

형광체의 응용 분야 및 형광막과 밝기 특성

김봉철 이남양, 박이순*, 이병교 **

LG Philips LCD, *경북대학교 고분자공학과, **경북대학교 무기재료공학과
kimbongc@hanmail.net

1. 서론

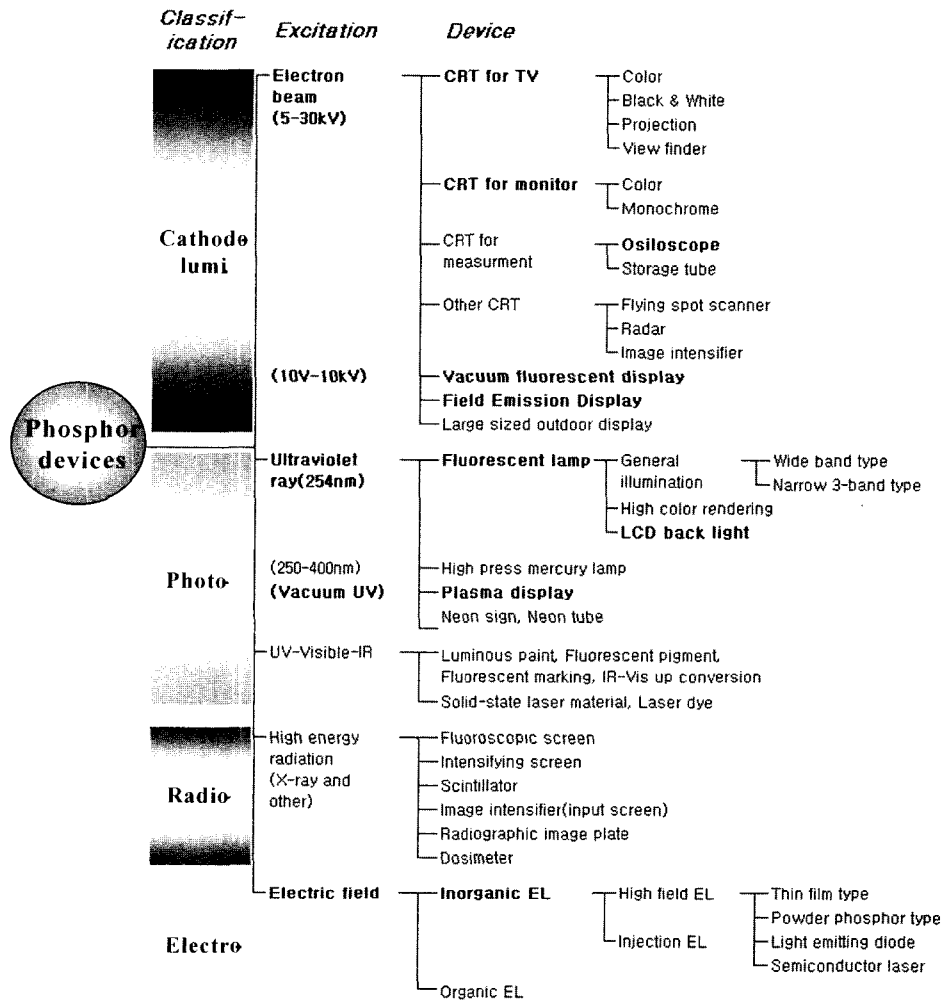
1937년 영국의 BBC 방송국이 세계 최초로 흑백텔레비전 방송을 시작한 이후 우리가 살고 있는 시대는 정보화 시대로 접어들었다고 할 수 있다. 1969년 미국의 위성 아폴로 11호가 달에 착륙하던 모습을 우리나라에서뿐만 아니라 전 세계인들은 칼라와 흑백 TV를 통하여 생생하게 보았다. 그 이후로 우리는 지구의 반대편에서 영상 송수신기를 이용하여 서로 마주 보고 앉아 있는 것처럼 화상회의를 실시하고 있으며 지구의 반대편에서 일어난 일이 수분 안에 생생하게 화면을 통하여 전 세계에 거의 동시에 전달이 되며, 고정된 자리에서만 아니라 이동 중 혹은 불특정한 장소에서 일부의 관련 정보를 제공 받고 있으며 더욱더 많은 정보를 간접적으로 경험하고 또한 전달하기를 원한다. 이러한 정보 전달을 하는 것이 디스플레이이다. 디스플레이에 있어서 화상을 재현하는 매체가 형광체이다. 이 글에서는 이러한 형광체의 응용분야, 요구 특성, 합성된 형광체를 응용하기 위한 형광막 형성 방법, 형광특성 평가 시에 있어서 효율 계산과 마지막으로 형광막의 두께와 형성 방법에 따른 밝기 특성에 대한 실험 결과를 기술하고자 한다.

2. 형광체 응용분야

디스플레이의 선두 주자는 CRT(Cathode Ray Tube)^{1,7-9)}이다. CRT는 1897년 독일의 K.F 브라운에 의해서 최초로 발명된 이래 흑백 CRT를 거쳐 현재의 칼라 CRT에 이르게 될 때까지 약 50년 동안 우리에게 정보를 전달하는 소중한 역할을 하여 왔다. 하지만 급속한 산업

사회의 발달로 정보를 보다 빠르게 전달받기를 원하고 있으며, 관련 정보를 한 장소에서만 제공받는 것이 아니라 이동 중에 혹은 어느 장소에 있더라도 쉽게 접할 수 있는 것이 요구되어 무게가 가볍고 두께가 얇은 이동이 간편한 디스플레이가 요구되기 시작하였다. 그러나 CRT의 경우는 밝기와 색상 면에서는 아주 우수하지만 부피가 크고 무게가 무겁기 때문에 손에 휴대하면서 이동하는 것이 불가능한 단점이 있어 CRT를 대체 할 수 있는 휴대가 간편한 디스플레이의 개발이 필요하였다. 휴대가 가능한 평판 디스플레이로서 ELD^{1,7)}(Electro Luminescence Display), LCD¹⁾(Liquid Crystal Display), FED^{1,7)}(Field Emission Display), OLED^{1,7)}(Organic Electro Luminescence Display), PDP^{1,7)}(Plasma Display Panel) 등이 연구되어 졌으며, 현재 움직이는 화상을 충천연색으로 전달하는 평판 디스플레이로서 상용화된 것은 LCD와 PDP이다. PDP의 경우는 두께는 얇지만 무게가 무겁고 구조상 화면의 구성 요소인 픽셀의 크기에 제한을 가지고 있기 때문에 화면의 크기를 작게 하는데 한계가 있어 휴대용으로는 부적합하며 가정용 TV 혹은 광고판의 대형 화면에 적합하다고 할 수 있다. LCD의 경우는 무게가 가볍고 화면의 크기도 소형으로 가능하기 때문에 휴대용 디스플레이로서 아주 적합하며 현재 평판 디스플레이 시장을 가장 많이 점유하고 있으며 지금까지 디스플레이 시장을 주도해온 CRT 시장을 추월하고 있으며, 휴대용뿐만 아니라 사무실용 그리고 최근에는 TV 용으로 제품을 선보이기 시작하고 있다. 하지만 LCD는 색상의 구현에 있어서 한계가 있다. CRT의 색재현 영역이 약 80%(NTSC 기준 대비)인데 비해서 LCD의 경우는 최고 70% 정도이므로 색상의 구현 영역

Table 1. Classification of Luminescence and Phosphor Devices



의 한계와 액정의 반응시간 지연에 따른 응답시간이 최고 25 msec로써 디스플레이 동화상에서 요구하는 16 msec이하에 미치지 못하고 있어 지속적인 연구의 대상이 되고 있다. ELD는 구조의 간편성과 제조과정의 간단함에도 불구하고 청색형광체의 문제로 인하여 오랜 연구에도 불구하고 충천연색의 디스플레이를 구현하지 못하고 있다. 일명 박형 CRT로 불리는 FED의 경우는 CRT의 색재현 영역 구현 가능과 빠른 응답속도의 장점을 가지고 있으면서 LCD의 장점인 두께가 얇고 무게가 가벼워 휴대가 가능한 장점을 가지고 있지만 고 진공과 저전압(1 kV이하)에서 고 효율의 형광체가 요구되어 형광체의 개발을 위한 연구와 고 전압(5 kV 이상) 영역에서 작동하는 연구가 활발하게 진행 중에 있으며, 최근 국내의

SDI사에서 32 인치까지 개발하여 발표하였으며 크기와 밝기의 극복 가능성을 확인하였다. 이상의 디스플레이에서 화상을 만들어 천연색을 전달하는 기능을 하는 것은 모두 형광체이다.

형광체의 또 다른 응용은 형광등이다. 형광등은 저압방전등⁷⁾의 일종으로 수은과 아르곤 가스를 이용하여 음극과 양극사이에서 방전을 일으켜 186 nm와 254 nm의 자외선을 만들어 형광체를 발광하게 하여 가시광의 파장을 만들어 빛을 내게 만드는 것으로 1938년 미국의 제너럴 일렉트릭사(社)에서 발명된 이래 일상의 생활에 없어서는 안 될 아주 중요한 것 중의 하나가 되었다.

형광체의 사용에 대한 가장 오래된 기록⁷⁾은 약 1000년

Table 2. Historical Change of Phosphors for Practical Use in Color Television Picture Tube

	Blue	Green	Red
1	ZnS:Ag	Zn ₂ SiO ₄ :Mn ²⁺	Zn ₃ (PO ₄) ₂ :Mn ²⁺
2	ZnS:Ag	(Zn,Cd)S:Ag	(Zn,Cd)S:Ag
3	ZnS:Ag	(Zn,Cd)S:Ag	YVO ₄ :Eu ³⁺
4	ZnS:Ag	(Zn,Cd)S:Cu, Al	Y ₂ O ₃ :Eu ³⁺ or Y ₂ O ₃ :Eu ³⁺
Current	ZnS:Ag	ZnS:Cu,Au,Al or ZnS:Cu,Al	Y ₂ O ₃ :Eu ³⁺

전에 중국 송나라의 기록(976~998)으로 알려져 있으며, 송나라 궁궐 안에 소의 그림이 있었는데 낮에는 우리 밖에서 풀을 먹고 있는 모습이지만 밤에는 우리 안에서 편안히 쉬고 있는 모습의 그림이었다. 이 그림에 사용된 형광체는 인공합성에 의한 것이 아닌 자연에 존재하는 형광체를 이용한 것으로서 낮에는 주광성에 의해서 발광이 되는 잉크를 사용하였고 밤에는 밤에만 보이는 잉크를 사용한 것으로서 낮에만 보이는 잉크의 원료는 화산에서 떨어진 바위를 갈아서 만든 것을 사용하였고, 밤에만 보이는 잉크는 진주조개 껍질로부터 만들어진 잉크를 사용하였다고 되어 있다.

현재 형광체는 빛을 내게 하는 곳에는 가장 널리 사용되고 있으며, 우리 실생활에 형광체를 응용한 빛이 없는 단 한 시간도 살수 없을 정도로 중요한 역할을 하고 있다. 가정의 가전제품의 계기 판, TV, 형광등 등, 자동차안의 계기 판, 공장에 장치되어 있는 각종 계기 판과 감시 모니터, 휴대폰에 장착되어 있는 화면, 휴대폰 노트북, 각종 휴대 단말기, 각종 게임 장치 등이 그것이다. Table 1은 형광체를 이용하는 디바이스를 특성별로 분류한 것으로서 응용의 다양성을 보여주고 있다. 형광체는 응용분야별로 다음과 같이 크게 네 가지로 분류할 수 있다. CRT와 FED 같이 전자선에 의해서 발광이 되는 형광체를 음극선발광(CL; cathodoluminescence)^{2,9)}이라고 하며, 램프 혹은 PDP와 같이 자외선의 조사 및 발광 페인트 등에 응용되는 가시광선 혹은 적외선의 조사에 의해서 발광이 되는 형광체를 광발광(PL; photoluminescence)^{3,4,7,10)}이라고 하며, X선과 같은 방사선 조사에 의한 발광을 방사선발광(radioluminescence or scintillation)^{3,4,7,10)}이라고 하며, ELD와 같이 전계에 의한 발광을 전계발광(EL; electroluminescence)^{3,4,7,10)}으로 구분한다.

3. 형광체의 요구 특성

CRT, FED, ELD, PDP 등과 같이 직접발광형 디스플레이용 형광체와 LCD와 같이 간접발광형 디스플레이와 형광등에 사용되는 형광체(램프용 형광체)는 특성 평가에 있어서 약간의 차이가 있다. 형광체의 특성 평가는 발광 강도, 색좌표 즉 발광 파장의 반치폭, 발광 감쇄 시간(10% decay time) 그리고 열 안정성으로 나누어진다. 직접발광형 디스플레이에 있어서는 위의 네 가지 항목이 모두 만족해야한다. 즉 높은 휘도, 넓은 색재현 영역, 짧은 감쇄 시간(5 msec이하) 그리고 고온공정 혹은 여기에너지에서의 안정성을 요구한다. 그러나 LCD와 같은 간접 발광형 디스플레이와 램프용 형광체의 경우는 높은 휘도와 넓은 색재현 영역, 열 안정성은 요구되지만 짧은 감쇄 시간은 중요한 요소가 아니다. 칼라 CRT에 사용되고 있는 형광체는 P22라는 형명을 가진 형광체가 널리 사용되고 있으며 그 조성은 Table 2에 나타나 있다. 광에 의한 발광인 PDP와 lamp용 형광체는 자외선의 조사에 안정한 산화물 계 형광체를 사용하고 있으며, PDP용 형광체의 조성은 Table 3에 나타나 있으며, 삼파장 lamp용 형광체의 경우는 Table 4에 나타나 있다. 현재 가장 좋은 발광 효율을 가진 ZnS계 형광체의 경우는 자외선 발광과 FED와 같이 내부의 간격이 좁으면서 고진공을 요구하는 장치에는 사용하지 못하는 것으로 알

Table 3. Historical Change of Phosphors for Practical Use in PDP

	Blue	Green	Red
1	BaMg ₂ Al ₁₄ O ₂₄ :Eu ²⁺	Zn ₂ SiO ₄ :Mn ²⁺	Y ₂ O ₃ :Eu ³⁺
2	BaMgAl ₁₄ O ₂₃ :Eu ₂	Zn ₂ SiO ₄ :Mn ²⁺	(Y,Gd)BO ₃ :Eu ³⁺ or Y ₂ O ₃ :Eu ³⁺
Current	BaMgAl ₁₀ O ₁₇ :Eu ₂	Zn ₂ SiO ₄ :Mn ²⁺	(Y,Gd)BO ₃ :Eu ³⁺

Table 4. Phosphors Utilized in Three-band Lamps

	Emission color	Chemical composition
Main	Blue	(Sr,Ca,Ba) ₅ (PO ₄) ₃ Cl:Eu ²⁺ BaMg ₂ Al ₁₆ O ₂₇ :Eu ²⁺
	Green	CeMgAl ₁₁ O ₁₉ :Ce ³⁺ ,Tb ³⁺ LaPO ₄ :Ce ³⁺ ,Tb ³⁺ GdMgB ₅ O ₁₆ :Ce ³⁺ ,Tb ³⁺
	Red	Y ₂ O ₃ :Eu ³⁺
Auxiliary	Blue-green	(Ba,Ca,Mg) ₅ (PO ₄)Cl:Eu ²⁺ 2SrO · 0.84P ₂ O ₅ · 0.16B ₂ O ₃ :Eu ²⁺ Sr ₄ Al ₁₄ O ₂₅ :Eu ²⁺

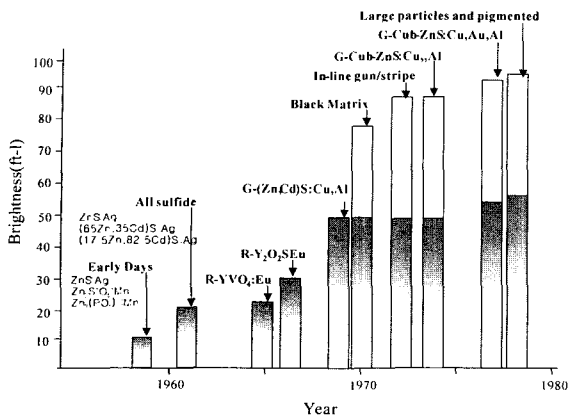


Fig. 1. Increase in brightness of color picture tubes. Shaded area in the bar show contribution from phosphors.

려져 있다. 자외선에 사용하지 못하는 이유는 형광체의 색상이 회색으로 변하면서 발광의 특성을 잃어버리기 때문이며, FED에 사용하지 못하는 이유는 ZnS가 전자에 의해서 황(S) 가스를 발생시켜 FED의 전자를 만들어 내는 케소우드를 오염시켜 전자 발생을 방해하기 때문이다.

밝기와 잔광시간 특성은 형광체 모체의 고유한 특성으로서 형광체 제조 후 표면처리 등을 통하여 변화시킬 수 없는 요소이다. 그러나 색 특성과 열 안정성 특성은 형광체 표면을 처리 혹은 형광체 외의 별도의 층을 형성하여 향상시킬 수 있다. 형광체의 우수한 열 안정성은 형광체 장치가 작동되는 동안의 밝기와 색 특성을 유지하는 것이므로 장시간의 사용을 요구하는 장치에는 아주 중요한 특성 중의 하나이다. 열 안정성에 문제가 되는 형광체는 황화물계 형광체와 BAM(BaMgAl₁₀O₁₇:Eu²⁺) 형광체이다. 황화물계 형광체는 위에서 설명 한 것과 같이 황화물에 있는 황이 열 혹은 여기에너지에 의해서 황 가스를 방출하며, BAM 형광체의 경우는 Eu²⁺가 Eu³⁺로 변하여 발광 특성에 영향을 주기 때문이다.

색 특성의 향상은 크게 두 가지로 나누어 질 수 있다. 형광체의 입자 표면에 안료를 코팅하여 색 특성을 향상시키는 방법과 별도의 안료 층을 만들어 향상시키는 방법이다. 색 특성 향상은 흔히 콘트라스트 향상이라고도 한다. 색 특성의 향상을 위한 처리는 항상 밝기 특성의 감소를 가져오므로 방법과 안료의 적당한 선택이 아주

중요하다.

원료를 단순히 혼합하여 합성하는 고상법으로 형광체를 합성하는 방법은 입자의 결정성을 향상시키기 위하여 고온의 열처리 과정이 필요하다. 경우에 따라서는 1600°C 이상의 온도를 요구하는 형광체도 있다. 이 과정에서는 활성제로 들어가는 불순물의 분포가 불 균일한 문제점 등을 안고 있으므로 형광체를 합성하기 위한 전구체를 액상법으로 합성하여 입자의 모양과 크기를 조절하고 저온에서 결정성이 우수하고 발광 특성이 우수한 형광체 합성을 위한 연구가 활발하게 진행 중에 있다.

형광체를 사용하는 장치에 있어서 밝기의 특성을 향상시키기 위한 기술로는 형광체 자체의 특성 향상과 함께 막의 형성 기술이 중요한 역할을 한다. Fig. 1은 시대별 CRT의 밝기 향상의 변화를 보여주는 그림이다. 현재 CRT의 밝기가 300cd/m²까지 도달하는데 형광체가 기여한 것은 약 50% 정도이며, 나머지 50%는 형광막 형성 기술에 의해서 달성된 것으로 형광체를 사용한 장치의 형광막 형성 기술은 그만큼 중요하다는 것을 알 수 있게 해준다.

4. 형광막 형성 방법

4.1 램프 형광 막 형성 방법

4.1.1 형광 램프용

Lamp를 만들기 위하여 형광체를 도포하기 위한 용액을 만들 때 용매는 유기 용매와 물을 사용하여 실시한다. 물은 기포가 생기는 문제가 있으며, 유기 용매의 경우는 폭발과 화재 등의 보관 문제와 제조 비용이 많이 들고 냄새가 많이 나는 문제가 있어 용매의 장단점과 형광체의 안정성을 고려하여 적당한 것을 선택한다.

형광체의 경우 분산을 위하여 형광체 표면에 표면처리를 하는 경우도 있다. 형광체 표면 처리를 하지 않는 경우는 형광체와 vehicle 그리고 불을 혼합하여 밀링을 실시하여 분산을 시킨다. 막의 두께는 점도와 형광체의 투입량 즉 비중으로 조절한다. 용매별 형광체 슬러리의 조성은 Table 5와 6에 나타나 있으며 물을 용매로 한 경우는 바인더를 0.5~3.5 wt%로 하고 pH는 7~9범위로 조절하며 이때 사용하는 pH 조절용 용액은 NH₄OH를 사

Table 5. Mixing Condition of Phosphor Slurry with Different Solvent for Lamp

	Composition and viscosity		Organic suspension		Water-based suspension
	Solvent		Butyl acetate	Xylene	Deionized water
Vehicle	Binding agent and concentration in solvent		NC 1 wt%	EC 1.8 wt%	PEO 0.6 wt%, pH 8.7
	Viscosity(cP)		23	40	69
	Mixing amount(g)		126	104	150
	Phosphor(g)		100	100	100
Suspension	Viscosity		56	51	76
	Temperature		30~35°C		65~80°C
Drying condition	Air velocity		2m/sec		1~10m/sec

Note: NC; Nitro cellulose, EC; Ethyl cellulose, PEO; Polyethylene oxidecP; Rotation viscosimeter(Tokyo KEIKI E-type) 50rpm, 20°C

Table 6. Examples of Adhesive Slurry

	Vehicle	wt%	Adhesive additive	wt%
For strait tube	Deionized water	70	Calcium pyrophosphate	30
For circular tube	Butyl acetate(NC 1%)	85	Calcium pyrophosphate(5%) Barume calcium borate(10%)	15
	Xylene(EC 1.5%)	85	Calcium pyrophosphate(5%) Barume calcium borate(10%)	15

용한다. 형광체와 vehicle의 사용은 형광체 대비 vehicle 이 약 1.5배 정도로 하며, 표면 장력의 감소를 위해 비이온성 혹은 음이온성 계면활성제를 첨가하고, 기포 방지를 위하여 비이온성 기포방지제를 투입한다.

형광체는 부착 후 유기바인더를 제거하고 진공을 유지하기 위하여 고온의 소성 공정을 거치게 되므로 형광체는 유리와 부착력이 있어야 한다. 형광체를 유리와 부착력을 가지게 하기 위하여 형광체 부착제를 투입한다. 부착제는 두 가지 형태가 사용되고 있으며 calcium pyrophosphate형과 barume calcium borate형으로 나누어진다. Barume calcium borate형 제조는 침전법으로 만들어지며, 생성된 침전물은 850°C로 열처리한다.

도포과정은 flow down process를 사용한다. 먼저 형광체 slurry를 관의 내부로 흘린 다음 따뜻한 공기를 불어넣어 건조시킨 다음 500~600°C 부근에서 열처리를 실시하여 유기물을 날려 버린다. Fluorescent lamp의 구조는 좌우에 두개의 전극이 있으며 barium-strontium-calcium oxide가 필라멘트 위에 코팅이 된 것을 사용하며 두개의 전극 중 하나는 음극으로 사용되고 다른 하나는 양극으로 사용된다. 사용하는 가스는 Hg-Ar가스이며, 가스의 압력은 1.5~5.2 torr이며, 여기 파장은 185와 254 nm이다. 전력은 AC를 사용한다.

4.1.2 CCFL(Cold Cathode Fluorescent Lamp)

LCD의 광원으로 사용되고 있는 CCFL의 크기는 직

경이 약 6 mm이며 길이는 LCD의 크기에 따라 달라진다. CCFL의 구조와 형광 막 형성 방법은 fluorescent lamp와 같으며 전극의 구조만 다르며, 형광체는 백색의 형광체를 사용하며, 전극은 metal electrode를 사용하고 사용한 가스는 Hg-Ar가스를 사용한다.

4.2 CRT 형광 막 형성

4.2.1 침전 방법

침전방법은 단색의 브라운관에 사용하는 방법이다. 사용 재료로는 전해 질 재료로 Ba(NO₃)₂ 혹은 Ba(CH₃COO)₂를 사용하며, 바인더로서는 몰 유리(K-silicate 혹은 Na-silicate)를 사용한다. 막 형성 순서는 먼저 질산바륨을 녹여서 별도의 용기에 보관하고, 형광체와 몰유리와 물을 적당량 혼합하여 슬러리를 만든 후 질산바륨 용액을 유리에 넣고 물을 넣은 후 형광체 슬러리를 투입하여 약 30분 동안 침전시킨 후 상층 액을 서서히 제거한다. 침전 시간은 형광체의 입자의 크기와 용액 전체의 량에 따라서 시간을 조절해야 한다. 상층액이 제거된 유리는 건조된 공기를 투입하여 막을 건조시킨다. 형광체가 침전하면서 주변의 몰유리의 silicate과 Ba이 착물을 형성하여 그물을 만들어 형광체가 떨어지지 않게 한다. 형광체 입자의 부착력은 형광막의 pin hole을 줄이고 형광체에 의한 arc discharge를 줄일 수 있다.

4.2.2 사진 식각법^{11,12)}

사진 식각법은 다색의 형광막을 형성하는데 적합하며 미세 선폭을 만들 수 있는 장점이 있다. 현재 color CRT의 형광막 제조 공정에 널리 사용되고 있다. 사용되는 재료로는 감광성 수지와 용매 그리고 형광체이다. 현재 브라운관에 사용되고 있는 감광성 수지는 폴리비닐알코올(PVA, 분자량 70000~80000)과 중크롬산 암모늄($(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$)을 혼합하여 사용하며, 용매는 물을 사용하고 형광체의 분산을 위하여 분산제와 계면활성제 등을 사용하고 있다. 슬러리를 만드는 일반적인 방법은 약 9%의 PVA용액을 이용하며 형광체의 투입량을 50 g으로 기준 했을 때 물을 약 40 g 정도로 하고 9%PVA용액을 약 30 g정도 투입하며, 중크롬산 암모늄은 약 0.3 g 투입하고, 계면활성제와 분산제도 전체 용액의 약 1% 정도로 소량씩 투입한다. PVA-Cr 감광제가 반응을 일으키기 위한 자외선은 365 nm의 수은 램프를 사용하며, 형광막 형성 방법은 회전도포방식을 사용하고 있다. 회전 도포 방식은 형광체가 비중을 가지고 있으므로 중심부에 형광체의 막이 두꺼워지는 현상이 발생하므로 이를 해결하기 위하여 유리를 기울여 각도를 유지하여 형광체가 중심부분에 오래 머물지 않도록 하고 있다. 브라운관에 있어서 선폭의 조절은 광량에 의해서도 어느 정도 까지 조절이 가능하다. 선폭을 두껍게 하기 위해서는 광량의 세기를 강하게 하던지 혹은 조사하는 시간을 길게 함으로서 조절이 가능하다. 노광 장비는 일반적으로 광원부와 광학부로 나뉘어진다. 광원부는 감광에 필요한 자외선을 만드는 것으로서 초고압 수은 램프와 냉각 장치가 부착되어 있으며 냉각은 물을 이용한 방식을 사용하고 있다. 광학부는 광원의 진행 방향과 브라운관의 전자 편향 장치에 의한 전자 진행 방향을 일치시키기 위한 렌즈가 부착되어 있고 광원부에서 나오는 광량을 전면에서 골고루 분산시키기 위한 광 필터가 부착되어 있다. 유리와 형광체의 결합 반응은 고분자 수지와 유리의 -OH와 화학 결합에 의해서 일어난다. 유리에 -OH기를 만들기 위해서 일반적으로 14%HF용액을 사용한다. 14%HF 처리는 유리면을 에칭(etching) 시켜 유리 표면에 많은 수의 -OH기를 만든다.

4.3 인쇄법

인쇄법은 막형성 공정이 간단하며 단색과 다색의 패턴을 모두 형성 할 수 있으나, 평면의 유리에만 사용 할 수 있어 PDP와 VFD에 사용되고 있으며, 막 두께와 다량의 pin hole의 존재로 인하여 투과형 형광막에는 적합하지 않고 반사형 형광막에 적합하다. 인쇄법은 막두께의 균일성이 떨어지고 다량의 pin hole이 존재하므로 두 번 이상의 인쇄 공정이 필요하고 또한 형광체 페이스트의 점도 유지를 위하여 고점도가 필요하므로 유기 수지의 함량이 많아 별도의 유기물 제거 공정이 필요하다. 일반적으로 PDP 공정에 사용되는 페이스트의 조성은⁽¹³⁾ 유기 바인더로 에틸셀룰로오스(ethyl cellulose)와 용매로 BCA (Butyl Carbitol Acetate)와 BC (Butyl Carbitol)을 혼합사용하며 이들을 형광체와 잘 혼합하여 분산시키기 위하여 3 roll miller를 사용한다. 형광막을 형성 할 수 있는 막의 선폭은 한정되어 있으며 고해상도의 막을 형성하는 데는 다소의 문제가 있다.

4.4 전기영동법^{14,15)}

전기영동법은 형광체의 소비량을 줄일 수 있고, 공정이 간단하며, 선폭을 적게 할 수 있는 장점이 있으며, 반면에 전극이 있어야 하며 대면적의 적용에 문제가 있다. 전기영동법으로 형성되는 형광막은 형광체를 코팅하기가 어려운 형광 막 형성에 적합하기 때문에 유리의 배면에 알루미늄이 있으며 비대칭적으로 굽어 있는 도아비디오폰(door video phone)과 VFD에 응용이 되고 있다. 형광 막 형성에 있어서 어려운 점은 전해질 용액의 관리이므로 조건의 설정에 다소 어려움이 있다. 사용되는 바인더로는 $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$, $\text{La}(\text{NO}_3)_3$ 그리고 $\text{Mg}(\text{NO}_3)_3$ 를 사용한다. 도포하는 방법은 위의 전해질 물질을 IPA(isopropyl alcohol)에 넣고 용해시킨 후 미량의 물을 투입하여 슬러리를 만든 후 전극의 음극 쪽은 형광체를 코팅하고자 하는 면을 연결하고 양극은 스테인레스 강판과 같이 도전성의 전극을 연결하여 적당한 거리(약 1~2 cm)를 유지하여 전기를 인가하면 막이 코팅이 된다.

5. 형광체 특성 평가 및 효율

5.1 형광체 특성 평가 방법

형광체의 특성 평가는 크게 네 가지로 항목으로 나누어진다. 밝기 특성, 색 좌표(색 순도) 특성, 잔광시간 및 열안정성 특성이다. 이 중에서 밝기의 특성이 가장 중요하며, 잔광시간의 경우는 동화상을 전송하는 직접발광형 디스플레이에는 아주 중요하지만 lamp와 LCD 같이 간접발광형 디스플레이에는 크게 중요한 평가항목이 되지 않는다.

형광체 특성 평가 방법에 있어서 시료의 준비는 크게 두 가지로 나누어 질 수 있다. 첫째는 형광체를 분말 상태로 하여 분말을 시료 용기에 담아 일정한 압력을 가하여 분말의 표면에서 나오는 반사하는 빛을 이용하는 방법과 형광체를 형광 막으로 만들어 빛을 반사 혹은 투과하는 량을 측정하는 방법으로 나누어 질 수 있다. 분말을 측정하는 방법에 있어서는 시편 표면의 상태에 따라서 발광 강도에 차이가 있을 수 있으므로 표면의 거칠기 상태와 조밀한 상태를 유지하는데 주의를 기울여야 한다. 형광 막으로 측정하는 경우는 형광체의 입도 분포 즉 응집 상태와 막의 두께, pin hole의 상태 등을 고려해야 하므로 초보자로서는 측정에 많은 오차가 있을 수 있으므로 피하는 것이 좋다. 두 방법 모두 장단점이 있으므로 주의하여 선택하면 될 것이다. 측정 시 주의해야 할 점은 형광체의 발광 면적이 측정기의 빛을 감지하는 부분보다 크게 해야 오차가 없으며, 형광체의 발광 효율 계산을 위해서는 발광 면적, 주파수, 전력 등을 정확히 점검해야 측정의 오차를 줄일 수 있다. 특히, 전자선에 의한 발광의 경우는 같은 전력(W)에서도 인가되는 전압과 전류의 변화에 따라서 발광 효율이 다르게 나타나는 특성이 있으므로 측정 시의 상태를 정확히 기록해야 하며 공개적으로 자료를 발표 할 때에도 전압 및 전류를 정확히 기록해서 발표해야 할 것이다. 자외선에 의한 발광 특성을 평가하는 대부분의 장비가 휘도의 값을 얻기보다는 스펙트럼의 크기로서 상대 평가 할 수 있도록 되어 있다. 이 경우에 있어서 주의를 해야 할 점은 같은 모양의 발광 스펙트럼을 가지는 것은 직접적인 비교가 가능하지만 발광 스펙트럼의 모양이 다른 것의 밝기 특성을 비교 시는 반드시 시감도 곡선의 값을 고려하여 상대 비교해야 하며, 특히 청색과 적색의 경우는 더욱더 주의를 요구한다. 형광체의 밝기와 효율 계산을 위해서는 반드시

시 색 조화 함수에 대한 이해가 있어야 하므로 이에 대한 설명을 하고자 한다.

5.2 색 조화 함수^{7,10)}

색상의 표현과 측정을 위하여 우리 눈이 가지고 있는 색상의 감지 기능과 밝기의 감지 기능을 함수로 표현한 것이 CIE 1931 색 조화 함수(color matching function)이다. 이들의 값으로 CIE에서는 1931년 색좌표(color coordinate)를 만들었으며 이 색 좌표로서 모든 색을 표현 할 수 있다. CIE 1931의 색 조화 함수의 스펙트럼은 Fig. 2에 나타나 있으며, 함수를 수치로 나타낸 것은 Table 7에 나타나 있다. CIE 1931 색 좌표는 우리 눈이 인식하는 모든 색상을 x, y의 값으로 간단히 표현한 것이다. 색 조화 함수의 값에서 휘도를 결정하는 함수는 y-함수이며 이것을 시감도 곡선이라고 하며, 우리 눈의 밝기를 감지하는 추상세포의 밝기 인식 곡선과 일치한다. 이 곡선에서 휘도의 최고 값을 보이는 파장은 555 nm이며, 400 nm와 700 nm 부근에서는 거의 영(zero)에 가깝다. 이는 휘도의 절대적인 영향을 미치는 것은 녹색이며 청색과 적색의 경우는 그 영향이 적다는 것을 의미한다. 색 조화 함수로부터 휘도와 색상의 표현을 위해서는 먼저 각 색상을 X, Y, Z의 삼자극치로 표현해야 한다. CIE 1931 삼자극치는 아래와 같다.

$$\begin{aligned} X &= 683 \int P(\lambda) \cdot \bar{x}(\lambda) \cdot d \lambda \\ Y &= 683 \int P(\lambda) \cdot \bar{y}(\lambda) \cdot d \lambda (\text{cdm}^2) \\ Z &= 683 \int P(\lambda) \cdot \bar{z}(\lambda) \cdot d \lambda \\ * \bar{x}, \bar{y}, \bar{z} &: 1931 \text{ CIE color matching function} \end{aligned}$$

여기서 Y는 휘도를 나타낸다. 즉 색 조화 함수 중 y-가 휘도 특성을 결정하는 곡선이며 이것은 우리 눈이 밝기를 인지하는 추상세포의 밝기 인식 곡선과 일치한다.

위의 식으로부터 CIE 1931 색 좌표를 구하면

$$\begin{aligned} x &= X/(X+Y+Z) \\ y &= Y/(X+Y+Z) \\ z &= 1-(x+y) \end{aligned}$$

여기서 x, y는 CIE 1931 색 좌표에서 표현하는 색상의 위치를 나타낸다.

한편 CIE 1931의 x, y, Y(cd/m²)로부터 삼자 극치 X,

Table 7. Tristimulus Value of the Spectrum Color(CIE 1931 color-matching data, per watt of indicated wavelength)

Wavelength(nm)	\bar{x}	\bar{y}	\bar{z}
400	0.0143	0.0004	0.0679
410	0.0435	0.0012	0.2074
420	0.1344	0.0040	0.6456
430	0.2839	0.0116	1.3856
440	0.3483	0.0230	1.7471
450	0.3362	0.0380	1.7721
460	0.2908	0.0600	1.6692
470	0.1954	0.0910	1.2876
480	0.0956	0.1390	0.8130
490	0.0320	0.2080	0.4652
500	0.0049	0.3230	0.2720
510	0.0093	0.5030	0.1582
520	0.0633	0.7100	0.0782
530	0.1655	0.8620	0.0422
540	0.2904	0.9540	0.0203
550	0.4334	0.9950	0.0087
560	0.5945	0.9950	0.0039
570	0.7621	0.9520	0.0021
580	0.9163	0.8700	0.0017
590	1.0263	0.7570	0.0011
600	1.0622	0.6310	0.0008
610	1.0026	0.5030	0.0003
620	0.8544	0.3810	0.0002
630	0.6424	0.2650	0.0000
640	0.4479	0.1750	0.0000
650	0.2835	0.1070	0.0000
660	0.1649	0.0610	0.0000
670	0.0874	0.0320	0.0000
680	0.0468	0.0170	0.0000
690	0.0227	0.0082	0.0000
700	0.0114	0.0041	0.0000

Y, Z를 아래와 같이 구할 수 있으며

$$X=(x/y)Y$$

$$Y=cd/m^2$$

$$Z=[(1-x-y)/y]Y$$

로 나타낼 수 있다.

5.3 측정된 형광체의 효율(η_{pos})

측정된 형광체의 발광 효율은 아래와 같이 계산 할 수 있다.

$$\eta_{pos} = \frac{lm/m^2}{\frac{V \times I}{m^2}} \quad (2.1.26)$$

$$= lm / W$$

여기서 I = 전류밀도 ($A/단위면적$), V = 전압(V)이며, $1 cd/m^2 = 3.14 lm/m^2$ 로 환산하여 사용 할 수 있다.

형광체를 사용하는 장치에 있어서는 형광체 자체의

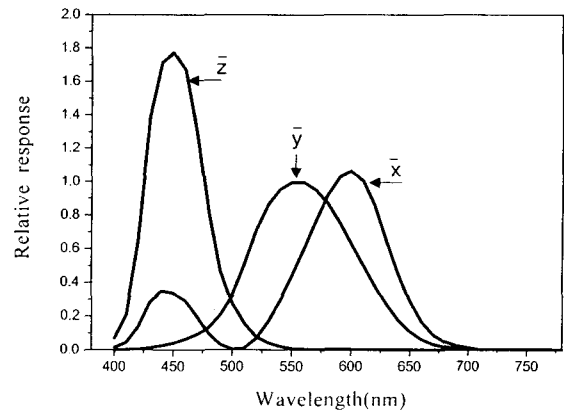


Fig. 2. CIE 1931 color matching function.

효율 특성도 중요하지만 실제적으로는 형광 막의 상태에 따라서 형광체의 발광이 크게 다르게 나타나므로 디스플레이 자체의 발광 효율을 표시하는 것이 가장 바람직하다고 할 것이다.

예로서 측정된 녹색(ZnS:Cu, Au, Al) 형광체의 효율을 계산해 보면 측정 전압이 5 kV, 전류가 5 μ A(DC), 화면 크기가 5 \times 6 mm이면서 측정된 휘도가 777cd/m² (= 2440lm/m²)일 때의 형광체 효율 η_{pos} 는

$$\eta_{pos} = \frac{2440 lm/m^2}{\frac{5000 V \times 5 \times 10^{-6} A}{5 \times 10^{-3} \times 6 \times 10^{-3} m^2}}$$

$$= 2.93 lm/W$$

가 된다. 형광체 측정 시 주의 해야 할 점은 구동의 조건이 DC인지 아니면 pulse를 주었는지 등을 고려하여 효율을 계산해야한다. 만약에 DC인가 아닌 pulse를 주었다면 pulse의 cycle을 곱해서 계산하여야 하므로 가능하면 DC로 인가하여 측정하는 것이 더욱더 바람직할 것이다.

6. 형광 막에 따른 CL 특성

6.1 서 론

형광체의 형광막 형성기술은 적용되는 곳에 따라서 형광체에서 만들어진 빛이 형광막을 투과하는 것과 형광막에서 빛이 반사하는 것으로 분류 할 수 있다. 형광막을 투과하여 빛을 발산하는 것으로는 CRT (Cathode

Ray Tube), FED (Field Emission Display) 그리고 램프 (lamp) 등이 있으며, 이들은 형광막의 치밀도와 형광막의 두께에 따라서 투과하는 빛의 양이 다르게 되므로 이들의 관리가 아주 중요하다고 할 수 있다. 반면에 반사형으로서 가장 대표적인 것은 PDP (Plasma Display Panel) 이다. 이것은 형광체에서 반사하는 빛을 감지하는 것이므로 형광막의 두께와는 상관없이 형광체의 치밀도에 따라서만 밝기가 결정되므로 이 경우는 치밀한 형광막을 만드는 것이 중요하다고 할 수 있다. 형광막의 형성 기술은 형광체를 이용하여 빛을 내는 장치가 사용된 때부터 연구가 진행되어 왔다. 특히 TV가 본격적으로 가정에 등장한 60년대를 전 후하여 TV의 휘도 향상에 대한 연구를 형광체의 개발과 더불어 형광막에 대한 연구를 진행하였으며, 형광막 형성 기술의 변화에 의해서 휘도 특성 향상을 가져왔으며, 특히 CRT에 있어서 알루미늄 막과 BM (Black Matrix)의 사용은 20 kV 이상의 전압에서 100 cd/m² 이상의 휘도 향상을 가져왔다(Fig. 1 참고).

빛 투과 형 형광막 형성은 이론적으로 형광체의 1.4층을 형성하는 것이 가장 이상적인 두께로 알려져 있다. 그러나 현실적으로 형광체 입자가 균일한 입도 분포를 가지고 있지 않기 때문에 1.4층의 형성은 거의 불가능한 수치이다. 형광막을 형성함에 있어서 경험적으로 보면 형광체를 pin hole이 없이 완벽하게 막을 형성하면 오히려 형광 특성이 떨어지는 것을 볼 수 있으며 적당한 막 두께와 적당한 pin hole을 가지는 형광막의 형성이 효과적임을 알 수 있으며 이에 대한 실험 결과를 논할 것이다. FED와 같은 낮은 전압에서 발광을 해야하는 형광막의 경우는 형광막 형성 기술이 더욱더 까다롭다고 할 수 있다. 표면의 불순물이 있으면 휘도 특성이 떨어지며, 또한 형광막 휘도 특성 향상에 가장 큰 영향을 주는 알루미늄 막을 사용할 수 없는 문제점이 있다.¹⁶⁾

이 장에서는 알루미늄 막의 효과와 휘도 특성의 관계에 대해서 생각해 보고, CRT와 FED 같이 전자선을 이용하여 화상을 만드는 디스플레이에 있어서 디스플레이의 효율을 표시하는 단위로 lm/w의 사용이 적합한지에 대해서 생각해 보기로 한다.

6.2 실험방법

Table 8. Comparison of Theoretical Thickness with Measured Thickness of Phosphor Film Prepared by Sedimentation Methode with Variation of Phosphor Content in a Slurry

Phosphor (g/49cm ²)	Theoretical Thick. (um)★	Measured Thick. (um)
0.02	0.9	5
0.05	2.0	
0.07	3.0	10
0.12	5.4	12
0.16	7.2	
0.20	9.1	20
0.60	27.0	
1.00	45.0	

★ Theoretical Thick. : Value calculated from phosphor density (Phosphor Density : 4.5g/cm³)

형광막의 두께 변화에 따른 발광 특성 변화 관찰을 위한 막 형성은 ZnS:Cu,Au,Al 형광체(Kasei Optonix Co., Ltd.)와 물유리 및 질산바륨을 사용한 침전법을 사용하였으며, 형광체의 투입량의 변화에 따라서 막두께가 다르게 되므로 형광체의 투입량변화에 따른 막두께의 변화와 휘도 특성의 변화를 관찰하였다. 알루미늄 막의 형성에 따른 휘도 특성 변화관찰을 위한 형광막 형성은 수지로 PVA를 그리고 광 결합제로 Cr⁺⁶을 사용한 사진식각법을 이용하여 3색 형광체를 이용한 5.2 인치 형광막 패턴을 하였으며, 그 위에 유기수지(락카) 막을 형성 한 후 두께 1500 Å의 알루미늄 막을 형성한 후 특성을 평가하였고, 사용된 형광체는 청색 형광체로서 ZnS:Ag,Cl, 녹색 형광체로서 ZnS:Cu,Au,Al 그리고 적색 형광체로서 Y₂O₂S:Eu 형광체를 사용하였다. 제작된 샘플의 휘도 특성 평가는 오리온전기에서 제작한 1 kV이상의 고전압

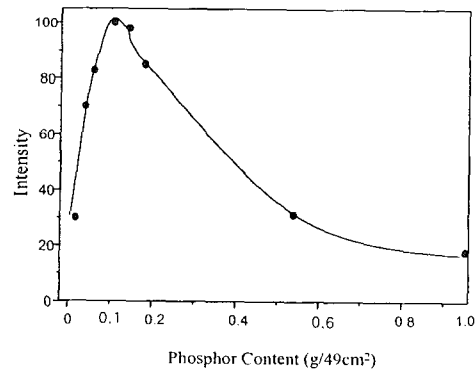


Fig. 3. Brightness of ZnS:Cu,Au,Al phosphor film prepared by sedimentation method with variation of phosphor content in a slurry.

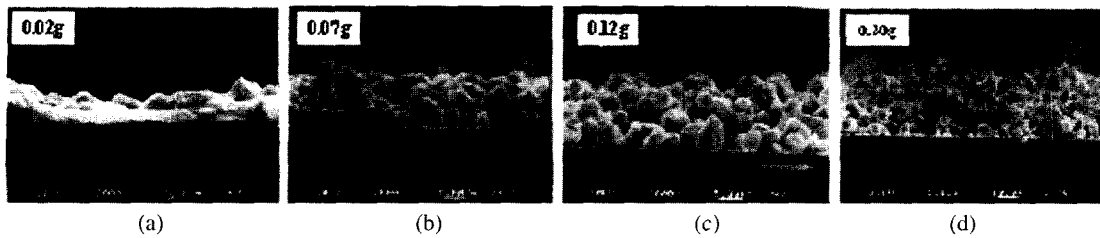


Fig. 4. SEM photographs of ZnS:Cu,Au,Al phosphor film prepared by sedimentation method with variation of phosphor content in a slurry, (a) 0.02 g, (b) 0.07 g, (c) 0.12 g, (d) 0.20 g.

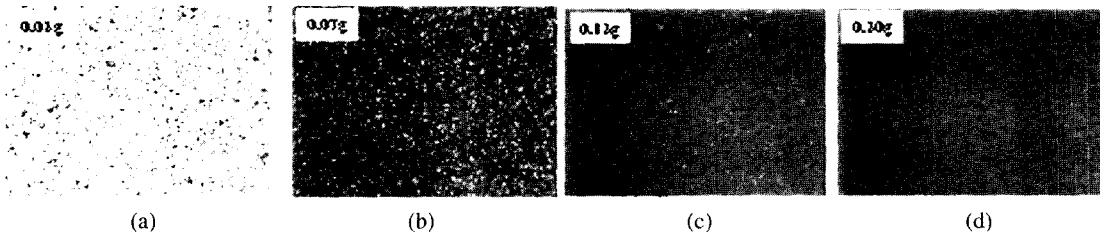


Fig. 5. Vision image photographs of ZnS:Cu,Au,Al phosphor film prepared by sedimentation method with variation of phosphor content in a slurry (white dot: pin hole) (a) 0.02 g, (b) 0.07 g, (c) 0.12 g, (d) 0.20 g.

영역의 전자총과 1 kV이하의 저 전압 영역의 전자총이 장착된 진공 챔버안에 장착하여 그 특성을 평가하였고 막의 두께 변화는 주사 전자현미경으로 관찰하였다.

전압과 전류에 대한 휘도 특성 변화 실험은 5 inch 흑백 브라운관을 제작하여 그 특성을 관찰하였고, 사용형광체는 ZnS:Cu,Au,Al을 사용하였고, 전압 혹은 전류 변화에 대한 휘도 특성 평가는 Colorimeter(Photoresearch Co., PR-650)를 사용하였다.

6.3 결과 및 고찰

Table 8은 ZnS:Cu,Au,Al 녹색 형광체를 사용하여 침전법으로 막을 형성 한 것에 대한 형광체 투입량의 변화에 따른 이론적인 막 두께와 SEM의 단면사진을 실측한 것과 막 두께 차이를 보여주는 표이다. 표에서와 같이 막의 두께가 이론보다 실측한 사진이 더 두꺼운 것은 형광체의 응집에 의한 pin hole이 생겨 막의 치밀도가 좋지 못함을 의미하며 Figs. 3~5에서 확인할 수 있다. Fig. 3은 형광막의 두께 변화에 대한 휘도 특성의 변화를 나타낸 것으로서 형광막 형성 방법은 침전법을 사용하였고 시료의 크기는 16 cm²이며 두께는 형광체의 투입량과 비중을 근거로 한 이론적인 두께라고 할 수 있으며 실제로는 pin hole이 있으므로 두께는 더 두껍게 나타나

고 있으며 실제 두께는 Figs. 4와 5의 사진에서 설명하기로 한다. 형광막의 두께에 따라서 휘도가 아주 크게 변하고 있음을 알 수 있다. 형광체 평균 입자가 4 μm일 때 최고 휘도를 보여주는 실측된 형광막의 두께는 12 μm이며 실측된 형광막 SEM 사진은 Fig. 4에서 보여 준다. CRT와 FED같은 투과형 형광막을 가지는 디스플레이에 있어서는 형광막을 형성 할 때 우선적으로 형광막 형성 방법을 결정하고 그 형광막 형성 방법에 적합한 형광막의 두께와 치밀도를 결정해야 한다. Fig. 4는 형광체 투입량의 변화에 따른 막 두께의 단면사진이다. 투입량은 (a) 0.02 g, (b) 0.07 g, (c) 0.12 g, (d) 0.20 g이다. 막 두께는 (a) 투입량이 0.02일 때 5 μm이고, (b) 투입량이 0.07일 때 10 μm이고, (c) 투입량 0.12 g일 때 12 μm이고, (d) 투입량 0.20 g일 때 20 μm를 나타낸다. 휘도가 가장 높은 형광막의 두께는 12 μm이다. Fig. 5는 투입량의 변화에 따른 형광막의 pin hole을 보여 주는 사진이다. 검은 부분은 형광체가 있는 부분이며 흰 부분은 pin hole이 있는 부분이다. 그림에서와 같이 휘도가 최고를 보여주는 (c)에는 많은 수의 pin hole이 존재하고 있음을 알 수 있으며, 형광막 형성에는 적당한 pin hole과 적당한 막 두께가 형성되어야 한다는 것을 알 수 있으며, 이것은 실험을 통하여 조건을 만들어야 한다.

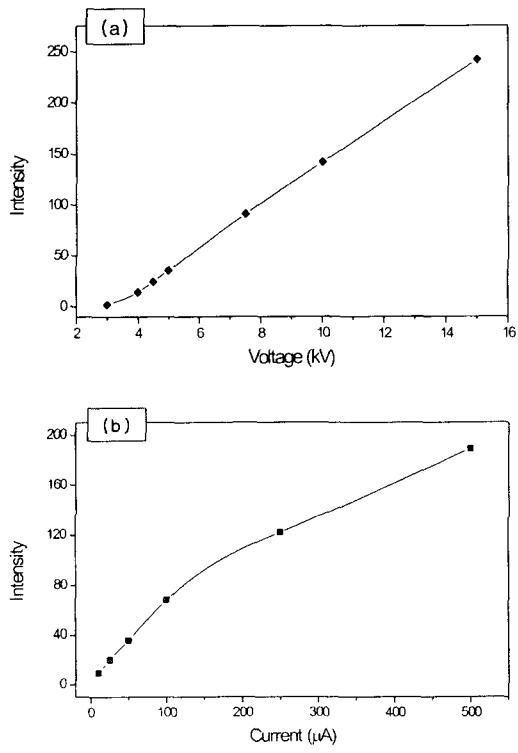


Fig. 6. Brightness of Al-coated ZnS:Cu,Au,Al green phosphor with (a) variation of anode voltage at 50µA/25cm² and (b) variation of current at 5kV/25cm².

Fig. 6은 발광 면적이 16 cm²일 때, (a)전류를 50µA로 고정하고 전압의 변화에 대한 휘도의 변화를 측정한 그래프와 (b)전압을 5 kV로 고정하고 전류의 변화에 따른 휘도 특성을 측정한 그래프이다. 전류가 일정할 때 전압의 변화에 따른 휘도 특성의 변화는 선형적으로 일정하게 증가하고 있음을 알 수 있으나, 전압이 일정할 때 전류의 변화에 따른 휘도 특성의 변화는 적당한 지점에서 포화점을 만들고 있음을 알 수 있다. 이는 같은 소비전력에서 전류의 증가보다는 전압의 증가가 더 효과적이며, 전력의 증가에 따라서 휘도의 증가폭이 일정하지 않다는 것을 의미하므로 CL 특성에 있어서 lm/w 단위의 사용은 다소 문제가 있는 것으로 사료된다.

Fig. 7은 삼색 형광체가 코팅된 형광면에 알루미늄 막을 형성한 것과 형성하지 않는 형광 막에 대해서 전압의 변화에 따른 휘도 변화 특성을 측정한 그래프이다. 알루미늄 막을 형성한 형광 막의 휘도 증가는 5 kV이상일 때부터이며 전압 증가에 따른 휘도의 증가폭이 상당히

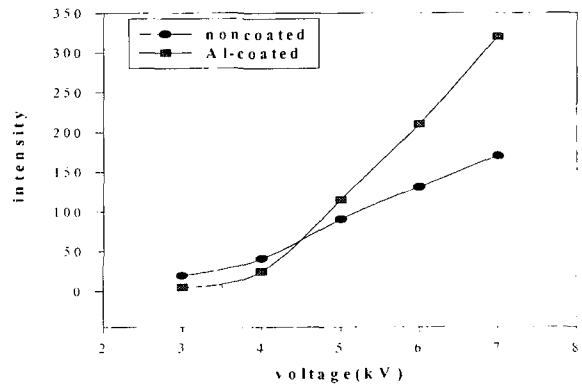


Fig. 7. Comparison of brightness between Al-coated ZnS:Cu,Au,Al phosphor film and non-coated ZnS:Cu,Au,Al phosphor film.

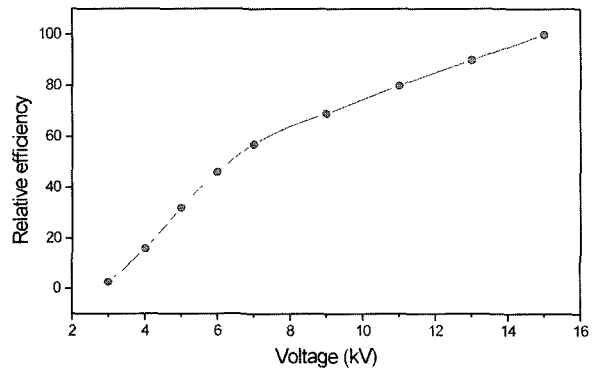


Fig. 8. Relative efficiency of Al-coated ZnS:Cu,Au,Al phosphor film with variation of voltage at 1w.

크게 증가하고 있음을 알 수 있으며, 7 kV에서 약 2배의 휘도 증가를 보여 주지만 5 kV 이하에서는 오히려 휘도 특성이 감소한다. 그러므로 FED와 같은 저 전압용 형광 막에는 알루미늄 막을 형성 시 그 효과가 오히려 떨어짐을 알 수 있다. Fig. 8은 알루미늄 막이 형성된 형광 막에 있어서 전압의 변화에 따른 발광 효율(lm/w)의 변화를 보여 주는 그래프이다. 전압의 증가에 따라서 발광 효율은 크게 증가하고 있으며, 15 kV일 때의 발광 효율은 5 kV일 때 비해서 약 3배정도 증가하고 있으므로 휘도의 증가를 위해서는 전압의 증가가 필수적이라 할 수 있으며 알루미늄 막은 전압이 커질수록 형광 막의 발광 효율을 크게 증가시키고 있음을 알 수 있으므로 CL 특성의 향상을 위해서는 알루미늄 막이 형성된 형광 막의 형성이 가장 이상적이라 할 수 있다. Table 9는 알루미늄 막이 형성된 형광 막에 있어서 전압의 변화뿐만 아니

Table 9. Comparison of Brightness with Variation of Voltage as well as Power(w)

Voltage(kV)	Power(current)	Brightness(ft-l) ¹⁾	Increasing rate ²⁾
3kV	0.5W(165uA)	5.0	1.86
	1.0W(330uA)	9.3	
5kV	0.5W(100uA)	61.0	1.72
	1.0W(200uA)	105.0	
7kV	0.5W(71uA)	108.0	1.62
	1.0W(143uA)	175.0	
9kV	0.5W(55uA)	129.0	1.69
	1.0W(111uA)	218.0	

1) 1ft-l=3.426cd/m²

2) Increasing Rate=1.0W Brightness ÷ 0.5W Brightness

라 전력의 변화에 따른 휘도 특성의 변화를 나타낸 표이다. 동일한 전압에서 전력(w)의 증가에 따른 휘도 특성의 증가율은 전력의 증가율을 미치지 못하고 있으며, 특히 전압이 높을 수록 그 증가율이 줄어든다. 동일한 전력에서 전압이 증가하면 발광 휘도 특성이 증가하고 있으며 이는 Fig. 8에서 설명한 것과 같이 CL 특성에 있어서 발광 강도를 높이고 효율을 높이기 위해서는 형광체에 조사되는 전류의 증가보다는 전압의 증가가 더욱더 효과적이라고 할 수 있다. 또한 알루미늄 막이 형성된 형광 막에 lm/w의 효율 단위를 적용하는 것은 문제가 있다.

7. 결 론

7.1 형광체 응용 분야

현재 형광체가 가장 많이 사용되는 분야는 디스플레이이다. 지금까지 디스플레이에 사용되고 있는 형광체의 연구는 CRT 형광체에 집중되어 왔다. 그러나 디스플레이의 환경이 CRT에서 PDP, LCD와 같은 평판 디스플레이로 옮겨가고 있으므로 형광체의 연구도 평판디스플레이에 적합한 형광체의 연구로 옮겨가고 있다. 평판 디스플레이에 있어서 가장 큰 문제점은 밝기 특성 즉 효율이 낮은 것이다. 디스플레이에 있어서 밝기 특성을 가장 크게 좌우하는 것은 형광체이다. 수년 동안 형광체의 밝기 특성 향상을 위한 연구가 진행되어 왔지만 큰 진전이 없었다. 특히 박형 CRT인 FED의 경우는 낮은 전압에서 효율이 높은 형광체가 개발되지 않아서 상용화 되지 못하고 있는 실정이므로 고효율의 형광체 개발이 절실

히 요구되고 있다.

형광등과 같은 램프 분야에 있어서는 다양한 산화물계 형광체가 사용되고 있으나 전력 소모량은 줄이기 위한 다양한 구조의 램프와 고 효율의 형광체의 개발이 요구되고 있다.

형광체산업의 활성화를 위해서는 새롭고 다양한 응용 분야의 개발이 필요하다고 할 수 있다.

7.2 형광체의 요구 특성

형광체의 요구 특성은 밝기, 수명, 잔광 특성, 열안정성 및 색 순도 등 다양하며, 응용분야에 따라서 그 요구 특성이 다르지만 밝기 특성은 어느 응용분야에도 요구되는 것이므로 고효율의 형광체 개발이 가장 중요하다고 할 수 있다.

7.3 형광막 형성 방법

형광막 형성방법은 여러 가지 방법이 있으며, 형광체의 막형성 방법과 조건에 따라서 밝기 특성이 많은 차이가 있으므로 막을 휘도가 최대 나오도록 조건으로 최적화해야 하며, 응용분야에 따라서 적합한 방법을 선택하여 사용하여야 한다.

7.4 형광체 특성 평가

형광체의 특성 평가시 반사하는 방법의 경우는 형광체의 층진 정도에 따라서 빛의 밝기가 달라 질 수 있으며, 막을 투과하는 경우는 막의 상태 즉, 막의 기공의 정도와 막의 두께에 따라서 크게 차이 나는 경향이 있으므로 주의를 기울여야 하므로 초보자의 경우는 사용하지 않는 것이 바람직하다.

서로 다른 조성을 가지는 형광체의 밝기 비교 시는 발광 피크의 모양과 크기만 가지고 평가하면 오판을 할 수 있으므로 반드시 시감도 곡선을 감안하여 적분 값을 취하여 상대 비교하여야 한다.

7.5 형광막에 따른 CL 특성

투과형 형광 막의 형성에 있어서 최고 휘도를 가지는 형광 막의 두께는 형광체 입자가 4 μm 일 때 약 10 μm 부근이며, 적당한 pin hole이 있는 것이 투과형 형광 막

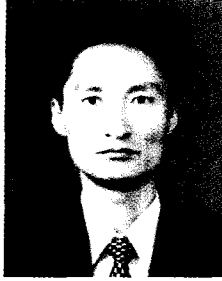
밝기 특성 향상에 도움이 되며, 이 조건은 실험으로써 결정해야한다.

CL 특성에 있어서 전압의 증가에 따라서는 휘도 특성이 선형적으로 증가하지만 전류의 양이 증가함에 따라서는 휘도 증가가 비선형적으로 증가하므로 lm/w의 사용은 부적당하다고 할 수 있다.

투과형 형광 막에 있어서 알루미늄 막은 5 kV 이상의 전압에서 효과가 있으며 그 이하에서는 형성하지 않는 것이 유리하다. 알루미늄 막이 형성된 형광 막에 있어서 전압의 증가에 따른 발광 효율은 급격하게 증가되며, 15 kV는 5 kV에 비해서 발광 효율이 10배 이상 증가되므로 CL에 적용되는 형광 막은 알루미늄 막을 형성시키고 전압을 높이는 것이 발광 효율을 향상시키는 가장 효과적인 방법이라 할 수 있으며, 알루미늄 막이 형성된 형광 막에 발광 효율 단위인 lm/w는 적용할 수 없다.

참고문헌

1. J. A. Castellano, "Handbook of Display Technology", Academic Press, INC., San Diego (1992).
2. B.G.;p[Yacobi and D.B. Holt, "Cathodeluminescence Microscopy of Inorganic Solid," Plenum Press, New York and London (1990).
3. G. Blasse, B.C. Grabmaier, "Luminescent Materials," Springer-Verlag Berlin Heidelberg Germany (1994).
4. H. W. Leverenz, "An Introduction to Luminescence of Solids," Dover Publications, Inc., NEW YORK (1968).
5. D. R. Vijj, "Luminescence of Solid," Pleum Press, New York and London (1998).
6. A. H. Kitai, "Solide State Luminescence; Theory, Material and Device," CHAPMAN & HALL, London (1993).
7. S. Shionoya, et al., "Phosphor Handbook," RCR Press LLC(English language version), New York (1999).
8. L. Ozawa, " Cathodoluminescence; Theory and Application," KODANSHA, Tokyo (1990).
9. L. Ozawa, "Application of Cathodoluminescence to Display Device," KODANSHA, Tokyo (1994).
10. D. L. MacAdam, "Color Measurment; Theme and Variations," Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York (1981).
11. L. S. Park, Y. S. Han, and B. C. Kim " Structure-Property Relationship of PVA-SbQ Water Soluble Photosensitive Polymer and its Application to Screening Process of Color Monitor", J. of Korean Ind. & Eng. Chemistry, **7** [2], 379-386 (1996).
12. E. Scharrer, L. Grimm, H. Mayatepek, and W. Ritsert, " Change in Adhesion Forces during Picture Tube Screen Production," J. Electrochem. Soc., **130** [8], 1762-1763 (1983).
13. B. C. Kim, Y. S. Han, Y. H. Song, K. S. Suh, J. H. Lee, N. Y. Lee, L. S. Park, and B. K. Lee, "Reaction of Fe₂O₃ Red Pigment and Transparent Directric Materials", J. of Kor. Ceram. Soc, **39** [3] 226-232 (2002).
14. J. A. Siracuse, J. B. Talbot, E. Sluzky, T. Avalos, and K. R. Hesse, " Cataphoretic Deposition of Phosphor," J. Electrochem. Soc., **137** [7], 2336-2340 (1990).
15. M. J. Shane, J. B. Talbit, R. D. Schreiber, C. L. Ross, E. Sluzky, and K.R. Hesse, "Electrophoretic Deposition of Phosphors," Journal of Colloid and Interface Science, **165**, 325-333 (1994).
16. B.-C. Kim, C.-Y. Lee, Y.-H. Song, S.-Y. Kang, K.-S. Suh, J. H. Lee, N.-Y. Lee, D.-K. Kim, L.-S. Park, and B.-K. Lee, "Luminescence Properties of Pigment-Coated Y₂O₃:Eu Red Phosphor with Fe₂O₃ by Different Coating Methodes and Various Exciting Energy Source," Jpn. J. Appl. Phys., **41**, 2066-2073 (2002).



김봉철

- 1989년 계명대학교 화학과 (이학사)
- 1997년 경북대학교 무기재료공학과 (공학석사)
- 2002년 경북대학교 무기재료공학과 (공학박사)
- 1989년 대우오리온전기(주) (선임연구원)
- 2000년 (선임연구원)
- 2001년 한국전자통신연구원 (선임연구원)
- 2002년 LG Philips LCD (차장)
- ~ 현재



이남양

- 1980년 연세대학교 세라믹공학과 (공학사)
- 1984년 연세대학교 세라믹공학과 (공학석사)
- 1994년 일본 上智(Sophia)대학교 물리학전공 (이학박사)
- 1984년 한국과학기술연구원 (KIST) (연구원)
- 1990년 대우오리온전기(주) (수석연구원)
- 2000년 LG.Philips LCD (수석연구원)
- ~ 현재



박이순

- 1971년 서울대학교 공과대학 응용화학과 (공학사)
- 1973년 서울대학교 대학원 화학공학과 (공학석사)
- 1982년 Univ. of So. Miss. 고분자공학 (공학박사)
- 1982년 Dresser Ind. Senior Chemist
- 1987년 경북대학교 고분자공학과(교수)
- 1987년 ~ 현재



이병교

- 1963년 경북대학교 사범대학 화학과 (석사)
- 1976년 경북대학교 화학과(이학석사)
- 1987년 경북대학교 화학과(이학박사)
- 1987년 경북대학교 무기재료공학과 (교수)
- ~ 현재
- 2002년 WB 신소재 교수
- ~ 현재 벤처 운영