AZO薄膜濺鍍技術與應用

Magnetron Sputtering Technology for AZO Thin Film Applications

李侃峰
工研院機械所
新興能源機械技術組
太陽能光電設備技術部

林冠宇
工研院機械所
新興能源機械技術組
太陽能光電設備技術部

張家豪
工研院機械所
新興能源機械技術組
太陽能光電設備技術部

關鍵詞

- 磁控　Megnetron
- 濺鍍　Sputtering
- 氧化鋅鋁　AZO

摘要

透明導電氧化物薄膜的電性與光學性質是顯示器元件不可缺少之應用需求，更直接影響太陽電池的發電效率。本文將介紹太陽電池廣泛使用的磁控濺鍍沉積 AZO 薄膜技術，與近期發展的產品應用，並比較各種大面積濺鍍 AZO 薄膜的優缺點。

The electrical and optical properties of transparent contact oxide not only play an indispensable role for display device but also have great influences on the solar cell performance. This article introduces the recent development of AZO thin film deposition technology by magnetron sputtering, which has been widely applied in solar cell, and compares it with different technologies in large area deposition.

前言

透明導電薄膜於 1907 年因鎘薄膜氧化而被發現[1]，其他金屬的透明導電氧化物也陸續被應在第二次世界大戰之除冰玻璃與近代的半導體產業上。透明導電薄膜可分金屬薄膜與金屬氧化物半導體等兩類[2]，其中金屬氧化物半導體如 SnO_2、In_2O_3、ZnO 等，爲光電元件中不可或缺的材料，其應用主要作爲元件的電極，如太陽電池、顯示器與觸控面板。金屬氧化物半導體多選擇能隙大於 3eV 的材料，以求獲得較高的光穿透率，另多參雜質增加材料的電

子電洞，以提升整體導電性。SnO_2 多參雜氟、銻等元素，對於氫電漿製程的應用，錫會被還原造成薄膜透光率下降，多以其他金屬氧化物當作保護層搭配使用[3]。In_2O_3 多參雜錫以形成 ITO 透明導電膜，面對還原性強的 SiH4 與氫電漿製程應用，薄膜透光率大幅下降約 20%[4, 5, 6]，另外，應用上也須注意 ITO 中的銦元素在高溫時有不穩定與擴散現象。ZnO 多參雜硼、鍺、鋁等元素，分別形成 BZO、GZO、AZO 透明導電薄膜，其中 ZnO 具備良好的光電性質、材料取得容易、成本低與無毒性等特點，且在 SiH_4 與氫電漿製程中穩定性高[7]，目前多以 LPCVD 或是濺鍍方法製備薄膜。本文將針對磁控濺鍍技術應用於 AZO 透明導電膜的鍍膜以及相關製程調控技術等加以說明。

濺鍍技術

濺鍍技術於西元 1852 年問世以來，衍生多種適合不同應用類型之設備，包含採用直流與交流、平衡磁控與非平衡磁控、單極與多極、固定基板與移動基板等。濺鍍設備常於腔體內通入製程所需的氣體，輔以電源供給能量，使氣體因輝光放電而變成電漿狀態，正離子轟擊出靶材之原子與分子等以茲後續應用。

直流濺鍍技術於長時間製程後，常於陰極累積大量的正電荷，通常以增加電壓解決靶材濺射屏障的問題，然高電壓容易引起電弧效應，產生大量雜質微粒或傷害靶材。交流供應電源的選用，使不斷的更換電流極性，避免電荷累積於靶材，低電壓操做的優勢也相對產生。直流或交流電源的選擇多以靶材導電與否爲主，對於複合材料或導磁性的靶材應用，多採用交流電源與不規則的靶材表面來克服薄膜品質不均勻性的問題。除直流、交流或直交流疊加電源，常廣泛使用之反向電壓脈衝直流技術使電子瞬間進入陰極，不僅有效消除靶材電荷累積，也保有直流濺鍍技術常見之優點。

搭配磁場之磁控濺鍍技術，大幅增加電子撞擊的機率，並同時提高電漿離子的密度，不僅提升濺鍍率也可降低製程溫度[8]。磁控濺鍍設備應用於導體靶材多以直流電源供應，對於複合性靶材、非導體靶材或導磁性靶材則建議使用交流式電源。連續式或叢集式磁控濺鍍設備，當被鍍物以停滯或陰極磁座往復方式鍍膜時，磁場與電場之分佈設計更需考量，國際大廠於大面域設備之設計，多以靜態複數個靶材配置、移動磁石與靶材方式、大面域靶材搭配移動磁石或滾筒式磁控管等方法，達到磁控的大面域化，再輔以線型或網狀電極等形式提昇大面域電場均勻度[9]，如此達成大面積磁控濺鍍薄膜的需求。

AZO 薄膜技術

繼 ITO 薄膜大量應用於光電產業後，AZO 薄膜擁有不錯之接觸電阻、遷移率、載子濃度、光穿透率與折射係數等特性。摻雜鋁的 AZO 薄膜，因 Al^{3+} 取代 ZnO 中的 Zn^{2+}，並於晶格中形成一自由電子，也相對提高載子濃度，但鋁可能以中性原子存在晶格中或析出於晶界及表面上，並成爲雜質離子散射中心(ionized impurity scattering centers)，進而產生之晶格扭曲與降低電子遷移率[10, 11]。目前常見濺鍍方法成長 AZO 薄膜之靶材鋁的成分含量約爲 2%，然於大面域成長薄膜之阻值均勻度仍較難達到需

更完整的內容

請參考【機械工業雜誌】338 期・100 年 5 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