

SrS:Cu,Ag 형광체를 이용한 박막 전계발광소자의 제작

유수호, 노준서, 장호정
단국대학교 전자공학과
(E-mail; hjchang@anseo.dankook.ac.kr)

Preparation of Thin Film Electroluminescent Devices Using SrS:Cu,Ag Phosphors

S. H. Yoo, J. S. Noh, H. J. Chang
Dept. of Electronics Engineering, Dankook University

1. 서론

SrS 형광체를 이용한 박막형 전계발광 소자의 발광특성은 A. Vecht 등에 의해 1981년에 처음 발표된 이후, AES(alkaline earth sulfide) 모체에 Cu 이온이 첨가된 형광체에 대한 특성평가 등 연구 결과가 발표되었다. 현재에는 Cu 이온의 발광 mechanism과 발광센터들의 역할에 대해 이론적으로 밝혀지고 있는 단계에 있다.^[1,2]

EL(electroluminescent) 소자의 형광체중 녹색, 적색의 경우 실용화 단계에 도달되어 있으나 청색의 경우 아직 휘도 및 색순도 등 개선할 점이 많이 있다. 본 연구에서는 청색 발광을 나타내는 SrS:Cu,Cl 박막형 전계발광 소자의 휘도 및 색순도를 향상시키기 위해 증착중의 유황 압력과 열처리 조건을 최적화하였으며 Ag,Cl을 부활성제(sensitizer)로 첨가하였다.

SrS:CuCl,AgCl(이하 SrS:Cu,Ag라 칭함) 형광층은 전자빔 증착장비를 이용하여 증착하였다. 제작된 형광체 박막에 대해서 결정 특성, 광학적 특성 및 전기적 특성을 각각 조사하였다.

2. 실험방법

ATO($AlTiO_3$)/ITO/glass 기판위에 SrS:Cu,Ag 형광체를 사용하여 박막형 전계발광소자를 제작하였다. SrS:Cu,Ag 형광체를 증착하기 위하여 SrS(Cerac, 99.9%) 및 Cu,Cl 미분말을 사용하여 마노에서 균일하게 혼합하였다. 발광 중심체로는 Cu,Cl 물질을 사용하였고, 부활성제로는 Ag,Cl를 각각 사용하였다. Cu,Cl의 농도는 0.2 at% 이었으며, Ag,Cl의 농도는 0.4 at% 이었다. 전자빔 증착시 내부압력 6.5×10^6 Torr에서 ITO glass 기판온도를 $400^\circ C$ 로 올린 후, 증착을 5~10 A/sec 속도로 형광체 박막을 증착하였다. 증착된 형광층 박막은 급속 열처리 과정을 통하여 결정성을 향상시켰다. 그림 1은 완성된 소자의 단면도를 보여주고 있다.

형광층 결정성은 절연층/형광층 계면에 포획된 전자의 터널링후 전자의 운동에너지와 밀접한 관계가 있으며 소자의 휘도에 영향을 미친다. 결정성 향상을 위하여 N_2 분위기에서 열처리 온도 $800^\circ C$ 에서 90초간 급속 열처리를 수행하였다.

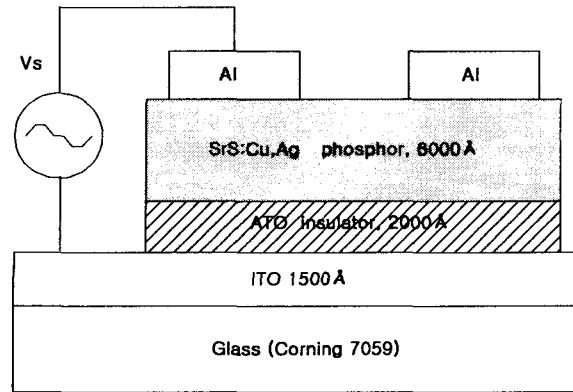


그림 1. SrS:Cu,Ag 박막형 전계발광 소자의 단면구조
 Fig. 1. Cross sectional structure of SrS:Cu,Ag thin film device.

3. 결과 및 고찰

증착된 SrS:Cu,Ag 박막의 열처리에 따른 결정성 변화와 결정성을 조사하기 위해 XRD(X-ray diffractometer, Scintage 2000) 분석을 실시하였다. 그림 2는 800°C에서 90초동안 급속 열처리된 SrS:Cu,Ag 박막의 XRD 회절 무늬이다.

분석결과 SrS 박막의 주 피크들로 주로 구성되었으며 randomly oriented된 결정구조를 보여주었다. 또한 증착된 박막은 600°C와 800°C에서 열처리된 소자의 경우 (200) 결정면의 반치폭(full width at half maximum, FWHM)은 0.76° 와 0.647° 를 각각 나타내고 있다. 열처리 온도의 증가에 따른 반치폭값의 감소는 고온 열처리시 결정성이 개선됨을 보여주고 있으며 제작된 SrS:Cu,Ag 박막은 비교적 우수한 결정특성을 나타내었다. 그 외에 Ag 원소의 첨가에 따른 AgCuS 화합물로 보이는 피크가 44° 에서 나타났음을 알 수 있었다.

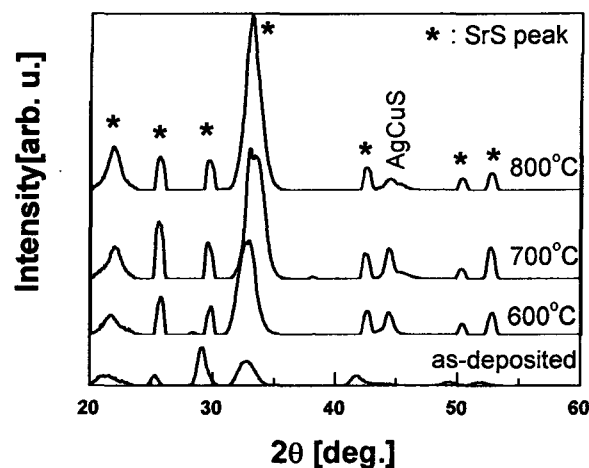


그림 2. SrS:Cu,Ag 박막의 XRD pattern
 Fig. 2. XRD pattern of SrS:Cu,Ag thin-film.

그림 3은 SrS:Cu,Ag 박막에 대한 AFM(Atomic Force Microscopy) 분석결과를 보여주고 있다. 측정된 SrS:Cu,Ag 박막의 평균 거칠기(rms)는 as-deposited 시료의 경우 17Å이었으며 800°C에서 열처리된 시료에서는 90Å의 rms값을 나타내어 열처리 온도가 증가할수록 표면 거칠기는 증가하는 경향을 보여주었다.

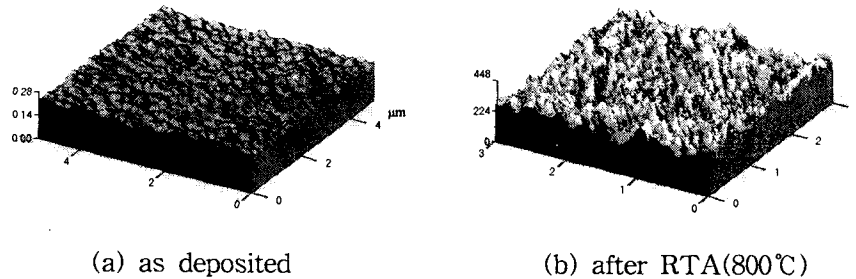


그림 3. SrS:Cu,Ag 박막의 AFM image
Fig. 3. AFM image of SrS:Cu,Ag thin film.

그림 4(a)와 (b)는 SrS 모체에 Cu,Cl과 Cu,Ag를 발광 중심체로 첨가했을 때의 발광스펙트럼을 각각 보여주고 있다. SrS 에 Cu,Cl을 첨가한 박막 EL의 경우 최대 발광 파장은 500 nm와 468 nm에서 나타났으며 이는 trimer와 dimer에 의한 발광으로 판단된다. 발광 스펙트럼의 CIE 색 좌표는 x=0.21, y=0.33로 청색 빛이 발광되었다. 그림 4(b)는 Cu,Cl 발광중심체와 부활성제로 Ag,Cl을 첨가한 박막시료의 발광스펙트럼이다. 최대 발광파장은 450~470 nm 범위에서 나타내고 있으며 CIE 색 좌표는 x=0.20, y=0.29로 순수한 청색 빛이 발광되었다.^[3,4]

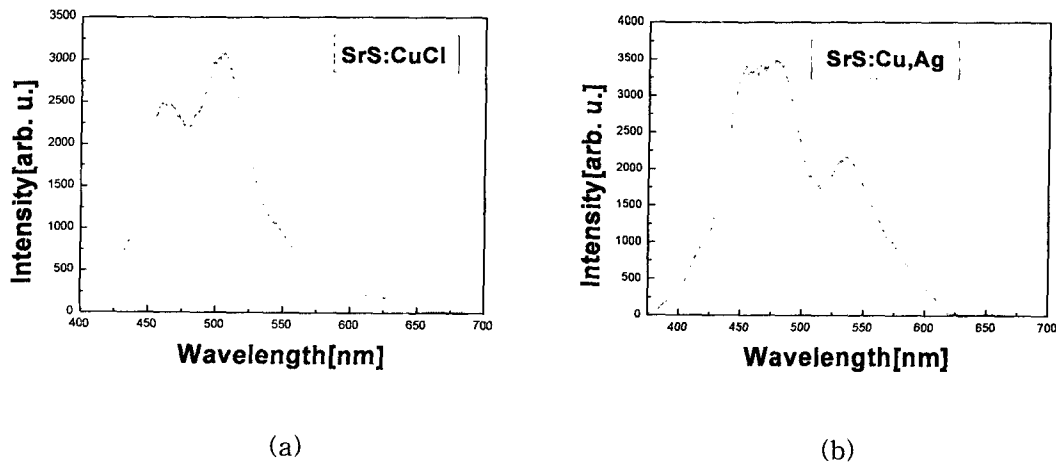


그림 4. (a) SrS:Cu,Cl (b) SrS:Cu,Ag 박막 EL 소자의 발광스펙트럼
Fig. 4. Emission spectra of (a) SrS:Cu,Cl and (b) SrS:Cu,Ag thin film EL devices.

SrS:Cu,Cl 형광체에 Ag,Cl 부활성제를 첨가했을 때 더욱 순수한 청색 빛으로 이동되는 경향을 보여주었다. 이러한 결과는 Ag 원소가 발광센터로 작용하여 방출파장을 변화시킴으로서 나타난 결과로 판단된다.^[5]

그림 5는 1kHz의 사다리꼴 형태의 전압을 SrS:Cu,Ag 박막형 전계발광 소자에 인가하였을 때 여러 유황압력에서 인가전압에 따른 휘도 크기(Luminance-Voltage, L-V)를 보여주고 있다.

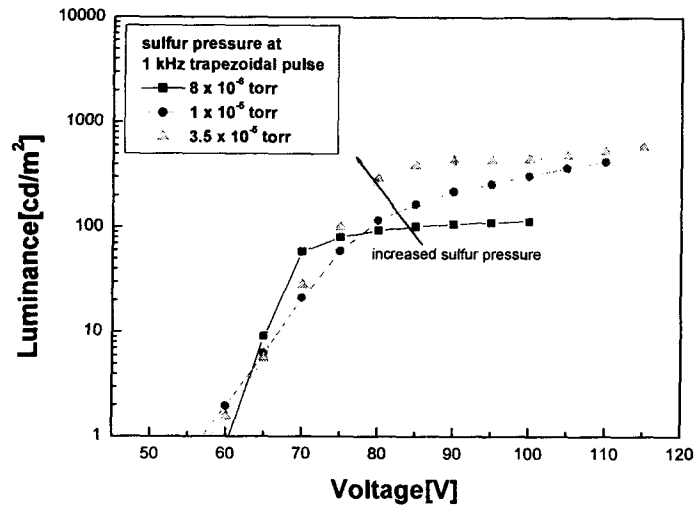


그림 5. SrS:Cu,Ag 박막형 전계발광 소자의 유황 압력에 따른 L-V 특성

Fig. 5. L-V properties of SrS:Cu,Ag thin film EL devices according to sulfur pressure.

유황압력이 증가할수록 휘도가 향상되는 경향을 보여주고 있다. 유황압력 3.5×10^{-5} Torr에서 문턱전압(V_{th})은 58V 이었으며 약 80V 전압에서 포화되기 시작하여 110V 인가전압에서 580 cd/m^2 의 최대휘도를 나타내었다. 본 실험결과 휘도와 문턱전압을 향상시키기 위해서는 유황 압력 3.5×10^{-5} Torr 이상으로 진공도를 낮추고 80V 이상의 인가전압이 요구됨을 알 수 있다.

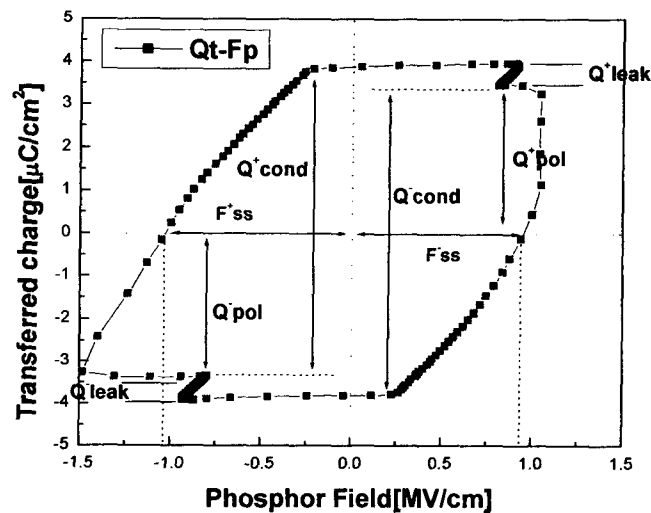


그림 6. SrS:Cu,Ag 박막형 전계발광소자의 Qt-Fp 특성

Fig. 6. Qt-Fp characteristics of SrS:Cu,Ag thin film EL device.

그림 6은 SrS:Cu,Ag 박막형 전계발광소자의 Q_t - F_p 특성을 보여주고 있다. F_{ss} 는 정상상태의 형광층 전계(steady-state phosphor field)이며 0.98 MV/cm로 나타났다. Q_{cond} (conduction charge)는 형광층을 이동하여 발광하는 주된 전하로 $7.33 \mu C/cm^2$ 의 값을 나타내었다. Q_{pol} (polarization charge)는 인가전압의 극성이 변화되기 전까지 절연층과 형광층 계면에 포획된 전하로서 $3.5 \mu C/cm^2$ 을 나타내고 있다. 본 연구결과 비교적 큰 값의 Q_{cond} 와 Q_{pol} 을 나타내어 우수한 박막형 전계발광 소자가 제작될 수 있음을 확인하였다.

3. 결과 및 고찰

ATO/ITO/glass 기판위에 SrS:Cu,Ag 형광체를 E-beam 진공증착 방법으로 박막형 전계발광 소자를 제작하여 광학적, 전기적 특성을 조사한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) SrS:Cu,Ag 전계발광 소자를 800°C로 90초간 급속열처리 함으로써 결정성이 개선되었다. AFM 분석결과 열처리된 시료의 경우 rms값이 증가하여 표면거칠기는 증가하는 경향을 나타내었다.
- (2) SrS:Cu,Ag 전계발광 소자에서 유황압력이 증가할수록 휘도는 개선되었다. 소자의 문턱전압은 58V 이었으며 90V 전압에서 포화되기 시작하여 최대휘도는 115V에서 $581 cd/cm^2$ 값을 나타내었다.
- (3) SrS:Cu,Ag 전계발광 소자의 발광 스펙트럼 분석결과 최대 발광파장이 450~470nm 범위로 청색 빛을 나타내었다. Charge-Field(Q-F) 특성 분석결과 Q_{cond} 과 Q_{pol} 의 값은 $7.33 \mu C/cm^2$ 와 $3.5 \mu C/cm^2$ 를 각각 얻을 수 있었다.

참고 문헌

- [1] S. S. Sun and Eric Dickey, "A bright and efficient new blue TFEL phosphor" 17th IDRC, pp. 301 - 304, Sep, (1997)
- [2] N. Yamashita, K. Ebismori, and K. Nakamura, "Luminescence from the aggregated Cu' centers in SrS:Cu'." J. Appl. Phys., Vol. 32, pp. 3845 - 3850, Sep, (1993)
- [3] S. S. Sun, "Blue emitting SrS:Cu TFEL phosphor development" 18th IDRC(Asia Display '98), Workshop digest of technical papers, pp. 275 - 281, Sep, Seoul, Korea (1998)
- [4] U. Troppenz, B. Hiitl, U. Storz, P. Kratzert, and K. O. Velthaus, "Photoluminescence and electroluminescence studies on Cu and Ag doped SrS ACTFEL devices." The fourth international conference on the science and technology of display phosphors, pp. 187 - 190, Sep, Oregon (1998)
- [5] H. M. Menkara, W. Park, M. Chaichimansour, T. C. Jones, B. K. Wagner, and C. J. Summers, "Evaporation and characterization of SrS:Cu,Ag electroluminescent devices." The 4th international conference on the science and technology of display phosphors, pp. 191 - 194, Sep, Oregon (1998)