

음극접합층으로 Cz-TPD를 사용한 OLED의 전기적 광학적 특성

The electrical and optical Properties of the OLED using the Cz-TPD for cathode interface layer

최완지, 임민수, 정득영, 이정구, 임기조

(W. J. Choi., M. S. Lim., D. Y. Jeong., J. K. Lee., K. J. Lim.)

Abstract

In this study, The cathode interface layer (CIL) was investigated using aromatic diamine derivatives. Cz-TPD (4,4'-biscarbazolyl(9)-biphenyl) used in the cathode interface layers is investigated emission characteristics at the green organic electroluminescent devices. TPD (N,N'-diphenyl -N -N'-bis (3-methy phenyl)-1,1'-biphenyl-4,4'-diamine) as the hole transformer layer and Alq₃(tris (8-hydroxyquinoline) aluminium) as the electron transport layer and emitting layer made use of the organic electroluminescent device. The Organic Electroluminescent Device with Ag cathode and CIL of Cz-TPD(4,4'-biscarbazolyl(9)-biphenyl) showed good EL characteristics compare to a conventional Mg:Ag device and also an improved storage stability . [1] As the change in MgAg, Cz-TPD/Ag, Ag at the cathode, the electrical and optical characteristics were investigated.

Key Words : OLEDs, cathode interface layer(CIL), Cz-TPD, Alq₃

1. 서 론

유기 EL 디스플레이는 비용이 저렴하고 제작 과정이 단순하며 낮은 DC 전압, 높은 휘도, 자발광에 의한 고인식성, 박형등의 장점이 있으며, 단분자 형성에 의해 풀칼라의 발광이 가능해 무기 전계 발광소자 보다 이득이 되고, 노트북 디스플레이, 디지털 시계, 계산기, TV, 광고 표시판, 등에

적용이 가능하며, 현재 각광을 받고 있는 LCD 소자와 비교하여 광 시야각, 빠른 응답 속도 등의 문제를 해결할 수 있는 이점이 있어 차세대 디스플레이로써 주목을 받고 있다. 1987년, Tang과 VanSlyke에 의해 Alq₃ 유기물이 사용되었는데, Alq₃는 녹색영역(520nm)에서 빛을 발하며, 여러 가지 유기물 색소를 도핑함으로써 녹색에서 붉은 색까지의 넓은 영역에서 빛을 낼수 있다.[2] 본 연구에서는, 저전압 구동과 발광효율을 개선을 도모하고 소자의 안정성을 위해서 음극이 산화되어서 발생하는 dark spots현상을 줄여 장시간 사용이 가능하도록 Cathode Interface layer를 삽입하였다.

충북대학교 전기공학과
(청주시 흥덕구 개신동 산-48,
Fax: 043-261-3191
E-mail : kilim@trut.chungbuk.ac.kr)

전자주입을 증가시키기 위해 음극의 재료와 음극 접합층(CIL)으로써 Cz-TPD (4,4'-biscarbazolyl(9)-biphenyl) 를 사용하였다. 음극재료로서, Mg:Ag, Ag금속을 소자에 사용하여 광학적 및 전기적 특성을 조사하였다

2. 실험

2.1 실험 방법

2.1.1 성막물질

실험에 사용한 유기 물질은 방향족 디아민 유도체(TPD:N,N'-diphenyl-N,N'-bis-(3-methylphenyl)-1,1-diphenyl-4,4'-diamine)와 Cz-TPD (4,4'-biscarbazolyl(9)-biphenyl), 알루미늄퀴놀리나제(Alq₃:tris(8-hydroxyquinoline)aluminium)이다. TPD는 정공수송층으로 사용되었고, Alq₃는 전자수송층 및 발광층으로 쓰였으며, Cz-TPD는 Cathode Interface Layer로 사용되었다.

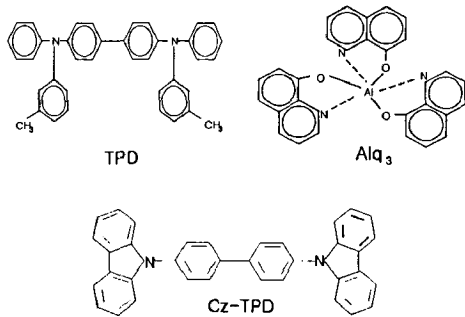


그림. 1 사용된 재료들의 분자구조도

Fig. 1 Molecular structures of materials

2.1.2 소자 제작

양극으로 ITO와(면저항 20Ω/□)코팅된 유리기판을 아세톤과 알콜을 사용해 초음파 세척기에 각기 10분동안 세척해 사용했으며, 유기재료는 모두는

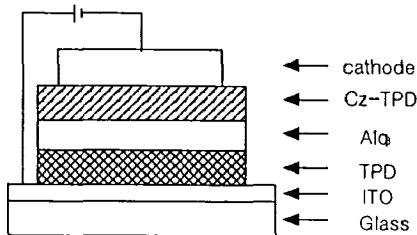


그림. 2 EL 소자의 구조

Fig. 2 Configuration of an EL cell

5×10^{-6} Torr단위의 진공도에서 가열진공 증착법에 의해 적층하였다. 음극으로 사용한 Ag는 3~10Å/S의 증착률로 유기물과 동일한 진공범위에서 2000Å의 두께로 증착하였다. 소자의 발광면적은 $1 \times 1 \text{cm}^2$ 이고, 모든 측정은 DC 전압에서 실행되었다. Fig. 2는 실험에서 제작된 소자의 구조이다. 소자는 ITO/TPD(50nm)/Alq₃(50nm)/Cz-TPD(15nm)/Ag(200nm), ITO/TPD(50nm)/Alq₃(50nm)/Ag(200nm), ITO/TPD(50nm)/Alq₃(50nm)/Mg:Ag(120nm), 로 각각 사용되었다.

3. 실험 결과 및 검토

3.1 소자의 발광특성

Fig. 3은 사용된 소자의 EL 스펙트럼을 나타낸 것이다. 소자는 녹색의 발광특성을 보였으며, 이 EL 스펙트럼의 최대파장은 530nm로서 Alq₃의 PL스펙트럼의 최대파장과 거의 일치했다. 이것은 상부 전극으로부터의 전자 주입과 하부 전극으로부터의 정공주입으로 인해 발광되는 EL과 광 여기(photo excitation)로 인해 발광되는 PL이 같은 메커니즘(mechanism)임을 보여준다.[3] 또한 ITO에서 주입된 정공과 음극에서 주입된 전자가 유기물인 Al에서 재결합했음을 나타낸다.[4]

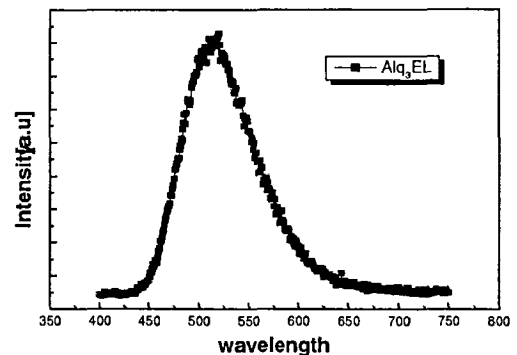


그림. 3 제작된 소자의 EL 스펙트럼

Fig. 3 EL spectrum of tested devices

3.2 음극 접합층의 영향

Fig. 4는 소자의 전류밀도와 인가전압의 특성을 나타낸 것이다. Cathode Interface Layer층으로 Cz-TPD/Ag 사용한 소자는 11[V]에서 급격히 전류밀도가 증가 하는 경향을 보였고, Mg:Ag는 15[V]에서 최대 4.0 [mA/cm²]를 나타냈고, 단일 음극으로 사용한 Ag는 18[V]에서 최대 3.2[mA/cm²]으로 측정되었다. 이것은 Cathode

Interface Layer로 사용한 Cz-TPD가 비록, 구동전

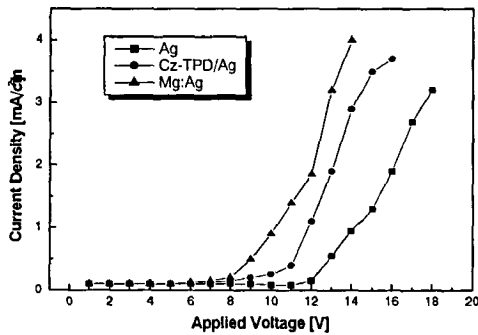


그림. 4 전류밀도 - 전압 특성곡선
Fig. 4 Current density-Voltage characteristics

압이 높지만 CIL의 삽입으로 더 전하의 이동이 커져서 Cz-TPD가 전자 수송층으로 일을 했기 때문으로 판단된다.[5,6] Fig. 5는 휘도와 인가전압의 특성곡선을 나타낸다. 단일 음극으로 사용한 Ag는 19[V]에서 최대 52[cd/m²]을 나타냈고, Cathode Interface Layer로 사용한 Cz-TPD는 14[V]에서 최대 154[cd/m²]을 보였으며, Mg:Ag를 음극으로 사용했을 때는 16[V]에서 240[cd/m²]를 나타냈다.

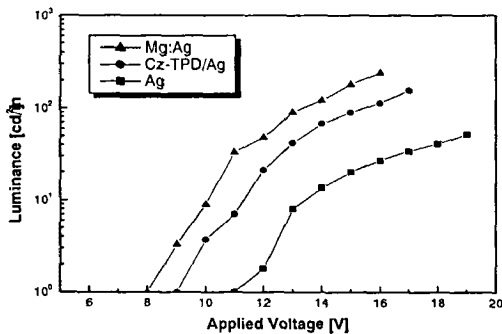


그림. 5 휘도 - 전압 특성곡선
Fig. 5 Luminance-Voltage characteristics

소자의 X-ray 반사측정에서 Cz-TPD의 계면구조로 인해 Ag의 접합에서 전자주입장벽이 낮아진다는 것을 알수있다. [7] 소자에서 전자주입은 schottky emission 으로 설명되어지는데, Alq₃와의 사이에서 schottky barrier height는 일 함수가 높은 재료일수록 높아지게 되고 여기서 쓰인 금속의 일함수는 Ag는 4.26(eV), Mg는 3.66(eV)이며 일함

수가 낮은 재료를 합성하는 것이 전자 주입에 유리함을 알수있다.[8] 소자의 dark spot 비율은 질소분위기에서 Mg:Ag를 음극으로 사용하였을 때 매일 1.7%씩 증가했고 Cz-TPD/Ag를 사용했을 때는 0.04%로 작게 증가하는 경향을 보였다.[9]

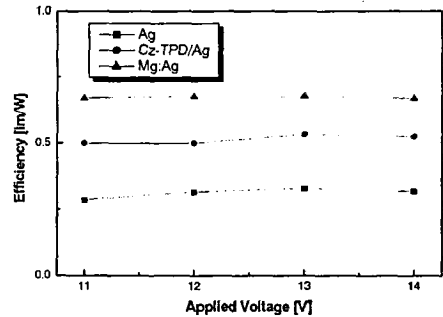


그림. 6 효율 - 전압 특성곡선
Fig. 6 Efficiency-Voltage characteristics

Fig. 6으로부터 낮은 일함수 금속의 화학적 안정성을 위해 합금을 사용한 Mg:Ag 일경우가 14[V]일 때 발광효율이 0.672[lm/W]로 높았고, 단일 금속 Ag를 음극으로 사용하였을때 14[V]에서 0.318[lm/W]로써 Cathode Interface layer로써 Cz-TPD를 사용하여 14[V]에서 0.525[lm/W] 보다 낮은 것을 알수 있었다. 이로써 단일 음극층으로 사용한 Ag에서보다 유기계면에 음극 접합층 Cz-TPD 또는 일함수가 낮은 금속을 함께 사용하였을때 구동전압은 더 낮아지고, 발광효율이 개선되는 것이 확인되었다.

4. 결론

본 연구에서는 음극으로 쓰인 Metal, 합금, Cathode Interface Layer로써 Cz-TPD를 사용한 유기 전기 발광소자를 제작하여 그 광학적 특성 및 전기적 특성을 측정하였다. 실험에서 음극 접합층을 사용한 소자가 화학적으로 불활성의 Ag 단일 음극층 소자와 비교할 때 전자 주입이 활발하여 휘도가 높고 구동전압이 낮은 것을 확인할수 있었다. 또한, 음극 접합층 기능을 첨가하였을 때 전류밀도와 휘도가 개선되어 효율을 높일수 있었다. Cathode Interface Layer로 사용한 Cz-TPD가 구동전압은 높지만 CIL의 삽입으로 더욱 전하의 이동이 커져서 휘도가 증가했다. 그리고, Cathode Interface Layer를 사용하지 않았을 때는 dark spots현상이 빠르게 진행됨이 확인할 수 있었다. Mg:Ag를 음극으로 사용한 소자보다 CIL층으로 사용한 Cz-TPD가 전류밀도와 휘도에서 다소 떨

어지지만 dark spot의 비율은 감소하는 경향을 나타냈다. 따라서, 이 실험을 통해 불활성의 Ag급속과 CIL으로써 Cz-TPD사용하여 dark spots 현상을 줄이고 상태가 안정한 소자제작과 장시간 사용이 가능하게 될 것으로 판단된다.

참고 문헌

- [1] Tang.C.W , VanSlyke. S.A. "Organic electroluminescent diode", Appl. Phys. Lett.51. pp913-915, 1987
- [2] Chen, C. H., Tang, C. W., Shi, J., and Klubk, P."Improved dopants for organic electroluminescent devices" Macromol. Symp. V125 pp.49-58, 1997
- [3] Tang, C, W., "Organic electroluminescent materials and devices". Inf. Display 10, 16-19, 1996
- [4] Shigeki NaKa, Mitsugu Tamekawa, Toshiaki Terashita, Hiroyuki Okada, Hiroshi Anada, Hiroyoshi Onagawa, "Electroluminescent devices with Aluminium Alloy Cathode", Synthetic Metals 91, pp.129-p.130, 1997
- [5] Takeo Wakinoto, Yoshinori Fukuda, Kenichi Nagayama, Akira Yokoi, Hitoshi Nakade, Nasame Tsuchida, "Organic Electroluminescent Cells using Alkaline Metal Compounds as Electron Injection Materials". IEEE Transaction on Electron Devices, Vol, 44, NO.8, 1997.8
- [6] Ghassan E, Jabbour, Jia-Fu Wang, Beranrd Kippelen, Nassar Peyghambarian, "Sharp Red Organic Light-Emitting Device with Enhanced Efficiency", JPN, J.Appl.phys, vol.38,pp.L1553-pp.L1555, 1999, 12.
- [7] Michio Matsumura, Keiichi Furukawa , Yukitoshi Jinde, "Effect of Al/LiF Cathodes on emission efficiency of organic EL devices", Thin Solid Film 331, p.96-p.100, 1998 .
- [8] H. Fujikawa, T. Mori, K. Noda, M. Ishii, S. Tokito, Y.Tagu, "Organic electroluminescent devices using alkalineearth fluorides as an electron injection layer", Journal of Luminescence 87-89, pp.1179, 2000
- [9] H. Kanai, S. Ichinosawa, Y. Sato, "Effect of aromatic diamines as a cathode interface layer", Synthetic Metals 91 ,pp 195-196, 1997