

반응성 마그네트론 프로세스에 의한 ITO박막 형성에 관한 연구

郭永淳, 曹井守, 朴正后, 河弘周*, 成烈汶
부산대학교 전기공학과

A study on the formation of ITO thin film by DC reactive magnetron sputtering

Y.S. Kwak, J.S. Cho, C.H. Park, Y.M. Sung, H.J. Ha*
Dept. of Electrical Engineering, Pusan National University

Abstract

This paper deals with the characteristics of Indium Tin Oxide(ITO) sputtered by the reactive magnetron sputtering process.

ITO films have been grown at various substrate temperatures(R.T., 100°C, 200°C, 240°C) and we used the target material of alloy of Indium and Tin.

The electrical and optical properties of the ITO film have been investigated and the effect of magnetic field to the properties of ITO was studied. We have studied how much the improvement of transmission rate and sheet resistivity by heat treatment was.

The sample with good electrical and optical properties can be obtained for the low substrate temperature of 200°C ~ 250°C.

1. 서 론

플라즈마를 이용한 스프터링법은 최근의 신소재 제작 기술로서 널리 응용되고 있으며 기능성 박막의 개발이나 대응형 박막 제조 기술등에 급속히 응용되고 있다. 특히 직류 원통형 반응성 마그네트론 방식은 구조의 단순함이나 유지 보수의 용이함과 경제적인 측면에서 상당히 우수한 것으로 생각되어지고 있다. 1), 2), 3), 4)

최근 태양전지와 LCD(Liquid Crystal Display)등에 필수적인 소자인 도전성 투명전극(ITO) 또한 이 방식으로 제작이 가능하며 특히 근래에 와서 투명도와 도전성이 우수한 ITO의 반응성 마그네트론 스프터링에 의한 제작 연구가 활발히 진행되고 있다. 5), 6), 7)

본 연구에서는 원통형 마그네트론을 제작하고 또 자유로이 자계의 세기를 변화시킬수 있도록 하기 위하여 마그네트론과 반응조의 외부에 자계회로를 구성하였으며 반응성 가스의 비율을 자유로이 조절할수 있도록 하여 자계의 세기와 반응성가스의 분압비에 따른 도전성 투명 박막의 특성 변화를 살펴보았다. 또한 300°C이하의 저온에서의 도전성과 투명도 변화를 살펴 보았다. 7), 8)

2. 실험 장치 및 방법

그림 1은 마그네트론 스프터링 장치의 개략도이다. 음극 타겟은 인듐-주석(9:1, 8:2)합금을 냉간 압연하여 원통형으로 만든 것으로 과열 방지를 위해 원통 내부에 냉각수 통로를 두었고 양극(+)을 원통 양끝단에 원판형 날개모양으로 설치하여 음극연상에 강력한 plasma를 형성시켰다.

자계 인가용 코일의 권회수는 2400회로써 1[A]당 약 70 Gauss의 균일 자속을 발생시킬 수 있으며 진공 시스템은 Diffusion Pump 와 Rotary Pump에 의해 10⁻⁶torr정도까지 배기한 후 10⁻² ~ 10⁻³ Torr 에서 스프터링을 행하였다.

기판가열은 저항 가열 방식이고, 열처리하는 질소 분위기에서 진행 하였다.

자계의 세기를 변화시키면서 방전 전압·전류 특성을 관찰하였으며 ITO박막에 미치는 자계의 영향을 Spectrophotometer와 사탄자법에 의하여 가시광선 범위내의 파장에 따른 투명도의 변화와 표면저항율의 변화를 측정하였다. 또한 시료에 인가되는 온도를 각각 달리하여 투명도와 표면 저항율의 변화를 고찰하였으며 열을 가한 시료와 가하지 않은 시료를 질소 분위기에서 열처리하여 표면저항율의 변화를 관찰하였다. 9), 10), 11), 12)

3. 실험 결과 및 고찰

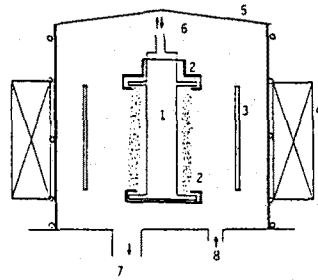
그림 2, 3.은 방전 전압을 파라메타로 하여 구한 방전 전류-자계의 특성을 나타낸 것으로 그림에서 알 수 있듯이 산소 분압이 증가할수록 방전전류가 증가하였고, 일반적으로 자계가 증가하면 같은 방전전류를 흘리는데 필요한 방전전압은 저하하고 있음을 알 수 있다. 주어진 자계하에서 방전 전압 전류는 다음과 같이 지수함수적으로 나타낼 수 있다. 12)

$$I = K \cdot V^n \quad (K: \text{비례 상수}, n: \text{상수})$$

실험에서 n은 2-5 였다.

그림 4는 기판온도에 따른 표면저항 특성을 나타내고 있으며 그림 5는 기판온도에 따른 가시광선 영역에 인 550nm에서의 광 투과율 특성을 나타내고 있다. 그림6은 각각 다른 온도에서 정해진 시료의 가시광선 전 영역에 걸친 광 투과율 특성을 측정한 것이다. 자외선

영역으로 접근하면서 부과율이 급격히 감소 하는 것을 알수 있다. 그림 7은 정착시 기관을 가열한 시료의 열 처리와 가열하지 않은 시료를 같은 질소 분위기에서 열처리한 경우의 표면 저항율의 변화를 나타내고 있다. 그림 8은 질소분위기에서 온도의 변화에 따른 시료의 표면 저항율의 변화를 나타내고 있다. 산소의 비율에 따라 재료의 성질이 다른 것으로 생각된다. 8) 그림 9는 자계의 세기를 변화 시킬때 따라서 시료의 표면 저항율 변화를 나타내고 있다. 동일한 전압에 대하여 인가되는 자계의 세기가 클수록 낮은 표면 저항율을 가진 시료가 얻어짐을 알수있다.



1:cathode 2:anode 3:substrate 4:magnet coil
5:vacuum chamber 6:cooling water inlet
7:Exhaust to pump 8:Gas

4. 결론

반용성 마그네트론 스파터링 장치를 제작한 후 이 장치의 방전 특성과 ITO의 박막 형성에 관한 실험적 고찰에서 얻어진 결과는 다음과 같다.

1. 자계 증가에 따라 방전 개시 전압이 감소하고 방전 전류는 증가하였다.
2. 증착시 기관을 가열하거나 증착 후 열처리를 함으로써 ITO의 광학적 및 전기적 성질이 크게 변화하며, 대략 200 °C 이상의 온도에서 좋은 특성을 보였다.
3. 동일한 전압과 진공에서 인가되는 자계의 세기가 클수록 낮은 표면저항율을 나타낸다.
4. 박막두께 400nm ~ 500nm에서 광투과도 90% 및 표면 저항 50 ~ 100 [Ω / □]의 시료를 얻을 수 있었다.

현재에는 ITO의 성분중 하나인 Sn이 투명도와 도전성에 미치는 영향 및 그 밖의 물성적 특성에 대한 연구가 계속 진행중에 있다.

5. 참고 문헌

- 1) B. N. Chapman Glow Discharge Processes: Sputtering and Plasma etching, Jhon Wiley & Son Inc. (1985)
- 2) S. Kadlec and J. Musil : J. Vac. Sci. tech. A, 8(3), (1985)
- 3) Russak, M. A and Rossnagel, S. M. : Plasma Processing, 162-172, (1987)
- 4) Akinory Furuya, Shigeru Hirono : J. Appl. Phys. 68(1), 304-310, (1990)
- 5) M. J. Brett, R. W. McMahon, etc., J. Vac. Sci. Technol. A1 352 (1983)
- 6) J. L. Vossen, RCA, 32, 289 (1971)
- 7) Walter W. Molzen, J. Vac. Sci. Technol. Vol. 12, 99 (1975)
- 8) D. B and H. D. Cook: J. Electrochem. Soc., Vol. 119, No. 10, 1368 1374 (1972)
- 9) A. J. Steckl, Infrared Phts. 16, 145 (1976)
- 10) J. M Pankratz, J. Electron. Mater. 1, 95 (1972)
- 11) V. Hoffman, Opt. Spectra 12, 60 (1978)
- 12) T. E. Sheridan et al: J. Vac. Sci. Tech. A8(3) 1623-1631 (1990)

그림 1. 실험장치의 개략도

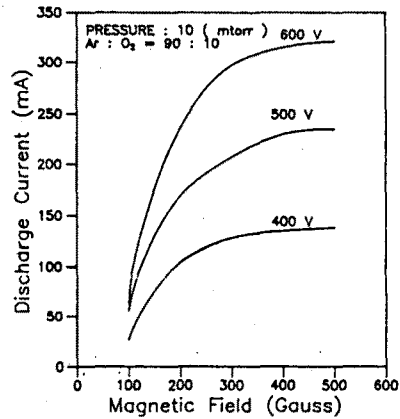


그림 2. 일정 압력하에서 자계변화에 따른 직류 방전전압, 전류 특성

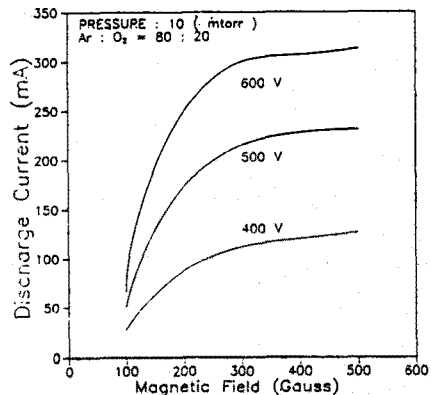


그림 3. 일정 압력하에서 자계변화에 따른 직류 방전전압, 전류 특성

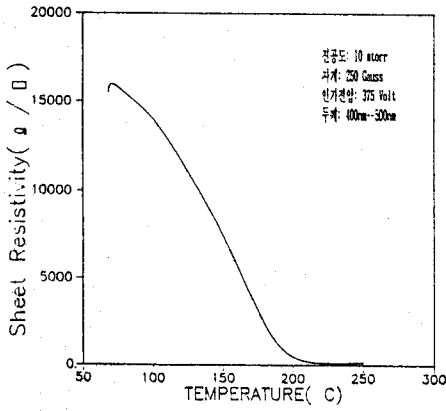


그림 4. 기판온도에 따른 표면저항특성

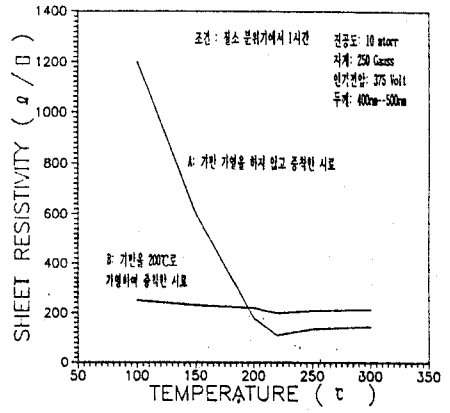


그림 7. 질소 분위기에서 열처리한 표면저항 특성

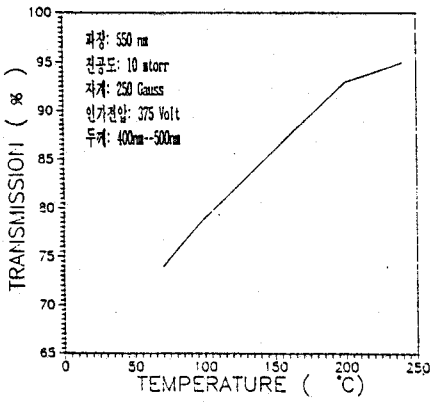


그림 5. 기판온도에 따른 광 투과율 특성

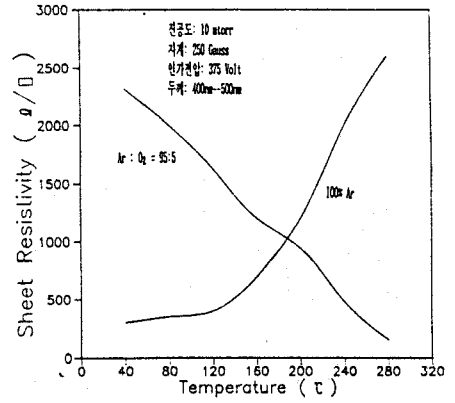


그림 8. 질소 분위기에서 온도에 따른 표면저항의 변화

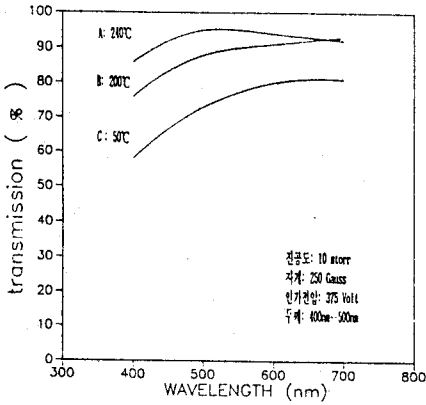


그림 6. 가시광선영역에 대한 투과율 특성

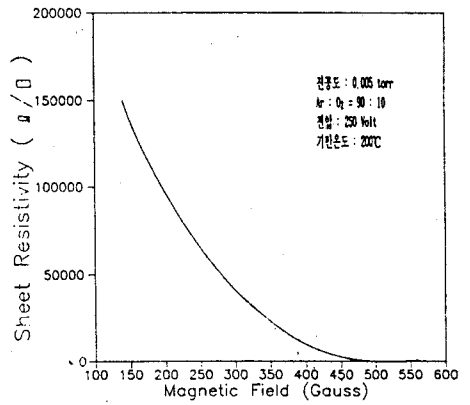


그림 9. 자계의 변화에 따른 표면저항의 변화