

國立交通大學

光電工程研究所

碩士論文

發光二極體背光模組  
照度與色彩均勻化結構設計



Design of The structure giving uniform color illumination for  
Light Emitting Diode backlight module

研究生：戴銘成

指導教授：陸懋宏教授

中華民國 九十四年 七月

發光二極體背光模組  
照度與色彩均勻化結構設計

Design of The structure giving uniform color illumination for  
Light Emitting Diode backlight module

研 究 生：戴銘成

Student : Ming-Chen Dai

指導教授：陸懋宏

Advisor : Mao-Hong Lu

國立交通大學  
電機資訊學院  
光電工程研究所  
碩士論文

A Thesis

Submitted to Institute of Electro-Optical Engineering  
College of Electronic Engineering and Computer Science

National Chiao Tung University

In partial Fulfillment of the Requirements

For the Degree of Master

in

Electro-Optical Engineering

July 2005

HsinChu, Taiwan, Republic of China

中華民國 九十四年七月

# 誌謝

本篇論文得以完成，首先感謝指導教授陸懋宏教授，教授在我碩士求學這兩年中不斷給予我做研究上的指導與啟發，使我能在專業領域中有所成長，也提醒我做人處世的應有的態度。其次我要感謝施至柔、徐得銘學長給予我一些程式運用上及各方面光學知識上的引導，馮致華學長、陳建丞學長、陳慶勳學長、呂怡瑱學姊在這兩年中學習上的建議及鼓勵並且願意與我討論問題解決困難使我在研究及生活上獲得當大的幫助。另外李廷彥同學、盧俊瑋同學在這兩年間的相互幫助。

此外，實驗能夠順利完成，十分感謝工研院機械所姚柏宏學長、鮑友南學長在專利閱讀與設計方面的指導及協助。

最後我衷心的感謝我的父母，撫育我成人，全力支持我向學，以及女朋友在我遇到困難時的鼓勵與照顧，使我無後顧之憂得以專心於學業及研究。

僅以此論文獻給所有曾經給於我幫助與鼓勵及關心我的人

2005 年 7 月於新竹交通大學

# 發光二極體背光模組 照度與色彩均勻化結構設計

研究生：戴銘成

指導教授：陸懋宏

國立交通大學 光電工程研究所

## 摘要

隨著 LED(發光二極體)亮度的提高與其飽和的色彩,LED 開始被運用為液晶顯示器的背光模組光源,對 LED 為光源的背光模組要求照度與色彩的均勻度。



LED 光源與 CCFL(冷陰極管)光源差別在於 LED 光源為單色光,且 LED 為一微小的晶片(chip),發光特性為均勻散射,用於背光模組光源時,可以依需要來對 LED 的封裝或是置放方式作特殊設計,與 CCFL 的單一光源形式有很大的不同。本論文重點在於如何利用 ASAP 光學模擬軟體,針對以 LED 為光源的背光模組進行模擬、分析,設計出一個將 LED chip 直接鑲嵌在背光模組的底面基版形成 LED 線列,並在線列上搭建一條 Polymer 材質之混光用光罩,使光線經由此混光用光罩,將光線均勻導往燈箱空腔藉以達到均勻混光的目的。

# Design of The structure giving uniform color illumination for Light Emitting Diode backlight module

Student : Ming-chen Dai      Advisor : Prof. Mao-Hong Lu

Institute of Electro-Optical Engineering

National Chiao Tung University



## Abstract

Light Emitting Diode (LED) is light source with high efficient and vivid colors. The illuminance of LED is increasing year by year, so LED is considered to be integrated into a direct backlight. Good color and illuminance uniformity are the points of producing a LED backlight module.

LED is a lambertian with single-color radiated by a small chip with which we can make new design on packaging of LED or arrangement as we need. The point of this paper is how to simulate and analyze a LED backlight module with ASAP. We designed a chip-on-board LED backlight: LED chips are soldered on the base board of backlight directly then we build up polymer light-mixing masks on the ranks of LED chips. The light-mixing masks will guide the light to the cavity of the backlight, the illumination and color are well uniformed in this way.

# 目錄

中文摘要	I
英文摘要	II
目錄	III
圖目錄	V
表目錄	VII
第一章 緒論	1
1.1 引言	1
1.2 現有 LED 背光模組簡介	2
第二章 背光模組理論概述	4
2.1 光學原理	4
2.2 輻射通量和光通量的單位	4
2.3 Lambertian 餘弦定律 理想漫射體	5
2.4 FRESNEL 折射定理	6
2.5 發光二極體(LED)簡述	8
2.6 色度學概論	11
2.7 色溫	14
第三章 現有 LED 背光模組基本架構述	16
3.1 目前直下式 LED 背光模組的架構與模擬分析	16

3.1.1	直下式 LED 背光模組的架構	16
3.1.2	照度均勻度與背光模組效率評估方法	21
3.1.3	模擬與分析	22
3.2	模擬結果討論	25
第四章	chip on board 架構背光模組	27
4.1	基本結構	27
4.2	混光用光罩的設計(結構一)	28
4.3	混光用光罩的設計(結構二)	33
4.4	混光用光罩的設計(結構三)	37
4.5	混光用光罩的設計(結構四)	42
4.6	模擬結論	5
第五章	色彩均勻度分析	47
5.1	色彩均勻度分析	47
第六章	結論	49
6.1	結論	49
	參考資料	50

# 圖目錄

圖(1.1) 側出示背光模組的幾種構造	3
圖(2.1)入射光、反射光和折射光內 $p, s, k$ 直角座標圖	6
圖(2.2)光線分裂圖	8
圖(2.3)LED 亮度發展趨勢圖	9
圖(2.4)LED 與 CCFL 發光頻譜與色彩濾波片的色彩響應之比較	10
圖(2.5)LED 與 CCFL 混色範圍示意圖	10
圖(2.6)LED chip 發光空間分佈曲線	11
圖(2.7)xy 色度圖	12
圖(2.8) $u'v'$ 色度圖	13
圖(2.9)La*b*均等化色度圖	14
圖(3.1)Lumileds 22 " 直下式背光模組架構	17
圖(3.2) LED ARAY 排列方式與結構	17
圖(3.3) 邊射型 LED 結構圖	18
圖(3.4) 邊射型 LED 發光角度分布圖	19
圖(3.5) 圓形 DIVERTOR 與光線能量分布圖	19
圖(3.6) Lumileds 直下背光模組亮度均勻分布圖	20
圖(3.7) Lumileds 直下式背光模組色彩均勻度	20
圖(3.8) Lumileds 直下式背光模組與 CCFL 的 NTSC 評估	21
圖(3.9)均勻度評估方法示意圖	22
圖(3.10)ASAP 建立之邊射型 LED 立體模型	22
圖(3.11) ASAP 模擬邊射型 LED 發光角度分布圖(虛線為光強度隨角度積分的總合)	23
圖(3.12) ASAP 模擬示意圖(側面)	23
圖(3.13) ASAP 模擬照度分布圖	24
圖(3.14)ASAP 模擬綠光單獨點亮之亮度分布	24
圖(3.15)ASAP 模擬紅光單獨點亮之亮度分布	25
圖(4.1)chip on board 結構示意圖	27
圖(4.2)LED 線列擺放位置的光學原理說明	28
圖(4.3) LED 裸晶線列照度分布	28
圖(4.4) 裸晶線列照度分布導光對象示意圖	29
圖(4.5)光罩(結構一)結構尺寸圖	29
圖(4.6) 光罩結構光路折射圖	29
圖(4.7) 混光用光罩一模擬結果	30
圖(4.8) 混光結果待改進部分	30
圖(4.9) 光罩結構一(改良)尺寸	31
圖(4.10) 光罩結構一改良後模擬結果	31
圖(4.11) 結構一(改良)紅光照度分布	32



圖(4.12)	結構一(改良)綠光照度分布	-----32
圖(4.13)	結構一(改良)藍光照度分布	-----33
圖(4.14)	光路計算方法	-----34
圖(4.15)	結構二尺寸示意圖	-----35
圖(4.16)	結構二模擬結果	-----35
圖(4.17)	結構二藍光照度分布	-----36
圖(4.18)	結構二綠光照度分布	-----36
圖(4.19)	三線列結構圖	-----37
圖(4.20)	三線列排放位置	-----38
圖(4.21)	三線列原始發光分布	-----38
圖(4.22)	三線列光源導光目標分析圖	-----39
圖(4.23)	結構三	-----39
圖(4.24)	結構三照度分布模擬結果	-----40
圖(4.25)	結構三藍光照度分布	-----40
圖(4.26)	結構三綠光照度分布	-----41
圖(4.27)	結構四頂部曲面圖	-----42
圖(4.28)	結構四立體圖	-----42
圖(4.29)	結構四照度分布	-----43
圖(4.30)	結構四綠光照度分布	-----43
圖(4.31)	結構四紅光照度分布	-----44
圖(4.32)	結構四藍光照度分布	-----44
圖(5.1)	視能函數曲線	-----48
圖(5.2)	色差範圍	-----48

## 表目錄

表(2.1)：輻射度量和光度量的基本量、符號和單位 -----5

表(3.1) LED 發光特性 -----18



# 第一章 緒論

## 1.1 引言

TFT-LCD 產品自 1990 年問市後，以其平面、輕、薄等特性優勢，在狹人稠的亞洲地區獲得廣大的歡迎，因此成為顯示科技的重要產品之一；而液晶為被動元件，故背光模組的設計亦是液晶顯示器重要的一環。

目前市面上主要的液晶顯示器為穿透式 TFT(Thin Film Transistor)，背光模組的品質尤其重要。目前一般的背光模組使用冷陰極管(Cold Cathode Fluorescernt Lamp)為光源，包含了紅、藍、綠等各色光的頻率，輝度高、壽命長，被廣泛的運用在平面顯示器上。

隨著發光二極體(Light Emitting Diode)亮度的改善，開始有以 LED 為光源的背光模組出現。如同 CCFL 的背光模組，設計上分為側出式光源(mixing light guide backlight module)與直下式光源(direct backlight module)。LED 為半導體材料製程的發光元件，具有兩個電極端子，在兩電極施加電壓促成電子電洞對的結合，將能量以光的形式放出。它具有體積小、壽命長、低耗電、低電壓等優點，未來將有可能取代 CCFL 成為主要的背光模組光源。

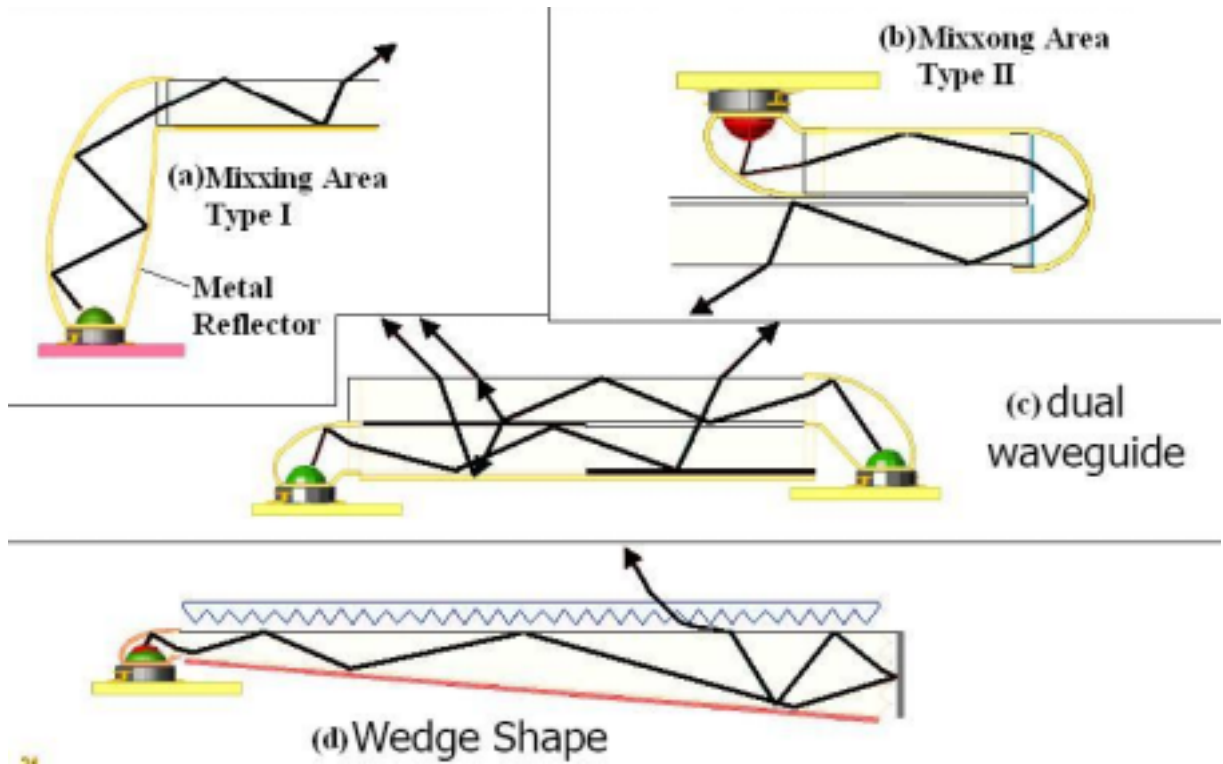
目前 LED 主要運用於小尺寸顯示上(2" 手機螢幕或 3.5" PDA)，形式為側出式光源，本論文的目標為大尺寸液晶電視的運用，在輝度表現上要求遠比小尺寸顯示高，以一般 NTSC(National Television System Committee+)而

言，亮度約需要達到 500nits；而背光模組的在經過各種必須的光學平板的作用後，如亮度增強片 BEF(brightness enhance film)及雙重亮度增強片 DBEF(double brightness enhance film)片，擴散板(diffusor)，以及色彩濾波片的作用之後，將損失約 95%的光能，也就是背光模組本身必須達到 10000nits 的水準才能符合電視顯示的標準，故若使用一般 LED(發光能力約 3~5lm 不等)為光源時，將需要數百顆的數目，而造成驅動電流過大，電路設計困難等問題，所以我們必須選用高亮度 LED(發光能力約為一般 LED 的 10 倍)。

而 LED 具有封裝自由度高的優點，故在小尺寸顯示方面，大部分運用紅、藍、綠三色晶片混合封裝的白光 LED 為光源，但在大尺寸的顯示方面，必須考慮隨著工作時間的拉長造成的溫度上升，溫度的變化將改變 LED 的發光強度，故在大尺寸顯示選擇使用紅、藍、綠三色晶片分開封裝，使三色晶片的電路得以獨立便於回饋電路作電流調整，以保持背光模組為穩定的白光光源。

## 1.2 現有 LED 背光模組簡介

目前 LED 尚未大量運用在大尺寸直下式的背光模組，一般小尺寸的側出式光源，紅、藍、綠三色光先經過導光結構(wave guide)或是混光區域(mixing area)混光，再進入背光模組，圖(1.1)為各種側出式光源的結構簡介。



圖(1.1) 側出示背光模組的幾種構造

而目前市面也出現了大尺寸的 LED 直下式背光模組，為 Lumileds 公司設計研發，並以申請專利(US Patent 6607286、6679621)，在接下來的論文中將分析並重現其模擬設計，並與本論文的设计作比較與討論。

## 第二章 背光模組理論概述

### 2.1 光學原理

本文主要以幾個基本光學定理為基礎：

1. Snell 折射定律：

$$n_1 \sin I_1 = n_2 \sin I_2 \quad (2.1)$$

入射光與界面的法線夾角稱為入射角  $I_1$ ，折射後出射光和界面法線夾角稱為出射角  $I_2$ ，取正弦函數與其所在介質之折射率乘積為定值，描述光線在不同介質間的折射現象。

2. 全反射定律：當光線由密介質入射疏介質時，折射光線將會更偏離法線，隨著入射角加大，折射角將以  $\sin$  函數形式更快的放大，當入射角加大至某一角度時，折射角等於  $90^\circ$ ，此角度稱為臨界角，所有入射角度大於臨界角的光線將不再折射進入疏介質，臨界角表示成：

$$I_c = \sin^{-1} \frac{n'}{n} \quad (2.2)$$

本論文中主要討論空氣-塑膠( $n \doteq 1.49$ )界面， $I_c = 42^\circ$ 。

3. 反射定律：以反射的界面為基準得出之法線，入射光與此法線之夾角橫等於反射光語法線之夾角。

### 2.2 輻射通量和光通量的單位

輻射通量和光通量的面密度和角密度的概念，用輻射率和發光率、輻射強度和發光強度、輻射照度和光照度來表示。表(2.1)為輻射通量和光通

量的基本量、符號和單位。

表(2.1)：輻射度量和光度量的基本量、符號和單位

	輻射度量(下標 e)		光度量(下標 v)	
	總量	譜分布(下標 λ)	總量	譜分布(下標 λ)
能量 Q	輻射能 $Q_e$ 焦耳 (joule)	輻射能譜分佈 $Q_{e\lambda}$ 焦耳/單位帶寬 (joule/ $\Delta\lambda$ )	發光能 $Q_v$ 流明-秒 (lumen-sec)	發光譜分佈 $Q_{v\lambda}$ 流明-秒/單位帶寬 (lumen-sec/ $\Delta\lambda$ )
通量 φ	輻射通量 $\phi_e$ 瓦(watts)	輻射通量譜分佈 $\phi_{e\lambda}$ 瓦/單位帶寬 (watts/ $\Delta\lambda$ )	光通量 $\phi_v$ 流明(lumens)	光通量譜分佈 $\phi_{v\lambda}$ 流明/單位帶寬 (lumens/ $\Delta\lambda$ )

註：採用的名稱、符號和單位採用 ANSIZ7.1-1967，美國國家標準名稱和照明定義 RP-16， $\Delta\lambda$  代表單位帶寬。

在本論文的 ASAP 模擬中，主要以光度量為主，而採用輝度來評斷背光模組整體發光效率，輝度之定義為通過單位面積、單位立體角之光通量。

$$Nits = lm / area(m^2) \quad (2.3)$$

### 2.3 Lambertian 餘弦定律—理想漫射體

對於一個理想的漫射面，單位立體角內之反射通量正比於測量方向和面法線方向之夾角的餘弦，稱為 Lambertian 餘弦定律。

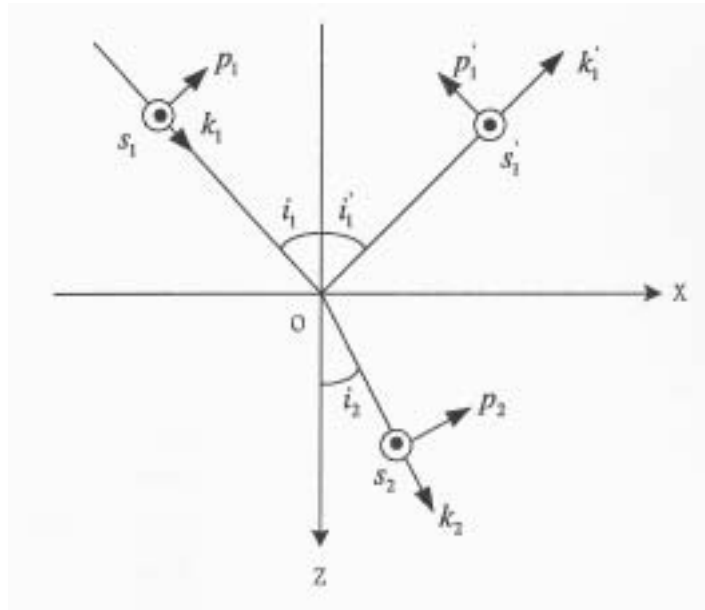
從輻射率之定義我們知道，在某方向之輻射率是指在此方向投影的單位面積。而投射面積正比於投射方向與面法線方向間之夾角餘弦。因此對於一個理想漫射體而言，在輻射率的測量中這兩個餘弦因子互相抵銷，使得測得之輻射率與測量方向無關。而在實際情況中，大部分之光源都十分接近於理想漫射體。

Lambertian 餘弦定律可用強度表示成下式：

$$I(\theta) = I(0) \cos \theta \quad (2.4)$$

其中  $I(0)$  表示面法線方向的強度。

## 2.4 Fresnel 折射定理



圖(2.1)入射光、反射光和折射光內 p, s, k 直角座標圖

由圖(2.1)的直角座標與電磁理論可推得 P 極化和 S 極化電磁波其反射波或透射波有如下方程式的關係：

$$E_{1p}' = \frac{n_2 \cos i_1 - n_1 \cos i_2}{n_2 \cos i_1 + n_1 \cos i_2} E_{1p} \quad E_{1s}' = \frac{\tan(i_1 - i_2)}{\tan(i_1 + i_2)} E_{1p} \quad (2.5)$$

$$E_{2p} = \frac{2n_1 \cos i_1}{n_2 \cos i_1 + n_1 \cos i_2} E_{1p} \quad (2.6)$$

$$E_{1s}' = \frac{n_1 \cos i_1 - n_2 \cos i_2}{n_1 \cos i_1 + n_2 \cos i_2} E_{1s} \quad E_{1s} = \frac{\sin(i_2 - i_1)}{\sin(i_2 + i_1)} E_{1s} \quad (2.7)$$



$$E_{2s} = \frac{2n_1 \cos i_1}{n_1 \cos i_1 + n_2 \cos i_2} E_{1s} = \frac{2 \cos i_1 \sin i_2}{\sin(i_2 + i_1)} E_{1s} \quad (2.8)$$

以上四式為 Fresnel 反射折射公式，其中(2.5)和(2.7)式為反射公式，(2.6)

和(2.8)為折射公式。經過整理後可得：

$$r_p = \frac{n_2 \cos i_1 - n_1 \cos i_2}{n_2 \cos i_1 + n_1 \cos i_2} = \frac{\tan(i_1 - i_2)}{\tan(i_1 + i_2)} ; r_s = \frac{n_1 \cos i_1 - n_2 \cos i_2}{n_1 \cos i_1 + n_2 \cos i_2} = \frac{\sin(i_2 - i_1)}{\sin(i_2 + i_1)} \quad (2.9)$$

$$t_p = \frac{2n_1 \cos i_1}{n_2 \cos i_1 + n_1 \cos i_2} ; t_s = \frac{2n_1 \cos i_1}{n_1 \cos i_1 + n_2 \cos i_2} \quad (2.10)$$

當正向入射時， $i_1 = i_2 = 0$ ，可將上式簡化為：

$$r_p = \frac{n_2 - n_1}{n_2 + n_1} = -r_s$$

$$t_p = t_s = \frac{2n_1}{n_2 + n_1}$$

故有：

$$R_p = r_p^2 = \left( \frac{n_2 - n_1}{n_2 + n_1} \right)^2$$

$$T_p = t_p^2 = \frac{4n_1 n_2}{(n_2 + n_1)^2}$$



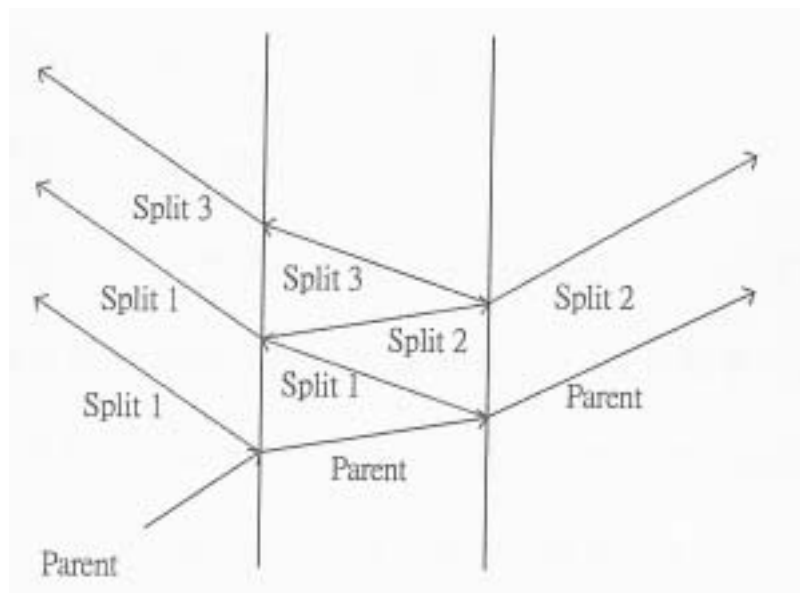
以本論文中主要使用的塑膠( $n=1.49$ )為例，光從空氣正入射在 Polymer 板

上，可得  $R_p=4\%$ ， $T_p=96\%$ 。

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

在計算光均勻度時，我們會使用 Split 指令。由圖(2.2)可以了解使用 Split 指令時，光線追跡的行為方式，當入射一條光線時(在此稱為

Parent)，若發生部分折射及部分反射時，稱第一次反射光為 Split 1，第二次反射光為 Split 2，以此類推。

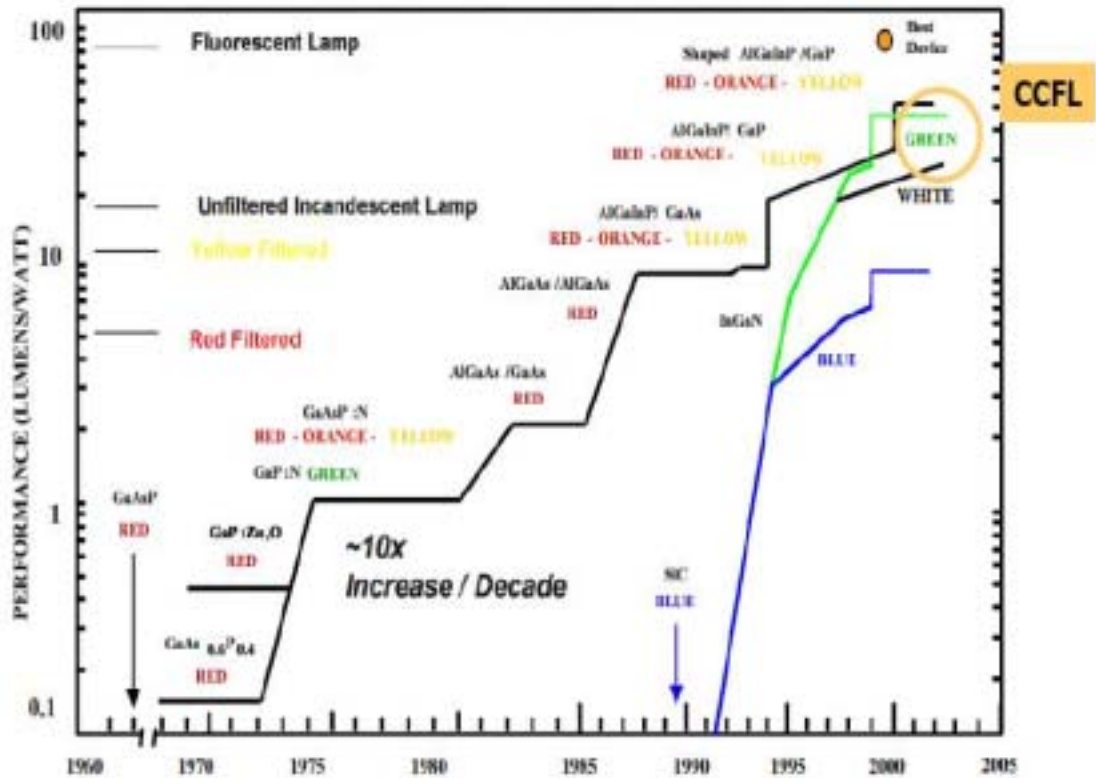


圖(2.2)光線分裂圖

接下來的模擬，使用 ASAP 的 Split 與 Fresnel Average 指令，使得計算追蹤光線軌跡時，自動依據 Fresnel 公式計算反射光的光通量，使得到的光照度更加準確。

## 2.5 發光二極體(LED)簡述

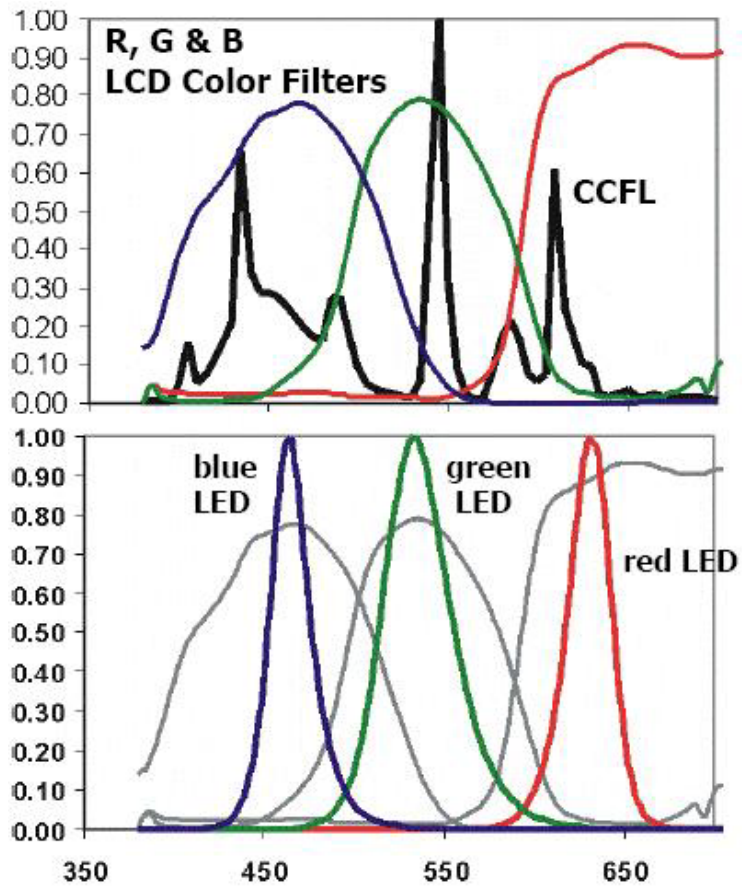
LED 為半導體材料製程的發光元件，具有兩個電極端子，在兩電極施加電壓促成電子電洞對的結合，將能量以光的形式釋放出，隨著使用的半導體材料不同、結構不同，而有各種不同發光波長的 LED，而發光強度在近幾年也有大幅度的進展，如圖(2.3)發展趨勢所示。



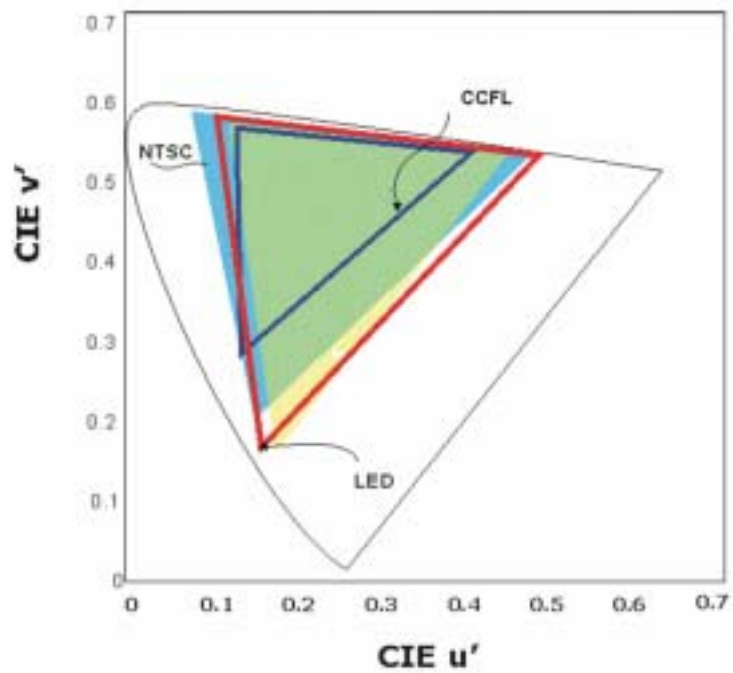
圖(2.3)LED 亮度發展趨勢圖

LED 具有發光波段短，與液晶顯示器的色彩濾波片的頻率匹配良好，如圖(2.4)，當使用紅、藍、綠三色 LED 為光源時，三色波長在色度圖上可以拉開一個遠較冷陰極管更大的一個混光範圍，如圖(2.5)，所以在色彩飽和度方面比冷陰極管表現更好。

而在接下來的設計中，採用紅、藍、綠三色 LED 分離的設計，因為 LED 具有隨著工作溫度改變發光頻譜，以及外加電壓與發光亮度呈線性正比的兩大特點，所以在長時間的使用中工作環境溫度上升，而讓色彩產生偏差，故需要使用回饋電路來微調三色 LED 的發光強度，使背光模組維持穩定的白光。

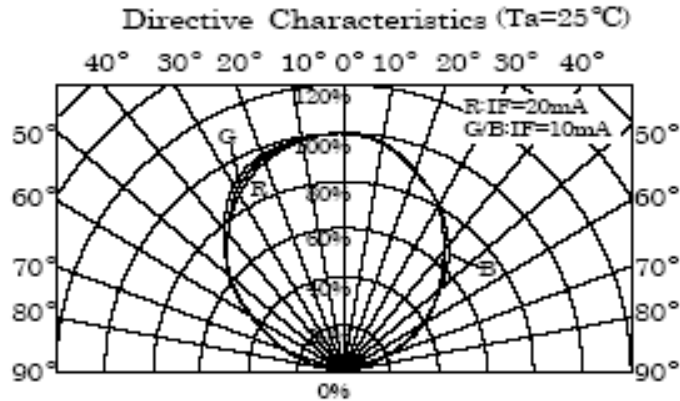


圖(2.4)LED 與 CCFL 發光頻譜與色彩濾波片的色彩響應之比較



圖(2.5)LED 與 CCFL 混色範圍示意圖

LED 本身是一個 $<1\text{mm}^2$ 的晶片，發光形式為一個接近 Lambertian 發光體，發光曲線如圖(2.6)。故在模擬中皆設定 LED chip 為一個微小的 Lambertian 發光體。



圖(2.6)LED chip 發光空間分佈曲線

## 2.6 色度學概論

國際照明委員會(CIE)在 1931 年定義以下的標準配色函數，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。

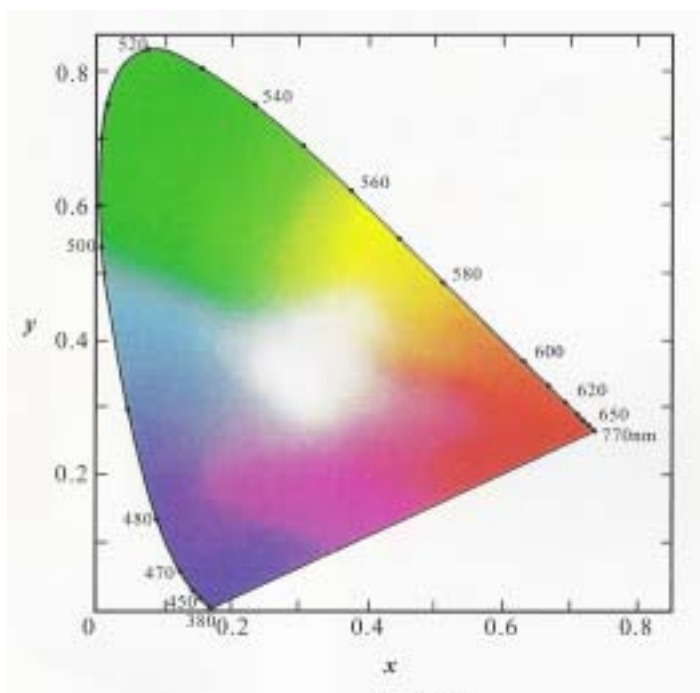
此後更制定出 XYZ 色度圖(X：紅、Y：綠、Z：藍)，但三維之色度圖在顯示上有很多不便之處，故求出 XYZ 色彩空間中的單位平面  $X+Y+Z=1$ ，和色向量(X, Y, Z)的交點，再根據下式簡化為 x, y 二維座標：

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

$$y = \frac{Y}{X+Y+Z} \tag{2.11}$$

，以此種方式表示在二維的平面上，即為一般常用之二維 xy 色度圖，如圖

(2.7)所示。



圖(2.7)xy 色度圖

但這個 xy 色度圖卻有個在視覺上的不均等性的缺點，意思是說在 xy 色度圖上找 A、B、C、D 4 點，其中  $\overline{AB} = \overline{CD}$ ，但實際在知覺上的視覺效果卻是不均等的，故接下來更進一步依照下式來作均等化的工作

$$\begin{aligned} u' &= \frac{4x}{-2x+12y+3} = \frac{4X}{X+15Y+3Z} \\ v' &= \frac{9y}{-2x+12y+3} = \frac{9Y}{X+15Y+3Z} \end{aligned} \quad (2.12)$$

得到目前最廣泛使用的  $u'v'$  色度圖，如圖(2.8)所示。

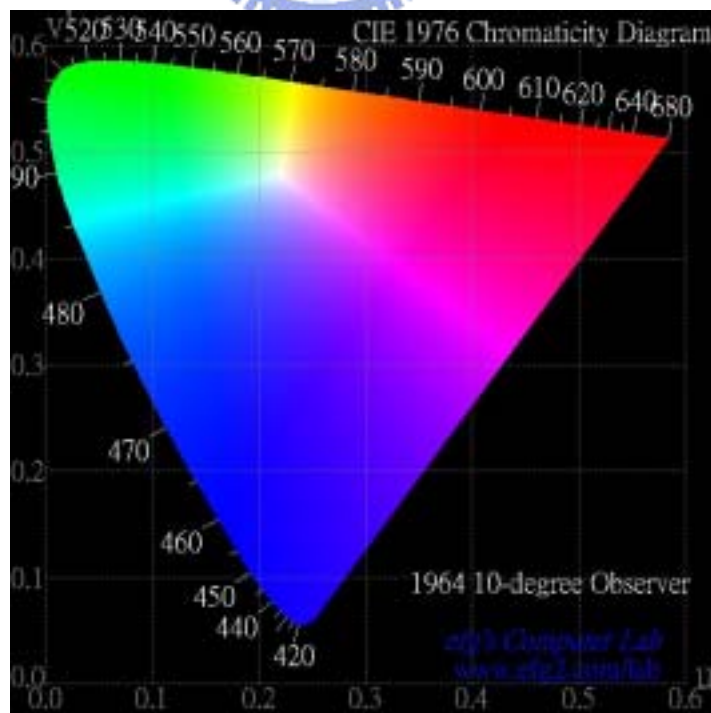
而  $u'v'$  色度圖尚未達到完全均等化的效果，且運用在色差計算時，仍有許多不便，於是更進一步依下式制定了  $L^*a^*b^*$  圖：

$$L^* = 116 \left( \frac{Y}{Y_n} \right)^{1/3} - 16$$

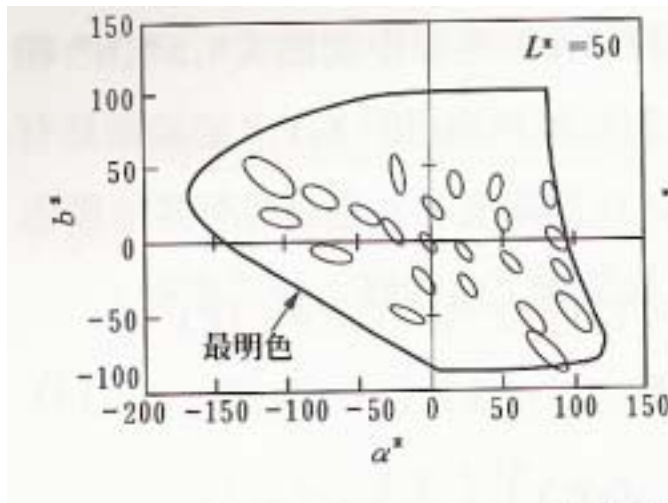
$$a^* = 500 \left\{ \left( \frac{X}{X_n} \right)^{1/3} - \left( \frac{Y}{Y_n} \right)^{1/3} \right\}$$

$$b^* = 200 \left\{ \left( \frac{Y}{Y_n} \right)^{1/3} - \left( \frac{Z}{Z_n} \right)^{1/3} \right\}$$

其中 X, Y, Z 是待測目標物體的三原色色度值， $X_n, Y_n, Z_n$  為理想完全擴散反射面的三原色色度值，定  $Y_n = 100$ ；L 為明度，明度是指色彩的明暗程度。亦可以形容光源的光度。任何一種顏色，都可以混合黑色或白色，而令色彩產生明度的轉變。白色明度高，混入白色越多，明度越高。黑色明度低，混入黑色越多，明度越低。同時，白與黑是代表明與暗對比的兩種顏色，此兩色的混合，可以形成黑白灰調子的明暗度變化。一般標準色彩明度定為  $L=50$ ， $a^*b^*$  則為均等化座標，其值大約介於  $-200 \sim 150$  之間，如圖 (2.8)、圖 (2.9)。



圖(2.8)  $u'v'$  色度圖



圖(2.9)La\*b\*均等化色度圖

圖(2.9)中的橢圓形稱為麥克爾當橢圓，在一個均等化的色度圖中，此橢圓的長軸應與短軸等長，也就是為一個圓形，表示長軸與短軸對應的色差相等，由此可見 La\*b\*色度圖仍未完美均勻。

此時定義色差公式：

$$\Delta E_{a^*b^*} = \left\{ (\Delta L)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2 \right\}^{1/2} \quad (2.13)$$

在 ASAP 中以此公式做為色彩均勻度評估的基準。

在上述的 NTSC 標準白光定義中，紅、綠、藍波長分別為 700nm、546nm、435.8nm，與目前一般的 LED 中心波長(紅：630nm、綠：530nm、藍：470nm)有誤差，所以在計算時必須先經過視能函數的修正，才可以計算出正確的色座標。

## 2.7 色溫

當發光體是黑體時，其放射時的絕對溫度和頻譜分布屬於一對一的對



應關係，可由頻譜分布的情況來確定該顏色是唯一的，所以絕對溫度和色彩之間也是一對一的對應關係。因此，這種顏色能夠用一個變數來決定，此變數稱為色溫(color temperature)或是關聯色溫(correlated color temperature)。

嚴格來說，色溫視某一物體所放射的色度值和黑體輻射的色度值一致時，才用黑體的溫度表示其輻射色度。關聯色溫則是當兩者的色度不完全一致時，以最接近色度之輻射黑體溫度值來表示其輻射量。兩者的單位皆為絕對溫度 K。當色溫為 T 時，指其輻射的色度和絕對溫度為 T 的黑體輻射之色度相同，此時光源未必處於絕對溫度 T 的狀態之下。例如，當螢光燈發光實際上無法達到非常高熱的程度，若其色溫為 6000K，表示其放射的顏色與加熱至 6000K 的黑體所放射的光束顏色相同。

本論文中 ASAP 模擬分析使用色溫 6500K 的 NTSC 標準白光為參考，計算燈箱出光面各點的色差( $\Delta E_{a*b*}$ )，此色溫之白光約等於一般晴天無雲時的日光，相當適用於評估顯示器光源的色度。

## 第三章 現有 LED 背光模組基本架構

### 3.1 直下式 LED 背光模組的架構與背景分析

#### 3.1.1 直下式 LED 背光模組的架構

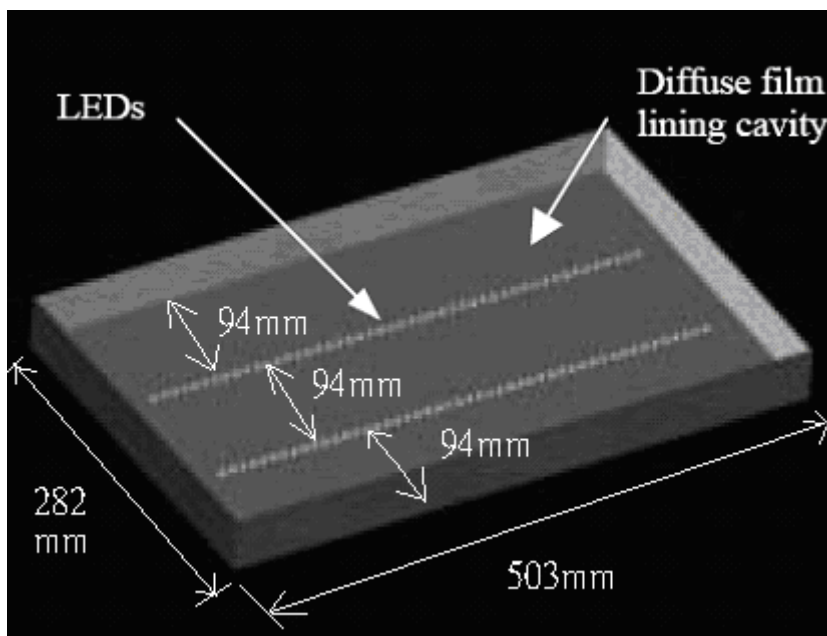
以目前市面上的直下式 23 吋面板為例，背光模組規格厚度 25mm-30mm，實際成品均勻度要求為 65%-75%，若均勻度達到 85%以上已屬於高均勻度的背光模組。

目前市面上 LED 背光模組還未普遍出現，目前只有 Lumileds 公司設計的 LED 背光模組，故先對該背光模組進行模擬分析。此背光模組架構使用一種邊射型 LED 為光源(side emitter LED)，此 LED 光線在本身獨特的封裝結構下，均勻的往燈箱空腔散射，藉由燈箱空腔的空間混光，在燈箱四壁或是底面上未做任何的結構。

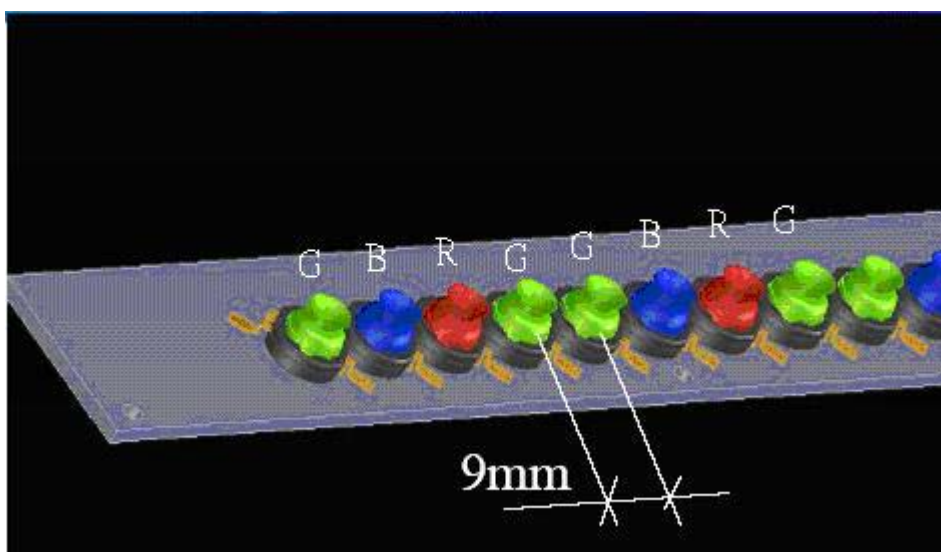
燈箱壁由四個反射面構成，底面加上一個擴散面(Diffuse film)，兩列 LED 線列排列在其中，分布在三等份均分燈箱寬度的位置，如圖(3.1)所示。尺寸為 503 × 282 mm，厚度為 50 mm，長寬比為 16：9 的 22 吋燈箱。LED 用兩個線陣列以綠-紅-藍-綠的順序排列(用以使色彩均勻為白光設計)，如圖(3.2)所示，一列為 48 個 LED 安裝在金屬核心印刷電路板(Metal Core Printed Circuit Board，MCPCB)上，共 96 個 LED。

燈箱頂端加上以下光學平板增加均勻度：亮度增強片 BEF(brightness enhance film)及雙重亮度增強片 DBEF(double brightness enhance film)

片，擴散板(Diffusor)。最後在加上稜鏡片(Grating film)導正散射光源、提高燈箱正向出光的強度。



圖(3.1) Lumileds 22" 直下式背光模組架構



圖(3.2) LED ARRAY 排列方式與結構

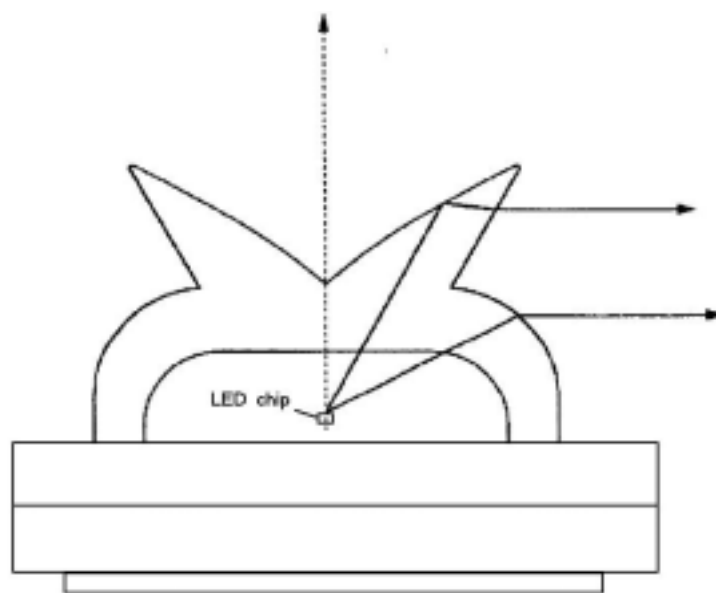
表(3.1)為 LED 的發光中心波長與發光通量。

顏色	波長(NM)	FLUX(lumens)
Red	625	40
Blue	470	9
Green	530	27

表(3.1) LED 發光特性

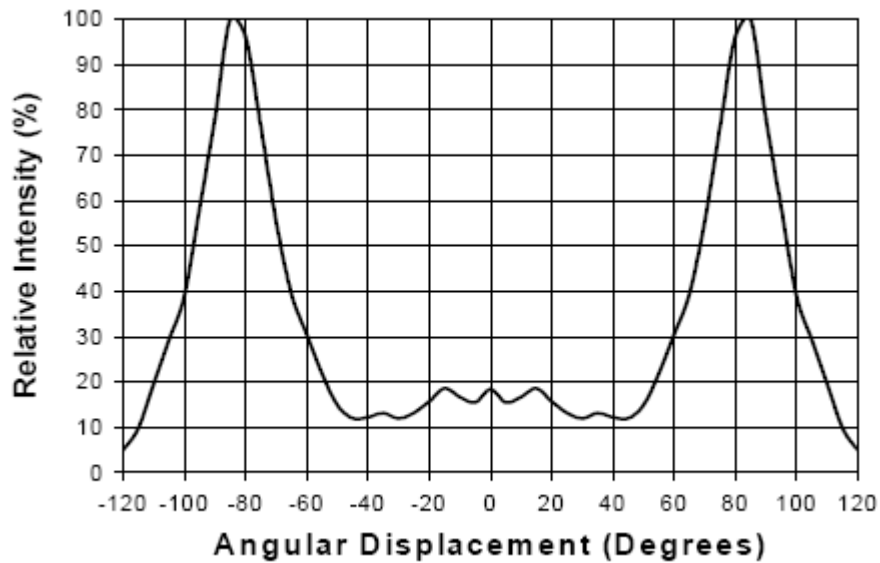
我們由該公司擁有的美國專利 (US Patent : 6607286 , 6679621)推算邊射型 LED 結構，以利於接下來的模擬分析。

邊射型的封裝是一個圓柱對稱的結構，如圖(3.3)所示之側視剖面。頂端如同一個漏斗凹陷的冠狀結構，光線經過全反射效應下，大部分的光往旁邊導出而不往上直接射出，底部則是個半圓球狀，讓出射光線在側面自由出射，



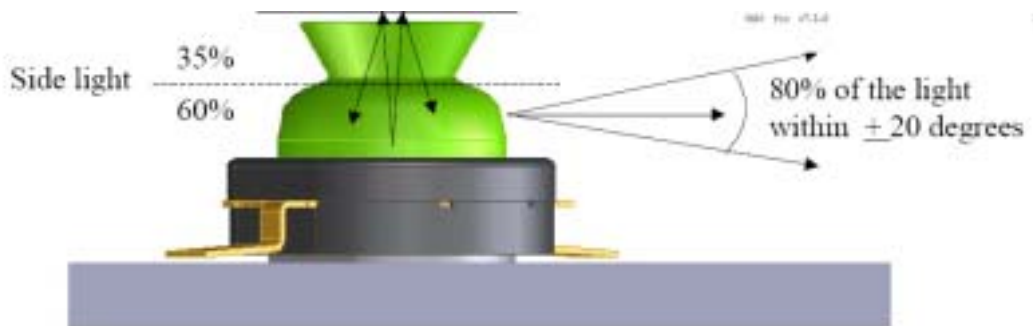
圖(3.3) 邊射型 LED 結構圖

發光強度的空間分布曲線示於圖(3.4)。



圖(3.4) 邊射型 LED 發光角度分布圖

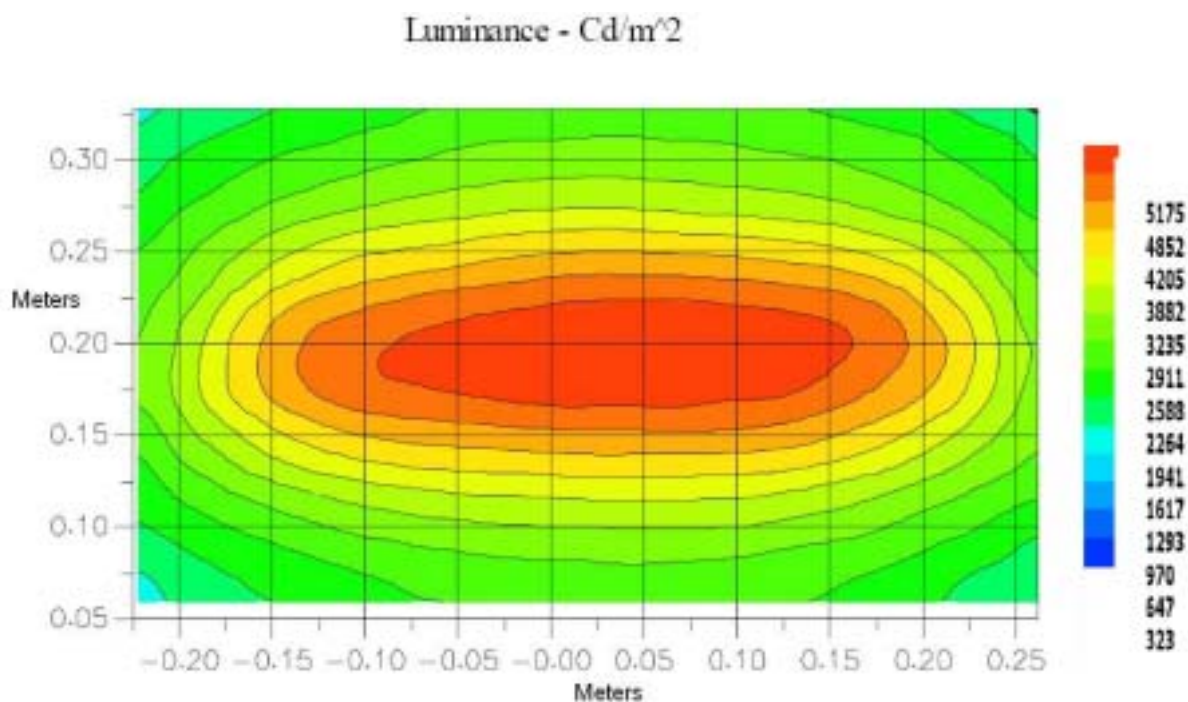
為充分利用空腔混光並避免光線直接向 LED 正上方射出影響均勻度，在 LED 上方加一圓片(divertor)，此圓片具有 5%的透射率與 95%的反射率，使混光更加均勻。如圖(3.5)所示。



圖(3.5) 圓形 DIVERTOR 與光線能量分布圖

在冠狀結構以下部分為發光區域，在水平線±20 度的範圍內集中 80% 的光能量，說明此邊射型 LED 的發光形式大部分都是從邊緣向四周發光，這可使光在空腔內能做到均勻擴散到整個屏幕上。

Lumileds 依此架構實際作出 prototype 的實驗結果，亮度均勻度如圖(3.6)。



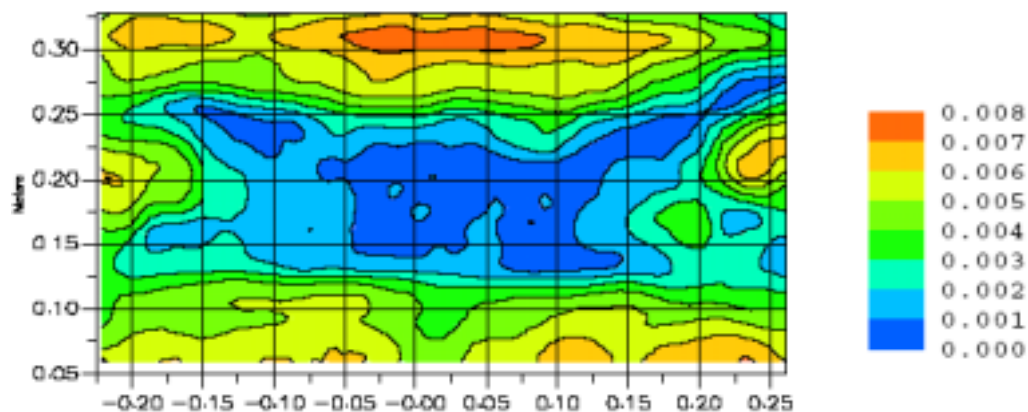
圖(3.6) Lumileds 直下背光模組亮度均勻分布圖

均勻度達到 71%(不考慮燈箱周圍照度低落的區域)，亮度達到 7000nits。

其中紅光 LED 發光通量：1039lm、綠光 2436lm、藍光 109lm 的，在 350mA

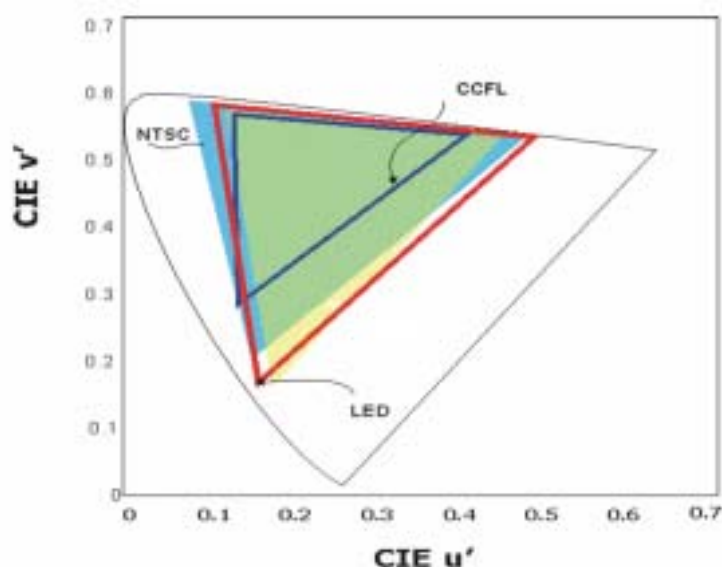
的驅動電流下，達到 33.2lm/W 的效率，實驗結果光源的色溫達到 9000K。

色彩均勻度表現示於圖(3.7)。



圖(3.7) Lumileds 直下式背光模組色彩均勻度

此色彩均勻度的分析方法如下：以燈箱中心點的 CIE 色座標為基準，與燈箱中各位置色彩的色座標作座標差的分析( $|\Delta u' v'|$ )，發現座標差最大值在 0.008 以下，相當的均勻。而色彩涵蓋範圍達到 NTSC 標準顯示器色彩顯示範圍的 104 %，遠比冷陰極管的效果好，如圖(3.8)所示，接下來針對此架構作重現與模擬。



圖(3.8) Lumileds 直下式背光模組與 CCFL 的 NTSC 評估

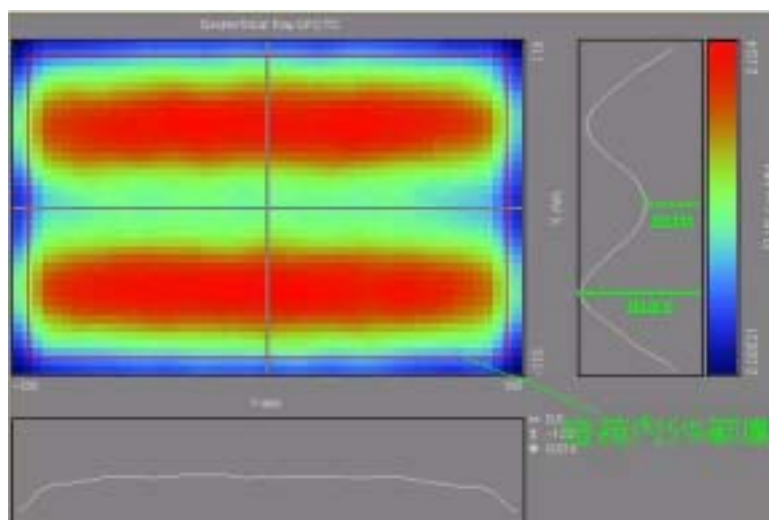
### 3.1.2 照度均勻度與背光模組效率評估方法

效率與照度均勻度的評估方式如下：

效率： $(\text{偵測面偵測之光通量總和}) / (\text{光源射出總光通量})$

均勻度：如圖(3.9)所示之燈箱內 5% 不含燈箱邊緣之範圍內，(照度極小值)

/ (照度極大值)



圖(3.9)均勻度評估方法示意圖

### 3.1.3 模擬與分析



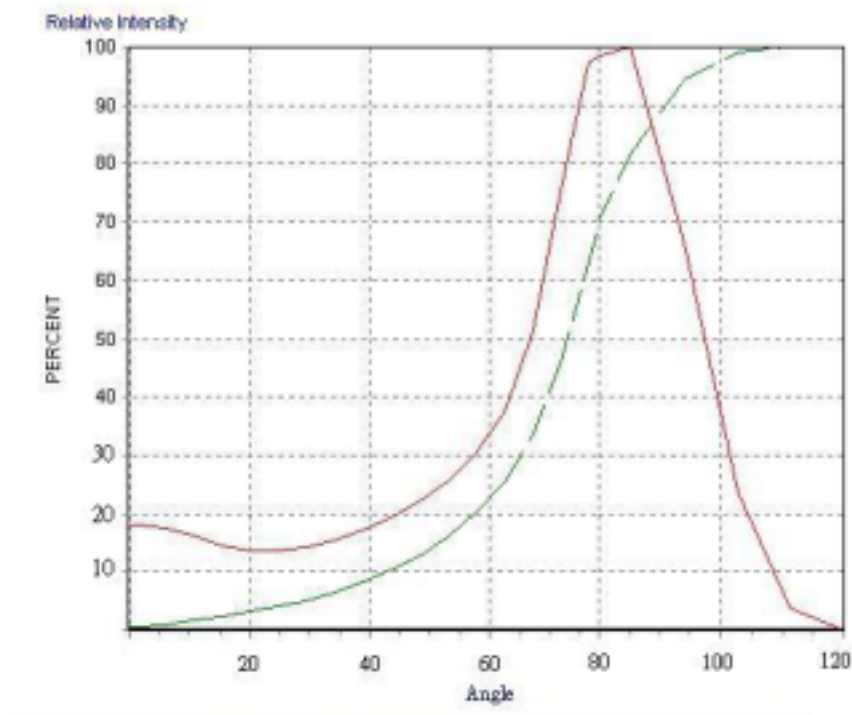
為了對此架構進行更進一步的分析，我們以 ASAP8.0 作光學模擬及重現，首先對邊射形 LED 作重建模擬，圖(3.10)為利用 ASAP 根據前述 Lumi leds 邊射型 LED 所建立的立體模型。



圖(3.10)ASAP 建立之邊射型 LED 立體模型

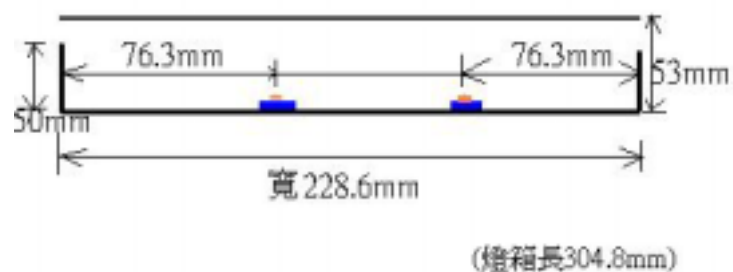


此立體模型發光空間分佈曲線模擬結果如圖(3.11)。



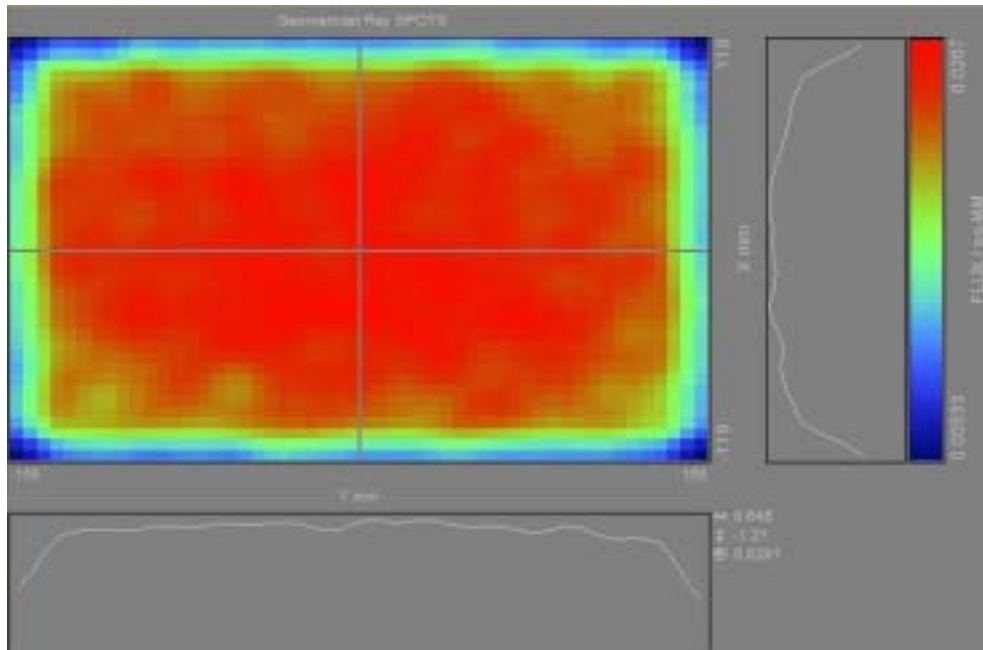
圖(3.11) ASAP 模擬邊射型 LED 發光角度分布圖(虛線為光強度隨角度積分的總合)

所得的結果與邊射型 LED 實際的發光分布相當接近，接著依 Lumileds 邊射型 LED 使用相同的條件(紅:40 lm、綠:27 lm、藍:9 lm) 進行更進一步的系統分析。以 15 吋長寬比 4:3 背光模組進行模擬，LED 線列排列在距離箱壁長邊距離為寬度 1/3，燈箱上方不加光學平板，進行照度與色彩的均勻度分析，模型示意圖見圖(3.12)。



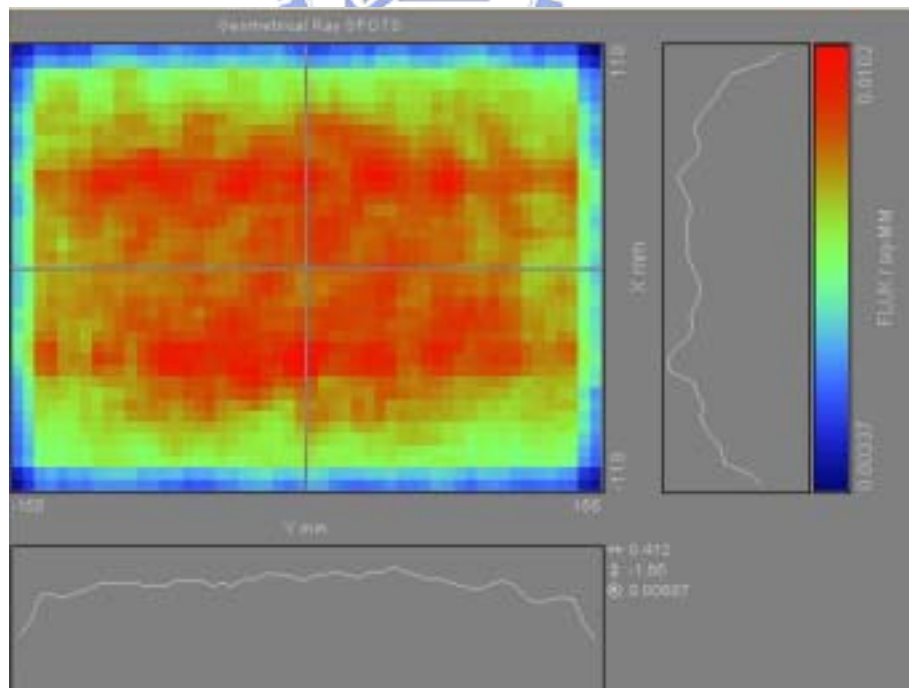
圖(3.12) ASAP 模擬示意圖(側面)

照度分布模擬結果見圖(3.13)。

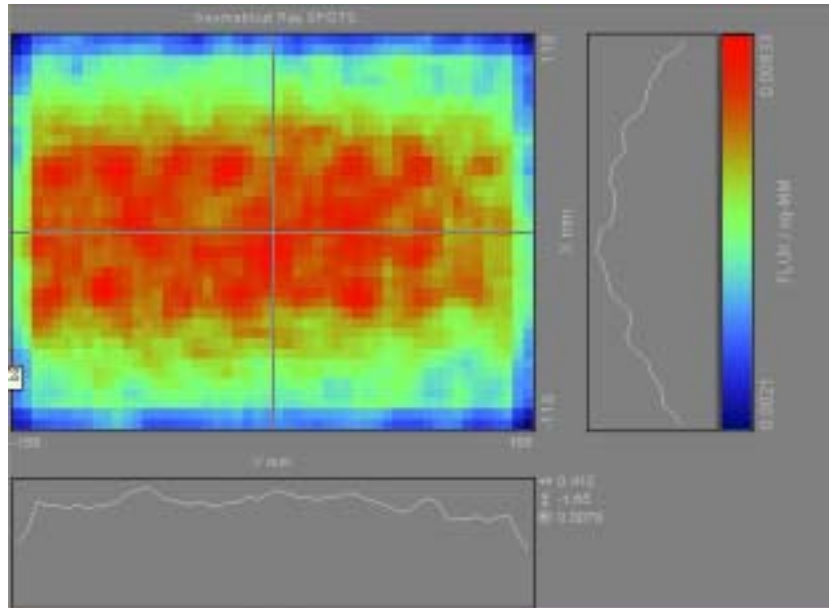


圖(3.13) ASAP 模擬亮度分布圖

單色光個別的亮度均勻情形如圖(3.14)、圖(3.15)，可以看出各單色光的亮度分布相當不平均。



圖(3.14)ASAP 模擬綠光單獨點亮之亮度分布



圖(3.15)ASAP 模擬紅光單獨點亮之亮度分布

三色 LED 同時點光照度的均勻度方面達到 89%；效率 74.6%，但可以看出在燈箱周圍明顯較暗，兩線列之間照度較高。而色彩均勻度的表現，以色溫 6500 度白光為參考基準，得到的色度差為  $\Delta E_{a*b^*}=21.6$ 。本模擬並未使用任何光學平板的修正，在使用標準的各種光學平板修正後，照度與色彩均勻度都會更加提升。

### 3.2 模擬結果討論

由模擬的結果可以發現這樣的背光模組架構相當有效，結構簡單容易加工，但是有以下幾個缺點：

#### 1. 燈箱四壁周圍的照度低落，影響整體的均勻度。

在這邊嘗試改變燈箱四壁的傾斜角度，改變的幅度由 5 度~20 度，發現改變燈箱壁的傾斜角度對於周圍非主要區要的照度提升並沒有明顯的幫助，這

個問題可以由使用較大的背光模組搭配略小的 LCD 面板來改善，故我們可以忽略燈箱壁旁邊照度低落的現象，故評估方式以燈箱中 95%範圍為主。

## 2. 光線主要集中在兩線列之間造成均勻度較低

在接下來背光模組的設計中，將兩線列間的距離拉大，即可解決。

## 3. 邊射型 LED 封裝形狀複雜，不容易加工

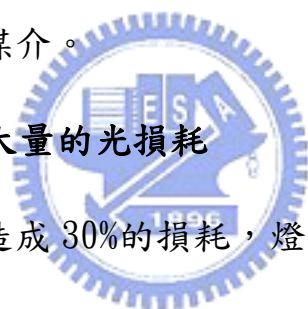
爲了克服這個問題，我們設計了將 LED chip 直接鑲嵌在燈箱底面基板的 chip on board 結構，搭配外加在 LED chip 線列上方的長條狀混光用光罩，達到與邊射型 LED 同樣的效果：將光線導往燈箱空腔，而不直接向上投射，利用燈箱空腔為混光的媒介。

## 4. 邊射型 LED 封裝造成大量的光損耗

封裝本身在模擬中大約造成 30%的損耗，燈箱結構再損耗約 25%。

## 5. 各單色光的均勻度不足

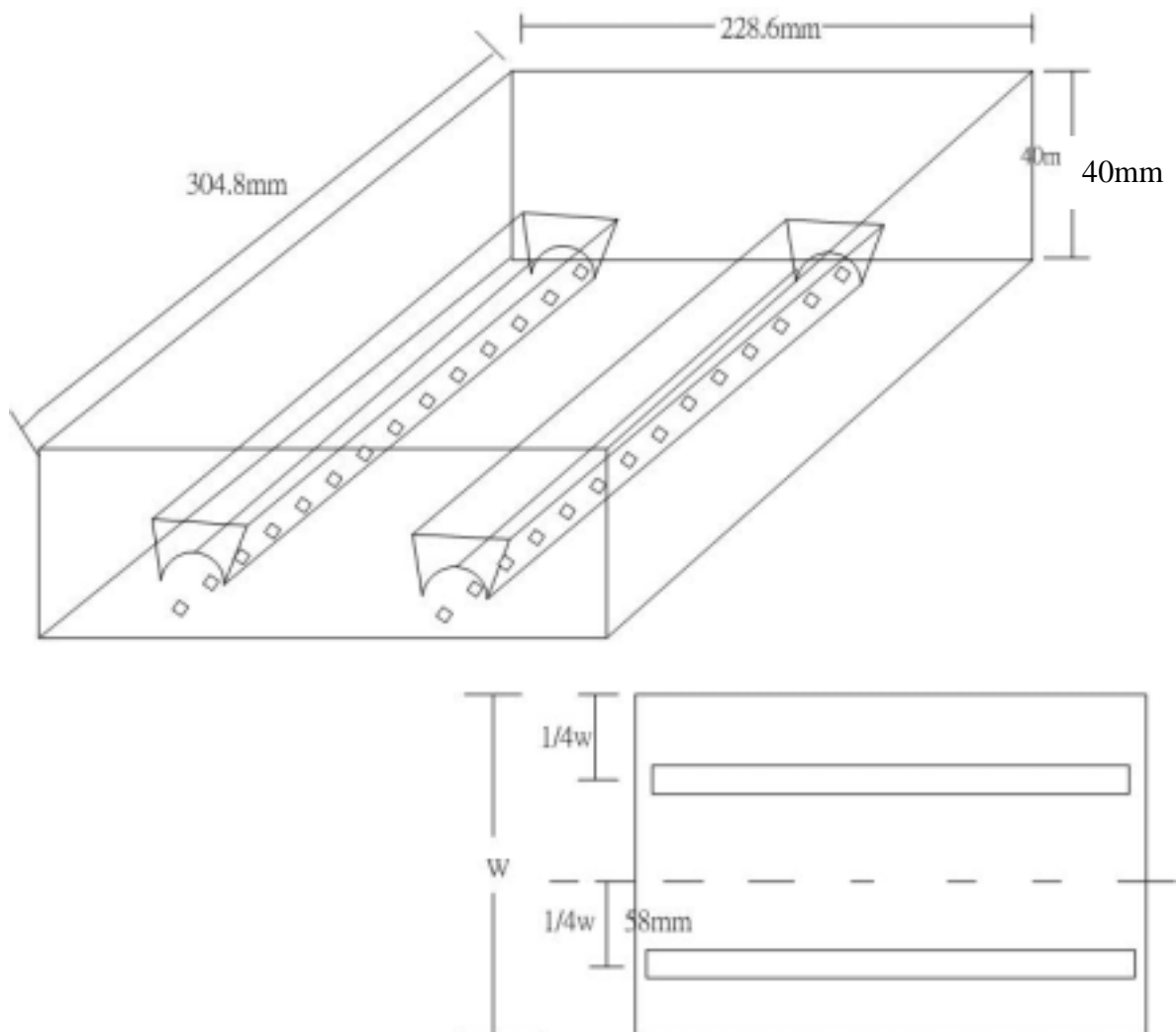
若各單色光均勻度不佳，可能造成色彩不均勻。



## 第四章 LED 晶片植入底板架構背光模組

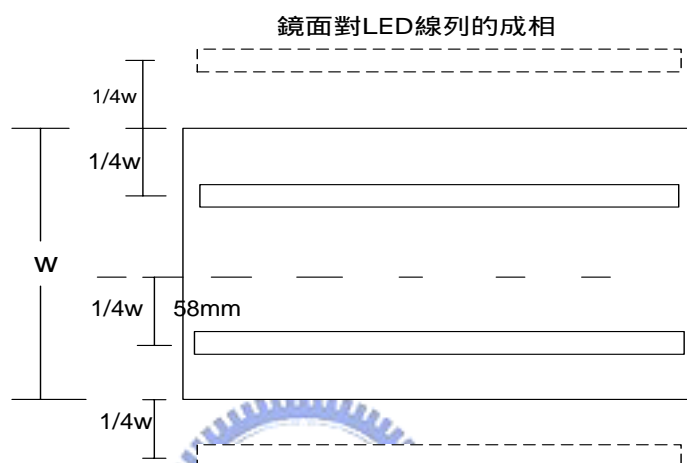
### 4.1 基本結構

設計一個 CHIP ON BOARD 的系統，以 LED 裸晶為陣列鑲嵌於燈箱底面上，混光用光罩覆蓋在 LED 陣列上，使光線不直接向上投射，以達到如同邊射形 LED 的空腔混光效果，如圖(4.1)所示；燈箱厚度 40mm，面積為 15"，長寬比 4：3，且不加任何光平板幫助導光，期望以此結構即可達到一定的均勻度。



圖(4.1)chip on board 結構示意圖

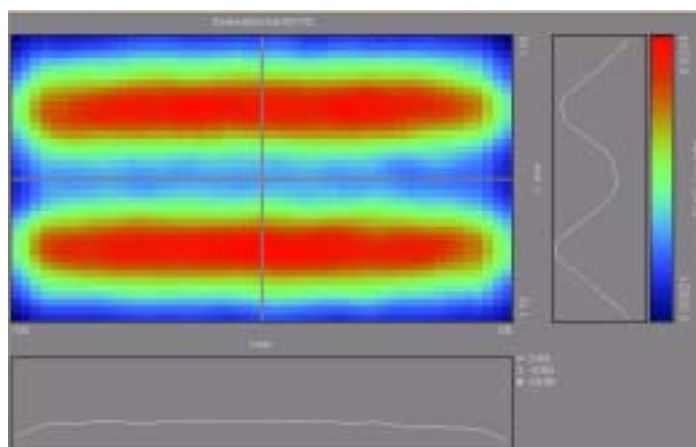
其中 LED 線列擺放在距離燈箱邊緣  $1/4$  寬度的位置，此擺放位置目的在於利用燈箱的反射面箱壁的反射效果，使線列中央亮度與線列兩側亮度相同，如圖(4.2)，LED 晶片排列方式如同 Lumileds 的綠-紅-藍-綠的排列方式，間隔為 9mm，兩線列共 64 個 LED 晶片。



圖(4.2)LED 線列擺放位置的光學原理說明

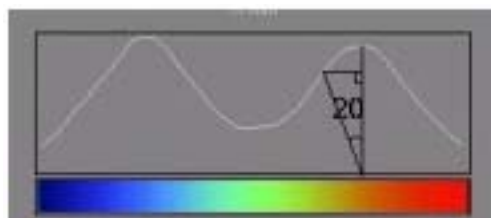
## 4.2 混光用光罩的設計結構(一)

為設計混光用光罩，先觀察 LED 晶片線列在燈箱中的照度分布，如圖(4.3)所示。



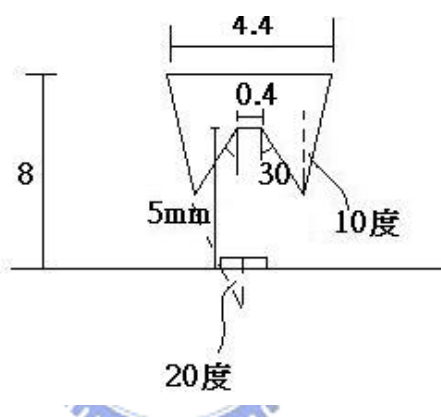
圖(4.3) LED 裸晶線列照度分布

由兩線列所在位置的峰值著手，將線列正上方張角 20 度左右的光線中 25% 部分的光線往側向導引。



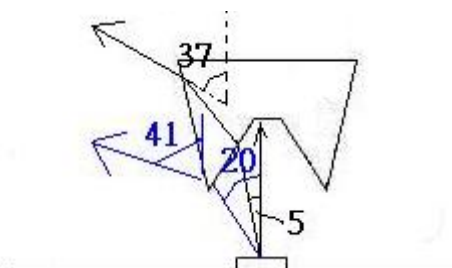
圖(4.4) 裸晶線列照度分布導光對象示意圖

在這樣的目的與導光概念下，設計如圖(4.5)的結構。



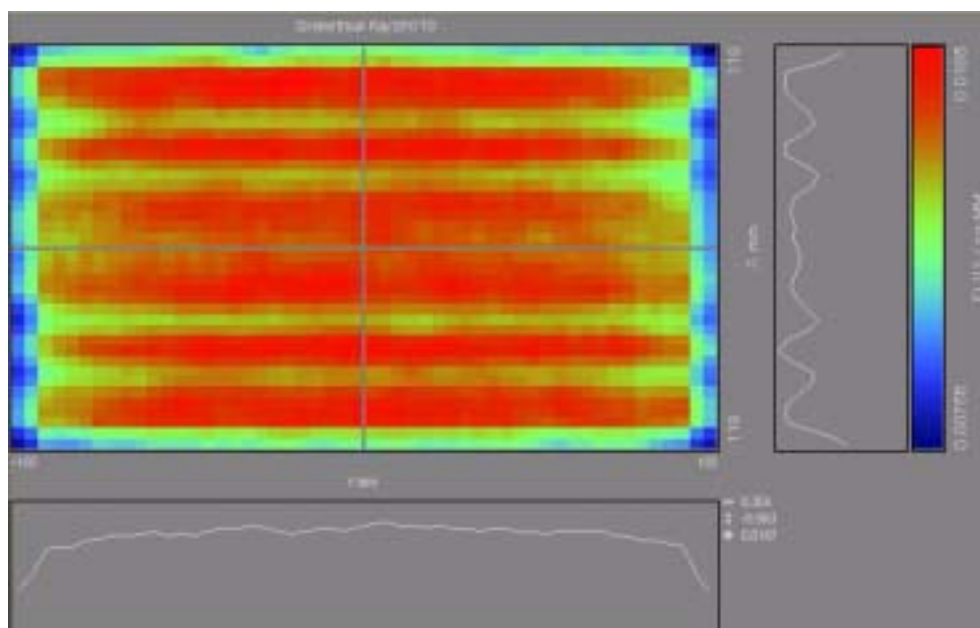
圖(4.5)光罩結構(一)結構尺寸圖

利用底面的斜角將光線偏折，此斜角經由折射定律計算，可使 0~5 度的入射光產生約 37 度的折射，側面的 10 度斜角目的在於避免側邊將光線的偏折抵銷。在設計時，小尺寸的平底面可以避免光罩的過度導光帶來的反效果而形成一條暗帶，光罩光線的偏折程度如圖(4.6)所示。



圖(4.6) 光罩結構(一)光路折射圖

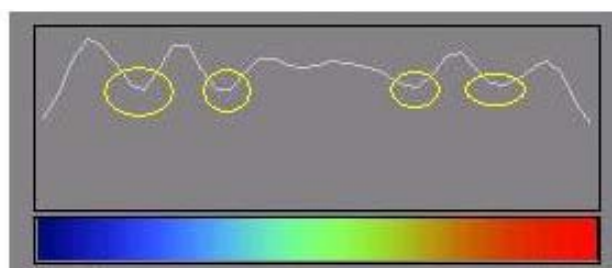
本結構針對 chip 出光 20 度錐角的範圍，可造成 10 度以下入射光線產生 32~37 度的偏折，10~20 度入射的光線產生 37~41 度的偏折，使得光線分布的峰值範圍擴散兩倍，壓低了最大亮度的峰值也將光線導往線列兩旁亮度較低的地方，ASAP 模擬結果如圖(4.7)。



圖(4.7) 混光用光罩結構(一)模擬結果

達到均勻度 70%，效率 83%。

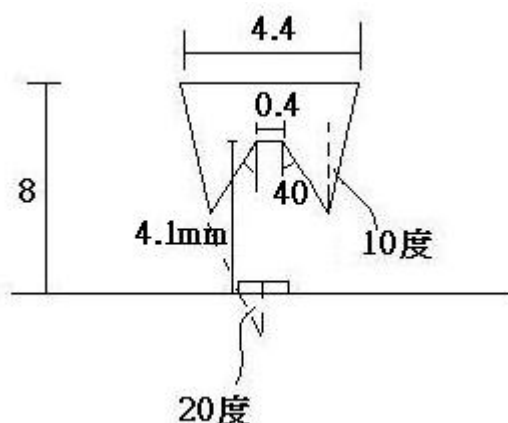
可以發現光罩的確將光線往旁導開，但是導光效果方面卻造成了光線的條狀分布，而這些不均勻的現象是無法被接受的，故針對如圖(4.8)的不均勻部分進行光線的反向計算。



圖(4.8) 混光結果待改進部分

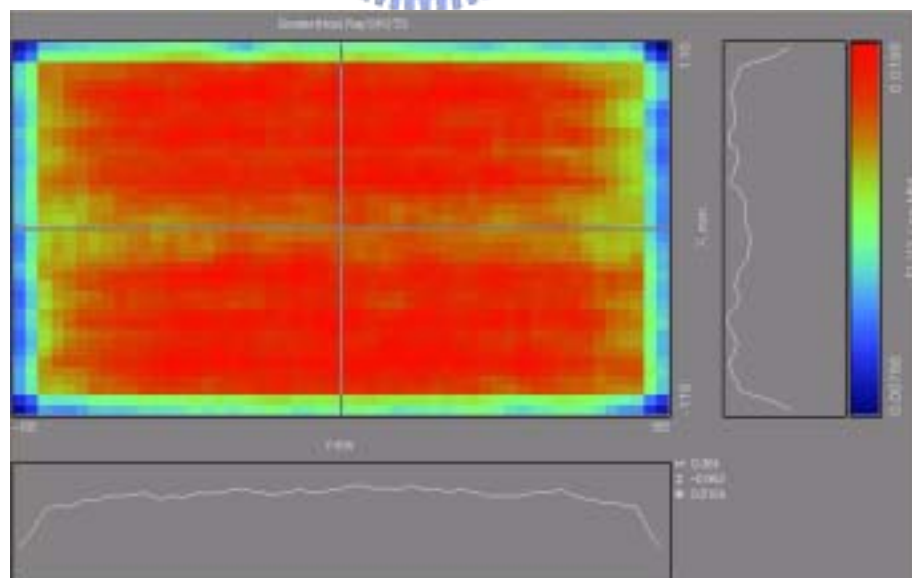


發現不均勻且亮度較低落的部分光線來自於LED 晶片出光角度20度左右的光線，這些光線被光照底面斜角過度折射導光，而形成相對較暗的情形，故更改原架構為如圖(4.9)所示。



圖(4.9) 光罩結構(一)改良尺寸

底面斜角角度改為40度，對光線的偏折縮小為29~37度，其餘條件不變，模擬結果如下圖所示。



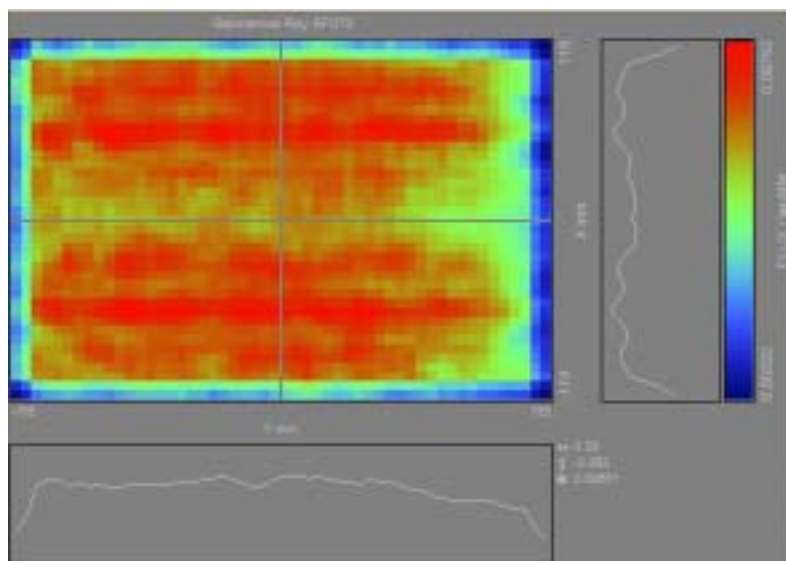
圖(4.10) 光罩結構(一)改良後模擬結果

可看出原本不均勻的條狀亮帶較不明顯，整體均勻度提高到82%，效率

不變為 83%。

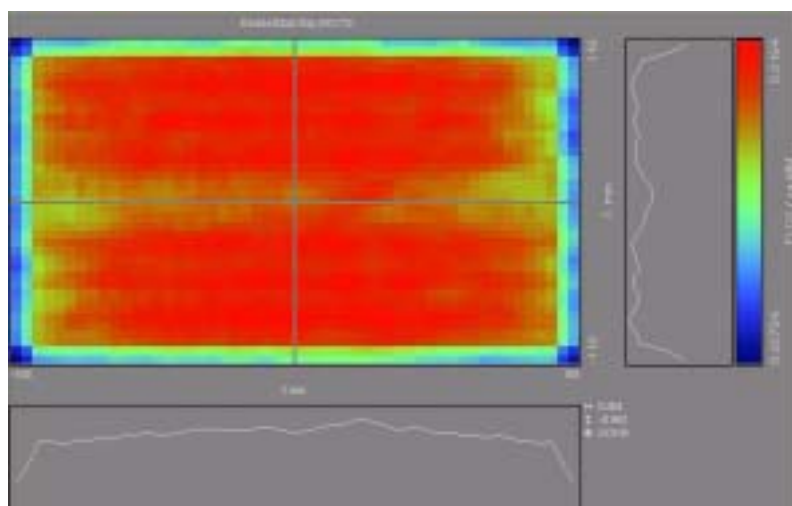
接下來針對我們的結構與 LED 線列的排放方式來模擬是否紅、綠、藍三色是否各自獨立均勻。

紅色：



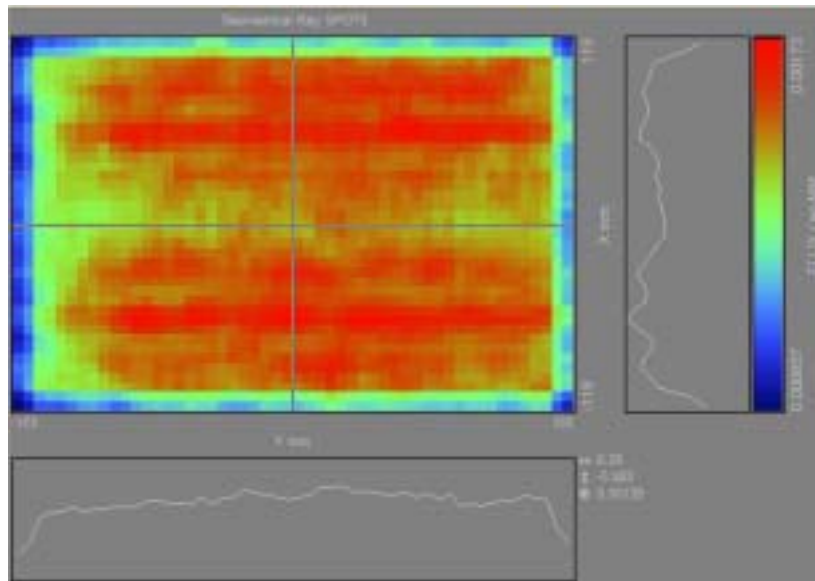
圖(4.11) 結構(一)改良後紅光照度分布

綠色：



圖(4.12) 結構一(改良)綠光照度分布

藍色：



圖(4.13) 結構一藍光照度分布

由於當三色 LED 分別單獨點亮時，晶片之間的間距大的如同散佈的許多獨立點光源，與整條線列同時點亮時趨近於線光源不同，為了防止色彩不均勻的情形發生必須達到三色 LED 各自點亮時皆達到 90% 以上的均勻度。

由幾何光學可知要使不同角度的入射光折射一定的角度所需要的面不會是一個單純的斜面，故接下來不對結構(一)更進一步優化，並設計另一種混光用光罩。

### 4.3 混光用光罩的設計結構(二)

由於使用結構(一)時，光罩底面使用斜面來導光，但要使不同角度的入射光折射一定的角度，所需要的面不會是一個單純的斜面。由幾何光學

的知識我們知道，需要一個拋物面使一個點光源的光擴束為均勻的光束，  
接下來我們改變設計的方法。

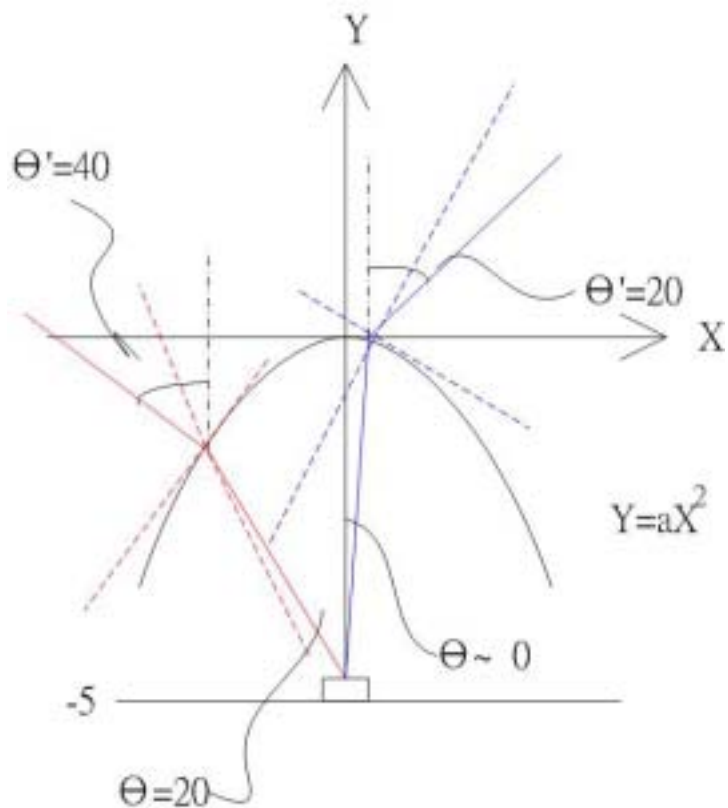
假定混光用光罩底面為一個拋物面，以頂點為原點，假設其方程式為：

$$Y = -aX^2 \quad (4.1)$$

而我們希望所有入射光線經過此拋物面後，都產生 20 度的偏折，故我們可以求得當入射角趨近於 0 度與 20 度時，入射點所需的介面斜率  $Y'$ 。再將 (4.1) 式微分，得到各區面位置斜率算式：

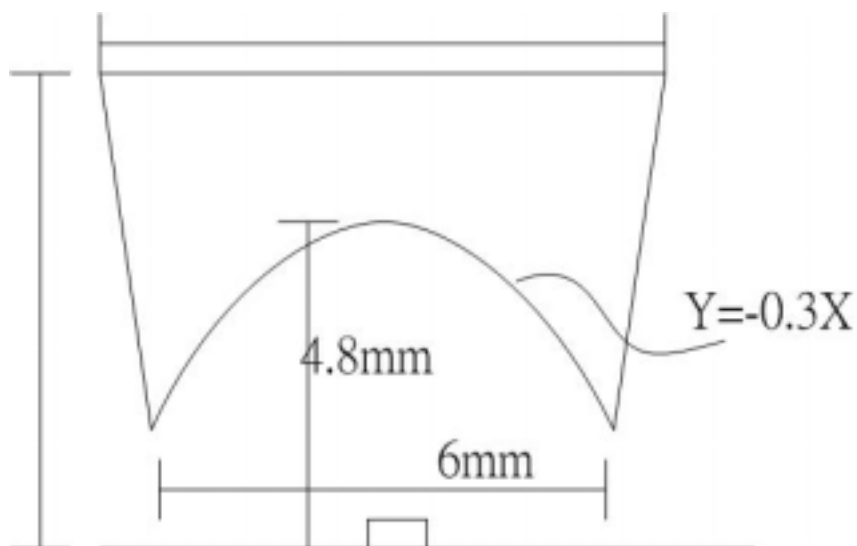
$$Y' = -2aX \quad (4.2)$$

由我們預期希望的混光用光罩尺寸規格，來計算出 0 度與 20 度入射光的入射位置  $X$ ，將所得的  $Y'$  與  $X$  帶入 (4.2) 式即可求得所需的曲面方程式。



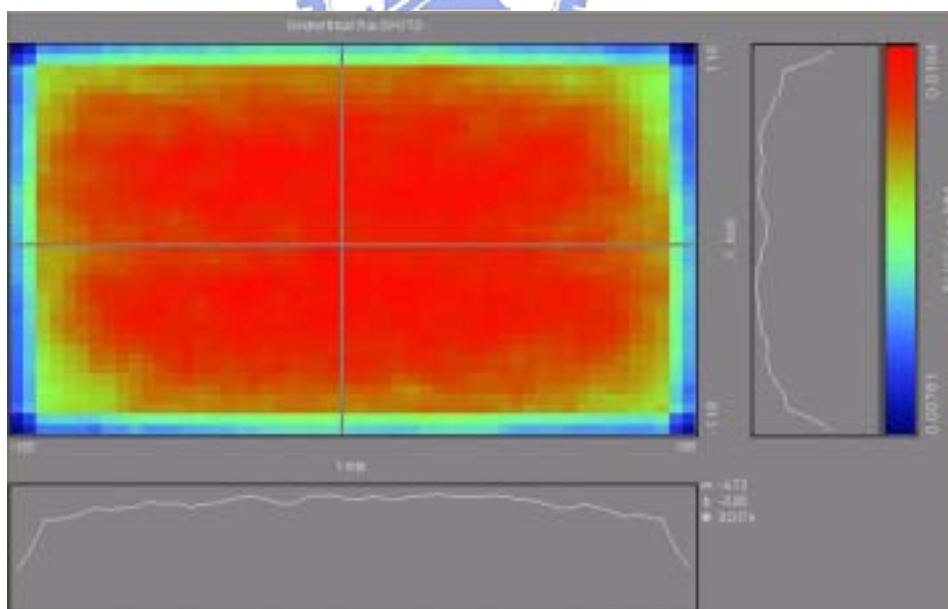
圖(4.14)光路計算方法

此時我們求得此曲面方程式 $Y = -0.3X^2$ ，如同結構一，我們將此混光用光罩的側面設計一個小斜邊，避免光線的折射被抵銷，結構如圖(4.15)。



圖(4.15)結構二尺寸示意圖

模擬結果示於圖(4.16)。

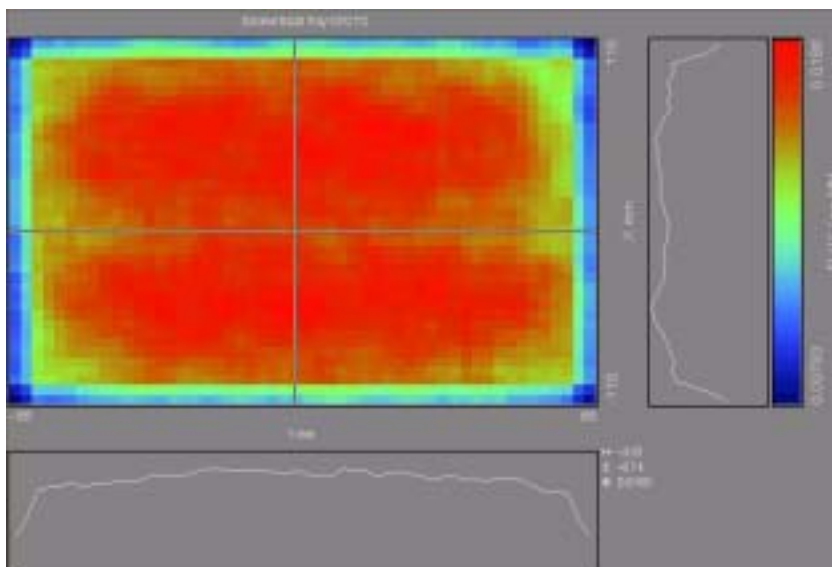


圖(4.16)結構二模擬結果

燈箱主要區域均勻度可達到 88%。

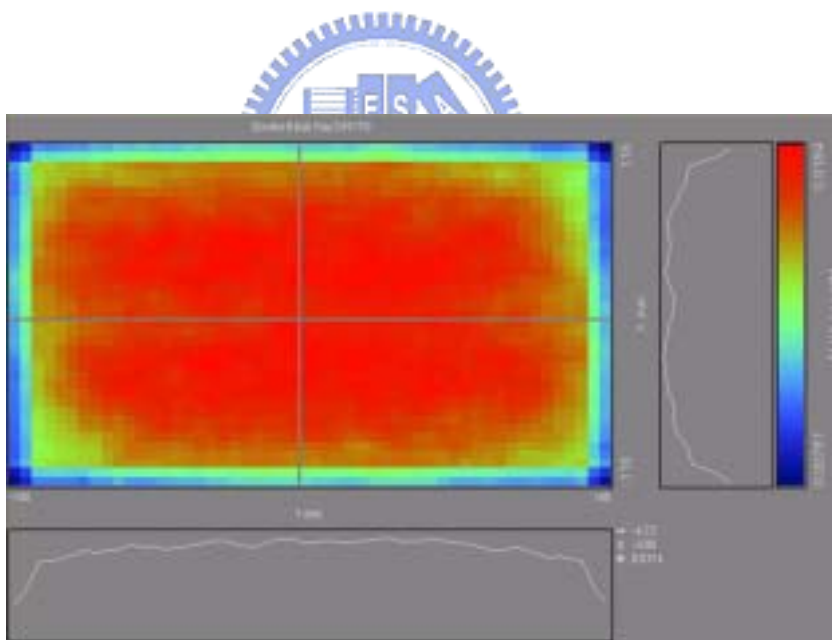
下面模擬三色 LED 單獨點亮時的情形：

藍色：(與紅色分布大致相同)



圖(4.17)結構二藍光照度分布

綠色：



圖(4.18) 結構二綠光照度分布

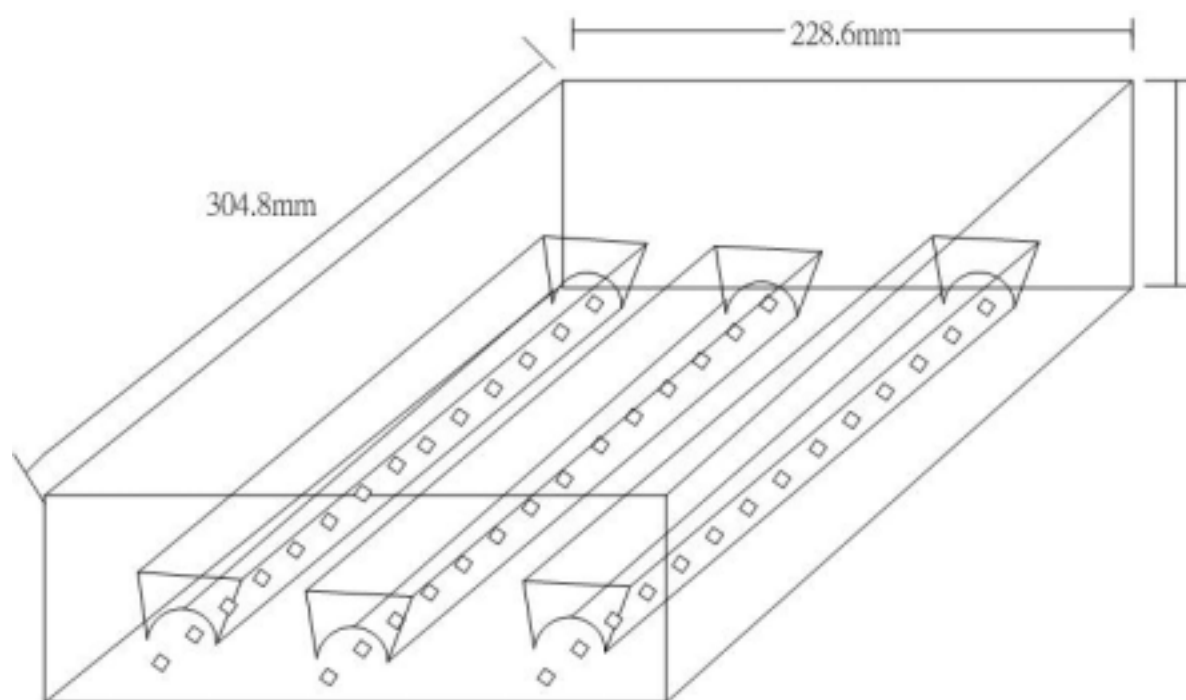
藍(紅)光均勻度只有 82%，綠光均勻度 85%。

可以看出結構(二)均勻度有相當大的改善，但對於非主要區域(兩線列間以外的區域)均勻度表現仍不理想，且單色光均勻度表現也不夠均勻，原

因在兩線列的光線較為集中，涵蓋範圍小，故接下來改變基本結構，將兩線列拆成三線列，以改進均勻度的表現。

#### 4.4 混光用光罩的設計結構(三)

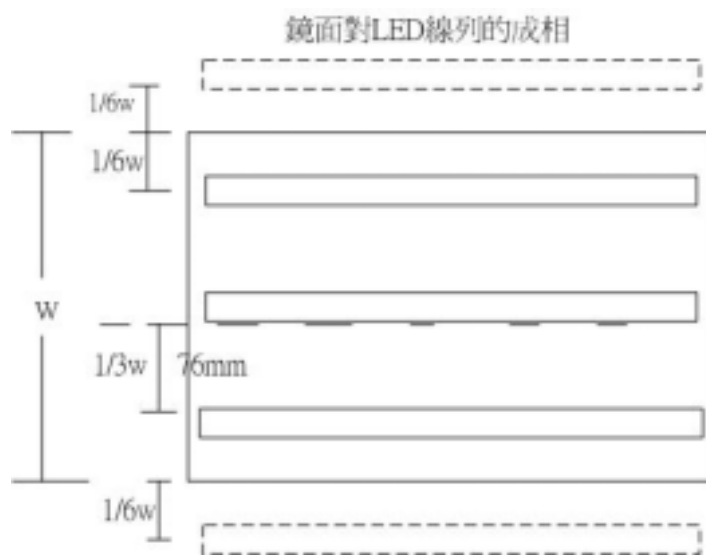
爲了提高均勻度，接下來我們將兩線列拆成三線列，排列位置如圖(4.19)所示。



圖(4.19)三線列結構圖

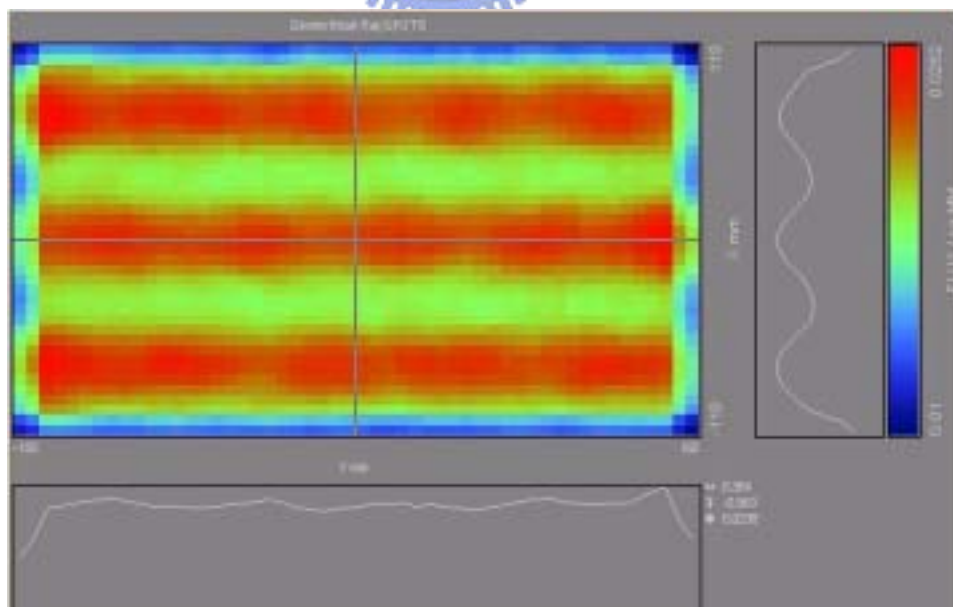
而三線列排放位置也如同兩線列時，考慮鏡面的反射，使得線列之間的間距相等。拆成三線列時，考慮 LED 晶片以兩綠一紅一藍四個晶片為一組，故減少晶片數為 60 個，並拉長各晶片間距至 15mm，並且為了色彩均勻

度的表現，將 LED 排列方式改為綠-紅-綠-藍的方式，LED 線列位置圖(4.20)所示。



圖(4.20)三線列排放位置

此時三線列間の間距與兩線列時不同，故混光用光罩的曲面方程式必須重新計算。考慮三線列在燈箱中的原始發光分布如圖(4.21)。

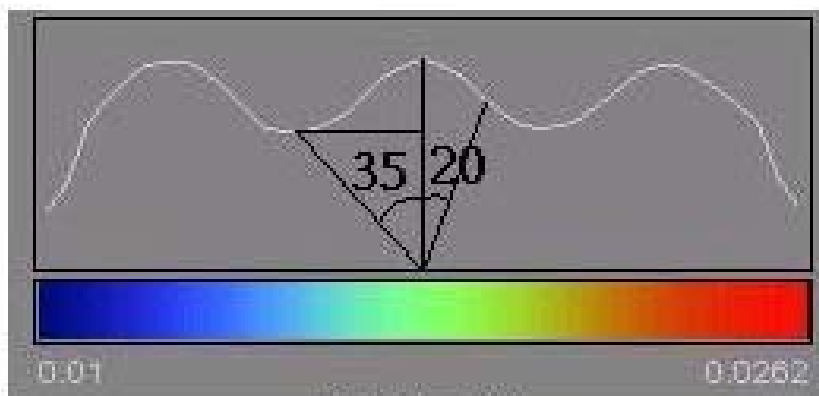


圖(4.21)三線列原始發光分布

其中我們一樣針對光能量集中的 20 度發光角內來做光路計算，將線列

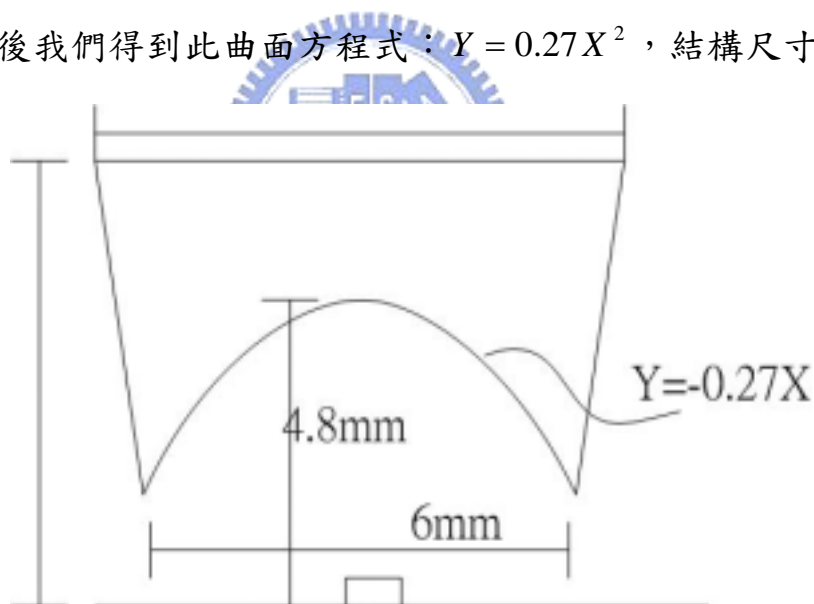


正上方張角 20 度左右光通量 25%部分側向導往燈箱空腔中，見圖(4.22)。



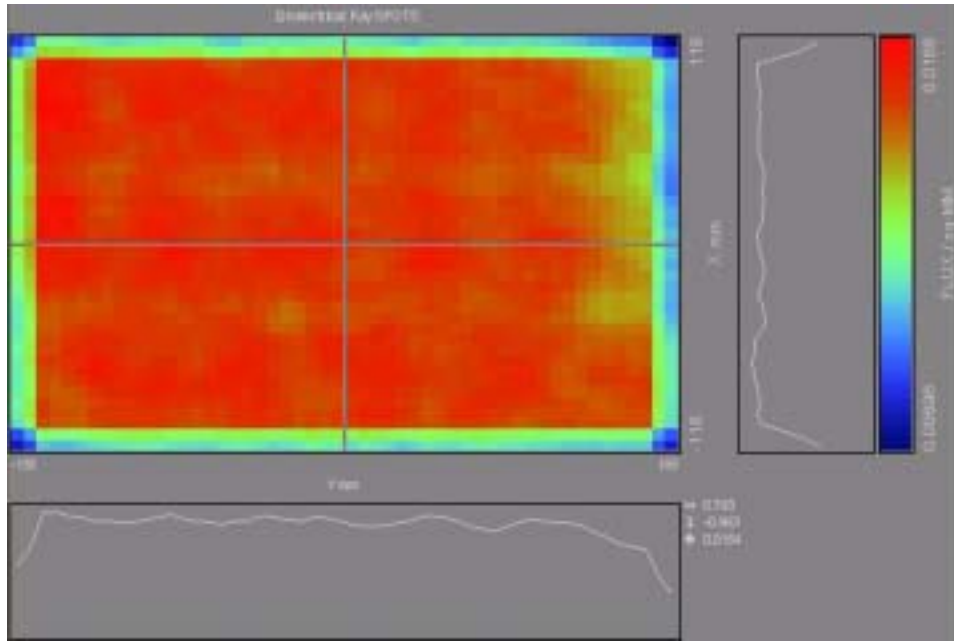
圖(4.22)三線列光源導光目標分析圖

接下來我們利用前述設計結構(二)同樣方法來計算出我們需要的曲面方程式，最後我們得到此曲面方程式： $Y = 0.27X^2$ ，結構尺寸如下圖。



圖(4.23)結構(三)

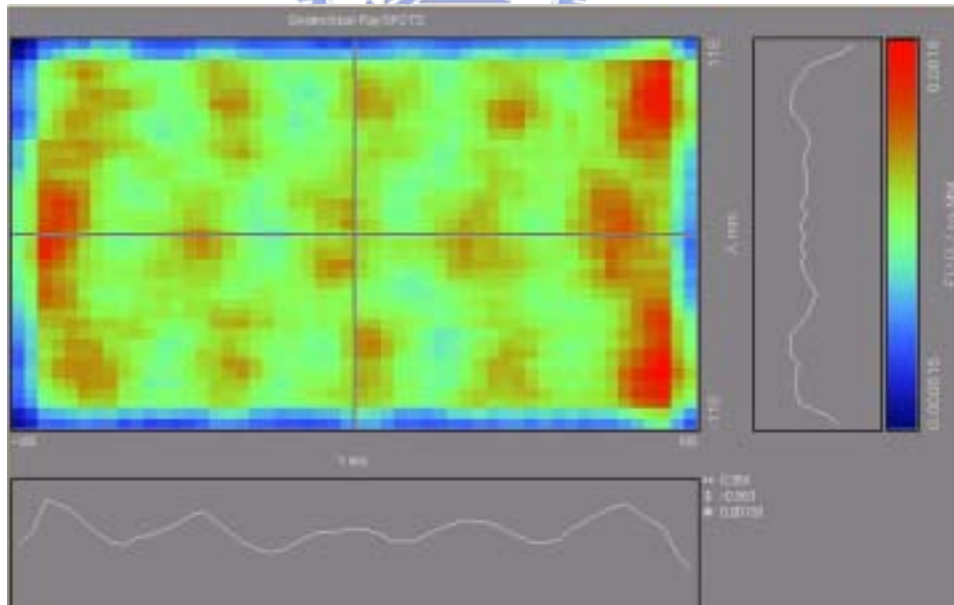
三色同時點亮的照度分布模擬結果如圖(4.24)。



圖(4.24)結構(三)照度分布模擬結果

度達到 96%，並且擴大了有效均勻亮區的範圍。

藍色單獨點亮的照度分布：

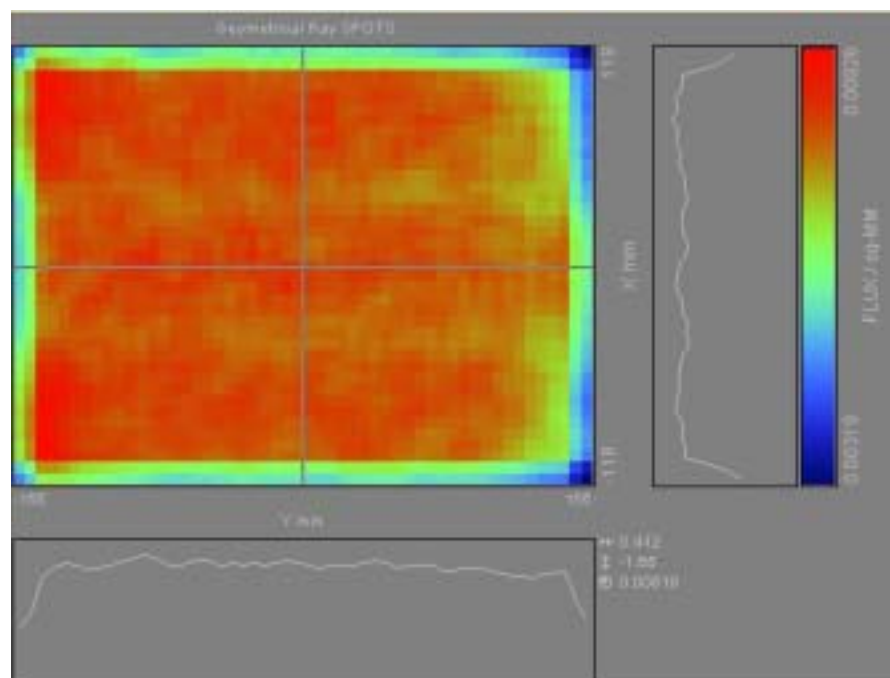


圖(4.25) 結構(三)藍光照度分布

均勻度低落至 58%，因為單獨點亮藍色 LED 各 LED 晶片間距放大，使得不再具有線列光源的性質。而本結構是針對趨近於線光源的密集 LED 線列來設

計，故在單色光的表現仍有待加強。

單獨點亮綠色的照度分布如圖(4.26)



圖(4.26) 結構三線光照度分布

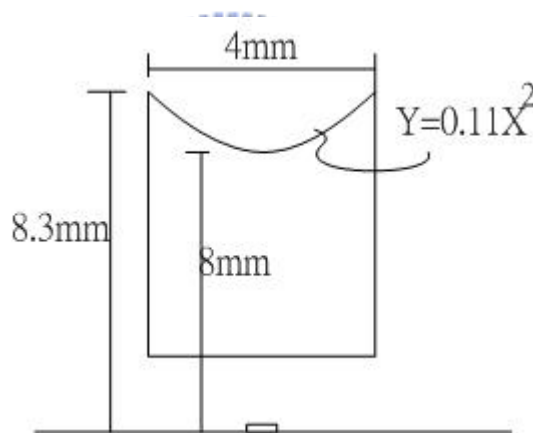
由於綠光 LED 的數目是紅、藍的兩倍，故依然保有相當良好的線光源特性，故均勻度仍保持在 96%。

由以上模擬可以發現，由於三線列每個晶片之間距離放大至 15mm，故數量較少的紅、藍光 LED 不再具有線光源的特性，而此結構的設計是針對趨近於線光源的 LED 線列所設計，故紅、藍單色光均勻度表現不佳，在下面的結構(四)嘗試在混光用光罩的頂面，紅、藍 LED 的正上方多加了與底面垂直的另外一維的折射曲面，進一步改善單色光的均勻度。

#### 4.5 混光用光罩的設計結構(四)

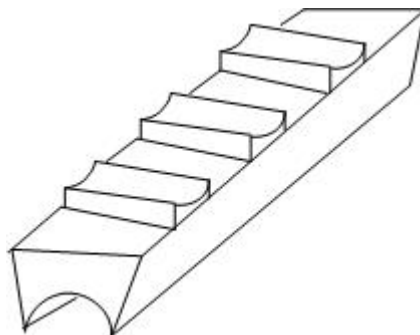
由於結構的設計是針對趨近於線光源的 LED 線列所設計，故導光的效果僅限於往燈箱短邊方向，當 LED 晶片間距放大時，數量較少的紅、藍光邊失去線光源特性，而需要在紅、藍光 LED 上方光罩頂面加一結構，導光方向與光罩底面垂直，來進一步增進均勻度。

光罩頂部曲面與底部曲面不同，光線由介質進入空氣，要使光線產生擴散，曲面方程式假設為  $Y = aX^2$ ，此時所需的導光範圍及幅度較小，在經過計算後可得到其方程式： $Y = 0.11X^2$ ，其尺寸結構如圖(4.27)。



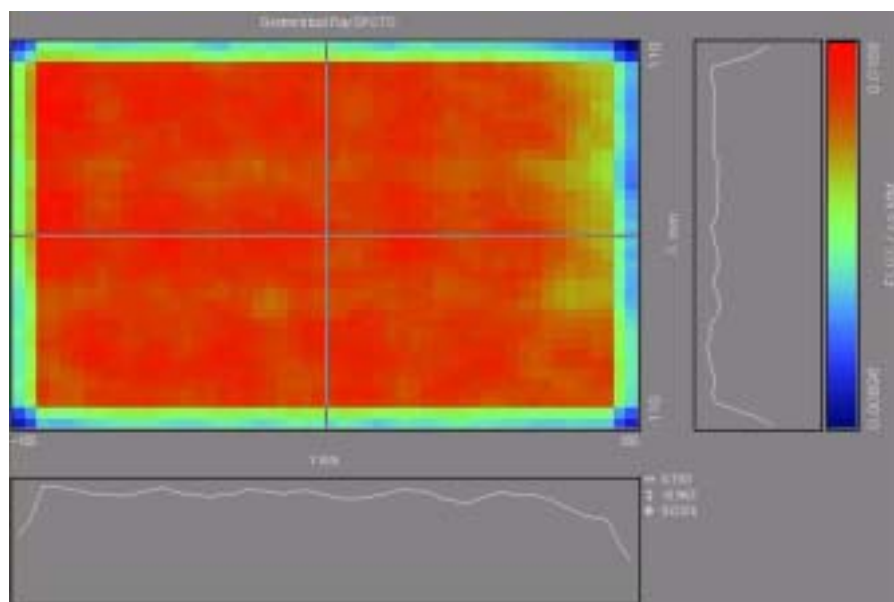
圖(4.27)結構四頂部曲面圖

結構四立體圖如圖(4.28)所示。



圖(4.28)結構四立體圖

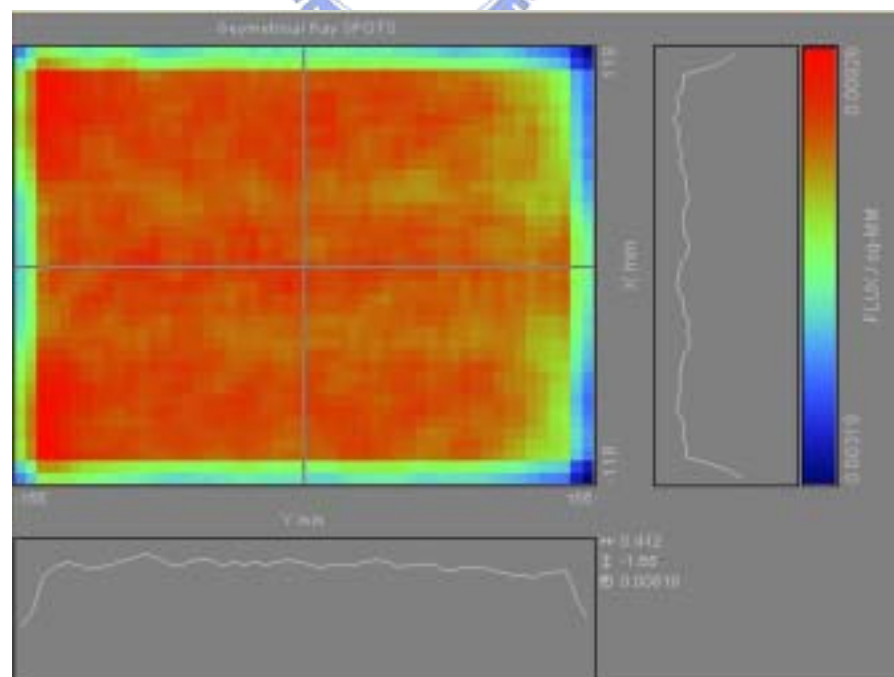
三色同時點亮的照度分布模擬結果如圖(4.29)。



圖(4.29)結構四照度分布

效果佳，均勻度達 96%。

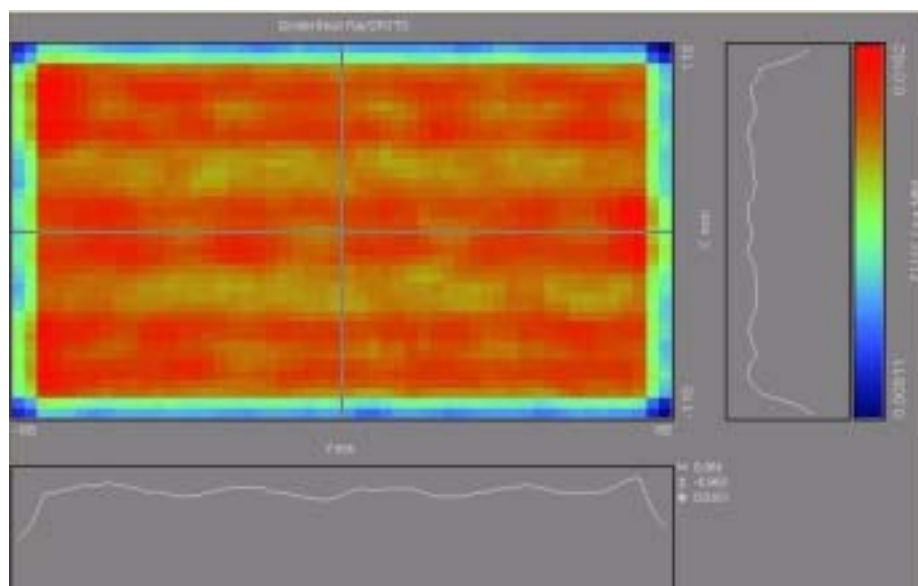
單獨點亮綠色的照度分布如圖(4.30)。



圖(4.30) 結構四綠光照度分布

綠光效果依然十分良好，均勻度 98%。

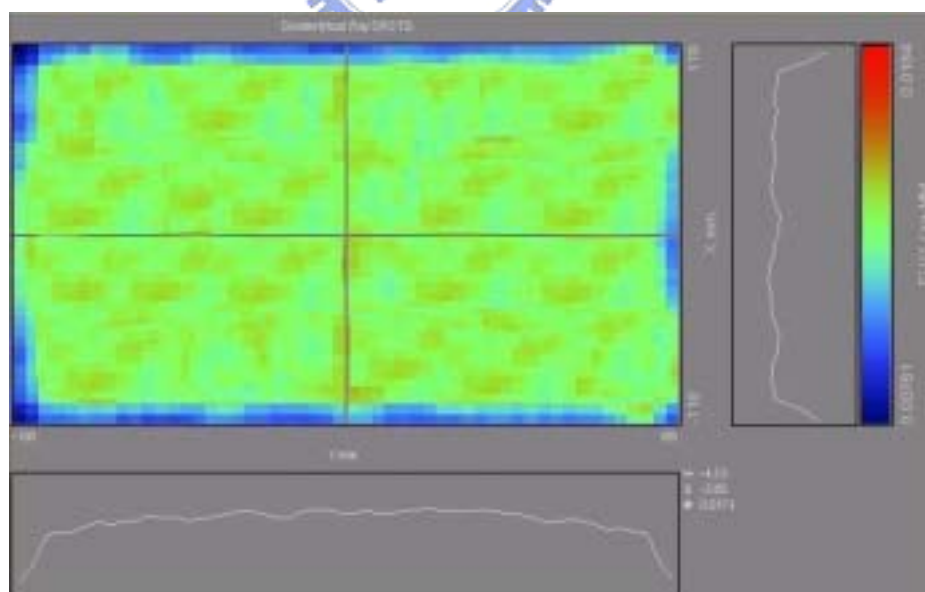
單獨點亮紅光的照度分布示於圖(4.31)。



圖(4.31) 結構(四)紅光照度分布

在雙重結構下大幅改善均勻度，達到 93%。

單獨點亮藍光的分布如圖(4.32)。



圖(4.32) 結構四藍光照度分布

均勻度大幅改善達到 95%。

由以上模擬可以看出雙重結構具有相當好的效果。且紅、藍、綠三色光單獨點量都可以達到 90%以上的均勻度，預期在色彩均勻度上會有很好的表現。

在此模擬中共使用 60 顆高亮度 LED chip，共發出光 1545lm，偵測面接收 1046lm，效率 68%，在經過光學平板的導光與色彩濾波片損耗 95%的光能後，約能達到輝度 623nits 的水準，應能成為一個均勻照度及均勻白光的背光模組。

#### 4.6 模擬結論

由以上模擬可以整理出結論如表(4.1)。

	結構(一)	結構(二)	結構(三)	結構(四)
結構特點	雙線列、混光用光罩底面為斜面結構	雙線列、混光用光罩底面使用曲面	三線列、混光用光罩底面使用曲面	三線列、混光用光罩底面與頂面使用曲面的二維結構
使用晶片數目	64	64	60	60
晶片間距	9mm	9mm	15mm	15mm
排列方式	綠-紅-藍-綠	綠-紅-藍-綠	綠-紅-綠-藍	綠-紅-綠-藍
均勻度	82%	88%	96%	96%
結構評論	均勻度差且各色均勻度差，色差大。	均勻度略為改善，但單色均勻度差，色差大。	均勻度佳，但單色均勻度差，色差較大，使用的晶片略為減少。	各色均勻度最好，色彩均勻度良好，但二維結構加工困難增加成本。

Chip on board 架構本身造成的光損耗小，且由於 LED 晶片直接佈值在底板上，預期散熱效果良好。

在四種結構中，可以發現使用結構(四)得到的效果最好，缺點是二維結構加工難度與成本較高。以上的模擬均未使用光學平板來幫助增加均勻度，在實際加工加上光學平板後，使亮度更均勻，減少色差，得到更好的背光效果。





## 第五章 色彩均勻度分析

### 5.1 色彩均勻度分析

LED 具有隨著工作溫度改變發光頻譜，以及外加電壓與發光亮度呈線性正比的兩大特點，所以在長時間的使用中工作環境溫度上升，而讓色彩產生偏差，故需要使用回饋電路來微調三色 LED 的發光強度，使背光模組維持穩定的白光。

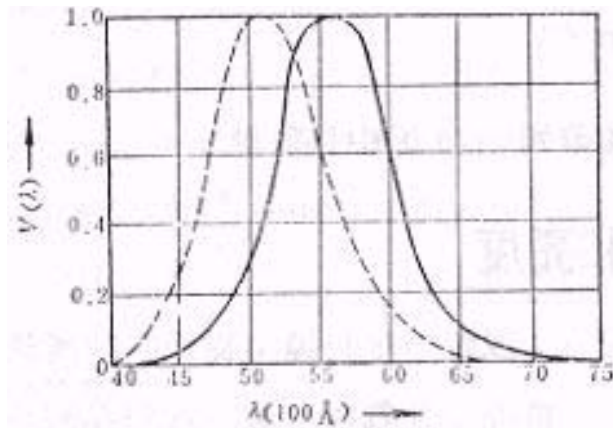
首先以前述的高亮度 LED chip 得發光特性，配合最佳化的背光模組結構四，以 ASAP 模擬計算色差。ASAP 模擬分析使用色溫 6500K 的 NTSC 標準白光為參考，計算燈箱出光面各點的色差 ( $\Delta E_{a*b^*}$ )，此色溫之白光約等於一般晴天無雲時的日光，相當適用於評估顯示器光源的色度。

以紅光：625nm，40lm；藍光：470，9lm；綠光：530，27lm；為三色光的個別光源所求的平均色差值  $\Delta E_{a*b^*}=19.7$ 。

但以國際照明委員會(CIE)在 1931 年定義以下的標準配色函數，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。

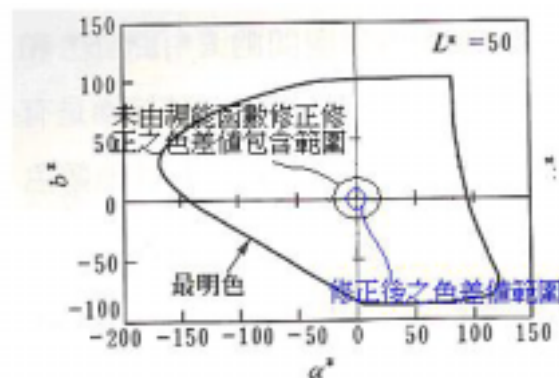
而 LED 發光中心波長與定義的三原色光波長有一些差距，故必須經過視能函數的修正。

視能函數曲線如圖(5.1)所示。



圖(5.1)視能函數曲線

以紅光而言，700nm 大約是 625nm 視能的 1/5，故紅光比例約需降低為 1/4；綠光方面，546nm 與 530nm 的視能則大致相符；而藍光 435.8nm 大約是 470nm 視能的 1/3，故比例須降為 1/3。由此可以得到新的三原色光通亮比例，紅：綠：藍 = 0.25：4.6：0.02；以需求度最高的綠光為基準，我們的背光模組架構而言，其通量為 54lm，得出紅光需要 3lm 藍光 0.3lm，以此比例進行模擬計算色差值  $\Delta E_{a^*b^*}=9.2$ ，這樣的結果在  $L^*a^*b^*$  色度圖上(圖(2.9))，以 6500 度白光位置為原點，平均色差 9.2 為半徑畫一圓，可以發現色彩分布均在視覺白光的範圍內如圖(5.2)所示，故在這邊可以肯定本結構可以混合出均勻白光。



圖(5.2)色差範圍

## 第六章 結論

### 6.1 結論

1. 使用 chip on board 配合混光用光罩為架構的 LED 背光模組，結構簡單容易加工，且 LED 光源具有壽命長、色彩飽和等優點。
2. 混光用光罩在底部使用拋物面設計後，如同以幾何光學原理預測一般，使光線均勻擴束散射，明顯改善均勻度。
3. 使用二維雙重曲面結構的混光用光罩，可以紅、藍、綠使均勻度都達到 90% 以上，且色差值大幅降低。
4. 本模擬結果最終出射到 15 吋背光模組外的總光通量平均在 1000lm 左右，在經過光學平板與色彩濾波片損耗 95% 的前提下，可以達到輝度 >500nits 的電視顯示亮度要求。
5. 在將雙線列拆成三線列的同時，除了提高均勻度也連帶稍微減少 LED 晶片的需求數，且此結構只要等量放大即可運用在大尺寸背光模組上。



## 參考資料

1. "High Brightness Direct LED Backlight for LCD-TV" , *Robert Scott West , Yagi Takaaki* , 2003 SID.
2. "Performance of High Power LED Illuminators in Color Sequential Projection Displays" *Gerard Harbers, Matthijs Keuper, Steve Paolini* ,2003 SID.
3. "Ultra-Compact LED based Image Projector for Portable Application" , *Matthijs H. Keuper, Steve Paolini, Garard Harbers* , SID 2003.
4. "High Brightness Direct LED Backlight for LCD High Brightness Direct LED Backlight for LCD-TV" *Baltimore, Maryland* SID MAY 2003
5. US-Patent : No. 6607286 , NO. 6679621
6. "基礎色彩再現工程" 大田登
7. "輻射照度學講義" 陸懋宏
8. "幾何光學講義" 陸懋宏

