

## NiO/AZO anode를 적용한 OLED의 정공주입 향상에 관한 연구

진은미<sup>a</sup>, 송민종<sup>1</sup>, 김진사<sup>2</sup>, 박춘배  
원광대학교 전기전자 및 정보공학부, 광주보건대학<sup>1</sup>, 광운대학교<sup>2</sup>

### A study on the enhancement of hole injection in OLED using NiO/AZO Anode

Eun-Mi Jin<sup>a</sup>, Min-Jong Song<sup>1</sup>, Jin Sa Kim<sup>2</sup>, Choon-Bae Park  
Wonkwang University<sup>a</sup>, Kwangju Health College<sup>1</sup>, Kwangwoon University<sup>2</sup>

**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. An ultrathin layer of nickel oxide (NiO) was deposited on the AZO anode to enhance the hole injections in organic light-emitting diodes (OLED). The current density-voltage and luminescence-voltage properties of devices were studied and compared with ITO device.

**Key Words :** AZO, NiO, Organic light-emitting diodes (OLED), RF magnetron sputtering

#### 1. 서 론

최근 IT 산업의 급속한 발전과 함께 OLED, PDP, LCD 등 FPD의 개발에 대한 관심이 증대되고 있다. 특히 OLED는 자발광원으로 두께가 매우 얇고, 고효율, 고속 응답성 그리고 저전압 구동 등의 장점을 가지고 있어 차세대 FPD로서 매우 주목받고 있다[1].

일반적으로 OLED anode로는 ITO(In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:Sn)가 가장 널리 사용되고 있다. ITO는 낮은 비저항과 가시광 영역에서의 높은 투과율 그리고 높은 일함수 등 OLED anode 전극으로 매우 적합한 특성을 가지고 있다. 그러나 ITO는 주재료인 In이 희유금속으로서 향후 10년 밖에 남지 않은 가채 매장량과 OLED 구동 시에 In이 유기재료로 확산되어 소자를 열화시키는 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 가채 매장량, 낮은 비저항과 가시광 영역에서 높은 광투과율을 갖는다. 그러나 AZO(4.4eV)의 일함수는 ITO(4.7eV)의 일함수보다 약 0.3eV 정도 낮아 정공주입 능력이 저하되는 단점을 갖기 때문에 AZO anode 전극의 일함수를 높이는 방법으로 atmospheric plasma treatment, wet treatment, UV ozone treatment, ITO/metal(High work function) 등에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다[3].

본 연구에서는 OLED anode AZO 전극의 일함수 향상을 위하여, NiO(5.0eV)를 RF magnetron sputtering법을 이용하여 분산형 NiO/AZO anode 전극을 갖는 OLED 소자를 제작하고, ITO anode 전극이 적용된 OLED 소자와 전류밀도-전압특성과 휘도-전압 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 제조하

였다. 스퍼터링 증착조건은 초기 진공도 8.0×10<sup>-6</sup> Torr로 하였고, RF power는 150W로 하였으며, 분위기 가스는 아르곤 45sccm으로 설정하였다[4]. NiO 박막은 4N NiO target을 이용하여 RF magnetron sputtering법으로 20nm 증착하였다. 표 1에 NiO 박막 증착을 위한 RF magnetron sputtering 조건이 정리되었다. 이렇게 증착된 NiO/AZO 박막 위에 TPD, Alq<sub>3</sub>와 Al 전극을 evaporator를 이용하여 증착하였다. 그림 1에 Al/Alq<sub>3</sub>/TPD/NiO/AZO/glass의 구조를 갖는 OLED 소자의 모식도를 나타내었다.

OLED 소자의 전류밀도-전압 특성과 휘도-전압 특성은 source-measure unit(Keithley, 236)와 electrometer (Keithley, 617) 시스템을 사용하여 상온에서 분석하였다.

표 1. NiO 박막의 RF magnetron sputtering 증착조건.

	Parameter	Condition
Deposition	Substrate	AZO/glass
	Base pressure	8.0×10 <sup>-6</sup> Torr
	Working pressure	15 mTorr
	RF power	150 W
	Substrate temperature	500 °C
	Deposition time	5 min
Post-annealing	Atmosphere	N <sub>2</sub>
	Temperature	400 °C
	Time	30 min

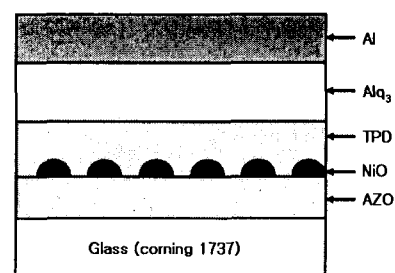


그림 1. OLED 소자의 구조 모식도.

### 3. 결과 및 고찰

그림 2는 AZO와 NiO/AZO, ITO anode를 적용한 OLED 소자의 전류밀도-전압 특성을 보여준다. AZO anode와 NiO/AZO anode를 갖는 OLED 소자의 turn-on 전압은 약 7V로 ITO anode OLED 소자의 turn-on 전압인 15V보다 다소 낮은 전압을 확인하였다. 또한 AZO anode와 NiO 박막이 적용된 AZO anode를 갖는 OLED 소자에서 약 12V 이상에서는 NiO 박막을 적용한 OLED의 전류밀도가 증가되었다. 이는 NiO 박막이 분산형으로 제조되어 AZO 박막의 일함수를 증가시켜 정공주입 능력이 향상된 것으로 판단된다.

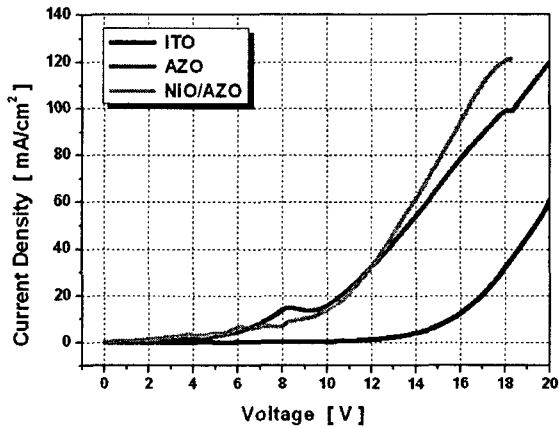


그림 2. NiO/AZO와 ITO anode 전극이 적용된 OLED 소자의 전류밀도-전압 특성

그림 3은 NiO/AZO와 ITO anode를 적용한 OLED 소자의 휘도-전압 특성을 나타낸 것이다. 휘도-전압 특성은 AZO anode와 NiO/AZO anode가 적용된 OLED 소자가 ITO anode가 적용된 OLED 소자보다 다소 낮은 휘도 특성을 나타내고 있다. 이는 그림 2 NiO/AZO와 ITO anode 전극이 적용된 OLED 소자의 전류밀도-전압 특성을 통해 NiO/AZO anode OLED 소자는 전류밀도는 향상되었으나, NiO와 AZO 그리고 유기물 사이의 직렬저항 성분인 계면저항 등의 원인으로 휘도 특성이 저하된 것으로 판단된다.

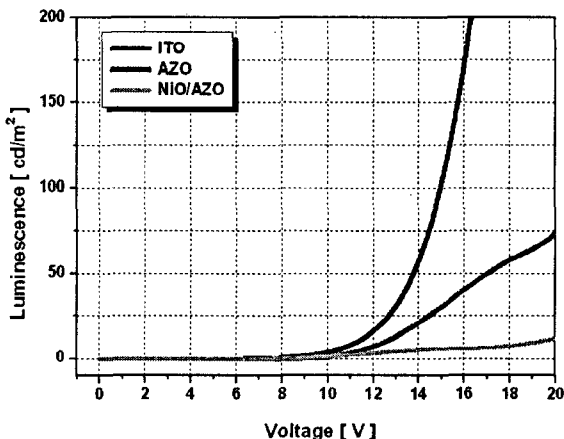


그림 3. NiO/AZO와 ITO anode 전극이 적용된 OLED 소자의 휘도-전압 특성

### 4. 결론

본 연구에서는 RF magnetron sputtering법으로 NiO/AZO 박막을 제조하고, NiO/AZO anode 전극을 갖는 OLED 소자를 제작하여, ITO anode가 적용된 OLED 소자와 전류밀도-전압, 휘도-전압 특성을 다음과 같이 분석하였다.

- 1) OLED 소자의 전류밀도-전압 특성 분석을 실시한 결과, AZO anode와 NiO/AZO anode를 갖는 OLED 소자의 turn-on 전압은 ITO anode OLED 소자의 turn-on 전압보다 다소 낮게 측정되었으며, AZO와 NiO/AZO anode OLED 소자의 전류밀도는 ITO anode OLED 소자보다 급격하게 증가하는 것을 확인하였다.
- 2) 휘도-전압 특성 분석에서 NiO/AZO anode OLED 소자는 12V 이상에서는 정공주입능력이 향상되었으나, NiO와 AZO 그리고 유기물 사이의 직렬저항 성분인 계면저항 등의 영향으로 휘도 특성이 저하된 것으로 사료된다.
- 3) 본 연구결과를 이용하여 ITO 대체 재료로 AZO와 NiO/AZO 전극의 적용 가능성을 확인하였을 뿐만 아니라, 추가로 NiO 제조 공정의 최적화, NiO/AZO anode와 유기물과의 ohmic 접합 등의 연구가 진행되면 AZO 박막의 정공주입능력을 향상시켜 OLED anode 전극 재료로 기대된다.

### 감사의 글

본 연구는 산업자원부의 지역혁신 인력양성사업의 연구 결과로 수행되었음.

### 참고문헌

- [1] C. M. Aguirre, S. Auvray, S. Pigeon, R. Izquierdo, P. Desjardins, R. Martel, "Carbon nanotube sheets as electrodes in organic light-emitting diodes", *Appl. Phys. Lett.*, Vol. 88, No. 18, p. 183104, 2006.
- [2] J. Li, M. Yahiro, K. Ishida, H. Yamada, and K. Matsushige, "Enhanced performance of organic light emitting device by insertion of conducting/insulating WO<sub>3</sub> anodic buffer layer", *Synth. Met.*, Vol. 151, No. 2, p. 141, 2005.
- [3] I. M. Chan, F. C. Hong, "Improved performance of the single-layer and double-layer organic light emitting diodes by nickel oxide coated indium tin oxide anode", *Thin Solid Films*, Vol. 450, No. 2, p. 304, 2004.
- [4] 진은미, 신은철, 김태완, 박춘배, "AZO anode 전극을 적용한 OLED 소자의 제작과 전기적·광학적 특성 분석", *한국전기전자재료학회논문지*, 20권, 4호, p. 357, 2007.