透明氧化鋅之薄膜電晶體技術開發研究

研究生：鄒一德　　　　　　　　　　　　指導教授：劉柏村 博士

國立交通大學

光電工程系　　顯示科技研究所

中文摘要

本研究論文成功地發展出一套新式具有高透光性(Highly transparent)、高載子移動率(High mobility)的氧化鋅(Zinc Oxide)透明薄膜電晶體(ZnO-Transparent Thin Film Transistors)，可應用於主動式顯示面板(Active Matrix Liquid Crystal Display)技術及搭配有機發光二極體面板(Organic Light Emitter Diode Panel)作爲驅動電路，以增大顯示電晶體元件的效能與顯示畫素開口率，並減緩光漏電(Photo leakage current)對元件造成這影響。亦可推廣應用至驅動電路，達成系統面板整合技術(System On Panel)的遠景。在研究中，我們利用交大半導體中心之直流濺鍍機台(DC Sputter)，使用 4 吋金屬鋅(Zinc)的靶材(Target)，改變不同的直流濺鍍功率，於矽晶元基板上形成最具均勻性之薄膜，並藉由調配不同鋅原子與氧原子的組成比例，來形

成具備透明與半導體特性之氧化鋅薄膜；藉由在濺鍍過程時，改變通入氧氣的流量及製程完成後的後續退火處理，我們成功建立一個得以在室溫環境之下，均勻氧化鋅薄膜的沈積且具有最佳薄膜電晶體電性表現的半導體層(Semiconductor layer)沉積條件。在本論文中，我們也利用各種材料分析技術與儀器，如紅外線光譜儀(FTIR), X 光薄膜繞射儀(XRD)等...來針對氧化鋅半導體薄膜之結晶性(Crystallization)、晶格尺寸(Grain size)、薄膜厚度(Thickness)和薄膜表面(Surface morphology)等特性進行分析與研究，並對氧化鋅薄膜製程電晶體元件，進行電晶體元件電性特性的分析與探討。

Investigation on Thin-Film-Transistors with a Transparent Material Zinc-Oxide Layer

Student：Yi-Teh **Advisor：Dr. Po-Tsun Liu**

Display Institute & Institute of Electro-Optical Engineering,

National Chiao Tung University

Abstract

In this thesis, we have successfully developed a transparent thin film transistors (TTFT) using a novel material *Zinc Oxide* (ZnO) as semiconductor layer, with high carrier mobility and optical transparency. The use of ZnO-based material can increases the field-effect mobility of TFT devices, the aperture of AMLCD panel and releases the issue of photo-excited leakage current. In this work the ZnO film was deposited on a silicon substrate by sputtering Zinc metal target in DC glow discharge plasma of an argon/oxygen mixture. We changed the power of DC sputter to adjust the uniformity of the ZnO film. Also, the conductivity and carrier concentration were controlled by adjusting the flux of the mixture oxygen during film deposition and thermal annealing temperatures. An optimal ZnO film deposition condition was finally established at room temperature for the ZnO TFTs. The benefit of using the DC sputter system possesses the feasibility and varieties to easily adjusting the optimal rate of Zn/ZnO mixture, $Zn_{1+x}O$, and ZnO for TFTs.

Several material analysis techniques, such as FTIR, XRD, and etc. were utilized to discussing the crystallization, grain size, and surface morphology of ZnO films. Electrical characteristics and conduction mechanisms of ZnO TTFT devices were also investigated by I-V characteristic analysis.

誌謝

轉眼間，還沉浸在大學畢業的歡愉之中時，精采且短暫的兩年碩士班生涯，悄悄的過去了。在這兩年之中，除了感謝生我、養我、使我在學識養成的路上，無需擁有任何生活必需上壓力，並在我無助時，提供我最好避風港的父母親外，亦深深地感謝我的指導教授 劉柏村老師，在學術研究、知識、人格養成上不斷地給予指導、教誨與提攜。也深刻感謝共同研究團隊，中山物理教授 張鼎張老師，在生活及待人處事方面給予的幫助與啓發，使我收穫良多並更加成長，在此對兩位老師致上最深的敬意與感謝。

此外，我還要感謝主要指導、引領我研究方向的 黃震鑠學長，使我能順利完成此篇論文研究。還有 吳興華、蔡志中、王敏全、李泓緯、黃士哲、高世欽等諸位學長，謝謝你們在我遇到困難時的鼓勵與協助，並在實驗瓶頸上指引方向，在每一個感覺孤立無援的時候，能給我許多寶貴的經驗和協助。也要感謝於一起努力的好伙伴：俊榮學長、世青學長、齊冠學長、宗晟、彥伯、承鴻、淵舟、皓麟等，由於你們的陪伴，不僅於研究、實驗上，在其他相處的時間中，也給了我許多歡樂，和感動的回憶；還有可愛的學弟們：千睿、崇維，不論實驗上與生活中的相伴與提供種種的經驗與幫助。也感謝我的前女友 芷筠，在我碩二下學期最艱苦的日子中的包容與相陪，爲我倆劃下彩色漂亮的句點。

最後，感謝國家奈米元件實驗室(NDL)提供良好的環境與設備，使我能順利

完成我的實驗。也感謝 城中扶輪社以及我的贊助人 詹仁道總裁，在短短的兩年之中，給予我的種種肯定，頒予我極高榮譽的扶輪獎學金，使我碩班的歲月中，得以減輕帶給父母親經濟上的壓力，得以心無旁騖地專心於研究上面。僅以此論文獻給我的父母，以及一路上每一位幫助過我的學長、同學、學弟們。

一德 2006.06

Contents

CHAPTER 3 RESULTS AND DISCUSSIONS

CHAPTER 4 CONCLUSION

Table Caption

Chapter 1

Chapter 2

Figure Captions

Chapter 1

Chapter 2

Chapter 3