

TFT-LCD 패널용 석영유리기판의 특성평가

박성은*, 신지식*, 오한석*, 김기영**, 강복현**

*주식회사 새빛

**한국기술교육대학교 신소재공학과

e-mail:separk@sebit.net

Characterization of quartz glass substrate for TFT-LCD panel

Sung-Eun Park*, Ji-Shik Shin*, Han-Seog Oh*,

Ki-Young Kim**, Bok-Hyun Kang**

*SEBIT Co. Ltd.

**Dept. of Advanced Materials Engineering, Korea University of
Technology and Education

요 약

본 논문에서는 TFT-LCD 패널용 석영유리기판을 제작하여 투과율, OH함량, OH농도분포, 점도, 열 팽창계수 등에 대한 특성 평가를 하였다. 그 결과 고온 poly-Si TFT-LCD용 기판으로의 사용 가능성을 확인하였다.

1. 서론

고순도 석영유리는 SiO₂ 만으로 이루어지고 기타 금속불순물의 함량이 매우 적기 때문에 화학적으로 안정성이 매우 우수하며, 투광성 특히 자외선 영역에서의 투과율이 뛰어나기 때문에 반도체/LCD용 photomask 기판, 투사형 디스플레이의 핵심부품인 고온 poly-Si TFT-LCD용 wafer, 정밀광학용 소재, 반도체/LCD 제조관련 각종 ware로도 사용되고, 이 밖에도 정보통신용 광섬유에 사용되는 등 디스플레이 산업과 반도체산업 등의 첨단산업에 널리 사용되는 소재이다.

투사형 디스플레이장치로는 액정프로젝터 및 프로젝션TV가 있고, 이들은 최근 수요가 급증하고 있으며, 향후에도 성장증가세가 이어질 것으로 예상된다. 투사형 디스플레이용 석영유리는 방진유리(dust-proof glass), TFT기판, 대향기판(facing substrate) 등에 응용된다. 방진유리는 TFT기판과 대향기판의 앞뒷면에 위치하여 먼지나 이물질이 기판 표면에 부착되어 발생하는 화질의 저하는 막는 기능, 즉 defocusing기능을 하며, 이밖에도 기판유리

의 기계적인 손상을 방지하는 기능을 갖는다.

투사형 디스플레이장치에 사용되는 석영유리는 1000℃ 이상의 고온 공정을 거치므로 내열성이 특히 중요하다. 석영유리의 내열성을 향상시키기 위해서 석영유리 내부에 존재하는 OH농도를 최소화하기 위한 연구가 이루어지고 있고, 이는 석영유리의 기본 구조인 [SiO₄] 사면체로 이루어진 3차원 망목구조가 OH에 의해서 끊어지기 때문에 석영유리가 갖고 있는 우수한 특성인 내열성이 저하된다.

본 논문에서는 투사형 디스플레이에 사용되는 고온 poly-Si TFT-LCD 패널 기판에 적용될 수 있도록 석영유리 내의 OH를 제거하고자 건조가스를 이용하는 방법을 적용시키고자 한다.

2. 실험방법

2.1 석영유리기판의 제조

TFT기판, 대향기판, 방진유리 등으로 사용되는 석영유리기판의 제조과정을 그림 1에 나타내었다. TFT기판과 대향기판의 경우에는 습식화학법에 의해 제조한 실리카 건조체를 OH제거 열처리와 여러

단계의 열처리를 통하여 석영유리 잉곳을 만들고, 서냉 열처리를 통해 잔류응력을 제거하고 특성이 균질화되도록 한다. 이후 원하는 두께로 slicing하고, lapping과 polishing을 거쳐 TFT기판과 대향기판을 제조하게 된다. 방진유리의 경우에는 polishing 과정을 거친 후 coating, dicing 과정을 부수적으로 거치게 된다.

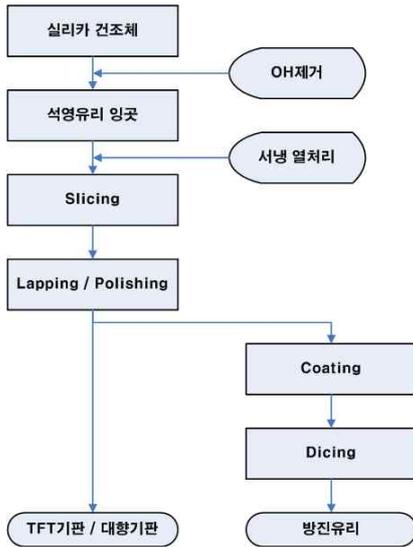


그림 1. 석영유리기판 제조과정

OH제거를 위한 건조가스열처리는 건조가스 trap을 설치하여 샘플 내의 높은 OH농도와 건조가스분위기의 낮은 OH농도와의 차이에 의한 확산 거동을 이용하였다. 이슬점온도가 낮아질수록 수분함량은 지속적으로 감소한다. 이슬점온도가 낮은 건조가스 trap을 사용하는 것이 OH를 제거하는데 더 효과적이라고 생각된다.

2.2 석영유리기판의 특성 분석

석영유리 내의 OH농도를 측정하기 위해서는 FT-IR을 이용하여 2600nm와 2730nm 파장에서의 투과율을 측정하여 아래와 같은 식으로 구한다[1].

$$OH\text{농도 [ppm]} = 910 \times (1/t) \log_{10}(T_a/T_b)$$

여기서, t는 샘플의 두께(mm), T_a 는 2600nm 파장에서의 투과율(%), T_b 는 2730nm 파장에서의 투과율(%)이다. 또한 상수 910은 아래와 같은 식으로 계산된 것이다. MW는 $(OH)^-$ 의 molecular weight로 17g이고, E는 $(OH)^-$ 의 extinction coefficient로 85 liters/mol·cm이고, ρ 는 SiO_2 의 밀도로 2.21 g/cm³이다.

$$910 = (MW \times 10^4) / (E \times \rho)$$

균질한 석영유리 특성 제어를 위한 OH 및

halogen 농도분포는 중심을 기준으로 상하좌우 9 point를 하였다.

석영유리의 광학적 특성 중 가장 중요한 UV 투과율은 UV/VIS spectrophotometer를 이용하여 측정하였다.

석영유리는 일반유리와 달리 용점이 높고 고온점도가 높기 때문에 고온에서의 점도 측정이 쉽지 않다. 점도측정방법으로는 Beam bending method[2], Cantilever beam bending method[3], Torsion method[4], Falling ball method[5] 등이 있다. Beam bending method와 Cantilever beam method는 1100~1500℃에서 10⁹~10¹⁶ Pa·s의 점도 측정이 가능하고, Torsion method는 1500~2200℃에서 10⁵~10⁸ Pa·s의 점도 측정이 가능하고, Falling ball method는 2300℃ 이상에서 10⁴ Pa·s 이상의 점도 측정이 가능하다. 고온에서 사용되는 석영유리의 내열성 확인을 위한 점도 측정에는 Beam bending method와 Cantilever beam bending method 만이 가능하다.

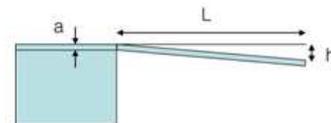


그림 2. 점도측정용 치구

이 중에서 간단히 측정할 수 있는 Cantilever beam bending method를 이용하여 그림 2와 같은 점도측정용 치구를 제작하였다. 석영유리의 점도(η)는 측정을 원하는 온도에서 일정시간 유지하며 변형된 길이를 측정하여 다음 식에 의해 구할 수 있다.

$$\eta = (\rho g L^4 \Delta t) / (2 a^2 h)$$

여기서 ρ 는 유리의 밀도, g는 중력가속도, L은 시편의 길이, Δt 는 측정온도에서의 유지시간, a는 시편의 두께, h는 시편의 변형량이다.

석영유리의 열팽창계수는 TDA(Thermal Dilatometric Analyzer)를 이용하였다. 석영유리의 내열성에 영향을 미치는 OH함량과 열팽창계수, 점도와의 관계를 규명하기 위해 실험하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 석영유리기판의 제조

석영유리 내의 OH를 제거하기 위하여 건조가스 분위기 열처리를 수행하였다. 이슬점온도, 사용가스, 열처리온도, 열처리시간 등을 변화시켜가며 최적조

건을 찾는 실험을 하였다.

활발히 일어나는 것으로 생각된다.

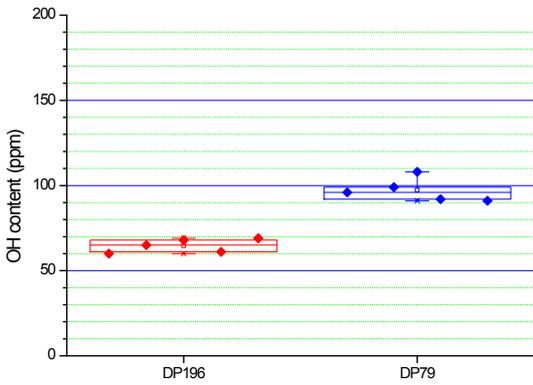


그림 3. 이슬점온도 변화 (사용가스: He, 열처리온도: 1200°C, 열처리시간: 20hr)

이슬점온도를 변화시켜 실험한 결과를 그림 3에 나타내었다. 액체질소 trap을 사용하여 이슬점온도를 -196°C로 유지하였고, 드라이아이스/에탄올 trap을 사용하여 이슬점온도를 -78.5°C로 만들었다. 이슬점온도와 수분함량과의 관계는 이슬점온도가 낮아질수록 수분함량이 지수적으로 감소하게 된다. 이슬점온도가 낮으면 수분함량이 적게 되고, 석영유리 내의 OH를 제거하는데 더 효과적인 것으로 생각된다.

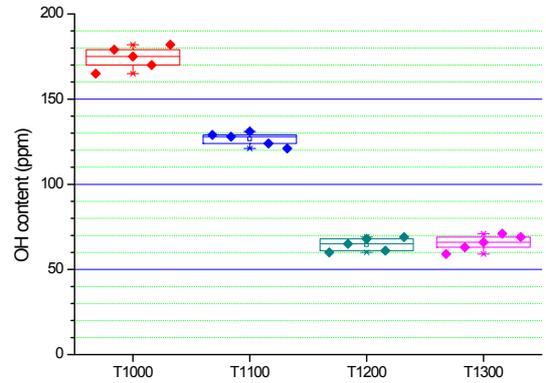


그림 5. 열처리온도 변화 (사용가스: He, 이슬점온도: -196°C, 열처리시간: 20hr)

건조가스 열처리온도를 변화시켜 실험한 결과를 그림 5에 나타내었다. 열처리온도를 각각, 1000°C, 1100°C, 1200°C, 1300°C로 하였다. 열처리온도가 높아질수록 OH함량이 줄어들다가 1200°C 이상에서는 거의 변화가 없는 것을 알 수 있었다. 열처리온도가 높아질수록 에너지가 더 많이 필요하고 생산비용이 상승하게 되므로, 최적 열처리온도는 1200°C라고 할 수 있다.

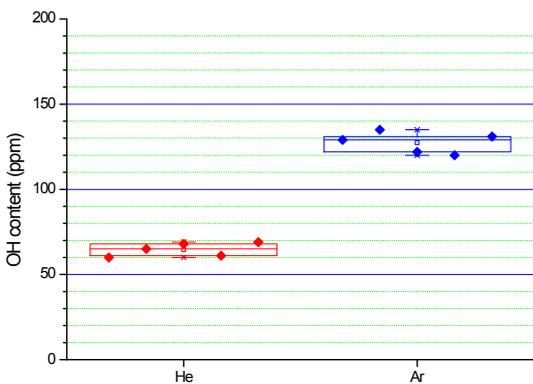


그림 4. 사용가스 변화 (이슬점온도: -196°C, 열처리온도: 1200°C, 열처리시간: 20hr)

건조분위기 열처리시의 사용가스를 변화시켜 실험한 결과를 그림 4에 나타내었다. 사용가스로는 불활성가스 중 He 가스와 Ar 가스를 사용하였다. He gas가 Ar gas보다 OH제거하는데 더 효과적인 것으로 나타났다. He의 molar mass는 4.003 g/mol인 반면, Ar의 molar mass는 39.948 g/mol이므로 He이 샘플 내부 깊숙이 침투를 잘 하여 OH제거 반응이

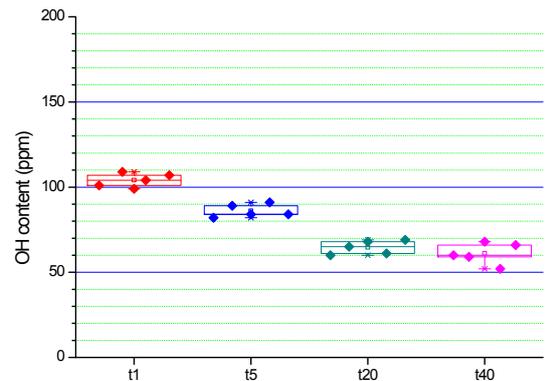


그림 6. 열처리시간 변화 (사용가스: He, 이슬점온도: -196°C, 열처리온도: 1200°C)

건조가스 열처리시간을 변화시켜 실험한 결과를 그림 6에 나타내었다. 열처리시간을 각각 1hr, 5hr, 20hr, 40hr으로 하였다. 열처리시간이 길어질수록 OH함량이 줄어들다가 20hr이상에서는 거의 변화가 없는 것으로 알 수 있다. 열처리시간이 길어질수록 에너지가 더 많이 필요하고 생산비용이 상승하게 되

므로, 최적 열처리시간은 20hr이라고 할 수 있다.

건조가스분위기 열처리에 의한 OH제거 후 발생한 OH농도분포의 편차를 줄여주기 위해서는 annealing(서냉) 열처리가 필요하다. 서냉 열처리에 의해 가상온도(fictive temperature)[6]의 제어가 가능하고, 이에 따라 OH농도분포를 제어할 수 있다. 석영유리의 가상온도의 측정방법은 IR spectroscopic method를 이용하였다[7].

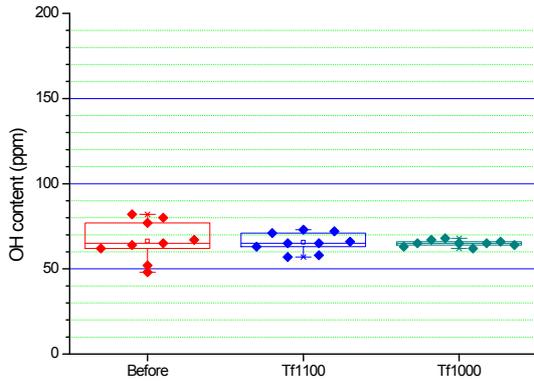


그림 7. 서냉 열처리 전후의 OH농도분포

건조가스분위기 열처리 테스트를 수행한 샘플, 즉 서냉 열처리 전의 샘플의 가상온도는 1230°C이었다. 이 샘플을 가상온도가 각각 1100°C, 1000°C가 되도록 서냉 열처리 한 후의 OH농도분포를 그림 7에 나타내었다.

이슬점온도 -196°C, 사용가스 He, 열처리온도 1200°C, 열처리시간 20hr의 조건으로 건조가스분위기 열처리하여 OH를 제거한 후, 가상온도가 1000°C가 되도록 서냉 열처리한 경우, 석영유리 wafer의 OH농도분포는 65±3ppm으로 매우 균일한 값을 나타내었다.

3.2 석영유리기판의 특성 분석

제조된 석영유리기판의 UV 투과율을 측정된 결과, 사용과장대 영역에서 90%이상의 결과를 나타내어 TFT기판, 대향기판, 방진유리로 사용하기에 적합하였다.

점도 측정온도가 각각 1100, 1200, 1300°C인 경우에 대하여 OH함량에 따른 점도 변화를 그림 8에 나타내었다. 석영유리의 점도는 OH함유량이 증가함에 따라 감소함을 알 수 있다. OH농도가 높을 때 점도가 낮은 것은, 유리의 망목구조가 OH기에 의해 여

러 곳에서 절단되어 있기 때문이라고 생각된다.

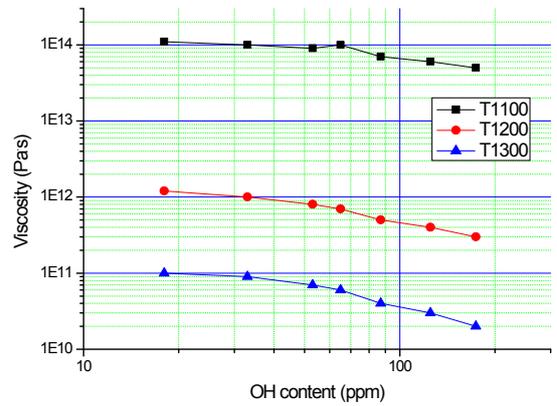


그림 8. OH함량에 따른 점도 변화

OH함량이 각각 18, 87, 174ppm인 샘플의 열팽창계수 측정 결과, OH함량이 증가할수록 열팽창계수가 증가하는 경향을 보여주었다.

4. 결 론

투사형 디스플레이에 사용되는 고온 poly-Si TFT-LCD 패널 소재인 고순도 석영유리기판을 제조하여 특성 평가하였다. 건조가스분위기 열처리에 의한 OH 제거 최적 조건은 이슬점온도는 -196°C, 사용가스는 He, 열처리온도는 1200°C, 열처리시간은 20hr, 서냉 열처리시의 가상온도는 1000°C이었고, 이때 OH함량은 65±3ppm이었다. UV 투과율은 사용과장대 영역에서 90%이상의 결과를 나타내었고, 석영유리 내의 OH함량이 증가함에 따라 점도는 감소하고, 열팽창계수는 증가하는 경향을 확인하였다.

참고문헌

- [1] Beta Factor, GE Quartz, <http://gequartz.com/en/chemical.htm>
- [2] ASTM Destination: C598-93, American Society for Testing and Materials, Approved 1993.
- [3] Yoshikazu KIKUCHI et al., Journal of the Ceramic Society of Japan, 105[8], 645-649 (1997)
- [4] W. Weiss, J. Am. Ceram. Soc., 67, 213-22 (1984)
- [5] D. W. Bowen et al., Am. Ceram. Soc. Bull., 57, 818-819 (1978)
- [6] A. Q. Tool, J. Am. Ceram. Soc., 29 (1946) 240
- [7] Anand Agrwal et al., Journal of Non-Crystalline Solids 185 (1995) 191-198