

대향타겟식 스퍼터링 방법에 의해 PEN 기판위에 성막된 ZrO₂ 박막의 공정 특성에 관한 연구

조도현, 권오정, 왕태현, 김지환, 박승환, 홍우표, 김화민, 김종재
대구가톨릭대학교

A Study on process characteristics of ZrO₂ films prepared on poly-ethylene naphthalate by using Facing targets sputtering system

Do-Hyun Cho, Oh-Jung Kwon, Tae-Hyun Wang, Ji-Hwan Kim, Sung-Hwan Park, Woo-Pyo Hong, Hwa-Min Kim, Jong-Jae Kim
Catholic University of Daegu

Abstract : A facing target sputtering (FTS) equipment is fabricated and its process characteristics are investigated to search for the possibility of applications to film passivation system for organic light emitting diodes (OLEDs). We report that the FTS system can prepare a high quality ZrO₂ films with a dense micro structure and an excellent uniformity less than 5% and a high transmittance over an average 80% in the visible range. We suggest that the FTS is one of the suitable deposition techniques for the thin film passivation layer of OLEDs and the gas barrier layer of polymer substrate.

Key Words : FTS, ZrO₂, gas barrier, passivation

1. 서 론

게이트 산화막으로 현재 사용되고 있는 SiO₂는 반도체 소자가 점차 고집적화 되어감에 따라 두께에 대한 한계에 도달하고 있다. 따라서 차세대 반도체 소자의 게이트 산화막으로 유전율이 높은 금속 산화막의 필요성이 증가하였다. High-k 물질들 중에서 ZrO₂는 dielectric constant 값이 크고(~25) band gap이 크며(~7.8eV) leakage current 값이 작다. 또한 실리콘 기판과의 접촉에서 열적으로 안정하며 실리콘과의 lattice 차이가 적다(a=5.10, a_{Si}=5.43). HF 용액으로 etching이 가능하며 polysilicon과의 접착성이 우수한 것 또한 장점이라 할 수 있다. 또한 최근에는 OLED의 passivation 층으로서의 적용 가능성이 많이 연구되고 있다. ZrO₂와 Silicate는 Si 과의 접촉에 있어서의 안정성과 비교적 높은 band gap으로 인해 SiO₂의 대체 물질로써 가장 유력한 물질이다. 이러한 ZrO₂를 증착시키기 위해서 DC magnetron reactive sputtering system이 가용되고 있다. 그러나 보통의 sputtering 방법을 사용할 경우 타겟과 기판이 일직선상에 놓여 OLED의 봉지층으로 증착할 경우, 플라즈마에 의해 OLED소자의 유기 층이 심각한 손상을 받을 수 있다. 이에 따라 본 실험에서는 기존의 sputtering 방법에 의한 치밀한 구조의 박막을 형성할 수 있는 잇점을 살리는 대신 플라즈마와 열에 의한 유기층의 손상을 방지하기 위한 대안으로서 대향타겟식 스퍼터링 (Facing Target sputtering: FTS)system을 사용하여 poly - ethylene naphthalate (PEN) 기판 위에 ZrO₂ 박막을 증착하였다. ZrO₂ 박막의 광학적 특성과 표면 부착력 그리고 투습특성을 조사하여

플렉서블 기판의 barrier 층으로서의 적용 가능성을 조사하고자 한다.

2. 결과 및 토의

그림 1은 본 실험을 위해 제작된 FTS시스템의 실물 사진을 나타낸 것이다. 그림 (c)는 서로 대향하고 있는 지름 3인치의 원형 타겟을 그림 (B)는 두 타겟사이에 형성된 플라즈마를, 그리고 그림 (d)는 두 타겟사이의 거리(T-T)와 타겟과 기판 사이의 거리(T-S)를 각각 나타낸 것이다.

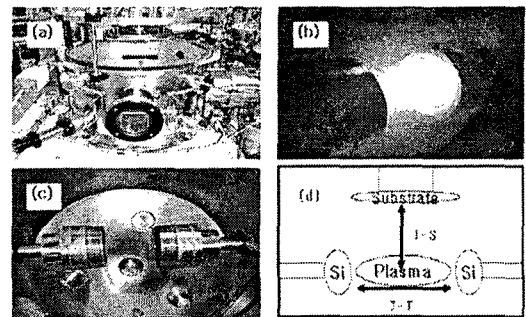


그림 1. diagrams of (a) FTS system (b) Plasma shape formed between the facing both targets, (c) the facing two circular targets with a diameter of 3 inch

대향 타겟식 스퍼터링 장치는 기판의 위치를 플라즈마로

부터의 거리로 조절 할 수 있기 때문에 타겟 기판간 거리 조절로 인한 평균 자유행로를 제어할 수 있게 된다. 즉, 타겟으로부터 방출된 γ -전자는 타겟에 인가된 음 전위에 의해 음극 강하부에서 가속되어 맞은편 타겟을 향해 이동하게 된다. 이때 맞은편 타겟 역시 동일한 음전위가 인가되기 때문에 γ -전자의 반사전극으로 작용하여 양쪽 타겟 사이를 왕복 운동하게 된다. 타겟의 주위에 배치되어 있는 shield ring은 양(+)극으로 작용하지만 이 방향으로의 전자 이동은 플라즈마 구속자계에 의해 억제된다. 결국 γ -전자는 양쪽 타겟 사이의 공간에서만 왕복 사이클론 운동을 하면서 분위기 가스의 이온화를 촉진하게 된다. 이때 플라즈마 중심부에서는 약 $10^{12}[\text{cm}^{-3}]$ 의 고밀도 플라즈마가 형성된다. 그 결과 기존의 직류 2극 평행 평판형 방식이나 RF 평판형 마그네트론 스퍼터링 장치의 스퍼터율보다 10배 이상 높으며, 저온 고속 증착에 의한 대면적 박막형성이 가능하다. 또한 자계를 음극면에서 수직으로 인가하기 때문에 강자성체 박막 제작이 가능하다는 장점을 가지고 있다.

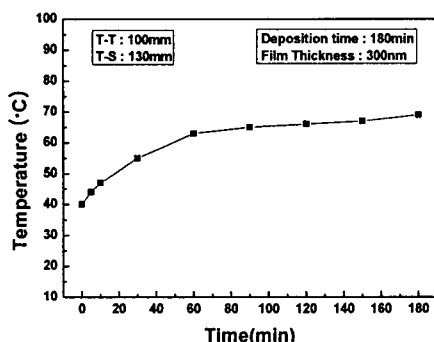


그림 2. Substrate temperature change as a function of deposition time during deposition of ZrO_2 film with a thickness of 300 nm.

그림 2는 FTS에 의한 ZrO_2 박막을 증착하는 동안 증착 시간의 함수로 나타낸 기판 온도 변화를 나타낸 것이다. 증착하는 동안 T-T는 100 mm, T-S는 130mm를 그리고 RF-power는 150 Watt를 유지하였다. 180분의 증착시간 후 기판온도는 69°C 에 불과 하였으며, ZrO_2 박막의 두께는 약 300 nm임이 확인되었다. 이와 같이 FTS는 두께 400 nm 이상의 박막성장 시에도 기판의 온도는 80°C 이하를 유지하는 것이 확인되었다.

그림 3은 FTS에 의해 PEN 기판 위에 다양한 두께로 성장된 ZrO_2 박막의 광투과 스펙트럼을 나타낸 것이다. 모든 박막들이 가시광영역에서 평균 80% 이상의 우수한 투과 특성을 나타 내는 것을 알 수 있다.

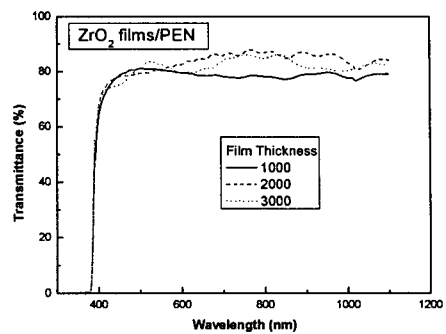


그림 3. Optical Transmission spectran of ZrO_2 films with different film thicknesses prepared on PEN substrate by using FTS system.

3. 결론

본실험에서 사용한 FTS 시스템은 저온 증착에 의한 양질의 박막제작이 가능함으로서 OLEDs와 가은 유기 층상부에 passivation 박막이나 ITO, IZO, AZO 와 같은 투명 전도 박막의 증착에 적합 할 뿐만 아니라 열적 내구성이 적은 폴리머 기판의 무기물에 의한 gas barrier층의 성막에도 적합하다. FTS는 OLEDs thin film passivation 층 성막을 위한 최적의 기술임을 제시한다.

감사의 글

본 연구는 NCNT 나노기술인력양성 특별 프로그램의 지원을 받음.

참고 문헌

- [1] J-Y Yang, S-T Kim, J-S Hong "Passivation Properties of Inorganic Composite Films Packed Around Ca Cells by Electron-Beam Evaporation Technique" JKPS Vol.50, No.3, March 2007, pp910~914
- [2] S-T Kim, J-S Hong " Water vapor Permeabilities of inorganic thin composite $(\text{ZnO})_x(\text{SiO}_2)_{1-x}$ films prepared by rf-magnetron sputtering method" ICAMD 12월
- [3] Y-J Kim "DC Magnetron Reactive Sputter법으로 증착된 Gate Dielectric로서의 ZrO_2 의 전기적 특성과 성장에 관한 연구" 한양대학교 석사학원 논문