

상용주파수(60Hz)에서의 후막 전계발광소자의 발광 특성에 관한 연구

오주열, 박영순, 정병선, 이종찬, 박대희
원광대학교 전기전자공학부

A Study on Emission Property of Powder Electroluminescent Device at Common use Frequency(60Hz)

Joo-youl Oh, Young-soon Park, Byoung-sun Jeong, Jong-chan Lee, Dae-hee Park
School of Electrical and Electronic Engineering, Wonkwang University

Abstract - Electroluminescence is occurred by electric filed located in the phosphor. Until now, most of EL researched have been studied the characteristics of devices that drive over 400Hz and commercialized, but in problems of life time, natural aging increased with behavior of high frequency in the phosphor. In this paper, we investigated the luminescence characteristics were driven by low frequency(0~100Hz). Moreover, we presented the improvement way in the method device production and drive power as measurement at commercial frequency(60Hz).

2. 실 험

전계 발광(EL)현상은 형광층내에 주입되는 전자가 외부의 강한 전계에 의해 가속되어 발광중심과 충돌, 이온화하면서 발광하는 현상[2]을 말하며, 본 연구에서는 그림1.(a)의 일반적인 EL소자의 구조가 아닌 고전계와 고휘도의 특성을 갖는 (b)의 단일 발광층(형광층+절연층)[3]구조를 적용하였다.

1. 서 론

최근 평판디스플레이(Flat Panel Display:FPD)소자에 대한 기술 개발 및 연구가 활발히 진행되고 있다. FPD의 분야로는 PDP(Plasma Display Panel), FED(Field Emission Display), VFD(Vacuum Fluorescent Display)등이 있으며, 그 중의 한 분야로 ELD(Electroluminescent Display)는 현재 LCD(Liquid Crystal Display)를 이용한 표시소자의 backlight용으로 사용되고 있는 실정[1]이며, 현재까지 EL연구의 대부분이 400Hz이상의 고 주파수로 구동시킨 소자의 특성을 연구하여, 상용화 하였지만, 수명문제에서 형광층의 고 주파수 특성에 의한 자연 열화가 증가하고 있다. 본 연구에서는 저 주파수(0~100Hz)에서 구동시킨 EL소자의 발광특성을 연구하였다. 또, 실질적인 상용 주파수(60Hz)에서의 휘도를 측정함으로써 앞으로의 소자 제작 및 구동전원의 개선 방향을 제시하고자 한다. 실험에 이용한 EL소자의 구조로는 투명전극/형광층+절연층/배면전극으로써 단일 발광층(형광층+절연층)을 갖는 구조이다. 투명전극으로는 ITO film을 사용하였고, 형광체로는 ZnS:Cu, 절연체로는 BaTiO₃, 배면전극으로는 Silver paste를 사용하였다. 소자의 광학적 특성인 EL spectrum, CIE coordinate, Brightness를 측정하였고, 전기적 특성인 이동 전하 밀도와 I-V 특성을 측정하였다.

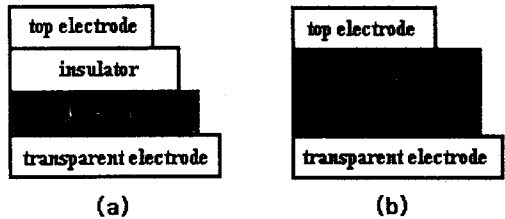


그림 1. EL소자의 구조
Figure 1. Structure of EL device

형광체는 일정한 크기를 갖는 입자의 형태를 유지하고 있으므로 이를 두 평행전극사이에 고정시키기 위해서는 적당한 바인더가 필요하다. 형광층은 바인더와 형광체가 혼합되어 형성되므로 형광체에서의 발광이 외부로 전달되도록 하기 위해서는 바인더가 투명해야 한다. 또한, 동작중에 있는 형광체는 습기에 의해 열화되므로 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 1:2.5로 혼합하여 사용하였다. 절연층은 고 유전율과 높은 절연과피강도를 가져야 한다. 본 연구에서 사용한 BaTiO₃ (Aldrich 99.9%)은 세라믹 유전체로 높은 유전상수를 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]. 형광체로는 ZnS:Cu(Nichia 99.9%)를 사용하였으며, 형광층에서 발생한 빛이 외부로 방출되기 위해서는 한쪽의 전극이 투명해야 하므로, 투명

전극으로는 ITO film을 사용하였고, 배면전극으로는 Silver paste를 사용하였다. 제작공정은 그림2와 같다. 먼저, 1:2.5로 혼합된 바인더와 ZnS:Cu:BaTiO₃의 비율이 5:5로 혼합된 시료를 1:1로 혼합하여, ITO film위에 spin coating하여 단일 발광층을 형성하였고, 그 위에 배면전극인 Silver paste를 screen printing하여 제작된 EL소자의 형태는 그림1(b)와 같으며, 단일 발광층의 두께를 20~100 μ m까지 변화하면서 최적의 발광 특성을 나타내는 두께를 찾았다.

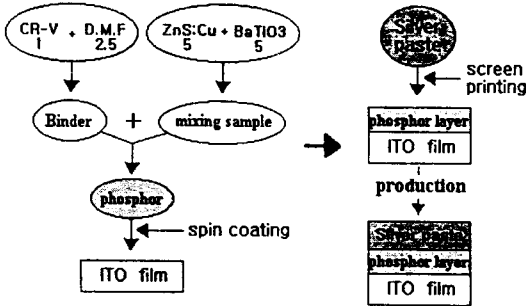


그림 2. PELED의 제작 과정
Figure 2. Production process of PELED

제작된 소자의 광학적 특성인 EL 스펙트럼, CIE coordinate system, 휘도를 측정하기 위하여 그림3와 같은 측정 장치도를 이용하여 소자의 발광 특성을 분석하였으며, 전기적 특성인 이동 전하밀도는 그림4와 같은 Sawyer-Tower 회로를 이용하여 소자의 이동 전하밀도를 측정하였다[6]. 이 회로에서 캐패시터 양단에 걸린 전압을 오실로스코프 Y축에 입력하고 전압을 X축에 입력하면 인가 전압과 측정된 전하량의 관계 도형을 얻을 수 있다.

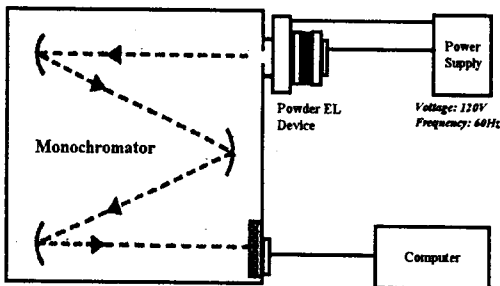


그림 3. EL 스펙트럼 측정 장치도
Figure 3. Diagram of instrument for EL spectrum

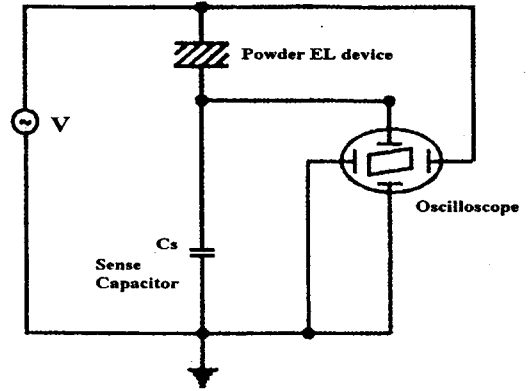


그림 4. 이동 전하밀도 측정을 위한 Sawyer Tower 회로
Figure 4. Sawyer-tower's circuit for transferred charge density

3. 실험 결과 및 논의

그림5는 소자에 인가 전압 120V, 60Hz에서 발광층의 두께 변화에 따른 EL 스펙트럼 측정 결과이다. 그림에서 볼 수 있듯이 Cu의 peak 값이 505nm에서 존재하는 것을 알 수 있고, 발광중심인 Cu의 에너지 준위가 green 발광 준위임을 알 수 있다. 발광층의 두께가 30 μ m보다 두꺼워 질수록 발광량이 감소하는 것을 볼 수 있다. 이것은 저 주파수에서의 두께에 따른 발광량의 증가보다 투과율의 감소와 이동 전하밀도의 감소 때문이라고 사료된다.

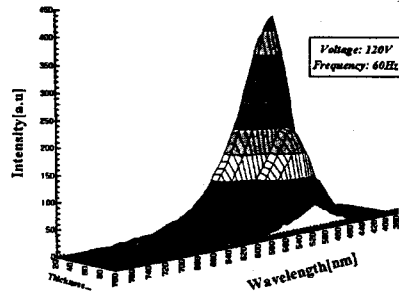


그림 5. 두께 변화에 따른 EL 스펙트럼
Figure 5. EL spectrum to thickness variation

그림6은 상용주파수(60Hz)에서 최적의 발광 특성을 갖은 두께(30 μ m)의 전압 변화(0~200V)에 따른 EL 스펙트럼이다. 그림에서 볼 수 있듯이 전압을 증가시키에 따라 intensity가 증가함을 알 수 있다. 이것은 전압을 증가시키으로써 형광체 입자가 갖는 전계 에너지의 증가 및 표면의 전계 밀도가 가장 크게 유지 되기 때문에 intensity가 커진 것이다.

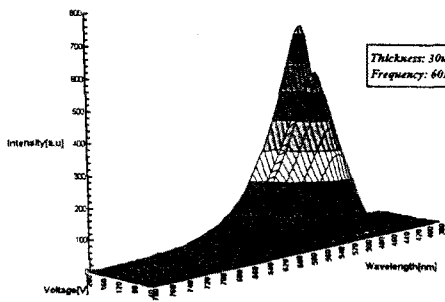


그림 6. 전압 변화에 따른 EL 스펙트럼
Figure 6. EL spectrum to voltage variation

그림7은 최적의 두께(30 μ m)를 갖는 PELD의 주파수 변화(40~1000Hz)에 따른 EL 스펙트럼이다. Cu의 peak값이 주파수가 증가함에 따라, 발광중심인 Cu의 에너지 준위가 green발광 준위에서 blue발광 준위로 변함을 볼 수 있다[7]. 이것은 Cu원자 주위의 결정 불안정이 주파수를 높임으로써 점차 정연하여지면서 Cu주위에 영향을 주는 전자의 필드가 약하여지기 때문이다.

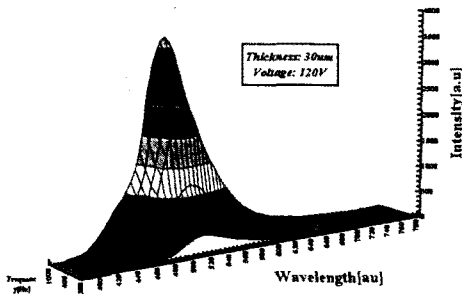


그림 7. 주파수 변화에 따른 EL 스펙트럼
Figure 7. EL spectrum to frequency variation

그림8은 두께 변화에 따른 휘도 및 Sawyer-tower회로를 이용하여 측정한 이동 전하밀도이다. 측정시 인가된 전압은 120V, 60Hz로 고정하였다.

그림에서 볼 수 있듯이 두께 변화에 따른 EL 스펙트럼의 결과와 일치하는 것을 알 수 있다. 최적의 발광 특성을 가진 두께(30 μ m)의 휘도값은 인가 전압 120V, 60Hz에서 213.4(a.u.)를 나타냈다.

또한, 두께가 30 μ m에서 점점 증가 할수록 이동 전하밀도가 감소하는 것을 알 수 있다. 이것은 소자의 두께가 증가할수록 소자내의 저항 증가보다는 캐패시터 값의 감소에 의해서 이동 전하($\Delta Q = CV$)가 감소함을 알 수 있다.

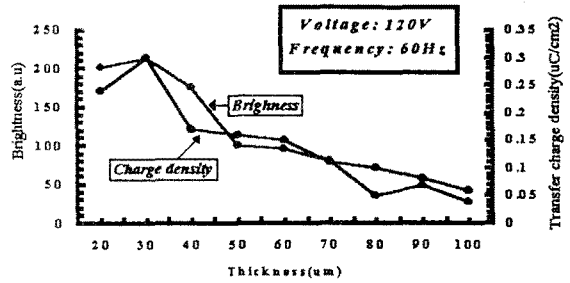


그림 8. 두께 변화에 따른 휘도 및 이동 전하밀도
Figure 8. Brightness and transfer charge density to thickness variation

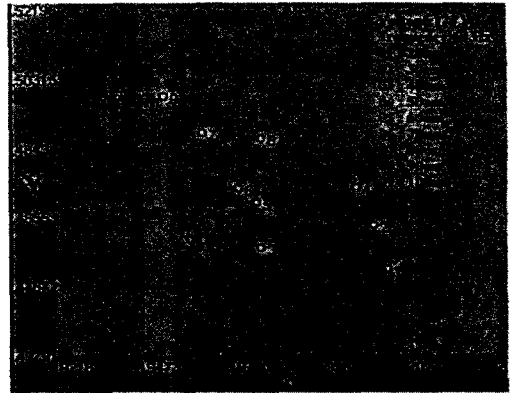


그림 9. 두께 변화에 따른 CIE coordinate system
Figure 9. CIE coordinate system to thickness variation

그림9은 두께 변화에 따른 CIE coordinate system에서 좌표의 궤적이다. EL 스펙트럼에서 설명한 바와 같이 Cu는 가시광선 영역에서 green발광 준위와 blue발광 준위를 가지고 있다. 그러나, 발광층의 두께가 30 μ m 이상부터는 발광 특성이 좋지 않아 blue발광 준위로의 이동보다는 green준위로의 이동이 증가 했다.

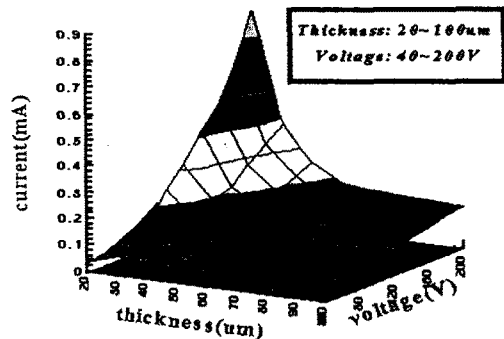


그림 10. 두께 변화에 따른 I-V 특성
Figure 10. I-V properties to thickness variation

그림10은 두께 변화에 따른 I-V 특성을 측정한 것이다. 위에서 측정한 휘도, 스펙트럼, 이동전하밀도 및 전류는 모두 이동한 전자와 밀접한 관련이 있으므로 두께에 따른 전류-전압 곡선도 위의 결과와 일치함을 알 수 있다. 전기적 특성을 파악하기 위한 이동전하밀도와 전류측정에서 캐패시터와 저항의 저주파 특성이 양호하지 못하기 때문에 광학적 측정과는 정확히 일치하지 않았다.

3. 결 론

본 연구에서는 후막 전계발광 소자의 두께변화에 따른 상용주파수(60Hz)에서의 광학적 특성 및 전기적 특성을 고찰하였다. 단일 발광층(형광체+절연체)의 두께를 $20\mu\text{m}$ ~ $100\mu\text{m}$ 까지 변화하여 측정한 결과, 발광층의 두께가 $30\mu\text{m}$ 일 때 가장 좋은 특성을 나타냈다. 이와 같은 결과는 발광을 일으키는 형광체에 가장 높은 전계가 유기되며, 형광체와 절연체 입자들의 접촉 표면적이 최적상태로 존재했던 것으로 사료된다.

결론적으로 본 연구에서는 EL소자를 저 주파수(60Hz)에서 구동시켜 특성을 고찰하였지만, 고 주파수 특성보다 좋지 못함을 알 수 있었다. 더 나아가 EL 소자를 상용주파수로 구동할 수 있다면 더욱 많은 분야의 이용이 가능하리라 생각한다.

본 연구는 원광대학교 공과대학 창업지원센터에 소속된 WDT(Wonkwang Display Technology)와 공동 연구 되었으며, 이에 감사드립니다.

[참 고 문 헌]

- [1] 장진, "평판디스플레이의 원리 및 개발 현황", 전기전자재료, 제 11권 1호, 39~46, 1998
- [2] Destriau, O.W., "EL of crustalline ZnS:Mn powder AC EL devices", Chem. Phys. 33, 586, 1936
- [3] 이종찬, 박용규, 박대회, "ZnS:Cu를 이용한 후막 전계발광 소자에 관한 연구", 전기전자재료학회 춘계학술대회 논문집, pp.121~124, 1998
- [4] 김창홍, 변중홍, "EL형 형광체의 제조에 관한 연구", 과학기술처, 1, 17, 1989
- [5] H.Kozawaguchi, J.Ohwaki, B.Tsujiyama, K.Murase, "Proccsding of the SID", 23, 181, 1982
- [6] D.H.Smith, J.Luminescence, p23, 209, 1981
- [7] S. Asano, N. Yamashita and Y.Ogawa, Phys. Stat. Sol. (b) 118, 89, 1983