



蒸鍍原子層薄膜技術

Evaporation Technology for Atomic Thin Film Deposition

黃智勇¹ 林義鈞¹ 田春林² 洪銘聰³

¹ 工研院機械所 先進機械技術組 固態光源機械技術部

² 逢甲大學 電機工程學系 教授

³ 國立中央大學 機械工程學系 助理教授

摘要

本研究探討蒸鍍原子層薄膜技術，在蒸鍍場中模擬分析氟化鎂(MgF₂)薄膜膜厚分佈及鍍率狀況，接著以不同的製程參數製作非晶氧化銦鎵鋅(IGZO)及氟化鎂薄膜，沉積薄膜厚度介於 1~55 nm 之間，研究薄膜在光學與機械性質之間的關係，並進行各項特性實際的量測分析，以探討原子層鍍膜的功能特性，包括殘留應力、電性、粗糙度、折射率及薄膜熱退火等。當單層光學薄膜要求小於 10 nm 時需達成 100%的表面覆蓋率，以避免缺陷影響到光學性質。

Abstract

This study explored the evaporation technology for atomic thin film deposition. First of all, simulation was used to analyze the thickness distribution and coating rate of MgF₂ thin films in the vapor deposition field. The IGZO and MgF₂ thin films were deposited by various processes with film thicknesses ranging from 1-55 nm. The relationship between the optical properties and the mechanical properties of the deposited films were studied and characterized. The atomic layer coating properties, such as residual stress, electrical properties, roughness, refractive index and thermal annealing film were investigated. When thickness of a single layer of optical film is required to less than 10 nm, surface coverage needs to achieve 100% to avoid defects which may affect its optical properties.

關鍵詞

蒸鍍、原子層、應力

Keywords

Evaporation、Atomic Layer、Stress

前言

非晶氧化銦鎵鋅(IGZO)常應用於薄膜電晶體的液晶顯示器中，具有較佳電子的

移動率[1]。薄膜鍍製的方法種類有許多種，其中以濺鍍法最為普遍被使用，因為此方法所鍍製出的薄膜結構較為緻密，且擁有良好的機械性質及穿透率等優點。在



光電產業快速的成長趨勢下，薄膜品質的要求也日漸增高，而穿透率、電性、表面粗糙度及殘留應力等特性就是判斷薄膜品質之重要標準之一。如 Li [2]、Thakur [3] 等人均對於 IGZO 薄膜進行特性之研究，但在薄膜殘留應力這個領域卻鮮少被注意到，Mohammed [4] 等人成功地將 IGZO 薄膜沉積於 PET 基板上，並發現若薄膜之殘留應力過大可能會造成基板彎曲、薄膜破裂等現象，進而直接影響薄膜製程的良率，此現象對於光學元件之性能會造成很大的影響，並且會使其壽命與耐用度受到影響；表面粗糙度亦會影響薄膜之品質，若薄膜表面太過於粗糙，則會造成嚴重的散射，進而影響其反射及透光率大小。一般來說，高品質之薄膜會要求粗糙度極小，以避免因散射造成光學的損耗。因此若要提升薄膜之品質及性能，探討薄膜之殘留應力、表面粗糙度、電性及穿透率等是必要的。

氟化鎂(MgF_2)是光學薄膜技術中最常應用的，同時也是最重要的一種材料。製備氟化鎂薄膜一般可利用的方法有四種：在氬氣環境中應用加熱(電阻式、電子槍)進行蒸鍍沉積，一些有關鎂-氟化合物化學氣溶膠分解作用，旋轉浸鍍有關鎂-氟化合物。眾所周知沉積於室溫基板上的氟化鎂薄膜是一種易損壞的軟膜，但是對於如塑料、半導體以及金屬基板，如果在沉積薄膜時高溫加熱，對基板可能產生有害的效應。關於氟化鎂薄膜的內應力已有很多報告，一般蒸鍍氟化鎂薄膜具有很高的張應力，這種張應力是由於薄膜生長過程中，結構上的不完善及薄膜本身污染所造成的。用電阻加熱蒸鍍所製備的氟化鎂薄膜，

在真空中測量其內應力和附著強度，與由電子束蒸鍍製備的氟化鎂薄膜在實驗室溫度下($25\pm 5^\circ C$)進行測量的結果是有區別的。沉積於室溫基板上的氟化鎂薄膜在真空中測量具有高的張應力，這樣的薄膜暴露於室溫大氣環境時，由於吸水而使張應力減小。沉積於加溫 $300^\circ C$ 以上基板上的氟化鎂薄膜之內應力已變為壓應力，這可能是由於其圓柱狀結晶尺寸增加和其後的重新取向而得到的結果。

在沉積製程結束之後產生的殘留應力是機械性質影響因素之一，殘留應力可分為殘留張應力及壓應力，薄膜受到張應力作用，薄膜會呈現內凹(concave)現象；薄膜受到壓應力作用，薄膜會呈現外凸(convex)現象。殘留應力會導致使用奈米壓痕測試系統測試時，有一定程度的誤差，殘留張應力會使量測硬度值比實際值小，殘留壓應力會使量測硬度值比實際值大。當薄膜的殘留應力過大，則可能會使薄膜產生破壞，殘留張應力太大，薄膜會產生裂紋；殘留壓應力太大則會導致薄膜產生翹曲的現象。一般而言，薄膜在沉積製程之後或多或少都會有翹曲的現象，我們可視為薄膜內有一殘留應力而導致翹曲的變化量，為了評估沉積製程後殘留應力的大小，可藉由量測薄膜曲率變化程度來得知薄膜殘留應力值。

熱退火是半導體製程中廣泛應用的製程技術之一，熱退火處理是一種改變材料內部微結構的技術，處理過程是將材料置於一高溫環境，並維持一段時間再緩慢冷卻，其原理是利用熱能讓材料內部的晶格原子及缺陷做震盪或擴散，使材料內部晶

更完整的內容

請參考【機械工業雜誌】411期・106年6月號

每期220元・一年12期2200元

劃撥帳號：07188562 工業技術研究院機械所

訂書專線：03-591-9342

傳真訂購：03-582-2011

機械工業雜誌官方網站：www.automan.tw

機械工業雜誌信箱：jmi@itri.org.tw