

후막 EL소자의 광학 및 이동전하밀도 특성  
**Transferred charge density and Optical Property on  
 Powder Electroluminescent device**

오주열<sup>\*</sup>, 이종찬, 박대희  
 원광대학교 전기전자공학부

Joo-youl Oh<sup>\*</sup>, Jcng-chan Lee, Dae-hee Park

School of Electrical and Electronic Engineering, Wonkwang University

**Abstract**

Electroluminescence is occurred when phosphor is located in electric field. In this paper, we made powder electroluminescent device (PELD) with structured ITO film/Phosphor/Insulator/Silver paste. The transparent electrode was ITO film and green(2704-01), orange(2702-02) and blue-green(2703-01) were used as phosphor. The insulator was BaTiO<sub>3</sub> and Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, back electrode was silver paste. To investigate electrical and optical properties of PELDs, EL spectrum, Brightness, Transferred charge density using Sawyer-Tower's circuit was measured.

**1. 서 론**

ZnS 형광분말을 이용한 교류전압에 의한 발광 현상은 프랑스의 Destriau에 의해 1936년 처음 발견된 이후[1] 최근에는 고휘도, 대면적, 저 소비전력 등을 만족시키는 디스플레이 소자로의 연구가 활발히 진행되고 있다. 또한, 정보사회에 있어서 전자 디스플레이의 역할은 대단히 중요하고, 각종 산업분야와 민생분야에 다양하게 사용되고 있으며, 동시에 정보화 사회의 요구에 적합한 고성능의 새로운 전자 디스플레이가 개발 되어지고 있다. 특히, 후막 전계발광소자(powder electroluminescent device :PELD)는 균일한 휘도와 대면적에 용이하다는 장점 때문에, backlight뿐만 아니라 디스플레이 소자로도 많은 연구가 진행되고 있다[2,3]. EL소자가 폭 넓게 응용되기 위한 기술경향은 고 휘도화와 장수명화로서 많은 연구가 추진되고 있으며, EL소자의 고휘도화는 소자의 구성, 형광체,

2차 발광을 이용하는 안료등을 이용하는 방법등이 요구되고 있다.

본 연구에서는 세가지 색(green, orange, blue-green)의 형광체와 두 가지의 절연체(BaTiO<sub>3</sub>, Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)를 사용하여 제작한 후막 전계발광 소자의 광학적 특성 및 전기적 특성을 고찰하였다. 소자의 광학적 특성은 EL 스펙트럼, Brightness를 측정하였고, 전기적 특성인 이동 전하 밀도는 Sawyer-Tower's circuit를 이용하여 측정하였으며, I-V특성도 측정하였다.

**2. 실 험**

본 연구에서는 일반적인 EL 소자의 구조 (투명전극/형광층/절연층/배면전극)를 적용하였다[7]. 형광체와 절연체는 일정한 크기를 갖는 입자의 형태를 유지하고 있으므로 이를 두 평행전극사이에 고정시키기 위해서는 적당한 바인더가 필요하다. 또한, 동작중에 있는 형광체는 습기에 의해 열화

되므로 사용되는 바인더는 흡습성이 적어야 한다.

본 연구에서 사용한 바인더는 고 유전율의 유기물 Cyanoresin(CS-V, Shin-Etsu Chemical Co.,Ltd)과 N,N-Dimethylformamide(Junsei Chemical Co.,Ltd)을 1:2.5 로 혼합하여 사용하였다

실험에서 사용한 BaTiO<sub>3</sub> (Aldrich 99.9%)는 세라믹 유전체로 고 유전율과 높은 절연파괴강도를 가지고 있어 종래의 전기발광소자보다 문턱 전압이 낮은 전기발광소자를 만들 수 있다[4]. 또한, 빛의 밝기는 두께 및 유전상수등에서 좌우 되는데, 이것은 형광체 입자에 영향을 미치는 전계가 절연체와 형광체의 두께 및 유전율에 따라 달라지기 때문이다[5]. 반면에 Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>는 BaTiO<sub>3</sub>보다 유전율은 낮지만, 습기에 강한 특성을 가지고 있다.

형광체로는 Nichia 사(99.9%)의 green(2704-01), orange(2702-02), blue-green(2703-01)을 사용하였으며, 형광층에서 발생한 빛이 외부로 방출되기 위해서는 한쪽의 전극이 투명해야 하므로, 투명전극으로는 ITO film 을 사용하였고, 배면전극으로는 Silver paste 를 사용하였다.

1:2.5 로 혼합된 바인더와 각각의 형광체와 절연체를 1:1 로 혼합하여, ITO film 위에 형광체, 절연체 순서로 spin coating 하여 발광층을 형성한 후, 그 위에 배면전극인 Silver paste 를 screen printing 하여 제작하였다.

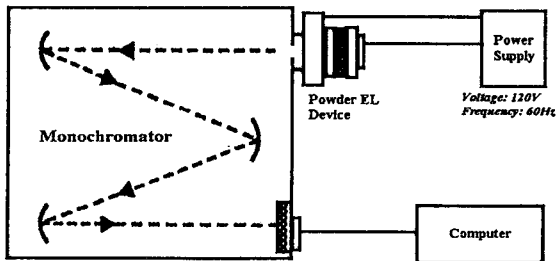


그림 1. EL 스펙트럼 측정 장치도

Figure 1. Diagram of instrument for EL spectrum

제작된 소자의 광학적 특성인 EL 스펙트럼, 휘도를 측정하기 위하여 그림 1 과 같은 측정 장치도

를 이용하여 소자의 발광 특성을 분석하였으며, 전기적 특성인 이동 전하밀도는 그림 2 와 같은 Sawyer-Tower 회로를 이용하여 소자의 이동 전하 밀도를 측정하였다[6]. 이 회로에서 캐패시터 양단에 걸린 전압을 오실로스코프 Y축에 입력하고 전압을 X축에 입력하면 인가 전압과 축적된 전하량의 관계 도형을 얻을 수 있다.

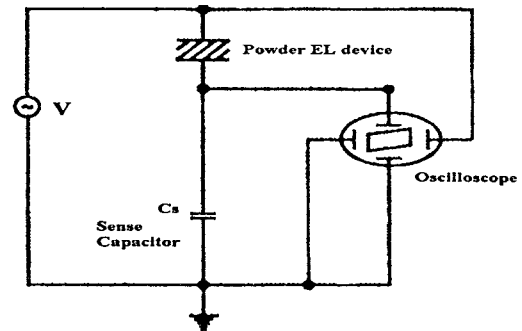


그림 2. Sawyer-Tower's 회로

Figure 2. Sawyer-Tower's circuit

### 3. 실험 결과 및 토의

그림3,4는 제작된 EL소자에 인가 전압을 AC 100V로 고정하고, 주파수를 100~2000Hz까지 인가했을 때의 EL spectrum 측정 결과이다. 그림3은 절연체로 BaTiO<sub>3</sub>를, 그림4는 절연체로 Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>를 사용했을 때의 EL spectrum이다. 인가 주파수가 높아짐에 따라서 발광 강도는 증가하는 경향을 보이고 있다. 이것은 소자에 전압이 인가되면 계면에 포획되었던 전자가 형광층 내로 터널 주입되고, 이 주입된 전자가 형광층에 걸린 강한 전계에 의하여 가속되며, 이 가속된 전자가 국소화된 발광 중심을 충돌 여기 또는 이온화 시키고 여기 전자 또는 이온화된 전자가 바닥상태로 전이 되면서 나타나는 현상이다. 이러한 현상은 발광중심 주위의 결정 불안정이 주파수를 높임으로써 점차 정현화 되면서 발광중심 주위에 불안정한 영향을 주는 전자의 필드가 약하여지기 때문이라고 여겨

진다. 또한, 그림3과 4를 비교해 보았을 때, 그림3의 발광 강도(intensity)가 3~4배 정도 높은 것을 알 수 있다. 이것은 BaTiO<sub>3</sub>가 세라믹 유전체로써, Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>보다 높은 유전상수를 가지고 있으므로 더 많은 전계가 형광체 입자에 유기되었기 때문이라고 사료된다.

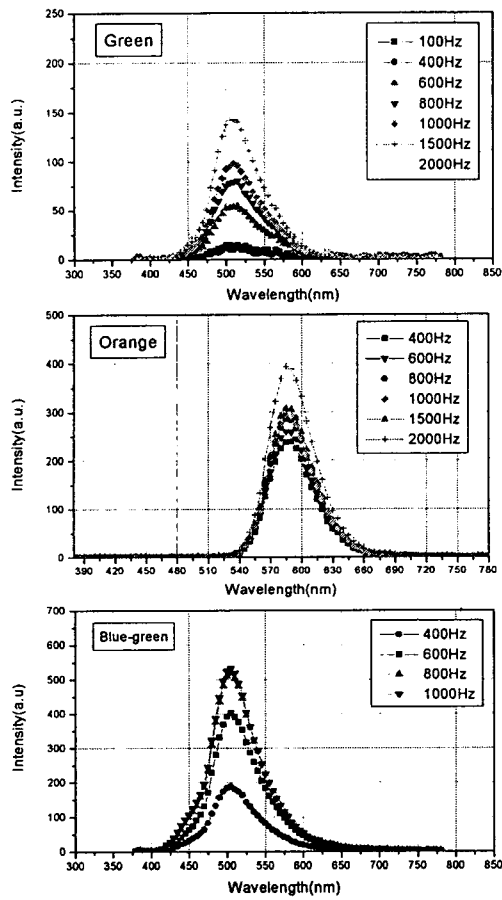


그림3. BaTiO<sub>3</sub>를 사용한 EL소자의 스펙트럼  
Figure 3. Spectrum of EL device using the BaTiO<sub>3</sub>

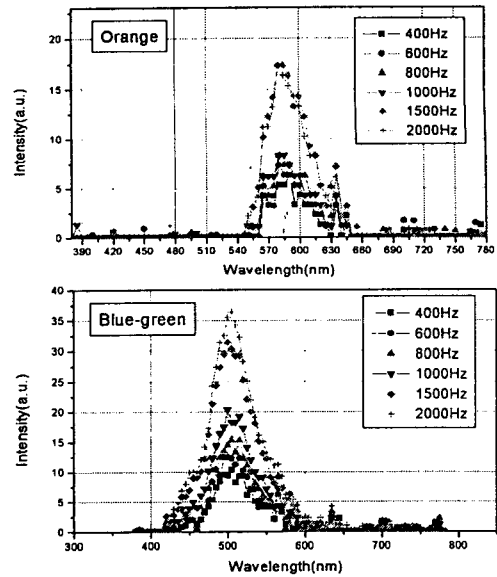
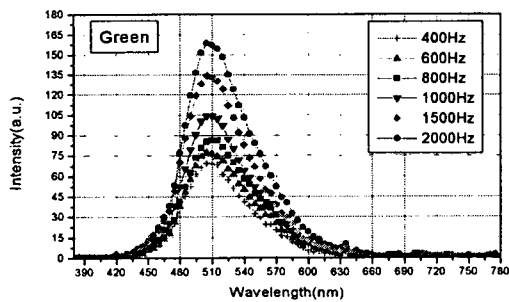


그림4. Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>를 사용한 EL소자의 스펙트럼  
Figure 4. Spectrum of EL device using the Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

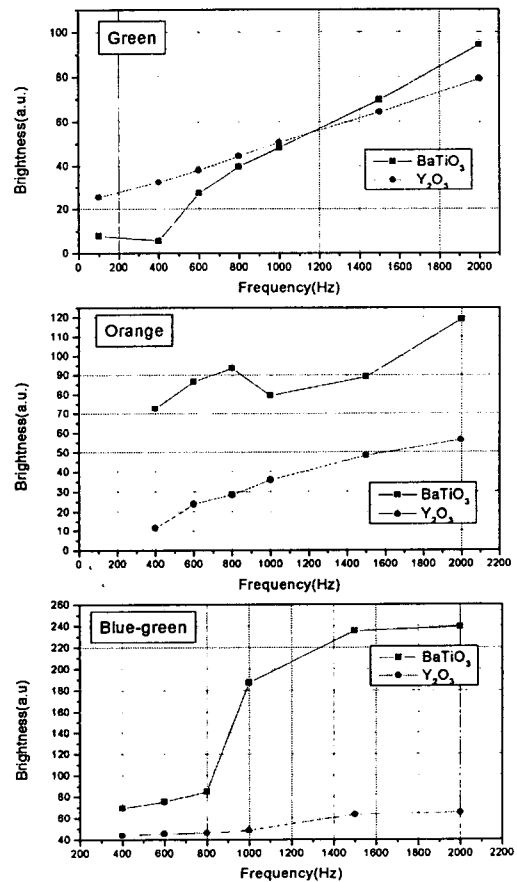


그림5. EL소자의 휘도 특성  
Figure 5. Brightness property of EL device

그림5는 EL소자에 인가전압을 100V로 고정하고, 주파수를 400~2000Hz까지 변화 시키면서 측정 한 휘도값이다. 결과에 의하면 주파수가 증가할수록 휘도가 증가하였고, 또한 절연체로 BaTiO<sub>3</sub>를 사용한 소자의 휘도가 더 높았다. 이것은 EL 스펙트럼의 특성과 마찬가지로 유전층 계면에서 형광체로 유기된 전계의 크기가 더 많았기 때문에 나타난 현상임을 재확인하였다.

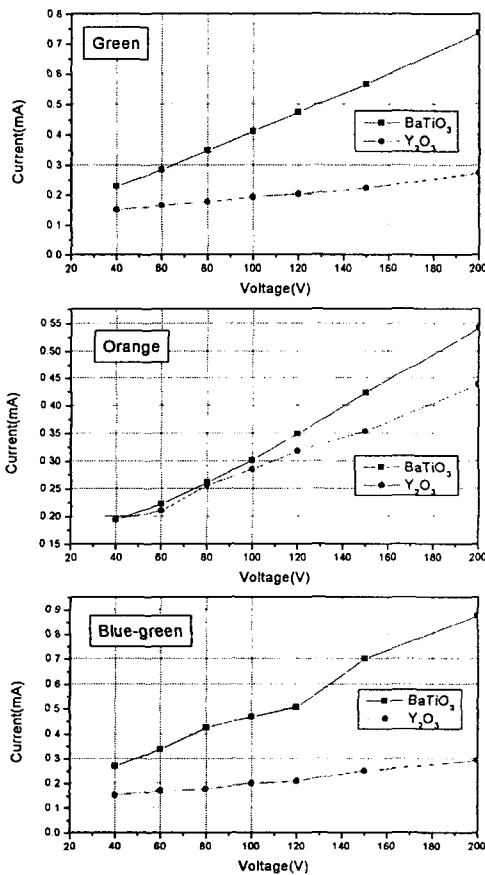


그림6. EL소자의 I-V 특성

Figure 6. I-V property of EL device

그림6은 EL소자에 흐르는 전류를 측정 한 결과이다. 절연체로 BaTiO<sub>3</sub>를 사용한 소자에 흐르는 전류가 더 큰 것을 알 수 있다. 이것의 주된 요인은 인가전압이 증가하면 계면의 깊은 준위에 포획되어 있던 전자가 방출되어 형광층에 주입되는 정도가 Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>를 사용한 소자보다 더 활발하기 때

문에 더 많은 전류가 흐른 것으로 사료된다.

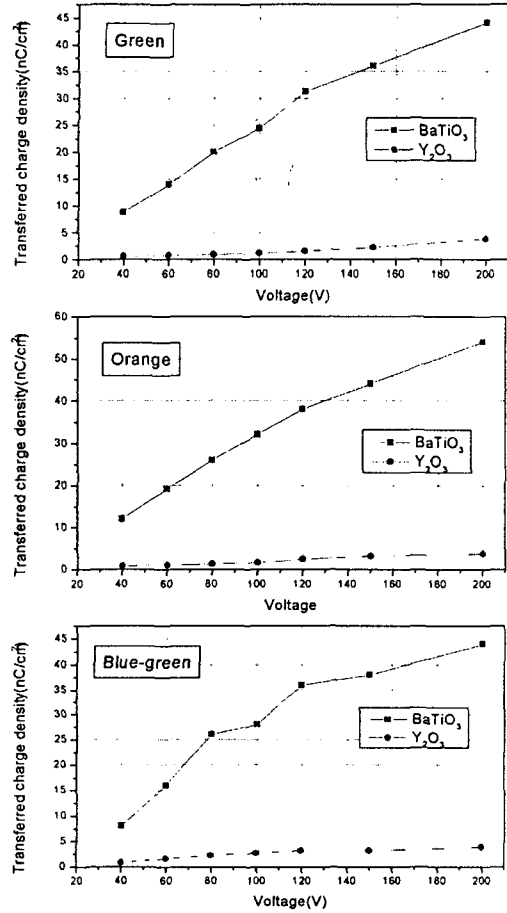


그림7. 전압 변화에 따른 이동전하 밀도

Figure 7. Transferred charge density with voltage variation

그림7은 EL소자의 이동 전하 밀도의 측정값으로, 인가 주파수를 400Hz로 고정하고, 전압을 40~200V로 변화 시키면서 측정하였다. 인가 전압이 증가할수록 이동 전하 밀도가 증가하는 것을 볼 수 있다. 이것은 전압이 증가할수록 절연체와 형광체의 계면에 포획되어 있던 전자들이 방출되어 형광체에 주입으로 인하여 이동 전하 밀도가 증가된 것으로 사료된다. 또한, 절연체로 BaTiO<sub>3</sub>를 사용한 소자는 선형적으로 증가하였지만, Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>를 사용한 소자의 이동 전하 밀도는 거의 증가하지 않았다. 이것은 인가 전압이 증가함에 따라서 유전율이 높은 BaTiO<sub>3</sub>에 의하여 형광체에 고 전

계가 가해져 그만큼 전하의 이동이 활발한 것으로 사료된다. 또한, I-V특성과도 일치하는 것을 알 수 있다. 그러나, 광학적 특성과는 정확하게 일치하지는 않았다.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 세가지 색(green, orange, blue-green)의 형광체와 두 가지의 절연체(BaTiO<sub>3</sub>, Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)를 사용하여 제작한 후막 전계발광 소자의 광학적 특성 및 전기적 특성을 고찰하였다. 각 소자의 발광 피크는 green의 경우 500nm, orange의 경우 580nm, blue-green의 경우 505nm에서 가장 높은 발광 특성과 intensity를 나타냈으며, Brightness, I-V특성, 이동 전하 밀도의 결과로부터 고 유전율의 절연체를 사용한 EL소자의 광학적 및 전기적 특성이 우수하다는 것을 알 수 있었다. 이와 같은 결과는 고 유전율의 절연체에 의하여 발광을 일으키는 형광체에 가장 높은 전계가 유기되었기 때문이라고 사료된다.

결론적으로, EL소자가 폭 넓게 응용되기 위한 조건으로 고휘도화와 장수명화에 기여하기 위해서는 EL소자의 구성, 형광체의 개발 및 고 유전율의 절연체 개발이 필수적이라 생각하며, 많은 연구와 노력이 있어야 하겠다.

본 연구는 원광대학교 창업지원센터의 입주업체 WDT (Wonkwang Display Technology)와 공동 연구 되었음.

#### [참 고 문 헌]

[1] Destriau, O.W., "EL of crustalline ZnS:Mn powder AC EL devices", Chem. Phys. 33, 586, 1936  
 [2] J.Haaranen, et al," A 9-in. -diagonal high-contrast

multicolor TFTL display", SID 92 Digest, pp.348-351,1992  
 [3] T.Inoguchi, et al," Stable high-brightness thin film electroluminescent panels", SID 74 Digest,pp.84-85,1974  
 [4] 김창홍.변중홍, "EL형 형광체의 제조에 관한 연구", 과학기술처, 1, 17, 1989  
 [5] H.Kozawaguchi,J.Ohwaki,B.Tsujiyama,K.Murase,"Proceeding of the SID", 23, 181, 1982  
 [6] D.H.Smith, J.Luminescence,p23,209,1981  
 [7] 이종찬, 박용규, 박대회, "ZnS:Cu를 이용한 후막 전계발광소자에 관한 연구", 전기전자재료학회 춘계학술대회 논문집, pp.121~124, 1998