

유전재료와 후면전극에 따른 저전력 소비형 AC Powder EL 소자 제조 및 광전기적 특성

이강렬 · 박 성[†]

명지대학교 무기재료공학과
(2001년 7월 2일 접수; 2001년 12월 12일 승인)

Preparation and Optoelectric Characteristics of Low Power Consumption Type AC Powder EL Devices with Dielectrics and Rear Contact

Kang Ryeol Lee and Sung Park[†]

Department of Inorganic Materials Engineering, Myongji University, Yongin 449-728, Korea
(Received July 2, 2001; Accepted December 12, 2001)

초 록

AC powder EL 소자를 절연층의 유전재료와 후면전극의 전기비저항을 변화시켜 스크린 프린팅법으로 제조하였다. 제조된 소자의 광전기적 특성을 평가하기 위하여 인가 전압은 50~300 V_{rms}까지 변화시켜 휘도 및 전류밀도를 측정하였다. 주파수 및 전압공급원은 정현파 발생 장치로서 frequency generator를 이용하였다. 휘도는 luminometer 의해 측정되었으며 전류밀도 측정을 위하여 multimeter를 사용하였다. 또한 유전층에 대한 유전율을 후막 제조 후 impedance analyser(HP 4194 A)를 이용하여 측정하였다. TiO₂ 분말을 BaTiO₃에 첨가함에 따라 유전율의 향상으로 초저가형 AC powder EL 소자의 유전층에 적용함으로써 거의 비슷한 전류밀도 하에 50 cd/m² 정도의 향상된 휘도를 얻을 수 있었다. 저전력 소모형 AC powder EL 소자의 유전층에 적용시 상용분말을 이용한 경우보다 용액 연소법에 의해 제조된 BaTiO₃ 분말을 이용한 경우가 더욱 향상된 85 cd/m² 정도의 휘도를 얻을 수 있었다. 또한 후면전극의 전기 비저항을 조절함으로써 AC powder EL 소자의 휘도는 비교적 감소하지만 전류밀도를 낮출 수 있었다.

ABSTRACT

AC powder EL devices were fabricated by screen printing method with the dielectric materials in insulating layer and the electrical resistivity of rear electrode. Brightness and current density were measured at voltage range of 50~300 V_{rms} to estimate optoelectrical properties of AC powder EL devices, respectively. Frequency generator was used as system producing frequency and voltage of a sine wave. Brightness and current density were measured by luminometer and multimeter. Also, dielectric constant for dielectric layer was measured by impedance analyser after preparing thick film. Dielectric constant was improved with amount of TiO₂ to BaTiO₃ powder. By applying such a process to dielectric layer of low cost AC powder EL device, brightness was improved to 50 cd/m² at similar current density. Dielectric constant BaTiO₃ powder by solution combustion process is better than commercial BaTiO₃ powder. By applying to that of low power consumption AC powder EL device, brightness was improved to 85 cd/m². Brightness of AC powder EL device was relatively decreased by control of electrical resistivity of rear electrode, current density was also decreased.

Key words : AC powder EL devices, Screen printing method, Dielectric layer, Contact, Brightness and current density, Optoelectrical properties

1. 서 론

최근 notebook, cellular phone 등 휴대용 통신기기의 초경량화, 초소형화의 기술적 요구는 종전의 대체 표시기인 LCD(Liquid Crystal Display)의 고도 성장을 야기하였고, LCD의 제조장치나 부품 또한 광범위한 기술을 필요로 하고, 새로운 산업분야로써 그 면모를 맞추어 나아가고 있다.¹⁻³⁾ 그

러나 LCD는 자체 발광능력이 없는 비발광형 수광소자로서 어두운 곳에서는 사용하지 못함으로 후면에 부착된 light source인 백라이트가 꼭 필요하다. 이러한 백라이트로는 CCFL(Cold Cathode Fluorescent Lamp), LED, EL 소자 등이 있는데, CCFL의 경우는 매우 밝은 백색광을 제공하며 수명이 비교적 길지만 도광판, 확산필름, 프리즘 필름, 반사 필름, 램프커버 등이 필요하기 때문에 제조공정이 복잡하고 제조단가가 고가이며 두께로 인한 소형의 휴대용 LCD에는 사용 불가능하다. 또한 LED는 유효 발광부의 한계성으로 밝

[†]Corresponding author : spark@mju.ac.kr

기가 균일하지 못하고 두께를 얇게 할 수 없으며 소비 전력이 커짐에 따라 더욱 발열이 많은 등의 단점을 가지고 있다.

한편 ELD(Electroluminescent Devices)는 하나의 면이 전등과 같이 발광하는 평면광원으로 형광체에 직접 전기 에너지를 가하면 가시광선의 빛 에너지로 바뀌는 현상을 이용한 것으로서 1936년 프랑스의 물리학자인 Destriau에 의해 발견된 이후 1973년 Bell 연구소에서 ZnS 모체에 휘토류 금속 원소를 도핑함으로써 다양한 EL 소자의 연구가 수행되었다.^{4,11)} 이러한 EL 소자는 면광원이기 때문에 밝기가 균일하고 광원의 두께가 1 mm 이하로 매우 얇으며 대면적화가 용이하고 모양을 다양하게 할 수 있다. 또한 다양한 컬러를 구현할 수 있고 소비전력이 극히 작으며 열을 발생하지 않는 이유로 현재 핸드폰용 LCD 백라이트로 상용화되고 있으나 구동전압을 낮추는데 한계가 있으며 구동전압의 증가에 따른 누설전류로 인해 큰전력 소모를 야기시킬 수 있다. 제조방법에 따라 구분되는 EL 소자의 종류를 망라하여 이러한 단점을 해결하기 위해 절연층의 유전 재료는 소자의 안정성 및 효율에 절대적으로 영향을 미친다고 보고되고 있으며 절연층에 관한 연구가 많이 진행되어 왔다.^{12,13)}

지금까지 사용되고 있는 유전재료로는 EL 소자의 종류를 망라하여 SiO₂, Si₃N₄, Y₂O₃, BaTiO₃ 등이 있으며¹⁴⁾ 특히 BaTiO₃는 분말을 바인더에 분산시켜 스크린 인쇄하는 AC powder EL 소자의 유전층에 전적으로 사용되어지고 있다. 유전체 layer에 있어서 그 분말의 순도를 높이며 입자크기가 매우 미세하면 같은 조건의 전기 에너지를 가할 경우 발광층에 더 효율적인 전자 주입을 통하여 휘도의 문턱 전압을 낮추고 발광층과 유전체층 사이의 계면에서 적당하게 전하를 trap시킴으로써 누설전류를 줄여 저 전류밀도를 확보할 수 있을 것으로 기대된다. 또한 후면전극의 저항을 높여 전체소자의 전류밀도를 낮추어 같은 전압하에서 적절한 휘도와 이에 따른 전력소모량을 줄임으로써 광고용, 장식용 등 그 용도에 맞추어 구현할 수도 있다.

따라서 본 연구에서는 저온 균일 침전법에 의해 제조된 TiO₂ 분말을¹⁵⁾ 소량 첨가하거나 상용분말을 용액연소법(Solution Combustion Method : SCM)을 의해 제조된 BaTiO₃ 분말로¹⁶⁾ 대체시킴으로써 AC powder EL 소자의 유전층에 적용하고 후면전극으로 이용되는 탄소 paste의 전기비저항을 증가시켜 제조된 AC powder EL 소자에 대한 광·전기적 특성을 고찰하였다.

2. 실험방법

스크린 프린팅하기 적절한 paste를 제조하기 위해 우선 전체 유기 결합체의 양을 100%로 하였을 때 유기 결합체로 이용되는 각 수치 중 polyester의 경우에는 수지를 70 wt%로 고정하고 30 wt%의 용매와 가소제의 함량을 기준으로 하였으며 PVA(Polyvinyl Alcohol) copolymer 유도체의 경

우는 수지를 30 wt%로 고정하고 70 wt%의 용매와 가소제를 넣어 완전 용해를 위해 밀폐 용기에 넣고 12시간 동안 40°C 정도에서 magnetic stirrer를 이용하여 유기 결합체를 제조하였다.

유기 결합체와 형광체 분말(Sylvania, ZnS:Cu)을 인쇄가 용이한 비율로 적정하게 혼합하여 분말이 골고루 잘 분산되도록 혼합기로 약 30분 동안 교반시킨 후 진공으로 탈포하여 발광층 paste를 얻을 수 있었다. 또한 유전체층 형성을 위한 유전층 paste는 각각 상용 BaTiO₃(High Purity Chemicals(이하 HPC), 3 N, 1 μm) 분말에 TiO₂를 첨가하거나 본 연구에서 용액연소법으로 제조한 BaTiO₃ 분말¹⁶⁾과 동일한 유기 결합체를 발광층 paste와 같이 인쇄가 용이한 비율로 적정하게 혼합하여 막대주격으로 잘 저어주어 일차적인 분산이 되게 하였으며, 응집된 결합체와 분말을 다시 약 30분 동안 혼합기로 혼합하여 진공으로 탈포한 후 적절한 유동특성을 지닌 유전체 paste를 제조하였다. 후면전극으로 이용될 탄소 paste의 경우는 전기비저항을 높이기 위하여 절연성 Epoxy 결합체를 첨가하여 약 30분 동안 혼합기로 혼합하여 진공으로 탈포하여 스크린 프린팅하기에 적절한 paste로 3가지 형태의 서로 다른 전기비저항을 갖도록 제조하였다. 이렇게 제조된 각각의 paste를 이용하여 각각의 층을 형성시키기 위해서 제작이 용이한 스크린 프린팅법을 이용하였으며 형광층과 유전층을 인쇄할 때 모두 200 mesh 스크린 프레임을 이용하였다. 후면전극은 탄소 paste를 250 mesh 스크린 프레임을 이용하여 막을 형성하였으며 단자를 형성시키기 위해 Dupont사의 Ag paste를 이용하여 인쇄함으로써 AC powder EL 소자를 제조할 수 있었다.

제조된 AC powder EL Device의 발광 특성을 조사하기 위하여 인가 전압(V_{rms})에 따른 상대 휘도(cd/cm²)와 전류밀도의 변화에 따른 상대 휘도의 변화를 측정하였다. 인가 전압은 50~300 V_{rms}까지 변화시켰다. 주파수, 전압공급원 및 정현파 발생장치로써 전압과 주파수가 각각 0~500 V_{rms} 및 50~20 kHz까지 가변이 가능한 frequency generator(MODEL-F5222)를 이용하였다. 또한 휘도측정을 위하여 luminometer(Denshoku, NL-1)를 이용하였으며 전류밀도 측정을 위하여 multimeter(HP 34401 A)를 사용하였다. 유전층에 이용된 각각의 분말에 유기 결합체로서 polyester와 혼합하여 제조한 paste를 스크린 프린팅법으로 ITO가 코팅된 기판위에 막을 형성시킨 후 전극을 형성시키고 24시간 건조하여 impedance analyser(HP 4194A)를 이용하여 유전율을 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

AC powder EL 소자의 각각의 layer는 유기결합체가 분말입자와 혼합되어 입자들 사이에 충전되고 입자 표면에 부착되어 결합된 상태를 유지시켜 막이 형성되어 진다. 이러한 각 layer 중에서 유전층도 BaTiO₃ 분말과 유기결합체를

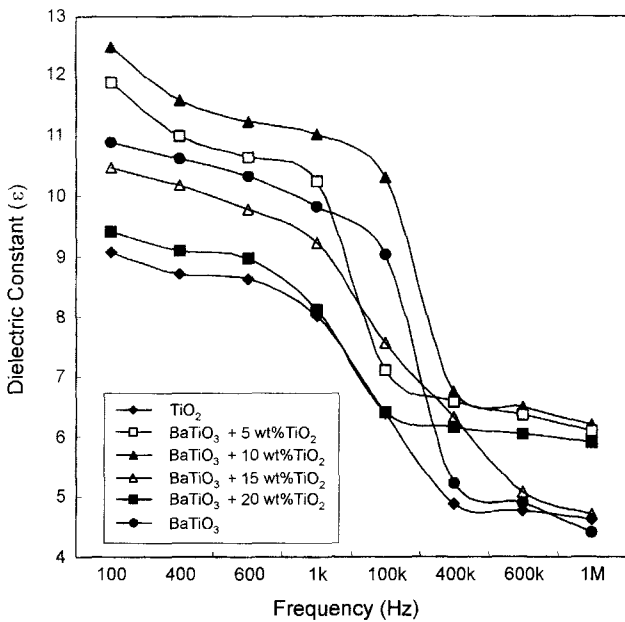


Fig. 1. Dielectric constant as a function of frequency for thick films with TiO_2 additions in BaTiO_3 powder.

혼합하여 막을 형성하는데 유기결합제가 유전체 분말인 BaTiO_3 입자들 사이에 충전되거나 입자표면에 부착되어 결합된 막이 형성될 것이다. 이 때 같은 면적과 두께를 갖는 막을 형성한다고 가정하면 BaTiO_3 입자 크기가 작은 경우보다 큰 경우에 비표면적이 작아져 표면에 부착될 수 있는 유기결합제의 양은 작아지지만 입자가 작은 경우보다 입자 간 내에 충전될 수 있는 공간은 더 커지며 이 공간에 유기결합제가 채워지거나 pinhole이 발생할 수 있는 확률이 커질 것으로 생각된다. 그러므로 이러한 상태의 막의 유전율을 측정한다면 매우 유전율이 낮은 유기결합제로 인해 입자가 커질수록 상대 유전율이 감소된다. 따라서 본 연구에서는 상용분말인 고순도화학사의 BaTiO_3 분말에 저온 균일 침전법으로 제조된 TiO_2 분말의 첨가량에 따라 polyester와 혼합한 paste를 이용하여 초저가형 AC powder EL 소자의 유전층을 형성하였으며 그 특성을 조사하였다.

Fig. 1은 상용분말인 고순도화학사의 BaTiO_3 분말에 저온 균일 침전법에 의해 제조된 TiO_2 분말의 첨가량에 따라 polyester를 혼합하여 제조한 paste를 스크린 프린팅법으로 후막을 제조하여 90°C 로 건조한 후 유전율을 주파수 변화에 따라 측정하여 나타낸 것이다. 400 Hz에서 순수한 BaTiO_3 의 유전율은 11 정도이고 순수한 TiO_2 의 유전율은 8.66 정도였으며 BaTiO_3 에 첨가된 TiO_2 의 첨가량이 증가할수록 유전율이 증가하다가 TiO_2 의 첨가량이 10 wt%를 넘으면 다시 유전율이 감소하였다. 이것은 BaTiO_3 입자들 사이에 충전된 유기결합제에 BaTiO_3 입자보다 작은 초미세 TiO_2 분말 입자가 침입형으로 대체됨에 따라 pinhole의 발생을 억제하

며 TiO_2 자체의 유전율에 따라 형성된 막의 전체 유전율이 향상된 것으로 생각된다. 특히 TiO_2 의 함량이 10 wt% 이하인 경우 저온 균일 침전법으로 제조된 초미세한 입자크기를 갖는 TiO_2 가 거의 유전율 없이 절연효과만을 나타내는 polyester를 대신하여 점도를 증진시키며 BaTiO_3 입자 사이에 침투하여 계면간의 비표면적을 증가시킴으로써 유전율이 향상되었으나, TiO_2 의 함량이 10 wt%를 초과한 경우 입자 크기가 작아짐으로써 계면에 있어서 비표면적은 향상되지만 BaTiO_3 입자 사이에 TiO_2 입자가 침입형으로 차지하여 구성될 뿐만 아니라 TiO_2 분말의 과잉 첨가로 인한 BaTiO_3 입자 site에 TiO_2 입자가 대체됨으로 인해 BaTiO_3 량이 상대적으로 감소함에 따라 BaTiO_3 의 유전율에 영향을 미침으로써 유전율이 감소된 것으로 생각된다. 이러한 소량의 TiO_2 분말을 첨가함에 따라 유전율의 향상으로 소자의 유전층에 적용함으로써 polyester를 유기결합제로 이용한 초저가형 AC powder EL 소자를 제조하였으며 인가 전압에 따른

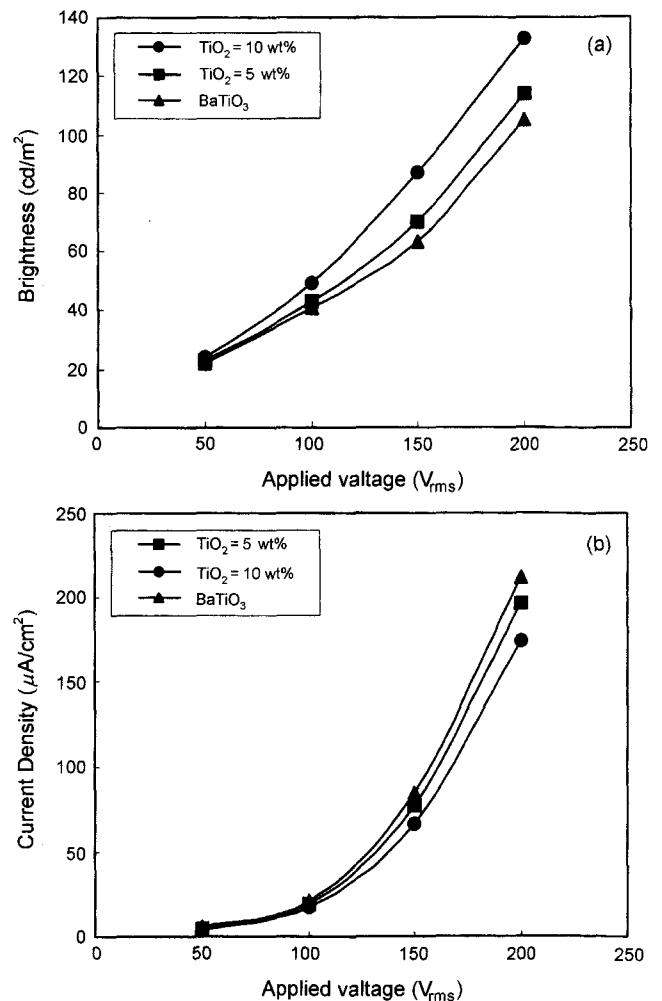


Fig. 2. (a) brightness and (b) current density as a function of applied voltage at 400 Hz for low cost AC powder EL devices with TiO_2 additions in BaTiO_3 powder.

소자의 휘도와 전류밀도를 Fig. 2에 나타내었다. 우선 휘도 면을 살펴보면 인가전압 100 V_{rms} 하에서 순수한 BaTiO₃ 분말을 이용한 경우와 BaTiO₃ 분말에 5 wt%의 TiO₂를 첨가한 경우에는 40 cd/m² 정도의 휘도를 얻을 수 있었고 BaTiO₃ 분말에 10 wt%의 TiO₂를 첨가한 경우에는 50 cd/m² 정도로 휘도가 개선되었으며 또한 인가 전압이 증가하면 각각의 휘도 차이가 더욱더 현저하게 나타나는 것을 볼 수 있다. 이것의 가장 주된 이유로는 유전층의 역할에 따른 것으로 Fig. 1에 나타낸 것과 같이 유전율의 크기 차이에 의한 것으로 생각되며 BaTiO₃ 분말에 10 wt%의 TiO₂ 분말이 첨가된 경우의 휘도가 향상된 것은 유전층 계면의 비표면적이 증가함으로 인해 발광층 계면과의 접촉된 면적이 증가함에 따라 trap된 전자의 여기로 발광하는 carrier의 생성량에 대한 확률이 높기 때문이라고 생각된다. 그리고 전류 밀도 면을 살펴보면 인가전압 100 V_{rms} 하에서 거의 비슷한 전류 밀도를 얻을 수 있었으며 인가전압이 증가함에 따라 전류 밀도의 차이가 나타나기 시작하였다. 또한 순수한 BaTiO₃ 분말을 이용한 경우와 BaTiO₃ 분말에 5 wt%의 TiO₂ 분말을 첨가한 경우를 비교하면 BaTiO₃ 분말에 5 wt%의 TiO₂ 분말을 첨가한 경우 보다 순수한 BaTiO₃ 분말을 이용한 경우의 휘도가 작은 만큼 전류밀도에서는 순수한 BaTiO₃ 분말을 이용한 경우가 더 큰 것을 알 수 있다. 이것은 두 경우에 있어서 유전층의 비표면적에 대한 계면 상태보다는 측정된 유전율의 크기 차이에 의한 것으로 생각된다. 그러나 이 두 가지 경우보다 BaTiO₃ 분말에 10 wt%의 TiO₂ 분말을 첨가한 경우가 휘도에 있어서 더욱 높음에도 불구하고 더 낮은 전류밀도를 얻을 수 있었다.

이것은 layer 형성 시 BaTiO₃ 분말 입자사이에 충전되거나 입자 표면에 부착된 유기결합제인 polyester를 10 wt%의 TiO₂ 분말이 대체됨으로써 스크린 프린팅시 누설전류에 기인하는 pinhole의 생성을 감소시키고 유전층 계면의 비표면적이 증가함으로 인해 발광층 계면과의 접촉된 면적이 증가함에 따라 trap된 전자의 여기로 발광에 기여하는 carrier의 누설량이 감소하였기 때문이라고 생각된다.

Fig. 3은 각각의 상용 분말(High Purity Chemicals : HPC)과 용액연소법으로 제조된 BaTiO₃ 분말에¹⁶⁾ 유기결합제로서 polyester를 혼합하여 제조한 paste를 스크린 프린팅법으로 후막을 제조하여 90°C로 건조한 후 유전율을 주파수 변화에 따라 측정하여 나타낸 것이다. BaTiO₃의 경우 스퍼터링법으로 증착된 박막의 유전율은 400 Hz에서 14 정도의 값으로 보고되고 있는데,¹⁴⁾ 스퍼터링법으로 증착된 박막보다 막의 상태에 있어서 치밀하지 않은 스크린 프린팅법에 의해 형성된 후막의 유전율이 거의 박막 수준에 도달한 12 정도의 유전율을 얻을 수 있었다. 또한 타사의 분말과 비교했을 때 상용분말로서 순도는 3 N이며 평균 입자크기가 1 μm인 고순도화학의 BaTiO₃ 분말과 비교하면, AC powder EL 소자의 구동 주파수는 일반적으로 400 Hz 내외에서 작동하는

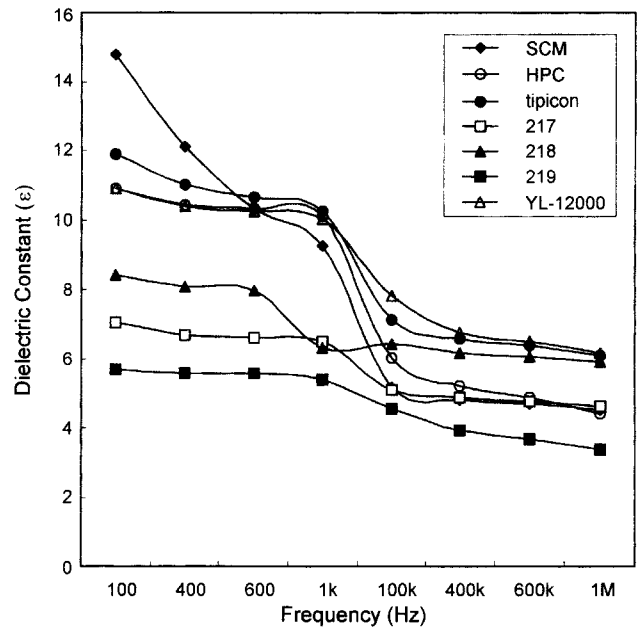


Fig. 3. Dielectric constant as a function of frequency for thick films with various BaTiO₃ powders.

데 상용분말 보다 용액연소법에 의해 제조된 BaTiO₃ 분말이 더욱 우수한 유전율을 얻을 수 있었다. 이것은 용액연소법에 의해 제조된 BaTiO₃ 분말의 입자 크기가 매우 작아짐에 따라 그 비표면적이 커졌기 때문이라고 생각된다. 또한 유기결합제를 polyester가 아닌 상온에서 20 정도의 유전율을 갖는 PVA copolymer 유도체를 이용한다면 유전층의 유전율은 아마도 더욱더 증가할 것으로 사료된다. 이렇게 용액연소법에 의해 제조된 BaTiO₃ 분말과 순도가 3 N 이고 평균입자크기가 1 μm인 고순도화학의 BaTiO₃ 분말을 이용하여 저전력 소모형 AC powder EL 소자의 유전층에 적용하였으며 이에 따른 휘도 및 전류밀도를 Fig. 4에 나타내었다. 이 두 가지 경우를 비교해 보면 인가전압 100 V_{rms} 하에서 상용분말을 유전층으로 이용한 경우는 74 cd/m² 정도의 휘도를 얻을 수 있었고 용액연소법에 의해 제조된 BaTiO₃ 분말을 이용한 경우에는 보다 향상된 85 cd/m² 정도로 휘도를 얻을 수 있었으며 또한 인가 전압이 증가하면 휘도 차이가 더욱더 현저하게 나타나는 것을 볼 수 있었으나 이에 따른 전류 밀도는 상용분말을 유전층으로 이용한 경우나 용액연소법에 의해 제조된 BaTiO₃ 분말을 이용한 경우 모두 거의 동일한 결과를 얻을 수 있었다. 이것의 가장 주된 이유로는 유전층의 역할에 따른 것으로 Fig. 3에 나타낸 것과 같이 유전율의 크기 차이에 의한 것으로 생각되며 저전력 소모형 AC powder EL 소자 제조시 유전층에 이용된 분말에 있어서 상용분말 보다 용액연소법에 의해 제조된 BaTiO₃ 분말을 이용했을 때, 전류밀도의 변화 없이 휘도가 향상된 것은 용액연소법에 의해 제조된 BaTiO₃ 분말의 입자 크기가 상용분말 보다 더욱 작아짐에 따라 유전

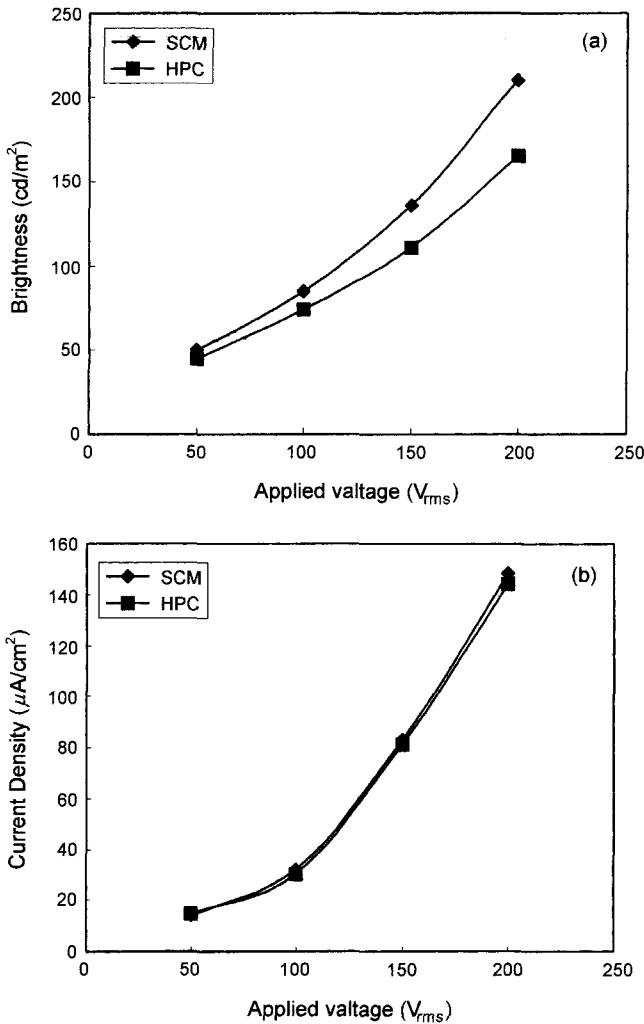


Fig. 4. (a) brightness and (b) current density as a function of applied voltage at 400 Hz for low consumption AC powder EL devices with BaTiO₃ powders.

층 계면의 비표면적이 증가함으로써 발광층 계면과의 접촉된 면적이 증가되어 생성되는 전자가 누설되지 않고 trap된 전자의 여기로 발광하는 carrier의 양이 많기 때문이라고 생각된다.

AC powder EL 소자를 이용하여 각종 응용물에 적용시 소자의 수명은 매우 중요하다. 이러한 수명을 좌우하는 것은 누설 전류로 인해 결정된다. 이러한 누설 전류를 감소시키기 위해 carrier를 발생시켜 이동되는 양을 감소시킴으로써 소자의 열화를 줄이고자 탄소 paste의 전기전도도를 조절하여 AC powder EL 소자를 제조한 후 광전기적 특성을 살펴보았다.

Fig. 5는 탄소 paste의 전기비저항이 조절된 paste를 제조하여 AC powder EL 소자에 후면전극으로 적용했을 때 휘도와 전류 밀도를 나타낸 것이다. 이때 사용한 후면전극 paste는 Dupont사의 탄소 paste이다. Dupont사의 탄소 전극

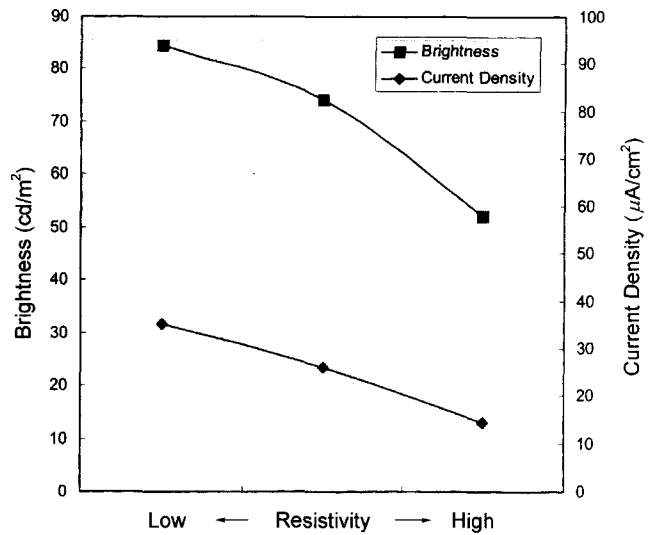


Fig. 5. Brightness and current density as a function of work function of contact in low power consumption AC powder EL devices.

paste 자체에 절연성의 Epoxy 유기 결합제를 첨가함으로써 전기비저항을 증가시킨 paste를 제조하여 AC powder EL 소자에 적용한 결과 휘도는 비교적 감소하지만 누설전류를 낮출 수 있었다. 이것은 절연성 결합제의 양을 증가시킴으로써 후면전극인 탄소층에서 생성된 carrier의 양이 감소되어 자체에 흐르는 전류가 감소됨으로 인해 전체 소자에 흐르는 전류밀도를 감소시켰기 때문이라고 생각된다. 이러한 전류밀도에 대한 누설되는 전류가 감소한다면 AC powder EL 소자의 수명은 더욱더 장기화될 것이다. 따라서 보다 긴 수명과 적절한 휘도를 요구하는 LCD 백라이트 등이나 각종 응용물에 적용이 가능할 것이라고 생각된다.

4. 결 론

400 Hz에서 순수한 BaTiO₃의 유전율은 11 정도이고 순수한 TiO₂의 유전율은 8.66 정도였으며 상용 BaTiO₃ 분말에 첨가된 TiO₂ 첨가량이 10 wt%까지 증가할수록 유전율이 향상되었다. 이러한 소량의 TiO₂ 분말을 첨가함에 따라 유전율의 향상으로 polyester를 유기결합제로 이용한 초저가형 AC powder EL 소자의 유전층에 적용함으로써 거의 비슷한 전류밀도 하에 50 cd/m² 정도의 향상된 휘도를 얻을 수 있었다. 용액 연소법에 의해 제조된 BaTiO₃ 분말의 유전율은 상용분말들과 비교했을 때 제조된 BaTiO₃ 분말이 더욱 우수한 유전율을 얻을 수 있었다. 이렇게 제조된 BaTiO₃ 분말과 상용분말을 이용하여 저전력 소모형 AC powder EL 소자의 유전층에 적용시 광전기적 특성에 있어서 전류밀도의 증가율에 대해 상대적으로 상용분말을 이용한 경우보다 제조된 BaTiO₃ 분말을 이용한 경우가 85 cd/m² 정도로 향

상된 휘도를 얻을 수 있었다. 또한 contact에 있어서 탄소전극 paste의 전기비저항을 조절함으로써 AC powder EL 소자의 휘도는 비교적 감소하지만 전류밀도를 낮출 수 있었다.

REFERENCES

1. S. Matsumoto, *Electronic Display Devices*, Translated by F. R. D. Apps, New York, John Wiley & Sons, 1-15, 1990.
2. 장진, "평판 디스플레이의 원리 및 개발 현황," *전기전자재료*, **11**(1), 39-46 (1998).
3. 김현후, 박대희, "국내 평판 디스플레이(FPD)의 시장 및 기술 동향," *전기전자재료*, **12**(7), 1-6 (1999).
4. G. Destriau, "Electroluminescence of Crystalline ZnS:Cu Powder ACEL Devices," *J. Chem.*, **33**, 587-625 (1936).
5. T. Inoguchi and S. Mito, *Electroluminescence*, Ed. J. I. Panokove (Springer, New York, 1982) Topics in Applied Physics, Vol. 17, pp 197-213.
6. A. G. Fischer, "Electroluminescent Lines in ZnS Powder Particles I. Embedding Media and Basic Observations," *J. Electrochem. Soc.*, **109**(11), 1043-1049 (1962).
7. A. G. Fischer, "Electroluminescent Lines in ZnS Powder Particles II. Models and Comparison with Experience," *J. Electrochem. Soc.*, **110**(7), 733-748 (1963).
9. B. Yoshihide, "Coloring of Powder Type Electroluminescent Device," *Device & Imaging*, **3**, 715-736 (1994).
10. T. Inoguchi, M. Takada, Y. Kakihara, Y. Nakata and M. Yoshida, "Stable High-brightness Thin Film Electroluminescent Panels," *SID 74 Digest*, 88-85 (1974).
11. W. Lehmann, "Investigations on Long Living Destriau Type Electroluminescent Phosphors," *J. of Electronic Materials*, **11**(2), 341-347 (1982).
12. Y. Ono, *Electroluminescence Display*, Ed. H. L. Ong (World Scientific, Singapore. 1995) Series on Information Displays, pp. 63-67.
13. S. K. Tiku, "Choice of Dielectrics for TFEL Displays," *IEEE Trans. Electron Devices*, **ED-24**(1), 105-108 (1984).
14. Y. Ono, *Electroluminescence Display*, Ed. H. L. Ong (World Scientific, Singapore. 1995) Series on Information Displays, p 65.
15. H. D. Nam, B. H. Lee, C. H. Jung, S. J. Kim, J. H. Lee and S. Park, "Preparation of Ultrafine Crystalline TiO₂ Powders from Aqueous TiCl₄ Solution by Precipitation," *Jpn. J. Appl. Phys.*, **37**, 4603-4608 (1998).
16. 박성, 이강렬, "비평형 합성법인 변형된 자발연소 합성법에 의한 EL 소자용 유전체 초미립 분말의 제조방법," 특허번호 10-273721, 2000.