

Y₂SiO₅:Ce 청색 형광체의 표면 코팅에 따른 음극선 발광특성

김 성 우 · 이 입 렬

단국대학교 재료공학과

The Cathodoluminance Properties of Y₂SiO₅:Ce Blue Phosphor with Surface Coatings

Sung-Woo Kim and Rhim-Youl Lee

Materials Science & Engineering, Dankook University, Cheonan 330-714

(2000년 3월 4일 받음, 2000년 7월 15일 최종수정본 받음)

초 목 Y₂SiO₅:Ce 형광체를 In₂O₃, Al₂O₃ 및 SiO₂로 코팅한 후 전계 방출 디스플레이에 요구되는 음극선 발광 특성을 조사하였다. In₂O₃ 코팅으로 Y₂SiO₅:Ce 형광체의 발광 효율과 에이징 특성은 감소되었다. 한편 Al₂O₃ 코팅으로 형광체의 발광효율은 증가하였으나 발광스펙트럼과 색좌표는 일부 변화하였다. 그러나 Y₂SiO₅:Ce 청색 형광체의 발광 효율은 SiO₂ 코팅으로 크게 증가하였으며, 또한 SiO₂ 코팅한 Y₂SiO₅:Ce 형광체의 에이징 특성은 코팅 전에 비하여 크게 향상되었다.

Abstract The Y₂SiO₅:Ce phosphor was coated with In₂O₃, Al₂O₃ and SiO₂ and then their cathodoluminance(CL) properties required in field emission display were investigated. It was found that the luminance efficiency and aging property of Y₂SiO₅:Ce phosphor was decreased with In₂O₃ coating. For the case of Al₂O₃ coating, the luminance intensity was increased along with a partial change in emission spectrum and color coordinates. But the CL efficiency of Y₂SiO₅:Ce blue phosphor was dramatically increased with SiO₂ coating. And also the aging property of Y₂SiO₅:Ce phosphor coated with SiO₂ was significantly improved compared to non-coated sample.

Key words : phosphor, coating, cathodoluminance, luminance efficiency, aging

1. 서 론

전계 방출 디스플레이(field emission display, FED)는 고화질, 광시야각의 장점을 갖는 CRT(cathode ray tube) 특성과 경박단소의 저 전압 구동 특성을 갖는 LCD(liquid crystal display)의 장점을 갖춘 차세대 평판 디스플레이(flat panel display) 기술의 하나로 이에 대한 연구와 개발이 활발히 진행중이다. 이중 고효율의 FED 형광체 재료 개발은 FED의 특성을 향상시킬 수 있는 가장 근본적인 과제 중의 하나이다. FED 형광체는 CRT 형광체에 비하여 현저히 낮은 가속전압에서 작동되고 있어 이에 따른 입사전자선의 형광체에 대한 침투 깊이가 작아 낮은 발광효율을 보이고 있는 바 CRT와 동일한 휘도를 나타내기 위하여 FED는 CRT에 비하여 높은 전류밀도 하에서 작동된다. 그러나 고전류밀도 하에서는 형광체의 발광 휘도가 감소되는 휘도 포화(saturation) 현상으로 CRT 형광체를 FED에 사용할 시 문제가 있다.¹⁾ 또한 한 예로 CRT의 청색 형광체인 ZnS:Ag를 FED에 사용 시 입사전자선에 의해 분해된 sulfur가 양극의 field emitter tip에 흡착되어 tip의 전자 방출 효율을 급격히 감소시키고 궁극적으로는 전체 디스플레이의 수명을 단축시키고 있다.²⁾ 따라서 FED 형광체는 낮은 가속 전압에서의 고효율과 높은 전류밀도 하에서 휘도 포화 특성이 우수하며 또한 전자선에 대하여 안정한 물질이 요구된다.

현재 ZnS:Ag, SrGa₂S₄:Ce, Sr₅(PO₄)₃Cl:Ce, Y₂SiO₅:Ce 등의 형광체들이 FED용 청색 형광체로 주목받고 있지만 Y₂SiO₅:Ce를 제외한 형광체는 sulfide 또는 phosphate계로 수분 및 전자선에 대한 안정성이 부족하다.³⁾ 한편 산화물인 Y₂SiO₅:Ce 청색 형광체는 수분 및 전자선에 대하여 안정하며, 고 전류 밀도 하에서의 휘도 포화에 대한 내 저항성이 높고 빠른 응답속도를 나타내는 특성을 보이고 있어 FED 형광체로의 응용이 가능 시 되나, 아직 동 형광체의 발광 휘도는 부족하여 이를 향상시킬 필요가 있다.⁴⁾ 현재 발광효율이 우수한 sulfide계 형광체를 In₂O₃, TaSi₂ 및 polyphosphate 등으로 코팅하여 sulfide 형광체의 내구성 향상을 위한 연구들이 진행되고 있으나^{5~7)} 산화물계 형광체의 특성 개선에 관한 연구는 보고되어 있지 않다. 따라서 본 연구에서는 휘도 포화에 대한 내 저항성이 높고 안정성이 큰 Y₂SiO₅:Ce 형광체의 저전압 음극선발광(cathodoluminance, CL) 특성을 향상하기 위하여 Y₂SiO₅:Ce 청색 형광체를 In₂O₃, Al₂O₃, SiO₂로 코팅하였으며, 이에 따른 발광효율, 발광스펙트럼 및 aging 특성을 평가하였다.

2. 실험 방법

본 실험에서 사용한 Y₂SiO₅:Ce 청색 형광체는 Osram Sylvania 사의 상용품으로 평균 입도 크기는 7.6 μ m 이었으며 분말의 모양은 불규칙적이었다. In₂O₃, Al₂O₃ 및 SiO₂를 코팅하기 위하여는 고 순도 급의 indium acetate hydrate

((CH₃CO₂)₃In · xH₂O, 99.99%), sodium aluminate (NaAlO₂)나 hexamethyldisiloxane ((CH₃)₂SiOSi(CH₃)₂, 99.5%)를 각각 2-methoxy ethanol에 용해하여 전구체 (precursor) 용액을 제조하였다. 이렇게 제조한 전구체 용액들에 Y₂SiO₅:Ce 형광체 분말을 침적한 후 건조하였으며, 그후 형광체 screen의 backing 온도 범위인 420~520℃에서 4시간 동안 열처리하여 형광체 표면에 In₂O₃, Al₂O₃ 및 SiO₂ 코팅 층을 형성하였다. 코팅한 시편의 모양은 SEM (scanning electron microscopy, JSM-5200, Jeol)으로 관찰하였으며 EDS (energy dispersive spectroscopy)로 화학성분을 분석하였다. 또한 코팅의 구조분석을 위하여는 XRD (X-ray diffractometer, XD-D1, Shimadzu)를 사용하였다. 코팅한 형광체의 음극선 발광 측정은 고진공 chamber (<10⁻⁸ torr) 내에서 DC electron gun을 사용하여 10 μA/cm²의 저전류 밀도 하에서 0.5~4kV의 가속전압 변화에 따른 발광 휘도, 발광 스펙트럼 및 색 좌표 등을 photometer (Photo Research, PR880 & PR 750)로 측정하였다. Aging 특성 평가에 사용된 시편은 In₂O₃ 및 SiO₂로 코팅한 Y₂SiO₅:Ce 형광체를 ITO (indium tin oxide)가 증착된 유리 위에 통상적인 침전법 (settlement)으로 3mg/cm²의 screen weight로 제조하여 시편을 제조하였으며, 건조 후 고진공 chamber에서 2kV의 가속전압과 30mA/cm²의 고전류 밀도 하에서 장시간 전자선에 노출시켜 형광체에 가해진 누적된 전하량에 따른 형광체의 발광 휘도 변화를 연속적으로 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3-1. In₂O₃ 코팅

그림 1은 Y₂SiO₅:Ce 형광체를 indium acetate hydrate 전구체 용액에 침적한 후 420℃에서 열처리하여 In₂O₃ 코팅한 시편의 SEM 사진으로 구형의 매우 작은 크기의 coating 입자들이 형광체 표면에 형성되었음을 보여주고 있다. 그림 2는 그림 1의 하얀 색의 코팅입자에 대한 EDS 분석 결과이다. 코팅물질인 indium의 피크가 관찰되고 있으며, 코팅 층이 얇기 때문에 형광체 주성분인 Y, Si, O의 피크가 보이고 있으며 미량의 활성제인 Ce는 EDS의 검출 감도 때문에 보이지 않고 있다. 탄소가 보이는 것은 EDS

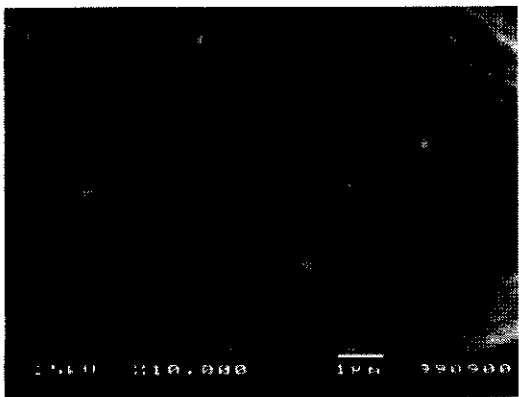


Fig. 1. SEM photograph of Y₂SiO₅:Ce phosphor coated with In₂O₃.

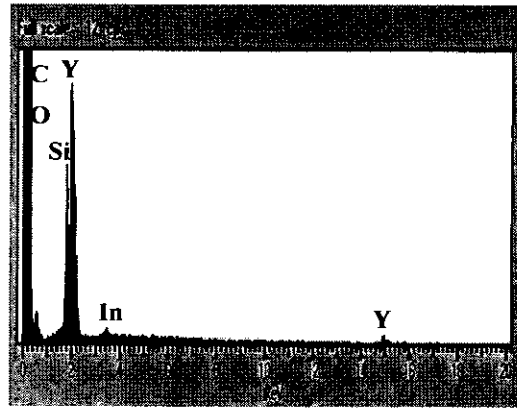


Fig. 2. Chemical analysis by EDS for In₂O₃ coated Y₂SiO₅:Ce.

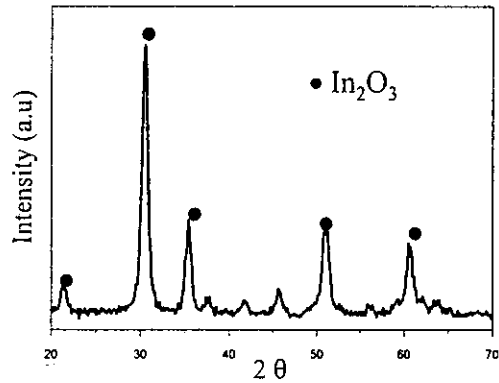


Fig. 3. X-ray diffraction pattern of In₂O₃ coating powder.

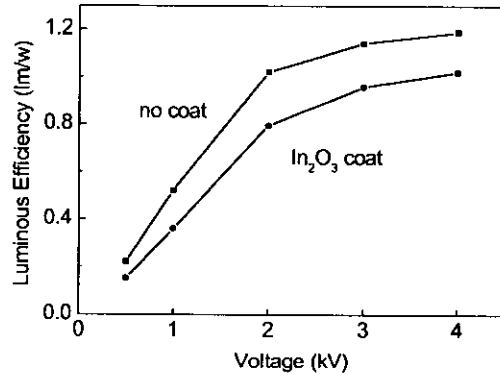


Fig. 4. The change of luminous efficiency for In₂O₃ coated Y₂SiO₅:Ce phosphor.

분석을 위해 형광체를 탄소로 사전 코팅하였기 때문이다. 그림 3은 코팅 형성 물질에 대한 구조분석을 수행하기 위해 In₂O₃ 코팅 전구체 용액만을 코팅 처리 온도인 420℃에서 열처리 한 후의 형성된 물질에 대한 X선 회절도로서 동방법으로 결정질의 단상인 In₂O₃가 형성하고 있음을 알 수 있다.

그림 4는 Y₂SiO₅:Ce 청색 형광체에 In₂O₃을 코팅한 시편의 전압에 따른 음극선 발광효율 변화로 In₂O₃ 코팅한 형광체의 발광 효율은 코팅하지 않은 시편에 비하여 감소되고 있다. 한 예로 가속전압 1kV에서 코팅하지 않은 Y₂SiO₅:Ce 형광체의 발광 효율은 0.52lm/w이었으나 In₂O₃ 코팅한 Y₂SiO₅:Ce 형광체의 효율은 0.359lm/w로 감소되었다.

In₂O₃을 코팅한 Y₂SiO₅:Ce 형광체의 발광 스펙트럼의 모양은 코팅 전과 동일하여 CIE 색 좌표(color coordinates)에는 변화가 없었으나, 발광파장 410nm에서 보이는 발광 피크의 크기가 그림 4 에서와 같이 코팅으로 발광 휘도가 감소되었음을 알 수 있었다. 한편 문헌에 의하면 400V 이하의 저전압 영역에서 ZnS:Ag,Cl 형광체의 휘도는 전도성이 좋은 In₂O₃ 코팅으로 증가한다고⁹⁾ 보고되고 있는 바 본 연구에서는 CL 측정에 사용한 전자총이 500V 이상의 비교적 고압용으로 In₂O₃ 코팅한 Y₂SiO₅:Ce 형광체에서 이를 확인 할 수는 없었다. In₂O₃ 코팅 량이 충분치 않을 시 Y₂SiO₅ 형광체의 전도성 향상이 미흡할 것으로 사료되어 In₂O₃ 코팅 횟수를 증가시켜 발광효율을 측정하여 보았으나 가속전압 전 영역에서 코팅 횟수 증가에 따라 Y₂SiO₅:Ce 형광체의 발광효율은 감소함을 알 수 있었다. 이는 In₂O₃ 코팅으로 Y₂SiO₅:Ce 형광체의 전도성 향상보다는 전자선(electron beam)에 노출되는 Y₂SiO₅:Ce 형광체의 유효면적이 감소되어 그 음극선 발광량이 감소된 것으로 해석된다. 또한 후에 논의 할 aging 특성도 In₂O₃ 코팅으로 개선되지 않고 있음을(그림 10 참조) 알 수 있었는데 In₂O₃ 코팅으로 Y₂SiO₅:Ce 형광체의 발광 특성을 향상할 수는 없었다.

3-2 Al₂O₃ 코팅

Y₂SiO₅:Ce 형광체를 sodium aluminate 전구체 용액으로 코팅한 시편의 모양은 그림 1의 In₂O₃ 코팅 시와 유사한 분말상의 물질이 형성됨을 알 수 있었다. sodium aluminate 전구체 용액만을 고온인 1050℃에서 열처리 할 시 결정질의 Al₂O₃가 형성함을 알 수 있었으나 본 연구에서는 screen baking 온도 범위인 520℃까지 열처리하였으며 이때 형성된 물질의 결정구조는 비정질이었다. 또한 520℃에서 열처리한 비정질 시편의 화학 분석은 수행하지 않았으나 향후 이를 단순히 Al₂O₃ 코팅으로 언급하고자 한다. 그림 5는 Y₂SiO₅:Ce 형광체의 Al₂O₃ 코팅 전후에 따른 발광 효율 변화로서 Al₂O₃ 코팅으로 발광효율이 크게 증가함을 보여주고 있다.

발광효율이 증가되는 이유를 살피기 위하여 코팅에 따른 음극선 발광스펙트럼을 그림 6에 나타내었다. Y₂SiO₅:Ce 형광체는 활성제인 Ce³⁺ 이온의 5d-4f 전이에¹⁰⁾ 의한 410nm 부근에서 발광피크를 보이는 청색 형광체이다. Al₂O₃ 코팅으로 410nm 부근의 주 발광피크의 크기는 코팅 전에 비하여 감소하고 있으나, 장파장 영역의 꼬리 부분에서는 코팅한 형광체의 발광스펙트럼의 크기가 코팅하지 않은 시편에 비하여 크다. 이와 같은 발광 스펙트럼의 변화는 CIE 색 좌표에도 영향을 주고 있다. 가속전압 1kV 하에서 코팅하지 않은 Y₂SiO₅:Ce 형광체의 색 좌표는 x=0.166, y=0.081이었으나 Al₂O₃ 코팅한 형광체의 색 좌표는 x=0.168, y=0.110로 미약하게 변화하였다. 한편 시각적으로 인지되는 휘도의 감도는 발광파장에 따라 일정하지 않으며 녹색 영역인 550nm 부근에서 최대의 값을 갖고 있으며 380nm와 780nm에서 영(zero)으로 접근하고 있다.⁹⁾ 따라서 Al₂O₃ 코팅 후 410nm 부근의 주 발광피크의 크기가 감

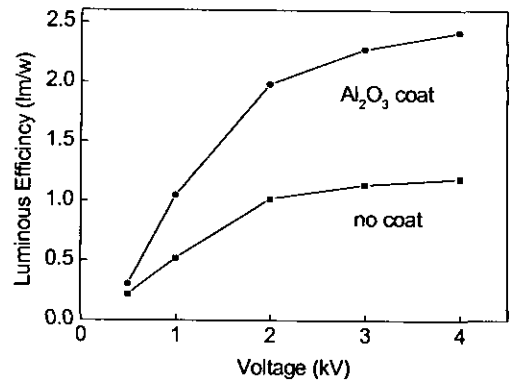


Fig. 5. The change in luminous efficiency of Y₂SiO₅:Ce phosphor with Al₂O₃ coating.

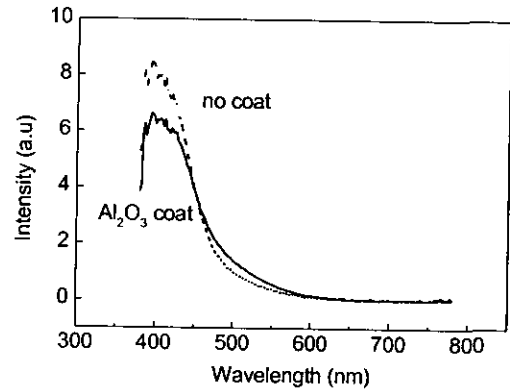


Fig. 6. The emission spectrum for Y₂SiO₅:Ce phosphor after Al₂O₃ coating.

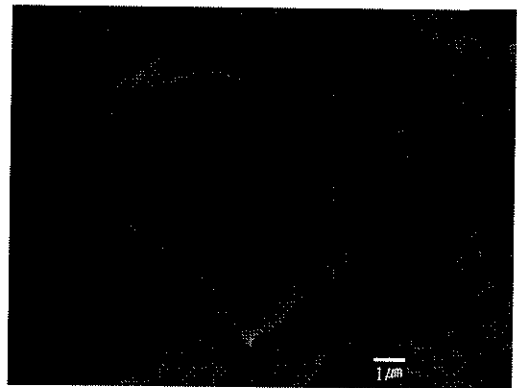


Fig. 7. SEM photograph of Y₂SiO₅:Ce phosphor coated with SiO₂.

소하였음에도 불구하고 그림 5에서 보인 Al₂O₃ 코팅에 의하여 발광효율 즉 발광강도가 증가된 것은 코팅 후 발광스펙트럼에서 관찰되는 장파장 영역의 꼬리부분에서 형광체의 시각적 감도가 증가되기 때문인 것으로 해석된다.

3-3. SiO₂ 코팅

그림 7은 Y₂SiO₅:Ce 형광체를 hexamethydisiloxane 전구체 용액으로 코팅한 시편의 SEM 사진이다. Hexamethydisiloxane 전구체 용액으로 코팅한 시편은 Al₂O₃나 In₂O₃ 코팅의 경우와는 다르게 코팅 물질이 박막(thin film)의 형태로 형광체 표면에 연속적으로 형성되고 있음을 알 수 있다. 그러나 전구체 용액만을 520℃까지 열처리하였을

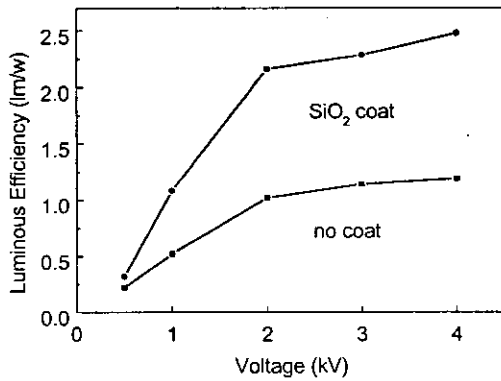


Fig. 8. The change in luminous efficiency of $Y_2SiO_5:Ce$ phosphor after SiO_2 coating.

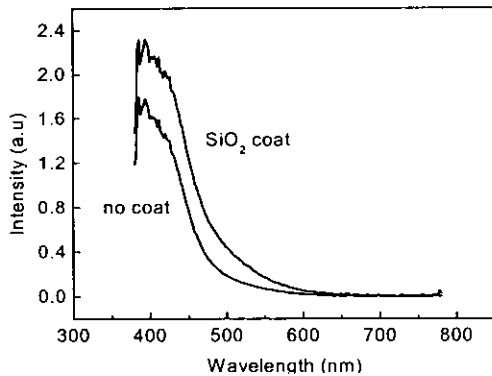


Fig. 9. The CL spectrum of $Y_2SiO_5:Ce$ phosphor with SiO_2 coating under 1kV.

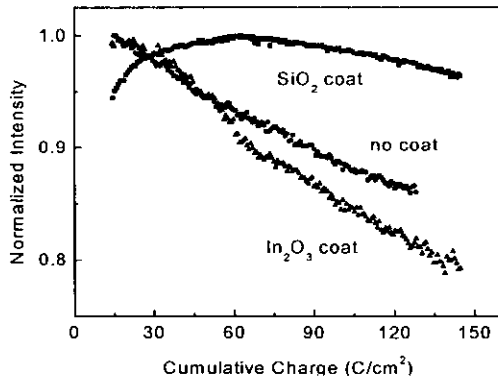


Fig. 10. The aging characteristics of $Y_2SiO_5:Ce$ phosphor with SiO_2 and In_2O_3 coatings at 2kV.

경우 결정구조는 Al_2O_3 의 경우와 같이 비정질상이 형성되었으나 향후 이를 단순히 SiO_2 코팅이라고 언급할 것이다. 그림 8은 SiO_2 코팅한 $Y_2SiO_5:Ce$ 형광체의 가속전압에 따른 발광효율 변화이다. 보는바와 같이 SiO_2 코팅한 형광체의 발광 효율은 가속전압 0.5~4kV 전 영역에서 코팅하지 않은 시편에 비하여 크게 증가하고 있다. 한 예로 전압 1kV 하에서 SiO_2 코팅한 $Y_2SiO_5:Ce$ 형광체의 발광효율은 1.084lm/w 이었는바 이는 코팅하지 않은 시편의 효율 0.52lm/w에 비하여 2배의 발광 효율이 증가되고 있다. 서론에서 언급한 바와 같이 $Y_2SiO_5:Ce$ 형광체는 여러 가지

이점에도 불구하고 현재 발광 휘도가 부족하여 FED의 형광체로의 사용이 제한 받고 있다. 그러나 SiO_2 코팅으로 $Y_2SiO_5:Ce$ 형광체의 청색 발광 효율을 크게 증가시킬 수 있었는바 향후 이를 이용 할시 FED의 휘도를 증가시킬 수 있을 것으로 기대된다. 한편 문헌에 의하면 VFD (vacuum fluorescent display) 용 $ZnO \cdot Zn$ 형광체를 SiO_2 로 표면 개질 하면 surface bending에 의하여 저전압 음극선 발광의 크기가 3~4배 증가된다고 보고된 바 있다.¹⁰⁾ 본 연구에서는 VFD 보다 고전압인 FED 사용 영역에서 SiO_2 코팅으로 $Y_2SiO_5:Ce$ 형광체의 발광 효율이 증가하였는바 그 이유는 다음과 같이 추정된다. 즉 SiO_2 코팅으로 계면에 국부적인 chemical potential과 electrical potential의 형성으로¹¹⁾ 전자의 이동 속도가 증가되며 이에 따른 전자-정공쌍의 재결합 속도 (recombination velocity) 를 높여 주므로서 형광체의 발광 효율이 증가된다고 추정되고 있으나 현재 그 정확한 이유는 알 수 없다.

그림 9는 SiO_2 코팅한 $Y_2SiO_5:Ce$ 형광체의 1kV에서의 발광스펙트럼이다. 코팅전과 비교하여 SiO_2 코팅한 형광체의 CL 발광은 410nm에서의 주 발광피크가 증가하고 있음을 알 수 있으며 또한 꼬리부분의 장파장 영역에서도 그 크기가 크다. 이와 같은 발광스펙트럼의 변화로 그림 8에서 보인 1kV 가속전압 하에서의 발광효율 증가를 보이고 있으며, 코팅하지 않은 $Y_2SiO_5:Ce$ 형광체의 CIE 색 좌표가 $x=0.166, y=0.081$ 이었으나 SiO_2 코팅한 형광체의 색 좌표는 $x=0.170, y=0.114$ 로 미약하게 변화하였다. CRT가 고전압 (<30kV)에서 작동되고 있는 것에 비하여 FED는 저전압 (<5kV) 영역에서 구동되고 있는바, FED에서 CRT에 상당하는 휘도를 얻기 위해서는 고 전류밀도로 작동하여야 한다. 즉 FED 형광체 screen은 사용 중 상당한 전하량 (charge dose)을 받게되며 전하량에 따른 형광체의 열화 (degradation) 현상으로 인하여 그 발광 휘도가 감소되기 때문에 제품의 내구성이나 수명에 상당히 영향을 주고 있다. 따라서 형광체의 특성을 파악하기 위하여는 전하량 증가에 따른 휘도 변화, 즉 aging 특성에 대한 검토를 요하고 있다. 따라서 본 연구에서도 SiO_2 코팅한 $Y_2SiO_5:Ce$ 형광체의 aging 특성을 2kV의 가속전압과 30mA/cm²의 고전류 밀도 하에서 15시간 동안 노출시켜 누적된 전하량에 따른 형광체의 휘도 변화를 측정하였다. 누적전하량은 실험에 사용한 전류밀도, 노출시간과 duty cycle을 곱하여 얻어진다.

그림 10은 가속전압 2kV에서 SiO_2 코팅한 $Y_2SiO_5:Ce$ 형광체의 누적된 전하량에 따른 휘도 변화 즉 aging 특성으로 비교를 위하여 코팅하지 않은 시편과 같이 보였으며, 또한 In_2O_3 코팅한 시편의 특성도 동일 그림에 표시하였다. 형광체의 휘도 (I)는 최대 휘도 (I_{max})에 대하여 규격화 (normalizing)시킨 상대 휘도 (I/I_{max})로 표시하였으며, 보는바와 같이 형광체의 휘도는 전하량의 증가에 따라 쿨롬법칙 (Coulomb law)에 의하여 감소하고 있다.¹²⁾ In_2O_3 코팅한 형광체는 코팅하지 않은 시편에 비하여 더 빨리 상대 휘도가 감소함을 보여주고 있어 In_2O_3 코팅으로 $Y_2SiO_5:Ce$ 형광체의 aging 특성의 향상은 할 수 없었다. 그러나 SiO_2 코

팅한 $Y_2SiO_5:Ce$ 형광체는 전하량의 증가에 따른 휘도 감소가 코팅하지 않은 형광체에 비하여 현저히 감소되고 있는바, SiO_2 코팅으로 $Y_2SiO_5:Ce$ 형광체의 aging 특성을 상당히 개선할 수 있음을 보여주고 있다. 한편 SiO_2 는 전자선에 대한 안정성이 향상되는 보호층으로 알려지고 있는바^{13,14}, SiO_2 코팅으로 $Y_2SiO_5:Ce$ 형광체의 aging 특성이 개선된 것도 이와 같은 보호층의 역할로 형광체의 전자선에 대한 열화가 감소되기 때문인 것으로 사료된다. 또한 SiO_2 코팅에 의한 aging 특성의 향상은 In_2O_3 코팅시 코팅이 미세한 입자로 형성되는 것(그림 1)과는 달리 SiO_2 코팅의 경우에는 코팅 층이 얇은 박막형태(그림 7)로 균일하게 형성되어 보호층의 면적이 증가되기 때문이다. 한편 SiO_2 코팅한 시편의 경우 초기의 전하량($\sim 30C/cm^2$) 조건에서는 전하량에 따라 상대 휘도가 감소되는 대신 증가되고 있는바 이는 코팅 후 aging시편(즉 screen)의 제조 시 발생할 수 있는 한 유형으로 시편 제조 시 유입된 불순물들이 초기에 제거되기 때문이다. 또한 SiO_2 코팅한 시편의 발광강도가 코팅 전 보다 크나(그림 8과 9 참조) 그림 10의 초기의 전하량($\sim 30C/cm^2$) 조건에서 SiO_2 코팅한 시편의 발광강도가 다른 시편에 비하여 작게 보이는 것은 발광강도를 각각 최대의 발광강도 값으로 규격화 한 후 표시하였기 때문이다.

형광체에 가해지는 누적된 전하량 Q 는 FED의 작동시간 t 와 작동 전류값에 의존한다. 또한 작동 전류값은 디스플레이에 요구되는 휘도(L), 형광체 효율(η)과 가속전압(V)에 따라 결정되는바 누적된 전하량 Q 는 다음 식으로 표시될 수 있다.¹²⁾

$$Q = \pi \times t \frac{L}{\eta \times V} \quad (1)$$

이미 언급한 바와 같이 SiO_2 코팅한 $Y_2SiO_5:Ce$ 청색 형광체의 발광효율은 크게 향상함을 알 수 있었다(그림 8 참조). 이는 동일한 전압, 동일시간 및 동일 휘도의 조건이라면, SiO_2 코팅한 $Y_2SiO_5:Ce$ 형광체의 발광효율이 크기 때문에 식 (1)에 의하여 코팅한 형광체에 가해지는 누적된 전하량은 코팅처리 없이 사용하고 있는 $Y_2SiO_5:Ce$ 형광체에 비하여 상대적으로 감소시킬 수 있음을 알 수 있다. 이러한 누적된 전하량의 감소는 형광체의 열화를 적게 할 수 있어 FED의 내구성을 증가시킬 수 있다. 또한 그림 10에서 보는 바와 같이 SiO_2 코팅으로 $Y_2SiO_5:Ce$ 형광체의 aging 특성이 현저하게 향상되고 있음을 알 수 있었는데 이 또한 FED의 내구성 향상에 크게 기여 할 것이다.

4. 결 론

$Y_2SiO_5:Ce$ 청색 형광체에 In_2O_3 , Al_2O_3 및 SiO_2 을 액상 침적의 방법으로 코팅한 후 $10\mu A/cm^2$ 의 저전류 밀도 및 0.5~4kV의 가속전압 변화에 따른 음극선 발광특성을 분석하여 다음과 같은 내용을 알 수 있었다. In_2O_3 와 Al_2O_3 코팅의 경우 미세한 분말상의 물질이 형광체 표면에 형성되었으나, SiO_2 의 경우에는 박막형태의 코팅 층이 형성되었다.

In_2O_3 코팅으로 $Y_2SiO_5:Ce$ 형광체의 발광 효율은 코팅 전에 비하여 감소하였으며 aging 특성 또한 저하되었다. Al_2O_3 로 처리한 시편의 발광스펙트럼은 장파장 영역의 꼬리 부분으로 인하여 발광강도는 증가되었으나 색 좌표는 미약하게 변하였다. 그러나 SiO_2 코팅한 $Y_2SiO_5:Ce$ 형광체는 주 발광 파장인 410nm에서의 피크가 증가하여 청색 발광 효율이 2배 이상 증가하였으며, 또한 SiO_2 코팅으로 $Y_2SiO_5:Ce$ 형광체의 전하량에 따른 aging 특성이 크게 향상되었다.

감사의 글

이 논문은 1999년도 정보통신부의 대학기초연구지원사업의 지원을 받아 연구되었으며 이에 감사드립니다. 또한 Georgia 공대의 PTCOE(Phosphor Technology Center of Excellence) 연구소의 시설을 이용하여 CL 분석을 하도록 도움을 준 Chris J. Summers 교수에게도 감사 드립니다.

참 고 문 헌

1. C.J. Stoffer, S. Yang, S.M. Jacobsen, B.K. Wagner, J. Penczek and C.J. Summers, Intl. Display Workshop, 21 (1996).
2. J.S. Sebastian, H.C. Swart, T.A. Trottier, S.L. Jones and P.H. Holloway, J. Vac. Sci. Technol. A15 (4), 2349 (1997).
3. B.K. Wagner, J. Penczek, S. Yang, F.L. Zhang, C. Stoffer and C.J. Summers, Intl. Display Research Conference, Toronto, Canada, Sep. 15-19, 330 (1997).
4. R.Y. Lee, F.L. Zhang, J. Penczk, B.K. Wagner, P.N. Yocom and C.J. Summers, J. Vac. Sci. Technol. B16 (2), 855 (1998).
5. H. Kominami, T. Nakamura, K. Sowa, Y. Nakanish, Y. Hatanaka and G. Shimaoka, Appl. Surface Science, 113/114, 519 (1997).
6. J.M. Fitz-Gerald, T.A. Trottier, P.K. Singh and P. H. Holloway, Appl. Phys. Lett., 72(5), 1838 (1999).
7. H. Bachtel, W. Czarnojan, W. Mayr and H. Nikol, SID Digest, 429 (1997).
8. A. Meijerink, W.J. Schipperel and G. Blasse, Appl. Phys., 24, 997 (1991).
9. R.C. Ropp, Luminescence and the Solid State, Elsevier, 334 (1991).
10. B.A. Abalduv, A.O. Dmitrienko and V.Y. Filipchenko, Proceeding of Eurodisplay, 196 (1990).
11. S.A. Bukesov, N.V. Nikishin, A.O. Dmitrienko, S.L. Shmakov and J.M. Kim, SID Digest, 585 (1998).
12. H. Bechtel, W. Czarnojan, M. Hasse and D. Wadow,

- J. SID, **4/3**, 219 (1996).
13. A.O. Dmitrienko, B.I. Gorfinkel, V.V. Mikhailova, I. V. Burmatova and J.M. Kim, Technical Digest of IVMC, Kyongju, Korea, **281** (1997).
14. F. Takahashi, Y. Yoneshima and K. Kojima, SID Digest, **166** (1992).