

스크린 인쇄법에 의한 전계발광소자의 제작

유수호, 이환용, 조태환*, 임성규, 장호정
단국대학교 전자공학과, * 공업화학과

Preparation of Electroluminescent Devices by Screen Printing Method

S. H. Yoo, H. W. Lee, T. E. Cho*, S. Lim and H. J. Chang
Dept. of Electronics Engineering, * Dept. of Chemical Engineering
Dankook University

1. 서론

평판 디스플레이(flat panel display : FPD)에는 electroluminescence(EL), cathodeluminescence (CL) 및 photoluminescence(PL)의 발광현상 또는 액정의 빛 편광특성을 이용하여 디스플레이 소자로 활용되고 있다. ELD(electroluminescent display)는 전계 발광 고체소자로서 박막소자와 분산형 후막소자로 제작되어 상용화를 위해 활발한 연구가 이루어지고 있다. 후막(Thick film)소자는 스크린 인쇄법, 스펀 코팅법 및 스프레이 방식을 이용하여 주로 제작되며, 균일한 휘도와 대면적화가 용이하며 cost 측면에서 유리한점 때문에, backlight 뿐만 아니라 full color 디스플레이 소자로도 많은 연구가 진행되고 있다. EL 소자의 고휘도화와 수명의 증가를 위해서는 소자의 막 형성 조건과 형광체 및 절연체의 최적화를 위한 연구가 수행되어야 하며 소자를 전기적, 광학적으로 분석하여 효율을 극대화할 수 있는 연구도 같이 병행하여야 한다. 본 연구에서는 ITO/glass 기판 위에 AC형 ZnS:Cu,Cl 후막 EL 소자를 제작하였으며, 주파수와 인가전압의 변화에 따른 휘도와 발광스펙트럼 특성을 조사하였다.

2. 실험 방법

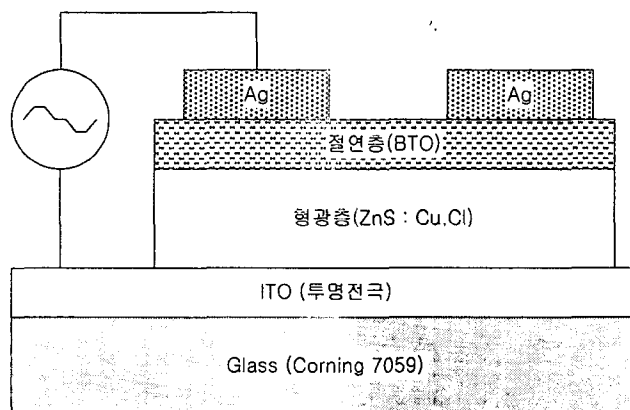


Fig. 1. Structure of thick film EL devices

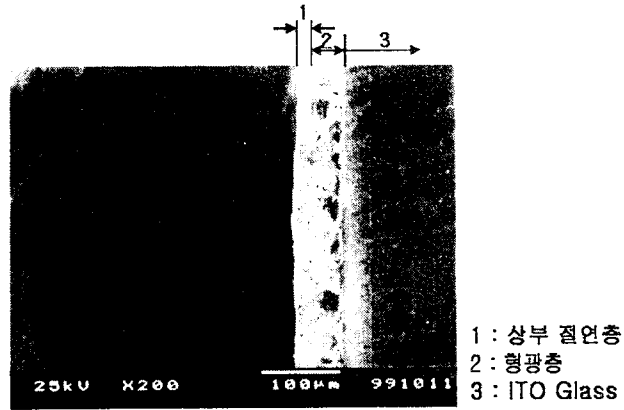


Fig 2. Cross-sectional SEM photography of prepared ZnS:Cu,Cl thick film EL device

(1) 소자 제작

ZnS:Cu,Cl 형광체를 사용하여 후막 EL 소자를 제작하였다. 형광체 paste 제조는 고유전율의 유기 바인더(phosphor vehicle)를 형광체와 2 : 3 비율로 혼합하였다. 절연막의 형성을 위한 절연 paste의 제조는 고유전율과 높은 절연 파괴강도를 가지고 있는 BaTiO₃(Aldrich 99.9%)에 바인더(dielectric composition)를 2 : 3 비율로 혼합하여 절연막 페이스트로 제작하였다. 이들 형광체와 절연 paste를 사용하여 ITO/glass 기판 위에 스크린 인쇄법으로 형광층과 절연층을 약 40µm와 20 µm로 각각 인쇄하였다. 기판은 ITO glass(Corning 7059)를 사용하였으며, 면 저항은 약 5~10Ω /square 이었다. 상부전극으로 silver paste를 이용하여 스크린 인쇄하였다. 그림 2에서 본 실험에서 제작된 후막 EL 소자의 단면 SEM 사진을 보여주고 있다. 전체 소자의 두께는 대략 약 60µm이며, 각 층의 균일도를 높이기 위해 ZnS:Cu, Cl 형광체 입자크기와 절연체로 쓰인 BaTiO₃의 입자크기를 측정하여 스크린 인쇄법으로 소자를 제작하였다.

(2) 소자 측정

제작된 소자의 특성은 휘도 측정기(Minolta chroma meter CS-100 , Data processor DP-101) 파형 생성기 (Wavetek Model 395) , Oscilloscope (Tektronix TDS 340 A) , 스펙트럼 분석기 (OSMA-1000), OP Amp 등의 측정장치를 사용하여 최대 전압 200V, 주파수 400Hz에서 30kHz까지 정현파 전압을 인가하여 주파수와 전압의 변화에 따른 휘도와 발광 스펙트럼특성을 조사하였다.

3. 결과 및 고찰

형광체로는 ZnS:Cu,Cl을 사용하였다. 그림 3(a)는 실험에서 사용된 ZnS:Cu,Cl 형광체의 SEM 사진이다. 분석 결과 형광체의 입자모양은 구형이며 크기는 30µm로 거의 균일한 형상을 나타내었다. 그림 3(b)는 ITO glass 기판위에 paste 상태로 만들어진 형광체를 스크린 인쇄한 후의 표면 SEM 사진을 보여주고 있다. 형광체의 입자크기는 거의 유사하며 분산된 유기 binder가 형광체에 입혀진 형상을 보여주고 있다.

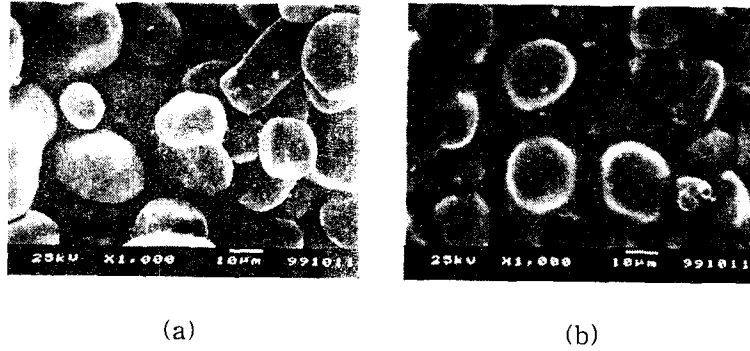


Fig. 3. (a) SEM photography of ZnS:Cu,Cl phosphor particle
 (b) SEM photography of ZnS:Cu,Cl phosphor paste

후막 EL 소자의 휘도-인가전압(luminance-voltage : L-V) 특성은 후막 EL 소자를 이용한 디스플레이의 구동회로를 구성하는데 매우 중요하다. 여러 주파수에서의 인가 전압의 크기에 따른 발광 휘도 특성과의 관계를 그림 4에 나타내었다. 최대 발광이 일어나는 문턱전압(threshold voltage)의 크기는 약 40V에서 나타났으며, 전압의 증가에 따라 휘도는 증가하고, 주파수가 증가할수록 휘도는 향상되는 것을 알 수 있다. 주파수가 증가할수록 문턱전압이 낮아지고, 92V부터 포화되기 시작하는 경향을 나타내고 있다. 주파수 400Hz 인 경우 문턱전압이 50V, 그리고 30kHz에서 42V의 값을 나타내었다. 200V 인가 전압에서 각 주파수별로의 최대휘도를 나타내고 있다.

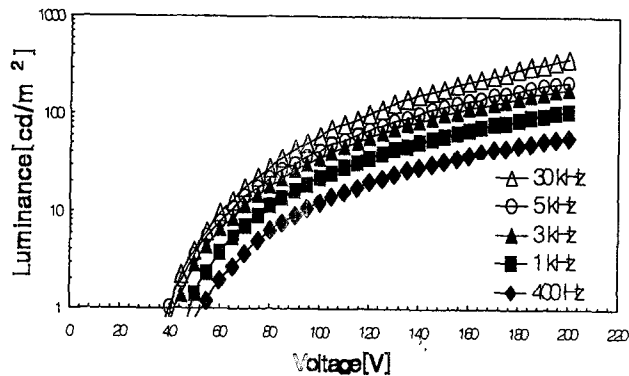


Fig. 4. Luminance-Applied voltage characteristics

그림 5는 190Vp의 인가전압에서 주파수를 0.4 ~ 30kHz까지 변화시켰을때의 발광스펙트럼을 측정한 그래프이다. ZnS:Cu,Cl 후막 발광소자는 512 nm와 452 nm에서 주발광 파장을 나타내었으며, 인가 주파수에 따라 발광 스펙트럼이 변화하였다. 인가 주파수가 1kHz 이하에서는 512 nm의 발광 파장이 우세하게 나타났으며 CIE 색좌표가 (X:0.17, Y:0.35)를 나타내어 청녹색 빛이 발광하였다. 5kHz 주파수 이상에서는 452 nm의 발광파장을 나타내었으며 CIE 색좌표는 (X:0.15, Y:0.17)로 순수한 청색 빛이 발광하였다.이 결과로부터 ZnS:Cu,Cl 후막 발광소자의 경우 저주파에서는 녹색발광(512nm)을 하며, 고주파에서는 청색발광(452nm)을 하는 것을 나타내었다. ZnS:Cu,Cl 형광체의 경우 넓은 발광 파장을 갖는 것으로 알려져 있으며, ZnS:Cu,Cl 후막 발광소자의 주파수에 의한 주발광 파장의 변화는 전압인가 시간에 따라 주발광 스펙트럼이 변화되어서 나타난 결과로 판단되며, 시간에 따른 발광 파장의 변화특성을 측정하여 보완적인 연구가 수행될 예정이다.

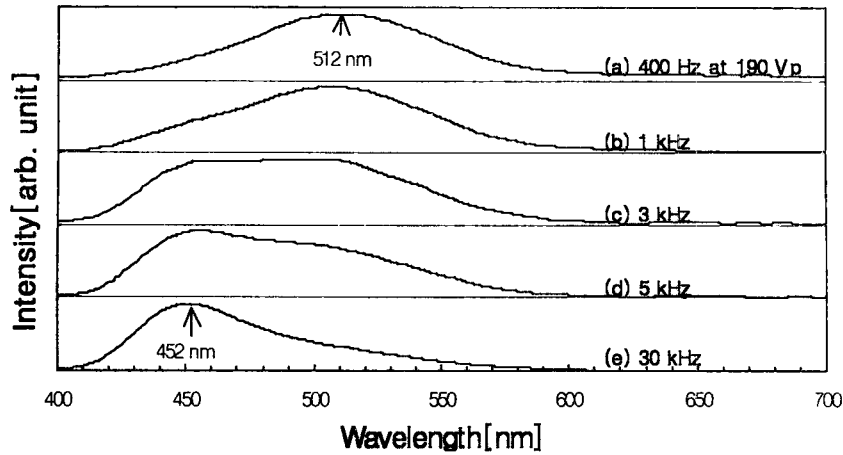


Fig. 5. Emission spectra of ZnS:Cu,Cl thick film EL devices

4. 결론

ZnS:Cu,Cl 형광체를 이용하여 ITO/glass 기판위에 스크린 인쇄법으로 후막 전계발광소자를 제작한 후, 정현파 전압을 인가하여 주파수에 따른 광학적 특성을 조사하였다. 400 Hz의 주파수에서 문턱전압은 50V였으며, 전압을 증가시킬수록 휘도가 증가하여 최대 전압 200 V에서는 58.2 cd/m^2 를 나타내었다. 주파수를 30kHz로 증가시킬 경우 문턱전압은 42V 낮아졌다. 주파수가 증가할수록 휘도도 함께 증가하였으며, 주파수 30kHz, 인가전압 200V에서 376 cd/m^2 의 휘도특성을 나타내었다. 인가 주파수에 따라 주발광 파장이 변화하였으며, 주파수가 1 kHz이하에서는 512 nm의 발광 파장이 우세하게 나타내어 청녹색 빛이 발광하였고, 5 kHz이상에서는 452 nm파장의 청색발광을 나타내었다.

5. 참고 문헌

- [1] G. Destriau, "Recherches sur les scintillations des sulures de zinc aux rayons," J.Chem. Phys., Vol. 33, pp.587-625
- [2] Y.A. Ono, Electroluminescent Displays, World Scientific, Singapore (1995).
- [3] C. N. King, "Electroluminescent displays," Digest of 3rd ASID 1995 workshop on information displays, pp. 35-65, 1995.
- [4] K. Obiyashi, T. Ogura, K. Terada, T. Taniguchi, T. Yamashita, M. Yoshida, and S Nakajima, Digest of 1991 SID International Symposium (1991), p. 275.
- [5] E. W. Chase, R. T. Hepplewhite, D. C. Krupka, and D. Kahng, "Electroluminescence of ZnS lumocen devices containing rare-earth and transition-metal fluorides," J. Appl. Phys. Vol. 40, No. 6, pp. 2512-2519, 1969.
- [6] W. E. Tiku, and G. C. Smith, " Choice of dielectrics of insulator properties in a thin-film electroluminescent device," IEEE. Trans. ED., Vol. 24, No. 7, pp. 903-908, 1977.