

以有機金屬化學氣相沉積法在矽基板上進行砷化鎵太陽能電池之異質磊晶研究

胡宗忻、蕭宏彬

E-mail: 321465@mail.dyu.edu.tw

摘要

本論文主要是以有機金屬化學氣相沉積法(metal-organic chemical vapor deposition, MOCVD)在矽(Si)基板(substrate)上進行砷化鎵(GaAs)太陽能電池(solar cells)之異質磊晶(heteroepitaxial)研究。有鑑於 III-III 族太陽能電池的普及始終受到成本的限制，所以若能以矽基板取代砷化鎵或鍺(Ge)基板，並在其上成長高品質的 III-III 族太陽能電池的話，必能加速其取代矽基太陽能電池的速度。但直接將砷化鎵成長在矽基板上，必然需要面對其晶格常數(lattice constant)與熱膨脹係數(thermal expansion coefficient)有著巨大差異的問題，使用特別的磊晶技術，如二步驟成長製程(two-step growth process)、熱循環退火(thermal cyclic annealing, TCA)與中間層(intermediate layer, IL)可以有效的改善所產生的差排(dislocation)與缺陷(defect)問題。由於以往少有關於在矽基板上成長砷化鎵的實際光電元件特性被揭露，本論文以最佳化後的成核層條件堆疊砷化鎵太陽能電池，並經標準製程製成5.6mm x 5.6mm的元件後，在太陽光模擬器(solar simulator)下進行量測，並成功在矽基板上得到經退火後4.02%的轉換效率(AM1.5 無抗反射層)，對比同樣結構在砷化鎵基板上量測到的17.92%的轉換效率，短路電流(short-circuit current, I_{sc})下降原因被推測為歐姆接觸(ohmic contact)與差排密度的影響。

關鍵詞：有機金屬化學氣相沉積、砷化鎵、太陽能電池、矽基板

目錄

封面內頁 簽名頁 授權書.....	iii	中文摘要.....	iv	ABSTRACT.....	v	誌謝.....	vi	目錄.....	viii
圖目錄.....	x	表目錄.....	xiii	第一章 緒論.....	1	1.1前言.....	1	1.2動機.....	2
第二章 理論背景.....	4	2.1有機金屬化學氣相沉積.....	4	2.2沉積機制.....	7	2.3 GaAs-on-Si異質磊晶技術.....	9	2.4太陽能電池原理.....	16
第三章 成長條件設計、量測方法與元件製程.....	23	3.1基板清洗.....	23	3.2磊晶成長.....	24	3.3量測系統簡介.....	25	3.3.1 HR-XRD 高解析度X光繞射儀.....	25
3.3.2 FE-SEM 場發射掃描式電子顯微鏡.....	27	3.3.3 FE-TEM 場發射穿透式電子顯微鏡.....	29	3.3.4太陽光模擬器.....	30	3.4元件製程.....	31	第四章 結果與討論.....	36
4.1晶膜表面形貌分析.....	36	4.2晶膜X光繞射峰值強度與半高寬分析.....	43	4.3在矽基板上的砷化鎵太陽能電池光電特性分析.....	47	4.3.1 利用退火改善矽基板與金屬歐姆接觸分析.....	49	4.4介面差排確認.....	53
第五章 結論.....	55	參考文獻.....	56						

參考文獻

- [1]41.1% efficiency reached for multi-junction solar cells at Fraunhofer ISE, (2009) [2]Spectrolab Develops Concentrator Solar Cell With World-Record 41.6% Efficiency, Spectrolab, (2009) [3]R. R. King, D. C. Law, K. M. Edmondson, C. M. Fetzer, G. S. Kinsey, H. Yoon, R. A. Sherif, and N. H. Karam, Appl. Phys. Lett. 90 (2007) 183516 [4]SA Ringel, CL Andre, EA Fitzgerald, AJ Pitera, and DM Wilt, IEEE. (2005) pp567-570 [5]Akiyama, Masahiro; Kawarada, Yoshihiro; Kaminishi, and Katsuzo, Jpn. J. Appl. Phys, Vol 23 Issue 11 (1984) L843-L845 [6]Masafumi Yamaguchi, Masami Tachikawa, Yoshio Itoh, Mitsuru Sugo, and Susumu Kondo, J. Appl. Phys. 68 (1990) 4518, [7]Y. Takano, M. Hisaka, N. Fujii, K. Suzuki, K. Kuwahara, and S. Fuke, Appl. Phys. Lett. 73 (1998) 2917 [8]戴寶通、鄭晃忠, “ 太陽能電池技術手冊 ”, 台灣電子材料與元件協會, 2008, 228-229頁 [9] “ 有機金屬化學氣相沉積法 ”, Wikipedia, 自由的百科全書. (2010) [10]G. B. Stringfellow. Organometallic Vapor-Phase Epitaxy: Theory and Practice, 2nd ed, Academic Press, (1999) p221-222 [11]L. Lazzarini, L. Nasi, G. Salviati, C. Z. Fregonara, Y. Li, L. J. Gilling, C. Hardingham, and D. B. Holt, Mircon, Vol 31 Issue 3 (2000) pp 217-222 [12]K. MIZUGUCHI, N. HAYAFUJI, S. OCHI, T. MUROTANI and K. FUJIKAWA, J. Crystal Growth, Vol 77 Issues 1-3 (1986) pp509-514 [13]K. Eisenbeiser, R. Emrick, R. Droopad, Z. Yu, Member, J. Finder, S. Rockwell, J. Holmes, C. Overgaard, and W. Ooms, IEEE Electron Device Letters, vol 23 NO.6 (2002) [14]R. D. Bringans, D. K. Biegelsen, L. E. Swartz, F. A. Ponce, and J. C. Tramontana, Appl. Phys. Lett. 61 (1992) 195 [15]Wu-Yih Uena, Zhen-Yu Li, Yen-Chin Huang, Meng-Chu Chenc, Tsun-Neng Yangb, Shan-Ming Lanb, Chih-Hung Wub, Hwe-Fen Hong, Gou-Chung Chi, J. Crystal Growth, Vol 295 Issue 2 (2006) pp103-107 [16]David M. Wilt, Annamaria T. Pal, Jeremiah S. Mcnatt, David S. Wolford, A. Landis, Mark A. Smith, David Scheiman, Phillip P. Jenkins, Bruce Mcelroy, NASA [17]李言榮、譚正中, “ Material Physics Introduction 材料物理學導論 ”, 五南圖書出版有限公司, 2003, 73頁 [18]Takashi Nishimura, Kazuo Mizuguchi, Norio Hayafuji and Toshio Murotani, Jpn. J. Appl. Phys. 26 (1987) pp L1141-L1143 [19]S. O. Kasap, " Optoelectronics and photonics principles and practices" Prentice Hall, (2003) pp286-305 [20]林麗娟, “ X光材料分析技術與應用專題 ” [21]陳力俊等, “ 材料電子顯微鏡學 ”, 行政院國家科學委員會精密儀器發展中心, 2003, 22、293頁