

## Sr<sub>1-x</sub>Eu<sub>x</sub>Al<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 형광체의 발광 및 장잔광특성

이영기, 김병규\*

위덕대학교 반도체공학과, 경주, 780-910

\*한국자원연구소 자원활용소재연구부, 대전, 305-350

## Photoluminescence and long after-glow characteristics of Sr<sub>1-x</sub>Eu<sub>x</sub>Al<sub>2</sub>O<sub>4</sub> phosphor

Young-Ki Lee and Byoung-Kyu Kim\*

Department of Semiconductor Engineering, Ui-Duk University, Kyongju 780-910, Korea

\*Korea Institute of Geology, Mining and Materials, Daejeon 305-350, Korea

**요 약** 부활제인 Eu<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 농도를 변화시킨 Sr<sub>1-x</sub>Eu<sub>x</sub>Al<sub>2</sub>O<sub>4</sub>(x = 0.005~0.2 mol%)계 장잔광 형광체를 98%Ar + 2% H<sub>2</sub>의 환원분위기에서 고상반응시켜 합성한 후, X-선 회절실험과 장잔광 측정재료로서 가장 중요한 발광특성과 장잔광 특성을 조사하였다. SrAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>:Eu<sup>2+</sup>계 형광체는 Eu<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 농도에 관계없이 녹색의 520 nm파장을 최대 발광파장으로 하는 발광스펙트럼을 나타내었으나, 발광특성을 크게 저해하지 않는 SrAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>의 단일상을 얻기 위한 농도는 0.05 mol% 이하가 적절하였다. 또한 SrAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>:Eu<sup>2+</sup> 형광체의 잔광강도는 Eu<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 농도에 무관하게 시간에 따라 모든 시료에서 지수 함수적으로 감소하나, Eu<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 농도가 0.05 mol% 이하인 경우에 발광의 감쇠속도가 작은 뛰어난 장잔광특성을 나타내었다.

**Abstract** The synthesis of Sr<sub>1-x</sub>Eu<sub>x</sub>Al<sub>2</sub>O<sub>4</sub> (x = 0.005~0.2 mol%) phosphors and its properties of both photoluminescence and long-phosphorescent were investigated as a function of Eu<sub>2</sub>O<sub>3</sub> composition. The peak wavelengths (520 nm) of phosphorescence spectra were found not to vary with the Eu<sub>2</sub>O<sub>3</sub> composition (x) of Sr<sub>1-x</sub>Eu<sub>x</sub>Al<sub>2</sub>O<sub>4</sub> crystals. Single phase of SrAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> which determined by XRD and PL was obtained with the compositions of x < 0.05 mol%. After the removal of light excitation (360 nm), the excellent after-glow characteristics of the phosphorescence were obtained with the Eu<sub>2</sub>O<sub>3</sub> compositions of x < 0.05 mol%, although the after-glow intensities for all phosphors vary exponentially with the times.

### 1. 서 론

측광성 형광체는 태양광이나 전등 등에 의한 여기 에너지를 축적하여 그 에너지를 차단한 후에도 장시간 발광하는 형광체로서 야광도료 등에 주로 이용되고 있다. 이러한 측광성 형광체는 지금까지 많은 연구가 수행되어 왔으며, 특히 황화물계 화합물을 모체결정(host)으로 하는 형광체는 체계적으로 많은 연구가 수행되고 있다 [1-3]. 그러나 ZnS:Cu(녹색), CaS:Bi(청자색) 등의 대표적인 측광성 형광체는 황화물계인 모체결정이 화학적으로 불안정하여 자외선에 의해 분해되기 쉽고, 그 결과 휘도가 저하되는 등의 실용적인 면에서의 문제점 때문에 주로 실내용으로 사용이 제한되어 왔다. 따라서 종래의 측광재료에 비하여 고휘도, 장잔광특성뿐만 아니라 화학적·환경적으로도 안전한 범용의 새로운 측광재료,

특히 산화물계 장잔광 측정재료의 개발이 절실히 요구된다.

SrAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>:Eu<sup>2+</sup>는 SrO와 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 화합물인 stuffed tridymite 구조의 SrAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 모체결정에 부활제(activator)로 Eu를 도핑시킨 형광체로서 초기에는 주로 램프와 음극선관(cathode-ray tube, CRT) 등에 응용하고자 연구되었다[4-6]. 그러나 최근에 SrAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 이외에도 MAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> (M = Ba, Sr, Ca, Mg)의 모체결정에 희토류이온을 부활제로 도핑한 형광체가 ZnS:Cu, CaS:Bi 등의 형광체에 비하여 장잔광 측정재료로서 우수한 특성을 갖고 있는 것으로 보고되어 과거와 같은 측광성 형광체의 주된 용도인 야광도료는 물론, 다른 형광체의 여기원으로서도 응용 가능성이 크게 기대되고 있다[7,8]. 따라서 일본, 미국을 비롯한 여러 선진국에서는 화학적·환경적으로 안전한 범용의 새로운 측광재료, 특히 산화물계 장잔광

축광재료의 개발에 박차를 가하고 있으며, 아울러 형광체의 발광 현상 규명에도 많은 노력을 기울이고 있다. 그러나 국내의 경우  $\text{MAl}_2\text{O}_4$ 계 장잔광 축광재료의 형광기구 및 장잔광특성 등에 관한 체계적인 연구는 매우 미흡한 상태이다.

따라서 본 연구에서는 형광체의 발광특성 및 발광효율을 개선하는데 반드시 필요한 물질이고, 또한 첨가비율에 의존하여 형광체의 특성에 크게 영향을 미치는 부활제의 영향을 고찰하기 위하여 부활제인 Eu의 농도를 변화시킨  $\text{Sr}_{1-x}\text{Eu}_x\text{Al}_2\text{O}_4$  ( $x=0.0025\sim 0.2$  mol%)계 형광체를 98%Ar + 2% $\text{H}_2$ 의 환원분위기에서 고상반응시켜 합성한 후, X-선 회절실험과 장잔광 축광재료로서 가장 중요한 발광특성과 장잔광특성을 조사하였다.

## 2. 실험 방법

Sr-Al-O계 형광체의 모체결정인  $\text{SrAl}_2\text{O}_4$ 를 합성하기 위한 출발원료는 99.99% 이상의 고순도  $\text{SrCO}_3$ 와  $\text{Al}_2\text{O}_3$  분말을 사용하였고, 부활제로는 99.9% 이상의  $\text{Eu}_2\text{O}_3$  분말이었다. 또한 3 wt%의 일정 비율로 고정한 용제(flux)는  $\text{B}_2\text{O}_3$ (99.99%)의 분말을 사용하였다. 먼저,  $\text{SrCO}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Eu}_2\text{O}_3$ ,  $\text{B}_2\text{O}_3$ 를 소정의 mol 비가 되도록 평량한 후 혼합하였는데, 이때 분말원료의 비산방지보다 보다 효과적인 혼합을 위하여 에탄올 중에서 24시간 볼밀을 이용하여 습식혼합하였으며, 혼합 후 함유된 에탄올을 제거하기 위하여 130°C에서 24시간 건조하여 시료로서 사용하였다. 고상반응용 시료로는 혼합분말을 그대로 사용하거나, 혹은 혼합분말을 200 kg/cm<sup>2</sup>로 일축가압하여 pellet상(13 mm $\Phi$ )으로 성형하여 사용하였다. 고상반응은 알루미늄나트륨의 수직형관상로를 사용하였으며, Eu(III)가 Eu(II)로 환원되기 쉬운 98%Ar + 2%  $\text{H}_2$ 의 혼합가스를 반응조에 도입하여 1300°C, 3시간의 일정한 조건하에서 실시하였다. 합성된  $\text{Sr}_{1-x}\text{Eu}_x\text{Al}_2\text{O}_4$ 계 형광체의 결정구조 및 반응성은 일본 Rigaku(주)사의 X-선 회절장치를 사용하였다. 이 때 사용한 X-선의 target는  $\text{CuK}\alpha$ 이었고, 30 kV~30 mA의 동일조건에서 X-선 회절 분석을 하였으며, 본 회절장치에 부착된 computer를 이용하여 측정된 회절패턴으로부터 시료의 결정구조 및 격자상수를 측정하였다. 또한 시료의 여기 및 발광스펙트럼은 Model 8100 Spectrofluorometer (SLM Instruments, Inc)를 사용하여 조사하였다. 13 mm $\Phi$  pellet(0.7g의 분말원료로 제조)을 pulse Xe 방전램프로부터 360 nm에서 여기시켰으며, 이때의 발광파장은 120 nm/min의 주사속도로 400 nm에서 700 nm까지 주사하여 얻었다. 한편 여기스펙트럼의 측정은

120 nm/min의 주사속도로 200 nm에서 500 nm까지 주사하여 얻었고, 이때의 발광파장은 520 nm로 고정하였다. 그리고 장잔광특성은 태양광과 유사한 백색광을 방출하는 Xe 램프로 10분간 여기시킨 후, 암상태에서 시간변화에 따른 520 nm 발광스펙트럼의 강도변화를 측정하여 평가하였다.

## 3. 결과 및 고찰

부활제는 형광체의 발광특성 및 발광효율을 개선하는데 반드시 필요한 물질이며, 첨가비율에 따라 형광체의 발광특성 및 발광효율에 크게 영향을 미친다. Fig. 1은 부활제인  $\text{Eu}_2\text{O}_3$ 의 농도를 0.005~0.2 mol%까지 변화시켜 1300°C, 3시간의 일정한 조건하에서 합성한  $\text{Sr}_{1-x}\text{Eu}_x\text{Al}_2\text{O}_4$  시료의 X-선 회절 분석결과이다. 이때 합성분위기는 98%Ar + 2% $\text{H}_2$ 의 환원분위기이었으며, 1300°C, 3시간의 합성조건은 축광재료로서 장잔광특성이 가장 우수한 것으로 조사된 연구 결과[9]를 토대로 하여 결정된 조건이다. 그림에서와 같이  $x=0.005\sim$

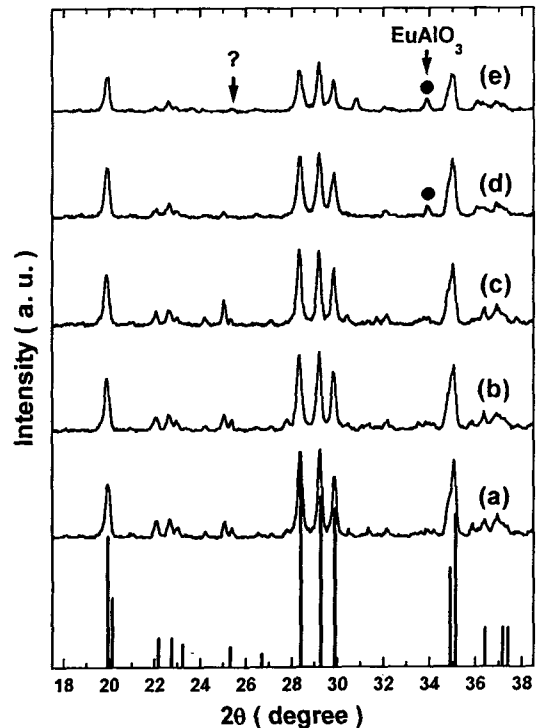


Fig. 1. X-ray diffraction patterns as a function of  $\text{Eu}_2\text{O}_3$  content (mol%) for  $\text{Sr}_{1-x}\text{Eu}_x\text{Al}_2\text{O}_4$  ( $x=0.005\sim 0.2$ ) phosphors synthesized at 1300°C for 3 h in Ar/ $\text{H}_2$  atmosphere. (a) 0.005 (b) 0.025 (c) 0.05 (d) 0.1 (e) 0.2.

0.05에서는 SrAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>의 stuffed tridymite 구조를 갖는 단일상이 형성되었다. 그러나, x=0.1 이상인 경우 2θ = 34° 부근에 EuAlO<sub>3</sub>에 해당하는 새로운 회절피크가 확인되었으며, Eu의 농도가 증가함에 따라 EuAlO<sub>3</sub>의 회절 강도가 증가하였다. 일반적으로 회토류이온은 3가의 상태가 안정하지만 환원성 조건에서는 2가도 안정하며, 회토류 이온중에서도 특히 Eu는 가장 2가로 환원되기 쉬운 원소이다. 따라서 Eu의 농도가 x < 0.1인 시료에서는 Eu<sup>2+</sup>가 SrAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>의 Sr<sup>2+</sup> 위치에 치환됨으로써 단일상이 형성될 수 있으나, x ≥ 0.1에서는 Eu 전체가 완전히 2가로 환원된 형태로 고용되는 것이 어렵기 때문에 Eu<sup>3+</sup>가 EuAlO<sub>3</sub>의 새로운 상을 형성하는 것으로 판단된다. 또한 비교를 위하여 그림에서 수직선으로 나타낸 JCPDS카드 (No.9-39)의 SrAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 회절패턴으로부터 알 수 있는 바와 같이 Eu의 농도에 무관하게 SrAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>의 회절피크가 변화하지 않았다. 이는 Eu<sup>2+</sup>의 이온반경이 1.17 Å로 Sr<sup>2+</sup>의 이온반경 1.16 Å와 거의 동일[10,11]하여 SrAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 결정의 Sr<sup>2+</sup> 위치에 치환될 때 격자상수의 변화가 거의 일어나지 않았기 때문이라 생각되며, 또한 x ≥ 0.1에서는 EuAlO<sub>3</sub>의 새로운 상이 형성되어 SrAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>의 격자변형을 완화하였기 때문이라 생각된다. 따라서 Eu<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 첨가량은 EuAlO<sub>3</sub>의 생성을 억제하여 SrAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>

단일상이 생성될 수 있는 정도의 비율로 적절히 조절할 필요가 있으므로 0.1 mol% 이하가 적당하다고 판단된다.

Fig. 2는 Eu<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 부활제 농도를 변화시켜 1300°C에서 3시간 동안 환원 분위기에서 소성하여 합성한 pellet상의 Sr<sub>1-x</sub>Eu<sub>x</sub>Al<sub>2</sub>O<sub>4</sub>(x=0.005~0.2) 시료를 상온(300 K)에서 360 nm 파장의 pulse Xe 방전램프로 여기시켜 측정한 발광스펙트럼이다. 그림에서와 같이 Eu<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 농도에 무관하게 녹색색의 520 nm 파장을 최대 발광파장으로 하는 450~650 nm의 폭넓은 발광 스펙트럼을 나타내었다. 이는 SrAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>의 기지에 도핑시킨 Eu<sup>2+</sup>의 4f<sup>6</sup>5d<sup>1</sup> → 4f<sup>7</sup> 천이에 의한 특징적인 발광이라 생각되며[7,8], 또한 발광파장이 Eu<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 농도에 무관하다는 것은 Eu<sup>2+</sup> 이온의 5d 전자상태에 영향을 미치는 결정장(crystal field)이 농도에 의하여 변화되지 않는다는 것을 의미한다[12]. 그리고 일반적으로 결정성이 뛰어난 단결정체에서는 sharp한 발광스펙트럼을 나타내는데 반하여, 520 nm 발광의 반치폭은 ~85 nm로 매우 넓은 발광스펙트럼을 나타내었다. 이것은 PL 측정 시료가 결정성이 뛰어난 단결정체가 아닌 분말상의 결정입자이기 때문이라 생각된다. 또한 Fig. 3에서와 같이 발광강도는 부활제인 Eu<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 농도에 크게 의존하며, Eu<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 농도가 0.005 mol%에서 최대의 발광강도를 나타내었으나

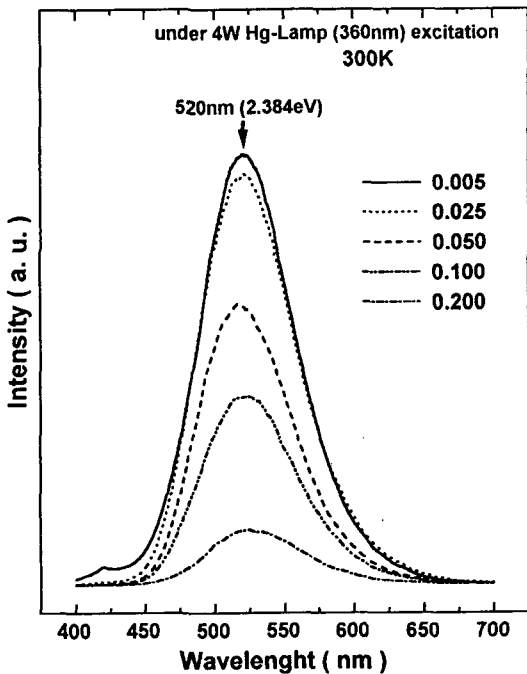


Fig. 2. Excitation spectra as a function of Eu<sub>2</sub>O<sub>3</sub> content (mol%) for Sr<sub>1-x</sub>Eu<sub>x</sub>Al<sub>2</sub>O<sub>4</sub> (x=0.005~0.2) phosphors synthesized at 1300°C for 3 h in Ar/H<sub>2</sub> atmosphere.

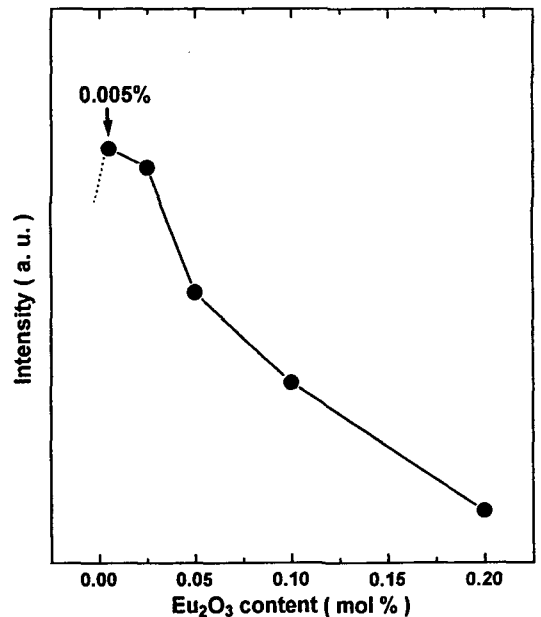


Fig. 3. Variation of PL intensity as a function of Eu<sub>2</sub>O<sub>3</sub> content (mol%) for Sr<sub>1-x</sub>Eu<sub>x</sub>Al<sub>2</sub>O<sub>4</sub> (x=0.005~0.2) phosphors synthesized at 1300°C for 3 h in Ar/H<sub>2</sub> atmosphere.

$\text{Eu}_2\text{O}_3$ 의 농도가 증가됨에 따라 점차 감소하여 특히 0.05 mol% 이상인 경우에 급격한 감소를 보였다. 이는 Eu 부활제가 과잉으로 혼입되었을 경우, 장잔광 형광체의 모재결정인  $\text{SrAl}_2\text{O}_4$  이외에  $\text{EuAlO}_3$ 의 화합물(Fig. 1 참조)이 형성됨으로써  $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}^{2+}$ 계 형광체의 발광특성에 영향을 미쳐, 발광강도를 감소시켰기 때문이라 생각된다. 그러므로 불순물 농도에 민감하게 변화하는 발광특성을 관측하는 PL에 의한 결과로부터  $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}^{2+}$ 계 형광체의 발광특성을 크게 저해하지 않는  $\text{SrAl}_2\text{O}_4$ 의 단일상을 얻기 위한  $\text{Eu}_2\text{O}_3$ 의 농도는 0.05 mol% 이하가 바람직하다고 생각된다.

Fig. 4는  $\text{Sr}_{1-x}\text{Eu}_x\text{Al}_2\text{O}_4$  ( $x=0.005\sim 0.2$ ) 시료를 상온에서 발광파장을 520 nm로 고정하여 200 nm에서 500 nm까지 주사하여 측정한 여기스펙트럼을 나타낸 것이다. 그림에서와 같이 모든 시료에서 거의 동일한 형태의 250 nm에서 480 nm의 넓은 파장영역에서 360 nm와 420 nm 등의 여러 개의 피크를 가진 복잡한 여기스펙트럼이 관찰되었고,  $\text{Eu}_2\text{O}_3$ 의 농도에 따라 여기강도는 점차 증가되어 0.05 mol%에서 최대의 여기강도를 나타내었으나 그 이상의 농도에서는 오히려 감소되는 농도 의존성을 나타내었다. 또한 0.005 mol% 농도에서는 360 nm(3.44 eV)의 피크가 최대흡수피크를 나타내는 반면에  $\text{Eu}_2\text{O}_3$ 의 농도 증가에 따라 380 nm 파장 이상의 여기

피크의 강도가 상대적으로 증가되어 400 nm 부근의 피크가 최대흡수피크를 나타내었는데 이러한 여기피크들은  $\text{SrAl}_2\text{O}_4$  결정의 band gap energy( $E_g$ )가 5.6 eV[7]인 점을 고려하면  $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}^{2+}$  시료의 결정결합에 의한 깊은 준위들 사이에서 일어나는 여기피크라고 생각된다. 그런데 이러한 여기피크들 중에서 그림에서 표시된 4개의 여기피크는 부활제인  $\text{Eu}^{2+}$ 의  $4f^7 \rightarrow 4f^65d^1$  천이에 기인된 여기피크[8]이며, 그 이외의 피크들은  $\text{Eu}_2\text{O}_3$ 의 첨가량에 따라 여기강도가 증가되므로  $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}^{2+}$  시료의 결정결합에 의한 깊은 준위들 사이에서 일어나는 여기피크라고 생각된다. 이러한 깊은 준위들은 형광체의 합성중에  $\text{Eu}^{+2}$ 의 부활제가 격자 사이에 들어가 있는 침입형 결함(interstitial defect)에 의해 만들어지는 준위, 결정체 모입상상태에서 형성되는 결정입계(grain boundary)에서 만들어지는 준위 등 여러 가지 형태의 결함이 형성될 수 있으므로 이러한 준위들에 의한 복합적인 여기피크들로 생각된다. 이러한 넓은 범위의 여기파장은 태양광에 많이 포함되어 있는 파장영역이므로  $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}^{2+}$ 계 형광체는 실외의 태양광에 의해서도 쉽게 여기되어 발광할 수 있으며, 320 nm 이하의 파장에서는 여기강도가 현저히 저하[3]되는 종래의 축광재료인  $\text{ZnS}:\text{Cu}$ 에 비하여 훨씬 넓은 파장영역의 빛에 의하여 쉽게 여기되어 발광할 수 있는 물질이라고 생각된다.

Fig. 5는 태양광과 유사한 백색광을 방출하는 Xe 램

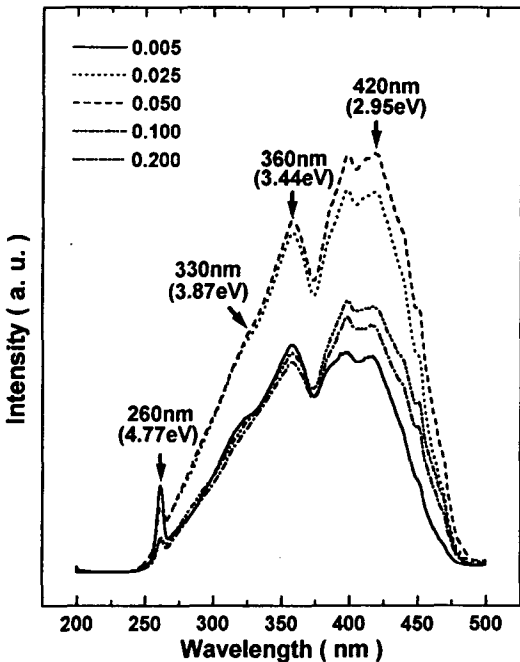


Fig. 4. Emission spectra as a function of  $\text{Eu}_2\text{O}_3$  content (mol%) for  $\text{Sr}_{1-x}\text{Eu}_x\text{Al}_2\text{O}_4$  ( $x=0.005\sim 0.2$ ) phosphors synthesized at  $1300^\circ\text{C}$  for 3 h in  $\text{Ar}/\text{H}_2$  atmosphere.

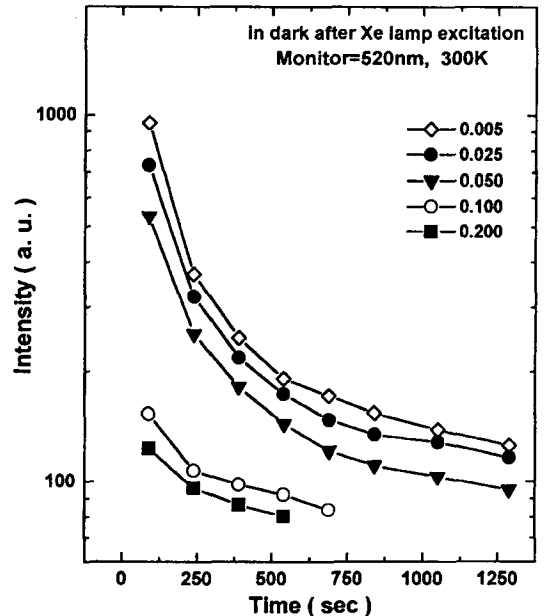


Fig. 5. Phosphorescence characteristics as a function of time for  $\text{Sr}_{1-x}\text{Eu}_x\text{Al}_2\text{O}_4$  ( $x=0.005\sim 0.2$ ) phosphors synthesized at  $1300^\circ\text{C}$  for 3 h in  $\text{Ar}/\text{H}_2$  atmosphere.

프로 10분간 여기시킨 후, 암상태에서 Eu<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 농도에 따른 520 nm 파장의 발광에 대한 잔광특성을 나타낸 것이다. 그림에서와 같이 잔광강도는 모든 시료에서 시간에 따라 지수 함수적으로 감소하며, 부활제인 Eu<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 농도에 크게 의존하여 Eu<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 농도가 0.1 mol% 이상인 시료에서 잔광강도가 현저히 감소하였다. 그러나 0.05 mol% 이하의 농도에서는 거의 유사한 잔광의 감쇠속도를 나타내어 500초 후의 발광강도는 90초 후에 측정된 발광강도의 1/5 정도로 급격하게 감소되었으나, 그 이상에서는 훨씬 둔화된 감쇠속도를 나타내었다. 특히 Eu<sub>2</sub>O<sub>3</sub>가 0.025 mol% 이하로 첨가된 시료들은 300분(6시간) 후에 암상태에서 시료를 관찰하였을 때 육안으로도 측정시료를 구별할 수 있을 정도로 잔광의 감쇠가 작은 장잔광특성을 나타내었다. 따라서 육안으로 관측 가능한 휘도가 0.32 mcd/m<sup>2</sup>임을 감안하면 6시간 후에도 이 이상의 휘도를 나타내는 잔광특성이 있음을 알 수 있었다. 이와 같은 장잔광특성은 보통 형광의 경우는 여기파장 360 nm의 여기광에 의해 전자가 4f<sup>7</sup> 상태에서 4f<sup>6</sup>5d<sup>1</sup> 상태로 여기된 후 재차 4f<sup>7</sup> 상태로 천이됨에 따라 520 nm에서 발광하는 반면에, 잔광은 단파장의 여기광에 의하여 4f<sup>6</sup>5d<sup>1</sup> 상태보다도 깊은 준위에 존재하는 trap 준위에 여기·포획되어 포획된 전자가 열적에너지(SrAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>:Eu<sup>+2</sup> 형광체의 경우 200 K 이상의 온도)에 의하여 trap으로부터 해방되어 평형에 도달되는데 장시간이 소요되기 때문이다[8]. 따라서 이와 같이 SrAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>:Eu<sup>+2</sup>가 장시간 동안 발광하는 장잔광특성은 축광재료로서 대단히 유효하다는 것을 의미한다.

#### 4. 결 론

부활제인 Eu<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 농도를 변화시킨 Sr<sub>1-x</sub>Eu<sub>x</sub>Al<sub>2</sub>O<sub>4</sub> (x = 0.0025~0.2 mol%)계 장잔광 형광체를 98 %Ar + 2 %H<sub>2</sub>의 환원분위기에서 고상반응시켜 합성한 후, X-선 회절실험과 장잔광 축광재료로서 가장 중요한 발광특성과 장잔광특성을 조사하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) Eu<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 첨가량은 SrAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>:Eu<sup>+2</sup>계 형광체의 발광

특성을 크게 저해하지 않는 SrAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>의 단일상을 얻기 위한 농도인 0.05 mol% 이하가 바람직하다.

2) SrAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>:Eu<sup>+2</sup> 형광체는 Eu<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 농도에 무관하게 Eu<sup>+2</sup>의 4f<sup>6</sup>5d<sup>1</sup> → 4f<sup>7</sup> 천이에 기인한 황록색 발광의 520 nm(2.384 eV)를 최대 발광파장으로 하는 450~650 nm의 폭넓은 발광스펙트럼을 보였으며, 또한 520 nm의 황록색 발광은 250 nm 450 nm의 넓은 파장영역의 빛에 의하여 여기되며, 이는 실외의 태양광에 의해서도 쉽게 여기될 수 있음을 의미한다.

3) SrAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>:Eu<sup>+2</sup> 형광체의 잔광강도는 Eu<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 농도에 무관하게 시간에 따라 모든 시료에서 지수 함수적으로 감소하나, Eu<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 농도가 0.05 mol% 이하인 경우에 발광의 감쇠속도가 작은 뛰어난 장잔광특성을 나타내었다.

#### 참 고 문 헌

- [ 1 ] P. Goldberg, Luminescence of Inorganic Solids, (Academic Press, New York, 1966) 273.
- [ 2 ] W. van Gool, Philips Res. Repts. 3 (1961) 1.
- [ 3 ] A. Suzuki and S. Shinoya, J. Phys. Soc. Japan 31 (1971) 1455.
- [ 4 ] G. Blasse, W.L. Wanmaker, J.W. ter Vrugt and A. Bril, Philips Res. Repts. 23 (1968) 201.
- [ 5 ] F.C. Palilla, A.K. Levine and M.R. Tomkus, J. Electrochem. Soc. 115 (1968) 642.
- [ 6 ] V. Abbruscato, J. Electrochem. Soc. 118 (1971) 930.
- [ 7 ] T. Matsuzawa, Y. Aoki, N. Takeuchi and T. Murayama, J. Electrochem. Soc. 143 (1996) 2670.
- [ 8 ] H. Takasaki, S. Tanabe and T. Hanada, J. Ceramic Soc. Japan 104 (1996) 322.
- [ 9 ] Y.K. Lee, J.Y. Kim, B.K. Kim and Y.T. Yu, Korean J. Materials Research, submitted.
- [ 10 ] Y.Q. Jia, J. Sol. Statechem. 95 (1991) 184.
- [ 11 ] R.D. Shannon and C.T. Prewitt, Acta. Cryst. B25 (1969) 925.
- [ 12 ] T. Katsumata, T. Nabae, K. Sasajima, S. Komuro and T. Morikawa, J. Electrochem. Soc. 143 (1996) 2670.