

## 第五章 結論

由於在可見光區 ITO 有著較 Ni/Au 薄膜金屬電極更加的透光率，因此我們以磁控濺鍍法在室溫下製作 ITO 薄膜並研究其退火後的薄膜結構與光性、電性的影響。並且使用蒸鍍 Ni 50A 進行氧氣環境下快速熱退火形成氧化鎳(NiO)做為 ITO 與 P 型氮化鎵的介層，改善其接觸電阻。並且將此方法應用在氮化鎵 LED 元件上觀察其 L-I-V 的特性，得到以下的結論：

對於 ITO 薄膜的研究：

1. 隨著入射功率的增加，ITO 的片電阻亦隨之下降，而濺鍍過程中通入氧氣在我們的實驗結果上發現有著較高的阻直並且對光性並沒有幫助，所以在本實驗室的製作條件上選擇入射功率 150W，厚度為 2000A，所量測片電阻值為  $23.76\Omega/\text{sq.}$ 。
2. 由實驗中發現在退火的條件上，我們使用氮氣、氧氣、forming gas 以及空氣環境下退火，發現使用氮氣的效果最佳，其片電阻值在  $600^{\circ}\text{C}$  30 秒退火後可以得到最低的值為  $12.18\Omega/\text{sq.}$ ，透光度在 80% 以上。
3. 從 XRD 的分析上觀察得知 ITO 薄膜的結晶擇優取向對於電性會產生影響，室溫下濺鍍出的 ITO 薄膜為非晶結構。在氮氣環境下退火 ITO 薄膜是以(222)為擇優取向，對於降低電阻率有幫助，而在含氧的氣氛中退火則會以(400)為擇優取向，將會升高薄膜的電阻率。並且退火過後的薄膜透光性會提升亦是因為薄膜由非晶變為多晶結構。
4. 經過霍爾量測的結果發現，由氮氣退火過的 ITO 薄膜將有效的提升載子濃度，並且使得光學吸收端因此而較退火前的試片有往紫外光區移動的現象。

透明電極應用於 P 型氮化鎵接觸與發光二極體上

1. 我們使用電子束蒸鍍 Ni/Au 薄膜厚度為 50/50A，在氮氣環境下由爐管退火 5 分鐘，得到的透光度為 60%，而與 P 型氮化鎵的得到比接觸電阻值為  $2.34 \times 10^{-2} \Omega\text{-cm}^2$ 。

2. 利用氧化鎳做為介層，可以有效改善 ITO 與 P 型氮化鎵的表面接觸特性；使用 RTA 在 350°C 1 分鐘氧氣環境下形成 NiO，在 ITO 濺鍍上去後即為歐姆接觸，其比接觸電阻值為  $3.26 \times 10^{-2} \Omega\text{-cm}^2$ 。在 550°C 其餘條件相同下更進一步改善接觸特性，其比接觸電阻值為  $2.26 \times 10^{-3} \Omega\text{-cm}^2$ 。
3. 我們將選擇的條件應用在發光二極體的元件製作上，得到使用 NiO/ITO 與使用 Ni/Au 當作透明電極，幾乎擁有相同的啓動電壓，其元件的操作阻值分別為 47.8Ω 與 42.4Ω，並且得到增加 50% 的輸出光強。
4. 透過 SEM 的觀察與相較於單獨使用 ITO 所得到的 40% 輸出光強增加，ITO 的表面粗化處理對於光強的輸出可以有效的提升。

