不同的濺射功率對 ITO/p-GaN 的影響及其界面探討

藍志學、黃俊達

E-mail: 9509677@mail.dyu.edu.tw

摘 要

本實驗將改變不同的濺射功率，將ITO薄膜沉積在p-GaN的基板上。實驗發現，隨著濺射功率的增加，根據AES縱深分析，p-GaN的表面所產生的氮空缺(Nitrogen vacancy)將隨著濺射功率的增加而變多。氮空缺(Nitrogen vacancy)的產生造成表面的電子濃度增加，電子將會和p-GaN材料中的電洞因為補償效應(Compensation effect)的影響使得ITO和p-GaN的接觸電阻值變大，最終使得表面反轉成N型，因此I-V曲線將由準歐姆(Quasi-Ohmic)曲線逐漸變成類似二極體的曲線。C-V量測也可以證明，在低的濺射功率下沒有造成表面反轉的現象，因此沒有電容值，當隨著濺射功率的增加，表面將有反轉層的產生，電容值將隨著濺射功率的增加而變低。 接著利用快速熱退火系統(Rapid thermal annealing ；RTA)，分別在600°C、700°C及800°C氮氣環境下(20sccm)做退火處理。實驗發現當溫度上升至800°C時，元件的I-V曲線將會逐漸由二極體的曲線逐漸變成準歐姆(Quasi-Ohmic)曲線。說明當溫度上升至800°C時可以有效的填補氮空缺(Nitrogen vacancy)，使元件可以逐漸被修復至原來的I-V特性。

關鍵詞 : 氮化鎵，銦錫氧化物，射頻濺鍍 氮化鎵，銦錫氧化物，射頻濺鍍 氮化鎵，銦錫氧化物，射頻濺鍍

目錄

目錄 封面內頁 簽名頁 授權書. . . . . iii 中文摘要. . . . . iv 英文摘要. . . . . v 誌謝. . . . . vi 目錄. . . . . vii 圖目錄. . . . . ix 表目錄. . . . . xi 第一章 緒論. . . . . 1 第二章 基本理論. . . . . 4 2.1 金屬/半導體接觸之原理. . . . . 4 2.2 銦錫氧化物之電性. . . . . 7 2.3 濺鍍原理. . . . . 8 2.4 電漿原理. 8 2.5 薄膜沉積原理. . . . . 10 第三章 實驗方法及量測. . . . . 11 3.1 ITO薄膜製膜參數及步驟. . . . . 11 3.1.1鍍膜參數. . . . . 11 3.1.2 玻璃基板清洗. . . . . 12 3.2 ITO薄膜品質的量測與分析. . . . . 12 3.2.1 膜厚量測. . . . . 12 3.2.2 X-Ray繞射分析. . . . . 13 3.2.3 光學穿透率. . . . . 14 3.2.4 表面平坦度量測. . . . . 14 3.2.5 電阻矽數量測. . . . . 15 3.3 氮化鎵薄膜之製備. . . . . 15 3.4 金屬接觸之製作. . . . . 16 3.4.1 p型氮化鎵基板清洗. . . . . 16 3.4.2 歐姆接觸沉積及熱處理. . . . . 17 3.4.3 ITO金屬沉積及熱處理. . . . . 18 3.5 實驗量測. 18 3.5.1 電性量測. . . . . 18 3.5.2 AES縱深分析. . . . . 19 第四章 結果與討論. . . . . 20 4.1歐姆接觸電性量測結果. . . . . 20 4.2 ITO薄膜厚度、穿透率及電阻係數量測結果. . . . . . 20 4.3沒經過熱處理在不同濺射功率鍍上ITO/p-GaN 電性之 影響. . . . . 22 4.4熱處理對ITO/p-GaN之影響. . . . . 23 第五章 結論. . . . . 25 參考文獻. . . . . 45 圖目錄 圖2-1 金屬與n型半導體接觸能帶圖. . . . . 26 圖2-2 金屬/半導體界面之電流傳輸機制. . . . . 28 圖3-1 α-step量測方式示意圖. . . . . 29 圖3-2 X光繞射儀裝置圖. 29 圖3-3 PC量測實驗裝置圖. . . . . 30 圖 3-4 元件結構圖. . . . . 30 圖4-1 Ni/Au(5nm/5nm)改變不同退火溫度I-V圖. . . . . 31 圖4-2 Ni/Au(5nm/5nm)改變不同退火時間的I-V圖. . . . . . . 31 圖4-3不同?射功率下的沉積速率圖. . . . . 32 圖4-4 RF=140W時的AFM 3D圖. . . . . 32 圖4-5 RF=160W時的AFM 3D圖. . . . . 33 圖4-6 RF=180W時的AFM 3D圖. . . . . 33 圖4-7 RF=200W時的AFM 3D圖. . . . . 34 圖4-8不同濺射功率下的RMS值比較. . . . . 34 圖4-9不同?射功率下的穿透率圖. . . . . 35 圖4-10不同功率下的XRD分析比較圖. . . . . 35 圖4-11不同濺射功率下I(222)/I(400)的比值. . . . . 36 圖4-12不同功率下的電阻係數比較圖. . . . . 36 圖4-13不同?射功率的ITO在沒退火下的I-V圖. .

. . . . 37 圖4-14不同?射功率在沒退火時的漏電流比較. . . . . 37 圖4-15 RF=140W時的AES縱深分析. . . . . 38 圖4-16 RF=160W時的AES縱深分析. . . . . 38 圖4-17 RF=180W時的AES縱深分析. . . . . 39 圖4-18 RF=200W時的AES縱深分析. . . . . 39 圖4-19不同濺射功率下時的Ga/N比例. . . . . 40 圖4-20固定RF=140W時，比較有無熱處理的I-V圖. . . . . . 40 圖4-21固定RF=160W時，比較有無熱處理的I-V圖. . . . . . 41 圖4-22固定RF=180W時，比較有無熱處理的I-V圖. . . . . . 41 圖4-23固定RF=200W時，比較有無熱處理的I-V圖. . . . . . 42 圖4-24固定RF=140W時，比較有無經過熱處理之後的漏電流比較. . . . . 42 圖4-25固定RF=160W時，比較有無經過熱處理之後的漏電流比較. . . . . 43 圖4-26固定RF=180W時，比較有無經過熱處理之後的漏電流比較. . . . . 43 圖4-27固定RF=200W時，比較有無經過熱處理之後的漏電流比較. . . . . 44 表目錄 表一. 各種金屬材料之功函數. 32 表二. ITO薄膜參數. 27

參考文獻

[1] S. Nakamura and G. Fasol, The Blue Laser Diodes, Springer Heidelberg (1997).
[2] S. Nakamura, T. Mukai, and M. Senoh, " Candela-class high-brightness InGaN/AlGaN double-heterostrusture blue-light-emitting diodes, Appl. Phy. Lett. Vol.64, p.1687 (1994).
[3] S. Nakamura, M. Senoh, N. Iwasa, S. Nagahama, T. Yamada, and T. Mukai, " Superbright Green InGaN Single-Quantum-Well-Structure Light-Emitting Diode " , Jap. J. Appl. Phy. Vol.34, p.L1332(1995).
[4] T. Mukai, D. Morita, and S. Nakamura, " High-power UV InGaN/AlGaN double-heterostructure LEDs " , J. Cryst. Growth, Vol.189/190, p.778(1998).
[5] T. Mukai, H. Narimatsu, and S.Nakamura, " Amber InGaN-Based Light-Emitting Diodes Operable at High Ambient Temperature " , Jan. J. Appl. Phys. Vol.37, p.L479(1998).
[6] M. S. Shur, " GaN Based Transistors for High Power Applications " , Solid-State Electronics, Vol.42, p.2131(1998).
[7] M. A. Khan, J. N. Kuznia, A. R. Bhattarai, and D. T. Oslon, " Metal semiconductor field effect transistor based on sigle crystal GaN " , Appl. Phy. Lett. Vol. 62, p.1786 (1993).
[8] M. A. Khan, J. N. Kuznia, D. T. Olson, W. J. Schaff, J. W. Burm, and M. S. Shur, " Microwave performance of a 0.25um gate AlGaN/GaN heterostructure field effect transistor " , Appl. Phy. Lett. Vol. 64, p.1121 (1994).
[9] F. Ren, C. R. Abernathy, J. M. Van Hove, P. P. Chow, R. Hickman, J. J. Klaasen, R. F. Kopf, H. Cho, K. B. Jung, J. R. La Roche, R. G. Wilson, J. Han, R. J. Shul, A. G. Baca, and S. J. Pearton, " 300°C GaN/AlGaN Heterojunction Bipolar Transistor " , MRS Internet J. Nitride Semicond. Res. Vol.3,41(1998).
[10] G. S. Nakamura, " InGaN-based violet laser diodes " , Semicond. Sci. Technol. Vol.14, p.R27(1999).
[11] M. A. Khan, J. N. Kuznia, D. T. Olson, M. Blasingame, and A. R. Bhattarai, " Schottky barrier photodetector based on Mg-doped p-type GaN film " , Appl. Phys. Lett. Vol.63, p.2455(1993).
[12] S. Strite and H. Morkoc, J. Vac. Sci. Technol. B10, 1237 (1992).
[13] M. Asif Khan, J. N. Kuznia, D. T. Olson, J. M. Van hove, M. Blasingame, L. F. Reitz, " High-responsivity photoconductive ultraviolet sensors based on insulating single-crystal GaN epilayers " , Appl. Phys. Lett. Vol.60, p.2917(1992).
[14] Z. C. Huang, D. B. Mott, P. K. Shu, R. Zhang, J. C. Chen, D. K. Wickenden, " Optical quenching of photoconductivity in GaN photoconductors " , J. Appl. Phy. Vol.82, p.2707(1997).
[15] J. C. Carrano, T. Li, P. A. Grudowski, C. J. Eiting, R. D. Dupuis, J. C. Campell, " Comprehensive characterization of metal-semiconductor-metal ultraviolet photodetectors fabricated on single-crystal GaN " , J. Appl. Phy. Vol.83, p.6148(1995).
[16] Q. Chen, M. A. Khan, C. J. Sun, and J. W. Yang, " Visible-blind ultraviolet photodetectors based on GaN p-n junctions " , Electron. Lett. Vol.31, p.1781(1995).
[17] E. Monroy, E. Munoz, F. J. Sanchez, F. Calle, E. Calleja, B. Beaumont, P. Gibart, J. A. Munoz, F. Cusso, " High-performance GaN p-n junction photodetectors for solar ultraviolet applications " , Semicond. Sei. Technol. Vol.13, p.1042(1998).
[18] D. Walker, A. Saxler, P. Kung, X. Zhang, M. Hamilton, D. Jiaz, M. Razeghi, " Visible blind GaN p-i-n photodiodes " , Appl. Phys. Lett. Vol.72, p.3303(1998).
[19] E. Monroy, M. Hamilton, D. Walker, P. Kung, F. J. San-chez, M. Razeghi, " High-quality visible-blind AlGaN p-i-n photodiodes " , Appl. Phys. Lett. Vol.74, p.1171(1999).
[20] E. Monroy, F. Calle, E. Munoz, F. Omnes, P. Gibart, J. A. Munoz, " AlxGa1-xN:Si Schottky barrier photodiodes with fast response and high detectivity " , Appl. Phys. Lett. Vol.73, p.2146(1998).
[21] D. Walker, E. Monroy, P. Kung, J. Wu, M. Hamilton, F. J. Sanchez, J. Diaz, M. Razeghi, " High-speed, low-noise

metal-semiconductor-metal ultraviolet photodetectors based on GaN ” , Appl. Phys. Lett. Vol.74, p.762(1999) [22] E. Monroy, F. Calle, E. Munoz, and F. Omnes, “ Effects of Bias on the Responsivity of GaN Metal-Semiconductor-Metal Photodiodes ” , Phys. Stat. Sol. (a), Vol.176, p.157(1999).
[23] H. Jiang, N. Nakata, G. Y. Zhao, H. Ishikawa, C. L. Shao, T. Egawa, T. Jimbo, M. Umeno, “ Back-Illuminated GaN Metal-Semiconductor-Metal UV Photodetector with High Internal Gain ” , Jap. J. Appl. Phys. Vol.40, p.L505(2001).
[24] C. H. Chen, S. J. Chang, Y. K. Su, Senior Member,IEEE, G. C. Chi, J. Y. Chi, C. A. Chang, J. K. SHeu, and J. F. Chen, Member, “ GaN metal-semiconductor-metal ultraviolet photodetectors with transparent indium-tin-oxide Schottky contacts ” , IEEE photon. Technol. Lett. Vol.13, p.848(2001).
[25] H. Z. Xu, Z. G. Wang, M. Kawabe, I. Harrison, B. J. Ansell, C. T. Foxon, “ Fabrication and characterization of metal-semiconductor-metal (MSM) ultraviolet photodetectors on undoped GaN/sapphire grown by MBE ” , J. Crystal. Growth, Vol.218, p.1(2000).
[26] L. S. Yu, D. Qiao, L. Jia, S. S. Lau, Y. Qi, and K. M. Lau, Appl. Phys. Lett. 79, 4536(2001).
[27] S. Y. Kim, H. W. Jang, and J. L. Lee, Appl. Phys. Lett. 82, 61(2003).
[28] N. Biyikli, T. Kartaloglu, O. Aytur, I. Kimukin, and E. Ozbay, Appl. Phys. Lett. 79, 2838(2001).
[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(1999).
[30] D. W. Kima,*, Y. J. Sunga, J. W. Parkb, G. Y. Yeoma, Thin Solid Films 398 – 399 (2001) 87 – 92 [31] J. K. Sheu, Y. K. Su, G. C. Chi, M. J. Jou, and C. M. Chang , Appl. Phys. Lett. 72, 3317(1998).
[32] X. A. Cao, S. J. Peartona), A. P. Zhang, G. T. Dang, and F. Ren, R. J. Shul and L. Zhang, R. Hickman and J. M. Van Hove, Appl. Phys. Lett. Vol.75,p.2569 (1999) [33] X. A. Cao, S. J. Pearton, Senior Member, IEEE, G. T. Dang, A. P. Zhang, F. Ren, and J. M. Van Hove, TRANSACTIONS ON ELECTRON DEVICES ,IEEE, VOL. 47, NO. 7, JULY 2000 [34] F. Braun, Annal. Phys. Chem. 153, 556 (1874).
[35] W. Schottky, Naturwissenschaften 26, 843 (1938).
[36] J. K. Sheu ,Y. K. Su, G. C. Chia), W. C. Chen, C. Y. Chen, C. N. Huang, and J. M. Hong, Y. C. Yu, C. W. Wang, and E. K. Lin,J. Appl. Phy. Lett. Vol.83, p.3172 (1998).
[37] Jin-Kuo Ho,a) Charng-Shyang Jong, Chien C. Chiu, Chao-Nien Huang, and Kwang-Kuo Shih, J. Appl. Phys. Lett. Vol.86, p.4491 (1999).
[38] M. Hanzaz and A. Bouhdadaa), P. Gibart and F. Omne`s, J. Appl. Phys. Lett. Vol.92, p.13 (2002).
[39] K.N. Lee a, X.A. Cao a, C.R. Abernathy a,*, S.J. Pearton a, A.P. Zhang b, F. Ren b,R. Hickman c, J.M. Van Hove c, Solid-State Electronics 44 (2000) 1203±1208 [40] X. A. Cao, H. Cho, and S. J. Pearton, G. T. Dang, A. P. Zhang, and F. Ren, R. J. Shul and L. Zhang, R. Hickman and J. M. Van Hove, Appl. Phys. Lett. Vol.75,p.232 (1999) [41] D.G. Kent a, K.P. Lee a, A.P. Zhang b, B. Luo b, M.E. Overberg a, C.R. Abernathy a, F.Ren b,*, K.D. Mackenzie c, S.J. Pearton a, Y. Nakagawa d, Solid-State Electronics 45(2001) 467-470 [42] L. S. Yu, L. Jia, D. Qiao, S. S. Lau, J. Li, J. Y. Lin, and H. X. Jiang, TRANSACTIONS ON ELECTRON DEVICES ,IEEE, VOL. 50, NO.2, FEBRUARY2003 [43] D.L. Pulfrey a,*, G. Parish b, D. Wee b, B.D. Nener b, Solid-State Electronics 49(2005) 1969-1973 [44] Yow-Jon Lina! and Yow-Lin Chu, J. Appl. Phys. Lett. Vol.97, p.104904 (2005).
[45] Z.Z. Chen*, Z.X. Qin, Y.Z. Tong, X.M. Ding, X.D. Hu, T.J. Yu, Z.J. Yang,G.Y. Zhang, Physica B 334 (2003) 188 – 192 [46] Z.X. Qina,*, Z.Z. Chena, H.X. Zhanga,b, X.M. Dinga, X.D. Hua, T.J. Yua,Y.Z. Tonga, G.Y. Zhanga, Materials Science in Semiconductor Processing 5 (2003) 473 – 475