

# 國立交通大學

工學院精密與自動化工程學程

## 碩士論文

薄型化導光板設計之研究  
-楔型導光板斜面之發光效率-

Study of thin light-guide plate design  
The efficiency of wedge-type light-guide plate

研究生：羅挺方

指導教授：徐瑞坤 教授

中華民國九十九年六月

薄型化導光板設計之研究-楔型導光板斜面之發光效率-

Study of thin light-guide plate design  
The efficiency of wedge-type light-guide plate

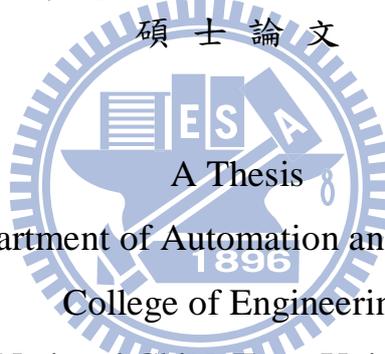
研究生：羅挺方

Student : Ting-Fang Luo

指導教授：徐瑞坤

Advisor : Dr. Ray-Quen Hsu

國立交通大學  
工學院精密與自動化工程學程  
碩士論文



Submitted to Department of Automation and Precision Engineering  
College of Engineering

National Chiao Tung University

in partial Fulfillment of the Requirements

For the Degree of

Master

In

Mechanical Engineering

June 2010

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十九年六月

# 薄型化導光板設計之研究-楔型導光板斜面之發光效率-

研究生：羅挺方

指導教授：徐瑞坤教授

工學院精密與自動化工程學程

## 摘 要

本研究主要是研究楔型導光板之幾何外形對發光效率的影響，利用參數化設計配合 TracePro®光學模擬軟體進行導光板發光強度的模擬分析。研究結果顯示，楔型導光板之發光效率會隨著楔型角度、及厚度這二個重要參數而改變。

當我們將導光板發光區域減薄至設計目標厚度時，入射光之能量會有一定的損失，厚度不同時損失的能量亦不同，此時楔型導光板的傾斜角角度會隨著楔型部之長度等的而改變，當傾斜角趨近某個定值時，導光板的漏光率會趨於定值，此時的角度稱之為飽和角。而每個設計目標厚度的飽和角度皆不相同。

透過本研究，可以找出較佳的楔型化薄型導光板設計，達到較高的發光效率，藉以減少導光板的開發時間。

關鍵字：背光模組、楔型導光板、光線追跡、飽和角

Study of thin light-guide plate design  
The efficiency of wedge-type light-guide plate

Student : Ting-Fang Luo

Advisors : Dr. Ray-Quen Hsu

Automation and Precision Engineering College of Engineering  
National Chiao Tung University

ABSTRACT

This research is to study the light reflection efficiency of a wedge-type light-guide plate by simulation software TracePro as affected by the design parameters. The results showed that light reflection efficiency of wedge-type LGP varied with two important parameters: target design thickness and wedge-angle.

With different target design thickness we also have different wedge-angle; We can adjust wedge-angle by changing the length of the wedge and find out the most effective wedge-angle.

In this research, we found out an effective design of a wedge-type LGP, which reached a higher luminous efficiency, in this way, we could reduce the lead-time of LGP development.

Key word: Backlight module, wedge-type LGP, Ray tracing.

## 誌 謝

首先要感謝這二年來指導教授徐瑞坤老師在學習與論文上的辛勤指導，使我的論文能夠順利完成。口試委員洪景華教授與陳仁浩教授對論文上的指教更讓我的論文能夠更加完善。

在這二年的學習過程中，要兼顧課業與工作，所幸公司長官及同仁的幫忙與協助，還有在光學專業領域上的幫忙，讓我能順利完成課業及這份論文，在此也要向公司長官及同仁致上最深的謝意。

最後我要感謝年邁的父親及母親，在我工作繁忙及撰寫論文的這段時間，默默的給我支持，且能體諒我長期在外工作、學習，長時間不能回家鄉探望父母的苦處，總是三不五時的打電話給我鼓勵，讓我能無後顧之憂的完成學業，在此對我最親愛的父母敬上最深的謝意。

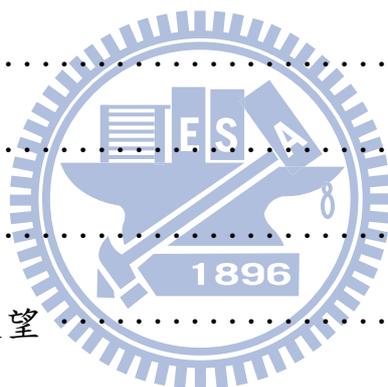
挺方 謹上

九十九年六月

# 目 錄

中文摘要	I
英文摘要	II
誌 謝	III
表 目 錄	VI
圖 目 錄	VII
第一章 緒論	1
1-1 前言	1
第二章 液晶顯示器及背光模組介紹	3
2-1 液晶顯示器簡介	3
2-2 背光模組簡介	4
2-3 背光模組元件介紹	6
2-3-1 擴散片(Diffuser Sheet)	6
2-3-2 稜鏡片(Prism Sheet)	7
2-3-3 導光板(Light Guide Plate)	8
2-3-4 反射片(Reflective Sheet)	9
2-3-5 光源(Light Source)	10
第三章 基本光學與模擬軟體簡介	20
3-1 光學理論	20
3-1-1 折射率(Refractive index)	20
3-1-2 反射定律(Laws of reflection)	21

3-1-3 折射定律(Laws of refraction) .....	22
3-1-3 全反射現象(Total Internal Reflection, TIR) .....	22
3-2 光學名詞及計量單位 .....	23
3-3 光學模擬軟體介紹 .....	25
3-3-1 蒙地卡羅法則(Monte Carlo method).....	25
3-3-2 光學模擬流程 .....	26
3-3-3 TracePro軟體設定 .....	27
第四章 模擬方法與規劃 .....	32
4-1 產品背景 .....	32
4-2 模擬設置 .....	33
4-2 模擬規劃 .....	34
第五章 模擬結果 .....	43
第六章 結論與未來展望 .....	50
參考文獻 .....	52



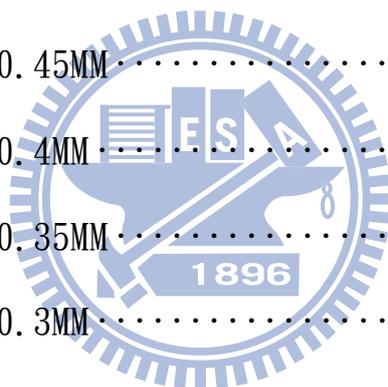
## 表 目 錄

表 1-1 小尺寸液晶模組各材料厚度比重	2
表 3-1 常見物質之折射率	28
表 3-2 TRACEPRO 中的光學單位	28
表 4-1 產品參數	35
表 4-2 模擬參數，T2:0.5MM	35
表 4-3 模擬參數，T2:0.45MM	36
表 4-4 模擬參數，T2:0.4MM	36
表 4-4 模擬參數，T2:0.35MM	37
表 4-6 模擬參數，T2:0.3MM	37
表 5-1 模擬結果，T2:0.5MM	44
表 5-2 模擬結果，T2:0.45MM	44
表 5-3 模擬結果，T2:0.40MM	45
表 5-4 模擬結果，T2:0.35MM	45
表 5-5 模擬結果，T2:0.30MM	46
表 5-6 模擬結果，L2 變化增益	46

## 圖目錄

圖 2-1 液晶顯示器內部結構	13
圖 2-2 偏光片之偏極化作用	13
圖 2-3 側入式背光模組與直下式背光模組	14
圖 2-4 背光模組之基本架構	14
圖 2-5 擴散片之構造及擴散粒子	15
圖 2-6 使用擴散片霧化導光板上之PATTERN	15
圖 2-7 稜鏡片表面之稜鏡結構放大圖	16
圖 2-8 稜鏡片之工作原理	16
圖 2-9 稜鏡片可提升正面視角輝度	17
圖 2-10 光束在壓克力中的全內反射現象	17
圖 2-11 導光板之工作原理，破壞全反射現象	18
圖 2-12 顯微鏡下的各種微結構	18
圖 2-13 藍光LED與黃色螢光粉所混出的白光頻譜	19
圖 3-1 光在不同介質間之折射與反射現象	29
圖 3-2 光的鏡射與漫射	29
圖 3-3 折射、全反射與臨界角	30
圖 3-4 在TRACEPRO中模擬LED LAMP及傳統燈管	30
圖 3-5 光學模擬流程	31
圖 4-1 背光模組爆炸圖	38
圖 4-2 導光板各參數	38

圖 4-3	NSSW206 之外型及發光區域	39
圖 4-4	設置LED表面發光特性	39
圖 4-5	LED發光角度特性	40
圖 4-6	設置導光板材質特性	40
圖 4-7	設置反射片材質參數	41
圖 4-8	導光板DOT設置	41
圖 4-9	模擬評價方式	42
圖 5-1	發光效率VS T2	47
圖 5-2	模擬結果, T2=0.5MM	47
圖 5-3	模擬結果, T2=0.45MM	48
圖 5-4	模擬結果, T2=0.4MM	48
圖 5-5	模擬結果, T2=0.35MM	49
圖 5-5	模擬結果, T2=0.3MM	49



# 第一章 緒論

## 1-1 前言

自從一九二七年第一臺陰極射線管(CRT, Cathode Ray Tube)黑白電視機發明以來，至二十世紀中葉，顯示技術便以飛快的速度在發展。由於 CRT 顯示器有體積大、重量重、輻射量高、功耗高…等缺點，於是各種平面顯示技術便不斷的被開發出來，例如液晶顯示器(LCD, Liquid Crystal Display)、場發射顯示器(FED, Field Emission Display)、電漿顯示器(PDP, Plasma Display)…等等。其中又以液晶顯示器技術是技術最純熟並普及化的一項產品。

液晶顯示器與陰極射線管顯示器比較，擁有重量輕、省電、無輻射、體積小、可攜帶…等優點，使 LCD 可廣泛應用於日常生活中的相關產品，例如行動電話(Mobile Phone)、計算機、個人數位助理(PDA)、筆記型電腦(Notebook)、手錶、電腦螢幕(Monitor)、液晶電視(LCD TV)…等。

隨著時代演進及 IT 產業的快速發展，行動電話及 PDA 成為小尺寸 LCD 的最大應用，又因這些產品的特性，LCD 模組之輕薄化已成為必然之趨勢。

其中，由於 TFT-LCD 屬於非自發光性的顯示技術，必需依賴背光模組提供穩定且均勻之光源，才能使畫面顯示。而背光模組的厚度，一般均佔整個 LCD Module 的 50%以上(表 1-1)，而整個背光模組中，又以導光板(LGP, Light Guide Plate)所佔厚度比例最高，所以薄型化導光板技術之研究跟導入，亦為薄型化 LCD Module 的重要課題之一。

本研究即透過光學模擬，分析薄型導光板之幾何設計，探討楔形設計對導光板發光效率及畫面之影響。並透過本研究，建立一套嚴謹之導光板開發流程，以期減少開發時程。

表 1-1 小尺寸液晶模組各材料厚度比重

TFT-LCD	Upper Pol.	125	7.65%	45.90%
	Color Filter	250	15.30%	
	TFT Glass	250	15.30%	
	Bottom Pol.	125	7.65%	
Backlight Module	DBEF	N/A		54.10%
	Upper Prism	115	7.04%	
	Bottom Prism	62	3.79%	
	Bottom Diffuser	45	2.75%	
	<b>LGP</b>	<b>600</b>	<b>36.72%</b>	
	Reflector	62	3.79%	
Total		1634	100%	100%

Unit: um

## 第二章 液晶顯示器及背光模組介紹

### 2-1 液晶顯示器簡介

液晶顯示器顧名思義就是利用液態晶體(LC, Liquid Crystal)的光學特性，來控制光的通過量而達到顯示的效果。一般的作法是將液晶灌入兩片抽完真空的玻璃之間，利用 Spacer 控制兩片玻璃之間的距離，並加上電壓，控制液晶的旋轉量以改變光的偏振方向，如此就可得到有明暗變化的基本顯示裝置。若再加上彩色濾光片(Color Filter)就可得到有色彩變化的顯示裝置。[1]

液晶顯示器內部簡單的結構如圖 2-1 所示，由上至下分別為上偏光片 (Polarizer)、彩色濾光片(Color Filter)、液晶、ITO 電極、薄膜電晶體基板(TFT, Thin-Film Transistor)、下偏光片及光源(Light Source)。[2]



各零件之簡介如下：

- a. 偏光片：偏光片具有偏極散射光的特性，用來控制進入或射出液晶面板的光有特定的行進方向，如此才能利用液晶來控制光通過的量。使用時必須在液晶上下各使用一片偏光片，並使二片偏光片成 90 度交錯方向，如圖 2-1。[3]
- b. 彩色濾光片：彩色濾光片是組成液晶面板中重要之關鍵零組件之一。在玻璃基板上鍍上紅藍綠三種光阻原料，經由液晶控制背光模組所提供的光通過量並使之混色而在顯示器上顯示出顏色。[2]
- c. 液晶：液晶材料通常為多種向列型液晶所組合在一起，當外加電壓於液

晶兩側時，液晶便會開始反轉。應用在液晶顯示器時，便可由外加電壓來控制液晶反轉量，進而決定光通過的方向及總量。

- d. ITO 電極：氧化銦錫擁有電傳導和光學透明二種特性，可用來連接液晶及開關元件，以提供液晶旋轉時所需的電壓。
- e. 薄膜電晶體基板：TFT 的製作方式是在基板上沉積各種不同的薄膜，如半導體主動層、介電層和金屬電極層，而組成 TFT device。TFT 面板就是由數百萬個 TFT device 以及 ITO 電極區域排列如一個 matrix 所構成。TFT device 是一個開關，用來控制液晶電子傳至 ITO 區域的數量，藉此來控制外加電壓，使液晶反轉。<sup>[2]</sup>
- f. 光源：由於液晶本身不會發光，必需有外加光源使其顯示畫面。背光源常用的有 LED 及 CCFL。



## 2-2 背光模組簡介

背光模組(Backlight Module)為液晶顯示器(LCD Module)的關鍵零組件之一。由於 LCD 為非自發光性元件，其主要功能是經由液晶的旋轉來控制光通過量，若要顯示畫面，就要依賴背光模組提供的均勻且充足之面光源。

<sup>[4]</sup>

另外因 LCD 基本為二片玻璃跟偏光板所組成，背光模組的塑膠框及金屬框亦可提供一定的保護，避免 LCD Panel 的破裂。

背光模組依光源配置位置不同，可大致分為二大類：

a. 直下式背光模組(Upward type)

直下式背光模組顧名思意是將光源(CCFL or LED)置於顯示面板下方，透過擴散板將光線均勻化。此種背光模組的光線利用效率較高，一般使用擴散板而不是導光板技術。此種背光模組光源至顯示面板之間需要較長的距離，以利光線擴散，而得到較佳之均勻性。所以此種背光模組之厚度較大，一般使用在大型顯示器如 TV 上。[4][5]

b. 側入式背光模組(Lateral type)

側入式背光模組與直下式背光模組最大的差異，就是將光源置於顯示面板的四周，透過導光板將側光源轉換成均勻之面光源使用。此種背光模組最大的優點就是厚度較直下式背光模組薄，但由於光線在導光板中會經過多重反射傳遞而衰減，因此光利用效率較差。此外其均勻性也需要較純熟的網點設計及射出成型技術來達成，所以其技術門檻較高。不過由於 3C 產品薄型化的趨勢；以往應用於手機、PDA 的側入式背光技術，也因技術的精進，而應用在電腦螢幕或 LCD TV 上。[4][5]

本研究即是探討側入式背光模組中，楔形導光板之設計，以達到較高之光利用效率及均勻性。

## 2-3 背光模組元件介紹

如圖 2-4，一個背光模組的基本元件有上/下擴散片(Diffuser Sheet)、上/下稜鏡片(Prism Sheet)、導光板(Light guide plate)、反射片(Reflective Sheet)及光源(LED、CCFL)。

以下將分各節介紹這些元件的原理及使用方法。

### 2-3-1 擴散片(Diffuser Sheet)

擴散片的原理，是將擴散粒子(bead)Coating 在 PET 基材上(圖 2-5)[6]，當光線由導光板出來，打到這些擴散粒子，便會產生反射、折射，進而減少導光板射出光的方向性，使射出光均勻化，並可霧化導光板上的 Pattern 及缺陷。

使用擴散片時，重要的規格為厚度及散光性(Haze)。當一個均勻光源透過一個透明且粗糙的物體時，入射光可分為穿透光及散射光，Haze 就是散射光與入射光之比值，規格上多以“%”來表示。

Haze 值高之擴散片，其光線透過率較低，但光線均勻性較佳，適合用在下擴散片，將導光板射出之光均勻化供稜鏡片使用，並可霧化導光板 Pattern 及缺陷。(圖 2-6)

上擴散片則盡量選用低 Haze 的擴散片，其主要功用為保護稜鏡片及霧化稜鏡片之紋路。[4]

## 2-3-2 稜鏡片(Prism Sheet)

稜鏡片的構造是在 PET 基材上，先 Coating 一層 UV 感光壓克力，再使用有稜鏡微結構的模具滾製並感光硬化而成。(圖 2-7)[7][4][5]

稜鏡片的工作原理與三稜鏡類似；對應不同角度之入射光有不同角度的折射，如圖 2-8[7]光在稜鏡片中之折射模式主要有三種：

- a. 當光線以接近垂直之方向進入稜鏡片(紅色)，會以內全反射(Total Internal Reflection)的方式，將光折回入光面，經由反射片後續之折射動作調整至適合之出光角度，再予以利用。
- b. 當光線以較傾斜之方向進入稜鏡片時(藍色)，有大部分會經由二次折射的模式(介質：壓克力→空氣)進入另一個稜鏡片再次循環利用。少部分大角度折射之光(綠色)會超出稜鏡片之稜峰，而形成損失。
- c. 其它以較適合角度進入稜鏡片的光(青藍色)，經過一次折射後大部分會聚集在正面的  $70^\circ$  範圍內出光。

利用以上三種模式，光會在稜鏡片中反覆折射，將從導光板所導出的光由水平及垂直各  $180^\circ$  平均分布，集中收斂至正面視角約  $70^\circ$  的範圍內。當只有導光板時，正面視角的亮度很低，加上擴散片後僅將光均勻化，但未能集中在正視角內。加上一張垂直角度的稜鏡片後，將左右二側的光往中間集中，再加上一張水平角度的稜鏡片，即可將光束往正面視角集中。(圖 2-9) [7]

由於稜鏡片一次只能集中水平或垂直角度的光，所以一般應用均需使用二張呈  $90^\circ$  垂直的稜鏡片搭配使用。

### 2-3-3 導光板(Light Guide Plate)

導光板之主要功用是引導光的行進方向，將側光源轉換為面光源，再經過擴散片、稜鏡片的作用，提供 LCD Panel 均勻且足夠的背光使用。

導光板的原理，係利用斯涅爾定律(Snell's Law) 即：光入射到不同介質的界面上會發生反射和折射。所以當光由空氣進入壓克力材質的導光板時，會因為兩個介質的折射率不同而產生折射，但當光要由壓克力(光密介質；較高折射率的介質) 進入到空氣(光疏介質) 時，若角度大於臨界角(Critical Angle)，即會發生全反射現象[5][9]，亦即光可以在無損失的情況下在導光板內部不斷的傳遞，如圖 2-10[8]。

此時若在導光板表面適當的位置加上微結構，破壞光的全反射現象即可控制光射出的位置(圖 2-11)，將微結構陣列排列並調整其分布密度，就可以控制出光面之均勻性。[1][5]

導光板的製程一般可分為印刷式及非印刷式導光板

a. 印刷式：印刷式導光板是較傳統的製作方式，首先將壓克力板表面進行鏡面處理，再將且有高散光性的油墨材料，使用網板印刷至壓克力板上形成網點，當光打到這些網點，即會破壞全反射，而達到出光的目的。

印刷式之優點為光學改版快速，但其製程時間較長。

b. 非印刷式：非印刷式導光板係利用射出成型的方式，將具有微結構之模仁放在模具中，使射出的導光板直接帶有微結構。常用的微結構製造方式有機械加工法(V-Cut)、蝕刻(Etching)、電鑄(Stamper)及雷射(Laser cut)，如圖 2-12。[10]

V-Cut 係使用超精細加工技術，將結構加工於模仁上。一般應用在導光板的出光面，做成類似稜鏡之結構，增加光學效率。

在反射面上的微結構做法是先在模仁上使用蝕刻、電鑄或雷射進行微結構之設計，將模仁放到模具內射出，即成凸出之微結構，對全反射光線進行破壞。[11]

非印刷式導光板的缺點是光學改版速度較慢，另外還需要考慮到射出成型及轉寫性的影響。優點是一但版本確定，其生產速度快，不需後處理(噴印、印刷)即可使用。

#### 2-3-4 反射片(Reflective Sheet)

反射片放置在導光板底部反射面，用以反射光線，一般具有高反射係數，以提高光利用率。

反射片依其鍍在基材(Substrate)上的材料不同有不同的反射效率及分光反射率，通常使用的材料為銀，或是美商 3M 的多層鍍膜技術。[7]

另外考量到成本時，亦可使用白色 PET 薄片當做反射層，一般應用於低階產品。

## 2-3-5 光源(Light Source)

在中、小尺寸 LCD 模組中，考量其空間限制，一般以發光二極體(LED, Light-Emitting Diode)為主流光源，一般應用於 10.1” 以下之產品，如手機、PDA、衛星導航及小型筆電，因應 3C 產品薄型化及節能環保的趨勢，電腦螢幕甚至大尺寸電視，都在積極的導入 LED 背光的技術。

LED 是一種可以將電能轉化為光能的電子零件，同時具備二極體的特性，一般給予直流電時，LED 會穩定地發光，但如果接上交流電，LED 會呈現閃爍的型態，閃亮的頻率依據輸入交流電的頻率而定[12]。LED 的發光原理是外加電壓，讓電子與電洞在半導體內結合後，將能量以光的形式釋放。

[12][13]

LED 的基本特性如下：

壽命長：LED 屬於冷性的發光元件，非以高溫或放電方式發光，故元件的壽命較一般傳統燈泡長。

速度快：點亮的反應時間較傳統燈泡短。

省電環保：電光轉換的效率高，可節省大量能源。

全彩化：藉由不同顏色之 LED 組合可達到全彩畫面之需求，如超大尺寸 LED 電視牆的應用。

LED 在 1960 年代即已開發並商品化，早期製作 LED 的材料，是以半導體材料如磷化鎵(GaP)、磷化砷鎵(GaAsP)、磷化鋁鎵(AlGaP)為主。藉由控

制砷或磷的比例可調整光的波長從綠光(550nm)至紅光(620nm)，唯獨欠缺藍光(450nm)。

直至 90 年代才由日商日亞化學(Nichia)成功開發出氮化鎵(GaN)結構之藍光波長之光源。使得 LED 可以進軍全彩顯示及白光照明的市場。

應用在背光模組的 LED，需為白光光源，由於白光是一種多顏色的混合光，自從藍光 LED 技術成功開發後，始開始進入白光 LED 應用的時代，現階段有以下幾種方式可以可產生白光 LED：

- a. 使用 R/G/B 三種不同的 LED 封裝在同一個 Lamp 中，控制三種 LED 的電流來產生白光的效果，所產生的光譜較接近日光，缺點是三種 LED 衰減程度不一，使用一段時間後會有色偏的問題而需重新校正。
- b. 藍光 LED 搭配黃綠光 LED 混色來產生白光，此缺點如 a 所述。
- c. 藍光 LED 加上黃色螢光粉(YAG 螢光粉 Y3Al5O12:Ce；鈮鋁石榴石)所產生的白光，優點為只需一組 LED 晶片即可產生白色光源；較具成本優勢。且藍光 LED 的發光效率較佳，比較容易達到高輝度的需求。但由於係透過藍色 LED 發光，混合黃色螢光粉，所以其紅色與綠色的能量較低，其光的演色性(Color Rendering)較低，如圖 2-13。
- d. 另一種方式是改良日亞化學的白光技術，將藍光 LED 的 ZnSe 基板上形成 CdZnSe 薄膜，通電後使薄膜產生藍光，同時部分藍光照射於基

板上產生黃光而混合成白光。此種方式不需螢光粉即可產生白光，唯發光效率較低，壽命也較低，技術上仍有待突破。

- e. 第五種方式是利用 UV LED 所產生的紫外光激發傳統日光燈的螢光物質而產生白光。此法的電光轉換效率較 YAG 螢光粉高，所產生的白光也較接近自然光，在色度的調整亦較靈活(演色性高)。但現階段仍有許多技術的瓶頸待克服，也因此種方式的專利仍有發展空間，成為眾家 LED 廠所積極開發的領域。[14]



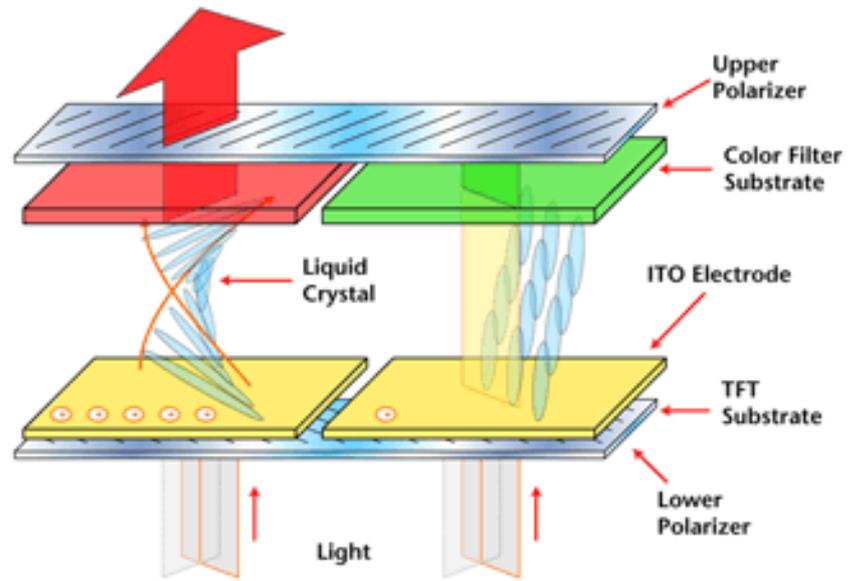


圖 2-1 液晶顯示器內部結構[2]

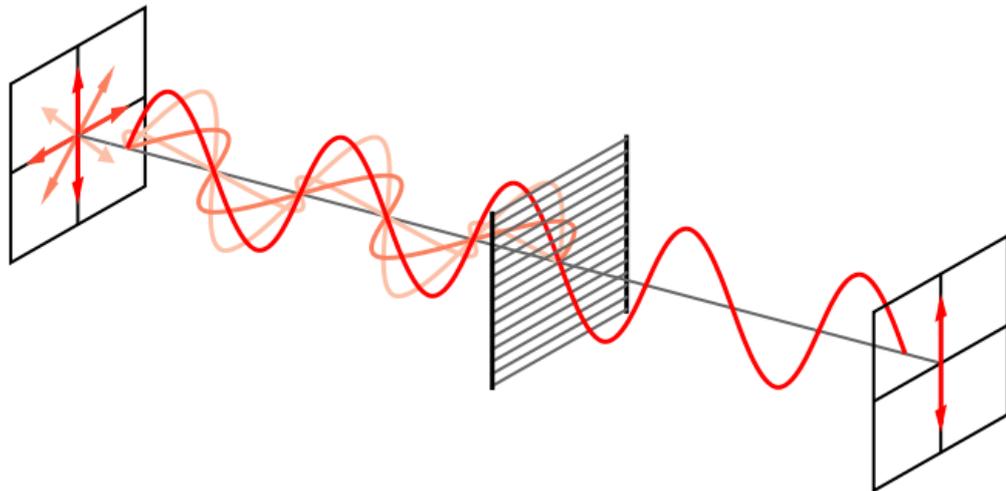


圖 2-2 偏光片之偏極化作用[3]

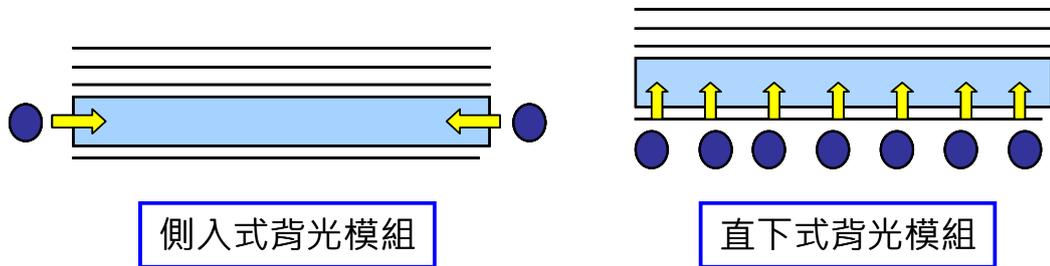


圖 2-3 側入式背光模組與直下式背光模組

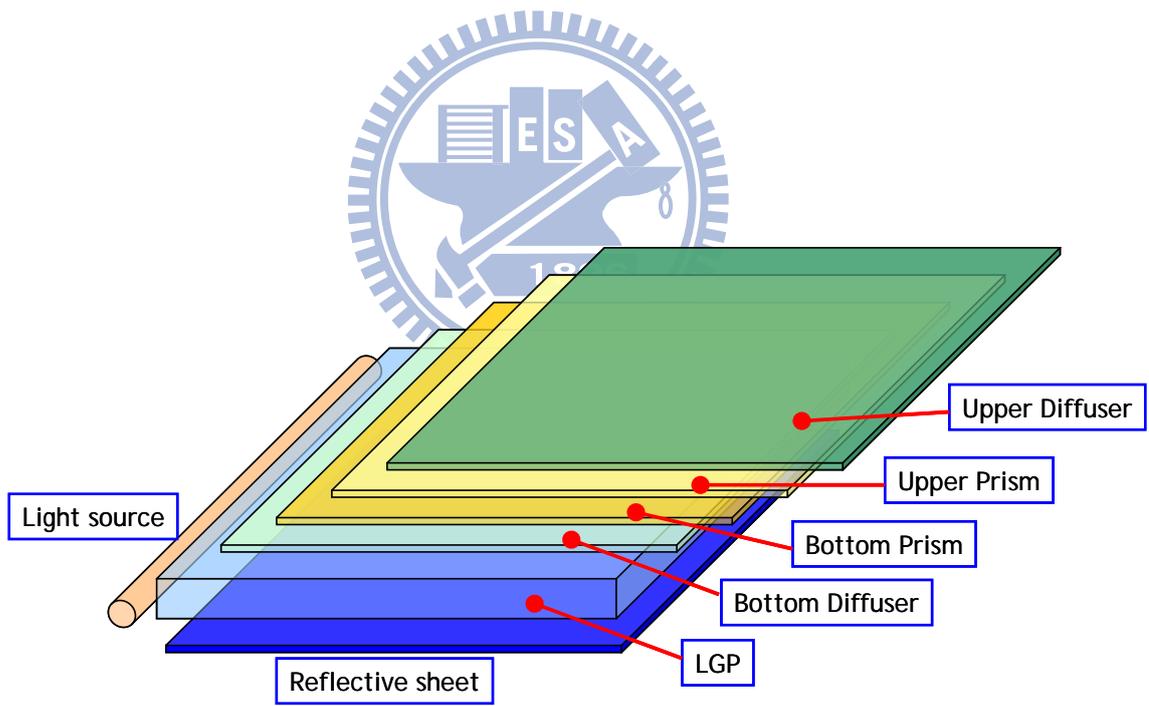


圖 2-4 背光模組之基本架構

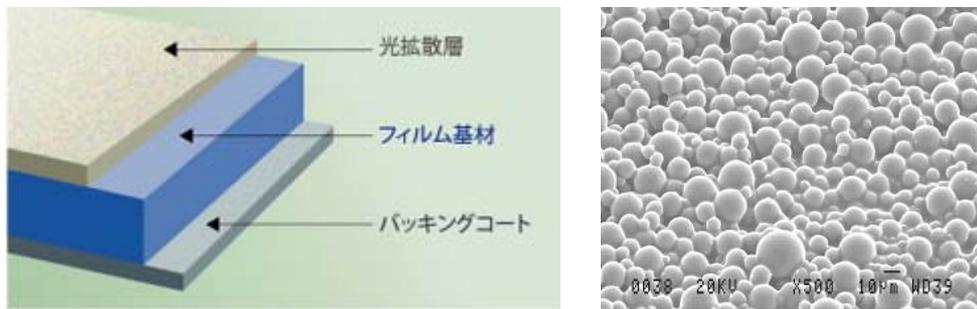
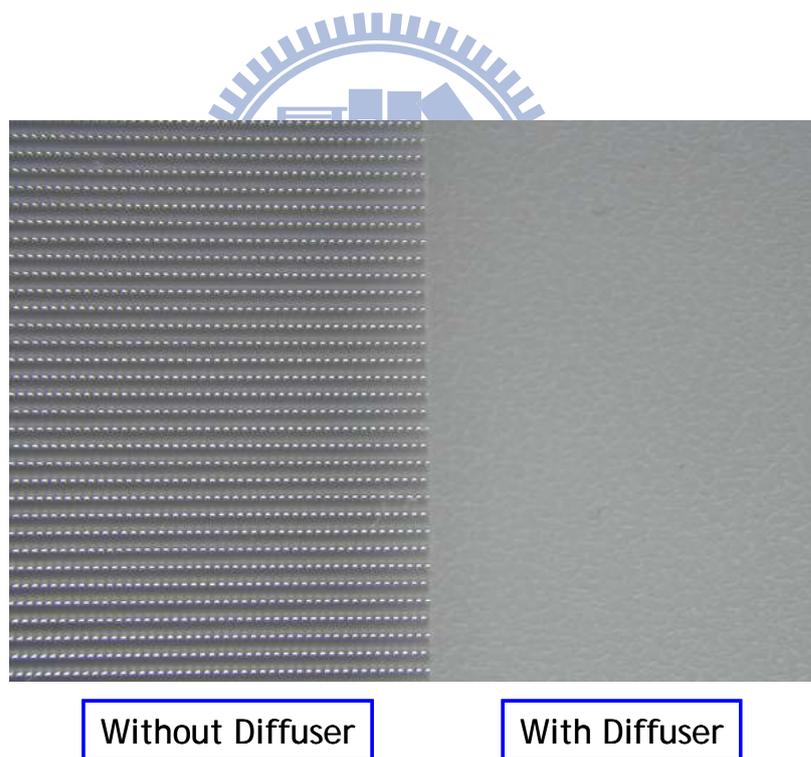


圖 2-5 擴散片之構造及擴散粒子[6]



Without Diffuser

With Diffuser

圖 2-6 使用擴散片霧化導光板上之 Pattern[4]

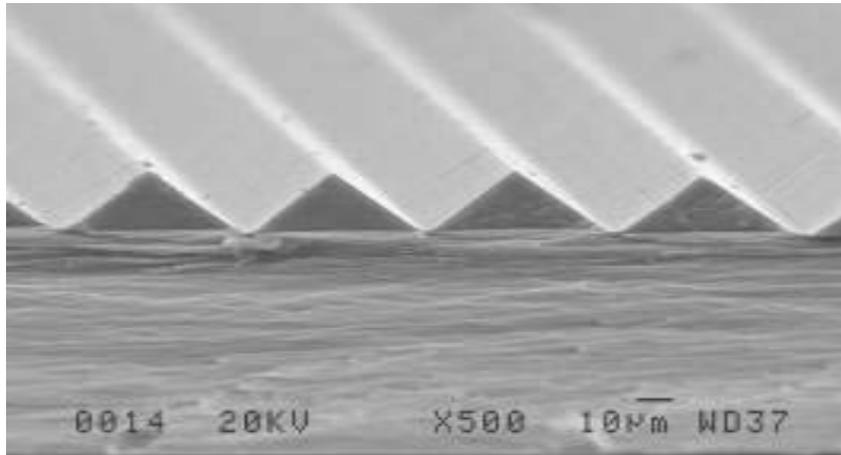


圖 2-7 稜鏡片表面之稜鏡結構放大圖[7]

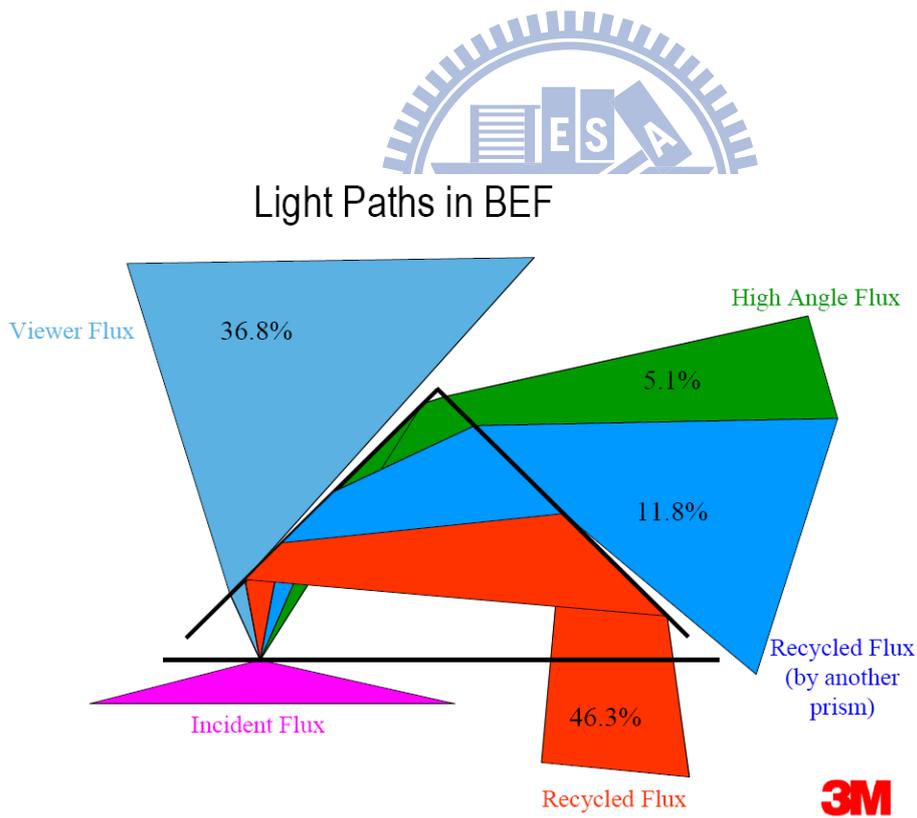


圖 2-8 稜鏡片之工作原理[7]

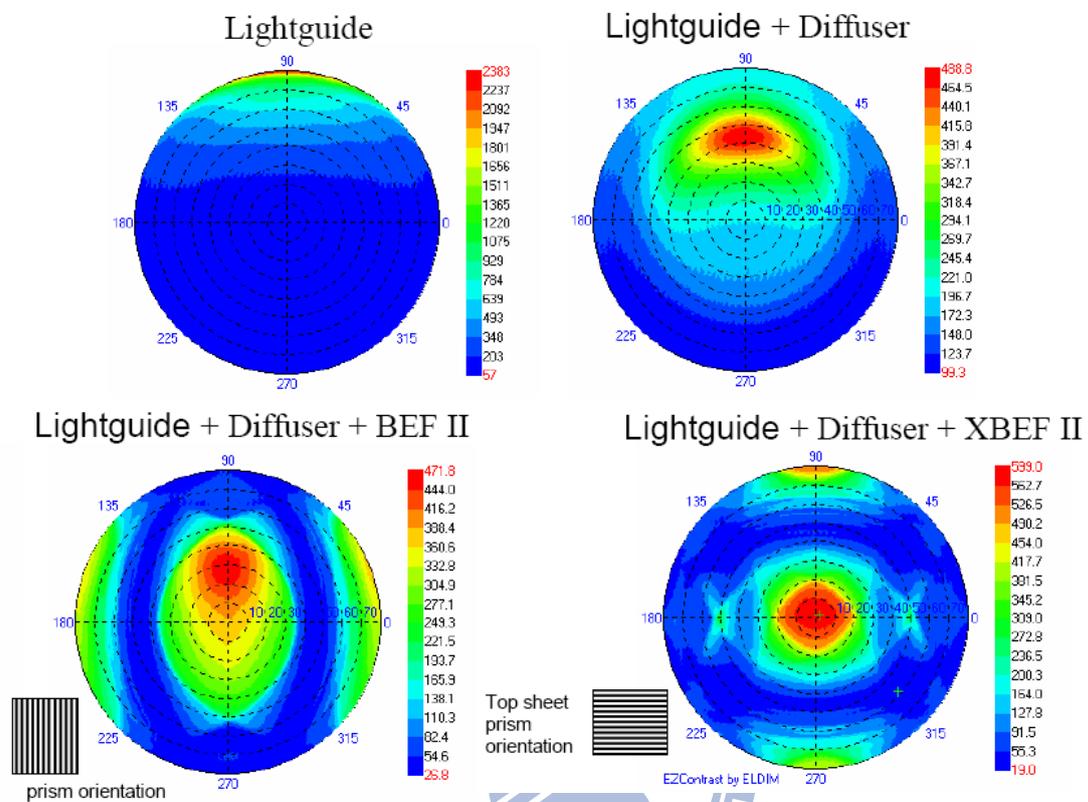


圖 2-9 稜鏡片可提升正面視角輝度[7]



圖 2-10 光束在壓克力中的全內反射現象[3]

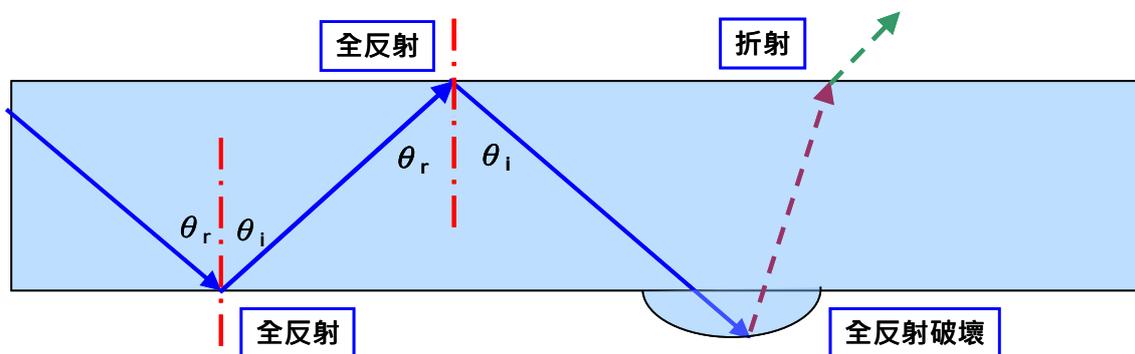


圖 2-11 導光板之工作原理，破壞全反射現象

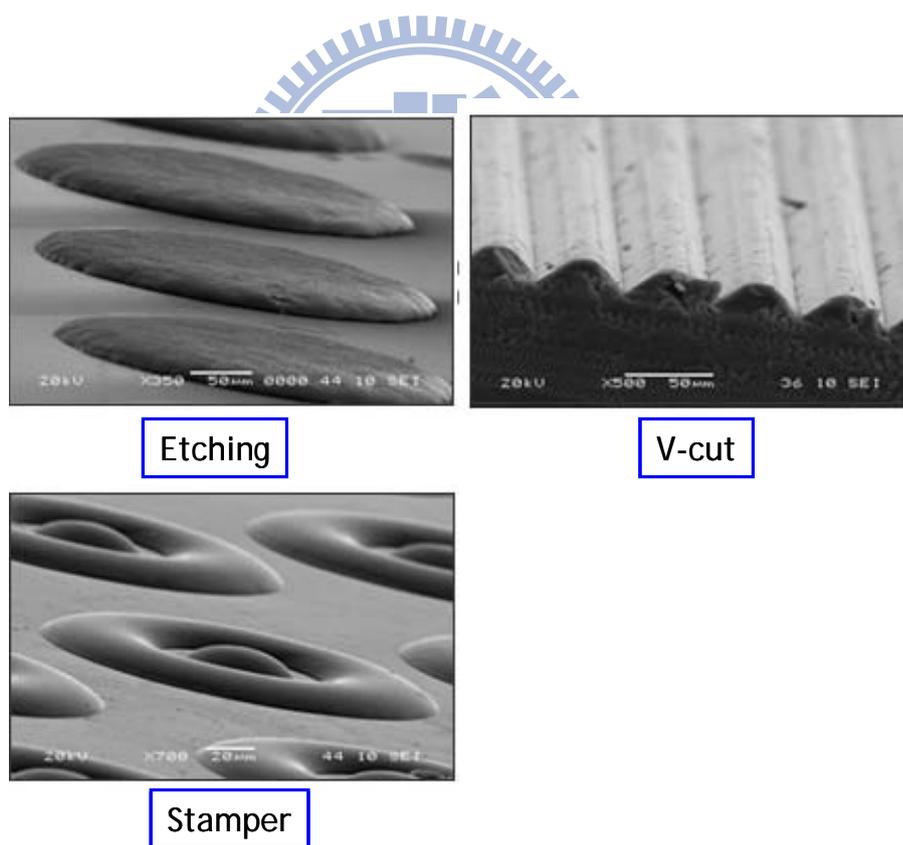


圖 2-12 顯微鏡下的各種微結構[10]

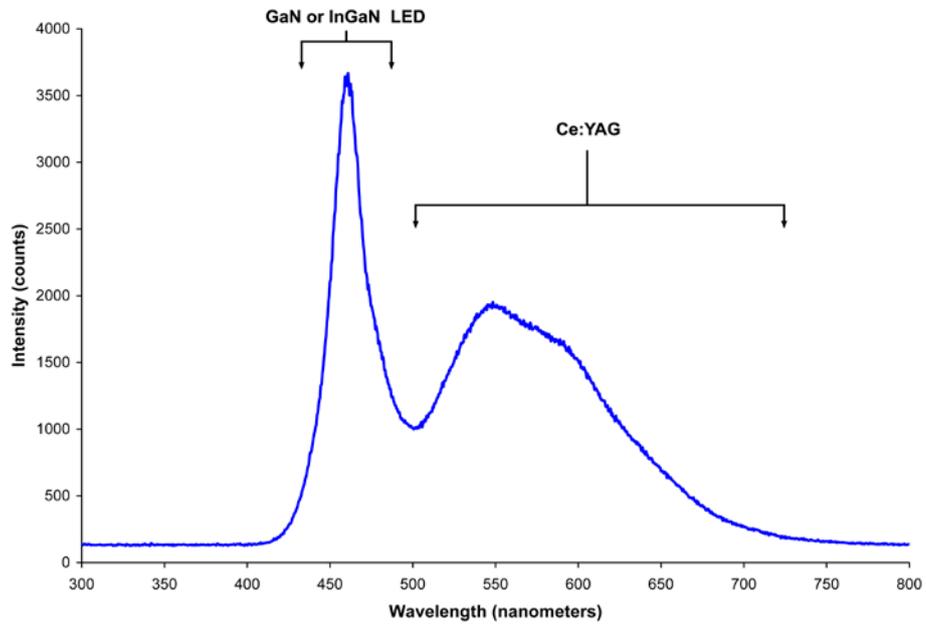


圖 2-13 藍光 LED 與黃色螢光粉所混出的白光頻譜[14] [15]



## 第三章 基本光學與模擬軟體簡介

本研究係在探討導光板之幾何形狀對發光效率及畫面之影響，在光學分類上當屬幾何光學(Geometrical optics)之範疇。使用幾何光學來模擬背光模組的發光效率及均勻性需要大量的計算，所以我們選用 TracePro<sup>®</sup>軟體來協助我們進行運算及模擬。

本章將以數個小節介紹光學理論、光學名詞及計量單位、TracePro 光學模擬軟體。

### 3-1 光學理論

光學(Optics)是一門歷史悠久的學科，目的是研究光（電磁波）的行為和性質及光和物質相互作用的物理學科。現代光學可以分成三大類：幾何光學(Geometrical optics)、物理光學(Physical optics)、量子光學(Quantum optics)。[16]

在幾何光學中，忽略光的繞射(Diffraction)與干涉(Interference)現象的光學應用，僅討論反射(Reflection)與折射(refraction)現象。在幾何光學中我們用一條幾何線來表示光的傳播方向的，並稱這條線為光跡(Ray)，因此，幾何光學又稱為光跡光學(Ray Optics)。以下將分各小節介紹折射率、反射定律、折射定律、臨界角及全反射現象。[17]

#### 3-1-1 折射率(Refractive index)

在幾何光學中，折射率是一個非常重要的物理性質，其表示符號為「 $n$ 」。

折射率的定義是「光在真空中的速率與光在介質中的速率比值。」折射率亦可稱為光學密度(Optical Density)，n 大即稱為光密介質

(Optical Dense Medium)，反之即為光疏介質(Less Dense Medium)。[\[1\]\[11\]](#)

折射率的數學式表示如下：

$$n = \frac{c}{v} \quad (1)$$

n: 折射率

c: 為光在真空中的光速

v: 為光在介質中的光速。

光在空氣中的折射率為 1.0003，一般可視為 1，其它物質之折射率如 [表 3-1](#)。[\[11\]\[18\]](#)



### 3-1-2 反射定律(Laws of reflection)

如 [圖 3-1](#)，當光線由一種介質( $n_1$ )進入另一種介質( $n_2$ )時。在兩介質交界處會有部分光線返回  $n_1$  介質，這種現象稱之為反射(Reflection)，。光的反射現象必遵守反射定律為：

- 入射光、反射光和法線在入射面上。
- 入射光、反射光在法線的兩測。
- 入射角等於反射角， $\theta_r = \theta_i$

依照介質的不同，反射又可分為兩種，漫反射(diffuse)和鏡面反射(specular)。當光線照射到布幕，牆等表面粗糙的物體上，各條光線的反

射方向會混亂，而反射到各相對應反射面的方向上，稱之為漫反射，漫射時會出影較模糊的影像。而當光線照射到平面鏡等光滑水平表面上，則按會朝某一方向反射，稱為鏡反射(圖 3-2) [11]。

### 3-1-3 折射定律(Laws of refraction)

如圖 3-1，當光線由一種介質( $n_1$ )進入另一種介質( $n_2$ )時。在兩介質交界處會有部份光線穿透到  $n_2$  介質中，這種現象稱為折射(Refraction)現象，根據斯涅爾定律(Snell's Law)，折射現象必需遵守下面三點原則：

- a. 入射光、反射光和法線在入射面上。
- b. 入射光、反射光在法線的兩側。
- c. 入射光和折射光與界面法線的夾角滿足如下關係：

$$n_1 \sin \theta_r = n_2 \sin \theta_t \quad (2)$$

式(2)又稱之為斯涅爾公式。

反射定律及折射定律遵守費馬原理(Fermat's principle)，即光會沿著所需時間為最短的路徑傳播，故又稱為最短光時原理(principle of least time)。

### 3-1-3 全反射現象(Total Internal Reflection, TIR)

根據斯涅爾定律，當光線由光疏介質入射至光密介質，折射角  $\theta_t$  會隨著入射角  $\theta_r$  的增加而增加，且入射角會大於折射角。但當光線由光密介質入

射至光疏介質時，折射角將會大於入射角，隨著入射角加大，折射角也跟著加大，當入射角 $\theta_r \geq \theta_c$ 時，就不再有折射光發生，全部的光都會被反射回原來的介質中，這種現象稱之為全反射現象(Total Internal Reflection)。而當折射角與法線呈於 $90^\circ$ 時之角度所對應的入射角度則就稱為全反射之臨界角 $\theta_c$ 。(圖 3-3)

以數學式表達全反射現象即根據斯涅爾定律：

$$n_1 \sin \theta_r = n_2 \sin \theta_t \quad (2)$$

$$\sin \theta_r = n_2/n_1, \theta_t = 90^\circ, \theta_r = \theta_c \quad (3)$$

由(2)式可知，當入射角 $\theta_r$ 在 $n_1 > n_2$ 的條件下慢慢增加時，折射角 $\theta_t$ 與法線的夾角也愈來愈大。而當 $\theta_r$ 增加到 $\sin \theta_r = n_2/n_1$ 即 $\sin \theta_t = 1$ 時( $\theta_t=90^\circ$ ，式(3))，此時的 $\theta_r$ 就稱之為臨界角( $\theta_c$ )，此時已經沒有光線會折射到疏介質 $n_2$ 了。導光板傳導光線並將光線折射至空氣的方法，就是破壞光的全反射現象以達到出光之目的。

### 3-2 光學名詞及計量單位

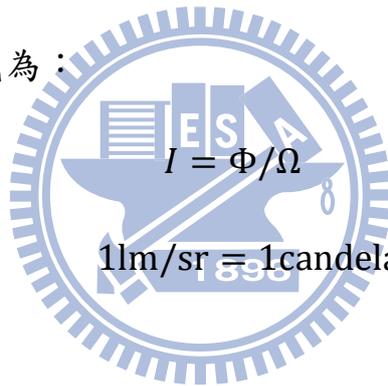
光學所討論的範圍，包括不可見光如紅外線、紫外線及可見光。輻射度學(Radiometry)為研究電磁輻射(包括可見光)能量的計量，而光度學(Photometry)則專門探討可見光能量的計量。光學中常用的照明單位如下：

- a. 光通量(Luminous Flux)，表示一光源所放射出光能量的速率或光的

流動速率(Flow Rate)，是說明光源發光能力的基本量，單位為流明 ( lumen, lm )。根據國際單位制(SI)定義；1lm 為發光強度(I) 1 cd 的均勻點光源在球面立體角( $\Omega$ )內發出的光通量( $\Phi$ )。其表示式為：

$$\Phi = I \times d\Omega \quad (4)$$

b. 發光強度 (Luminous Intensity)，發光強度簡稱光度，係指從光源一個立體角( $\Omega$ ，單位為 sr)所放射出來的光通量( $\Phi$ )，也就是光源所發出的光通量在空間某選定方向上的分布密度，單位為燭光 (candela, cd)。發光強度為 1 cd 的光源可放射出 12.57 lm 的光通量。其表示式為：



$$I = \Phi / \Omega \quad (4)$$

$$1\text{lm/sr} = 1\text{candela(cd)} \quad (5)$$

c. 照度(Illuminance, E)的 SI 單位為勒克斯(lux, lx)，照度的定義為照射於一單位面積表面之光束，可用每一單位面積的光通量來測量。1lm 的光通量平均分布在 1 平方公尺的表面，即產生 1lux 的照度。在英制單位，1lm 的光通量在 1 平方英尺的表面，其照度為一呎燭光(footcandle, fc)。

$$\text{lux} = \text{lm/m}^2 \quad (6)$$

$$\text{footcandle(fc)} = \text{lm/ft}^2 \quad (7)$$

d. 輝度(Luminance)，亮度的定義為即每單位面積在某一方向上所發出或反射的發光強度，用以表示被照物的明暗差異，公制單位為燭光/平方公尺(candela/m<sup>2</sup>，cd/m<sup>2</sup>)或尼特(nit)，英制單位為呎朗伯(footlambert，fL)。

### 3-3 光學模擬軟體介紹

本論文中所使用的光路模擬軟體係由美國 Lambda Research Co. 所發展的 TracePro。可做傳統光學分析、照明系統分析、輻射度以及光度分析。TracePro 也是首套符合 ACIS 固體模型標準所發展出來的光機軟體，可以快速的導入其它 3D 機構設計軟體所建構的模型，賦於材料特性及光源後，直接進行模擬。由於 TracePro 操作簡單，非光學專業人士亦能快速上手，故廣泛應用於各種光、機設計產業如背光板，LED 封裝設計，傳統及 LED 照明燈具，車燈，投影器，醫療儀器等。

#### 3-3-1 蒙地卡羅法則(Monte Carlo method)

在 TracePro 中，採用了蒙地卡羅法(Monte Carlo method)來進行光線追跡(Ray Tracing)。

蒙地卡羅法是一種隨機方式計算的數值方法，是在二次世界大戰末期，由當時著名的物理和數學家：范紐曼(vonNeumann)、鄂拉姆(Ulam)、費米及梅卓普立斯(Metropolis)所發展出來的，因為這方法和賭博的機率、亂數的產生有關，因此才以最著名的賭場-蒙地卡羅來命名。

蒙地卡羅法則需要大量且重覆的產生亂數計算才能得到準確的結果，早期電腦計算能力不強，剛提出時可說是乏人問津，直到具有快速運算能力的電腦出現後，蒙地卡羅法則才被許多科學家所重視。隨著電腦運算能力越來越強，蒙地卡羅法則可應用在更多領域，不論在工程、醫學、生物、物理、化學、統計甚至企業管理，均可使用蒙地卡羅法進行分析。

在 TracePro 中，一開始軟體會以亂數產光源表面光線的位置及方向。當光在物體表面上運算時，又隨機的決定光線的散射。使用蒙地卡羅法進行演算，光線數越多，則越接近真實系統。缺點是計算時間較長。

### 3-3-2 光學模擬流程

使用軟體模擬的好處，就是可以省去大量的製造成本及時間，首先利用 3D 建模軟體完成幾何設計，之後使用 TracePro 進行多變數的模擬，並分析模擬結果，若模擬結果良好，即可進行正式開模置樣的動作。如圖 3-5[2]:

- a. 建立產品模型：TracePro 中可建立基本的幾何模型，但由於現在 3C 產品的構造日勢複雜，故我們使用在 Pro/Engineer 中先將產品模型建立好，再存成與 TracePro 相容的 IGS 或 STEP 格式匯入。
- b. 對匯入的模型進行設定，包括導光板的材質，反射片的反射率，稜鏡片的構造…等。
- c. 定義 LED 發光特性，本論文中僅針對 LED 發光角度詳加設定。若加上 LED 發光的頻譜(Spectrum)即可進行背光模組色度的模擬。

- d. 模擬及結果分析，在 TracePro 中，有多種分析圖表及工具，依所模擬項目不同進行選用。在本論文中常用的為 IlluminanceMap。另外在 LED 封裝產業中，則可用 CandelaPlots 進行 LED 發光角度的分析。
- e. a~d 為單一條件的模擬流程，為了進行多種條件的比較，依實驗規劃必需進行多次的模型修改，重複模擬以收集數據進行比對。

### 3-3-3 TracePro 軟體設定

在 TracePro 軟體裡，可以設定光源為 Radiometry 和 Photometry 兩種形式，如表 3-2，對照其選項可為 Watt 和 Lumen 兩種基本單位，而本論文將使用 Photometry 形式，單位皆以 Lumen 表示。



表 3-1 常見物質之折射率[11][18]

介質	折射率	介質	折射率	介質	折射率
液體二氧化碳	1.2	氯化鈉(食鹽)	11.544	二碘甲烷	1.74
冰	1.309	聚苯乙烯	1.55	紅寶石	1.77
丙酮	1.36	石英	21.553	藍寶石	1.77
普通酒精	1.36	綠寶石	1.57	水晶	2
30%的糖溶液	1.38	輕火石玻璃	1.575	氧化鉻	2.705
酒精	1.329	青金石	1.61	氧化銅	2.705
80%的糖溶液	1.49	黃玉	1.61	非晶質硒	2.92
氯化鈉	1.53	二硫化碳	1.63	碘晶體	3.34
氯化鈉(食鹽)	21.644	石英	11.644		



表 3-2 TracePro 中的光學單位

	Radiometry		Photometry	
	Name	Unit	Name	Unit
Power	Flux (輻射通量)	Watt (W)	Luminous flux (光通量)	lumen(l)
Power/area	Irradiance (輻射照度)	Watt/meter <sup>2</sup> (W/m <sup>2</sup> )	Illuminance (照度)	lux (lm/m <sup>2</sup> )
Power/solid angle	Radiant Intensity (輻射強度)	W/steradian (W/sr)	Luminous intensity (發光強度)	Candela (lm/sr)

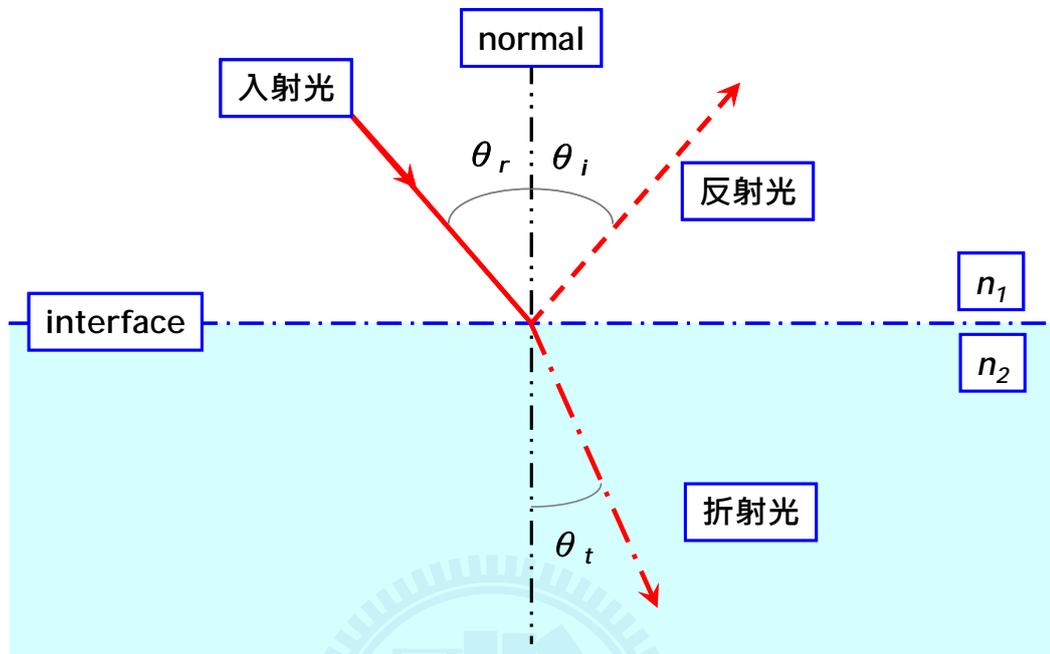


圖 3-1 光在不同介質間之折射與反射現象

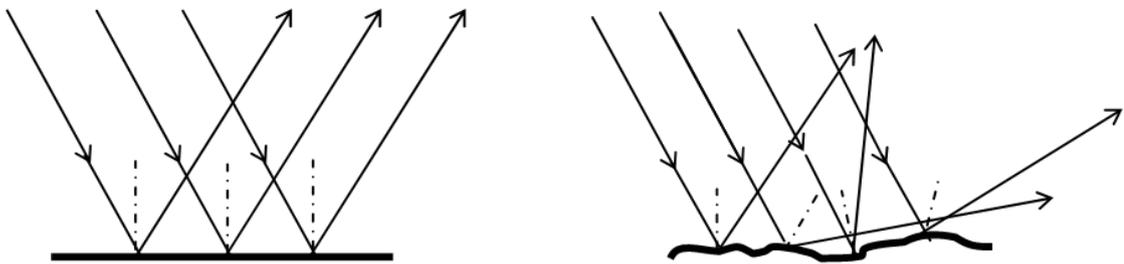


圖 3-2 光的鏡射與漫射[11]

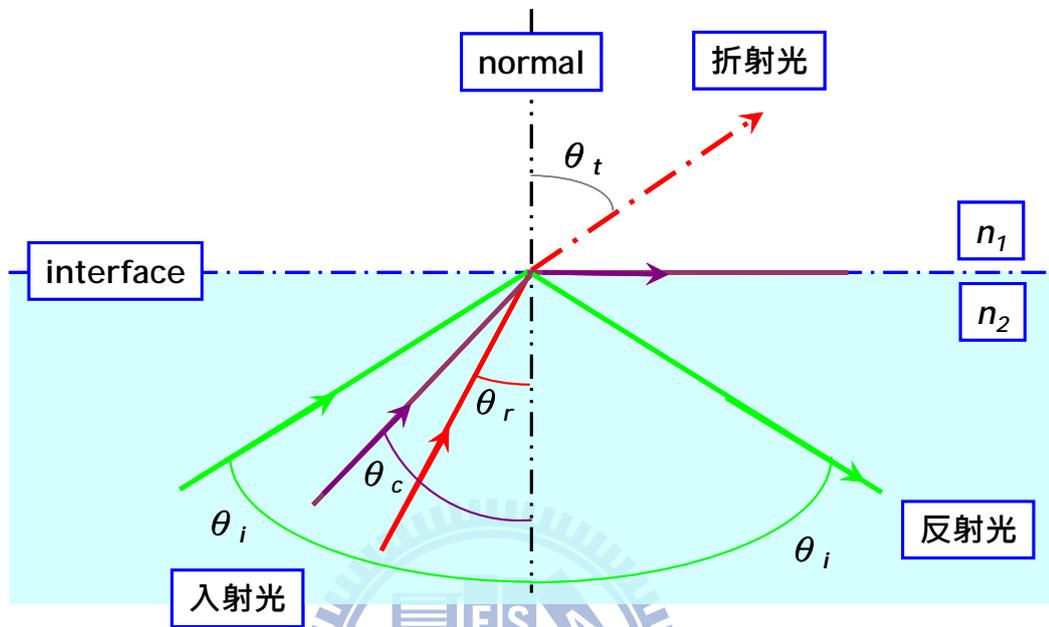


圖 3-3 折射、全反射與臨界角

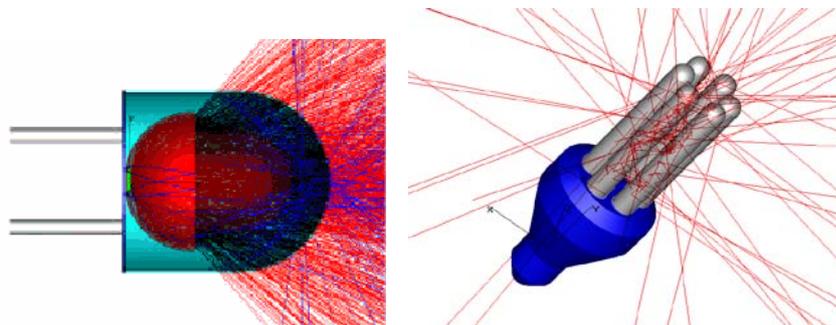
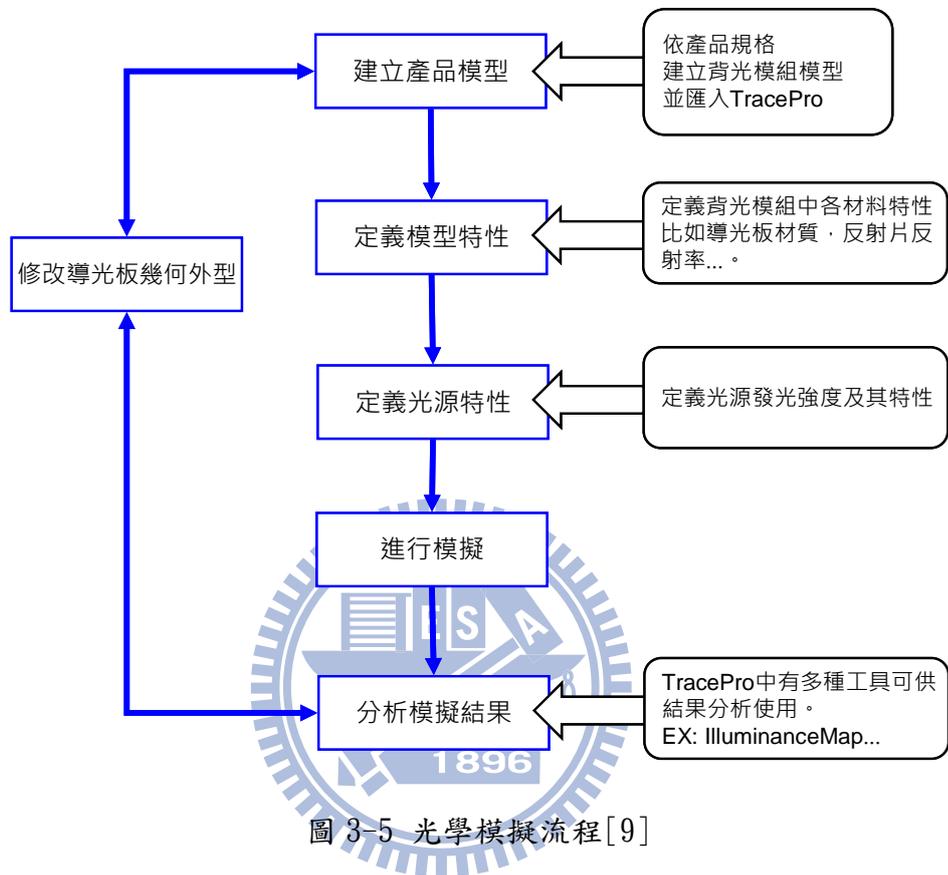


圖 3-4 在 TracePro 中模擬 LED lamp 及傳統燈管 [20]



## 第四章 模擬方法與規劃

本論文將以一 4.3” 長寬比為 16:9，需進行薄型化設計之液晶顯示器模組做為研究目標(圖 4-1)。本章將分為數節，介紹本論文模擬對象之背景、模擬設置還有模擬規劃。

### 4-1 產品背景

本實驗先以 Pro/Engineer 3D CAD 軟體進行整體背光模組的設計，本產品使用 8 顆日亞化學所生產的 LED(Model: NSSW206)厚度為 0.6mm，亮度規格為 6.0 流明(lm)。背光模組之發光區域為 56.16mm X 93.6mm，其它相關條件如表 4-1 所示。

依表 4-1，我們可將導光板之規格描述如下，並繪製其斷面如圖 4-2。

t1:導光板入光側厚度，由於 NSSW206 實際發光區域為 0.46mm，其餘空

間為封裝材料，為了有效利用光線，入光側的厚度設計為 0.6mm，

即與 LED 封裝高度同高。(圖 4-3)

t2:導光板發光區域厚度，依產品目標導向，設置為 0.5mm~0.3mm 等 5

種厚度。

L:混光區域(Mixing zone)，即 LED 入光至發光區域的距離。若混光區域太短，容易產生 hot-spot 現象，影響產品畫面。

L<sub>1</sub>:為入光側至楔型之平坦距離，供 LED FPC 放置，設定其值為 0mm~0.7mm。

$L_2$ : 為楔型斜面的長度，設定其範圍為 0.1mm~2.5mm。

$\theta$ : 即為楔型之角度(Taper angle)，受  $t_1/t_2/L_2$  所影響，其關係為：

$$\theta = \cot^{-1} \left( \frac{L_2}{t_1 - t_2} \right) \quad (9)$$

## 4-2 模擬設置

本研究主要探討楔型導光板幾何外型與發光效率之間的關係，首先在 Pro/Engineer 中進行產品設計，並使用 Family table 進行不同參數的設計。完成產品設計後匯出 STEP 格式檔案供 TracePro 導入使用。

將模型導入 TracoPro 後，首先定義 LED 光源，LED 光源設置其光通量為 6 lumen，10000 條光線(Ray)(圖 4-4)，並依日亞化學 LED 產品規格書中之建議值，設定 LED 發光角度(圖 4-5)。接下來設定導光板材質為 Plastic Polycarb(圖 4-6)，並設定導光板反射面 dot 參數(圖 4-7)、反射片則設定為 Perfect Mirror(圖 4-8)。完成材質及參數設定後，即可進行 Ray tracing 開始進行模擬。

模擬後的評價方式如圖 4-9，當 TracePro 完成光線追跡(Ray tracing)後，首先選取導光板入光平面(觀察面 1)，查看通過此平面的光線數及能量(P1)，之後再選取觀察面 2，即可得知通過此平面的光線數及能量(P3)，其餘未能通過楔型結構而折射出去的光線即可視之為損失掉的能量(P2)。

將 P3 除以 P1，便可得到其光通過效率，藉此來評定各種不同楔型結構的優劣。

$$\text{Efficiency} = P3/P1 \quad (10)$$

#### 4-2 模擬規劃

本研究的目的旨在讓導光板變薄，所以以目標導向的觀念設定 t2 厚度為 0.5mm~0.3mm 共 5 組。另外設定 L<sub>1</sub> 為 0mm~0.7mm 共 7 組，每一組又依 L<sub>2</sub>(θ) 之變化進行模擬，實驗規劃如表 4-2、表 4-3、表 4-4、表 4-5 及表 4-6。



表 4-1 產品參數

Item	Parameter
Number of LEDs	8
Active area (AA-X)	56.16
Active area (AA-Y)	93.6
LED Pitch (P) = (AA-X)/LEDs	7.02
Mixing Zone (L)	2.5
Input Side Thickness (t1)	0.55
Emitting Area Thickness (t2)	t2
Input side: Taper Angle( $\theta$ )	$\theta$
Input side: Flat area (L1)	L1
Input side: Taper length (L2)	L2

unit: mm

表 4-2 模擬參數，t2:0.5mm

t2 = 0.5mm

$\theta$	L1							
	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7
0.1	45.00							
0.2	26.57	45.00						
0.3	18.43	26.57	45.00					
0.4	14.04	18.43	26.57	45.00				
0.5	11.31	14.04	18.43	26.57	45.00			
0.6	9.46	11.31	14.04	18.43	26.57	45.00		
0.7	8.13	9.46	11.31	14.04	18.43	26.57	45.00	
0.8	7.13	8.13	9.46	11.31	14.04	18.43	26.57	45.00
0.9	6.34	7.13	8.13	9.46	11.31	14.04	18.43	26.57
1	5.71	6.34	7.13	8.13	9.46	11.31	14.04	18.43
1.1	5.19	5.71	6.34	7.13	8.13	9.46	11.31	14.04
1.2	4.76	5.19	5.71	6.34	7.13	8.13	9.46	11.31
1.3	4.40	4.76	5.19	5.71	6.34	7.13	8.13	9.46
1.4	4.09	4.40	4.76	5.19	5.71	6.34	7.13	8.13
1.5	3.81	4.09	4.40	4.76	5.19	5.71	6.34	7.13
1.6	3.58	3.81	4.09	4.40	4.76	5.19	5.71	6.34
1.7	3.37	3.58	3.81	4.09	4.40	4.76	5.19	5.71
1.8	3.18	3.37	3.58	3.81	4.09	4.40	4.76	5.19
1.9	3.01	3.18	3.37	3.58	3.81	4.09	4.40	4.76
2	2.86	3.01	3.18	3.37	3.58	3.81	4.09	4.40
2.1	2.73	2.86	3.01	3.18	3.37	3.58	3.81	4.09
2.2	2.60	2.73	2.86	3.01	3.18	3.37	3.58	3.81
2.3	2.49	2.60	2.73	2.86	3.01	3.18	3.37	3.58
2.4	2.39	2.49	2.60	2.73	2.86	3.01	3.18	3.37
2.5	2.29	2.39	2.49	2.60	2.73	2.86	3.01	3.18
2.6		2.29	2.39	2.49	2.60	2.73	2.86	3.01
2.7			2.29	2.39	2.49	2.60	2.73	2.86
2.8				2.29	2.39	2.49	2.60	2.73
2.9					2.29	2.39	2.49	2.60
3						2.29	2.39	2.49
3.1							2.29	2.39
3.2								2.29

表

4-3 模擬參數， $t_2:0.45\text{mm}$

		$t_2 = 0.45\text{mm}$							
$\Theta$	L2	L1							
		0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7
0.1		56.31							
0.2		36.87	56.31						
0.3		26.57	36.87	56.31					
0.4		20.56	26.57	36.87	56.31				
0.5		16.70	20.56	26.57	36.87	56.31			
0.6		14.04	16.70	20.56	26.57	36.87	56.31		
0.7		12.09	14.04	16.70	20.56	26.57	36.87	56.31	
0.8		10.62	12.09	14.04	16.70	20.56	26.57	36.87	56.31
0.9		9.46	10.62	12.09	14.04	16.70	20.56	26.57	36.87
1		8.53	9.46	10.62	12.09	14.04	16.70	20.56	26.57
1.1		7.77	8.53	9.46	10.62	12.09	14.04	16.70	20.56
1.2		7.13	7.77	8.53	9.46	10.62	12.09	14.04	16.70
1.3		6.58	7.13	7.77	8.53	9.46	10.62	12.09	14.04
1.4		6.12	6.58	7.13	7.77	8.53	9.46	10.62	12.09
1.5		5.71	6.12	6.58	7.13	7.77	8.53	9.46	10.62
1.6		5.36	5.71	6.12	6.58	7.13	7.77	8.53	9.46
1.7		5.04	5.36	5.71	6.12	6.58	7.13	7.77	8.53
1.8		4.76	5.04	5.36	5.71	6.12	6.58	7.13	7.77
1.9		4.51	4.76	5.04	5.36	5.71	6.12	6.58	7.13
2		4.29	4.51	4.76	5.04	5.36	5.71	6.12	6.58
2.1		4.09	4.29	4.51	4.76	5.04	5.36	5.71	6.12
2.2		3.90	4.09	4.29	4.51	4.76	5.04	5.36	5.71
2.3		3.73	3.90	4.09	4.29	4.51	4.76	5.04	5.36
2.4		3.58	3.73	3.90	4.09	4.29	4.51	4.76	5.04
2.5		3.43	3.58	3.73	3.90	4.09	4.29	4.51	4.76
2.6			3.43	3.58	3.73	3.90	4.09	4.29	4.51
2.7				3.43	3.58	3.73	3.90	4.09	4.29
2.8					3.43	3.58	3.73	3.90	4.09
2.9						3.43	3.58	3.73	3.90
3							3.43	3.58	3.73
3.1								3.43	3.58
3.2									3.43

表 4-4 模擬參數， $t_2:0.4\text{mm}$

		$t_2 = 0.40\text{mm}$							
$\Theta$	L2	L1							
		0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7
0.1		63.43							
0.2		45.00	63.43						
0.3		33.69	45.00	63.43					
0.4		26.57	33.69	45.00	63.43				
0.5		21.80	26.57	33.69	45.00	63.43			
0.6		18.43	21.80	26.57	33.69	45.00	63.43		
0.7		15.95	18.43	21.80	26.57	33.69	45.00	63.43	
0.8		14.04	15.95	18.43	21.80	26.57	33.69	45.00	63.43
0.9		12.53	14.04	15.95	18.43	21.80	26.57	33.69	45.00
1		11.31	12.53	14.04	15.95	18.43	21.80	26.57	33.69
1.1		10.30	11.31	12.53	14.04	15.95	18.43	21.80	26.57
1.2		9.46	10.30	11.31	12.53	14.04	15.95	18.43	21.80
1.3		8.75	9.46	10.30	11.31	12.53	14.04	15.95	18.43
1.4		8.13	8.75	9.46	10.30	11.31	12.53	14.04	15.95
1.5		7.59	8.13	8.75	9.46	10.30	11.31	12.53	14.04
1.6		7.13	7.59	8.13	8.75	9.46	10.30	11.31	12.53
1.7		6.71	7.13	7.59	8.13	8.75	9.46	10.30	11.31
1.8		6.34	6.71	7.13	7.59	8.13	8.75	9.46	10.30
1.9		6.01	6.34	6.71	7.13	7.59	8.13	8.75	9.46
2		5.71	6.01	6.34	6.71	7.13	7.59	8.13	8.75
2.1		5.44	5.71	6.01	6.34	6.71	7.13	7.59	8.13
2.2		5.19	5.44	5.71	6.01	6.34	6.71	7.13	7.59
2.3		4.97	5.19	5.44	5.71	6.01	6.34	6.71	7.13
2.4		4.76	4.97	5.19	5.44	5.71	6.01	6.34	6.71
2.5		4.57	4.76	4.97	5.19	5.44	5.71	6.01	6.34
2.6			4.57	4.76	4.97	5.19	5.44	5.71	6.01
2.7				4.57	4.76	4.97	5.19	5.44	5.71
2.8					4.57	4.76	4.97	5.19	5.44
2.9						4.57	4.76	4.97	5.19
3							4.57	4.76	4.97
3.1								4.57	4.76
3.2									4.57

表 4-4 模擬參數，t2:0.35mm

		t2 = 0.35mm							
ϕ	L2	L1							
		0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7
0.1		68.20							
0.2		51.34	68.20						
0.3		39.81	51.34	68.20					
0.4		32.01	39.81	51.34	68.20				
0.5		26.57	32.01	39.81	51.34	68.20			
0.6		22.62	26.57	32.01	39.81	51.34	68.20		
0.7		19.65	22.62	26.57	32.01	39.81	51.34	68.20	
0.8		17.35	19.65	22.62	26.57	32.01	39.81	51.34	68.20
0.9		15.52	17.35	19.65	22.62	26.57	32.01	39.81	51.34
1		14.04	15.52	17.35	19.65	22.62	26.57	32.01	39.81
1.1		12.80	14.04	15.52	17.35	19.65	22.62	26.57	32.01
1.2		11.77	12.80	14.04	15.52	17.35	19.65	22.62	26.57
1.3		10.89	11.77	12.80	14.04	15.52	17.35	19.65	22.62
1.4		10.12	10.89	11.77	12.80	14.04	15.52	17.35	19.65
1.5		9.46	10.12	10.89	11.77	12.80	14.04	15.52	17.35
1.6		8.88	9.46	10.12	10.89	11.77	12.80	14.04	15.52
1.7		8.37	8.88	9.46	10.12	10.89	11.77	12.80	14.04
1.8		7.91	8.37	8.88	9.46	10.12	10.89	11.77	12.80
1.9		7.50	7.91	8.37	8.88	9.46	10.12	10.89	11.77
2		7.13	7.50	7.91	8.37	8.88	9.46	10.12	10.89
2.1		6.79	7.13	7.50	7.91	8.37	8.88	9.46	10.12
2.2		6.48	6.79	7.13	7.50	7.91	8.37	8.88	9.46
2.3		6.20	6.48	6.79	7.13	7.50	7.91	8.37	8.88
2.4		5.95	6.20	6.48	6.79	7.13	7.50	7.91	8.37
2.5		5.71	5.95	6.20	6.48	6.79	7.13	7.50	7.91
2.6			5.71	5.95	6.20	6.48	6.79	7.13	7.50
2.7				5.71	5.95	6.48	6.79	7.13	7.50
2.8					5.71	5.95	6.20	6.48	6.79
2.9						5.71	5.95	6.20	6.48
3							5.71	5.95	6.20
3.1								5.71	5.95
3.2									5.71

表 4-6 模擬參數，t2:0.3mm

		t2 = 0.30mm							
ϕ	L2	L1							
		0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7
0.1		71.57							
0.2		56.31	71.57						
0.3		45.00	56.31	71.57					
0.4		36.87	45.00	56.31	71.57				
0.5		30.96	36.87	45.00	56.31	71.57			
0.6		26.57	30.96	36.87	45.00	56.31	71.57		
0.7		23.20	26.57	30.96	36.87	45.00	56.31	71.57	
0.8		20.56	23.20	26.57	30.96	36.87	45.00	56.31	71.57
0.9		18.43	20.56	23.20	26.57	30.96	36.87	45.00	56.31
1		16.70	18.43	20.56	23.20	26.57	30.96	36.87	45.00
1.1		15.26	16.70	18.43	20.56	23.20	26.57	30.96	36.87
1.2		14.04	15.26	16.70	18.43	20.56	23.20	26.57	30.96
1.3		12.99	14.04	15.26	16.70	18.43	20.56	23.20	26.57
1.4		12.09	12.99	14.04	15.26	16.70	18.43	20.56	23.20
1.5		11.31	12.09	12.99	14.04	15.26	16.70	18.43	20.56
1.6		10.62	11.31	12.09	12.99	14.04	15.26	16.70	18.43
1.7		10.01	10.62	11.31	12.09	12.99	14.04	15.26	16.70
1.8		9.46	10.01	10.62	11.31	12.09	12.99	14.04	15.26
1.9		8.97	9.46	10.01	10.62	11.31	12.09	12.99	14.04
2		8.53	8.97	9.46	10.01	10.62	11.31	12.09	12.99
2.1		8.13	8.53	8.97	9.46	10.01	10.62	11.31	12.09
2.2		7.77	8.13	8.53	8.97	9.46	10.01	10.62	11.31
2.3		7.43	7.77	8.13	8.53	8.97	9.46	10.01	10.62
2.4		7.13	7.43	7.77	8.13	8.53	8.97	9.46	10.01
2.5		6.84	7.13	7.43	7.77	8.13	8.53	8.97	9.46
2.6			6.84	7.13	7.43	7.77	8.13	8.53	8.97
2.7				6.84	7.13	7.43	7.77	8.13	8.53
2.8					6.84	7.13	7.43	7.77	8.13
2.9						6.84	7.13	7.43	7.77
3							6.84	7.13	7.43
3.1								6.84	7.13
3.2									6.84

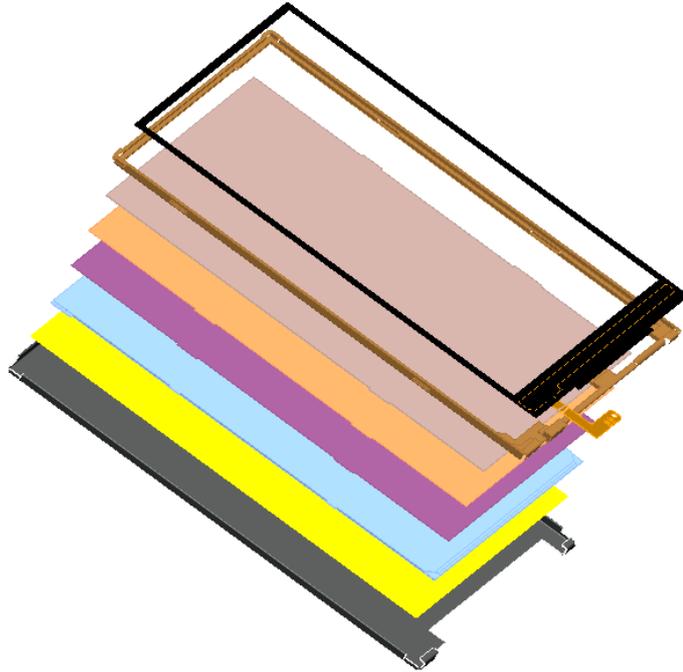


圖 4-1 背光模組爆炸圖

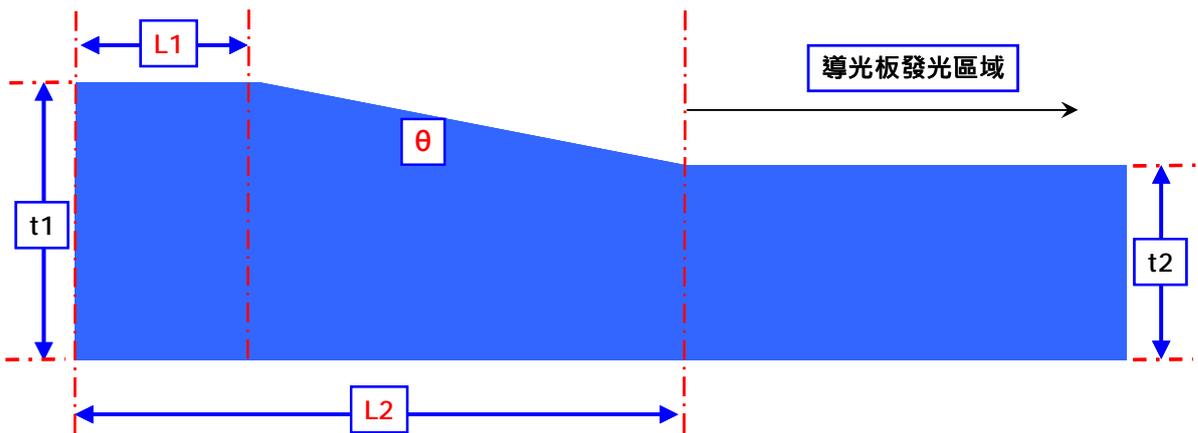


圖 4-2 導光板各參數

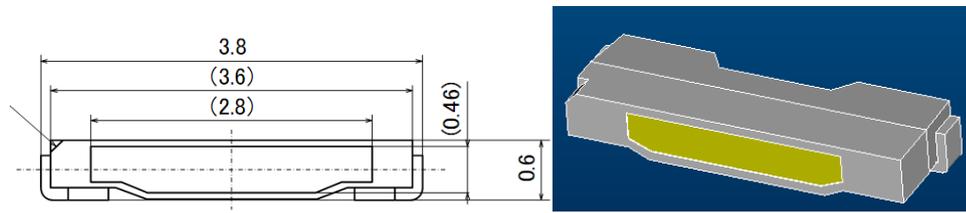


圖 4-3 NSSL206 之外型及發光區域[5]

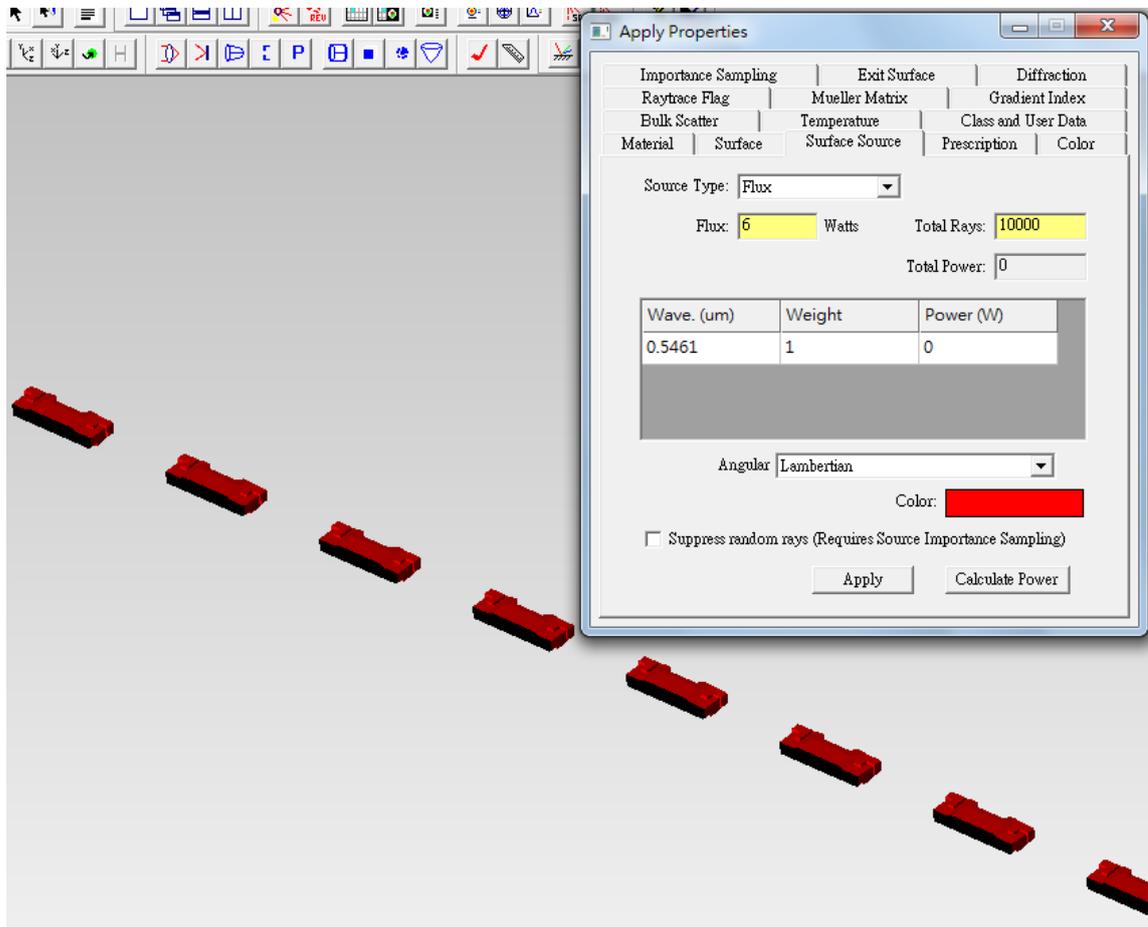


圖 4-4 設置 LED 表面發光特性

■ 指向特性  
Directivity

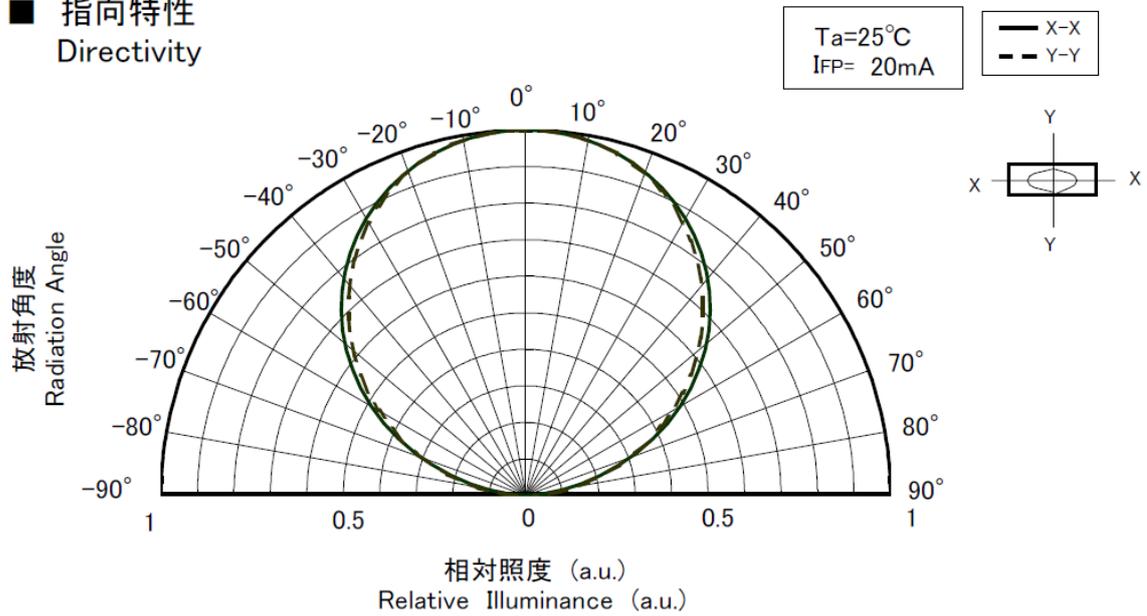


圖 4-5 LED 發光角度特性[5]

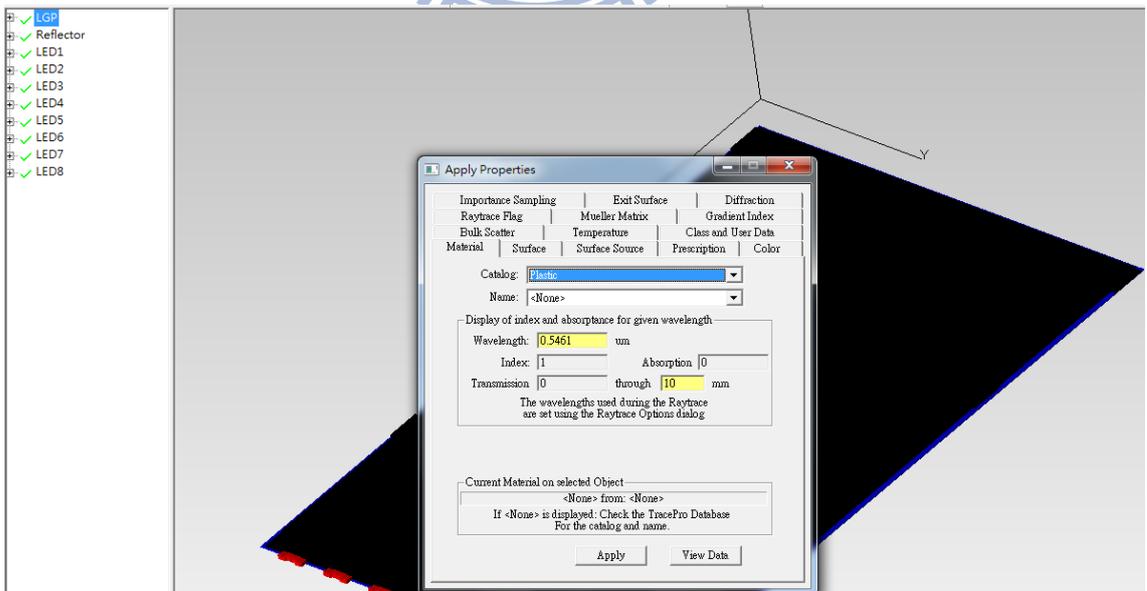


圖 4-6 設置導光板材質特性

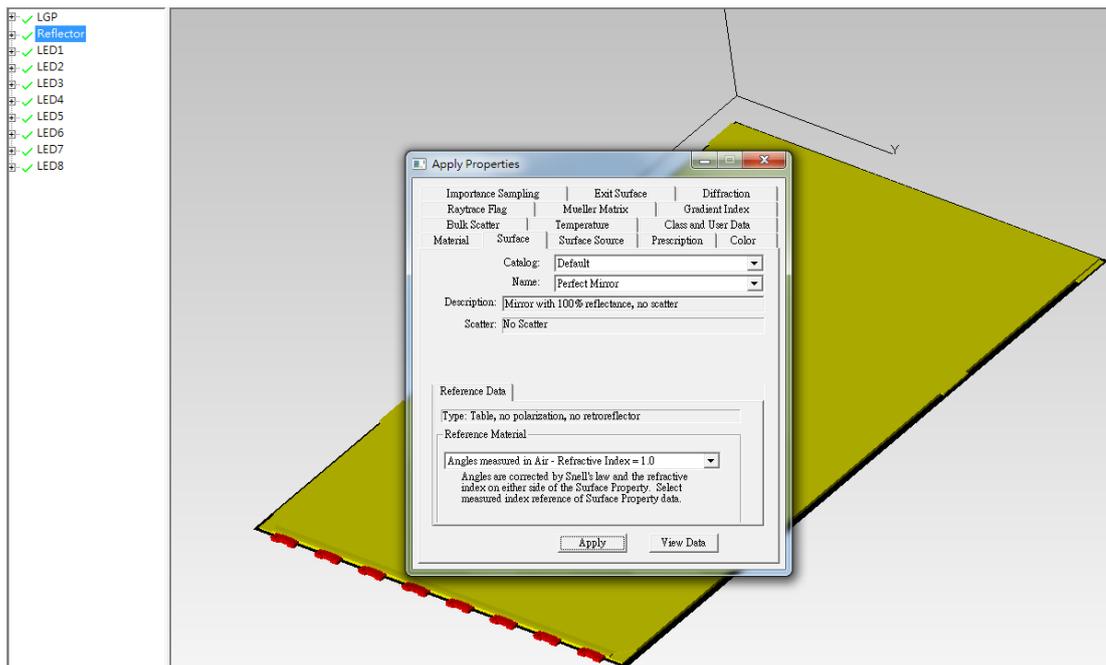


圖 4-7 設置反射片材質參數

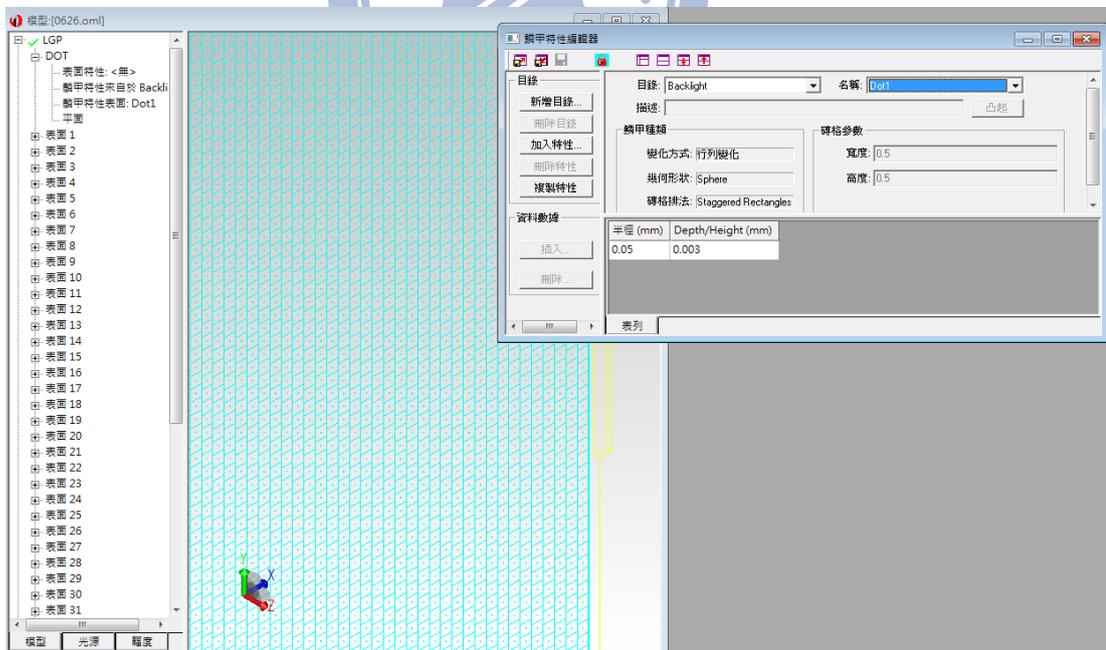


圖 4-8 導光板 DOT 設置

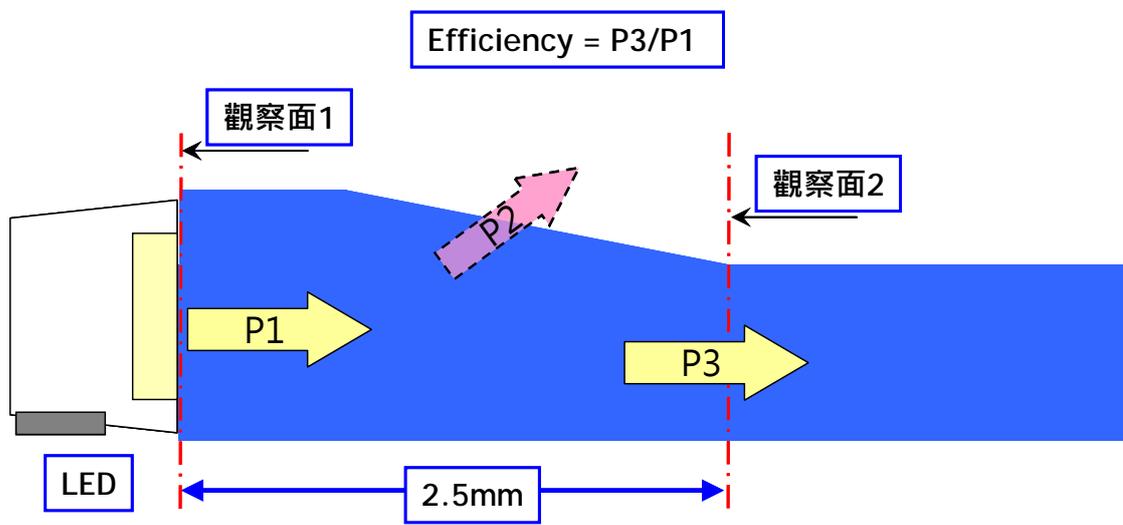
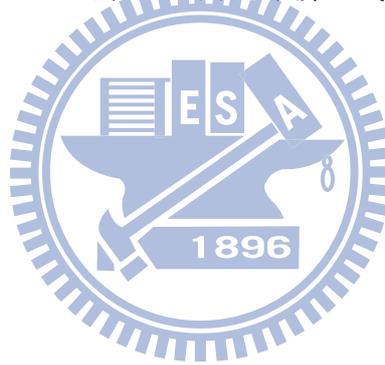


圖 4-9 模擬評價方式



## 第五章 模擬結果

在進行楔型導光板模擬之前，我們首先設置一平板型導光板(Flat-type)即  $t_2 = t_1 = 0.6\text{mm}$ ，並在相同的模擬環境下對其進行模擬，並觀察到其  $P_1=37.209\text{W/m}^2$ ， $P_3=33.738\text{W/m}^2$ ，而得到其發光效率為 90.67%，後續的楔型導光板模擬即可依此為評價標準。

由模擬結果中可得知(表 5-1~表 5-5，圖 5-1)，當目標厚度  $t_2$  越薄，則其光利用效率越低，當  $t_2 = 0.5\text{mm}$  時，其最高效率仍有 89%，接近於平板式導光板的發光效率。但當發光效率會隨著目標厚度減少而下降，當  $t_2 = 0.3\text{mm}$  時，最高效率僅剩下 62.7%。

由不同目標厚度的模擬結果中亦可發現(圖 5-2~圖 5-5)， $L_2$  越大，則其發光效率越高，但當  $L_2$  超過 1.5mm 左右，則發光效率的變化會趨近於定值。由圖 4-2 中我們可得知， $L_2$  代表的是 LED 發光面到 LCD Active Area 的距離；也就是  $L_2$  的大小會影響整個 LCD Module 在 Y 軸的尺寸。所以我們希望  $L_2$  愈小愈好。

依  $L_2$  愈小愈好的需求，對模擬結果進行分析，可得到表 5-6。以  $t_2 = 0.5$  為例，當  $L_2$  由 0.7mm 增加至 0.8mm 時，發光效率會由 76.85% 增加至 81.61%，其增益值為 6.20%。

表 5-1 模擬結果，t2:0.5mm

		t2 = 0.5mm							
		L1							
		0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7
L2	0.1	88.91							
	0.2	85.61	85.54						
	0.3	83.01	81.68	81.63					
	0.4	82.49	79.52	78.00	78.40				
	0.5	83.37	80.27	76.78	75.94	76.54			
	0.6	85.23	82.64	79.23	76.03	75.42	75.72		
	0.7	86.96	85.12	82.58	79.93	76.85	76.10	75.94	
	0.8	87.92	86.76	85.37	83.79	81.61	78.54	77.46	76.47
	0.9	88.43	87.58	86.52	85.87	84.96	83.35	80.31	78.34
	1	88.82	87.97	87.23	86.56	86.13	85.94	84.76	81.50
	1.1	89.25	88.48	87.73	87.17	86.70	86.44	86.15	85.31
	1.2	89.48	88.85	88.34	87.90	87.36	86.89	86.36	85.94
	1.3	89.43	88.97	88.77	88.59	88.24	87.68	87.10	86.18
	1.4	89.06	88.71	88.62	88.92	88.90	88.59	88.03	86.98
	1.5	88.79	88.35	88.22	88.62	89.09	89.18	88.84	88.01
	1.6	88.56	88.09	87.94	88.31	88.77	89.18	89.21	88.66
	1.7	88.62	88.27	88.01	88.18	88.64	89.07	89.38	88.99
	1.8	88.98	88.51	88.22	88.34	88.71	89.15	89.45	89.25
	1.9	89.14	88.82	88.63	88.67	88.86	89.29	89.64	89.59
	2	89.17	88.93	88.71	88.83	89.00	89.42	89.63	89.67
	2.1	89.16	88.90	88.75	88.73	89.02	89.33	89.56	89.53
	2.2	89.19	88.90	88.67	88.74	88.86	89.16	89.30	89.19
	2.3	89.32	89.02	88.94	88.83	88.90	89.02	89.16	88.99
	2.4	89.41	89.14	89.04	88.97	89.09	89.12	89.08	88.88
	2.5	89.32	89.16	89.08	89.19	89.27	89.32	89.26	89.10
	2.6		88.90	89.02	89.14	89.37	89.46	89.44	89.15
	2.7			88.78	88.97	89.29	89.47	89.51	89.27
	2.8				88.88	89.14	89.41	89.53	89.25
	2.9					89.16	89.35	89.47	89.26
	3						89.41	89.49	89.38
	3.1							89.65	89.50
	3.2								89.50

表 5-2 模擬結果，t2:0.45mm

		t2 = 0.45mm							
		L1							
		0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7
L2	0.1	83.45							
	0.2	79.35	79.96						
	0.3	75.91	75.17	75.73					
	0.4	74.39	71.74	71.67	71.90				
	0.5	75.32	71.46	68.73	69.66	69.56			
	0.6	77.80	73.78	69.47	67.72	69.39	68.90		
	0.7	80.68	77.11	73.04	69.56	68.37	70.03	69.14	
	0.8	82.85	80.25	77.09	73.83	70.53	69.71	70.81	69.80
	0.9	83.78	82.01	79.97	77.80	75.27	72.31	71.02	71.32
	1	84.23	82.71	81.18	80.15	78.90	76.83	73.72	71.81
	1.1	84.50	83.07	81.79	81.11	80.49	79.76	78.18	74.69
	1.2	84.73	83.50	82.44	81.90	81.29	81.00	80.62	78.82
	1.3	84.72	83.71	82.86	82.77	82.47	81.92	81.57	80.80
	1.4	84.38	83.58	83.07	83.28	83.43	83.20	82.59	81.66
	1.5	83.78	83.17	82.77	83.12	83.89	84.21	83.98	82.86
	1.6	83.71	83.00	82.39	82.74	83.71	84.48	84.87	84.14
	1.7	83.92	83.04	82.50	82.54	83.29	84.32	85.01	84.83
	1.8	84.25	83.28	82.68	82.73	83.29	84.01	84.81	84.99
	1.9	84.54	83.71	83.16	83.15	83.48	83.94	84.87	85.08
	2	84.73	83.92	83.35	83.55	83.76	84.23	84.74	85.13
	2.1	84.60	83.91	83.58	83.61	83.90	84.36	84.86	85.23
	2.2	84.56	84.00	83.61	83.77	84.09	84.53	84.88	85.13
	2.3	84.67	84.01	83.68	83.82	84.15	84.49	84.95	85.06
	2.4	84.69	84.12	83.78	84.00	84.35	84.54	84.86	85.02
	2.5	84.63	84.18	83.94	84.04	84.51	84.80	85.02	84.97
	2.6		84.15	83.85	84.08	84.65	84.98	85.10	85.01
	2.7			83.78	84.02	84.37	84.98	85.29	85.01
	2.8				83.90	84.31	84.89	85.25	85.22
	2.9					84.27	84.74	85.23	85.29
	3						84.64	85.02	85.16
	3.1							85.12	85.16
	3.2								85.17

表 5-3 模擬結果，t2:0.40mm

		t2 = 0.40mm							
		L1							
		0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7
L2	0.1	74.05							
	0.2	70.45	71.44						
	0.3	67.32	66.89	67.79					
	0.4	65.66	63.87	63.72	64.28				
	0.5	66.66	62.85	61.74	61.55	62.24			
	0.6	69.47	64.81	61.13	61.29	60.93	61.51		
	0.7	73.05	68.37	63.68	61.06	62.38	61.13	61.72	
	0.8	76.01	72.13	67.65	63.94	62.02	63.62	61.59	62.39
	0.9	77.71	74.63	71.30	67.81	64.83	63.19	64.61	62.06
	1	78.09	76.04	73.65	71.37	68.85	66.08	64.28	65.18
	1.1	78.27	76.26	74.41	73.38	72.15	70.24	67.30	65.23
	1.2	78.05	76.39	74.93	74.31	73.90	73.30	71.51	68.17
	1.3	77.93	76.43	75.06	74.80	74.90	74.85	74.21	72.51
	1.4	77.76	76.42	75.20	75.33	75.65	75.91	75.80	74.83
	1.5	77.52	76.47	75.37	75.36	76.17	76.86	77.00	76.31
	1.6	77.45	76.41	75.31	75.38	76.17	77.23	77.72	77.37
	1.7	77.51	76.39	75.48	75.39	76.03	77.18	78.09	78.17
	1.8	77.86	76.52	75.59	75.53	76.00	76.86	78.09	78.58
	1.9	78.13	76.83	75.90	75.67	75.99	76.91	77.86	78.50
	2	78.27	77.16	76.17	75.92	76.19	76.86	77.63	78.47
	2.1	78.21	77.25	76.46	76.27	76.52	77.04	77.61	78.46
	2.2	78.17	77.39	76.65	76.57	76.92	77.32	77.76	78.28
	2.3	78.23	77.38	76.68	76.83	77.21	77.66	78.14	78.47
	2.4	78.09	77.38	76.70	77.06	77.48	78.09	78.54	78.80
	2.5	78.08	77.29	76.72	76.81	77.50	78.20	78.88	79.09
	2.6		77.27		76.86	77.54	78.21	78.79	79.23
	2.7				76.93	77.42	78.14	78.91	79.16
	2.8				76.93	77.36	78.14	78.70	79.16
	2.9					77.44	77.94	78.66	79.09
	3						77.90	78.61	79.12
	3.1							78.45	78.98
	3.2								78.93

表 5-4 模擬結果，t2:0.35mm

		t2 = 0.35mm							
		L1							
		0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7
L2	0.1	62.09							
	0.2	59.89	61.00						
	0.3	57.28	57.56	58.25					
	0.4	56.59	55.36	55.99	55.88				
	0.5	57.75	54.78	54.26	54.76	54.58			
	0.6	60.99	56.17	53.96	54.58	54.35	54.14		
	0.7	64.79	59.56	55.03	54.20	55.10	54.54	54.52	
	0.8	67.94	63.31	58.39	54.97	55.29	55.74	54.93	54.90
	0.9	70.23	66.43	61.88	57.82	55.58	56.57	56.04	55.00
	1	70.97	68.01	64.71	61.39	58.35	56.64	57.65	55.98
	1.1	70.71	68.51	66.05	64.28	62.17	59.47	57.75	58.35
	1.2	70.17	68.42	66.66	65.82	65.06	63.30	60.77	58.61
	1.3	69.84	68.09	66.56	66.26	66.34	66.19	64.74	62.05
	1.4	69.74	68.14	66.62	66.21	66.79	67.41	67.43	65.74
	1.5	69.88	68.23	66.80	66.36	66.83	67.69	68.30	68.06
	1.6	69.92	68.66	67.16	66.62	67.16	68.12	68.74	69.14
	1.7	70.22	68.83	67.42	66.84	67.20	68.19	69.17	69.65
	1.8	70.28	68.94	67.69	67.20	67.48	68.32	69.48	70.07
	1.9	70.32	69.06	67.74	67.30	67.50	68.09	69.38	70.16
	2	70.34	69.15	67.76	67.41	67.50	68.14	69.17	70.24
	2.1	70.56	69.14	67.95	67.50	67.68	68.16	69.01	69.96
	2.2	70.69	69.30	68.09	67.83	68.05	68.44	68.98	69.77
	2.3	70.52	69.47	68.41	68.09	68.50	68.75	69.37	69.92
	2.4	70.35	69.50	68.65	68.64	68.73	69.34	69.77	70.21
	2.5	70.46	69.36	68.48	68.51	69.21	69.81	70.35	70.85
	2.6		69.52	68.60	68.55	69.01	70.01	70.85	71.34
	2.7			68.68	68.60	68.91	69.73	70.84	71.55
	2.8				68.53	68.81	69.60	70.54	71.44
	2.9					68.96	69.61	70.43	71.25
	3						69.55	70.45	71.13
	3.1							70.18	70.94
	3.2								71.01

表 5-5 模擬結果，t2:0.30mm

t2 = 0.30mm									
		L1							
		0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7
L2	0.1	49.21							
	0.2	47.80	48.99						
	0.3	46.29	47.29	47.88					
	0.4	47.25	46.31	47.48	47.88				
	0.5	49.24	46.84	46.38	47.48	47.11			
	0.6	52.29	48.19	46.96	46.38	47.71	47.12		
	0.7	55.97	50.72	47.15	46.96	46.46	47.81	47.49	
	0.8	59.12	53.97	49.10	47.15	48.52	46.50	47.93	47.47
	0.9	61.56	57.11	52.10	49.10	48.06	49.13	46.57	47.89
	1	62.74	59.18	54.99	52.10	48.98	49.20	49.58	46.54
	1.1	62.25	59.94	57.09	54.99	51.84	50.14	50.43	49.92
	1.2	61.56	59.79	57.74	57.09	54.82	53.00	51.34	51.57
	1.3	60.92	59.40	57.62	57.74	56.97	56.15	54.26	52.30
	1.4	60.71	58.99	57.41	57.62	57.44	57.88	57.35	55.21
	1.5	61.06	59.25	57.53	57.41	57.32	58.28	59.00	58.15
	1.6	61.53	59.92	58.19	57.53	57.17	58.05	59.30	59.67
	1.7	61.80	60.36	58.73	58.19	57.53	58.08	59.19	59.90
	1.8	61.76	60.49	59.14	58.73	57.93	58.37	59.23	60.00
	1.9	61.66	60.41	59.12	59.14	58.27	58.70	59.45	60.23
	2	61.61	60.17	58.94	59.12	58.22	58.84	59.58	60.61
	2.1	61.64	60.22	58.80	58.94	58.26	58.68	59.43	60.39
	2.2	61.89	60.40	58.88	58.80	58.26	58.67	59.32	60.10
	2.3	62.06	60.61	59.16	58.88	58.44	58.81	59.40	59.97
	2.4	62.05	60.88	59.69	59.16	58.92	59.33	59.79	60.35
	2.5	61.98	60.87	59.85	59.69	59.54	59.88	60.20	60.90
	2.6		60.85	59.75	59.85	59.70	60.26	60.87	61.73
	2.7			59.77	59.75	59.56	60.31	61.32	62.09
	2.8				59.77	59.56	60.16	61.28	62.26
	2.9					59.44	60.04	60.93	62.07
	3						59.93	60.72	61.66
	3.1							60.80	61.48
	3.2								61.49



表 5-6 模擬結果，L2 變化增益

t2	L2 變化	效率變化	L1	$\theta$
0.5	0.7→0.8	6.20%	0.4	14.04°
0.45	0.8→0.9	6.73%	0.4	16.7°
0.4	1.2→1.3	6.37%	0.7	18.43°
0.35	1.0→1.1	6.54%	0.4	19.65°
0.3	1.0→1.1	7.25%	0.7	36.87°

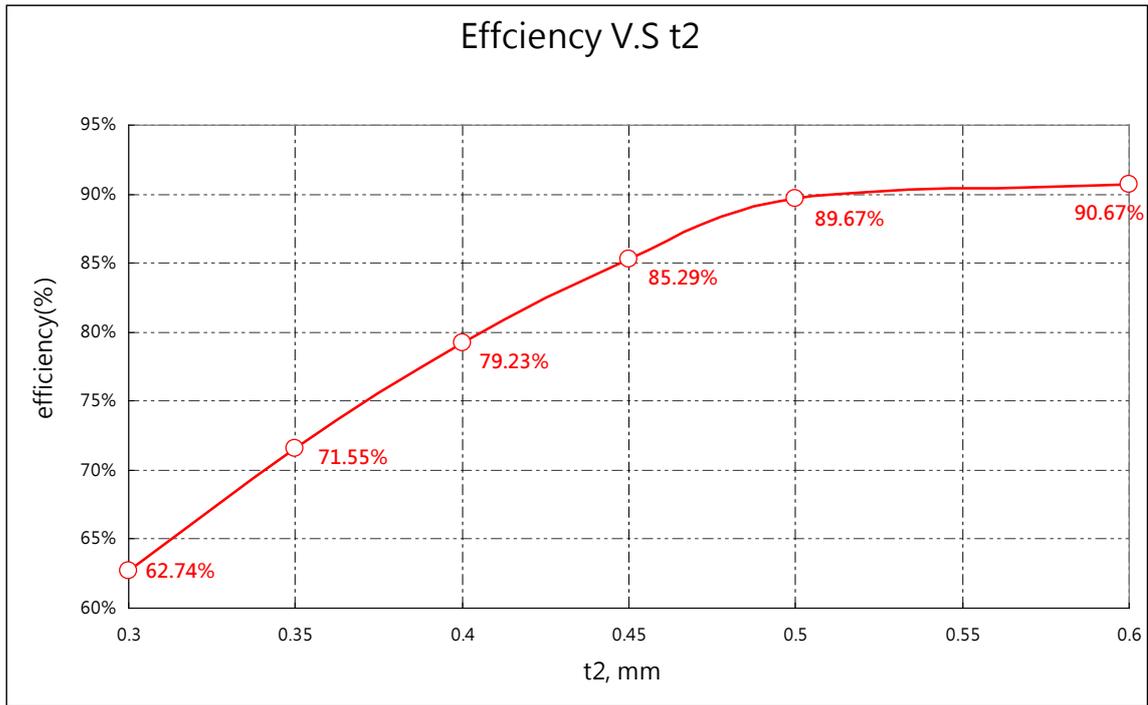


圖 5-1 發光效率 VS t2

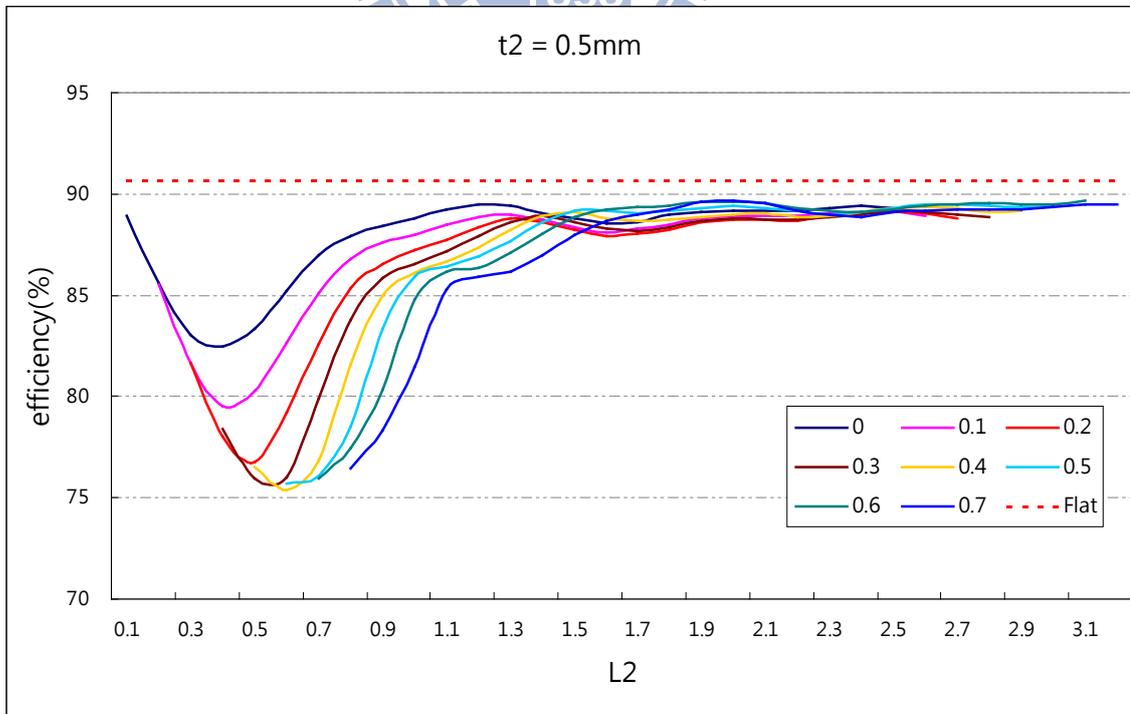


圖 5-2 模擬結果, t2=0.5mm

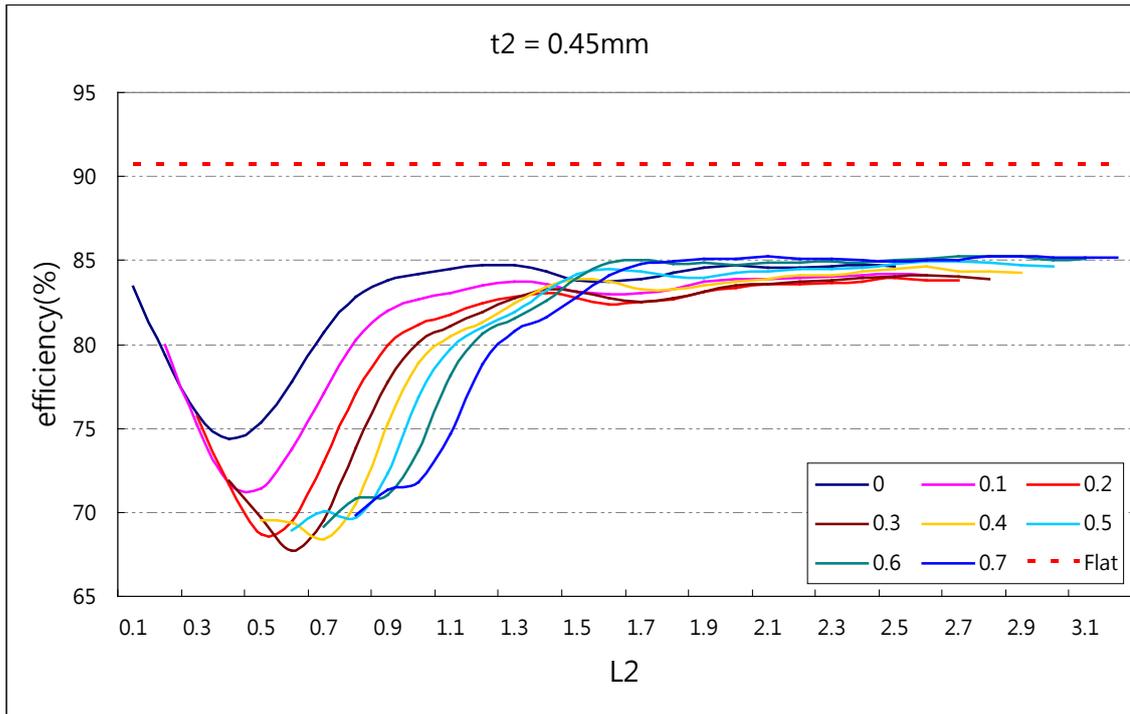


圖 5-3 模擬結果, t2=0.45mm

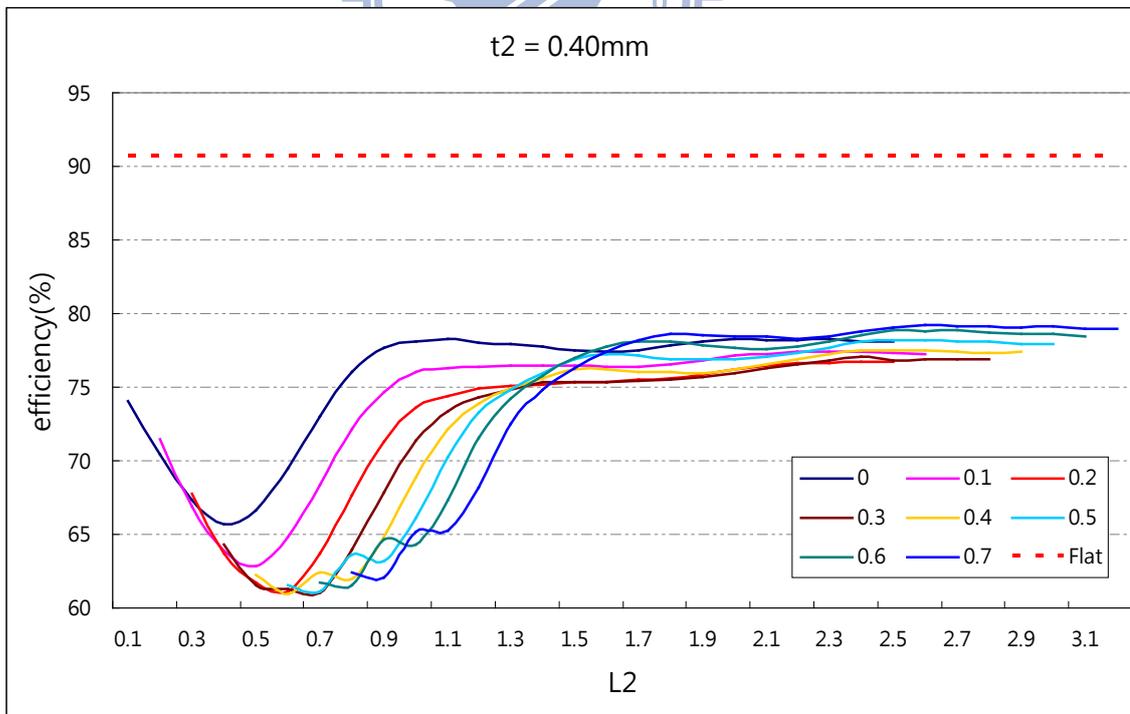


圖 5-4 模擬結果, t2=0.4mm

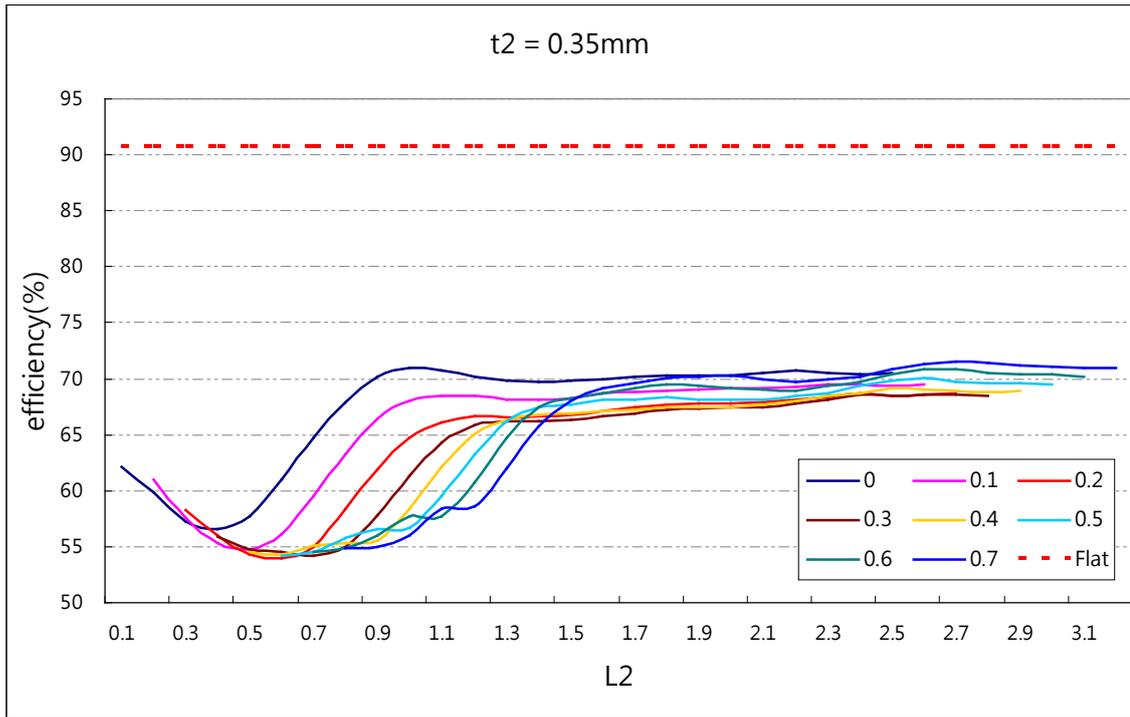


圖 5-5 模擬結果, t2=0.35mm

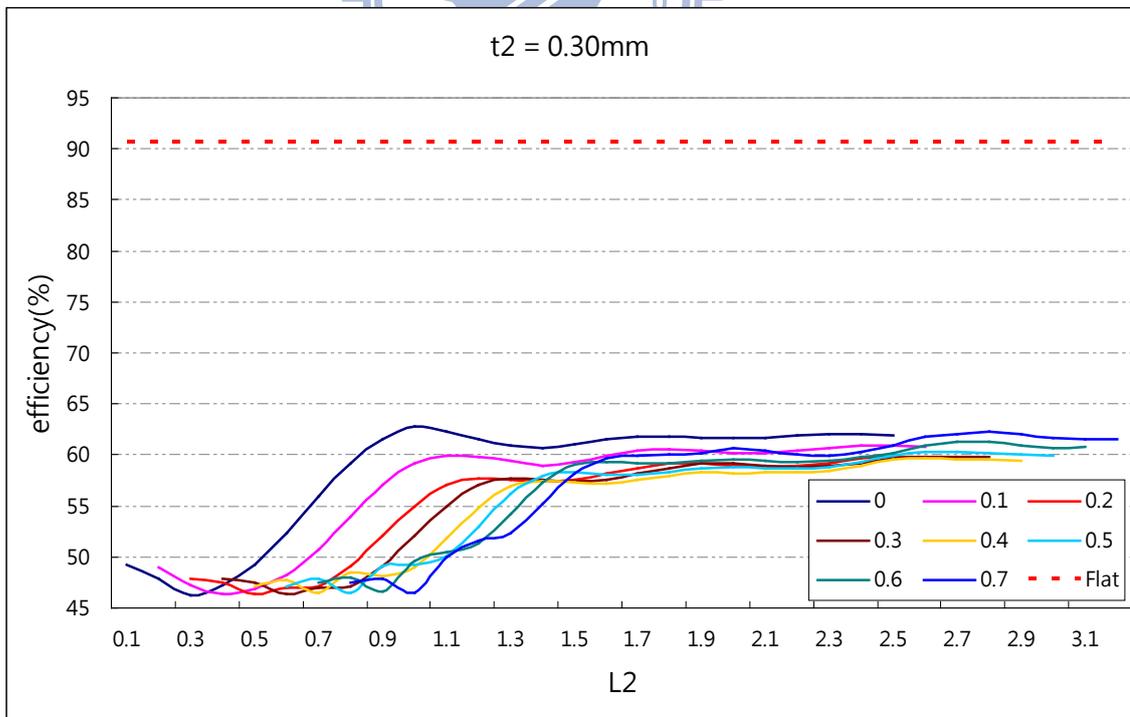


圖 5-5 模擬結果, t2=0.3mm

## 第六章 結論與未來展望

由模擬結果中我們可以發現，薄型化 LCD module 若選用楔型導光板設計，就必需使用較高亮度的 LED 或較多顆 LED，或開發更高穿透率的 LCD Panel 才能達到一般平板型導光板的亮度水準。這也說明了市面上的手機或手持式裝置，若訴求為薄型化的高階機種，其價格通常為一般中低階機種的一倍以上，就是因為薄型化的 LCD module 必需使用更新的技術及更多資源。

在以現階段較為使用的顯示技術仍為 LCD 的情況下，為了符合 3C 產品週期短的特性，可利用本研究之模擬結果，依其產品定位、厚度、成本及外觀、強度等需求，快速的找出最適合的設計值，在產品開發初期，可快速的進行評估，大幅縮短產品開發時程

而目前 LCD Module 在薄型化的設計上，有很大的比率仍需仰賴楔型導光板以達成薄型化的目的。由本研究中可得知，使用楔型導光板，必定會有部分能量在楔型斜面處損失掉。若要減少光線損失，除了經由最佳化楔型斜面的方法來達成，亦可參考一般導光板在反射面上製作 Laser-dot 的方式，在楔型斜面上製作微結構，讓原本會被折射出去的光線，經由微結構將其反射回導光板內部，以增加發光效率。但以目前的技術，要在微小的楔型斜面上製作微結構，除了高精密度模具的製作技術外，尚需射出成

型技術的搭配。這個構想可做為一個新的課題，做為後續研究、改進的目標。



## 參考文獻

- [1] 方育斌，「LCD 背光模組之光學最佳化設計」，國立成功大學，工程科學系，碩士論文，民國九十三年
- [2] 友達光電，98 年度光機設計部新人教育訓練資料
- [3] <http://www.corning.com/docs/specialtymaterials/pisheets/Pi201.pdf>
- [4] 章秀鑫，TFT-LCD 模組設計概論，初版，全華，台北，民國九十一年
- [5] 曾成毅，「導光板設計及製作之研究」，國立臺灣海洋大學，機械與機電工程學系，碩士論文，民國九十五年
- [6] 株式会社きもと，<http://www.kimoto.co.jp/>
- [7] 美商 3M，  
[http://solutions.3m.com/wps/portal/3M/en\\_US/Vikuitil/BrandProducts/main/energyefficiency/](http://solutions.3m.com/wps/portal/3M/en_US/Vikuitil/BrandProducts/main/energyefficiency/)
- [8] <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/phyopt/totint.html>
- [9] 謝祥暉，「高效能導光板之微結構排列設計與分析」，大葉大學，機械工程研究所碩士班，碩士論文
- [10] 瑞儀光電股份有限公司，  
<http://www.radiant.com.tw/jsf/TraditionalC/product-b3.jsf>
- [11] 黃彥文，「超薄形導光板光學設計與精密成型之研究」，國立高雄應

用科技大學，模具工程系碩士班，碩士論文，民國九十四年

[12] [http://www.ledinside.com.tw/what\\_is\\_led](http://www.ledinside.com.tw/what_is_led)

[13] 億光電子，

[http://www.everlight.com/app.php?item=53&cate\\_index=0&set\\_lang=ch](http://www.everlight.com/app.php?item=53&cate_index=0&set_lang=ch)

[14] 日亞化學，

[http://www.nichia.co.jp/en/product/led\\_technicaldata.html](http://www.nichia.co.jp/en/product/led_technicaldata.html)

[15] 統寶光電，95 年度新人教育訓練資料

[16] 幾何光學講義，國立虎尾大學

[17] 幾何光學，國立臺北科技大學

[18] [http://www.bipm.org/utils/common/pdf/si\\_brochure\\_8\\_en.pdf](http://www.bipm.org/utils/common/pdf/si_brochure_8_en.pdf)

[19] <http://www.lambdare.com/>

