

ITO/Ti/GaN接觸電極的特性探討

林志仲、黃俊達

E-mail: 9314904@mail.dyu.edu.tw

摘要

在本實驗過程中，射頻濺鍍(sputtering)系統將ITO材料濺鍍於石英玻璃上，並改變濺鍍參數(入射功率與氧氣流量比例)，研究薄膜的電學與光學的特性。並利用黃光微影製程得到我們所需要的CTLM及指叉狀電極圖樣，再用Sputter和E-gun鍍上所需要的金屬結構，之後再以不同的溫度退火，找出最佳的實驗參數。而我們得到的最佳製程參數為：以30 W射頻功率鍍膜通入純氬氣流量110 sccm，系統總壓力為10 mTorr，基板溫度為200 °C，可以得到片電阻值32.5 Ω/\square 的透明導電氧化物ITO薄膜，600 °C的熱退火後獲得最低的片電阻值28.7 Ω/\square 。同時，我們兼顧薄膜的穿透率在可見光波段維持平均而言80 % 以上的水準，故我們製作了ITO/n-GaN、ITO/Ti/n-GaN結構以形成歐姆接觸(ohmic contact) 並且製作了指叉狀光導式光檢測器(photoconductor) 來嘗試透明導電材料的應用。我們獲得ITO/n-GaN 歐姆接觸之特徵接觸電阻值為4.2x10⁻⁶ $\Omega\text{-cm}^2$ ，氮氣下熱退火600 °C 15分鐘後可得特徵接觸電阻值為2.9x10⁻⁶ $\Omega\text{-cm}^2$ 是本實驗所得最佳值。ITO/n-GaN之光導式光檢測器特性，獲得在外加偏壓5V，照光波長366nm時的光響應度為325 A/W，量子效率為1.1%。

關鍵詞：氮化鎵；銻錫氧化物；射頻濺鍍

目錄

目錄 封面內頁 簽名頁 授權書	iii
iv 英文摘要	v
vi 目錄	vii
ix 表目錄	
xi 第一章 緒論	1
1 第二章 理論	
4 2-1 金屬/半導體接觸之原理	4
4 2-2 傳輸線模型理論	
7 第三章 實驗方法及量測	11
11 3-1 氮化鎵薄膜之製備	
12 3-2-1 樣品清洗	12
12 3-2-2 微影(Lithography)	
13 3-2-3 金屬沉積	14
14 3-2-4 剝離(Lift-off)製程	
15 3-2-5 熱處理(Annealing)	16
16 3-3-1 膜厚與片電阻量測	17
17 3-3-2 霍爾量測(Hall measurement)	
17 3-3-3 電性量測	18
18 3-3-4 穿透率量測	
18 3-3-5 化學分析電子儀分析or X光光電子能譜圖	19
19 3-3-6 歐姆接觸之AES縱深分析	20
20 第四章 結果與討論	21
21 4-1 ITO薄膜的濺鍍量測結果	
21 4-2 熱處理對ITO/Ti/n-GaN接觸之影響	
23 4-3 不同結構Ti/GaN、ITO/n-GaN、ITO/Ti/GaN之接觸特性	
25 4-4 熱處理對ITO/n-GaN接觸之影響	26
26 4-5 雜質摻雜濃度對ITO/n-GaN接觸之影響	
27 4-6 光導式光檢測器之一般特性	27
30 參考文獻	32
32 圖目錄	
35 圖2-1 金屬與n型半導體接觸能帶圖	35
37 圖2-2 金屬/半導體界面之電流傳輸機制	37
37 圖2-3 傳輸線模型之圖案結構	38
38 圖2-4 TLM電阻值和電極間距關係圖	39
39 圖3-1 金屬-半導體-金屬光檢測器俯視圖	39
39 圖3-2 試片結構示意圖	40
40 圖3-3 微影及蝕刻製程示意圖	41
41 圖4-1 射頻濺鍍功率-膜厚曲線圖	42
42 圖4-2 射頻濺鍍功率-穿透率曲線圖	42
42 圖4-3 退火400 °C前後射頻濺鍍功率-穿透率峰值曲線圖	43
43 圖4-4 不同氧氣流量下的ITO薄膜之傳輸光譜	43
43 圖4-5 退火400 °C後不同氧氣流量下的ITO薄膜之傳輸光譜	44
44 圖4-6 退火400 °C前後的ITO薄膜之傳輸光譜	44
44 圖4-7 退火400 °C前後不同氧氣流量下ITO薄膜之片電阻值	45
45 圖4-8 熱退火前後不同氧氣流量時的薄膜穿透率峰值	45
45 圖4-9 不同退火溫度下的薄膜片電阻曲線圖	
46 圖4-10 ITO/Ti(2nm)/n-GaN 接觸經過不同溫度熱退火30 sec後之電流-電壓曲線圖	
47 圖4-11 ITO/Ti(10nm)/n-GaN 接觸經過不同溫度熱退火30 sec後之電流-電壓曲線圖	
47 圖4-12 在濺鍍ITO之前，鍍上Ti做預先退火處理之電流-電壓曲線圖	

.....48 圖4-13 ITO/Ti/n-GaN接觸基板加溫之電流-電壓曲線圖.....	48 圖4-14 ITO/Ti/n-GaN
接觸之AES縱深分析圖.....	49 圖4-15濺鍍ITO基板加溫時ITO/Ti/n-GaN接觸之AES縱深分析圖.....
.....	49 圖4-17 三種不同結構之電流-電壓曲線圖.....
50 圖4-18	GaN經電漿處理之AES表面分析圖.....
50 圖4-19 GaN經電漿處理後的氮原子(N)之ESCA表面分析圖.....	51
圖4-20 GaN經電漿處理後的氧原子(O)之ESCA表面分析圖.....	51 圖4-21 三種不同結構之CTLM量測.....
.....	52 圖4-22 ITO/n-GaN接觸基板加溫之電流-電壓曲線圖.....
53 圖4-23 不同溫度熱退火15分鐘後, ITO/n-GaN之	電流-電壓曲線圖.....
53 圖4-24 在不同退火時間下, ITO/n-GaN接	觸退火600 之電流-電壓曲線圖.....
54 圖4-25 ITO/n-GaN接觸在不同摻	雜濃度下之電流-電壓曲線圖.....
54 圖4-26 ITO/n-GaN光導式光檢測器在不同照光波長下之電流電壓 曲線圖.....
55 圖4-27 ITO/n-GaN光導式光檢測器在不同照光波長下之響應度曲 線圖.....
55 圖4-28 ITO/n-GaN光導式光檢測器在不同照光波長下量子效應與 電壓	之曲線圖.....
56 表目錄 表1. 各種金屬材料之功函數.....
36 表2. 濺鍍製程之最佳參數.....	46 表3. 不同結構之接觸電阻參數.....
.....	52

參考文獻

- 參考資料 [1] S. Nakamura, T. Mukai, and M. Senoh, Appl. Phys. Lett. Vol.64, pp.1687 (1994).
- [2] S. Nakamura, M. Senoh, S. Nagahama, N. Iwasa, T. Yamada, T. Matsushia, H. Kiyoku, Y. Sugimoto, T. Kozaki, H. Umemoto, M. Sano, and K. Chocho, Appl. Phys. Lett. Vol72, pp.2014 (1998).
- [3] S. Strite and H. Morkoc, J. Vac. Sci. Technol. B10, 1237 (1992).
- [4] M. A. Khan, J. N. Kuznia, A. R. Bhattarai, and D. T. Olson, Appl. Phys. Lett. 63,1214 (1993) [5] M. A. Khan, J. N. Kuznia, A. R. Bhattarai, and D. T. Olson, Appl. Phys. Lett. 62,1786 (1993) [6] J. Pankove, S.S. Chang, H.C. Lee, R.J. Molnar, T.D Moustakas, B. Van. Zeghbroeck, IEDM. 94,389(1994) [7] J. S. Foresi and T. D. Moustakas, Appl. Phys. Lett. 62, 2859 (1993).
- [8] M. E. Lin, Z. Ma, F. Y. Huang, Z. F. Fan, L. H. Allen, and H. Morkoc, Appl. Phys. Lett. 64, 1003 (1994).
- [9] S. Ruvimov, Z. Liliental-Weber, J. Washburn, Z. F. Fan, S. N. Mohammad, W. Kim, A. E. Botchkarev, and H. Morkoc, Appl. Phys. Lett. 69, 1556 (1996).
- [10] J. D. Guo, C. I. Lin, M. S. Feng, F. M. Pan, G. C. Chi, and C. T. Lee, Appl. Phys. Lett. 68, 235 (1996).
- [11] C. T. Lee, M. Y. Yeh, C. D. Tsai, and Y. T. Lyu, J. Electron. Mater. 26, 262 (1997).
- [12] B. P. Luther, S. E. Mohny, and T. N. Jackson, Semicond. Sci. Tech. 13, 1332 (1998).
- [13] Y. F. Wu, W. N. Jiang, B. P. Keller, S. Keller, D. Kopolnek, S. P. Denbaars, U. K. Mishra, and B. Willson, Solid-State Electron. 41, 165 (1997) [14] J. K. Sheu, Y. K. Su, G. C. Chi, M. J. Jou, and C. M. Chang, Appl. Phys. Lett., vol. 72, pp. 3317—3319, June (1998).
- [15] F. Braun, Annal. Phys. Chem. 153, 556 (1874).
- [16] W. Schottky, Naturwissenschaften 26, 843 (1938).
- [17] G. K. Reeves, and H. B. Harrison, IEEE Electron Device Lett. EDL-3, 111 (1982).
- [18] Gregory. S. Marlow, and Mukunda B. Das, Solid-State Electron. Vol. 25, No. 2, pp. 91-94 (1982).
- [19] V. Ya. Niskov, and G. A. Kubetskii, Sov. Phys. Semicond. 4, 1553 (1971).
- [20] W. G. Bickley, Bessel Functions, pp. 220-255, University Press, Cambridge (1960).
- [21] S. M. Sze, Semiconductor Devices Physics and Technology, John Wiley & Sons Inc., 417-420(1985) [22] R.N. Joshi, V.P. Singh, J.C. McClure, Thin Solid Films, 257, 32-35 (1995).
- [23] J. E. Byrne, Recovery Recrystallization and Grain Growth, Macmillan Publishing, (1965).
- [24] T. Minami, T. Kakumu, K. Shimokawa and S. Takata, Thin Solid Films, 317, 318-321(1998) [25] D. W. Jenkins, and J. D. Dow, Phys. Rev. B 39, 3317 (1989).
- [26] J. K. Sheu, Y. K. Su, G. C. Chi, M. J. Jou, C. M. Chang, Appl. Phys. Lett. 72, 3317(1999).
- [27] J. K. Sheu, Y. K. Su, G. C. Chi, M. J. Jou, C. M. Chang, and C. C. Liu, Solid-State Electron. Vol. 43, 2081-2084 (1999).
- [28] Chang-Da Tsai, Ching-Hung Fu, Yow-Jon Lin and Ching-Ting Lee, Solid-State Electron, 43, 665-670(1999).
- [29] T. Margalith, O. Buchinsky, D. A. Cohen, A. C. Abare, M. Hansen, S. P. DenBaars and L. A. Coldren, Appl. Phys. Lett., 74, 3930-3932 (1999).
- [30] Pallab Bhattacharya, Semiconductor Optoelectronic Devices, second edition, Prentice-Hall International, Inc., 345-347(1997).