

AC 구동 분산형 전장발광램프 개발에 관한 연구

김형식, 김은동, 강동필, 박종문, 문성인, 강 옥, 천병동
한국전기연구소 전기재료연구부 *대양전기공업(주)

A Study on the Development of ac Powder Electroluminescent Lamp

H.S.Kim, E.D.Kim, D.P.Kang, J.M.Park, S.I.Moon, U.Kang, B.D.Chun

Korea Electrotechnology Research Institute *Dae Yang Electric Co. LTD

ABSTRACT

This paper describes the manufacturing process and electrical properties of ac thick film electroluminescent lamps which made of the mixture of ZnS:Cu,Cl phosphor powder and polymer binding materials.

The phosphor layer is sandwiched between two electrodes, one of which is transparent, and is supported by a substrate. The substrate may be glass or flexible plastic or it may be metallic. In this study we manufactured phosphor layer which consists of ZnS:Cu,Cl powder suspended in a NBR.

As yet our results are behind other commercial product in electrical properties and brightness. However they can be improved by selection of appropriate polymer binding materials, development of blending technology.

I. 서 론

전장발광램프는 재료 및 제조공정이 개발 초창기 (1950- 1960)에 비해서 획기적으로 진보하여 특성이 개선되었기 때문에 선박, 자동차, 각종 계기의 표시장치, 벽걸이용 텔레비전 화면등 여러 방면에 이용이 확산되는 추세에 있다.

일반적으로 전장발광램프는 ac 분산형, dc 분산형, ac 박막형, dc 박막형의 네가지로 분류되는데 1950년대 부터 가장 많이 연구되어 온 ac 분산형은 5-20 μ m ZnS 입자를 유전체 결합제와 혼합하여 10-100 μ m 의 두께로 만들어 복잡한 형태의 발광면은 구성하기 어렵고, dc 분산형은 발광효율이 낮다. 한편 dc 박막형은 dc 분산형과 유사하나 아직은 실제로 이용될 만큼 연구, 개발되지 않았으며 ac 박막형은 다른 전장발광 램프에 비해서 수명이 길고 고휘도 특성을 가지므로 최근에 가장 급속도로 발전되고 많이 이용되고 있다.

본 연구에서는 ac 분산형 전장발광램프를 위하여 활성제로 Cu, 공활성제로 Cl을 첨가한 평균 입도 24.9 μ m 인 ZnS:Cu,Cl 입자를 사용했으며 고분자 결합제로는 NBR 을 선택하여 ITO 투명전극과 알루미늄 호일로 전극을 구성하여 제조하였다.

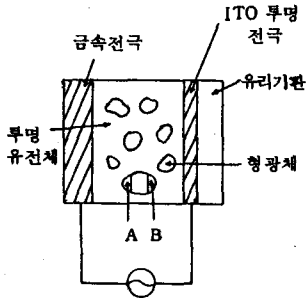
II. 본 론

1. 형광층에서의 발광현상

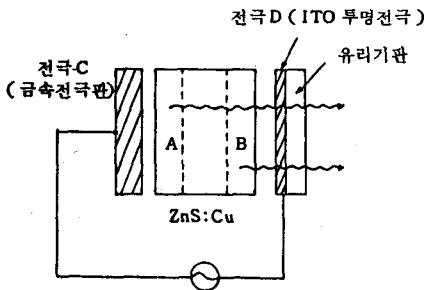
ZnS 분말과 유전체 물질을 혼합하여 구성한 전장 발광소자는 ZnS 형광체의 특성과 유전체 물질의 전기적, 광학적 특성, ZnS 형광체와 유전체 물질간의 계면현상등에 의하여 특성이 좌우된다.

ZnS는 II-VI족 화합물 반도체로 금지대 폭이 상온

에서 3.7eV인 공유결합과 이온결합을 함께하는 물질이며 형광체로 사용하기 위해서는 ZnS 금지대 내에 발광중심을 형성시키기 위해서 활성제(activator)인 Cu, Mn, Ag등을 첨가하고 이 발광중심의 형성을 촉진하고 발광효율을 높이기 위하여 공활성제인 Cl을 혼합하여 고온에서 소결해야 한다. 일반적으로 활성제 Cu와 함께 공활성제 Cl을 넣으면 Cu는 Zn와 치환해서 역십터형의 불순물 준위에 해당하는 발광중심을 금지대 내에 형성하고 Cl은 S와 치환해서 도너형의 불순물 준위를 만들어 발광중심으로 전이될 자유전자 농도를 증가시키는 역할을 함으로써 Cu만을 첨가한 형광체에 비해 훨씬 밝은 녹색의 빛을 내게 된다.



(A) 전계구조도



(B) 형광체에서의 발광현상

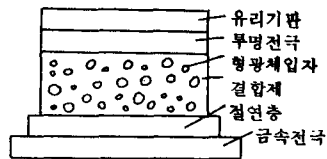
<그림1> 분산형 전장발광 소자의 구조

<그림1>의 (A)는 고분자 결합제와 형광체로 이루어진 형광층과 ITO 투명전극, 금속전극으로 이루어진 분산형 전장발광 소자의 기본구조를

나타내며 (B)는 형광제 입자만을 확대한 그림이다. (B)의 A, B 부분에는 Cu_xS 로 이루어진 전도성막이 존재하므로 A, B에서 금속과 반도체의 접합면처럼 쇼트키 형의 전위장벽이 생긴다. 이때 전극 C, D사이에서 A에서 B로 전자가 이동하도록 전계를 걸어주면 A부분에 강전계가 걸려서 발광중심에 있는 전자들이 에너지를 받아서 전도대로 이동하여 발광중심의 에너지 준위가 비어있게 된다. 이때 Cl에 의하여 형성된 도너 준위에 있는 전자가 여기되어 전도대로 이동한 것과 Cu_xS 층에서 터널효과(tunnel effect)에 의하여 넘어온 전자들이 발광중심으로 전이 하면서 빛을 내게 되며 극성이 바뀌면 B부분에서 같은 작용으로 빛을 내게 된다. 따라서 교류의 1주기 동안에 2회의 빛이 나오며 전극 D를 유리기판에 ITO투명전극으로 구성하고 전극 C를 알루미늄과 같은 금속물질로 구성한다면 빛은 전극 D를 통하여 외부로 방출된다. 한편 형광제 분말은 두께 20-100 μm 의 투명한 유전체 물질에 분산되어 있으므로 유전체의 유전율이 클수록 형광체에 강한 전계가 걸리므로 더 밝은 빛이 나오게 된다.

2. ac 전장발광램프의 구성

ac 전장발광램프는 <그림2>처럼 유리기판 위에 ITO 투명전극을 입혀서 형광체 층을 얇게 바르고 배면전극으로 알루미늄 호일을 사용하여 구성한다. 이때 유리기판 대신 PET 필름에 ITO 투명전극을 입혀서 사용하기도 하며 외부로부터의 손상을 막기 위해서 최종적으로 보호막을 입힌다.



<그림2> 전장발광 램프의 구성도

분산형 ac 전장발광램프는 결합제의 종류에 따라 무기 분산형과 유기 분산형으로 이루어지는데 무기 분산형은 저응점 유리물 결합제로 하여 비교적 저온(1000°C)에서 소결하여 형광제 입자가 유리중에 분산되도록 한 것이고 유기 분산형은 고분자를 결합제로 하는데 무기 분산형에 비하여 수명이 짧지만 불소계 수지를 이용하면 특성을 향상시킬 수 있다. 이때 형광층의 두께는 20-100 μ m 이고 인가하는 전압은 형광층에 전계가 $10^4 - 10^5$ V/cm 가 걸리도록 조절하며 될 수 있으면 유전상수가 큰 결합제를 사용해서 형광층에 고전계가 걸리도록 하는 것이 유리하다. 또한 절연내력을 높일 목적으로 금속전극과 형광층 사이에 BaTiO₃ 와 같은 유전체 층을 삽입하는 경우도 있다.

1) 보호막

발광램프를 구성한 후 외부로부터 물리적, 화학적인 손상을 막기 위하여 보호막을 입히는데 본 실험에서는 일본 NITTO 사의 방습필름 No.4810 을 사용했는데 이 방습필름은 삼불화에틸렌수지로 되어 있으며 방습성이 좋고 물리적, 화학적, 전기적 특성이 우수하여 전자부품의 봉입용, 광학재료의 보호용으로 많이 이용된다.

2) 투명전극

투명전극용 재료로는 SnO₂, In₂O₃, CdO, Fe₂O₃와 Sb-doped SnO₂, F-doped SnO₂, 금속박막으로 Au, Pt등이 있는데 전기적, 광학적 특성이 우수한 ITO (Indium Tin Oxide)가 많이 이용된다. 본 연구에서는 저온 수축시킨 고무형 폴리에스터 필름의 한쪽 면에 스퍼터링 증착으로 ITO 박막을 구성한 제품을 사용했다.

3) 결합제

결합제는 가능하면 유전율이 높고 광학적 특성이 좋은 물질을 사용해야 하는데 일반적으로 무기 결합제인 저응점 유리는 비유전율이 5-8 정도로 낮아서 인가하는 전압이 높아지고 휘도가 낮아지는 현인이 된다. 고분자 물질로서 시아노에틸 셀룰로오즈나 불소계 수지인 P(VdF-TrFE) 를 사용하면 좋은 특성을 얻을 수 있으며 실제로

대부분의 상용 제품에서는 이것을 사용하고 있다.

본 연구에서는 비유전율이 15-30 으로 비교적 높고 국내에서 구입이 용이한 NBR 을 결합제로 사용했다.

4) 형광제

일반적으로 ZnS 입자의 크기는 휘도와 수명에 많은 영향을 주는데 입자가 크면 수명은 길어지지만 휘도는 저하되고 입자의 크기가 작으면 휘도는 좋아지나 수명이 짧아진다. 통상의 입자 크기는 10-30 μ m 로 하는데 용도에 따라 적절한 것을 선택해야 하며 입자분리는 습식 침강 분리법이나 건식의 입도 분리기를 사용한다. 본 연구에서는 일본 KYOKKO 제품의 녹색을 얻을 수 있는 평균입도 24.9 μ m 인 EL-G1 형광제를 사용했다.

5) 배면전극

배면전극은 투명전극과 함께 형광층에 전계를 거는 역할을 하며 ZnS 형광층에서 빛이 나오면 반사시켜서 투명전극을 통하여 방출되도록 하며 재료는 가격 및 전기적 특성에서 양호한 알루미늄을 사용하는데 알루미늄 호일 혹은 진공증착으로 박막을 형성하여 구성한다.

3. 시편제조 및 특성조사

1) 시편제조

분산형 ac 전장발광소자는 보호막, 투명전극, 형광층, 배면전극등으로 이루어지며 금속과 형광층 사이에 유전율이 높은 SrTiO₃, BaTiO₃ 등과 같은 절연층을 삽입시키면 특성은 향상되나 단가가 비싸지고 제조공정이 복잡해진다. 따라서 본 연구에서는 절연층을 삽입하지 않은 시편을 제조하였다.

결합제로 사용할 NBR 은 80 % 의 solvent(MEK, acetone) 에 용해시켜서 정제하였으며 경제된 NBR 은 40°C 에서 진공 건조하였다. 건조된 NBR 을 다시 MEK 로 녹여서 ZnS 분말과 NBR 의 비율을 50 : 50 Wt % 의 비함비로 혼합하였다. 이것을 폴리에스터 위에 형성된 ITO 투명전극과 알루미늄 호일 위에 얇게 입혀서 건조시킨 후 완전한 가교가 일어나기 전에 열을 가하면서 압착하여 붙였다.

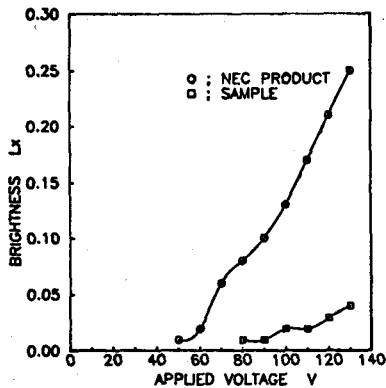
2) 특성조사

A) 결합체의 유전특성

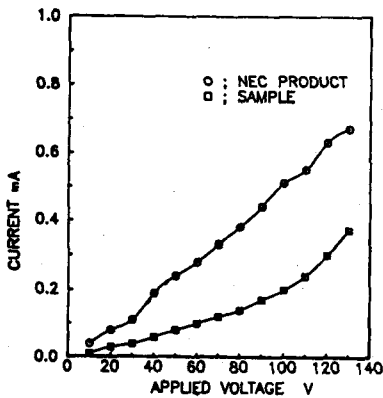
결합체로 사용한 NBR의 유전특성은 AN(acrylonitrile)의 함유량 및 온도, 측정 주파수에 따라서 달라지며 주로 AN이 유전본극에 기여하므로 AN의 함유량이 많으면 유전율이 높아지게 된다.

B) 발광특성

<그림3>, <그림4>는 각각, 본 연구에서 제작한 전장발광소자와 상용의 NEC 제품과 비교한 조도 특성과 전류-전압특성을 나타낸 그림인데 전원은 60 Hz의 교류 전압원을 사용했다. 그림에서 보는 바와 같이 전기적, 광학적 특성이 상용제품보다는 많이 뒤떨어지지만 고분자 결합체의 특성을 개선시키고 필름 제조공정을 개발, 보완함으로써 향상되리라 기대된다.



<그림3> 전장발광 소자의 전압에 따른 조도



<그림4> 전장발광 소자의 I - V 특성

III. 결론

본 연구에서 결합체로 사용한 NBR은 AN의 함량이 많지거나 온도가 높아지면 (-20 - 60°C 범위) 주파수 100 - 1000 Hz 범위에서 비유전율이 증가했다.

한편 제작한 전장발광소자는 8시간 정도 사용하면 열화 현상이 일어나고 밝기도 아직은 상용제품보다 뒤떨어지는 실정에 있다. 따라서 양호한 특성을 갖는 전장발광램프를 제조하기 위해서는 결합체의 특성을 개선시켜야 하고 필름 제조공정에 대한 면밀한 검토가 필요하다.

참고문헌

1. I.F.Chang, "Recent Advances in Display Technologies", Proceedings of the SID, Vol.21/2, 1980
2. M.S.SKOLNICK, PAUL J.DEAN, "Time Resolved Pulsed DC Electroluminescence Studies in ZnS:Mn, Cu-Powder Phosphors", IEEE Trans. on Electron Devices, Vol. ED-28,4, 1981
3. W.A.THORNTON, "ac-dc Electroluminescence", Phys.Rev.113, 1959.
4. W.A.THORNTON, "Electroluminescence Maintenance", T. Electrochemical Society, Vol.107, 1960
5. DAVID G.THOMAS, "Electroluminescence", Phys. Today, February, 1968
6. THORNTON, The Physics of Electroluminescent Devices, 1967
7. WEBSTER E. HOWARD, "Electroluminescent Display Technologies and Their Characteristics", Proceedings of the SID, Vol.22/1, 1981