

Flexible 디스플레이용 TCO 코팅 연구
Study on TCO Coatings for Flexible Display Devices

이건환^{1*}, 김도근¹, 박미량¹, 이성훈¹
 (1*) 한구기계연구원 부설 재료연구소, 표면기술연구부

초 록 : 디스플레이용 전극 소재로 사용되는 투명 전도막은 높은 가시광 투과율 (89%이상)과 우수한 전기전도성(비저항 $10^{-4}\Omega\text{cm}$ 이하)을 동시에 가지므로 LCD, PDP, OLED 소자의 핵심소재로 인식되고 있다. 투명 전도막은 광학적 밴드갭이 3.5eV 이상인 wide-gap 반도체로서, 산화인듐(In_2O_3)에 주석(Sn), 아연(Zn) 등을 치환고용 시킨 ITO, IZO, 산화아연(ZnO)에 Al 혹은 Ga를 치환고용 시킨 AZO, GZO 등 다양한 재료에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 본 연구에서는 플라즈마 정밀 제어 기술을 이용하여 80°C 이하의 저온 코팅 공정 조건에서 우수한 비저항 ($2 \times 10^{-4} \Omega\text{cm}$)을 나타낼 수 있는 TCO 코팅 공정 기술을 개발하였으며 이러한 연구 결과는 차세대 디스플레이 소자로 예측되고 있는 Flexible 디스플레이 소자의 전극 재료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

1. 서 론

투명전도성 산화물(Transparent Conducting Oxide : TCO) 박막 재료는 LCD, PDP 등의 FPD 기반의 정보표시용 소자와, touch panel 등과 같은 정보처리의 시각화를 위한 소자, 그리고 photovoltaic cell, smart window와 같은 에너지 생산 및 절감을 위한 기술과 같이 빛의 투과와 전기적인 전도성이 필요한 모든 기술에 필수불가결하게 사용되는 핵심 소재이다. TCO 코팅 기술은 미래의 정보표시 소자인 Flexible 디스플레이, 정보처리소자인 전자종이, 그리고 대면적 저가격화를 위하여 필 요구되는 Flexible 태양전지 등과 같은 소자의 실용화를 위하여 폴리머 소재의 연성 기판 상에 박막을 형성시킬 수 있는 저온 코팅 공정 기술과 고품위의 광 투과성과 전도성을 동시에 만족시키는 기술 개발이 필요하다. 이러한 소자들은 기존 기술로는 달성되기 어려운 $2 \times 10^{-4} \Omega\text{cm}$ 의 비저항 값을 갖는 다성분계 고품위 투명 박막 형성 기술의 확보가 중요 하며 우수한 광투과성과 내열성, $10^{-5} \text{g/m}^2\cdot\text{da}$ 이상의 내투습성 등 디스플레이 소자의 신뢰성을 증대시킬 수 있는 기술들이 필수적으로 개발되어야 한다.

2. 본 론

2.1 실험방법

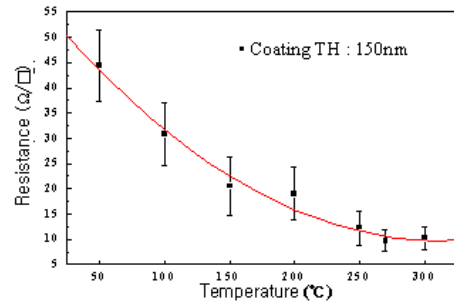
본 연구에서는 DC/RF 혼합형 마그네트론 스퍼터링 장치를 활용하여 ITO/IZO 박막을 형성하였으며 자세한 공정 조건은 <표1>에 명기된 바와 같다.

표 1. 스퍼터링 공정 조건

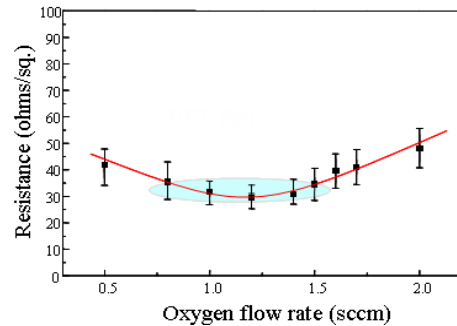
공정변수	박막 종류	ITO	IZO
타겟 물질		$\text{In}_2\text{O}_3(90\%)/\text{SnO}_2(10\%)$	$\text{In}_2\text{O}_3(90\%)/\text{ZnO}(10\%)$
공정 온도		상온 80°C	
작업 진공도		$5 \times 10^{-3} \text{ torr}$	
플라즈마 Power		DC/RF	

2.2 Sputter 코팅 공정 변화에 따른 TCO 거동

그림 1은 DC 플라즈마 전원을 사용하여 온도와 산소 주입량의 변화에 따라 ITO 박막의 면저항을 측정된 결과이다. ITO 박막의 두께는 150nm이며 온도가 높을수록 전도도는 증대되며 산소 투입량의 경우 O_2/Ar 의 비가 약 2%에서 26 Ω/sqi 임을 알 수 있었다.



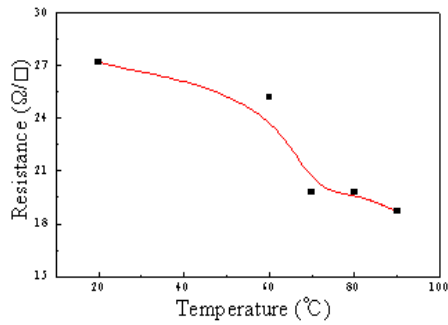
(a)



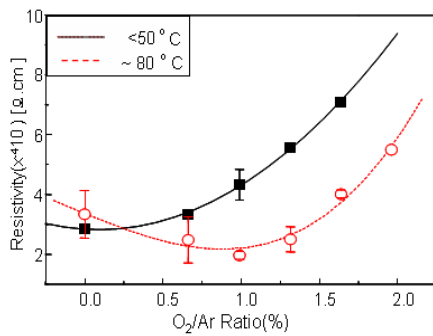
(b)

[그림1] 온도 변화(a)와 혼합 산소 가스(b)에 따른 면저항 변화

그림 2는 RF 전원을 사용하여 온도 변화에 따라 ITO 박막을 형성시킨 후 전기전도도를 측정된 결과로서 상온에서는 27 Ω/sqi 의 전기전도도를 보이다가 80°C 의 공정온도에서는 20 Ω/sqi 의 값을 나타내었다. 그림 3은 DC와 RF를 중첩시킨 플라즈마를 사용할 경우 온도와 가스 압력비의 변화에 따라 측정된 IZO 박막의 전기적 특성을 나타낸 것으로 최적의 조건에서 15 Ω/sqi 이하의 면저항 값을 보이고 있음을 알 수 있었다. 이와 같이 TCO 박막의 전기적 특성은 코팅 공정 변수에 의해 영향을 받으며 특 플라즈마의 형태에 의해 크게 변한다는 것을 알 수 있었다.

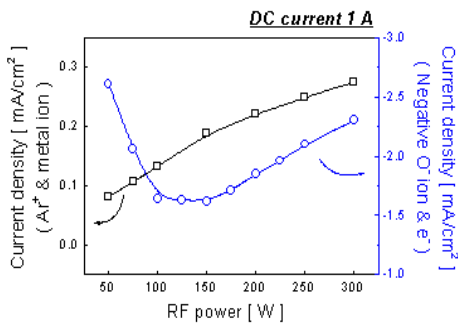


[그림 2] 온도변화에 따른 ITO 박막의 면저항 변화



[그림 3] 코팅 공정 변수에 대한 IZO 박막의 면저항 변화

그림 4는 DC와 RF를 중첩시킨 플라즈마로부터 방출되는 이온 양전하 입자와 음전하 입자의 흐름을 측정 한 결과이다. 음전하 입자들의 흐름을 살펴보면 RF 전력이 100W에서 200W 사이에 가장 낮은 값을 보이고 있음을 알 수 있었다. 음전하의 흐름에는 산소 음이온과 전자들이 포함되어 있어 정확하게 이들을 구분할 수 없으나 산소 음전하의 영향을 예측할 수 있다. 즉 RF 플라즈마 전원이 중첩되어 음전하의 흐름을 감소시켜 TCO 박막 형성 시 점 결함과 같은 전기특성 저감 요인을 감소시키는 것으로 예측되었다. 이러한 연구결과로부터 TCO 박막의 전기적 특성은 플라즈마 전원에 의해 크게 영향을 받는다는 것을 알 수 있었으며 이는 플라즈마 내에 존재하고 있는 대전입자들의 거동에 의해 TCO 박막의 전기적 특성이 영향을 받을 수 있다는 것을 보여주는 결과라고 판단된다.



[그림4] RF 전원 중첩에 따른 이온들의 흐름

3. 결 론

본 연구에서는 Flexible 디스플레이 기본 소재로 사용될 것으로 예상되는 플라스틱 상에 TCO 박막을 형성하였으며 다음과 같은 연구 결과를 얻었다. DC 플라즈마 전원을 사용하였을 경우 ITO 박막의 전기적 특성은 150nm의 두께에서 26Ω/sq였으며 RF 플라즈마를 사용할 경우 이 값은 20Ω/sq까지 저하됨을 알 수 있었다. 본 연구에서 가장 주목할 만한 연구 결과는 DC전원과 RF 전원을 중첩시켜 스퍼터링 공정을 수행한 것으로서 80°C이하의 저온 공정 조건과 150nm의 박막 두께에서 15Ω/sq이하의 우수한 전기적 특성을 보이는 박막을 제조할 수 있었다. 이러한 결과는 앞서서도 언급하였듯이 TCO 박막 형성 시 플라즈마로부터 입사되는 전하 입자가 박막의 전기 전도도에 크게 영향을 주었기에 발생되었다고 판단된다.

감 사 의 글

본 연구는 한국기계연구원 일반사업(POC1060)의 지원으로 이루어졌습니다.

참 고 문 헌

- [1] D.H.Kim, M.R.Park, G.H.Lee, "Preparation of high quality ITO films on a plastic substrate using RF magnetron sputtering", Surface & Coating Technology, 201, pp927 - 931, 2006.
- [2] D.G Kim, S.H.Lee, G.H.Lee, S.C. Kwon, "Effects of hydrogen gas on properties of tin-doped indium oxide films deposited by radio frequency magnetron sputtering method" Thin Solid Film, pp6949-6952, 2007
- [3] D.K. Kim, M.R.Park, H.J.Lee, G.H.Lee, "Thickness dependence of electrical properties of ITO films deposited on a plastic substrate by RF magnetron sputtering", Applied Surface Science, 253, pp409-411, 2006