

논문 2006-43IE-4-2

높은 반사율과 저유전율이 요구되는 PDP의 후면 유전체 층의 전기적 특성

(Electrical properties of the lower dielectrics layer of PDP required high reflectance and low dielectric constants)

권순석*, 류장렬**

(Soon-Seok Kwon and Jang-Ryeol Ryu)

요약

본 논문에서는 $\text{SiO}_2\text{-ZnO-B}_2\text{O}_3$ 계 및 $\text{P}_2\text{O}_5\text{-ZnO-BaO}$ 계의 반사율과 유전특성을 TiO_2 의 양에 따라 조사하였다. 반사율은 TiO_2 함량이 증가함에 따라 감소하였다. 여기서 $\text{P}_2\text{O}_5\text{-ZnO-BaO}$ 계는 $\text{SiO}_2\text{-ZnO-B}_2\text{O}_3$ 계보다 더 낮은 반사율을 나타내었으며, 유전상수는 $\text{P}_2\text{O}_5\text{-ZnO-BaO}$ 계가 $\text{SiO}_2\text{-ZnO-B}_2\text{O}_3$ 계보다 높았다. 두 계 모두 유전상수는 TiO_2 의 양에 따라 증가하는 특성을 보였다. 이 결과는 높은 반사율과 항복특성이 요구되는 PDP디스플레이의 후면 유전층에 적용할 수 있을 것으로 생각된다.

Abstract

In this paper, reflectance and the dielectric characteristics for $\text{P}_2\text{O}_5\text{-ZnO-BaO}$ system and $\text{SiO}_2\text{-ZnO-B}_2\text{O}_3$ system have been investigated as a function of contents of TiO_2 . The reflectance was decreased with increasing the contents of TiO_2 contents, and the reflectance of $\text{P}_2\text{O}_5\text{-ZnO-BaO}$ system was lowered than that of $\text{SiO}_2\text{-ZnO-B}_2\text{O}_3$ system. The dielectric constant of $\text{P}_2\text{O}_5\text{-ZnO-BaO}$ system was higher than $\text{SiO}_2\text{-ZnO-B}_2\text{O}_3$ system, and the dielectric constant in the both system was increased with increasing of TiO_2 contents. This can explained as the space charge effects. These results are could be applied to the lower dielectrics layer of PDP required high reflective ratio and breakdown strength.

Keywords : dielectric, reflectance, dielectric characteristics, TiO_2

I. 서론

PDP는 방전에 의해서 화상을 표시하는 자체 발광형 디스플레이 소자로서 최근 PDP 패널의 제작 기술 및 구동 기술의 향상으로 고해상도의 PDP가 생산되고 있다. PDP는 다른 디스플레이 소자에 비하여 제조상의 구조적인 제약을 적게 받기 때문에 대화면화, 박형화, 경량화, 넓은 시야각, 화면의 휘도 균일성이 우수하며

자계의 영향을 받지 않는다. 또한, PDP는 휘도와 명암비가 낮고 에너지 변환효율이 낮아 소비 전력이 높은 단점이 있었으나 최근의 기술 개발로 많은 개선이 있었다.

PDP 고속 구동을 위한 방법은 2가지 측면에서 접근할 수 있다. 하나는 어드레스 방전의 방전 지연시간을 감소시킬 수 있는 구동 방법의 개발과 다른 하나는 패널의 구조개선, 즉 재료적 측면으로 접근할 수 있다. 후자의 경우 어드레스 방전을 개선할 수 있는 방향으로 셀 구조를 최적화하는 것이다. AC-PDP의 구조 사양 중에서 방전 특성에 영향을 주는 항목으로 전면, 후면 유전체의 두께 및 유전율, 유지 방전 전극의 폭과 간격, 격벽 높이 어드레스 전극의 폭, MgO 보호막의 물성과

* 정회원, 천안공업대학 전기과
(Cheonan National Technical College, Department of Electrical Engineering)

** 정회원, 공주대학교 전기전자공학부
(Kongju National University, Division of Electrical & Electronic Engineering)

접수일자: 2006년10월27일, 수정완료일: 2006년12월4일

방전 가스의 조성 및 압력 등이다. 이들 조건 중에서 후면 유전체 막은 가시광 반사에 의한 발광효율의 향상, 확산 방지막 등의 역할을 하는 중요한 부분으로서 높은 가시광선 반사율, 낮은 열팽창계수, 낮은 소성온도, 낮은 유전율 등의 특성이 요구되고 있다^[1,2].

후면 유전체로서 PbO의 함량이 60% 이상인 PbO-SiO₂-B₂O₃계 유리 분말에 TiO₂산화물 분말 충전제를 사용한 유리-세라믹(glass-ceramics)을 대부분 적용하고 있으며^[3] 580°C에서 소성되고 있다. 이 유전체는 PDP 표시소자의 제조 시에 유전체 후막형성 후 뒤따르는 형광체, 격벽 등에 대한 고온 열처리(약 580°C) 및 인가전압에 의한 표시소자의 열적변형 및 특성열화, PbO에 의한 환경오염, 높은 Pb의 비중(11.3g/cm³)에 의한 소자의 무게증가, 비교적 높은 유전율(13~17)로 인한 소자의 addressing 속도저하 등의 문제를 갖고 있다 [1,2,4,5]

본 연구에서는 높은 유전율에 의한 PDP 디스플레이 소자의 addressing 속도저하 등의 문제점을 개선하기 위하여 P₂O₅-ZnO-BaO계와 SiO₂-ZnO-B₂O₃계 모상 분말을 제조하고 TiO₂ 함량에 따른 유전율 및 반사율을 측정하여 평가하였다.

II. 시편제작 및 특성 측정

2.1 모상 유리분말의 제조

본 연구에서 사용한 모상 유리분말은 P₂O₅-ZnO-BaO계와 SiO₂-ZnO-B₂O₃계 유리로서 특급 시약인 원료(raw material)을 표 1에 나타낸 조성비에 따라 칭량한 뒤 혼합기(tumbling mixer)에서 10시간 혼합한다. 이후 백금 도가니에 담아 전기 용융로를 이용하여 유리의 균일도를 유지하기 위해 교반(stirring)을 하면서 1100°C(heating rate : 10°C/min), 2시간 동안 용융시킨 후, 냉각기(quenching roller)에서 급속 냉각시켜 유리조각 상태로 만든다. 불-밀법으로 시편에 따라 각각

표 1. 실험에 사용한 모상 유리분말의 비교

Table 1. Comparison of parent glass employed in this experiment.

particle size	Composition (wt%)										
	SiO ₂	P ₂ O ₅	ZnO	B ₂ O ₃	BaO	K ₂ O	PbO	Na ₂ O	Li ₂ O	CaO	Al ₂ O ₃
7.3 μ m	-	53	28	1	8	-	-	-	6	2	2
6.9 μ m	20	-	35	18	-	7	7	5	2	3	3

약16시간, 32시간 충분히 분쇄하여 170 mesh, 270 mesh를 통과시켜 얻은 분말을 사용하였다.

2.2 유리-세라믹 분말의 제조

PDP용 하판 유전체 후막의 결정화에 의한 반사율과 열팽창계수를 조절하기 위한 유리-세라믹(glass-ceramics) 제조용 산화물 충전제는 순도 99.99% 이상의 특급시약(Aldrich)으로 평균입자경 1 μ m이하의 TiO₂ 분말을 사용하며 표 2의 실험 조성비에 따라 미리 준비된 모상 유리분말과 섞은 후, 혼합기(tumbling mixer)로 5시간 혼합하고 건조기(120°C)에서 3시간 동안 건조하여 사용한다. 표2에서는 P₂O₅-ZnO-BaO 계와 SiO₂-ZnO-B₂O₃ 계의 모상 분말과 유리-세라믹 제조용 산화물 충전제와의 조성비를 나타낸 것이다. 조성비는 P₂O₅-ZnO-BaO계는 5~15 wt%, SiO₂-ZnO-B₂O₃계는 15~25 wt%로 하였다.

표 2. 유리-세라믹제조용 산화물 충전제의 구성 및 혼합비

Table 2. Mixed ratio & Composition of oxide filler used for glass-ceramics.

Sample	P1	P2	P3	S1	S2	S3	
Parent glass	P ₂ O ₅ -ZnO-BaO system			SiO ₂ -ZnO-B ₂ O ₃ system			
Filler (wt %)	TiO ₂	5	10	15	15	20	25

2.3. Paste의 합성 및 인쇄

후막 형성용 페이스트(paste)는 유기용제인 매개물(vehicle)의 점도, 유리-세라믹 분말(모상 유리 분말 + 충전제 분말)과 매개물의 비율에 따라 유동성이 크게 변화하며 소결 특성에 영향을 준다. 따라서 표 3에 따라 매개물을 합성한 후 건조된 유리-세라믹 분말과 일정비율로 섞어 혼합기(Tokushu Kika Co., Model : CB-3M-5)를 이용하여 제조하였다. 이와 같이 제조된 점도 100,000 cp (centi-poise)를 갖는 페이스트를 250 mesh의 제판 위에 일정량 올려놓고 인쇄한 후 120°C의 건조기(dry oven)에서 건조하여 20 μ m의 두께가 되도록 한다. 그리고 건조된 샘플은 광학현미경(x100)으로 표 면상태를 확인 후 열효율이 우수한 적외선 램프 가열방식의 벨트형 노(belt type furnace, RTC Co., Model : S-610x)를 사용하여 도포층을 소성한다. 소성조건은 유기용제의 소성(burn-out)을 위하여 산화 분위기에서 가

표 3. 페이스트 형성을 위한 최적화 조건
Table 3. Optimized condition for paste formation.

composition ratio(vehicle)			mixed ratio(paste)		viscosity
BCA (butyl carbitol acetate)	BC (butyl carbitol)	EC (ethyl cellulose)	mixed powder	vehicle	
60%	28%	12%	70%	30%	100,000 cps

열 속도 10°C/min, 냉각속도 5°C/min, belt 속도 1.0cm/min로 조절하였고 최대 온도는 550°C에서 약30분간 유지함으로써 고온에서의 유전체막 손상 및 연질 유리(soda-lime glass)의 열 변형을 방지하도록 하였다.

2.4 특성 측정

열처리된 모상 유리 및 유전체 후막의 표면 조도는 접촉식 측정기(Sloan Co., Model : Dektaek II A)를 이용하여 100µm의 범위에서 측정하고 반사율은 분광광도계(spectrophotometer, Hitachi Co., Model : U-4001)장비를 이용, Al₂O₃ 시편을 기준으로 380nm~780nm의 가시광선 영역에서 범위에서 측정하였다. 7.5" 패널 상에 Ag 전극을 형성한 뒤 유전체를 도포, 소성하고 표면상태의 변화는 SOKKIA Co., Model : PCM-1300을 이용하여 측정하였다.

유전상수 측정용 시편은 금형(mold)에 20-30g을 채운 뒤 유압프레스(25ton)를 사용하여 성형한 후 산화분위기에서 약600°C의 온도로 소결한다. 이후 1cm x 1cm x 0.1t로 절단한 후 다시 3µm 다이아몬드 슬러리(diamond slurry)로 양면을 연마하고 Ag 페이스트 전극으로 1cm²의 면적에 전극을 인쇄한 다음 표면 고르기 과정을 거쳐 건조기 내에서 120°C의 온도로 1시간 동안 건조하여 사용한다. 측정은 임피던스 분석기(impedance analyzer, Hewlett-Packard Co., Model : 4194A)를 이용하여 커패시턴스(C)를 측정한 뒤 유전율 ε은 식(1)에 의해서 계산하였다.

$$\epsilon = Cd/A \tag{1}$$

여기서, d는 유전층의 두께, A는 전극면적이다.

III. 결과 및 고찰

표 4는 실험에 사용된 각각의 유전체 후막에 대한 특성 값을 나타낸 결과이다. 그림 1에서 알 수 있는 바와

같이 유전율은 모상 유리분말을 소결하여 측정한 결과로서 TiO₂를 함유하지 않은 P₂O₅-ZnO-BaO계는 10.24~21의 값을 나타냈고, TiO₂를 함유하지 않은 SiO₂-ZnO-B₂O₃계는 8.75~16.04로 낮았다. 그러나 TiO₂를 함유한 시편 P1~P3, S1~S3의 시편에서는 TiO₂를 함유하지 않은 시편보다 높은 유전율을 나타냈다. 그리고 P 계열의 시편, S 계열의 시편 모두 TiO₂의 함량이 증가함에 유전율도 비례하여 증가하였다.

이와 같이 TiO₂의 함량에 따라 유전율이 증가하는 이유는 유리-세라믹 분말을 소결할 때 모상 유리 내에서 비교적 높은 유전율(=31)을 갖고 있는 잔존 TiO₂ 결정 및 Ti 원소를 함유한 결정의 분율이 TiO₂ 함량의 증가와 함께 높아짐으로써 모상에 존재하는 분상상이 모상의 유전율 보다 클 경우 적용되는 대수혼합법칙 및 서로 다른 전기전도도를 가지고 있는 모상 및 결정상 사이에 발생하는 공간전하분극 현상에 의해 나타난 것으로 판단된다. 그림 1은 위에서 설명한 내용을 TiO₂ 함량에 따른 유전율의 변화를 나타낸 것이다.

표 4에서 알 수 있는 바와 같이 반사율은 TiO₂를 함유하지 않은 시편보다 TiO₂를 함유한 시편에서 높은 반사율을 나타냈다. 특히 P 계열의 반사율(25~43)보다 S 계열의 반사율(49~50)이 높은 값을 보였다. 특히 S1 시편은 유전율이 8.75이고 반사율이 50으로 하판 유전체의 특성에 만족하는 결과를 나타냈다. 그림 2는 P₂O₅-ZnO-BaO계, SiO₂-ZnO-B₂O₃계에 대한 가시광선(450nm, 550nm, 650nm)에 대한 반사율 측정 결과이다.

표 4. 유전층의 성질과 반사
Table 4. Properties of dielectric layer and reflection by specimens.

sample	dielectric constants (1MHz)	transition temperature (T _g -°C)	surface roughness (Å)	reflectance (%-at 400nm)
P ₂ O ₅ -ZnO-BaO without TiO ₂	9.6	373	1722	17
SiO ₂ -ZnO-B ₂ O ₃ without TiO ₂	7.3	425	2614	22
P1	10.24	365	2106	25
P2	16.3	363	2063	36
P3	21	364	2130	43
S1	8.75	438	13873	50
S2	10.01	436	12972	51
S3	16.04	432	13116	49

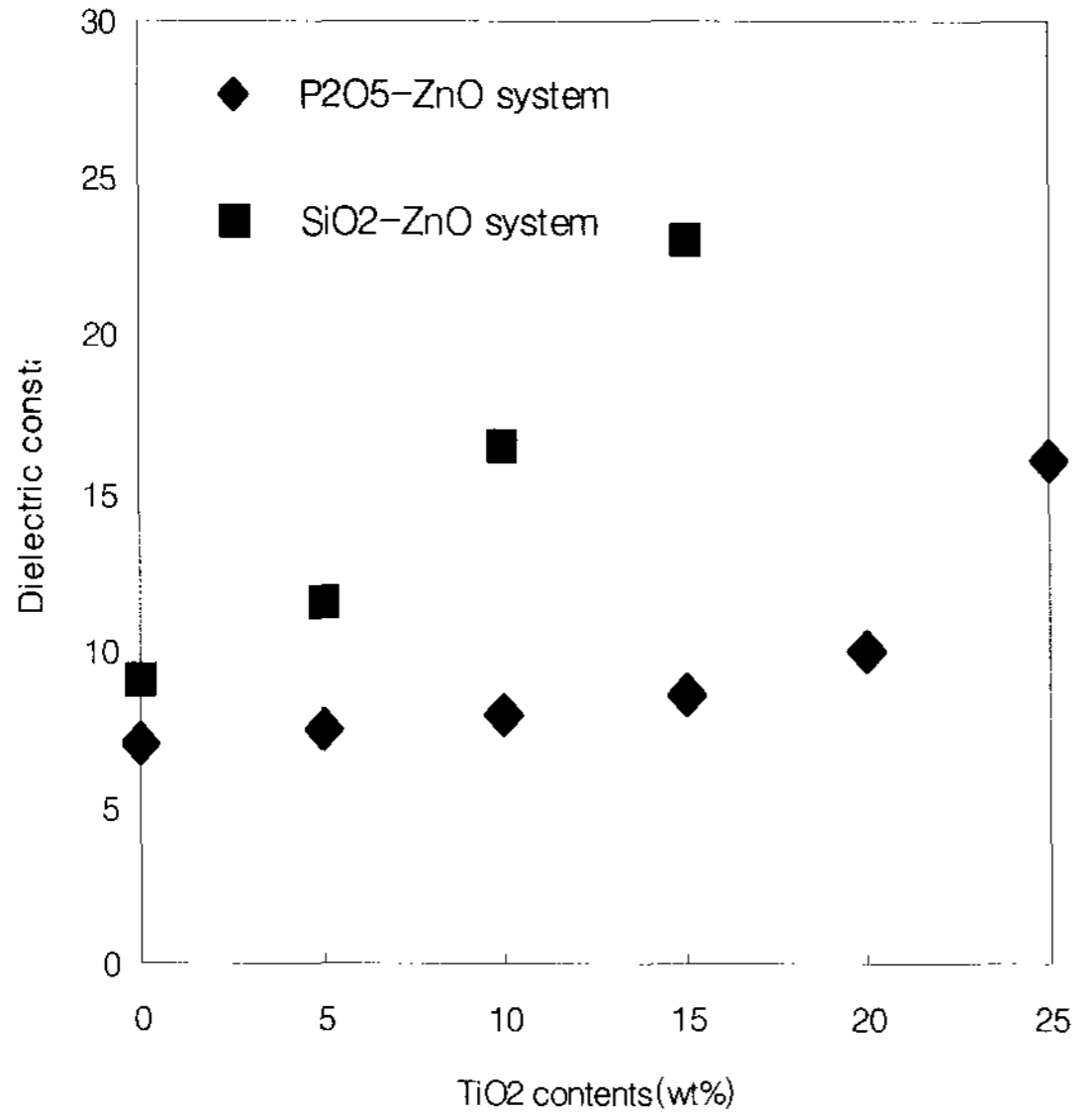
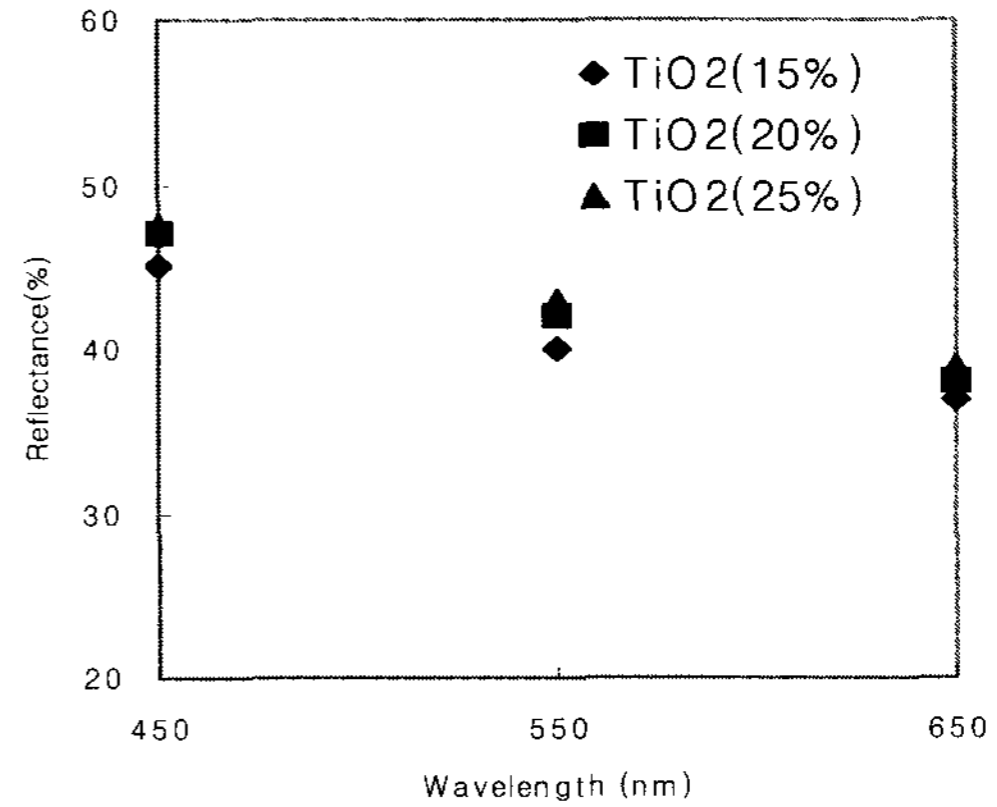


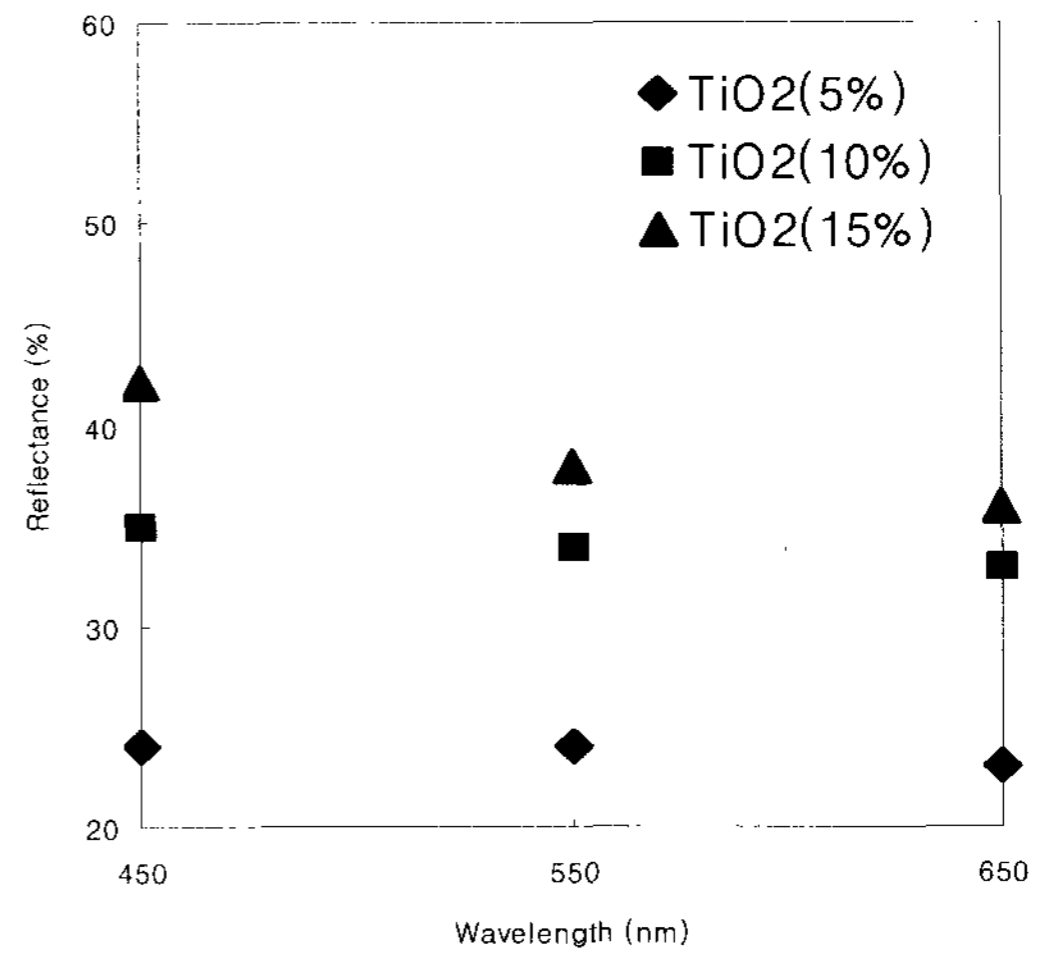
그림 1. TiO₂ 함량에 따른 유전율의 변화
 Fig. 1. Variation of dielectric constant as a function of TiO₂ content.

그림에서 알 수 있는 바와 같이 P₂O₅-ZnO-BaO계 모상 유리보다 SiO₂-ZnO-B₂O₃계 모상 유리가 높은 값을 보이고 있다. 또한 피크 파장이 증가함에 따라 P₂O₅-ZnO-BaO계, SiO₂-ZnO-B₂O₃계 모두 감소함을 나타내고 있다.

반사율이 가시광 영역에서 SiO₂-ZnO-B₂O₃계 모상 유리가 높은 값을 보이는 이유는 굴절율의 차에 기인된 것으로 생각된다. 일반적으로 굴절율(n)이 크면 반사율(R)이 증가하는 것을 고려해볼 때 주원인이 두 모상 유리의 굴절율 차이(P₂O₅-ZnO-BaO계: 1.4-1.5, SiO₂-ZnO-B₂O₃계: 1.6-1.7)로부터 발생한 것으로 사료된다. 또한 TiO₂ 함량 변화에 따른 가시광 영역에서의 반사율의 변화는 다음과 같이 생각할 수 있다. 그림에서 충전제인 TiO₂ 산화물을 첨가한 유리-세라믹의 경우 P₂O₅-ZnO-BaO계, SiO₂-ZnO-B₂O₃계 모두 반사율이 증가하였는데 TiO₂의 높은 굴절율(n=2.55) 과 모상 유리에 생성된 결정상들에 의한 영향으로 판단되며, 특히 P₂O₅-ZnO-BaO계 유리-세라믹 분말은 모상 유리분말에 대해 TiO₂ 함량을 5%, 10%, 15% 증가시키면 따라 450nm에서의 반사율은 각각 24%, 35%, 42%로 높아지는 반면, SiO₂-ZnO-B₂O₃계 분말은 TiO₂의 첨가량을 15%, 20%, 25%로 증가시키면 반사율은 45%, 47%, 47%로 큰 변화를 나타내지 않았다. 이와 같은 경향은 표면 조도의 영향으로 생각할 수 있다. P₂O₅-ZnO-BaO계는 TiO₂의 함량이 증대함에 따라 표면조도가 약 2100Å의 일정한 값



(a)



(b)

그림 2. TiO₂ 함량의 파장에 따른 반사율의 변화
 (a) SiO₂-ZnO-B₂O₃ 유리-세라믹
 (b) P₂O₅-ZnO-BaO 유리세라믹
 Fig. 2. Variation of reflectance as a function of wavelength with TiO₂ contents.
 (a) SiO₂-ZnO-B₂O₃ glass-ceramics
 (b) P₂O₅-ZnO-BaO glass-ceramics

을 유지하면서 모상 유리 내에 TiO₂ 결정 및 Ti를 함유한 결정상의 크기 및 분율이 증가하고 있는 반면, SiO₂-ZnO-B₂O₃계는 표면조도가 약 13000Å으로 표면이 매우 거칠며 결정상의 크기 및 분포에서 큰 변화를 나타내고 있지 않는데 이러한 결정 분율과 표면조도에 의한 차이에 의해 상이한 반사율의 변화가 나타난 것으로 생각된다.

IV. 결 론

PDP는 전면 기관과 배면관을 (Soda Lime)유리를 사

용하고 상·하판 유전체와 하층 그리고 격벽재료 역시 유리를 사용한다. 본 연구는 하판 유전체 유리로서 적용할 수 있는 $\text{SiO}_2\text{-PbO-ZnO-B}_2\text{O}_3$ 와 20%이하의 PbO의 함량의 유전체계를 조성하여 그 유전체의 반사특성과 유전특성을 평가하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

(1) 각각의 유전체 후막에 대한 특성치를 나타낸 결과에서 유전율은 모상 유리분말을 소결하여 측정된 결과 $\text{P}_2\text{O}_5\text{-ZnO-BaO}$ 계가 $\text{SiO}_2\text{-ZnO-B}_2\text{O}_3$ 계 보다 높은 값을 보였고 TiO_2 량의 증가에 따라 유전율도 비례하여 높아졌다. 또한 PbO함량이 높고 입자크기가 작을수록 낮은 유전율을 나타내었다. 이러한 결과는 모상 및 결정상 간에 발생하는 공간전하분극 현상에 의해 나타난 것으로 판단된다.

(2) 유전체 후막의 가시광선 반사율 측정결과에서 $\text{P}_2\text{O}_5\text{-ZnO-BaO}$ 계 모상유리가 가시광 영역에서 $\text{SiO}_2\text{-ZnO-B}_2\text{O}_3$ 계 보다 낮게 나타났다. 이는 일반적으로 굴절율(n)이 크면 반사율(R)이 증가하는 것을 고려할 때 주 원인은 두 모상 유리의 굴절율 차로부터 발생한 것으로 사료된다.

(3) 충전제인 TiO_2 산화물을 첨가한 유리-세라믹의 경우 $\text{P}_2\text{O}_5\text{-ZnO-BaO}$ 계, $\text{SiO}_2\text{-ZnO-B}_2\text{O}_3$ 계 모두 반사율이 증가하였는데 TiO_2 의 높은 굴절율($n=2.55$)과 모상 유리에 생성된 결정상들에 의한 영향으로 판단된다. 그리고 $\text{P}_2\text{O}_5\text{-ZnO-BaO}$ 계 유리-세라믹 분말은 모상 유리분말에 대해 TiO_2 첨가량이 증가할수록 반사율은 높아지는 반면, $\text{SiO}_2\text{-ZnO-B}_2\text{O}_3$ 계 분말은 TiO_2 의 첨가량의 변화에 대하여 반사율의 변화가 나타나지 않았다.

본 연구결과 $\text{P}_2\text{O}_5\text{-ZnO-BaO}$ 계 또는 $\text{SiO}_2\text{-ZnO-B}_2\text{O}_3$ 계 모상 유리분말에 고 굴절률 산화물인 TiO_2 분말을 충전제로서 약5-15wt% 혼합한 저 용점 유리-세라믹 재료가 PDP 소자의 새로운 하판 유전체 재료로서 높은 응용가능성을 가지고 있음을 알 수 있었으며 인쇄성, 격벽재료와의 정합성 등을 고려하여 향후 지속적인 연구가 필요한 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

[1] M. Kasahara, M. Ishikawa, T. Morita and S. Inohara, "New drive system for PDPs with improved image quality: plasma AI", SID 1999

International Symposium, pp. 158-161, 1999.5

- [2] K.Sakita, K Takayama, K. Awamoto and Y. Hashimoto, "Analysis of cell operation at address period using wall voltage transfer function in three-electrode surface-discharge AC-PDPs", Proc. of IDW01, pp.841-844, 2001.12
- [3] T.I.Tanabe : Japan Patent(No: 8-119665), (1996)
- [4] K. W Whang, H. S. Jeong, C. K. Yoon, "Discharge Physics of AC Plasma Display Panel", Proc. Internal Display Research Conference, 1997. pp. 394-397
- [5] J. Frenkel, "Viscous flow of crystalline bodies under the action of surface tension", J. Phys., Vol. 9, pp. 385-389, 1945.

저 자 소 개



권 순 석(정회원)

1991년 한밭대학교

전자공학과 학사 졸업.

1993년 충북대학교

전기공학과 석사 졸업.

1999년 충북대학교

전기공학과 박사 졸업.

2006년 현재 천안공업대학, 한밭대학교 강사,
동국대학교 겸임교수

<주관심분야 : 반도체재료, 전자디스플레이 등>



류 장 렬(정회원)

1982년 인하대학교

전자공학과 학사 졸업.

1985년 충남대학교

전자공학과 석사 졸업.

1994년 충남대학교

전자공학과 박사 졸업.

2006년 현재 공주대학교 전기전자공학부 교수

<주관심분야 : 실리콘소자 구조, 반도체재료, ASIC설계 등임>