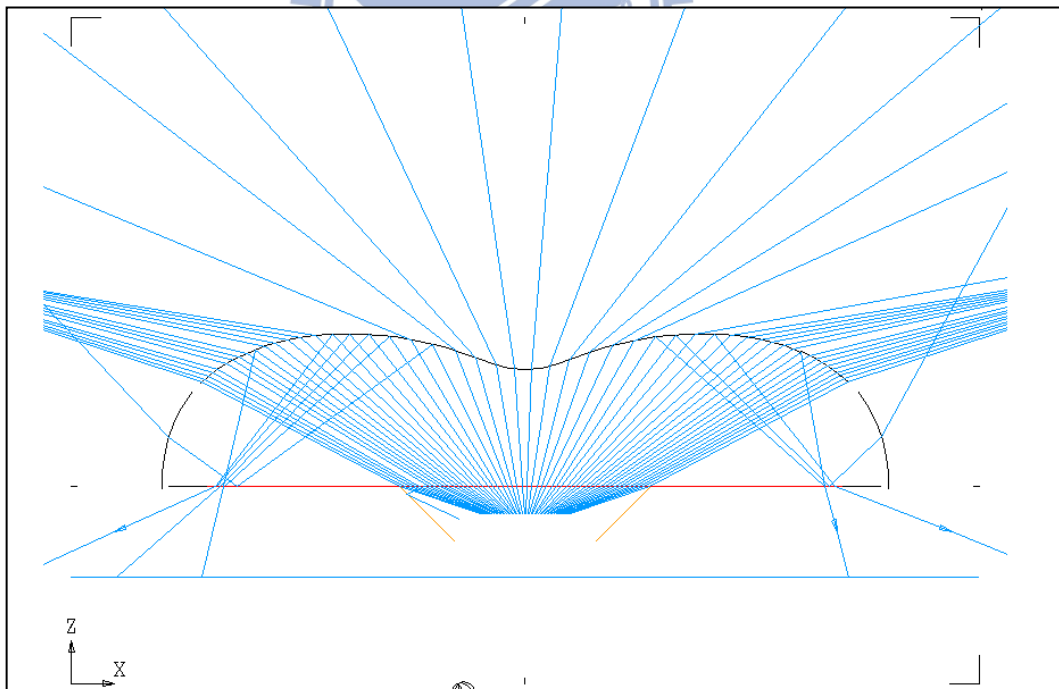


圖 25，廣視角 GD-Argues LED 在 ASAP 軟體內的光線追跡圖

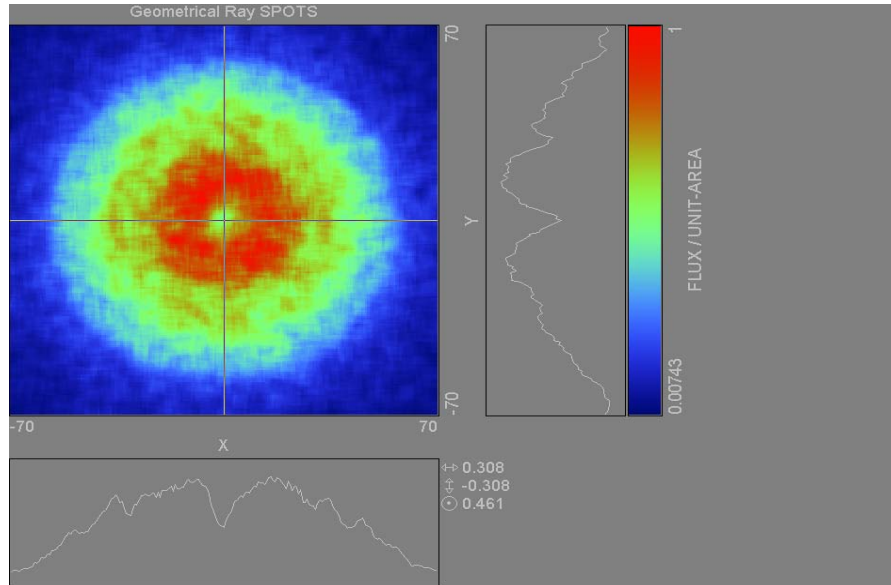


圖 26，廣視角 GD-Argus LED 在 ASAP 軟體內的強度分佈

### 3.2.3 白反射片

白反射片的材質是 PET (Polyethylene terephthalate，聚對苯二甲酸乙二酯)，且反射率接近 98%，吸收 2.5%。並給予面散射特性，使光線有不規則的反射效果。

### 3.2.4 觀測面

我們在直下式背光模組的出光面，亦即為整個模組的上方，擺放一個能夠百分之百吸收的吸收面(Perfect absorption)。目的是於光線追跡完成後，我們可以利用這個觀測面作光度學的分析。進而計算背光模組的輝度和色彩均勻度

### 3.2.5 LED 模組外觀尺寸

如圖 27 所示，在此次的模擬中我們採用四顆 LED 一組(1R/2G/1B)的排列方式。如圖 28 所示，在 ASAP 光學模擬軟體內顯示，各色 LED 在模組上的排列的方式和相對位置。

### 3.2.6 背光模組外觀尺寸

表格 3.1 所示，在此次的模擬中，我們預設直下式背光模組尺寸為 32"，其外觀尺寸為 695x370x30mm (W x L x H)，LED 間距分別在 X/Y 方向為 77mm 和 78mm。燈箱的四週和底部都設定為高反射的 PET 材質特性，以進行輝度和色彩模擬分析。如圖 29，30 所示，R/G/B LED 在背光模組內的排列方式和在 ASAP 光學模擬軟體內顯示，LED 在背光模組內的排列的方式和相對位置。

表 3，背光模組外觀尺寸幾何參數

外觀尺寸 (Outline)	間距 (Pitch)	光學腔高度 (Cavity High)
695x395 mm	Pitch_X: 77 mm Pitch_Y: 78 mm	30 mm

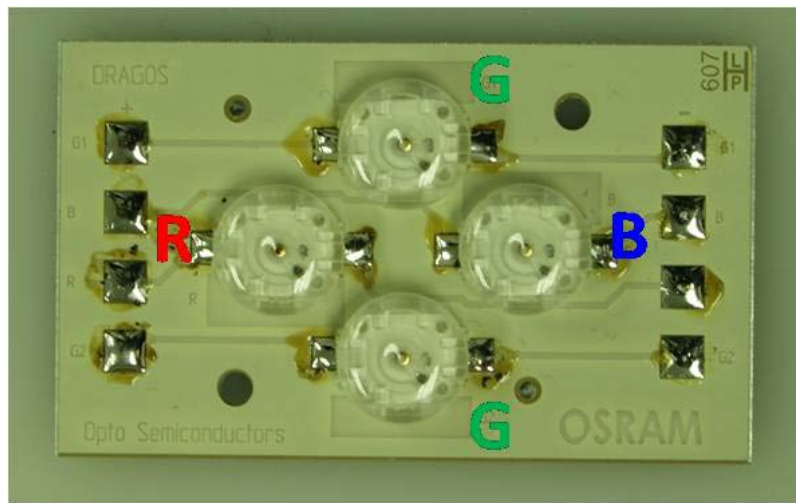


圖 27，發光二極體模組實體圖及各色 LED 排列相對位置

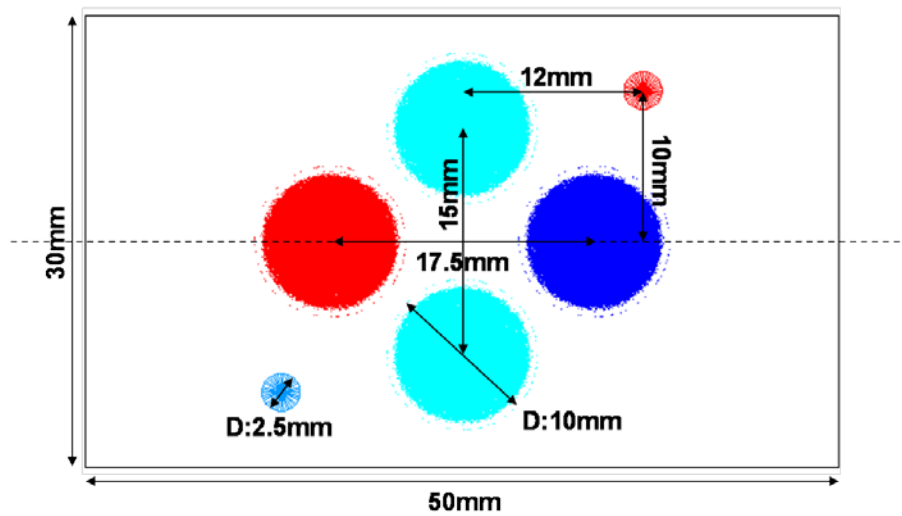


圖 28，模擬軟體 ASAP 內，R/G/B LED 排列的方式和相對位置

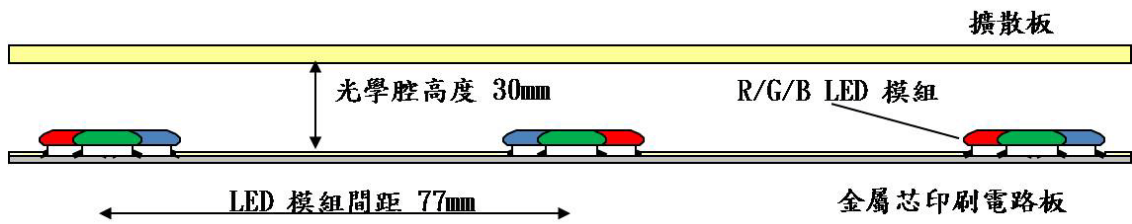


圖 29，三色發光二極體在 R/G/B LED 在背光模組內排列的方式和相對位置示意圖

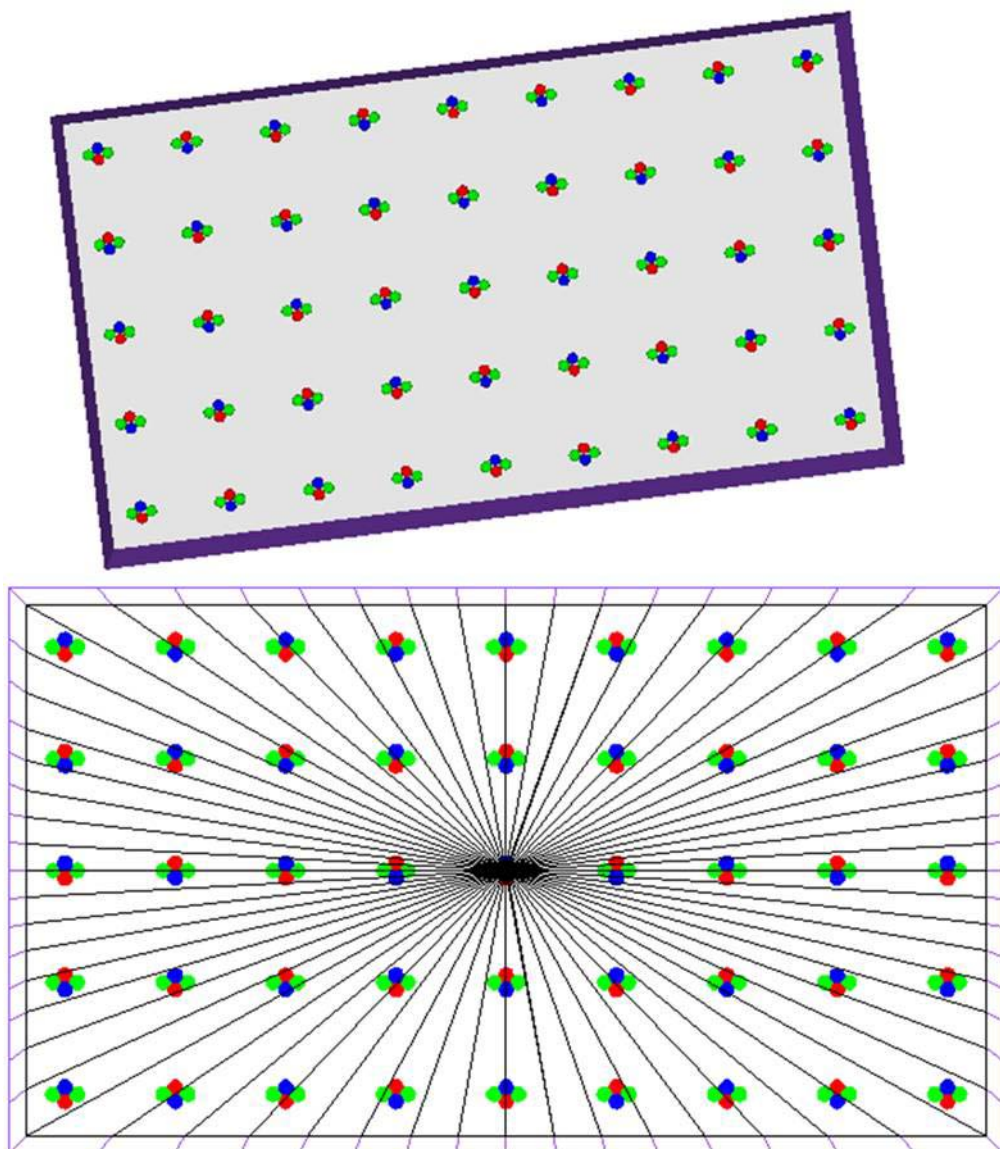


圖 30，模擬軟體內，R/G/B LED 排列的方式和相對位置

### 3.2.7 LED 特性參數

利用 ASAP 建立出背光模組的 3D 立體外型，並依照 LED 的發光特性(如表格 3.2)，依序輸入各個波長的參數特性及發光能量，模擬時我們亦設定每個波長的 LED 光線追跡數目為十萬條。

表 4，發光二極體參數

	中心波長	CIE_Cx	CIE_Cy	Lumen
RED	640	0.704	0.295	31.0
GREEN	525	0.150	0.720	42.0
BLUE	450	0.150	0.044	8



# 第四章 實驗結果

第四章中，將針對 ASAP 模擬結果對比實作結果作一分析。

## 4.1 模擬結果與討論

### 4.1.1 模擬結果：(34x20 Array)

根據光線追跡後的結果，由觀測面上進一步的分析數據。如圖 31 所示，在整個觀測面上的輝度均勻度為 89.1%。進而分析觀測面上的色度均勻度，由圖 32，可以發現在觀測面中心的色度和上下左右四週有著比較大的差異，也就是畫面的色均勻度不好。另外也利用 ASAP 將觀察面上的混色結果直接轉為直觀的色彩圖，如圖 33 所示。總和前述模擬結果發現兩個現象存在，1. 觀測面中心和四個邊側的顏色差異大，2. 觀測面上的色彩呈現週期性排列。並推論可能的原因

#### 1. 觀測面中心和四個邊側的顏色差異大：

比對觀測面四個角落的顏色分佈恰巧與 LED 的擺放位置有相關性。如模組中 LED 於左上，右上兩個角落分別是置放 BLUE LED，從觀測面上混色模擬結果及偏藍色；於左下，右下兩個角落分別是置放 RED LED，從觀測面上混色模擬結果及偏紅色。

#### 2. 觀測面上的混色表現呈現週期性排列：

因為在光學模擬軟體中，每個 R/G/B LED 的波長都是一樣。所以在光線追跡後的會有週期性的表現。但是在實際情況中因每個 LED 波長產出分佈都不盡相同，應可避免這個問題產生。

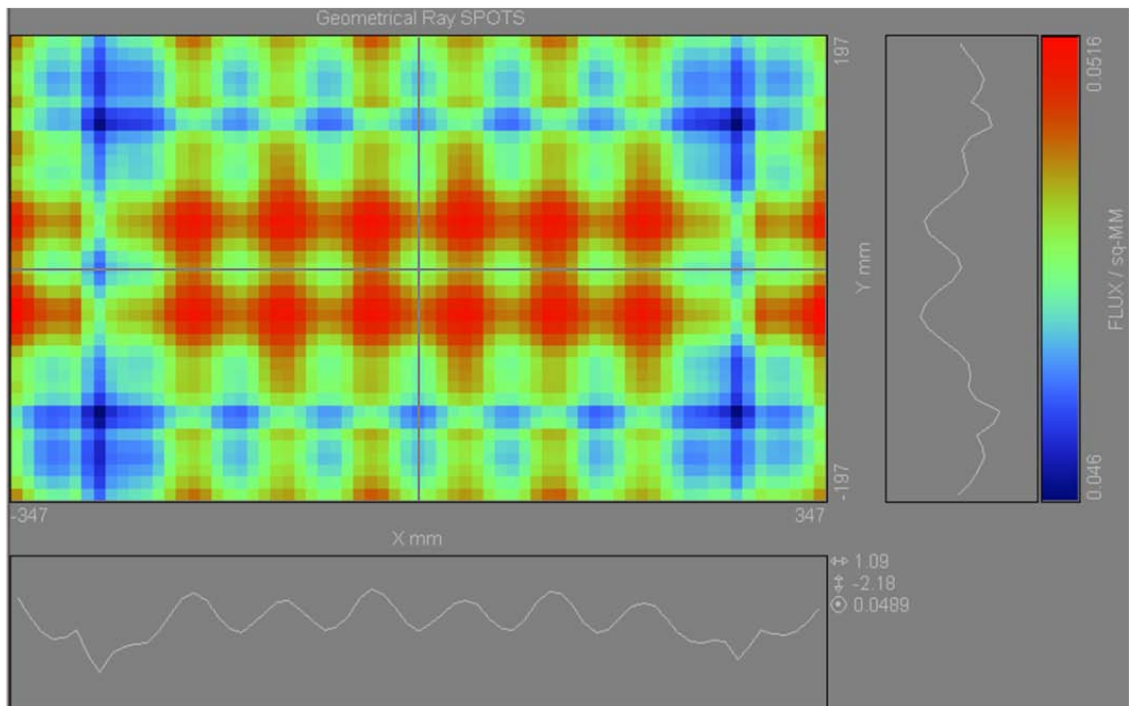


圖 31，模擬觀測面的輝度均勻度分佈圖

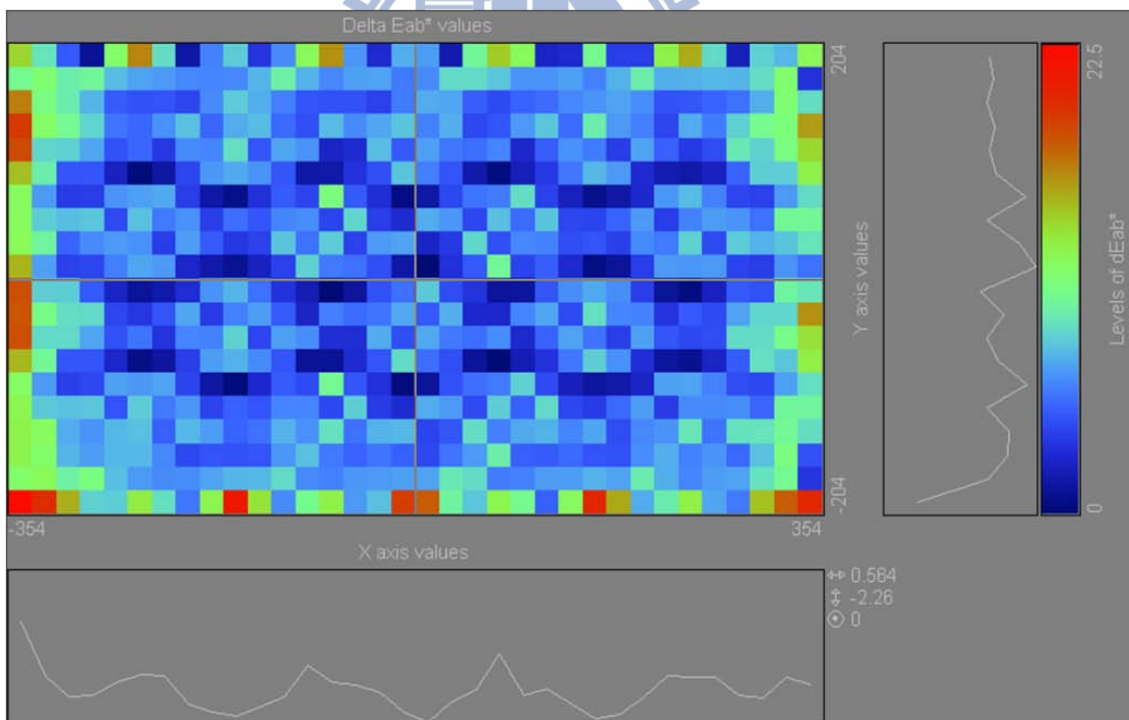


圖 32，模擬觀測面的色度均勻度分佈圖



圖33，觀察面的混色模擬結果

#### 4.1.2 量測架構介紹

背光模組測試設備示意，如圖 34 所示。測試點一般來說最常用分為量測螢幕上特定 9 點及 81 點的輝度，在 9 個量測點的定義方法，將所欲量平面範圍畫分，依序將長(L)寬(W)各分為 1/10L、1/10W、1/2L、1/2W、9/10L、9/10W，取其連線交點即為測量點。81 個測試點的定義方法，將其發光面發區分為 9×9 等份，形成 81 點量測點。對於大尺寸顯示器均勻度的規範大致上是以均勻度>70%，此為人眼可接受的光均勻度。

量測背光模組的的條件

- 1:環境溫度: $25^{\circ}\pm 3^{\circ}$ 。
- 2:環境濕度: $50\pm 25RH$ 。
- 3:環境照度 10lux 無風。
- 4:背光模組點燈 10 分鐘以後測試
- 5:輝度計量測背光模組時，須距離背光模組高度 50cm。
- 6:9pt.和 81pt.輝度均勻度: $(L_{min}/L_{max}) * 100\%$



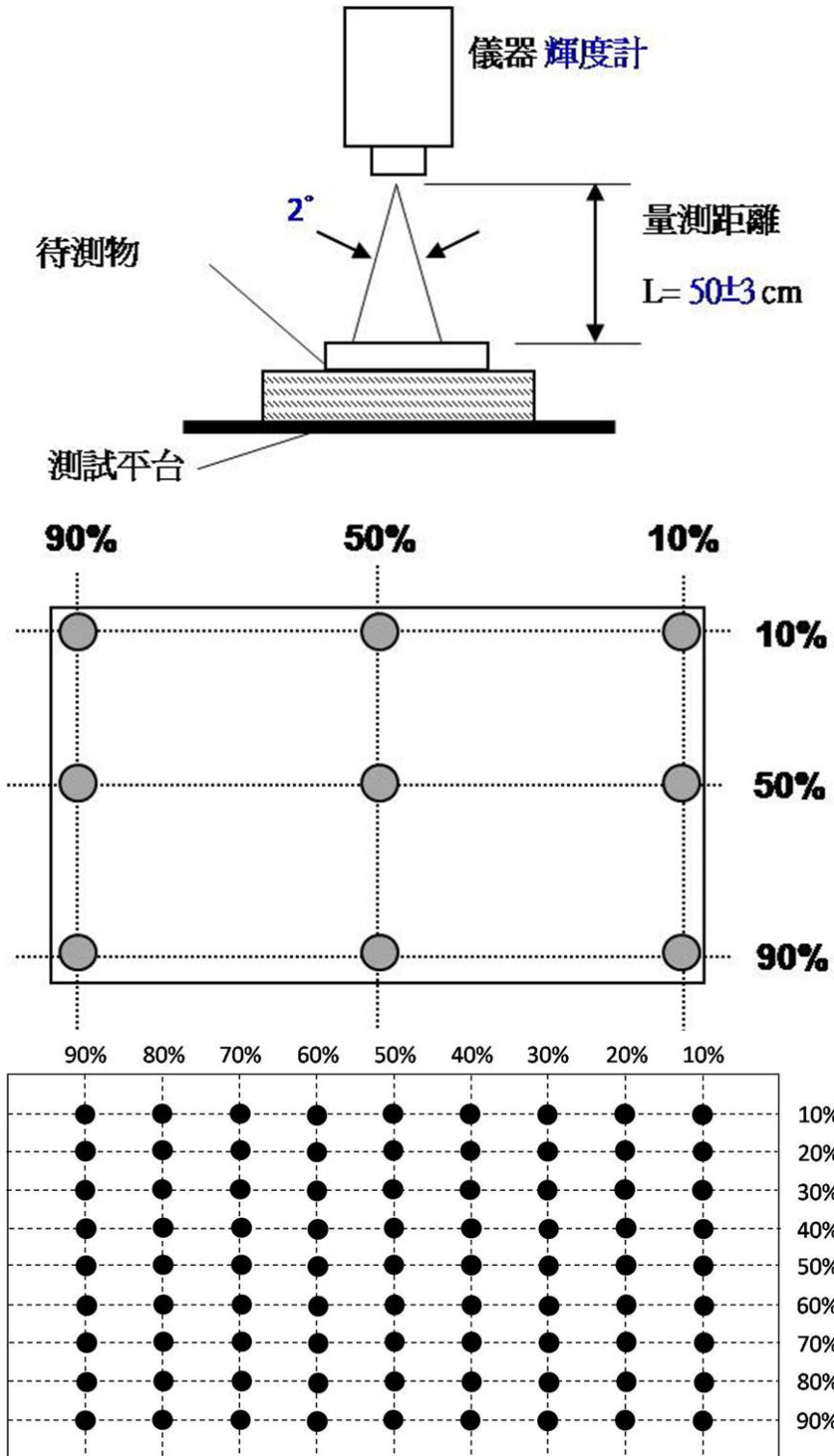


圖34，背光模組測試設備暨9個和81個量測點示意

## 4-2 量測結果

如圖 35 所示，我們對實作成品進行各色點燈測試。在小電流驅動下，我們發現部分導通電壓較高的綠色發光二極體無法點亮，這說明了發光二極體先期篩選的重要性。此次實作成品量測，如圖 36 採用 Konica Minolta CS-2000 [8] 分光放射輝度計儀器，因為此設備可以擷取背光模組光源的光譜資料，進而推估出色彩飽和度。

首先我們依照前述定義在有效發光區面量測九點輝度值，如表 5 所示，其九點的輝度均勻度為 90.8%，接近光學模擬結果 89.1%。由此結果可佐證模擬的相關參數設定近似實際樣品。

表5，實作成品輝度均勻度

5819	6017	5714
6290	6116	6073
5808	5895	5990

如圖 4-7，由實作成品觀測面的混色結果和光學模擬相若，在觀測面上方的兩個角落的顏色分佈偏藍，觀測面下方的兩個角落的顏色偏紅，應和 LED 的位置有絕對的相關性。另外也將背光模組點亮成白光/紅光/綠光/藍光四種顏色分別進行測試，如圖 4-8 所示，在畫面中央白光的色差分佈  $\Delta u'v'$  控制在 0.005 以內，符合預設的標準。分析檢測的結果以綠光的色差分佈最小， $\Delta u'v'$  控制在 0.002。其次為紅光， $\Delta u'v'$  控制在 0.004，最差為藍光， $\Delta u'v'$  控制在 0.006。

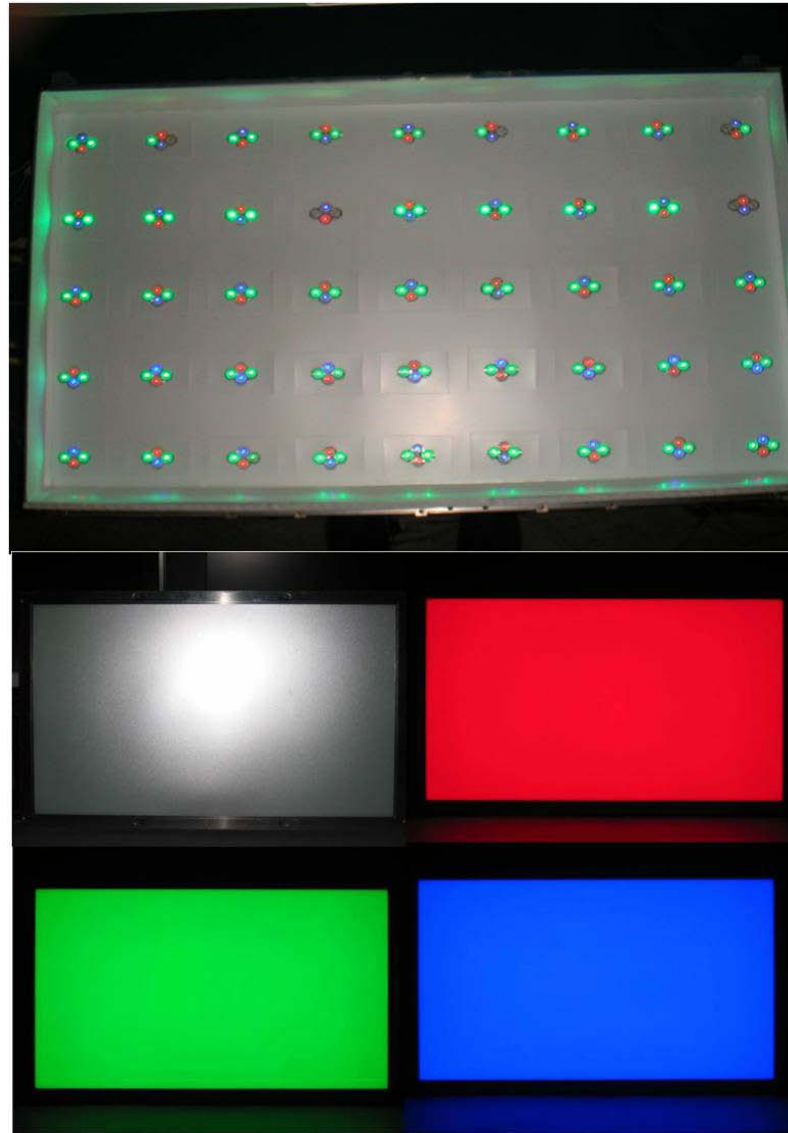


圖35，背光模組實品點燈



圖36，光放射輝度計 (CS-2000)

資料來源：日商 Konica Minolta 公司〔8〕



圖37，實作成品 觀測面混色結果

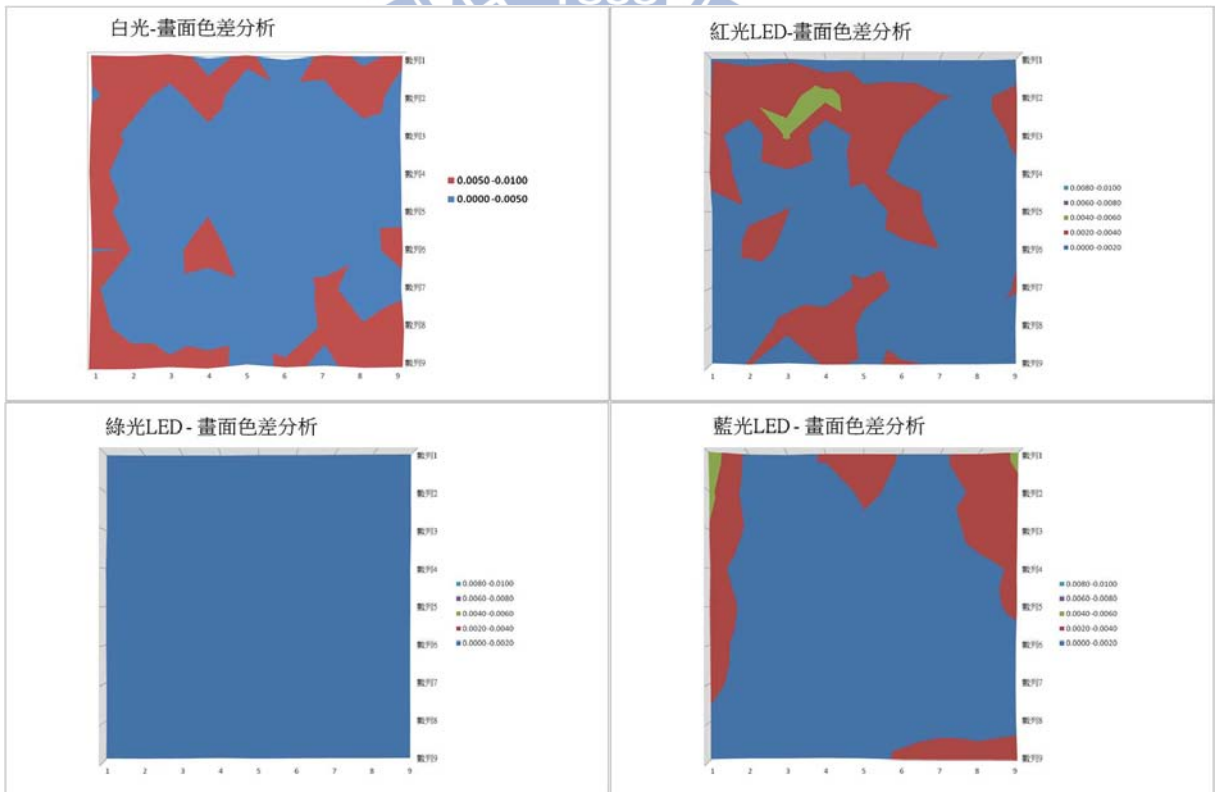


圖38，白光、紅光、綠光、藍光 畫面色差結果

#### 4-3. 改善觀測面混色結果：

在上述的結果得知，實作成品上混色結果並不理想。可以知道這是因為模組內 45 組 R/G/G/B LED 在同樣的電流下，都會有不同的色彩表現。另外在熱平衡後，每個 LED 的波長紅移現象亦不均一。為了改善畫面色不均的現象，重新對 45 組的 LED 進行量測，並將色彩表現相若的 LED 模組依序放由模組中心向外排列。如圖 39 所示，將 LED 模組重新排列後，在觀察面上的色不均現象較 LED 模組隨機排列的好上許多。

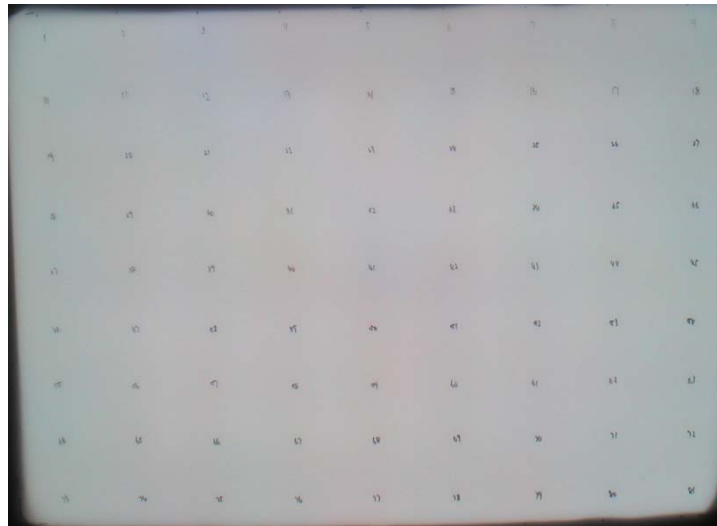


圖39，模組重新排列後，實作成品觀測面混色結果

在上面的幾個實驗中，我們比對背光模組的光學模組和實作成品的結果。藉由 ASAP 光學模擬軟體，是可以快速且正確的得到和實作成品相若的結果。

#### 4-4. 色彩飽和度評價：

透過分光放射輝度計(CS-2000)，進行實作樣品測試。同時我們得到如圖 40, R/G/B 背光模組的光譜。並搭配一彩色濾光片光譜(如圖 41 所示)進行評估色彩飽和度，相較於 NTSC 的規範，其色彩再現的範圍可達 106.8%，如表 6 所示。觀察圖 42，我們可以發現 RGB 發光二極體背光模組在藍色和紅色的色彩上有較好的表現。但是在綠色的色彩表現上，還無法滿足的 NTSC 規範。

表6，實作成品色彩飽和度

	$C_{X\_RED}$	$C_{Y\_RED}$	$C_{X\_Green}$	$C_{Y\_Green}$	$C_{X\_BLUE}$	$C_{Y\_BLUE}$	Color Gamut
NTSC	0.67	0.33	0.21	0.71	0.14	0.08	100%
試作品	0.6582	0.3036	0.2273	0.7151	0.1518	0.0447	106.8%

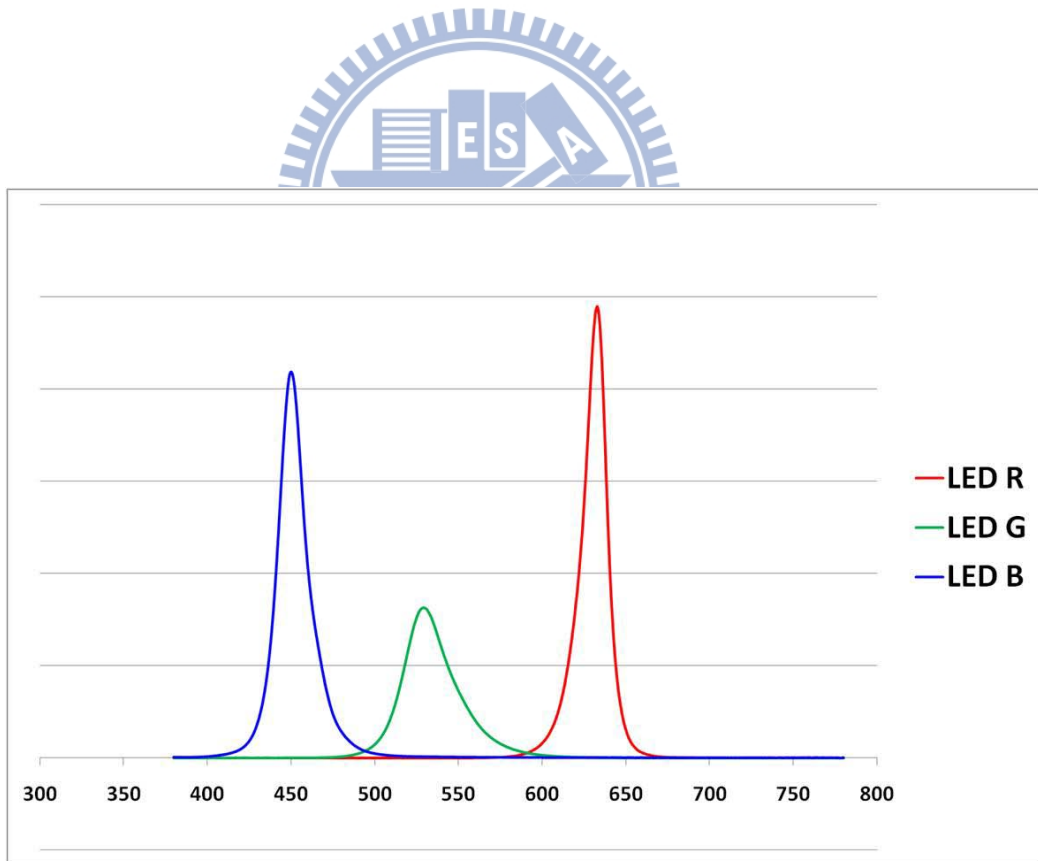


圖40，背光模組光譜

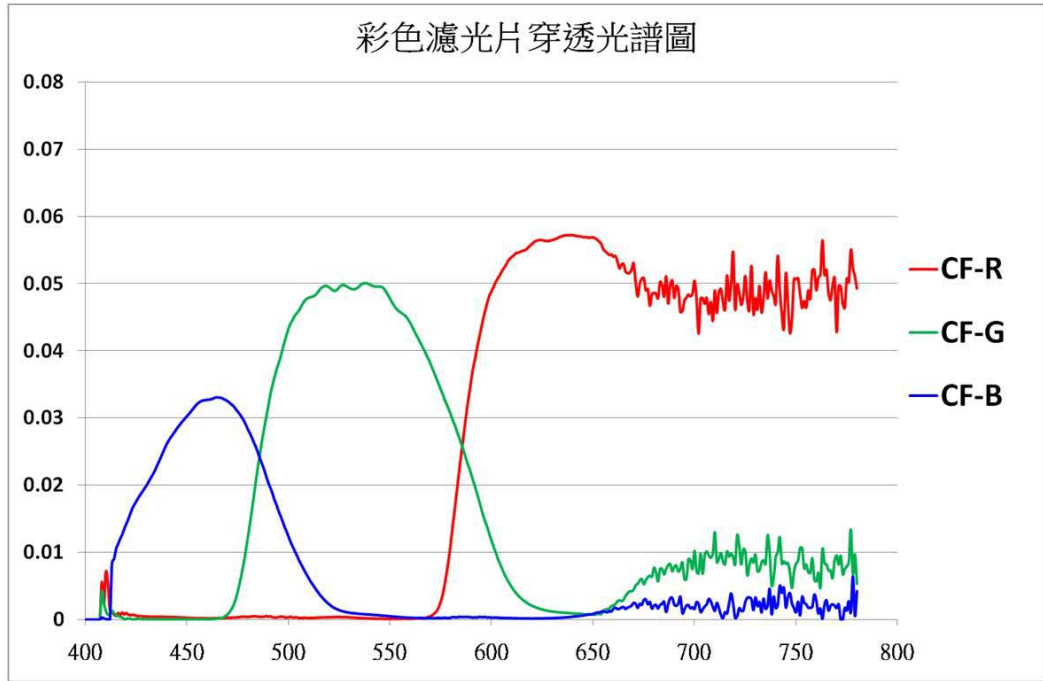


圖41，液晶顯示器彩色濾光片穿透光譜

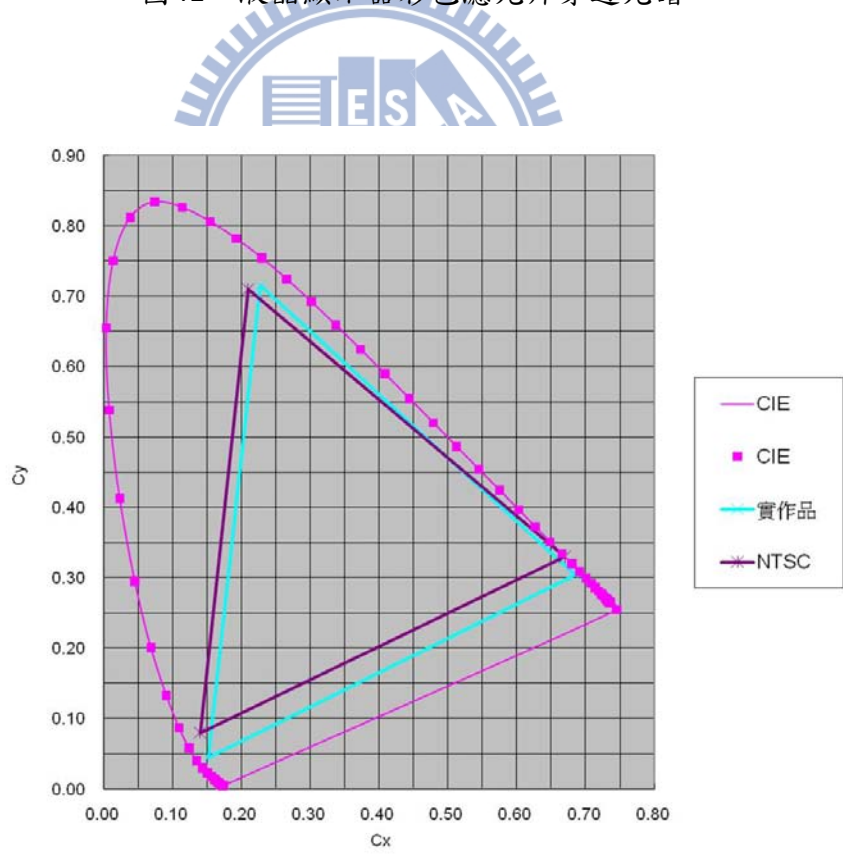


圖42，實作品色彩飽和度範圍

# 第五章 總結

## 5-1 結論

在本文中，我們探討廣視角(Wide View Angle) R/G/B LED 應用在大型直下背光模組的設計，除了得知透過軟體的模擬可以先期評出背光模組的光學特性，並大幅縮短設計時間，且輝度均勻度的模擬和實測結果相若。進而發現若 LED 排列為週期性結構時，四個角落的色差會和位置最接近的 LED 顏色相關。更進一步的瞭解到目前軟體內部對 LED 光源的波長設定大都為單一值和實際樣品的波長分佈不同，所以在畫面的色均度評估上會有較大的落差。這是使用軟體模擬時需注意的地方。

## 5-2 未來工作

因應目前 TV 薄型化趨勢，光源選用皆為白光 LED，其 NTSC Color gamut 僅能滿足 72%。所以可以預期直下式背光模組以及 R/G/B LED 的組合，在未來大尺寸面板應用上將會更加寬廣。然而，如何減少 LED 使用的數量將會是直下式背光模組的一項大挑戰，故無論廣視角透鏡在一次或是二次光學的設計，將會是各家 LED 封裝廠的重要課題之一。



# 參考文獻

---

- [ 1 ] 美商 3M 公司, <http://www.3m.com/>
- [ 2 ] 耿繼業、何建娃, 幾何光學, 全華科技圖書公司, 民國九十三年
- [ 3 ] TCO'03 Displays Flat Panel Display Ver. 3.0, TCO development, 2005
- [ 4 ] Sabine Süsstrunk , Robert Buckley , Steve Swen , Standard RGB Color Spaces ,  
Laboratory of audio-visual Communication (EPFL), Xerox Architecture Center, Apple  
Computer Lausanne, Switzerland; Webster, NY; Cupertino, CA
- [ 5 ] 台灣奇美電子公司, <http://www.chimei-innolux.com/>
- [ 6 ] Rob Hubbard , 林世穆 , 林群益 , ASAP™ Primer 入門指南 , Breault Research  
Organization, 2005
- [ 7 ] 德商 OSRAM 光電半導體公司, [http://www.osram-os.com/osram\\_os/EN/](http://www.osram-os.com/osram_os/EN/)
- [ 8 ] 日商 Konika Minolta 公司, <http://www.konicaminolta.com/instruments/index.html>

# 自傳

姓名 :王維志

籍貫 :台灣省台中縣

出生年月 :1977 年 5 月

學歷

台中高工

聯合大學光電系

交通大學-電機學院-電子與光電碩士班

