

## 백색 LED 형광체용 Alkali selenide 발광 특성 분석

유홍정, 정원근, 김성현\*  
고려대학교 화공생명공학과  
(kimsh@korea.ac.kr\*)

### Luminescence of alkali selenide phosphors doped with $\text{Eu}^{2+}$ and $\text{Ce}^{3+}$

Hong Jeong Yu, WonKeun Chung and Sung Hyun Kim\*  
Department of Chemical and Biological Engineering, Korea University  
(kimsh@korea.ac.kr\*)

## 서론

LED는 디스플레이 및 조명용 소스로 각광 받고 있다. 그 중 LED를 이용해 백색광을 얻어내기 위해서 청색 및 UV LED를 여기광으로 사용하여 형광체의 여기 및 재발광을 이용한 방법이 최근에 가장 활발히 연구되어 왔으며 그중 가장 알려진 황색 형광체 물질이 Yttrium Aluminum Garnet : Cerium (YAG:Ce) ( $(\text{Y}_{1-a}\text{Gd}_a)(\text{Al}_{1-b}\text{Ga}_b)_5\text{O}_{12}:\text{Ce}$ )이다.[1] 이러한 형광체는 여기광인 청색 및 UV광을 통해서 녹색, 황색, 적색 등을 재발광하는데 이때 형광체로 여기되지 않은 청색광과 재발광된 형광체의 발광이 합쳐져 최종적으로 백색광으로 구현된다. 하지만 앞서 언급한 대표적인 황색 형광체는 적색광의 부족으로 인하여 높은 색온도와 낮은 CRI(color rendering index)를 갖는다

이를 개선하기 위하여 여러 대체 물질[2,3]이 개발되어왔으나 상용을 위해서는 아직 안정성의 문제가 남아 있었다. 과거 황화물 구조의 형광체가 활발히 개발되었으나 이러한 황화물은 화학적 안정성 및 강한 여기광으로 인한 감성으로 인하여 최근에는 그 연구가 주춤하였으나 과거나 현재까지 셀레나이드(selenide) 형광체에 대한 연구는 소수에 불과하였다. 이번 연구를 통해 간단한 구조의 알칼리 셀레나이드를 소개하고 그 발광특성을 분석한다.

## 실험

### 형광체 제작

진구체로 SrSe, CaSe,  $\text{Eu(II)Cl}_3$ ,  $\text{Ce(III)Br}_2$ 을 적절한 비율로 섞고 볼밀러를 통하여 분쇄 및 혼합을 마친 후 고온 반응기를 이용하여  $950^\circ\text{C}$ 에서 6시간동안 합성한다. 이를 통해 결과물  $\text{SrSe}:\text{Eu}^{2+}$ ,  $\text{SrSe}:\text{Ce}^{3+}$ ,  $\text{CaSe}:\text{Eu}^{2+}$ ,  $\text{CaSe}:\text{Ce}^{3+}$ 을 얻었다.

## 결과 및 토론

### 1. 형광체 구조 분석

합성된 형광체인  $\text{SrSe}:\text{Eu}^{2+}$  와  $\text{CaSe}:\text{Eu}^{2+}$ 의 XRD 패턴을 분석하였을 때 각각에 해당하는 reference 인 JCPDS-750260(SrSe), JCPDS-772012(CaSe)와 일치하는 것을 확인하여 합성된 결과물이 각각 cubic 구조에  $6.232(\text{SrSe}:\text{Eu}^{2+})$ ,  $5.912(\text{CaSe}:\text{Eu}^{2+})$  크기의 unit cell을 갖는 것을 확인하였다.(Fig.1) 또한 Europium 및 Cerium을 도핑한 후에도 기존 SrSe 및 CaSe의 XRD 패턴과 큰 변화가 없는 것을 확인하여 활성제(activator)를 첨가한 후에도 그 결정성에는 큰 영향을 주지 않는 것이 확인 되었다.

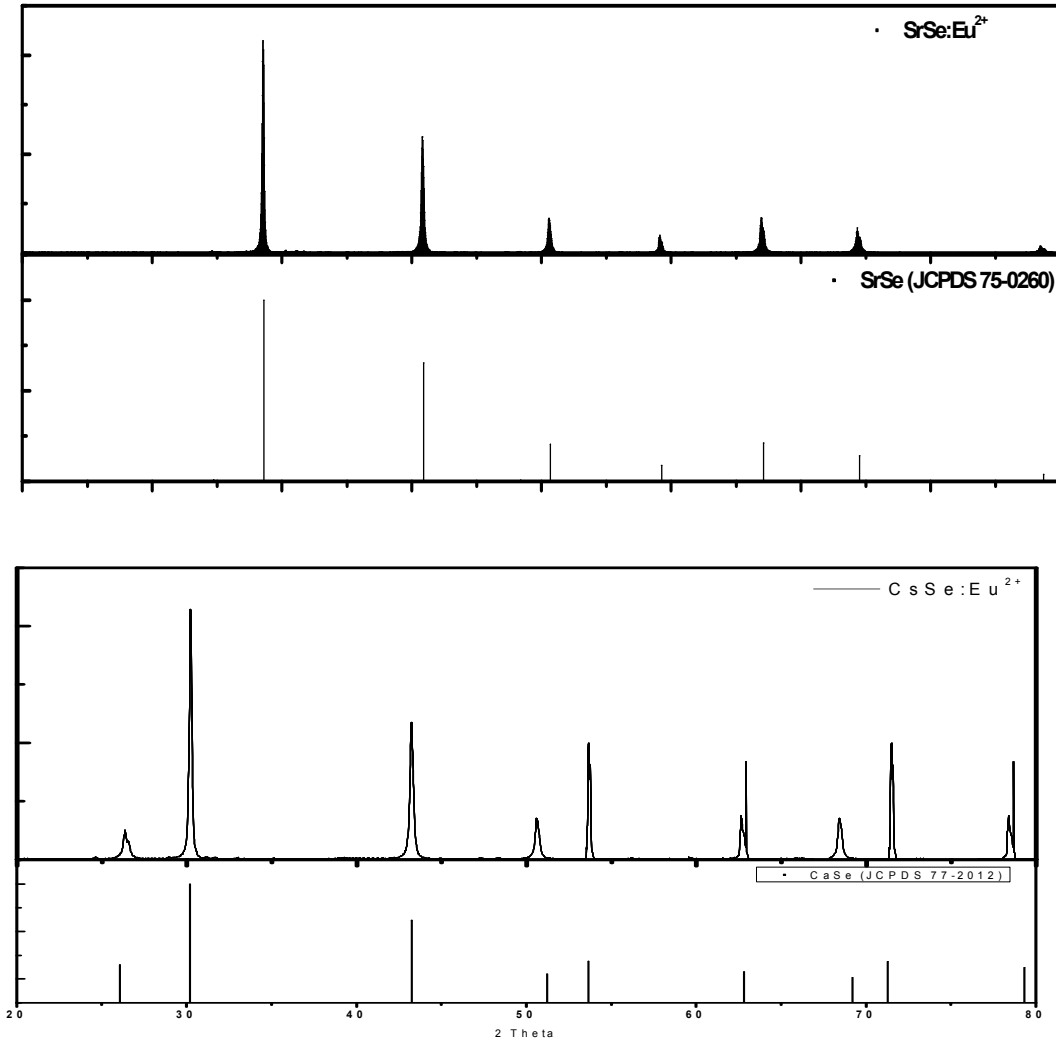


Figure 1. 합성된 형광체 구조

## 2. 형광체 발광 특성

Figure 2.에서 보이는 바와 같이 합성된 형광체는 각각 SrSe:Eu<sup>2+</sup>(녹색, 563nm), SrSe:Ce<sup>3+</sup>(청색, 465nm), CaSe:Eu<sup>2+</sup>(황적색, 622nm), CaSe:Ce<sup>3+</sup>(청색, 495nm) 보인다. 형광체에 도핑된 Europium 2가 이온과 Cerium 3가 이온의 영향으로 넓은 밴드발광을 보이여 이와 같은 형광체의 활성화제(activator)의 에너지 전달이 d-f orbital transition으로 형성 되기 때문이다. 이러한 넓은 영역의 밴드발광은 광소자로 이용될 LED 형광체로서 좋은 결과로 작용한다. 또한 이러한 합성된 형광체의 여기파장 스펙트럼을 확인해 볼 때 (Fig. 3) 400~450nm의 넓은 영역에서 고루 여기되기 때문에 청색 LED 뿐만 아니라 근 자외선 LED로도 형광체를 이용한 이용한 소자를 제작 할 수는 장점을 갖는다.

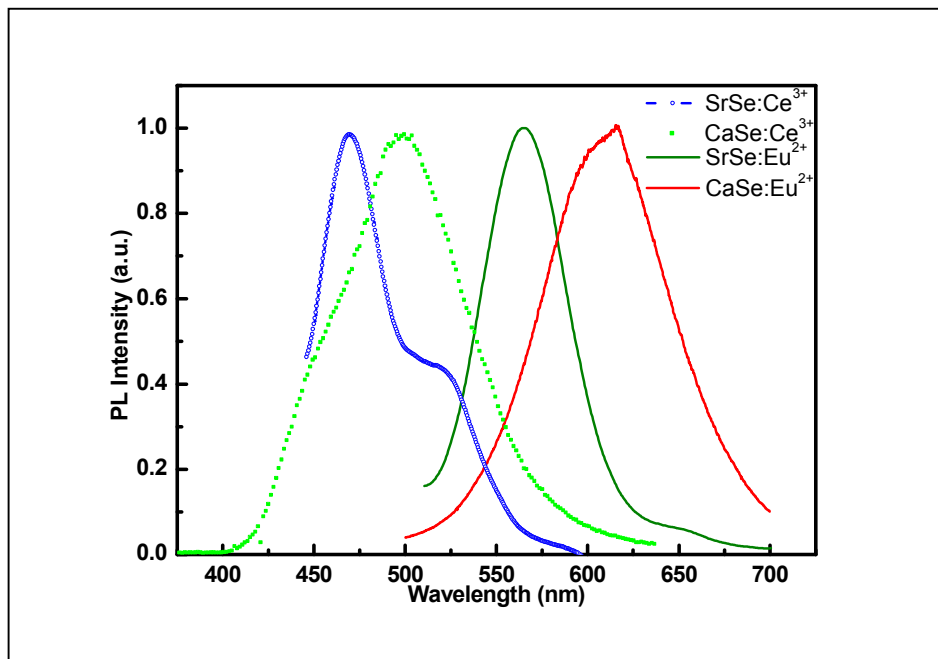


Figure 2. 합성된 형광체의 PL 특성

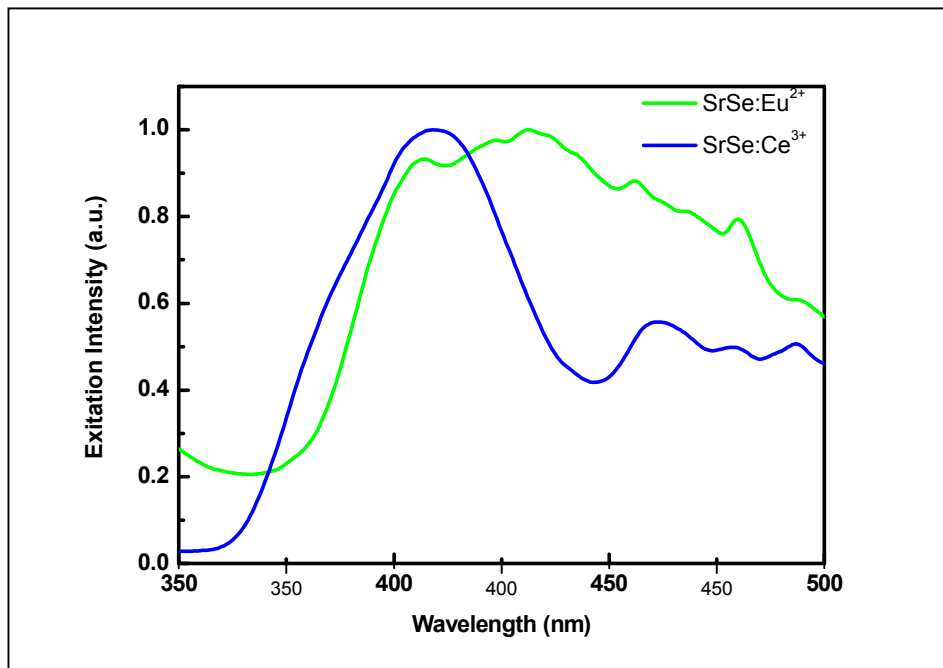


Figure 3. 합성된 형광체의 Excitation 특성

## 2. 소자 특성

합성된 형광체 중 가장 높은 효율을 보이고 백색광을 얻기 위해 필요한 녹색 발광을 하는 SrSe:Eu<sup>2+</sup> 형광체와 다양한 파장(410 nm, 425 nm, and 455 nm)의 갖는 LED를 이용하여 소자를 제작하여 각 여기 파장별 소자특성을 비교 분석하였다. 이때 455nm LED를 이용하여 제작된 소자가 가장 센 형광체 발광을 보였으며 이렇게 제작된 소자들은 모두 백색광을 보였다.

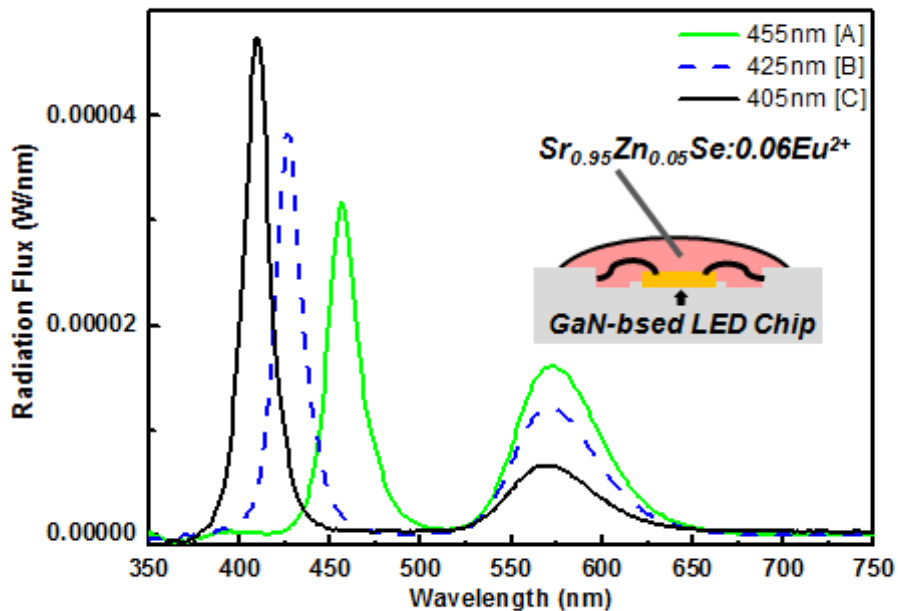


Figure 4. SrSe:Eu<sup>2+</sup> + LED 소자 발광 스펙트럼

### 결론

알칼리 셀레나이드 형광체를 기존의 solid state reaction 방법을 통하여 합성하였고 합성된 형광체의 결정성을 분석하여 cubic 구조를 갖는 것을 확인하였다. 또한 형광체의 여기 스펙트럼과 발광 스펙트럼을 분석하여 청색 및 근자외서LED에 모두 적용시킬 수 있는 특성을 갖는 것을 확인하였으며 실제 소자를 제작하여 백색광을 형성하는 것을 확인 하였다.

### References

- [1] N. Y. Yamada Motokazu, Mukai Takashi, "Phosphor Free High-Luminous-Efficiency White Light-Emitting Diodes Composed of InGaN Multi-Quantum Well," Japanese Journal of Applied Physics, vol. 41, pp. L246-L248, 2002.
- [2] F. Hide, "White light from InGaN/conjugated polymer hybrid light-emitting diodes," AppliedPhysicsLetters, vol.70, pp.2664-2666, 1997
- [3] C. Hsueh-Shih, H. Cheng-Kuo, and H. Hsin-Yen, "InGaN-CdSe-ZnSe quantum dots white LEDs," Photonics Technology Letters, IEEE, vol. 18, pp. 193-195, 2006.