

The Structural Properties of Polycrystalline Silicon Films Prepared by Hot-Wire Chemical Vapor Deposition

魏正哲、李世鴻

E-mail: 9509713@mail.dyu.edu.tw

ABSTRACT

In this study, polycrystalline silicon films prepared by hot-wire chemical vapor deposition (HWCVD) were deposited on glass substrates, and SEM, Raman spectroscopy, AFM, XRD, and XPS were utilized to study their structural properties. Experimental results reveal that the deposited films are of polycrystalline structure only when the temperature of tungsten wire is higher than 1750 °C, and the volume fraction of crystallinity will reach saturation after 1900 °C. In addition, we found that the wire-to-substrate distance is predominant factor in determining the crystal structure of deposited films. These results are further confirmed by XRD analysis. For films deposited with higher tungsten wire temperature and smaller wire-to-substrate distance, their structure are of polycrystalline type with (220) plane as the selected orientation, and the volume fraction of crystallinity will increase with increasing wire temperature. In order to find the relationship between volume fraction of crystallinity and the average grain size, AFM was employed to measure the grain morphology, average grain size, and surface roughness of the deposited films. It is found that the average grain size of films deposited at higher wire temperatures will be larger, so is the surface roughness. This is an indication that larger grain size can yield a higher volume fraction of crystallinity.

Keywords : polycrystalline silicon ; hot-wire chemical vapor deposition (HWCVD)

Table of Contents

目錄 封面內頁 簽名頁 授權書	iii
. iv 英文摘要	v
. vi 目錄	vii
. x 表目錄	
. xii 第一章 緒論	1
. 1.1.1 前言	1
. 1.1.2 研究背景	2
. 1.2 研究動機	4
. 4 第二章 原理	7
. 7.1 太陽能電池	7
. 7.2 太陽能電池的種類	8
. 8.2.1 單晶矽太陽能電池	8
. 8.2.2 多晶矽太陽能電池	10
. 10.2.3 薄膜型太陽能電池	11
. 11 2.3 薄膜電晶體液晶顯示器	13
. 13.2.3.1 薄膜電晶體	13
. 13.2.3.2 TFT 在LCD 上的應用	15
. 15.2.3.3 非晶矽薄膜和多晶矽薄膜	16
. 16.2.4 熱燈絲化學氣相沉積法	17
. 17.2.4.1 氣相沉積理論與薄膜製作技術	17
. 17.2.4.2 熱燈絲化學氣相沉積技術	19
. 19.2.4.3 熱燈絲化學氣相沉積多晶矽薄膜	21
. 21.2.4.4 熱燈絲化學氣相沉積法之優點	21
. 21 第三章 實驗	23
. 23.1 擴散幫浦原理	25
. 25.3 實驗準備工作	26
. 26.3.4 實驗步驟	27
. 27.3.5 實驗參數設計	27
. 27.3.6 結果分析	28
. 28.3.6.1 薄膜測厚儀量測結果	28
. 28.3.6.2 場發射掃描式電子顯微鏡	29
. 29.3.6.3 原子力顯微鏡	31
. 31.3.6.4 三度共焦拉曼顯微鏡	31
. 31.3.6.5 X光繞射儀	35
. 35.3.6.6 X射線光電子能譜儀	36
. 36 第四章 結果與討論	37
. 37.4.1 沉積速率	37
. 37.4.2 SEM表面影像	42
. 42.4.3 AFM	49
. 49.4.4 拉曼	51
. 51.4.5 XRD	57
. 57.4.6 XPS	60
. 60.4.7 氫化	62
. 62.4.8 電導率	65
. 65 第五章 結論	67
. 67 參考文獻	69
. 69 圖目錄 圖2.1 太陽能電池種類圖	8
. 8 圖2.2 串聯效率不同之太陽能電池	9
. 9 圖2.3 非晶矽薄膜型太陽能電池之結構圖	12
. 12 圖2.4 物理吸附示意圖	18
. 18 圖2.5 薄膜成長機制示意圖	18
. 18 圖3.1 實驗設備HWCVD	24
. 24 圖3.2 HWCVD示意圖	

24	圖3.3 鎢絲型號	27	圖3.4 FE SEM場發射掃描式電子顯微鏡
30	圖3.5 FESEM場發射掃描式電子顯微鏡示意圖	30	圖3.6 將拉曼光譜分成非晶、多晶、以及微晶區的示意圖
33	圖3.7 拉曼示意圖	34	圖3.8 X光繞射儀示意圖
35	圖4.1 鎢絲溫度與沉積速率的關係	38	圖4.2 沉積壓力與沉積速率的關係
39	圖4.3 鎢絲至基板距離與沉積速率的關係	41	圖4.4 以HWCVD沉積多晶矽薄膜的表面FESEM照片
43	圖4.5 多晶矽薄膜在不同溫度下的表面FESEM照片	44	圖4.6 多晶矽薄膜在不同溫度下的結晶尺寸圖
45	圖4.7 在不同壓力下所成長的多晶矽薄膜的FESEM照片	46	圖4.8 多晶矽薄膜在不同壓力下的結晶尺寸圖
47	圖4.9 以HWCVD沉積非晶矽薄膜的表面FESEM照片	48	圖4.10 不同鎢絲溫度所成長多晶矽薄膜之AFM
50	圖4.11 不同壓力及燈絲至基板距離之狀況下，改變燈絲溫度所沉積多晶矽薄膜的拉曼光譜圖	53	圖4.12 不同壓力之狀況下，改變燈絲溫度所沉積多晶矽薄膜的結晶率
55	圖4.13 不同鎢絲至基板距離之狀況下，改變燈絲溫度所沉積多晶矽薄膜的結晶率	56	圖4.14 不同壓力及燈絲至基板距離之狀況下，改變燈絲溫度所沉積多晶矽薄膜的XRD圖
59	圖4.15 不同鎢絲與基板的距離所成長多晶矽薄膜之XRD圖	60	圖4.16 以HWCVD成長多晶矽薄膜之XPS圖
61	圖4.17 以HWCVD所沉積的多晶矽薄膜，經過氫化處理前後之薄膜厚度	63	圖4.18 以HWCVD所沉積的多晶矽薄膜，經氫化處理後之拉曼光譜圖
64	圖4.19 以HWCVD所沉積的多晶矽薄膜，經氫化處理後之結晶率	65	表目錄
表1.1	世界各地太陽能平均年日照量	6	表3.1 玻璃清洗流程
26	表3.2 HWCVD沉積實驗之標準參數	28	表4.1 多晶矽薄膜在不同鎢絲溫度的厚度與電導率
66	表4.2 多晶矽薄膜經氫化處理後在不同鎢絲溫度的厚度與電導率	66	

REFERENCES

- 參考文獻 [1] Benner, J., P., (1999). Photovoltaics gaining greater visibility. IEEE spectrum, 36, 34-42.
- [2] Carlson, D., E., (1995). Recent Advances in Photovoltaics. Proceedings of the Intersociety Engineering Conference on Energy Conversion.
- [3] Choi, M., P., Tan, A., (1998). Photovoltaics Demonstration Projects Proceedings of Energy Management and Power Delivery, 2, 637-643.
- [4] Mark Fitzgerald (2002), PV History. from <http://www.pvpower.com/pvphome.html>.
- [5] 黃信雄(1997)。因應「氣候變化綱要公約」的我國太陽能應用策略。太陽能學刊第二卷。第一期。
- [6] 黃秉鈞(1997)。我國太陽能發展的現況與展望。光訊。第六十八期。
- [7] 黃秉鈞(1996)。我國太陽光電能的過去與未來。太陽能學刊第二卷。第一期。
- [8] 唐宗賓(2001)。市電並聯型光伏系統之研製。國立清華大學碩士論文。
- [9] 黃崇傑(2002)。太陽電池的製作技術。太陽光電發電系統技術研討會。
- [10] 莊嘉琛(1997)。太陽能工程-太陽電池篇。全華圖書。
- [11] 廠商所提供1998 Siemens Solar Industries.
- [12] 劉文漢(2002)。中壢地區全天候即時太陽光電能發電之監測分析。私立中原大學碩士論文。
- [13] 吳財福、張健軒、陳裕愷(2000)。太陽能供電與照明系統綜論。全華圖書。
- [14] Gobind, H., Atmaram, Christy Herig, (1990). First Year performance of a 15kWp Amorphous Silicon Photovoltaic System. IEEE Transactions on Energy Conversion, 5, 290-298.
- [15] Dimitrios, N, K., Apostolos, T. V., & Miltiadis, K, Hatalis, (1996). High-Performance Thin-Film Transistor in Large Grain Size Polysilicon Deposited by Thermal Decomposition of Disilane. IEEE Transactions on Electron Devices, 43, 9.
- [16] 羅吉宗(2004)。薄膜科技與應用。全華科技圖書出版。
- [17] 莊達人(2001)。VLSI製程技術。高立圖書出版。
- [18] 王陽元、趙寶瑛(2001)。多晶矽薄膜及其在集成電路中的應用。科學出版社。
- [19] Sze, S., M., (1988). VLSI Technology, Pearson Prentice Hall Companies.
- [20] CMolenbroke, E., Ph.D. Thesis, (1995). University of Colorado.
- [21] Matsumura, H., Umemoto H., & Masuda, A., (2004). Cat-CVD(hot-wire): how different from PECVD in preparing amorphous silicon. Journal of Non-Crystalline Solids, 338, 19-26.
- [22] Matsumura, H., Umemoto, H., Izumi, A., & Masuda, A., Recent (2001). Progress of Cat-CVD research in Japan—bridging between the first and second Cat-CVD conferences. Thin Solid Films, 430, 7-14.
- [23] Masuda, A., Izumi, A., Umemoto, H., Matsumura H., & Masuda, A., (2002). What is the difference between catalytic CVD and plasma-enhanced CVD. Vacuum, 66, 293-297.
- [24] Uchida, K., Izumi, A., & Matsumura, H., (2001). Novel chamber cleaning method using atomic hydrogen generated by hot catalyzer. Thin

Solid Films, 395, 75-77.

[25] Losee, J., Klein, S., & Finger, F. (2004). Optimization of the filament arrangement at constant radiant heat in HW-CVD for the preparation of compact μ c-Si:H at high deposition rates. *Thin Solid Films*, 451-452, 531-535.

[26] Inoue, K., Tange, S., Tonokure K., & Koshi, M., (2001). Catalytic decomposition of SiH₄ on a hot filament. 395, 42-46.

[27] Heintze, M., Carapella, J., Nelson, B. P., & Crandall, R. S. (1991). Deposition of device quality, low H content amorphous silicon. *Journal of Applied Physics*, 69, 6728-6730.

[28] Molenbroke, E. C. (1995). Ph.D. Thesis, University of Colorado.