

반응성 스퍼트링으로 형성된 ITO의 유전체 소성에 따른 특성변화

남 상옥, 지성원, 손제봉, 허근도*, 조정수, 박정후
부산대학교 전기공학과, LG전선(주)*

The Property Change of ITO Prepared by Reactive R.F. Sputtering in PDP manufacturing Process

Nam Sang-Ok, Chi Sung-Won, Sohn Je-Bong, Cho Jung-Soo, Park Chung-Hoo.
Pusan National University Electrical Eng. LG Cable & Machinery*

Abstract - The thin film that is electrically conductive and optically transparent is called conductive transparent thin film. ITO(Indium-Tin Oxide) which is a kind of conductive transparent thin film has been widely used in solar cell, transparent electrical heater, selective optical filter, FDP(Flat Display Panel) such as LCD(Liquid Crystal Display), PDP(Plasma Display Panel) and so on. Especially in PDP, ITO films is used as a transparent electrode in order to maintain discharge and decrease consumption power through the improvement of cell structure.

In this study, we prepared ITO by reactive r.f. sputtering with indium-tin(Sn wt 10%) alloy target instead of indium-tin oxide target. The ITO films deposited at low temperature 150°C and 8% O₂ partial pressure showed about 3.6Ω/□. At the end of firing, the resistance of ITO was decreased, the optical transparence was improved above 90%.

1. 서 론

가시광(380~780nm의 파장영역)에 대해 광투과도가 높고 전기전도성이 높은 막을 투명도전막이라고 부르며 그 중에서도 광투과율이 80%이상이고 저항율이 $1 \times 10^{-3} \Omega \text{cm}$ 이하인 박막을 투명도전막이라고 부른다. 이러한 막으로 초기에는 SnO₂가 이용되었으나 전기저항이 높아 현재로는 In₂O₃에 Sn을 첨가한 ITO 박막이 널리 사용되고 있으며 지금도 계속 연구중에 있다.¹⁾

ITO는 전기적으로 전도율이 높고 가시광영역에서는 투과율이 높은 반면 적외선 영역에서는 투과율이 낮아 자동차, 항공기 등의 발열유리, 조명장치, 태양전지, 광스위치 등에 사용되고 있을 뿐만 아니라 액정표시소자(LCD), 일렉트로 루미네선트(EL) 그리고 차세대 평판 디스플레이 소자도 주목받고 있는 플라즈마 디스플레이(PDP, Plasma Display

Panel)에도 사용중이다.

그림 1은 현재 연구의 주된 대상이 되고 있는 AC PDP의 구조를 나타내고 있으며 여기서 ITO는 방전유지전극으로서 뿐만 아니라 형광체에서 여기되어 나오는 가시광을 투과시켜 주는 역할을 하며 유전체속에 위치해 있다.

따라서 본연구에서는 In-Sn(Sn wt 10%) 합금 타겟을 이용하여 r.f. 반응성 스퍼트링으로 제작하여 ITO의 특성을 조사하였고 이 ITO를 유전체와 함께 약 600°C의 고온에서 소성했을 때 전기적 및 광학적 특성변화를 고찰하였다.

2. 본 론

2.1 실험장치 및 실험방법

ITO의 면저항, 증착율을 측정하기 위해서는 slide glass를 사용하였으며 유전체 속에서의 소성 공정시 나타나는 특성변화를 관찰하기 위해서는 PDP용으로 일반적으로 사용되고 있는 창유리를 사용하였다. 증착세제로 잘 씻은 후 아세톤, 알콜, 증류수로 15분씩 초음파 세정하여 고온에서 건조시켰다. 이와같이 세정한 유리에 후막 프린팅 방법으로 전극을 인쇄하고 건조시킨 후, 590°C의 전기로에서 소성시켰다. 그 후 r.f. 반응성 마그네트론 스퍼트링으로 ITO를 시료에 증착하였다. 이 경우 기판온도는 150°C로 하였다. 한편 유리위에 증착된 ITO의 면저항은 4단자법(CMT-Series 100C, Chang Min CO. LTD)으로 구하였다.

그림 2는 r.f. 평판형 마그네트론 스퍼트링 장치의 개략도이다. 초기진공을 약 10^{-6} Torr까지 배기시킨 후, Ar과 O₂를 주입하여 약 4×10^{-3} Torr에서 실험을 하였다.

그림 3은 ITO 증착 후 유전체층을 프린팅하여 유전체 소성공정 중에 ITO의 특성을 구하기 위한 시료를 나타내고 있다. ITO를 증착한 후 유전체(Noritake Co.)을 후막 프린팅 방법으로 인쇄하여 건조시켰다. 이 후 소성로에 넣어 4°C/min로 온도를 상승시키고 590°C에서 약 2시간동안 소성

한 후 상온으로 서냉시켰다. 이 소성공정중의 ITO의 저항변화를 측정하였으며 서냉후 Multi-Scanning Spectro System(MTS-49)을 사용하여 가시광 투과율을 측정하였다.

2. 2 실험결과 및 고찰

그림 4는 산소분압비에 따른 ITO의 면저항의 변화를 나타내었다. 기판과 타겟과의 거리는 10cm, 동작압력은 4mTorr, 동작시간 30분, 기판온도는 150°C로 하였다. 아르곤에 대한 산소의 분압비가 적을 경우에는 금속성분이 증착되어 투명도가 저하할 뿐만 아니라 저항도 증가하였다. 그러나 산소분압비가 8%에서 투명한 시료가 얻어졌으며 면저항은 약 $3.6\Omega/\square$ 을 나타내었다. 이 이상 산소분압비가 증가하면 투과율 및 저항값은 크게 증가하였다.

그림 5는 r.f. 전력 50W, 동작압력 4mTorr, 동작시간 30분, 기판온도가 150°C일 때 산소분압비에 따른 증착율특성을 나타내었다. 일반적으로 반응성 가스인 산소는 타겟의 표면에서 화학반응해서 산화물을 형성한다. 아르곤에 대한 산소분압이 증가할수록 타겟표면에서의 스퍼터율(sputter yield)이 산화물이 형성되는 속도보다 크기 때문에 주로 산화물이 스퍼트되어 투명도 및 저항율이 증가한다고 생각된다.²⁾

그림 6은 r.f. 전력 50W, 동작압력 4mTorr, 동작시간 30분으로 일정하게 한 후, 기판온도에 따른 ITO의 저항변화를 나타내었다. 기판의 온도를 증가할수록 면저항이 감소하는 이유는 결정성이 증가하고 기판위에서 반응이 활발해져 결정의 그레인 크기가 증가해서 캐리어의 이동도가 증가하기 때문으로 생각된다.³⁾

그림 7은 유전체 소성과정 중에 ITO의 저항변화를 나타내고 있다. ITO형성시에는 산소분압에 따라서 저항값은 십수 Ω 에서 수백M Ω 까지 변화하였고 투과율도 0%에서 90%이상으로 크게 변화하였다.

그러나 유전체와 같이 소성공정과정을 거친 후 ITO의 저항은 10 Ω 이하로 낮아졌으며 투과율도 거의 90% 이상을 나타내었다. 소성공정 중에 저항 및 투과율이 개선되는 이유는 유전체의 소성과정중 유전체 성분중의 PbO의 산화작용으로 ITO가 안정된 산화물로 변화되기 때문으로 생각되며 최적 조건하에서 형성된 ITO는 가시광 투과율이 93.8%였으며 저항값도 5.8 Ω 이었다.

3. 결론

1) 인듐 틴 합금 타겟을 사용하여 Ar과 O₂의 분, 위기 중에서 반응성 스퍼트링에 의해 ITO를 형성할 경우 O₂ 분압비 10%에서 면저항 약 $3.6\Omega/\square$ 가 얻어졌다. 이 이상 O₂ 분압비가 증가하면 투과

율 및 저항값은 증가하였다.

2) ITO 형성시 O₂ 분압비에 따라 면저항값은 수 Ω/\square 에서 수백 M Ω/\square 까지 변화하였고 투과율은 0%에서 90%이상으로 크게 변화하였다. 그러나, 유전체와 같이 소성공정과정을 거친 후 ITO의 저항은 대략 10 Ω 이하로 나타났으며 투과율도 거의 90% 이상을 나타내었다. 이와같이 반응성 스퍼트링에 의해 형성된 PDP용 ITO는 제작조건의 변화에도 상당한 융통성이 있음을 알 수 있었다.

[참고 문헌]

- [1] 高井 治, "透明度電膜理論", 表面技術, Vol.43, No.2, pp.74-81, 1992
- [2] 小林春洋, "스파ッタ薄膜", 日刊工業新聞社, 1993, pp. 90-97
- [3] K. Wasa, S. Hayakaya, "Handbook of Sputter Deposition Technology", noves Publication, 1992, pp.13-15

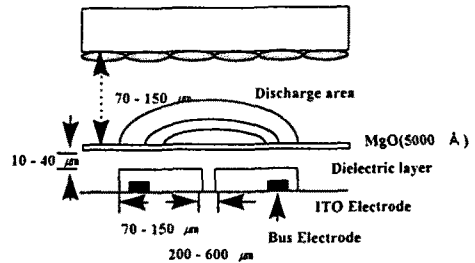


그림 1 AC PDP의 구조
Fig. 1 Structure of AC PDP

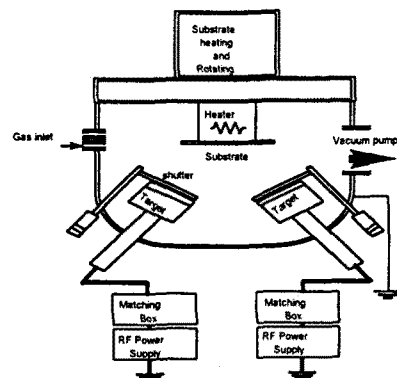


그림 2 r.f. 마그네트론 스퍼트링 장치의 개략도
Fig. 2 Schematic diagram of r.f. magnetron sputtering system

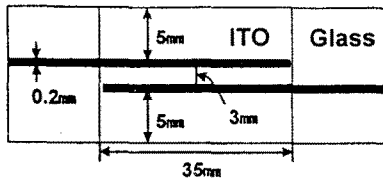


그림 3 ITO가 증착된 시료의 개략도
Fig. 3 Schematic diagram of the sample deposited ITO thin film

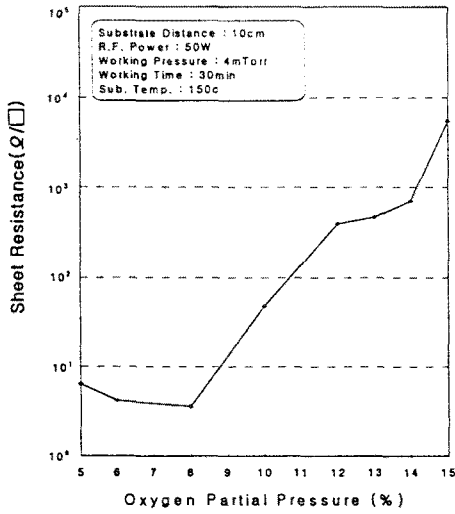


그림 4 산소분압비에 따른 ITO 면저항변화
Fig. 4 ITO sheet resistance as a parameter of O₂ partial pressure

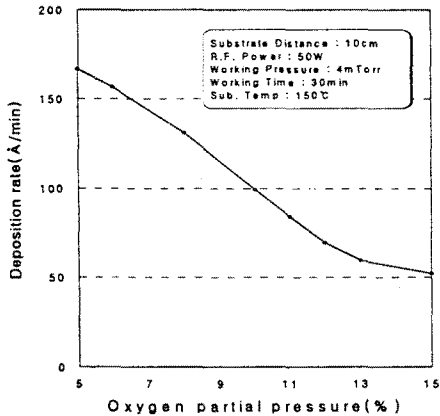


그림 5 산소분압비에 따른 ITO 증착율변화
Fig. 5 Deposition rate as a parameter of O₂ partial pressure

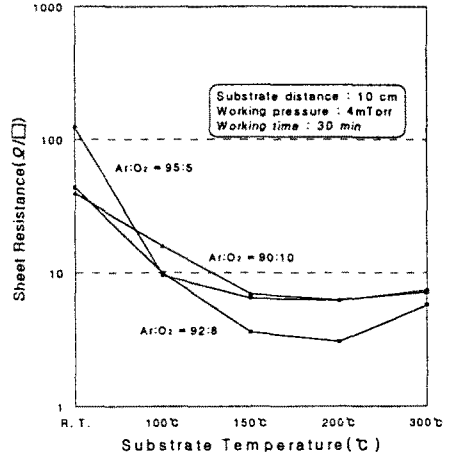


그림 6 기판온도에 따른 면저항 변화
Fig. 6 Sheet resistance as a parameter of substrate temperature

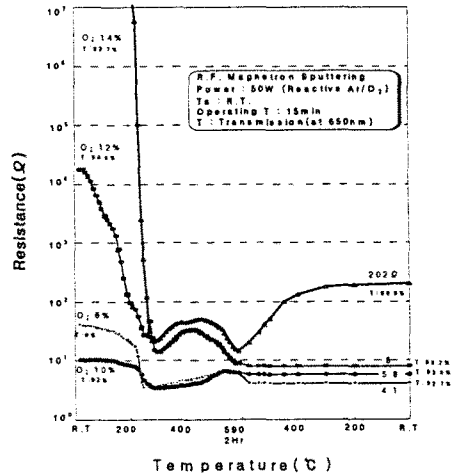


그림 7 유전체 소성 온도에 따른 ITO 저항변화

Fig. 7 The Resistivity variation with the temperature during dielectric firing process