

## 高效能導光板之微結構排列設計與分析

溫志湧<sup>1</sup> 謝祥暉<sup>2</sup>

<sup>1</sup>成功大學航空太空學系

70101 台南市大學路 1 號

<sup>2</sup>大葉大學機械工程研究所

51591 彰化縣大村鄉山腳路 112 號

### 摘要

LED 點亮後將光線從導光板 (light guide plate) 的入光處射入, 光線便以任意的角度及方向在導光板內行進。當導光板表面完全是拋光面時其主要光線只會在導光板內來回行進, 直到其能量完全自然衰減為止才會停止行進。但當導光板表面加上一些微結構時, 光線就會因微結構而產生漫射或反射, 進而破壞光線的全反射使光線產生折射, 射出導光板外。然而以目前光電業所製作的導光板主要目的就是讓光源由側邊進入, 再利用導光板內的微結構 (micro structure), 在不損失光源能量下將光源轉向朝向工作面的方向。

本論文主要探討目前背光模組的導光板微結構排列方式及微結構外型, 運用分析的結果進行 CAE (computer aided engineering) 光學模擬, 來比較實際成品的導光板效能表現, 並以實驗驗證其正確性。再依模擬分析的資料研發設計出新的微結構排列方式及微結構外型, 此新的微結構排列方式及微結構外型在不加上光學膜片時, 其輝度可以比現行的微結構排列方式及微結構外型增加 10 倍以上, 其集光效率非常良好。本研究顯示 CAE 可做為設計高效率導光板的有效工具。

**關鍵詞:** 導光板, 微結構, 背光模組

## The Design and Analysis of a Micro-Structure Array for a High-Efficiency Light-Guide Plate

CHIH-YUNG WEN and HSIANG-HUI HSIEH

<sup>1</sup>*Department Aeronautics and Astronautics, National Cheng Kung University*

*No.1, University Rd., Tainan 701, Taiwan*

<sup>2</sup>*Department of Mechanical Engineering, Da-Yeh University*

*No. 112, Shanjiao Rd., Dacun, Changhua, Taiwan 51591, R.O.C.*

### ABSTRACT

At any angle, the light rays emitted by an LED travel inside its light-guide plate. If both surfaces of the light guide are optical-grade smooth, most rays will move back and forth until their energy decays. When the surfaces of the light-guide plate are composed of micro structures, the rays are reflected and diffused, thereby destroying the total reflection. The plate can then direct the rays



in the desired direction. Currently, the optical industry is prioritizing the design and manufacturing of high-efficiency light-guide plates in back light modules.

In this study the arrangements and geometries of the micro structures of major light-guide plates on the market were analyzed. The commercial CAE (computer aided engineering) software program Speos® was used for numerical simulation. The simulation results were compared with experimental observations. The analyses were used to help design a new micro-structure array. The simulation indicated that the luminance of the proposed design is ten times that of current products. Thus the new design was shown to be very efficient. Moreover, CAE has been demonstrated to be promising for the design of high-efficiency light-guide plates.

**Key Words:** light guide plate, micro structure, back light module

## 一、前言

微米科技技術在最近短短幾年當中已發展到趨近於成熟的階段，也因此發展了非常多元化的微米科技的基材及零件，相對地亦帶動其週邊軟、硬體產業的發展，而液晶顯示器（liquid crystal display, LCD）亦在此波趨勢中快速發展，因為除了筆記型電腦之外，液晶監視器、液晶電視需求也日益增加，再加上如數位相機、數位攝影機、手機、PDA、E-book...等等可攜帶式資訊產品需求劇增，可預期液晶顯示器市場規模將有很大的成長空間。

LCD 具有低耗電量、高亮度、高對比、厚度薄及色飽和度佳等優點，但視角不夠寬廣、反應速度不夠快及可操作溫度不夠寬廣則是 LCD 的缺點。LCD 關鍵零組件中背光模組是否最佳化卻是影響到整個 LCD 模組耗電量、亮度、對比、厚度及色飽和度等等問題的重要因素。因此為了使 LCD 能達到更好的顯示效果，研發出具有高輝度、高均勻性及耗電量更小的背光模組應是一個非常關鍵的技術。

導光板（light guide plate）在整個背光模組中是技術門檻最低的零組件，國內廠商對此技術有一定程度的水準，但是要能和日本、韓國等背光模組大廠並駕齊驅，國內的導光板製程技術勢必須要有改良及突破。然而導光板是否能將所有的光源在幾乎沒有衰減的情況下，將光源轉向到所需的工作面，這就必須靠導光板內的微結構外型設計及微結構排列方式。本文研究是以現行市面上 3 種主要的 1.4 寸導光板進行模組拆解分析（benchmark），從中瞭解其微結構外型與排列方式的優缺點，進而設計一套高效率的微結構外型及微結構排列方式，以此提升光源出光效率，增加背光輝度，減少背光模組所需的電壓、電流與減少附加的光學膜片（擴散片-diffuser、增光片-brightness enhancement film），以達到降低成本及成品厚度的目的，進一步使國內背光模組廠提

高產品設計的競爭力。

## 二、實驗方法與流程

實驗方法與流程如圖 1 所示，主要分為兩個階段：

1. 針對各廠家背光模組及導光板進行分析研究：此部份會針對同樣 1.4 寸（如圖 2）但不同微結構搭配的背光模組進行背光的輝度量測、模組的材料搭配分析、導光板微結構外型出光效率分析和導光板微結構排列方式分析。
2. 設計較高效能的微結構排列並以光學模擬軟體及實作進行驗證：將步驟 1 分析出來的資料進行整理，進而設計出高效能的微結構外型及排列方式，再將設計出來的微結構外型及排列進行光學軟體模擬及實作驗證。

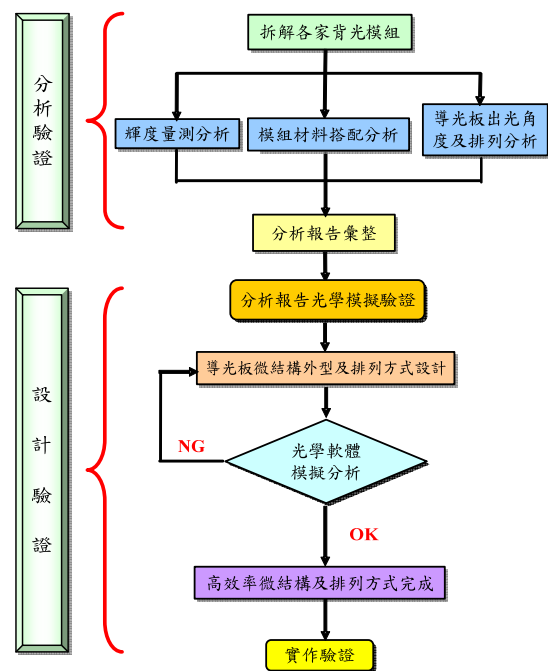


圖 1. 研究流程圖





圖 2. 1.4 寸背光模組

### (一) 背光模組零組件測試

#### 1. 背光輝度測量原理

本研究採用美國 Pro-Lite Technology 公司、ProMetric1400 fast color series 之光感測器（如圖 3 所示），其主要特性包含響應度(responsivity, R)、量子效率(quantum efficiency)、響應頻寬(response bandwidth)及靈敏度(sensitivity)等。當波段合適的光照射到此光源感測器的半導體材料感應元件時，由於半導體吸收光的能量，因此在內部會產生許多的光生(photo generated)電子與電洞兩種載子，這些電子與電洞藉由施加於元件的偏壓所產生的電場作用，便會分別往正負極移動，如此便可量測到照光時元件的光電流。簡言之，即光感測器照光後其等效電阻值會降低。所謂響應度是指元件照光時所得到的光電流對入射光功率的比值，其公式定義如下：

$$R \equiv \text{光電流/入射光功率 (單位: A/W)} \quad (1)$$

量子效率的意義則為每個入射光子所能產生的光生載子數，因而響應度和量子效率呈現正相關，響應度越大的光感測器其量子效率也越高 [4]。



圖 3. 光感測器

由圖 4 可看出光感測器和顯示器成垂直的方向，並保持 500mm 的量測距離，當顯示器點亮時，光感測器就會接收到顯示器的光子數量而得到我們所要得到的輝度。

#### 2. 導光板微結構反射光發散角量測原理

被量測物(導光板)內的光線因內部的微結構關係而產生不同角度的反射及漫射，而這些光源朝向量測儀器的半圓弧狀接收面，當光源接觸到半圓弧面時則會產生反射及折射，而量測儀器的內部感應器則接受到折射光，如圖 5 所示 [1]。因感應器接受不同角度的能量，其大小分佈因而產生發散角的能量圖形，如圖 6 所示。圖 7 為光源發散角量測儀器及設備(法國 ELDIM、EZ Constrast XL88W)，由圖 7(b)的量測架構可看出發散角量測儀器也是和顯示器成垂直方向，但此量測距離必須將量測儀器的半圓弧狀接收面和顯示器出光面作零距離接觸，如此才能有效地將光子在半圓弧狀接收面內接收。

### (二) 微結構光學模擬：光學模擬軟體及光學原理簡介

本研究使用之光學模擬軟體為法國 Optis 公司所開發之 Speos，主要是處理光學上的模擬及運算。針對背光模組的部分 Speos 是利用光線追跡 [5] 的方式進行模擬及運算。而

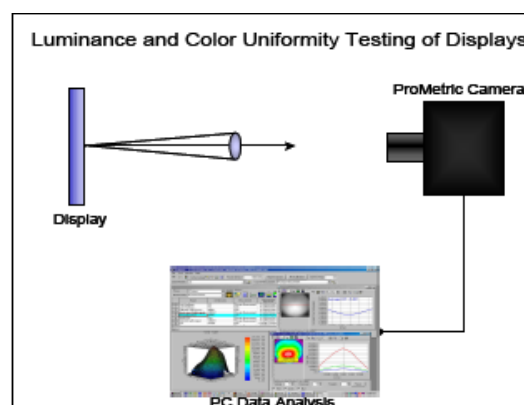


圖 4. 輝度量測示意圖

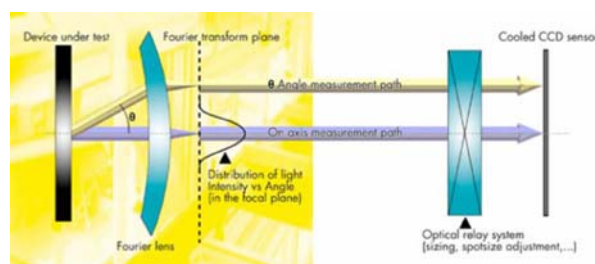


圖 5. 反射光發散角量測器作動原理 [1]



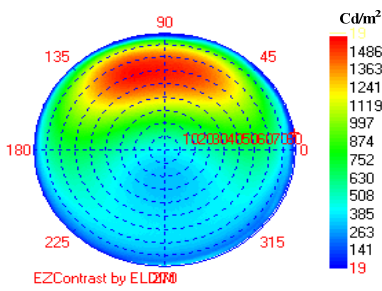
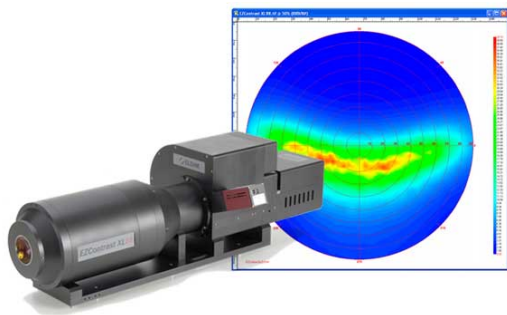
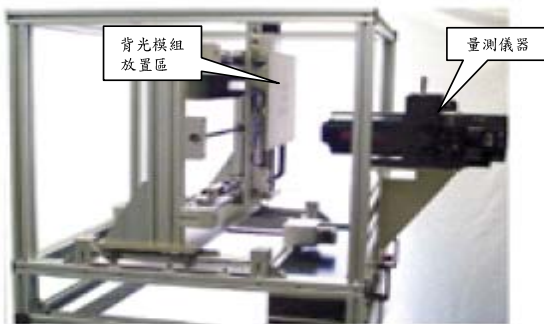


圖 6. 發散角光能量分佈



(a) 量測儀器



(b) 整體設備架構

圖 7. 光源發散角量測儀器與設備

光學原理應用在導光板上大致有反射、全反射、折射、吸收、光源光型等。當光線從介質塑膠入射到空氣時，邊界處會產生因反射所造成的損失，稱為菲涅爾損失 (fresnel loss)。當光線進入非光滑界面時，界面則會產生散射現象。當一入射光進入散射界面時，根據能量守恆定律可得 (2) 式 [2]，如圖 8 所示。

$$\text{入射光 } I = \text{反射光 } R + \text{穿透光 } T + \text{吸收 } A \quad (2)$$

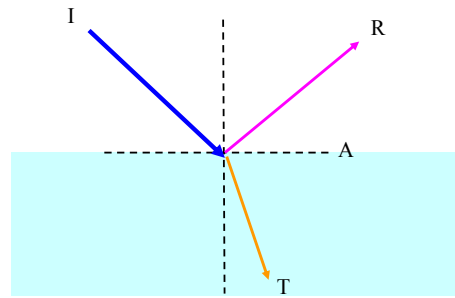
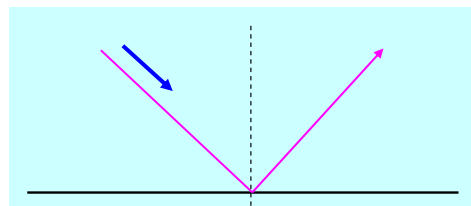


圖 8. 導光板能量守恆示意圖

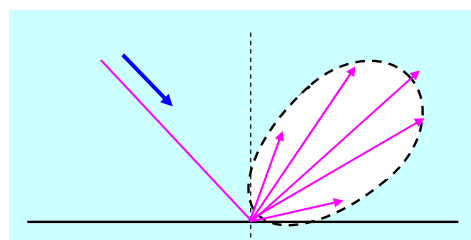
1. 反射

反射可分為三種形式，鏡面反射 (specular reflection)、擴散反射 (spread reflection) 和漫射反射 (diffuse reflection)，鏡面反射是指光線的入射角度等於反射角度，如圖 9(a) 所示。

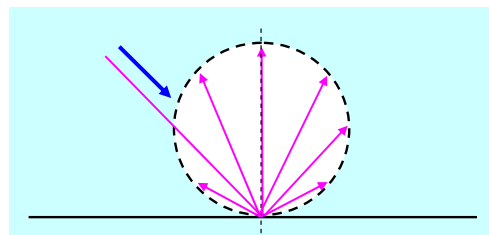
擴散反射發生在不平坦的表面，反射的光線會超過一個角度，但所有的反射光的反射角或多或少會與入射角相同，



(a) 鏡面反射



(b) 擴散反射



(c) 漫射反射

圖 9. 反射現象



如圖 9(b) 所示。

漫射型的反射有時又稱做“Lambertian Scattering”，這種情形發生在粗糙或不光滑的表面，其反射光會有許多不同的角度，如圖 9(c) 所示。

當光線照在一個完美的光滑表面會發生鏡面反射，入射角會等於反射角。但當光線照在一個粗糙的表面，光線將會立刻以許多不同的方向反射或穿透。在背光模組的元件中，擴散片屬於穿透擴散的性質，如圖 10(a) 所示。反射片及框架屬於擴散反射的性質，如圖 10(b) 所示。

## 2. 折射

當光線從一種材料行進到另一種材料時，例如從空氣進到玻璃，此時光線會產生折射，也就是光線會改變速度與方向。折射取決二個因子：一個是入射角 ( $\theta_1$ )，另一個為材料的折射率 ( $N$ )。折射率等於真空中的光速 ( $C$ ) 比上光在材料中的光速 ( $V$ )： $N=C/V$ 。空氣中的光速幾乎相同於真空中的光速，因此空氣中的折射率可視為 1 ( $N_{air}=1.000293$ )。而幾乎所有其它物質的折射率都是大於 1，因為光通過這些物質，其速度會降低。光通過折射率不同介質時，入射角和折射角的關係可由 Snell's 定理表示。

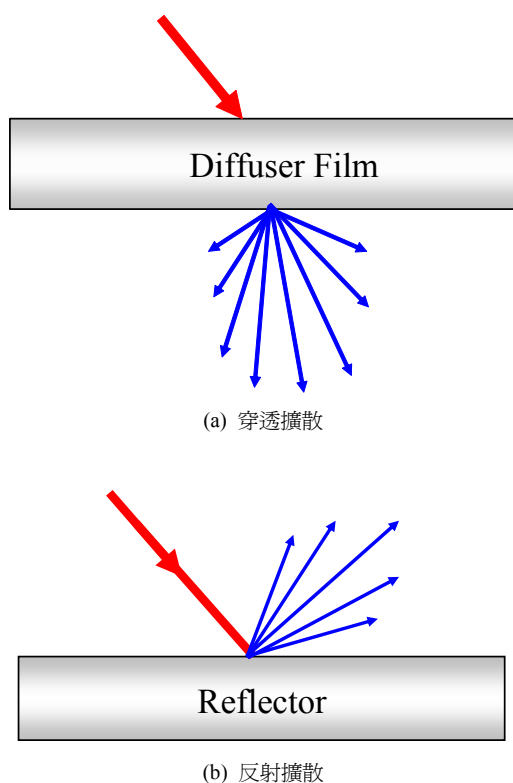


圖 10. 穿透與反射擴散現象

## 3. 全反射

根據折射定理，當光由一個較高折射率的材料進到一個較低折射率的材料時，隨著入射角的增大，折射光會越偏離法線，當入射角達到一個臨界角度 (critical angle,  $\theta_c$ )，折射光線將會沿著兩種材料的邊界方向前進，若入射角再增大，所有的光線將被反射回材料的內部。圖 11 在說明幾條不同入射光的光線，光線 1、光線 2 和光線 3 的入射角小於  $\theta_c$ ，光線 4 的入射角正好等於  $\theta_c$ ，光線 5 的入射角大於  $\theta_c$  [3]。

## 4. 吸收

吸收是指一部分光能被物質中的分子或原子吸收，變為物質的熱能。通常把物質對光能的吸收分為一般吸收及選擇性吸收。例如石英對可見光的吸收就是一般吸收，其吸收甚微，但石英對 3500nm~5000nm 波長的紅外光卻是強烈地吸收，任何一種物質對光的吸收都由這兩種吸收組成 [3]。

## 5. 光源

本研究是採用 LED 點光源設計，因此在 Speos 光學模擬軟體上 LED 的主要參數設定有三個：

- (1) 能量：指 LED 發散出來的光強度。
- (2) 光譜：不同顏色的 LED 都會有不同的波長，如綠光波長 520nm~527nm、藍光是 468~470nm。
- (3) 光型及發散角度：LED 因晶片及 Lens 外型設計不同，所以其光型及發散角度都不盡相同，如圖 12 所示。

### (三) 光學模擬流程

最後整體背光模組的光學模擬流程，詳細表列於圖 13 中。

## 三、結果與討論

### (一) 導光板模組拆解分析、實驗量測分析與討論

本研究以三種不同導光板微結構的 1.4 寸背光模組進行拆解分析並進行實驗量測，如表 1 所示。

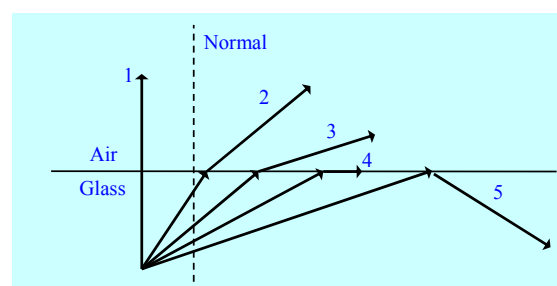


圖 11. 全反射現象說明圖



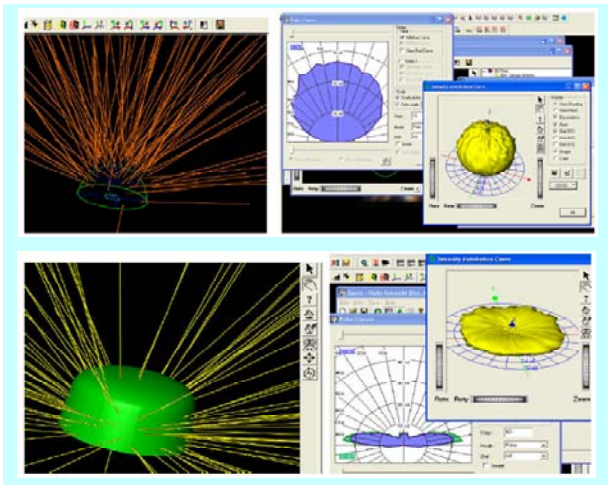


圖 12. LED 光型圖

(二) 微結構外型及光源發散角實驗量測分析與結果

1. Type1 (網點面+拋光面)

如圖 14(a) 得知蝕刻的網點其外型像是盤子狀，因此當光源射向網點時反射角的角度變化並不大。因蝕刻的效果使

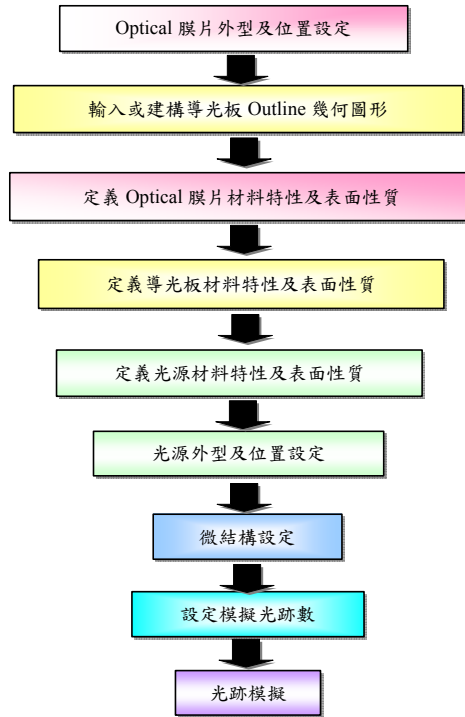
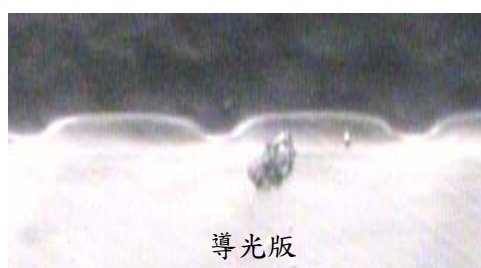


圖 13. 光學模擬流程圖

表 1. 1.4 寸背光模組量測分析表

	Type1	Type2	Type3		
微結構 搭配方式	網點面+拋光面	網點面+縱向 V-Cut	R 型陣列 V-Cut+拋光面		
LED 數量	2 pcs	2 pcs	1 pcs		
純導光板輝度	220cd/m <sup>2</sup>	323 cd/m <sup>2</sup>	1139 cd/m <sup>2</sup>		
增加光學膜片輝度	2224cd/m <sup>2</sup>	2453cd/m <sup>2</sup>	2468cd/m <sup>2</sup>		
光學膜片	1.Reflector x 1 2.BEF x 2 3.Diffuser x 1	1.Reflector x 1 2.BEF x 2 3.Diffuser x 1	1.Reflector x 1 2.BEF x 1		
微結構 搭配方式					
成品實測 出光角度					
	X 軸	Y 軸	X 軸	Y 軸	
	20~160 (-70~70)	60~80	35~145 (-55~55)	60~80	-15~15 (23~53)





(a) 剖切放大圖



(b) 正視放大圖

圖 14. 網點幾何圖

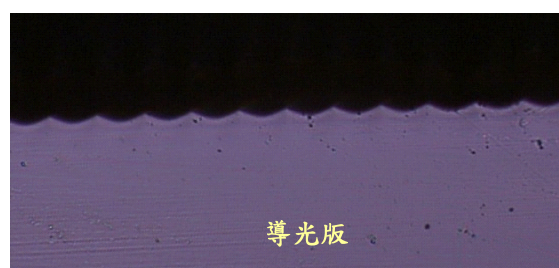
得網點表面產生粗糙的表面，進而使反射光產生擴散、漫射的效果，如圖 14(b) 所示。以表 1 得知 Y 軸光源射出導光板的出光角度在 60~80 度左右。X 軸射出導光板的出光角度從 20~160 (-70~70) 度，發散角度非常大，所以光源能量集中性不佳。

### 2. Type2 (網點面+縱向 V-Cut)

如圖 15(a) 及圖 15(b) 所示，出光面 V-Cut 加工方式是一個再現性很高的機械加工，其加工出來的形狀及角度都會比蝕刻網點來的精確，因此對於光學特性的效果會有很好的掌控，以表 1 所示，Y 軸所產的光源為網點的效果，和 Type1 網點+拋光面的效果是一樣的，都是擴散、漫射的效果。所以 Y 軸光源射出導光板的出光角度集中在 60~80 度左右。X 軸的光源能量因 V-Cut 的效果而使得能量更為集中，光源出光角度集中在 35~145 (-55~55) 度。光源能量集中效果比拋光面要來的好。

### 3. Type3 (R 型陣列 V-Cut+拋光面)

Type3 以 LED 為中心的 V-Cut 弧型排列方式，如圖 16 所示。其反射面 V-Cut 的設計不像蝕刻網點一樣利用擴散、漫射的效果，而是利用 V-Cut 的角度產生全反射及反射將光源射向出光面，而此 V-Cut 射出成型時是呈現內凹的形狀與 Type2 中的外凸方式不同，如圖 17 所示。由表一可知 Y 軸



(a) 剖切放大圖



(b) 正視放大圖

圖 15. 縱向 V-Cut 幾何圖

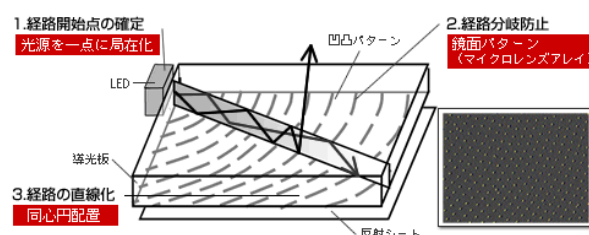


圖 16. 圓弧型排列示意圖 [8]

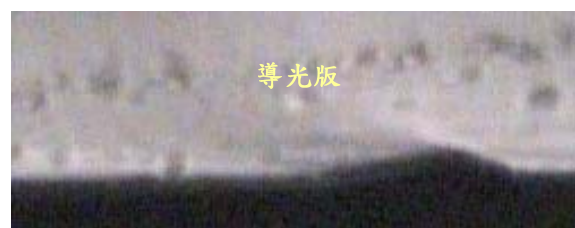


圖 17. R 型陣列 V-Cut 剖視圖

及 X 軸的光源能量幾乎集中在很小的角度範圍內。集中光源的效果非常的高。Y 軸的出光角度從 45~80 度光源能量非常集中。X 軸的微結構是以 LED 為中心成圓弧形排列，此設計使得 X 軸聚集光源能量非常非常的高，出光角度集中在 23~53 度 (-15~15 度)。



就以上三種不同微結構的導光板光源發散角量測我們可以得知 V-Cut 的設計有非常好的光源能量集中的效果，其集中效果會比蝕刻網點要好許多，而且也可以有效控制光源出光角度。此設計能有效將 X 軸及 Y 軸光源能量集中其效果幾乎和加增光片的效果一樣。

(三) 導光板成品量測分析結果進行光學模擬分析比對

由以上的三組背光模組拆解分析，依據三組背光模組的元件特性，再做進一步的光學模擬比對分析，如表 2 所示。

1. Type1 (網點面+拋光面)

如表 2 所示，X 軸的出光角為 -75~75 度，出光最大光強度為 0.015cd，Y 軸的出光角為 65~80 度，出光最大光強度為 0.22cd。

表 2. 光學模擬出光角度結果比較表

微結構搭配方式	Type1 網點面+拋光面	Type2 網點面+縱向 V-Cut	Type3 R 型陣列 V-Cut+拋光面
純導光板 光學模擬 出光圖	 3D	 3D	 3D
	 X 軸：-75~75	 X 軸：-60~60	 X 軸：-20~20
	 Y 軸：60~80	 Y 軸：65~80	 Y 軸：50~75
加上光學膜片 光學模擬出光圖	 3D	/	
	 X 軸：-10~10		
	 Y 軸：+5~10		





## 2. Type2 (網點面+縱向 V-Cut)

如表 2 所示，X 軸的出光角為 -60~60 度，出光最大光強度為 0.027cd，Y 軸的出光角為 65~80 度，出光最大光強度為 0.35cd。

## 3. Type3 (R 型陣列 V-Cut +拋光面)

如表 2 所示，X 軸的出光角為 -20~20 度，出光最大光強度為 0.11cd，Y 軸的出光角為 50~75 度，出光最大光強度為 0.7cd。

針對以上模擬出來的數據彙整製作表 3，並與實驗量測結果來做比較分析：由表 3 我們可得知，

1. 實際量測出光角度分析可得知 X 軸的出光角度越集中及 Y 軸的出光角度越趨向 0 度時輝度越高。
2. 純導光板增加光學膜片 (擴散片及增光片) 主要是將光源集中。由 Type1 實測值 (如表 3 所示) 及模擬出光圖 (如表 2 所示) 可得知。
3. 網點的光源發散角非常的大，光源能量非常不容易集中。
4. V-Cut 的設計其聚光的效果會比網點的設計來得好。
5. Type3 (R 型陣列 V-Cut+拋光面) 集中光源的總能量是 Type1 (網點+拋光面) 的 5 倍以上。
6. 以上光學模擬的效果其出光角度的趨勢和實際成品量測的效果大致相同，但因光學模擬時的微結構數量、位置與光跡數無法完全和實際成品一模一樣，因此輝度和實際成品量測有極大差距。以 Type1 實際的網點大約有 1

萬 5 千點左右，Type2 網點的為數量大約只有 1 萬點但卻有加上 V-Cut，而 Type3 微結構又更小了，V-Cut 的數量大約有 4 萬多點。為有效評估各種設計之效率，因此在模擬時將 3 個 Type 設定同樣微結構開口率，而微結構數量也因為要節省模擬時間的關係而只設定大約 6 千個微結構，所以模擬時有很多光源無法如實際產品般有效產生折射射出導光板，所以模擬輝度會和實際的相差甚多。加上光源主要的元件為 LED，此 3 個 Type 的 LED 光強度的廠牌及顆數都不相同，尤其是光源發散角的不同其所積分出來的能量會差異非常大，所以在光學模擬時因要確認微結構的效果，所以會把 LED 共設定一個光強度及發散角度，而模擬設定的光強度和發散角度和實際成品差異所以也是造成輝度差異過大的原因，而光跡數也和 LED 的顆數成正比，越多模擬光跡數的輝度和實際成品差異較接近，而軟體廠商建議模擬一百萬條光跡數較佳，但必須花上 2~3 天的時間才能完成，若再加上數萬個微結構整個模擬時間必須拉長至一個星期以上。所以在時間性及趨勢性考量下才會減少微結構及光跡數量模擬，因此輝度會有極大差異。

表 3. 微結構光學模擬結果比較表

		Type1		Type2		Type3	
		網點面+拋光面		網點面 + 縱向 V-Cut		R 型陣列 V-Cut + 拋光面	
		X 軸	Y 軸	X 軸	Y 軸	X 軸	Y 軸
實際量測 出光角度		-70~70 (20~160)	60~80	-55~55 (35~145)	60~80	-15~15 (25~53)	45~80
光學模擬 出光角度		-75~75	60~80	-60~60	65~80	-20~20	50~75
光學模擬 X 軸 最大出光能量		0.014 cd		0.028 cd		0.11 cd	
光學模擬 Y 軸 最大出光能量		0.22 cd		0.35 cd		0.7 cd	
實測輝度	純導光板	220 cd/m <sup>2</sup>		323 cd/m <sup>2</sup>		1139 cd/m <sup>2</sup>	
	增加光學膜片 (擴散片+增光片)	2224cd/m <sup>2</sup>		2453cd/m <sup>2</sup>		2468cd/m <sup>2</sup>	
光學模擬 輝度	純導光板	11.59 cd/m <sup>2</sup>		57.38 cd/m <sup>2</sup>		68.17 cd/m <sup>2</sup>	
	增加光學膜片 (擴散片+增光片)	112.5 cd/m <sup>2</sup>					



### 四、高效能微結構外型及排列光學模擬及實際驗證結果與討論

#### (一) 微結構分析及設計

由圖 18 實線箭頭我們可得知當光源射向微結構表面時所產生的反射角和出光面成 90 度時出光能量越大，但當反射角和出光面的接觸角度大於材料全反射角時則光線就不會射出導光板，如圖 18 虛線箭頭。如果在出光面有設計微結構時則會破壞光線射出出光面角度，使得集中光源的效果會變差，如圖 18 右邊粗實線箭頭。

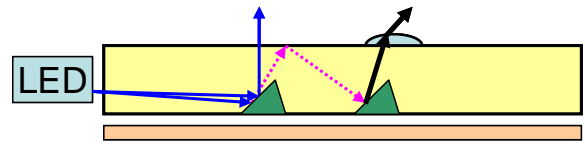


圖 18. 光源出光圖

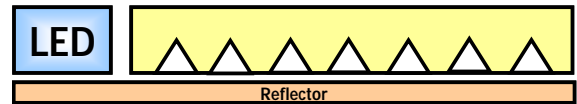


圖 19. 光學模擬微結構搭配圖

因此我們為避免光線出光角度遭到出光面微結構破壞，所以微結構搭配為拋光面（出光面+微結構（反射面）），如圖 19 所示。而微結構設計的部份則是以可控制出光角度的 V-Cut 為設計方向。因不知 V-Cut 何種角度出光角度最好，所以我們先設定三種不同角度的 V-Cut（如圖 20）進行光學光跡模擬分析。

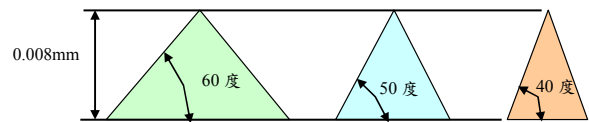


圖 20. V-Cut 角度及尺寸

由表 4 我們可以得知 V-Cut 角度在 50 度時，Y 軸的出光角度幾乎在正負 20 度的方向朝工作面射出，出光角度效果最好。

由表 4 我們可以得知 Y 軸的光源射出方向可由 V-Cut 的角度控制，但仍有些光源能量仍然從 X 軸的方向射出無法有效的集中控制出光角，表 5 我們可以看出 V-Cut 50 度的 Y-Z 軸光源有向中間 90 度集中，而 X-Z 軸光源則沒有向

90 度集中而且出光角範圍非常大。由圖 21 所示，當光線和微結構角度成垂直時，光線會成垂直直接射出導光板，而當光線和微結構角度未成垂直時，光線會因為角度變化而使光線未能成垂直直接射出導光板，造成出光角度分佈非常的大，尤其是 X 軸的光源 [9]。因此我們也可以得知當光線無

表 4. V-Cut 出光角模擬結果

V-cut 角度	40°	50°	60°
Y 軸出光模擬圖			
出光角度	45~-15	20~-20	-10~45

表 5. V-Cut 50 度分析結果

	3D	Y-Z 平面	X-Z 平面
出光模擬圖			
出光角度		-20~20	-50~50



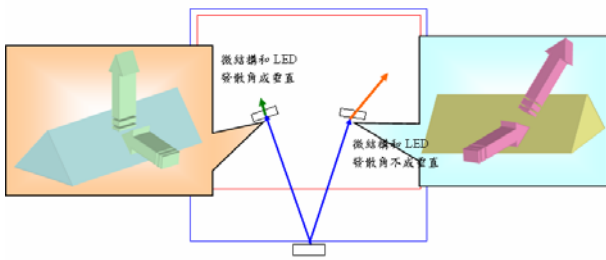


圖 21. 微結構和光線示意圖

法和微結構成垂直時，光源集中的效果就會變差。所以如何將微結構和光線成垂直排列就必須靠微結構的排列設計。

由目前導光板的微結構設計在反射面大都是陣列式的排列，而出光面的 V-Cut 都是縱向式的排列 (Type2)。出光面的縱向 V-Cut 有將 X 軸的光集中的效果 (表 1、2)，但其效果仍然無法達到更集中的效果。由 Masayuki 等人 [7] 之研究我們可得知 LED 的發光為點光源，所有的光線都是以 LED Chip 為中心發散，而微結構排列則是以 LED 為中心做同心圓排列 (Type3)，讓每個 V-Cut 微結構都和光線成垂直 90 度，使光源直接射出導光板，如圖 16 所示 [8]。所以此排列設計方式對於出光集中性幾乎包含了 X 軸及 Y 軸，所有的出光集中性效率非常高。而同心圓排列已是日本廠 Omron 的專利 [6] 所以在設計時必須避開此專利的設計。

所以新設計的微結構排列設計方式必須對於 X 軸及 Y 軸的光源有集中的效果。因此本研究最後提出新的「陣列型

微結構旋轉式」排列 (如圖 22)。其 V-Cut 出光角為 50 度，L 的長度會依能量的分佈 (距光源遠近) 而有不同大小的設計。排列設計方式主要是將新微結構成陣列方式排列再將微結構中心點和陣列排列交叉點作旋轉，將微結構斜面方向和 LED 發散出來的光源成垂直，以便將光源以等方向的反射角度射向出光面，如圖 22 所示。我們再將新設計的新微結構加上新的排列方式進行光學模擬模擬。模擬結果如表 6 所示，我們可看 X-Z 平面的圖，此新設計的微結構排列能將 X 軸的光源有效的集中而且效果非常的好，Y-Z 平面的部分也不會因為新設計的排列方式而影響到 Y 軸出光的角度進而影響輝度及最大出光能量。

## (二) 實際驗證結果

將以上的設計方式實際製作成成品，純導光板的輝度已可達到 Type 1 導光板加上光學膜片 75% 的效果，如圖 23 所示。光能量的集中也已趨進於 Type3 導光板加上光學膜片的效果，如圖 24 所示。

## 五、結論

本研究之最終目的就是在利用高效能微結構排列來設計出不加增光片時其背光的輝度和增加增光片時一樣亮的導光板。表 7 Type1 (網點面+拋光面) 背光模組輝度實測值，可得知當背光模組增加兩片增光片及擴散片時 (參見表 1) 其輝度大約會增加 10 倍左右。由表 7 所示的高效能微結構排列設計的光學模擬輝度大約是  $118.7\text{cd/m}^2$ ，而 Type1 (網

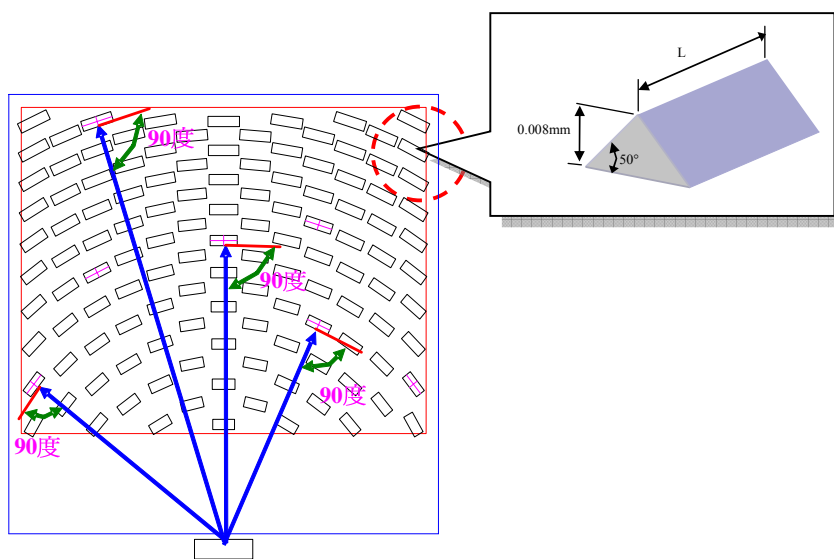
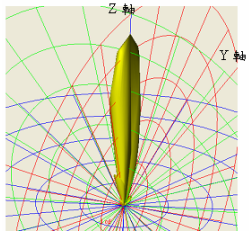
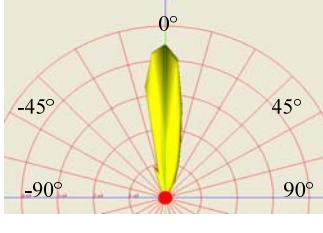
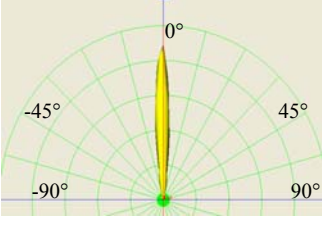


圖 22. 微結構外型、排列與光源位置示意圖



表 6. 新微結構及新排列模擬結果

	3D	Y-Z 平面	X-Z 平面
出光模擬圖			
出光角度		-10~10	-5~5

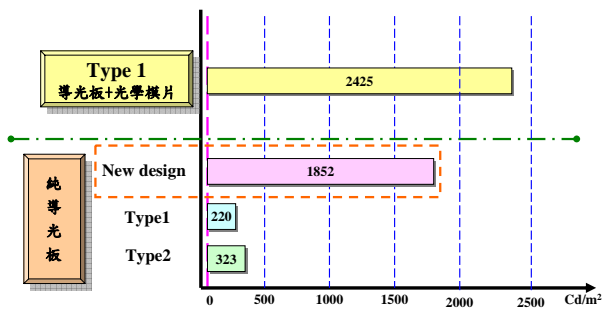


圖 23. 導光板實測輝度比較圖

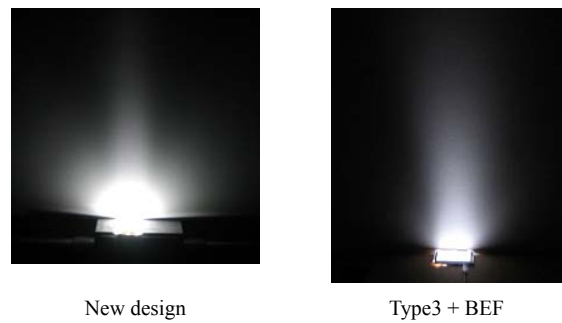

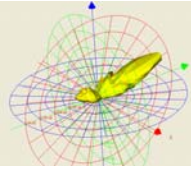
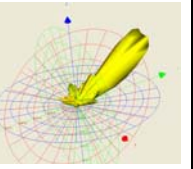
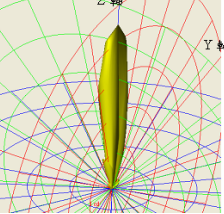
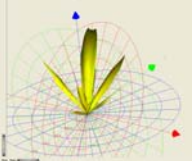


圖 24. 背光模組點亮比較圖

表 7. 背光模組實測及模擬值比較表

	Type1		Type2		Type3		New design	
	網點面+拋光面		網點面+縱向 V-Cut		R 型陣列 V-Cut + 拋光面		新微結構及排列方式+ 拋光面	
	X 軸	Y 軸	X 軸	Y 軸	X 軸	Y 軸	X 軸	Y 軸
模擬出光角度	-75~75	60~80	-60~60	65~80	-20~20	50~75	-5~5	-10~10
模擬平均輝度	純導光板輝度							
	11.59 cd/m <sup>2</sup>		57.38 cd/m <sup>2</sup>		68.17 cd/m <sup>2</sup>		118.7 cd/m <sup>2</sup>	
模組實測輝度	導光板+光學膜片							
	純導光板輝度							
	220 cd/m <sup>2</sup>		323 cd/m <sup>2</sup>		1139 cd/m <sup>2</sup>		↑ 提升 10 倍	
導光板+光學膜片								
	2224cd/m <sup>2</sup>		2453cd/m <sup>2</sup>		2468cd/m <sup>2</sup>			
純導光板出光光型圖								
加上光學膜片出光光型圖								



點面+拋光面)光學模擬輝度為  $11.59\text{cd/m}^2$ ，兩者比較可得知以高效能微結構排列設計在光學模擬時就已經達到 Type1 (網點面+拋光面)的輝度 10 倍以上。因此在以光學理論及光學模擬的研究上,新的微結構排列是可以達到我們所預估設定的目標。

而在實際驗證部份以新的設計方式加工,純導光板的輝度以已達到 Type1 及 Type2 導光板加上光學膜片 75% 效果 (參見圖 23 與表 3), 因此由理論性模擬及實際實作的結果我們可得知新設計的微結構外型 and 排列的理論方向是正確的。而未能達到 100% 的效果主要還是在於微結構外型製程加工及射出微結構再現性等問題。相信只要能克服以上問題,減少光學膜片的目標將可以達成。

### 參考文獻

1. 日亞網站 (2006 年 11 月 8 日檢索):  
<http://www.nichia.com/jp/product/led-smd-sideview.html>
2. 王耀東 (民 93), 液晶顯示器之直下型背光光學效能最佳化之研究, 元智大學機械工程研究所碩士論文。
3. 安毓英、曾小東 (民 93), 光學感測的基礎知識, 五南文化事業, 台北。
4. 耿繼業、何建娃 (民 90), 幾何光學, 全華科技圖書公司, 台北。
5. Koyama, Y. (2001), 液晶ディスプレイ, 月刊ディスプレイ開發における光線追跡シミュレーション, シャープ技報第 80 号, 8, 51-55.
6. Masayuki, S., M. Tetsuya, M. Isao, U. Yoshihiro and Y. Mamoru (2003) Surface light source device, diffusion plate and crystal display device, Patent No EP 1 331 495 A2.
7. Masayuki, S., T. Junichi, O. Masatoshi and T. Masashi (2003) ベクタ放射結合方式による攜帶電話用 LED バックライト, 月刊ディスプレイ, 4, 38-41.
8. Omron 網站 (2006 年 11 月 8 日檢索):  
<http://www.omron.co.jp/ecb/products/bklight/japanese/genri/index.html>
9. Toyoda, K. and G. Imata (2003) (JP), Spread illuminating apparatus, Patent No US 6 582 095 B1.

收件：95.10.05 修正：95.11.08 接受：96.03.30

