

## 촉매반응 화학기상증착법을 이용한 유기발광소자의 박막 봉지

김한기, 문종민, 배정혁, 정순욱, 김명수\*  
 금오공과대학교, \*삼성SDI

### Thin Film Passivation of Organic Light Emitting Diodes by Catalyzer Enhanced Chemical Vapor Deposition (CECVD)

Han-Ki Kim, J. -M. Moon J. -H. Bae, S. W. Jeong, and M. S. Kim\*  
 Kumoh National Institute of Technology (KIT), \*SAMSUNG SDI.

**Abstract :** We report on plasma damage free chemical vapor deposition technique for the thin film passivation of organic light emitting diodes (OLEDs), organic thin film transistor (OTFT) and flexible displays using catalyzer enhanced chemical vapor deposition (CECVD). Specially designed CECVD system has a ladder-shaped tungsten catalyzer and movable electrostatic chuck for low temperature deposition process. The top emitting OLED with thin film SiN<sub>x</sub> passivation layer shows electrical and optical characteristics comparable to those of the OLED with glass encapsulation. This indicates that the CECVD technique is a promising candidate to grow high-quality thin film passivation layer on OLED, OTFT, and flexible displays.

**Key Words :** Thin film passivation, OLED, OTFT, CECVD, SiN<sub>x</sub>, Flexible displays

#### 1. 서론

최근 보다 얇고 가벼운 유기발광소자를 구현하기 위한 박막 봉지 기술에 대한 연구가 전 세계적으로 활발히 진행되고 있다 [1]. 현재 유기발광소자에 사용되는 봉지 공정은 투명흡습제가 도포된 0.7 mm 두께의 유리 또는 금속 캔을 유기발광소자 상부에 접착시키는 방식을 사용하고 있다. 이 공정을 통한 소자 제작은 소자의 단가 증대뿐만 아니라 소자의 두께를 증가시키는 문제가 있어 향후 유기발광소자의 휴대용 표시소자 응용 및 플렉서블 디스플레이 실현화를 위해서는 새로운 박막 봉지 공정과 박막 봉지용 물질개발이 필수적이다. 특히 최근 고휘도 유기발광소자로 각광 받고 있는 전면발광 유기발광소자 (TOLED)의 경우 그 특성상 대부분의 빛이 상향으로 발광하기 때문에 투명한 박막형 봉지 공정 및 재료의 개발이 필요하다 [2]. 이러한 투명 박막형 봉지 제작 공법으로는 PECVD, ALD(Atomic Layer Deposition), ICP-CVD (Inductively coupled plasma CVD) 그리고 IBAD (Ion Beam Assist Deposition) 등이 기대되고 있으며, 금속(Al), 무기물(SiN<sub>x</sub>, SiO<sub>2</sub>, SiON<sub>x</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 등), 유기물 그리고 이들을 이용한 복합층등이 가능성 있는 박막 봉지 재료로 보고되고 있다 [1,3,4]. 그러나 이들 박막봉지용 무기물 박막을 성막할 때 주로 사용하는 PECVD 방식은 성막 공정 시 유기발광소자의 유기물 층이 플라즈마에 노출되어 소자의 특성에 영향을 주는 단점을 가지고 있다. 뿐만 아니라 기판 온도의 상승으로 인해 유기발광소자내 유기물 층의 결정화가 일어나 수명에 영향을 주기 때문에 유기발광소자의 특성에 영향을 주지 않는 새로운 박막 봉지용 무기물 성막 공법 개발이 절실한 상황이다.

따라서 본 연구에서는 OLED, OTFT, Flexible Display 상에 박막 봉지 공정이 가능한 촉매반응 화학기상 증착법(CECVD) 개발하여 그 특성과 이를 이용하여 제작된

SiN<sub>x</sub> 박막과 전면발광 유기발광소자의 특성에 대해 연구하였다.

#### 2. 실험

본 연구에 의해 개발된 촉매반응 화학기상증착기의 단면을 그림 1에 나타내었다. 반응 가스 노즐 아래 위치하고 있는 고온의 텅스텐 촉매가(>1800℃) SiH<sub>4</sub>와 촉매 반응을 일으켜 SiH<sub>4</sub>의 분해 속도를 증가시킴으로써 고품위의 무기를 박막을 고속으로 성막시킬 수 있는 새로운 개념의 화학기상증착 장치이다 [5].

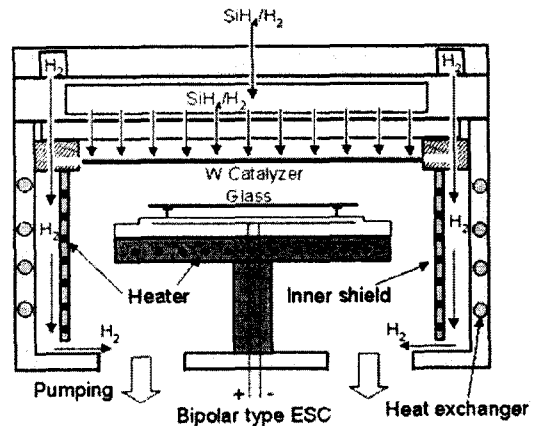


그림 1. Schematic diagram of catalyzer enhanced chemical vapor deposition (CECVD) system

이 촉매반응 화학기상 증착법을 이용하여 SiN<sub>x</sub> 박막을 전면발광 유기발광소자 상에 SiH<sub>4</sub>/N<sub>2</sub>/H<sub>2</sub> 가스 유량비의 변화에 따라 증착 시켰으며 이를 이용해 제작된 유기발광소자의 특성을 일반적인 유리 기판 봉지가 되어 있는 유기발

광소자와 비교하였다. 유기발광소자의 특성을 고려하여 SiN<sub>x</sub> 성장 시 기판온도를 80℃로 유지시켰으며 촉매선과 기판간의 거리를 조절하여 성막속도, 균일도, 성막 특성을 조절하였다. 또한 수소 가스 증가에 따른 SiN<sub>x</sub> 박막의 구조적, 광학적, 표면적 특성을 분석하여 박막 성막 시 수소 가스의 영향에 대해 연구하였다.

### 3. 결과 및 검토

고온의 텅스텐 촉매 노출에 의한 소자의 열화 특성을 분석하기 위해 HIL/HTL/EML/ETL/LiF/Mg-Ag구조의 테스트 셀 상에 촉매반응 화학기상 증착 장치로 150 nm 두께의 SiN<sub>x</sub> 박막을 증착하고 소자 특성을 분석하여 그림 2에 나타내었다. 90%의 투과율을 가지는 SiN<sub>x</sub> 봉지막이 증착된 전면 발광 유기발광소자는 비교 샘플(reference)과 유사한 전류-전압, 휘도-전압 특성을 나타내고 있는데, 이는 고온의 텅스텐 촉매의 노출에 소자의 특성이 영향을 받지 않음을 나타낸다. 일반적으로 플라즈마를 사용하는 PECVD나 ICP-CVD공정은 높은 파워를 인가하게 되면 고밀도의 플라즈마에 유기물이 영향을 받아 유기발광소자의 전류, 휘도 특성에 악영향을 주게 된다. 그러나 촉매반응 화학기상 증착법의 경우 플라즈마를 사용하지 않고 SiN<sub>x</sub> 봉지막을 성막할 수 있기 때문에 플라즈마의 노출에 의한 소자의 열화 없이 고품위 유기발광소자의 제작이 가능하다.

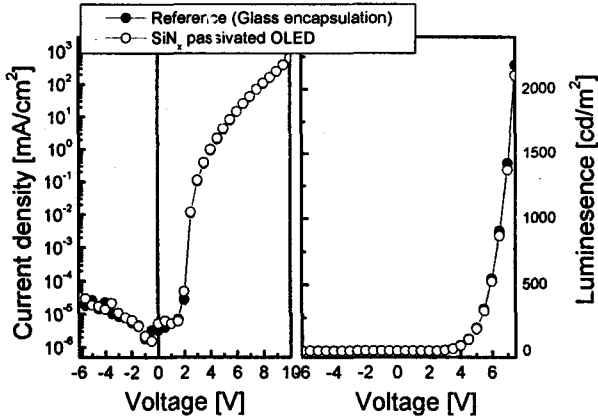


그림 2. CECVD를 이용해 성장시킨 SiN<sub>x</sub> 박막 봉지막을 가진 전면발광 유기발광소자와 일반적인 유리 기판 봉지막을 한 유기발광소자의 전류-전압-휘도 특성 비교

촉매반응 화학기상 증착법을 이용해 PC기판 상에 성장시킨 단일층의 SiN<sub>x</sub> (150nm) 박막은 5×10<sup>-3</sup> g/m<sup>2</sup>/day의 낮은 투습도를 나타내는데 이는 CECVD를 이용해 성장시킨 SiN<sub>x</sub> 박막이 높은 밀도를 가지고 있음을 말해준다. 그림 3의 EL 이미지에서 알 수 있듯이 촉매반응 화학기상 증착법으로 성장시킨 SiN<sub>x</sub> 봉지막을 가진 유기발광소자는 300시간 후에도 흑점(dark spot)의 형성 없이 깨끗한 이미지를 나타내고 있다. 이는 촉매반응 화학기상 증착법으로 성막한 SiN<sub>x</sub> 박막이 수소의 가스의 첨가에 의해 고밀

도의 박막으로 성장하여 공기 중의 산소나 수분으로부터 유기발광소자를 안정하게 보호하고 있음을 말해 준다. 이러한 촉매반응 화학기상 증착법의 특성은 수소 가스의 영향으로 설명할 수 있다. 일반적인 화학기상증착 방식과 달리 촉매반응 화학기상 증착법은 SiN<sub>x</sub> 성막 시 다량의 수소 가스를 반응 가스로 사용하는데 촉매에 의해 분해된 수소 가스가 박막의 표면에서 화학적 어닐링 효과(chemical annealing effect)를 일으켜 박막의 결정화를 유도한다. 이러한 박막의 결정화는 SiN<sub>x</sub> 박막의 밀도를 높여 투습도를 낮추는 원인이 되고 촉매반응 화학기상 증착법을 이용하여 고품위의 봉지용 박막을 성장시킬 수 있게 한다.

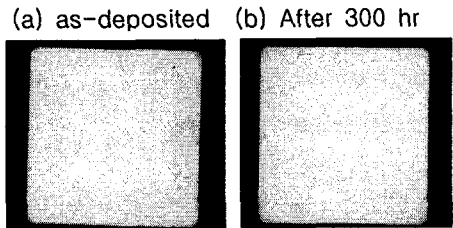


그림 3. CECVD를 이용해 성장시킨 SiN<sub>x</sub> 박막 봉지막을 가진 전면발광 유기발광소자의 시간 증가에 따른 EL 이미지

### 4. 결론

본 연구에서는 차세대 디스플레이로 각광 받고 있는 OLED, OTFT, Flexible display용 박막 봉지막을 제작하기 위한 새로운 개념의 촉매반응 화학기상 증착 장치를 개발하였다. 텅스텐과 SiH<sub>4</sub> 가스와의 촉매 반응으로 인해 SiH<sub>4</sub>의 빠른 분해가 일어나 고품위 SiN<sub>x</sub> 박막을 플라즈마의 사용 없이 고속으로 성장시킬 수 있었으며 이는 촉매반응 화학기상 증착장치의 응용 가능성을 말해준다. 뿐만 아니라 촉매반응 화학기상장치로 성막되는 봉지막은 낮은 기판 온도가 유지되는 양극형(Bipolar type) 정전척 상에 형성되기 때문에 저온 공정이 필요한 플렉서블 디스플레이에도 응용이 가능할 것으로 사료된다.

### 참고 문헌

- [1] A. Chwang, M. Rothman, S. Mao, R. Hewitt, M. Weaver, J. Silvermail, K. Rajan, M. Hack, J. Brown, X. Chu, L. Moro, T. Krajewski, and N. Rutherford, *Appl. Phys. Letts.* Vol. 83, p. 413, 2003.
- [2] 김한기, *산업기술개발연구*, Vol. 21, p. 281, 2005.
- [3] L. Zamboni, R. Mansano, *Vacuum* Vol. 71, p. 439, 2003.
- [4] S.-H. Ko Park, J. Oh, C.-S. Hwang, J. -I. Lee, Y. S. Yang, and H. Y. Chu, *Electrochem. Solid-State. Letts.* Vol. 8, p. H21, 2005
- [5] Han-Ki Kim, M. S. Kim, *Korea Patent Pending* 2005-0039926.