

## 전계방출광원용 아노드 난반사 연구

(Reporting on the High Efficiency of Anode Phosphor Electrode for Filed Emission Lamp - Metal Layer)

윤한나\* · 김윤일\* · 김대준\* · 김광복\*\*

\*금호전기(주) 기술연구소

(Sun-Hee Lee\* · Kwang-bok Kim\* · Yong-Won Kim\* · Yong-Chan You\*\*)

### Abstract

The electron charging and degradation of anode phosphor layers are showed major problems in high electric field with anode electrode of field emission devices. An Al metal layer on the phosphor layer may get rid of these problems. This Hetero-metal-oxide phosphor layer are formed with the roughness of phosphor surface layer without interlayer and cannot be given rise to enhance the luminance efficiency. In order to enhance the brightness, an anode layer need to be flated between phosphor layer and Al metal layer in anode electrode. After optimizing the anode phosphor layer, an anode layer with Al metal and inter layer increased the brightness and luminescence efficiency 1.2 times more than only phosphor layer in anode.

### 1. 서 론

일반적으로 전계방출형소자는 캐소드 전극과 게이트 전극사이에 인가된 전계에 의한 양자 역학적인 터널링 효과(Tunneling effect)에 의해서 캐소드전극에 전기적으로 접속된 전자방출부로부터 전자를 방출시키는 구조를 가진다. 한편 전자방출소자는 전자원으로 열음극을 이용하는 방식과 냉음극을 이용하는 방식이 있다. 냉음극을 이용하는 방식의 전자방출소자로는 FEA(Field Emitter Array)형, SCE(Surface Conduction Emitter)형, MIM(Metal-Insulator-Metal)형, MIS(Metal-Insulator-Semiconductor)형, BSE (Ballistic electron Surface Emitting)형 등이 알려져있다.

이와 같은 전자방출 소자들을 이용하면, 전자분출 표시장치, 각종 백라이트, 리소그라피용 전자빔 장치 또는 차세대 광원장치등으로 구현할 수 있다. 이 중에서 백색광원의 전계방출광원은 전자를 방출하는 전자방출 영역과 방출된 전자를 형광막에 충돌시켜 발광시키기 위한 발광표현 영역을 구비하여 형성된다.[1,2,3] 일반적으로, 전계방출을 이용한 광원은 캐소드기판 위에 다수개의 전자방출소자와 이들의 전자방출을 제어하는 제어전극들을 구비하고, 캐소드기판에서 방출된 전자들이 애노드기판에 형성된 형광막을 향해 정확하게 가속될 수 있도록 형광막과 이에 접속된 전극을 구비하게 된다.[4] 본 연구에서는 전계방출 광원용 고효율 형광막을 위해서 형광막 내부에 이종금속산화물을 분체 혼합하여 난

반사 성질을 포함한 형광막을 형성한다.[5] 이러한 난반사 형광막은 전자를 애노드기판 방향으로 유도하며, 전자의 형광막 충돌시 캐소드판 방향으로 반사된 전자들을 형광막으로 재반사시키는 역할을 한다.[6] 또한, 형광막 내부의 형광체 분산상태를 고조시키는 역할을 함으로써, 형광막의 휘도를 높일 뿐 만 아니라, 수명을 증가시킨다.[그림 1]

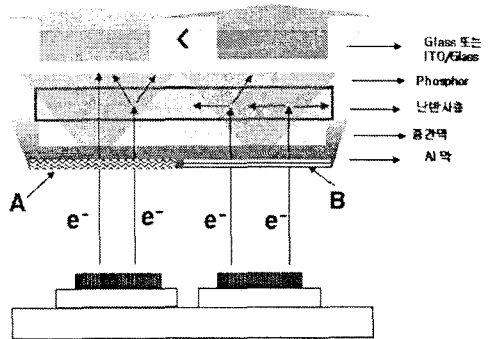


그림 1. 이종금속산화물을 이용한 애노드형광막  
Fig. 1. Anode phosphor layer with Hetero-metal-oxides

### 2. 실험방법 및 결과

ITO/Glass 또는 Glass 기판 상부에 적·청·녹색 형광체가 적절하게 혼합된 페이스트(paste)를 이용하여 스크린 인쇄법(screen-printing)에 의해 형광막을 형성한 후

이 형광막 위에 동일한 인쇄법으로 중간막을 형성한다. 적절한 건조를 한 후, 중간막 위에 열증착방식(thermal evaporation)을 이용하여 소정의 두께로 Al 금속막을 증착 및 진기로에서 소성 과정을 거치면 고효율 형광막이 만들어지게 된다.

그림 2에는 ITO가 코팅된 유리기판을 사용한 예이고, 그림 3에는 ITO가 없는 소다라이임의 유리기판을 사용하여 고효율 형광막을 제조한 단면 모식도이다.



그림 2 고효율 형광막의 단면(ITO glass)  
Fig.2. Section of high efficiency phosphor electrode(with ITO glass)

### 2.1 형광막 최적화

음극선 발광 형광체인 P22계로 녹색(ZnS:Cu,Al), 청색(ZnS:Ag,Al,Cl) 및 적색(Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:Eu) 형광체 사용하였으며, 녹색과 청색 형광체의 평균 입자 크기는 8-8.5[um], 적색 형광체의 평균 입자 크기는 5-5.5[um]이었다.

표 1. TiO<sub>2</sub>별 애노드 형광막  
Table.1 Anode phorsphor layer by TiO<sub>2</sub>

형광막	조성 (형광체:바인더:TiO <sub>2</sub> )
형광막 A	10:90:10
형광막 B	10:90:7
형광막 C	10:90:5
형광막 D	10:90:3
형광막 E	10:90:1.25

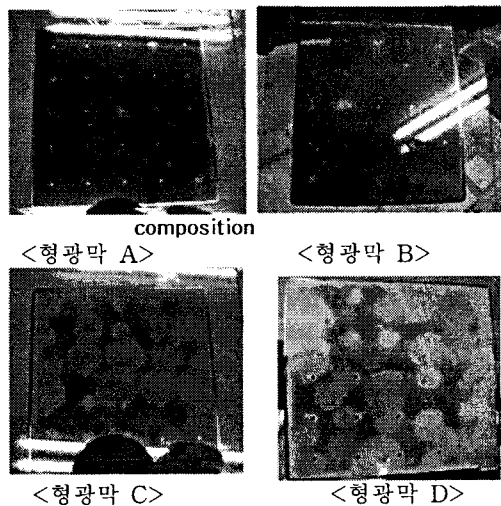
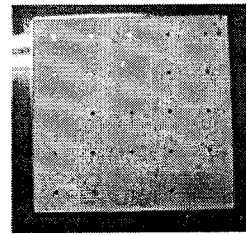


그림 3 TiO<sub>2</sub> 농도별 형광막

Fig.3. Before and after SEM image of anode phosphor layer by screen printing method (section-view)



<형광막 E>

그림 4. 최적화된 TiO<sub>2</sub> 농도 형광막

Fig 4. Image of anode phosphor layer by screen printing method (section-view)

다음으로 음극선 발광용 적·청·녹색 형광체를 백색조성이 되도록 삼극 색차 혼합법을 이용하여 적절한 조성을 선택한 후 범용적인 분체 혼합법을 이용하여 각각 블렌딩하였다. 이렇게 준비된 백색 발광 형광체와 바인더를 일정 비율로 혼합하고 3roll mill을 이용하여 적정시간 교반시켜 인쇄용 백색 형광체 페이스트를 제조하였다.

위의 제조된 형광체 페이스트의 점도는 330,000[cps]였으며, 이에 적정량의 수습나노미터(nm) TiO<sub>2</sub> 분말을 60℃의 분위기 하에 10분간 가열교반 한다. 이렇게 형성된 페이스트를 3 roll-mill 공정을 거친후 스크린인쇄법으로 ITO/Glass 기판위에 인쇄하여 형광막을 만들었다. 이때 사용된 스크린 마스크의 사양은 SUS400/12, 유체 두께 14[um]였으며, 스크린인쇄법으로 형성하였다. 이렇게 형성된 형광막을 상온에서 수분정도 레벨링(leveling)을 거친 후 중간막을 형성하였다. .

표 2. 효율 측정 결과(12(kv),2(uA/m<sup>2</sup>))

Table 2. Efficiency measurement result (12(kv),2(uA/m<sup>2</sup>))

구분	X	Y	K	cd/m <sup>2</sup>
TiO <sub>2</sub> 미적용	0.280	0.341	6826	880
TiO <sub>2</sub> 적용	0.290	0.341	7012	1020

그림 5에는 위의 조건으로 만들어진 고효율 애노드 형광막의 SEM사진을 보여 주고 있다.

그림에서 보는 바와 같이 최적화된 형광막 형성 두께는 10-14[um]이었으며 형광막을 구성하고 있는 형광분체의 입자들 중에서 최소 형광체 입자 크기의 2-2.5 레이어(layer) 수준으로 형성된 상태다.

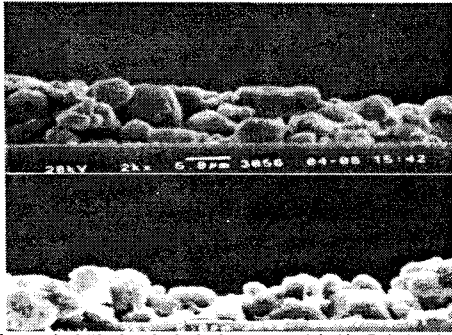


그림 5. 최적화된 형광막의 SEM 전(위), 후(아래) 사진(단면)  
 Fig.5. Before and after SEM image of anode phosphor layer by screen printing method (section-view)

## 2.2. 중간막 최적화

2.1절의 최적화된 인쇄 형광막위에 스크린인쇄법을 이용하여 중간막을 형성을 시도하였다. 중간막에서 보통 Vehicle과 발포체를 사용하는 경우, Al 증착시 광반사율이 떨어지는 경우가 있다. 이러한 결과는 그 정도에 따라 휘도에도 변화를 가져옴과 동시에 막질형성시 어려움이 있다. 이러한 저휘도 요인을 제거하기 위해 소포제 및 EG계의 polymer를 첨가하였으나 이는 소성 후에 잔탄으로 연결되어 휘도를 저하시킬 우려가 있었다. 이를 위해 형광체 paste에 Solid silica계를 첨가하여 실험해 본 결과 그을림 없는 깨끗한 중간막을 얻을 수 있었다.

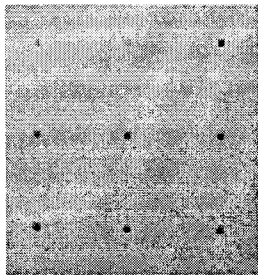


그림 6. 최적화된 중간막 처리후 이미지  
 Fig.6. Image of anode middle layer by screen printing method (section-view)

표 3. 메쉬 사양별 인쇄두께  
 Table 3. Variation of printing thickness with depending on screen mesh type

메쉬사양	유제두께	인쇄 두께
SUS325	12[um]	< 1[um]
SUS325	15[um]	1-2[um]
SUS400	12[um]	1-1.2[um]

표 2의 결과를 참고하여 8[%] 바인더C를 메쉬 사양 SUS400, 유제 두께 12[um] 스크린 마스크를 이용하여 인쇄후, 5-10분의 자연 레벨링을 통해 인쇄막의 균일성을 증대시켰다. 레벨링된 중간막은 강제 순환 방식 오븐에서 100℃ 10분간의 건조과정을 거쳤다.

## 2.3. Al막의 최적화

2.2절의 막 위에 Thermal Evaporator를 이용하여 알루미늄을 증착한 후 소성과정을 거쳐 최종적으로 Al 금속막까지 형성된 아노드 형광막을 얻었다. 소성온도가 적절하지 못하게 되면 형광막이 과 소성되거나 소성이 제대로 이루어지지 않아 바인더 등이 남아 원하는 효율을 얻을 수 없다.

그림 5에는 아노드 기판상에 형광막, 중간막 그리고 Al 금속막까지 코팅된 고효율 아노드 형광막을 나타내었다. Al 증착 후에도 형광체 입자 크기가 다른 이미지를 그대로 보여주고 있다. 이는 적·청·녹색을 구성하는 입자의 크기 차이가 약 60% 정도이기 때문에 향후 표면의 굴곡을 제거해야 CL특성이 우수한 결과를 얻을 수 있지만, 향후 최적화된 공정을 개발할 예정이다.

위와 같이 준비된 샘플을 가지고 CL측정을 실시하였다. CL측정방식을 살펴보면 CL장비의 챔버안을 진공상태로 만들어준 후 일정 전압을 Electron gun에 인가한다. 다음으로 챔버안의 전류밀도 측정용 Faraday cup 안에 이 전자빔을 쬐어 원하는 전류밀도 값이 되도록 전류 값을 조정해 준다. 이 상태로 측정할 시료에 전자빔을 쬐어 TOPCON사의 BM-7을 이용하여 형광막의 발광 색좌표와 휘도를 측정하였다. 이렇게 측정된 휘도와 전류밀도 값을 아래 식에 대입하여 효율을 계산하였다.

$$\text{효율} (lm/w) = \frac{\text{휘도} (cd/m^2) \times 3.14}{\text{전압} (kv) \times \text{전류밀도} (\mu A/cm^2)} \quad (1)$$

식 (1)을 적용하여 Al막의 유무에 따른 효율 측정결과를 표 3에 나타내었다.

Al막이 미적용된 형광막 대비 Al막이 적용된 형광막의 효율은 무려 1.5배가 상승하였다. 이는 형광막 위에 전도성 Al막이 형성됨으로 인해 형광막의 전자축적이 방지되고 형광체의 후면으로 향하는 전자들이 Al막에 의해 반사됨과 동시에 형광막에 전체적으로 균등한 전위가 인가됨으로 인한 결과로 볼 수 있다[6].

표 4. 효율 측정 결과(12[kv],2[ $\mu$ A/m<sup>2</sup>])  
Table 4. Efficiency measurement result (12[kv],2[ $\mu$ A/m<sup>2</sup>])

구분	X	Y	K	lm/W
Al막 미적용	0.304	0.341	6826	18
Al막 적용	0.317	0.347	6476	45

또한, 그림 6에는 Al막을 두께별로 변화시켜 효율을 측정한 결과를 나타내었다.

10-12[kv]의 전압 인가 시에는 800-1,000[Å]의 Al막 증착 두께가 가장 높은 효율을 보였다. 이는 아직까지 최적화된 두께라고는 볼 수 없으며 Al 두께에 따른 아노드 형광막 최적화를 위한 추가 실험을 진행할 예정이다.

### 3. 결 론

이중금속산화물과 형광체의 분체혼합 공정을 최적화시킨 후, 중간막을 적용하여 Al을 형성하여 형광체의 단일 형광막 대비 2배의 휘도가 향상된 고휘도 형광막을 얻을 수 있었다. 또한 형광막의 형성 단차 및 형광체의 분체 입자 간의 분산성을 증가시켜 줄 수 있는 수 나노미터의 TiO<sub>2</sub>를 적용하여 Al막에 의한 효율을 더욱 향상시킬 수 있었다. TiO<sub>2</sub>의 적정량의 포몰레이션은 애노드 전체의 전자빔 투과율을 높임과 동시에 광반사 효율을 극대화 시키며 패널의 색재현성 및 색 순도를 향상시켜 휘도가 상승함을 알 수 있었다.

이러한 고효율 형광막 형성 방법 및 효율 측정 결과는 전계방출광원의 개발 및 상용화를 더욱 활성화 시키는 밑거름이 될 것으로 사료된다.

이 논문은 산업자원부·에너지관리공단의 과제번호 2006-12-0011-0-000 (CNT 신광원용 아노드 및 조명시스템-융합화 기술개발)에 의해 수행되었으며 측정에 도움을 주신 삼성SDI(주) 중앙연구소 연구원들께 감사드립니다.

- [1] 김광복 외, "study of new light source with nano carbon material", 한국조명·전기설비학회 2006 춘계 학술대회 논문집, 2006. 5, pp. 31~34
- [2] 박성목 외, "국내외 광원분야의 신기술 동향", 조명·전기설비 제18권 제1호, 2004. 2, pp. 4~9
- [3] 유재은 외, "탄소나노 소재를 이용한 광원기술 개발 동향" 2004년도 제2차 전기응용 신기술 Workshop pp. 187-232, 2004
- [4] 이윤희, "삼전극형의 탄소나노튜브 전자방출원과 표시소자 응용기술", KISTI 유망 연구영역 분석 보고서 38 면 2005-12
- [5] 도영락 외, J. Electrochemical Society 148(10), G548-G551 (2001)
- [6] 김광복 외, "Efficient electron emissions from printed CNTs by surface treatments", JVST B, Vol.22(3), pp. 1331-1334, 2004