

Ca_{1-x}Sr_xS:CuCl 박막 전계발광소자의 발광 특성

Luminescent Characteristics of Ca_{1-x}Sr_xS:CuCl Thin-film Electroluminescent(TFEL) Device

이순석

충북대학교 컴퓨터정보통신연구소

김미혜

충북대학교 컴퓨터정보통신연구소

Soon-Seok Lee

RICIC, Chungbuk National University

Mih-Ye Kim

RICIC, Chungbuk National University

중심어 : 전계발광, 형광체 모체, 발광중심체, 평판디스플레이

요약

전자빔 증착장비를 이용하여 Ca_{1-x}Sr_xS:CuCl TFEL 소자를 제작한 후 발광특성을 평가하였다. 형광체 모체 Ca_{1-x}Sr_xS는 CaS와 SrS 미분말을 혼합, 성형하여 제작하였으며, 발광중심체 CuCl은 0.2 at%를 첨가시켰다. CaS:CuCl TFEL 소자의 휘도(L₃₀)와 최대 발광파장은 각각 9.5 cd/m²와 492 nm였으며 SrS:CuCl TFEL 소자의 휘도(L₃₀)와 최대 발광파장은 각각 633 cd/m²와 500 nm였다. SrS에 CaS가 첨가된 Ca_{1-x}Sr_xS:CuCl TFEL 소자에서 청색 색순도는 좋아졌으나, 휘도와 효율은 급격히 감소하였다.

Abstract

The Ca_{1-x}Sr_xS:CuCl TFEL devices were fabricated by electron-beam deposition system and luminescent characteristics of the TFEL devices were studied. The SrS and CaS powders were mixed to form Ca_{1-x}Sr_xS host materials and 0.2 at% of CuCl was added as the activator. The luminance(L₃₀) and peak emission wavelength of CaS:CuCl TFEL devices were 9.5 cd/m² and 492 nm, respectively. The luminance(L₃₀) and peak emission wavelength of SrS:CuCl TFEL devices were 633 cd/m² and 500 nm, respectively. It seems that the addition of CaS into the SrS host material generates blue shift of the EL emission characteristics but reduces the luminance and the luminous efficiency of the Ca_{1-x}Sr_xS:CuCl TFEL devices drastically.

1. 서론

최근까지 정보 표시장치로는 음극선발광(cathodoluminescence, CL) 현상을 이용하여 만든 cathode ray tube(CRT)가 주로 이용되었다. CRT는 오랜 연구를 통하여 제조기술의 확보, 동화상 처리, 천연색 재현 및 낮은 제조단가 등 많은 장점을 가지고 있으나, 대형 디스플레이로 만들 경우 부피와 무게가 급격히 증가하는 근본적인 단점을 가지고 있다. 이를 해결하기 위해서 연구되고 있는 것이 빛발광(photoluminescence, PL), CL 및 전계발광(electroluminescence, EL) 등의 발광현상 또는 액정의 빛 투과특성을 이용하여 만든 plasma display panel(PDP), field emission display(FED) 및 electroluminescent display(ELD) 또는 liquid crystal display(LCD) 등의 평판디

스플레이이다. 평판디스플레이는 얇은 두께에 대면적의 정보 표시장치로 만들 수 있다는 장점 때문에 더 많은 연구가 이루어 질 것으로 기대되며, 미래의 정보 표시장치로 이용 될 것이 확연하다.

LCD, PDP, FED 및 ELD 등 여러 가지 평판디스플레이 중에서 ELD는 모든 부분이 고체로 형성되는 구조적인 장점으로 인하여 진동과 충격에 매우 강하고, 동작온도와 시야각이 매우 넓다. 그러나 천연색 재현을 위한 적색, 녹색 및 청색의 3 원색 중에서 적색과 녹색은 ZnS:Mn, CaS:Eu 및 ZnS:Tb 등의 형광체를 이용하여 요구조건을 만족시키고 있는 반면, 청색 발광은 휘도가 미약하여 디스플레이로의 활용이 지연되고 있다. 1984년에 W. A. Barrow 등에 의해 SrS:Ce 청록색 형광체가 개발[1]되어 높은 휘도와 효율을 얻을 수는 있었으나 색순도가 청색보다는 녹색에 가까

왔고, 1993 년에 $\text{CaGa}_2\text{S}_4:\text{Ce}$ 를 이용한 고색순도의 청색 형광체가 발표[2]되었으나 휘도와 효율이 낮아 상용화의 요구조건을 만족시키지 못하였다. 그러던 중 1997 년 이후에 매우 높은 휘도와 고색순도의 $\text{SrS}:\text{Cu}$ 청색 형광체가 발표 [3~5]되면서 ELD는 상용화를 위한 새로운 기대를 모으고 있다.

본 연구에서는 현재까지 가장 유망한 청색 형광체로 알려져 있는 $\text{SrS}:\text{Cu}$ 형광체에 Ca 이 첨가된 $\text{Ca}_{1-x}\text{Sr}_x\text{S}:\text{CuCl}$ 를 연구대상 형광체로 선정하여 발광특성을 조사하였다. $\text{Ca}_{1-x}\text{Sr}_x\text{S}:\text{CuCl}$ 형광체는 전자빔 증착장비를 이용하여 증착하였다. 전자빔 증착장비를 이용하여 증착시킬 경우 다른 진공 증착장비의 증착율과 비교하여 월등히 높은 증착율을 나타내는 장점이 있다. 증착된 형광체는 XRD(X-ray diffractometer)를 측정하여 $\text{Ca}_{1-x}\text{Sr}_x\text{S}$ 결정임 확인하였고 급속 열처리(rapid thermal annealing, RTA) 과정을 통하여 결정을 향상시켰다. 또한 제작, 완료된 $\text{Ca}_{1-x}\text{Sr}_x\text{S}:\text{CuCl}$ TFEL 소자에 1 kHz의 교류전압을 인가하여 전기광학적 특성을 평가하였다.

II. $\text{Ca}_{1-x}\text{Sr}_x\text{S}:\text{CuCl}$ TFEL 소자의 제작 및 특성 측정

Indium tin oxide(ITO) 투명 전극과 $\text{AlTiO}_3(\text{ATO})$ 절연체가 각각 1500 Å, 2000 Å 증착되어 있는 Corning 7059 유리 기판을 사용하여 $\text{Ca}_{1-x}\text{Sr}_x\text{S}:\text{CuCl}$ TFEL 소자를 제작하였다. CaS 미분말과 SrS 미분말을 혼합하여 $\text{Ca}_{1-x}\text{Sr}_x\text{S}$ 형광체 모체로 사용하였고, CuCl 을 0.2 at% 첨가하여 발광중심체로 사용하였다. 10^{-4} g까지 측정할 수 있는 전자저울(Mettler, AJ180)로 CaS , SrS 및 CuCl 무게를 정확히 측정한 후, 마노에서 20 분 동안 혼합하였고 2 ton/cm^2 의 힘으로 기압하여 전자빔 증착장비의 타겟 물질로 사용하였다. 전자빔 증착장치 내부압력이 10^{-6} torr로 내려가면 셔터를 닫은 상태에서 1 ~ 20 mA의 적은 전자빔 전류로 20 분 동안 예열하여 형광체내의 수분과 형광체 표면의 오염원을 제거하였다. $\text{Ca}_{1-x}\text{Sr}_x\text{S}:\text{CuCl}$ 형광층은 증착온도, 전자빔 전류 및 증착율이 각각 500°C , 20 ~ 40 mA 및 5 ~ 10 Å/sec되는 조건에서 6,000 Å 두께로 증착시켰다.

형광층 결정은 절연층과 형광층 계면에 포획된 전자가 형광층으로 터널링 된 다음 얻을 수 있는 운동 에너지와 매우 밀접한 관계에 있고 TFEL 소자의 휘도에 매우 큰 영향을 미친다. 그러므로 급속 열처리(rapid thermal

annealing, RTA) 과정을 통하여 형광체 결정을 향상시켰다. 로터리 펌프로 $10^2 \sim 10^3$ torr로 배기 시킨 다음 질소를 주입하여 질소 분위기에서 온도 800°C , 지속시간 3 분 동안 열처리하였다.

Thermal evaporator 장비를 이용하여 상부전극으로 Al을 증착시켜 $\text{Ca}_{1-x}\text{Sr}_x\text{S}:\text{CuCl}$ TFEL 소자를 완성시켰으며 그 구조를 그림 1-(a)에 나타내었다. 그림 1-(b)는 TFEL 소자에 인가한 전압 파형이다. 인가전압의 상승시간, 하강시간은 5 μsec로, 최대 전압 지속시간은 30 μsec로 유지시켜 전체적인 주파수는 1 kHz로 하였다.

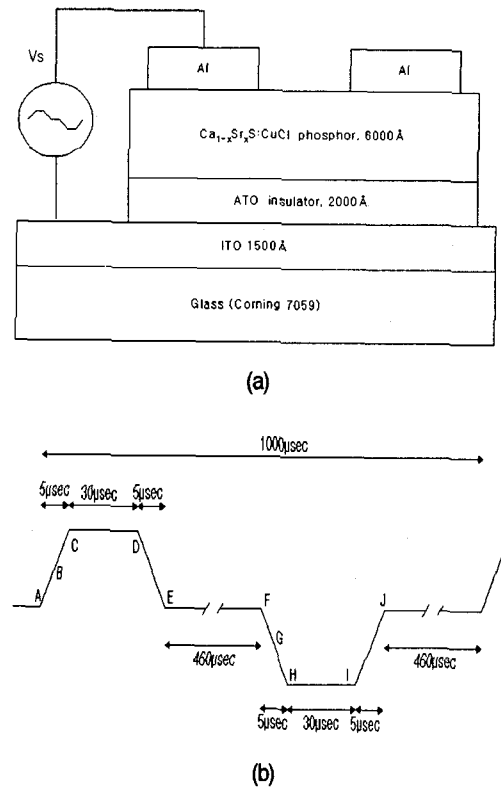


그림 1. (a) 제작된 $\text{Ca}_{1-x}\text{Sr}_x\text{S}:\text{CuCl}$ TFEL 소자의 구조, (b) 인가 전압의 파형.

증착된 $\text{Ca}_{1-x}\text{Sr}_x\text{S}$ 형광체 박막은 XRD(X-ray diffractometer, Scintage XRD 2000)를 측정하여 $\text{Ca}_{1-x}\text{Sr}_x\text{S}$ 결정임을 확인하였다. X-ray 파장, 가속전압 및 전류는 각각 1.54 Å, 45 kV 및 40 mA였으며, 회절각 2θ 는 20° 에서 60° 까지 측정하였다. 이때의 주사 속도는 $2^\circ/\text{min}$ 로 매우 느리

게 하여 잡음에 의한 오차를 줄였다.

III. 결과 및 분석

Ca_{1-x}Sr_xS:CuCl 형광체를 이용한 TFEL 소자를 제작하기 위해서는 우선적으로 Ca_{1-x}Sr_xS 결정의 성장 여부와 증착된 Ca_{1-x}Sr_xS 박막에서의 Ca과 Sr의 비율을 정확히 알아내야만 한다. 본 연구에서는 Ca_{1-x}Sr_xS 결정의 형성여부를 XRD를 통하여 규명하였고 그림 2에 x = 0, 0.3, 0.7 및 1일 때의 XRD 패턴을 나타내었다. 그림 2. (a)는 JCPDS(joint commission for powder diffraction standards) 카드 8-489[6]로 SrS 분말에 대한 표준 XRD 패턴이다. 그림 2-(b)는 증착된 SrS 박막에 대한 XRD 패턴으로 그림 2-(a)와 비교하면 2 개의 XRD 패턴이 정확히 일치하여 SrS 결정이 형성되었음을 확인할 수 있었다. 그림 2-(b)의 25.6°, 29.7°, 42.4°, 50.3° 및 52.6° 에서 나타나는 각각의 피크는 SrS 결정의 (111), (200), (220), (311) 및 (222) 면임을 나타내며 54° 에서 보이는 피크는 기판으로 사용된 si-wafer 단결정의 XRD 패턴이다. 그림 2-(c)는 x=0일 경우로 CaS 박막에 대한 XRD 패턴이다. JCPDS 카드 8-464[7]의 CaS XRD 패턴과 정확히 일치하였다. 27.2°, 31.4°, 45.0°, 53.3° 및 55.9°에서 보이는 각각의 피크는 CaS 결정의 (111), (200), (220) 및 (222) 면임을 나타낸다. 그림 2-(c)와 그림 2-(d)는 각각 Ca₃Sr₇S 박막과 Ca₇Sr₃S 박막에 대한 XRD 패턴이다. SrS의 양을 증가시킬수록 우선 배향면인 (200)가 31.4°에서 29.7°로 감소하여 Ca_{1-x}Sr_xS 결정이 형성되었고, 혼합 재료인 CaS 또는 SrS 결정은 성장하지 않음을 확인할 수 있었다.

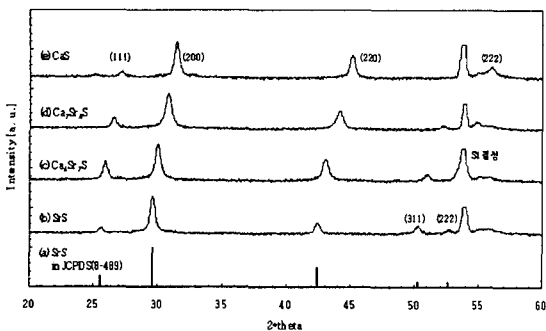


그림 2. Ca_{1-x}Sr_xS의 XRD 회절 무늬

그림 3은 Ca_{1-x}Sr_xS 펠렛내에서의 SrS 비율과 증착된

Ca_{1-x}Sr_xS 결정의 격자상수를 나타낸다. CaS 및 SrS 분말에 대한 표준 격자상수는 JCPDS 카드의 8-464, 8-489로부터 각각 5.69, 6.01 Å 임을 알 수 있다. 또한 증착된 Ca_{1-x}Sr_xS 박막에 대한 격자상수는 그림 2의 XRD 패턴으로부터 우선 배향면인 (200)에 해당하는 회절 각도를 이용하여 식 (1)과 같이 계산해 낼 수 있다[8].

$$d = \frac{a}{\sqrt{h^2 + k^2 + l^2}} \quad (1)$$

여기서 a는 격자 상수이고, h, k, l은 입방 결정 구조의 밀러지수로 우선 배향면인 (200)을 사용하였으며 d는 (200) 결정면들간의 거리로 식 (2), 즉 Bragg 법칙으로부터 구할 수 있다[9].

$$2d = \frac{\lambda}{\sin \theta} \quad (2)$$

여기서 λ는 XRD 측정에 사용된 X-ray의 파장으로 1.54 Å이고 θ는 (200)에 해당되는 회절각도이다.

식 (1)을 이용하여 계산된 격자상수는 x=0, 0.3, 0.7 및 1일 때, 즉 증착된 SrS, Ca₃Sr₇S, Ca₇Sr₃S 및 CaS 박막에 대하여 각각 5.71 Å, 5.9 Å, 5.95 Å 및 6.03Å를 얻을 수 있고 그림 3에 나타내었다. 그림 3은 증착된 CaS, SrS 박막의 격자상수와 JCPDS 카드내의 격자상수가 상당히 일치함을 나타내고, Ca_{1-x}Sr_xS 펠렛내에서의 x 크기가 선형적으로 증가될 수록 증착된 Ca_{1-x}Sr_xS 박막의 격자상수도 선형적으로 증가되어 Vegard의 법칙[9]에 따름을 나타낸다. 이것은 CaS와 SrS가 모두 같은 NaCl 구조로 이들 2 가지 물질을 적당량 혼합, 증착시킬 경우 Ca과 Sr은 증착된 박막 내 단위세포의 같은 위치에 혼합 비율과 같은 비율로 놓임을 나타낸다.

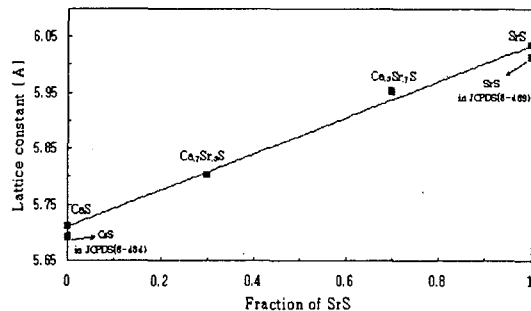


그림 3. SrS의 함량에 따른 Ca_{1-x}Sr_xS의 격자상수

그림 4는 제작된 Ca_{1-x}Sr_xS:CuCl TFEL 소자에 그림 1-(b)의 사다리꼴 전압을 인가하여 측정된 인가전압의 크기에 따른 휘도의 변화(luminance-voltage, L-V)이다. 휘도는 문턱전압 이후에 급격히 증가되었다가 일정한 전압에서 포화되고 완만히 증가하여 전형적인 TFEL 소자의 L-V 특성과 일치한다. CaS:CuCl TFEL 소자의 문턱전압은 65 V였으며, 발광휘도는 작아 문턱전압보다 30 V 높은 95 V에서 9.5 cd/m²를 나타내었다. X의 크기가 0.3, 0.6, 0.8 및 1로 증가할수록, 즉 Ca보다 Sr의 함량이 많을수록 문턱전압은 65 V에서 55 V로 감소하는 경향을 보였고, 문턱전압보다 30 V 높은 95 V 또는 85 V에서 측정된 각각의 휘도(L₉₀)는 116 cd/m², 166 cd/m², 468 cd/m² 및 633 cd/m²로 증가하는 경향을 보여주고 있다. 특히 SrS:CuCl TFEL 소자의 경우에 문턱전압보다 40 V 높은 95 V에서 728 cd/m²를 나타내고 있다. 현재까지 발표된 SrS:Cu TFEL 소재[3]의 최대 휘도(L₉₀)는 60 Hz의 교류전압을 공급하여 문턱전압보다 40 V 높은 166 V에서 35.9 cd/m²이다. 본 연구에서 제작된 SrS:CuCl TFEL 소자는 95 V의 낮은 전압임에도 불구하고 발표된 SrS:Cu TFEL 소자의 휘도 보다도 월등히 높은 값을 나타내는 것이다.

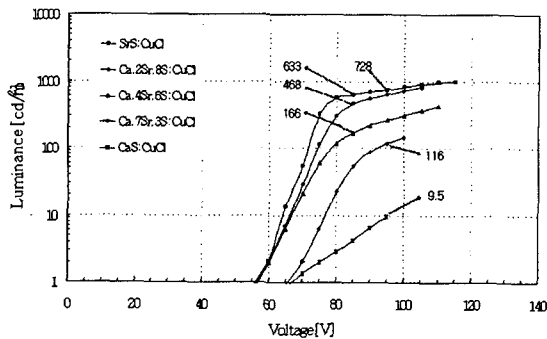


그림 4. Ca_{1-x}Sr_xS:CuCl TFEL 소자의 L-V 특성

그림 5는 Ca_{1-x}Sr_xS:CuCl TFEL 소자에서 x가 0과 1일 때, 즉 CaS:CuCl TFEL 소자와 SrS:CuCl TFEL 소자에 대한 발광스펙트럼이다. 각각의 소자에서 발광되는 파장의 최대값을 1로 정규화 시켰으며 실질적인 발광크기와 관계가 없다. 2 가지 TFEL 소자의 발광스펙트럼 분포가 매우 유사하여 동일한 발광 메커니즘에 의해 발광됨을 알 수 있다. 발광 중심체 Cu 이온의 발광 천이준위는 3d⁹4s → 3d¹⁰이고, 그에 따른 발광파장은 Cu 이온이 CaS 또는 SrS 모체내에 고립(monomer), 2 개의 쌍(dimer), 3 개의 쌍(trimer) 또는 4

개의 쌍(tetramer)으로 존재할 경우에 따라 발광 천이준위에 영향을 미쳐 발광파장이 변하는 것으로 알려져 있다[10]. CaS:CuCl TFEL 소자와 SrS:CuCl TFEL 소자의 최대 발광 파장 492 nm와 500 nm는 trimer에 의한 발광[3,10,11]으로 판단되며, CIE 색좌표는 각각 (x=0.23, y=0.26)와 (x=0.21, y=0.33)를 나타내었다. 최근까지 청색 형광체로 사용되고 있는 SrS:Ce TFEL 소자의 CIE 색좌표 x = 0.19, y = 0.39와 비교하면 더욱 좋은 청색 색순도이며, 최근에 발표된 SrS:Cu TFEL 소재[3,4]의 CIE 색좌표가 x = 0.16 ~ 0.20, y = 0.23 ~ 0.31과 비교하면 본 연구에서 제작된 TFEL 소자의 y는 약간 큰 값을 나타낸다. Cu 이온의 trimer 또는 tetramer보다는 monomer 또는 dimer에 의해 높은 색순도의 청색 빛이 발광[3,10,11]됨으로 향후 청색 색순도를 개선하기 위해서는 Cu 발광중심체를 SrS 모체에 균일하게 도핑시키는 방법이 강구되어야 할 것이다.

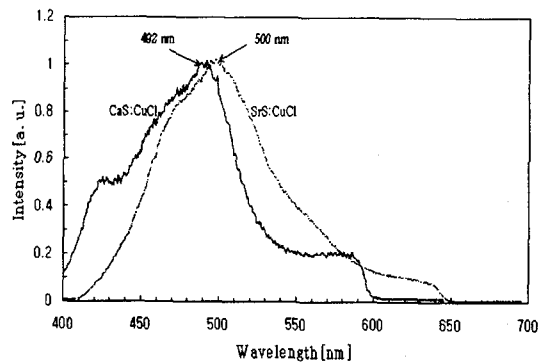


그림 5. CaS:CuCl 및 SrS:CuCl TFEL 소자의 발광 스펙트럼

그림 6은 CaS:CuCl TFEL 소자에 주파수 1 kHz의 사다리꼴 전압을 인가하여 측정된 charge - voltage(Q-V) 특성이다. Q-V 곡선 위의 A ~ J까지 영문자는 그림 1 - (b)의 인가전압 파형에 표시된 점의 위치를 나타내고, Q*, Q'는 소자의 AI 전극에 유기된 전하를 의미하며, 아래 첨자 e는 TFEL 소자의 AI과 ITO 전극에서 측정된 양임을 의미한다. 85 V까지 증가되면서 전압의 크기에 따라 전하의 기울기가 다른 2 가지 영역이 존재한다. 40 V를 전후로 하여 전하의 기울기가 변화하고 있어 40 V가 문턱전압(threshold voltage, V_{th})임을 알 수 있다. Conduction charge Q_{cond,e}는 양 또는 음의 전압이 인가되고 있는 동안에 형광층을 이동하여 발광에 기여하는 전하이며 그 크기는 2.4 μC/cm²였

다. Polarization charge Q_{pole} 는 인가전압의 극성이 변화되기 전까지 AI 전극에 남아있는 전하로 $0.9 \mu\text{C}/\text{cm}^2$ 였다. Polarization charge에 의해서 형성되는 전계는 외부 인가전압의 극성과 같은 방향으로 동작하기 때문에 문턱전압의 크기를 줄이는 역할을 한다. CaS:CuCl TFEL 소자의 문턱전압이 그림 4의 L-V 특성에서 65 V였으나, 그림 6의 Q-V 특성에서는 40 V로 측정되어 25 V의 차이가 있는데 이것은 polarization charge에 의해 감소된 것이다.

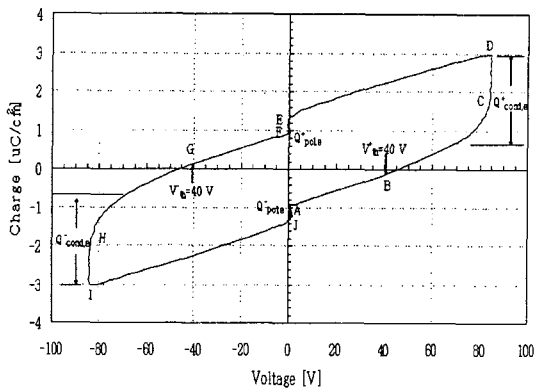


그림 6. CaS:CuCl TFEL 소자의 Q-V 특성.

Q-V 곡선으로 이루어진 면적은 1 주기동안 TFEL 소자에 공급된 에너지와 정확히 일치하므로 Q-V 면적에 주파수 1 kHz를 곱하여 TFEL 소자의 소비전력을 정확히 계산해 낼 수 있다. 이와 같이 측정 계산된 소비전력은 TFEL 소자의 발광효율 η 를 계산하는데 이용한다.

그림 7은 $\text{Ca}_{1-x}\text{Sr}_x\text{S}:\text{CuCl}$ TFEL 소자의 x 크기에 따른 효율을 나타낸다. 그림 1-(b)의 사다리꼴 전압을 인가하여 문턱전압보다 20 V 높은 75 V 또는 85 V에서 측정된 발광효율(η_{80})이다. x = 0일 때, 즉 CaS:CuCl TFEL 소자의 효율은 매우 작아 0.004 lm/w를 보이고 있으며 x = 1일 때의 SrS:TFEL 소자는 0.49 lm/w로 가장 높은 효율을 나타내었다. 또한 x가 0에서 1로 증가할수록 효율은 0.004 lm/w에서 0.49 lm/w로 서서히 증가하는 경향을 보였다.

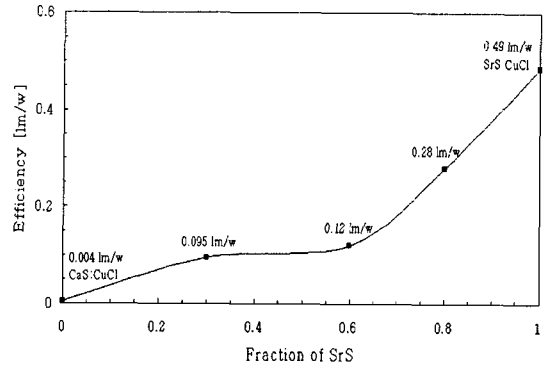


그림 7. $\text{Ca}_{1-x}\text{Sr}_x\text{S}:\text{CuCl}$ TFEL 소자의 발광효율.

IV. 결론

전자빔 증착장비를 이용하여 $\text{Ca}_{1-x}\text{Sr}_x\text{S}:\text{CuCl}$ TFEL 소자를 제작한 후 발광특성을 평가하였다. 형광체 모체 $\text{Ca}_{1-x}\text{Sr}_x\text{S}$ 는 CaS와 SrS 미분말을 혼합, 성형하여 제작하였으며, 발광중심체 CuCl은 0.2 at%를 첨가시켰다. ITO와 ATO 절연층이 증착되어 있는 Coming 7059 유리기판을 이용하여 증착온도 500 °C, 증착율 5~10 Å/sec에서 형광체 $\text{Ca}_{1-x}\text{Sr}_x\text{S}:\text{CuCl}$ 박막을 6000 Å 증착시켰다.

$\text{Ca}_{1-x}\text{Sr}_x\text{S}$ 박막에 대한 XRD 분석 결과 $\text{Ca}_{1-x}\text{Sr}_x\text{S}$ 펠렛내에서의 CaS에 대한 SrS 혼합비율과 증착된 박막내에서의 CaS에 대한 SrS 비율이 정확히 일치하고 혼합재료인 CaS 또는 SrS 결정은 성장하지 않았음을 확인할 수 있었다.

$\text{Ca}_{1-x}\text{Sr}_x\text{S}:\text{CuCl}$ TFEL 소자에 1 kHz의 사다리꼴 전압을 인가한 결과 x의 크기를 0에서 1로 증가시킬수록 휘도(L30)와 효율(η_{80})은 각각 9.5 cd/m²에서 633 cd/m²로, 0.004 lm/w에서 0.49 lm/w로 증가하는 경향을 보여주고 있었다. 특히 SrS:CuCl TFEL 소자의 경우에 문턱전압보다 40 V 높은 95 V에서 728 cd/m²를 나타내었다. CaS:CuCl 및 SrS:CuCl TFEL 소자의 최대 발광파장은 각각 492 nm, 500 nm였으며 CIE 색좌표는 각각 (x=0.23, y=0.26)와 (x=0.21, y=0.33)를 나타내었다.

참고 문헌

- [1] W. A. Barrow, R. W. Coover, and C. N. King, "Strontium sulphide : the Host for a New High-Efficiency Thin-film EL Blue Phosphor," SID 84 digest, pp.249~ 250, 1984.
- [2] W. A. Barrow, R. E. Coover, E. Dickey, C. N. King, C. Laakso, S. S. Sun, R. T. Tuenge, R. C. Wentross, and J. Kane, "A new class of blue TFEL phosphors with Application to a VGA Full-color Display," SID 93 Digest, pp.761~764, 1993.
- [3] S. S. Sun and Eric Dickey, "A Bright and Efficient New Blue TFEL Phosphor," 17th IDRC, Toronto, Canada, pp.301~304, 1997.
- [4] W. Park, T. C. Jones, W. Tong, B. K. Wagner, C. J. Summers, and S. S. Sun, "Luminescence properties of a New Bright Electroluminescent Phosphor $\text{SrS}:\text{Cu}$," The Third International Conference of the Science and Technology of Display Phosphors, California, USA, pp.57~59, 1997.
- [5] 이순석, 임성규, "고휘도 청색 발광 $\text{SrS}:\text{CuCl}$ 박막 전계 발광소자의 제작," 전자공학회 논문지 제 37 권 SD편, 제1호, pp.36~43, 2000. 1.
- [6] Joint Commission for Powder Diffraction Standards (JCPDS) Card, 8-489.
- [7] Joint Commission for Powder Diffraction Standards (JCPDS) card, 8-464.
- [8] R. F. Pierret, "Advanced Semiconductor Fundamentals," Addison-wesley Publishing Company Inc., 1987.
- [9] B. D. Cullity, "Elements of X-ray Diffraction," Addison -wesley Publishing Company Inc., 1978.
- [10] N. Yamashita, K. Ebismori, and K. Nakamura, "Luminescence from the Aggregated Cu^+ Centers in $\text{SrS}:\text{Cu}^+$," J. Appl. Phys., Vol.32, pp.3845~3850, 1993.
- [11] N. Yamashita, K. Ebisumori, and K. Nakamura, "Photoluminescence Properties of the $(\text{Ca},\text{Sr})\text{S}:\text{Cu}^+$ Powder Phosphors," J. Lumin., Vol.62, pp.25~31, 1994.

이 순 석(Soon-Seek Lee)

정회원



1999년 2월 : 단국대학교 대학원

전자공학과(공학박사)

1989년 2월 ~ 1995년 3월 : 국방과학

연구소 연구원

2000년 6월 ~ 2001년 3월 : 삼성전자

차장

2001년 4월 ~ 현재 : 충북대학교

전기전자및컴퓨터공학부 초빙교수

<관심분야> : PDP, ELD, LCD backlight unit. Driving circuit for flat panel display, Electrical-optic measurement for flat panel display.

김 미 혜(Mi-Hye Kim)

정회원

2001년 2월 : 충북대학교 수학과(이학박사)

2001년 4월 ~ 현재 : 충북대학교 전기전자및컴퓨터공학부

초빙교수

<관심분야> : 퍼지이론, 금융수학