

金屬誘發結晶對多孔矽/n-Si異質接面的影響

徐培淵、黃俊達；姚品全

E-mail: 9805474@mail.dyu.edu.tw

摘要

本實驗利用電化學陽極化蝕刻法(electrochemical anodization method)的方式在室溫下成長多孔矽(porous silicon; PS)薄膜來形成PS/n-Si的結構，並研究在低溫(550) 採用不同濃度硝酸鎳(Nickel Nitrate)溶液來誘發結晶多孔矽。製造Au/PS/n-Si與Al/PS/n-Si的元件結構來探討金屬誘發結晶對多孔矽的影響。我們發現此方法可降低相當大的漏電流，這是因為矽基板在以氫氟酸(HF)蝕刻形成多孔矽時，多孔矽的表面必然有許多斷鍵(懸浮鍵)存在，這些斷鍵會形成缺陷中心，進而造成相當大的漏電流。在實驗中我們利用液相金屬誘發結晶(SMIC)的方法在多孔矽結構上，發現Au/PS/n-Si的結構可將暗電流降低219倍，光暗電流比達到1052倍，且改善殘餘金屬污染的問題。

關鍵詞：電化學陽極化蝕刻法、多孔矽、硝酸鎳、液相金屬誘發結晶、光暗電流比

目錄

授權書	
· iii 中文摘要	
· iv 英文摘要	
· v 誌謝	
· vi 目錄	
· vii 圖目錄	
· x 表目錄	
· xiii 第一章 緒論	
· 1 1-1 前言	
· 1 1-2 成長多晶矽的技術	3
1-3 研究目標	5
第二章 原理與實驗設備	6
· 6 2-1 背景	
· 6 2-2 金屬誘發再結晶之原理	
· 7 2-3 液相金屬誘發結晶之原理	
· 9 2-4 PN界面二極體	
· 9 2-5 實驗設備	
· 14 2-5-1 光電化學陽極蝕刻系統	
· 14 2-5-2 熱蒸鍍機系統	
· 15 2-5-3 快速熱退火系統	
· 16 2-6 分析儀器	16
2-6-1 X-Ray繞射分析	16
2-6-2 場發式電子顯微鏡	19
· 19 2-6-3 電性量測	
· 19 2-6-4 光譜響應量測	
· 20 2-6-5 EDS分析儀	
· 21 2-6-6 光致螢光系統	
· 22 第三章 金屬誘發結晶矽薄膜材料分析	
· 24 3-1 實驗流程	
· 24 3-2 光致螢光系統量測分析	
· 25 3-3 SEM & FE-SEM 量測分析	27
· 27 3-4 反射率量測分析	32
· 32 3-5 EDS 量測分析	
· 33 3-6 X-ray 分析	
· 37 第四章 金屬誘發結晶對多孔矽/n-Si異質界面電特性探討	
· 38 4-1 電極製作	
· 38 4-2 電流-電壓特性探討	

. 39 4-2-1 整流特性 40 4-2-3
. 39 4-2-2 光暗電流比 46 4-3 光譜響應
. 49 4-3-1 多孔矽光譜響應 49 4-3-2 多孔矽/n-Si異質界面誘發結晶後的光譜響應
. 50 4-4 C-V特性 53 第五章 結論與未來展望
. 58 5-1 結論 58 5-2 未來展望
. 59 參考文獻 60 圖目錄 圖2-1 藉由Ni誘發非晶矽再結晶的過程
. 8 圖2-2 p-n界面二極體的特性 13 圖2-3 熱平衡狀況下p-n接面的能帶圖
. 13 圖2-4 為是電化學陽極化蝕刻法的製備系統簡圖 15 圖2-5 X光繞射儀裝置圖
. 18 圖2-6 XRD原理圖 18 圖2-7 光譜響應量測裝置系統示意圖
. 21 圖3-1 多孔矽薄膜的製作流程圖 25 圖3-2 PL光譜圖
. 26 圖3-3(a) 多孔矽表面圖(SEM圖) 28 圖3-3(b) 多孔矽結晶後表面孔洞被填平表面圖(SEM圖)
. 28 圖3-4(a) 硝酸鎳濃度10000 ppm誘發結晶表面(FE-SEM圖) 29 圖3-4(b) 硝酸鎳濃度5000 ppm誘發結晶表面(FE-SEM圖)
. 29 圖3-4(c) 硝酸鎳濃度1000 ppm誘發結晶表面(FE-SEM圖) 30 圖3-5(a) 多孔矽/n-Si異質接面的側視圖(SEM圖)
. 31 圖3-5(b) 多孔矽/n-Si異質界面誘發結晶後的側視圖(SEM圖) 31 圖3-6 多孔矽及多孔矽誘發結晶後的反射率
. 32 圖3-7(a) 硝酸鎳濃度10000 ppm結晶後的EDS分析 34 圖3-7(b) 硝酸鎳濃度5000 ppm結晶後的EDS分析
. 35 圖3-7(c) 硝酸鎳濃度1000 ppm結晶後的EDS分析 36 圖3-8 X-ray
. 37 圖4-1 魚骨圖電極製作流程 38 圖4-2(a) 以金(Au)為正電極的多孔矽整流特性
. 39 圖4-2(b) 以鋁(Al)為正電極的多孔矽整流特性 40 圖4-3(a) 硝酸鎳濃度10000 ppm以金為正電極
. 41 圖4-3(b) 硝酸鎳濃度10000 ppm以鋁為正電極 42 圖4-3(c) 硝酸鎳濃度5000 ppm以金為正電極
. 43 圖4-3(d) 硝酸鎳濃度5000 ppm以鋁為正電極 43 圖4-3(e) 硝酸鎳濃度1000 ppm以金為正電極
. 43 圖4-3(f) 硝酸鎳濃度1000 ppm以鋁為正電極 44 圖4-3(g) 多孔矽以金為正電極
. 44 圖4-3(h) 多孔矽以鋁為正電極 45 圖4-4(a) 以金為正電極暗電流比較
. 47 圖4-4(b) 以鋁為正電極暗電流比較 47 圖4-5(a) n-Si光譜響應
. 49 圖4-5(b) Porous光譜響應 50 圖4-6(a) 硝酸鎳濃度1000 ppm光譜響應
. 51 圖4-6(b) 硝酸鎳濃度5000 ppm光譜響應 52 圖4-6(c) 硝酸鎳濃度10000 ppm光譜響應
. 52 圖4-7(a) 多孔矽的C-V特性 53 圖4-7(b) 硝酸鎳濃度1000 ppm的C-V特性
. 54 圖4-7(c) 硝酸鎳濃度5000 ppm的C-V特性 54 圖4-7(d) 硝酸鎳濃度10000ppm的C-V特性
. 55 圖4-8 各濃度比較C-V的特性 55 圖4-9(a) 硝酸鎳濃度10000 ppm的1/C2對VA圖
. 56 圖4-9(b) 硝酸鎳濃度5000 ppm的1/C2對VA圖 56 圖4-9(c) 硝酸鎳濃度1000 ppm的1/C2對VA圖
. 57 表目錄 表3-1 PL的半高寬(FWHM) 26 表4-1 以金作為正電極光暗電流比較表
. 45 表4-2 以鋁作為正電極光暗電流比較表 46 表4-3(a) 以金為正電極的
. 48 表4-3(b) 以鋁為正電極的 48 表4-4 由C-V特性取得各濃度的Vbi及Nd
. 57	

- [1]A. Uhir, " Electrolytic shaping of germanium and silicon ", The Bell System Tech. J., vol.35, p.333-347 (1956).
- [2]Pickering, M.J.J.Beale, D.J.Robbins, P.J.Pearson and R.Greef, J.Phys. C:Solid State Phys., 17, 6535 (1984).
- [3]R.R. Bilyalov, R. Liidemann, W. Wettling, L. Stalmans, J. Poortmans, J. Nijs, L. Schirone, G. Sotgiu, S. Strehlike, C. Levy-Clement, Sol. Energy Mater.Sol.Cells 60, p.391 (2000).
- [4]R. Bilyalov, L. Stalmans, G. Beaucarne, R. Loo, M. Caymax, J. Poortmans, J. Nijs, Sol. Engery Mater. Sol. Cells 65, p.477 (2001).
- [5]L. T. Canham., Applied Physics Letters, vol.57, Iss.10, p.1046-1048 (1990).
- [6]V. Lehmann and U. Gosele, , Applied Physics Letter, vol.58, Iss8 p856~858 (1991).
- [7]V. Lehmann and U. Gosele, " Evidence for Quantum confinement in Photoluminescence of Porous Si " , US. Patent, No.751, 800, 29th, Dec.(1991).
- [8]Yu, L.Z.; Wie, C.R.;Electronics Letters Volume 28, Issue 10, Page(s):911 – 913 (1992).
- [9]Yen-Ann Chen; Nai-Yuan Liang; Li-Hong Lai; Wen-Chin Tsay; Mao-Nan Chang;Electronics Letters Volume 33, Issue 17 Page(s):1489 - 1490 (1997).
- [10]Guardini, R.; Bellutti, P.; IEEE International Conference on25-28 March Page(s): 227 – 229 (1996).
- [11]Lee, M.K.; Wang, Y.H.; Chu, C.H.;Quantum Electronics, IEEE Journal of Volume 33, Issue 12, Page(s):2199 – 2202 (1997).
- [12]L. S. Chuah', C. W. Chin2, Z. Hassan, H. Abu Hassan, IEEE, ICSE2006 Proc. 2006, Kuala Lumpur, Malaysia (2006).
- [13]Ming-Kwei Lee; Yu-Chu Tseng; Solid-State and Integrated Circuit Technology, 1995 4th International Conference on24-28 Page(s):57- 59 (1995).
- [14]Duerinckx, F.; Kuzma-Filipek, I., Electron Device Letters,IEEE Vol.27, Is.10, pp. 837 – 839 (2006).
- [15]Hyunwoo Lee,; Eunjoo Lee,;; Nanotechnology Materials and Devices Conference, 2006. NMDC 2006. IEEE Volume 1,Page(s):340 – 341 (2006).
- [16]Weiss, S. M.; Fauchet, P. M.;Selected Topics in Quantum Electronics, IEEE Journal of Volume 12, Issue 6, Part 2, Page(s):1514 – 1519 (2006).
- [17]Arrand, H.F.; Benson, T.M.; Loni, A.; Arens-Fischer, R.; Photonics Technology Letters, IEEE Volume 10, Issue 10, Page(s):1467 – 1469 (1998).
- [18]Vorozov, N.; Dolgyi, L.; Yakovtseva, V.; Bondarenko, V.; Balucani, M.;Electronics Letters Volume 36, Issue 8, Page(s):722 – 723 (2000).
- [19]Zhongyang Xu, Xuecheng Zou, Xuemei Zhou, Bofang Zhao, and Changan Wang, J. Appl. Phys. 75 (1994) 588.
- [20]T. Aoyama, G Kawachi, N. Konishi, T. Suzuki, Y. Okajima, and K.Miyata, J.Electrochem.Soc.,vol136,No.4, pp.1169-1173,1989 [21]G. Radnoczi, A. Robertsson, H.T.G. Hentzell, S.F. Gong, and M.A. Gasan, J. Appl.Phys., 69(9), pp.6394-6399,1991.
- [22]S. Y. Yoon, K. H. Kim and C. O. Kim, J. Appl. Phys., 82(11), pp.5865-5867,1997.
- [23]M. S. Haque, H. A. Naseem and W. D. Brown, J. Appl. Phys., 79(10), pp.7529-7536, 1996.
- [24]H. L. Gaigher, and N. G. Van Der erg, Thin Solid Films 68, pp.373, 1980.
- [25]B. Y. Tsaur, and J. W. Mayer, Philosophical Magazine A, vol.43, pp.345, 1981.
- [26]L. Hultman, A. Robersson, and H. T. G. Hentzell, J. Appl. Phys. 62(9), pp.3647, 1987.
- [27]G. Radnoczi, A. Robersson, H. T. G. Hentzell, S. F. Gong, and M. A. Hasan, J. Appl. Phys.69(9), pp.6394-6399, 1991.
- [28]M. S. Haque, H. A. Naseem and W. D. Brown, J. Appl. Phys., 75(8), pp.3928, 1994.
- [29]M. S. Ashtikar, and G. L. Sharma, J. Appl. Phys.,78(2), pp.913, 1995.
- [30]K. Nakamura, J. O. Olowolafa, S. S. Lau, M-A. Nicolet, and J. .Mayer, J. Appl. Phys., vol.47, pp.1278, 1976.
- [31]S. W. Russell, Jian Li, and J. W. Mayer, J. Appl. Phys., 70(9), pp.5153, 1991.
- [32]B. Bian, J. Yie, B. Li, and Z. Wu, J. Appl. Phys. 73(11), pp.7402, 1993.
- [33]R. J. Nemanich, R. T. Fulks, B. L. Stafford, and H. A. Vander Plas, J. Vac. Sci. Technol. A3(3), PP.938, 1985.
- [34]E. Nygren, A. P. Pogany, K. T. Short, and J. S. Williams, Appl. Phys. Lett. 55(6), pp.439, 1988.
- [35]S. W. Lee, Y. C. Jeon, and S. K.Joo, APPL. Phys. Lett. 66(13), pp.1671, 1995.
- [36]F. d ' Heurle, S. Petersson, and L. S tolt, and B. Strizker, J. Appl. Phys., vol. 53, pp.5678, 1982.
- [37]Y. Kawazu, H. Kudo, S. Onari, and T. Arai, J. J. Appl. Phys., vol. 29, pp.729, 1990.
- [38]T. J. Konno, and R. Sinclair, Materials Science and Engineering. A179/A180, PP.426, 1994.
- [39]S. Y. Yoon, K. H. Kim, and C. O. Kim, J. Appl.Phys. 82(11), pp.5865, 1997.
- [40]Z. Meng, S. Zhao, C. Wu, B. Zhang, M. Wong, IEEE , 3(2), Sep. 2006.
- [41]Z. Meng, S. Zhao, C. Wu, B. Zhang, M. Wong, IEEE , 54(5), May 2007.
- [42]S. Y. Yoon, K. H. Kim, C. O. Kim, J. Y. Oh, and J. Jang, J. Appl. Phys. 82, 5865 1997.