

會議文獻(Poster Presentation)

1. Szu-Yi Chen ,Ta-Ya Chu ,Chao-Jung Chen , Jenn-Fang Chen and Chin Hsin Chen, *Proc. of the 6th Internat. Meet. on Info. Display and the Internat. Display Manuf. Conf. (IMID/IDMC '06)*, p.1155, Aug. 22-25, Daegu, Korea(2006)
2. Chao-Jung Chen, Shiao-Wen Hwang, Chin Hsin Chen, *Proc. of SID'07*, p.317, May 20-25, Long Beach, California, USA (2007)



高色純度螢光三波段白光有機發光二極體之研究

研究生：陳超榮

指導教授：陳金鑫博士

陳方中博士

國立交通大學顯示科技研究所

摘 要

由於傳統的三波段白光，很難在低電壓下，達到色純度高的白光。本論文將探討以螢光三波段白光配合 p 型以及 n 型的電洞以及電子注入層來達到高純度的白光。而也藉由 p 型以及 n 型的電洞和電子注入層來使得白光元件的電壓降至 5.5V，其最大電流效率也達到 8 cd/A，最大能量效率為 4.5 lm/W；也藉由調整電子注入層以及發光層間的中間層 (interlayer) 的 Alq₃ 以及 BPhen 的比例，來控制其電子的遷移率以及調整深藍光的客發光體的濃度，以及 BpSAB 摻雜 α, α -MADN 深藍光自行捕捉載子的機制來達到控制電子電洞的再結合區，使其光色可達到 CIE_{x,y} 值為 (0.33, 0.34)，NTSC ratio 可達到 73%，而元件的壽命在 100 nits 下，其 $t_{1/2}$ 也可達到 38,000 小時。

Study toward the Fabrication of High-Purity $p-i-n$ White Organic Light-Emitting Diodes based on Fluorescent RGB System

Student : Chao-Jung Chen

Advisor : Dr. Chin Hsin Chen

Dr. Fang-Chung Chen



Under low driving voltage, it is difficult for 3-wavelength white organic light-emitting diodes (WOLEDs) to achieve high-purity white light. We make use of the p - type of hole injection layer (HIL) and the n -type of electron injection layer (EIL) to achieve this target. We significantly decreased the driving voltage of our device to 5.5V with the characteristics of the $p-i-n$ structure, and a maximum luminance efficiency of 8 cd/A, power efficiency of 4.5 lm/W. In addition, we also

tuned the ratio of Alq₃ to BPhen in the interlayer between the emitting layer (EML) and the *n*- type of EIL and make use of the trapping-carrier mechanism in the deep blue layer to achieve a CIE_{x,y} value of (0.33, 0.34) as well as the NTSC ratio of 73%. In the lifetime issue, the $t_{1/2}$ of our *p-i-n* WOLED device is 38,000 hours at an initial luminance of 100 nits.



謝 誌

隨著時間的經過，兩年的碩士生涯就要結束了，仔細回想，在這兩年間，也讓我從懵懵懂懂逐漸成熟。因為身邊有很多支持，才能順利完成這篇文論。

首先我要感謝我的指導教授陳金鑫老師以及陳方中老師，在我來交大之前，就對老師的盛名有所耳聞，而當我進入實驗室後，也讓了解了 OLED 是什麼。除此之外，老師不厭其煩的幫我修改 paper，每當報告實驗進度時，老師更會細心指導我們，問耐心告訴我們如何發現問題，更應該如何解決問題。在這兩年內，收穫甚多，除了指導關於研究的事情外，對於待人處世的態度以及國際觀也是影響我很大。另外我要感謝口試委員陳皇銘老師，陳登銘老師，以及謝宗雍老師能對於論文的修改和指導，使得論文更趨完整。

在實驗室我要特別感謝孝文學長以及達雅學長，達雅學長從我剛進實驗室就帶了我一年的時間，讓我漸漸熟悉 OLED 的製程環境以及機制；而孝文學長對於我研究上給予了很多幫助跟指導，讓我了解到 OLED 元件的許多特性，而也感謝學長世男、士峯、孟庭、展晴、曜杉、孟宸，嘉偉、思邑在我遇到困難時，能給予我幫助以及建議，更要感謝俊雄學長，沒有你的幫助，我們的實驗不可能順利完成。還

有我同學圃成，在我困難的時候，都能伸出援手來幫我的忙，常常協助我，也希望大家在日後都能往心目中的方向邁進。

我也要謝謝我的好友印達、俊杰，鴻杰，穎鋒，宣燁，又行、坤展、坤岳、振宇、國庭等人，當我有遇到難關時，因為有你們在我身邊，讓我可以有勇氣以及信心去面對一切的種種，這兩年的時間我要感謝的人太多了，無發一一描述，但我由衷感謝所有在這兩年內跟我結緣的朋友，謝謝。

最後，我想將這份碩士學位的榮耀與喜悅獻給我的父母以及我姊，還有我已過世的清大學長印達，因為你們的支持是我不段前進的動力。讓我可以更加努力去突破，將所學貢獻於實務，豐富了我的人生以及幫助我可以實現理想。



目錄

會議文獻.....	I
中文摘要.....	II
英文摘要.....	III
謝誌.....	V
目錄.....	VII
圖目錄.....	IX
表目錄.....	XIII
壹、緒論.....	1
1-1 前言.....	1
1-2 OLED 的特色.....	3
1-3 OLED 全彩化介紹.....	5
1-4 白光文獻回顧.....	7
1-4-1 單層式白光.....	10
1-4-2 多層式白光.....	14
1-5 $p-i-n$ 元件結構.....	23
1-5-1 $p-i-n$ 簡介.....	23
1-5-2 $p-i-n$ 的基本原理.....	24

1-5-3 串疊結構.....	27
1-5-4 倒置式 OLEDs.....	33
貳、研究動機.....	35
參、實驗部分.....	36
3-1 元件材料.....	36
3-2 實驗儀器.....	37
肆、結果與討論.....	40
4-1 <i>p-i-n</i> 螢光三波段白光 WOLED.....	40
伍、結論.....	71
參考文獻.....	72
Biography.....	85



圖目錄

圖 1-1 有機發光二極體元件結構圖.....	2
圖 1-2 OLED 全彩化的三種方式.....	7
圖 1-3 (a)主發光體的放射光譜和客發光體的吸收光譜的重疊 (b) Förster energy transfer 和 Dexter energy transfer 的示意圖.....	9
圖 1-4 單層式結構雙波段及三波段白光示意圖.....	10
圖 1-5 多層式結構示意圖.....	15
圖 1-6 (a) n 型摻雜的能階圖 (b) p 型摻雜的能階圖.....	25
圖 1-7 在不同的 n 型摻雜的電子注入層的厚度與其電性的特性示 意圖.....	26
圖 1-8 1-unit 和 tandem OLEDs 結構示意圖.....	27
圖 1-9 (a) 在 1-unit 的四種模態的比例 (b) 在 2-units 的四種模態的比 例.....	29
圖 1-10 單位個數與正面光強度的特性.....	30
圖 1-11 2-stack MPE 元件結構.....	32
圖 3-1 元件發光面積示意圖.....	37
圖 3-2 真空腔體的示意圖.....	38
圖 4-1(a) 元件結構以及 20 mA/cm^2 下紅光發光層 (x:2) 的頻譜 (b)	

使用的材料的化學結構.....	41
圖4-2 (a)：使用的藍光材料結構 (b)：Device A 元件結構 (c)：	
Device B元件結構.....	43
圖4-3 Device A和Device B 亮度vs.電壓的特性.....	44
圖4-4 Device A和Device B在不同亮度下的頻譜變化.....	44
圖 4-5 (a) Device A 與 Device B 的能階示意圖(b)電洞電子遷移率	
的比較.....	45
圖4-6 Device A和Device B在不同電流密度下的效率特性.....	46
圖4-7 (a)：Device C的元件結構圖(b):Device D的元件結構圖...	47
圖 4-8 (a)：Device C 在不同電流密度下的頻譜變化 (b)：Device	
D 在不同電流密度下的頻譜變化.....	47
圖 4-9 (a)：Device E 的元件結構圖(b):Device F 的元件結構圖..	48
圖 4-10 (a)：Device E 在不同電流密度下的頻譜變化 (b)：Device	
F 在不同電流密度下的頻譜變化.....	49
圖 4-11 Device G 在不同電流密度下的頻譜變化.....	50
圖 4-12 Device G 的能階示意圖.....	50
圖 4-13 (a)：Device H 的元件結構圖(b):Device I 的元件結構圖..	52
圖 4-14 Device H 和 Device I 在不同電流密度下的頻譜變化....	52
圖 4-15 Device J 在不同電流密度下的頻譜變化.....	54

圖 4-16 (a) : Device K 的元件結構圖(b):Device L 的元件結構...	56
圖 4-17 (a) : Device K 在不同電流密度下的頻譜變化 (b) : Device L 在不同電流密度下的頻譜變化.....	56
圖 4-18 (a) : Device M 的元件結構圖，X 為 20 nm 與 60 nm (b):Device N 的元件結構圖，Y 為 40 nm 與 100 nm...	58
圖 4-19 (a) : Device M (60 nm)在不同電流密度下的頻譜變化(b) : Device M (20 nm)在不同電流密度下的頻譜變化.....	59
圖 4-20 (a) : Device N (40 nm)在不同電流密度下的頻譜變化(b) : Device N (100 nm)在不同電流密度下的頻譜變化....	60
圖 4-21 1-unit 以及 2-units 對於陰極以及陽極的最佳距離擁有最好出光效率的特性.....	62
圖 4-22 (a) :元件結構圖 Device O($x : 1/0$)、Device P($x : 4/1$)、Device R($x : 1/1$) (b): 元件結構圖 Device R($y : 7\%$)、Device S($y : 5\%$).....	64
圖 4-23 Device O($x : 1/0$)、Device P($x : 4/1$)、Device R($x : 1/1$) 在 20 mA/cm^2 下的頻譜特性.....	65
圖 4-24 Device O($x : 1/0$)、Device P($x : 4/1$)、Device R($x : 1/1$) 在 20 mA/cm^2 下的效率特性.....	66
圖 4-25 Device R、Device S 在 20 mA/cm^2 下的頻譜特性.....	67
圖 4-26 傳統三波段元件與 <i>p-i-n</i> 三波段元件在 20 mA/cm^2 下經過	

彩色濾光片的頻譜比較.....	68
圖 4-27 $p-i-n$ 三波段元件與傳統元件的壽命比較圖.....	69
圖 4-28 2-units 在不同 CGL 厚度在 20 mA/cm^2 下的頻譜特性...	70



表目錄

表 1-1 單層式元件結構與效能.....	12
表 1-2 雙層式元件結構與效能.....	16
表 1-3 三層式白光元件結構與效能.....	21
表 1-4 $p-i-n$ 元件效能.....	31
表 1-5 多層 MPE 白光結構的 $CIE_{x,y}$	33
表 4-1 在 20 mA/cm^2 下的元件效能 ($x:2$ vs. $x:1$).....	41
表 4-2 Device F 和 Device G 在 20 mA/cm^2 下的元件效能.....	53
表 4-3 Device H 和 Device J 在 20 mA/cm^2 下的元件效能.....	54
表 4-4 Device K 和 Device L 在 20 mA/cm^2 下的元件效能.....	57
表 4-5 Device M 和 Device N 在 20 mA/cm^2 下的元件效能.....	61
表 4-6 Device O、Device P 及 Device R 在 20 mA/cm^2 下的元件效能.....	66
表 4-7 在 20 mA/cm^2 下經過彩色濾光片後的效能.....	68