

전계방출광원용 고효율 애노드 형광막 특성 연구(II) - 난반사막

(Study on the High Efficiency of Anode Phosphor Electrode for Filled Emission Lamp (II) - Diffused Reflection Layer)

이선희^{1,3} · 김광복¹ · 김용원¹ · 유용찬² · 김도진³

¹금호전기(주) 기술연구소 · ²삼성SDI(주) 중앙연구소 · ³충남대학교 재료공학과
(Sun-Hee Lee^{1,3} · Kwang-bok Kim¹ · Yong-won Kim¹ · Yong-Chan You² · Do-Jin Kim³)

요 약

In order to decrease the degradation of phosphor on anode, many kinds of methods try to do coating of phosphor powders and Al metal layer of anode phosphor. In case of direct coating of phosphor powder, thin and uniform coating process are difficult to cover homogeneous in the surface of phosphor powders and given rise to decrease the brightness. Anti-reflection-layer(ARC) with TiO₂, Al₂O₃, Y₂O₃ showed 103[%] the enhancement of brightness in comparable with normal phosphor layer.

1. 서 론

전계 방출형 광원은 크게 전자를 방출하는 에미터가 포함된 캐소드부와 형광체를 포함하는 애노드부 및 에미터 전자의 양을 조절하기 위한 게이트 전극으로 구성되며, 디스플레이 소자의 경우에는 에미터로부터 발생된 전계 전자를 포커싱하기 위한 포커싱 전극도 사용된다. 전계 방출형 광원은 전계에 의해 에미터로부터 냉전자가 진공 중으로 방출되는 원리를 이용한 친환경적인 차세대 신광원이다[1-3].

전계 방출형 신광원은 고전압 인가에 의해 발광 효율이 증대되는 음극선 발광(Cathodoluminescence) 형광체가 사용된다. 이 고전압 및 고전계 전류에 의해 형광체가 열화 되는 현상이 발생하게 되는데, 이를 방지하기 위해 형광체 입자 자체에 코팅을 하는 방법이 시도되고 있다[4-9]. 그러나 형광체 입자에 코팅이 조금만 불균일하게 되더라도 이는 형광체 발광특성에 많은 영향을 미치게 된다. 사실상 이것은 용이하지 않다. 본 논문에서는 보다 쉬운 방법으로 형광막 위에 얇은 DRL(Diffused Reflection Layer)을 형성하여 형광체가 전자에 직접 노출되는 것을 방지하여 형광체의 열화에 따른 수명 단축을 방지하고, 형광막과 Al 금속막 사이의 공간에서 형광막 후방으로 향하는 빛을 난반사시켜 Al 금속막에 전달하여 발광 균일도를 향상시키며, Al 금속막의 평탄화를 유도하여 발광효율을 증진시키는 새로운 구조를 제시하고자 한다.

그림 1은 ITO/Glass 기판을 애노드 전극으로 사용하고 그 직상에 형광막에 요구되는 각종 막들을 형성하는 그림을 도식하였고, 그림 2은 ITO/Glass 대신에 순수

유리기판을 사용한 점이 그림 1과는 다르다.



그림 1. 고효율 형광막의 단면 (ITO glass)
Fig. 1. Section of high efficiency phosphor electrode (with ITO glass)

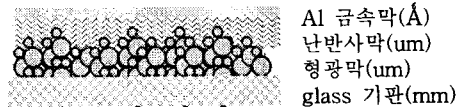


그림 2. 고효율 형광막의 단면 (glass 기판)
Fig. 2. Section of high efficiency phosphor electrode (with glass)

2. 본 론

구체적인 실험방법을 살펴보면, 먼저 스크린인쇄법에 의해 ITO/Glass 또는 glass상면에 형광막을 형성한 후 이 형광막 위에 동일한 스크린인쇄법으로 DRL을 형성한다. 그리고 마지막으로 Al 금속막을 증착하고 최종적인 소성과정을 거치면 고효율 형광막이 제조된다.

2.1. 형광막 형성

본 실험에 사용된 형광체는 일반적인 음극선발광 형광체로 ZnS:Cu,Al 조성의 녹색 형광체, ZnS:Ag,Al,Cl 조성의 청색 형광체, Y₂O₃:Eu 조성의 적색 형광체였으며, 녹색과 청색 형광체의 평균 입자 크기는 8~8.5[μ m],

적색 형광체의 평균 입자 크기는 5-5.5[um]이었다. 인쇄 방법으로 형광막을 형성하기 위해서는 인쇄 가능한 점도의 페이스트(paste)가 필요하며, 이 페이스트의 인쇄성에 가장 큰 영향을 미치는 것이 바로 바인더(binder)의 점도이다. 본 실험에서는 에틸셀룰로오즈(EC) 계열의 파우더와 알파테르피놀(α -Terpineol)을 섞은 후 교반속도 8,000-20,000[rpm] 정도로 8-12시간 교반시켜 원하는 점도의 바인더를 제조하였다. 이 바인더의 점도를 Brook Field DV-II, Spindle #14로 측정하였으며, 그 값은 23,812[cps]이었다. 표 1은 바인더의 조성을 달리하여 그에 따른 점도를 측정된 값을 나타내고 있다.

표 1. 바인더별 점도
Table 1. Variation of viscosity by binder composition

구분	조성 (파우더 : 솔벤트)	바인더 점도(cps)
Binder A	10 : 90	6,050
Binder B	6 : 94	11,300
Binder C	8 : 92	23,812

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

이때의 형광체 페이스트의 점도는 330,000[cps]였으며, 이 형광체 페이스트를 스크린인쇄법으로 ITO/Glass 기판위에 인쇄하여 형광막을 만들었다. 이때 사용된 스크린 마스크의 사양은 SUS400, 유체 두께 12[um]이었다. 이렇게 형성된 형광막을 수분 정도의 레벨링(leveling)을 거친 후, 강제 순환 방식 오븐에서 120℃ 10분간 건조하여 형광막을 준비하였다. 그림에서 보는 바와 같이 최적화된 형광막 형성 두께는 10-12[um]이었으며 형광막을 구성하고 있는 형광분체의 입자들 중에서 최소 형광체 입자 크기의 2-2.5 레이어(layer) 수준으로 형성된 상태다.



그림 3. 최적화된 형광막의 SEM 사진 (단면)
Fig. 3. SEM image of the phosphor electrode by printing optimization (section)

2.2. 난반사막 형성

2.1절의 최적화된 인쇄 형광막위에 인쇄법과 스프레이 법을 이용하여 난반사막을 형성하였다. 스프레이 법

으로 난반사막을 형성하는 것은 반사방지 입자 자체의 분사로 형광막 위에 요철을 더욱 가중시켜 Al 금속막 적용 시 난반사막의 역할을 제대로 수행하지 못하였다. 이에 인쇄법을 이용하여 난반사막을 형성하였다.

형광막 바인더 제조와 동일한 방식으로 인쇄가 가능한 점도의 바인더를 제조한 후 TiO₂, Al₂O₃, Y₂O₃ 입자를 0.1-5[wt%] 첨가하여 난반사막용 바인더를 제조하였다. 이때 사용된 입자들의 크기는 수십 나노미터였다.

이렇게 준비된 바인더를 매쉬사양 SUS325, 유체두께 15[um] 스크린마스크를 이용하여 인쇄하였다. 인쇄하고 난후 5-10분의 레벨링을 통해 난반사막 균일성을 증대시켰다. 레벨링된 난반사막은 강제 순환 방식 오븐에서 100도 10분간의 건조과정을 거쳤다. 아래 그림 4는 난반사막을 형광체 위와 glass위에 인쇄한 사진을 보여 주고 있다. 고농도의 경우 저농도 보다 좀 더 많은 난반사 입자들이 보이고 있다.

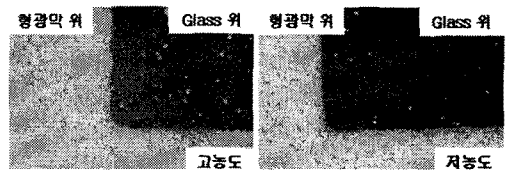


그림 4. 형광막위에 인쇄된 난반사막
Fig. 4. Diffused Reflection Layer on the phosphor layer

2.3. 측정방법

2.2절의 막 위에 Thermal Evaporator를 이용하여 알루미늄을 증착한 후 Air분위기에서 소성과정을 거쳐 최종적으로 Al 금속막까지 형성된 형광막을 얻을 수 있었다. 이렇게 소성까지 완료된 샘플을 가지고 CL을 측정하였다. CL(CathodoLuminescence)측정은 삼성SDI(주) 중앙연구소의 장비를 사용하였다. 각 샘플의 측정된 휘도 값과 그때 인가된 전압 및 전류밀도를 가지고 효율을 계산하였다.

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

표 2. 효율 측정 결과 (10 [kv], 2 [uA/m²])
Table 2. Efficiency measurement result (10 [kv], 2 [uA/m²])

(%)	0.1-0.5[wt%]	1-5[wt%]
산화물A	103%	90%
산화물B	90%	102%
산화물C	100%	102%

표2는 반사방지 입자들의 종류와 점도를 변경하여 형

성한 후의 효율 측정 결과이다. 효율 측정결과 난반사막이 미적용된 형광막 대비 난반사막이 적용된 형광막의 효율은 90-103[%] 수준 이었다. 이는 난반사막으로 사용된 입자의 종류와 wt% 차이에 의한 결과이다. 측정결과로부터 알 수 있듯이 난반사막으로 사용될 입자의 선택은 전자빔의 궤적에 방해가 되지 않을 정도의 크기를 가져야 하며, 얇은 두께로 형성되어야 발광효율이 저하되는 것을 방지할 수 있었다. 또한 인쇄법을 적용할 시에는 인쇄가 가능한 점도로 바인더의 농도를 맞추어 주는 것 또한 중요한 변수 중의 하나이다.

3. 결론

인쇄법을 적용하여 형광막 형성공정을 최적화 시킨 후, 난반사막을 인쇄하고, Al 금속막을 증착하여 난반사막을 미적용시킨 형광막에 대비하여 효율이 103[%] 향상된 고효율 형광막을 얻을 수 있었다. 이는 형광막과 Al 금속막 사이의 공간에서 형광막 후방으로 향하는 빛을 난반사시켜 Al 금속막에 전달하여 발광 균일도를 향상시키고 Al 금속막의 평탄화를 유도하여 발광효율이 증진된 결과다. 또한 형광막 자체에 전자빔에 노출되는 것을 방지함으로써 형광막의 열화에 의한 수명단축 방지 효과도 예상된다.

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

참 고 문 헌

- [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] 이윤희, "삼전극형의 탄소나노튜브 전자방출원표시소자 응용기술", KISTI 유망 연구영역 분석 보고서 38 면 2005-12
- [4] H. Wang et al., Applied Physics Letters 87, 181907 (2005)
- [5] W. Park et al., J. Mater. Res. 15 (11), 2288-2291 (2000)
- [6] Y.R. Do et al., J. Electrochemical Society 148(10), G548-G551 (2001)
- [7] C.H. Chang et al., Applied Surface Science 243, 55-61 (2005)
- [8] T. Igarashi et al., J. Electrochemical Society 148(12), J59-J62 (2001)
- [9] 김강덕 외, "ZnS 분말표면상에 SnO₂코팅막의 형성", 한국세라믹학회지 제38권 제3호, 2001.3, pp.287~292