

射頻電漿濺鍍氮化鋁在有機薄膜電晶體閘極絕緣層之應用

研究生:劉溥寬

指導教授:冉曉雯 博士

國立交通大學

光電工程研究所碩士班

摘要

本論文中，低溫(25°C-250°C)濺鍍氮化鋁(AIN)薄膜被沉積當作有機薄膜電晶體(OTFTs)上的閘極絕緣層。不同於傳統的高介電常數的材料，氮化鋁擁有低的閘極漏電以及高的疏水性。在實驗中發現氮化鋁的表面能比五環素(pentacene)還低而且近似於用自組裝單層膜(SAM)處理過後的介電層。在實驗中，嘗試調整氮化鋁的製程條件，我們發現當製程溫度降低時，氮化鋁可獲得平整的表面(表面粗糙度小 0.2nm)以及很低的閘極漏電(在 1MV/cm，漏電流小於 1×10^{-9} A/cm²)。並且觀察到崩潰電場大於 5MV/cm 以及量測到的氮化鋁介電常數為 7。除了降低溫度外，當增加氮氣流率比時，氮化鋁漏電也獲得抑制。更進一步分析漏電行為，發現氮化鋁在低電場時，由歐姆(Ohmic)定律主導。在高電場時，由普爾-夫倫克爾(Poole-Frenkel)過程來主導。因此當增加氮氣流率時，氮相關之缺陷可能獲得補償，漏電因此而降低。

根據最佳製程條件，我們實現了低電壓操作的氮化鋁有機薄膜電晶體。當氮化鋁的厚度降低到 70nm 以下，氮化鋁有機薄膜電晶體可以被操作在 5 伏特以下。並且可以獲得高的電流開/關比值(大於 10^6)以及高的載子移動率(約 $1.67\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{sec}$)。而且也可得到極低的次臨界擺幅(約 130mV/decadec)和臨界電壓(約-1.5 伏特)。然而由於氮化鋁擁有低的表面能，可能導致低的介面捕獲電荷密度和極小的次臨界擺幅。這些顯著的電晶體特性論證了氮化鋁有機薄膜電晶體擁有極大的潛力，可以應用在低操作電壓以及快速開關的有機電晶體上。



The Application of RF Sputtered AlN on the Gate Insulator of OTFTs

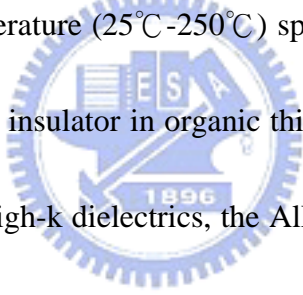
Student: Pu-Kuan Liu

Advisor: Dr. Hsiao-Wen Zan

Institute of Electro-Optical Engineering

National Chiao Tung University

Abstract



In this thesis, the low-temperature (25°C-250°C) sputtered aluminum nitride (AlN) film was deposited as the gate insulator in organic thin film transistors (OTFTs). In contrary to the conventional high-k dielectrics, the AlN film has a very low dielectric leakage and hydrophobic. The surface free energy is lower than the pentacene film and similar to the self-assembled monolayer (SAM) treated dielectrics. By adjusting the AlN sputtering process, it was found that the smooth (surface roughness <math><0.2\text{nm}</math>) and very low leakage (less than

Poole-Frenkel transport in low and high electric field, respectively. It is suggested that the nitrogen-related defects are compensated, with the increasing of nitrogen flow rate in sputtering process, thus the leakage is decreased.

Accordingly to the optimized sputtering conditions, the low-voltage AlN-OTFTs is realized. With the thin AlN gate-dielectric (thickness less than 70nm), the AlN-OTFTs are operated at a very low voltage (less than 5V). It is founded that the high on/off current ratio more than 10^6 , and the high mobility about $1.67\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{sec}$ are achievable. The lowest subthreshold swing is 130mV/decade and the threshold voltage is -1.5V. The low interface-trap-density and the steep subthreshold swing for AlN-OTFTs may be attributed to the low surface energy of the AlN film. The remarkable transistor properties demonstrate that the AlN-OTFT has potential application in low-voltage and rapid-switching organic transistors.

誌謝

兩年的時間過的很快，回首兩年前，滿懷著夢想與期望來到交大。在交大的求學過程中，遇到了許多的考驗，這些考驗使自己在思想或能力上都成長許多。首先要感謝我的指導教授冉曉雯老師，感謝冉老師帶領我進入 OTFT 的世界，以及在研究路上不厭其煩的指導我。

感謝實驗室的博班學長：國錫學長、政偉學長、士欽學長，在這兩年來的幫助與鼓勵。尤其是國錫學長，在我這兩年來的研究生涯裡，用心的教導我實驗方法並且辛苦地協助我完成我的碩士論文。感謝實驗室的同學：章祐、貞儀、全生以及同為 OTFT 組的傑斌、庭軒，這兩年來的互相打氣，互相砥礪。尤其是庭軒，在我心情低落時，給予我鼓勵與安慰。感謝實驗室的學弟妹們：育敏、芸嘉、睿志、文馨...等，在苦悶的研究生生活裡，添加了許多歡樂。還有感謝清大材料所的學弟：國欣，這一年來辛苦的幫我沉積 AIN，讓我的實驗得以順利完成。

最後感謝我的父母、老姊、弟弟以及女友家馨，感謝你們一路的陪伴與支持，沒有你們，就不會有今日的我。