

투명 유전체 $PbO-B_2O_3-SiO_2-Al_2O_3$ 의 물성 및 전극(ITO)과의 반응성 연구

이재열 · 홍경준 · 김덕남* · 김형순* · 허중수

경북대학교 금속공학과

*순천대학교 재료 금속공학과

Characteristics of transparent dielectric in $PbO-B_2O_3-SiO_2-Al_2O_3$ system and investigation of reaction between dielectric and electrode(ITO)

Jea Yeol Lee, Kyung Jun Hong, Deock Nam Kim*, Hyung Sun Kim* and Jeung-Soo Huh

Dept. of Metall. Eng., Kyungpook National University, Korea

*Dept. of Mat. Sci. and Metall. Eng., Suncheon National University, Korea

(2000년 8월 17일 받음, 2001년 3월 7일 최종수정본 받음)

초 록 PDP용 투명유전체 재료로 사용되는 $PbO-B_2O_3-SiO_2-Al_2O_3$ 계의 소성과정 중에서 투명전극(ITO)과의 반응성 및 광학적, 열적, 전기적 특성을 조사하였다. 본 연구에서 유전체막 두께는 $12\mu m$ 으로, 온도는 $550-580^\circ C$ 에서 소성한 후 여러 물성을 평가하였다. 그 결과로, 유전체와 투명전극(ITO)의 반응에서, In 이온이 유전체층으로 확산이동하였으며, Sn 확산은 거의 발생하지 않았다. 선팅창계수, 유전상수, 유리전이온도, 광 투과율은 유전체 조성의 PbO 양에 큰 영향을 받았다. PbO양 증가는 선팅창계수와 유전상수를 증가시킨 반면, 유리전이온도와 광 투과율은 저하시켰다. Al_2O_3/B_2O_3 비가 증가함에 따라서는 선팅창계수는 감소, 유전상수는 증가, 광 투과율은 감소하였으며, 유리 전이점 변화는 거의 나타나지 않았다.

Abstract $PbO-B_2O_3-SiO_2-Al_2O_3$ system was investigated for optical, thermal and electrical properties of transparent dielectric. We also studied the reaction between transparent dielectric and transparent electrode(Indium Tin Oxide, ITO) during firing. For the evaluation of properties, dielectrics were prepared under the conditions fired at $520-580^\circ C$ with $12\mu m$ thickness. In the reaction between dielectrics and electrode(ITO), In ions diffused into dielectric layer, while Sn ion diffusion was not observed. The coefficient of thermal expansion, the dielectric constant, the glass transition temperature and the transmittance of the dielectric were greatly dependent on PbO content. The increase of the coefficient of thermal expansion and the dielectric constant were monitored by increasing PbO, while the glass transition temperature and the transmittance were decreased. With the increased Al_2O_3/B_2O_3 ratio, the coefficient of thermal expansion and the transmittance were decreased, while the dielectric constant was increased. The glass transition temperature did not change significantly.

Key words: Plasma Display Panel, $PbO-B_2O_3-SiO_2-Al_2O_3$, Dielectric layer, ITO electrode

1. 서 론

차세대 평판 디스플레이로서 각광을 받고 있는 PDP (Plasma display panel) 소자는 넓은 시야각, 고선명도, 비선형성, 기억기능, 장수명, 단순한 구조, $40''$ 이상의 대형화의 용이성 등, 다른 평판표시소자에 비해 많은 장점을 가지고 있으며 벽걸이 및 대형 T.V., HDTV, 멀티미디어용 표시소자 등에 높은 잠재성을 가지고 있어 많은 연구가 진행되고 있다.^{1~4)} PDP에 사용되는 투명유전체는 플라즈마 방전 시에 이온충격으로부터 전극을 보호하고 방전유지 및 발광효율의 향상, 확산 방지막 등의 역할을 하는 중요한 부분이며 스크린 인쇄법으로 전극이 형성된 유리 기판 위에 $20\mu m$ 두께로 $580^\circ C$ 정도에서 소성하여 층을 형성하게 된다. 주로 방전시의 절연성을 확보하기 위해 다층으로 형성한다. 투명 유전체는 bus전극상에 스크린 프린팅법으로 인쇄한 후 소성하여 형성되기 때문에 투과율을 높이기 위해

유리조성, 입경, 유리분말의 제조조건, 연화점 제어가 중요하다.

투명 유전체 요구특성은 $550-600^\circ C$ 의 소성온도에서 투과율이 80% 이상이고, 가능하면 얇은 소성막을 형성하여 내전압이 높아야 하며, 유리기판과 비슷한 선팅창계수($8.6 \times 10^{-6}/^\circ C$)를 가져 소성 후 박리현상을 방지하고, 10-15 정도의 유전상수, 투명전극재료(ITO) bus전극재료(Ag)와 반응하지 않아야 한다.⁵⁾ 특히, 소성온도의 경우 상한온도는 투명전극과 bus전극의 특성에 의해 제한되며, 연화점의 하한온도는 투명유전체 형성후 공정(봉착, 배기 등)에 견디는 것이 조건이다. 현재 상용화되고 있는 PDP용 투명 유전체는 Pb가 다량 함유된 $PbO-B_2O_3-SiO_2$ 계가 주로 쓰이고 있다.^{5~9)} PbO는 유전체의 용융점을 낮추는데 가장 효과적이며, 알루미늄과 같은 산화물과의 젖음성을 향상시키는 효과가 우수하기 때문에, 저온 소성용 유리에 가장 일반적으로 첨가되는 성분이다. 현재까지, 유전체의 특성인 낮

Table 1. Theoretically calculated values of dielectric constant(ϵ), coefficient of thermal expansion(α), and experiment compositions(wt%).

	PbO	B ₂ O ₃	SiO ₂	Al ₂ O ₃	$\alpha(\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C})$ at R.T-100°C	$\epsilon(\text{at } 4.5 \times 10^6\text{Hz})$
SP1	60	30	10	-	8.16	11.5
SP2	70	20	10	-	9.40	12.7
SP3	80	10	10	-	10.70	14.5
SA1	70	11	10	9	10.09	12.6
SA2	70	14	10	6	10.04	13.0
SA3	70	17	10	3	9.92	13.4

은 소성온도, 높은 광 투과율, 기관과 비슷한 선팅창계수 등을 갖는 유전체를 개발하고자 많은 연구가 진행 되어왔다.^{5,8,15)} 실제 유전체 소성과정에서 유전체 성분의 PbO와 투명전극(ITO)의 In₂O₃와 SnO₂의 화합물과 반응(Fig. 1)이 발생 할 수도 있으며, 이로 인해 투명전극의 전기저항을 증가시키며 유전체 고유의 특성인 광 투과율과 유전상수 등에 나쁜 영향을 미쳐 품질저하 및 수명단축을 초래할 수 있다. 기존연구 결과에선 투명전극과 유전체 사이에 상호 확산이 발생되며, 이를 제어하기 위해서 PbO양을 조절하거나⁵⁾, PbO를 함유하지 않는 조성을 사용하였다고⁶⁾ 보고하였다. 그러나 Pb와 In, Sn 이온간의 상호 확산기구에 대한 자세한 결과는 보고 되어있지 않아 많은 연구가 필요한 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 투명유전체의 특성 및 물리적·화학적으로 불안정한 구조의 개선 그리고 투명전극인 ITO와의 확산에 의한 반응성을 제어하기 위하여 기존에 널리 알려진 PbO-B₂O₃-SiO₂계에 Al₂O₃를 첨가하여 각 조성비의 변화에 따른 유전체의 특성인 미세구조 및 광학적, 전기적, 열적 특성의 변화를 고찰하였다. 특히 소성과정에서 발생할 수 있는 투명전극과 유전체층의 반응성을 조사하였으며, 투명전극과의 반응을 줄이면서 낮은 온도에서 소성 가능한 투명유전체 조성을 연구하였다.

2. 실험 방법

2.1 유전체 재료

유전체용 유리의 조성은 이론적¹⁰⁾ 조성설계(PbO 60~80wt%, B₂O₃ 5~35wt%, SiO₂ 5~15wt%, Al₂O₃ 0~10wt% 조성범위)를 통해(Fig. 2) 소다-석회유리에 적용 가능한 선팅창계수(6.5-8.6×10⁻⁶/C)와 전기적 요구특성인 유전상수(12-14)를 만족하는 조성을 고려하였으며, Table 1의 이론적 계산치에 따른 실험조성을 나타내었다. 유전체 유리분말의 제조를 위해 특급 시약 PbO(Aldrich, 99% 이상), B₂O₃(Aldrich, 99% 이상), SiO₂(Aldrich, 99% 이상), Al₂O₃(Aldrich, 99% 이상)을 Table 1에 나타낸 조성비에 따라 칭량하여 볼밀을 사용하여 습식법으로 혼합한 후 백금도가니에 담아 전기로를 이용, 승온속도를 10°C/m으로 하여 1000°C에서 1시간 용융하였다. 마노유발에서 파쇄하여 170mesh를 이용하여 체 걸음하였다. 체 걸음 한 유리분말을 마찰분쇄기(고려소재개발, KMD-1B)을 사용하여 3시간 동안 분쇄하였다. 용기, 임펠라, 볼

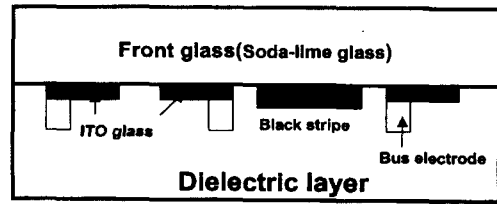


Fig. 1. Schematic drawing of dielectric layer and electrodes of PDP front panel.

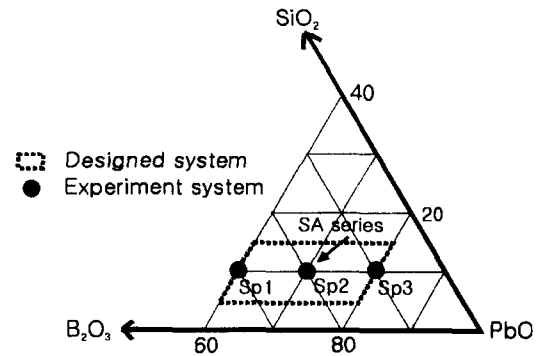


Fig. 2. Theoretically designed(dot line) and experiment(solid dot) systems in PbO-B₂O₃-SiO₂ system(wt%).

은 모두 마모량이 적은 ZrO₂재를 사용하였으며, 유리분말의 입자크기는 레이저 입도분석기(Centrifugal Particle Size Analyzer, SA-CP3)로 측정하였다. 위에서 합성된 유리분말을, 결합제 ethyl cellulose과 유기용매 α -Terpineol(Aldrich, 90%), BCA(Aldrich, 99%) 이용하여 페이스트를 교반하였다. 제조된 페이스트를 청정실에서 자동식 스크린 프린팅 장비(Automax System Eng., AMX-1240)를 사용하여 초음파 세정된 소다-라임 유리기관(85×60×3mm)에 도포하였다. 스크린 프린팅작업은 #325 SUS 스크린 위에 일정량의 페이스트를 칠한 후 squeezing 속도 14cm/sec 스크린과 squeezing의 접촉각 45°로 유지하여 1회 압착 도포하여 120°C에서 약 20분간 건조하였다. 유리기관의 표면상태를 광학현미경으로 확인한 후 소성로(Lindberg, LBF894C)를 이용하여 소성온도 조건에 따라 유전체막을 형성하였다. 소성조건은 가열속도 10°C/m, 냉각조건 -5°C/m으로 350°C에서 20분간 유지 후 소성온도 550, 580°C에서 각각 20분간 유지하였다.

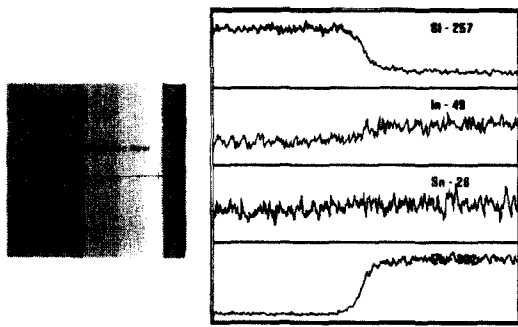


Fig. 3. Line analysis (EDS) of dielectric layer at firing temperature 580°C for 30min.

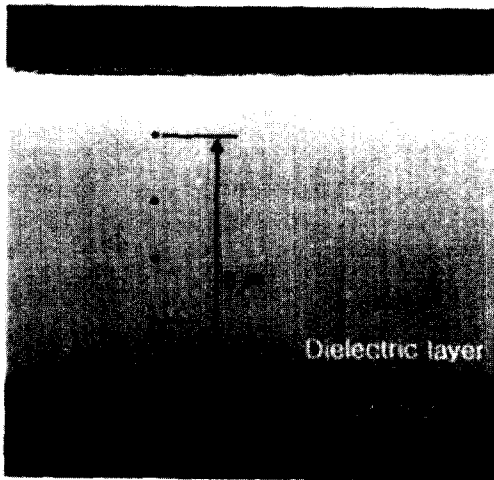


Fig. 4. Cross sectional SEM image of dielectric layer and point analysis(EDS) method.

2.2 유전체 특성평가

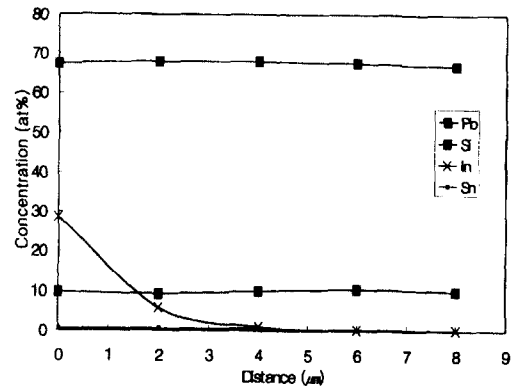
유리분말의 유리전이점은 Differential Thermal Analysis (DTA-TA 1600, USA)를 이용하여 10°C/m 승온속도로 600°C까지 측정하였다. 열팽창계수는 용융된 유리를 흑연 몰드에 부어 5×10×5mm 크기의 피상으로 만들어 열분석기(Rhometric U.K TMA)를 이용하여, 10°C/m 승온속도로 200~400°C 범위에서 측정하였다. 유전상수는 용융된 유리를 직경 10mm 두께 1mm의 판상 형태로 만든 후 전극 Au를 물리적 기상증착법으로 도포하여 임피던스 측정기(Hewlett-Packard Co., 4192A)를 이용하여 상온에서 1MHz 진동조건으로 측정을 하였다. 광 투과율은 UV-visible 분광계(HACH, DR/4000)을 이용하여 550nm에서 측정을 하였다. 그리고 유전체 후막의 미세조직은 Scanning Electron Microscopy (SEM-Hitachi, S-2500C)을 이용하여 관찰하였다. 전극과 유전체막의 반응성을 조사하기 위해 Energy Dispersive X-ray (EDX)을 사용하여 유전체막과 기판과의 계면을 관찰하였다. 전극의 반응성을 알아보기 위해서 투명전극이 전면 도포된 유리기판위에 유전체막을 소성온도 550, 580°C로 변화시켜 시간 (10, 30, 60, 90, 120분)을 달리하여 유전체 막간 경계로부터 투명전극기판으로 일정간격으로 (1~2μm) 점 분석을 행하였다. 이 때 EDX의 가속전압 20eV, beam size는 1

μm내외로 서로 다른 위치에서 beam의 중첩으로 인한 오차를 줄이고자 하였다. 그리고 측정장비의 특성상 Boron의 함량은 측정하지 않았다.

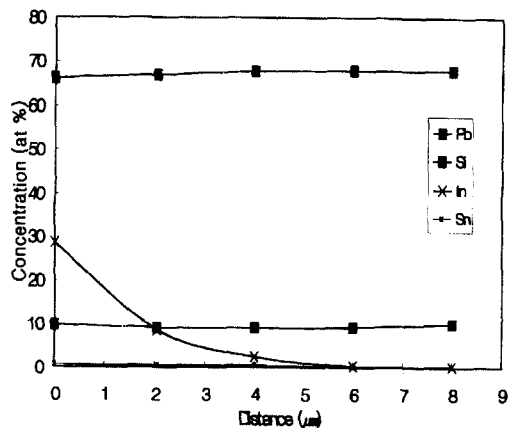
3. 결과 및 고찰

(1) 전극과 유전체막의 반응성

580°C에서 유전체를 소성 하는 동안 유전체층과 전극간의 반응 여부를 알아보기 위해 투명전극이 전면도포된 ITO glass위에 유전체 페이스트를 스크린 프린팅 후 580°C에서 30분간 소성하여 유전체막에서 전극성분의 유전체 막에서의 확산정도를 관찰하였다. 유전체층과 투명전극의 계면을 기점으로 하여 유전체층 방향으로 선 분석을 행한 결과를 Fig. 3에 나타내었다. Fig 3에 나타난 바와 같이 유리기판에 10⁻¹μm 두께로 도포되는 투명전극 성분인 In, Sn은 유전체막 경계부분에서 유전체막 전체에서의 존재함을 알 수가 있었으나 Pb와 Si의 경우 소성과정 중 막과 기판간의 상호 변화가 없음을 알 수 있었다. In, Sn은 ITO전극에서 전기적 도전성을 가지게 하는 성분으로 유전체막으로 이동할 경우 방전전극인 투명전극이 역할을 하지 못하게 된다. 그러므로 본 연구에서는 In의 이동정도를 소성온도, 시간 그리고 유전체 성분에 따른 확산정도를 알아보았다. Fig. 5는 SP2 성분의 유전체막을 각각 소성온도 550, 580°C에서 30분간 소성한 후 SEM상 유리기판과 유전체 막간의 경계

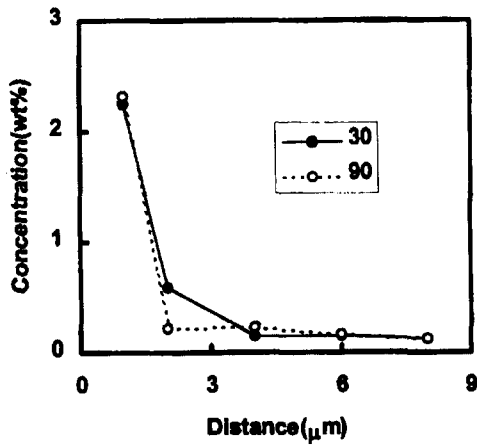


(a)

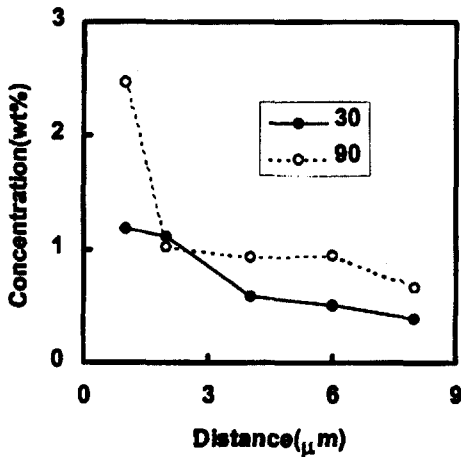


(b)

Fig. 5. Variation of In, Sn and Pb diffusion profile with diffusion temperature for 30min: (a) 550°C and (b) 580°C



(a)



(b)

Fig. 6. Migration of In as a function of firing time into dielectric layer; (a) 550°C and (b) 580°C

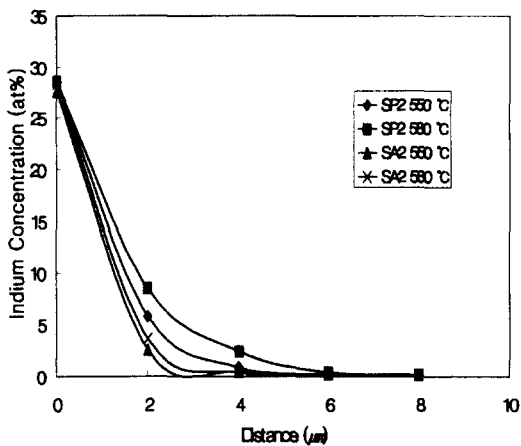


Fig. 7. Variation of In diffusion profile with firing temperature and addition of Al₂O₃.

를 기준으로 하여 점분석 기법을 이용하여 Beam size는 1 μm로 각 지점성분을 분석을 행하였다. (Fig. 4) 580°C 경우 4 μm 이상 In 이온이 확산하여 유전체층으로 침투하였으나, 550°C에서는 2 μm 부근까지 In 이온이 확산된 것을 관찰할 수 있었다. 반면 투명유전체 성분인 Sn 이온은 거리에 따른

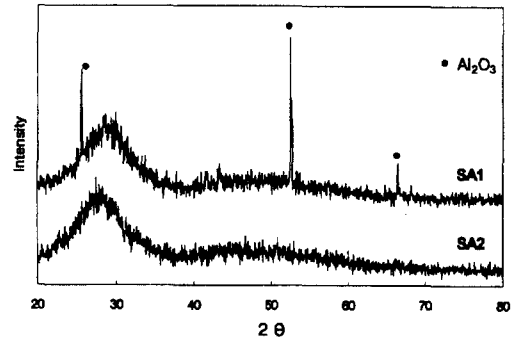
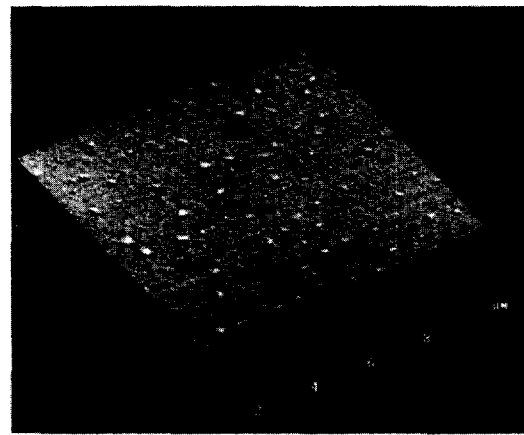
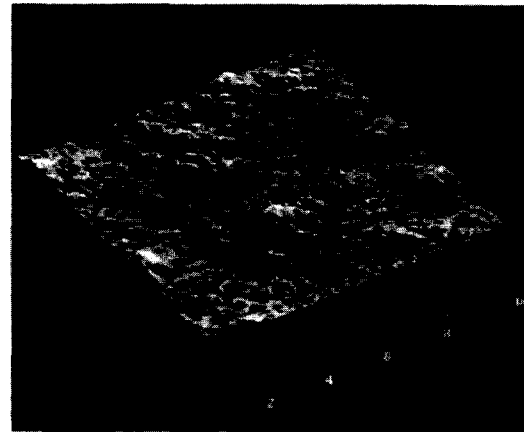


Fig. 8. X-ray diffraction pattern of dielectric layer after firing.



(a) SP2



(b) SA2

Fig. 9. SPM images as function of composition(firing temperature 580°C).

유전체층으로 확산은 거의 발생하지 않았다. In 이온의 확산을 시간에 따른 확산의 정도를 550°C와 580°C에 대해서 Fig. 6에 나타내었다. 550°C (a) 경우 소성시간이 30분일 때 2 μm 지점에서 In의 확산이 급격히 감소 한 반면, 580°C (b)에서는 In의 확산 깊이가 깊고 확산 양이 많아졌다. 그리고 투명유전체 주성분 (PbO-B₂O₃-SiO₂)에 Al₂O₃을 소량(6%) 첨가할 경우 In의 확산 정도를 Fig. 7에 나타내었

다. Al₂O₃를 첨가한 경우 유전체막 경계에서 거리가 2μm 부근에서 In의 량이 첨가하지 않은 조성보다 절반정도로 줄어들었으며 또한 확산거리도 짧아지는 것을 볼 수가 있었다. 그러나 소성온도에 따른 In 이온저동은 첨가하지 않은 조성에 비해 온도의 영향이 상대적으로 작음을 알 수가 있었다. In 이온의 유전체막으로 이동은 Pb²⁺ 이온반경이 0.215nm으로 In³⁺의 이온반경 0.092nm로 두 이온크기 간에는 큰 차이를 나타내어, 조성의 60-80wt%인 Pb성분으로 구성된 유전체층으로 In의 침입형 확산이 일어났다고 본다. Sn 이온의 경우 투명전극을 형성시 5% 내외로 도핑하므로 상대적으로 함량이 적으며 원자 반경 또한 Pb과 비슷한 값을 보여 이동이 용이하지 않기 때문이라고 생각되어진다. 투명전극과 유전체의 반응으로부터 주로 Pb²⁺ 이온과 In³⁺ 이온의 반응성이 큼을 알 수 있었다. 580°C 이상의 온도에서는 In의 확산이 유전체층 내부로 4μm 이상 침투하는 것으로 보아 550°C 이상의 온도 이하로 소성온도를 줄이는 것과 적당량의 Al₂O₃의 첨가하여 실제 공정상에서 유전체막과 투명전극간의 반응을 제어가능하다고 생각되어진다. 그러나 과량의 Al₂O₃를 첨가할 경우 Fig. 8에서 나타난 바와 같이 소성후 Al₂O₃가 결정상으로 존재하여 광특성의 저하(Fig. 11) 및 표면 조도(Fig. 9)에도 악영향을 끼치게 된다. 본 연구에서는 유전체층과 투명전극간의 소성과정에서 발생하는 확산을 관찰하였으며, 투명전극중 In 이온이 유전체층으로 확산 이동된 반면, 유전체의 Pb, Si, Al 이온의 투명전극으로 확산은 관찰되지 않았다.

(2) 열적 및 전기적 성질

Fig. 10에 열분석을 이용한 여러 조성에서의 유리 전이점(T_g)을 측정된 결과를 나타내었다. T_g은 PbO양에 지배적인 영향을 받으며, PbO양이 증가함에 따라 T_g은 저하하였다. 반면 Al₂O₃가 첨가된 경우(SA1~SA3)는 T_g 변화에 거의 영향을 미치지 않았다. PbO 함량이 80wt% (SP3)인 경우 T_g가 373°C로 크게 낮아지는 것을 알 수 있었으며, 반면 PbO를 70wt%로 고정된 후 소량의 Al₂O₃를 첨가한 경우에는 전이점 변화가 거의 없었다. Al₂O₃는 유리를 안정화시키고, 선팅창계수를 조절하는데 필요하나, 5% 이상은 유리의 점도를 상승시키고, 소성시 기포 제거의 어려움이 있다.⁹⁾ 본 연구에서 10% 이상의 Al₂O₃를 첨가한 경우 유리가 결정화됨을 알 수 있었다.

유전체의 선팅창계수(α)와 유전상수(ε) 결과를 Table 2에 나타내었다. 선팅창계수는 주로 PbO의 양에 의존적이었으며, PbO양 (SP1~SP3)이 증가함에 따라 선팅창계수도 증가하였다. 반면 PbO양은 고정된 후 소량의 Al₂O₃를 첨가한 경우(SA1~SA3), Al₂O₃/B₂O₃비의 변화에 선팅창계수는 커다란 변화를 받지 않음을 알 수 있었다. 소다-석회유리에 유전체층을 형성시 발생할 수 있는 소다-석회유리 기관과 유전체층의 열팽창 차이에 의한 변형 및 균열을 방지하기 위해서는 선팅창계수가 소다-석회(8.6×10⁻⁶/°C)와 비슷하게 나타내어야 한다. PbO/B₂O₃비가 2~3.5일 때 8.2~8.6×10⁻⁶/°C로 기관과 가장 비슷한 선팅창계수를 나타내어, 소성시 기관과 유전체층의 열적 안정성을

Table 2. The coefficient of thermal expansion(α) and dielectric constant(ε) of investigated glasses.

Samples	α × 10 ⁻⁶ (°C) at R. T ~ 300°C	ε (at 1MHz)
SP1	6.78	17.4
SP2	8.24	25.5
SP3	8.62	29.4
SA1	7.05	21.0
SA2	7.73	16.7
SA3	7.94	19.0

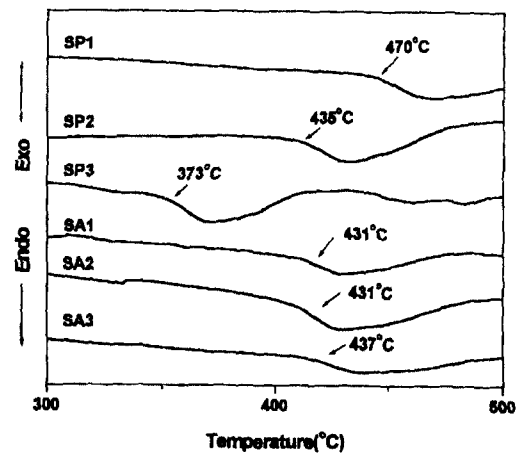


Fig. 10. Glass transition temperatures of dielectrics with various composition.

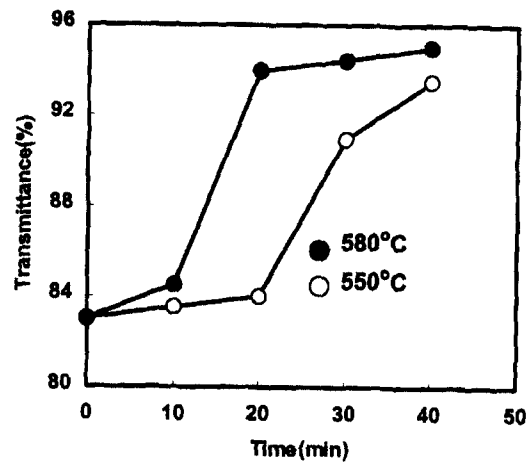


Fig. 11. Transmittance of dielectric(SP1) as a function of firing holding time at different firing temperatures.

가짐을 알 수 있었다. Al₂O₃/B₂O₃비 변화의 경우, B³⁺(Z/a²=1.63)는 Al³⁺(Z/a²=0.96)에 비해 이온장 세기가 크기 때문에 유리의 구조를 더욱 견고하게 만들어 선팅창계수를 감소시키게 된다.^{11,12)} 이것은 Table 1에서 이론적으로 계산된 선팅창계수가 Al₂O₃/B₂O₃비가 감소할 때 감소하는 경향을 보이는 것과 일치함을 알 수 있으나, 작은 변화폭(Δα < 1×10⁻⁶/°C)은 실제 측정값의 변화치와 비슷함을 알 수 있었다.

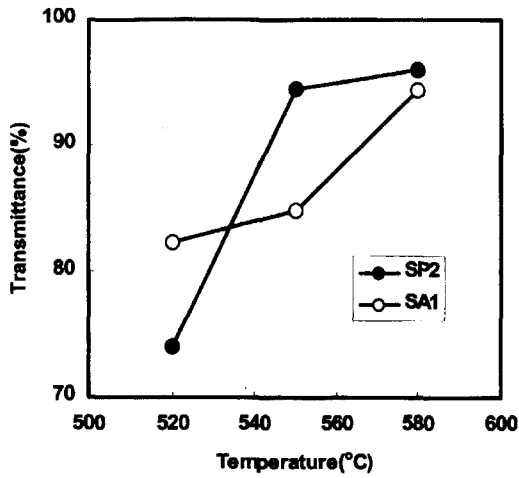
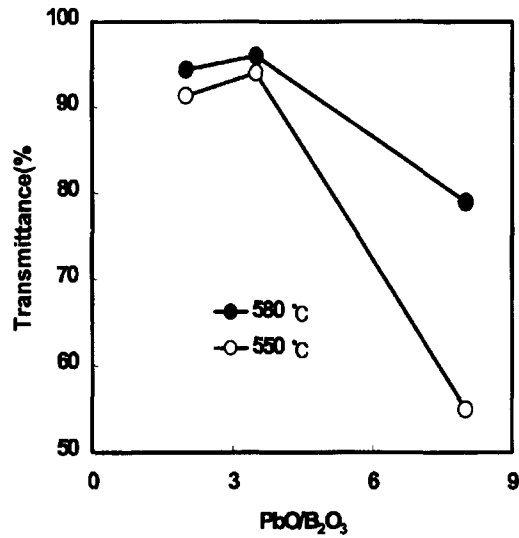
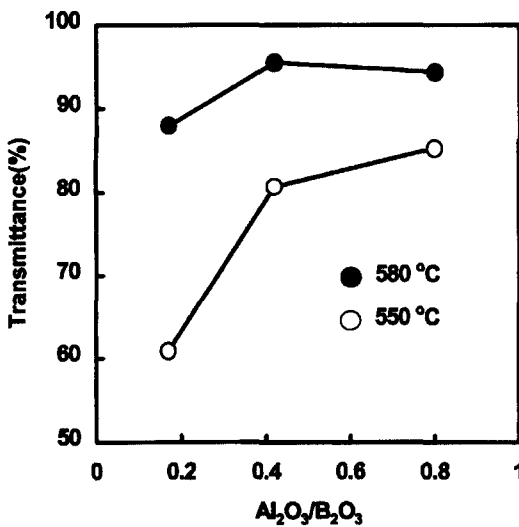


Fig. 12. Transmittance of dielectrics as a function of temperature for two different samples.



(a)



(b)

Fig. 13 Transmittance of dielectrics as a function of composition. (a) SP1, SP2 and SP3 and (b) SA1, SA2 and SA3.

유전상수는 PbO 증가에 따라 높은 값을 가졌으며, PbO가 고정된 경우는 Al₂O₃/B₂O₃비 변화에 따른 규칙성은 나타나지 않았다. 실제로 측정된 유전상수는 16~29 범위를 가지며, PbO 양이 증가함에 따라 유전상수도 증가하였다. 유전체의 특성은 주로 PbO가 지배적인 영향을 미치는데, 그 이유는 다른 성분에 비해 상대적인 양이 많으며, Pb²⁺ 이온은 2개의 6s 전자로 인하여 Pb²⁺ 이온은 커다란 분극성을 지니며, 산소 이온에 의해서도 쉽게 분극화됨으로 인해 유전상수를 증가시키는 요인이 되기 때문이다.¹¹⁾ 또한 망목 수식제로 작용하여 유리의 망목구조를 끊는 역할을 하며, T_g 저하와 선팅창계수를 증가시키는데 큰 영향을 미친다.

(3) 광학적 성질

소다-석회 유리 기판 위에 유전체층을 형성한 후 측정할 광 투과율의 경우, 580°C 소성온도에서 20분간의 소성시간을 준 경우 90% 이상의 광 투과율을 나타내었다. 반면 550°C 경우 90% 이상의 광 투과율을 얻기 위해선 30분 이상의 소성시간이 필요하였다(Fig. 11). Fig. 11의 경우 소성온도가 높아짐에 광 투과율이 증가하며, Al₂O₃가 첨가되지 않은 SP2가 SA1보다 더 높은 광 투과율을 나타내었다. Fig. 13은 두 온도(550, 580°C)에서 조성에 따른 광 투과율을 측정된 것이다. (a)의 경우 PbO/B₂O₃비가 2~3.5인 경우 광 투과율은 90% 이상으로 매우 양호하였으나 PbO/B₂O₃비가 3.5 이상인 경우는 광 투과율이 급격히 감소하는 경향을 나타내었다. (b)는 Al₂O₃/B₂O₃비 변화의 경우는, 550°C에서는 Al₂O₃/B₂O₃=0.4 이상에서는 80% 정도로 큰 차이가 없으며, 고온(580°C)에서 소성한 경우에는 Al₂O₃/B₂O₃비 영향이 없이 90% 이상의 광 투과율을 나타내었다. 일반적으로 PDP용 투명유전체는 580°C에서 30분 정도의 소성을 행하며 85% 이상의 광 투과율을 가져야 한다.^{13,14)} 그러나 580°C 이상에서 소성시 소다-석회 유리의 서냉점(554°C) 이상이 되어 자기하중에 의해서도 열변형을 일으키게 된다. 그러므로 소성온도를 550°C 이하로 낮추어 주면서 광 투과율이 85% 이상을 가지는 조성이 필요하게 된다. Fig. 9에서 보는 것처럼 광 투과율을 85% 이상을 나타내면서 소성온도를 550°C까지 내릴 수 있는 조성으로 PbO/B₂O₃의 비가 2~5, Al₂O₃/B₂O₃가 0.3~0.8임을 본 실험을 통해서 알 수가 있었다.

4. 결 론

PbO-B₂O₃-SiO₂-Al₂O₃계의 소성과정에서 투명전극성분인 In 이온이 유전체층으로 확산이동 함을 관찰할 수 있었다. In 이온은 580°C에서 4μm 이상 이동하였으며, 550°C에서 In 이온의 확산 깊이는 2μm로 제한적이며, 본 연구의 PbO계에서 효과적으로 확산 제어 가능한 온도였다. 또한 Al₂O₃를 첨가함에 따라 광특성은 저하되나 투명전극과의 반응성을 제어 가능하였다, 소성온도 범위 내에서 Sn 확산은 관찰되지 않았다. PbO양 증가는 선팅창계수와 유전상수를 증가시키며, 유리전이온도를 저하시키는 역할을 하였으며, PbO/B₂O₃비가 2~3.5일 때 8.2~8.6×10⁻⁶/°C로

기관과 가장 비슷한 선팡창계수를 나타내었다. 따라서, 광 투과율을 85% 이상을 나타내면서 소성온도를 550℃까지 내려 투명전극과의 반응을 줄일 수 있는 조성으로 PbO/B₂O₃의 비가 2~5, Al₂O₃/B₂O₃가 0.3~0.8임을 알 수가 있었다.

참 고 문 헌

1. T Shinoda, M Wakitani, T Nanto, N Awaji and S Kanagu, IEEE Transactions on Electron Devices, **47**(1) pp77-81, (2000).
2. N. Nobuaki, H. Junichi and T. Yusuke, US Patent, 6084559 (2000).
3. T. Murakami and H. Suetsugu, NEC Technical Journal, **52**(10), pp11-14, (1999).
4. H. Yoshida, NEC Technical Journal, **51**(10), pp3-8, (1998).
5. W. Hiromitsu, O. Hiroyuki, O. Masahiko and H. Kazuo, US Patent, 6,010,973 (2000).
6. A. Masashi and K. Shinji, US Patent, 5,977,708 (1999).
7. T. Shiro, M. Hideaki, U. Tadahiko and K. Koji, JP Patent, 10338547 (1998).
8. H. Naoya and N. Kazuhiro, JP Patent, 11246233 (1999).
9. T.Y. Kim and J.H. Sunwoo, US Patent, 6097151 (2000).
10. H. Scholze, Glass, Nature Structure, and Properties, 3rd., Springer-Verlag, New York, pp. 185-193, 316-319 (1991).
11. R.C. Buchanan and M.A. Zuegel, J. Am. Ceram. Soc., **51**(1), 28-32, (1968).
12. W. Vogel, Glass Chemistry, 2nd ed., pp. Springer-Verlag Heidelberg New York, 157-161 (1994).
13. H.J. Kim, Y.S. Chung, K. Joo and K.H. Auh, J. of Korean Association of Crystal Growth, **9**(1), 50-54 (1999).
14. M.S. Chang, Y.K. Lee, B.G. Ryu and M.H. Park, Proceedings of the 1st Korean Information Display Society Conference, 181-182 (2000).
15. D.N. Kim, J.Y. Lee, H.S. Kim and J.S. Huh, Proceedings of the 1st Korean Information Display Society Conference, 95-96 (2000).