



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2021년10월25일  
(11) 등록번호 10-2317082  
(24) 등록일자 2021년10월19일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
C03C 3/091 (2006.01) C03B 17/06 (2006.01)  
C03B 18/00 (2006.01) C03B 27/03 (2006.01)  
C03C 21/00 (2006.01) C03C 3/087 (2006.01)  
C03C 4/00 (2006.01)  
(52) CPC특허분류  
C03C 3/091 (2013.01)  
C03B 17/064 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2018-7004256  
(22) 출원일자(국제) 2015년08월26일  
심사청구일자 2019년05월02일  
(85) 번역문제출일자 2018년02월12일  
(65) 공개번호 10-2018-0036725  
(43) 공개일자 2018년04월09일  
(86) 국제출원번호 PCT/CN2015/088132  
(87) 국제공개번호 WO 2017/031720  
국제공개일자 2017년03월02일  
(56) 선행기술조사문헌  
JP2014012611 A\*  
WO2014120641 A2\*  
WO2015080893 A1\*  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
코너스톤 머티리얼스 테크놀로지 컴퍼니 리미티드  
중국 350015 푸젠성 푸저우 마웨이구 루지양 웨스  
트로드 6번  
(72) 발명자  
덩, 위안쩌에  
중국 350015 푸젠성, 푸저우, 마웨이구 디스트릭  
트, 콰이안 랜드 넘버 77, 빌딩 1, 플로어 2  
첸, 이준  
대만, 장화 카운티, 서터우 카운티, 위안지 로드,  
섹션 2, 엘리 598, 넘버 57  
(74) 대리인  
유미특허법인, 두호특허법인

전체 청구항 수 : 총 6 항

심사관 : 김준규

(54) 발명의 명칭 **화학적으로 강화된 알칼리-알루미늄실리케이트 유리용 유리 조성물 및 단축된 이온 교환 시간으로 이를 제조하는 방법**

**(57) 요약**

화학적으로 강화된 알칼리-알루미늄실리케이트 유리를 제조하기 위한 유리 조성물 및 화학적으로 강화된 알칼리-알루미늄실리케이트 유리의 제조 방법. 화학적으로 강화된 알칼리-알루미늄실리케이트 유리는 터치 디스플레이용 고강도 커버 유리, 태양 전지 커버 유리 및 적층 안전 유리로 사용하기에 적합하며, 단시간 내에 생산된다.

(52) CPC특허분류

*C03B 18/00* (2013.01)

*C03B 27/03* (2013.01)

*C03C 21/002* (2013.01)

*C03C 3/087* (2013.01)

*C03C 4/00* (2013.01)

*Y02P 40/50* (2020.08)

*Y02P 40/57* (2020.08)

---

**명세서**

**청구범위**

**청구항 1**

하기의 산화물 기준 몰%를 포함하는 조성을 가지는 이온-교환성 유리로부터 형성된, 화학적으로 강화된 알칼리-알루미늄노실리케이트 유리:

63.0% 내지 68.0%의 SiO<sub>2</sub>;

12.0% 내지 16.0%의 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>;

10.0% 내지 15.0%의 Na<sub>2</sub>O;

2.0% 내지 6.0%의 B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>;

0% 내지 6.0%의 K<sub>2</sub>O;

0% 내지 3.0%의 MgO; 및

0% 내지 1.5%의 CaO;

여기서, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + Na<sub>2</sub>O는 32.6%이고;

$1 < (B_2O_3 + Na_2O + K_2O) / Al_2O_3 \leq 1.3$  이고;

$(Na_2O + K_2O) / (Al_2O_3 + MgO) \geq 1$  이며;

상기 유리는 이온-교환되고 표면 압축 응력 층 및 중심 인장 영역을 가지며;

상기 표면 압축 응력 층은 951MPa의 압축 응력 및 30.0 $\mu$ m의 깊이를 가지며;

상기 중심 인장 영역은 43MPa의 인장 응력을 가지며;

상기 유리는 0.1mm 내지 1.2 mm의 두께를 가짐.

**청구항 2**

제1항에 있어서,

상기 이온-교환성 유리는 950 $^{\circ}$ C 이상의 액상선 온도를 가지는, 화학적으로 강화된 알칼리-알루미늄노실리케이트 유리.

**청구항 3**

제1항에 있어서,

상기 이온-교환성 유리는 980 $^{\circ}$ C 이상의 액상선 온도를 가지는, 화학적으로 강화된 알칼리-알루미늄노실리케이트 유리.

**청구항 4**

제1항에 있어서,

상기 이온-교환성 유리는 950 $^{\circ}$ C 내지 1100 $^{\circ}$ C의 액상선 온도를 가지는, 화학적으로 강화된 알칼리-알루미늄노실리케이트 유리.

**청구항 5**

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 유리는  $2.5\text{g}/\text{cm}^3$  이하의 밀도를 가지는, 화학적으로 강화된 알칼리-알루미늄실리케이트 유리.

**청구항 6**

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 유리는 90.0 내지 105.0의 선팽창계수( $\alpha_{25-300}$ ,  $10^{-7}/^\circ\text{C}$ )를 가지는, 화학적으로 강화된 알칼리-알루미늄실리케이트 유리.

**청구항 7**

삭제

**청구항 8**

삭제

**청구항 9**

삭제

**청구항 10**

삭제

**청구항 11**

삭제

**청구항 12**

삭제

**청구항 13**

삭제

**청구항 14**

삭제

**청구항 15**

삭제

**청구항 16**

삭제

**청구항 17**

삭제

**청구항 18**

삭제

**청구항 19**

삭제

**청구항 20**

삭제

**청구항 21**

삭제

**청구항 22**

삭제

**청구항 23**

삭제

**청구항 24**

삭제

**청구항 25**

삭제

**청구항 26**

삭제

**청구항 27**

삭제

**청구항 28**

삭제

**청구항 29**

삭제

**청구항 30**

삭제

**청구항 31**

삭제

**청구항 32**

삭제

**청구항 33**

삭제

**청구항 34**

삭제

**청구항 35**

삭제

**청구항 36**

삭제

**청구항 37**

삭제

**청구항 38**

삭제

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 화학적으로 강화된 알칼리-알루미늄실리케이트 유리 및 이의 제조 방법과 사용 방법에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 화학적으로 강화된 유리는 일반적으로 유리 조성 및 유리를 제조하는 데 사용되는 화학 강화 공정으로 인해 어닐링된 유리보다 현저히 단단하다. 이러한 화학 강화 공정은 광학 왜곡을 만들지 않으면서 모든 크기 및 형태의 유리를 강화하는 데 사용할 수 있어 열적 담금질이 불가능한 얇고, 작고, 복잡한 형태의 유리 샘플의 생산을 가능하게 한다. 이러한 특성은 화학적으로 강화된 유리, 보다 구체적으로는, 스마트폰, 태블릿 피씨 및 노트 패드와 같은 소비자의 모바일 전자 장치에 대중적으로 널리 사용되는 제품인 화학적으로 강화된 알칼리-알루미늄 실리케이트 유리를 만들어 냈다.

[0003] 화학 강화 공정은 일반적으로 이온 교환 공정을 포함한다. 이러한 이온 교환 공정에서, 유리는 유리 내에 존재하는 이온보다 더 큰 이온 반경을 갖는 이온을 함유하는 용융 염 내에 배치되어, 유리 내에 존재하는 더 작은 이온이 가열된 용액으로부터의 더 큰 이온으로 교체된다. 일반적으로, 용융 염의 칼륨 이온은 유리 내에 존재하는 더 작은 나트륨 이온을 대체한다. 가열된 용액으로부터의 더 큰 칼륨 이온에 의한 유리 내에 존재하는 더 작은 나트륨 이온의 교체는 유리의 양 표면에 압축 응력 층을 형성하고 압축 응력 층들 사이에 샌드위치된 중심 인장 영역을 형성한다. 중심 인장 영역의 인장 응력(Tensile stress of the central tension zone, "CT", 일반적으로 메가파스칼(MPa)로 표시)은 하기 식에 따라 압축 응력 층의 압축 응력(Compressive stress, "CS", 마찬가지로 일반적으로 MPa로 표시) 및 압축 응력 층의 깊이(Depth of the compressive stress layer, "DOL")와 관계된다:

[0004]  $CT = CS \times DOL / (t-2DOL)$

[0005] 여기서 t는 유리의 두께임.

[0006] 두께가 0.7mm인 유리의 통용되는 사양은 약 40 $\mu$ m의 층 깊이, 적어도 650MPa 이상의 압축 응력 및 60MPa 미만의 중심 인장 영역의 인장 응력이다. 실제로는, 중심 인장 영역의 인장 응력은 양호한 절삭률을 확보하기 위해 약 60 내지 70MPa 내로 유지되어야 한다.

[0007] 터치 디스플레이용 커버 글래스로 사용하기 위해, 유리의 스크래치 및 충격 손상에 대한 저항을 증가시키는 것이 바람직하다. 이것은 압축 응력 층의 압축 응력 및 깊이를 증가시킴으로써 달성될 수 있다. 그러나, 중심 인장 영역의 인장 응력을 적당한 범위 내로 유지하기 위한 압축 응력 층의 압축 응력 및 깊이의 증가는, 바람직하지 않게 유리의 두께를 증가시킨다.

[0008] 또한, 커버 유리는 가능한 한 얇은 것이 바람직하다. 그러나, 유리의 두께가 감소함에 따라 중심 인장 영역의 인장 응력이 증가하기 때문에, 압축 응력 층의 압축 응력과 깊이를 크게 유지하면서 중심 인장 영역의 적당한 인장 응력을 유지하기 어렵다. 그러한 경우, 일반적으로 압축 응력 대 층 깊이(CS/DOL)의 비율을 가능한 한 높게 하는 것이 바람직하다.

[0009] 화학 강화 공정의 지속 기간은 화학적으로 강화된 유리의 제조 비용에서 핵심 요소이다. 일반적으로, 이온 교환 공정의 지속 기간은 압축 응력 층의 깊이를 증가시키기 위해 연장되어야 한다. 그러나, 더 짧은 이온 교환 시간이 일반적으로 바람직하다. 이온 교환 시간이 짧을수록, 생산 라인과 공정이 경쟁력 있다. 이온 교환 시간은 반응 온도와 이온 확산 속도에 의해 제어된다. 온도를 낮추면 뒤틀림을 피할 수 있지만, 이온 교환 시간은 길어진다. 유리 시트를 더 높은 온도로 유지하면 이온 확산 속도를 증가시킬 수 있지만, 뒤틀림과 구조 완화가 발생하

여, 압축 응력이 감소 될 수 있다. 따라서, 보다 높은 온도에서 이온 교환 공정을 수행하면 이온 교환 시간을 단축할 수 있지만, 다른 바람직하지 않은 결과가 발생한다.

[0010] 화학 강화 공정은 아래 두 가지 방법으로 수행될 수 있다: (1) 조각 공정과 (2) 단일 유리 용액(One glass solution, "OGS") 공정. 조각 공정은 사용될 최종 크기로의 유리 조각 절단, 그 후의 개별 조각 드릴링, 그라인딩, 베블링(beveling) 및 연마를 포함한다. 그리고 가공된 조각은 화학 강화를 위해 용융된 칼륨 염 내에 놓여진다. 크기가 작은 조각들은 온도와 용융 염 농도를 보다 잘 제어할 수 있다. 더욱이, 조각의 양면의 모서리는 화학적으로 강화될 수 있다. 따라서, 고강도 및 낮은 뒤틀림률이 확보될 있고, 수율이 증가한다.

[0011] 대조적으로, OGS 공정은 처음의 전체 유리 시트의 강화, 유리 표면의 터치 센서와 인쇄 회로의 부착, 그 후의 유리 스크라이빙(scribing) 및 마지막의 유리 절단을 포함한다. 조각 공정과 비교하여, OGS 공정에서 일반적으로 더 큰 용광로가 필요하다. 유리가 다뤄지고 배치되는 방법은 유리의 뒤틀림이나 파손을 초래할 수 있다. OGS 공정에서, 화학적으로 강화된 유리 표면의 CS는 표면 손상에 대한 저항을 향상시키지만, 유리 절단을 더 어렵게 만들 수 있다. CT가 너무 높으면, 유리를 자르는 데 사용되는 스크라이빙 휠이 CT 영역에 진입할 때, 유리가 금이 가거나, 조각나거나 깨질 수 있다. 스크라이빙된 모서리 및 면은 OGS 공정에서 완전히 화학적으로 강화될 수 없으며, 따라서 OGS 공정에 의해 제조된 유리의 강도는 일반적으로 조각 공정에 의해 제조된 유리보다 낮다. OGS 프로세스와 관련된 난점에도 불구하고, OGS 프로세스의 비용-효율성 및 생산 효율은 조각 공정보다 우수하다.

[0012] 화학적으로 강화된 유리가 얇고 강해지면, CT를 증가시키지 않고 높은 DOL 및 높은 CS를 유지하는 것이 더욱 어려워진다. 얇고, 높은 CS 및 조절된 CT를 가지며, 단축된 이온 교환 시간으로 제조된 화학적으로 강화된 유리가 요구된다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0013] 본 발명에 의해 화학적으로 강화된 알칼리-알루미늄노실리케이트 유리가 제공된다.

**과제의 해결 수단**

[0014] 일부 예시적인 실시예들에 따르면, 화학적으로 강화된 알칼리-알루미늄노실리케이트 유리를 제조하기 위한 이온 교환성 유리는 하기 산화물 기준 몰%(mol%)를 포함하는 조성을 갖는다:

[0015] 약 63.0% 내지 약 68.0%의 이산화규소(SiO<sub>2</sub>);

[0016] 약 12.0% 내지 약 16.0%의 산화알루미늄(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>);

[0017] 약 10.0% 내지 약 15.0%의 산화나트륨(sodium oxide, Na<sub>2</sub>O);

[0018] 약 2.0% 내지 약 6.0%의 삼산화붕소(B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>);

[0019] 약 0% 내지 약 6.0%의 산화칼륨(potassium oxide, K<sub>2</sub>O);

[0020] 약 0% 내지 약 3.0%의 산화마그네슘(MgO); 및

[0021] 약 0% 내지 약 1.5%의 산화칼슘(CaO);

[0022] 여기서, 28% < Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + Na<sub>2</sub>O < 33%;

[0023] (B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O) / Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> > 1 이며;

[0024] (B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + CaO) / MgO ≥ 1 임.

**발명의 효과**

[0025] 본 발명은 화학적으로 강화된 알칼리-알루미늄노실리케이트 유리를 제공한다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0026] 용어 "약"은 단일 수치를 기술할 때  $\pm 5\%$ 를 포함하는 범위를 나타낸다. 범위에 적용될 때, 용어 "약"은 수치 하한 경계가 0인 경우를 제외하고는, 수치 하한 경계의  $-5\%$ 와 수치 상한 경계의  $+5\%$ 를 포함하는 것을 나타낸다. 예를 들면, 약  $100^{\circ}\text{C}$  내지 약  $200^{\circ}\text{C}$ 의 범위는,  $95^{\circ}\text{C}$  내지  $210^{\circ}\text{C}$ 의 범위를 포함한다. 그러나, 용어 "약"이 백분율을 한정하는 경우, 수치 하한 경계가 0%인 경우를 제외하고는, 상기 용어는 수치 또는 수치 경계의  $\pm 1\%$ 를 의미한다. 따라서, 5 내지 10%의 범위는, 4 내지 11%를 포함한다. 0 내지 5%의 범위는, 0 내지 6%를 포함한다.
- [0027] 용어 "산화물 기준 몰 비율"또는 "산화물 기준 몰%(mol%)"는 유리의 총 몰수에 대한 산화물의 몰 비율을 나타낸다. 유리의 몰%의 총 수치는 항상 합계 100%이며 절대 100%를 초과하지 않는다.
- [0028] 일부 예시적인 실시예들에 따르면, 본 발명은 높은 압축 응력(Compressive stress, "CS"), 높은 층 깊이(Depth of layer, "DOL") 및 중심 인장 영역의 조절된 인장 응력(Tensile stress of the central tension zone, "CT")을 가지는 화학적으로 강화된 알칼리-알루미늄노실리케이트 유리를 제조하기 위한 이온 교환성 유리를 제공한다. 높은 CS와 함께 높은 DOL 및 조절된 CT는 유리 표면의 나트륨(Na, sodium) 이온이 더 큰 칼륨(K, potassium) 이온으로 교체되는 화학 강화 공정을 통해 얻어진다. 낮은 CT는 스크라이빙 공정의 수율이 증가하기 때문에 유리 가공에 유리하다. 또한, 높은 CS의 유리 표면은 증가된 외부 충격력을 견딜 수 있는 단단한 유리를 생성한다. 일부 예시적인 실시예들에 따르면, 화학적으로 강화된 유리는 750MPa 초과 CS, 약  $45\mu\text{m}$  이하의 DOL, 70MPa 이하의 CT 및 약 0.7mm 이하의 두께를 갖는다.
- [0029] 일부 예시적인 실시예들에 따르면, 화학적으로 강화된 알칼리-알루미늄노실리케이트 유리를 제조하기 위한 이온 교환성 유리는 하기의 산화물 기준 몰%(mol%)를 포함하는 조성을 갖는다:
- [0030] 63.0% 내지 68.0%의  $\text{SiO}_2$ ;
- [0031] 12.0% 내지 16.0%의  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ;
- [0032] 10.0% 내지 15.0%의  $\text{Na}_2\text{O}$ ;
- [0033] 2.0% 내지 6.0%의  $\text{B}_2\text{O}_3$ ;
- [0034] 0% 내지 6.0%의  $\text{K}_2\text{O}$ ;
- [0035] 0% 내지 3.0%의  $\text{MgO}$ ; 및
- [0036] 0% 내지 1.5%의  $\text{CaO}$ ;
- [0037] 여기서,  $28\% < \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{B}_2\text{O}_3 + \text{Na}_2\text{O} < 33\%$ ;
- [0038]  $(\text{B}_2\text{O}_3 + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) / \text{Al}_2\text{O}_3 > 1$  이고;
- [0039]  $(\text{B}_2\text{O}_3 + \text{CaO}) / \text{MgO} \geq 1$  임.
- [0040] 일부 예시적인 실시예들에 따르면, 화학적으로 강화된 알칼리-알루미늄노실리케이트 유리를 제조하기 위한 이온 교환성 유리는 약 63.0몰% 내지 약 63.0몰%의 이산화규소( $\text{SiO}_2$ )를 포함하는 조성을 갖는다. 이산화규소는 알칼리-알루미늄노실리케이트 유리의 가장 큰 단일 성분이며 유리의 기질을 형성한다. 이산화규소는 또한 유리의 구조를 조정하며 유리에 성형성, 강성 및 화학 내구성을 제공한다. 유리의 점도는 이산화 규소가 상술된 범위에 존재할 때 증가된다. 농도 68.0몰% 초과에서, 이산화규소는 유리 조성물의 용융 온도를 상승시키며, 고농도의 알칼리 또는 알칼리금속 산화물을 갖는 유리에서 불리하게 액상선 온도를 크게 증가시킬 수 있다.
- [0041] 일부 예시적인 실시예들에 따르면, 화학적으로 강화된 알칼리-알루미늄노실리케이트 유리를 제조하기 위한 이온 교환성 유리는 약 12.0몰% 내지 약 16.0몰%의 산화알루미늄( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )을 포함하는 조성을 갖는다. 산화알루미늄이 상술한 양으로 존재할 때 유리의 점도가 향상된다. 16.0몰%를 초과하는 산화알루미늄 농도에서는, 유리의 점도가 과도하게 높아지고 유리를 불투명하게 만든다. 액상선 온도 또한 연속적 시트 형성 공정을 수행하기에 너무 높아진다. 그러므로, 유리의 유동 산화물(예를 들면, 나트륨, 칼륨, 붕소, 마그네슘 및 칼슘의 산화물)의 총 함량은 산화알루미늄의 양보다 많아야 한다. 상기 유리 조성물의 용융 온도는 유동 산화물을 첨가함에 따라 감소할 수 있다. 일부 예시적인 실시예들에 따르면, 유리의 용융 온도는  $1690^{\circ}\text{C}$  이하로 유지된다.
- [0042] 일부 예시적인 실시예들에 따르면, 화학적으로 강화된 알칼리-알루미늄노실리케이트 유리를 제조하기 위한 이온



교환성 유리는 약 2.0몰% 내지 약 6.0몰%의 삼산화붕소( $B_2O_3$ )를 포함하는 조성을 갖는다. 삼산화붕소는 유동성 산화물 및 유리 조정의 역할을 한다. 규소와 함께, 삼가 붕소는 네트워크-형성 원소의 역할을 하며 유리의 성형성을 증가시킨다. B-O 결합은 일반적으로 산화물 3 및 4의 배위수를 갖다 유리에서 나타나며, 이는 높은 장 세기를 가지며 B-O 결합이 매우 강한 것을 나타낸다. 그러나, 산화붕소기 사이의 결합은 일반적으로 고온에서 매우 약하며, 이는 산화규소와 다르다. 고온에서의 삼산화붕소의 점도는 실리카의 점도보다 훨씬 낮으며, 따라서 삼산화붕소는 매우 효율적인 유동 산화물로 작용한다.

[0043] 알칼리금속 산화물은 낮은 액상선 온도 및 낮은 용융 온도의 달성을 돕는다. 일부 예시적인 실시예들에 따르면, 화학적으로 강화된 알칼리-알루미늄노실리케이트 유리를 제조하기 위한 이온 교환성 유리는 알칼리금속 산화물, 즉 산화나트륨( $Na_2O$ ) 및 산화칼륨( $K_2O$ )을 포함하는 조성을 갖는다. 충분한 강도를 확보하고 과도한 알칼리금속 산화물에 의한 부작용을 피하기 위해, 산화나트륨 및 산화칼륨은 유리 조성물에 후술되는 양으로 존재한다. 일부 예시적인 실시예들에 따르면, 효과적인 용융을 위해, 유리 조성물 내의 삼산화붕소, 산화나트륨 및 산화칼륨의 총 함량은 산화알루미늄의 함량보다 크다. 일부 예시적인 실시예들에 따르면, 화학적으로 강화된 알칼리-알루미늄노실리케이트 유리를 제조하기 위한 이온 교환성 유리는 산화알루미늄의 총 함량에 대한 삼산화붕소, 산화나트륨 및 산화칼륨의 합쳐진 총 함량의 비가 1보다 크다.

[0044] 일부 예시적인 실시예들에 따르면, 화학적으로 강화된 알칼리-알루미늄노실리케이트 유리를 제조하기 위한 이온 교환성 유리는 약 10.0몰% 내지 약 15.0몰%의 산화나트륨을 포함하는 조성을 갖는다. 산화나트륨은 성공적인 이온 교환을 위해 사용된다. 실질적으로 강화된 유리 강도를 형성하기에 충분한 이온 교환을 허용하기 위해, 산화나트륨은 상기 설정된 농도로 유리 조성물에 포함된다.

[0045] 일부 예시적인 실시예들에 따르면, 화학적으로 강화된 알칼리-알루미늄노실리케이트 유리를 제조하기 위한 이온 교환성 유리는 약 0몰% 내지 약 6.0몰%의 산화칼륨을 포함하는 조성을 갖는다. 산화칼륨은 이온 교환 층의 깊이를 증가시킨다. 알칼리금속 이온, 특히 칼륨 이온의 반경은 다른 산화물의 반경보다 크며, 유리 강도를 감소시키고 팽창 계수를 증가시킬 수 있다.

[0046] 산화마그네슘( $MgO$ )과 산화칼슘( $CaO$ )은 유동 산화물로 작용할 수 있는 알칼리토금속 산화물이다. 일부 예시적인 실시예들에 따르면, 화학적으로 강화된 알칼리-알루미늄노실리케이트 유리를 제조하기 위한 이온 교환성 유리는 약 0몰% 내지 약 3.0몰%의 산화마그네슘을 포함하는 조성을 갖는다. 상기 유리 조성물은 약 12.0몰% 내지 약 16.0몰%의 알루미늄산화물을 포함하기 때문에, 유리 내의 알칼리토금속 산화물의 함량은 고온에서 액상선 온도 및 점도를 불리하게 증가시키지 않도록 제어된다. 따라서, 산화마그네슘은 유리 조성에 약 3.0몰% 이하로 존재한다. 산화마그네슘에 의한 부작용을 피하기 위해, 산화붕소 및 산화칼슘이 첨가될 수 있으며, 액상선 온도와 점도의 증가를 제어한다. 일부 예시적인 실시예들에 따르면, 유리 조성물 내의 삼산화붕소 및 산화칼슘의 총 함량은 산화마그네슘의 함량보다 크다. 일부 예시적인 실시예들에 따르면, 화학적으로 강화된 알칼리-알루미늄노실리케이트 유리를 제조하기 위한 이온 교환성 유리는 산화마그네슘의 총 함량에 대한 삼산화붕소 및 산화칼슘의 합쳐진 총 함량의 비율이 1보다 큰 조성을 갖는다.

[0047] 일부 예시적인 실시예들에 따르면, 화학적으로 강화된 알칼리-알루미늄노실리케이트 유리를 제조하기 위한 이온 교환성 유리는 약 0몰% 내지 약 1.5몰%의 산화칼슘을 포함하는 조성을 갖는다. 과도한 산화칼슘은 이온 교환 속도를 감소시키고, 이온 교환 층의 깊은 깊이를 얻기 위해 더 많은 이온 교환 시간 또는 더 높은 온도를 요구한다.

[0048] 일부 예시적인 실시예들에 따르면, 화학적으로 강화된 알칼리-알루미늄노실리케이트 유리를 제조하기 위한 이온 교환성 유리는 약 28.0몰% 내지 약 33.0몰%의 산화알루미늄, 삼산화붕소 및 산화나트륨의 총 함량을 포함하는 조성을 갖는다.

[0049] 상술한 화학적으로 강화된 알칼리-알루미늄노실리케이트 유리를 제조하기 위한 이온 교환성 유리의 일부 예시적인 실시예들에 따르면, 상기 유리는 약 950°C 이상의 액상선 온도(결정이 처음으로 관찰되는 온도)를 갖는다. 상술한 화학적으로 강화된 알칼리-알루미늄노실리케이트 유리를 제조하기 위한 이온 교환성 유리의 일부 예시적인 실시예들에 따르면, 상기 유리는 약 980°C 이상의 액상선 온도를 갖는다. 상술한 화학적으로 강화된 알칼리-알루미늄노실리케이트 유리를 제조하기 위한 이온 교환성 유리의 일부 예시적인 실시예들에 따르면, 상기 유리는 약 1000°C 이상의 액상선 온도를 갖는다. 상술한 화학적으로 강화된 알칼리-알루미늄노실리케이트 유리를 제조하기 위한 이온 교환성 유리의 일부 예시적인 실시예들에 따르면, 상기 유리는 약 1100°C 이하의 액상선 온도를 갖는다. 상술한 화학적으로 강화된 알칼리-알루미늄노실리케이트 유리를 제조하기 위한 이온 교환성 유리의 일부 예시

적인 실시예들에 따르면, 상기 유리는 약 950℃ 내지 약 1100℃의 액상선 온도를 갖는다.

- [0050] 일부 예시적인 실시예들에 따르면, 본 발명은 화학적으로 강화된 알칼리-알루미늄노실리케이트 유리를 제조하는 방법을 제공한다. 일부 예시적인 실시예들에 따르면, 상기 방법은:
- [0051] 균질한 유리 용융물을 형성하기 위해 상기 성분을 혼합 및 용융시키는 단계;
- [0052] 오버플로우 다운-드로우 방법, 플로팅 방법 및 이들의 조합을 사용하여 상기 유리를 성형하는 단계;
- [0053] 상기 유리를 어닐링하는 단계; 및
- [0054] 이온 교환을 통해 상기 유리를 화학적으로 강화시키는 단계를 포함한다.
- [0055] 일부 예시적인 실시예들에 따르면, 화학적으로 강화된 알칼리-알루미늄노실리케이트 유리의 제조는, 당업자에게 잘 공지되어 있고 균질화 장치, 정련 수단(정제기)을 통해 기포 함량을 낮추는 장치, 냉각 및 열 균질화 장치, 분배 장치 및 기타 장치로 구성된 직접적 또는 간접적으로 가열된 귀금속 시스템을 통상적으로 포함하는 통상적인 오버플로우 다운-드로우 방법을 사용하여 수행될 수 있다. 플로팅 방법은 용해된 금속(전형적으로 주석)의 베드 상에 용융 유리를 부유시키는 단계를 포함하며, 이로써 유리가 매우 평탄하고 균일한 두께를 가질 수 있다.
- [0056] 상술한 화학적으로 강화된 알칼리-알루미늄노실리케이트 유리의 제조 방법의 일부 예시적인 실시예들에 따르면, 이온 교환성 유리 조성물은 약 1690℃에서 최대 약 12시간 동안 용융된다. 상술한 화학적으로 강화된 알칼리-알루미늄노실리케이트 유리의 제조 방법의 일부 예시적인 실시예들에 따르면, 이온 교환성 유리 조성물은 약 1690℃에서 최대 약 6시간 동안 용융된다. 상술한 화학적으로 강화된 알칼리-알루미늄노실리케이트 유리의 제조 방법의 일부 예시적인 실시예들에 따르면, 이온 교환성 유리 조성물은 약 1690℃에서 최대 약 4시간 동안 용융된다. 상술한 화학적으로 강화된 알칼리-알루미늄노실리케이트 유리의 제조 방법의 일부 예시적인 실시예들에 따르면, 이온 교환성 유리 조성물은 약 1690℃에서 최대 약 2시간 동안 용융된다.
- [0057] 상술한 화학적으로 강화된 알칼리-알루미늄노실리케이트 유리의 제조 방법의 일부 예시적인 실시예들에 따르면, 이온 교환성 유리 조성물은 570℃에 도달할 때까지 약 1℃/hr의 속도로 어닐링된다. 그 후 상기 이온 교환성 유리 조성물은 실온(또는 약 21℃)에 도달할 때까지 자연 냉각된다.
- [0058] 일부 예시적인 실시예들에 따르면, 상술한 화학적으로 강화된 알칼리-알루미늄노실리케이트 유리를 제조하기 위한 이온 교환성 유리는 종래의 이온 교환 조건에 따라 화학적으로 강화된다. 상술한 화학적으로 강화된 알칼리-알루미늄노실리케이트 유리의 제조 방법의 일부 예시적인 실시예들에 따르면, 이온 교환 공정은 용융염 용액 내에서 수행된다. 일부 예시적인 실시예들에 따르면, 상기 용융 염은 질산칼륨(KNO<sub>3</sub>)이다.
- [0059] 상술한 화학적으로 강화된 알칼리-알루미늄노실리케이트 유리의 제조 방법의 일부 예시적인 실시예들에 따르면, 이온 교환 처리는 약 390℃ 내지 약 450℃의 온도 범위에서 수행된다. 상술한 화학적으로 강화된 알칼리-알루미늄노실리케이트 유리의 제조 방법의 일부 예시적인 실시예들에 따르면, 이온 교환 처리는 약 420℃의 온도에서 수행된다. 상술한 화학적으로 강화된 알칼리-알루미늄노실리케이트 유리의 제조 방법의 일부 예시적인 실시예들에 따르면, 이온 교환 처리는 약 420℃ 이상의 온도에서 수행된다. 상술한 화학적으로 강화된 알칼리-알루미늄노실리케이트 유리의 제조 방법의 일부 예시적인 실시예들에 따르면, 이온 교환 처리는 약 420℃ 이하의 온도에서 수행된다.
- [0060] 상술한 화학적으로 강화된 알칼리-알루미늄노실리케이트 유리의 제조 방법의 일부 예시적인 실시예들에 따르면, 단일 유리 용액 공정이 사용된다. 따라서, 일부 예시적인 실시예들에 따르면, 화학적으로 강화된 알칼리-알루미늄노실리케이트 유리를 제조하기 위한 이온 교환성 유리는 그것이 절단되기 이전에 화학적으로 강화된다. 상술한 화학적으로 강화된 알칼리-알루미늄노실리케이트 유리의 제조 방법의 일부 예시적인 실시예들에 따르면, 이온 교환 처리는 최대 약 6시간 동안 수행된다. 상술한 화학적으로 강화된 알칼리-알루미늄노실리케이트 유리의 제조 방법의 일부 예시적인 실시예들에 따르면, 이온 교환 처리는 최대 약 4시간 동안 수행된다. 상술한 화학적으로 강화된 알칼리-알루미늄노실리케이트 유리의 제조 방법의 일부 예시적인 실시예들에 따르면, 이온 교환 처리는 최대 약 2시간 동안 수행된다. 상술한 화학적으로 강화된 알칼리-알루미늄노실리케이트 유리의 제조 방법의 일부 예시적인 실시예들에 따르면, 이온 교환 처리는 약 2시간 내지 약 6시간 동안 수행된다. 상술한 화학적으로 강화된 알칼리-알루미늄노실리케이트 유리의 제조 방법의 일부 예시적인 실시예들에 따르면, 이온 교환 처리는 약 2시간 내지 약 4시간 동안 수행된다.

[0061] 상술한 화학적으로 강화된 알칼리-알루미늄노실리케이트 유리의 일부 예시적인 실시예들에 따르면, 상기 유리는 약 750MPa 이상의 압축 응력을 갖는 표면 압축 응력 층을 갖는다. 상술한 화학적으로 강화된 알칼리-알루미늄노실리케이트 유리의 일부 예시적인 실시예들에 따르면, 상기 유리는 약 850MPa 이상의 압축 응력을 갖는 표면 압축 응력 층을 갖는다. 상술한 화학적으로 강화된 알칼리-알루미늄노실리케이트 유리의 일부 예시적인 실시예들에 따르면, 상기 유리는 약 950MPa 이상의 압축 응력을 갖는 표면 압축 응력 층을 갖는다. 상술한 화학적으로 강화된 알칼리-알루미늄노실리케이트 유리의 일부 예시적인 실시예들에 따르면, 상기 유리는 약 1050MPa 이상의 압축 응력을 갖는 표면 압축 응력 층을 갖는다. 상술한 화학적으로 강화된 알칼리-알루미늄노실리케이트 유리의 일부 예시적인 실시예들에 따르면, 상기 유리는 약 1200MPa 이하의 압축 응력을 갖는 표면 압축 응력 층을 갖는다. 상술한 화학적으로 강화된 알칼리-알루미늄노실리케이트 유리의 일부 예시적인 실시예들에 따르면, 상기 유리는 약 750MPa 내지 약 1200MPa의 압축 응력을 갖는 표면 압축 응력 층을 갖는다.

[0062] 상술한 화학적으로 강화된 알칼리-알루미늄노실리케이트 유리의 일부 예시적인 실시예들에 따르면, 상기 유리는 약 30.0 $\mu$ m 이상의 깊이를 갖는 표면 압축 응력 층을 갖는다. 상술한 화학적으로 강화된 알칼리-알루미늄노실리케이트 유리의 일부 예시적인 실시예들에 따르면, 상기 유리는 약 35.0 $\mu$ m 이상의 깊이를 갖는 표면 압축 응력 층을 갖는다. 상술한 화학적으로 강화된 알칼리-알루미늄노실리케이트 유리의 일부 예시적인 실시예들에 따르면, 상기 유리는 약 40.0 $\mu$ m 이상의 깊이를 갖는 표면 압축 응력 층을 갖는다. 상술한 화학적으로 강화된 알칼리-알루미늄노실리케이트 유리의 일부 예시적인 실시예들에 따르면, 상기 유리는 약 45.0 $\mu$ m 이상의 깊이를 갖는 표면 압축 응력 층을 갖는다. 상술한 화학적으로 강화된 알칼리-알루미늄노실리케이트 유리의 일부 예시적인 실시예들에 따르면, 상기 유리는 약 30.0 $\mu$ m 내지 약 45.0 $\mu$ m의 깊이를 갖는 표면 압축 응력 층을 갖는다.

[0063] 상술한 화학적으로 강화된 알칼리-알루미늄노실리케이트 유리의 일부 예시적인 실시예들에 따르면, 상기 유리는 약 40MPa 이하의 중심 장력을 갖는다. 상술한 화학적으로 강화된 알칼리-알루미늄노실리케이트 유리의 일부 예시적인 실시예들에 따르면, 상기 유리는 약 50MPa 이하의 중심 장력을 갖는다. 상술한 화학적으로 강화된 알칼리-알루미늄노실리케이트 유리의 일부 예시적인 실시예들에 따르면, 상기 유리는 약 60MPa 이하의 중심 장력을 갖는다. 상술한 화학적으로 강화된 알칼리-알루미늄노실리케이트 유리의 일부 예시적인 실시예들에 따르면, 상기 유리는 약 70MPa 이하의 중심 장력을 갖는다. 상술한 화학적으로 강화된 알칼리-알루미늄노실리케이트 유리의 일부 예시적인 실시예들에 따르면, 상기 유리는 약 40MPa 내지 약 70MPa의 중심 장력을 갖는다.

[0064] 상술한 화학적으로 강화된 알칼리-알루미늄노실리케이트 유리의 일부 예시적인 실시예들에 따르면, 상기 유리는 약 2 내지 약 6시간 동안 약 390 $^{\circ}$ C 내지 약 450 $^{\circ}$ C의 온도에서 이온 교환 처리되어 화학적으로 강화되며, 상기 유리는 (1) 약 750MPa 이상의 압축 응력을 가지고 표면 압축 응력 층의 깊이가 약 30 $\mu$ m 이상인 표면 압축 응력 층, (2) 약 40MPa 내지 약 70MPa의 인장 응력을 갖는 중심 인장 영역 및 (3) 약 0.1mm 내지 약 1.2mm의 두께를 갖는다. 상술한 화학적으로 강화된 알칼리-알루미늄노실리케이트 유리의 일부 예시적인 실시예들에 따르면, 상기 유리는 약 2 내지 약 4시간 동안 약 390 $^{\circ}$ C 내지 약 450 $^{\circ}$ C의 온도에서 이온 교환 처리되어 화학적으로 강화되며, 상기 유리는 (1) 약 750MPa 내지 1200MPa의 압축 응력을 가지고 표면 압축 응력 층의 깊이가 약 30 $\mu$ m 내지 약 45 $\mu$ m인 표면 압축 응력 층, (2) 약 60MPa 내지 약 70MPa의 인장 응력을 갖는 중심 인장 영역 및 (3) 약 0.4mm 내지 약 0.7mm의 두께를 갖는다.

[0065] 상술한 화학적으로 강화된 알칼리-알루미늄노실리케이트 유리의 일부 예시적인 실시예들에 따르면, 상기 유리는 약 2.5g/cm<sub>3</sub> 이하의 밀도 및 약 90.0 내지 105.0 범위의 선형 팽창 계수( $\alpha_{25-300}$ , 10<sup>-7</sup>/ $^{\circ}$ C)를 갖는다.

[0066] 상술한 화학적으로 강화된 알칼리-알루미늄노실리케이트 유리의 일부 예시적인 실시예들에 따르면, 상기 유리는 태양 전지판, 냉장고 문 및 다른 가정용 제품 등의 응용에서 보호 유리로 사용될 수 있다. 상술한 화학적으로 강화된 알칼리-알루미늄노실리케이트 유리의 일부 예시적인 실시예들에 따르면, 상기 유리는 텔레비전, 현금 자동 거래 장치용 안전 유리 및 그 밖의 전자 제품에 보호 유리로 사용될 수 있다. 상술한 화학적으로 강화된 알칼리-알루미늄노실리케이트 유리의 일부 예시적인 실시예들에 따르면, 상기 유리는 스마트 폰, 태블릿 및 노트북과 같은 소비자 모바일 전자 장치용 커버 유리로 사용될 수 있다. 또한, 상기 유리는 또한 자동차 앞 유리 및 건축용 스마트 윈도우 용 기재와 같은 응용으로 사용될 수 있다. 상술한 화학적으로 강화된 알칼리-알루미늄노실리케이트 유리의 일부 예시적인 실시예들에 따르면, 상기 유리는 강도가 높기 때문에 터치 스크린 또는 터치 패널로서 사용될 수 있다.

[0067] 하기 실시예는 상술된 조성물 및 방법을 예시한다.

[0068] 실시예:

[0069] 하기 표 1에 나타난 성분을 함유하는 이온 교환성 유리 조성물을 준비하였다.

표 1

산화물	몰%
SiO <sub>2</sub>	66.0
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.1
Na <sub>2</sub> O	14.9
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.0
K <sub>2</sub> O	0
MgO	2.0
CaO	0

[0071] 표 2에 나타난 바와 같은 배치(batch) 재료를 칭량하고 2L의 플라스틱 용기에 첨가하기 전에 혼합했다. 배치 원료는 화학 시약 등급을 사용하였다.

표 2

배치 원료	배치 무게(gm)
모래	334.3
알루미나 히드록사이드 (Al(OH) <sub>3</sub> )	190.1
소다회	136.7
붕사	21.7
탄산칼륨	0
산화마그네슘	6.42
석회석	0

[0073] 모래 입자 크기는 0.045에서 0.25mm 사이였다. 텀블러를 사용하여 원료를 혼합하여 균질한 배치를 만들고 연성 응집체를 분해시켰다. 혼합된 배치를 플라스틱 용기로부터 800ml의 유리 용융 백금-로듐 합금 도가니로 옮겼다. 백금-로듐 합금 도가니를 알루미나 백커(backer)에 넣고 900℃의 온도에서 작동하는 MoSi 가열 요소가 장착된 고온로에 넣었다. 고온로의 온도를 점진적으로 1690℃까지 증가시키고 백커가 있는 백금-로듐 합금 도가니를 이 온도에서 4시간 동안 유지시켰다. 용융된 배치 재료를 백금-로듐 합금 도가니로부터의 스테인리스 강판 상에 붓고 유리 패티를 형성함으로써 유리 샘플을 형성 하였다. 유리 패티가 여전히 뜨거울 때 어닐링기에 옮기고 630℃의 온도에서 2시간 동안 유지한 다음 1℃/min의 속도로 570℃까지 냉각시켰다. 그 후, 시료를 실온 (21℃)까지 자연 냉각시켰다.

[0074] 유리 샘플은 유리의 변형 점보다 낮은 420℃의 온도에서 유리의 구성 나트륨 이온이 외부에서 제공된 칼륨 이온과 교환되는 용융 염 용액기에 4시간 동안 넣음으로써, 화학적으로 강화되었다. 이 방법에 의해, 유리 샘플은 이온 교환에 의해 강화되어 처리된 표면에 압축 응력 층을 생성하였다.

[0075] 유리 표면에서의 압축 응력 및 압축 응력 층의 깊이(복굴절 기준)의 측정은 유리 단편에 편광 현미경(Berek compensator)을 사용하여 수행되었다. 유리 표면의 압축 응력은 측정된 복굴절로부터 0.26(nm\*cm/N)의 응력-광학 상수를 가정하여 계산되었다(Scholze, H., Nature, Structure and Properties, Springer-Verlag, 1988, p.260).

[0076] 상기 표 1에 나타난 조성물에 대한 결과를 하기 표 3에 실시예 1로 지정된 열에 나타내었다. 하기 표 3 및 표 4에 실시예 2 내지 14로 지정된 열에 나타난 추가 조성물은 상술한 실시예 1로 지정된 조성물과 유사한 방법으로 준비되었다.

표 3

산화물(물%)	실시예 1	실시예 2	실시예 3	실시예 4	실시예 5	실시예 6	실시예 7
SiO <sub>2</sub>	66.0	64.0	64.0	64.0	63.9	63.4	63.4
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.1	15.1	15.1	15.1	15.0	15.2	15.2
Na <sub>2</sub> O	14.9	13.9	12.9	11.9	13.0	13.2	12.2
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	4.2	4.2
K <sub>2</sub> O	0	3.0	4.0	4.0	2.8	2.8	3.3
MgO	2.0	2.0	2.0	3.0	2.0	0	0.5
CaO	0	0	0	0	1.2	1.2	1.2
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Na <sub>2</sub> O	32.0	31.0	30.0	29.0	30.1	32.6	31.6
(B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O)/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.1	1.3	1.3	1.2	1.2	1.3	1.3
(B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +CaO)/MgO	1.1	1.1	1.1	0.7	1.7	∞	10.8
d (g/cm <sup>3</sup> )	2.46	2.44	2.43	2.44	2.44	2.42	2.43
m <sub>D</sub> (20° C)	1.496	1.499	1.497	1.501	1.502	1.504	1.504
α (×10 <sup>-7</sup> /°C)	89.5	97.4	105.2	101.7	99.9	98.3	95.4
T <sub>10e2.5</sub> (316 poise)	1692	1663	1674	1682	1641	1658	1665
T <sub>w</sub>	1338	1316	1322	1332	1308	1312	1320
T <sub>liq</sub>	970	1025	1010	1040	1005	980	990
T <sub>soft</sub>	903	887	898	901	882	872	878
T <sub>a</sub>	648	634	639	643	632	635	640
T <sub>s</sub>	602	589	592	599	586	590	593
영률(Young's Modulus, MPa)	70.90	70.33	70.00	69.62	70.10	70.12	69.88
전단 탄성률(Shear Modulus, MPa)	30.29	29.84	29.70	29.57	29.76	29.79	29.64
포아송 비(Poisson's Ratio)	0.172	0.178	0.178	0.177	0.178	0.176	0.179
VH (kgf/mm <sup>2</sup> )	567	550	553	557	555	546	550
VHCS (kgf/mm <sup>2</sup> )	657	653	625	625	668	646	654
CS (MPa)	1204	988	910	928	1084	951	953
DOL (μm)	31.3	40	44.0	43.0	30.0	30	30.6
CT (MPa)	64	59	66	67	51	43	46

표 4

산화물(물%)	실시예 8	실시예 9	실시예 10	실시예 11	실시예 12	실시예 13	실시예 14
SiO <sub>2</sub>	64.2	64.9	65.8	63.1	64.0	63.3	63.4
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.1	14.4	14.2	14.1	14.2	14.2	14.5
Na <sub>2</sub> O	11.5	10.4	10.5	13.4	14.8	13.9	14.1
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.1	4.1	5.1	2.3	2.5	2.1	2.6
K <sub>2</sub> O	4.4	4.4	4.4	4.4	4.1	4.5	4.1
MgO	1.7	1.7	0	2.5	0.4	2.0	1.3
CaO	0	0	0	0.2	0	0	0
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Na <sub>2</sub> O	29.7	28.9	29.8	29.8	31.5	30.5	31.2
(B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O)/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.4	1.3	1.4	1.4	1.5	1.5	1.4

[0077]

[0078]

(B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +CaO)/MgO	2.4	2.4	∞	1.0	6.3	1.1	2.0
d (g/cm <sup>3</sup> )	2.42	2.41	2.41	2.45	2.43	2.45	2.44
n <sub>D</sub> (20° C)	1.502	1.499	1.501	1.500	1.502	1.490	1.495
α (×10 <sup>-7</sup> /°C)	102.6	96.3	92.8	100.2	102.3	101.5	100.8
T <sub>10e2.5</sub> (316 poise)	1643	1672	1685	1618	1626	1622	1630
T <sub>w</sub>	1307	1326	1305	1274	1258	1261	1268
T <sub>liq</sub>	985	960	970	1010	970	995	985
T <sub>soft</sub>	863	888	841	860	854	855	863
T <sub>a</sub>	596	609	591	598	593	595	601
T <sub>s</sub>	557	566	552	554	546	548	552
영률(Young's Modulus, MPa)	70.17	70.22	70.04	69.10	69.60	69.50	69.80
전단 탄성률(Shear Modulus, MPa)	29.66	29.73	29.66	29.30	29.50	29.42	29.60
포아송 비(Poisson's Ratio)	0.183	0.181	0.181	0.178	0.180	0.181	0.179
VH (kgf/mm <sup>2</sup> )	549	532	556	553	546	555	558
VHCS (kgf/mm <sup>2</sup> )	640	663	628	646	643	675	635
CS (MPa)	869	837	793	805	821	810	842
DOL (μm)	37.2	41.7	40	44.3	43.5	48.0	41.0
CT (MPa)	52	57	50	59.4	58.3	64.4	55.9

[0079] 표 3 및 표 4에 지정된 기호의 정의는 아래와 같다:

[0080] · d: 밀도(g/ml), 아르키메데스 법(ASTM C693)으로 측정;

[0081] · n<sub>D</sub>: 굴절률, 굴절률 측정법으로 측정;

[0082] · α: 팽창계로 측정된 25~300°C의 선형 치수 변화량인 열 팽창 계수(Coefficient of thermal expansion, CTE)

[0083] · T<sub>10e2.5</sub>: 고온 원통 점도계로 측정된 점도 10<sup>2.5</sup> poise의 온도;

[0084] · T<sub>w</sub>: 10<sup>4</sup> poise의 점도에서 유리 성형 온도;

[0085] · T<sub>liq</sub>: 일반적으로 결정화를 위해 72시간 테스트하며, 그라디언트 온도로(ASTM C829-81)의 보트 내에서 첫 번째 결정이 관찰되는 액상선 온도;

[0086] · T<sub>soft</sub>: 유리 연신법으로 측정된 점도 10<sup>7.6</sup> poise의 유리 연화 온도;

[0087] · T<sub>a</sub>: 유리 연신법에 의해 측정된 점도 10<sup>13</sup> poise에서의 유리 어닐링 온도;

[0088] · T<sub>s</sub>: 점도 10<sup>14.5</sup> poise에서의 유리 변형 온도이며 유리 신장법으로 측정 됨;

[0089] · VH: 비커 경도(Vicker's hardness);

[0090] · VH<sub>CS</sub>: 화학 강화 후 비커 경도.

[0091] · CS: 압축 응력(표면의 원자를 압축하는 면내 응력);

[0092] · DOL: 가장 가까운 응력 영점 평면까지의 표면 아래 압축 깊이를 나타내는 층의 깊이; 및

[0093] · CT: 중심 장력.

- [0094] 본 발명은 특정 실시예들에 의해 설명되었지만, 당업자는 본 발명이 첨부된 청구 범위의 사상 및 범위 내에서 변형하여 실시 될 수 있음을 인식할 것이다.
- [0095] 예를 들면, "상", "하", "위", "아래", "사이", "바닥", "수직", "수평", "각", "위쪽", "아래쪽", "옆에서 옆 \*j "왼쪽에서 오른쪽", "왼쪽", "오른쪽 ", "오른쪽에서 왼쪽", "위에서 아래", "아래에서 위", "상측", "하측", "상향식", "하향식" 등의 공간적 언급은, 단지 설명의 목적을 위한 것이며 상술한 구조의 특정 방향 또는 위치를 제한하지 않는다.
- [0096] 본 발명은 특정 실시예와 관련하여 설명되었다. 이 개시를 읽고 나서 당업자에게 명백해지는 개선 또는 수정은 본원의 사상 및 범위 내에 있는 것으로 간주된다. 상술한 개시에서 일부 수정, 변경 및 치환이 예정되고 일부 경우에는 본 발명의 일부 특징이 상응하는 용도가 아니더라도 다른 특징에 채용 될 것이다. 따라서, 첨부된 청구항들은 광범위하게 본 발명의 범위와 일치하는 방식으로 해석되는 것이 적절하다.