

## Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 기판 위에 증착한 ZnGa<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 형광체 박막의 발광 특성 연구

### Luminescent characteristics of ZnGa<sub>2</sub>O<sub>4</sub> phosphor thin film deposited on Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> substrate

문병선, 배중성, 문병기, 정중현, 이성수\*, 김일원\*\*

부경대학교 물리학과, \*신라대학교 광전자 공학과, \*\*울산대학교 물리학과

jhjeong@mail.pknu.ac.kr

산화물 박막 형광체는 현재 사용되어지고 있는 황화물계 형광체와 비교했을 때, 우수한 발광 특성, 고진공 하에서의 안정성, 그리고 전자 충돌에 의한 부식성 가스 방출이 적어 평판 표시 소자로서 사용하기 위해서 많은 주의를 끌고 있다. 최근, 산화물 형광체 중의 하나인 ZnGa<sub>2</sub>O<sub>4</sub>는 저전압 음극 발광 형광체로서 VFD(vacuum fluorescent display, 형광 표시판)와 FED(field emission display, 전계방출 디스플레이)등의 핵심소자로서도 매우 주목을 받고 있는 물질이다.<sup>(1-3)</sup> ZnGa<sub>2</sub>O<sub>4</sub>는 ZnO와 Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 화합물로서 스피넬 구조를 이루고 있고, 에너지 띠 간격이 약 4.4eV로서 첨가된 물질이 없는 경우 ZnGa<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 자체 활성화에 의한 청색 발광을 보이고 있다.<sup>(4)</sup>

현재까지 다결정질 형광체 분말에 대한 여러 가지 연구들이 실행되어오고 있지만, 박막 형광체에 관계되어진 연구는 별로 발표되고 있지 않는 실정이다. 아울러 박막 형광체에 있어서 구조적인 특성과 발광 특성 사이의 기초적이 관계는 아직까지 완전하게 이해되지 않고 있다.

본 연구에서는 PLD(pulsed laser deposition, 펄스레이저 증착법)을 이용하여 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 기판 위에 ZnGa<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 박막을 제작하고 이렇게 제작되어진 박막에 대한 발광 특성을 조사하였다.

1050℃에서 3시간동안 소결한 ZnGa<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 세라믹을 target으로 하여 193nm을 갖는 ArF 엑시머 레이저를 사용하여 펄스레이저 증착법을 이용하여 박막을 제작하였다. 기판과 target 사이의 거리는 35mm에 고정시켰고, 레이저 에너지는 대략 150mJ, 반복율은 5Hz에서 100분간 증착하였다. ZnGa<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 형광체 박막은 산소 분압 100mTorr, 그리고 기판 온도 350℃, 450℃, 그리고 550℃에서 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(0001) 기판 위에 증착하였다. 이렇게 증착되어진 ZnGa<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 형광체 박막의 결정 구조는 X-선 회절 실험을 행하였고, 표면의 미세 구조는 AFM(atomic force microscopy)을 사용하여 측정하였다. ZnGa<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 형광체 박막의 PL 스펙트럼은 luminescence spectrophotometer를 사용하여 Xenon 램프를 광원으로 254nm의 파장을 가지고 실온에서 300 ~ 600nm의 파장 영역에서 발광거동을 조사하였다.

그림 1.1 은 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(0001) 기판 위에 증착 되어진 기판 온도에 따른 ZnGa<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 형광체 박막의 XRD 회절 무늬이다. 그림에서 보면 증착 온도가 낮을 수록 완전한 ZnGa<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 상을 형성하지 못하여 (311) 면 방향의 피크가 주로 나타나고 있는 반면, 증착 온도가 높아질 수록 (111), (220), (311), (222), (511) 면 방향의 피크가 나타나는 zinc gallate 스피넬 구조와 일치함을 확인하였다. 특히 35° 부근의 (311) 면 방향의 피크는 온도가 높아질수록 감소하였고, 상대적으로 37° 부근의 (222)면 방향의 피크의 세기가 증가함

을 확인하였다. 또한 550°C에서 증착되어진 ZnGa<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 형광체 박막의 경우 (111), (222), (511)면 방향의 피크들이 다른 피크들에 비해 상대적으로 크게 나타나고 있고 우선 배향성을 가짐을 알 수 있다.

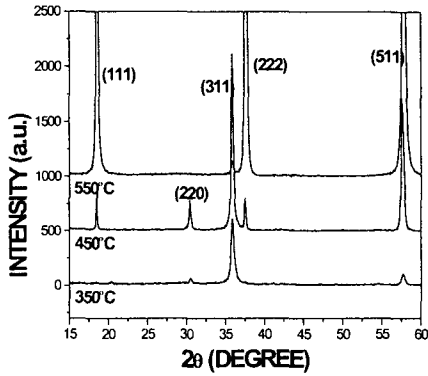


그림 1.1. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(0001) 기판 위에 증착 되어진 기판 온도에 따른 ZnGa<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 형광체 박막의 XRD 회절 부위.

그림 1.1. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(0001) 기판 위에 증착 되어진 기판 온도에 따른 ZnGa<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 형광체 박막의 XRD 회절 부위.

그림 1.2 는 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 기판 위에 기판 온도 변화에 따라 증착한 ZnGa<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 형광체 박막의 AFM 사진이다. 기판 온도가 350°C의 경우 둥근 형태의 grain 들과 이 grain 들이 엉겨붙어 있는 균일하지 못한 표면 형태를 나타내고 있다. 450°C의 경우에는 크기가 비슷한 둥근 형태의 grain들이 비교적 균일하게 증착 되었음을 알 수 있다. 한편 550°C의 경우는 길쭉한 타원 모양의 grain들이 두 개씩 짝을 이루어 나비 날개 모양을 한 특이한 형태의 grain들을 형성하였음을 확인하였다.

그림 1.3 은 산소 분압 100mTorr 에서 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(0001) 기판 위에 증착되어진 ZnGa<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 형광체 박막의 기판 온도에 따라서 발광 스펙트럼을 나타낸 것이다. 여기 광은 λ = 254nm 를 사용하였다. 그림에서 보면 증착 온도에 관계없이 460nm 에서 최대 피크를 갖는 350nm 에서 600nm 까지의 넓은 범

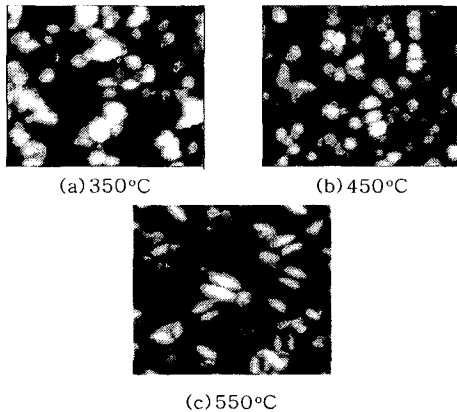


그림 1.3. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(0001) 기판 위에 증착 되어진 기판 온도에 따른 ZnGa<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 형광체 박막의 AFM 사진.

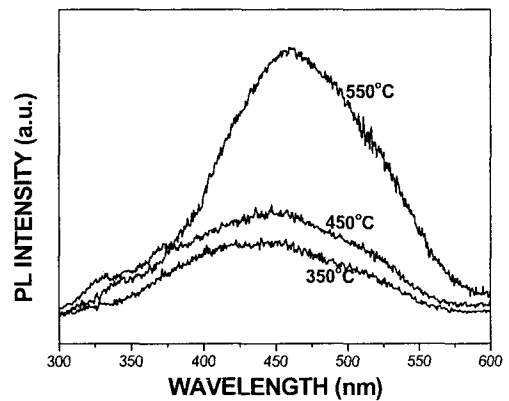


그림 1.3. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(0001) 기판 위에 증착 되어진 기판 온도에 따른 ZnGa<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 형광체 박막의 발광 스펙트럼.

참고문헌

- (1) I. K. Jeong, H. L. Park, and S. I. Mho, "Photoluminescence of ZnGa<sub>2</sub>O<sub>4</sub> mixed with InGaZnO<sub>4</sub>", Solid State Comm., **108**, 823-826 (1998).
- (2) S. K. Choi, H. S. Moon, S. I. Mho, T. W. Kim, and H. L. Park, "Tunable color emission in A Zn<sub>1-x</sub>Cd<sub>x</sub>Ga<sub>2</sub>O<sub>4</sub> phosphor and solid solubility of CdGa<sub>2</sub>O<sub>4</sub> in ZnGa<sub>2</sub>O<sub>4</sub>", Mat. Res. Bull., **33**, 693-696 (1998).
- (3) S. H. M. Poort, D. Cetin, A. Meijerink, and G. Blasse, " The Luminescence of Mn<sup>2+</sup>-Activated ZnGa<sub>2</sub>O<sub>4</sub>", J. Electrochem. Soc., **144**, 2179-2283 (1994).
- (4) S. Itoh, H. Toki, Y. Sato, K. Morimoto and T. Kishino, "The ZnGa<sub>2</sub>O<sub>4</sub> Phosphor for Low-Voltage Blue Cathodoluminescence", J. Electrochem. Soc., **138**, 1509-1512 (1991).