

## SrGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub>:Eu 형광체의 합성과 발광 특성

許永德\* · 沈載訓 · 都永洛<sup>†</sup>

단국대학교 화학과

<sup>†</sup>삼성SDI 전자재료개발팀

(2002. 1. 18 접수)

## Synthesis of SrGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub>:Eu Phosphor and Its Luminescent Properties

Young-Duk Huh\*, Jae-Hoon Shim, and Young Rag Do<sup>†</sup>

Department of Chemistry, Dankook University, Seoul 140-714, Korea

<sup>†</sup>Electronic Material Development Team, Samsung SDI, Kyunggi-do 442-390, Korea

(Received January 18, 2002)

**요 약.** SrGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub>:Eu는 녹색을 발광하는 형광체로 전계 방출 디스플레이, 음극선 발광 분야에 널리 응용되고 있다. 일반적으로 SrGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub>:Eu의 합성은 SrCO<sub>3</sub>, Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 그리고 Eu<sub>2</sub>O<sub>3</sub>를 H<sub>2</sub>S와 Ar 가스를 흘려주면서 고온에서 소성하는 고상반응법으로 합성하였다. 본 연구에서는 SrS, Eu 착물, 그리고 Ga 착물의 분해 반응을 통해서 SrGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub>:Eu 형광체를 합성하였다. 이 방법의 장점은 Ar 가스 뿐 만 아니라 독성의 H<sub>2</sub>S를 사용하지 않는 것이다. SrGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub>:Eu 형광체의 합성 조건과 발광 특성을 검토하였다.

**주제어:** SrGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub>:Eu 형광체, 발광특성

**ABSTRACT.** SrGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub>:Eu is a green emitting phosphor which is applied for field emission display, and cathodoluminescence. Conventionally, SrGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub>:Eu is synthesized by solid state reaction, in which a mixture of SrCO<sub>3</sub>, Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, and Eu<sub>2</sub>O<sub>3</sub> is fired at high temperatures under flowing H<sub>2</sub>S and Ar gases. In this study, SrGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub>:Eu phosphor is synthesized by using a decomposition method, where SrS, Eu complex, and Ga complex are used. The advantage of this method is that toxic H<sub>2</sub>S gas and Ar gas are not used. The synthetic conditions and luminescent properties of SrGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub>:Eu phosphor are also investigated.

**Key words:** SrGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub>:Eu phosphor, luminescent property

### 서 론

SrGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub>:Eu는 녹색을 발광하는 형광체로 전계 방출 디스플레이(FED, field emission display), 음극선 발광(CL, cathodoluminescence) 분야 등에 널리 사용되고 있다.<sup>1-3</sup> 현재까지 SrGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub>:Eu은 전형적인 고상반응법으로 합성하였다.<sup>3-5</sup> 즉, SrCO<sub>3</sub>, Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Eu<sub>2</sub>O<sub>3</sub>를 초기 물질로 사용하고 약간의 용융제를 첨가 한 후 약 900 °C에서 약 2시간 소성하여 합성한다. 이때 500 °C 이상에서는 H<sub>2</sub>S 가스를 계속 흘려주어 모체인 스트론티움 황

화갈륨(strontium thiogallate, SrGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub>)을 합성하고, 500 °C 이하에서는 Ar 가스를 흘려주어서 스트론티움 황화갈륨이 산화되는 것과 SrGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub>:Eu 형광체의 활성제인 Eu<sup>2+</sup> 이온이 산화되어서 Eu<sup>3+</sup>으로 되는 것도 방지한다. 이와 같은 합성 과정은 번거로운 뿐만 아니라 독성의 H<sub>2</sub>S 가스를 사용해야 하므로, H<sub>2</sub>S 가스 처리에 많은 노력을 기울여야만 한다. 실제로 SrGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub>:Eu 형광체를 합성 할 수 있는 곳이 세계에 몇 군데로 한정되어 있다. 쉽게 SrGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub>:Eu 형광체를 합성할 수 있다면 SrGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub>:Eu 형광체는 여러 분야에 더 많이 응용될 것

이다. 따라서 H<sub>2</sub>S 가스를 사용하지 않고 SrGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub>:Eu 형광체를 합성하는 방법의 개발은 공업적으로 매우 중요하다.

Sastry 등은 SrCl<sub>2</sub>, GaCl<sub>3</sub>, EuCl<sub>3</sub>를 Na<sub>2</sub>S와 반응시켜 SrGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub>:Eu 형광체를 합성을 하였다.<sup>7</sup> 이렇게 합성 한 형광체의 발광세기는 H<sub>2</sub>S 가스를 사용하여 합성한 형광체의 발광 세기의 40% 밖에 되지 않는다. 비록 H<sub>2</sub>S 가스를 사용하지는 않았지만 발광 효율이 좋은 SrGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub>:Eu 형광체를 얻을 수가 없었다. Kobayashi 등은 EuGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub>:Ce와 CaGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub>:Ce 형광체를 이황카바메이트(dithiocarbamate) 금속 착물을 사용하여 합성했다.<sup>7</sup> 그리고 Jiang 등은 이와 같은 방법으로 SrGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub>:Eu 형광체를 합성을 하였다.<sup>8</sup> 이들의 합성 방법은 독가스인 H<sub>2</sub>S를 사용하지는 않았지만 화합물의 산화 방지하기 위해서 Ar 가스를 흘려주어서 화합물을 합성했다. 그리고 합성에 사용된 최적 조건만 논문에 발표를 하였으나, 어떻게 여러 가지 최적 조건을 찾는 지에 대한 연구 자료는 발표되지 않았다. 본 논문에서는 H<sub>2</sub>S와 Ar 가스를 전혀 사용하지 않고 SrGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub>:Eu 형광체를 합성하고자 하며, 합성의 최적 조건을 확인하고자 한다. 본 연구에서는 H<sub>2</sub>S와 Ar 가스를 전혀 사용하지 않으므로 관형 노(tube furnace) 대신에 흔히 사용되는 상자형 노(box furnace)를 사용할 수 있다. 따라서 본 연구의 합성 방법은 매우 기본적인 노를 사용하여 SrGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub>:Eu 형광체를 대량으로 쉽게 합성할 수 있는 방법을 제공한다.

## 실 험

실험과정은 Fig. 1에 나타내었다. 본 실험은 이중도가니를 사용했으며 내부의 도가니에는 합성에 필요한 시료를 넣었고, 외부의 도가니에는 산화를 방지하기 위해서 밀봉된 내부 도가니의 외부에 황성탄을 채워 넣었다. 본 실험에서 합성하고자 하는 SrGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub>:Eu 형광체의 정확한 구조식의 표현은 Sr<sub>0.95</sub>Ga<sub>2</sub>S<sub>4</sub>:Eu<sub>0.05</sub>이다. Eu<sup>2+</sup> 이온이 Sr<sup>2+</sup> 위치에 치환되므로 합성에는 0.95 mol SrS, 2.0 mol Ga 착분, 0.05 mol Eu 착분을 사용하였다. 그리고 여분의 황(sulfur)과 약간의 용융제(flux)를 첨가한 후 소성하여 형광체를 합성한다. 이때 Ga 착분, Ga[(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>NCS]<sub>2</sub>는 Ga(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>와 (CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>NCS:Na의 몰비를 1:3으로 취한 것을 물에 녹인 후 공침하여 합성하였다. 또한 Eu 착분, [(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>N]Eu[(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>NCS]<sub>2</sub>는 (CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>NCl, Eu(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>, (CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>NCS:Na를 1:1:4로 물에 녹인 후 얻어

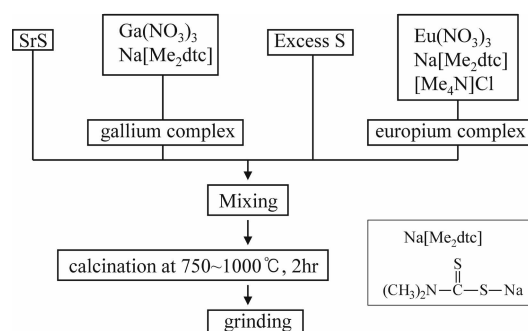


Fig. 1. Flow chart of a synthetic method.

진 공침물이다. 합성 최적 조건을 찾으며 사용되는 여분의 황(sulfur)의 양, 용융제의 종류, 용융제의 양, 그리고 소성온도 등을 변화시키면서 실험을 하였다. 합성된 SrGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub>:Eu 형광체의 결정구조 및 발광 특성은 삼성 SDI에서 H<sub>2</sub>S와 Ar 가스를 사용하여 만든 SrGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub>:Eu 형광체와 비교하였다. H<sub>2</sub>S와 Ar 가스를 사용하여 만든 SrGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub>:Eu 형광체의 합성은 SrCO<sub>3</sub>, Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Eu<sub>2</sub>O<sub>3</sub>를 초기 분질로 사용하고 약간의 NaBr를 첨가 한 후 약 800 °C에서 약 2시간 소성하여 합성하였다. 이때 500 °C 이상에서는 H<sub>2</sub>S 가스를 계속 흘려주고, 500 °C 이하에서는 Ar 가스를 흘려주었다.

형광체 합성에 사용된 노(furnace)는 상자형 노(Siliconit Muffle furnace, Model IS-F105)이다. H<sub>2</sub>S와 Ar 가스를 사용하여 형광체 합성할 때는 관형 노(Lindberg model BF51664PC)를 사용하였다. 형광체의 광 특성은 형광 분광 광도계(photoluminescence spectroscopy)를 사용하여 확인하였다. 여기에 사용된 광원은 500 W의 Xe 램프이다. 시료의 표면에 수직으로 여기 광을 쬐어 주었으며, 검출 위치는 여기 광에 대해서 45°로 하였다. 사용된 단색화장치는 0.275 m의 단색화 장치(triple grating monochromator, Acton Research Co)를 사용하였고, 광증배관(photomultiplier tube)은 PIV 400을 사용하였다. 형광체의 입자의 결정성 및 결정구조를 확인하기 위해서 X-선 회절 분석기(X-ray diffractometer, Rigaku, Model D/Max-3C)를 사용하였다.

## 결과 및 고찰

본 실험은 이중도가니를 사용했으며 내부의 도가니에는 합성에 필요한 시료를 넣었고, 외부의 도가니에는

산화를 방지하기 위해서 황성탄을 넣었다. 본 실험에서  $\text{SrGa}_2\text{S}_4:\text{Eu}$  합성은 적절한 양의  $\text{SrS}$ ,  $\text{Ga}$  착물,  $\text{Eu}$  착물, 용융제, 그리고 여분의  $\text{S}$ 의 양을 취하여  $850^\circ\text{C}$ 에서 2시간 소성하였다. 이때  $\text{Ga}$  착물,  $\text{Ga}[(\text{CH}_3)_2\text{NCS}_2]_2$ , 은  $\text{Ga}(\text{NO}_3)_3$ 와  $(\text{CH}_3)_2\text{NCS}_2\cdot\text{Na}$ 의 공침으로 얻었다. 그리고  $\text{Eu}$  착물,  $[(\text{CH}_3)_2\text{N}]\{\text{Eu}[(\text{CH}_3)_2\text{NCS}_2]_2\}$ 은  $(\text{CH}_3)_2\text{NCl}$ ,  $\text{Eu}(\text{NO}_3)_3$ ,  $(\text{CH}_3)_2\text{NCS}_2\cdot\text{Na}$ 의 공침으로 쉽게 얻었다.  $\text{SrGa}_2\text{S}_4:\text{Eu}$  형광체는 금속 착물의 분해 반응을 통해서 합성이 된다. 본 실험에서는  $\text{H}_2\text{S}$ 와  $\text{Ar}$  가스를 사용하지 않고  $\text{SrGa}_2\text{S}_4:\text{Eu}$  형광체를 합성하는 것에 목적을 두었다. 실험에서 여분의 황(sulfur)을 내부의 도가니에 첨가하여 합성하는 과정에서 충분한 황을 공급하여 완전한  $\text{SrGa}_2\text{S}_4:\text{Eu}$ 를 합성하고자 한다. 사용된  $\text{SrS}$ 의 몰 수를 기준으로 여분으로 첨가하는 황의 양은 50%부터 500%까지 조절하였다. 첨가한 황의 양에 따른 형광체의 발광 스펙트럼을 Fig. 2에 나타내었다. 사용된 황의 양이 400% 일 때 가장 좋은 발광 세기를 얻었다. 따라서 적절한 양의 황을 첨가하는 것이  $\text{SrGa}_2\text{S}_4:\text{Eu}$  형광체를 합성하는데 중요한 역할을 하는 것을 확인하였다. 본 실험에서는  $\text{H}_2\text{S}$ 와  $\text{Ar}$  가스를 사용하지 않으므로 적절한 양의 황을 첨가하는 것이 안정한 형광체의 결정을 얻는데 중요한 역할을 하리라 판단된다. 안정한 형광체의 결정구조를 인지 못하면 발광 세기가 당연히 떨어질 것이다. 첨가한 황의 양에 따른 형광체의 X-선 회절 스펙트럼을 Fig. 3에 나타내었다. 그림에서 확인할 수 있듯이 사용된 황의 양이 200%까지는 안정한  $\text{SrGa}_2\text{S}_4:\text{Eu}$  형광체를 합성이 되지 않음을 확인하였다. 300%부터 500%까지는 거의 비슷한 정도의 결정성을 가짐을 알

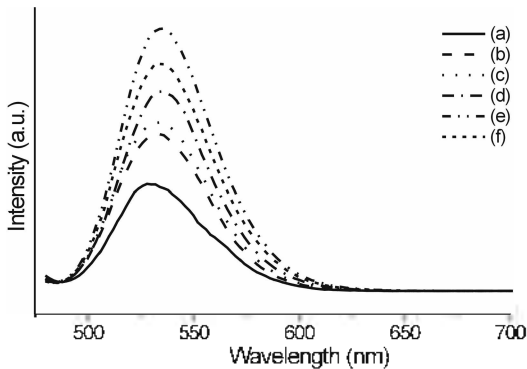


Fig. 2. Emission spectra of  $\text{SrGa}_2\text{S}_4:\text{Eu}$  at different sulfur concentrations: (a) 50%, (b) 100%, (c) 200%, (d) 300%, (e) 400%, and (f) 500%.

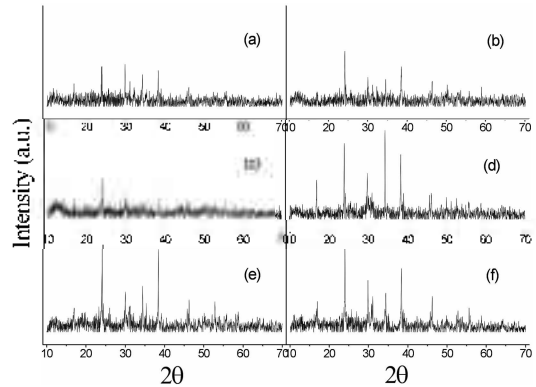


Fig. 3. X-ray diffraction patterns of  $\text{SrGa}_2\text{S}_4:\text{Eu}$  at different sulfur concentrations: (a) 50%, (b) 100%, (c) 200%, (d) 300%, (e) 400%, and (f) 500%.

수 있다. 따라서 발광 스펙트럼으로 얻은 결과를 뒷받침해 준다. 형광체의 X-선 회절 스펙트럼으로부터 합성된 형광체의 결정성을 확인이 가능하다. 결정성이 좋으면 형광체의 발광 세기가 좋아지지만 이러한 것은 정성적으로 비교는 가능하다. 정량적으로 분석하는 것은 불가능하다. 따라서 X-선 회절 스펙트럼은 보조 데이터로 사용되고 정확한 발광세기의 비교는 발광스펙트럼으로부터 확인해야만 한다.

형광체의 합성에서 일반적으로 용융제를 사용한다. 용융제의 사용은 형광체의 합성온도를 낮출 뿐만 아니라, 형광체의 결정성을 더 좋게 만드는 역할을 한다. 본 연구에서도 형광체의 합성에 4가지의 용융제를 사용하였다. Fig. 4에서 확인할 수 있듯이  $\text{KBr}$ 를 용융제로 사용했을 때 가장 좋은 결과를 얻었다. 이때 사용된 여

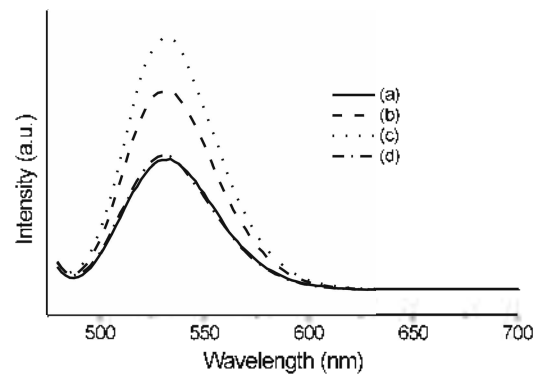


Fig. 4. Emission spectra of  $\text{SrGa}_2\text{S}_4:\text{Eu}$  using different fluxes: (a)  $\text{NaBr}$ , (b)  $\text{NaCl}$ , (c)  $\text{KBr}$ , and (d)  $\text{Li}_2\text{CO}_3$ .

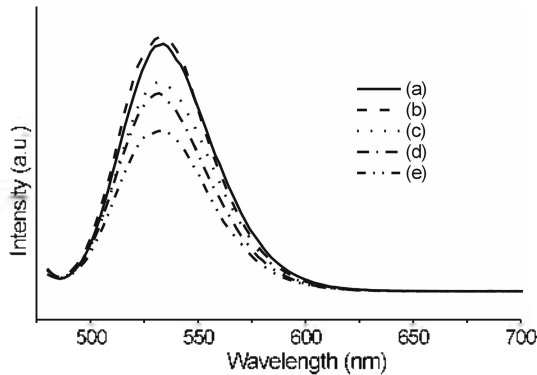


Fig. 5. Emission spectra of SrGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub>:Eu with different KBr amounts: (a) 0.2%, (b) 0.5%, (c) 0.8%, (d) 1.0%, and (e) 1.5%.

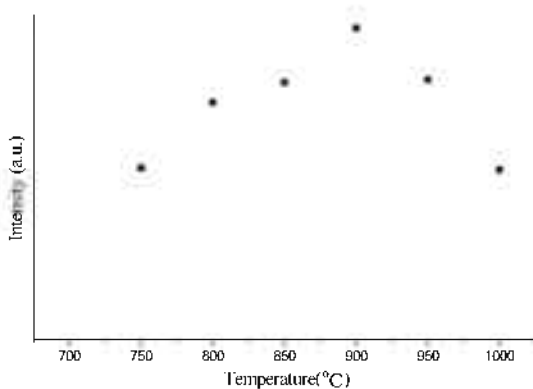


Fig. 6. The emission intensities SrGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub>:Eu at different firing temperatures: (a) 750 °C, (b) 800 °C, (c) 850 °C, (d) 900 °C, (e) 950 °C and (f) 1000 °C.

분의 황은 양은 400%로 고정시켰다. Fig. 5는 KBr의 사용된 양에 따른 발광 스펙트럼을 보여준다. 따라서 KBr의 양이 0.5%(w/w)일 때 발광 세기가 가장 좋은 것을 알 수 있다. 이 때 KBr의 양의 표현은 사용된 SrS, Ga 착물, 그리고 Eu 착물의 전체 무게 합에 대한 무게 비(weight ratio)이다. 다른 용융제보다 왜 KBr이 더 좋은 역할을 하는지는 정확히 알 수가 없으나, KBr를 사용하면 형광체의 결정성이 좋아짐을 알 수 있었다.

또한, 본 연구에서는 합성 온도를 변화시키면서 형광체를 합성하였다. Fig. 6은 여러 온도에서 합성된 형광체의 발광 스펙트럼의 세기를 나타내었다. 900 °C가 최적 합성 온도임을 확인하였다. 앞에서의 최적의 합성 방법을 정리하면 다음과 같다. SrS, Ga 착물, Eu 착물에 400% 여분의 황과 용융제인 KBr를 0.5%(w/w) 첨가 한 것을 내부도가니에 넣고, 내부 도가니의 외부를

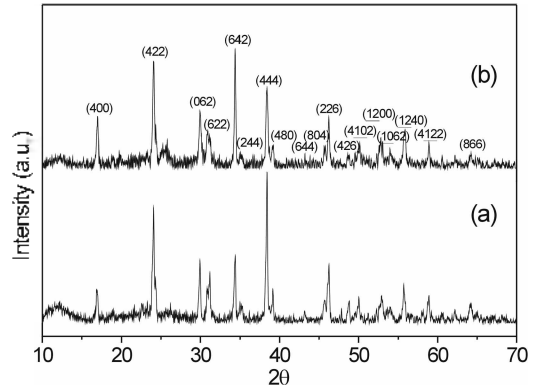


Fig. 7. X-ray diffraction patterns and Miller indices of SrGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub>:Eu synthesized by (a) using H<sub>2</sub>S and Ar gases flowing and (b) decomposition method without gas flowing.

황성탄으로 채운 외부 도가니를 3-에 넣고 900 °C로 2 시간 소성한다. 이와 같은 방법으로 합성한 형광체와 H<sub>2</sub>S와 Ar 가스를 사용하여 고상반응법으로 합성한 형광체와 비교하였다. Fig. 7은 각각의 형광체의 X-선 회절 스펙트럼이다. 본 연구 방법으로 합성한 형광체와 고상반응법으로 합성한 형광체가 같은 결정 구조를 가짐을 알 수 있다. SrGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub>는 사방 결정체이며, 결정 상수는 a=20.84 Å, b=20.50 Å, 그리고 c=12.21 Å이다. EuGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub>도 SrGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub>와 같은 사방 결정체이며, 결정 상수는 a=20.72 Å, b=20.40 Å, 그리고 c=12.20 Å이다. EuGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub>와 SrGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub>이 같은 결정 구조에 결정상수도 거의 비슷하므로, SrGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub>:Eu... 형광체의 결정은 SrGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub>와 거의 같다고 판단된다. 따라서 본 논문의 SrGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub>:Eu 형광체의 밀러 지수(Miller index)는 SrGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub>의 결정의 밀러 지수를 참고로 하여 정하였다. 본 실험에서 합성한 SrGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub>:Eu 형광체는 SrGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub>와 거의 같은 X-선 회절 스펙트럼의 패턴을 보이고 있으므로, 본 연구의 합성법으로 SrGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub>:Eu 형광체가 잘 합성됨을 확인 할 수 있었다. 그러나 신호 대 잡음비(S/N)을 보면 H<sub>2</sub>S와 Ar 가스를 사용하여 얻은 형광체가 더 결정성이 좋다. 따라서 본 연구의 합성법으로 합성한 형광체가 아주 안정된 형광체를 얻지는 못함을 의미한다.

Fig. 8은 SrGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub>:Eu 형광체의 여기 및 발광 스펙트럼이다. 여기 스펙트럼은 발광 파장(λ<sub>em</sub>)을 535 nm에 고정하고 측정하였다. 그리고 발광 스펙트럼은 여기 파장(λ<sub>ex</sub>)을 465 nm에 고정하고 측정하였다. SrGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub>:Eu 형광체는 320-480 nm의 넓은 영역에서 흡수가 일어난다.

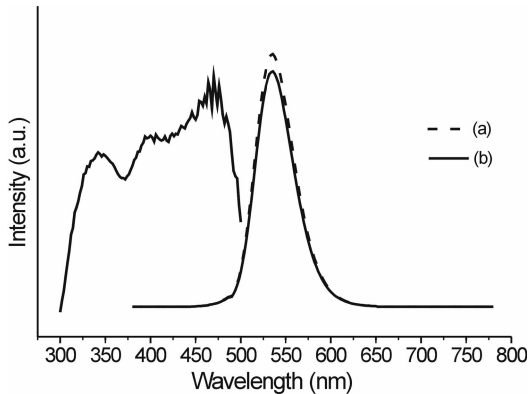


Fig. 8. Excitation ( $\lambda_{exc}$ =355 nm) and emission ( $\lambda_{em}$ =465 nm) spectra of SrGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub>:Eu synthesized by (a) using H<sub>2</sub>S and Ar gases flowing and (b) decomposition method without gas flowing.

350 nm 영역에서의 흡수는 모체인 SrGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub>의 원자가 대 전도 띠 전이(valance-to-conduction band transition) 때문에 일어난다. 반면에 535 nm 영역에서의 발광은 Eu<sup>2+</sup>의 4f<sup>7</sup>5d<sup>1</sup> → 4f<sup>7</sup> 전이에 의해서 일어난다. 본 연구에서는 발광 스펙트럼을 측정 할 때 465 nm를 여기 파장으로 택하였다. 그 이유는 465 nm를 방출하는 청색 발광 다이오드(LED, light emitting diode)에 SrGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub>:Eu 형광체를 코팅하면 녹색이 발광된다. 마찬가지로 청색 영역에서 흡수가 있고, 적색을 발광을 하는 형광체를 발광 청색 다이오드에 형광체를 코팅하면 적색이 발광 된다. 따라서 청색 발광 다이오드에 SrGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub>:Eu와 적색 발광 형광체를 함께 적절히 코팅하면 형광체에서 나오는 녹색과 적색이 발광된다. 청색 발광다이오드에서 나오는 청색이 완전히 흡수되지 않도록 녹색과 적색 발광 형광체의 양을 조절하면 청색, 녹색, 그리고 적색이 모두 발광되는 삼파장 발광 다이오드를 만들 수 있게 된다. 따라서 청색 발광 다이오드의 발광 파장인 465 nm를 여기 파장으로 택하였다. 본 연구의 결과 SrGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub>:Eu 형광체는 삼파장 발광 다이오드를 만드는 데 적절한 형광체가 됨을 확인하였다. 삼파장 발광 다이오드에 관한 내용은 현재 연구 중이고, 곧 논문을 발표할 예정이다.

마지막으로 Fig. 8에서 보면 본 실험 방법으로 합성한 형광체의 발광 세기는 H<sub>2</sub>S와 Ar 가스를 사용하여 얻은 형광체의 발광 세기의 약 93%이다. 비록 약간의 발광 효율은 떨어지지만, 본 연구의 합성 방법은 서론에서 언급한 바와 같이 여러 가지 장점을 가지고 있다. 따라서 본

연구의 방법은 향후 SrGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub>:Eu 형광체를 쉽게 합성하여 사용하게 할 것이다. 따라서 앞으로 SrGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub>:Eu 형광체는 전계 방출 디스플레이, 음극선 발광, 그리고 발광 다이오드 분야 등에서 더 많이 연구 될 것이다.

## 결 론

SrGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub>:Eu는 녹색을 발광하는 형광체로 전계 방출 디스플레이, 음극선 발광 분야에 널리 응용되고 있다. 전형적인 SrGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub>:Eu의 합성은 SrCO<sub>3</sub>, Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 그리고 Eu<sub>2</sub>O<sub>3</sub>를 H<sub>2</sub>S와 Ar 가스를 흘려주면서 소성하는 고상반응법으로 합성하였다. 그러나 독가스인 H<sub>2</sub>S를 잘 처리해야 하므로 SrGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub>:Eu의 합성은 매우 힘들다. 본 연구에서는 SrS, Eu 착물, 그리고 Ga 착물의 분해 반응을 통해서 SrGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub>:Eu 형광체를 합성하였다. 이 방법의 장점은 독성의 H<sub>2</sub>S가스 뿐만 아니라 Ar 가스도 사용하지 않으므로, 합성 과정이 간단하고 위험하지가 않다. 최적의 합성 방법은 SrS, Ga 착물, Eu 착물에 400% 여분의 황과 용융제인 KBr를 0.5%(w/w) 첨가 한 것을 내부도가니에 넣고, 내부 도가니의 외부를 활성탄으로 채운 외부 도가니를 900 °C로 2시간 소성하는 것으로 밝혀졌다. 그리고 SrGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub>:Eu 형광체를 발광 다이오드 분야에 응용이 가능함을 확인하였다.

## 인 용 문 헌

1. Yang, S.; Zhang, F.; Stoffers, C.; Jacobsen, S. M.; Wagner, B. K.; Summers, C. J.; Yocom, N.; McClelland, S. *Appl. Phys. Lett.* **1998**, *72*, 158.
2. Stoffers, C.; Yang, S.; Jacobsen, S. M.; Summers, C. J. *J. SID.* **1996**, *4*, 337.
3. Do, Y. R.; Bae, J. W.; Kim, Y.; Yang, H. G. *Bull. Kor. Chem. Soc.* **2000**, *21*, 295.
4. Eichenauer, L.; Jaroike, B.; Mertins, H.C.; Dreyzig, J.; Busse, W.; Gumlich, H. E.; Benalloul, P.; Barthou, C.; Benoit, J.; Fouassier, C.; Garcia, A. *Phys. Stat. Sol.* **1996**, *A153*, 515.
5. Peters, T. E.; Baglio, J. A. *J. Electrochem. Soc.* **1972**, *119*, 230.
6. Sastry, I. S. R.; Bacalski, C. E.; McKittrick, J. *J. Electrochem. Soc.* **1999**, *146*, 4319.
7. Kobayashi, T.; Ubeda, K.; Naruke, H.; Yamase, T. *Chem. Lett.* **1996**, *26*, 567.
8. Jiang, Y. D.; Villaobos, G.; Souriau, J. C.; Paris, H.; Summers, C. J.; Wang, Z. L. *Solid State Commun.* **2000**, *113*, 475.