

타겟의 전도도에 따른 ITO 박막의 물성에 관한 연구
 Characteristics of ITO films deposited using ITO targets with different conductivities

조상현¹, 박준홍², 이상철³, 이진호³, 윤한호², 송풍근^{1,*}
 (1) 부산대학교, 재료공학과
 (2) 삼성코닝, DIM사업부, 타겟기술G
 (3) 삼성코닝, R&D 센터, Nano 재료 Lab

초 록 : DC 마그네트론 스퍼터링법에 의하여 전도성이 다른 타겟을 사용하여 non-alkali glass 기판위에 실온에서 ITO 박막을 증착하였다. 전도성 향상 타겟을 사용하여 증착한 ITO 박막의 경우, 최저 비저항은 $2.9 \times 10^{-4} \Omega\text{cm}$ 로 산소첨가량 0.5%에서 얻어졌다. 이것은 타겟 표면의 노들에 의하여 발생하여 박막물성을 저하시키는 마이크로 아킹의 감소 및 플라즈마 임피던스의 감소에 의한 방전 안정성의 증가에 기인한다고 생각된다. 한편 AFM에 의한 박막표면의 관찰결과, 산소첨가량에 따라 박막표면의 거칠기는 증가하는 것으로 나타났다. 이결과는 산소의 증가에 따른 박막의 부분적인 결정화에 기인한다고 생각되어진다. 그러나 XRD 관찰 결과 산소첨가에 따른 박막의 미세구조의 변화는 확인할 수 없었다.

밀도), 투과율 및 구조적 특성은 surface profiler (DekTe k³,Veeco), Hall effect measurement (HMS-3000,ECOPIA), UV-visible spectroscopy(4E,Cary), XRD(D8 ADVANCE,B RUKER), AFM(XE-120PSIA)를 각각 사용하여 측정하였다.

2.2 실험 결과 및 고찰
 2.2.1 전기적 특성

그림 1은 전도도가 다른 ITO 타겟을 사용하여 증착한 ITO박막의 비저항, 캐리어밀도 및 홀이동도를 나타낸다. 그림 1에서 확인할 수 있듯이 각각의 타겟들에 대하여 가장 낮은 비저항을 나타내는 최적의 산소첨가량이 존재함을 확인할 수 있었다. 즉, (a)상용화 타겟, (b)전도도 향상 타겟 경우, 산소첨가량 0.5%에서 최저 비저항 $3.45 \times 10^{-4} \Omega\text{cm}$, $2.99 \times 10^{-4} \Omega\text{cm}$ 로 각각 나타났다.

1. 서 론

인듐 옥사이드(In_2O_3)에 주석(Sn)이 치환된 ITO는 높은 전기 전도성과 넓은 밴드갭을 가지는 n-t pe 축퇴 반도체로서 LCD(Liquid Cr stal Displa), PDP(Plasma Displa Panel), OLED(Organic Light Emitting Displa) 등의 평판 디스플레이 분야에 투명전극으로 널리 사용되고 있다. ITO박막을 제작하는 방법으로는 대면적에 균일한 박막형성이 용이하고 저온성막이 가능한 DC 마그네트론법이 가장 많이 사용되어지고 있다. 상온에서 증착한 150nm 이하의 두께를 가지는 ITO 박막은 일반적으로 비정질 이거나 부분적으로 결정화되는 것이 보고되어 있다.[1] 결정성이 양호한 다결정 ITO 박막의 경우, 캐리어 생성기구로서는 치환 불순물 Sn^{4+} 와 native defect 인 산소공공이 알려져 있다. 반면에, 비정질 구조를 가지는 ITO 박막의 경우, In격자자리에 Sn의 치환이 원활 이루어 지지 않으므로 산소공공만이 캐리어 생성에 기인한다고 보고되고 있다.[2] 따라서, 상온에서의 ITO 박막의 증착은 산소의 함량에 따라 최적의 전기적 성질을 제공하므로 주의 깊게 산소를 제어하여야 한다.

본 연구에서는 다양한 종류의 ITO 타겟을 사용하여 ITO 박막을 증착함에 있어서, 타겟의 전도도 및 산소첨가량에 따른 ITO 박막의 물성변화에 대하여 연구하였다.

2. 본 론

2.1 실험방법

약 150-160nm의 두께를 가지는 ITO 박막을 상용화 타겟 및 전도도 향상 타겟을 사용하여 DC 마그네트론 스퍼터링법에 의하여 기판가열 없이 non-alkali glass(corning E2000) 기판위에 증착했다. ITO 박막의 최적의 비저항을 얻기 위하여 가스유량은 Ar (순도: 99.9999%) 가스와 $\text{Ar}+\text{O}_2$ 가스를 0-1.5% 범위에서 각각 사용하였다. 지름 3.0inch, 두께 50mm의 스퍼터링 타겟을 사용하였으며, 상용화 ITO(SnO_2 10wt%)타겟의 전도도와 밀도는 각각 $1.5 \times 10^{-3} \Omega/\square$ 및 7.142 g/cm^3 였으며, 전도도가 개선된 타겟의 전도도와 밀도는 각각 $1.3 \times 10^{-3} \Omega/\square$ 및 7.142 g/cm^3 였다. 증착한 ITO박막의 두께, 전기적 특성 (비저항, 홀이동도, 캐리어

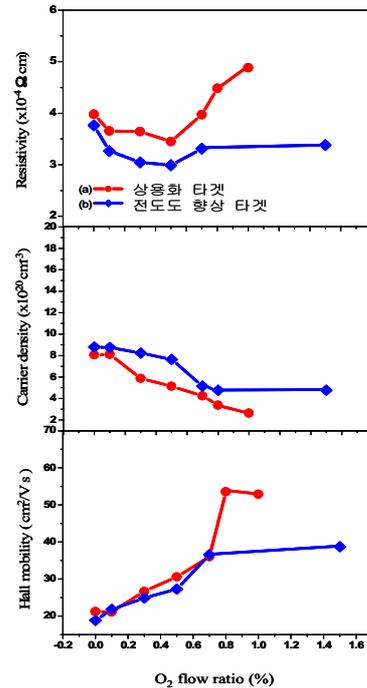


그림 1. 전도도가 다른 ITO 타겟을 사용하여 산소첨가량에 따라 증착한 ITO박막의 전기적 특성. [(a)상용화 타겟, (b)전도도 향상 타겟]

각각의 ITO 박막에 대하여, 최적의 산소첨가량 까지 비저항은 감소하다가 그 이상 산소를 첨가했을 경우 다시 증가하였다. (b)전도도 향상 타겟을 사용하여 증착한 ITO 박막은 가스 유량 Ar 100% 및 모든 산소 첨가량에서 상대적으로 낮은 비저항을 나타내었다. 이 결과는 앞선 실험인 마이

크로 아킹과 비저항과의 관계를 조사한 연구의 결과로서 설명할 수 있다.[3] 즉, 고전도성 타겟을 사용하여 증착된 ITO 박막은 타겟 표면에 형성된 마이크로 노들에 의해 발생하는 마이크로 아킹의 감소에 기인하여 높은 방전 안전성을 얻을 수 있었다. 그리고 타겟의 전도성의 증가는 일정한 스퍼터링 파워에서 스퍼터링 전류의 증가와 스퍼터링 전압의 감소, 즉, 플라즈마 임피던스의 감소를 유발하므로 성장 중인 박막 표면에 충돌하여 결함을 생성하는 고 에너지 입자들의 운동에너지를 감소했기 때문에 박막의 비저항은 감소했다고 생각된다.[4] 그리고 캐리어 밀도의 감소는 산소 첨가량의 증가에 따른 캐리어 생성기구의 하나인 산소공공의 소멸에 의한 것이라고 생각 된다. 반면에 이동도의 증가는 캐리어 밀도의 감소에 기인한 이온화 불순물 산란의 감소로 생각되어 진다.[5]

2.2.2 광학적 특성

그림 2는 전도도가 다른 ITO 타겟을 사용하여 산소유량을 변화시켜 증착한 ITO박막의 투과율을 나타낸 것이다. (a),(b) 타겟에 증착된 모든 막은 가시광선영역(600nm)에서 80%이상의 투과율을 나타냈다. 그리고 산소유량이 증가함에 따라 근적외 영역에 있어서 ITO 박막의 투과율이 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 이것은 Drodé 이론에 의하여 설명할 수 있으며, 즉, 캐리어 밀도의 증가에 따른 플라즈마 파장의 감소에 기인한다고 생각되어 진다.[4]

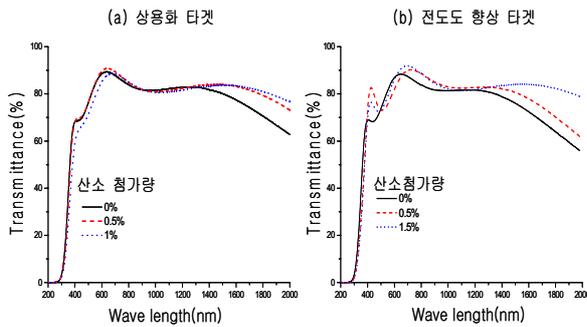


그림 2. 산소유량 증가에 따른 ITO박막의 투과율

2.2.3 표면의 미세구조

그림 3는 전도성 향상 타겟을 사용하여 산소 첨가량을 변화시켜 증착한 ITO박막의 AFM 측정결과를 나타낸 것이다. 산소 첨가량이 증가함에 따라 R_a (표면 거칠기)가 증가하였으며 이것은 산소 첨가량에 따라 저온에서 증착한 비정질 ITO 박막과 비슷한 경향을 나타내었다.[1]

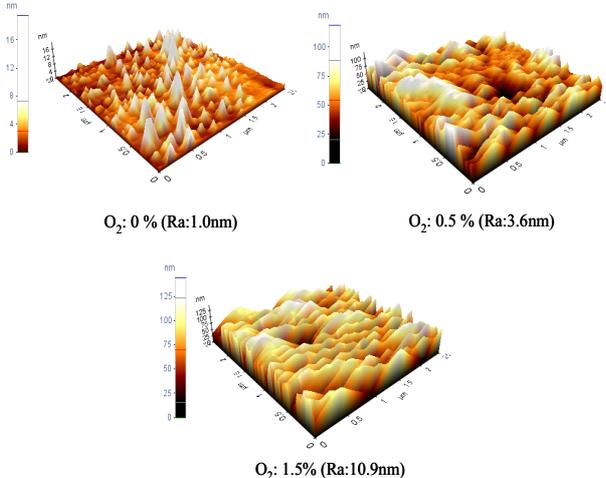


그림 3. 고전도성 타겟을 사용하여 산소첨가량을 변화 시켜 증착한 ITO 박막의 AFM 이미지

전도성 향상 타겟은 소결 과정에서 O_2 분압의 조절을 통하여 환원 분위기 하에서 제작하였다. 그러므로 산소 첨가량의 증가는 박막의 산화를 증가 시키므로 결과적으로 비정질 기지 내에 부분 결정화가 일어 날 것이며 그 결과 박막표면의 R_a 가 증가 하였다고 추측된다. 그러나 본 실험에서 행한 XRD 관찰 결과에서는 모든 막은 비정질 이었으며 산소첨가에 따른 박막의 미세구조의 변화는 확인 할 수 없었다.

3. 결 론

상용화된 ITO 타겟과 비교하여, 전도성을 향상시킨 ITO 타겟을 사용한 경우, 상대적으로 낮은 비저항의 ITO 박막을 얻을 수 있었다. 이것은 타겟 표면에 생성되는 노들에 의한 마이크로 아킹의 감소 및 플라즈마 임피던스의 감소에 기인한 방전 안정성의 증가에 기인한다고 생각 된다. 또한 증착 시 소량의 산소 첨가는 박막의 표면거칠기(R_a)를 다소 증가시키지만, 캐리어의 이동도를 증가 시키므로 비저항의 감소에 유효하게 작용했다고 생각 된다.

감 사 의 글

본 연구는 과학기술부/한국과학재단 국가핵심연구센터사업 (R15-2006-022-01001-0)과 삼성코닝(주)의 지원으로 수행되었음.

참 고 문 헌

- [1] C. Guillen, J. Herrero, Influence of oxygen in the deposition and annealing atmosphere on the characteristics of ITO films prepared by sputtering at room temperature, Vacuum, 80, 615-620, 2006.
- [2] H. Morikawa, M. Fujita, Crystallization and electrical property change on the annealing of amorphous indium-oxide and indium-tin-oxide thin films, Thin Solid Films, 359, 61-67, 2000.
- [3] S.H. Cho, J.R. Lee, S.C. Lee, J.H. Cho, S.H. Kang, P.K. Song, High stability deposition of ITO films by DC magnetron sputtering with high efficiency ITO target, Abstracts of TOEO-5, 64, 2007.
- [4] P.K. Song, Y. Shigesato, M. Kamei, I. Yasui, Electrical and structural properties of tin-doped indium oxide films deposited by dc sputtering at room temperature, Jpn. J. Appl. Phys, 38, 2921-2927, 1999.
- [5] Y. Shigesato, D.C. Paine, A microstructural study of low resistivity tin-doped indium oxidized prepared by d.c magnetron sputtering, Thin Solid Films, 238, 44-50, 1994.