

타겟간 거리 변화에 따른 OLED용 ITO 박막의 제작

김 현 응, 금 민 중, 김 경 환  
경원대학교 전기공학과

Preparation of ITO Thin Film with Distance of Between Two Targets

Hyun-Woong Kim, Min-Jong Keum, Kyung-Hwan Kim  
Electrical Engineering, KyungWon Universtisty

**Abstract** - Indium Tin Oxide(ITO) thin film was prepared for TOLEDs by Facing Targets Sputtering(FTS) apparatus which can suppress the damage of organic layer due to the collisions of high energetic particles. In particular, ITO thin film was prepared with changing the distance between two targets for reduced the bombardment by high energetic particles such as  $\gamma$ -electron or negative oxygen ions. The electrical and optical properties of ITO thin films as a function of distance of between two targets were measured. Additionally, the ITO thin films were prepared on the cell (cell : MgAg/LiF/EML/HTL/ bottom electrode) with distance of between two targets. And the I-V characteristics of ITO/cell was investigated.

이기 때문에 두 타겟 사이의 공간에 박막 제작시 발생되는 플라즈마를 구속하여 형성 시킬 수가 있다. 또한 기관의 위치가 플라즈마에 직접 노출되지 않는 측면에 위치하고 있기 때문에 플라즈마 내의 높은 에너지를 갖는 하전 입자들( $\gamma$ -전자, 산소 음이온 등)의 기관 충돌로 인한 하부 유기물 층의 손상을 최대한 억제 할 수가 있다.

1. 서 론

Flat Panel Display의 하나인 OLED(Organic Light Emitting Diodes) 소자는 최근에는 탁월한 명암비와 빠른 응답 시간, 넓은 시야각을 지닌 특성으로 각광을 받고 있다. 이러한 OLED의 구조는 상부(혹은 하부)에 투명 전극과 주입층, 발광층이 위치하는 구조로 이루어져 있다. 투명전극의 물질과 특성에 따라 디바이스의 수명 및 효율에 영향을 주게 된다. 따라서 현재 전극 물질 및 증착 방법에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다[1,2]. 특히 ITO를 제작하는 방법에는 일반적으로 sputtering method[3]와 evaporation[4]이 사용되고 있다. 이 중에서 고품질의 박막을 대면적의 기관에 증착 가능한 sputtering methods가 많이 연구되고 있다. sputtering method를 사용하여 ITO박막 제작 시 증착 조건 및 후처리 조건을 조절함으로써 박막의 전기적, 광학적 특성을 변화 시킬 수 있다[5]. 그러나 기존의 스퍼터링법을 이용하여 전면 발광용 OLED ( Top-emitting OLEDs : TOLEDs)의 상부 전극을 제작할 경우 하부 유기물층에 높은 에너지를 갖는 입자들의 충돌로 인한 손상이 발생하게 되어 TOLED의 leakage current가 증가하게 되는 현상이 발생하게 된다. 따라서 본 연구에서는 대향타겟식 스퍼터링(Facing Target Sputtering) 장치를 이용하여 기관온도 실온 및 타겟간 거리를 변화시켜 ITO 박막을 제작하였으며 그에 따른 ITO 박막의 특성 변화 및 TOLEDs 소자의 I-V 특성을 조사하였다.

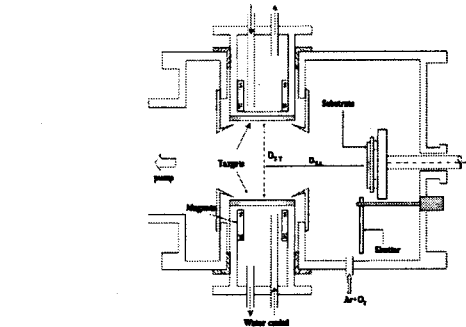


그림 1. 대향타겟식 스퍼터링 장치 개략도

이러한 FTS 장치를 이용하여 그림 2에 나타난 TOLEDs 기본 구조의 상부 전극인 ITO 음전극을 제작하였다.

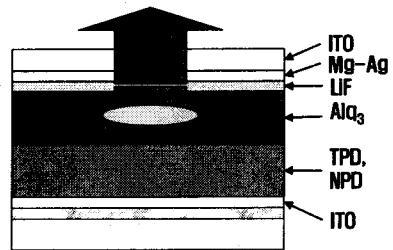


그림 2. ITO 음전극을 사용한 TOLEDs 개략도

본 실험에서는 ITO 박막을 아르곤과 산소의 혼합가스 [Ar:O<sub>2</sub> : 20:0.2 sccm] 분위기하에서 제작하였다. 기관으로는 Corning-glass 기관을 사용하여 증착하였으며, 모든 샘플의 기관 온도는 실온에서 제작하였다. 또한 양 타겟간 거리(D<sub>T-T</sub>)를 100[mm], 70[mm]로 변화시켜 ITO 박막을 제작하였다. 자세한 증착 조건은 표 1에 나타내었다. 제작되어진 ITO 박막의 전기적 특성을 Hall effect measurement (EGK) 장비를 사용하여 측정 하였으며 박막의 두께는  $\lambda$ -step(Tencor)을 사용하였으며 광투과율은 UV-VIS spectrometer(HP)를 사용하여 측정하였다. 또한 ITO/cell의 I-V 특성은 Semiconductor Parameter (HP4156A)를 사용하여 측정하였다.

2. 본 론

2.1 실험

본 연구에서는 그림 1에 나타난 대향타겟식 스퍼터링 장치(FTS)를[6] 이용하여 TOLEDs용 상부 전극인 ITO 박막을 제작하였다. FTS 장치는 두 개의 타겟이 서로 마주 보고 있으며 타겟 뒷면에 영구 자석을 장착한 상태

표 1. 스퍼터링 조건.

Deposition parameter	Conditions
Targets	ITO(SnO:10wt%)
substrate	slide glass cell(MgAg/LiF/EML/HT L/bottom electrode)
target-target distance $D_{T-T}$	70, 100mm
Base pressure	$2 \times 10^{-6}$ Torr
Working gas pressure	1mTorr
Substrate temperature	R.T
Oxygen gas flow	0.2 [sccm]
Sputtering current	0.1~0.6[A]

2.2 결과 및 검토

그림 3은 가tm. 압력 1[mTorr]에서 타겟간 거리 변화에 따른 방전 전압을 나타낸 것이다. 그림에 나타난 바와 같이 두 타겟 사이의 거리가 멀어 질수록 그리고 투입 전류가 증가 할 수록 방전 전압은 증가하는 것을 볼 수 있다. 이는 타겟 사이의 거리가 감소 할 수록 그 거리 감소에 따라 음의 전계가 증가하지만 상대적으로 구속 자계는 증가하게 된다. 즉 두 타겟 사이의 구속 자계가 증가하여 플라즈마 내의 하전 입자들의 구속이 많아 지게 되고 이로 인해 방전 전압은 타겟간 거리 감소에 따라 방전 전압도 감소하는 것으로 생각된다.

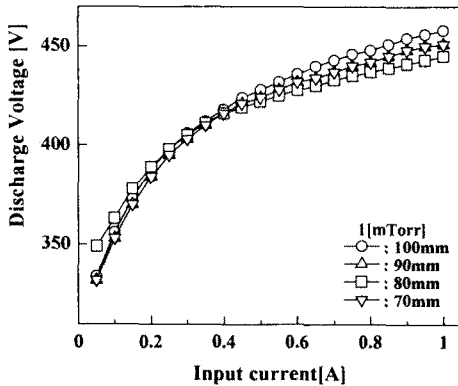


그림 3. 타겟간 거리 변화에 따른 방전 특성

그림 4는 투입 전류 및 타겟간 거리 변화에 따른 ITO 박막의 증착율을 나타낸 것이다. 그림에 나타난 바와 같이 투입 전류 증가에 따라 증착율의 선형적인 증가를 알 수 있으며 타겟간 거리가 100[mm]에서 70[mm]로 감소 할 때 증착율은 감소하는 것을 알 수 있다.

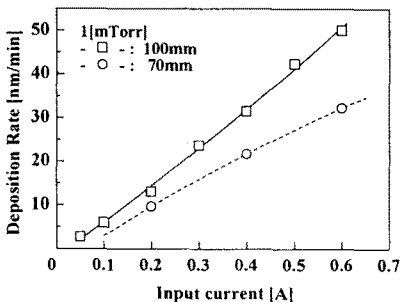
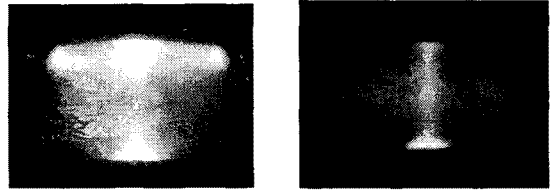


그림 4. 투입 전류 및 타겟간 거리 변화에 따른 증착율

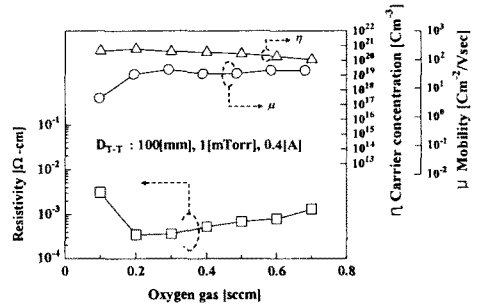
특히 투입 전류가 증가 할수록 타겟간 거리 100[mm]와 70[mm] 간의 증착율 차이가 커지는 것을 알 수 있다. 이는 타겟간 거리가 감소 할수록 두 타겟 사이에 인가된 구속 자계가 상대적으로 증가하여 박막 증착에 관여하는 플라즈마 내의 하전 입자들을 보다 많이 구속하게 되어 증착율이 타겟간 거리가 감소 할수록 감소하는 것으로 생각된다. 그림 5는 두 타겟간 거리 변화에 따라 발생된 플라즈마의 실제 사진을 나타낸 것이다.



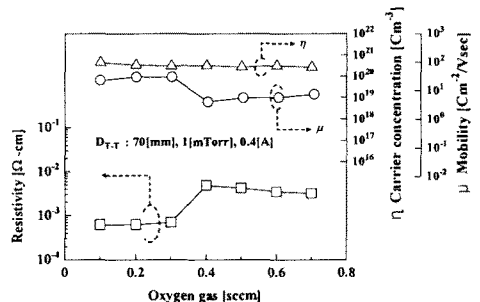
(a)  $D_{T-T}$  : 100[mm]      (b)  $D_{T-T}$  : 70[mm]

그림 5. 타겟간 거리 변화에 따른 플라즈마 형상

그림 5에 나타난 바와 같이 타겟간 거리를 변화 시켰을 때 플라즈마의 큰 차이를 보이진 않는다. 그러나 타겟간 거리가 감소 할 때 두 타겟의 중심 부에서 타겟간 거리 100[mm] 일 때 보다 많은 플라즈마 밀도를 나타내는 것을 알 수 있다. 이는 타겟간 거리가 감소 할 때 상대적으로 증가된 구속 자계로 인해 많은 플라즈마 충돌 간의 충돌로 인한 것이라 생각된다. 그림 6은 산소 가스 유량 및 타겟간 거리 변화에 따라 제작된 ITO 박막의 전기적 특성을 나타낸 것이다. 그림에 나타난 바와 같이 타겟간 거리 100[mm]인 경우 박막의 비저항은 산소 가스의 유입되는 양이 0.2[sccm]에서 가장 낮은 값을 나타내었으며( $3 \times 10^{-4} [\Omega \cdot \text{cm}]$ ) 그 이상 산소 가스량이 증가 할수록 비저항은 증가하는 것을 알 수 있다.



(a)  $D_{T-T}$  : 100[mm]



(b)  $D_{T-T}$  : 70[mm]

그림 6. 산소 가스 유량 및 타겟간 거리 변화에 ITO 박막의 전기적 특성

이는 박막 내의 이동도는 0.1~0.2[sccm] 까지는 급격히 증가하다 그 이상의 산소 가스 유량비에서 거의 일정한 값을 나타내며 캐리어 농도는 거의 일정하게 감소하기 때문에 비저항이 산소 가스 유입량 0.2[sccm]에서 전이

되는 영역이 발생되는 것이다. 타겟간 거리 70[mm]에서는 산소 가스 유입량에 대해 ITO 박막의 비저항은 0.1~0.3[sccm] 까지는  $6 \times 10^{-4} [\Omega \cdot \text{cm}]$  정도의 비저항을 갖는 ITO 박막이 제작되었다. 그러나 산소 가스 유입량 0.4[sccm] 이상부터는 박막 내의 이동도가 오히려 감소하여 비저항이 증가함을 알 수 있다. 캐리어 농도는 타겟간 거리 100[mm]인 경우와 비교해 볼 때 산소 가스 유입량 증가에 따라 약간씩 감소하는 동일한 경향을 나타낸 것으로 보아 타겟간 거리를 변화시켰을 때 발생하는 비저항의 변화는 이동도의 변화 때문인 것으로 생각된다. 그림 7은 타겟간 거리 변화 및 투입 전류에 따라 제작된 ITO 박막의 광학적 특성을 나타낸 것이다.

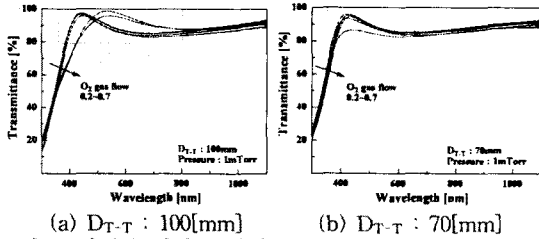


그림 7. 타겟간 거리 변화에 따른 ITO 박막의 광투과율

그림 7에 나타난 바와 같이 가시광 영역에서의 투과율은 80% 이상을 나타내고 있으며 산소 가스 유량 증가에 따라 광흡수단의 B-M shift가 발생되는 것을 알 수 있다. 상기의 결과들을 볼 때 ITO 박막의 제작은 투명전극으로 적용하기 위해 적합한 특성을 가지고 있음을 확인할 수 있었다. 따라서 본 연구에서는 MgAg/LiF/EML/HTL/bottom electrode의 구조를 갖는 기본 cell 상에 ITO 상부 투명전도막을 타겟간 거리를 변화시켜 제작한 TOLEDs의 I-V 특성을 조사하였다. 그림 8은 타겟간 거리 변화에 따른 ITO/cell의 I-V 특성을 나타낸 것이다. 그림에 나타난 바와 같이 타겟간 거리가 100[mm]에서 70[mm]로 변화할 때 leakage-current가  $1 \times 10^{-2} \text{mA/cm}^2$ 에서 약  $2 \times 10^{-4} \text{mA/cm}^2$  정도로 감소함을 알 수 있다.

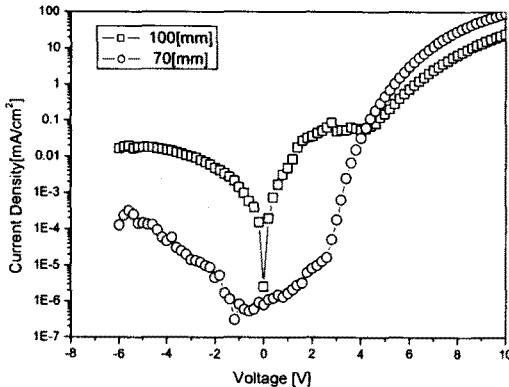


그림 8. 타겟간 거리 변화에 따른 ITO/cell의 I-V 특성

이는 타겟간 거리 변화에 따라 유기물(cell) 상에 증착되는 박막 입자 및 높은 에너지를 갖는 입자들의 충돌에 의한 유기물 손상이 감소하였기 때문으로 생각된다.

### 3. 결 론

TOLEDs용 상부 투명전극인 ITO 박막을 대향타겟식 스퍼터링 장치를 이용하여 제작한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다. 두 개의 타겟을 서로 마주보고 있

는 상태에서 플라즈마를 발생시키고 측면에 위치한 기관에 박막을 증착하는 구조를 갖고 있기 때문에 타겟간 거리를 변화 시킴으로써 보다 많은 높은 에너지를 갖는 입자들의 기관 충돌을 타겟간 거리를 감소 함으로써 제어할 수 있었다. 본 연구에서는 타겟간 거리 변화에 따라 ITO 박막의 전기적 특성이  $3 \times 10^{-4} [\Omega \cdot \text{cm}]$ -100[mm],  $8 \times 10^{-4} [\Omega \cdot \text{cm}]$ -70[mm]를 나타내었으며 광학적 특성은 가시광 영역에서 모두 80% 이상을 나타내었다. 이는 타겟간 거리 변화에 따라 전기적·광학적 특성은 큰 차이를 나타내지 않았다. 그러나 MgAg/LiF/EML/HTL /bottom electrode의 구조를 갖는 기본 cell 상에 ITO 상부 투명전도막을 타겟간 거리 변화에 따라 제작하여 TOLEDs의 I-V를 측정된 결과 타겟간 거리가 100[mm]에서 70[mm]로 변화할 때 leakage-current가  $1 \times 10^{-2} \text{mA/cm}^2$ 에서 약  $2 \times 10^{-4} \text{mA/cm}^2$  정도로 감소하였으며 이는 TOLEDs용 ITO 상부 투명전도막을 스퍼터링법으로 제작시 발생하는 고에너지 입자들의 유기물 손상이 상대적으로 감소하였음을 의미한다. 따라서 본 연구에서 사용된 대향타겟식 스퍼터링 장치는 TOLEDs용 상부 투명전극인 ITO 박막을 제작하는데 매우 적합한 스퍼터링 장치라 생각된다.

### [참 고 문 헌]

- [1] Y. Fukushi, H. Kominami, Y. Nakanishi and Y. Hatanaka Applied Surface Science, Vol. 244, Issues 1-4 (2005) p.53 7-540
- [2] K. Kato, K. Takahashi, K. Suzuki, T. Sato, K. Shinbo, F. Kaneko, H. Shimizu, N. Tsuboi, T. Tadokoro, S. Ohta Current Applied Physics, Vol 5, Issue 4 (2005) p.321-326
- [3] T. Karasawa, Y. Miyata, "Electrical and optical properties of indium tin oxide thin films deposited on unheated substrates by d.c. reactive sputtering", Thin Solid Films, 223, p135 (1993)
- [4] T. Maruyama, K. Fukui, "Indium-tin oxide thin films prepared by chemical vapor deposition" J. Appl. Phys., 70, 3 848(1991)
- [5] Hyun-Hoo Kim "Optimal sputtering parameters of transparent conducting ITO films deposited on PET substrates" Transaction on Electrical and Electronic Materials, Vol. 1, No. 2, (2000)
- [6] J.S. Yang, M.J. Keum, K.H. Kim, Surface and Coating Technology 169-170 (2003) 575-578

### [감사의 글]

본 연구는 경기도에서 지원하는 경기도 지역 협력 연구센터(GRR) 및 삼성 SDI의 지원을 받아 이루어 졌음