

導光墨網點佈點對於 LED 導光板輝度之研究

指導教授：葉文俊 教授

研究學生：林曉函、陳婷

摘要

因應石油危機，全球各地開始不斷興起節能減碳的浪潮，照明雖然不可或缺，但全球花在照明的總平均用電量約佔總用電量的百分之四十，因此重要的推動項目之一即為「低耗能照明」。本研究採用雙維檢定，針對 LED 導光板的網版印刷製程來實驗，探討導光油墨網點的兩佈點方式：調幅網點（AM）和調頻網點（FM），對於 LED 導光板的輝度以及均勻度之間的關係。本研究所紀錄的執行過程與所得成果，可作為未來新型顯示器或照明燈具結合印刷製程的參考資料，並結合高印刷業者度自動化的機械設備，更改良 LED 導光板的品質。

關鍵詞：LED、導光板、調幅網

壹、緒論

一、研究背景與動機

行政院經濟建設委員會於民國 97 年所發布的「永續能源政策行動方案」中關於環境方面的策略，以「推動節能照明革命，推廣各類傳統照明器具汰換為省能之高效率產品」作為力行的重要綱領。由政府率先行動，將原本的燈泡型照明交通號誌及路燈淘汰，全面換成 LED 照明，引導了企業以及社會大眾汰換白熾燈，可想見這波照明革命將繼續擴大，讓 LED 與我們的生活越來越緊密。根據經濟部工業局的統計，台灣所有的照明用電約占總用電的 16 %，若可以全面更換為 LED 燈，估計每年可省下 110 億度電，大約是 1 座核能發電廠的年發電量。

在 FM 網點所呈現的印刷品上，容易由目視見較亮的影像有不規則排列的網點，在亮部和暗部展現力較佳，層次較分明；而 AM 網點在印刷影像時，在中間調部份的表現比 FM 網點接近原稿。另外，就 FM 網點佈墨本身擴大問題較嚴重，AM 網點卻很容易產生網花的現象。

這樣的性質，使我們猜想，在導光墨以線性濃度 $y=x+t$ 的方式佈點時，距光源遠處

到近處，FM 網點的輝度應該會表現比 AM 網點輝度好。同時 FM 網點細緻分佈的等面積圓點，使我們猜測就導光墨的光傳導效率上，它較不會出現濃度升高的機會。

二、研究目的

本研究針對 LED 導光板的網版印刷製程來實驗，探討導光油墨的網點佈點方式和 LED 導光板輝度、均勻度之關係。

三、研究重要性

能源局長葉惠青 (11/19/2007) 在「行政院 2007 年產業科技策略會議」上，宣布全面淘汰白熾燈泡政策。葉惠青指出，世界各國陸續淘汰耗能的白熾燈，澳洲、歐盟及美國加州等已宣布淘汰期程。」

四、研究架構

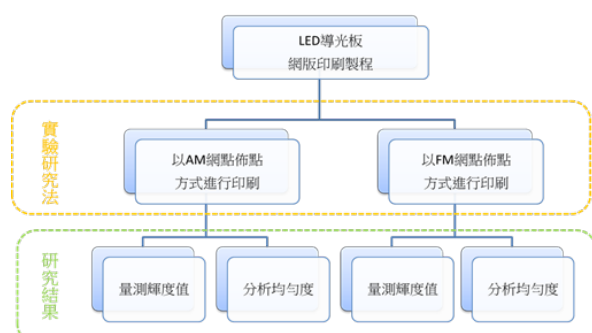


圖 1-1. 本研究架構圖

五、研究限制與範圍

本研究僅採五大構面，分別為：觀念認知、檔案保護、權限管理、容易使用、追蹤與監控。

(一) 本實驗限制使用之導光板被印材為透明壓克力厚度為 6mm，尺寸為 A2(420mm x 594mm)

(二) 本實驗使用之網版網布為特多龍黃色網布，300 線。

(三) 本實驗限制使用光學油墨其成分為二氧化鈦。

(四) 其他被印材材料之材質和尺寸是否影響實驗結果，不屬於本研究的範圍。

(五) 本實驗注重的是印刷的品質和輝度，不強調印刷的生產力，因此印刷的生產力不屬於研究的範圍。

六、研究假設

本實驗製作出相同的網版印刷 AM 佈點方式 30 組，和相同的網版印刷 FM 佈點方式 30 組，以符合制定的導光程度，量測數據並比較 AM 網點和 FM 對輝度和均勻度的影響。

Ha：佈點方式 FM 網點之導光板亮度，所量測出的九點平均輝度值，應高於 AM 網點佈點方式。 $\mu_{fm} > \mu_{am}$

Ho：佈點方式 FM 網點之導光板亮度，所量測出的九點平均輝度值，應等於 AM 網點佈點方式。 $\mu_{fm} = \mu_{am}$

Ha：FM 網點佈點方式產生出的導光效果，其輝度均勻度應高於 AM 網點佈點方式最密集處。 $\mu_{fm} > \mu_{am}$

Ho：FM 網點佈點方式產生出的導光效果，其輝度均勻度應等於 AM 網點佈點方式最密集處。 $\mu_{fm} = \mu_{am}$

七、研究假定

(一) 本研究實驗皆在同一廠房中操作，仍須假定其實驗廠房之溫度、濕度的變化對研究實驗結果無顯著影響。

(二) 本研究實驗之操作設備如張網機、製版機、烘乾機、印刷機等，因本身的廠牌、型號等不可控制因素，仍須假定本研究實驗之操作設備的廠牌、型號對實驗結果無顯著影響。

(三) 本研究實驗使用之導光墨、壓克力、網框網布等材料，因本身的廠牌、型號等不可控制因素，仍須假定本研究實驗之使用材料的廠牌、型號對實驗結果無顯著影響。

(四) 印刷過程為同一位具有長期經驗之操作人員，使用手動網版印刷機印刷，仍須假定印刷過程中操作人員技術與情緒等不可控制因素對本實驗結果無顯著影響。

(五) 本研究實驗使用量測輝度值之輝度計、膜厚計等測量儀器，因本身的廠牌、型號等不可控制因素，仍須假定本研究實驗之使用材料的廠牌、型號對實驗結果無顯著影響。

(六) 本研究使用量測輝度之輝度計為符合國際標準規格的 KLEIN K-8 彩色分析儀，仍須假定量測輝度之設備具有一定信度的水準，其量測設備對實驗結果無顯著影響。

八、名詞釋義

1. 壓克力：壓克力為 Acrylic 的音譯外來詞，化學名稱叫做“PMMA”屬丙烯酸類，俗稱“經過特殊處理的有機玻璃”，在應用行業中一般以顆粒、板材、管材等形式出現。壓克力具有高透明度，透光率達 92%，有“塑膠水晶”之美譽。且有極佳的耐候性，尤其應用于室外，居其他塑膠之冠，並兼具良好的表面硬度與光澤，加工可塑性大，可制成各種所需要的形狀與產品。

2. 網版網布目數 (screen mesh)：指單位長度內的網孔數量，單位一般是以“目/in”表示或“目/cm”。

3. 墨膜厚度：為油墨附著於被印材料上之表面厚度 (謝東憲，2002)

貳、文獻探討

一、LED 導光板

(一) 發光二極體 Light Emitting Diode

LED 是發光二極體，利用電能轉化為光能的方式發光。發光二極體晶粒的組成材料是半導體，其中含有帶正電的電洞比率較高的稱為 P 型半導體，含有帶負電的電子比率較高的稱為 N 型半導體。P 型半導體與 N 型半導體相接處的界面稱作 PN 界面。在發光二極體的正負極兩端施予電壓，當電流通過時，會使得電子與電洞結合，結合的能量便以光的形式發出，依使用材料的能階高低決定發光的波長，因此就會發出不同顏色的光。（參考 曾信榮，許千樹《科學發展》2010 年 7 月，451 期，32 ~39 頁）

表 2-1.LED 與傳統燈具之比較

LED與傳統燈具之比較		
項目	LED	傳統燈具
耗電	傳統燈具的10/1	----
發光效率	高(100流明)	低(約15流明)
壽命	長(10萬小時)	短(約1千小時)
廢熱	少	多
污染力	低	高(汞污染)
價格	高	低

（二）導光板 Light Guide Plate

導光板顧名思義就是引導光的一個部件，其最主要的功能是将光源所發出的光導到整個背光模組上，以使顯示器的整個顯示面都能達到顯示功能。為了充分利用光源，始光能均勻散布在整個面上且明暗的差異不大，利用壓克力製成了壓克力板，並在壓克力板的底面設計擴散點成為導光板。

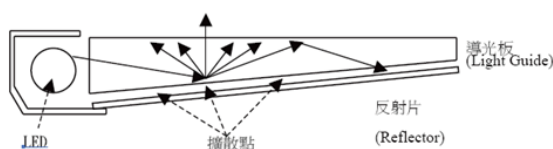


圖 2-1. 導光板示意圖

光是容易控制的，光只會直射不會轉彎，若要改變光的方向，只能利用始光產生反射或折射的作用來改變方向。導光板在背

光模組中扮演的角色即是將側光源利用反射與折射的作用使光能推導到整個背光模組的有效發光面，並使均勻的呈現。（葉秋鈴，2004）

（三）導光墨

一般背光用的導光油墨均為反射原理製作，顏色大多為淡白或全白，耐米導光油墨有兩種基本類型。第一類耐米 UV 導光板油墨，耐水性好、耐溶劑、耐磨性好。目前耐米 UV 導光板油墨已成為一種較成熟的油墨技術，其污染物排放小，綠色環保健康，是 LED 液晶背光模組的理想材料。第二類溶劑型耐米導光油墨，是在常溫或底溫 75 度烘烤，使油墨成膜和乾燥的納米導光油墨其特性：乾燥速度快、耐水、高輝度，優異的均勻度、再現性、密接性，耐磨性好的油墨，是高質量的超薄廣告燈箱的理想材料。

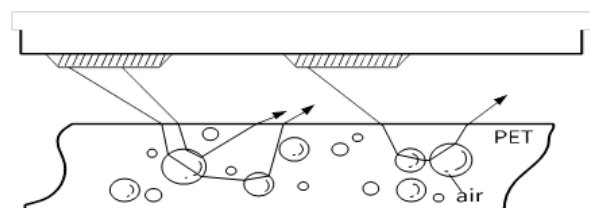


圖 2-2. 導光墨反射率

二、網版印刷

（一）網版印刷（Screen Printing）

1. 網版印刷的特性與優點網版印刷有其非常優秀之優點（陳政雄，民 72）:

- (1) 油墨的墨層很厚，有很良好的遮蓋率，可以在黑色材料上印上很漂亮的白色文字。
- (2) 印刷壓力很小，不虞破損或壓壞印刷材料。
- (3) 油墨選擇性的自由，水性、油性、合成樹脂、乳劑型油墨都可合用，所以可以對眾多被印物加以印刷。

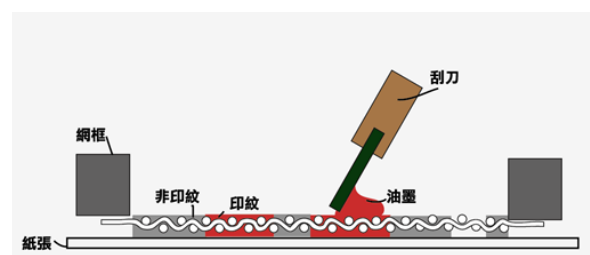


圖 2-3. 網版印刷示意圖

(二) AM 網點 (Amplitude-Modulated Screening, 簡稱 AM)

調幅網點是目前使用的最為廣泛的一種網點。它的網點密度是固定的，透過調整網點的大小來表現色彩的深淺，從而實現了色調的過渡。在印刷中，調幅網點的使用主要需要考慮網點大小、網點形狀、網點角度、網線精度等因素。

AM 網點在兩種或者兩種以上的網點套在一起，會有相互的干涉，當干涉嚴重到影響圖像美觀時，就出現俗稱的「龜紋」(Moirés)，網花(Rosette)或色彩跳躍(Tone jump)。



圖 2-4.AM 網點示意圖

(三) FM 網點 (Frequency-Modulated Screening, 簡稱 FM 技術)

調屏網點，是 90 年代以來新發展起來的一種加網方式，它和調幅網點不同之處在於：調屏網點的網點大小是固定的，它是透過控制網點的密集程度來實現階調。

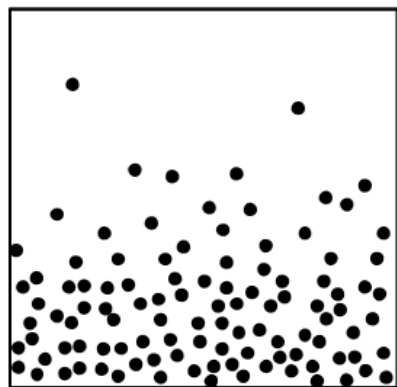


圖 2-5.FM 網點示意圖

亮調部分的網點稀疏，暗調部分的網點密集。為了改善 AM 網點缺點所以產生了「調

頻過網」(Frequency-Modulated Screening, 簡稱 FM 技術)。

(四) 輝度與勻度

輝度為每單位面積、單位立體角、在某一方向上，自發光表面發射出的光通量，單位為 cd/m^2 或以 nits 表示。均勻度為量測螢幕表面或平面發光體表面上輝度變化的程度，若 $L_{\min}$ 及 $L_{\max}$ 分別為量測的最小及最大輝度值，均勻度則由 $L_{\min}$ 與 $L_{\max}$ 來量化，均勻度也就是輝度最小值與最大值的比值。(蘇方旋，2005)

(五) BLU 量測點位置定義

目前業界常使用的量測點數為 9 點及 25 點。量測法可以 9 點量測法 (3*3)、100 點 (10*10) 量測法、400 點量測法 (20*20) 不等進行導光板的輝度量測。BLU 量測 9 點量測點的位置如下。

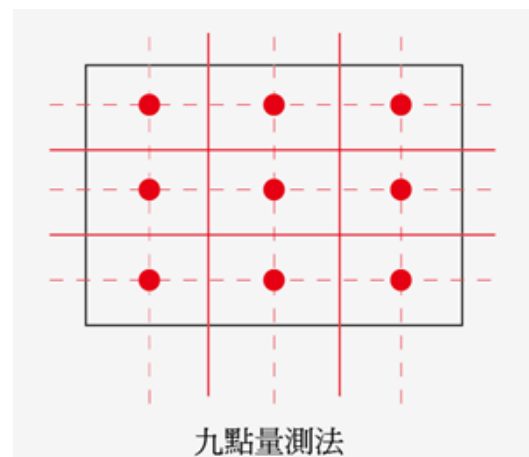


圖 2-6.BLU 九點量測點示意圖

平均輝度值 = 同一樣本所有輝度值總和 / 樣本的測量點數

輝度均勻度 = 同一樣本中的輝度最小值 / 同一樣本中的輝度最大值

參、研究方法

一、研究設計

本研究採用實驗研究法，又稱實驗觀察法。其目的在探討 LED 導光版的網版印刷製程中，不同導光墨網點佈點方式對導光版的輝度以及均勻度影響。依據本研究之目的，研究流程詳述如圖。

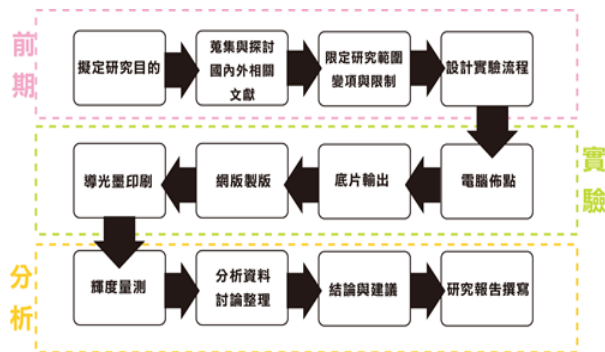


圖 3-1. 研究流程設計

二、實驗設計

本研究採用實驗研究法，在妥善控制的情境下，網版印製導光墨至壓克力板上，分別使用 AM 佈點方式和 FM 佈點方式各 30 組，網點由濃度 20% 到 50%，比較 AM 網點和 FM 網點佈點方式對輝度的對應關係。2. 問卷設計

三、研究變項

（一）獨立變項 (Independent Variable)

1. 被印材為壓克力，厚度為 6 公釐，尺寸為 A2
2. 二氧化鈦導光墨
3. 電腦的導光墨分佈方法，即 AM 與 FM 兩者
4. 二氧化鈦導光墨的濃度，固定為線性 20%~50%
5. 網點墨膜厚度

（二）依變項 (Dependent Variable)

1. 網點墨膜面積覆蓋程度
2. 導光之輝度平均度與輝度均勻度

（三）控制變項 (Control Variable)

1. 材料與環境因素：材料尺寸、版材、溫溼度、印刷人員
2. 機械因素：印刷機型、供墨量、印刷壓力、印刷速度
3. 印刷條件因素：刮刀壓力、刮刀角度、刮刀硬度、乾燥溫度、乾燥時間。

四、實驗步驟

（一）前測實驗

本實驗經由電腦佈點方式，印刷出 AM 佈點方式和 FM 佈點方式分別各 30 個導光板，佈點方式由覆蓋面積百分之 20 到百分之 50，以 $x=y+t$ 的佈點曲線，呈現漸層狀的網點分布在同一片導光板上。並使用膜厚計量測出 AM 網點和 FM 網點的墨膜厚度。

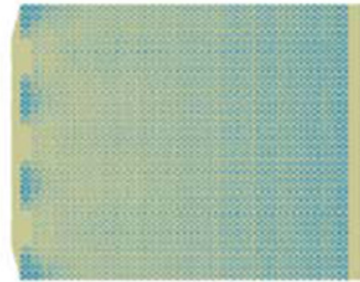


圖 3-2. 網點佈點示意圖

（二）量測方法

AM 網點佈點方式的導光板與 FM 網點佈點方式的導光板各 30 個樣本，使用輝度計以 9 點量測法量測導光板，每樣本各 5 次，取平均值後紀錄之。

（三）正式實驗

將 30 組 AM 網點佈點方式和 FM 網點佈點方式的導光板樣本，每樣品各量測五次，其數據取平均值並紀錄之。每一個樣品所量測完的九個數據中，找出最高輝度值與最小輝度值還有取其平均值。

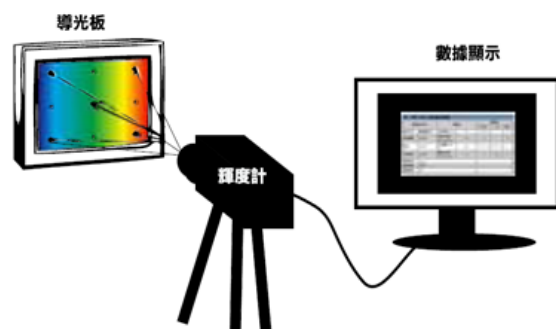


圖 3-3. 實驗量測示意圖

肆、結果與分析

一、描述性統計

（一）平均輝度值

表 4-1. 平均輝度值 AM、FM 比較

	N	MINI-MUM	MAXI-MUM	Sum	Mean
AM 平均輝度值	30	1026.03	1234.20	34704.87	1156.8290
FM 平均輝度值	30	1316.33	1402.56	40684.56	1356.1519
Valid N (listwise)	30				

表 4-1. 平均輝度值 AM、FM 比較

	N	Range	Mean	Std. Deviation	Variance
	Statistic	Statistic	Std. Error	Statistic	Statistic
AM 平均輝度值	30	208.17	8.84654	48.45448	2347.837
FM 平均輝度值	30	86.22	5.13718	28.13751	791.719
Valid N (listwise)	30				

表 4-1. 平均輝度值 AM、FM 比較

	N	Skewness		Kurtosis	
	Statistic	Statistic	Std. Error	Statistic	Std. Error
AM 平均輝度值	30	-.845	.427	1.350	.833
FM 平均輝度值	30	-.109	.427	-1.517	.833
Valid N (listwise)	30				

(二) 輝度均勻度

表 4-2. 輝度均勻度 AM、FM 比較

	N	Minimum	Maximum	Sum	Mean
AM 輝度均勻度	30	.59073	.87389	23.14509	.7715031
FM 輝度均勻度	30	.74888	.86011	24.50584	.8168612
Valid N (listwise)	30				

表 4-2. 輝度均勻度 AM、FM 比較

	N	Range	Mean	Std. Deviation	Variance
	Statistic	Statistic	Std. Error	Statistic	Statistic
AM 輝度均勻度	30	.28316	.01233071	.06753810	.005
FM 輝度均勻度	30	.11123	.00591559	.03240102	.001
Valid N (listwise)	30				

表 4-2. 輝度均勻度 AM、FM 比較

	N	Skewness		Kurtosis	
	Statistic	Statistic	Std. Error	Statistic	Std. Error
AM 輝度均勻度	30	-.925	.427	.669	.833

FM 輝度均勻度	30	-.610	.427	-.814	.833
Valid N (listwise)	30				

二、推論性統計

(一) 平均輝度值

表 4-3. AM、FM 平均輝度值的 T 檢定

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	AM 平均輝度值	1156.8290	30	48.45448	8.84654
	FM 平均輝度值	1356.1519	30	28.13751	5.13718

Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
			Lower	Upper			
-1.99323E +02	52.58982	9.60154	-2.18960E +02	-1.79685E +02	-20.759	29	.000

(二) 輝度均勻度

表 4-4. AM、FM 輝度均勻度的 T 檢定

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	AM 輝度均勻度	.7715031	30	.06753810	.01233071
	FM 輝度均勻度	.8168612	30	.03240102	.00591559

Paired Differences					t	df	S i g . (2-tailed)
Mean	S t d . viation	Std. error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
			Lower	Upper			
-.04535816	.08938998	.01632030	-.07873693	-.01197939	-2.779	29	.009

三、總結

由以上的敘述統計成果，首先 T 檢定下的 Sig：.000，顯著水準為 0.05 下，虛無假設 AM 平均輝度值 $\geq$ FM 平均輝度值不為真，實驗拒絕虛無假設，本實驗結果成立。FM 佈點的平均輝度值比 AM 佈點平均輝度值高 Sig：.009，顯著水準為 0.01 下，虛無

假設 AM 輝度均勻度 $\geq$ FM 輝度均勻度不為真，實驗拒絕虛無假設，本實驗結果成立。FM 佈點的輝度均勻度比 AM 佈點輝度均勻度高

而敘述統計結果來看，AM 的分佈其標準差變化亦較大，代表各取樣與樣本平均值的離散程度大，也就是每張板子的量測量值差異較大，而 FM 的輝度測量值亦較穩定。而輝度均勻度 AM30 張板的離散程度更大，代表它們之間輝度的差異程度並不穩定，而 FM 相較之下較為穩定。

五、結論與建議

FM 佈點比起 AM 佈點的優劣程度，從這個實驗中可以得到，在線性 $y=x+t$ 濃度 20% 到 50% 的佈點範圍下，AM 佈點的發光穩定程度較 FM 遜色，同時輝度均勻度亦較差。

不過本實驗限制在 20%~50% 的佈點範圍裡，如果兩者以不同的佈點方式，例如：一邊 15%~47%、一邊 20%~50% 則其輝度又是否相異，本實驗不得而知。但就本實驗而言，FM 佈點方式的輝度平均度與平均輝度值，是比同濃度 AM 佈點的導光板較佳。其後研究者可更加進一步的思考與研究，更加精密的佈點測試，或混合佈點方式，對導光板產生之影響。但就本實驗數據而言，驗證了 FM 網點與 AM 網點佈點方式的差異性。

參考文獻

1. 蔡坪芄 (2008)，自擴散導光板設計開發，工業技術研究院。
2. 葉秋玲 (2004)，六標準差應用於導光板製程的最佳化研究，元智大學工業工程與管理一就所碩士論文。
3. 溫志湧、謝祥暉 (2007)，高效能導光板之微結構排列設計與分析，科學與工程技術期刊第三卷第三期。
4. 曾義晃 (2006)，導光板模具及製程參數設計之研究，大華技術學院，機電工程研究所碩士論文。

5. 何慶鐘 (2005)，LCD 背光模組之 V-CUT 導光板模擬設計，南台科技大學電子工程研究所碩士論文。

6. 吳志政 (2008)，高彩度組合式背光模組之最佳化效能設計，南台科技大學機械工程研究所碩士論文。

7. 曾昱銘 (2005)，熱變形對 LCD 導光板特性之影響，國立中山大學機械與機電工程研究所碩士論文。

8. 陳建州 (2001)，非等向性蝕刻製程於矽基板之應用：翻鑄模仁與矽基板 V 型凹槽，國立中山大學基係工程研究所碩士論文。

9. 陳進都 (2005)，多段射出在導光板的應用與分析，國立中興大學機械工程研究所碩士論文。

10. 陳冠宇 (2005)，快速模具技術應用於導光板製作研究，國立台灣科技大學機械工程系碩士論文。

11. 黃皇齊 (2004)，應用 UV-LIGA 於導光板磨仁之製作研究，國立高雄應用科技大學碩士論文。

12. 盧建宏 (2006)，具三面微結構導光板之熱壓成型設計與分析，大葉大學機械工程研究所碩士論文。

13. 鄭春生，葉秋鈴 (2004)，六標準差管理於導光板印刷製程之最佳化研究，中華民國品質學會第 40 屆年會 高雄市分會第 30 屆年會暨第 10 屆全國品質管理研討會論文集，B3-4，43-53 頁。