

國立交通大學

顯示科技研究所

碩士論文

微陣列透鏡增加有機發光二極體

光耦合效率

Enhanced Light Out-Coupling Efficiency of Polymer
Light Emitting Diodes with a Microlens Array

研究生：甘惠君

指導教授：陳方中 博士

中華民國九十五年七月

微陣列透鏡增加有機發光二極體光耦合效率

Enhanced Light Out-Coupling Efficiency of Polymer Light
Emitting Diodes with a Microlens Array

研究生：甘惠君

Student：Hui-Chun Kan

指導教授：陳方中 博士

Advisor：Dr. Fang-Chung Chen

國立交通大學
電機學院顯示科技研究所碩士班
碩士論文



A Thesis
Submitted to Display Institute
College of Electrical and Computer Engineering
Nation Chiao Tung University
In Partial Fulfillment of the Requirements
For the Degree of Master
In
Display Institute
July 2006 HsinChu, Taiwan, Republic of China.

中華民國九十五年七月

微透鏡陣列增加有機發光二極體光耦合效率

碩士研究生：甘惠君

指導教授：陳方中

國立交通大學 電機學院

中文摘要

微透鏡陣列已被使用來增加有機發光二極體的發光效率。微小透鏡陣列是利用微接觸印刷定義疏水性區域後在旋轉塗佈透鏡材料 (NOA65)。藉由基板親疏水性的不同，使 NOA65 自動聚集在親水區域而形成透鏡。其中微透鏡陣列的透鏡高度受到 NOA65 黏度與轉速的影響，因此可利用低轉速和高黏度以增加透鏡的高度。經過光學量測後確定微透鏡陣列可以增加有機發光二極體的光耦合效率。

最後比較模擬和實驗結果，發現模擬與實驗相近，之後便可以從模擬結果可推知何種透鏡大小和透鏡間距可以得到最高的光耦合效率。根據之前的模擬結果，若透鏡之接觸角為 90 度且透鏡直徑 $100\ \mu\text{m}$ 、間距 $5\ \mu\text{m}$ 時，可將光耦合效率提高約 61%。

Enhanced Light Out-Coupling Efficiency of Polymer Light Emitting Diodes with Microlens Array

Student : Hui-Chun Kan

Advisor : Dr. Fang-Chung Chen

National Chiao Tung University

Abstract

One method to enhance the light out-coupling efficiency of organic light emitting diodes (OLEDs) by incorporating microlenses arrays (MLAs) is demonstrated. The MLAs made of prepolymer NOA65 were fabricated on the substrate pre-patterned by microcontact printing of hydrophobic self-assembled monolayers (SAMs). Due to the hydrophobic effect, the lens material was self-organized on the hydrophilic regions. It is found that the lens profile is affected dramatically by the viscosity of NOA65 and the spin speed. With a lower spin speed and higher viscosity, a microlens with a larger height (h) can be obtained. After assembling the MLA with an OLED, the optical measurement shows that the light out-coupling efficiency of the OLED with MLAs is enhanced.

In addition, TracePro (Lambda Research Corp.) has been used to simulate the light out-coupling efficiency of OLEDs. Simplified model has been adopted successfully to simulate the results of LEDs. Based on the simulation result, the best light out-coupling efficiency is 61%, while the microlens diameter is $100\mu\text{m}$, distance is $5\mu\text{m}$ and the contact angle is 90° . Finally, the experiment results are also comparable with those from simulation.

致 謝

經過兩年的研究，我終於可以畢業得到碩士學位，謝謝陳方中老師這兩年來的栽培，使我可以獨自完成老師所交付的工作，雖然剛開始有點忙亂，但經過這兩年的訓練，讓我可以臨危不亂的處理各種危機，進而得到最好的結果。

另外要感謝文奎學長、祖榮學長、喬舜學長不吝惜的回答我所有的問題，並一起尋求正確答案，使我不必在茫然無措中獨自摸索答案，而讓我在一片黑暗中看到一束曙光。還要多謝治平學長的噴墨技術的幫忙，讓我可以製作較高的透鏡，使能增加的效率變大。

感謝跟我度過忙碌兩年的伙伴，思芳、文生、昇哥、立仁和東賢，在課業上彼此討論照應，實驗上也互相幫忙，使得我們六人的感情相當好，而使我們一起度過忙碌又愉快的研究生涯。

最後感謝全實驗室的學弟妹，沒有他們的幫忙可能就不能順利畢業，謝謝上傑的 PLED 元件，謝謝睿祥、義凱、志立的黑盒子和量測系統，謝謝大家，我畢業了。



目錄：

摘要	iii
Abstract	iv
致謝	v
表目錄	viii
圖目錄	ix

第一章 緒論

1-1、前言	1
1-2、有機發光二極體的發展	1
1-3、有機發光二極體發光原理及結構	2
1-4、有機二極體發光的發光效率	4
1-4-1、電荷平衡因子	5
1-4-2、激子產生效率	7
1-4-3、發光內部量子效應	8
1-4-4、光耦合效率	9
1-5、研究動機與目的	11

第二章 文獻探討

2-1、擴散層	13
2-1-1、實驗架構	13
2-1-2、結果與討論	14
2-2、改變基板結構	16
2-2-1、實驗架構	16
2-2-2、結果與討論	17
2-3、利用矽做的微小球體當作散射材料	19
2-3-1、實驗架構	19
2-3-2、結果與討論	19
2-4、微透鏡陣列	20
2-4-1、實驗架構	20
2-4-2、結果與討論	22
2-5、總結	23

第三章 模擬

3-1、模擬軟體簡介	24
3-2、模擬條件	24

第四章 實驗

4-1、實驗材料與藥品	27
4-2、使用儀器	29
4-3、微透鏡陣列的製作	29
4-3-1、PDMS 製作.....	29
4-3-2、微透鏡陣列製.....	30
4-4、PLED 製成	31
4-5、光學量測	33

第五章 結果與討論

5-1、模擬	35
5-1-1、模擬中誤差的產生.....	35
5-1-2、模擬結果.....	38
5-2、實驗結果	45
5-3、光學量測	52
5-4、實驗與模擬比較	53

第六章 結論

結論.....	55
---------	----

參考文獻



表目錄

表 1 光耦合效率對不同基板和透鏡參數的實驗·····	18
表 2 統整不同接觸角對增益效率的曲線參數·····	41
表 3 溫度對透鏡高度的影響·····	48



圖目錄

圖 1-1 電子傳輸層 Alq ₃	2
圖 1-2 電洞傳輸層 diamine	2
圖 1-3 高分子發光材料 PPV	2
圖 1-4 光激發示意圖	3
圖 1-5 有機發光二極體元件圖	3
圖 1-6 電荷注入有機層示意圖	3
圖 1-7 單重態示意圖	4
圖 1-8 三重態示意圖	5
圖 1-9 載子平衡因子示意圖	6
圖 1-10 激子產生效率示意圖	7
圖 1-11 發光內部量子效應示意圖	8
圖 1-12 光在元件內部全反射示意圖	9
圖 1-13 雙層界質出光模型	10
圖 2-1 加擴散層後的元件結構	13
圖 2-2 擴散層示意圖	14
圖 2-3 加擴散層後的元件圖	14
圖 2-4 是在視角為零時量測不同的 Alq 厚度的發光光譜	15
圖 2-5 是在 Alq 厚度為 120nm 時量測不同視角的發光光譜	15
圖 2-6 改變基板結構的示意圖	16
圖 2-7 改變基板結構後出光示意圖	17
圖 2-8 (a) 基本平面元件、期待的 Lambertian 光源、 $T=1$ 和 $T \neq 1$ 的遠場強度分佈圖樣 (b) 在玻璃基板上 有無透鏡的實驗結果 (c) 在 PC 基板上 有無透鏡的實驗結果。	18
圖 2-9 兩種不同構造的元件示意圖	19
圖 2-10 (a) 為在正常環境光源下未發光的照片；(b) 為在黑暗處點亮參考元件 (全都沒有散射材料) 的照片；(c) 為第一類型點亮後的照片；(d) 為第二類點亮後的照片。	20
圖 2-11 解釋兩種類型的散射機制	20
圖 2-12 加微透鏡陣列示意圖	21
圖 2-13 微透鏡陣列製作流程	21
圖 2-14 透鏡形成後的俯視圖和側面圖	22
圖 2-15 實驗結果	22
圖 2-16 紅光 OLED 加透鏡後的發光光譜	22
圖 3-1 Lambertian PLED 光源	25
圖 3-2 模擬設定	25
圖 3-3 透鏡作法	26
圖 4-1 PDMS	27
圖 4-2 TFPTS	27
圖 4-3 FOTS	28

圖 4-4 PEDOT : PSS	28
圖 4-5 PVK	28
圖 4-6 PBD	28
圖 4-7 Ir(mPPy) ₃	28
圖 4-8 黑盒子	29
圖 4-9 微小陣列透鏡製作過程	30
圖 4-10 ITO 圖案化	31
圖 4-11 元件完成後	32
圖 4-12 光點量測示意圖	33
圖 4-13 有機發光二極體加上透鏡後的結構	33
圖 5-1 模擬結果	35
圖 5-2 透鏡直徑為 100 μ m、透鏡間距為 5 μ m	36
圖 5-3 透鏡直徑為 100 μ m、透鏡間距為 10 μ m	36
圖 5-4 不同填充率對效率的影響，其中透鏡大小為 50 μ m，透鏡 1 到透鏡 5 接觸角分別為 22.62°、43.6°、61.92°、90°及 108.92°	39
圖 5-5 不同填充率對效率的影響，其中透鏡大小為 75 μ m，透鏡 1 到透鏡 5 接觸角分別為 22.62°、43.6°、61.92°、90°及 108.92°	39
圖 5-6 不同填充率對效率的影響，其中透鏡大小為 100 μ m，透鏡 1 到透鏡 5 接觸角分別為 22.62°、43.6°、61.92°、90°及 108.92°	40
圖 5-7 Fill factor 說明	40
圖 5-8 增加因子 A 和接觸角間的關係	41
圖 5-9 接觸角對增加效率的影響，其中透鏡直徑 50 μ m，透鏡間距分別為 5 μ m、10 μ m、15 μ m	42
圖 5-10 接觸角對增加效率的影響，其中透鏡直徑 75 μ m，透鏡間距分別為 5 μ m、10 μ m、15 μ m	42
圖 5-11 接觸角對增加效率的影響，其中透鏡直徑 100 μ m，透鏡間距分別為 5 μ m、10 μ m、15 μ m	43
圖 5-12 透鏡為半球體	43
圖 5-13 透鏡大於半球體	43
圖 5-14 透鏡小於半球體	44
圖 5-15 填充率對所能增加的效率關係圖	44
圖 5-16 增加效率對基板厚度關係圖	45
圖 5-17 (a) 基板親水性與處理 UV-Ozone 時間關係圖；(b) 水滴直徑示意圖	46
圖 5-18 OTS 結構圖	46
圖 5-18 (a) UV-Ozone 處理的基板，接觸角為 5 \pm 0.5 (b) OTS 處理的基板，接觸角為 93.4 \pm 0.2;(b)FOTS 處理的基板，接觸角為 110.5 \pm 0.58	46
圖 5-20 玻璃基板利用微接觸印刷後圖案化	47
圖 5-21 AFM 圖	47
圖 5-22 NOA65 的黏度與溫度關係	49
圖 5-23 $f_{\#}$ 與填充率的關係	49

圖 5-24 轉速對透鏡高度與 $f_{\#}$ 的關係圖	50
圖 5-25 旋轉塗佈次數與透鏡高度的關係	50
圖 5-26 (a) 旋轉塗佈 1 次透鏡 OM 圖；(b) 旋轉塗佈 8 次透鏡 OM 圖	51
圖 5-27 三種大小 lens 的 OM 圖，間距都為 $15\mu\text{m}$	51
圖 5-28 在塑膠基板上的三種微透鏡，間距 $15\mu\text{m}$	51
圖 5-29 繞射極限說明	52
圖 5-30 光點大小	52
圖 5-31 模擬與實驗的視角亮度關係圖	53
圖 5-32 模擬與實驗之比較	54
圖 5-33 相當相近的結果	54

