

國立台北科技大學
光電工程系
專題競賽

時間多工立體顯示器之
背光模組設計

指導教授：李金連 教授
專題生：馮聖凱 林詩豪

中華民國一〇三年六月

摘要

立體顯示技術從早期須配戴特殊眼鏡的方式發展至裸視型，本專題設計時間多工式立體顯示技術中的背光模組分別產生兩種不同角度的影像投射至雙眼，以利用人類的兩眼視差來產生裸視型立體視覺。背光模組控制著顯示器的均勻度與出光方向，因此需藉由導光板的微型結構設計，達到產生兩種不同角度之出光光源的目的。本專題使用 TracePro 之光學模擬軟體，針對導光板設計出可將兩光源分別投射至雙眼的微型結構。研究結果顯示：1. 使用底角分別為 $40^\circ + 85^\circ$ 與 $85^\circ + 40^\circ$ 的兩對稱三角柱狀微結構，以間隔 1.5mm 的週期性排列方式，當左側光源發光時，測得最大輝度出光角為 9° 且均勻度為 87%，當右側光源發光時，測得最大輝度出光角為 -9° 且均勻度為 89%，如此將可在時序性切換光源下，獲得均勻的出光面，並達到時間多工立體顯示所需的出光角度。2. 有效地省去稜鏡片以減少元件成本並降低製程的程序，即能達成時間多工立體裸視型立體視覺之效果。

目錄

摘要.....	I
目錄.....	II
第一章 簡介.....	1
第二章 基本理論.....	2
2-1 全反射.....	2
2-2 兩眼視差.....	2
2-3 多工式立體顯示.....	2
2-3-1 空間多工式.....	3
2-3-2 時間多工式.....	3
2-4 光度量單位.....	4
2-5 13 點均勻度量測.....	5
2-6 邊側式	
第三章 光學設計模擬與分析.....	6
3-1 模擬架構.....	6
3-2 參數設定.....	7
3-2-1 背光模組.....	7
3-2-2 發光二極體.....	8
3-3 微結構設定.....	9

3-4 模擬與分析.....	10
3-4-1 單邊微結構設計.....	10
3-4-2 雙邊微結構設計.....	11
第四章 模擬結果.....	13
第五章 結論.....	22
第六章 參考文獻.....	24

一、 簡介

隨著顯示器日漸普及於日常生活中，人們享受顯示器帶來的感官刺激。人們熟悉的立體顯示器，多半需要戴眼鏡才能觀賞立體畫面，然而對於已戴眼鏡或者不習慣戴眼鏡的觀賞者來說，此舉實在很難真正享受到立體顯示的真實感。裸視立體顯示技術分為時間多工與空間多工【4】。時間多工需使用稜鏡片而空間多工使用柱狀透鏡，目的皆是將光分別投射至觀賞者的左右眼，方可產生立體視覺。然而在顯示器生產上，若可省略稜鏡片或柱狀透鏡，僅利用導光板產生分別投射於左右眼的光，如此將可減少許多成本。

然而如何設計一當左右光源做時序切換時仍可產生均勻面光源的導光板將是一重要課題。由文獻可知，投射至左右眼的光，其在出光的出光角度需小於 10° 。因此我們利用可產生指向性背光源的方法產生小於 10° 的斜向光源搭配左右光源，產生一時間多工的背光模組。將導光板 M 型微結構之角度與分佈方式設為參數，進行模擬驗證。結果發現，當 M 型微結構之角度於特定組合時，依時序光源的變化可於出光面產生分別投射於左右眼的光。而微結構以特定線性函數分佈時，不因時序光源的變化皆可產生均勻面光源。最後，將最佳結果與液晶層結合驗證顯示器功能【2】。

二、 原理

2-1 全反射

光由第一介質進入第二介質時，部分的光會回到原本的第一介質，稱之為反射，另一部分的光會穿透第二介質，稱之為折射；依據 Snell' s law 可知，當入射角 θ_1 增加時，折射角 θ_2 也會等比增加。

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

而在光由密介質進入疏介質(即折射率 $n_1 > n_2$)時，入射角增加到某一角度 θ_c ，折射角 θ_2 會等於 90° ，此時折射光將沿介面進行且光強趨近於 0， θ_c 稱之為臨界角；當入射角大於臨界角時，便不再產生折射現象，所有光均會被反射，即全反射現象【1】。

2-2 兩眼視差

立體視覺即是因為兩眼視差所造成，根據統計，人類左眼與右眼相距約 6.5 公分，此距離差造成觀看物體時雙眼會接收到不同角度的影像，此兩略帶差異的影像再經由大腦合成，變成為一深度資訊的立體影像【2】。

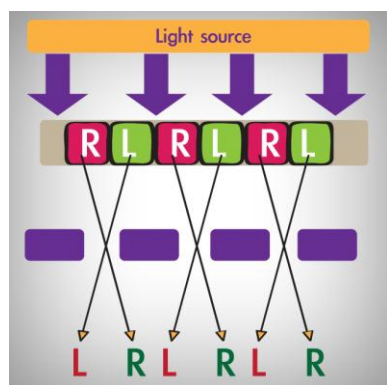
2-3 多工式立體顯示

多工式立體顯示皆基於兩眼視差原理，提供兩眼略帶差異的影像，依據透射光線方式的不同可分為空間多工式與時間多工式，分別介紹如下。

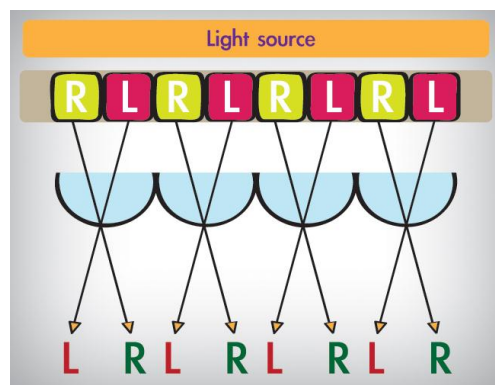
2-3-1 空間多工式

將液晶面板的畫素分為奇畫素與偶畫素，並利用視差屏障或柱狀透鏡進行方光，使觀察者的右眼只能接收到液晶面板設定投射給右眼的畫素區，左眼也只能接收到設定給左眼的畫素區。

視差屏障為一黑色與透明相間的直線條紋，置於液晶面板前進行分光，但當光入射至黑色條紋時便會被吸收而使亮度減半，其架構如圖(1)。柱狀透鏡製作不易，且分光必須對位非常精準，若稍有偏移光線便無法投射向預設路徑，使大腦無法產生融合立體感影像，其架構圖如(2)【3】【4】。



圖(1) 視差屏障

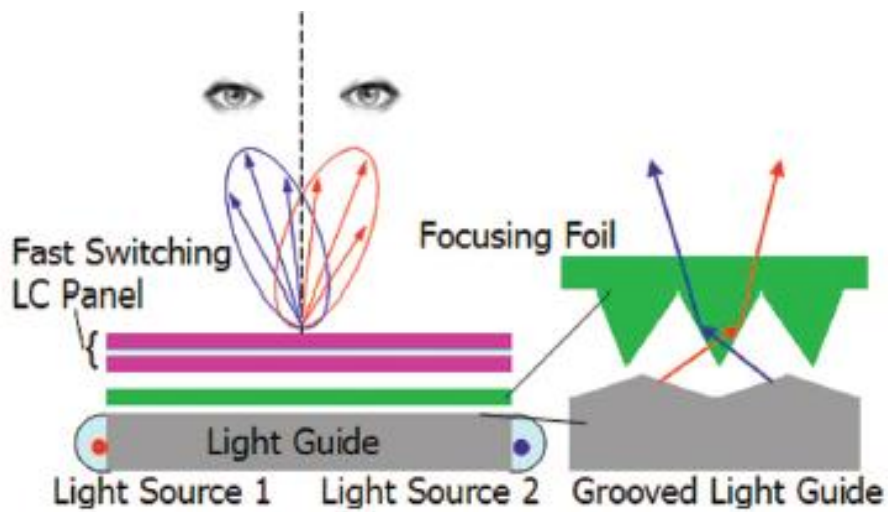


圖(2) 柱狀透鏡

2-3-2 時間多工式

使用經特殊設計的稜鏡片，當導光板左側有光時可將出光導向至觀察者的右眼，當導光板右側有光時可將出光導向至觀察者的左眼，如此再配合高速切換的光源及液晶，左右眼便可在極短時間差內分別獲得兩個畫面，

達到立體顯示效果。其架構如圖(3) 【3】【4】。



圖(3) 時間多工式架構

2-4 光度量單位

(1) 光度：即光源的強度，單位為燭光(cd)=(lm/sr)。

Sr 為球面度。以 r 為半徑的球的中心為頂點，展開的立體角所對應的球面表面積為 r^2 ，該立體角的大小就是球面度。球表面積為 $4\pi r^2$ ，因此整個球有 4π 個球面度。

(2) 光通量：單位時間內產生視覺影響的強弱，單位為流明(lm)。

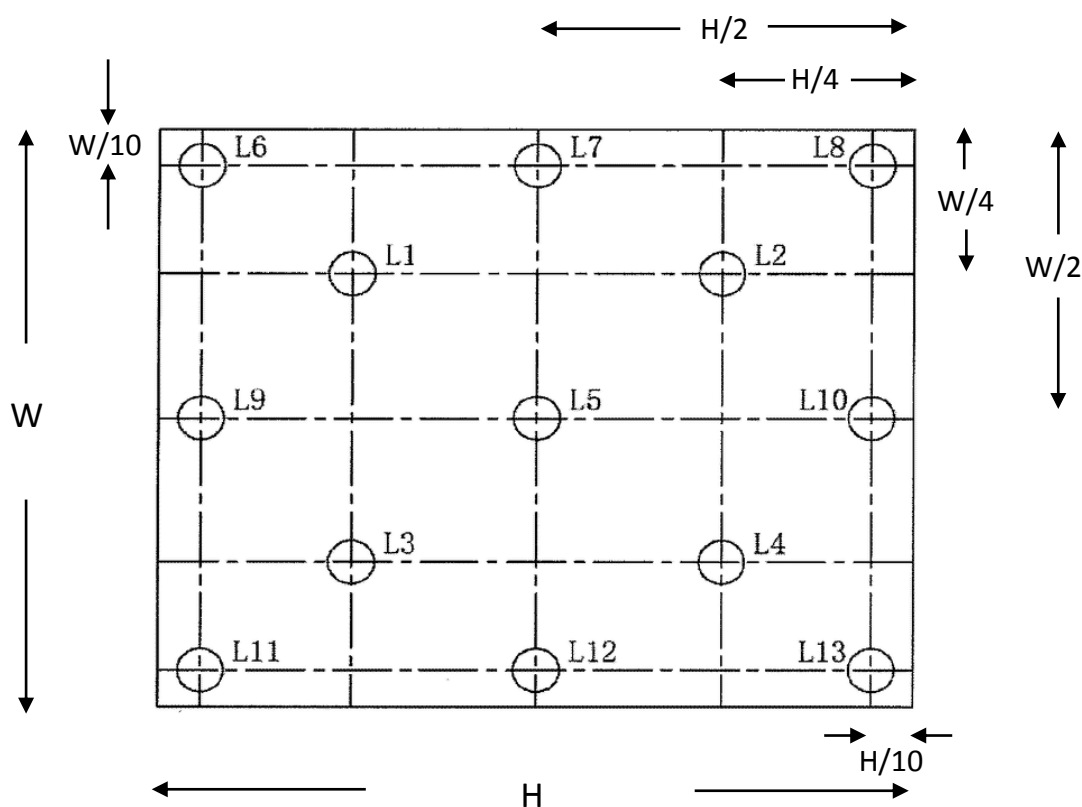
(3) 照度：單位面積的光通量，單位為勒克斯(lux)=lm/m²。

(4) 輝度：特定方向的單位面積光強度，單位為尼特(nt)=(cd/m²) 【5】

2-5 13 點均勻度量測

在 LCD 的檢測中，依據發光區域輝度變化的程度，可將其定義為均勻度 (Uniformity)。根據 VESA (Video Electronics Standards Association 是制定電腦和小型工作站視訊裝置標準的國際組織) 規範，均勻度量測包含 5 點、9 點、13 點等。本專題均使用 13 點量測，各點量測位置如圖(4)，由量測結果之最小值除以最大值即為均勻度【6】。公式如下；

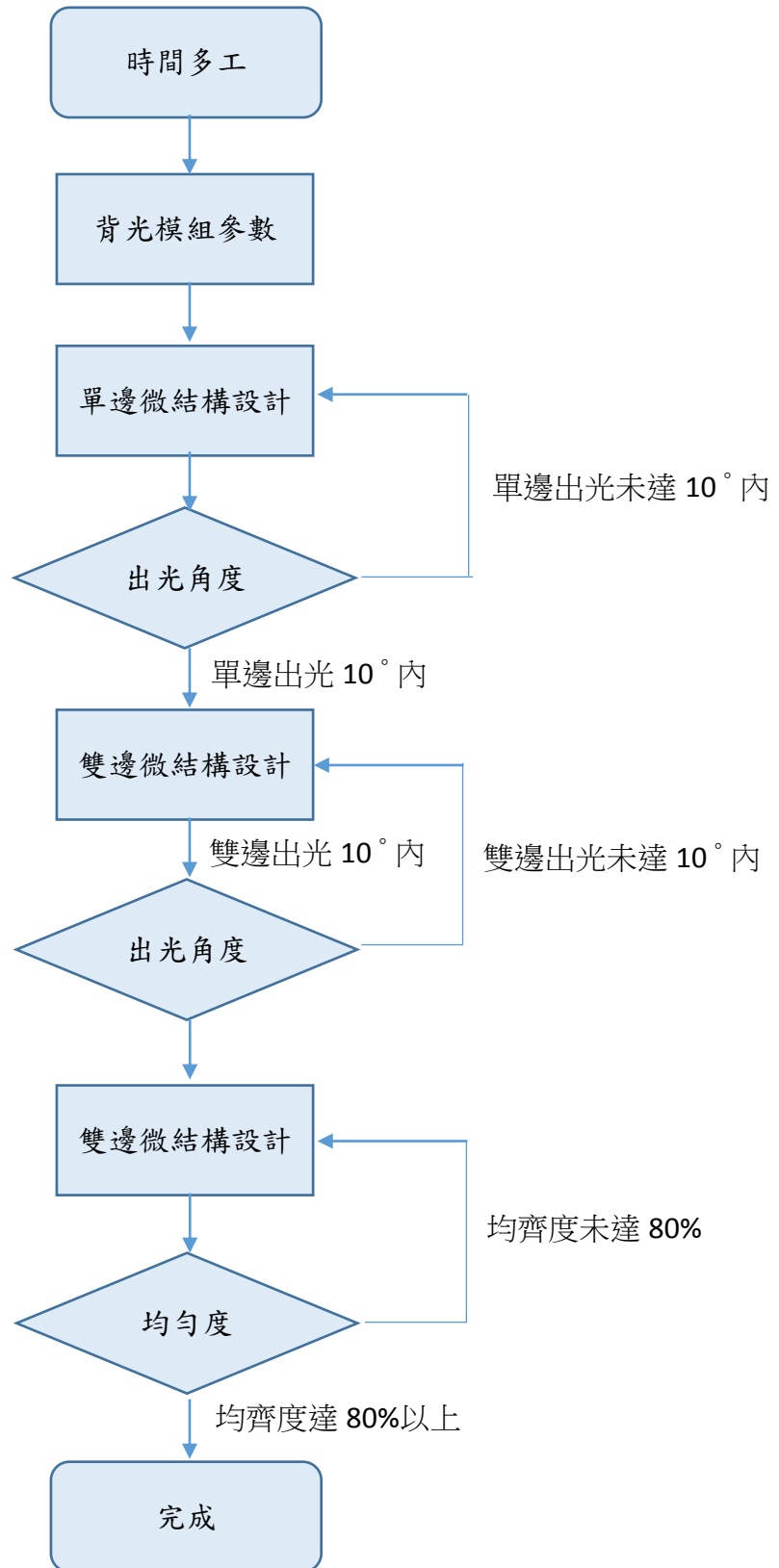
$$\text{Uniformity} = (L_{\min}/L_{\max}) \times 100\%$$



圖(4) 背光板 13 點量測位置

三、 光學設計模擬與分析

3.1 模擬架構



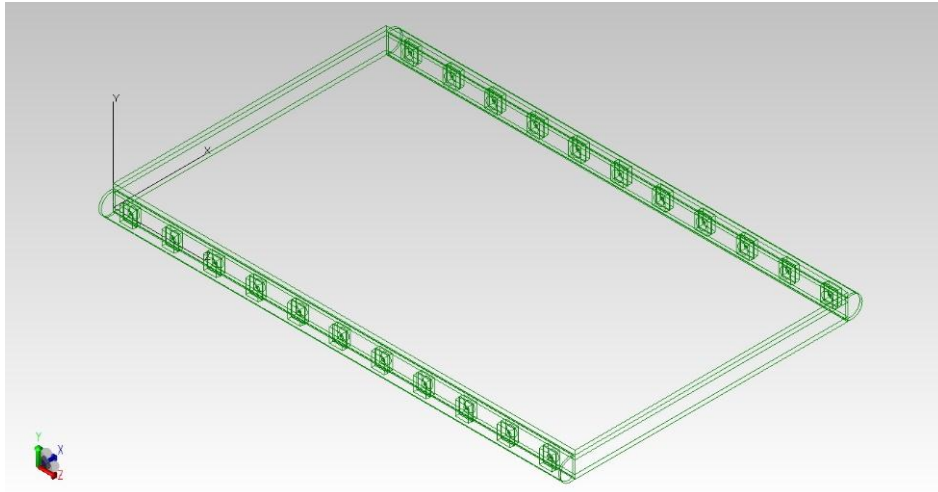
3.2 參數設定

3.2.1 背光模組

本實驗背光模組為 5 吋，架構包含導光板、底部反射板、兩側反射罩、LED、出光檢測面，相關位置如圖 5 和圖 6。導光板長 110mm，寬 65mm，高 3mm，材質為聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)，折射率為 1.4935，導光板應用全反射原理，使光線在導光板中傳遞，但未達到照明之目的，在導光板中傳遞之光線必須適時改變光行進路徑，所以在導光板底部建立微結構以破壞全反射，並導引光線朝特定方向行進。底部反射板與兩側反射罩能將由底部或側邊溢出之光線反射回導光板中，提高光效率。出光檢測板貼近於導光板的出光面，用於檢測出光面之出光角度與強度分佈。LED 單側擺放 11 顆，總共放置 22 顆，



圖(5) 背光模組架構



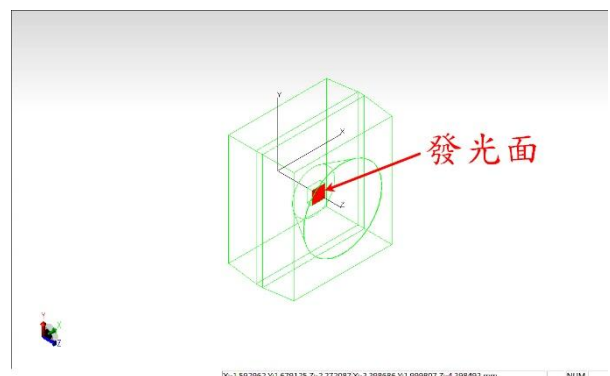
圖(6) 3D 視角圖

3.2.2 發光二極體

本專題 LED 光源採用德國西門子公司(Siemens)出品型號 LWT676 之 LED 光源。依據結構參數所建構的 LED 光源模型可分為發光體、反射罩與擴散片。反射罩表面性質設定為 Perfect Mirror;發光體只設定最上方一面為發光面;擴散片的最下方設定為 Lambertian Diffuser，而散射型式設定為 ABg，其中 ABg 代表任何方向的光都會均勻的散射出去。LED 光源參數設定如下頁表(1)，軟體模擬繪製如圖(7)。

Parameters of LED light source	
Source type	Flux
Luminas flux	0.05 lm
Wavelength	0.5461 μm
Angular distribution	Lambertian
Total rays	120000

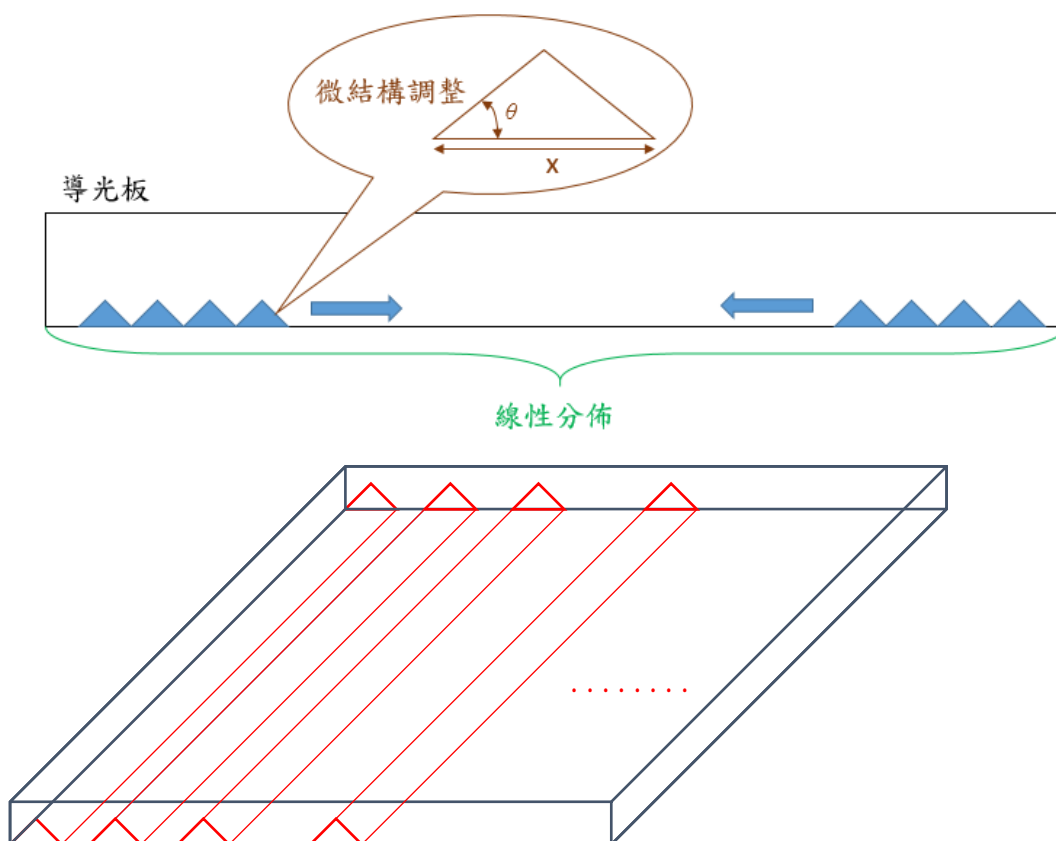
表(1) 發光二極體參數表



圖(7) LED 架構

3.3 微結構設定

本專題之微結構設計是在導光板底部刻去柱狀三角形如圖(8)，藉由調整三角形的角度，與其分佈於導光板之位置，以破壞導光板內全反射，達到控制光行進方向。



圖(8) 導光板底部微結構示意圖

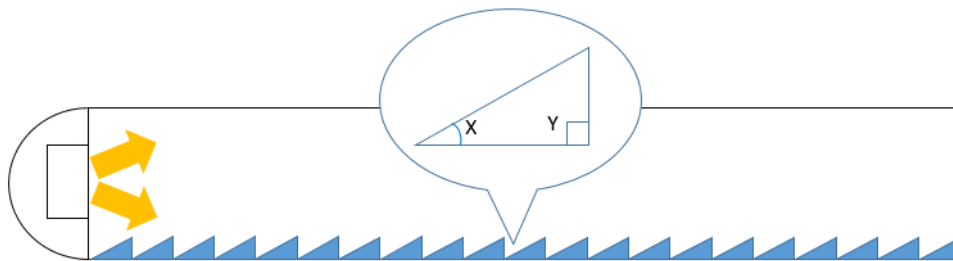
3.4 模擬與分析

整體設計目標為兩個光源分別有不同的集中出光角，一側光源可以有正 9 度的出光角，另一側則是有負 9 度的出光角，藉此達成時間多工的 3D 顯示。在達到兩側光源同時擁有特定的出光角度的情況前，必須先讓單邊光源有此特定出光角度，而除了有角度之外，保持高均齊度也是很重要的一點。

3-4-1 單邊微結構設計

1. 微結構角度調整→出光角度

調整控制變因只有角度，排列方面把微結構佈滿導光板底部，每個微結構的底部寬為 0.05mm，每個微結構間距為 0mm，靠近光源側的角度 X 從 10 度開始遞增，另一側角度 Y 則是從 90 度遞減如下表



角度參數

X	Y
10	90
20	90
30	90
40	90
50	90
40	80
40	70
40	60

2. 線性排列→調整均齊度

測試完角度後取出光角介於±10 度內的一組角度，做線性排列，線性參數如下表，Y 表示擺放微結構個數，X 表示每組為結構的間距。

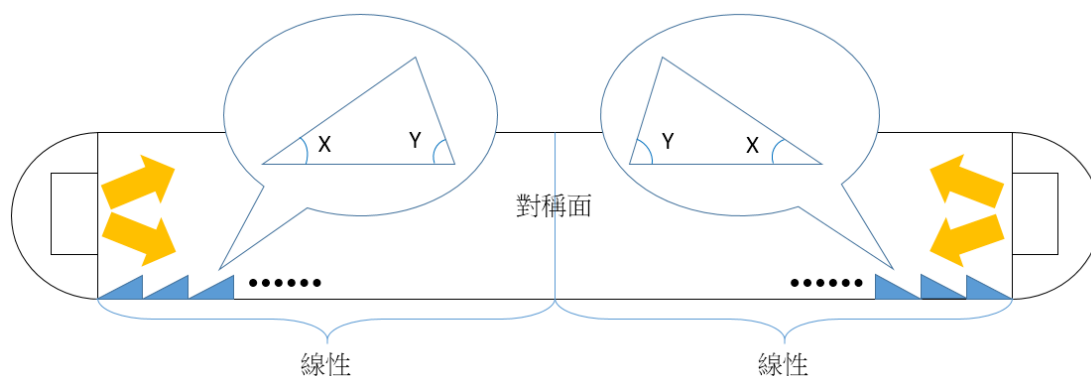
線性參數

線性函數
$Y=X-10(X \geq 13)$
$Y=X-15(X \geq 18)$
$Y=X-20(X \geq 23)$

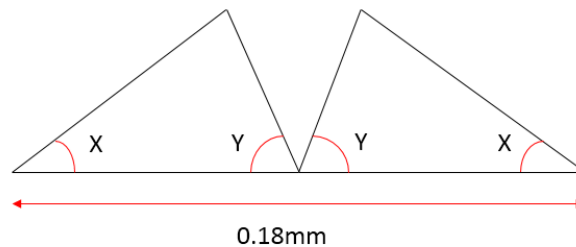
完成單側光源高均齊度集中出光角的線性微結構後，要套用在同一線性微結構的情況下，雙側光源分別有不同的出光角度，且不論哪測光源發光，能保有高均齊度。

3-4-2 雙邊微結構設計

使用單側模擬成功之結果，以導光板中間為對稱面，一邊保持原本的線性微結構，另一邊則以對稱面做線性微結構排列，。由結果發現原本單側的線性微結構使用此方法排列後，均齊度大幅下降，因此根據排列後的情況調整線性函數。



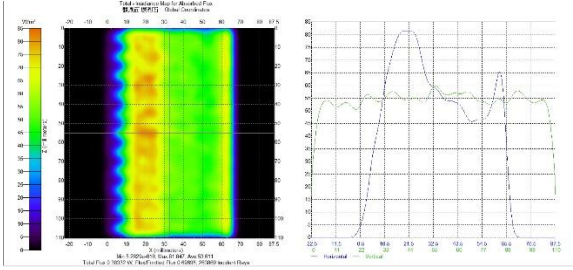
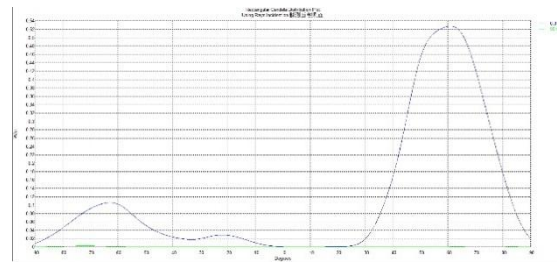
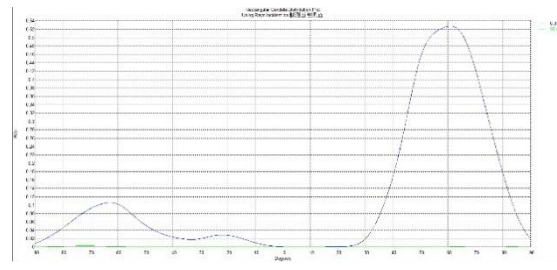
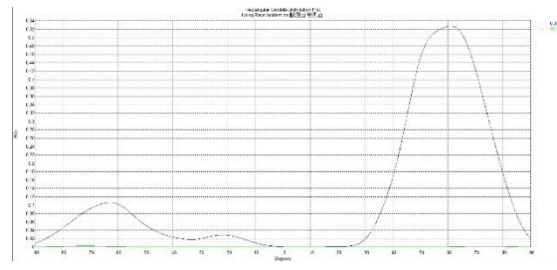
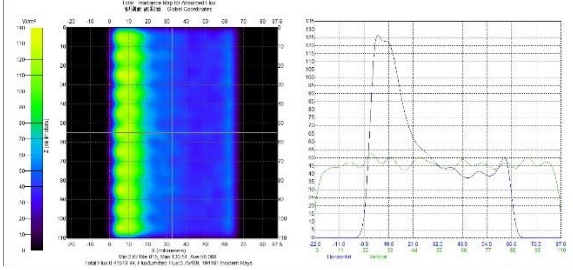
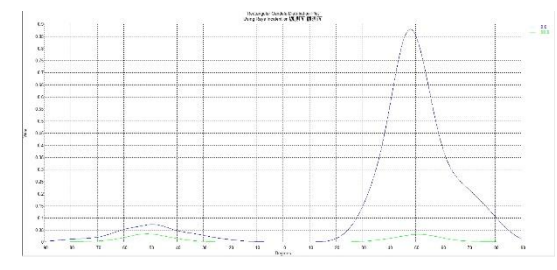
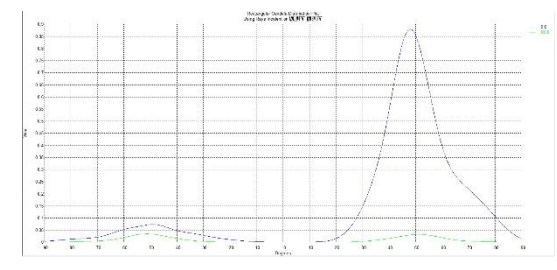
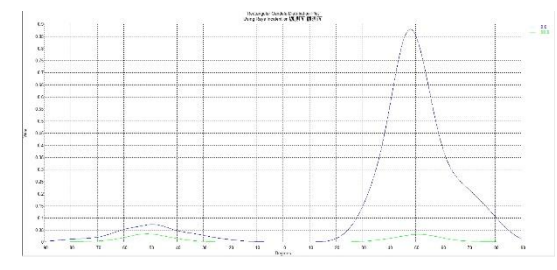
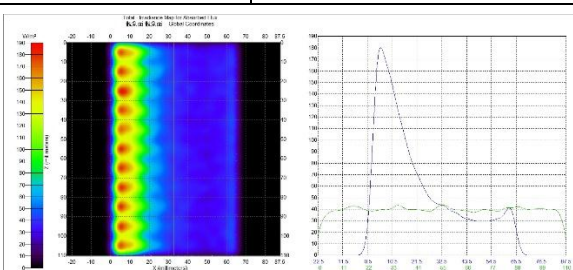
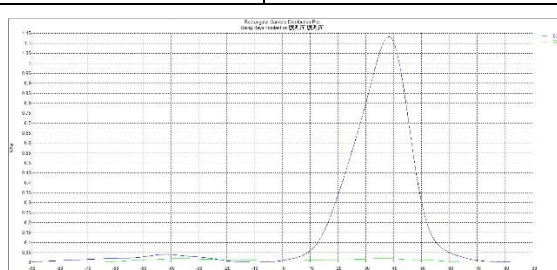
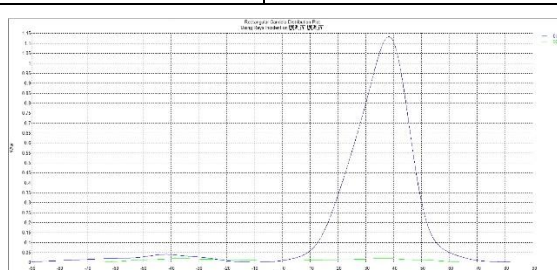
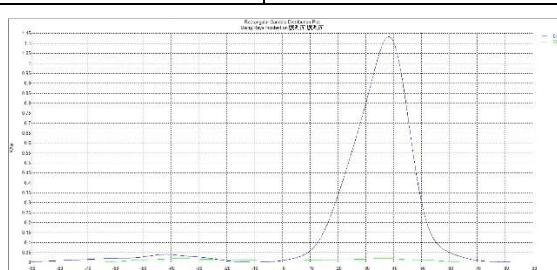
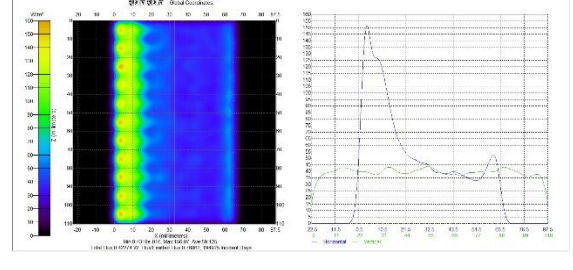
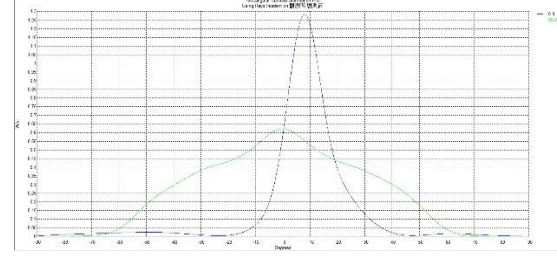
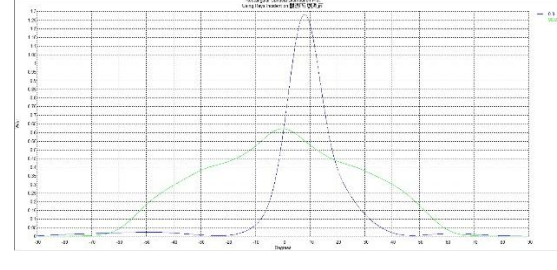
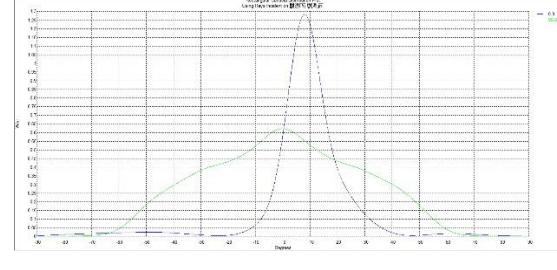
由改變線性的結果可以看出，不論參數如何改變，導光板中間仍有極大的光強落差，原因推究為兩種不同方向的微結構不能同時提供兩邊光源應有的均齊度。因此下一步改變微結構，把原本微結構做對稱擺放如下圖，使得同一組微結構都能同時提供兩側光源應有的效果。微結構改變後角度同時需要重新調整，由之前的模擬可以得到 X 的角度需要小於 Y 的角度，以最大角 90 度切半成 45 度， X 的範圍控制在 45 度以下， Y 的範圍大於 45 度。

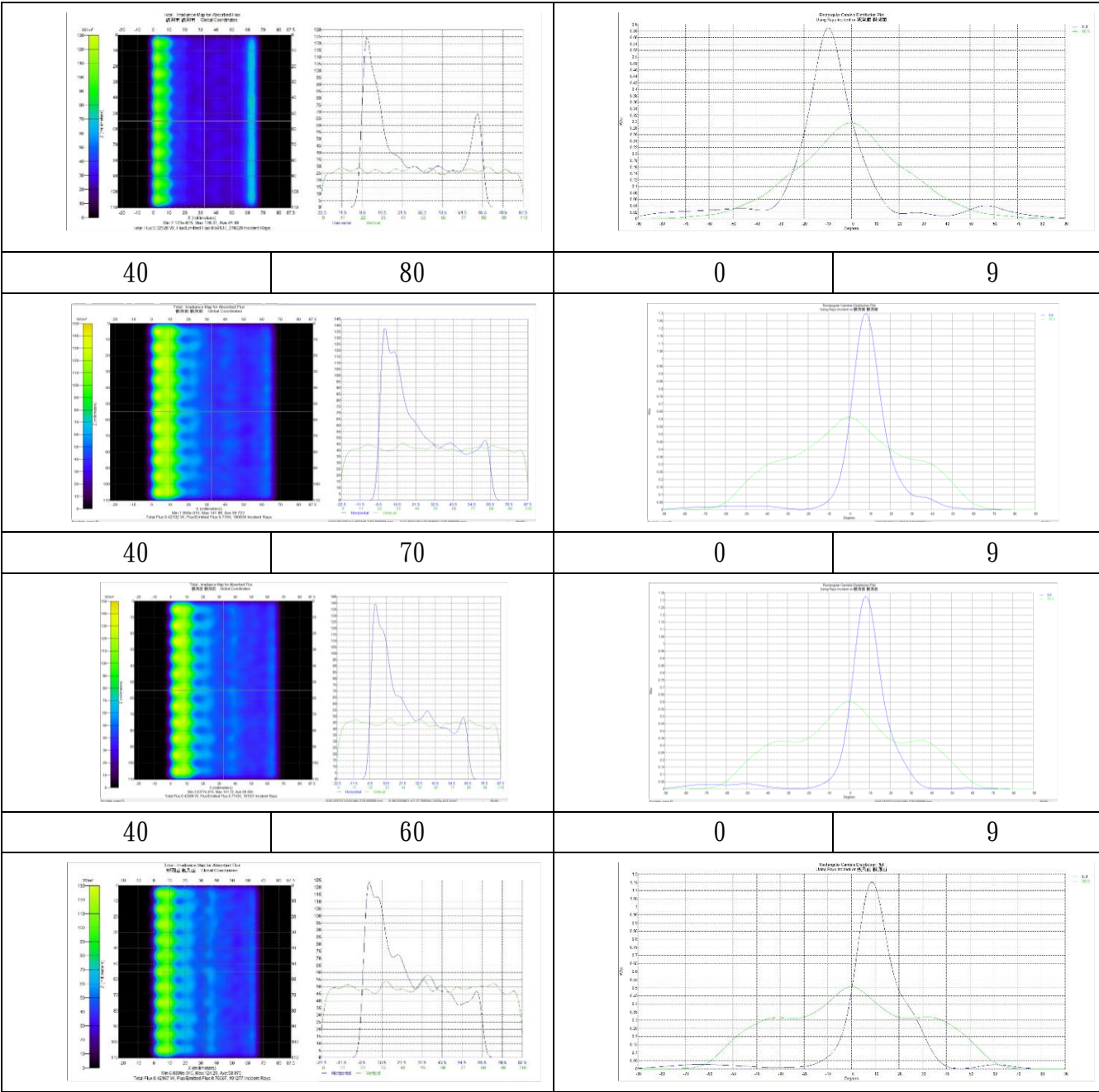


從 DATA4 的模擬可以看出原本的線性設計(兩側少，中間多)在遠離光源時，因為微結構同時變少，造成出光量降低，雖有反射補強，但是仍無法有效提高均齊度。解決方法是把線性改成周期性等距，使微結構均勻分布在導光板上，不會有微結構兩側少中間多的情形。此舉使得均齊度有效提升，且微結構產生的不同角度出光角仍可保留。

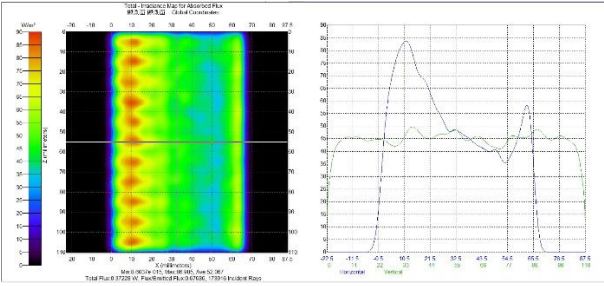
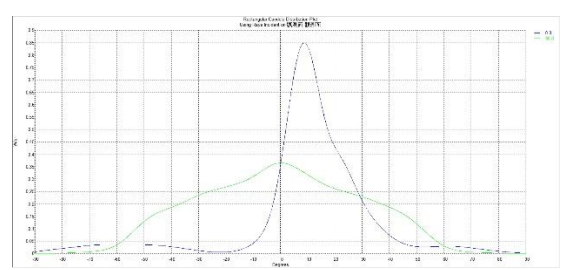
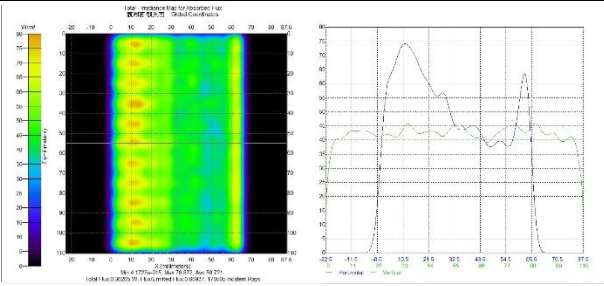
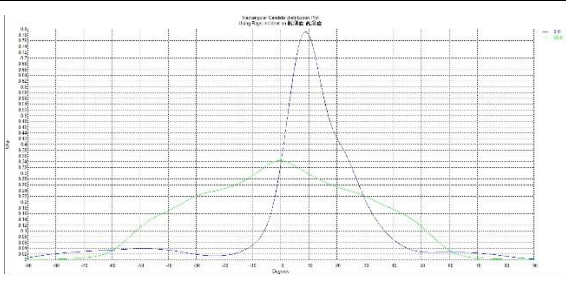
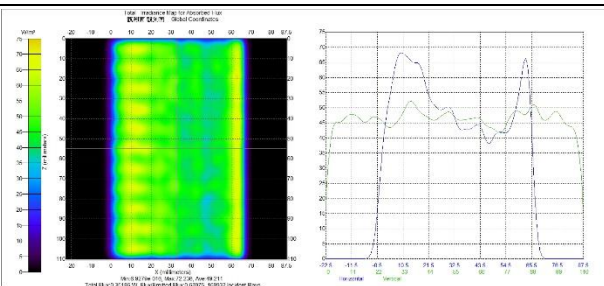
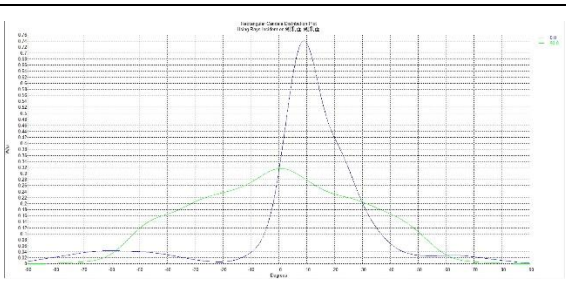
四、 模擬結果

● 單邊微結構設計-角度設計

X	Y	左出光角最大值	右出光角最大值
10	90	-60	60
			
20	90	-47	47
			
30	90	-40	47
			
40	90	0	8
			
50	90	-9	0

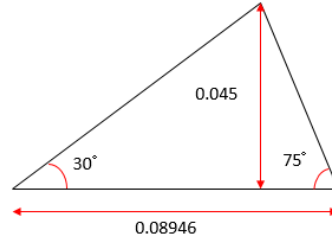


● 單邊微結構設計-線性設計

線性函數	均齊度
<p style="text-align: center;">$Y=X-10(X \geq 13)$</p> 	<p style="text-align: center;">50.65%</p> 
<p style="text-align: center;">$Y=X-15(X \geq 18)$</p> 	<p style="text-align: center;">54.72%</p> 
<p style="text-align: center;">$Y=X-20(X \geq 23)$</p> 	<p style="text-align: center;">62.61%</p> 

● 雙邊微結構設計-對稱線性排列

微結構

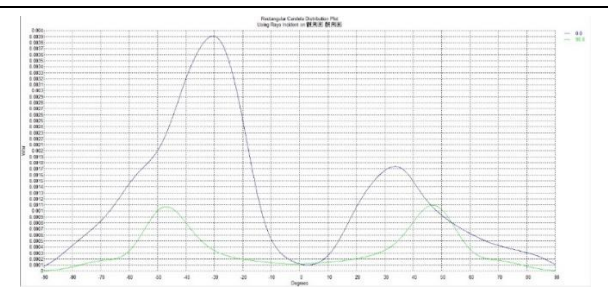
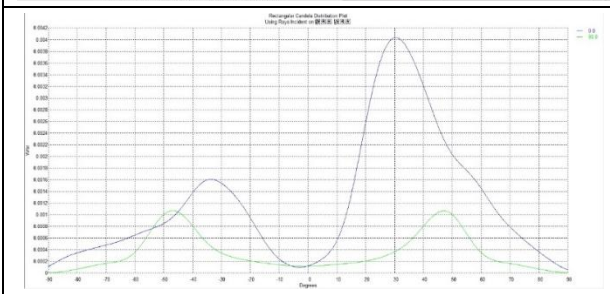
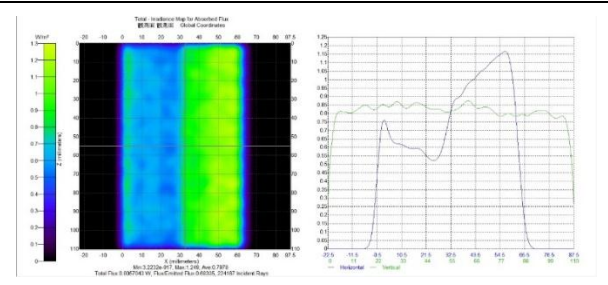
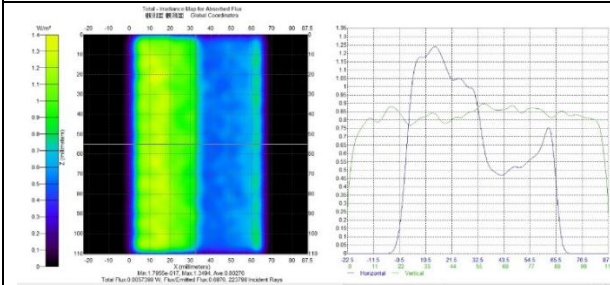


線性(起始為 3 個)

$$Y=X-10 \quad (X \geq 13)$$

左側光源開啟

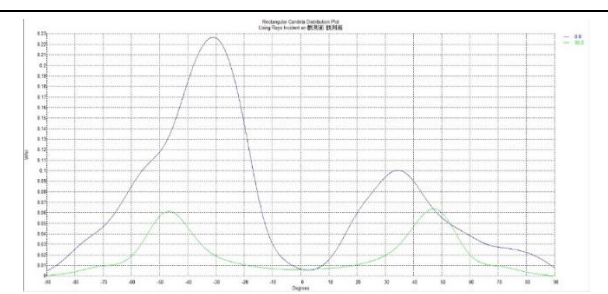
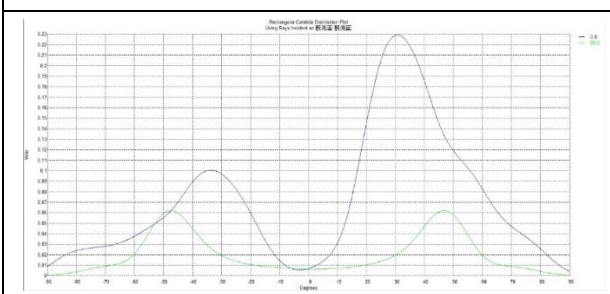
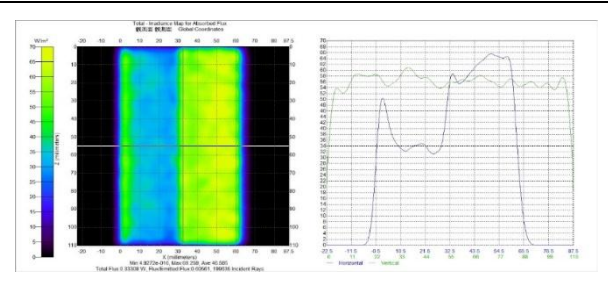
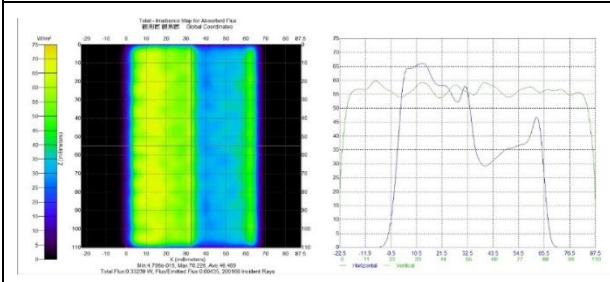
右側光源開啟



$$Y=X-15 \quad (X \geq 18)$$

左側光源開啟

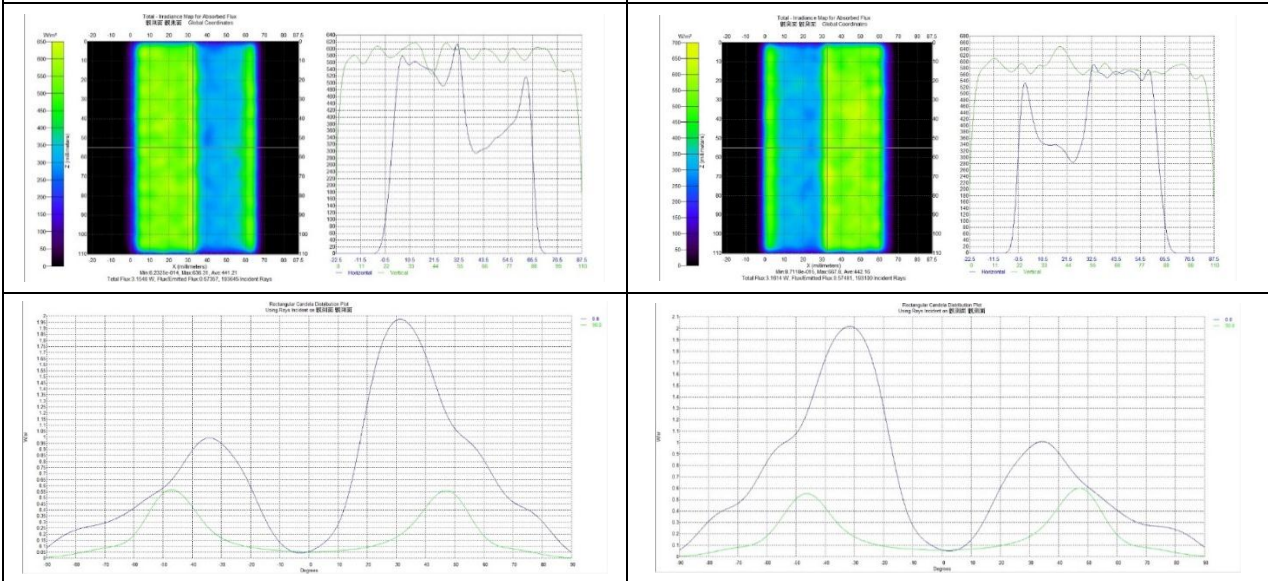
右側光源開啟



$$Y=X-20 \quad (X \geq 23)$$

左側光源開啟

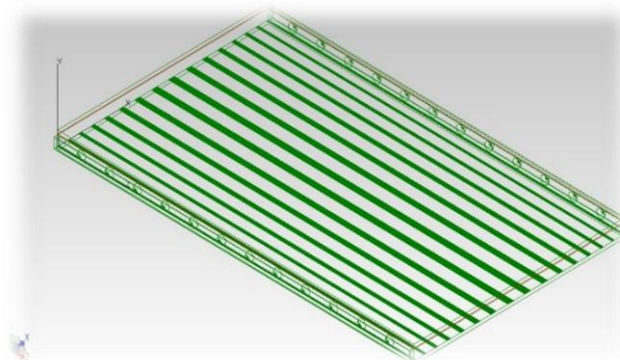
右側光源開啟



● 雙邊微結構設計-對稱微結構結合對稱線性排列

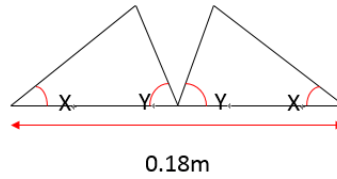
1. 線性排列

兩側從三個微結構開始切割，以 $Y=X-10$ 的線性方程式向中間延伸，中間相交的部分做微調整，下圖為微結構切割圖。

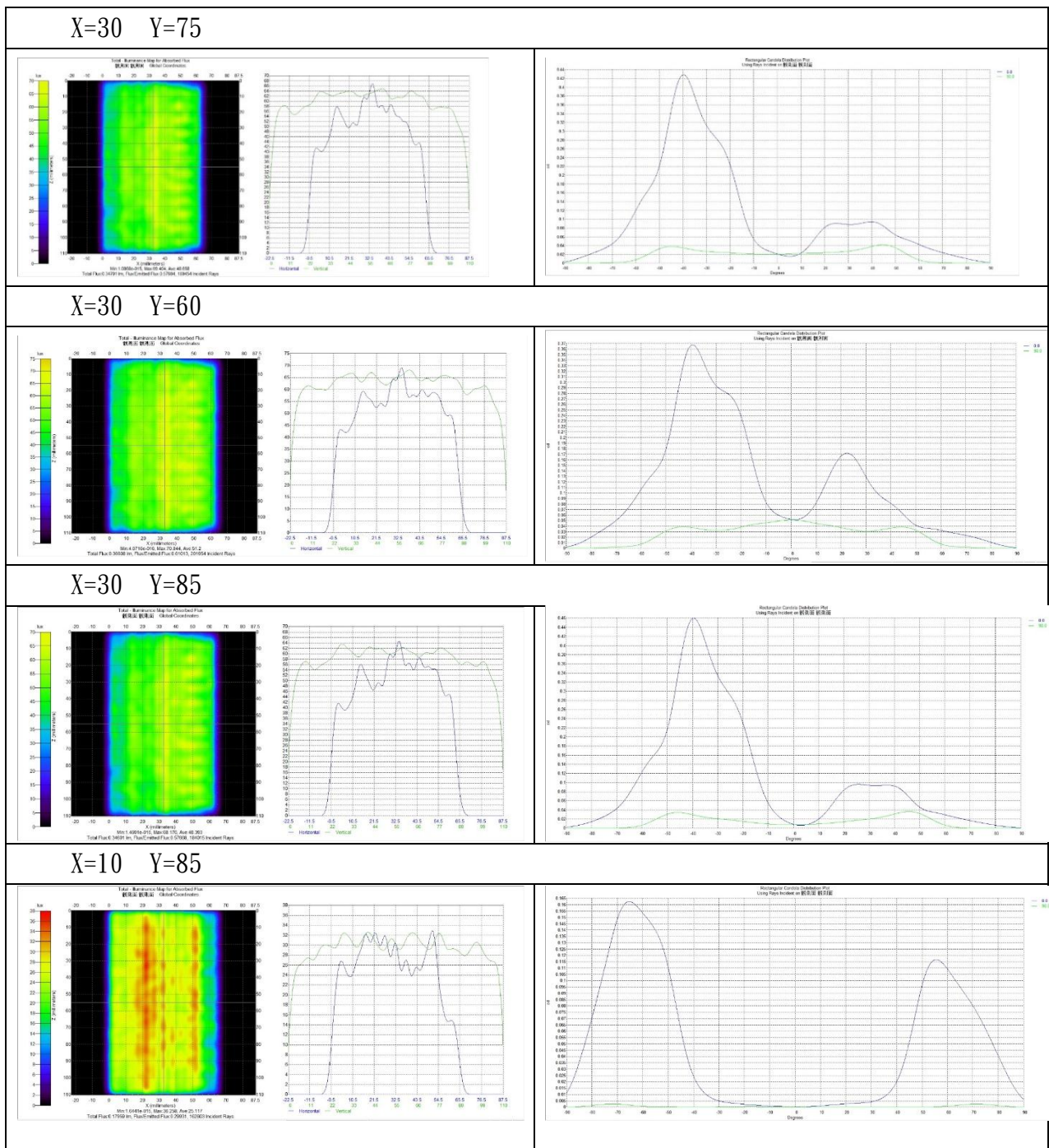


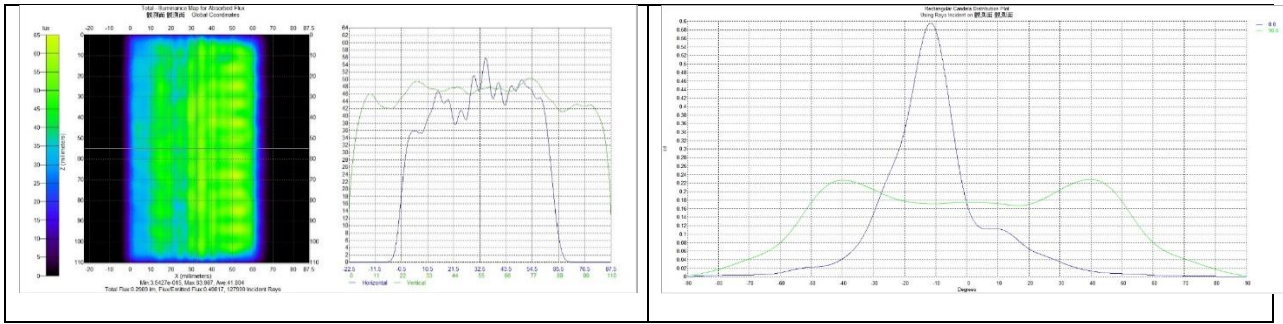
兩側微結構少，中間較多

2. 微結構角度

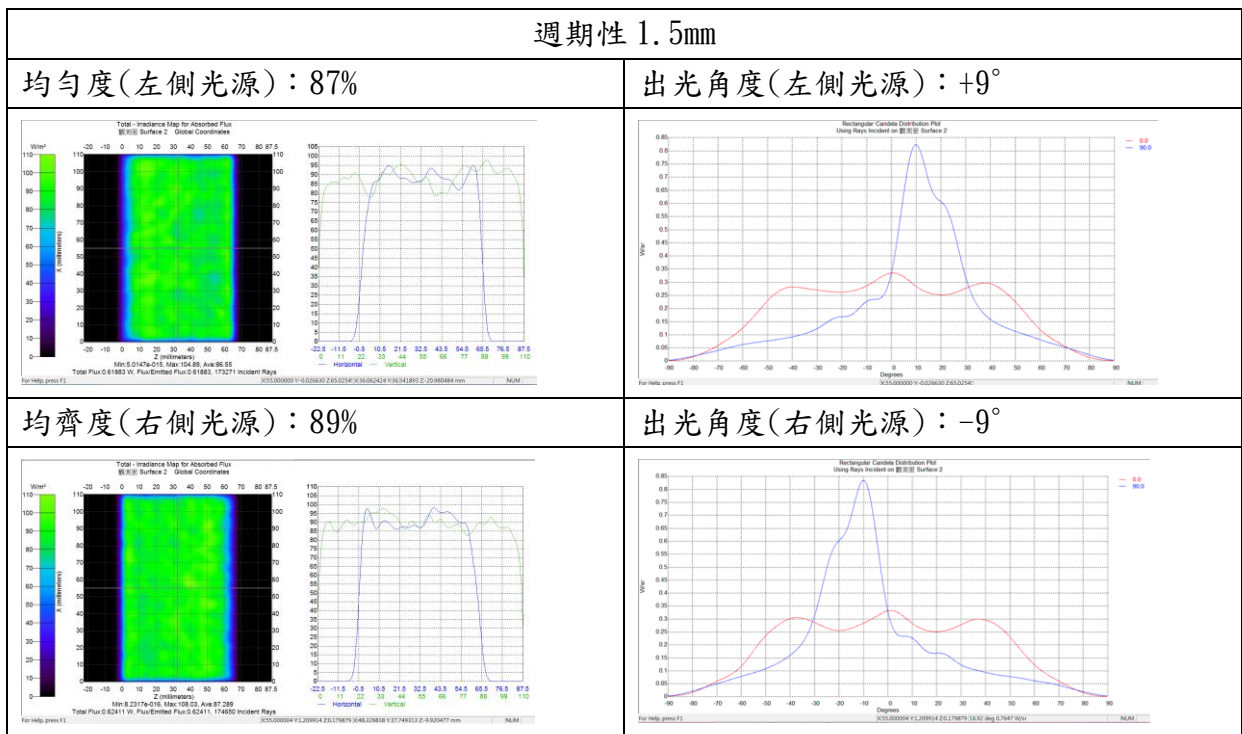


以下資料為右側出光，因為是對稱線性結構，所以左側出光時，結果為左右相反





● 雙邊微結構設計-對稱微結構結合週期排列



五、 結論

隨著時代的進步，顯示器也走向 3D 顯示，但是現行 3D 顯示智慧型手機卻不普及，本實驗的目的在於設計出時間多工的 3D 顯示背光源，透過在導光板上切割 M 型微結構，以及改變微結構的角度和排列方式，控制螢幕的出光方向和強度分布，從實驗結果中得到，對稱的三角形微結構，底部外側角度 40 度，底部內側角度 85 度時，能讓兩側光源發光時，皆可控制出光角度為 9 度，週期性排列微結構，每個微結構間距 1.5mm 能有效提升兩側光源的均齊度，最後設計出的導光板出光角為 ± 9 度，均齊度 87%以上，符合當初設計目的。

六、 參考文獻

- 【1】蘇莉琪，“具雙面微結構設計之導光板光學特性之研究”，中原大學碩士論文(2006)
- 【2】黃怡菁、黃乙白、謝漢萍，“3D 立體顯示技術”，科學發展期刊，第 451 期(2010.07)
- 【3】Ko-Wei Chien and Han-Ping D. Shieh, “Time-multiplexed three-dimensional displays based on directional backlights with fast-switching liquid-crystal displays, ” Applied Optics, Vol. 45, pp. 3106-3110, 2006.
- 【4】5pit Kisplay，“裸視 3D 技術大全”，迪集思數位媒體股份有限公司(2011 07)
- 【5】郭浩中、賴芳儀、郭守義，“LED 原理與應用”，五南出版社，第三版(2013 02)
- 【6】楊貫榆，“LED 背光模組中導光板的微結構與其排列規則對光輝度與均齊度之影響”，台北科技大學碩士論文(2009 12)
- 【7】Ko-Wei Chien and Han-Ping D. Shieh, “Time-multiplexed three-dimensional displays based on directional backlights with fast-switching liquid-crystal displays, ” Applied Optics, Vol. 45, pp. 3106-3110, 2006.