

투명 디스플레이 실현을 위한 상부 전극용 TCO 박막제조 및 특성 분석

A Study on TCO thin film for transparent display upper electrode

김은서, 박형준, 김호운, 김해문, 박진수, 김영은, 김인수
경운대학교 신소재에너지학과

Eun-Seo Kim, Hyung-Jun Park, Howoon Kim,
Hae-Mun Kim, Jin-Soo Park, Young-Eun Kim,
In-Soo Kim
Kyungwoon University, Dept. of Materials &
Energy Engineering

요약

본 연구에서는 DC magnetron sputter 장비를 사용하여 투명 디스플레이 실현을 위한 상부전극용 박막을 제작하였고, 제작된 박막의 광학적 특성과 물리적 특성을 분석하였다. 소다라임 유리기판 인가된 전판 위에 증착한 ITO의 경우에는 박막의 증착물압에 따라 두께와 굴절률이 증가함을 보였으며, 증착된 박막의 광학적 투과도는 박막의 두께에 따라 점차 감소함을 확인 하였고, 반면 고전도 특성을 가진 알루미늄 박막은 증착된 박막의 두께가 두꺼울수록 전면의 반사도가 증가하여 투명전극으로 사용할 수 없었으나 스퍼터의 내부의 분위기를 높이고 인가된 전압을 높고 단시간에 박막을 증착하였을 경우에 약 70%정도 현재 보다 향상된 투명전극으로의 광학적 투과도 특성을 보였다.

I. 서론

투명전도성 산화물(TCO, transparent conductive oxide) 박막은 평판형 display, 액정형 display, 고체발광형 소자전극, 발광층의 재료나 태양전지의 상부전극용과 같은 차세대 투명전자소자에 사용되어 많은 개발과 연구가 이루어지고 있다.[1] 이러한 투명전도성 산화물은 높은 전기 전도도를 가지고 있으며 특히, 가시광영역에서는 높은 투과도(약80%이상)관찰이 가능하며 약 $10^{-3} [\Omega^{-1} \cdot \text{cm}^{-2}]$ 정도의 전기저항의 조건을 갖추어야 한다. 일반적으로 이미 개발된 재료중에서 ITO 박막은 가장 투명하고 가시광선 영역에서 약 90%이상의 투과율과 아주 낮은 전기저항성을 가지고 있어 현재 정보통신 분야 중 스마트폰용 터치 패널이나 연성(flexible)반도체에 많이 응용되고 있다. 지금까지 ITO박막은 DC magnetron sputtering법, 전자빔의 증발에 의한 물리적 증착법 및 화학적 증착방법인 졸겔법을 사용하여 증착하는 연구가 진행 중이다.[1-3]

따라서 본 연구에서는 DC magnetron sputter장비를 사용하여 ITO 박막을 소다라임 유리기판과 실리콘 기판으로 나누어 박막을 증착하였다. 증착된 ITO 박막에 대하여 조건별 박막의 두께를 측정하고, 광학적 특성인 투과도와 반사도에 대한 특성을 분석하였다.

II. 본론

1. 박막의 제작조건

챔버(chamber)내에 ITO target을 장착하고 소다라임 유리기판 위에 DC magnetron sputter를 사용하여 증착하였다. DC magnetron sputter에 로터리 펌프(rotary pump)와 디퓨전 펌프(diffusion pump)를 사용하여 진공도 10^{-6} [mTorr]이하로 낮추었고 MFC를 이용하여 Ar가스를 주입하였다. 이 때 압력을 1~3 [mTorr]로 제어하여 플라즈마생성상태로 만들었다. 압력과 전압 차이에 따른 박막의 두께를 변화를 비교하기 위하여 증착시간을 30분으로 고정하였다. 투명전도성산화물을 만들기 위한 박막 증착조건을 아래에 표1에 나타내었고, 압력에 따라 전압의 변화를 두어 관찰하였다(표 2). [2]

표 1. ITO박막의 증착조건

Target	ITO박막
Deposition time [min.]	30
Operating gas	Ar
Target-substrate distance [mm]	13
Gas flow [sccm]	0.5

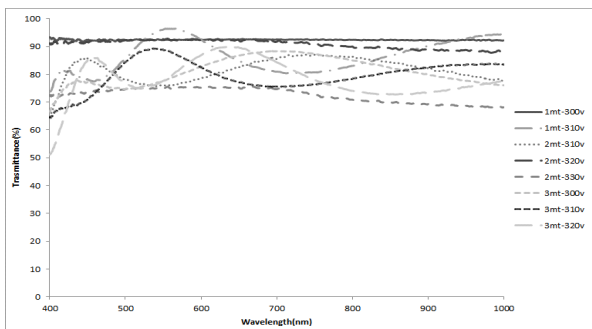
2. 박막의 특성고찰

그림 1은 유리 기판에 ITO를 증착을 하여 분광기 (spectrometer)를 이용하여 가시광선 및 근적외광 영역인 400~1000 [nm]파장 영역에서의 광투과율을 측정하였다. 제작된 ITO박막은 각 파장 영역에서 80%이상의 광투과율이 측정되었고, 챔버내의 압력과 인가된 전압이 증가할수록 투과율이 점차 감소하였다.

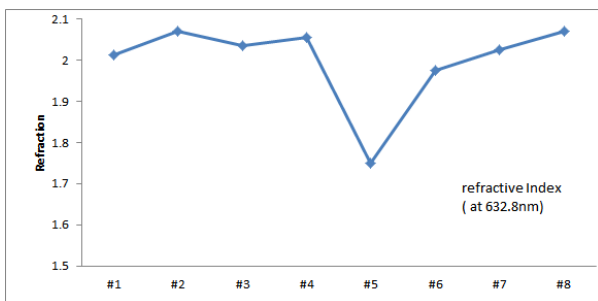
그림 2에서는 제작된 ITO박막을 타원편광분석기 (ellipsometer)를 사용하여 기본광원인 632.8 [nm]에서의 굴절률을 조사하였다. 측정된 굴절률은 박막의 두께의 증가에 따라 점차 증가하는 경향을 보이고 있다.

표 2. ITO박막의 압력과 전압 조건

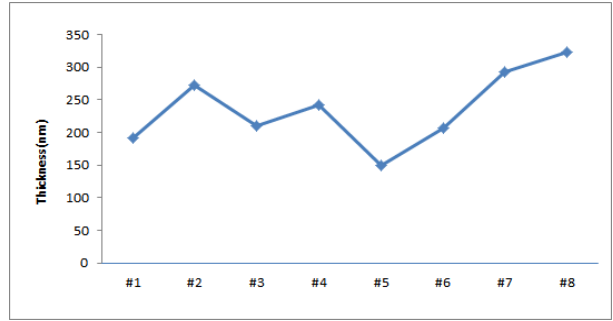
조건	압력 [mtorr]	전압 [V]
#1	1	300
#2	1	310
#3	2	310
#4	2	320
#5	2	330
#6	3	300
#7	3	310
#8	3	320



▶▶ 그림 1. 제작된 ITO박막의 압력과 전압변화에 따른 광투과율



▶▶ 그림 2. ITO 박막의 종류별 굴절률 특성



▶▶ 그림 3. ITO박막의 두께 특성

그림 3에서는 제작된 ITO박막을 타원편광분석기를 사용하여 두께를 측정된 그림이다. 두께의 변화량은 굴절률의 변화량과 유사하게 챔버 내의 압력이 높고 인가된 전압의 범위가 클수록 박막의 두께가 더 두껍게 측정됨을 알 수 있었다.

III. 결론

본 연구에서는 DC magnetron sputter장비에 ITO박막 증착용 타겟을 이용하여 박막을 제작하였다. 또한 증착된 박막을 분광기와 타원편광분석기를 이용하여 ITO 박막의 광투과도와 굴절률 및 박막의 두께를 측정하였다.

증착된 ITO 박막의 분광기 분석결과는 인가된 전압이 증가함에 따라 광투과율은 감소함을 보여주지만 반대로 ITO박막의 두께와 굴절률의 측정 값은 증가하는 경향을 보이고 있다.

특히, ITO 박막의 광투과율은 압력 2 [mTorr]와 전압 320 [V]일 때 90%의 투과율을 보여 가장 우수한 특성을 보였으며 이는 상용 ITO증착법인 RF/DC 혼합 스퍼터링 법과 보다 향상된 특성을 보였으나, ITO박막이 두꺼워질수록 투과율이 평균 90%이하를 보여 상용 ITO 박막과 비슷한 특성을 나타내었다. 위의 결과를 종합해볼 때 DC magnetron sputter로 증착한 ITO 박막은 높은 투과율과 굴절률을 가지고 있으며, 상용 RF/DC 혼합 방식과 동등한 특성을 나타내며, 투명 디스플레이 실현을 위한 상부 전극용 TCO 증착 방법으로 충분히 사용할 수 있을 것으로 기대된다.

■ 참고 문헌 ■

- [1] 박선희, 곽동주, 성열문, 박차수 “태양전지용 Ti-doped ITO 박막의 광 투과 및 전도성 고찰”, 한국조명·전기설비학회, 2010 춘계학술대회 논문집, pp.290-291, 2010.
- [2] 손영호, 최승훈, 박중진, 정명효, 허영준, 김인수 “DC 마그네트론 스퍼터링법에 의한 대면적 투명전도성 ZnO(Al)와 ZnO(AlGa) 박막제조 및 물리적 특성 연구”, 한국진공학회지, 제 22권 3호, pp. 119-125, 2013.
- [3] 추민우, 강만일, 김석원 “스퍼터된 ITO 박막의 열적·광학적 특성 연구”, New Physics: Sae Mulli, pp.267-272, 2011.