

# ZnS:Cu,Cl 형광체를 사용한 powder형 AC Electroluminescence의 전기적 광학적 특성

## Electrical and Optical Characteristics of AC P-ELD using ZnS:Cu,Cl

임민수, 권순석, 신유섭, 윤성현, 정득영, 임기조, 류부형\*

S.S.Kwon, M.S.Lim, S.H.Yun, Y.S.Shin, K.J.Lim, B.H. Ryu\*

충북대학교 전기공학과, \* 동국대학교 안전공학과

Dept. of Elec. Eng. Chungbuk. Univ.. \*Dept. of. Safety Eng., Dongkuk Univ..

### abstract

In this paper, we studied the matrix type Powder AC Electroluminescence using ZnS:Cu,Cl Phosphor. Previously, Powder AC EL was used in Backlighting of LCD. Recently, organic Thin Film EL was rapidly developed because of high Luminescence and low applied voltage. But Powder AC EL has Superior features that include sheet like flexibility thickness, low weight, self-emission, a wide viewing angle and a fast response time. We tried to change of phosphor thickness and binder mixture rate in order to obtain the good condition of powder AC EL and we obtained the very low breakdown voltage that was just 15V. Till now, we measured the current-voltage(V-I), luminance-voltage(V-L), Luminance-current (L-I), color coordinate (CIE), and phosphor Intensity of variable thickness. In experiment result, the devices has the luminance of 840 cd/m<sup>2</sup> and improved color coordinate, x=0.1559, y=0.2145, using a 10kHz drive frequency

### 1. 서론

최근, 공간 활용 및 각종 전자 장치의 소형화, 박형화 측면에서 평판 디스플레이 진보가 급격히 이루어지고 있다. 평판 디스플레이는 PDP (Plasma Display panel), LCD(Liquid Crystal Display), ELD(Electroluminescence Display), FED (Filed Emission Display) 등이 있다. 일반적으로 ELD는 제법, 용도에 따라 박막형과 분산형으로 구분될 수 있으며 박막형과 분산형은 다시 무기형 및 유기형으로 구분된다. 또한 구동 방법에 의해서 AC 구동형, DC 구동형으로 구분될 수 있다. 1974년 샤프사에 의해서 이중 절연막 구조가 발표된 이후 박막 기술 진보에 따른 초박형, 고휘도(1000 cd/m<sup>2</sup> 이상), 경시 변화가 적고 저 소비 전력 및 고신뢰화가 가능하여 박막형은 일부의 계측 장비에 표시 장치로서 실용화가 이루어지고 있다. 그러나, 박막 기술에 의해서 제작하기 때문에 대면적화가 곤란하고 100V, 400 Hz 이상의 구동회로 IC화에 따른 가격이 높게 되는 단점과 청색의 낮은 휘도로 다색화가 곤란하고 콘트라스트비가 적은 문제로 평판 디스플레이로서 크게 활용되지 못하였다.

한편, 인쇄법, 스프인 코팅법 및 닥터 블레이드 법등의 후막 기술에 의해서 제작 가능한 P-ELD는 균일한 휘도를 얻을 수 있는 면광원, 두께를 1 mm 이하의 두께로 제작이 가능하고, 제조법이 단순하여 저가격화를 이룰 수 있으며, 대면적화가 가능하다. 이와 같은 특징에 의해서 P-ELD는 LCD 후면 광원으로 주목을 받고 있다. 본 연구에서는 형광체, 절연체, 결합체의 특성을 검토하여 선정하고, 각각의 층의 기하학적 치수가 발광 성능에 미치는 영향을 고려하여 설계하였으며, 또한, 전기적 및 광학적 특성을 측정하고, dote matrix 구조로 디스플레이로 이용할 수 있는 panel을 제작을 하였다.

### 2. 실험 방법 및 측정

#### (1) panel 제작

고휘도 발광 P-ELD를 실현하기 위하여 기초 설계를 한 후 ITO glass를 matrix 구조로 설계하기 위하여 염산과 질산을 이용하여 에칭하고 암모니아등을 이용해 세척하였다. 그 위에 형광체 페이스트를 30 μm의 두께로 인쇄하였다. 형광체 페이스트를 만들 때 시아노 결합체와 형광체 비율을 1:2의 비율로 혼합하여 입자가 고르게 분

포되도록 하기 위하여 3시간 이상 mixer로 저었다. 또한, 절연체 페이스트를  $20\mu\text{m}$ 의 두께로 인쇄한 후, 그 위에 반사 전극으로 사용하기 위하여 Ag 전극을 인쇄하였다. 한편, 인쇄시 스크린은 200 메시를 사용하였다. 이상과 같은 과정을 통하여 제조된 구조는 그림 1과 같다.

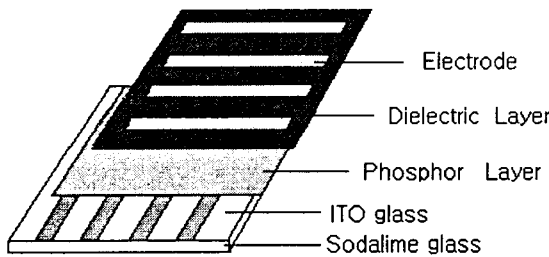


그림1. Structure of Matrix Type AC P-ELD

### (2)Panel 측정

교류 전원(AC power supply)은 universal source (HP3245A), high speed power amplifier(ME4015) 디지털 오실로스코프(Lecroy9310), 전압 프로브 및 전류프로브(Tektronix PM520A)로 측정하였다. 교류 전압을 인가하여 구동된 PELD의 휘도와 색좌표와 같은 광학적 특성은 휘도계(Yokogawa 52002)를 이용하여 측정하였다.

### 3. 결과 및 고찰

그림2은 여러 주파수에서의 전압의 변화에 따른 전류 특성 곡선이다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이 분산형 EL의 V-J 특성 곡선은 일정한 주파수에서 전압이 증가함에 따라 전류는 증가하며, 일정한 전압에서 전류는 주파수에 크게 의존하고 있는 것을 볼 수 있다. 그림3에 의하면 전류 밀도는 실험범위내에서  $10^{-1} \sim 10^0 \text{mA/cm}^2$ 의 오더인데 이 전류 크기는 병렬 등가 저항에만 의존한다고 가정했을때의 전류에 비하여  $10^6$ 배가 큰 전류이고 등가 병렬 커패시터에만 의존한다고 가정했을때의 전류와 같은 오더이다. 따라서 전류는 주로 용량성 전류라고 할수 있을 것이다.

그림3는 인가 전압  $100\text{V}_{\text{rms}}$ 에서 여러 주파수에서의 발광 스펙트럼을 보여주고 있다. 그림에서  $0.4\text{kHz}$ 에서는 단일 피크를 보여주고 있다. 그러나

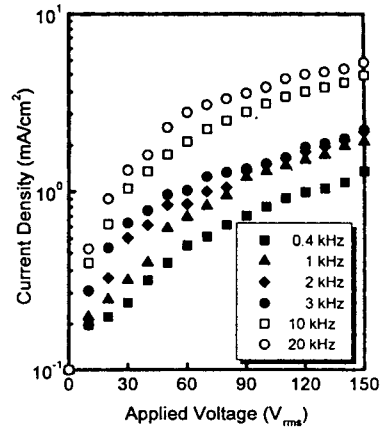


그림2. Applied Voltage-current density characteristics of AC P-ELD

$4\text{kHz}$ 의 주파수 이상에서는 2개의 피크가 나타남을 알 수 있다.  $10\text{kHz}$ 에서는 발광피크가  $500\text{nm}$ 와  $450\text{nm}$ 에서 나타남을 알 수 있고 이것은 녹색 발광으로부터 청색 발광으로 이동한 것을 의미한다. 인가 주파수에 따라서 발광색의 파장이 장파장에서 단파장으로 이동되는 현상을 Joseph L. Birman에 의해서 제시된 발광 중심의 고유 상태(eigenstates) 모델을 바탕으로 설명이 가능하다.

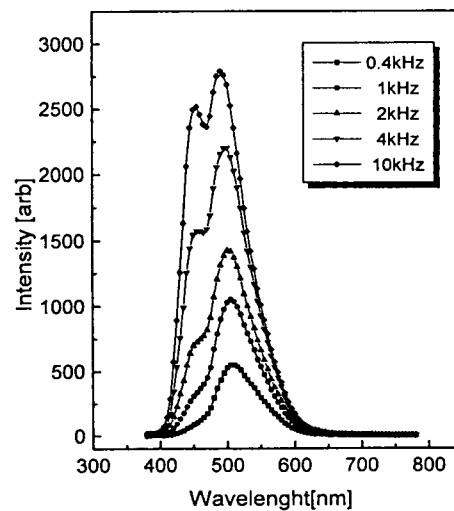


그림3. Emission spectrum of P-ELD

그림 4는 여러 주파수에서 전압에 따른 휘도 특성을 보여주고 있다. 그림에서 알 수 있는 바

와 같이 90V<sub>rms</sub>까지는 전압의 증가에 따라 휘도는 증가하고, 주파수가 증가할 수록 휘도는 개선되는 것을 알 수 있다. 이와 같은 경향은 전압이 증가할수록 P-Cu<sub>2</sub>S의 침상에 전계가 강화되어 침상의 침단으로부터 방출되는 전자의 수가 증가하기 때문이다. 또한 주파수의 증가에 따라 휘도가 증가하는 것은 형광체의 끝단에 형성된 공간 전하의 양이 주파수가 증가함에 따라 증가하여 재결합 기회가 증가한 것에 기인된 것이다.

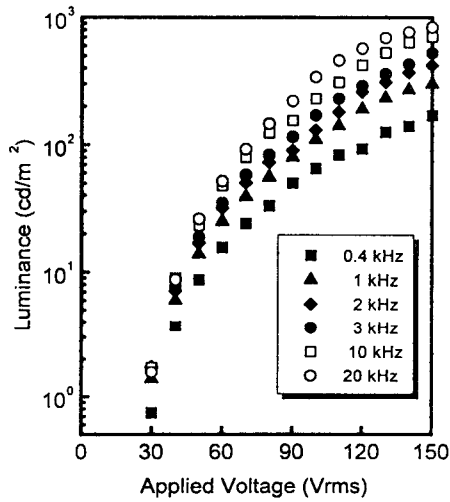


그림4. Luminance-Applied voltage characteristics of powder type EL

그림5은 형광체의 색좌표를 여러 주파수에 따라서 보여주고 있다. 100V<sub>rms</sub>의 인가전압에서 주파수를 0.4~10 kHz까지 가변시켰을 때 좌표축은 x축이 0.1833에서 0.1554로 y축이 0.4456에서 0.2045로 변하는 것을 알 수 있다. 이것은 저주파에서는 녹색 발광을 하며 고주파에서는 청색 발광을 하는 것을 나타낸다. 따라서, 밝은 청색 발광의 P-ELD를 실현하기 위해서는 높은 주파수로 구동하고 형광체에 높은 전계가 인가되도록 인가 전압을 높게 하면 실현 할 수 있음을 의미한다.

그림 6은 8 by 8 Dote Matrix 구조의 P-ELD의 발광 사진을 보여준다. 램프 구동 조건은 100V<sub>rms</sub>, 15 00Hz를 인가하였으며, 그림에서 볼 수 있는 바와 같이 휘도 균일성은 우수하며 빠른 response time을 보이고 있다.

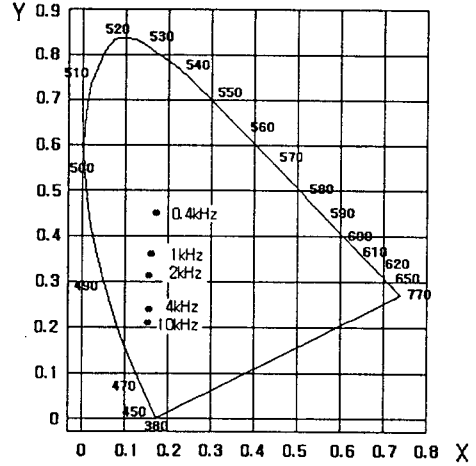


그림5. CIE chromaticity characteristics at various frequency

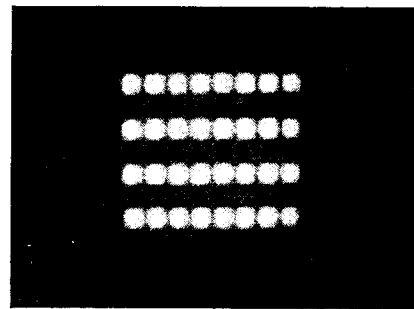


그림6. photo of matrix Type AC P-ELD

그림 7은 주파수 변화에 대한 효율 특성을 보여 준다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이 효율은 1 보다 낮게 나타났다. 그리고, 효율은 대부분의 주파수에서 인가 전압이 80 V<sub>rms</sub>와 90 V<sub>rms</sub>까지는 증가하고 그 이후는 감소하는 경향을 보였다. 이와 같은 경향을 보이는 것은 90V 이상에서 전압을 증가시키면 휘도는 포화되고 P-ELD를 흐르는 전류는 증가하여 소비 전력은 증가한다. 효율은 감소하게 된다. 광램프의 효율계산은

$$\eta = \frac{\pi SL}{P}$$

에 의해서 하였다. S는 램프의 발광 면적이고, L은 휘도, P는 램프에 공급된 전력이다.

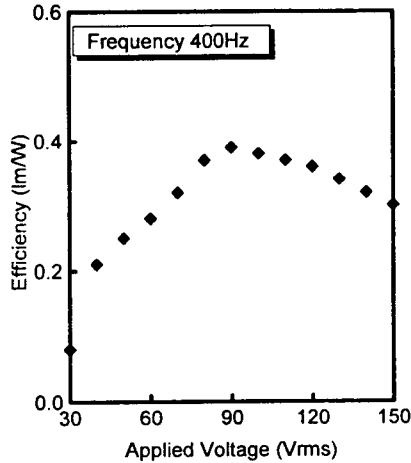


그림7. V- $\eta$  characteristics as a function of frequency

#### 4. 결론

인쇄 기법에 의한 matrix type AC P-ELD를 실현한 후 전기적 및 광학적 특성을 주파수 변화에 대하여 실험한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다. 전압-전류 특성으로부터 인가 전압 및 주파수가 증가하면 전류는 증가하는 경향을 보였다. 이와 같은 경향은 주파수의 변화에 대하여 형광체내에 존재하게 되는 공간 전하의 변화에 기인되는 것으로 해석하였다. 휘도 특성으로부터 주파수의 증가에 따라 발광 개시 전압은 감소하고, 휘도는 150 V<sub>rms</sub>, 0.4 kHz에서 170 cd/m<sup>2</sup>의 값과 150 V<sub>rms</sub>, 10 kHz에서 840 cd/m<sup>2</sup>을 나타냈으며 주파수가 증가함에 따라 비선형성이 개선되는 것을 알았다. 그리고 색좌표는 100V<sub>rms</sub>, 400 Hz에서 xy좌표가 0.1833, 0.4456의 값을 얻었으며 100V<sub>rms</sub>, 10 kHz에서는 0.1559, 0.2045의 값을 보였다. 이것은 발광색이 주파수 의존성을 나타내는 것을 의미한다. 그리고, 균일도는 90%이상이므로 우수한 면발광체임을 확인하였다. 이와 같은 결과를 생각할 때 P-ELD는 고휘도의 면광원체로 LCD 후면광원으로 사용할 수 있고 더 많은 연구를 통해 디스플레이로도 P-ELD가 응용 가능 할 것으로 생각된다.

#### 참고문헌

1. 大野勝利 外, "螢光體 핸드ブック", 日本 螢光體學會, 1985
2. H. Ohinishi and K. Abe Proc. 6th Int'l Workshop on EL, 1992
3. H. Venghaus, D. Theis and H. Oppolzer, J. Appl. Phys., vol. 53, pp. 4146-4149, 1982
4. Ying Jen Lin et al, Jpn. J. Appl. Phys, vol.32, pp. 1983-1986, 1993
5. Webster E. Howard, IEEE Trans. Electron Devices, vol. ED-24, pp. 903-910, 1977
6. Higashi-Mita, Jpn. J. Appl. Phys, vol. 32, pp. 51-59, 1992
7. Vijay P. Singh, IEEE Trans. Electron Devices, vol. ED-35, No. 1, January, 1988
8. Joesph L. Birman, Physical Rev., Vol. 121, No.1, 1960