

## 具有奈米級圖形化基板之高效率節能氮化鎵系發光二極體

國立成功大學 電機系微電子工程研究所

碩士班二年級：張宇志 碩士班一年級：蔡宗杰

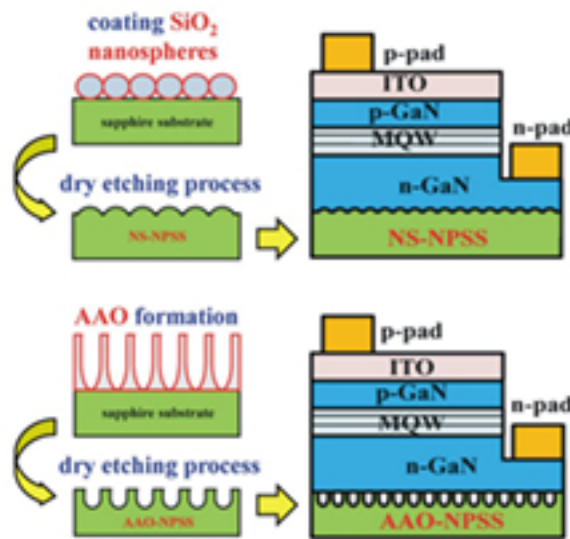
指導教授：劉文超 教授

## 創意重點

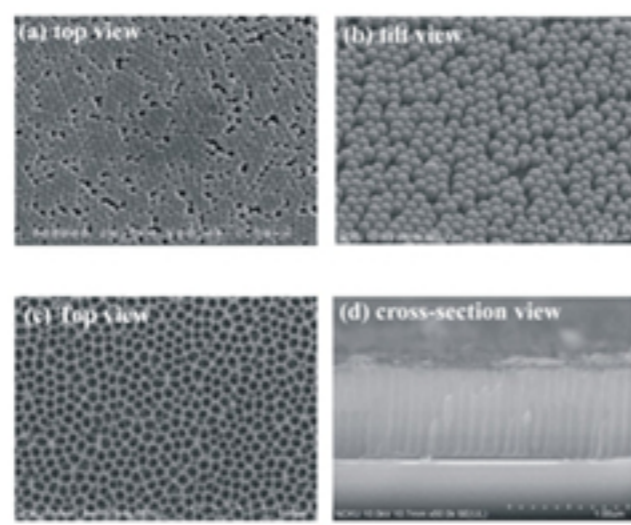
基於環保與節能之訴求，LED近年來已蓬勃發展。但是由於氮化鎵與基板間材料的差異，導致氮化鎵LED在成長過程中，會產生大量的缺陷而降低發光效率。有鑑於此，本主題將運用具有自組裝特性的二氧化矽奈米球與陽極氧化鋁薄膜製作奈米級圖形化基板。並利用這些奈米級圖形化基板減少缺陷的形成，改善磊晶品質，減少主動區中非輻射復合，進而優化氮化鎵LED之性能，有效改善光電轉換效率，以達到節能減碳的需求，於照明市場上相當具有發展潛力。

## 創意成果

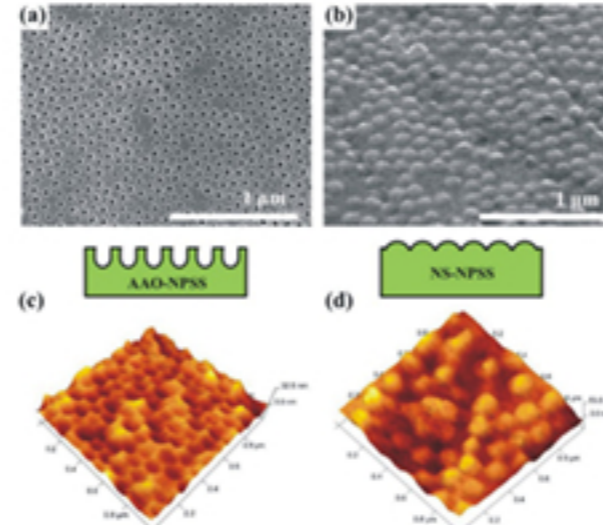
本團隊的研究創意如圖一簡易流程圖所示，即是利用高寬比大且具有約80nm的陽極氧化鋁(AAO)以及粒徑約100 nm 左右的二氧化矽奈米球，以此兩種奈米結構當作蝕刻遮罩，利用離子耦合電漿乾蝕技術來製作具有奈米級圖形化基板的發光二極體。圖二為奈米結構製作於藍寶石基板(PSS)上的SEM圖，皆可以看到奈米球以及AAO形成均勻且單層的六角緊密堆積結構和均勻的蜂巢狀孔洞。而經由電漿乾蝕刻AAO以及奈米球所製出的奈米級圖形化基板(AAO-PSS、NS-PSS)，可以由圖三的SEM()及AFM看出其表面型態具有相當均勻規律的圖形化結構。圖四(a)、(b)、(c)分別為氮化鎵磊晶層成長於平的藍寶石基板、以及利用二氧化矽奈米球與陽極氧化鋁製作的奈米圖形化基板的TEM圖，從圖中可以直接地看出來在有使用奈米級圖形化基板的元件中，氮化鎵磊晶層中的線差排有部分彎曲且消失的現象發生。圖五(a)、(b)分別為光激發光頻譜圖(PL)及X光繞射分析圖(XRD)，可看出具有奈米圖形化基板的元件B及元件C的波峰值皆具有明顯的藍移，此乃因磊晶層間的應力受到釋放而造成的，此外在半高寬也有明顯的降低，以上的結果都證實了氮化鎵層磊晶品質的改善。



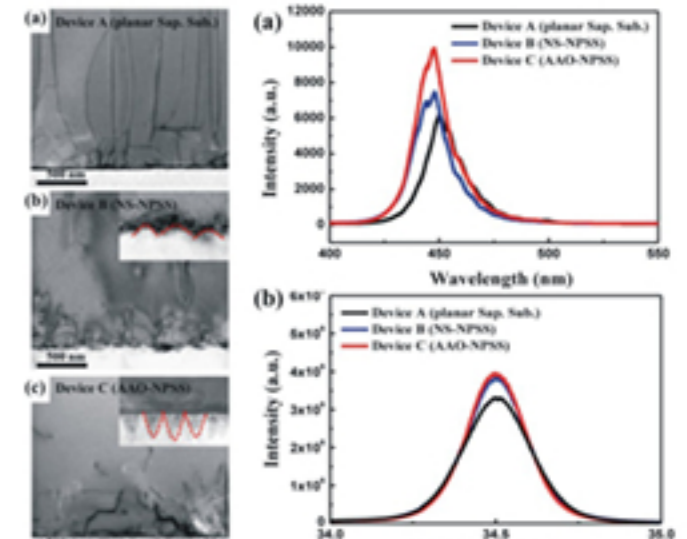
圖一



圖二



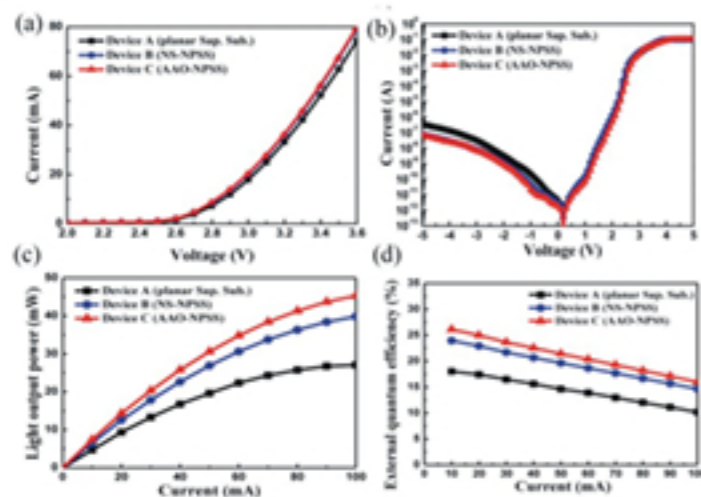
圖三



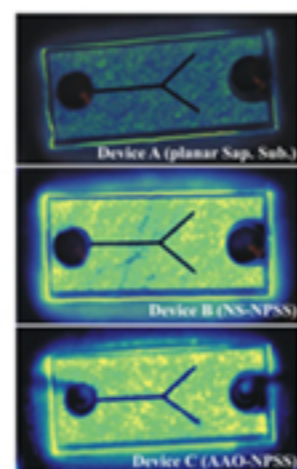
圖四

圖五

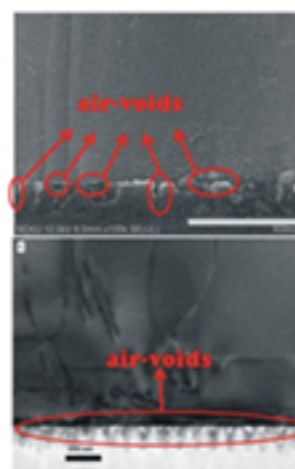
圖六(a)、(b)為元件的電流-電壓特性曲線圖，除了在20毫安培操作電流下，元件B與C的導通電壓有明顯的降低外，在-5V時的漏電流也有明顯的改善，以上結果再次了證明使用奈米級圖形化基板可以有效改善磊晶品質，減少線差排缺陷所造成的漏電流路徑。另外在圖六(c)光輸出功率方面，元件B及C皆有34%以及52%的改善，此外在經由計算在外部量子效率部分，如圖六(d)，元件B及C亦有31%以及43%的提升，而圖七為0.05mA低電流下的LED發光圖，很明顯的可看出元件C是最亮的，以上皆證實了奈米級的圖形化基板可有效地降低氮化鎵磊晶層中的線差排密度，大幅提升磊晶品質，減少非輻射復合的產生，進而改善氮化鎵系發光二極體的發光效率。另外，值得一提的是採用陽極氧化鋁圖形化基板具有最佳的光輸出功率與外部量子效率，如圖八所示，主要是因為利用陽極氧化鋁製作的圖形化基板，與氮化鎵磊晶層的交界面有較多的空氣孔洞(air voids)產生，因此利用折射率的差異，空氣孔洞可以有效的將光子散射，提升光取出效率。而圖九為本團隊，利用自製的LED進行封裝後的元件，並應用在緊急出口指示燈以及自行製作的LED看板，在現今市場上，由於發光二極體體積小、製造成本持續降低且亮度不斷提高，加上環保以及省電等優點，使得發光二極體在一般照明市場應用得以大幅度擴張。



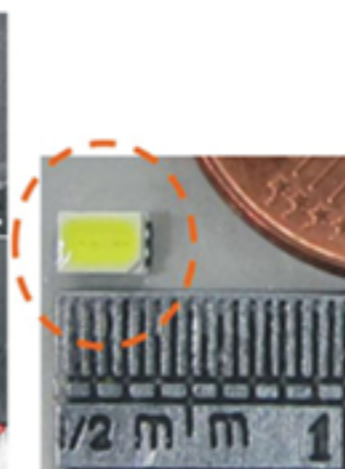
圖六



圖七



圖八



圖九

## 創意心得

本次創意利用奈米球以及陽極氧化鋁製作具有奈米級的圖形化基板的LED，有效的改善了線差排的缺陷，並大幅度的提升發光效率且因具備製成簡單、品質穩定、成本低廉、且適合大量工業製造等優點，在未來發展上相信會具有極大的潛力。此外在就學期間，當我們提出此創意構想後，相當感謝老師不遺餘力的從旁協助，並給予建言，讓我們在面對任何困難時，得以順利克服並化解。

