

금속 애노드의 종류에 따른 Top Emission 특성 평가

Characteristics of top emission PLED by metal anodes

이찬재, 문대규, 광민기, 김영훈, 한정인

(Chan-Jae Lee, Dae-Kyu Moon, Min-Gi Kwak, Young-Hoon Kim, Jeong-In Han)

Abstract

Hole injection characteristics have been investigated with various metal anodes such as Ni, Pt, Cu, and Al for the top emission polymer light emitting diodes (PLEDs). Devices were composed of metal anode, Poly(3,4-ethylenedioxythiophene) doped with polystyrene sulfonated acid (PEDT:PSS), poly [2-methoxy-5-(2-ethylhexyloxy)-1,4-phenylene-vinylene] (MEH-PPV) and Al cathode. The hole injection from ITO anode has been also investigated for the comparison. The I-V characteristics of the PLEDs with different metal anodes were measured. The work function of the anode is strongly related to the hole injection of the device. The current density of the device with Ni anode with higher work function was higher than that of the device with ITO or Al anode at the same operating voltage.

Key Words : Top emission, metal anode

1. 서론

최근 고분자 유기 EL은 빠른 응답속도, 시야각, 단순한 공정 등의 장점으로 차세대 디스플레이로써 많은 연구가 이루어지고 있다. 그러나 현재 유기 EL 소자의 발광 특성은 전류 제어에 의하여 이루어지며 이를 위해서는 한 픽셀 당 4개 이상의 많은 트랜지스터를 필요로 하게 되어 개구율의 감소 및 해상도 저하, 전력 소모량 증대 등의 문제점이 발생하고 있다. Top emission 방식은 이러한 문제를 해결하기 위해 제안된 방식으로 발광 경로가 기판의 반대방향으로 나옴으로써 픽셀 구동을 위한 pixel 회로의 설계시 많은 제한을 줄일 수 있

다 [1].

EL 소자의 효율 향상을 위해서는 애노드와 캐소드의 에너지준위를 개선하는 방법이 많이 연구되고 있다 [2, 3]. 특히 Top emission을 위해서는 애노드와 캐소드의 전극 재료 및 구조가 매우 중요하다. Top emission 방식의 경우에는 애노드를 통해서 빛이 나와야 할 필요가 없으므로 애노드 전극을 불투명한 금속 전극으로의 대체가 가능하다. 일부의 금속들은 ITO 이상의 높은 일함수를 가진 것으로 알려져 있으므로 고효율의 유기 EL을 만들 수 있을 것으로 기대되고 있다.

본 실험에서는 고일함수의 금속 전극을 애노드 전극으로 이용하여 유기 EL소자를 제작하였으며 제작된 소자의 전기적 특성을 측정하여 기존의 ITO 전극과의 특성을 비교하였으며 그 특성을 개선하기 위한 시도를 하였다. 또한 애노드로의 활용을 위한 에칭 및 부식 특성 등 내화학성 및 안정성을 확인하였다.

전자부품연구원 디스플레이연구센터
(평택시 진위면 마산리 455-6,
Fax: 031-610-4126
E-mail : chanjael@keti.re.kr

2. 실험

고분자 유기 EL소자는 금속 전극 위에 고분자를 스핀 코팅 방법으로 제조하였다. 세정된 유리 기판 위에 금속 Ni, Pt, Cu, Al을 magnetron sputter를 이용하여 증착하였다. 비교를 위한 ITO전극은 상용의 $10\Omega/\square$ 의 기판을 이용하여 제작하였다. Pt와 Cu의 경우에는 유리기판과의 접착성을 좋게 하기 위하여 adhesion layer로 Ti를 증착한 후 연속적으로 금속을 증착하였다. 증착된 금속은 포토리소그라피 공정을 이용하여 패터닝 후 각각의 식각액을 이용하여 식각하였다. 애노드의 패터닝 후 시편에 따라 산소 플라즈마 처리는 300W에서 1분간 이루어졌다. 형성된 전극 위에 상용의 Poly(3,4-ethylenedioxythiophene) doped with Polystyrene sulfonated acid (PEDT:PSS)를 DI-water와 1:1로 희석시킨 용액을 이용하여 45nm를 도포하여 110°C에서 건조하였다. poly{2-methoxy-5-(2-ethylhexyloxy)1,4-phenylene-vinylene} (MEH-PPV)은 chlorobenzene에 0.5wt%의 농도로 용해시킨 후 스핀 코팅 방법으로 100nm의 두께로 도포하였다. 제작된 유기 발광 소자의 구조는 그림 1에서 나타내었다. MEH-PPV도포 후 100°C의 진공 오븐에서 12시간동안 건조하였다. 캐소드는 Al을 사용하였으며 evaporation방법을 이용하

여 증착 하였다. 제작된 소자의 면적은 $3\times 10\text{mm}^2$ 로 하였다. 전기적 특성은 Keithley 6317 electrometer를 이용하여 전류 전압 특성을 평가하였다.

3. 결과 및 고찰

애노드 전극으로 비교적 높은 일함수를 갖는 것으로 알려진 금속, Cu, Ni, Pt를 선정하였다. 이들 금속은 다소의 차이는 있으나 대부분 일반적으로 애노드로 사용되는 ITO에 비해 높은 일함수를 갖고 있다. 일함수 변화에 따른 전기적 특성을 비교하기 위하여 Al을 사용하였다.

표 1. 사용된 금속의 일함수

Table 1. The work function of used metal anode.

materials	work function	ref
ITO	4.6-4.9	2
Al	4.2	3
Cu	4.65	4
Ni	5.2	4
Pt	5.6	4

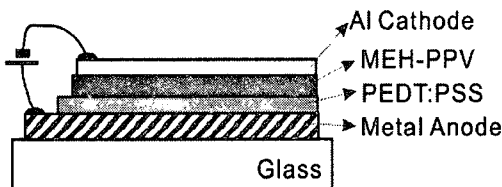
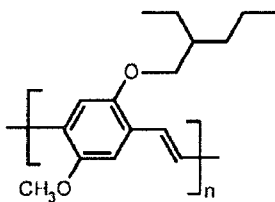
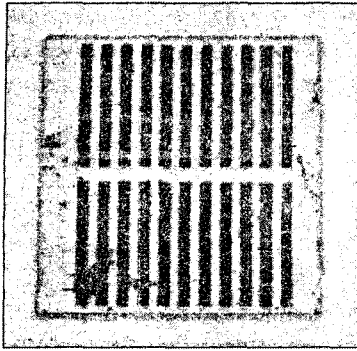


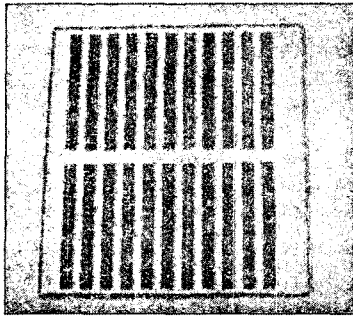
그림 1. 시료의 분자 구조 및 시편의 구조
Fig 1. The chemical structure of used materials and the structure of OLED devices

일함수가 높은 금속들은 대부분 안정한 물질로 알려져 있으며 이에 따라 습식 식각시 많은 차이를 나타내었다. 그림 2(a)는 Pt를 식각한 후의 사진으로 패터닝의 일부에서 Pt가 완전히 제거되지 않고 부분적으로 남아 있는 것을 볼 수 있었다. 또한 Pt의 식각은 상온에서는 이루어지기 힘들기 때문에 85°C에서 수행되었으나 깨끗한 패터닝을 얻지 못했다 따라서 Pt의 식각은 실제 디스플레이 제작시 문제점이 될 것으로 생각된다. 이에 비해 ITO, Al, Ni는 비교적 용이한 공정으로 깨끗한 패터닝을 얻을 수 있었다. Cu의 경우에는 리소그라피 공정시 산화에 의하여 막표면이 변화되는 문제가 발생하였다.

그림 3는 금속전극을 애노드로 하고 Al을 캐소드로 한 경우에 I-V특성을 나타낸 것이다. ITO를 기준으로 하여 일함수가 낮은 Al을 사용한 경우에는 7V이상의 높은 전압에서 전류가 흐르기 시작



(a)



(b)

그림 2. 금속 전극의 에칭 특성. (a)Pt 와 (b)Ni
Fig. 2.. Wet etching properties of metal electrodes. (a) Pt and (b) Ni

하였다. 일함수가 가장 높은 Pt가 가장 낮은 전압에서 전류가 흐르기 시작하였으며 가장 급격한 기울기의 곡선으로 표시되었다. Ni 역시 ITO에 비해 같은 전압에서 높은 전류밀도를 갖는 것으로 나타났다. Cu의 경우에는 막표면의 산화로 인하여 전류 전압 특성이 정확하게 측정되지 않았다. 고분자 발광 소자의 다수 운반자는 대부분 정공으로 고일함수의 금속을 사용함에 따라 고분자와 금속 계면의 에너지 장벽이 낮아짐에 따라 전류밀도가 증가하는 것을 볼 수 있었다.

또한 PEDT:PSS를 45nm의 두께로 도포하였음에도 불구하고 PEDT:PSS의 HOMO준위의 의존보다는 금속 애노드 물질 자체의 일함수에 더 큰 영향을 받는 것으로 나타났다

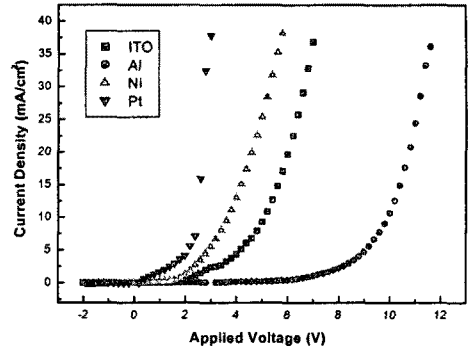


그림 3 금속 애노드에 따른 EL 소자의 전류밀도-전압 특성.

Fig. 3. Current density-voltage characteristics of EL device with various metal anodes.

공정이 용이하고 전류 전압 특성이 우수한 Ni를 이용하여 PEDT:PSS와 O₂ Plasma 처리의 영향을 비교하였다. 이전의 결과, 그림 3에서는 PEDT:PSS의 영향과는 무관하게 금속의 일함수에만 의존하는 것처럼 나타났으나 Ni를 단독으로 사

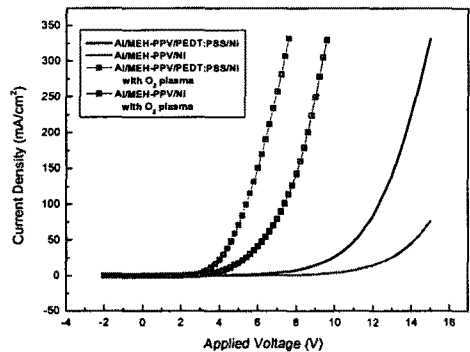


그림 4. PEDT:PSS와 산소플라즈마처리에 따른 Ni anode EL 소자의 전류밀도-전압 특성

Fig. 4. Current density-voltage characteristics of EL device with Ni anode by PEDT:PSS and O₂ plasma treatment.

용한 경우와 PEDT:PSS를 삽입한 소자를 비교하였을 때 PEDT:PSS를 삽입함으로써 전류밀도가 증가하는 효과를 얻을 수 있었다. 따라서 애노드의 특성은 PEDT:PSS를 이용하여 개선이 가능하지만 우선적으로는 애노드 물질 자체의 특성에 의존하였다.

또한 산소 플라즈마 처리를 한 경우에는 더 나은 특성을 보였으며 PEDT:PSS층의 삽입으로 가장 우수한 특성의 유기 EL 소자를 제작할 수 있었다.

4. 결 론

여러 종류의 금속을 사용하여 top emission을 위한 애노드로의 사용 가능성을 평가하였다. ITO에 비하여 고일함수의 Pt와 Ni은 ITO에 비하여 우수한 전기적 특성을 얻을 수 있었다. 그러나 Pt의 경우에는 공정상 식각이 어려운 단점있었다. Ni 애노드의 경우 PEDT:PSS의 사용과 산소 플라즈마 처리를 통하여 그 특성을 더욱 향상시킬 수 있었다. PEDT:PSS 층의 삽입으로 전기적 특성의 향상을 얻을 수 있었으나 PEDT:PSS보다는 애노드 물질 자체의 일함수가 더 큰 영향을 주는 것으로 나타났다.

참고 문헌

- [1] Tatsuya Sasaoka et al., "A 13.0inch AM-OLED Display with Top Emitting Structure and Adaptive Current Mode Programmed Pixel Circuit(TAC)" SID 01 digest, p 384, 2001.
- [2] J. S. Kim et al, "Improved operational stability of polyfluorene-based organic light-emitting diodes with plasma-treated indium-tin-oxide anodes" Appl. Phys. Lett. Vol 74, p 3084. 1999
- [3] M Fujihira et al, "Improvement in electron and hole injection at electrodes and in recombination at a two-organic-layer interface" Mat. Sci. Eng Vol B85 p203, 2001
- [4] T. A. Beierlein, "Kelvin probe investigations of metal work functions and correlation to device performance of organic light-emitting devices", Synth. Met. 111-112, p 295, 2000.