

적색안료인 α -Fe₂O₃와 투명 유전체의 반응

김봉철[†] · 한용수* · 송윤호 · 서경수 · 이진호 · 이남양** · 박이순*** · 이병교****

한국전자통신연구원 반도체 · 원천연구소 정보표시소자팀

*엘지전자 디지털 디스플레이 연구소 PDP B/P팀

**LG.Philips LCD LCD 연구소

***경북대학교 고분자공학과

****경북대학교 무기재료공학과

(2001년 8월 30일 접수; 2001년 12월 10일 승인)

Reaction of α -Fe₂O₃ Red Pigment and Transparent Dielectric Materials

Bong-Chul Kim[†], Yong-Soo Han*, Yoon-Ho Song, Kyung-Soo Suh, Jin Ho Lee,
Nam-Yang Lee**, Lee-Soon Park*** and Byung-Kyo Lee****

Applied Device Department, Korea Electronics and Telecommunications Research Institute, Daejeon 305-350, Korea

*PDP B/P Team., Digital Display Research Lab., LG Electronics Inc., Seoul 137-724, Korea

**R&D Center, LG.Philips LCD Co., Ltd., 533, Anyang 431-080, Korea

***Dept. of Polymer Science, Kyungpook National Univ., Taegu 702-701, Korea

****Dept. of Inorganic Materials Science & Engineering, Kyungpook National Univ., Taegu 702-701, Korea

(Received August 30, 2001; Accepted December 10, 2001)

초 록

적색 칼라 필터 재료인 α -Fe₂O₃가 고온 제조 공정을 거치는 동안 화학적인 안정성에 관해서 연구한 것이다. PDP(Plasma Display Panel)에 있어서 통상적으로 칼라 필터 층의 위에 사용되고 있는 투명 유전체의 경우는 광의 투과도를 높이기 위하여 ZnO를 첨가한다. ZnO가 포함되어 있는 유전체의 경우는 500°C 이상에서 α -Fe₂O₃의 열적 안정성을 감소시켜 칼라 필터로서의 기능을 완전히 상실하게 되어 투명하게 된다. 반면에 ZnO가 포함되지 않는 투명 유전체의 경우는 α -Fe₂O₃가 적색의 색상을 유지하면서 칼라필터로서의 기능을 유지하고 있었다. α -Fe₂O₃가 칼라 필터로 기능을 유지하기 위해서는 α -Fe₂O₃와 접촉하는 투명 유전체는 ZnO가 포함되지 않는 투명 유전체를 사용하여 1차 보호막을 형성 한 후 그 위에 ZnO가 포함된 투명 유전체 층을 형성하면 적색 칼라 필터가 색상을 유지하게 된다.

ABSTRACT

We searched thermal stability of α -Fe₂O₃ using red color filter for display. In the PDP(Plasma Display Panel), the color filter layer is lied normally between front glass and transparent dielectric material, so it might be needed to study the reaction of α -Fe₂O₃ and transparent dielectric material. The transparent dielectric material containing ZnO has good transparency. Red color layer of α -Fe₂O₃ contacted with dielectric material layer containing ZnO is changed to colorlessness over 500°C because ZnO defuse α -Fe₂O₃, the dielectric material without ZnO, however, maintain red color at the same condition. We suggest that a layer contacting with α -Fe₂O₃ red color layer has to lie with transparent dielectric material without ZnO, then the material containing ZnO is coated over to get color of α -Fe₂O₃ for red color filter

Key words : Color filter, α -Fe₂O₃, Dielectric material, Display

1. 서 론

디스플레이의 가장 큰 목표중의 하나는 자연의 색을 사람의 눈에 전달하는 것일 것이다. 디스플레이에 있어서 자연 색을 표현할 수 있는 기술은 여러 가지가 있다. 디스플레이에 나타나는 색상을 얼마나 많이 분리 할 수 있는가 하는

즉, 그레이 스케일(gray scale) 기술인 회로의 기술, 그리고 천연의 색상을 구현할 수 있는 형광체와 같은 발광체의 기술과 발광체에서 나오는 색상의 순도를 높이고 외부 환경의 빛을 흡수 할 수 있게 하는 형광체표면의 안료 처리와 칼라 필터 기술이 그것일 것이다. 브라운관의 형광체 안료 처리와 LCD(Liquid Crystal Display)의 칼라 필터이용은 대표적인 예라고 할 수 있다. 제조과정에서 LCD와 같이 칼라 필터를 형성 후 고온의 소성공정을 가지지 않는 디스플레이

[†]Corresponding author : kimbong@etri.re.kr

의 경우는 유기 안료를 사용 할 수 있다. 그러나 브라운관과 PDP(Plasma Display Panel) 같은 고온 소성 공정을 가지는 디스플레이의 경우는 열적으로 안정한 산화물계 안료를 사용해야한다. 무기물 산화물을 이용하여 높은 광 투과성과 색순도를 향상하기 위해서는 무기물입자의 크기가 50 nm 이하의 미세한 입자 크기와 균일한 입도 분포를 가져야 하며 슬러리(slurry) 혹은 페이스트(paste) 내에서 입자의 분산상태가 우수하여 얇고 균일한 막을 얻어야 하고, 색상은 발광체와 조화를 잘 이루어야 한다.¹⁻⁵⁾

최근 활발히 연구가 진행중인 PDP는 프라즈마에 의해서 형광체가 발광이 되며 이 가스 중 내온은 녹색 영역의 빛을 발생시켜 청색과 적색의 색순도를 떨어뜨리며, 또한 밝은 장소에서 사용하므로 외부광의 반사에 의한 콘트라스트를 저하시키는 단점이 있어 개선이 요구되고 있다. PDP와 같이 제조과정에서 고온 소성공정을 가지는 디스플레이의 경우는 열적으로 안정한 안료의 사용이 필수적이다. 고온 내열성 안료로는 청색과 녹색은 $\text{CoO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ 계가 사용되고 있으며, 적색은 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 가 사용되고 있다.^{2,5)} PDP 칼라필터는 일반적으로 앞 유리와 유전체 층 사이에 위치하므로 칼라필터의 재료와 유전체의 상호 반응성에 대한 연구가 필요하다.²⁾ 본 연구에서는 적색 칼라필터로서 적합한 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 의 합성과 그리고 안료와 유전체와의 상호 반응성에 대한 특성을 평가하기 위한 것이다. 안료인 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 는 에멀전 증발법으로 만들어 졌으며,⁶⁻¹²⁾ 에멀전 증발법은 적은 양의 단위를 균일하게 만들 수 있는 실험방법이다. 에멀전 증발법은 에멀전 액체 내의 물을 제거할 수 있는 가장 적합한 방법으로 알려져 있다. 막의 형성은 감광성 페이스트법, CCF(Capsulated Color Filter)법, 스크린 인쇄법 등이 알려져 있으나,¹⁻³⁾ 본 연구에서는 일반적으로 많이 사용되고 있는 스크린 인쇄법을 사용하였다. 인쇄법의 경우는 인쇄에 적합한 페이스트를 만들기 위하여 안료와 유기용매를 적당량 투입하여 혼합한 후 충분히 밀링을 한 다음 고분자를 용해시키는 방법으로 PDP 제조 과정에서 널리 사용되고 있다.^{13,14)}

2. 실험방법

디스플레이 적색 안료로서 사용중인 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 미분체의 제조를 위하여 습식합성법의 일종인 에멀전 증발법을 사용하였으며, FeSO_4 농도 변화와 계면활성제의 영향이 전구체의 모양과 크기에 어떤 영향을 미치는 지 알아보았다. FeSO_4 의 농도는 0.25 M, 0.5 M, 0.75 M, 1.0 M로 하였으며, 계면활성제의량은 전체 용매량의 11 vol%, 14 vol%, 17 vol%, 그리고 20 vol%였다.

전구체의 합성을 위한 출발 물질로 99.8%의 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 를 사용하였으며, 액체 시약으로는 시약급의 등유(Kerosene, YAKURI Pure Chemicals Co., Ltd.)와 계면활성제로는 Tween85(Polyoxyethylene-Sorbitan Trioleate)를

사용하였다.

Fe 용액은 3차 증류수와 FeSO_4 를 넣은 후 용액의 온도를 50°C 로 유지하면서 완전히 녹을 때까지 교반을 실시하였다. 완전히 용해된 용액에 40 vol% 등유를 투입하여 8000 rpm으로 고속 교반을 약 20분간 실시하여 완전히 분산을 시켰다. 분산된 용액은 환류 장치가 부착된 비이커에 넣고 200 rpm과 온도를 160°C 유지시킨 상태에서 계면활성제를 분당 3 ml의 속도로 떨어뜨렸다. 계면활성제의 투입이 완료되면 상온으로 냉각을 시키며, 냉각된 용액은 침전물을 분리하기 위하여 원심분리를 실시한다. 원심 분리된 침전물은 아세톤을 이용하여 불순물이 완전히 없어 질 때까지 3회 이상 반복적으로 세정을 실시한다. 세정이 완료된 침전물은 건조와 열처리 과정을 거쳐 적색의 안료가 얻어진다. 열처리된 안료는 온도 변화에 따른 열적변화 분석을 위하여 TG/DTA(Rigaku, SN#44041)와 FT-IR(Mattson, Galaxy6030E) 분석을 실시하였고, 결정성과 입자 모양의 변화를 각각 XRD(MAC, M03XHF)와 SEM(JEOL, JSM 6400)을 이용하여 그 특성 분석을 실시하였다.

칼라 필터의 적용을 위한 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 분말의 막 형성은 인쇄법을 사용하였다. 인쇄법으로 막을 만들기 위해서 페이스트를 만들었다. 사용원료는 위의 조건으로 만들어진 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 와 용매로서 BCA(n-Butyl Carbitol Acetate)와 BC(n-Butyl Carbitol) 그리고 수지 고분자로서 Ethyl Cellulose(Aldrich)를 사용하였다. $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 의 투입량에 대한 변화 관찰을 위해서 0.25 wt%, 0.5 wt%, 0.75 wt%, 1.0 wt%, 1.5 wt%으로 변화시켰으며, 용매의 투입비율은 BCA:BC = 2:1의 비율로 투입하여 전체량을 250 cc로 각각 만들어 지르코니아 불을 14 wt% 투입하여 150 rpm으로 3일간 불 밀링을 실시하였다. 불 밀링이 끝난 용액은 온도 50°C 와 200 rpm을 유지한 상태에서 Ethyl Cellulose를 투입하여 24 시간이상 교반을 실시한다. 교반이 완료된 용액은 입자의 분산을 위하여 3롤 밀러를 이용하여 분산시킨다.

유전체 분말에 사용된 원료는 PbO (Aldrich, 99.9%), SiO_2 (Aldrich, 99.99%), Al_2O_3 (Aldrich, 99%), ZnO (Aldrich, 99.99%), B_2O_3 (Aldrich, 99.99%)를 사용하였다. 원료의 비율(Table 1 참고)을 선정 후 무게를 정확히 달아서 총 무게를 50 g이 되게 한 다음 지르코니아 불을 50 g 넣은 후 24 시간 동안 건식으로 불 밀링을 실시한다. 밀링된 분말을 백금 도가니에 담은 후 1200°C 에서 30분 동안 열처리 후 순수를 이용하여 급냉을 시킨다. 급냉된 분말은 원심분리하고, 원심분리된 분말은 건조 후 막자 사발에서 1차 분쇄 후 에탄올과 지르코니아 불을 이용하여 불밀링을 48시간 실시 후 건조하여 사용하였다. 합성된 유전체 분말을 이용한 페이스트는 BCA/BC 용액(50 cc)과 에틸셀룰로오스(Ethyl cellulose)(10 g)를 혼합 후 50°C 를 유지하면서 6시간 동안 교반시킨다. 교반 완료된 용액 10 g에 유전체 분말을 40 g을 넣은 후 3롤 밀로 5시간이상 밀링을 실시 충분히 섞이게 하였다. 만

들어진 페이스트들은 스크린 인쇄 장치를 이용하여 막을 만들었으며, 만들어진 막은 소성조건을 변화시키면서 그 특성을 평가하였다. 칼라필터의 광 투과 특성 평가는 $Y_2O_3:Eu$ 적색 형광체가 코팅된 램프를 사용하였으며, 밝기와 색좌표 특성 변화는 Colorimeter(PR-704, Phot Research사)를 사용하였고, 점도는 Viscometer(BROOKFIELD Inc., spindle no. 7, 20 rpm)를 사용하여 측정하였고, 막의 단면 특성 평가를 위하여 SEM(JEOL, JSM 6400)을 사용하였다.

3. 결과 및 고찰

고온공정의 과정을 거치는 디스플레이에 적합한 칼라필터 재료는 적색으로서 $\alpha-Fe_2O_3$ 가 적합하다. Fig. 1은 에멀전-드라이빙으로 0.25 M $FeSO_4$ 와 17 vol% 계면활성제를 첨가하여 만들어진 $\alpha-Fe_2O_3$ 의 TG/DTA 패턴이다. 그림에서와 같이 150~400°C에서 나타나는 질량감소 및 발열 피크는 침전물내에 포함되어 있는 결정 수 및 유기물들의 분해 과정으로 추정되며 대부분의 유기물들은 분해과정에서 발열반응을 나타낸다. 특히 230~300°C 부근의 질량감소 및 발열 피크는 등유의 열분해 반응으로 보인다. 700°C 부근의 급격한 질량감소와 흡열 피크는 황화물이 분해하여 증발하면서 나타나는 현상이며 750°C 이상에서는 안정화됨을 알 수 있다. Fig. 2는 위의 조건으로 만들어진 전구체의 FT-IR 스펙트럼이다. a)는 전구체를 건조시킨 것이며, b)는 400°C에서 2시간 분해 시킨 것이고, c)와 d)는 700°C와 750°C에서 열처리 한 것이다. 전구체에서 존재하는 C-O, C-H, C-C 및 SO_4^{2-} 의 피크가 온도가 증가함에 따라서 서서히 감소하며, 700°C 부근에서 존재 해 있던 S-O 밴드가 750°C에서는 완전히 사라지고 500 cm^{-1} 에서 Fe-O 피크만 나타난다. Fig. 3은 위의 방법으로 만들어진 전구체를 열처리 조건의 변화에 따른 상의 변화를 보여주는 XRD 패턴이다. 그림에서와 같이 유기물의 분해를 마친 400°C에서는 FeS_2 와

$Fe_2(SO_4)_3$ 가 혼재하고 있으며 600°C에서는 $Fe_2(SO_4)_3$ 상만 존재하다가 700°C에서는 $Fe_2(SO_4)_3$ 와 $\alpha-Fe_2O_3$ 가 동시에 나타나며, 750°C에서는 완전한 $\alpha-Fe_2O_3$ 가 얻어짐을 확인할 수 있다. Fig. 1과 2, 3의 결과로서 전구체의 열처리 온도는 750°C가 적합함을 알 수 있다. Fig. 4는 17 vol%의 계면활성제를 고정한 상태에서 $FeSO_4$ 농도 변화(0.25 M~1.0 M)에 따라 만들어진 전구체를 750°C에서 2시간 열처리 조건으로 만들어진 $\alpha-Fe_2O_3$ 분체의 SEM 사진이고, Fig. 5는 0.25 M $FeSO_4$ 를 고정한 상태에서 계면 활성제의 첨가량을 변화(11 wt%~20 wt%) 시켜 만들어진 $\alpha-Fe_2O_3$ 분체의

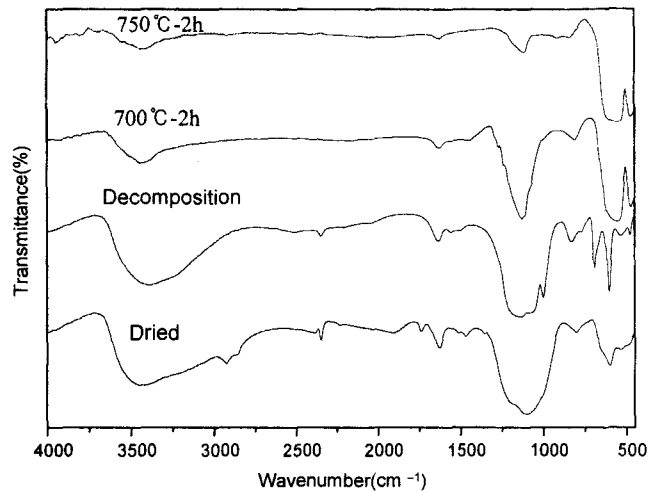


Fig. 2. FT-IR spectra with different temperature of Fe-precursor prepared by emulsion-drying process added 0.25 M $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ and 17 vol% emulsifier, decomposition temp. is at 400°C for 2 h.

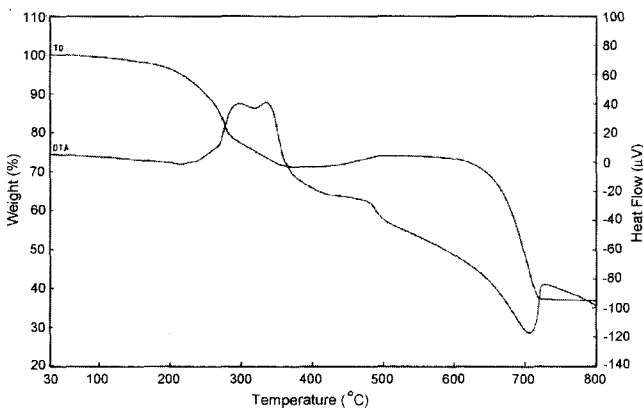


Fig. 1. TG/DTA patterns of Fe-precursor prepared by emulsion-drying process added 0.25 M $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ and 17 vol% emulsifier.

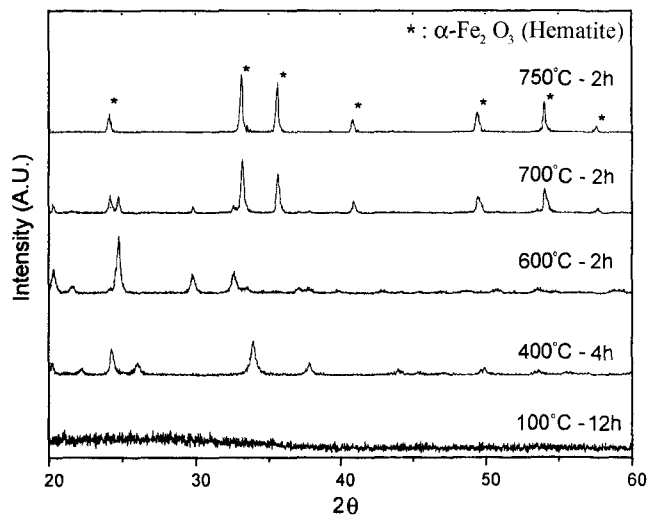


Fig. 3. XRD patterns with various temperature of Fe-precursor prepared by emulsion-drying process added 0.25 M $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ and 17 vol% emulsifier.

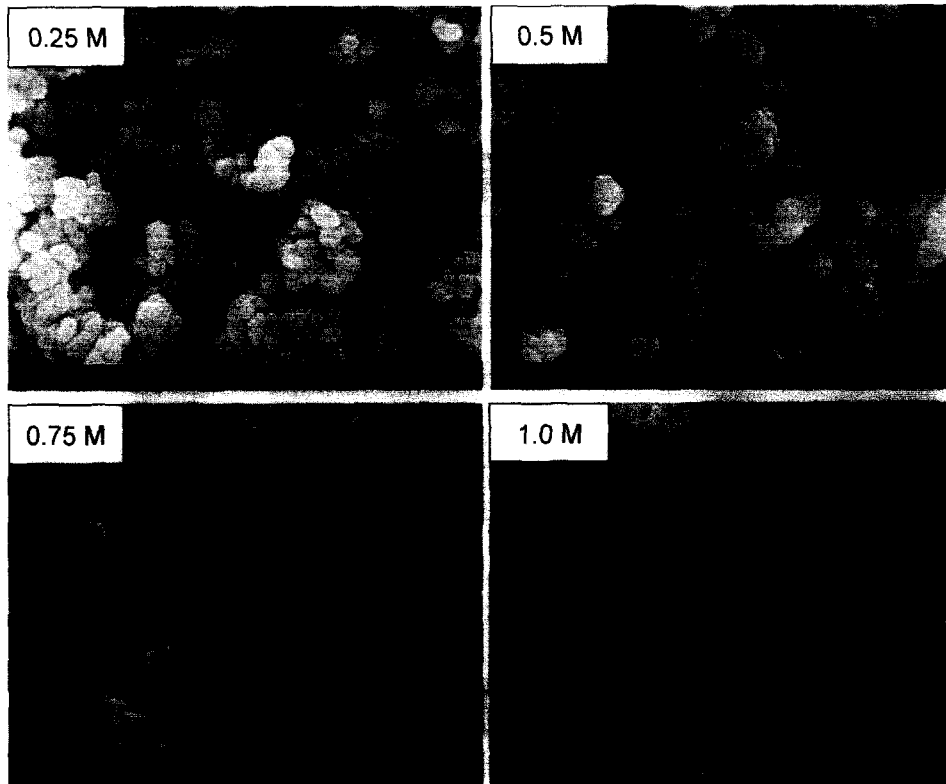


Fig. 4. SEM photographs of α -Fe₂O₃ powders fired at 750°C for 2 h with variation of FeSO₄ concentration and at 17 vol% emulsifier.

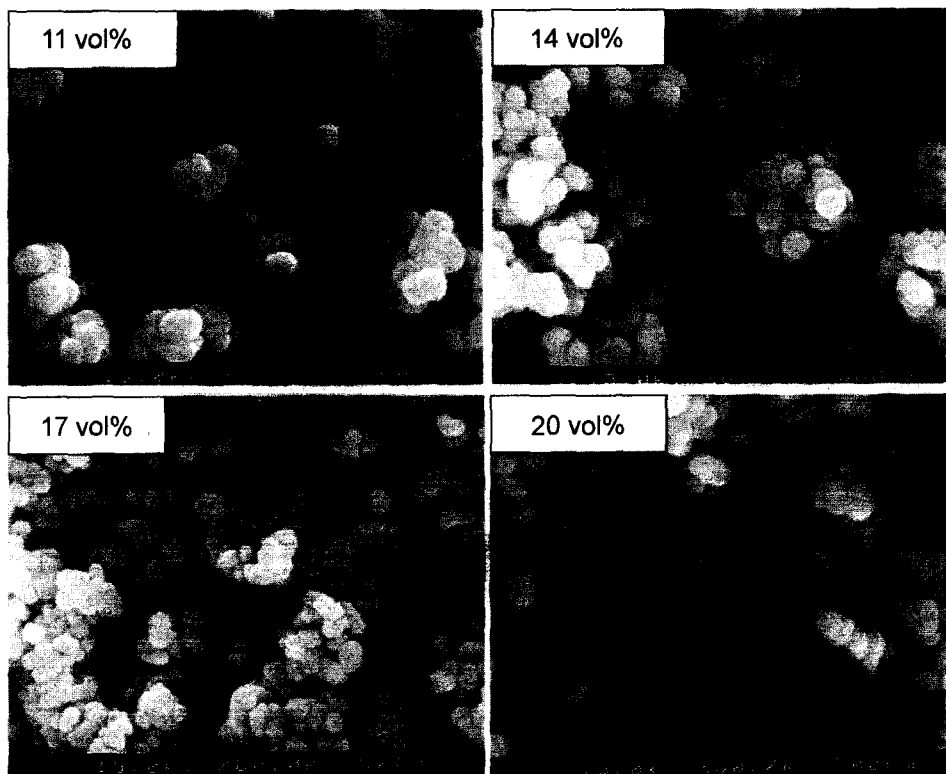


Fig. 5. SEM photographs of α -Fe₂O₃ powders fired at 750°C for 2 h with variation of emulsifier content and at 0.25 M FeSO₄ concentration.

SEM 사진이다. 사진에서 보는 바와 같이 FeSO₄의 투입량이 증가함에 따라서 입자의 크기가 커짐을 알 수 있으며, 계면 활성제의 투입량이 증가함에 따라서 입자의 크기가 작아짐을 알 수 있다. 입자의 크기를 고려하여 0.25 M FeSO₄와 17 wt% 계면활성제가 첨가되어 만들어진 α-Fe₂O₃ 분체를 본 연구에서 사용하였다.

Table 1은 일반적으로 사용되고 있는 유리합성법으로 만들어진 PbO계 투명 유전체의 원료의 투입량을 나타낸 것이다. 합성된 투명 유전체의 조성은 일반적으로 PDP 제조 공정에서 사용되고 있는 유전체를 기준으로 합성한 것이다. 두 가지 유전체의 차이점은 ZnO 성분의 투입 유무이다. A 형

은 약 8 wt% ZnO가 투입된 것이고 B형은 ZnO가 투입되지 않는 것이다. 일반적으로 투명 유전체에 ZnO의 투입은 투명도를 높이기 위해서 사용되고 있다.

Fig. 6은 유전체의 SEM 사진으로서 A형과 B형을 비교한 것이다. 그림에서와 같이 재료의 변화에 의한 입자모양은 차이가 없으며, 투명 유전체의 분체를 만든 후 후처리 과정에 의해서 입자의 모양과 크기가 결정된다고 할 수 있다.

Fig. 7은 유리 위에 코팅된 칼라필터 층과 유전체 층의 SEM 단면사진들이다. a)는 1.5 wt%의 안료가 첨가된 페이스트를 인쇄법으로 코팅시킨 단면사진이며, b)는 안료층 위에 투명 유전체 A형을 인쇄법으로 형성한 후 560°C에서 30분간 유지한 후의 사진이며, c)는 안료층 위에 투명 유전체 B형을 인쇄법으로 코팅한 후 560°C에서 30분간 유지한 후의 SEM 사진이다. 그림에서와 같이 ZnO가 첨가된 A형의 유전체가 코팅된 면에서는 안료층이 없으나, 반면 ZnO가 첨가되지 않는 B형의 유전체가 코팅된 면에는 안료층이 남아 있음을 확인 할 수 있다. 이는 ZnO가 첨가된 유전체의 경우 유전 특성은 우수하나 적색의 안료를 분해시키는 역할을 함으로 적용에 적합하지 않음을 알 수 있게 해준다.

Fig. 8은 B형의 유전체를 안료층위에 형성 것으로서, 안료의 투입량의 증가에 따른 칼라 필터의 특성을 평가한 것이다. a)는 안료의 투입량 변화에 따른 적색 형광체에서 발

Table 1. Comparison with Dielectric Materials Prepared by Glass Manufacturing Process, Type A: with ZnO, and Type B: without ZnO

Type	Di. Type A (wt. %)	Di. Type B (wt. %)
PbO	77.2	66
SiO ₂	9.7	19
Al ₂ O ₃	0.5	6
ZnO	7.7	0
B ₂ O ₃	4.8	9
Sum.	99.9	100

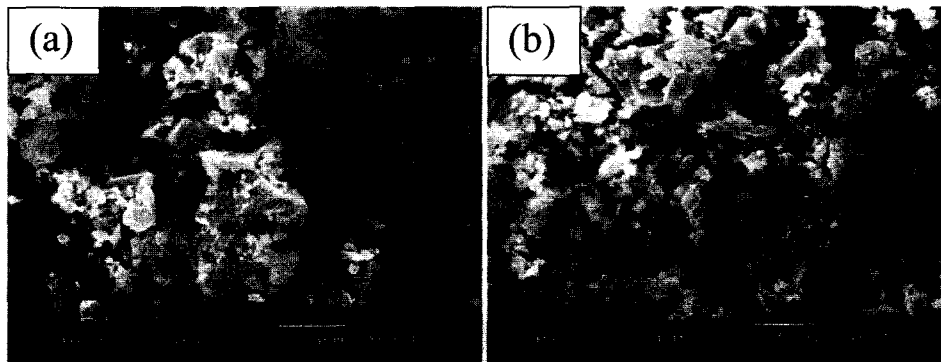


Fig. 6. SEM photographs of transparent dielectric powders prepared by glass manufacturing process, (a) is type A, (b) is type B.

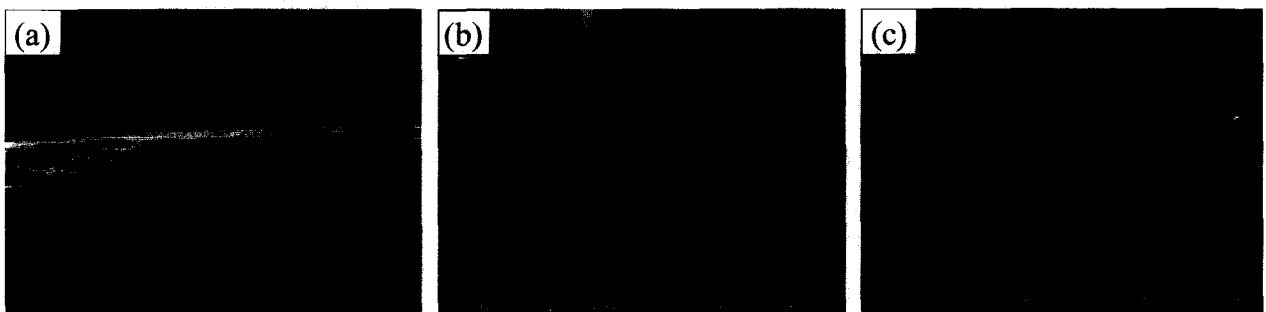


Fig. 7. SEM photographs of layers of color filter added 1.5 wt% α-Fe₂O₃ and two different transparent dielectric powder, (a) is the dried color filter layer, (b) is the type A over color filter and fired at 560°C for 30 min. and (c) is the type B over color filter and fired at 560°C for 30 min.

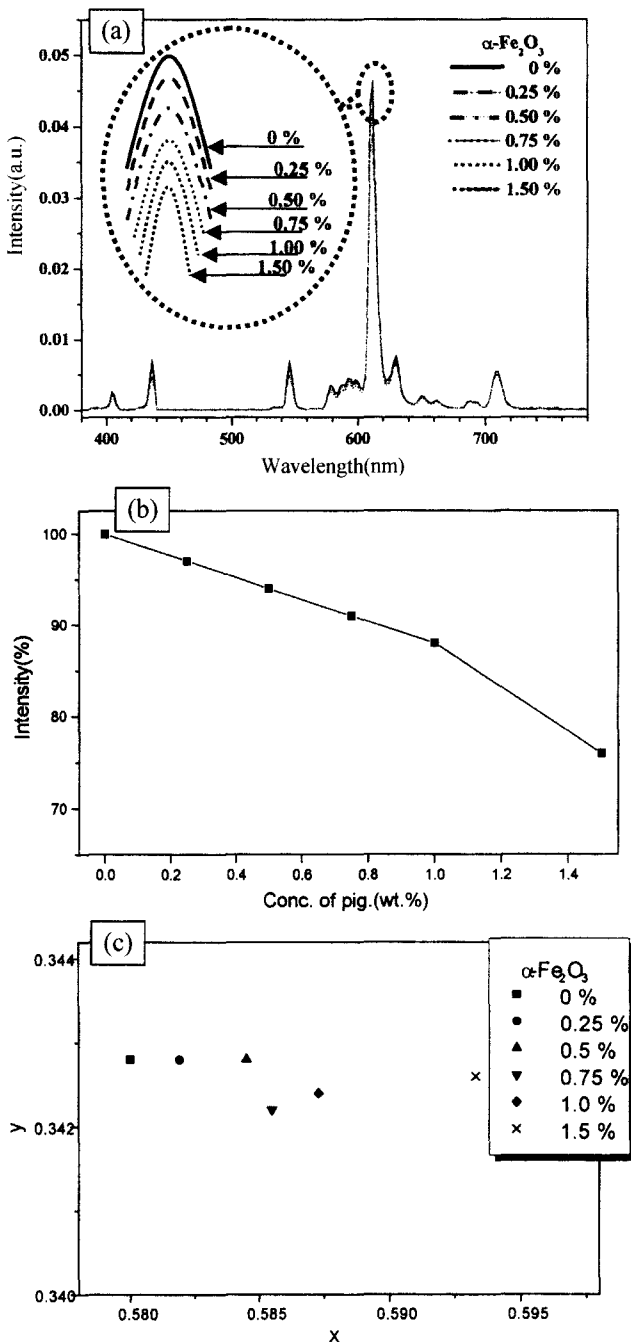


Fig. 8. Transparent properties of red color filter layer with various $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ powders, (a) is transparent spectra, (b) is transparent intensities and (c) is color coordinates of C.I.E 1931 and the light source is red lamp coated with $\text{Y}_2\text{O}_3\text{:Eu}$ phosphor.

생하는 발광 스펙트럼이 칼라필터의 막을 통과한 후의 스펙트럼 강도 변화를 나타낸 것이며, b)는 밝기의 변화를 나타낸 것이다. 두 그림으로부터 알 수 있는 것은 안료의 투입량이 증가함에 따라서 밝기의 특성은 떨어짐을 알 수 있다. 그림 c)는 안료 투입량의 증가에 따른 적색 형광체에서 나

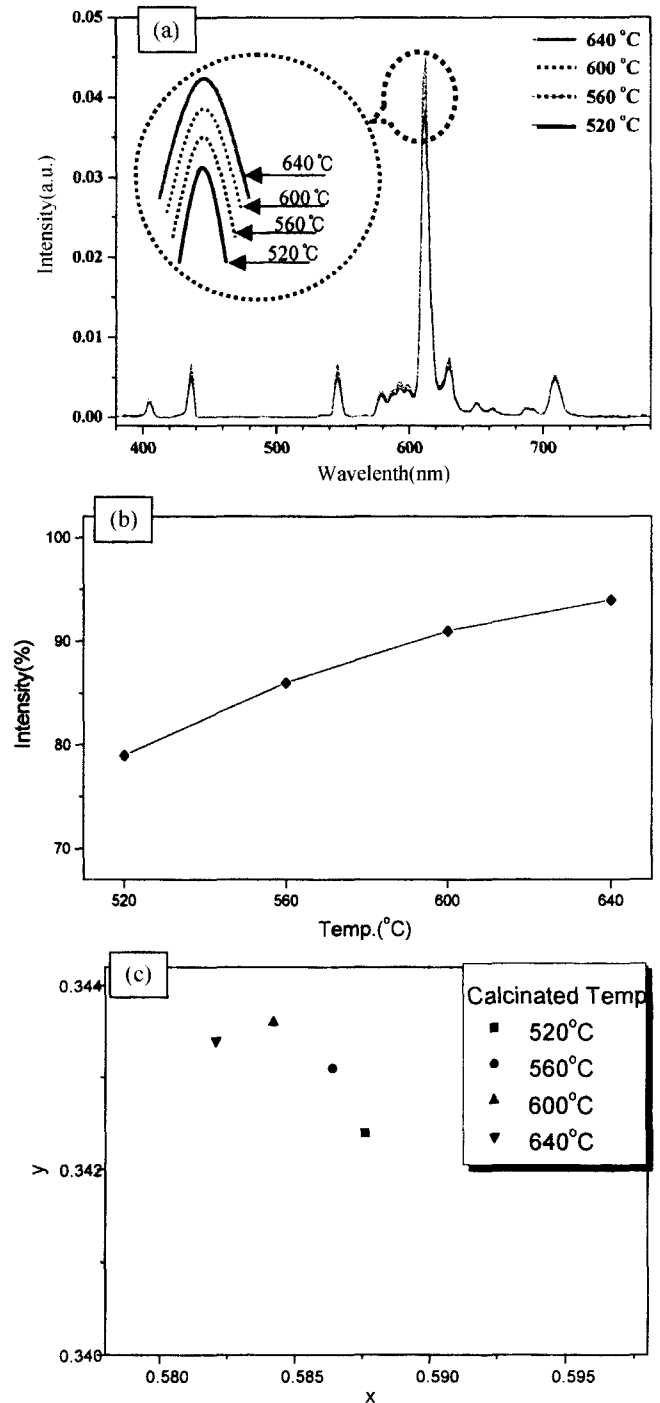


Fig. 9. Transparent properties of red color filter layer prepared at 1.0wt% $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ powders with different firing temperature (a) is transparent spectra, (b) is transparent intensities and (c) is color coordinates of C.I.E 1931, and the light source is red lamp coated with $\text{Y}_2\text{O}_3\text{:Eu}$ phosphor.

오는 빛의 색좌표 특성을 관찰 한 것으로서 안료의 투입량이 증가함에 따라서 색좌표 특성이 개선됨을 알 수 있다.

Fig. 9는 B형 유전체를 1.0 wt%가 투입된 안료 층위에

형성 한 후 열처리 온도(520~640°C)에 따른 특성의 변화를 나타낸 것이다. 그림 a)는 소성온도의 변화에 따라 적색 형광체에서 발생한 빛이 칼라필터의 막을 통과한 후의 발광 스펙트럼의 강도를 비교한 것이고, b)는 밝기의 변화를 나타낸 것이다. 두 그림으로부터 소성온도가 증가함에 따라서 안료의 필터기능이 떨어져 휘도가 증가함을 알 수 있다. 그림 c)는 소성온도의 변화에 따른 색좌표 변화를 나타낸 것으로서 밝기의 특성과 마찬가지로 소성온도가 증가함에 따라서 색좌표 특성이 떨어져 필터로서의 기능은 상실됨을 알 수 있다.

4. 결 론

고온 소성 공정을 거치는 디스플레이에 있어서 사용되는 재료는 상호간이 화학적인 반응을 일으키지 않는 것이 가장 중요하다. 특히 PDP와 같이 550°C 이상의 고온 소성 공정을 거치는 경우는 더욱 중요한 검토 대상이다. PDP에서 플라즈마를 발생시키는 가스 중에 네온 가스가 사용되고 있다. 네온은 녹색 영역의 빛을 만들어 내어 청색과 적색의 색순도를 떨어뜨리는 문제가 있다. 고온 소성공정을 가지는 디스플레이의 경우 적색 안료로서 열적 안정성과 적색영역을 잘 구현하는 것 때문에 산화철이 가장 일반적으로 사용되고 있다. PDP에 있어서 안료는 유전체와 화학적인 안정성이 가장 중요하다. 본 연구에서 증명된 것과 같이 투명 유전체로서 ZnO가 들어 있는 경우는 유전 특성은 우수하지만 칼라 필터 재료인 안료를 분해하는 역할을 하기 때문에 유전체와 안료의 중간에 중간층으로 ZnO가 들어가지 않는 유전체를 사용한 후 그 위에 ZnO가 첨가된 유전체 층을 형성하는 것이 바람직하다고 할 수 있다. 안료의 투입량이 과다할 경우 색순도와 콘트라스트의 특성은 개선되지만 밝기의 특성을 떨어뜨리는 역할을 하므로 적당한 량을 첨가하는 것이 중요하다. 또한 소성 온도에 따라서 그 특성이 저하되므로 소성온도를 고려하여 안료의 첨가량을 결정해야 한다.

REFERENCES

1. Monthly LCD intelligence, 5, 33-35, Press journal, Tokyo, 1997.
2. Monthly LCD intelligence, 3, 35-37, Press journal, Tokyo, 1997.
3. Monthly FPD intelligence, 7, 52-55, Press journal, Tokyo, 1998.
4. H. Fei, "Luminescence of Coated α -Fe₂O₃ Nanoparticles," *J. Luminescence*, **66**, 67 345-48 (1998).
5. K. Ohno, "The Effect of Ultrafine Pigment Color Filters on Cathod Ray Tube Brightness, Contrast and Color Purity," *J. Electrochem. Soc.*, **143** [3] 1063-67 (1997).
6. P. Reynen, "The use of Emulsions in the Preparation of Ceramic Powders," pp. 499-504 in *Ceram. Powders*, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam-Oxford-New York, 1983.
7. T. Tani, "Metal Oxide Powder Synthesis by the Emulsion Combustion Method," *J. Mat. Res.*, **13** [5] 1099-1102 (1998).
8. C. B. Agbugba, "The Redispersibility and Physico-chemical Properties of Freeze Dried Colloidal Microgels," *Colloids and Surfaces*, **137** 155-64 (1998).
9. C. H. Shin, J. G. Ahn and E. C. Lee, "A Study on the Preparation of Tungsten Oxide Powders Using Emulsion Evaporation Methods," *J. Kor. Ceram. Soc.*, **35** [6] 543-50 (1998).
10. S. H. Hyun, J. G. Paik and S. R. Song, "Preparation of Al₂O₃-ZrO₂ Composite Powders by the Use of Emulsions: 1. Thermodynamic Model of the Emulsion Stability," *J. Kor. Ceram. Soc.*, **24** [6] 593-601 (1987).
11. S. O. Yoon and H. J. Jung, "Preparation of the Cobalt Oxide Powder by Hot Petroleum Drying Method," *J. Kor. Ceram. Soc.*, **24** [3] 257-62 (1987).
12. J. C. Chang, E. S. Lee, H. G. Lee and K. W. Hong, "The Preparation of Bi-2223 Superconducting Powder and Tape by Emulsion Drying Method," *J. Kor. Ceram. Soc.*, **34** [2] 115-22 (1997).
13. L. Durand, "Screen Printed La_{2/3}Sr_{1/3}MnO Thick Films on Alumina Substrates," *J. Mat. Res.*, **13** [9] 2623-31 (1998).
14. L. S. Park, S. W. Jeong, H. S. Oh, S. H. Kim and S. M. Song, "Photosensitive Barrier Rib Paste for PDP and Photolithographic Process," *J. Kor. Ind. Eng. Chem.*, **10** [8] 1114-18 (1999).