

Top Emission OLED를 위한 금속을 이용한 투명전극 형성

김소연, 하이영, 문대규, 이찬재*, 한정인*

순천향대학교 신소재공학과, 전자부품연구원 디스플레이연구센터*

Formation of Transparent Metal Electrode for Top Emission OLEDs

Mi-young Ha, So-young Kim, Dae-Gyu Moon, & Chan-Jae Lee*, Jeong-In Han*

Department of Materials Engineering, Soonchunhyang University & Advanced Display Research Center, KETI*

Abstract : Transparent metal cathodes using Ca/Ag, Ba/Ag double layers have been fabricated to investigate its optical transmission. The transmission spectra show that Ca/Ag and Ba/Ag double layers result in higher transmittance compared to Ag single layer. The Ba/Ag double layer shows over 80% transmittance at 400 nm and 70% at 700 nm. The electroluminescence efficiency of fluorescent TEOLED using Ba/Ag transparent metal cathode was 10 ~ 15 cd/A.

Key Words : TEOLED, Ca/Ag, Ba/Ag, transparent metal cathode, transmittance

1. 서론

TEOLED(Top Emission Organic Light Emitting Diode)를 이용하여 능동구동방식의 디스플레이를 제조하면 개구율을 향상시킬 수 있고, 고해상도를 구현할 수 있으며, 소비전력의 감소와 더불어 수명을 향상시킬 수 있어 최근 각광받고 있다 [1]. TEOLED는 출광방향이 TFT (Thin Film Transistor) 어레이가 놓인 backplane의 반대 방향이기 때문에 반사형 양극, 투명 음극 및 투명 봉지 기술의 개발이 중요하다. 특히 투명 음극은 TEOLED의 효율을 결정하는데 있어서 중요한 역할을 하기 때문에 많은 연구가 진행되어 왔다 [2,3]. 투명 음극은 가시선영역에서 전기전도도가 좋으며 광투과도가 좋음과 동시에 전자의 주입 특성이 좋아야하기 때문에, 이의 개발은 쉽지 않아 대부분의 연구는 일함수가 낮은 초박막의 음극을 스퍼터링에 의해 증착된 ITO, ZnO와 같은 투명전도성 산화막과 유기물의 사이에 삽입하여 사용하여왔다. 하지만 초박막 금속과 스퍼터링에 의한 투명전도성 산화막 구조의 TEOLED는 플라즈마에 의한 유기박막의 손상, 금속박막의 낮은 투과도 등으로 인하여 OLED의 효율 및 수명 특성이 크게 저하되는 단점이 있어, 플라즈마 손상이 없으며 광투과도가 좋고 일함수가 낮으며 비저항이 작은 투명금속이 최근 개발되고 있다.

본 연구에서는 TEOLED를 위한 투명금속전극의 형성에 대하여 조사하고, 소자를 제작하여 전기 및 광학적 특성을 조사하였다.

2. 실험

유리기판을 세정한 후 유기물로 전자의 주입에 적당한 일함수가 낮은 금속을 증착하였다. 금속으로는 Ca과 Ag의 이중층 혹은 Ba과 Ag의 이중층을 사용하였다. 금속막의 증착시 압력은 8×10^{-7} Torr 였으며, 증착속도는 2 ~ 3 Å로 유지시켰다. Ag의 두께는 10 nm 였으며, Ca의

두께는 10 nm 였다. 증착된 박막의 광투과도 및 반사도는 히타치 U3410 spectrophotometer를 이용하여 측정하였다. 음극의 전기적 특성을 조사하기 위하여 그림 1에 나타난 투명금속음극을 이용한 TEOLED 소자를 제작하였다. 유리기판위에 반사형 전극인 Ni을 RF 마그네트론 스퍼터링에 의해 200 nm로 증착한 후 photolithography 공정에 의하여 Ni 양극 패턴을 형성하였다. 정공주입층으로 4,4',4'' tris[2-naphthyl(phenyl)amino]triphenylamine (2-TNATA, 20 nm)를 진공증착하였으며, 정공수송층으로 4,4'-bis[N-(1-naphthyl)-N-phenyl-amino]biphenyl (α -NPD, 30 nm)를 진공증착하였다. 발광층으로는 tris-(8-hydroxyquinoline)aluminum (Alq3)에 10-(2-Benzothiazolyl)-2,3,6,7-tetrahydro-1,1,7,7-tetramethyl-1H,5H,11H-[1]benzopyrano[6,7,8-ij]quinoxin-11-one 155306-71-1 (C545T, 1%)을 도핑하여 사용하였다. 전자수송층으로는 2,9-dimethyl-4,7-diphenyl-1,10-phenanthroline (BCP, 10 nm)을 사용하여 증착하였다. 제작된 소자의 전압-전류-휘도 특성은 Keithley source 및 미놀타 CS1000 spectroradiometer로 측정하였다.

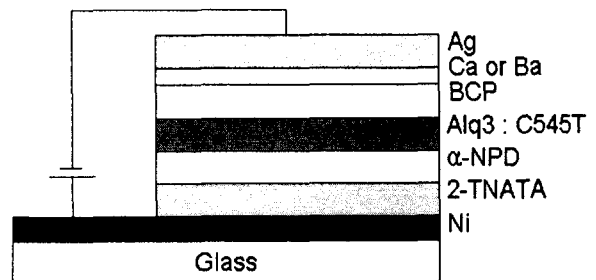


그림 1. 제작된 OLED 소자의 구조

3. 결과 및 검토

그림 2에 사용된 금속에 대한 광투과도를 나타내었다. Ag를 두께 10 nm의 단일층으로 증착한 경우 450 nm 근처에서 투과도가 약 30%로 최소가 되며 파장이 그 이상으로 증가하면 투과도가 증가하여 파장이 700 nm일 경우 광투과도는 약 70%였다. 반면 Ag 박막 밑에 두께 10 nm의 Ca 박막을 형성하면 광투과도가 450 nm 근처에서 약 70%가 되며 파장이 증가함에 따라 증가하여 박막의 전체 두께가 20 nm로 Ag 10 nm에 비해 두께용에도 불구하고 투과도는 전 파장 영역에서 크게 증가하는 것을 알 수 있다. Ba 박막을 Ag 10 nm 밑에 형성한 경우에도 Ag 10 nm의 투과도에 비하여 광투과도가 크게 향상되는 것을 알 수 있다. Ba 층의 두께가 10nm 일 경우 400 nm에서 광투과도가 가장 컸으며 투과도가 증가함에 따라 감소하여 700 nm에서는 약 40%였으나 약 600 nm의 파장영역까지는 단일층의 Ag 10nm에 비해 광투과도가 향상되는 것을 알 수 있다. Ba의 두께를 10nm로 하고 Ag의 두께를 8nm로 감소시키면 투과도는 크게 향상된다. 이 경우 투과도는 400 nm에서 약 80%로 아주 높은 투과 특성을 보이며 파장 영역이 증가함에 따른 광투과도의 감소도 감소하여 700 nm의 파장영역에서 광투과도는 60% 이상으로 광투과도가 Ag 단일층에 비해 크게 향상되었다. Ba의 두께를 8nm로 감소시키고 Ag의 두께를 8nm로 하면 광투과도는 더욱 향상되어 400 nm에서 80% 이상을, 700 nm에서 70% 정도의 광투과도를 나타내어 TEOLED의 투명전극으로 충분히 사용될 수 있음을 알 수 있다.

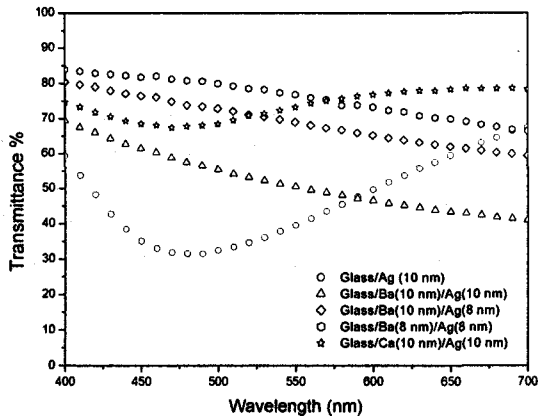


그림 2. Ag 및 Ca/Ag, Ba/Ag 박막의 광투과도

그림 3에 Ba/Ag 금속 박막을 음극으로 사용하여 제작된 TEOLED 소자의 전압에 따른 휘도 및 EL (electroluminescence) 효율을 나타내었다. 소자구조는 Ni (200nm)/2-TNATA (20nm)/a-NPD (30nm)/Alq3:C545T (1%)/BCP(10nm)/Ba(8nm)/Ag(8nm)를 사용하였다. 소자의 휘도는 18V에서 10,000 cd/m²이었으며, 전압에 따른 효율의 감소는 크지 않아, 8 V에서의 효율은 약 13 cd/A였으며

18 V에서의 효율은 약 10 cd/A였다. 이로부터 Ba/Ag를 음극으로 사용할 경우 Ba의 일함수가 작기 때문에 전자의 주입 특성이 좋으며, 광투과도가 높아 OLED내에서 생성된 빛이 전극에서 손실되는 양이 많지 않아 소자의 효율이 높을 것을 알 수 있다. 따라서 음극으로 Ba/Ag를 사용하면 높은 효율의 TEOLED를 제작할 수 있다.

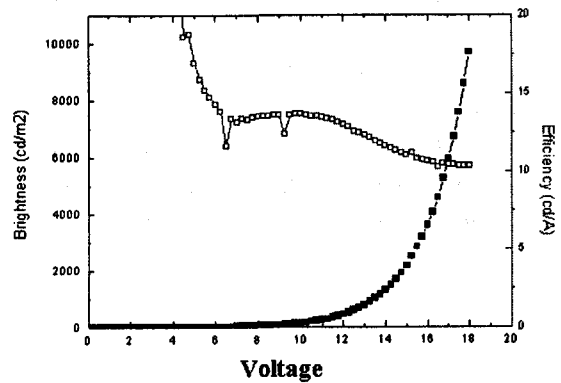


그림 3. Glass/Ni (200 nm)/2-TNATA (20 nm)/a-NPD (30 nm)/Alq3:C545T (1 %)/BCP (10 nm)/Ba (8 nm)/Ag(8nm) TEOLED 소자의 전압에 따른 휘도 및 효율

4. 결론

본 연구에서는 TEOLED의 음극으로 사용하기 위하여 투과도가 좋은 Ca/Ag 및 Ba/Ag 박막을 제작하고 이의 광투과도 특성을 조사하였으며, 이를 소자에 적용하여 소자의 효율 및 휘도 특성을 조사하였다. Ca/Ag 및 Ba/Ag 박막은 단일층의 Ag에 비해 높은 투과도를 나타내며 유기물과 접하는 금속이 일함수가 낮은 Ca 혹은 Ba이기 때문에 전자의 주입을 용이하게 할 수 있다. 투명한 Ba/Ag 음극을 사용하여 제작된 소자는 10 ~ 15 cd/A의 높은 효율을 보여, Ba/Ag는 TEOLED의 투명음극으로 적합하였다.

참고 문헌

- [1] G. Parthasarathy, C. Adachi, P. E. Burrows, and S. R. Forrest, Appl. Phys. Lett., Vol. 76, p2128, 2000.
- [2] S. Han, X. Feng, Z. H. Lu, D. Johnson, and R. Wood, Appl. Phys. Lett., Vol. 82, p2715, 2003.
- [3] R. B. Podes, C. J. Lee, D. G. Moon, and J. I. Han, Appl. Phys. Lett., Vol. 84, p4614, 2004