

## 기술특집

# Display유리

김기동 (군산대학교 재료공학과 유리공학 및 비정질 재료 연구실)

## I. 서론

CRT(Cathode Ray Tube), LCD(Liquid Crystal Display), PDP(Plasma Display Panel)는 TV 또는 Computer monitor를 통해 정보를 제공하는 대표적인 Display기술로서, 각 기술이 지니고 있는 영상정보 Display의 원리는 틀리지만 Display를 실현시켜주는 핵심부품은 공통적으로 전면과 후면으로 구성된 2개의 투명(기판)유리내부에 존재하며, 이러한 전·후면 유리를 Display유리라 한다.

Display기술의 주종은 음극선관(CRT)방식으로서, 크기는 5"의 극소형에서부터 32"까지의 대형에 이르기까지 광범위하다. 그러나 90년도 이후 액정 Display(LCD)기술의 발전으로 소형 CRT의 시장을 서서히 잠식하고 있기 때문에, 현재 CRT에 의한 소형 생산은 감소하는 추세이며 30" 이상 대형의 경우 CRT가 지니는 단점인 중량 및 공간점유 때문에 가벼우면서도 공간점유가 적은 LCD와 PDP방식이 서서히 점유하고 있다.

본 고에서는 상기 Display기술에 대해 간략하게 언급하고, Display유리에 대한 특성 및 생산기술을 논하였다.

## II. Display기술

CRT는 이미 보편화된 기술로서, 전면유리(Panel)와 후면유리(Funnel)에 의해 진공으로 유지된 공간에 3개의 전자총(빨강, 초록, 파랑)이 설치되어 있으며, 음극의 전자총에서 발사된 열전자의 흐름이 후면유리에 부착된 편향 Coil에 의해 진행방향이 변화되면서 Shadow mask를 경유해 전면유리 내면에 도포된 Color 형광막과 충돌함으로써 가시광이 발생하여 선명한 상이 전면유리에 형성된다. 전자가 Shadow mask 및 형광막과 충돌하면서 전자의 운동에너지는 초단파의 X-선으로 변하게 되며, 특히 금속 Shadow mask와의 충돌에 의해 발생하는 X-선이 주로 후면으로 향하기 때문에 후면방향의 X-선 발생량이 전면방향보다 약 2배가

많다. 따라서 CRT를 구성하는 전면유리와 후면유리가 지녀야 할 가장 중요한 성질은 X-선을 흡수하여 차단할 수 있는 능력이며, CRT에서 발생하는 X-선을 흡수하여 외부에 방사되는 X-선이 0.06nm의 파장을 기준으로 0.5 Roentgen/1000hr 이하가 되도록 규정하고 있다. 이와 같은 규정을 충족시키기 위해서는 0.06nm에서 유리의 X-선 흡수계수가 전면유리는 28/cm, 후면유리는 62/cm 이상이 되어야 한다.

LCD기술은 액정의 구동방식에 따라 TN(Twisted Neomatic), STN(Super Twisted Neomatic) 및 TFT(Thin Film Transistor) 방식으로 세분화하며, 화질 및 응답 속도에 있어 TFT 방식이 우월하기 때문에 대부분의 영상 Display(예: Note Book PC) 분야에 이 방식이 적용되고 있으나, 제조공정이 반도체 공정과 유사하게 까다롭다는 단점이 있다. TFT-LCD는 2장의 기판유리와 기판유리 사이에 존재하는 액정, 기판표면상의 배향막(Alignment layer), 편광판(Polarizer) 및 Black matrix 등으로 구성된다. LCD 자신은 스스로 빛을 내지 못하기 때문에 광원이 별도로 필요하다. Back light unit로부터 백색 평면광이 액정으로 입사되며, 구동회로로부터 입력된 개개화소의 신호전압에 의해 투과되는 빛을 제어하여 Color 영상을 표현하게 된다.

PDP의 구동원리는 2개의 유리기판 사이에 충전된 가스(Ne, Xe)를 전기로 자극하여 발생한 Plasma에서 방사된 자외선이 유리판 위의 형광체를 여기시키고 이때 가시광선이 발생하여 화면에 영상을 나타내는 방식으로 AC와 DC 방식이 있다. 현재 상업화된 PDP는 거의 AC방식을 채택하고 있다.

## III. Display유리 현황

영상미디어 시대의 매체역할을 하는 TV 또는 컴퓨터 모니터의 주요부품을 보호·유지하면서 영상을 전달해주는 Display유리는 Display기술의 발전에 상응하여 개발되어 왔다. 각 Display유리를 상세히 기술하면 다음과 같다.

## 1. CRT 유리

CRT유리는 이미 언급한 바와 같이 조성이 서로 다른 전면유리와 후면유리로 구성된다. 특히, 전면유리는 영상을 직접 전달해주는 역할을 하기 때문에 후면유리에 비해 매우 엄격한 품질기준을 소유하고 있다. 전 세계적으로 약 7개의 업체가 CRT유리를 생산하고 있으며, 국내에는 삼성코닝(주)과 한국전기초자(주)에서 생산하고 있다. [표 1]에 전면유리와 후면유리의 조성 및 특성을 간략히 수록하였다. 전면유리는 Alkali-alkaline earth-silicate계의 유리로서,  $\text{Na}_2\text{O}$ 와  $\text{K}_2\text{O}$  알카리 산화물을 동시에 함유하고 있는 전형적인 혼합알카리 유리이며, 후면유리는 Alkali-alkaline earth-lead-silicate계 유리이다. 전면유리에는 망목수식 산화물의 역할을 하면서 X-선 흡수계수의 증진에도 기여할 수 있는  $\text{BaO}$ 와  $\text{SrO}$ 성분이 중요한 역할을 하고 있으며, 후면유리의 경우  $\text{PbO}$ 성분이 X-선 흡수계수의 증진에 기여하고 있다. 특히 전면유리의 경우 착색제의 함량에 따라 다양한 가시광선 투과율을 소유하여 영상 Contrast에 기여하며, 보통 Dark tint, Tint 및 Clear로 구분한다. 전면유리는 CRT제조과정에서 유리paste에 의해 후면유리와 접합되므로, 두 유리의 열팽창계수는 비슷하다.

전면유리와 후면유리의 제조과정은 원료의 용융이 진행되는 Melter, 용융유리 내의 기포가 제거되는 Refiner, 용융

유리의 온도를 성형에 알맞게 조절해주는 Forehearth, 전면유리 또는 후면유리로 자동 성형하는 Press machine, 성형된 유리의 열응력을 풀어주는 Annealing Lehr로 구성되어 있다. 특히 [그림 1]에 나타난 바와 같이 전면유리의 성형과정에서, 용융유리가 금형에 낙하하면서 발생하는 온도차에 의해 전면유리의 외면에 Gob mark가 생성됨으로 서냉 후 외면을 연마하는 공정이 추가된다.

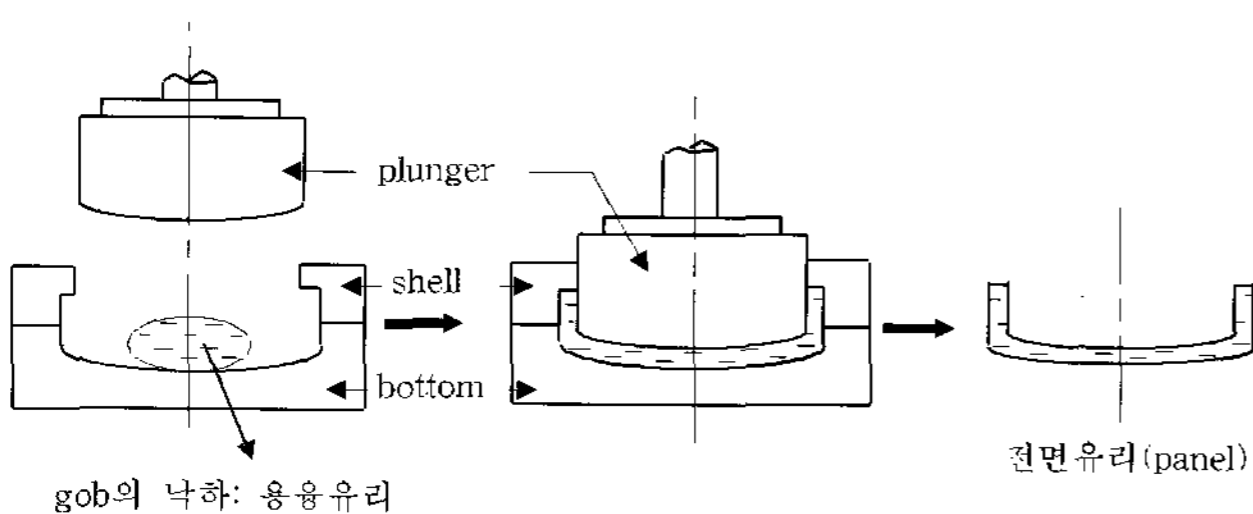
## 2. LCD기판유리

LCD기판유리는 STN용과 TFT용으로 구분하며, 따라서 기판유리의 조성도 제조업체에 따라 다양하다. [표 2]에 LCD에 사용 중인 유리기판을 국내외 업체별로 분류하여 유리 Code, 조성, 특성, 생산기술 등을 표시하였다. STN용 기판으로는 LCD의 제조공정상  $550^\circ\text{C}$  이하의 Strain점을 소유하는 박판(1mm 이하)의 Soda lime borosilicate유리 (AGC AX; NEG BLC)를 사용한다. STN용 기판은 구동 방식의 특성상 균질한 표면이 요구되며, Float process와 Redraw process에 의해 성형된 판유리는 이러한 표면품질을 충족시키지 못하기 때문에 연마를 한다. 또한  $\text{Na}_2\text{O}$ 나  $\text{K}_2\text{O}$  같은 Alkali 산화물을 함유하므로써 발생하는 알카리 이온의 표면확산은 투명전도막(ITO)을 손상시키기 때문에 이를 방지하기 위하여 Silica 보호막을 우선 1차로 기판유리 표면에 형성시킨다. TFT-LCD의 개발과 더불어 Soda lime borosilicate유리로는 TFT 제조 공정온도를 충족시킬 수 없기 때문에, Strain점이 높고 열팽창계수가 작은 새로운 조성의 기판유리(SCP 1737; AGC AN; NEG OA-2)가 사용되고 있다. 조성의 특징은 알카리가 전혀 없고  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 가 다량 첨가된 Alumino borosilicate계에 속한다. 1737은 원래 미국 C.I(Corning Incorporate)의 새로운 박판유리 공법인 Fusion down draw process에 의해 생산되기 시작했으며, 국내에서는 삼성과 C.I의 합작사인 삼성코닝정밀유리(SCP)에서 생산되고 있다. AGC의 AN은 AGC의 독자 개발 조성으로서 Float process에 의해 생산되며, NEG의 OA-2기판은 NEG의 독자공법인 Redraw process에 의해 생산되는 것으로 알려져 있다.

[그림 2]는 Fusion down draw, Float process를 대략적으로 표시한 것이다. Fusion down draw process는 말구유(Trough)모양의 내화물에 흘러 들어간 용융유리가 Overflow되어 Front와 Back flow가 합치면서 다른 물질과 전혀 접촉되지 않은 순수한 판유리가 성형된다. 이 공법의 장점은 성형시 유리표면이 공기이외에는 어떠한 것과도 접촉을 하지 않은 깨끗한 표면의 판유리가 제조되기 때문에 연마를 할 필요가 없다는 것이다. Float process는 원래 건축 및 자동차용 Soda lime silicate 판유리의 생산을 주목적으로 개발되었으나, Asahi에 의해 LCD기판유리의 생산에 Float process가 적용되었다. Tin Bath내에서 용융유리가 용융주석 위로 흘러가면서, 두 물질간의 밀도, 표면 및 계면장력 등의 차이에 의해 매우 평탄한 판유리로 성형되나, TFT-LCD의 기판으로 사용하기에는 표면품질이 만족스럽

[표 1] CRT유리의 조성(wt%) 및 특성

항 목	전면유리	후면유리	
성 분	$\text{SiO}_2$	60.0-61.5	55-58
	$\text{Na}_2\text{O}$	7.4-8.0	6-6.6
	$\text{K}_2\text{O}$	7.0-7.6	7.3-8.5
	$\text{MgO}$	0-0.4	2.0-3.0
	$\text{CaO}$	0-1.5	3.0-3.5
	$\text{SrO}$	8.1-9.0	-
	$\text{BaO}$	9.0-9.6	-
	$\text{ZnO}$	0-0.5	-
	$\text{PbO}$	0-2.3	22-24
	$\text{ZrO}_2$	1.5-2.5	-
	$\text{TiO}_2$	0.4-0.5	-
	$\text{CeO}_2$	0.3-0.4	-
	$\text{Al}_2\text{O}_3$	2.0-2.2	1.5-2.5
	$\text{Sb}_2\text{O}_3$	0.2-0.4	0-0.2
열팽창계수 ( $\times 10^{-7}/^\circ\text{C}$ )	98.2-98.5	96-97.5	
X-선 흡수계수 (/cm)	>28	>62	

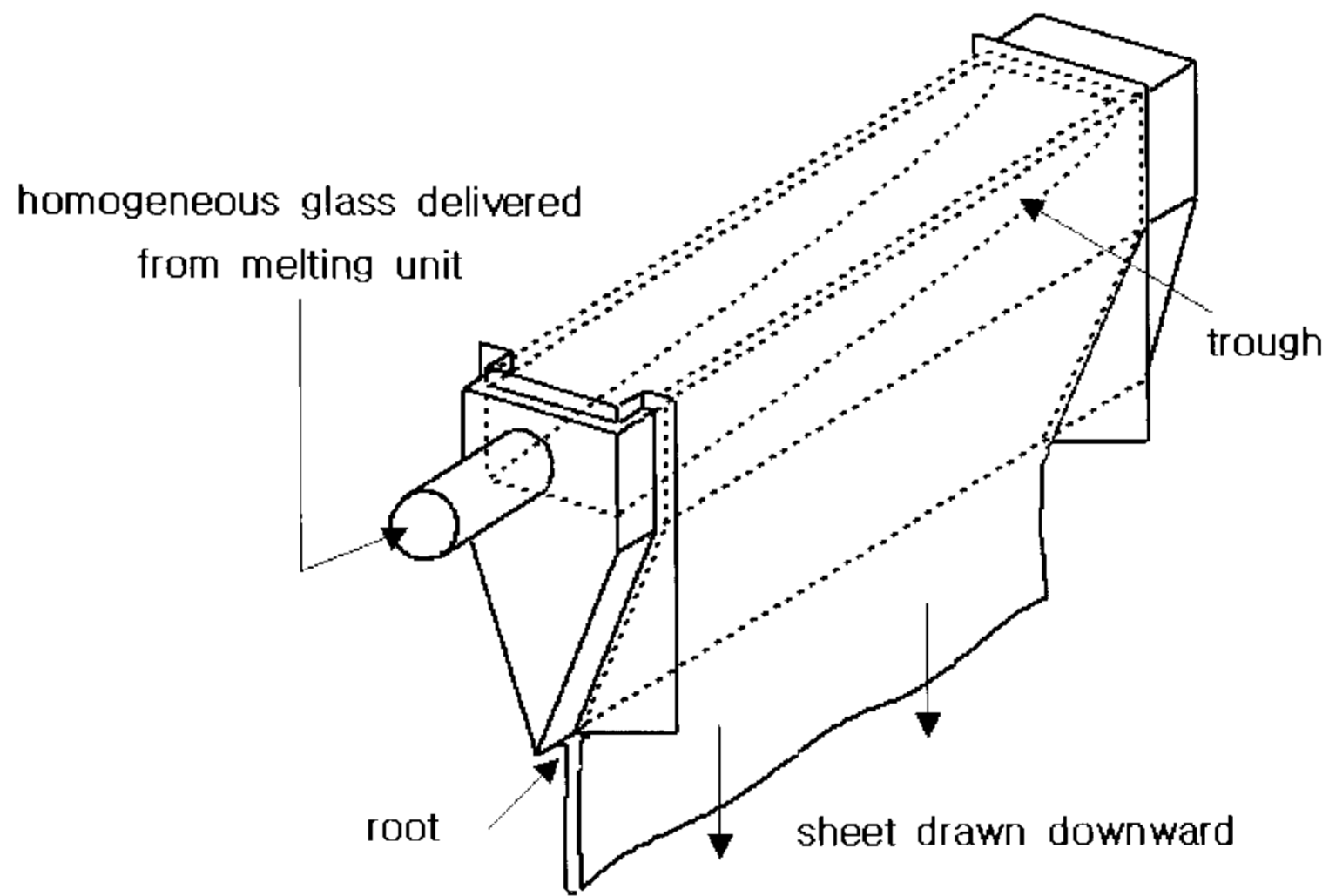


[그림 1] press공법에 의한 TV전면유리의 성형과정 및 금형

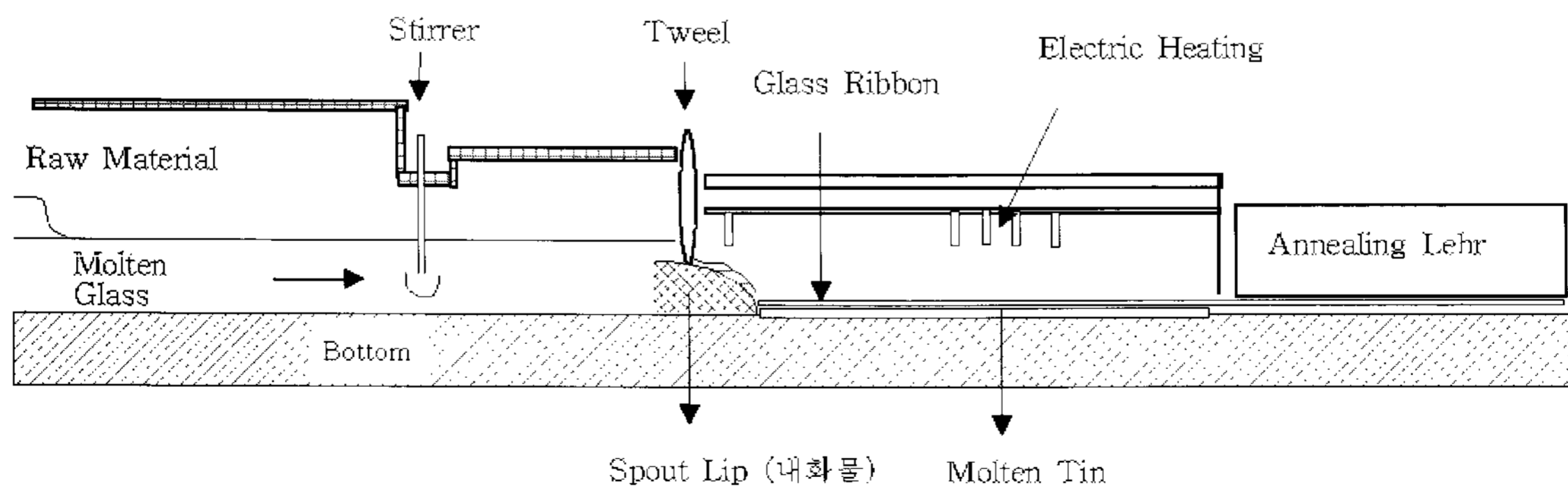
[표 2] LCD기판유리의 제조업체, 조성, 특성 및 생산기술

항 목		업체명	삼성코닝정밀유리 (SCP)	Asahi Glass Co. (AGC)		Nippon Electric Co. (NEG)	
Code			1737	AX	AN	BLC	OA2
조성 (wt %)	SiO <sub>2</sub>		58.0	72.0	56.0	71.0	55.0
	R <sub>2</sub> O		-	6.5	-	8.0	-
	RO		16	7.5	27.0	3.0	23.0
	ZnO		-	-	-	-	4.0
	ZrO <sub>2</sub>		-	-	3.1	-	-
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		17.0	5.0	15.0	6.0	11.0
	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		8.0	9.0	2.0	13.0	6.0
특성	Strain점 (°C)		667	527	616	535	635
	서냉점 (°C)		721	571	661	575	685
	연화점 (°C)		975	790	862	775	895
	열팽창계수 (x10 <sup>-7</sup> /°C)		37.6	49	43	51	47
	주 용도		TFT	STN	TFT	STN	TFT
생산기술		Fusion down draw process	Float process		Redraw process		

R<sub>2</sub>O : Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O, RO : MgO + CaO + SrO + BaO



(1) Fusion Down Draw Process



(2) Float Process

[그림 2] LCD기판유리 생산(성형)기술

지 못하기 때문에 용융주석과 접촉한 표면(Tin Side)이 연마되어 기판유리로 사용된다. Redraw process는 NEG의 독자 생산기술로서, 이미 제조된 모유리를 Redraw furnace에 투입하여 판형으로 성형하기 위한 적당한 점도를 부여한 후 Down draw process와 유사하게 원하는 두께로 잡아당기는 공법이다.

### 3. PDP기판유리

PDP의 제조공정 온도는 TFT-LCD에 비해 낮으며, 대략 580-600 °C의 범위에 있다. 기판유리의 두께는 일반적으로 약 3mm이며, 유리의 Strain점은 PDP 제조공정 온도에 적합하도록, 열팽창계수는 주변부품, 특히 여러 Paste와 잘 어울리도록 Design되었다. AGC의 PD-200이 현재로서는 유일한 PDP 전용 기판유리로서 개발된 상업적인 제품으로, Float process에 의해 생산되고 있다. [표 3]에 건축 및 자동차용 판유리를 포함하여 PDP 기판유리의 조성 및 특성을 수록하였다. Soda lime silicate계 판유리와 동일한 공법으로 생산되고 있지만, 유리조성을 비교해 볼 때 알카리 함량이 낮아서 (PD-200의 경우 10.4 wt%, Soda lime silicate계의 경우 14.0 wt%) Tin Bath 내에서 판형태로 성형시 Moten tin과의 이온교환이 Soda lime silicate 판유리에 비해 낮아 유리표면에서(Bottom Side)의 Sn함량도 낮다.

[표 3] PDP 기판유리의 조성, 특성 및 생산기술

업체명		Asahi Glass Co.	건축 및 자동차용
항 목		(AGC)	판유리
Code		PD-200	
조성 (wt %)	SiO <sub>2</sub>	57.6	71.0
	R <sub>2</sub> O	10.4	14.0
	RO	21.6	13.0
	ZrO <sub>2</sub>	3.1	-
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7.1	1.5
	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	-
특성	Strain점 (oC)	569	511
	서냉점 (oC)	631	554
	연화점 (oC)	836	735
	열팽창계수 (x10 <sup>-7</sup> /oC)	83.0	87
생산기술		Float process	

R<sub>2</sub>O : Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O, RO : MgO + CaO + SrO + BaO

### IV. 맺 음 말

정보통신과 컴퓨터산업을 바탕으로 진행되는 영상 Display분야의 가속적인 발달에 기인하여 부품으로서 Display 유리의 중요성도 더욱 증가하고 있다. 따라서 Display유리는 점차 유리분야에 한 영역을 차지하고 있으며, 기판유리의

생산기술과 개발 역시 유리공학의 측면에서 매우 큰 관심을 받는 분야이다. 현재까지는 주로 관련 유리업체가 영상 Display Device기술의 요구에 따라 적극적으로 연구개발 및 생산에 종사하고 있으나, 앞으로 학계에서도 관심을 가지고 Display유리와 관련된 응용연구를 수행해야 할 것으로 사료된다.

### 참 고 문 헌

- [1] Dawne, M. M. : Glass substrate for flat panel displays, MRS Bulletin, Vol. 21, no. 3 (1996) 31-34
- [2] McLellan, G. W. ; Shand, E. B. : Glass Engineering Handbook, Electronic Components, McGraw-Hill Book Company (1984) 18-1~18-8
- [3] Dumbaugh, W. H. ; Bocko, P. L. ; Fehlner, F. P. : Glasses for flat-panel displays, In: M. Cable and J. M. Parker (eds.) : High-Performance Glasses, Chapman and Hall USA, (1992) 86-100
- [4] 연상현 : 유리의 개념과 실제, TV용 특질유리. 학연사 (1986) 128-174
- [5] Okamoto, F. : Glass Substrate for LCD(I)-Characteristics of Glass. Display and Imaging 1 (1993) no. 3, pp.134-142
- [6] Anma, M. : Glass Substrats for TFT-LCD Applications. New Glass 12 (1996) no. 2, pp.21-26
- [7] Lapp, J. ; Pegouret, J. ; Eid, B. : Design Criteria for Color PDP Substrates. In : 2nd International Display Workshops, Hamamatsu (Japan) 1995. Proceedings Vol. 1. IDW95 1995. pp.37-40
- [8] Gy, R. ; Koch, S. ; Khiati, N. E. ; Courtemanche, G. ; Lapp, J. ; Barlier, P. ; Ono, T. : New Glass Substrate for Color Plasma Panel. SID Digest 27 (1996) pp.853-856
- [9] Maeda, K. ; Manbe, T. : Glass substrate and related glass materials for PDPs. New Glass 12 (1996) no. 2, pp.27-32
- [10] Ono, T. : Introduction of New Generation PDP Substrate CS-25. Corning Research (1996) pp. 159-166
- [11] Maeda, K. ; Nishizawa, M. ; Nakashima, T. ; Nakao, Y. : Thermal Compaction of PDP Glass Substrates. SID Digest 28 (1997) pp.544-547
- [12] Maeda, K. : PDP Glass Substrate. Monthly Display Japan no. 10 (1997) 65-69
- [13] Kim, K. D. ; Hwang, J. H. : Substrate glasses for Plasma Display Panel, their required properties and production technology, Proceeding of the 13th Korean Vacuum Society (1997) pp.194-197