

LCD 백라이트를 위해 스크린 프린팅법으로 제조된 AC Powder EL 소자의 유기결합제와 막두께가 광전기적 성질에 미치는 영향

이강렬 · 박 성[†]

명지대학교 무기재료공학과

(2001년 7월 2일 접수; 2001년 11월 15일 승인)

Effects of Organic Binder and Film Thickness on Optoelectrical Properties of AC Powder EL Devices Prepared by Screen Printing Method for LCD Backlight Applications

Kang Ryeol Lec and Sung Park[†]

Department of Inorganic materials Engineering, Myongji University, Yongin 449-728, Korea

(Received July 2, 2001; Accepted November 15, 2001)

초 록

고효율 AC powder EL 소자를 초저가형과 저전력 소모형으로 분류하여 막의 두께와 제조된 유기결합제에 따라 스크린 프린팅법으로 제조하였다. 제조된 소자의 광전기적 특성을 평가하기 위하여 인가 주파수는 400 Hz~1 kHz, 인가 전압은 50~300 V_{ms} 까지 변화시켜 휘도 및 전류밀도를 측정하였다. 주파수 및 전압공급원은 정현파 발생 장치로서 frequency generator를 이용하였다. 또한 휘도는 luminometer 의해 측정되었으며 전류밀도 측정을 위하여 multimeter를 사용하였다. 초저가형 AC powder EL 소자의 경우에는 가소제를 첨가하지 않고 발광층의 두께는 45~50 μm이며 유전층의 두께는 약 10 μm에서 43 cd/m² 정도의 휘도와 20 μA/cm² 정도의 전류밀도를 얻을 수 있었으며 저전력 소모형 AC powder EL 소자의 경우에는 15 wt%의 가소제 첨가에 발광층의 두께는 45~50 μm이며 유전층의 두께는 15~20 μm에서 74 cd/m² 정도의 휘도와 30~40 μA/m² 정도의 전류밀도를 얻을 수 있었다. 또한 수명시간에 있어서 본 연구에서 제조한 AC powder EL 소자가 타사 제품보다 절대적으로 우수한 특성을 보였다.

ABSTRACT

The high efficient AC powder EL devices classified by low cost and low power consumption type were fabricated using screen printing method with film thickness and organic binder. Brightness and current density were measured at frequency range of 400 Hz ~ 1 kHz and voltage range of 50 ~ 300 V_{ms} to estimate optoelectrical properties of AC powder EL devices, respectively. Frequency generator was used as system producing frequency and voltage of a sine wave. Also brightness and current density were measured by luminometer and multimeter. In the case of low cost type AC powder EL device, brightness and current density were about 43 cd/m² and 20 μA/cm² when the thickness of phosphor and dielectric layer was 45 ~ 50 μm and about 10 μm under no addition of plasticizer, respectively. In the case of low power consumption type AC powder EL device, brightness and current density were about 74 cd/m² and 30 ~ 40 μA/cm² when the thickness of phosphor and dielectric layer was 45 ~ 50 μm and 15 ~ 20 μm under addition of 15 wt% plasticizer respectively. Also, AC powder EL device fabricated in this study showed absolutely excellent characteristics as the lifetime was longer than products of other company.

Key words : High efficient AC powder EL devices, Screen printing method brightness and current density, Optoelectrical properties

1. 서 론

오늘날 정보화 시대에 있어서 인간과 컴퓨터 기기의 인터페이스이며 정보전달 매체로서 평판형 정보 디스플레이 소자는 매우 중요한 역할을 담당하고 있다. 이러한 평판형 정보 디스플레이 소자는 물질 자신이 빛을 방출하지 않는 비

발광형 표시 소자와 자신이 직접 빛을 방출하는 발광형 표시 소자로 구분되는데, 비발광형 표시 소자로는 LCD (Liquid Crystal Display), ECD(Electrochromic Display) 등이 있으며, 발광형 표시 소자로는 PDP(Plasma Display Panel), FED(Field Emission Display), ELD(Electroluminescent Display), LED(Light Emitting Diode) 등이 있다.¹⁻³⁾ 이들 중 LCD에 관한 연구가 가장 많이 이루어지고 있고 생산 수요 또한 가장 많은 편이다. 그러나 LCD는 자체 발

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

광능력이 없는 비발광형인 수광소자 이기 때문에 어둠 속에서 사용 가능하도록 LCD 후면에 부착되는 light source인 백라이트가 꼭 필요하다. 백라이트는 전적으로 LCD의 표시 품질향상에 달려있는데 이것을 위해 고려되어야 할 것은 저 소비전력화, 고휘도화, 박형화, 경량화, 저제조단가 등이 있다. 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, 반사필름, 램프커버 등이 필요하기 때문에 제조공정이 복잡하고 제조단가가 고가이며 두께로 인한 소형의 휴대용 LCD에는 사용 불가능하다. 또한 LED는 유효 발광부의 한계성으로 밝기가 균일하지 못하고 두께를 얇게 할 수 없으며 소비 전력이 커짐에 따라 더욱 발열이 많은 등의 단점을 가지고 있다. 그러나 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 휴대용 LCD 백라이트로서 EL 소자는 새롭게 인식되기 시작되었고 현재 핸드폰용 LCD 백라이트로 상용화되고 있다.

한편, EL이란 하나의 면이 전등과 같이 발광하는 평면 광원으로 형광체에 직접 전기에너지를 가하면 가시광선의 빛에너지로 바뀌는 현상으로써 구동 방법에 따라 AC형과 DC형으로 구분되며 제조방법과 소자구조에 따라 발광체를 유기 결합체에 분산시켜 스크린 프린팅하는 분산형 EL과 박막공정으로 소자를 제조하는 박막형 EL로 구분된다.^{4,6)} 그 중 발광체 분산형 EL 소자는 기존의 CCFL 등이나 LED 등에 비해 밝기가 매우 균일하고 두께가 얇은 특징 때문에 휴대용 LCD의 백라이트로 적당하고, 광고용, 장식용 등 그 응용 범위가 실로 다양하다.⁷⁻¹⁰⁾ 그러나 EL 소자는 비교적 휘도가 낮고 수명이 짧은 문제점에 도달하게 되는데 이러한 문제점을 해결하기 위하여 사용재료와 제조 방법 등의 조사를 통해 EL 소자의 고휘도화 및 장수명화를 실현하는 것은 매우 필수적이며 또한 각 layer 형성을 위한 분말의 결합을 담당하는 유기결합체의 조절로 EL 소자 제조에 적용하는 것은 매우 중요하다.¹¹⁻¹³⁾

따라서 본 연구에서는 사용되는 재료와 제조 방법에 대한 검토를 통해 고휘도화 장수명화를 위한 각 layer 형성에 이용될 paste를 첨가제의 종류 및 량에 따라 제조하고 또한 두께 조절에 따른 AC powder EL 소자를 제조하며 이에 대한 전기·광학적 특성을 평가 및 고찰하였다.

2. 실험방법

AC powder EL 소자의 역학적 지지대 및 발광전면 역할을 하는 기판은 투명 도전막인 ITO가 coating된 flexible한 PET(Polyethylene Terephthalates) film을 사용하였다.

전체 유기 결합체의 양을 100%로 하였을 때 유기 결합체로 이용되는 각 수지 중 polyester의 경우에는 수지를 70 wt%로 고정하고 30 wt%의 용매와 가스체의 함량을 기준으로 하였으며 PVA(Polyvinyl Alcohol) copolymer 유도체의 경우는 수지를 30 wt%로 고정하고 70 wt%의 용매와 가스체의 함량을 기준으로 하여 가스체의 함량에 따라 완전 용해를 위해 밀폐 용기에 넣고 12시간 동안 40°C 정도에서 magnetic stirrer를 이용하여 유기 결합체를 제조하였다.

앞서 제조된 유기 결합체와 형광체인 phosphor 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 고유전율(ϵ)과 광학적 특성이 우수한 BaTiO₃(고순도화학, 3 N, 1 μ m)와 동일한 유기 결합체를 발광층 paste와 같이 인쇄가 용이한 비율로 적정하게 혼합하여 막대주걱으로 잘 저어주어 일차적인 분산이 되게 하였으며, 응집된 분말과 결합체를 다시 약 30분 동안 혼합기로 혼합하여 진공으로 탈포한 후 적절한 유동특성을 지닌 유전체 paste를 제조하였다.

각각의 층을 형성시키기 위해서 제작이 용이한 스크린 프린팅법을 이용하였으며 형광층과 유전층을 인쇄할 때 모두 200 mesh 스크린 프레임을 이용하였다. 후면전극은 Dupont사의 탄소 paste를 250 mesh 스크린 프레임을 이용하여 막을 형성하였으며 단자를 형성시키기 위해 Dupont사의 Ag paste를 후면전극에 이용된 스크린 프레임을 이용하여 인쇄함으로써 AC powder EL 소자를 제조할 수 있었다.

AC powder EL 소자 제조시 건조온도의 최적조건을 확립하기 위하여 유기결합체의 열중량 분석을 행하였으며, 스크린 프린팅된 형광체 분말의 형상과 입자크기 및 전면전극과의 계면특성은 SEM(Scanning Electron Microscope)을 통하여 관찰하였다. 제조된 AC powder EL Device의 발광

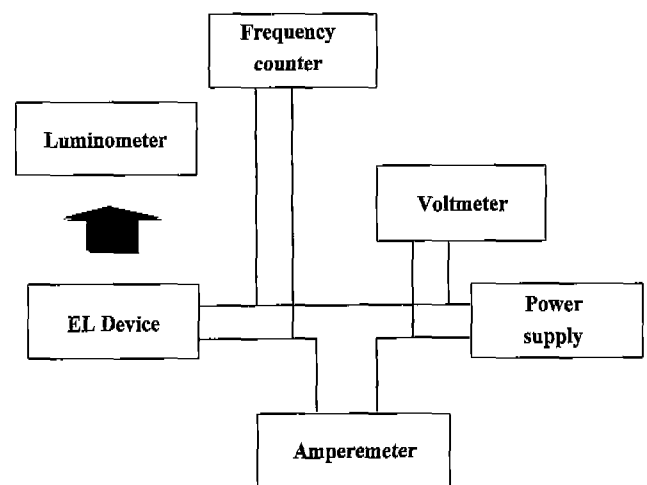


Fig. 1. Measurement system for AC powder EL device.

특성을 조사하기 위하여 인가 전압(V_{rms})에 따른 상대 휘도 (cd/cm^2)와 전류밀도의 변화, 인가 주파수(Hz)에 따른 상대 휘도의 변화를 측정하였다. 인가 주파수는 400 Hz~1 kHz 까지, 인가 전압은 50~300 V_{rms} 까지 변화시켰다. 측정 system은 Fig. 1과 같이 구성하였으며, 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. Fig. 1과 같은 system하에 계속 전원의 상태를 on으로 유지시키며 발광상태를 관찰하였으며 일정한 시간을 겹으로 하여 발광 휘도를 측정 기록하여 타사의 EL 소자와 비교하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 유기 결합제의 열처리 조건 확립

본 연구에서 사용되어진 유기 결합제로는 polyester와 PVA copolymer 유도체를 이용하였다. 각각 형성된 layer의 열처리 온도를 알아보기 위해 polyester의 경우, 수지의 비율은 전체 유기 결합제의 양을 100%로 하였을 때 70 wt%로 하고 나머지 30 wt%는 용매와 가소제를 첨가하였으며 용매와 가소제의 양은 각각 27 wt%와 3 wt%로 혼합·용해시켜 열 중량 분석을 하였으며 Fig. 2에 나타내었다. 또한 PVA copolymer 유도체의 경우에는 제조회사의 data를 참조하였으며 Table 1에 나타내었다.

polyester의 경우는 점성이 큰 액상의 polymer이고 유기결합제 제조시 첨가되어진 30 wt%의 용매와 가소제를 고려한다면 200°C 이하에서의 중량감소는 액상인 polyester 내에 이미 존재하고 있는 용매와 첨가된 용매 및 가소제의 증발에 의한 것이고 200°C 이상에서의 중량 감소는 polyester의 연소에 의한 것으로 사료된다. 또한 polyester는 100°C 이

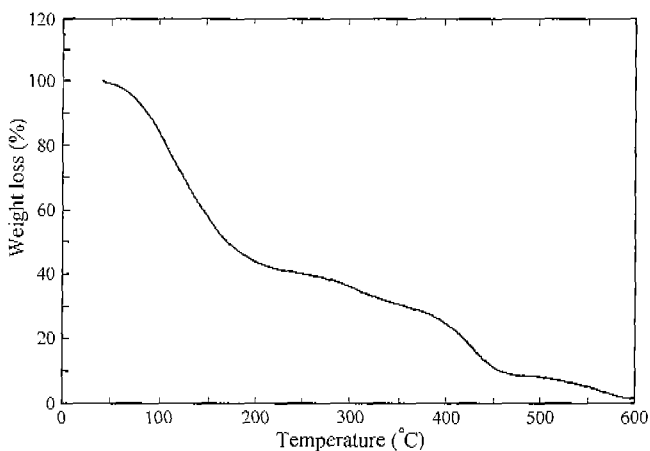


Fig. 2. TGA graph of polyester as organic binder.

Table 1. Basic Physical Properties for Derivative of PVA Copolymer as Organic Binder

Form	-	Granule	
Color	-	Cream to white	
Loss on drying (in package)	%	< 3	
Ash content (as sulfate)	%	< 0.1	
Viscosity*	cP	240 ~ 360	
Nitrogen content	%	11.8 ~ 13	
Film property	Tensile strength	kg/cm ²	300
	Elongation	%	55
Softening temperature	°C	85	
Specific gravity	g/cm ³	1.26	
Refractive index	-	1.499	
Adhesiveness (Cross-cut test)	Aluminium	-	100/100
	PET-ITO	-	98/100

*20%DMF solution at 20°C

상에서 시간에 따라 막 표면의 색깔이 변하기 시작하였다. 이러한 점을 감안하여 100°C 이하의 온도에서 시간을 두어 용매를 증발시킴으로써 flexible 하고 견고한 막이 형성된 것을 확인할 수 있었다. PVA copolymer 유도체의 경우에는 Table 1에서 soften point를 고려했을 때 건조하면서 스크린 자욱이 제거되도록 약 100°C의 온도를 건조 온도로 선택하였다.

3.2. 표면 및 계면의 특성 분석

Fig. 3는 SEM 측정 결과로서 본 연구에서 사용되어진 phosphor 분말의 입자 및 layer을 형성한 경우의 표면과 계면상태를 관찰한 것이다. Fig. 3(a)는 ZnS:Cu 분말이 10~40 μm 까지 고른 분포를 가지며 평균입자크기는 대략 30 μm 정도임을 확인할 수 있다. 또한 Fig. 3(b)는 ITO PET film 위에 형성된 후막의 표면 상태로서 형광체 사이에 pinhole을 관찰할 수 있는데 이것은 전자가 발광에 기여하지 못하고 누설전류의 pass를 제공하는 원인으로서 작용할 수도 있다. Fig. 3(c)는 형성되어진 계면의 단면도를 나타낸 것으로서 두께는 약 45 μm 정도이고 phosphor 입자가 // layer로 나란히 정렬되어 있으며 유기 결합제가 phosphor 입자를 둘러싸거나 충전되어 있는 것을 관찰할 수 있다. 이 단면도와 같이 스크린 프린팅할 때 발생하는 pore로 인하여 유기 결합제가 발광층에 완전히 충전되지 않고 pinhole이 발생되면 후면전극(탄소 전극) 형성시 프린팅하는 모든 재료가 용매에 용해된 액상의 paste이므로 스크린 프린팅 후 건조시 탄소입자가 발광층 안으로 확산하는 것을 용이하게 하며 이로 인한 전면전극(ITO 전극)과의 short 현상으로 EL 소자의 작동이 불가능하거나 상당한 누설전류의 발생으로 인하여

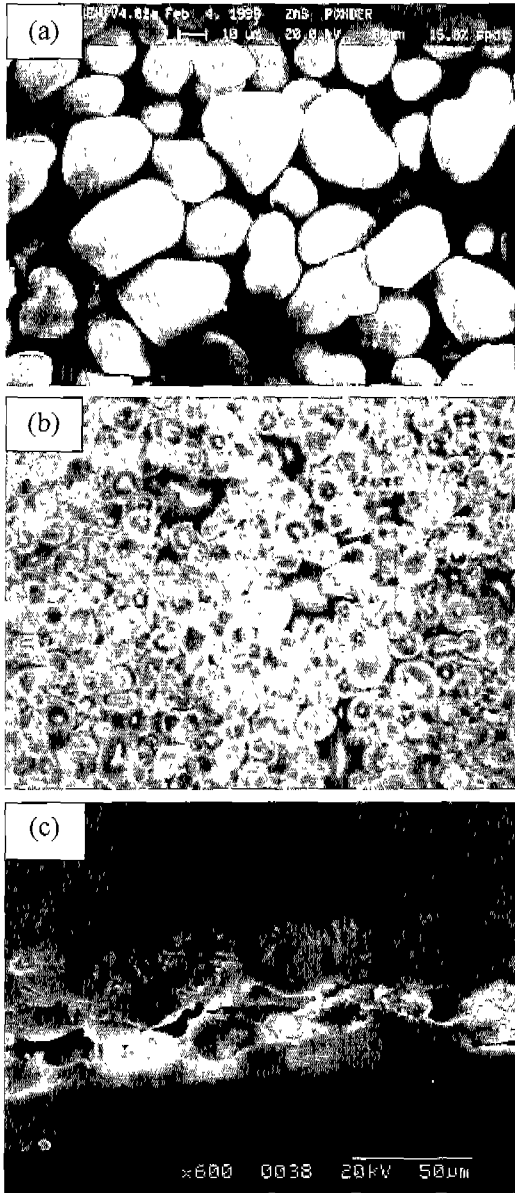


Fig. 3. SEM Photographs of (a) ZnS:Cu powder, (b) surface structure and (c) cross section of phosphor layer prepared by screen printing method.

그 소자의 수명이 짧아지기 때문에 유기 결합제가 phosphor 입자를 둘러싸고 pinhole 없이 충전이 잘 된 발광층을 형성하는 것은 매우 중요하다.

3.3. 제조된 AC Powder EL 소자의 광전기적 특성

유기 결합제로 이용되는 각 수치 중 polyester의 경우에는 수치를 70 wt%로 고정하고 30 wt%의 용매와 가소제의 함량을 기준으로 하였으며 PVC copolymer 유도체의 경우는 수치를 30 wt%로 고정하고 70%의 용매와 가소제의 함량을 기준으로 하여 가소제의 함량에 따라 발광층 paste를 제조

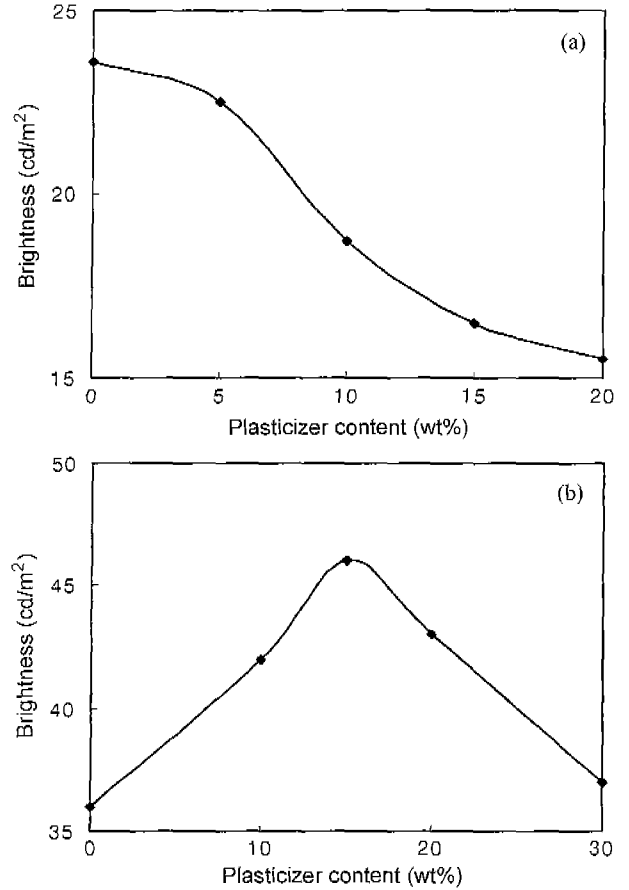


Fig. 4. Brightness as a function of plasticizer content when only forming phosphor layer at 100 V_{rms} and 400 Hz. (a) polyester and (b) derivative of PVA copolymer as organic binder.

하였다. 이렇게 제조된 paste를 이용하여 ITO PET film 위에 발광층만을 프린팅한 후 후면 전극(AI 전극)을 형성하였으며 인가전압은 100 V_{rms}, 주파수는 400 Hz로 고정하고 가소제의 함량에 따라 발광층 자체에서 발생하는 휘도를 측정하여 Fig. 4에 나타내었다. Fig. 4(a)는 polyester를 유기결합제로 이용하여 제조된 발광층의 가소제 첨가량(0~20 wt%)에 따른 휘도를 나타낸 것이며 Fig. 4(b)는 PVA copolymer 유도체를 유기 결합제로 이용하여 제조된 발광층의 가소제 첨가량(0~30 wt%)에 따른 휘도를 나타낸 것이다. Fig. 4(a)의 경우는 가소제의 양이 증가함에 따라 그 휘도가 감소되었으며 Fig. 4(b)의 경우는 가소제의 첨가량이 15 wt% 이하까지 휘도가 증가하다가 15 wt% 이상에서는 감소되는 것을 알 수 있었다. 일반적으로 가소제는 side chain이 많아서 첨가량이 적을수록 가소화 효율은 떨어지지만 전기절연성이 향상되며 첨가량이 많을수록 전기절연성이 감소하는데 이것은 물질내에 carrier의 이동을 가소제가 도와주어 나타나는 현상으로 보고되고 있다.^{14,15)} 따라서 가소제가 polymer 내의 사슬 구조에 침투하여 polymer 간의 인력을 약화시켜

flexible한 효과를 얻을 수 있으나 건조 후에도 완전히 증발되지 않고 잔류되어 polymer 구조를 팽윤시킴으로써 누설 전류의 pass를 제공하고 전자의 trap center로 작용하여 여기되는 전자를 포획하기 때문에 가소제의 함량이 증가할수록 휘도가 감소된 것으로 사료된다. 그러나 Fig. 4(b)의 경우에서 첨가된 가소제의 양이 15 wt% 이하까지는 휘도가 증가하다가 15 wt% 이상에서는 감소되는 것은 PVA copolymer 유도체가 고상으로 되어 있기 때문에 0~15 wt%의 가소제를 첨가하여 paste를 제조한 후 스크린 프린팅하는 과정에서 polymer을 녹이기 위해 사용된 용매의 휘발로 인해 형성된 막의 상태가 비교적 pinhole이 많은 상태로 제조되어 누설전류의 pass를 제공하는 동시에 전자의 trap center로 작용하여 여기되는 전자를 포획하기 때문이라고 생각된다. 즉, 0~15 wt%의 가소제를 첨가한 경우에는 기하학적으로 프린팅에 의해 형성된 layer의 상태가 양호하지 않기 때문이라고 생각된다. 따라서 본 연구에서는 AC powder EL 소자 제조시 polycster를 유기 결합체로 이용한 경우에는 가소제를 첨가하지 않았으며 PVA copolymer 유도체를 유기결합체로 이용한 경우에는 15 wt%의 가소제를 첨가하여 paste를 제조하였다.

Fig. 5는 발광층의 두께에 따른 휘도를 나타낸 것이다. 유기결합체로서 polyester와 PVA copolymer 유도체를 이용한 모든 경우 layer의 두께가 증가함에 따라 휘도는 증가하다가 감소하였다. 이것은 발광층 두께 증가에 따른 에너지 장

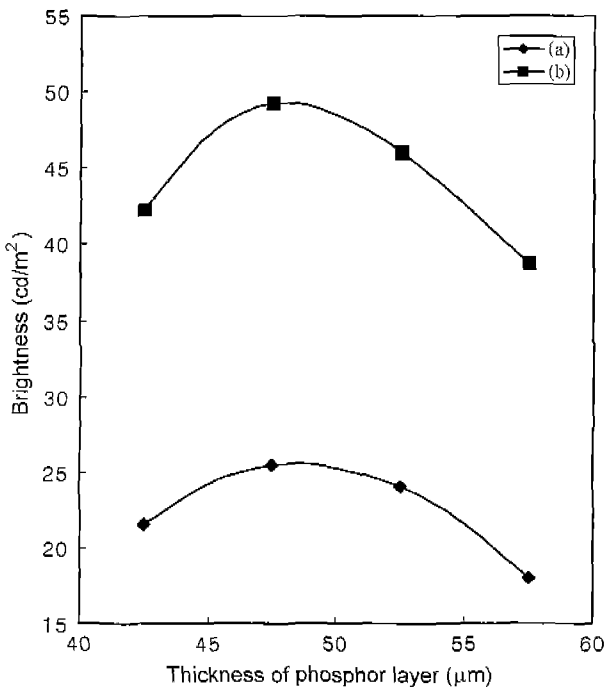


Fig. 5. Brightness as a function of phosphor layer thickness when only forming phosphor layer at 100 V_{rms} and 400 Hz. (a) polyester and (b) derivative of PVA copolymer as organic binder.

벽의 증가로 해석 될 수 있다. 발광층의 두께가 증가할수록 에너지 장벽이 커지므로 특정 전류밀도를 얻기 위해서는 전기장이 증가되어야 한다. 따라서 일정 두께 이상이 되면 터널링 효과가 감소하게 됨에 따라 휘도가 감소되었으며 너무 얇게 발광층이 형성되면 pinhole이 발생하여 누설전류의 증가와 더불어 전자의 trap center로 작용하여 여기되어 발광에 기여하는 전자를 포획하기 때문에 휘도가 감소된 것으로 생각한다. Fig. 5에 나타낸 바와 같이 적절한 발광층의 두께는 45~50 μm 정도였으며 polyester를 유기 결합체로 이용한 경우에는 25 cd/m² 정도의 휘도를 얻을 수 있었고 PVA copolymer 유도체를 유기결합체로 이용한 경우에는 48 cd/m² 정도의 휘도를 얻을 수 있었으며, 발광층의 두께를 45~50 μm로 기준할 때 그 두께가 증가하거나 감소할수록 휘도의 감소폭이 커짐을 알 수 있었다.

ZnS:Cu 활성층 위에 유전층이 형성된 AC powder EL 소자의 구동전압을 낮추기 위해서는 고유전율을 지닌 물질의 선택으로서 유전상수(ε) 값을 증가시키고 두께를 감소시켜 유전층에서 생기는 전압강하를 가능한 낮추어야 한다. 그러나 유전층을 얇게 형성하는 경우 pinhole이 발생하여 누

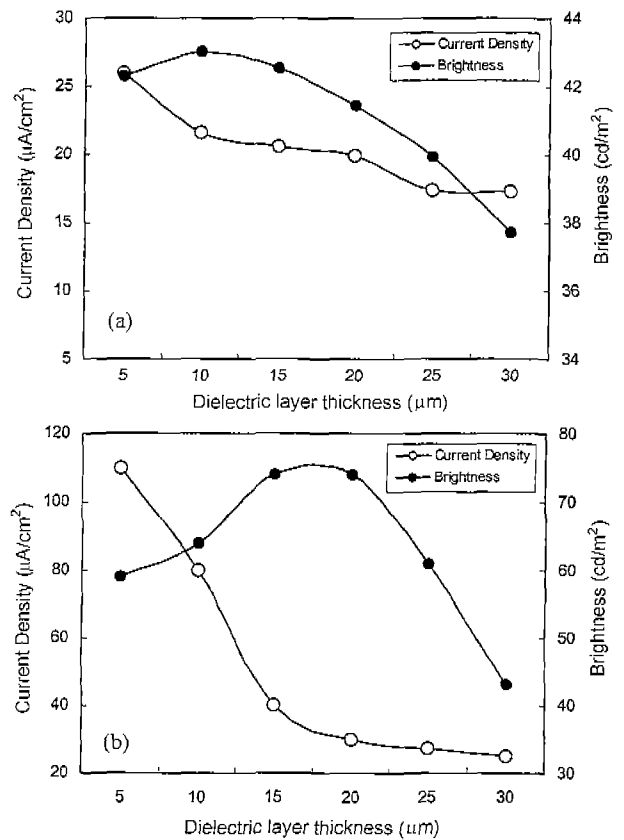


Fig. 6. Brightness and current density as a function of dielectric layer thickness at 100 V_{rms} and 400 Hz for AC powder EL devices. (a) polyester and (b) derivative of PVA copolymer as organic binder.

설전류의 증가와 후면전극(탄소전극)이 발광층으로 확산됨에 따른 소자의 breakdown을 야기하기 쉽고 반면 두께가 두꺼운 경우는 기하학적으로 발생하는 정전용량의 감소로 인하여 휘도 감소를 유발할 수 있다. 따라서 발광층의 두께가 일정하게 고정된 경우(45~50 μm) 유전율이 높은 유전체 분말을 이용하여 스크린 프린팅하였을 때, 적절한 박의 두께를 유지함으로써 유전층에서의 전압강하를 감소시켜 EL 소자의 휘도 및 누설전류를 최적화시킬 수 있다. Fig. 6은 유전층 두께에 따른 휘도 및 누설전류의 측정 결과로써 polyester를 유기 결합체로 이용한 경우에서 이상적인 유전층의 두께는 10 μm 내외가 적당하였으며 43 cd/m^2 정도의 휘도와 21 $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ 정도의 누설 전류 밀도를 얻을 수 있었고 PVA copolymer 유도체를 유기결합체로 이용한 경우에서 이상적인 유전층의 두께는 15~20 μm 정도가 적당하였으며 74 cd/m^2 정도의 휘도와 30~40 $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ 정도의 전류 밀도를 얻을 수 있었다. 그리고 Fig. 6(a)의 경우에서 유전층의 두께가 감소할수록(10 μm 미만) 전류밀도가 증가하며, 유전체의 두께가 증가할수록(15 μm 이상) 휘도 감소의 경향이 커짐을 알 수 있고 Fig. 6(b)의 경우에서도 유전층의 두께가 감소할수록(15 μm 미만) 전류밀도가 증가하며 유전체의 두께가 증가할수록(20 μm 이상) 휘도 감소의 경향이 커짐을 알 수 있다. 이것은 Fig. 5의 분석과 마찬가지로 유전층의 두께가 너무 얇게 형성되면 pinhole이 증가하여 누설전류의 증가와 더불어 전자의 trap center로 작용하여 여기되어 발광에 기여하는 전자가 포획됨으로 비교적 휘도는 감소되고 누설 전류는 증가하며, 유전층의 두께가 증가할수록 기하학적으로 발생하는 정전용량의 감소와 에너지 장벽이 커지므로 특정 전류밀도를 얻기 위해서는 전기장 또한 증가되어야 함으로 일정 두께 이상이 되면 터널링 효과가 감소하게 됨에 따라 누설전류와 휘도가 모두 감소된 것으로 생각된다. 또한 Fig. 6(a, b)에서 현저한 휘도와 누설전류의 차이를 볼 수 있는데 이것은 유기결합체로서 이용된 polyester와 PVA copolymer 유도체의 유전율의 차이 때문이다. polyester의 경우는 상온에서 2~3 정도의 유전율을 갖으며 PVA copolymer 유도체의 경우는 상온에서 20 정도의 유전율을 갖는다. 유전율로 인하여 전자가 발광층 내에서 trap되어 여기됨으로써 발광 중심과 재결합하는데 이러한 전자의 수가 확률적으로 많기 때문이라고 생각된다.

Figs. 7, 8은 주파수 400 Hz 하에서 인가전압을 50~300 V_{rms} 까지 변화시키고, 인가전압 100 V_{rms} 하에서 주파수를 400~1000 Hz까지 변화시켰을 때 측정된 상대 휘도를 인가 전압 및 주파수에 따라 각각 나타낸 것이다. Fig. 7에서 발광 휘도는 인가 전압이 증가함에 따라 지수함수적으로 증가함을 나타내었고 Fig. 8에서 발광휘도는 인가 주파수에 따라 증가하다가 어느 정도의 주파수부터 더 이상 증가하지 않고 비교적 일정한 값을 유지하였다.

Fig. 7의 측정 결과에서 전압의 증가에 따른 휘도의 지수

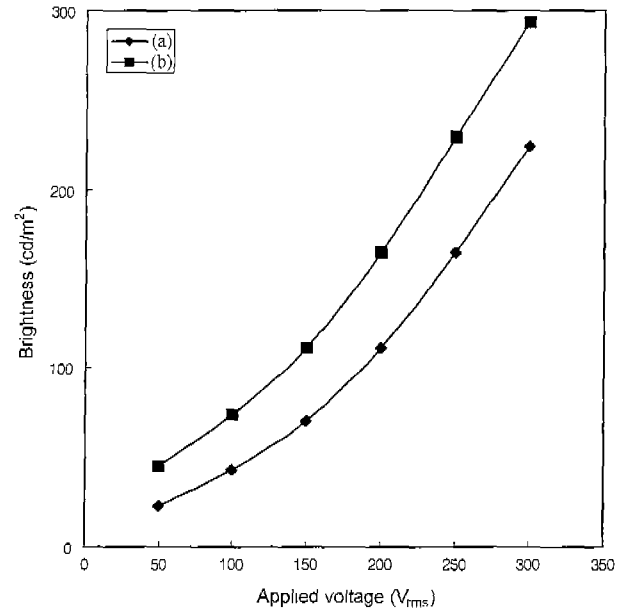


Fig. 7. Brightness as a function of applied voltage at 400 Hz for AC powder EL devices. (a) polyester and (b) derivative of PVA copolymer as organic binder.

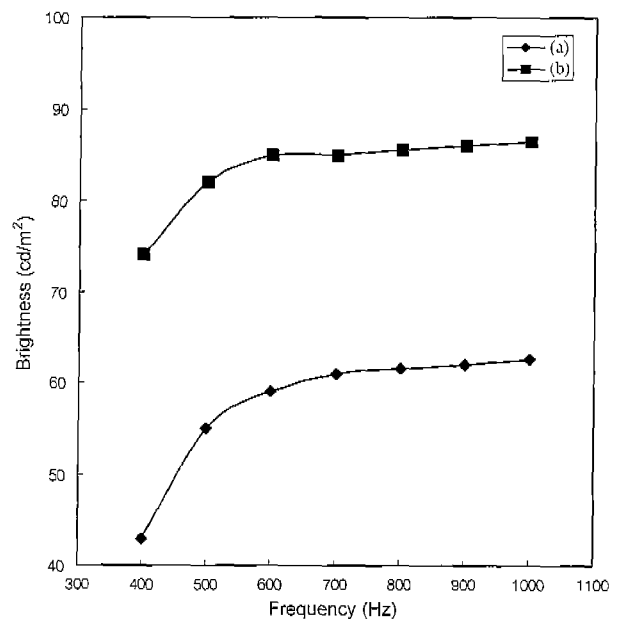


Fig. 8. Brightness as a function of frequency at 100 V_{rms} for AC powder EL devices. (a) polyester and (b) derivative of PVA copolymer as organic binder.

함수적인 증가는 전압의 증가에 따른 carrier의 주입량의 증가로 인한 것으로 생각되며 전압 의존성을 볼 때 carrier의 주입은 다음의 Fowler-Nordheim 식을 따르는 것으로 사료된다.

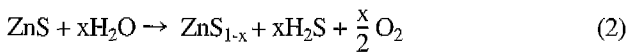
$$I = AE^2 \exp(-B/E) \quad (1)$$

여기서 I 는 전류, E 는 전계, A 와 B 는 상수이다.

또한 Fig. 8의 주파수 증가에 따른 휘도의 변화 경향은 극성 반전의 증가에 따른 재결합의 증가로 재결합 방사 효율이 증대되기 때문이라고 생각되며 600 Hz 이상에서는 거의 휘도의 변화가 나타나지 않는데 이것은 주파수가 증가하면 형광체 입자에서 schottky barrier를 극복하여 CuS로부터 ZnS로 주입되는 carrier의 움직임이 빨라져서 주파수에 따른 유전손실이 증가되어 소자의 열화에 영향을 미치기 때문이라고 생각된다. 따라서 주파수가 1000 Hz 이상이 가해 진다면 이러한 유전손실의 증가로 인하여 휘도가 더욱더 감소될 것으로 사료된다. 실험 결과에 따르면 400 Hz에서 polyester를 유기결합제로 이용하여 제조된 초저가형 AC powder EL 소자의 경우에는 44 cd/m^2 정도이고 PVA copolymer 유도체를 유기 결합제로 이용하여 제조된 저전력 소모형 AC powder EL 소자의 경우에는 74 cd/m^2 정도의 발광 휘도를 보였으며 유전손실을 고려하면 400~1000 Hz의 주파수에서 소자를 구동시키는 것이 바람직한 것으로 사료된다.

AC powder EL 소자는 습기, 먼지 등의 오염에 대해 매우 취약하다.

특히, H_2O 는 다음과 같이 형광체와 반응하여 그 수명을 감소시키는데 결정적인 영향을 준다.



H_2O 와의 반응에 의해 ZnS 결정에서 S가 빠져나가버리기 때문에 형광층의 모체 역할을 하는 ZnS의 결정성이 상실되어 형광체로써의 기능을 잃어 버리며 H_2O 에 함유되어 있는 O_2 , CO 또는 일반적인 대기오염물과 같은 전기화학적으로 활성적인 기체들로 형광체 조성의 변화에 영향을 준다. 또한 ZnS와 유전층의 계면에 H_2O 가 스며들어가면 ZnS에서의 hot electron에 의해 전리되어 H_2 와 OH 로 된다. 이와 같은 과정으로 발생된 H_2S 가스는 층간을 분리하여 암점으로 작용하게 되어 성능 열화의 원인이 된다. 따라서 본 연구에서는 microencapsulation된 ZnS 분말(Type 20)를 이용하여 H_2O 와 형광체와의 접촉을 줄일 수 있을지의 여부를 수명 테스트로 확인해 보고자 하였다. 수명측정은 frequency generator를 이용하여 $100 \text{ V}_{\text{rms}}$, 400 Hz의 구동조건으로 수행하였고, 휘도가 초기 휘도치의 1/2로 감소되는데 소요된 시간을 수명시간으로 선택하였으며 Fig. 9에 시간에 따른 휘도변화를 타사의 EL 소자와 비교하였다. Fig. 9와 같이 본 연구에서 제조된 AC powder EL 소자는 PVA copolymer 유도체를 유기결합제로 이용하여 저전력 소모형을 목적으로 제조된 소자이며 그 수명은 1020시간으로 A사 제품의 900시간 정도보다 길었으며, B사 제품도 수명이 900시간 정도로써 본 연구에서 제조한 AC powder EL 소자가 절대적으

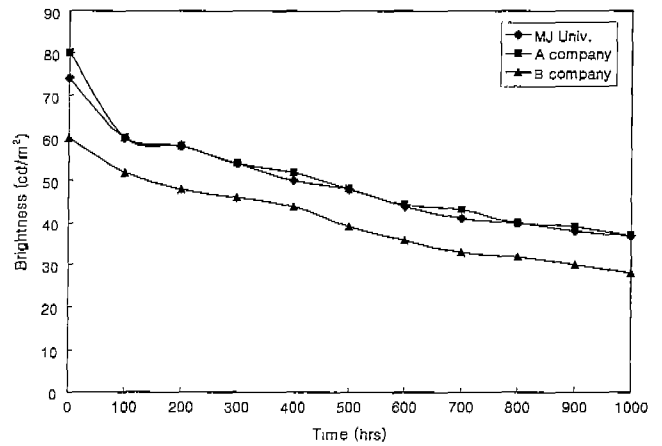


Fig. 9. Comparison of brightness change as a function of time at $100 \text{ V}_{\text{rms}}$ and 400 Hz between AC powder EL device fabricated in this study and other EL devices.

로 수명부분에서 우수한 특성을 보이는 것을 알 수 있었다. A사 제품은 최고 85 cd/m^2 까지 보고된¹⁶⁾ green 형광체를 이용한 반면 본 연구에서 제조된 AC powder EL 소자는 최고 70 cd/m^2 까지 보고된¹⁶⁾ blue-green 형광체를 이용했기 때문에 초기 휘도는 A사 제품이 높게 나타났다. B사 제품은 blue-green 형광체를 이용했지만 휘도가 본 연구에서 제조된 AC powder EL 소자에 비해서 15 cd/m^2 정도 낮게 나타나는 것을 알 수 있었다. 또한 본 연구에서는 frequency generator를 이용하였는데 인버터를 이용한 경우에는 사용재료에 따라서 조건이 조정되므로 수명이 일반적으로 2.5배가 된다. 따라서 본 연구에서 제조한 AC powder EL 소자를 인버터로 구동시킬 경우 약 2500시간 이상의 수명을 얻을 것으로 생각된다. 또한 본 연구에서 제조된 AC powder EL 소자의 전류밀도를 A사 제품 및 B사 제품과 비교하여 Table 2에 나타내었다. 전류밀도 부분에서는 A사 제품보다 초기에는 높았지만 100시간 후에는 거의 같은 경향을 보였으며 B사 제품과 비교했을 경우 B사 제품의 전류밀도가 거의 3배 이상이나 높지만 휘도에 있어서 본 연구에서 제조한 AC powder EL 소자와 비교해 볼 때 현저히 낮은 것을 알 수 있었다. 이것은 결국 동일한 전압하에서 구동하게 될 때 소비전력이 본 연구에서 제조한 소자보다 더 높다는

Table 2. Comparison of Characteristics between AC Powder EL Device Fabricated in this Study and Other EL Devices

	Brightness (cd/m^2)			Current Density ($\mu\text{A/cm}^2$)		
	Initial	24 hrs	100 hrs	Initial	24 hrs	100 hrs
MJ Univ.	74	70	60	30	30	20
A Company	80	74	60	18	18	19
B Company	59	54	52	110	70	85

것을 의미한다. 그러므로 본 연구에서 제조한 AC powder EL 소자에 있어서 polyester를 유기결합체로 이용하여 제조된 소자의 경우에는 초저가형의 EL 소자로서 일회용으로 쓰여지는 광고물이나 카드의 장식 등에 적용될 수 있을 것이며 PVA copolymer 유도체를 유기결합체로 이용하여 제조된 소자의 경우에는 소비전력차원에서 일본제품과 거의 유사한 특성을 나타내고 A사의 제품에 비하여 1/3 정도의 전력 소비율을 가진 저소비전력의 경제적인 소자이며 휴대폰 등과의 LCD 백라이트로서 충분히 사용 가능할 것으로 생각된다.

4. 결 론

AC powder EL 소자 제조시 polyester를 이용한 경우, 즉 초저가형 AC powder EL 소자의 경우에는 43 cd/m^2 정도의 휘도와 $20 \mu\text{A/cm}^2$ 정도의 전류밀도를 얻을 수 있었으며 PVA copolymer 유도체를 이용한 경우, 즉 저전력 소모형 AC powder EL 소자의 경우에는 74 cd/m^2 정도의 휘도와 $30\sim 40 \mu\text{A/m}^2$ 정도의 전류밀도를 얻을 수 있었다. 인가 전압과 주파수 변화에 따른 휘도 특성 면에 있어서 비교적 고전압에서도 누설되는 과전류로 인한 breakdown이 일어나지 않고 휘도는 향상되었으며 주파수가 증가함에 따라 휘도는 증가하다가 어느 정도의 주파수부터 일정한 값을 유지하였다. 또한 수명시간은 1020시간으로 A사 제품의 900시간 정도보다 길었으며 B사 제품은 900시간 정도로써 본 연구에서 제조한 AC powder EL 소자가 절대적으로 우수한 특성을 보였다.

REFERENCES

1. S. Matsumoto, *Electronic Display Devices* (Translated by F. R. D. Apps, New York, John Wiley & Sons, 1-15 (1990).
2. A. Lee, *Information Display*, Society for Information Display, **13**(10), 12-17 (1997).
3. J. Hallet, *Information Display*, Society for Information Display, **14**(1), 24-27 (1998).
4. T. Inoguchi and S. Mito, *Electroluminescence*, ed. J. I. Panokove (Springer, New York, 1982) Topics in Applied Physics, Vol. 17, pp 197-213.
5. Y. Ono, *Electroluminescence Display*, ed. H. L. Ong, World Scientific, Singapore, Series on Information Displays, 25-48 (1995).
6. Press Journal, '90 Electronic Devices for Thin Film Applications, Market & Technology, 209-241, 1990.
7. A. G. Fischer, "Electroluminescent Lines in ZnS Powder Particles I. Embedding Media and Basic Observations," *J. Electrochem. Soc.*, **109**(11), 1043-1049 (1962).
8. 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. K. N. Talyler, "A Mechanism of Field Quenching in Zinc Sulfide Phosphors," *J. Phys. Chem.*, **23**, 56-71 (1962).
11. Philips, "The Electroluminescence of ZnS Type Phosphors," *Philips Res. Rep.*, **11**, 353-399 (1956).
12. 형광체농학회편, 형광체 핸드북, 오음사, 310-329, 1987.
13. W. Lehmann, "Investigations on Long Living Destriau Type Electroluminescent Phosphors," *J. of Electronic Materials*, **11**(2), 341-347 (1982).
14. J. K. Sears and J. R. Darby, *The Technology of Plasticizers* (wiley and Sons, New York, 1982).
15. P. F. Bruins, *Plasticizer technology* (Reinhold Pub. Corp., New York, 1965).
16. Sylvania Phosphors and Chemicals, *Electroluminescent Devices and Phosphors*, Product Marketing Newsletter, **3**(4), 2 (1992).