氮化鎵之金屬歐姆接觸及其MOS光檢測器特性之研究

楊國輝、黃俊達

E-mail: 229500@mail.dyu.edu.tw

摘 要

本論文的研究目標係以電漿濺鍍沉積的方式；製作出具有低電阻及高穿透率的Ti/GaN、ITO/Ti/GaN 歐姆接觸(ohmic contact)。

其次；我們使用低溫的液相沉積(liquid phase deposition；LPD)方法，將二氧化矽沉積於n型氮化鎵(n-type GaN)基材上，形成阻障層並製造出MOS的光檢測器，用以探討MOS的暗電流機制及其光學特性。

最後；利用兩階段快速退火的方式於純氧氣或空氣中，進行p型氮化鎵之鎂(Mg)原子活化，以提高其摻雜濃度和提高導電率。

本論文內容分為四大部份，分別敘述如下:

第一部份(第一章至第二章)：以電漿濺鍍沉積的方式，分別將鈦(Ti)及鈦/氧化銦錫(ITO)沉積於n型氮化鎵基材上形成良好的歐姆接觸， 其特定接觸電阻(specific contact resistance)分別為8.7×10-7Ω-cm2和3.2×10-6 Ω-cm2。在我們的研究裡，係採用射頻濺鍍系統將ITO沉積於n型氮化鎵基材上；形成良好的電流-電壓線性關係。這種方法有別於其他學者使用電子束蒸鍍沉積ITO，在他們的研究裡ITO與n-type GaN 的接觸具有能障高度(barrier height)為0.68 ev，形成蕭特基接觸。

第二部份(第三章)：利用低成本的液相沉積方法，將二氧化矽有效地沉積於n型氮化鎵基材上，我們以超飽和六氟矽酸(H2SiF6)為沉積二氧化矽的源頭，硼酸(H3BO3)做為控制沉積速率的溶液並獲得最高的二氧化矽沉積速率為50.5 nm/hr.

第三部份(第四章)：以液相沉積法來製作MIS的阻障層並應用在Al-gate/20nm LPD-SiO2/n-GaN和ITO-gate/LPD-SiO2/n-GaN之MOS紫外線光檢測器。Al-gate MOS的界面電荷密度(Dit)於未退火前為8.4×1011 cm-2 V-1. 於真空中800°C退火1小時後，其界面電荷密度降為1.75×1010 cm-2 V-1。電場強度為(4 MV/cm)時，暗電流(dark current)密度為4.41×10-6 A/cm-2。在照射波常長為366nm的紫外線時，其響應度(responsivity)是0.112 A/W。對我們的ITO-gate MOS而言，其光-暗電流比可達到104以上，其響應度(responsivity)為0.65 A/W。

第四部份(第五章)：使用兩階段快速退火(rapid thermal annealing；RTA)來活化p型氮化鎵薄膜的鎂?雜原子濃度，並與使用一般爐管退火方式(conventional furnace annealing；CFA)來做比較。兩階段快速退火為，第一階段是在氧氣或空氣中，於750°C下退火1分鐘。第二階段是在600°C下退火5分鐘。我們發現採用兩階段快速退火方式，可獲得較高的電洞濃渡及較低電阻的p型氮化鎵薄膜。

關鍵詞 : 氮化鎵、光檢測器、光電流

目錄

TABLE OF CONTENTS

List of Figures

List of Tables

參考文獻

[1] S. Nakamura, M. Senoh, N. Iwasa, and S. Nagahama, Jpn. J. Appl. Phys. 34 (1995) L797.
[2] S. Nakamura, T. Mokia, and M. Senoh, Appl. Phys. Lett. 64 (1994) 1689.
[3] S. Nakamura, M. Senoh, S. Nagahama, N. Iwasa, T. Yamada, T. Matsushita, Y. Sugimoto, and H. Kiyodo, Appl. Phys. Lett. 70 (1996) 868.
[4] E. Kaninska, A. Piotrowska, M. Guziewicz, S. Kasjaniuk, A. Bracz, E. Dynowska, M. D. Bremser, O. H. Nam, and R. F. Davis, Mater. Res. Soc. Symp. Proc. 449 (1997) 1055.
[5] J. D. Guo, C. I. Lin, M. S. Feng, F. M. Pan, G. C. Chi, and C. T. Lee, Appl. Phys. Lett. 68 (1996) 235.
[6] M. E. Lin, Z. Ma, F. Y. Huang, Z. F. Fan, L. H. Allen, and H. Morkoc, Appl. Phys. Lett. 64 (1994) 100.
[7] Zhifang Fan, S. Noor Mohammad, Wook Kim, ?zg?r Aktas, Andrei E. Botchkarev, and Hadis Morkoc, Appl. Phys. Lett. 68 (1996) 1672.
[8] J. K. Sheu, Y. K. Su, G. C. Chi, M. J. Jou, and C. M. Chang, Appl. Phys. Lett. 72 (1998) 3317.
[9] J. K. Sheu, Y. K. Su, G. C. Chi, M. J. Jou, and C. M. Chang, Solid-State Electronics 43 (1999) 2081.
[10] D. W. Jenkins and J. D. Dow, Phys. Rev. B 39 (1989) 3317.
[11] S. Nakamura, M. Senoh, N. Iwasa, and S. Nagahama, Jpn. J. Appl. Phys., Part 2 34L (1995) 797.
[12] S. J. Chang, W. C. Lai, Y. K. Su, J. F. Chen, C. H. Liu, and U. H. Liaw, IEEE J. Sel. Top. Quan. Electron., 8 (2002) 278.
[13] S. Nakamura, M. Senoh, S. Nagahama, N. Iwasa, T. Yamada, T. Matsushita, Y. Sugimoto, and H. Kiyodo, Appl. Phys. Lett. 70(1996) 868.
[14] J. S. Foresi and T. D. Moustakas, Appl. Phys. Lett. 82 (1993) 2859 .
[15] J. D. Guo, C. I. Lin, M. S. Feng, F. M. Pan, G. C. Chi, and C. T. Lee, Appl. Phys. Lett. 68 (1996) 235.
[16] M. E. Lin, Z. Ma, F. Y. Huang, Z. F. Fan, L. H. Allen, and H. Morkoc, Appl. Phys. Lett. 64 (1994) 1003.
[17] Z. Fan, S. N. Mohammad, W. Kim, ?. Aktas, A. E. Botchkarev, and H. Morkoc, Appl. Phys. Lett. 68 (1996) 1672.
[18] Y. K. Su, S. J. Chang, C. H. Chen, J. F. Chen, G. C. Chi. J. K. Sheu, W. C. Lai, and J. M. Tsai, IEEE Sensors Journal, 2 (2002) 366.
[19] J. K. Sheu, Y. K. Su, G. C. Chi, M. J. Jou, and C. M. Chang, Solid-State Electronics 43 (1999) 2081.
[20] D. W. Kim, Y. J. Sung, J. W. Park, G. Y. Yeom, Thin Solid Films, 87 (2001) 398.
[21] D. W. Jenkins and J. D. Dow, Phys. Rev. B 39 (1989) 3317.
[22] S. J. Fonash, S. Ashok, and R. Singh, Appl. Phys. Lett. 39 (1981) 423.
[23] M. J. Tsai, A. L. Fahrenbruch, and R. H. Bube, J. appl. Phys. 51 (1980) 2696.
[24] S. Nakamura, M. Senoh, N. Iwasa and S. Nagahama: Jpn. J. Appl. Phys. 34 (1995) L797.
[25] S. Nakamura, T. Mukai and M. Senoh: Jpn. J. Appl. Phys. 30 (1991) L1998.
[26] S. J. Chang, W. C. Lai, Y. K. Su, J. F. Chen, C. H. Liu and U. H. Liaw: IEEE J. Sel. Top. Quan. Electron. 8 (2002) 278.
[27] S. Nakamura, M. Senoh, S. Nagahama, N. Iwasa, T. Yamada, T. Matsushita, Y. Sugimoto and H. Kiyodo: Appl. Phys. Lett. 70 (1996) 868.
[28] S. Nakamura, M. Senoh, S. Nagahama, N. Iwasa, T. Yamada, T. Matsushita, H. Kiyoku and Y. Sugimoto: Jpn. J. Appl. Phys. 35 (1996) L74.
[29] C. K. Wang, R. W. Chuang, S. J. Chang, Y. K. Su, S. C. Wei, T. K. Lin, T. K. Ko, Y. Z. Chiou and J. J. Tang: Mater. Sci. & Eng. B 119 (2005) 25.
[30] C. T. Lee, H. W. Chen and H. Y. Lee, Appl. Phys. Lett. 82 (2003) 4304.
[31] T. Rotter, D. Mistele, J. Stemmer, F. Fedler, J. Aderhold, J. Graul, V. Schwegler, C. Kirchner, and M. Kamp and M. Heuken: Appl. Phys. Lett. 76 (2000) 3923.

[32] H. C. Casey, Jr., G. G. Fountain, R. G. Alley, B. P. Keller and Steven P. DenBaars: Appl. Phys. Lett. 68 (1996) 1850.
[33] Kevin Matocha, Ronald J. Gutmann and T. Paul Chow: IEEE Trans. Electron Devices. 50 (2003) 1200.
[34] S. J. Chang, Y. K. Su, F. S. Juang, C. T. Lin, C. D. Chiang and Y. T. Cherng: IEEE J. Quantum Electron. 36 (2000) 583.
[35] C. T. Lin, Y. K. Su, S. J. Chang, H. T. Huang, S. M. Chang and T. P. Sun: IEEE Photo. Technol. Lett. 9 (1997) 232.
[36] J. D. Hwang, G. H. Yang, W. T. Chang, C. C. Lin, R.W. Chuang and S.J. Chang: Microelectronic Engineering, 77 (2005) 71.
[37] C. J. Huang, Jiann-Ruey Chen and S.P. Huang: Mater. Chem. & Phys. 70 (2001) 78.
[38] J. S. Chou and S. C. Lee: Appl. Phys. Lett. 64 (1994) 1971.
[39] M. P. Houng, C. J. Huang, Y. H. Wang, N. F. Wang and W. J. Chang: J. Appl. Phys. 82 (1997) 5788.
[40] H. R. Wu, K. W. Lee, T. B. Nian, D. W. Chou, J. J. Huang, Y. H. Wang, M. P. Houng, P. W. Sze, Y. K. Su, S. J. Chang, C. H. Ho, C. I. Chiang, Y. T. Chern, F. S. Juang, T. C. Wen, W. I. Lee and J. I. Chyi: Mater. Chem. & Phys. 80 (2003) 329.
[41] D. W. Chou, K. W. Lee, J. J. Huang, H. R. Wu, Y. H. Wang, M. P. Houng, S. J. Chang and Y. K.Su: Jpn. J. Appl. Phys. 41 (2002) L748.
[42] K. W. Lee, D. W. Chou, H. R. Wu, J. J. Huang, Y. H. Wang, M. P. Houng, S. J. Chang and Y. K. Su: Electron. Lett. 38 (2002) 830.
[43] J. D. Hwang, Z. Y. Lai, C. Y. Wu and S. J. Chang: Jpn. J. Appl. Phys. 44 (2005) 1726.
[44] C. T. Lee, H. Y. Lee and H. W. Chen: IEEE Electron. Dev. Lett. 24 (2003) 54.
[45] X. A. Cao, H. Cho, S. J. Pearton, G. T. Dang, A. P. Zhang, F. Ren, R. J. Shul, L. Zhang, R. Hickman, and J. M. Van Hove: Appl. Phys. Lett. 75 (1998) 232.
[46] D. J. Fu, Y. H. Kwon, T. W. Kang, C. J. Park, K. H. Baek, H. Y. Cho, D. H. Shim, C. H. Lee and K. S. Chung: Appl. Phys. Lett. 80 (2002) 446.
[47] J. I. Pankove: Mater. Res. Soc. Symp. Proc. 162 (1990) 515.
[48] G. Parish, S. Keller, P. Kozodoy, J. A. Ibbetson, H. Marchand, P. T. Fini, S. B. Fleischer, S. P. DenBaars and U. K. Mishra: Appl. Phys. Lett. 75 (1999) 247.
[49] Q. Chen, J. W. Yang, A. Osinsky, S. Gangopadhyay, B. Lim, M. Z. Anwar, M. Asif Khan, D. Kuksenkov and H. Temkin: Appl. Phys. Lett. 70 (1997) 2277.
[50] P. Kung, X. Zhang, D. Walker, A. Saxler, J. Piotrowski, A. Rogalski and M. Razeghi: Appl. Phys. Lett. 67 (1995) 3792.
[51] H. C. Casey, Jr., G. G. Fountain, R. G. Alley, B. P. Keller and S. P. DenBaars: Appl. Phys. Lett. 68 (1996) 1850.
[52] K. Matocha, R. J. Gutmann and T. P. Chow: IEEE Trans. Electron Devices 50 (2003) 1200.
[53] S. J. Chang, Y. K. Su, F. S. Juang, C. T. Lin, C. D. Chiang and Y. T. Cherng: IEEE J. Quantum Electron. 36 (2000) 583.
[54] C. T. Lin, Y. K. Su, S. J. Chang, H. T. Huang, S. M. Chang and T. P. Sun: IEEE Photonics. Technol. Lett. 9 (1997) 232.
[55] J. D. Hwang, G. H. Yang, W. T. Chang, C. C. Lin, R. W. Chuang and S. J. Chang: Microelectron. Eng.77 (2005) 71.
[56] C. J. Huang, J. R. Chen and S. P. Huang: Mater. Chem. Phys. 70 (2001) 78.
[57] H. R. Wu, K. W. Lee, T. B. Nian, D. W. Chou, J. J. Huang, Y. H. Wang, M. P. Houng, P. W. Sze, Y. K. Su, S. J. Chang, C. H. Ho, C. I. Chiang, Y. T. Chern, F. S. Juang, T. C. Wen, W. I. Lee and J. I. Chyi:Mater. Chem. Phys. 80 (2003) 329.
[58] D. W. Chou, K. W. Lee, J. J. Huang, H. R. Wu, Y. H. Wang, M. P. Houng, S. J. Chang and Y. K. Su: Jn. J. Appl. Phys. 41 (2002) L748.
[59] M. L. Lee, J. K. Sheu, W. C. Lai, S. J. Chang, Y. K. Su, M. G. Chen, C. J. Kao, G. C. Chi and J. M. Tsai: Appl. Phys. Lett. 28 (2003) 2913.
[60] B. C. Hsu, S. T. Chang, T. C. Chen, P. S. Kuo, P. S. Chen, Z. Pei and C. W. Liu: IEEE Electron Device. Lett. 24 (2003) 318.
[61] Y. Z. Chiou, Y. K. Su, S. J. Chang, J. Gong, C. S. Chang, and S. H. Liu: J. Electron. Mater. 32 (2003) 395.
[62] J. D. Hwang, and C. C. Lin: Thin Silid Films, 491 (2005) 276.
[63] J. I. Pankove: Mater. Res. Soc. Symp. Proc. 162 (1990) 515.
[64] S. Arulkumaran, T. Egawa, H. Ishikawa, T. Jimbo, and M. Umeno: Appl. Phys. Lett. 73 (1998) 809.
[65] D. Fu, and T. W. Kang: Jpn. J. Appl. Phys. 41 (2002) L1437.
[66] C. T. Lee, H. Y. Lee, and H. W. Chen: IEEE Electron Device Lett. 24 (2003) 54.
[67] J. S. Chou and S. C. Lee, Appl. Phys. Lett. 64 (1994) 1971.
[68] C. J. Huang, M. P. Houng, Y. H. Wang, H. H. Wang, J. Appl. Phys. 86 (1999) 7151.
[69] J. D. Hwang, Gwo Huei Yang, Yuan Yi Yang and Pin Cuan Yao: Jpn. J. Appl. Phys. 44 (2005) 7913.
[70] S. Nakamura, M. Senoh, N. Iwasa, and S. Nagahama, Jpn. J. Appl. Phys. Part 2 Letter 34 (1995) L797-800 .
[71] S. Nakamura, T. Mokia, and M. Senoh, Appl. Phys. Lett. 64 (1994) 1689.
[72] S. Nakamura, M. Senoh, S. Nagahama, N. Iwasa, T. Yamada, T. Matsushita, Y. Sugimoto, and H. Kiyodo, Appl. Phys. Lett. 70 (1996) 868.
[73] D. W. Jenkins and J. D. Dow, Phys. Rev. B 39 (1989) 3317.
[74] J. I. Pankove: Mater. Res. Soc. Symp. Proc. (1990)160:515.
[75] S. W. Kim, J. M. Lee, Chul Huh, N. M. Park, H. S. Kim, I. H. Lee, and S. J. Park, Appl. Phy. Lett. 70 (2000) 3079.
[76] S. Nakamura, T. Mukai, M. Senoh, and N. Iwasa, Jpn. J. Appl. Phys. Part 2 Letter 31 (1992) L139-2.
[77] C. H. Kuo, S. J. Chang, Y. K. Su, L. W. Wu, J. K. Sheu, C. H. Chen and G. C. Chi, Jpn. J. Appl. Phys. Part 2 Letter 41 (2002) L112-5.
[78] H.C. Cheng, C.Y. Huang, F.S. Wang, K.H. Lin, F.G. Tarntair; Jpn. J. Appl. Phys. Part 2 Letter 39 (2000) L19-21.

[79] James D. Plummer, Michal D. Deal, Peter B. Griffin, Silicion VLSI technology, Prentice Hall, Inc. U.S.A.