

# P型氮化鎵活化技術的探討

賴兆勇、黃俊達

E-mail: 9314906@mail.dyu.edu.tw

## 摘要

目前學術界，及工業界活化P-GaN的方式大多是以傳統爐管CFA的方式，升溫到700~900度左右，但高溫對元件後續製程是一大傷害，而本論文是以PECVD (plasma enhanced chemical vapor deposition；電漿輔助化學氣相沉積)，分別改變功率、N<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>的比例再加上基板升溫到640度兩種機制活化P-GaN。活化機制是以電漿的強大電場及熱的能量打斷Mg-H共價鍵，以提升電洞濃度，降低電阻率以助於歐姆接觸的製作，因而得到較佳的歐姆接觸。本研究以光激發光光譜量測來證明電漿活化是有效並比傳統爐管來得好，我們發現在640度電漿活化的峰值明顯比未活化和傳統爐管活化來得高，由此證明電漿活化是有效的並且比傳統爐管的效果好。接下來我們再嘗試低溫450度電漿活化發現比640度峰值低，由此可見溫度對活化製程來說也是一關鍵因素。但低溫450度電漿活化峰值比640度傳統爐管活化還來得高，因此低溫活化製程仍具可行性。實驗結果得到電漿功率在100W時，得到的濃度最高為6.62X10<sup>16</sup>cm<sup>-3</sup>，故我們再固定功率，改變N<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>的比例，得到在N<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>=50:30時得到最高濃度2.44X10<sup>17</sup>cm<sup>-3</sup>及最低電阻率4.37ohm-cm，此結果已達到目前學術研究及業界量產的水準。接下來再嘗試用低溫活化，把溫度降到450度，同樣在N<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>=50:30時得到最高濃度1.7X10<sup>17</sup>cm<sup>-3</sup>及電阻係數6.37ohm-cm，所得的結果和640度高溫活化相差不遠，以半導體製程來說，能把製程溫度降低不論在成本上考量及未來元件穩定度上均是一大利多。

關鍵詞：P型氮化鎵；電漿；活化；霍爾

## 目錄

目錄封面內頁 簽名頁 授權書	iii
iv 英文摘要	vi
vii 目錄	viii
x 表目錄	xii
1 1.1 氮化鎵材料的發展	1
1.1.2 目前活化技術簡介	5
2 第二章 理論	5
2.1 半導體歐姆接觸的原理	5
2.2 傳輸線模型理論	6
2.3 光激發光光譜量測	8
2.4 霍爾量測	8
3 第三章 實驗方法及量測	10
3.1 氮化鎵薄膜沉積	10
3.2 試片清洗	11
3.3 電漿活化	13
3.4 表面處理	13
3.5 微影製程	14
3.6 歐姆接觸製作與合金	16
4 第四章 結果與討論	16
4.1 表面處理的比較	16
4.2 PL量測	17
4.3 瓦數改變	17
4.4 改變O <sub>2</sub> 流量640度活化	18
4.5 改變N <sub>2</sub> 流量640度活化	19
4.6 改變O <sub>2</sub> 流量640度活化再退火30分鐘	20
4.7 改變O <sub>2</sub> 流量450度活化	20
5 第五章 結論	22
22 參考文獻	22
23 附錄	25
25 圖目錄	25
25 圖2.1 P型半導體歐姆接觸示意圖	25
25 圖2.2 CTLM電極圖形	25
25 圖2.3 CTLM電阻值和電極間距關係圖	26
26 圖3.1 有機金屬化學氣相沉積系統(Metal organic chemical vapor deposition, MOCVD)系統簡圖	27
27 圖3.2 金屬與P型氮化鎵界面有無氧化層之能帶圖	27
27 圖3.3 蒸鍍金屬後試片的剖面圖及俯視圖	28
28 圖4.1 表面處理溶液之I-V曲線圖的比較圖	29
29 圖4.2 表面處理溶液之接觸電阻 c的比較圖	29
29 圖4.3 比較未活化、電漿活化、CFA活化之PL圖	30
30 圖4.4 表較未活化、電漿活化、CFA活化之載子濃度與電阻 係數關係圖	30
30 圖4.5 表較未活化、電漿活化、CFA活化與接觸電阻 c的關係圖	31
31 圖4.6 射頻功率和載子濃度、電阻係數的關係圖	32
32 圖4.7 c和射頻功率的關係	32
32 圖4.8 改變O <sub>2</sub> 流量，640度電漿活化和載子濃度、電阻係數的關係圖	33
33 圖4.9 改變O <sub>2</sub> 流量，640度電漿活化和接觸電阻 c的關係圖	33
33 圖4.10 改變N <sub>2</sub> 流量、電漿活化640度和載子濃度、電阻係數的關係圖	34
34 圖4.11 改變N <sub>2</sub> 流量、電漿活化640度和接觸電阻 c的關係圖	34

阻 c的關係圖 . . . . .	34	圖4.12 改變O2流量，640度電漿活化再退火30分鐘和載子濃度、電阻係數關係圖 . . . . .	35
圖4.13 改變O2流量，640度電漿活化再退火30分鐘與接觸電阻 c關係圖 . . . . .	36	圖4.14 改變O2流量，450度電漿活化和載子濃度、電阻係數的關係圖 . . . . .	36
圖4.15 改變O2流量，450度電漿活化和接觸電阻 c的關係圖 . . . . .	36	表目錄表1.1 氮化鎵材料參數表 . . . . .	37
表3.1 P-GaN金屬接觸電阻參數表 . . . . .	38	表4.1 改變瓦數之參數表 . . . . .	39
表4.2 改變O2流量，640度電漿活化之參數表 . . . . .	39	表4.3 改變N2流量，電漿活化640度之參數表 . . . . .	40
表4.4 改變O2流量，640度電漿活化，再退火30分鐘之參數表 . . . . .	40	表4.5 改變O2流量，450度電漿活化之參數表 . . . . .	41

**參考文獻**

[1] S. Nakamura, T. Mukai, and M. Senoh, Appl.Phys.Lett. 64,1687 (1994).  
[2] S. Nakamura, M. Senoh, S.Nagahama, N. Iwasa, T.yamada, T. Matsushita, H. Kiyoku, Y. Sugimoto, T. Kozaki, H. Umemoto, M.Sano, and K. chocho, Appl.Phys.Lett. 72,2014(1998).  
[3] M. Asif Khan, J. N. Kuznia, D. T. Olson, J. M. Van Hove, M. Blasingame, and L. F.Reitz, Appl. Phys. Lett. 60, 285 9 (1993) [4] Strategies Unlimited,Gallium Nitride-Technology Status and Applications Analysis pp.3, March (1997).  
[5] Strategies Unlimited,Gallium Nitride-Technology Status and Applications Analysis pp.21, March (1997).  
[6] S. Nakamura, T. Mukai , M. Senoh , and N. Iwasa, Jpn. J.Appl. Phys.Part2 31,L139(1992) [7] S.J.Chang , Y.K.Su , T. L. Tasi , C.Y.Chang ,Appl. Phys,Vol.78.No.3,15 January 2001 [8] H. Amano, M. Kito, K. Hiramatsu, and I. Akasaki , Jpn. J.Appl. Phys.Part 2 28.L2112(1989).  
[9] Dieter K. Schroder, “ Semiconductor Material and Device Characterization 2nd ed. ” pp.140(1998).  
[10] Dieter K. Schroder, “ Semiconductor Material and Device Characterization 2nd ed. ” pp.157(1998).  
[11] Sze, S. M., Physics of Semiconductor Devices, 2nd ed., Taipei, John Willey & Sons, p.683-688, 1983.  
[12] S. Nakamura, N. Iwasa, M. Senoh, and T. Mukai , Jpn. J.Appl. Phys.Part1 31,1258(1992).  
[13] Sang-Woo, Ji-Myon Lee, Chul Huh, Nae-Man Park, Hyun-Soo Kim,Appl. Phys. Lett, Vol. 76 No 21,22 May 2000 [14] Jong Lam Lee, M. Weber, J. K. Kim, J. W. Lee, Y. J. Park,T. Kim, K.Lynn,Ohmic contact formation mechanism of nonalloyed Pd contacts to p type GaN observed by position an nihlation spectroscopy, Appl. Phys. Lett Vol.74,pp.2289.