

MgO 및 ZnO 코팅에 따른 ZnS:Ag 청색 형광체의 저전압 음극선 발광특성

논문
12-8-6

Low Voltage Cathodoluminance Properties of ZnS:Ag Blue Phosphor Coated with MgO and ZnO

음현중*, 이임렬*

(Hyun-Joong Yeum* and Rhim-Youl Lee*)

Abstract

The P22 blue phosphor of ZnS:Ag was coated with MgO and ZnO in order to improve the low voltage cathodoluminance (CL) properties required in field emission display. The solution of magnesium ethoxide diluted in 2-methoxy ethanol was used for MgO coating. For the ZnO coating, the mixed solution of zinc acetate dihydrate, iso-propyl alcohol and water was used. The coating structures were identified to be the crystalline phases of MgO and ZnO. They had fine particle-like shape and were distributed on the surface of phosphor. It was found that the CL efficiency of ZnS:Ag phosphor were significantly increased after coatings in low voltages below 10 kV. But the small side-peak at 530 nm wavelength in addition to the main peak at 450 nm was observed in the emission spectrum after coatings. This resulted in the slight change in the color chromaticity. However, this side peak and the change in chromaticity value were decreased with increasing voltages. The aging test showed that the brightness was halved after the accumulated charge dose of 25 C/cm² for coated and non-coated samples.

Key Words(중요용어) : FED(전계 방출 디스플레이), Phosphor(형광체), Coating(코팅) Cathodoluminance(음극선 발광), Efficiency(효율), Brightness(휘도), Chromaticity(색도), Emission spectrum(발광 스펙트럼), Aging(에이징), Charge dose(전하량)

1. 서 론

전계 방출 디스플레이(field emission display, FED)는 CRT(cathode ray tube)와 동일한 구동원리로 정보와 영상을 표시할 수 있는 차세대 평판 디스플레이(flat panel display) 기술의 하나로 이에 대한 연구와 개발이 활발하다. 이중 형광체의 개발은 FED의 특성을 향상시킬 수 있는 가장 근본적인 과제이다. FED 형광체는 CRT 형광체에 비하여 현저히 낮은 가속전압에서 작동하고 있어, 입사 전자선의 형광체에 대한 침투깊이와 형광체 효율이 작기 때문에 고효율, 고휘도의 형광체 개발이 요구되고 있다^[1]. 총 천연색(full

color)으로 영상과 정보를 표시하기 위하여는 특성이 우수한 적색(red), 녹색(green) 및 청색(blue)의 형광체가 요구되고 있으며, 이중 청색 형광체의 발광강도가 가장 작아 이에 대한 개선이 특히 요구되고 있다.

현재 P22 계 ZnS:Ag 청색 형광체가 높은 효율(현재로 2 kV에서 3.1 lm/w)을 보이고 있어 FED에 활용되고 있으나, 아직도 동 형광체의 휘도(brightness)는 작아 특성 개선을 위하여 그 휘도를 향상시킬 필요가 있다^[2]. 또한 ZnS 형광체는 사용 중 전자선에 의해 열화(degradation)되어 그 발광 특성이 저하되고 있는바 내구성 향상을 위하여는 이를 개선하여야 한다^[3]. 현재 이와 관련 ZnS 형광체 표면을 In₂O₃^[4] 및 BaTiO₃^[5] 등으로 코팅하여 저전압 음극선 발광(cathodoluminance, CL) 특성의 향상을 기하고 있으나 아직 개선하여야 할 부분이 많이 남아있다. 한편, 문헌상에 의하면 MgO는 이차전자 방출계수가 크며 플라즈마에 대한 내저항성이 크기 때문에 현재 PDP(plasma display panel)의 형광체 막을 보호하는데 사용되고 있다^[6]. 또

* : 단국대학교 재료공학과

(충남 천안시 안서동 산29, Tel : 0417-550-3534, Fax :

0417-550-3530 E-mail : rhimlee@anse.dankook.ac.kr)

1999년 4월 6일 접수, 1999년 7월 12일 심사완료

한 FED의 개발 초기에는 효율이 큰 ZnO:Zn 형광체를 사용하여 단색(monochrome)의 FED를 구현할 수 있었다¹⁾. 그러나 최근에는 단색보다는 총 천연색으로 FED를 표시하여야만 한다. 따라서 본 연구에서는 ZnS:Ag 청색 형광체의 저전압 음극선 발광특성을 개선키 위하여 형광체 표면을 MgO와 ZnO로 코팅하였으며 이에 따른 발광효율, 색도, 발광 스펙트럼 및 aging 특성을 평가하였다.

2. 실험방법

본 실험에서 사용한 청색의 ZnS:Ag 형광체(P22)는 상용품(Osram Sylvania)을 사용하였으며 평균 입도 크기는 6.3 μ m이었다. 코팅은 ZnS:Ag 형광체 분말을 코팅 용액속에 침적한 후 건조 및 열처리하여 형성하였다. MgO 코팅을 위하여는 전구체(pre-cursor)로 magnesium ethoxide($(C_2H_5O)_2Mg$, 순도 98%)와 2-methoxy ethanol 용액을 사용하였으며 그 후 320 $^{\circ}C$ 에서 6시간 열처리하였다. ZnO 코팅은 zinc acetate dihydrate(순도 98%), isopropyl alcohol과 물의 혼합 용액을 사용하여 형성하였으며 그 후 질소 분위기 하에서 410 $^{\circ}C$ 에서 6시간 동안 열처리하였다. 코팅한 시편의 morphology는 SEM(scanning electron microcopy)으로 관찰하였으며 EDS(energy dispersive spectroscopy)로 화학성분을 분석하였다. 또한 MgO 및 ZnO 코팅의 구조분석을 위하여는 XRD(X-ray diffractometer)를 사용하여 그 구조분석을 수행하였다. CL 측정은 11개의 분말시편(powder patch)을 동시에 장착할 수 있는 고진공 chamber (10^{-6} torr) 내에서 DC electron gun을 사용하여 10 $\mu A/cm^2$ 의 일정한 저 전류밀도 하에서 0.5~10kV의 가속전압 변화에 따른 형광체의 발광휘도와 효율을 photometer(Photo Research, PR880)로 측정하였다. CL spectra는 spectrometer (Oriel, 1/8 meter)나 photometer(Photo Research, PR 750)을 사용하여 발광스펙트럼 및 CIE 색좌표를 측정하였다. Aging 평가에 사용된 시편은 ITO가 증착된 glass 기판 위에 MgO로 코팅한 ZnS:Ag 형광체를 통상적인 침전법(settlement)으로 3mg/cm²의 screen weight으로 제조하였다. 그 후 200 $^{\circ}C$ 에서 건조한 후 동 시편을 고진공 chamber에서 2kV의 가속전압과 30mA/cm²의 고 전류밀도 하에서 21시간 이상 형광체를 계속 전자선에 노출시켜 형광체에 가해진 누적된 전하량(즉, 시간경과)에 따른 형광체의 발광휘도 변화를 연속적으로 photometer로 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. MgO 코팅

그림 1은 ZnS:Ag 청색 형광체에 MgO를 코팅시킨 시편의 SEM 사진으로 구형의 모양인 매우 작은 크기의 coating 입자들이 형광체 표면에 분포되고 있음을 보여주고 있다. EDS로 코팅층에 대한 화학 분석을 하였다. 그림 2(a)는 그림 1의 하안색의 MgO 코팅 입자에 대한 EDS이며 그림 2(b)는 코팅층이 없는 형광체 부분에 대한 EDS 결과이다. 그림 2(a)와 (b) 모두에서 Au, Pd 성분의 피크가 보이고 있는바 이는 SEM 관찰을 위해 형광체를 Au-Pd 합금으로 sputter coating 시킨 때문이다. 또한 코팅 물질 부분인 그림 2(a)에서 Zn과 S가 보이는 것은 MgO 코팅층이 얇기 때문에 코팅밑에 있는 ZnS:Ag 형광체 기지로부터 발생된 피크이다. ZnS:Ag 형광체 성분 중 Ag 피크가 관찰되지 않는 것은 활성제로 사용한 Ag의 농도가 0.01~0.03 wt%로²⁾ 매우 작기 때문이다. 한편 그림 2(a)에는 그림 2(b)에서 보이지 않는 C와 Mg 피크가 관찰되고 있다. 코팅 성분인 Mg 이외에 C 피크가 보이는 것은 코팅처리 시 오염 혹은 열처리 후 일부 잔존하고 있는 코팅에 사용된 전구체 $(C_2H_5O)_2Mg$ 나 용매로 사용한 ethanol 용액성분에 기인된 것으로 해석된다. 코팅층에 대한 구조분석을 명확히 하기 위하여 MgO 코팅물질 그 자체에 대한 X선 회절 분석을 수행하였다. 그림 3은 그림 1과 동일한 조건에서 제조한 코팅 물질 자체(즉, 형광체 없이 전구체만 사용)에 대한 X선 회절도이다. 분석결과 코팅물질은 결정질의 MgO임을 알 수 있었다.

그림 1. MgO 코팅 한 ZnS:Ag 형광체의 SEM 사진.
Fig. 1. SEM photograph of ZnS:Ag phosphor coated with MgO.

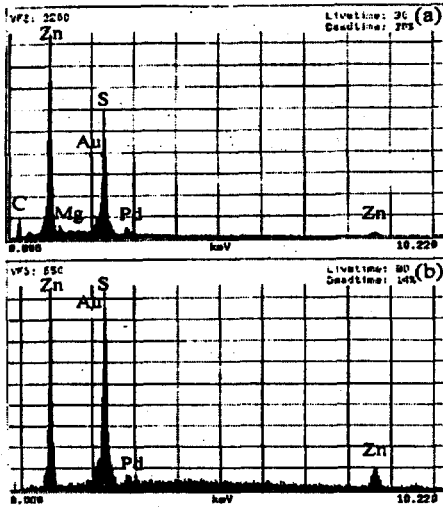


그림 2. MgO 코팅한 ZnS:Ag 형광체(a)와 코팅하지 않은 ZnS:Ag 형광체(b)의 EDS 성분 분석.

Fig. 2. Chemical analysis by EDS for MgO coated ZnS:Ag (a) and uncoated ZnS:Ag phosphors (b).

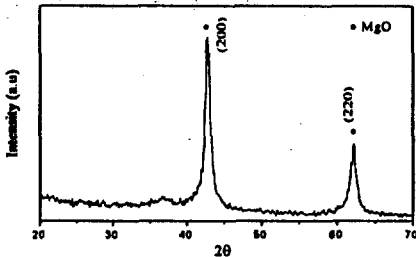


그림 3. MgO 코팅 분말의 X선 회절 패턴.

Fig. 3. X-ray diffraction pattern of MgO coating powder.

그림 4는 ZnS:Ag 청색형광체에 MgO를 코팅시킨 시편의 전압에 따른 음극선 발광효율 변화이다. 보는 바와 같이 MgO가 코팅된 시편의 청색 발광 효율은 사용전압 0.5~10kV 전 영역에서 코팅하지 않은 시편에 비하여 크게 증가하고 있다. 한 예로 전압 2 kV 하에서 MgO 코팅한 ZnS:Ag 형광체의 효율은 4.81 lm/w (휘도는 13.5 cd/m²) 이었는바 이는 코팅하지 않은 시편의 효율 3.08 lm/w (휘도 8.65

cd/m²)에 비하여 약 50%의 청색 발광효율이 증가되고 있다. 음극선 발광효율은 코팅한 시편과 코팅하지 않은 시편 모두에서 전압이 증가함에 따라 증가되고 있다. 이는 가속전압의 증가에 따라 전자선의 형광체에 대한 침투깊이가 증가되어 형광체 내의 발광을 유발하는 여기부피(excitation volume)가 증가하기 때문이다^[6]. MgO 코팅한 ZnS:Ag 형광체의 발광효율이 5 kV까지는 가속전압에 따라 계속 증가하고 있으나 그 이상의 전압 하에서는 포화(saturation)되어 거의 일정한 값을 유지하고 있으며, 더욱이 고전압에서의 발광효율은 코팅하지 않은 형광체의 발광효율 값에 접근하고 있음을 그림 4 또한 보여주고 있다. 이는 고전압일 경우 가속된 전자선의 형광체 내부로의 침투 깊이가 깊어 전체 발광량은 코팅층 하부의 형광체로부터 나오는 양이 상대적으로 증가하기 때문이다.

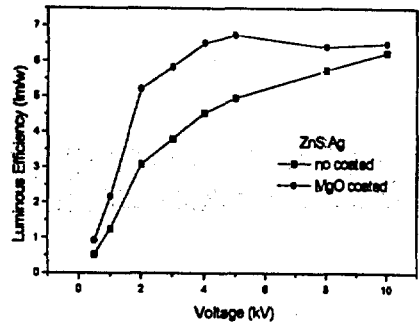


그림 4. 가속전압에 따른 MgO 코팅한 ZnS:Ag 형광체의 발광효율 변화.

Fig. 4. The change in luminous efficiency with accelerating voltages for MgO coated ZnS:Ag phosphor.

그림 5는 ZnS:Ag 형광체를 MgO로 코팅한 시편의 가속전압에 따른 발광 스펙트럼으로 비교를 명확히 하기 위하여 스펙트럼들을 각각 규격화(normalizing) 한 후 표시하였다. 동 형광체는 파장이 450 nm에서 최대의 발광크기를 갖는 청색 형광체임을 알 수 있으며 코팅한 형광체의 발광의 최대강도를 갖는 주피크 파장은 450nm로 코팅하지 않은 형광체와 동일하다. 그러나 코팅한 형광체의 발광 스펙트럼은 코팅하지 않은 시편과 비교하여 장파장 영역의 꼬리 부분에서 차이를 보이고 있다. 즉 코팅한 형광체의

발광 스펙트럼들에는 450nm 이외에도 530nm 부근의 장파장 영역에서 일부의 발광이 관찰되고 있다. 또한 그림 5에서 보는 바와 같이 530nm 영역에서의 발광은 가속전압이 저전압($< 3kV$) 일 경우 명확히 구분되어 보이나 전압이 증가할수록 감소되고 있으며 가속전압 10 kV에서는 거의 소멸되어 코팅하지 않은 시편의 스펙트럼과 거의 유사한 것을 알 수 있다. 저전압인 경우 입사전자선의 침투깊이가 작아 형광체 내부보다는 형광체 표면으로부터의 발광이 상대적으로 증가된다. 따라서 저전압 하에서의 발광 스펙트럼은 형광체 표면(즉 코팅/형광체 계면)에 민감하여 그림 5에서 보는 바와 같이 가속전압이 저전압일 경우 530 nm의 장파장에서 나타나는 발광의 크기는 고전압의 경우보다 크게 보이고 있다. 이와 같은 발광 스펙트럼의 변화는 CIE 색도표(chromaticity)에도 영향을 주고 있다.

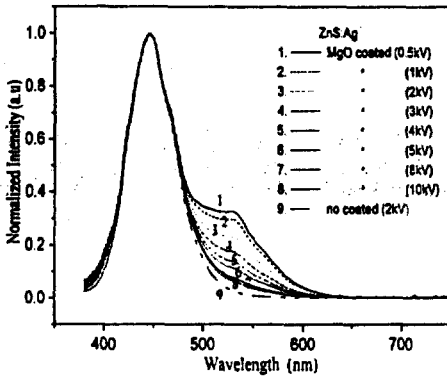


그림 5. MgO 코팅한 ZnS:Ag 형광체의 발광 스펙트럼.

Fig. 5. The emission spectra of MgO coated ZnS:Ag phosphor.

그림 6은 코팅하지 않은 ZnS:Ag 형광체와 MgO 코팅한 후의 ZnS:Ag 형광체의 CIE 색좌표 변화이다. 코팅하지 않은 ZnS:Ag 청색형광체의 색좌표는 $x=0.1495$, $y=0.0512$ 로 가속전압에 무관하게 일정한 값을 갖고 있으나, MgO 코팅한 형광체의 색좌표는 가속전압 1 kV 하에서 $x=0.1631$, $y=0.1165$ 로 변화하였으며 가속전압이 10 kV의 고전압에서는 $x=0.1524$, $y=0.0681$ 로 전압이 증가함에 따라 코팅하지 않은 시편의 색좌표 쪽으로 이동하고 있다.

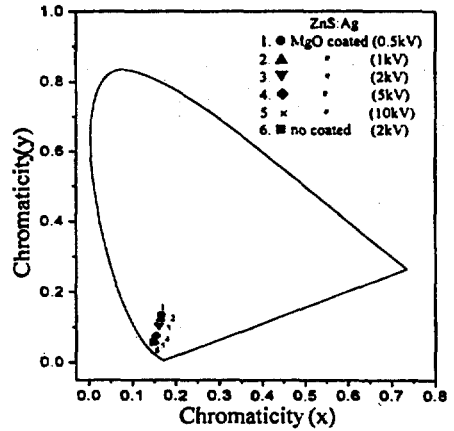


그림 6. MgO 코팅한 ZnS:Ag 형광체의 가속전압에 따른 색좌표 변화.

Fig. 6. The change in chromaticity with voltages for MgO coated ZnS:Ag phosphor.

그림 7은 장파장 영역의 제 2의 부피크(side-peak) 형태를 보기 위하여 그림 5에 보인 코팅한 시편의 스펙트럼에서 코팅하지 않은 시편의 스펙트럼을 차감하여 얻은 즉, MgO 코팅에 따른 발광 스펙트럼의 부피크 변화이다. 보는 바와 같이 부피크 위치는 530nm 부근에서 관찰되고 있으며 가속전압에 따라 그 크기는 변화하고 있으나 그 모양은 일정하다. 가속전압이 높을수록 부피크의 크기가 감소하고 있는 것은 이미 언급한 바와 같이 전자선의 투과 깊이가 증가되어 MgO 코팅에 따른 영향이 감소되기 때문이다. ZnS 형광체에 MgO를 코팅한 후 530nm 부근의 영역에서 추가의 발광피크가 보이고 있는 것은 ZnO:Zn 형광체의 발광피크의 파장위치가 510nm 부분인 것을 고려하면^[7] 코팅 및 열처리 과정 시 MgO/ZnO 계면에 ZnO가 형성되어 나타난 것으로 해석될 수 있으나 이를 확인할 수는 없었다. 또한 코팅에 사용된 전구체의 불순물로부터 형성된 미량의 ZnS:Cu 형광체(파장=520~530nm)에^[8] 기인한다고 추측되나 본 연구에서는 이를 또한 확인하지는 못하였다.

CRT가 고전압(~30kV)에서 작동되고 있는 것에 비하여 FED는 저전압(~5kV) 영역에서 구동되고 있는바, FED에서 CRT에 상당하는 휘도를 얻기 위해서는 고 전류밀도의 전자선으로 형광체를 여기 시켜야만 한다. 그러나 형광체는 전하량(charge dose)

에 따라 열화되어 그 발광 휘도가 감소되기 때문에 제품의 내구성이나 수명에 상당히 영향을 주고 있다^[10]. 따라서 형광체의 특성을 파악하기 위하여는 전하량 증가에 따른 휘도 변화, 즉 aging 특성에 대한 검토를 요하고 있다. 따라서 본 연구에서도 MgO 코팅한 ZnS:Ag 형광체의 aging 특성을 2kV의 가속전압과 30mA/cm²의 고 전류밀도 하에서 22 시간(78000 초) 동안 aging 처리하여 누적된 전하량에 따른 형광체의 휘도 변화를 측정하였다. 누적전하량은 실험에 사용한 전류밀도, 노출시간과 duty cycle을 곱하여 얻어진다. 그림 8은 형광체에 누적된 전하량에 따른 휘도 변화 즉 aging 특성이다. 비교를 위하여 MgO 코팅한 ZnS:Ag 형광체의 aging 특성을 코팅하지 않은 시편과 같이 표시하였다. 보는 바와 같이 코팅한 시편의 aging 특성은 코팅하지 않은 형광체와 동일한 거동을 보여주고 있는바 MgO 코팅으로 ZnS:Ag 형광체의 aging 특성의 향상은 기할 수 없었다.

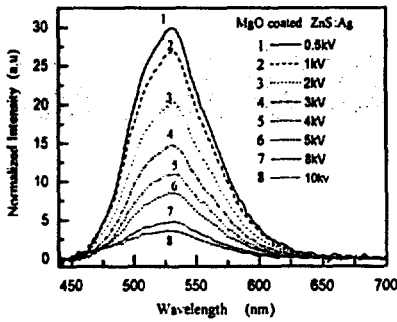


그림 7. MgO 코팅한 ZnS:Ag 형광체의 가속 전압에 따른 발광 부피크 변화.

Fig. 7. The change in side-peak of MgO coated ZnS:Ag phosphor with voltages.

Aging 특성, 즉 형광체의 열화(degradation)는 쿨롬법칙(Coulomb law)으로 표시되고 있다. 동법칙에 의하면 형광체의 휘도(I)는 전하량(Q)에 따라 다음과 같은 식으로 감소된다^[11].

$$\frac{I}{I_0} = \frac{1}{1 + \frac{Q}{Q_{50\%}}} \dots\dots\dots ①$$

여기서 I₀는 형광체의 초기 휘도이며 Q_{50%}는 형광체의 휘도가 초기 휘도에 비하여 절반으로 감소되는 때의 누적된 전하량 값이다. 본 연구에서 측정된 ZnS:Ag 청색 형광체의 aging 특성은 상기 식에 따라 변화함을 확인할 수 있었으며 이를 그림 8에 같이 표시하였다. 일반적으로 형광체의 수명(life time)은 휘도가 절반으로 감소되는 전하량으로 정의되고 있다. 그림 8로부터 측정된 ZnS:Ag 청색 형광체의 수명은 25C/cm²인 것을 알 수 있는바 내구성 증가를 위해서는 이에 대한 개선이 요구됨을 알 수 있다. 한편 CRT 형광체의 수명이 형광체 종류에 따라 8~120C/cm²으로 보고되고^[12] 있는 점을 고려할 때 FED에서도 이와 유사한 형광체의 개발 및 기존 형광체의 특성개선이 요구된다고 할 수 있다. 형광체에 가해지는 누적된 전하량 Q는 FED의 작동시간 t와 작동 전류값에 의존한다. 또한 작동 전류값은 디스플레이에 요구되는 휘도(L), 형광체 효율(η)과 가속전압(V)에 따라 결정되는바 누적된 전하량 Q는 다음 식으로 표시될 수 있다^[13].

$$Q = \pi \times t \times \frac{L}{\eta \times V} \dots\dots\dots ②$$

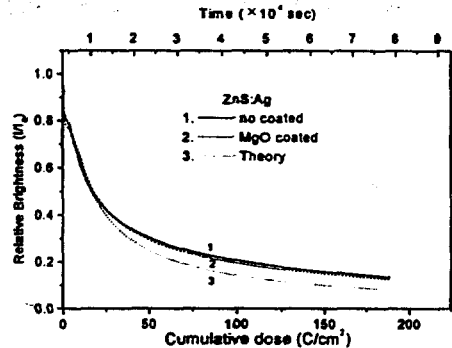


그림 8. MgO 코팅한 ZnS:Ag 형광체의 aging 특성(전압 2kV, 전류밀도 30mA/cm²).

Fig. 8. The aging characteristic for MgO coated ZnS:Ag phosphor(voltage 2 kV, current density 30mA/cm²).

이미 언급한 바와 같이 본 연구에서 수행한 MgO 코팅으로 기존의 ZnS:Ag 청색 형광체의 발광효율을 크게 향상시킬 수 있음을 알 수 있었다(그림 1 참조). 이는 동일한 전압, 동일시간 및 동일 휘도의 조건이

라면, MgO 코팅한 ZnS:Ag 형광체의 발광효율이 크기 때문에 식에 의하여 코팅한 형광체에 가해지는 누적된 전하량은 코팅처리 없이 사용하고 있는 ZnS:Ag 형광체에 비하여 상대적으로 감소시킬 수 있음을 알 수 있다. 이러한 누적된 전하량의 감소는 다시 식 ①에 의하여 형광체의 휘도변화(I/I_0) 값을 적게 할 수 있는 이점이 있다. 또한 기존 FED에서 사용되고 있는 동일한 전하량, 동일전압 및 동일한 휘도의 요구 조건이라면 MgO 코팅으로 형광체의 효율이 증가되어 식 ②로부터 FED의 작동시간 t 를 증가시킬 수 있는 이점 또한 있음을 알 수 있다.

3.2 ZnO 코팅

그림 9는 ZnO를 ZnS:Ag 청색 형광체에 코팅한 시편의 SEM 사진이다. 미세한 분말상의 ZnO가 형광체표면에 분포하고 있다. 형광체 표면에 분포하고 있는 물질의 구조를 확인하기 위하여 ZnO 코팅에 사용한 zinc acetate dihydrate($(CH_3CO_2)_2Zn \cdot 2H_2O$) + iso-propyl alcohol + 물의 혼합 전구체 (precursor) 용액 자체만을(즉 형광체 없이) 동일한 질소 분위기 하에서 열처리 한 후 X선 회절 분석을 하였다. 그림 10은 동 시편에 대한 X선 회절도이며 분석결과 ZnO 임을 확인할 수 있었는데 이로부터 그림 9의 사진에서 보이는 분말상의 물질이 ZnO 임을 알 수 있다. ZnO 코팅한 형광체의 저전압 음극선 발광 특성을 그림 11에 표시하였다. ZnO 코팅한 ZnS:Ag 형광체의 발광효율은 코팅 전 보다 증가되고 있음을 보여주고 있다. ZnO 코팅한 형광체의 가속전압에 따른 색도 변화를 그림 12에 표시하였다. 보는

바와 같이 ZnO 코팅 후 색좌표는 약간 변화하고 있으며 저전압에서의 변화가 고전압의 경우보다 크다.

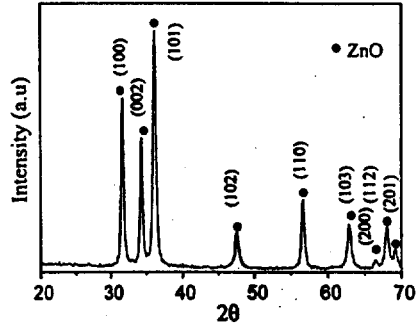


그림 10. ZnO 코팅 분말의 X선 회절도.
Fig. 10. X-ray diffraction pattern of ZnO coated powder.

그림 13은 전압 1kV에서의 ZnO 코팅한 ZnS:Ag 형광체(a)와 코팅하지 않은 ZnS:Ag 형광체(b)의 발광 스펙트럼으로 규격화시킨 후 표시하였다. 또한 그림에는 코팅한 시편의 스펙트럼에서 코팅하지 않은 시편의 발광 스펙트럼을 차감하여 구한 스펙트럼(c)도 같이 표시하였다. ZnO 코팅한 ZnS:Ag 형광체의 발광 스펙트럼은 주로 파장 450nm에서 보이는 청색의 발광 이외에도 파장 530nm 부근에서 약한 녹색의 발광이 관찰되고 있는바 이로부터 ZnO 코팅에 따른 그림 12

그림 9. ZnO 코팅한 ZnS:Ag 형광체의 SEM 사진.

Fig. 9. SEM photograph of ZnS:Ag phosphor coated with ZnO.

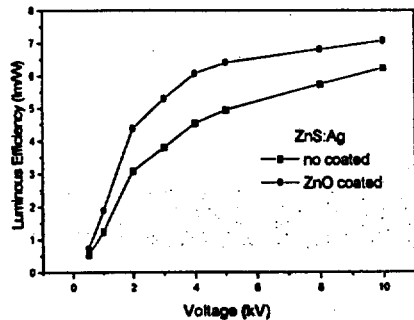


그림 11. ZnO 코팅한 ZnS:Ag 형광체의 가속전압에 따른 발광효율 변화.

Fig. 11. The change in luminous efficiency for ZnO coated ZnS:Ag phosphor with accelerating voltages.

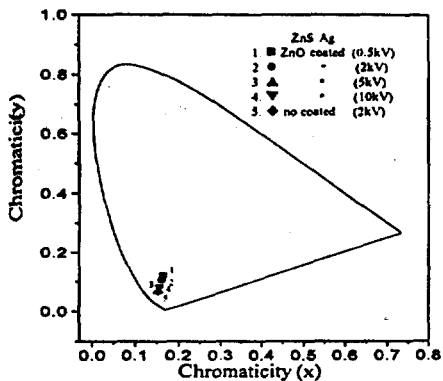


그림 12. ZnO 코팅한 ZnS:Ag 형광체의 가속전압에 따른 CIE 색좌표 변화.

Fig. 12. The change of CIE chromaticity for ZnO coated ZnS:Ag phosphor with accelerating voltage.

에서 표시한 색좌표 변화를 쉽게 이해할 수 있다. 그러나 ZnO 코팅 후 색좌표의 변화를 유발한 530nm 부근에서 보이는 약한 녹색의 발광의 원인이 ZnO 코팅 물질 자체 때문인지 혹은 코팅에 사용된 전구체의 불순물로부터 형성될 수 있는 미량의 녹색 형광체 ZnS:Cu에 기인되는지는 MgO 코팅 시와 마찬가지로 본 연구에서는 이를 확인할 수는 없었다. 또한 시각적으로 인지되는 감도(sensitivity)는 발광 파장에 따라 일정하지 않으며, 녹색 영역인 550nm 부근에서 최대값을 갖고 있으며 380nm와 780nm에서 zero로 접근하고 있다^[14]. 따라서 ZnO와 MgO 코팅으로 발광 효율 즉 발광강도가 증가되고 있는 것은 코팅 후 530 nm 부근에서 관찰되는 녹색영역에서 형광체의 시각적 감도가 증가되기 때문인 것으로 해석된다.

4. 결 론

FED 청색 형광체의 발광특성을 개선키 위하여 ZnS:Ag 형광체에 MgO와 ZnO를 화학적 방법으로 코팅하였으며, SEM, EDS, XRD으로 구조분석을 수행한 후 유극선 발광 및 aging 시험을 통하여 코팅에 따른 발광특성을 분석하여 다음과 같은 내용을 알 수 있었다. 코팅처리 후 결정질의 미세한 분말모양의 MgO와 ZnO가 형광체 표면에 형성되었으며 MgO 및 ZnO 코팅으로 ZnS:Ag 형광체의 발광효율은 1~10kV 가속전압 전 영역에서 향상되었다. 한편, 색좌표 및 발광 스펙트럼은 코팅 전에 비하여 일

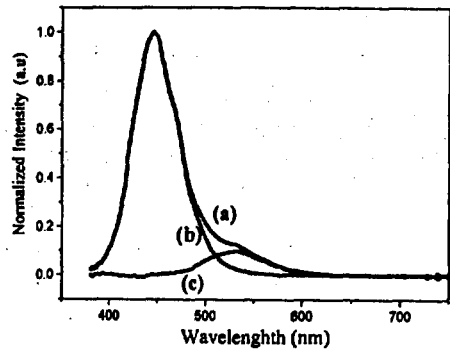


그림 13. 전압 1 kV에서 ZnO 코팅한 형광체(a)와 코팅하지 않은 ZnS:Ag 형광체의 발광 스펙트럼 (b). (a)와 (b)의 차이에 의한 부피크(c).

Fig. 13. The emission spectra for ZnO coated phosphor(a) and uncoated ZnS:Ag phosphor(b) under 1 kV. The net side-peak(c) obtained by the substr-action (b) from (a).

부 변화하였는바 이는 코팅한 ZnS:Ag 형광체의 스펙트럼에서는 450nm 파장에서의 주발광 피크 이외에 장파장 영역인 530nm 부근에서도 미약한 부피크가 관찰되기 때문이다. 그러나, 가속전압의 증가로 전자선의 침투깊이가 증가되어 부피크의 크기나 색좌표의 상대적 변화량은 감소되었다. Aging 시험을 통하여 누적 전하량 25C/cm²에서 형광체의 발광강도가 절반으로 감소되었으며, MgO 코팅으로 aging 특성의 향상은 보이지 않았다. 그러나 기존과 같은 FED 작동조건 이라면 코팅으로 청색 형광체의 효율을 증가시킬 수 있었는바 이는 FED의 휘도 증가 및 내구성 향상에 기여할 것으로 기대되고 있다.

감사의 글

이 논문은 1998년도 정보통신부의 대학기초연구지원사업의 지원을 받아 연구되었으며 이에 감사드립니다. 또한 Georgia 공대의 PTCOE (Phosphor Technology Center of Excellence) 연구소의 연구 시설을 이용하여 유극선 발광특성을 분석하도록 도움을 준 Chris. J. Summer 교수에게도 깊이 감사드리며 aging 시험에 도움을 준 Dr. Yasuda 에도 고마움을 표합니다.

참고 문헌

- [1] H. C. Swart, J. S. Sebastian, T. A.

- Trottier, S. L. Jones, and P. H. Holloway, "Degradation of zinc sulfide phosphors under electron bombardment", *J. Vac. Sci. Technol.*, Vol. A14(3), pp. 1697-1703, 1996.
- [2] H. Yamamoto, "CRT phosphors and application to FED phosphors", *J. Soc. Information Display*, Vol. 4/3, pp. 165-168, 1996.
- [3] S. Itoh, T. Kimizuka, and T. Tonegawa, "Degradation mechanism for low voltage cathodoluminescence of sulfide phosphors", *J. Electrochem. Soc.*, Vol. 136, No. 6, pp. 1819-1823, 1989.
- [4] H. Kominami, T. Nakamura, Y. Nakanishi, and Y. Hatanaka, "Improvement of low voltage cathodoluminescent properties of zinc sulfide phosphors by sol-gel method", *Jpn. J. Appl. Phys.*, Vol. 35, No. 12A, pp. 1600-1602, 1996.
- [5] T. Nakamura, M. Kamiya, and H. Watanabe, "Preparation and characterization of zinc sulfide phosphors coated with barium titanate using sol-gel method", *J. Electrochem. Soc.*, Vol. 142, No. 3, pp. 949-952, 1995.
- [6] A. R. Balkenende, A. A. M. B. Bogaerts, J. J. Scholtz, R. R. M. Tijburg, and H. X. Willems, "Thin MgO layers for effective hopping transport of electrons", *Philips J. Res.*, Vol. 50, No. 3/4, pp. 365-373, 1996.
- [7] S. Shionoya and W. M. Yen, "Phosphor Handbook", CRC Press, p. 574 & p. 469, 1998.
- [8] T. Yoshioka and M. Ogawa, *ibid.*, p. 460.
- [9] S. M. Jacobsen, "Phosphors for full-color low-voltage field-emission displays", *J. Soc. Information Display*, Vol. 4/4, pp. 331-335, 1996.
- [10] J. S. Sebastian, H. C. Swart, T. A. Trottier, S. L. Jones, and P. H. Holloway, "Degradation of ZnS field-emission display phosphors during electron-beam bombardment", *J. Vac. Sci. Technol.*, Vol. A15(4), pp. 2349-2353, 1997.
- [11] H. Bechtel, W. Czarnojan, M. Haase and D. Wadow, "Phosphor degradation under electron excitation with varying anode voltage", *J. Soc. Information display*, Vol. 4/3, pp. 219-222, 1996.
- [12] H. Bechtel, W. Czarnojan, W. Mayr, and H. Nikol, "Life performance of color phosphor screens for flat cathode-ray displays", *J. Soc. Information Display Digest*, pp. 429-432, 1997.
- [13] R. C. Ropp, "Luminescence and the solid state", Elsevier, pp. 334-338, 1991.