

# 具有高深紫外線排斥率的奈米顆粒閘極氧化層氮化鎵金氧半紫外光檢測器

林兆俊、黃俊達

E-mail: 9606954@mail.dyu.edu.tw

## 摘要

本論文在GaN上製作出具有奈米顆粒及液相沉積閘極氧化層的紫外光檢測器。我們發現具有奈米顆粒閘極氧化層的紫外光檢測器與液相沉積閘極氧化層比較發現，具奈米顆粒閘極氧化層有較大的深紫外光排斥率(Rejection)，亦即254 nm的光電流遠低於366 nm的光電流；可能的機制是沉積閘極氧化層方法及顆粒大小的不同。本實驗利用RF濺鍍機台採用最佳參數RF Power為200瓦，將ITO薄膜這種具有透明導電的特性當做金屬-氧化物-半導體(MOS)的閘極電極，沉積在氮化鎵上，主要是因為ITO的高穿透率增加半導體對於光源的吸收面積及效率，並利用微影製程製作出MOS短波長的光檢測器，其中歐姆接觸的金屬為Ti/Al雙層合金。接著以深紫外光(366nm和254nm)光源照射，利用HP4155A測量未照光和照射深紫外光光源的I-V特性曲線發現，使用奈米顆粒閘極氧化層在366 nm及254 nm波長的排斥率為利用液相沉積閘極氧化層的排斥率高出277倍，進而與PECVD閘極氧化層的排斥率相比更高達349倍。奈米顆粒閘極氧化層的MOS光檢測器對於深紫外光(UV-A 366nm 及UV-C 254nm)具有相當好的檢測能力。奈米顆粒閘極氧化層的介面缺陷電荷密度為 $9.67 \times 10^{10} \text{cm}^{-2} \text{eV}^{-1}$ ，氧化層阻陷電荷為 $6.1 \times 10^{10} \text{cm}^{-2}$ 。奈米閘極氧化層之MOS光檢測器，在外加偏壓10V，照光波長為366nm及254nm時的光響應度分別為130.1mA/W及5.57mA/W，其量子效率分別為44.1%及2.72%。

關鍵詞：氮化鎵；濺鍍；奈米顆粒；金屬-氧化物-半導體；銻錫氧化物；排斥率

## 目錄

封面內頁 簽名頁 授權書.....	iii	中文摘要.....	iv	英文摘要.....	vi
誌謝.....	vii	目錄.....	viii	圖目錄.....	xi
錄.....	xiv	第一章 緒論.....	1	第二章 理論.....	5
錄.....	xiv	2.1 金屬/半導體接觸之原理.....	5	2.1 金屬/半導體接觸之原理.....	5
錄.....	xiv	2.2 金氧半二極體電性與介面態之原理.....	7	2.2.1 金氧半二極體電性之原理.....	7
錄.....	xiv	2.2.2 界面態對MOS的影響.....	11	2.3 銻錫氧化物之簡介及電性.....	13
錄.....	xiv	2.3 銻錫氧化物之簡介及電性.....	13	2.3.1 銻錫氧化物之簡介.....	13
錄.....	xiv	2.3.2 銻錫氧化物之電性.....	13	2.3.1 銻錫氧化物之簡介.....	13
錄.....	xiv	2.4 濺鍍原理.....	14	2.3.2 銻錫氧化物之電性.....	13
錄.....	xiv	2.5 電漿原理.....	15	2.4 濺鍍原理.....	14
錄.....	xiv	2.6 薄膜沉積原理.....	17	2.5 電漿原理.....	15
錄.....	xiv	第三章 實驗方法及量測.....	19	2.6 薄膜沉積原理.....	17
錄.....	xiv	3.1 氮化鎵薄膜之製備及步驟.....	19	第三章 實驗方法及量測.....	19
錄.....	xiv	3.1.1 氮化鎵薄膜製備.....	19	3.1 氮化鎵薄膜之製備及步驟.....	19
錄.....	xiv	3.1.2 n型氮化鎵基板清洗.....	20	3.1.1 氮化鎵薄膜製備.....	19
錄.....	xiv	3.2 金屬接觸之製作.....	20	3.1.2 n型氮化鎵基板清洗.....	20
錄.....	xiv	3.2.1 歐姆接觸沉積.....	20	3.2 金屬接觸之製作.....	20
錄.....	xiv	3.2.2 熱處理.....	22	3.2.1 歐姆接觸沉積.....	20
錄.....	xiv	3.2.3 微影 (Lithography).....	23	3.2.2 熱處理.....	22
錄.....	xiv	3.2.4 奈米顆粒(nano-particle)閘極氧化層之沉積.....	24	3.2.3 微影 (Lithography).....	23
錄.....	xiv	3.2.5 剝離(Lift-off)製程.....	24	3.2.4 奈米顆粒(nano-particle)閘極氧化層之沉積.....	24
錄.....	xiv	3.3 ITO薄膜鍍膜參數、薄膜沉積及步驟.....	25	3.2.5 剝離(Lift-off)製程.....	24
錄.....	xiv	3.3.1 鍍膜參數.....	25	3.3 ITO薄膜鍍膜參數、薄膜沉積及步驟.....	25
錄.....	xiv	3.3.2 ITO金屬沉積.....	25	3.3.1 鍍膜參數.....	25
錄.....	xiv	3.4 ITO及閘極氧化層(Nano-particle)薄膜品質的量測與分析.....	26	3.3.2 ITO金屬沉積.....	25
錄.....	xiv	3.4.1 膜厚度量測.....	26	3.4 ITO及閘極氧化層(Nano-particle)薄膜品質的量測與分析.....	26
錄.....	xiv	3.4.2 X-Ray繞射分析.....	27	3.4.1 膜厚度量測.....	26
錄.....	xiv	3.4.3 表面平坦度量測.....	27	3.4.2 X-Ray繞射分析.....	27
錄.....	xiv	3.4.4 場發射掃描式電子顯微鏡(FE-SEM).....	28	3.4.3 表面平坦度量測.....	27
錄.....	xiv	3.5 實驗量測.....	28	3.4.4 場發射掃描式電子顯微鏡(FE-SEM).....	28
錄.....	xiv	3.5.1 電性量測.....	29	3.5 實驗量測.....	28
錄.....	xiv	3.5.2 AES縱深分析.....	29	3.5.1 電性量測.....	29
錄.....	xiv	3.5.3 EDS分析儀.....	30	3.5.2 AES縱深分析.....	29
錄.....	xiv	第四章 結果與討論.....	32	3.5.3 EDS分析儀.....	30
錄.....	xiv	4.1 歐姆接觸電性量測結果.....	32	第四章 結果與討論.....	32
錄.....	xiv	4.2 ITO薄膜厚度、沉積速率及XRD量測結果.....	33	4.1 歐姆接觸電性量測結果.....	32
錄.....	xiv	4.3 閘極氧化層薄膜厚度及XRD量測結果.....	33	4.2 ITO薄膜厚度、沉積速率及XRD量測結果.....	33
錄.....	xiv	4.3.1 奈米顆粒(Nano-particle)閘極氧化層薄膜厚度及XRD量測結果.....	33	4.3 閘極氧化層薄膜厚度及XRD量測結果.....	33
錄.....	xiv	4.3.2 液相沉積(LPD)閘極氧化層薄膜厚度量測結果.....	34	4.3.1 奈米顆粒(Nano-particle)閘極氧化層薄膜厚度及XRD量測結果.....	33
錄.....	xiv	4.4 經過氮氣退火的奈米顆粒閘極氧化層與未退火電性之影響.....	35	4.3.2 液相沉積(LPD)閘極氧化層薄膜厚度量測結果.....	34
錄.....	xiv	4.5 奈米顆粒氧化層薄膜C-V之電性影響.....	35	4.4 經過氮氣退火的奈米顆粒閘極氧化層與未退火電性之影響.....	35
錄.....	xiv	4.6 液相沈積氧化層薄膜的MOS在照光及不照光下電性之影響.....	35	4.5 奈米顆粒氧化層薄膜C-V之電性影響.....	35
錄.....	xiv	4.7 奈米顆粒氧化層薄膜的MOS在照光及不照光下電性之影響.....	36	4.6 液相沈積氧化層薄膜的MOS在照光及不照光下電性之影響.....	35
錄.....	xiv	4.8 閘極氧化層照光下之響應率及量子效率特性比較圖.....	38	4.7 奈米顆粒氧化層薄膜的MOS在照光及不照光下電性之影響.....	36
錄.....	xiv	4.9 Al金屬電極於奈米氧化層薄膜之MOS在照光及不照光下電性之影響.....	39	4.8 閘極氧化層照光下之響應率及量子效率特性比較圖.....	38
錄.....	xiv	4.10 PECVD氧化層薄膜之MOS在照光及不照光下電性之影響.....	39	4.9 Al金屬電極於奈米氧化層薄膜之MOS在照光及不照光下電性之影響.....	39
錄.....	xiv	4.11 奈米顆粒、液相沈積與PECVD氧化層薄膜在照光及不照光下電性之影響.....	39	4.10 PECVD氧化層薄膜之MOS在照光及不照光下電性之影響.....	39
錄.....	xiv	第五章 結論.....	41	4.11 奈米顆粒、液相沈積與PECVD氧化層薄膜在照光及不照光下電性之影響.....	39
錄.....	xiv	參考文獻.....	43	第五章 結論.....	41

## 參考文獻

- [1] M. S. Shur, Solid-State Electronics, Vol.42, pp.2131(1998).
- [2] M. A. Khan, J. N. Kuznia, A. R. Bhattarai, and D. T. Oslon, Appl. Phys. Lett. Vol. 62, pp.1786 (1993).

- [3] M. A. Khan, J. N. Kuznia, D. T. Olson, W. J. Schaff, J. W. Burm, and M. S. Shur, *Appl. Phys. Lett.* Vol. 64, pp.1121 (1994).
- [4] 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, *MRS Internet J. Nitride Semicond. Res.* Vol.3,41(1998).
- [5] S. Nakamura and G. Fasol, *The Blue Laser Diodes*, Springer Heidelberg (1997).
- [6] S. Nakamura, T. Mukai, and M. Senoh, *Appl. Phys. Lett.* Vol.64, pp.1687 (1994).
- [7] S. Nakamura, M. Senoh, N. Iwasa, S. Nagahama, T. Yamada, and T. Mukai, *Jap. J. Appl. Phys.* Vol.34, pp.L1332(1995).
- [8] T. Mukai, D. Morita, and S. Nakamura, *J. Cryst. Growth*, Vol.189/190, pp.778(1998).
- [9] T. Mukai, H. Narimatsu, and S. Nakamura, *Jan. J. Appl. Phys.* Vol.37, pp.L479(1998).
- [10] G. S. Nakamura, *Semicond. Sci. Technol.* Vol.14, pp.R27(1999).
- [11] M. A. Khan, J. N. Kuznia, D. T. Olson, M. Blasingame, and A. R. Bhattarai, *Appl. Phys. Lett.* Vol.63, pp.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, *Appl. Phys. Lett.* Vol.60, pp.2917(1992).
- [14] Z. C. Huang, D. B. Mott, P. K. Shu, R. Zhang, J. C. Chen, D. K. Wickenden, *J. Appl. Phys.* Vol.82, pp.2707(1997).
- [15] J. C. Carrano, T. Li, P. A. Grudowski, C. J. Eiting, R. D. Dupuis, J. C. Campell, *J. Appl. Phys.* Vol.83, pp.6148(1995).
- [16] Q. Chen, M. A. Khan, C. J. Sun, and J. W. Yang, *Electron. Lett.* Vol.31, pp.1781(1995).
- [17] E. Monroy, E. Munoz, F. J. Sanchez, F. Calle, E. Calleja, B. Beaumont, P. Gibart, J. A. Munoz, F. Cusso, *Semicond. Sei. Technol.* Vol.13, pp.1042(1998).
- [18] D. Walker, A. Saxler, P. Kung, X. Zhang, M. Hamilton, D. Jiaz, M. Razeghi, *Appl. Phys. Lett.* Vol.72, pp.3303(1998).
- [19] E. Monroy, M. Hamilton, D. Walker, P. Kung, F. J. San-chez, M. Razeghi, *Appl. Phys. Lett.* Vol.74, pp.1171(1999).
- [20] E. Monroy, F. Calle, E. Munoz, F. Omnes, P. Gibart, J. A. Munoz, *Appl. Phys. Lett.* Vol.73, pp.2146(1998).
- [21] D. Walker, E. Monroy, P. Kung, J. Wu, M. Hamilton, F. J. Sanchez, J. Diaz, M. Razeghi, *Appl. Phys. Lett.* Vol.74, pp.762(1999) [22] E. Monroy, F. Calle, E. Munoz, and F. Omnes, *Phys. Stat. Sol. (a)*, Vol.176, pp.157(1999).
- [23] H. Jiang, N. Nakata, G. Y. Zhao, H. Ishikawa, C. L. Shao, T. Egawa, T. Jimbo, M. Umeno, *Jap. J. Appl. Phys.* Vol.40, pp.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, IEEE *photon. Technol. Lett.* Vol.13, pp.848(2001).
- [25] H. Z. Xu, Z. G. Wang, M. Kawabe, I. Harrison, B. J. Ansell, C. T. Foxon, *J. Crystal. Growth*, Vol.218, pp.1(2000).
- [26] J. S. Foresi and T. D. Moustakas, *Appl. Phys. Lett.* 62, 2859 (1993).
- [27] M. E. Lin, Z. Ma, F. Y. Huang, Z. F. Fan, L. H. Allen, and H. Morkoc, *Appl. Phys. Lett.* 64, 1003 (1994).
- [28] L. S. Yu, D. Qiao, L. Jia, S. S. Lau, Y. Qi, and K. M. Lau, *Appl. Phys. Lett.* 79, 4536(2001).
- [29] S. Y. Kim, H. W. Jang, and J. L. Lee, *Appl. Phys. Lett.* 82, 61(2003).
- [30] N. Biyikli, T. Kartaloglu, O. Aytur, I. Kimukin, and E. Ozbay, *Appl. Phys. Lett.* 79, 2838(2001).
- [31] 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).
- [32] J. K. Sheu, Y. K. Su, G. C. Chi, M. J. Jou, and C. M. Chang, *Appl. Phys. Lett.* 72, 3317(1998).
- [33] X. A. Cao, S. J. Pearton, 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) [34] X. A. Cao, S. J. Pearton, G. T. Dang, A. P. Zhang, F. Ren, and J. M. Van Hove, *TRANSACTIONS ON ELECTRON DEVICES*, IEEE, VOL. 47, NO. 7, JULY 2000 [35] F. Braun, *Annal. Phys. Chem.* 153, 556 (1874).
- [36] W. Schottky, *Naturwissenschaften* 26, 843 (1938).
- [37] D. W. Jenkins, and J. D. Dow, *Phys. Rev. B* 39, 3317 (1989).
- [38] Jin-Kuo Ho, Charng-Shyang Jong, Chien C. Chiu, Chao-Nien Huang, and Kwang-Kuo Shih, *J. Appl. Phys. Lett.* Vol.86, p.4491 (1999).
- [39] M. Hanzaz and A. Bouhdada, P. Gibart and F. Omnes, *J. Appl. Phys. Lett.* Vol.92, p.13 (2002).
- [40] J. D. Hwang, C. C. Lin, W. L. Chen, *J. Appl. Phys.*, 100, pp. 044908 (2006).
- [41] Z.M.Zhao, R.L.Jiang, P.Chen, D.J.Xi, H.Q.Yu, B.Shen, R.Zhang, Y.Shi, S.L.Gu, and Y.D.Zheng, *Appl. Phys. Lett.* Vol.79,p.218 (2001).
- [42] Pallab Bhattacharya, *Semiconductor Optoelectronic Devices*, second edition, Prentice-Hall International, Inc., 345-347(1997).