

# TTS로 성막한 Al 캐소드를 가진 유기발광소자의 특성 분석

문종민, 이상현\*, 김한기

금오공과대학교 정보나노소재공학과, \*탑엔지니어링

## Characteristics of organic light-emitting diodes with Al cathode prepared by TTS system

Jong-Min Moon, Sang-Hyun Lee\*, Han-Ki Kim

Dept. of Information and Nano Materials Eng. Kumoh National Institute of Technology, \*Top Engineering

**Abstract :** We report on the characteristics of organic light-emitting diodes with Al cathode deposited by specially designed twin target sputter(TTS) system. It was found that the Al cathode films grown by TTS system were amorphous structure with nanocrystallines due to low substrate temperature during sputtering process. Effective confinement of high-density plasma between two Al targets lead to low temperature sputtering process on organic layer. Moreover, organic light-emitting diodes with Al cathode deposited by TTS system exhibited low leakage current density of  $4 \times 10^{-6}$  mA/cm<sup>2</sup> at -6 V indicating plasma damage due to bombardment of energetic particles such as ions and  $\gamma$ -electrons was effectively restricted in the TTS system. Sputtering method using TTS system is expected to be applied in organic electronics and flexible displays due to its low temperature and plasma damage free deposition process.

**Key Words :** TTS, Plasma, OLED, Sputtering, Al cathode

### 1. 서론

스퍼터링 공법은 높은 증착률, 공정상의 용이함, 우수한 특성의 박막 증착 등의 특성으로 인해 현재 가장 많이 사용되고 있는 증착 방법 중 하나이다. 그러나 스퍼터링 공정시 발생하는 이온, Ar 중성자, 그리고  $\gamma$ -전자 와 같은 강한 입자들의 충격으로 인한 고온공정 특성, 플라즈마 데미지 현상으로 인해 유기물을 이용한 전자소자의 제작으로의 응용이 어렵다고 알려져 있다. 현재 유기발광소자의 제작에 있어 금속전극의 성막법으로 열 증발법이 사용되고 있으나 잦은 장비의 교체, 운용상의 어려움, 대면적화의 어려움 같은 문제들로 인해 최근 스퍼터링 공법을 이용한 금속 전극의 성막법에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있다.[1-3]

본 연구에서는 트윈 타겟 스퍼터 시스템을 제작하여 마주보는 두 Al 타겟 사이에 고밀도의 플라즈마를 구속시켜 플라즈마 데미지 현상 없이 유기발광소자의 Al 전극을 성막하였으며 성막한 Al 박막의 구조적, 표면 특성을 분석하였다. 또한 스퍼터링 공정 시 기판의 온도를 측정하였으며 TTS로 성막한 Al 전극을 가진 유기발광소자의 특성을 분석하였다.

### 2. 실험

트윈 타겟 스퍼터의 제작에 앞서 마주보는 스퍼터건 사이에 플라즈마를 효과적으로 구속시킬 수 있는 최적화된 자석배열을 자장시뮬레이션을 통하여 최종 선택하였으며 진공시스템을 완성하여 트윈 타겟 스퍼터 시스템을 제작하였다. 트윈 타겟 스퍼터 시스템을 이용하여 기판-타겟 간 거리, 작업압력, 인가전압에 따른 Al 박막을 성막하였

으며 성막된 Al 박막의 구조적, 표면특성을 Synchrotron x-ray scattering, FESEM을 이용하여 분석하였다. 또한, Glass/ITO/2-TNATA/NPB/Alq<sub>3</sub>/LiF 구조의 유기발광소자를 제작한 후 트윈 타겟 스퍼터 시스템을 이용하여 Al 금속 전극을 성막하여 유기발광소자의 특성을 분석하였다.

### 3. 결과 및 검토

그림 1은 트윈 타겟 스퍼터 시스템의 개략적인 모식도이다. 두 개의 서로 마주보고 있는 Al 타겟 사이에 일방향으로 균일한 자계를 생성시켰으며 기판은 off axis에 위치시켜 스퍼터링 공정 동안 좌우로 움직일 수 있도록 설계하였다. 타겟-타겟 간 거리, 타겟-기판 간 거리는 기구부에 의해 조절이 용이하도록 설계하였으며 공정 가스 라인을 두 Al 타겟의 중앙 하단에 위치하게 하여 안정적인 방전과 동시에 고효율의 증착이 가능하도록 설계 하였다.

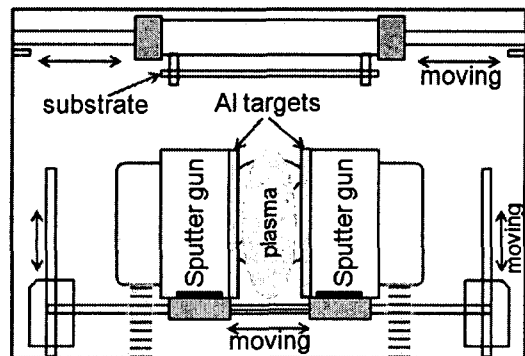


그림 1. 트윈 타겟 스퍼터 시스템의 개략도

스퍼터링 공정 동안 두 타겟에 인가된 negative charge에 의해 생성된 전자들은 타겟 사이에 생성된 강한 일방향의

자계로 인해 로렌츠 힘으로 강하게 묶여 자계선을 따라 타겟과 타겟 사이를 회전 왕복 운동함으로써 플라즈마를 생성시켜 타겟 사이에 구속 시킨다. 이로 인해 스퍼터링 공정 시 생성되는 강한 입자들을 효과적으로 구속시켜 플라즈마 데미지로부터 자유로워 질 수 있게 된다.

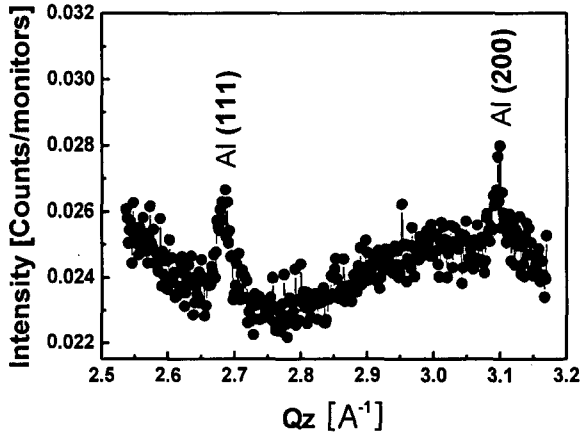


그림 2. 트윈 타겟 스퍼터로 성막한 Al 박막의 Synchrotron x-ray scattering 결과.

그림 2는 트윈 타겟 스퍼터로 성막시킨 Al 박막의 synchrotron x-ray scattering 분석 결과이다. 매우 약한 (111), (222) 회절 peak은 미세한 결정을 포함한 비정질 구조의 Al 박막임을 나타내며 이는 스퍼터링 공정 시 기판 온도가 50 °C 이하의 낮은 온도로 유지되었음을 나타낸다. 스퍼터링 공정 시 thermo couple를 이용하여 기판온도의 변화를 측정된 결과 1시간에 걸친 증착 공정 동안 45 °C 이하의 기판온도를 유지하였다. 유기물박막의 열화가 일어나는 온도, 실질적인 증착공정 시간 등을 고려할 때 이 같은 낮은 공정온도는 스퍼터 공법을 이용하여 유기물을 근간으로 한 전자소자의 제작으로의 응용이 가능하다는 것을 나타낸다.

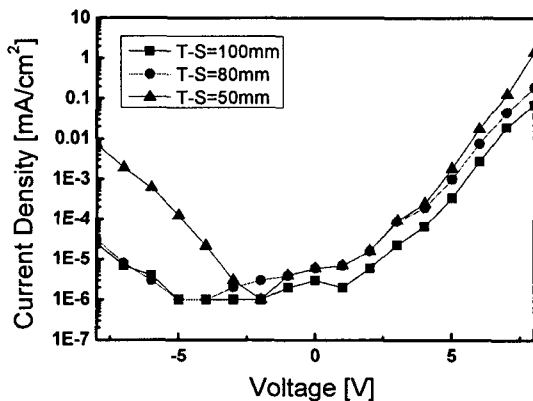


그림 3. 트윈 타겟 스퍼터로 성막한 Al 캐소드를 가진 유기발광소자의 전류-전압 특성.

그림 3은 트윈 타겟 스퍼터로 성막한 Al 캐소드를 가진 유기발광소자의 전류-전압 특성을 나타낸다. 기판-타겟 간 거리가 50 mm에서 80 mm로 증가함에 따라 -6 V의 역 바이어스에서 누설 전류밀도가 급격히 감소하였다. 50 mm의 기판-타겟 간 거리에서 역 바이어스 시 나타나는 높은 누설 전류밀도는 스퍼터링 공정 시 강한 입자들의 충격으로 인한 플라즈마 데미지 현상 때문이라 사료되며 기판-타겟 간 거리가 80, 100 mm로 증가함에 따라 급격히 감소된 누설 전류밀도는 두 스퍼터간 사이에 구속된 플라즈마로부터 기판이 충분히 떨어져 있어 강한 입자들의 충격으로부터 벗어나 플라즈마에 의한 데미지를 받지 않았다는 것을 나타낸다.

#### 4. 결론

본 연구에서는 트윈 타겟 스퍼터 시스템을 제작하고 플라즈마 데미지 현상 없이 유기발광소자의 금속전극을 성막하여 그 특성을 분석하였다. 마주보는 두 개의 Al 타겟 사이에 강한 자계들로 인해 스퍼터 공정 시 발생하는 강한 입자들이 효과적으로 구속되어 플라즈마 데미지의 원인인 강한 입자들의 충격을 피할 수 있고 이를 이용하여 성막한 Al 박막은 미세 결정을 포함한 비정질의 구조를 띠고 있음을 타나내었으며 스퍼터링 공정 시 기판의 온도 또한 상온으로 유지됨을 나타내었다. 트윈 타겟 스퍼터로 성장시킨 Al 캐소드를 가진 유기발광소자의 전류-전압 특성은 일정한 기판-타겟 간 거리 이상에서 역 바이어스 시 매우 낮은 누설 전류밀도를 나타내었다. 이는 강한 입자들의 충격으로 인한 플라즈마 데미지 현상이 일어나지 않았음을 말해준다. 트윈 타겟 스퍼터를 이용한 저온 공정, 플라즈마 데미지 프리 성막 공법은 유기물을 근간으로 하는 전자소자의 제작에 스퍼터를 이용한 금속, 무기물 박막의 증착법이 활용될 수 있는 가능성을 보여준다.

#### 참고 문헌

- [1] Han-Ki Kim, D.-G. Kim, K.-S. Lee, M.-S. Huh, S. H. Jeong, K. I. Kim, H. Kim, D. W. Han, and J. H. Kwon, Plasma damage-free deposition of Al cathode on organic light-emitting devices by using mirror shape target sputtering, *Appl. Phys. Lett.*, Vol. 85, p. 4295, 2004.
- [2] Han-Ki Kim, Sang-Woo Kim, Kyu-Sung Lee, and K. H. Kim, Direct Al cathode layer sputtering on LiF/Alq<sub>3</sub> using facing target sputtering with a mixture of Ar and Kr, *Appl. Phys. Lett.*, Vol. 88, p. 083513, 2006.
- [3] Han-Ki Kim, D.-G. Kim, K.-S. Lee, M.-S. Huh, S. H. Jeong, K. I. Kim, and Tae-Yeon Seong, Plasma damage-free sputtering of indium tin oxide cathode layers for top-emitting organic light-emitting diodes, *Appl. Phys. Lett.*, Vol. 86, p. 183503, 2005.