

구조 및 두께 변화에 따른 후막 전계발광 소자에 관한 연구

한상무*, 이종찬, 박대희
원광대학교 전기전자공학부

A Study on Powder Electroluminescent Device through Structure and Thickness Variation

Sang-mu Han*, Jong-chan Lee, Dae-hee Park
School of Electrical and Electronic Engineering, Wonkwang University

Abstract - Powder electroluminescent device (PELD) structured conventionally dielectric and phosphor layer, between electrode and their layer fabricated by screen printing, spraying or spin coating method. To promote performance of PELDs, we approached the experiments for different structure and thickness variation of PELD. Thickness variation(30 μ m~130 μ m) was taken. To investigate electrical and optical properties of PELDs, EL spectrum, transferred charge density using Sawyer-Tower's circuit, brightness was measured. Variation of structure in PELDs was as follows:

- WK-1(ITO/BaTiO₃/ZnS:Cu/Silver paste),
- WK-2(ITO/BaTiO₃/ZnS:Cu/BaTiO₃/ZnS:Cu/Silver paste),
- WK-3(ITO/BaTiO₃/ZnS:Cu/BaTiO₃/Silver paste),
- WK-4(ITO /BaTiO₃+ZnS:Cu/Silver paste)

As a result, structure of the highest brightness appeared WK-4 possessed 60 μ m thickness. The brightness was 2719 cd/m² at 100V, 400Hz.

1. 서 론

정보 통신 산업의 비약적인 발달과 함께 각종 디스플레이 소자들에 대한 연구가 급증하고 있다. 특히 디스플레이 소자가 지녀야 할 특성은 고휘도, 대면적, 저소비전력 등이 만족되어야 한다. 이와 같은 성능을 만족시키는 전계발광소자 (electroluminescent device :ELD)는 많은 연구가 진행되고 있다 [1].

본 논문에서는 고휘도의 후막 전계발광소자 (powder ELD)를 구현하기 위하여 형광층과 절연층의 구조 및 두께를 변화시켜 제작하였다. 일반적으로 절연층 및 형광층은 ITO 필름 위에 스크린 프린팅법을 적용하여 층을 형성한다 [2]. 절연체로는 높은 전계밀도를 발생시키기 위하여 유전율이 높은 BaTiO₃를 사용하였고, 형광체로는 에너지 갭[3]이 비교적 커서 여러종류의 발광소자에 이용되는 ZnS에 활성제로 Cu를 첨가한 ZnS:Cu를 사용하였다. 제작된 PELD들의 전기적, 광학적 특성은 EL 스펙트럼, 휘도, 이동전하밀도를 통하여 분석하였다. 또한 고휘도를 갖는 최적의 구조와 두께를 찾았다.

2. 실험

전계 발광현상은 형광체에 전계가 인가될 때 발광하는 것으로, 본 논문에서는 표1에 나타난 것과 같이 평행한 두 전극에 형광층과 절연층이 삽입된 WK-1과 2~3층 구조인 WK-2,3 그리고 형광체와 절연체를 혼합한 WK-4와 같은 4종류의 PELD 제작하였다. 이 구조들에서 투명전극은 ITO필름을 배면전극은 Silver paste를 사용하였다. 형광층과 절연층은 Cyanoresin(CR-S, Shin-Etsu Chemical Co.Ltd)과 N.N-Dimethylformaid(Junsei Chmerical Co. Ltd)를 1:2.5비율로 혼합한 바인더와 ZnS:Cu(Sylvania 99.9%), BaTiO₃(99.9%)를 5:5의 비율로 혼합하여 형광체와 유전체를 각각 이용하였다. 전극사이의 형광층과 유전층은 각각 스펀코팅을 통해 40 μ m 두께로 구성하였다.

제작된 PELD의 EL 스펙트럼(100 V, 400~4000 Hz)은 monochromator를 이용하여 평가하였고, 그림 2와 같은 Sawyer-Tower 회로를 이용하여 소자의 이동 전하밀도를 측정하였다 [4]. 이 회로에서 캐패시터 양단에 걸린 전압을 오실로스코프 Y축에 입력하고 전압을 X축에 입력하면 인가 전압과 측정된 전하량의 관계 도형을 얻을 수 있다. 고휘도를 가졌던 WK-4는 유전체와 형광체를 혼합한 단일 발광층의 두께를 30 ~ 130 μ m 까지 변화시켜서 최적의 두께를 찾았다

표 1. 전계발광소자들의 구조

Table 1. Structure of PELDs

종 류	구 조
WK-1	ITO/BaTiO ₃ /ZnS:Cu/Silver paste
WK-2	ITO/BaTiO ₃ /ZnS:Cu/BaTiO ₃ /ZnS:Cu/Silver paste
WK-3	ITO/BaTiO ₃ /ZnS:Cu/BaTiO ₃ /Silver paste
WK-4	ITO/BaTiO ₃ +ZnS:Cu/Silver paste

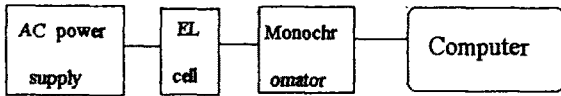


그림 1. EL 스펙트럼 측정 장치도

Figure 1. Block diagram for measuring of EL spectrum

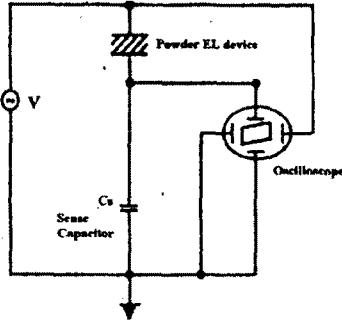


그림 2. 이동전하밀도 측정을 위한 Sawyer-tower 회로

Figure 2. Sawyer-tower's circuit for transferred charge density

3. 실험 결과 및 논의

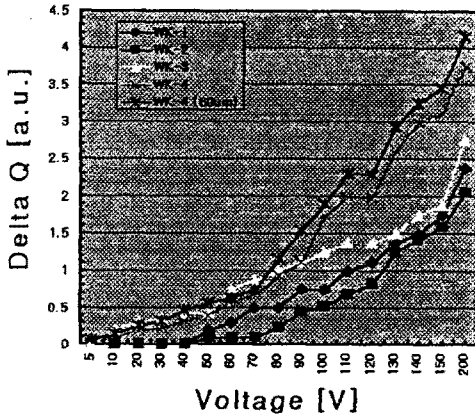


그림 3. 전압 변화에 따른 이동전하밀도

Figure 3. Transferred charge density to voltage variation

그림 3은 Sawyer-tower 회로를 이용하여 인가되는 전압 변화에 따라 이동 전하밀도를 측정된 것이다. 인가되는 전압의 증가에 따라 각각의 구조(WK-1,2,3,4)에 대한 이동전하밀도는 증가했다. 이동전하밀도를 측정된 결과 WK-4가 가장 좋은 특성을 나타냈다. 또한 최대 이동전하밀도를 갖는 WK-4의 최적 두께를 측정된 결과 60 μ m였다. WK-3,4와 두께가 60 μ m인 WK-4의 이동전하밀도를 비교해 보면 70V 이하에서는 증가율이 거의 같았다. 그러나, 층의 두께가 60 μ m일때 PELED는 70V이상에서 이동

전하밀도가 현저하게 증가했다.

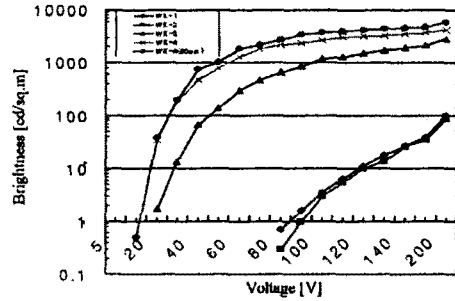


그림 4. 인가전압에 따른 휘도

Figure 4. Brightness to applied voltage

주파수를 400 Hz로 고정하고 인가 전압의 변화(5~200 V)에 따른 PELED의 휘도를 측정하였다. 그림 4는 WK-1,2,3,4의 휘도를 측정된 결과이며, WK-3와 WK-4는 60 V의 저전압에서도 100 cd/m²이상의 높은 휘도를 나타냈다. 또한 가장 높은 이동전하밀도와 휘도를 나타낸 WK-4 모델에서는 최적의 두께인 60 μ m에서 휘도를 측정하였다. 그림 3의 이동전하밀도 결과에서 유추하면 이동전하밀도가 증가되면 발광중심을 충돌 여기시키는 캐리어의 수가 증가되므로 발광휘도는 이동 전하밀도에 비례하여 증가된 것으로 사료된다. 높은 이동전하밀도를 가진 WK-4 (60 μ m)는 100 V, 400 Hz에서 2700 cd/m²의 높은 휘도를 가졌다. PELED에 전압이 인가되면 절연층과 형광층의 계면에 포획되었던 전자가 형광층 내로 터널 주입되고, 이 주입된 전자가 형광층에 걸린 강한 전기장에 의하여 가속된다. 이 가속된 전자가 국소화된 Cu⁺ 발광중심을 충돌 여기 또는 이온화 시키고 여기 전자 또는 이온화된 Cu⁺에 포획된 전자가 바닥상태로 전이되면서 발광한다.

이와 같은 발광 원리를 바탕으로 그림 5,6은 가장 높은 이동전하밀도를 가진 WK-4에 대하여 전압을 100 V로 고정하고 주파수 변화에 따른 EL스펙트럼이다. 스펙트럼에서 대체로 half band width가 gaussian curve와 유사한 형태로 나타났다. 스펙트럼의 피크 파장은 주파수를 증가 시킴에 따라 장파장에서 단파장 쪽으로 이동하고 있음을 볼 수 있다. EL 스펙트럼에서 나타난 바와 같이 Cu에는 두 개의 발광준위가 있고, 주파수가 증가함에 따라 방출되는 광자 에너지가 대체로 green에서 blue 준위로 이동하였다. 이것은 Cu원자 주위의 결정 불안정이 주파수를 높임으로써 점차 정연하여지면서 Cu주위에 영향을 주는 전자의 필드가 약하여지기 때문이라고 추측된다. 여기서 다른 세가지 모델에 비해 WK-4가 EL 스펙트럼 강도도 크고 색상 준위가 넓어 색의 구현에 용이하다는 특성을 찾았다. 그림 5에 나타난 바와 같이 가장 높은 EL Intensity를 가진 WK-4는 발광층의 두께가 60 μ m일때이다.

- [1] A.H. Kitai, "Solid State Luminescence". p159, 1993
- [2] A.Vecht, N.J. Werring, R. Fillis, and P.J.F. Smith, Proceeding of the IEEE, 902, pp.51,1973
- [3] Humbolt w. Leverenz, "An Introduction to Luminescence of Solids". Chap.6 , pp.135,1968
- [4] D.H. Smith, J. Luminescence, p23,209,1981

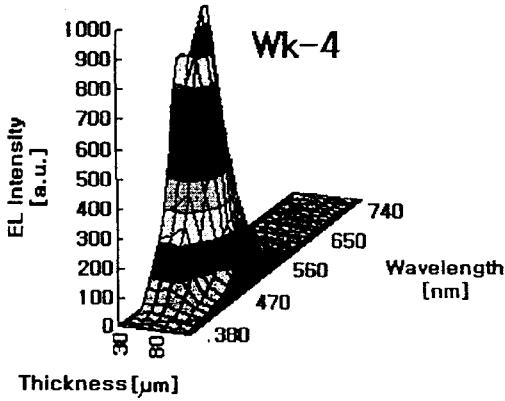


그림 5. 두께 의존에 따른 EL 스펙트럼
Figure 5.EL spectrum dependence of thickness

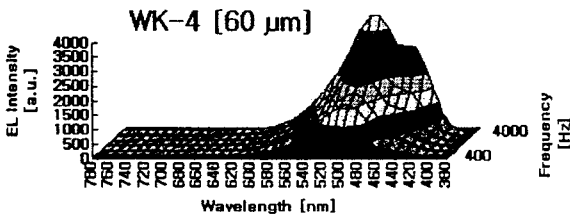


그림 6. 두께가 60μm일 때 EL 스펙트럼
Figure 6.EL spectrum to thickness 60μm

4. 결 과

본 연구에서는 구조가 다른 PELED를 제작하였고, 전기적·광학적 특성 분석을 통해 가장 좋은 특성을 가진 PELED의 구조는 WK-4(ITO/형광체+절연체/전극)모델이었다. 또한 WK-4의 최적의 두께를 찾기 위하여 30~130μm 까지 발광층의 두께를 변화 시켰다. 절연체와 형광체를 혼합한 WK-4에서 발광층의 두께가 60μm일 때 가장 높은 EL 스펙트럼을 가졌다. 이와 같은 결과는 WK-4가 발광을 일으키는 형광체에 가장 높은 전계를 유지하기 때문이다. 특히 WK-4 구조에서 발광층의 두께가 60μm인 PELED가 최고 특성을 가진 원인은 본 실험에서 사용한 형광체와 절연체 입자들의 접촉 표면적이 최적상태로 존재했던 것으로 사료된다.