

鈦酸鋁薄膜成長於不同基座之X光角掃描及應變研究

蔡俊璋、宋皇輝

E-mail: 342527@mail.dyu.edu.tw

摘要

本實驗研究以雙靶離軸式射頻磁控濺鍍系統磊晶成長鈦酸鋁薄膜(LaTiO₃)於LaAlO₃(001)、SrTiO₃(001)與DyScO₃(110)與GaScO₃(110)基座上,討論在不同基座下薄膜晶格之應變對於鈦酸鋁薄膜特性的影響。在本實驗中,藉由粉末X-ray繞射(XRD)確認薄膜為c軸垂直成長於基座之磊晶薄膜,並利用角掃描分析薄膜在基座平面成長之方向性及有序性,再藉由量測電阻率對溫度關係,瞭解薄膜成長於不同基座時之導電特性。最後我們利用sin²方法分析LTO薄膜於不同基座之殘餘應力,並由以上各項的結果來探討薄膜晶格應變對於其導電特性所產生的影響。

關鍵詞: 鈦酸鋁、角掃描、晶格應變、殘餘應力

目錄

封面內頁 簽名頁 中文摘要	iii
英文摘要	iii
iv 誌謝	v
v 目錄	v
vi 圖目錄	viii
表目錄	xii
第一章 緒論 1.1 前言	1
1.2 研究背景	2
1.3 文獻回顧	2
第二章 實驗量測原理 2.1 粉末X-ray繞射原理	11
2.2 角掃描原理	11
2.3 薄膜單晶樣品應變量測檢測原理	17
2.4 電阻率量測	20
2.5 Van der Pauw量測原理	21
第三章 樣品製備與量測 3.1 樣品製備	23
3.1.1 靶材製備	25
3.1.2 實驗流程	28
3.1.3 實驗流程敘述	29
3.2 量測儀器及量測方式介紹	30
3.2.1 電性量測	30
3.2.2 Van der Pauw量測	30
3.2.3 場發射掃描式電子顯微鏡(FE-SEM)	34
3.2.4 X-ray能量散佈分析儀(EDS)	35
3.2.5 粉末X-ray繞射分析儀	35
3.3 Scan硬體建置	36
3.3.1 Scan的軟、硬體發展流程	37
3.3.2 Scan的軟體程式設計	37
3.3.3 Scan的硬體電路設計	37
3.4 角掃描實驗步驟	41
3.5 薄膜應變量測實驗步驟	45
第四章 結果與討論 4.1 薄膜樣品成長參數與結構分析	47
4.2 薄膜樣品之傳輸關係	63
4.3 薄膜樣品應變分析	70
第五章 結論	76
參考文獻	76
附錄A	78
附錄B	79
圖目錄 圖1.1 鈦酸鋁(LaTiO ₃)晶格結構圖	2
圖1.2 SrxLa1-xTiO3薄膜成長於LAO基座上,電阻率與溫度關係圖	4
圖1.3 SrxLa1-xTiO3薄膜成長於不同基座(a) LAO (b) STO (c) MgO 基座,電阻率與溫度關係圖	5
圖1.4 LTO薄膜成長於GSO、DSO與STO基座上,電阻率與溫度關係圖	7
圖1.5 絕緣性與金屬性對W ⁻¹ 寬度與之間關係圖	9
圖1.6 sin ² 對 [001]作圖(a)LSMO/MgO (b) LSMO/LAO	10
圖2.1 布拉格晶格繞射示意圖	12
圖2.2 方向掃描示意圖	13
圖2.3 角掃描時,樣品平面法線、繞射面法線關係圖	13
圖2.4 角掃描硬體設置示意圖	14
圖2.5 二重對稱晶向	15
圖2.6 四重對稱晶向	15
圖2.7 45°對稱晶向	15
圖2.8 隨機(Random)不對稱晶向	16
圖2.9 應力之座標系統圖	17
圖2.10 四點量測示意	21
圖3.1 (a)濺鍍實驗裝置圖 (b) 實際機台	24
圖3.2 第一次燒結時間示意圖	24
圖3.3 第二次燒結時間示意圖	26
圖3.4 高溫實驗爐 (a)溫控器 (b)電源開關 (c)樣品室	27
圖3.5 實驗流程圖	27
圖3.6 四點量測示意圖	28
圖3.7 電阻對溫度量測系統	31
圖3.8 片電阻率 ρ_s 之推導方式	31
圖3.9 Van der Pauw接線示意圖	33

33	圖3.10 (a)場發射掃描式電子顯微鏡(FE-SEM) (b) X-ray能量散佈分析儀(EDS)	33
34	圖3.11 (a)為本實驗所用之XRD系統 (b)為內部裝置圖	36
39	圖3.13 Scan實體電路	40
40	圖3.14 Scan 裝置於XRD機台	40
41	圖3.15 Scan設備	41
42	圖3.16 -2 繞射示意圖	42
42	圖3.17 角與強度關係圖	42
42	圖3.18 實際 角與強度關係圖	42
43	圖3.19 XRD內建軟體	43
43	圖3.20 角掃描圖	43
46	圖3.21 Gauss law fitting 圖	46
48	圖4.1 不同成長壓力下Sr _{1-x} La _x TiO ₃ / Si薄膜XRD圖	48
49	圖4.2 不同成長溫度下Sr _x La _{1-x} TiO ₃ / LaAlO ₃ 薄膜XRD圖	49
50	圖4.3 LaTiO ₃ 成長於GdScO ₃ 基座XRD圖	50
51	圖4.4 LaTiO ₃ 成長於DyScO ₃ 基座XRD圖	51
53	圖4.5 (a)GSO與(b)DSO基座角掃描圖	53
53	圖4.6 LTO薄膜成長於(a)GSO與(b)DSO基座上角掃描圖	53
54	圖4.7 在GSO(011)與DSO(011)基座成長LTO薄膜的晶格結構圖	54
55	圖4.8 LaTiO ₃ 薄膜成長於SrTiO ₃ (001)基座，鍍膜時間(a)120 min (b) 60 min下，不同退火速率	55
57	圖4.9 STO基座 角掃描圖	57
57	圖4.10 LTO薄膜成長於STO基座，相同鍍膜時間120 min，(a)退火速率快 (b) 退火速率慢之 角掃描圖	57
58	圖4.11 LTO薄膜成長於STO基座，相同鍍膜時間60 min，(a)退火速率快 (b) 退火速率慢之 角掃描圖	58
59	圖4.12 LaTiO ₃ 薄膜成長於LaAlO ₃ (001)基座，鍍膜時間(a)120 min (b) 60 min下，不同退火速率	59
61	圖4.13 LAO基座 角掃描圖	61
61	圖4.14 LTO薄膜成長於LAO基座，相同鍍膜時間120 min，(a)退火速率快 (b) 退火速率慢之 角掃描圖	61
62	圖4.15 LTO薄膜成長於LAO基座，相同鍍膜時間60 min，(a)退火速率快 (b) 退火速率慢之 角掃描圖	62
62	圖4.16 在STO(001)與LAO(001)基座成長LTO薄膜的晶格結構圖	62
65	圖4.17 LaTiO ₃ /GdScO ₃ 薄膜之電阻率對溫度關係圖	65
65	圖4.18 LaTiO ₃ /DyScO ₃ 薄膜之電阻率對溫度關係圖	65
66	圖4.19 LaTiO ₃ /SrTiO ₃ 薄膜時間120 min之電阻率對溫度關係圖	66
67	圖4.20 LaTiO ₃ /SrTiO ₃ 薄膜時間60 min之電阻率對溫度關係圖	67
68	圖4.21 LaTiO ₃ /LaAlO ₃ 薄膜時間120 min之電阻率對溫度關係圖	68
68	圖4.22 LaTiO ₃ /LaAlO ₃ 薄膜時間60 min之電阻率對溫度關係圖	68
69	圖4.23 LaTiO ₃ 薄膜於鍍膜時間120 min下，不同基座電阻率對溫度關係圖	69
71	圖4.24 LTO薄膜於GSO基座之應變與sin ² 關係圖	71
72	圖4.25 LTO薄膜於DSO基座之應變與sin ² 關係圖	72
72	圖4.26 LTO/STO鍍膜時間120 min下不同退火速率之應變與sin ² 關係圖	72
73	圖4.27 LTO/STO鍍膜時間60 min下不同退火速率之應變與sin ² 關係圖	73
74	圖4.28 LTO/LAO鍍膜時間120 min下不同退火速率之應變與sin ² 關係圖	74
75	圖4.29 LTO/LAO鍍膜時間60 min下不同退火速率之應變與sin ² 關係圖	75
6	表目錄 表1.1 LTO薄膜成長於不同基座，平面與c軸關係表	6
8	表1.2 RTiO ₃ 能帶寬度與Ti-O-Ti鍵角關係表	8
24	表3.1 晶格常數對照表	24
24	表3.2 實驗粉末	24
47	表4.1 LTO薄膜在不同基座之晶格不配度	47
51	表4.2 LTO薄膜(002)方向晶格常數	51
52	表4.3 LTO薄膜於GSO與DSO基座上角掃描參數	52
56	表4.4 STO基座下不同條件下之薄膜晶格常數	56
60	表4.5 LAO基座下不同條件下之薄膜晶格常數	60
64	表4.6 片電阻在不同基座下與不退火速率比較	64
64	表4.5 LAO基座下不同條件下之薄膜晶格常數	64

參考文獻

- [1]S. Leoni, L. Craco, A. Ormeci, and H. Rosner, Solid State Sciences 8, 1138-1143 (2006) [2]Masatoshi Imada, Atsushi Fulimori, Yoshinori Tokura, Rev. Mod. Phys., Vol. 70, No14. (2008) [3]B. Vilquin, T. Kanki, T. Yanagida, H. Tanaka, T. Kawai, Applied Surface Science 244, 494-497 (2005) [4]C. C. Hays, J.-S. Zhou, J. T. Markert, and J. B. Goodenough, Phys. Rev. B 60, 10367 (1999) [5]Franklin J. Wong, Seung-Hyub Baek, Rajesh V. Chopdekar, Virat V. Mehta, Ho-Won Jang, Chang-Beom Eom, and Yuri Suzuki, Phys. Rev. B 81, 161101(R) (2010) [6]陳星宇, " ? 鈦LaTiO₃薄膜之磊晶成長與特性研究 ", 大葉大學碩士論文, 2007 [7]林政學, " 應力對鈦酸鋁薄膜之傳輸特性研究 ", 大葉大學碩士論文, 2010 [8]T. Katsufuji, Y. Taguchi, and Y. Tokura, Phys. Rev. B 56, 10146 (1997) [9]Bing H. Hwang, S.Y. Chiou, Thin Solid Films 304, 286-293 (1997) [10]Lamartine Meda, Klaus H. Dahmen, Saaleh Hayek, Hamid Garmestani, Journal of Crystal Growth 263, 185- 191(2004) [11] 吳翼貽, " 儀中心簡訊 ", 第十三卷第六期, 1992 [12]許樹恩、吳泰伯, " X光繞射原理與材料結構分析 ", 中國材料科學學會 [13]B. D. Cullity, S. R. Stock, " Elements of X-ray diffraction " Pearson Prentice Hall, (2001) [14]美國國家標準和技術院(National Institute for Standards and Technology, NIST) [15]丁榮助, " 在鈦酸鋁(110)基座上成長晶鏽錳氧薄膜與X光 角繞射分析之研究 ", 大葉大學碩士論文, 1994 [16]張義和, " 例說8051 ", 新文京開發出版股份有限公司, 2005 [17]楊明豐, " 8051單晶片設計實務(組合語言版) ", 碁峰資訊股份有限公司, 2003 [18] C. H. Ma, J. H. Huang, Haydn Chen, Thin Solid Films 481, 73-78 (2002)