

## 第二章 文獻探討

由上一章的討論可知，有影響有機發光二極體發光效率中的重大因素之一是光耦合效率。因為元件的玻璃基板折射率大於空氣，在玻璃基板跟空氣介面上產生了全反射，而使光被限制於元件內後由波導的方式從側面導出，於是為了克服這個問題，科學家陸陸續續的研究出新的方法來把陷在玻璃基板的光導引出來。像是加擴散層[11]、改變基板結構[12]、利用矽做成的微小球體做為散射材料[13]或是利用微透鏡陣列[14]等等，以破壞元件內的全反射，把元件的光導出來。而我們是利用微透鏡陣列來增加光耦合效率，以下將探討典型的四種方法：

### 2-1. 擴散層[11]

#### 2-1-1. 實驗架構

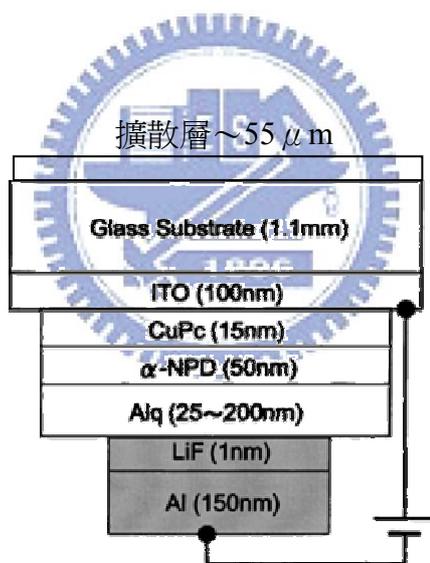


圖 2-1 加擴散層後的元件結構[11]

如圖 2-1所示，在有機發光二極體上加上一層擴散層可增加光耦合效率。利用此方式不僅不會影響到元件的電性，還可以將困在玻璃基板內的光導引出來。擴散層的材料選擇聚甲基丙烯酸甲酯 (PMMA, poly (methyl methacrylate)，又稱為壓克力)，其折射率約為1.49，再將TiO<sub>2</sub>混入PMMA中，TiO<sub>2</sub>大小為0.5μm、混和的比例PMMA：TiO<sub>2</sub> = 100：5。另外擴散層和玻璃基板的接著劑和玻璃基板折射率匹配，折射率為1.52。

擴散層導出光的原因如圖 2-2所示，光在PMMA和空氣的交界上被全反射回元件，之後光打到擴散層內的TiO<sub>2</sub> 散射，使得光以小於臨界角的角度入射至PMMA和空氣的交界，進而出射至空氣中。

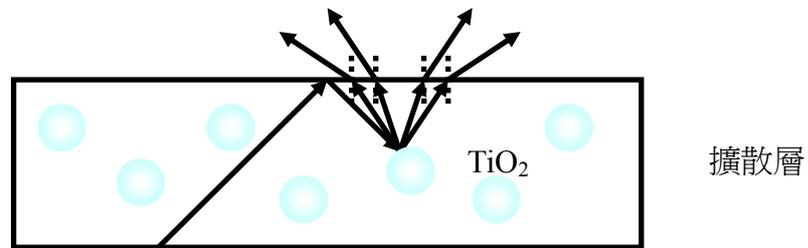


圖 2-2 擴散層示意圖

### 2-1-2. 結果與討論

下圖 2-3為元件加上擴散層後發光情況的照片，(a) 是Alq為60nm的元件，其亮度很低，但在一半的元件上加上了擴散層後，由 (b) 圖可以看出，加了擴散層的那一半的元件亮度變亮，相對的在由波導方面出來的光就變暗了。至於(c) 是Alq為140nm的元件發光圖，一樣加上了擴散層後就如 (d) 圖一樣，把側面的光導了出了，使亮度增加許多。

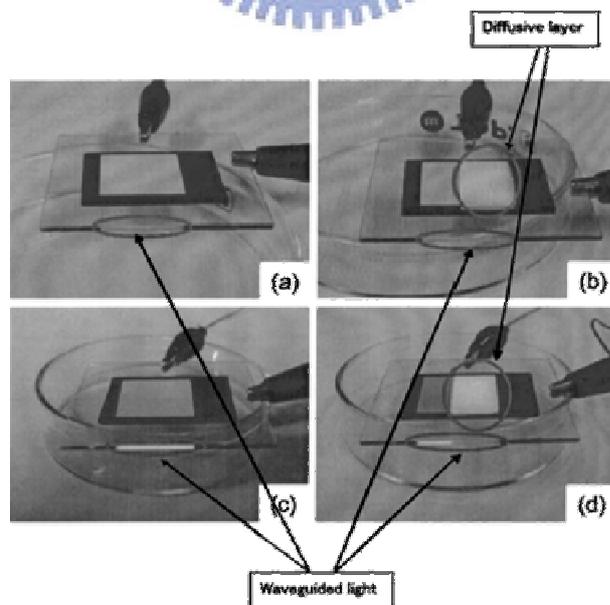


圖 2-3 加擴散層後的元件圖 (a) Alq 60nm且未加擴散層的發光元件 (b) Alq 60nm且加上擴散層的發光元件 (c) Alq 140nm且未加擴散層的發光元件 (d) Alq

## 140nm且加上擴散層的發光元件[11]

另外加上擴散層後所造成的發光光譜的影響可以從圖 2-4 和 2-5 看出，圖 2-4 是在視角為零（normal viewing angle）時量測不同的Alq厚度和有沒有擴散層的發光光譜，其中的小圖為每個光譜各自歸一化後的結果。

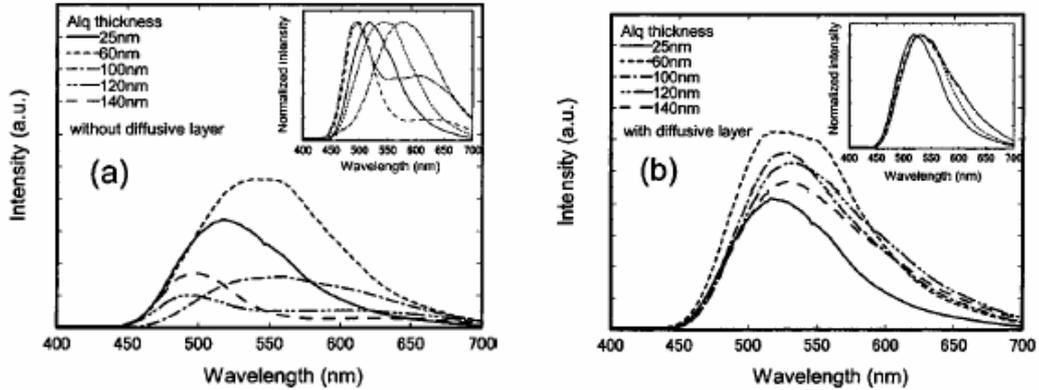


圖 2-4是在視角為零時量測不同的Alq厚度的發光光譜 (a) 未加擴散層的電致發光光譜 (b) 加了擴散層的電致發光光譜[11]

圖2-4 (a) 為未加擴散層的發光光譜，可以很明顯的看出Alq的厚度和發光光譜間有相關，其原因是由於干涉的影響。當Alq的厚度由60nm增加到100nm時光譜有紅移的現象，且峰值強度減低；但當Alq的厚度繼續增加超過100nm後，光譜呈現藍移現象且峰值強度增高。圖2-4 (b) 為加了擴散層後的發光光譜，可以看出當加了擴散層後發光光譜就和Alq的厚度無關了。

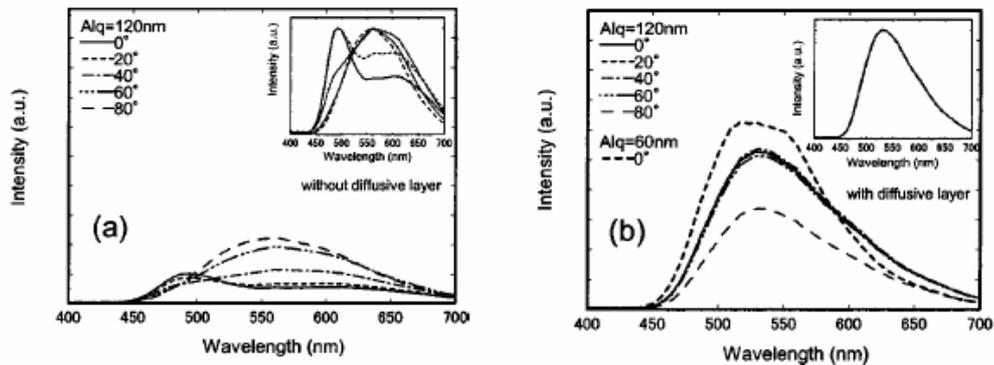


圖 2-5是在Alq厚度為120nm時量測不同視角的發光光譜 (a) 未加擴散層的電致發光光譜 (b) 加了擴散層的電致發光光譜[11]

圖 2-5 是在Alq為120nm時量測不同視角和有無擴散層的發光光譜。在Alq的

厚度小於60nm且沒有加擴散層時，其視角和發光顏色（emission color）關連性不大；但當Alq的厚度大於60nm時，視角和發光顏色間擁有極強的關連性，就如圖 2-5 (a) 所表示。但加了擴散層之後，視角和發光顏色間的相關性便和Alq的厚度無關，這可從圖 2-5 (b) 所知，這也就是說無論Alq厚度為何，視角都和發光顏色無關。

從圖 2-4 到圖 2-5 可以知道當加了擴散層之後便可以消除發光顏色和視角與Alq厚度的關連性，這是因為擴散層將基板內的波導的光導出來，並且使從Alq層發出的光均勻化。至於圖 2-4 (b) 中視角80度時擁有較低的發光強度，是因為當光以較大的角度做傳輸時，會有較大的反射率。

## 2-2. 改變基板結構[12]

### 2-2-1. 實驗架構

另一種增加光耦合效率的方法就是改變基板結構，在基板上加上球狀透鏡，如圖 2-6所示。其中的 $t_{\text{sub,eff}}$ 為基板厚度， $R_{\text{lens}}$ 為球的曲率半徑， $\rho_{\text{lens}}$ 為截面圓的半徑， $\theta_{\text{ff}}$ 代表遠場角度（far-field angle）， $d$ 為OLED和透鏡的曲率中心的距離。這種方法不會影響到元件電性，但也能把光從元件中導出。

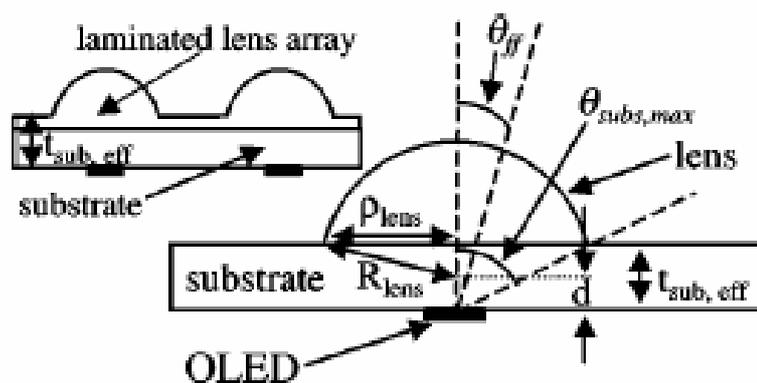


圖 2-6 改變基板結構的示意圖[12]

其導出的機制，如圖 2-7所示，假設光線1與光線2為平行光，當基板結構沒

有改變時，當光線1入射到平面的基板與空氣介面時，因為大於臨界角而產生全反射，但如果基板上擁有透鏡的話，就如光線2一樣，直接入射到透鏡上，此時所產生的入射角便比光線1的入射角小，故不會產生全反射，便能將基板內的光導出元件，以增加光耦合效率。

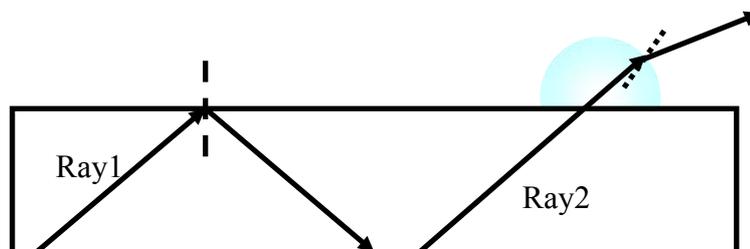


圖 2-7 改變基板結構後出光示意圖

### 2-2-2. 結果與討論

將OLED製作在玻璃和PC (polycarbonate) 基板上，利用改變基板結構來量測能增加的光耦合效率。當OLED沒有改變其基板結構 (就是表一的Trial 1)，其發光的場形就如圖 2-8 (a) 接近於理想的Lambertian光源，另外假設當光的入射角小於臨界角時，光會全部穿透，也就是圖中 $T=1$ 的虛線；而 $T \neq 1$ 是假設光的入射角小於臨界角，只有部分穿透，另一部份反射回內部被陰極完全吸收，並且以Fresnel公式計算穿透率 $T$ 。

接著做以下的實驗，其實驗改變得參數如表一所列，Trial 1到Trial 4的結果如圖 2-8 (b)，其中以Trial 1 中 $\theta_{ff}$ 為零的值做歸一化。所以可以看出在 $\theta_{ff}$ 為零時Trial 4的值為Trial 1的9.6倍，至於總發光量為1.6倍，大大的增進了出光效率。另外在圖 2-8 (c) 是比較不同基板材料，可以看出 $\theta_{ff}$ 為零時Trial 6的值為Trial 1的1.6倍，至於總發光量為3.0倍。其他參數的改變和結果由表一可以清楚看出。

至於利用 PC 當基板是因為其折射率約 1.59，比玻璃基板高，可以將困在 ITO 和有機層的光多導出來，而在 PC 基板上利用 Epoxy 做透鏡材料，和平面的 PC 基板比較可以將總出光量增進 3 倍。如期望一樣的非等向性發光體在缺乏顯著的