

# ZnSnO<sub>3</sub> 薄膜光電性質研究

研究生：游家鑑

指導教授：莊振益 教授

國立交通大學 電子物理學系碩士班

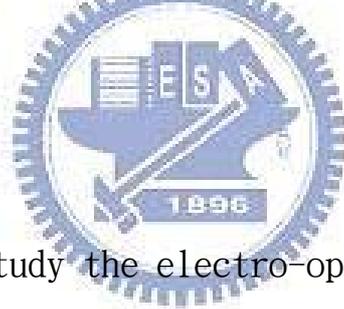
本論文研究的是 ZnSnO<sub>3</sub> 透明半導體薄膜的光電性質且以脈衝雷射蒸鍍成功地在 Sapphire(0001) 鍍出 ZnSnO<sub>3</sub>。並分別改變鍍膜氧壓和溫度，嘗試作出電阻率低且高透光率的薄膜。由 XRD 圖發現，隨著溫度提高，繞射峰將往大角度移動，顯示溫度提高將使晶格常數變小。將鍍膜溫度提高至 600°C 以上改善了薄膜的電阻率且電阻率大約在 10<sup>-1</sup> Ω-cm 且最大載子遷移率為 19 cm<sup>2</sup>V<sup>-1</sup>s<sup>-1</sup>。當鍍膜溫度在 500°C 以上，在可見光區範圍內，透光率將可達 85% 以上。由穿透頻譜不僅可以知道可見光區的高透光率且可知能隙值大於 4.1eV。

# The Study on the Electro-Optical Properties of ZnSnO<sub>3</sub> Thin Films

Student : Chia-Chien Yu      Adviser : Prof. Jenh-Yih Juang

Department of Electrophysics  
National Chiao Tung University

## Abstract



In this thesis, we study the electro-optical characteristics of ZnSnO<sub>3</sub> transparent and semiconducting thin films fabricated on sapphire(0001) by pulsed laser deposition. By Changing growth temperature, we attempt to optimize the condition of obtaining films with low resistivity and high transmission using oxygen partial pressure and growth temperature as adjusting parameters. XRD results showed that the lattice constant of the film reduces with increasing substrate temperature. By raising the temperature above 600°C film

resistivity in the order of  $10^{-1} \Omega\text{-cm}$  with the maximum mobility with  $19 \text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$  was obtained. The films prepared on sapphire(0001) at temperatures above  $500^\circ\text{C}$  all show a transmission above 85% in the visible spectrum are prepared on sapphire(0001) at  $500^\circ\text{C}$  above. The transmission spectrum also suggests that the optical energy gap of the material is above 4.1eV.



# 目錄

中文摘要	I
英文摘要	II
目錄	IV
表目錄	V
圖目錄	VI
致謝	VII
第一章 緒論	1
第二章 鍍膜製程	8
第三章 薄膜基本特性量測原理及流程	13
3-1 X-ray 繞射 ( X-ray diffraction )	13
3-2 電阻－溫度 (R-T) 特性量測系統	14
3-2-1 電阻－溫度 (R-T) 特性量測原理	14
3-2-2 電阻－溫度 (R-T) 特性量測流程	15
3-3 The van der Pauw Technique	19
3-3-1 van der Pauw 量測原理	19
3-3-1-1 電阻率量測原理	19
3-3-1-2 霍爾量測原理	22
3-3-2 van der Pauw 實驗步驟	25
3-3-2-1 電阻率量測實驗步驟	28
3-3-2-2 霍爾量測實驗步驟	30
3-4 光學性質	37
3-5 AFM 原理	38
第四章 結果與討論	39
4-1 靶材和薄膜結構分析：X-ray 繞射量測結果	39
4-2 Van der Pauw 方法量測實驗結果	52
4-2-1 Van der Pauw 方法量測遭遇到的問題	52
4-2-2 電阻率、載子濃度和遷移率量測結果	53
4-2-3 ZnSn <sub>0.9</sub> Al <sub>0.1</sub> O <sub>3</sub> 薄膜製備	55
4-3 透光率量測	58
第五章 總結與未來展望	62
5-1 總結	62
5-2 未來工作	62
參考文獻	64

## 表目錄

表 4-1 XRD pattern of $\text{ZnSnO}_3$	40
表 4-2 不同溫度下製備 $\text{ZnSnO}_3$ 薄膜	41
表 4-3 不同氧壓下製備 $\text{ZnSnO}_3$ 薄膜	42
表 4-4 doped-ZnO 各類摻雜物	43
表 4-1 ZnO/Glass 的霍爾電壓量測	53
表 4-5 $\text{ZnSnO}_3$ 薄膜電阻率、載子濃度和遷移率量測結果	54
表 4-6 $\text{Zn}_{0.9}\text{Al}_{0.1}\text{SnO}_3$ 薄膜電阻率、載子濃度和遷移率量測結果	55
表 4-7 $\text{ZnSn}_{0.9}\text{Al}_{0.1}\text{O}_3$ 薄膜電阻率、載子濃度和遷移率量測結果	56



## 圖目錄

圖 1-1 各類 TCO 材料的組合	6
圖 1-2 鈦鐵礦結構	7
圖 2-1 真空鍍膜系統	12
圖 3-1 (a) 四點量測 (b) 兩點量測	15
圖 3-2 電阻—溫度量測系統圖	17
圖 3-3 四點量測電路接點示意圖	18
圖 3-4 電阻率特徵電阻量測	21
圖 3-5 電子載子於導體內受力方向和傳輸行為	26
圖 3-6 電洞載子於導體內受力方向和傳輸行為	26
圖 3-7 樣品幾何形狀的選擇	33
圖 3-8 霍爾量測接線視示圖	33
圖 3-9 單光儀	37
圖 3-10 光在薄膜內的多重反射	37
圖 4-1 ZnSnO <sub>3</sub> 靶的 XRD 圖	44
圖 4-2 ZnSnO <sub>3</sub> 薄膜以不同溫度成長在 (a)玻璃(b)Sapphire(0001) XRD 圖	45
圖 4-3 Zn <sub>2</sub> SnO <sub>4</sub> 、ZnO 和 SnO <sub>2</sub> 的 XRD 圖	46
圖 4-4 以氧壓 10 <sup>-4</sup> torr 不同溫度下在 Sapphire(0001)基板成長 ZnSnO <sub>3</sub> 薄膜的 XRD 圖	47
圖 4-5 以 750°C 不同氧壓下在 Sapphire(0001)基板成長 ZnSnO <sub>3</sub> 薄膜的 XRD 圖	48
圖 4-6 不同氧壓下在 Sapphire(0001)基板成長 Zn <sub>0.9</sub> Ga <sub>0.1</sub> SnO <sub>3</sub> 薄膜的 XRD 圖	49
圖 4-7 以氧壓 10 <sup>-4</sup> torr 不同溫度下在 Sapphire(0001)基板成長 Zn <sub>0.9</sub> Al <sub>0.1</sub> SnO <sub>3</sub> 薄膜的 XRD 圖	50
圖 4-8 以 750°C 不同氧壓下在 Sapphire(0001)基板成長 Zn <sub>0.9</sub> Al <sub>0.1</sub> SnO <sub>3</sub> 薄膜的 XRD 圖	51
圖 4-9 以 750°C 不同氧壓下在 Sapphire(0001)基板成長 ZnSn <sub>0.9</sub> Al <sub>0.1</sub> O <sub>3</sub> 薄膜 XRD 圖	57
圖 4-10 以 750°C 不同氧壓下在 Sapphire(0001)基板成長 ZnSn <sub>0.9</sub> Al <sub>0.1</sub> O <sub>3</sub> 薄膜 XRD 圖	59
圖 4-11 不同氧壓下在 Sapphire(0001)基板成長 ZnSnO <sub>3</sub> 薄膜的透光率	60
圖 4-12 不同溫度下在 Sapphire(0001)基板成長 Zn <sub>0.9</sub> Al <sub>0.1</sub> SnO <sub>3</sub> 薄膜的透光率	61
圖 4-13 不同氧壓下在 Sapphire(0001)基板成長 Zn <sub>0.9</sub> Al <sub>0.1</sub> SnO <sub>3</sub> 薄膜的透光率	62

## 致謝

首先要感謝我的指導教授莊振益教授，在這兩年來的耐心教導，使我獲益良多，以及溫增明教授、吳光雄教授和林俊源教授的悉心指導。

在 TCO 領域的研究裡，特別要感謝的是劉旭禎學長給了我研究的方向和指導，和我實驗遇到困難時，給我最大的幫助。感謝志昌學長、璨耀學長和維仁學長的幫忙，引領我學習實驗的技術和解決實驗上的所遇到的困難。

也要感謝實驗室於聰和小馬，還有弛翊、伯宗、正馨、訓全和明炎的  
倍伴。



感謝明志科大材料系郭佩姝在 AFM 的協助和家宏學長在實驗上的協助。

最後感謝家人的支持和鼓勵，讓我無後顧之憂的渡過這兩年的念書，完成了學業。