

## AZO anode 전극을 갖는 OLED의 전기적, 광학적 특성

진은미, 신은철\*, 송민중\*\*, 박춘배  
원광대학교 전기전자 및 정보공학부, 홍익대학교\*, 광주보건대학\*\*

### Electrical and Optical Properties of OLED with AZO Anode Electrode

Eun-Mi Jin, Eun-Chul Shin\*, Min-Jong Song\*\*, and Choon-Bae Park

Wonkwang Univ. School of Electrical Electronic and Information Engineering, Hongik Univ.\*, Kwangju Health College.\*\*

**Abstract :** Aluminum-doped zinc oxide (AZO) films are attractive materials as transparent conductive electrode because they are inexpensive, nontoxic and abundant element compared with indium tin oxide (ITO). AZO films have been deposited on glass (corning 1737) substrates by RF magnetron sputtering system. The electrical resistivity of AZO films was  $1.81 \times 10^{-2} \Omega\text{cm}$  and the average transmittance in the visible range 400-800 nm was more than 76%. Organic light-emitting diodes (OLEDs) with AZO/TPD/Alq<sub>3</sub>/Al configuration were fabricated. The current density-voltage properties of devices were studied and compared with ITO devices fabricated under the same conditions.

**Key Words :** AZO, Transparent conductive electrode, Organic light-emitting diodes (OLEDs), RF magnetron sputtering

#### 1. 서론

최근 우리나라는 세계 초일류 디스플레이 강국 반열에 오르면서 OLED, LCD, PDP 등 Flat Panel Display (FPD) 개발에 대한 관심이 증대되고 있다. 특히 OLED는 고효율, 얇은 두께, 고속 응답성, 저전압 구동 등의 장점으로 각광 받고 있는 차세대 디스플레이이다. OLED의 효율과 안정성 향상을 위해서는 유기재료와 투명전극 등의 기술에 대한 활발한 연구가 필요한 실정이다[1].

투명전극은 일반적으로 ITO, AZO, IZO, GZO 등이 있다. 이러한 투명전극 중에서 가장 널리 사용되고 있는 재료는 In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>에 Sn을 dopant로 첨가한 ITO이다. ITO는 낮은 비저항과 가시광 영역에서의 높은 광투과율, 높은 일함수를 갖는 특성으로 OLED anode 전극으로 적합하다. 그러나 ITO의 주재료인 In은 희유금속으로 향후 10년 밖에 남지 않은 가채 매장량과 OLED 작동 시 In이 유기재료로 확산되어 소자를 열화시키는 문제점이 있다. 또한 In의 독성, 높은 가격 등의 문제점으로 인하여 새로운 투명 전극 재료 개발에 대한 필요성이 증대되고 있다[2].

이러한 요구로 인하여 ITO 대체 재료로 AZO가 주목받게 되었는데, AZO는 주재료인 Zn 자원의 풍부한 가채매장량, 낮은 비저항과 가시광 영역에서 높은 광투과율을 갖는다. 또한 Zn-O의 강한 결합력으로 열적·기계적 안정성과 가격이 저렴한 특성을 갖는다. 이러한 AZO의 특성은 현재 상용화되어 있는 ITO를 대체 할 수 있는 차세대 투명 전극으로 적용 가능성이 높아지고 있다[3].

따라서 본 논문에서는 OLED의 anode 전극인 ITO의 대체 가능성을 확인하기 위하여, RF 스퍼터링 법으로 AZO 박막을 제조하였다. 그리고 AZO anode 전극을 갖는 OLED 소자를 제작하였으며, AZO와 ITO anode 전극이 적용된 OLED 소자와 전기적·광학적 특성을 비교, 분석하였다.

#### 2. 실험

본 연구에서는 2wt% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>가 첨가된 ZnO target을 이용하여 RF magnetron sputtering법으로 AZO 박막을 제조하였다[4]. 스퍼터링 증착조건은 초기 진공도  $8.0 \times 10^{-6}$  Torr로 하였고, RF power는 150W로 하였으며, 분위기 가스는 아르곤 45sccm으로 설정하였다. 표 1에 AZO 박막의 증착을 위한 RF sputtering 조건이 정리되었다. 이렇게 증착된 AZO 박막 위에 TPD, Alq<sub>3</sub>와 Al 전극을 evaporation를 이용하여 증착하였다. 그림 1에 glass/AZO/TPD/Alq<sub>3</sub>/Al의 구조를 갖는 OLED소자의 모식도를 나타내었다.

AZO 박막의 전기적 특성은 Hall효과 측정(HL5500PC)을 이용하여 상온에서 측정하였고, 투과율은 Spectrophotometer (SHIMADZU, UV-2401PC)를 사용하였다. 또한 OLED 소자의 J-V 특성은 Keithley 236, 617을 사용하였다.

표 1. AZO 투명전극의 sputtering 증착조건.

Parameter	Condition
Substrate	glass(corning 1737)
Base pressure	$8.0 \times 10^{-6}$ Torr
Working pressure	15mTorr
RF power	150W
Deposition time	4hr
Pre-sputtering time	5min
Substrate temperature	500°C

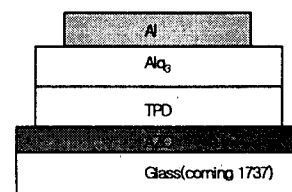


그림 1. OLED 소자의 구조 모식도.

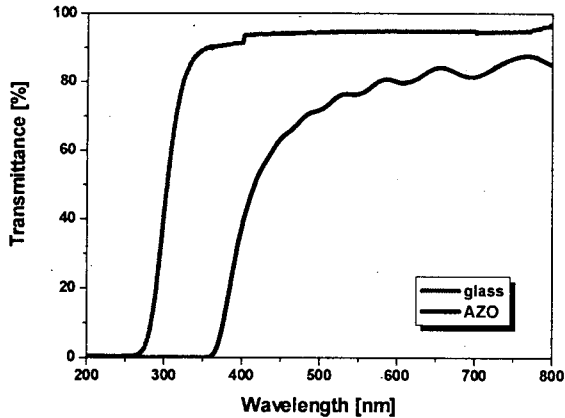


그림 2. AZO 박막의 투과율.

### 3. 결과 및 고찰

본 연구에서 사용된 ITO의 면저항은  $10\Omega/\text{sq}$ 이고, AZO 박막은  $105\Omega/\text{sq}$ 를 나타내었다. 또한 Hall 효과 측정 결과, AZO 박막의 비저항은  $1.05 \times 10^{-2}\Omega\text{cm}$ 이고, 캐리어 농도와 이동도는 각각  $1.81 \times 10^{20}\text{cm}^{-3}$ ,  $3.29\text{cm}^2/\text{Vs}$ 로 측정되었다.

그림 2은 AZO박막의 광투과율을 보여준다. 보고된 연구에 따르면 ITO의 광투과율은 가시광 영역(400~800nm)에서 약 80%이다[4]. 그러나 제조된 AZO 박막의 광투과율은 ITO보다 약 4% 적은 76%로 측정되었다. 이러한 투과율은 OLED 소자에 충분히 적용할 수 있는 수치로 판단된다.

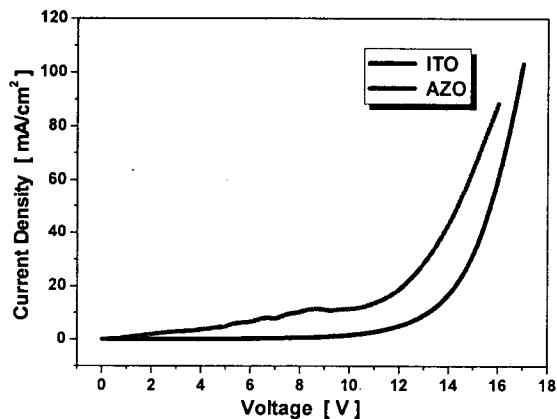


그림 3. AZO와 ITO anode 전극이 적용된 OLED의 J-V 특성

그림 3은 AZO와 ITO anode를 적용한 OLED 소자의 J-V 특성을 보여준다. AZO와 ITO anode를 갖는 OLED 소자 모두 정류특성을 보이는 것을 확인하였다. 특히 12V 이상의 전압에서는 ITO의 전류 밀도가 AZO보다 급격하게 증가하는 경향을 보였는데, 이는 ITO의 면저항이 AZO보다 더 우수하기 때문으로 판단된다.

그림 4는 AZO anode를 적용한 OLED 소자의 10V 인가 시 발광 사진을 보여준다. 이는 ITO의 대체 재료로서 AZO 전극의 가능성을 확인하는데 매우 큰 의의가 있다고 판단된다.

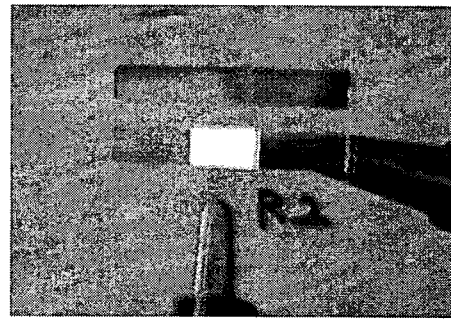


그림 4. AZO anode를 적용한 OLED의 발광 사진.

### 4. 결론

본 연구에서는 RF magnetron sputtering법으로 AZO 박막을 제조하고, AZO anode 전극을 갖는 OLED소자를 제작하여, AZO와 ITO anode가 적용된 OLED 소자의 전기적·광학적 특성을 다음과 같이 분석하였다.

- 1) Hall효과 측정 결과, ITO의 면저항은  $10\Omega/\text{sq}$ 이고, AZO 박막의 면저항은 ITO의 면저항보다 10배 높은  $105\Omega/\text{sq}$ 로 측정되었다.
- 2) 가시광 영역에서의 ITO의 광투과율은 약 80%이고, 제조된 AZO 박막의 광투과율은 ITO보다 약 4% 적은 76%로 측정되었다.
- 3) AZO와 ITO anode를 적용하여 OLED 소자의 J-V특성을 분석한 결과, AZO와 ITO anode를 갖는 OLED 소자 모두 정류특성을 보이는 것을 확인하였다. 따라서 본 연구를 통해 OLED anode 전극인 ITO의 대체 재료로서 AZO 전극의 적용 가능성을 입증하였다.

### 감사의 글

본 연구는 2단계 BK21 사업의 지원에 의하여 수행된 과제임.

### 참고문헌

- [1] Z. Q. Gao, C. S. LEE, I. Bello, "Bright-blue electroluminescence from a silyl-substituted ter-phenylene-vinylene derivative", Appl. Phys. Lett., Vol. 74, No. 6, p. 865, 1999.
- [2] Z. L. Pei, C. Sun, M. H. Tan, J. Q. Xiao, D. H. Guan, R. F. Huang, and L. S. Wen, "Optical and electrical properties of direct-current magnetron sputtered ZnO:Al films", J. Appl. Phys., Vol. 90, NO. 7, p. 3432, 2001.
- [3] D. Xu, Z. Deng, Y. Xu, J. Xiao, C. Liang, Z. Pei, C. Sun, "An anode with aluminum doped on zinc oxide thin films for organic light emitting devices", Phys. Lett., A, Vol. 346, NO. 1-3, p. 148, 2005.
- [4] 김경민, 진은미, 박춘배, "LED 효율 향상을 위한 Texture구조 AZO 박막의 제조와 광학적 특성 분석", 한국전기전자재료학회논문지, 19권, 10호, p. 901, 2006.