

플렉서블 디스플레이용 저온공정을 갖는 대향 타겟식 스퍼터링 장치를 이용한 ZrO₂ 보호막의 특성

조도현, 김지환, 이재환, 유성원, 손선영*, 박승환, 김종재
대구가톨릭대학교 전자공학과

Properties of (SiO₂)_x(ZnO)_y gas barrier films using facing target sputtering system with low temperature deposition process for flexible displays

Do-Hyun Cho, Ji-Hwan Kim, Jae-Hwan Lee, Sung-Won Ryu, Sun-Young Sohn, Sung-Hwan Park, and Jong-Jae Kim
Department of Electronics Engineering, Catholic University of Daegu

Abstract : 본 실험에서는 대향 타겟식 스퍼터링 (face target sputtering, FTS) 장비를 사용하여 플렉서블 디스플레이용 poly ethylene naphthalate (PEN) 플라스틱 기판 위에 보호층으로 사용된 ZrO₂ 박막의 특성들에 대해 연구하였다. FTS에 의해 3 시간동안 증착된 ZrO₂ 박막의 기판 온도는 69 °C로 낮은 증착 온도를 나타내었으며, 이는 유리전이온도가 낮은 PEN과 같은 플라스틱 기판위에 박막 증착시 적용하기에 적합하다. 제작된 ZrO₂ 박막에서 기판 중심으로부터 거리의 함수로 측정된 박막의 두께 차이는 약 4.5%로 매우 균일한 두께를 갖는 것으로 측정되었다.

Key Words : facing target sputtering, low temperature process, gas barrier film, ZrO₂

1. 서 론

최근 휘어지는 유기 전기 발광 소자 (flexible organic light emitting diode, FOLED)는 얇고 가벼우면서도 견고함과 동시에 휘어지는 특성들로 인해 차세대 평판 디스플레이로 각광받고 있다.[1,2] FOLED를 상용화하기 위한 부품·소재 기술들 가운데 플라스틱 기판 기술과 저온 공정기술은 FOLED의 장수명화를 위한 핵심 기술이 되고 있다.[2]

대향 타겟식 스퍼터링 (face target sputtering, FTS) 장비는 박막 증착시 기판이 타겟 간의 중앙부에 위치하여 플라즈마에 의한 손상이 없고, 치밀한 구조의 박막을 형성할 수 있으며, 증착 중에 발생하는 산소 음이온과 이차 전자들에 의한 박막의 손상을 최소화 시킬 수 있다는 장점들로 인해 널리 활용되고 있다.[3,4] 특히 FTS 장치는 저온증착이 가능하고 제작된 박막이 높은 증착율과 균일성을 가지므로 낮은 유리전이온도 (glass transition temperature, T_g)를 갖는 플라스틱 기판 위에 적용하기에 적합하다.[5]

따라서 본 실험에서는 FTS 장비를 사용하여 FOLED용 poly ethylene naphthalate (PEN) 플라스틱 기판 위에 보호층으로 사용된 ZrO₂ 박막의 특성들에 대해 분석하였다.

2. 실험

본 실험에서 사용된 FTS 장비는 박막 증착시 2개의 3인치 타겟과 2.5×2.5cm의 기판 4개가 장착되었으며 균일한 박막을 얻기 위해 기판의 회전을 자동 제어 할 수 있고, 챔버의 진공을 유지 할수 있도록 turbo molecule pump (TMP)를 사용하여 10⁻⁷ torr까지 유지 할 수 있도록 설계되어있다. 또한 양쪽을 마주 보고 있는 영구자석의 극성을 바꿀 수 있어 원하는 밀도의 박막을 제작할 수 있다. 플라즈마용 활성화 가스는 미세유량조절밸브 (mass flow

controller, MFC)를 사용 하여 1-150 sccm 까지 미세조절이 가능하다. 특히 FTS 장비는 자동제어 장치를 사용하여 타겟 간의 거리 (d_{T-T}) 및 타겟과 기판과의 거리 (d_{T-S})를 조절할 수 있으므로 다양한 조건에서의 실험이 가능하다.

FTS를 이용한 보호막 제작을 위한 ZrO₂ 타겟의 제작과정은 우선 일본 고순도사의 4N (99.99%) 분말들을 사용하여 전기로에서 600 °C의 60분 동안 분말의 습기를 제거하였다. 열처리된 분말은 hand mill과 ball mill 방법으로 교반 및 분쇄작업을 반복하고, 1200 kg·weight/cm²의 압력으로 3인치 펠렛 (pellet) 형태로 압착한 후에 1150 °C에서 90분 동안 소결과정을 거쳐 ZrO₂ 타겟을 고형화 하였다. 제작된 타겟들을 사용한 ZrO₂ 박막의 증착조건은 아래의 표 1과 같다. 제작된 ZrO₂ 박막의 표면 구조를 분석하기 위해서는 Tecscos사의 atomic force microscope (AFM)과 박막 두께를 측정하기 위해서는 VEECO사의 α-step 장치를 사용하였다.

표 1. 박막 증착 조건.

Target	ZrO ₂ (99.999%)
Distance between targets (d _{T-T}) (cm)	14
Carrier gas (sccm)	Ar, 50
Base Pressure (torr)	3 × 10 ⁻⁶
Working pressure (torr)	3.7 × 10 ⁻³
RF-Power (W)	300
Substrate	PEN
rotation (rpm)	10
deposition time (hour)	1, 2, 3

3. 결과 및 검토

그림 1은 FTS의 최적의 공정 조건을 찾기 위해 캐소드에 부착된 영구자석의 극성 방향을 순방향으로 설계한 경우 형성되는 플라즈마 모식도를 나타낸 것이다. 그림에서

순방향 극성의 경우 γ -전자가 양쪽 타겟 사이의 공간에서만 왕복 운동을 하여 분위기 가스의 이온화를 촉진 하고 고밀도 플라즈마를 형성할 수 있다. 이는 기존의 직류 2극 평형 방식이나 RF 평판형 마그네트론 스퍼터링 장치의 증착을 보다 10배 이상 높으며, 저온 고속 증착이 가능하다.[4] 반면 역방향의 경우에는 마그네트가 같은 방향으로 바라보게 되어 플라즈마가 분산되므로 제작된 박막의 밀도가 낮아 순방향에 비해 박막 특성이 저하된다.

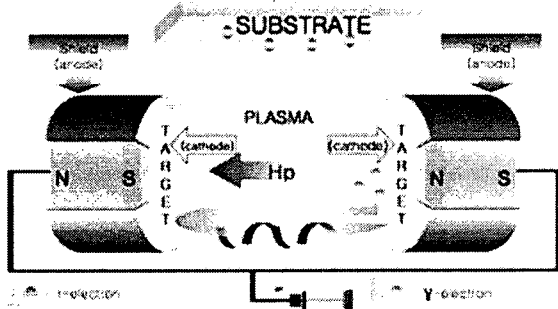


그림 1. 순방향 영구자석을 갖는 FTS 장비 내부의 모식도.

그림 2는 d_{T-T} 가 14 cm 인 조건에서 ZrO_2 박막 증착시 실제 측정된 기판온도를 나타낸 것이다. 증착 시간이 1, 2, 3 시간으로 증가함에 따라 측정된 기판 온도는 각각 39 °C, 63 °C, 69 °C 이다. 이는 FTS 증착법이 저온 공정을 요구하는 FOLED의 공정에 활용시 기존 sputtering 방법에 비해 플라즈마에 의해 발생하는 플라스틱 기판 및 박막의 열 손상을 감소시킬 수 있다.[4]

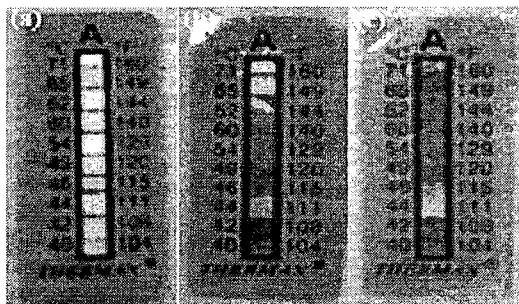


그림 2. Thermal tape를 이용해 (a) 1시간, (b) 2시간, (c) 3 시간동안 ZrO_2 박막 증착시 측정된 기판 온도.

그림 3은 2.5X2.5cm의 PEN 기판 위에 1, 2, 3 시간동안 증착된 ZrO_2 박막의 중심으로부터 5 mm 간격으로 측정된 각각의 두께를 나타내었다. 분석결과 각 위치에서의 증착 두께의 차이는 약 4.5%로 FTS 장치에 의해 제작된 ZrO_2 박막의 균일성이 우수함과 동시에 AFM 측정결과 조밀한 박막 구조를 갖는 것으로 확인하였다. 이러한 결과는 ZrO_2 위에 성장된 ITO 박막의 결정 모양과 사이즈에서 매우 균일한 결정구조를 가짐으로써 OLED 소자의 특성을 향상시킬 수 있다.[6,7]

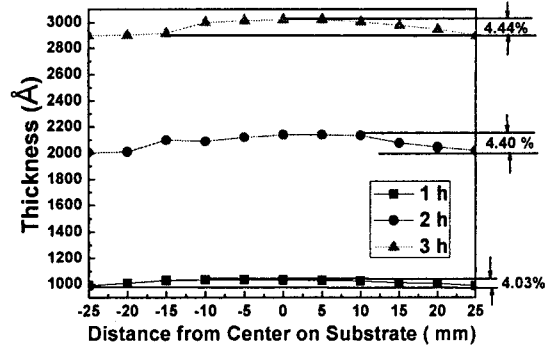


그림 3. 14 cm의 d_{T-T} 조건에서 제작된 25x25 mm² 크기의 ZrO_2 박막에서 기판 중심으로부터 거리의 함수로 측정된 박막의 두께.

4.결 론

본 연구에서 사용된 FTS 장치는 저온공정 및 고밀도 플라즈마 형성에 의해 매우 균일한 박막을 형성할 수 있으므로 플라스틱 기판 위에 보호막을 증착하기 위한 공정으로 적합하다. FTS 장치에 의해 제작된 ZrO_2 박막은 시료의 각 위치에 따라 약 4.5%의 두께 균일성을 가짐과 동시에 매우 조밀한 박막을 형성하여 FOLED의 기판 위에 보호막으로 적용시 대기중의 수분과 산소 및 플라스틱 기판의 솔벤트 성분이 유기물내로 침투하는 것을 막아주어 소자의 수명특성 향상에 기여할 것으로 기대한다.

감사의 글

본 연구는 포항 NCNT의 나노인력양성 특별 프로그램의 지원에 의한 것임.

참고 문헌

- [1] K-H Choi, H-J Nam, J-A Jeong, S-W Cho, H-K Kim, Jae-Wook Kang, Do-Geun Kim, and Woon-Jo Cho, Appl. Phys. Lett. Vol. 92, p. 223302, 2008.
- [2] 이진호, 추혜용, 서경수, 강광용, 전자통신동향분석, 제20권, 제6호, p. 48, 2005.
- [3] K-H Kim, J. Ceramic Pro. Research, Vol. 8m p. 19, 2007.
- [4] 김건희, 금민중, 김한기, 손인환, 장경욱, 이원재, 최형욱, 박용서, 김경환, J. Korean Ins. Electric. Electron. Mat. Eng. Vol. 17, No. 11, p. 1230, 2004.
- [5] Y Hosh, H Kato, K Funatsu, Thin Solid Films. Vol. 445, p. 245, 2003.
- [6] 김중정, 양준모, 임관용, 조홍재, 김현, 박주철, 이순영, 김정선, 김근홍, 박대규, 한국재료학회지, Vol. 13, No. 8, p. 497 (2003).
- [7] A Mitsui and K Masumo, Thin Solid Films. Vol. 442, P. 140, 2003.