

表面折射下會如圖 2-8(c), 其遠場強度的曲線圖從 0 度到 70 度左右都非常平緩。

表 1 光耦合效率對不同基板和透鏡參數的實驗。 I_{normal} / I_0 和 F_{normal} / F_0 個別代表各種不同元件垂直發光強度與總發光強度與相同材料的平面元件的比值[12]。

Trial	Substrate material	Lens material	R_{lens} (mm)	ρ_{lens} (mm)	$t_{subs,eff}$ (mm)	$\theta_{subs,max}$	d (mm)	$I_{normal} / I_0 \pm 0.1$	$F / F_0 \pm 0.1$
1	Glass ($n=1.51$)	N/A	N/A	N/A	0.7	N/A	N/A	1.0	1.0
2	Glass ($n=1.51$)	Glass ($n=1.51$)	3.4	3.4	0.7	78°	+1.0	3.6	2.0
3	Glass ($n=1.51$)	Glass ($n=1.51$)	3.4	3.4	2.0	60°	+2.3	9.5	1.6
4	Glass ($n=1.51$)	Silicone ($n=1.41$)	2.7	2.4	1.9	51°	+0.6	2.1	1.6
5	PC ($n=1.59$)	N/A	N/A	N/A	1.0	N/A	N/A	1.0	1.0
6	PC ($n=1.59$)	Epoxy ($n=1.61$)	2.7	2.4	1.0	67°	-0.3	1.6	3.0

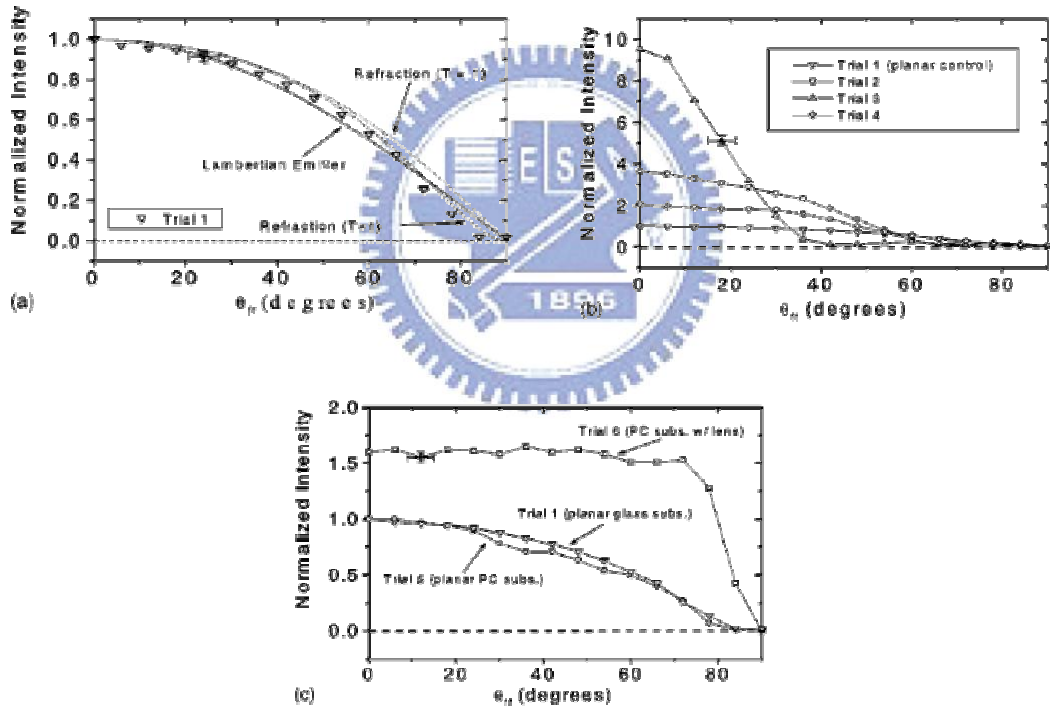


圖 2-8 (a) 基本平面元件、期待的Lambertian光源、 $T=1$ 和 $T \neq 1$ 的遠場強度分佈圖樣 (b) 在玻璃基板上無透鏡的實驗結果 (c) 在PC基板上無透鏡的實驗結果[12]。

這種改變基板結構的方法可以增進 OLED 總發光效率約 3 倍，為了得到最大的增加效率，除了要將被基板內的光導引出來外，還必須將被 ITO 和有機層內的光導出來，以得到最高出光效率。

2-3.利用矽做的微小球體當作散射材料[13]

2-3-1.實驗架構

在玻璃基板上貼附大小為 550nm 的球體（材料為矽）的單層膜，堆積方式為六角最密堆積。在加了這層微球體陣列後可以有效的將玻璃基板內的光散射出元件，有效地增加表面出光量。如圖 2-9 所示，其元件架構有兩種，每一種元件分成 4 區，第一類的 A 區為普通的發光元件，沒有加上散射材料；B 區的結構為有機層／微球體陣列／玻璃基板；C 區為金屬電極／有機層／微球體陣列／玻璃基板；D 區為有機層／ITO／玻璃基板。而第二類的分區結構類似於第一類，除了微球體陣列在玻璃基板的外面，且其 A 區與 D 區亦有微球體陣列。

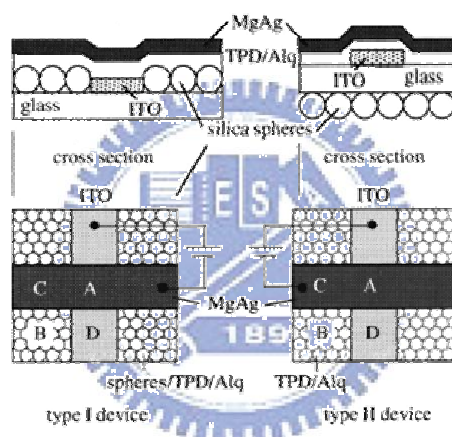


圖 2-9 兩種不同構造的元素示意圖[13]

2-3-2.結果與討論

結果可以由圖 2-10 (b) 看出，當沒有加散射材料時，元件點亮後只有 A 區有光跑出，而其他區域內雖有從 A 區入射的光，但全被全反射回元件從側邊出光，沒有從表面出光。而第一類加微球體陣列方式的結果，可以從圖 2-10 (c) 看出除了 D 區因為沒有散射材料外，B 區與 C 區都有光跑出來，所以此方法成功的將元件內的光引出來；至於第二類因為 B、C 與 D 區都擁有散射材料的存在所以各區都有光從元件內散射出來。

各元件中只有 A 區是主動發光區，A 區發射的光在基板內反射進其他各區，可是要在表面看見其他區的光必須要有微球體陣列的存在，這可以從圖 2-10 的

(b) 與 (c) 看出，但我們從那兩張圖看到以 A 區為圓心向外的發光區發光顏色慢慢再改變，其原因如如圖 2-11 所述，微球體陣列可以看成二維的散射晶格，所以波長 λ 正比於 $\sin\theta$ ，因此離 A 區越遠，其 $\sin\theta$ 越小而 λ 也越小而使光的顏色逐漸從黃到藍。

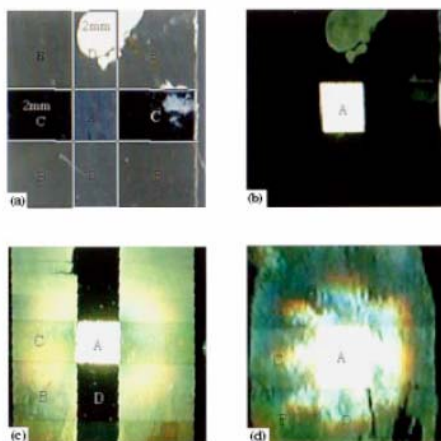


圖 2-10 (a) 為在正常環境光源下未發光的照片；(b) 為在黑暗處點亮參考元件（全都沒有散射材料）的照片；(c) 為第一類型點亮後的照片；(d) 為第二類點亮後的照片 [13]。

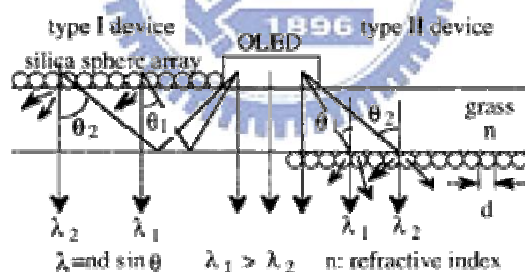


圖 2-11 解釋兩種類型的散射機制 [13]

利用微球體陣列雖然可以增加光耦合效率，但是其發光顏色會隨著散射位置與觀察的角度變化，因此並不能直接用在 OLED 增加光耦合效率上 [13]。

2-4. 微透鏡陣列 [14]

2-4-1. 實驗架構

在基板上增加一層微透鏡陣列（圖 2-12），其導出光的機制跟改變基板結構一樣（圖 2-7），原本會在介面全反射的光，因為球狀結構的關係，會經由透鏡射

出。但前面的改變基板結構必須和 OLED 發光源有對準的情況下，根據不同的需求做最佳化設計，但是如果發光源分佈均勻，透過微透鏡陣列，不需和 OLED 發光源做對準的動作，就可以達到均勻增強的目的。

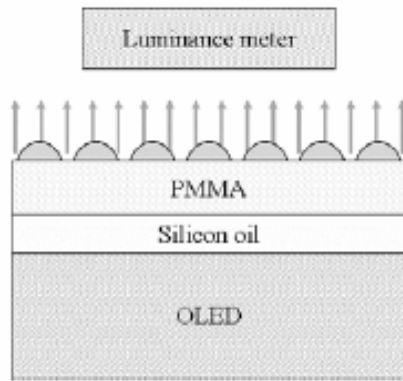


圖 2-12 加微透鏡陣列示意圖[14]

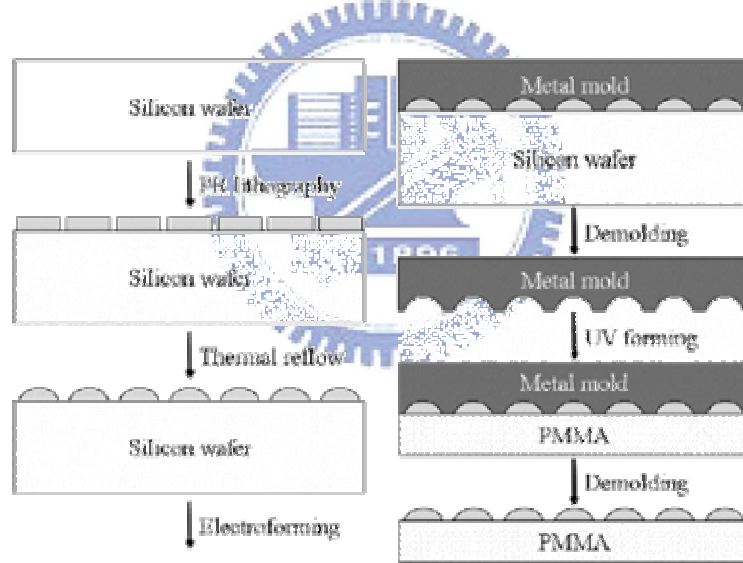


圖 2-13 微透鏡陣列製作流程[14]

把 OLED 和微透鏡陣列貼附住的矽油是折射率匹配的材料，而其製作微透鏡陣列的方法流程如圖 2-13。第一先矽基板上用光阻定義出微透鏡區域，第二加熱基板使光阻流動，而光阻因為表面張力的關係而形成球狀，第三利用電鑄法製作金屬模型，第四在 PMMA 上塗佈上 UV 膠後，把 UN 膠用金屬模型壓出透鏡形狀，固化後微透鏡陣列便完成了。最後圖 2-14 以簡單圖畫來說明透鏡形成後的圖形。

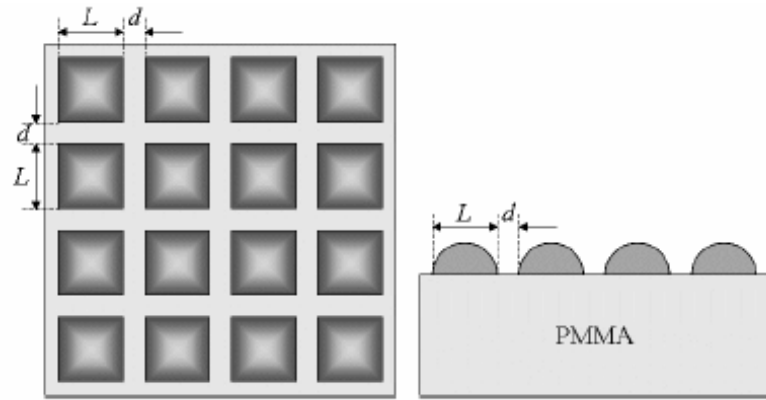


圖 2-14 透鏡形成後的俯視圖和側面圖[14]

2-4-2. 結果與討論

實驗結果可以從圖 2-15 看出，當透鏡間距越大時所能增加的效率越小，而圖中的面積比算法為：

$$R_{area} = \left(\frac{L}{L+d}\right)^2 \quad (2-1)$$

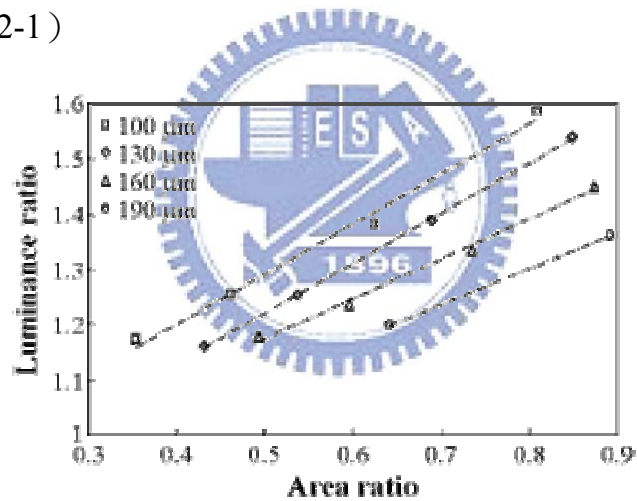


圖 2-15 實驗結果[14]

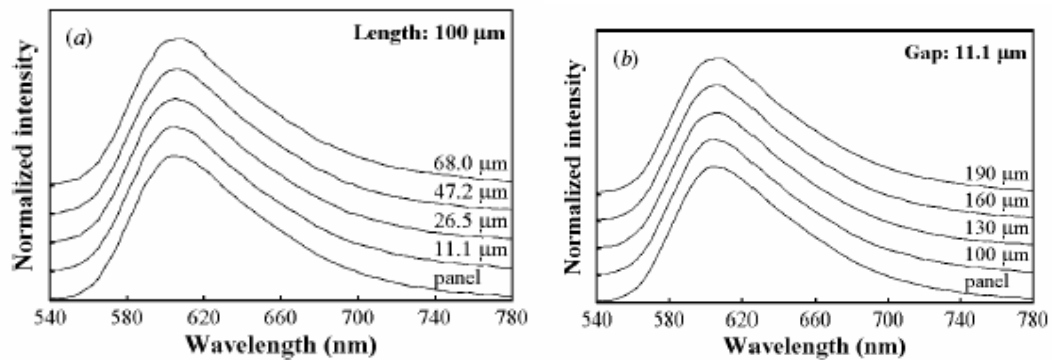


圖 2-16 紅光 OLED 加透鏡後的發光光譜 (a) 透鏡大小為 100μm 但有不同間距 (b) 固定間距為 11.1μm 但透鏡大小不一[14]

另外從圖 2-15 看出效率最佳的為 $100\mu\text{m}$ ，可以將光耦合效率提升快要 1.6 倍。而可以看出增加的效率和面積比呈線性相關，並且當透鏡密度越高就是透鏡越小時，所能增加的效率也越多。

由圖 2-16 看出，無論透鏡間距如何或是透鏡大小如何，都不會改變其發光光譜，這表示我們雖然在元件上外加東西，但並不影響其發光光譜，不會造成嚴重色偏，導致元件發出不是我們所需要的顏色。

2-5 總結

以上加擴散層、改變基板結構、利用矽做成的微小球體做為散射材料或是利用微透鏡陣列都可以增加外部量子效應，但其中微透鏡陣列不僅沒有色偏的影響以及可以做最佳化的設計，也沒有像改變基板結構需要對位，能充分的提高元件效能，於是本論文即利用微透鏡陣列來增加外部量子效應。

