

논문 2001-10-6-04

백색 전계발광소자의 제작과 그 특성

金于鉉*, 崔時永*

**Fabrication and Characteristics of a White Emission
Electroluminescent Device**

Woo-Hyun Kim* and Sie-Young Choi*

요 약

형광체로서 ZnS를 사용하고 BST 강유전체 박막을 절연체로 사용한 전계발광소자를 제작하고 그 특성을 조사하였다. 형광체로는 청색 및 녹색발광을 위해 각각 ZnS:AgF₃와 ZnS:TbF₃를 사용하였으며 적색을 위해 ZnS:Mn과 ZnS:SmF₃를 사용했다. 이들의 형광체가 증착 도중에 분해되는 것을 막기 위해 석영관에 그들을 각각 봉입해서 열처리하여 결정화시킨 후에 진공증착원으로 사용하였다. 한편 절연층으로 사용한 BST박막은 Ba_{0.5}Sr_{0.5}TiO₃세라믹스 타겟을 사용하여 마그네트론 스퍼터링 방법으로 제조하였다. 이때 기판온도, 분위기압 및 작동기체인 Ar:O₂의 비가 각각 400℃, 30 mTorr 및 9:1이었다. 각 형광체의 두께는 150 nm씩 합계 600 nm였고, 절연층은 상부가 400 nm 및 하부가 200 nm이었다. 이와 같이 만든 박막 전계발광소자의 발광 문턱전압은 75 V_{rms} 이고, 최고 휘도는 100 V_{rms}에서 3200 cd/m²이었다. 그리고 절연층의 유전상수는 1 kHz에서 254이다.

Abstract

White emission thin film electroluminescent device was fabricated with ZnS for phosphor layers and BST ferroelectric thin film for insulating layers. The ZnS:Mn and ZnS:SmF₃ layers were used for emission of red color. Also the ZnS:TbF₃ and ZnS:AgF₃ layers were used to emission of green and blue color, respectively. And the fabrication conditions of the BST insulating layers were followings, that is, the composition ratio of target, substrate temperature, working pressure and operating gas ratio were Ba_{0.5}Sr_{0.5}TiO₃, 400℃, 30 mTorr and 9:1, respectively. The thickness of phosphor were 150 nm for each layers and the insulating layers of upper and bottom were 400 nm and 200 nm, respectively. The luminescence threshold voltage was 75 V_{rms} and the maximum brightness of the thin film electroluminescent device was 3200 cd/m² at 100 V_{rms}.

1. 서 론

최근에 평판 표시기의 수요가 급증하면서 이에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 평판 표시

기에는 발광형과 비발광형이 있고, 발광형에는 평판CRT(flat cathode ray tube), PDP(plasma display panel), ELD(electroluminescence display), VFD(vacuum fluorescent display), FED(field emitting display), LED(light emitting diode)등이 있다. 그리고 대표적인 비발광형 표시기로는 LCD(liquid crystal display)가 있다. 발광형 중 ELD는 강한 전계에 의해 형광체 내부에서 발생한 이온화 과정에서 생긴 전자-정공의 재결합에

* 경북대학교 전자전기공학부(School of Electronic and Electrical Eng., Kyungpook National University)

<접수일자 : 2001년 6월 22일>

의해 발광하는 현상을 이용한 소자이다^[1-5].

발광EL소자는 형광층의 재료와 제조 방법에 따라 분말형과 박막형으로 구분할 수 있다^[6,7]. 분말형의 경우에는 형광체를 투명 유전막에 분산시킨 것에 투명 전극과 배면 전극을 부착시켜 제작한 것으로 LCD의 배면조명과 면발광용으로 쓰이고 있다^[8]. 한편 박막형은 형광층과 절연층을 전자선 가열증착, 저항성 가열증착, 스퍼터링 방법등으로 성막시켜 μm 이하의 박막으로 제작한 것이다. 박막형은 발광시 누설전류가 적고, 절연층의 유전상수가 높아 강한 전기장이 유지 되어 발광효율이 높고, 수명이 길고, 수분 및 열 등에 안전성이 있는 것으로 알려지고 있다^[9-14].

ELD에 사용되는 형광체로는 ZnS를 모물질로 하고 이것에 여러 가지 활성제를 혼합해서 여러 가지 색을 구현하는 것이 있다. 적색을 발광시키려면 ZnS:Mn을, 녹색을 만들려면 ZnS:TbF₃ 그리고 청색을 위해 ZnS:AgF₃를 사용한다. 그러나 ZnS:Mn은 주황색(580nm)을 주로 발광하므로 이들 색소를 혼합했을 경우 백색을 구현하는데 있어 적색으로서의 역할을 충분히 발휘하지 못한다. 그래서 ZnS:Mn에 ZnS:SmF₃를 혼합해 형광층으로 사용하여 발광 파장을 적색쪽으로 이동시키고, ZnS:Mn이 타 색소에 비해 높은 발광휘도를 갖는 특성을 살려 이를 하단부에 설치해서 타 형광층의 발광 휘도를 돕는 역할을 할 수 있게 하였다. 또한 이들 형광체를 성막시키는 과정에서 각 성분의 비등점의 차이 때문에 분해되어 온전한 화합물 박막이 형성되지 않고 있다.

본 실험에서는 형광체들을 칭량혼합 후 석영관에 밀봉시켜 열처리하고 이를 분쇄 성형하여 증착원으로 사용하였다. 한편 형광체들에 강한 전기장(1×10^6 V/cm이상)이 가해져도 절연 파괴가 발생하지 않고 누설전류도 흐르지 않게 해야 하기 때문에 이 소자에는 양질의 절연층이 요구된다. 절연층으로 BST(barium strontium titanate) 박막을 사용하여 박막 ELD를 제작하였다. BST 박막은 세라믹 타겟($\text{Ba}_{0.5}\text{Sr}_{0.5}\text{TiO}_3$)을 사용하여 마그네트론 스퍼터링 방법으로 제작하였다. 이 절연층은 BaTiO_3 의 강유전특성을 가지면서 SrTiO_3 의 상온에서 안정된 구조를 갖는 특성을 살린 것이다^[11]. 이상과 같은 재료로 박막 ELD를 제작하고 이것의 전기적 특성과 광학적 특성을 조사하였다.

II. 실험 및 측정

BST 박막은 ITO 투명 도전막이 도포된 유리 기판 위에 $\text{Ba}_{0.5}\text{Sr}_{0.5}\text{TiO}_3$ 세라믹 타겟을 사용하여 마그네트론 스퍼터링 방법으로 만들었다. BST 박막의 제조 조건을 표 1과 같다.^[15] 본 실험에서는 김정환 등^[15]이 연구한 이들 막의 최적 제조 조건을 적용해서 만들었다. 산소량을 10%, 작동 기체압력은 30 mTorr, 기판온도는 500 °C 및 r.f. 전력은 프라즈마 방전과 성막 상태가 우수한 조건인 200 W로 하였다.

표 1. BST박막의 제조 조건^[15]

Table 1. Fabrication conditions of BST thin film^[15]

Deposition Parameters	Value
O ₂ /(Ar+O ₂)mixing ratio	10%, 20%, and 30%
working pressure	5~30mTorr
substrate temperature	R.T.~500°C
rf power	200W
deposition time	30~120 min

그림 1에는 BST 박막의 전기적 특성을 측정하기 위해 만든 커패시터의 구조이다. 전극의 크기는 10 mm 이고, BST 박막의 두께와 표면의 상태는 SEM을 사용하여 관찰하였다. 그리고 광 파장에 따른 광투과율은 분광광도(UV-visible spectrophotometer, SHIMAZU UV-1601)를 사용하여 측정하였다.

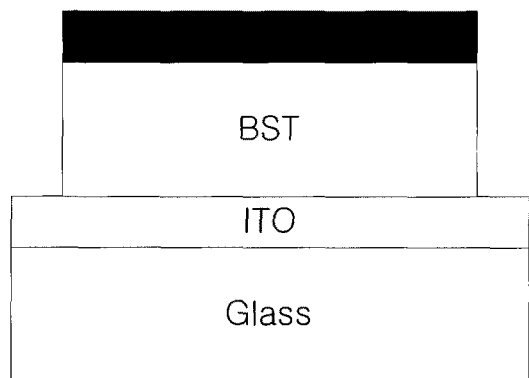


그림 1. BST 박막 커패시터의 구조.

Fig. 1. Structure of BST thin film capacitor.

표 2. 형광체의 준비

Table 2. Preparation of phosphors

condition	ZnS : TbF ₃	ZnS : Ag	ZnS : Mn	ZnS : SmF ₃
mixing ratio	TbF ₃ (0.8 wt%)	Ag(1 wt%)	Mn(0.8 wt%)	SmF ₃ (0.8 wt%)
heat treatment	800 °C, 2hr			
amount per an ampule	0.5 g			

형광체로는 모물질인 ZnS에 활성체인 Mn, SmF₃, AgF₃ 및 TbF₃들을 혼합하여 이들을 진공 증착시켜서 박막을 만들었다. 제조된 형광 박막들은 화학량론적조성을 이루는 박막이 되지 않고 그 성분이 달라지게 된다. 그래서 본 실험에서는 이들 형광체를 적당량 씩 칭량 후 석영관에 봉입해서 앰플로 만든 후 이들을 고온 열처리하여 소결된 시료로 만들었다.

표 2에는 각 형광체들의 모물질과 활성체의 혼합비와 열처리 조건들이 각각 나타나 있다. 이때 각 형광체의 모물질과 활성체의 혼합비는 0.8~5 wt%로 하였고, 열처리 온도는 700, 800, 900 및 1000 °C에서 각각 2 시간씩 실시하였다.

형광체의 박막 제조는 이상에서 준비한 시료를 잘 분쇄한 후 이들을 0.2 mg 에서 1 mg 까지 0.2 mg씩 증가시키면서 칭량하여 증착 원료물질로 사용하였다 증발원과 기판 사이는 20 cm로 하였고 급격히 증발시킬 수 있는 flash 방법으로 증착시켰다.

작아지다가 450 °C 이상에서 막이 배향성을 갖게 되며, 500 °C 이상에서는 그런 현상이 크게 나타났기 때문이다^[7-10,14,15.]. 따라서 배향성의 증가가 증착률의 값을 크게 하게 된다.

그림 3은 제조된 BST 박막들의 XRD 패턴을 나타냈다. 300 °C 와 400 °C에서의 경우와

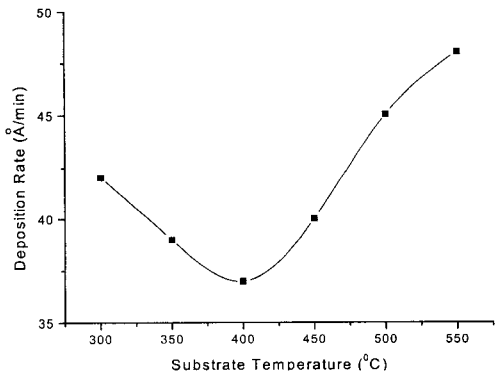


그림 2. 기판 온도에 따른 BST 박막의 증착률.
Fig. 2. Deposition rate of BST thin film with substrate temperature.

III. 결과 및 고찰

3.1. BST 박막의 특성

성막 시간을 60 분, 작동 기체인 Ar+O₂의 혼합비(Ar/Ar+O₂)를 9:1로, 그리고 작동 기체압을 30 mTorr로 고정시키고^[15] 기판 온도를 변화시키면서 BST 박막을 제조하였다. 이 때 기판 온도는 상온에서 100 °C 간격으로 500 °C 까지 변화시켰다.

그림 2에는 기판 온도를 달리하면서 만든 박막의 증착률을 나타냈다. 기판 온도가 증가함에 따라 박막의 증착률이 감소하다가 400 °C 이상에서 증가하는 경향을 보인다. 이는 기판 온도가 증가함에 따라 막의 구성이 치밀해져서 증착률이

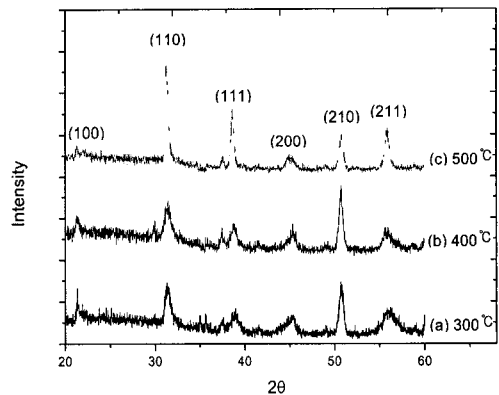


그림 3. 기판 온도에 따른 BST박막의 XRD 패턴.
Fig. 3. XRD patterns of BST thin film with sub. temperature.

비교해서 500 °C에서의 경우가 (110), (111), (211)의 피크가 큰 것은 이 온도에서 막의 결정화가 되었음을 알 수 있다. 이것은 타 연구자들의 보고와도 잘 일치하는 결과이다^(14,15).

이 박막들의 표면과 단면을 SEM으로 관찰 해 본 결과로 XRD의 패턴에서와 같이 500 °C에서 형성된 박막의 경우 표면이 치밀하며 결정성이 형성된 것을 알 수 있었고, 또한 이들 박막의 단면이 가장 결정성이 우수한 것으로 나타났다. 그리고 투명 전극인 ITO 막과도 접착성이 우수하였으며 BST막과 ITO막 사이의 경계면도 깨끗하게 형성된다는 것을 확인 할 수 있었다⁽¹⁶⁾.

3.2. 형광체의 특성

형광체 박막을 만들기 전에 ZnS 모체에 첨가제인 활성체를 칭량 후 석영관에 밀봉하고 이를 800 °C에서 2 시간 열처리를 수행하였다. 여러 가지 온도에서 열처리를 수행했으나 소결 상태와 결정성의 상태가 이 조건에서 수행한 것이 가장 우수했다. 그 시료를 XRD 분석한 것이 그림 4에 나타나 있다. 열처리를 수행하는 중요한 이유는 형광체가 적당한 결정성을 갖게 하기 위함이다. 이 그림을 보면 (100), (111), (101)등 여러 가지 결정성이 나타난다. 또한 JCPDS 표의 것과 비교해 보면 열처리 전의 모든 원소가 그대로 존재함을 알 수 있다. 그리고 첨가제인 Mn, SmF₃, TbF₃ 및 AgF₃들의 양이 1 wt% 정도 이므로 이들이 ZnS의 결정성에 영향을 끼치지 못하고 있다.

그림 5는 열처리된 ZnS:Mn, ZnS:SmF₃, ZnS:TbF₃ 그리고 ZnS:AgF₃의 분들의 PL 특

성을 나타낸 것이다. 이것은 박막화 과정 전후에서 각각의 PL특성이 어떻게 변하는가를 알아보기 위함이다. ZnS:Mn은 그림 (a)에 나타나 있듯이 580nm에서 발광 피크를 갖는 주황색 파장 영역을 나타낸다. 그림 (b)에는 ZnS:SmF₃의 것으로 650nm에서 발광 피크를 갖는 적색 파장 영역을 나타낸다. 그래서 두 형광 분체들을 사용함으로써 RGB 중 R을 담당할 수 있다. 앞의 2가지의 형광체를 사용하는 이유는 ZnS:SmF₃ 만을 사용하면 적색 영역을 충분히 나타낼 수 있으나, 그림 (b)에서 알 수 있듯이 그의 휘도가 약해서 다른 색소와 혼합되었을 때 자기 몫을 충분히 발휘하지 못한다. 그래서 그림 (a)의 ZnS:Mn은 휘도가 타 색소의 것에 비해 거의 10배가 된다. 적색에 가까운 주황색이지만 휘도가 높아 이 색소층을 마지막 층으로 형성시켜서 그 층의 발광 에너지가 타 색소층의 부족한 휘도를 보완하도록 하려는 것이다. 그림 5의 (c)에는 ZnS:TbF₃의 것을 나타낸 것으로 발광 피크가 550nm인 녹색 영역이며, 그리고 그림 (d)의 ZnS:AgF₃의 것은 450nm에서 피크가 발생하는 청색 영역이다. 이와 같은 색소 층들을 사용하면 RGB 모두를 나타낼 수 있으므로 백색 EL소자를 구현할 수 있었다.

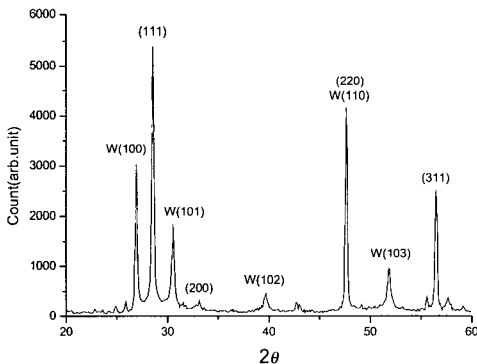
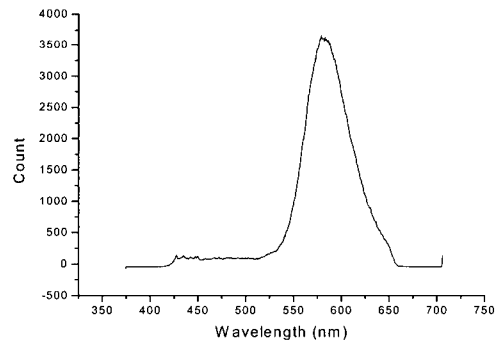
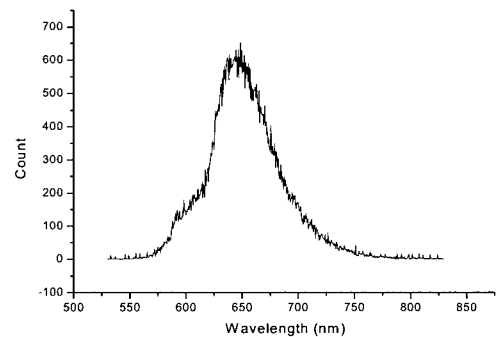


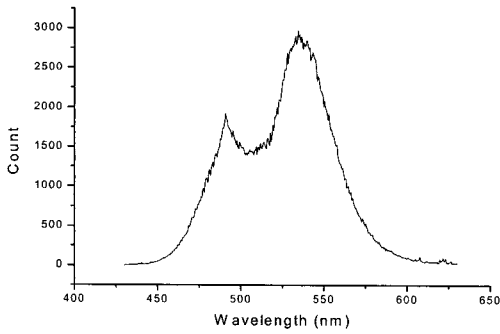
그림 4. 열처리한 ZnS 시료의 XRD 패턴
Fig. 4. XRD patterns of ZnS powder after heat treatment.



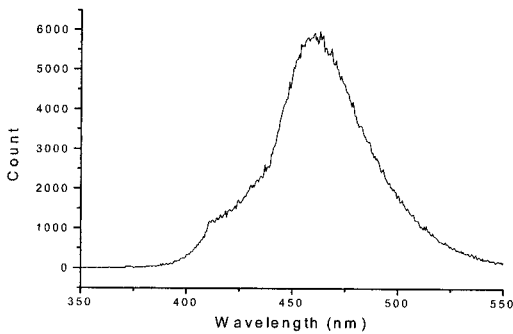
(a) ZnS:Mn



(b) ZnS:SmF₃



(c) ZnS:TbF₃



(d) ZnS:AgF₃

그림 5. 열처리한 시료의 PL 특성
Fig. 5. Photoluminescence characteristics of samples after heat treatment.

그림 6에는 석영관에 밀봉시켜서 열처리한 ZnS:Mn 형광분체의 AES 분석을 한 결과를 나타낸 것이다. 이것은 열처리 전후에서 쉽게 이탈하는 황의 존재를 확인하기 위함이다. 본 실험에서 실시한 석영관에 밀봉시켜서 열처리한 형광분체들은 황이 이탈하지 아니했음을 확인할 수 있었다. 즉 그림에서 1000 eV 근처의 Zn 피크와 180 eV 근처의 S 피크를 확인할 수 있으며, 두 피크의 크기로부터 계산된 함량비가 거의 1 : 1 이 된다는 것을 확인하였다.

그림 7에는 ZnS 형광체에 Mn, SmF₃, TbF₃ 및 AgF₃ 를 각각 칭량 후 모두 혼합한 분체를 석영관에 밀봉하여 앰프로 만든 후에 열처리한 시료의 PL 특성을 나타낸 것이다. 이 형광체 시료들의 혼합은 표 4의 조건과 같다. 그림에서 Mn 이외의 다른 색소에 의한 PL 특성이 나타나 있지 않다. 이것은 Mn 이외의 다른 색소들의 발광 휘도가 상대적으로 아주 작아서 그 효과를 나타내지 못하고 있기 때문이라고 할 수 있다. 그러나 이 PL 특성에서 Mn에 의한 피

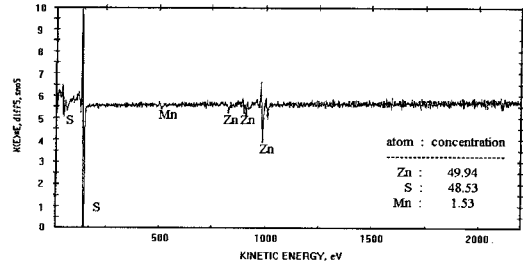


그림 6. ZnS:Mn 형광 분체의 AES 스펙트럼.
Fig. 6. AES spectrum of ZnS:Mn phosphor powder.

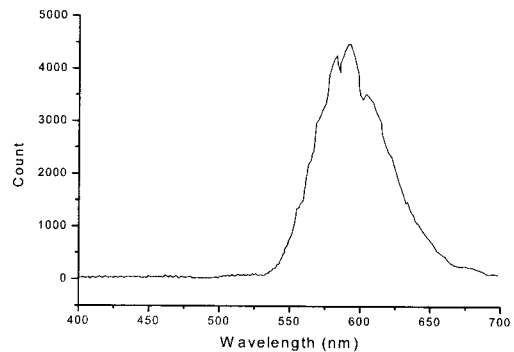


그림 7. 각 색소를 혼합한 형광체의 PL 특성
Fig. 7. PL characteristics of the mixed phosphors.

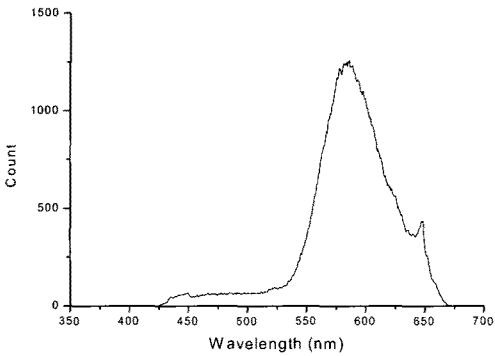
크 값이 600 nm로 이동된 것은 SmF₃에 의한 영향이라고 생각할 수 있다.

3.3. 형광체 박막의 특성

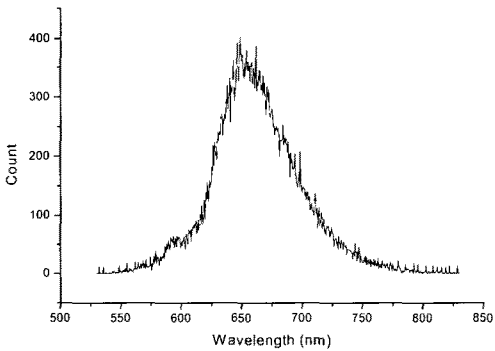
앞에서 여러 가지 형광체들을 혼합한 경우 그 광학적 특성이 나빠진다는 사실을 발견하게 되었다. 그래서 형광체를 박막화 하는데 있어서 형광체를 각각 박막화시켜 이를 사용하여 EL 소자를 아래와 같은 조건으로 만들었다. 먼저 ITO가 200 nm 도포된 유리 기판 위에 200 nm 두께의 BST막을 r.f. 마그네트론 스퍼터링법으로 만든 뒤, 그 위에 ZnS:AgF₃, ZnS:TbF₃, ZnS:SmF₃ 그리고 ZnS:Mn 순으로 각각 150 nm 씩 flash 방법으로 진공증착 시켰다. 그리고 역시 r.f. 마그네트론 스퍼터링 방법으로 400 nm 두께의 BST막을 제작하고 마지막으로 Al 전극을 진공증착시켜 완성시켰다.

먼저 각 형광막의 제반 특성을 조사하였다. 그림 8는 ZnS:Mn, ZnS:SmF₃, ZnS:TbF₃, 그리고 ZnS:AgF₃ 형광 박막들의 PL 특성을 각각 나타낸 것이다. 그림 5의 각 형광체의 분체에

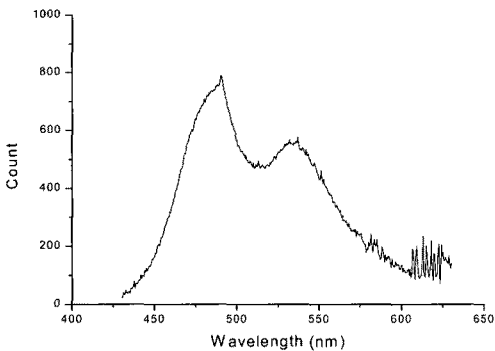
대한 PL 특성과 비교했을 때 각각의 발광 피크는 같은 위치에 나타났다. 다만 각 피크 값이 다소 줄어들었는데 이것은 박막의 특성 때문이라고 생각된다. ZnS:Mn은 580 nm, ZnS:SmF₃는 650 nm, ZnS:TbF₃는 550 nm 그리고 ZnS:AgF₃는 470 nm에서 각각 피크가 발생하였다. 이 막들을 적층시켜서 발광시키면 RGB색을 충분히 담당하게 되어 백색 발광이 되리라고 기대된다.



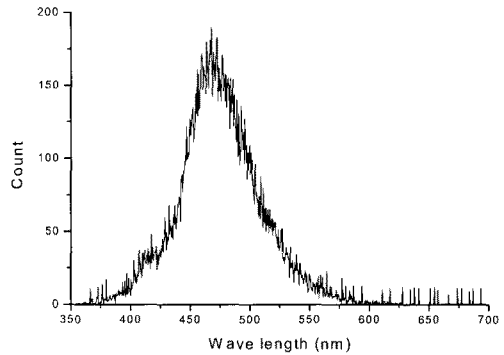
(a) ZnS:Mn



(b) ZnS:SmF₃



(c) ZnS:TbF₃



(d) ZnS:AgF₃

그림 8. 형광체 박막의 PL 특성

Fig. 8. PL properties of phosphor thin film.

그림 9는 ZnS 막의 제조시 기판 온도를 달리 해서 만든 시편의 XRD 패턴을 나타낸 것이다. 기판 온도가 100에서 250°C 전 범위에 걸쳐서, 2θ 값이 28.6인 것은 이 물질이 (111) 피크인 입방정계 구조와 30.6 부근에서 육방정계의 (101) 피크를 나타내고 있다는 것을 의미한다. 특히 200°C 까지는 기판 온도가 증가함에 따라 (111) 피크가 증가하다가 250°C에서 다시 감소하는 경향을 나타냈다. 200°C에서 (111) 배향이 가장 강하게 나타났다. ZnS:Mn 막의 AES 분석 결과는 그림 6의 것과 같으며 Zn과 S의 함량이 거의 동일했고, 그 이외의 것들은 흔적만 보였다.

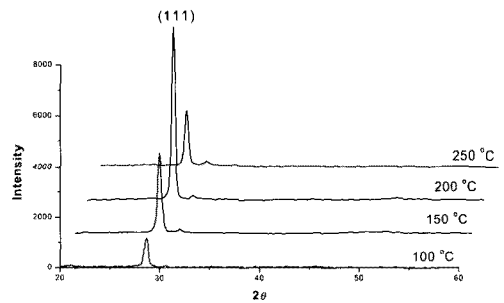


그림 9. ZnS:Mn 막의 기판 온도에 따른 XRD 패턴.

Fig. 9. XRD patterns of ZnS:Mn films with various substrate temperature.

그림 10 과 11은 이들 박막의 광흡수 계수와 광투과율을 각각 나타낸 것이다. 광흡수 계수의 경우를 보면 광학적 에너지 밴드갭을 알 수 있는데 기판 온도가 100, 150, 200, 및 250 °C에서

각각 3.17, 3.26, 3.62, 및 3.34 eV 값을 나타냈다. 200 °C 의 경우 그 값이 3.62 eV로 가장 컸으며 그림 10의 XRD 결과를 비교해도 결정성이 우수했음을 알 수 있었다. 한편 광투과율의 경우, 가시광 전 영역에서 평균 75% 이상 이었고 기판 온도가 200 °C인 경우 그 값의 최대치 (T_{max})는 0.91 이고 최소치(T_{min})는 0.75로서 이 결과로부터 굴절률을 계산하면 그 값이 2.5임을 알 수 있다^[17].

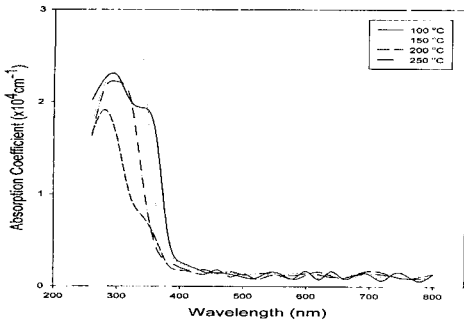


그림 10. ZnS:Mn 막의 기판온도에 따른 광흡수 계수
Fig. 10. Absorption coefficient of ZnS:Mn film with sub. temperature.

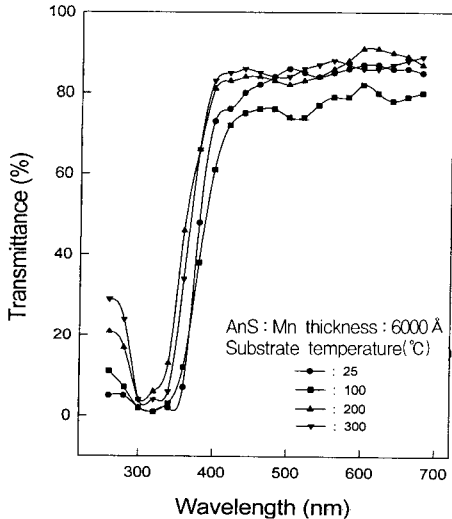


그림 11. 기판 온도에 따른 ZnS:Mn 박막의 광투과율.
Fig. 11. Light transmittance of ZnS:Mn film with various substrate temperature.

3.4. 전계발광소자의 특성

그림 12은 제조한 전계발광소자의 인가 전압에 따른 휘도 특성을 나타낸 것이다. 이 소자의

경우 발광 문턱전압이 75 V_{rms} 로 기존의 것보다 약 20 V_{rms} 정도 낮아졌다.^[18] 이것은 절연층의 우수한 유전특성과 ZnS:Mn의 좋은 발광휘도의 도움으로 이루어진 것이라고 생각된다. 또 이 소자의 발광휘도 값은 3200 cd/m^2 으로 나타났는데 이 값은 ZnS:Mn만의 경우의 4000 cd/m^2 보다 낮아졌는데 이것은 다른 색소의 낮은 휘도 때문인 것으로 생긴 결과이다. 형광체를 앰플로 만들지 않고 사용한 경우 발광 문턱전압이 120 V_{rms} 인 것과, 발광 휘도가 350 cd/cm^2 인 점을 비교할 때 상당히 개선됐다고 할 수 있다. 뿐만 아니라 이 정도의 휘도이면 천연색 LCD의 배면 조명용으로도 사용할 수 있다^[18].

그림 13는 적층구조의 ZnS:Mn, ZnS:SmF₃, ZnS:TbF₃, 그리고 ZnS:AgF₃ 형광층을 사용하여 제작한 전계 발광소자의 발광스펙트럼을 나

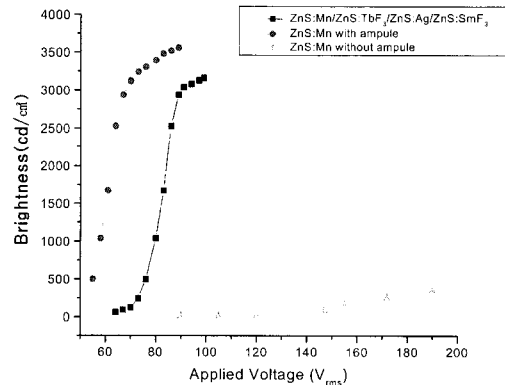


그림 12. 인가 전압에 따른 휘도특성
Fig. 12. Brightness on applied voltage.

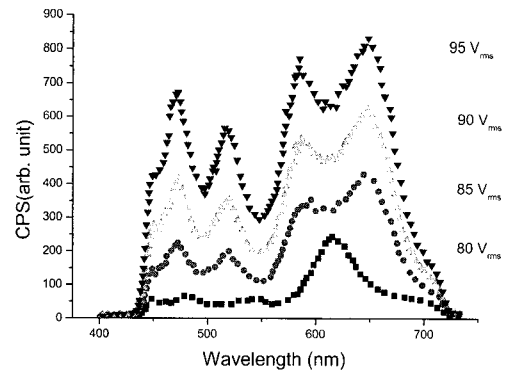


그림 13. 적층 구조의 전계발광 소자의 발광 스펙트럼.
Fig. 13. Emission spectrum of TFEL device with stacked multi-phosphors.

타낸 것이다. 정상 구동전압인 $100V_{rms}$ 와 $1kHz$ 에서 정상적인 백색을 나타냈다. $ZnS:AgF_3$ 의 450 nm , $ZnS:TbF_3$ 의 490 nm , $ZnS:Mn$ 의 580 nm , 그리고 $ZnS:SmF_3$ 의 650 nm 의 피크 값이 각각 나타나면서 그 사이에 서로 중첩된 값에 의한 스펙트럼을 보여 주고 있다. 그림에서 구동 전압이 낮은(80 V) 경우 580 nm 의 $ZnS:Mn$ 에 의한 피크만 보이다가 85 V 인 경우 서서히 AgF_3 , TbF_3 , 및 SmF_3 의 색소들에 의한 스펙트럼이 나타난다. 그 후 전압을 더 높이면 전체 색소에 의한 발광 스펙트럼이 나타나 백색의 빛을 발하게 된다.

IV. 결 론

ZnS 를 모체로 하고 Mn , SmF_3 , TbF_3 , 및 AgF_3 를 활성체로한 형광체와 BST 박막을 절연체로한 전계발광소자를 제작하고 그 특성을 조사하였다. 이때 형광체들은 석영관에 밀봉시켜 $800\text{ }^\circ\text{C}$ 에서 2 시간 동안 열처리하여 사용하였다. 이와 같이 만든 형광체는 발광휘도면에 있어서 약 9배정도 커짐을 알 수 있었다. 본 연구에서 시도한 적색 영역의 발광을 개선하기 위해 도입한 SmF_3 색소에 의한 스펙트럼 면에서도 거의 완전한 적색 스펙트럼을 나타냈다. 이와 같은 특성을 나타내게 한 각종의 제조 조건은 다음과 같다.

즉 상, 하 절연층인 BST 박막은 기판 온도 $400\text{ }^\circ\text{C}$, 분위압 30 mTorr , 작동 기체인 $Ar:O_2$ 의 혼합비가 9:1이 되도록 하였고, rf 마그네트론 스퍼터링 방법으로 만들었다. 그 두께는 각각 200 nm 과 400 nm 이었다. 한편 형광층은 각각 150 nm 씩, $200\text{ }^\circ\text{C}$ 의 기판온도에서 flash 방법으로 진공증착 하였다. 그리고 BST 박막의 유전 상수 값은 1 kHz 에서 254이고 가시광 영역에서 평균 광투과율이 82%이었다.

위의 조건으로 제조한 박막 전계발광소자의 특성은 다음과 같다. 발광 문턱전압은 $75 V_{rms}$ 이고 1 kHz 와 $100 V_{rms}$ 구동 조건에서 3200 cd/m^2 의 발광휘도 특성을 나타냈고, 발광 스펙트럼도 전 가시광 영역에서 균등히 나타내서 완전한 백색광을 구현할 수 있었다. 이 소자는 천연색 LCD의 배면 조명으로 사용할 수 있고, 전면의 ITO를 희생화시켜 문자화합으로서 표시기로서도 활용할 수 있는 가능성을 보여주고 있다.

참 고 문 헌

1. C. N. King, "Electroluminescent display," *SID Dig.*, pp. M9/2-M9/38, 1994.
2. M. D. Bhise and M. Katiyar, "Effect of Mn concentration on the cathode and photoluminescence of $ZnS:Mn$," *J. Appl. Phys.*, vol. 67, no. 3, pp. 1492-1496, 1990.
3. S. Bhaskaran, V. P. Singh and D. C. Morton, "Electron Ejection processes at insulator-Semiconductor interfaces in ACTFEL display devices," *IEEE trans. Electron Devices*, vol. 42, no. 10, pp. 1756-1762, 1995.
4. W. E. Howard, "Electroluminescent display technologies and their characteristics," *SID Proc.*, vol. 22, pp. 47-56, 1981.
5. H. H. Busta et al., "Evaluation of different field emitter structures and Materials for their suitability in large area displays using existing CRT phosphors," *SID Dig.*, pp.47-50, 1994.
6. H. I. Refioglu, "Electronic display," *IEEE Press*, pp. 7-8, 1983.
7. S. Sherr, "Applications for electronic display," *A Wiley Interscience Publication*, pp. 58-66, 1998.
8. 최규만, 최병진, 박옥동, 김기완, "전계발광 램프의 제작 및 특성," 대한전자공학회 논문지 vol. 31, No. 5, pp.559~563, 1994.
9. 최병진, "PLT 절연막을 이용한 저전압 고휘도 박막 EL소자의 제작 및 그 특성," 경북대학교 박사학위논문, 1996.
10. 박경빈, 김호운, 배승춘, 김영진, 조기현 및 김기완, " $ZnS:Mn/ZnS:TbF_3$ 적층구조의 형광층을 이용한 TFEL소자의 제작 및 그 특성," 센서학회지, 제 6권, 제 1호, pp. 63-71, 1997.
11. T. S. Kim, C. H. Kim, and K. H. Oh, "Structural and electrical properties of rf magnetron-sputtered $Ba_{1-x}Sr_xTiO_3$

thin films on indium-tin-oxide-coated glass substrate", *J. Appl. Phys.*, vol. 75, no. 12, pp.7998-8003, 1994.

12. J. E. Bernard, M. F. Martens, D. C. Morton and F. Williams, "Mechanism of thin film electroluminescence", *IEEE Trans. Electron Devices*, vol. ED-30, no. 5, pp.448-451, 1983.

13. E. W. Chase, R. T. Hepplewiht, D. C. Krupa and D. Khang, "electroluminescence of ZnS luminous devices," *J. Appl. Phys.*, vol. 40, No.6, pp. 2512-2519, 1969.

14. Y. Inoue, K. Tanaka, S. Okamoto, K. Kobayashi and I. Fujimoto, "Blue electroluminescent SrGa₂S₄:Ce thin film grown by molecular beam epitaxy," *Jpn. J. Appl. Phys.*, vol.34, pp. 314-315, 1995.

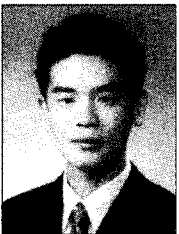
15. 김정환, 배승춘, 박성근, 권성렬, 최병진, 남기홍, 김기완, "TFELD 절연층을 위해 ITO glass 위에 증착시킨(Ba_{0.5},Sr_{0.5})TiO₃ 박막의 특성", *센서학회지*, vol. 9, No. 1, pp. 83-89, 2000.

16. 김우현, "백색 방출 전계발광소자의 제작과 그 특성", 경북대학교 산업대학원, 석사학위 논문, pp. 18-20, 2001.

17. J. C. Manificier, J. Gasiot and J. P. Fillard, "A Simple method for the determination of the optical constants n, k and the thickness of a weakly absorbing thin films", *Journal of Physics: E Science instrumentation*, vol. E9, pp. 1002-1004, 1976.

18. 배승춘, "전계발광소자의 제작과 그 특성", 경북대학교 대학원, 박사학위 논문, pp. 91-92, 2000.

著 者 紹 介



김 우 현 (金于鉉)
 1968년생
 1992년 7월 경북대학교 농공학과 졸업.
 2001년 8월 경북대학교 산업대학원 전자재료 전공 졸업
 1992년 8월 : 현대 전자 산업 주식회사 전장 사업 본부 입사
 1999년 9월 : 현대 전자 산업 주식회사 퇴사
 1999년 10월 : BOSCH KOREA 입사
 2001년 현재 : BOSCH KOREA 근무중
 주관심 분야 : 전계발광소자, 자동차용 센서 등.

최 시 영 (崔時永)
 1949년생
 1972년 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사)
 1974년 경북대학교 대학원 졸업(공학석사)
 1986년 일본 동북대 대학원 졸업(공학박사)
 1978년 ~ 현재 경북대 전자전기공학부 교수
 경북대학교 센서기술연구소 소장
 한국센서학회 편집위원장
 한국반도체학술대회 분과 위원장
 주관심 분야 : 실리콘 공정 및 소자제조, 압력 센서 및 가속도센서, TFT 공정, Cu CVD 및 전해도금, PDP, 고속 스위칭 다이오드.