บทคัดย่อ

T 152342

งานวิจัยนี้ ได้ทำการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมฟิล์มบางนำไฟฟ้าโปร่งใสอินเดียมทินออกไซด์ (ITO) บนแผ่นรองรับที่เป็นกระจกสไลด์ โดยวิธีการระเหยสารด้วยลำอิเล็กตรอนแบบใช้ไอออนช่วย (IAD) ด้วยเครื่องเคลือบฟิล์มบางในระบบสุญญากาศที่มีแหล่งกำเนิดลำอิเล็กตรอนขนาด 10 กิโลวัตต์ และแหล่งกำเนิดไอออนแบบขั้วคาโทดเย็น (Cold cathode) ผลิตพลาสมาที่ประกอบด้วยไอออนและเรดิคยลของออกซิเจนพุ่งเข้าหาแผ่นรองรับขณะที่กำลังเคลือบฟิล์ม ITO โดยปรับตัวแปรในการเคลือบต่างๆ ได้แก่ อุณหภูมิแผ่นรองรับ 25 - 210°C อัตราการเคลือบ 0.8 - 2.2 Å/s อัตราป้อนก๊าซออกซิเจนผ่านแหล่งกำเนิดไอออน 20.0 - 30.0 sccm และความหนาฟิล์ม 600 - 3000 Å แล้วทำการศึกษาผลของตัวแปรที่ใช้ในการเคลือบที่มีต่อสมบัติทางแสง สมบัติทางไฟฟ้า โครงสร้างจุลภาคพื้นผิว เฟส และองค์ประกอบของฟิล์มอินเดียมทินออกไซด์

จากการวัดตัวอย่างฟิล์มบนกระจกสไลด์ด้วยเครื่อง Spectrophotometer พบว่าค่าการส่องผ่านแสงเฉลี่ยในช่วงตามองเห็น (T_V) มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน เมื่ออัตราการเคลือบลดลงและอัตราป้อนออกซิเจนเพิ่มขึ้น แต่ T_V เปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยเมื่อเพิ่มความหนาของฟิล์มหรือเพิ่มอุณหภูมิของแผ่นรองรับ จากการศึกษาด้วยเครื่อง Linear four point probe พบว่าความต้านทานไฟฟ้ามีค่าลดลงเมื่ออุณหภูมิแผ่นรองรับเพิ่มขึ้น และความหนาฟิล์มมีค่าเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ พบว่าความต้านทานไฟฟ้าของฟิล์มที่แปรตามอัตราเคลือบและอัตราป้อนออกซิเจนจะมีลักษณะที่สำคัญคือมีค่าต่ำสุดแล้วจะเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราเคลือบและอัตราป้อนออกซิเจนมากเกินไปหรือน้อยเกินไป การตรวจสอบลักษณะผิวหน้าฟิล์มด้วย Atomic force microscope (AFM) พบว่าผิวหน้าฟิล์มมีความเรียบเพิ่มขึ้น เมื่ออัตราการเคลือบลดลง หรือความหนาฟิล์มเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มอัตราป้อนออกซิเจนอย่างต่อเนื่องผิวหน้าฟิล์มจะมีความเรียบเพิ่มขึ้นจนถึงค่าสูงสุด จากนั้นจะมีค่าที่ลดลง ซึ่งสัมพันธ์กับสมบัติทางแสงคือฟิล์มที่มีผิวหน้าเรียบจะให้ค่าการส่องผ่านแสงเฉลี่ยในช่วงตามองเห็น(T_V)อยู่ในช่วงที่สูงถึงสูงสุด จากการศึกษาความเป็นผลึกของฟิล์ม ITO ด้วย X-ray diffraction พบว่าฟิล์มที่เตรียมได้ส่วนใหญ่มีความเป็นอสัณฐาน(Amorphous) ส่วนฟิล์มที่มีความต้านทานไฟฟ้าต่ำสุด จะแสดงความเป็นผลึกบางส่วน โดยพบผลึกของ In_2O_3 ที่มีการเรียงตัวในระนาบ (222) ปรากฏเด่นขึ้นมา ไม่พบผลึก SnO_2 และจากการตรวจสอบองค์ประกอบของฟิล์มด้วย EDS พบว่ามี Sn ปรากฏอยู่ในเนื้อฟิล์ม

จากผลการทดลองพบว่าสภาวะการเคลือบที่เหมาะสมสุดในการเตรียมฟิล์มบางนำไฟฟ้าโปร่งใส ITO บนกระจกสไลด์ คือ อุณหภูมิแผ่นรองรับ(T_S) = 130°C, อัตราการเคลือบ(R_r) = 1.4 Å/s, อัตราป้อนก๊าซออกซิเจนผ่านแหล่งกำเนิดไอออน = 27.5 sccm และความหนาฟิล์ม = 1200 Å ฟิล์มบาง ITO ที่ได้ เป็นฟิล์มที่มีสมบัติเหมาะสมสำหรับใช้เป็นขั้วไฟฟ้าโปร่งใสในอุปกรณ์แสงจำพวกจอแสดงผลชนิด ต่างๆ กล่าวคือมีความต้านทานไฟฟ้าต่ำ (Resistivity, ρ) = 7.58 x 10^{-4} Ω-cm และฟิล์มมีความใสมาก ค่าการส่องผ่านแสงเฉลี่ยในช่วงตามองเห็น (T_V) สูงถึง 85 เปอร์เซ็นต์

Abstract

TE152342

In this work, the suitable process parameters for the deposition of indium tin oxide (ITO) thin film on glass slide substrates by electron beam evaporation with ion-assisted deposition (IAD) have been studied. The evaporator was equipped with a 10 kW electron gun power supply and a cold-cathode ion source. The deposition parameters including substrate temperature, deposition rate, oxygen flow rate and film thickness were then successively varied from 25 - 210°C, 0.8 - 2.2 Å/s, 20.0 - 30.0 sccm and 600 - 3000 Å, respectively. The effect of these process parameters on the optical and electrical properties, surface microstructure, and chemical compositions of unannealed ITO films had been characterized.

From transmittance measurement using a spectrophotometer, it was found that T_v of ITO film on glass increased as deposition rate decreased, and oxygen flow rate increased. Furthermore, T_v seemed to have no correlation with Ts and the film thickness in this range. Using linear four point probe, it was evident that the resistivity tended to decrease as Ts, deposition rate, and film thickness increased. While the resistivity dependence on oxygen flow rate showed an optimum characteristic in which the resistivity first decreased as oxygen flow rate increased to an optimum point (27.5 sccm) and the resistivity then increased as oxygen flow rate increase further.

The surface microstructure of the ITO films were studied by atomic force microscopy (AFM). It was evident that the surface roughness decreased as deposition rate decreased and film thickness increased. The film surface roughness also showed the optimum value with varying amount of oxygen flow as in the case of T_v. It was found that the smoothest film would yield the best optical transmittance.

Finally using x-ray diffraction, it was observed that ITO films were mostly amorphous except the film with lowest resistivity that showed partial polycrystalization with the (222) In_2O_3 peak appeared on the surface but no SnO_2 peak was found. From chemical composition with energy dispersive x-ray spectroscopy (EDS), it was confirmed that there was Sn in the film.

The optimum deposition parameters for ITO deposition in this IAD deposition system were substrate temperature (T_s) of 130°C, deposition rate (R_t) of 1.4 Å/s, oxygen flow rate of 27.5 sccm and film thickness of 1200 Å. Under this deposition condition, the ITO films with low electrical resistivity of 7.58×10^{-4} Ω-cm and high luminous transmittance (T_v) of 85 % were achieved.