

# 具非晶矽覆蓋層的矽鍺 MSM 光檢測器之研究

魏忠信、黃俊達

E-mail: 9511060@mail.dyu.edu.tw

## 摘要

本實驗中主要是探討平面式金屬-半導體-金屬結構的光檢測器(Metal-Semiconductor-Metal Photodetector), 並使用具高能隙、高阻值及高吸收係數的非晶矽半導體材料(Amorphous Si)覆蓋在矽鍺(SiGe)上面, 藉此設計出可以有效降低暗電流的金屬-半導體-金屬結構的紅外光檢測器之研究。並以材料金(Au)作為電極, 比較有/無非晶矽覆蓋層結構的光電特性。根據實驗結果發現在逆壓-10V時, 無非晶矽覆蓋層結構的暗電流高達 $6.58 \times 10^{-3}A$ , 而且光暗電流比( $I_{photo}/I_{dark}$ )並不明顯。然而具非晶矽覆蓋層的結構可以有效降低暗電流至 $2.16 \times 10^{-7}A$ , 並在波長850nm的紅外光源照射下, 光電流達到 $2.51 \times 10^{-5}A$ 。在具覆蓋非晶矽與未覆蓋非晶矽層結構暗電流做比較, 我們發現暗電流可以下降四個數量級, 而光電流只降低約二個數量級, 光暗電流比約達116倍。除此之外, 我們利用液相沉積法(Liquid Phase Deposition)沉積氧化保護層(Passivation Layer), 此保護層可防止電性退化及降低由於表面缺陷和薄膜結構不連續而導致的懸浮鍵(Dangling-bond)缺陷。且藉由探究其漏電流變化情形, 發現當在-2V時, 具有保護層結構的暗電流為 $4.93 \times 10^{-5}A$ , 而不具保護層結構的暗電流為 $1.73 \times 10^{-4}A$ , 明顯比較出具有保護層結構的暗電流為較低。另外, 我們將具有保護層的結構作退火處理, 發現暗電流可降至 $1.67 \times 10^{-5}A$ 。而光暗電流比的部份也發現, 具有保護層結構的光暗電流比為6.26倍, 更大於不具保護層結構的3.96倍。

關鍵詞: 光檢測器, 非晶矽, 矽鍺, 肖特基位障, 暗電流, 液相沉積, 氧化層

## 目錄

封面內頁 簽名頁 授權書 . . . . .	iii	中文摘要 . . . . .	iii
. . . . . iv	英文摘要 . . . . .	vi	誌謝 . . . . .
. . . . . vii	目錄 . . . . .	viii	圖目錄 . . . . .
. . . . . x	表目錄 . . . . .	xii	
第一章 緒論 . . . . .	1	第二章 原理 . . . . .	
. . . . . 4.2.1	結構與材料特性 . . . . .	4.2.1.1	結構原理 . . . . .
. . . . . 5	2.2 金屬 半導體界面理論 . . . . .	7	2.2.1 肖特基接面的接觸機制 . . . . .
. . . . . 8	2.2.2 肖特基位障高度的量測 . . . . .	9	2.3 光電檢測器原理 . . . . .
. . . . . 10	2.3.1 檢測器結構原理 . . . . .	10	2.3.2 金屬-半導體-金屬光偵測器工作原理 . . . . .
. . . . . 13	2.5 液相沉積SiO <sub>2</sub> 薄膜保護層 . . . . .	14	第三章 元件製程與光電量測 . . . . .
. . . . . 22	3.1 薄膜成長系統 . . . . .	22	3.1.1 矽鍺薄膜之製備 . . . . .
. . . . . 22	3.1.2 樣品清洗 . . . . .	23	3.1.3 電漿輔助化學氣相沉積系統 . . . . .
. . . . . 24	3.1.4 蒸鍍機系統 . . . . .	25	3.2 微影(lithography)製程 . . . . .
. . . . . 26	3.4 熱退火(annealing)處理 . . . . .	27	3.5 光電量測系統 . . . . .
. . . . . 28	第四章 結果與討論 . . . . .	32	4.1 探討具非晶矽覆蓋層/無非晶矽覆蓋層元件結構 . . . . .
. . . . . 32	4.1.1 無非晶矽覆蓋層結構 . . . . .	32	4.1.2 非晶矽覆蓋層結構 . . . . .
. . . . . 34	4.2 以液相沉積法沉積氧化保護層 . . . . .	37	4.2.1 液相沉積氧化保護層 . . . . .
. . . . . 37	4.2.2 比較LPD與PECVD沉積SiO <sub>2</sub> 保護層 . . . . .	39	4.2.3 對SiO <sub>2</sub> 保護層進行退火前後之比較 . . . . .
. . . . . 40	4.3 在a-Si:H覆蓋層上用LPD成長SiO <sub>2</sub> 保護層 . . . . .	42	4.3.1 a-Si:H覆蓋層上用LPD成長SiO <sub>2</sub> 保護層 . . . . .
. . . . . 42	4.3.2 響應度 . . . . .	43	第五章 結論 . . . . .
. . . . . 43	參考文獻 . . . . .	45	
. . . . . 46			

## 參考文獻

- [1] K. Wakita, I. Iotaka, K. Mogi, and Y. Kawamura, "High-Speed AlGaAs Multiple Quantum Well PIN Photodiodes," Electronics Letters, vol. 25, no. 22, pp. 1533-1534, 1989.
- [2] Q. Wada, S. Miura, T. Mikawa, O. Aoki, and T. Kiyomga, "Fabrication of Monolithic Twin-GaInAs PIN Photodiode for Balanced Dual-Detector Optical Coherent Receivers," Electronics Letters, vol. 24, no. 9, pp. 514-516, 1988.

- [3] C. Y. Chang, B. S. Wu, Y. K. Fang, and R. H. Lee, "Amorphous Silicon Bulk Barrier Phototransistor with Schottky Barrier Emitter." *Appl. Phys. Lett.*, vol. 47, pp. 49-51, 1985.
- [4] S. Takayama, K. Mori, K. Suzuki, and C. Tanuma, "An a-Si:H Photoconductive Sensor with Al Gate Electrode," *IEEE Trans. Electron Devices*, vol. 40, no. 2, pp. 342-347, 1993.
- [5] J. W. Hong, W. L. Laih, Y. W. Chen, Y. K. Fang, C. Y. Chang, and J. Gong, "Optical and Noise Characteristics of Amorphous Si/SiC Superlattice Reach-Through Avalanche Photodiodes," *IEEE Trans. Electron Devices*, vol. 37, no. 8, pp. 1804-1808, 1990.
- [6] Y. K. Fang, S. B. Hwang, K. H. Chen, C. R. Liu, M. J. Tsai, and L. C. Kuo, "An Amorphous SiC/Si Heterojunction p-i-n Diode for Low-Noise and High-Sensitivity UV Detector," *IEEE Trans. Electron Devices*, vol. 39, no. 2, pp. 292-296, 1992.
- [7] Dennis L. Gogers, *Lightwave Technol.*, vol. 12, p. 625, 1991.
- [8] Dennis L. Gogers, "Integrated Optical Receivers Using MSM Detectors," *Journal of Lightwave Technology*, vol. 9, no. 12, pp. 1635-1638, December 1991.
- [9] Marsal, L. F.; Pallares, J.; Correig, X.; Calderer, J.; Alcubilla, R., *Journal of Applied Physics*, Vol. 79 Issue 11, pp.8493-8497 (1996) [10] Z.R. TANG; T. KAMINS; C.A. SALAMA, *Solid-State Electronics*, Volume: 38, Issue: 10, pp.1829-1834 (1995) [11] Ching-Ting Lee; Hsin-Ying Lee, *Photonics Technology Letters, IEEE*, Vol:17, Issue:2, PP.462-464(2005) [12] C.J. Huang, J.R. Chen, and S.P. Huang, "Silicon dioxide passivation of gallium arsenide by liquid phase deposition," *Materials Chemistry and Physics*, 70, pp.78-83(2001).
- [13] F. Yeh and C.L. Chen, "Room-temperature selective growth of dielectric film by liquid phase deposition," *Semiconductor Sci. Technol.*, 9, pp.1250(1994) [14] People, R., *Quantum Electronics, IEEE Journal of*, Volume: 22, Issue: 9, pp.1696-1710 (1986) [15] Splett, A.; Zinke, T.; Petermann, K.; Kasper, E.; Kibbel, H.; Herzog, H.-J.; Presting, H., *Photonics Technology Letters, IEEE*, Volume: 6, Issue: 1, pp.59-61 (1994) [16] Shi, Jin-Wei; Pei, Z.; Yuan, F.; Hsu, Y.-M.; Liu, C.-W.; Lu, S. C.; Tsai, M., *Journal of Applied Physics*, Vol. 85 Issue 14, pp.2947-2949 (2004) [17] People, R.; Bean, J. C., *Applied Physics Letters*, Vol. 47 Issue 3, pp.322-324 (1985) [18] Jiang, R.L.; Liu, J.L., *Applied Physics Letters*, Vol. 68 Issue 8, pp.1123-1125 (1996) [20] S. O. Kasap, *Optoelectronics and photonics : principles and practices* (2003).
- [21] Li-hong Laih; Wen-Chin Tsay; Yen-Ann Chen; Tean-Sen Jen; Rong-Heng Yang; Jy-Wong Hong, *Electronics Letters, IEEE*, Vol:31, Issue:24, PP.2123-2124(1995) [22] Hsin-Ying Lee; Ching-Ting Lee, "Metal-Semiconductor-Metal Photodetectors Using Widegap Semiconductor Capping Layer," *IEEE*, (2003) [23] Ching-Ting Lee; Hsin-Ying Lee, *Electron Device Letters, IEEE*, Vol:24, Issue: 9, pp.532-534 (2003) [24] Della Corte, F.G.; Pezzimenti, F., *Electron Devices, IEEE Transactions on*, Volume: 50, Issue: 10, pp.2180-2182 (2003) [25] Garner, D.M.; Amaratunga, G.A.J., *Electron Devices, IEEE Transactions on*, Volume: 43, Issue: 11, pp.1890-1899 (1996) [26] Tang, Z.R.; Kamins, T.; Li, P.; Salama, C.A.T., *Electron Device Letters, IEEE*, Volume: 14, Issue: 9, pp.438-440 (1993) [27] Hwang, S.-B.; Fang, Y.K.; Chen, K.-H.; Liu, C.-R.; Hwang, J.-D.; Chou, M.-H., *Electron Devices, IEEE Transactions on*, Volume: 40, Issue: 4, pp.721-726 (1993) [28] E. H. Rhoderick, R. H. Williams, *Metal-Semiconductor Contacts*, Clarendon Press. Oxford (1998) [29] S. M. Sze, *Semiconductor Device Physics and Technology*, pp. 160 (1985)