



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0108071
(43) 공개일자 2022년08월02일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C03C 3/064 (2006.01) C03C 21/00 (2006.01)
C03C 3/091 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
C03C 3/064 (2013.01)
C03C 21/002 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2022-7019192
- (22) 출원일자(국제) 2020년11월20일
심사청구일자 없음
- (85) 번역문제출일자 2022년06월07일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2020/061432
- (87) 국제공개번호 WO 2021/108236
국제공개일자 2021년06월03일
- (30) 우선권주장
62/940,307 2019년11월26일 미국(US)

- (71) 출원인
코닝 인코포레이티드
미국 뉴욕 (우편번호 14831) 코닝 원 리버프론트
플라자
- (72) 발명자
귀, 샤오주
미국, 뉴욕 14534, 피츠포드, 쿠퍼 우즈 37
레지, 피터 조셉
미국, 뉴욕 14830, 코닝, 웨스트 4쓰 스트리트 60
루오, 지안
미국, 뉴욕 14870, 페인티드 포스트, 팀버 레인 2
- (74) 대리인
청운특허법인

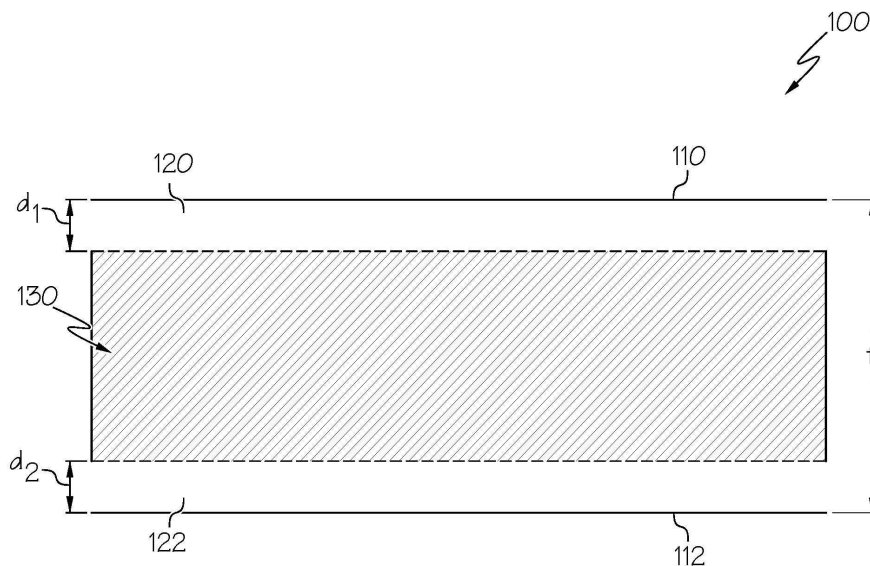
전체 청구항 수 : 총 27 항

(54) 발명의 명칭 높은 파괴 인성을 갖는 알루미늄실리케이트 유리

(57) 요약

유리 조성물은: Si₂O, 15 mol% 초과 내지 32 mol% 이하의 Al₂O₃, B₂O₃, K₂O, MgO, Na₂O, 및 Li₂O를 포함한다. 유리 조성물은 0.75 MPa√m 이상의 파괴 인성 및 80 GPa 이상 내지 120 GPa 이하의 영률을 가질 수 있다. 유리 조성물은 화학적으로 강화 가능하다. 유리 조성물은 유리 물품 또는 소비자 전자 제품에 사용될 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류
C03C 3/091 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

37.0 mol% 이상 내지 57.5 mol% 이하의 SiO_2 ;
15.0 mol% 이상 내지 31.2 mol% 이하의 Al_2O_3 ;
1.3 mol% 이상 내지 25.9 mol% 이하의 B_2O_3 ;
0 mol% 이상 내지 7.7 mol% 이하의 CaO ;
0.35 mol% 이상 내지 0.5 mol% 이하의 K_2O ;
1.7 mol% 이상 내지 21.0 mol% 이하의 MgO ;
2.0 mol% 이상 내지 9.0 mol% 이하의 Na_2O ; 및
4.0 mol% 이상 내지 11.9 mol% 이하의 Li_2O 를 포함하는, 조성물.

청구항 2

청구항 1에 있어서,
상기 조성물은 1000 Poise 미만의 액상선 점도를 갖는, 조성물.

청구항 3

청구항 1 또는 2에 있어서,
상기 조성물은 $0.75 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}$ 이상의 파괴 인성을 갖는, 조성물.

청구항 4

청구항 1 내지 3 중 어느 한 항에 있어서,
상기 조성물은 $0.78 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}$ 이상의 파괴 인성을 갖는, 조성물.

청구항 5

청구항 1 내지 4 중 어느 한 항에 있어서,
상기 조성물은 80 GPa 이상 내지 120 GPa 이하의 영률을 갖는, 조성물.

청구항 6

청구항 1 내지 5 중 어느 한 항에 있어서,
상기 조성물은 6.2 GPa 이상 내지 7.7 GPa 이하의 경도를 갖는, 조성물.

청구항 7

Si_2O ;
15 mol% 초과 내지 32 mol% 이하의 Al_2O_3 ;
 B_2O_3 ;
 K_2O ;

MgO;

Na₂O; 및

Li₂O를 포함하는 조성물로서;

여기서, 상기 조성물은 0.75 MPa√m 이상의 파괴 인성, 및 80 GPa 이상 내지 120 GPa 이하의 영률을 갖는, 조성물.

청구항 8

청구항 7에 있어서,

CaO를 더욱 포함하는, 조성물.

청구항 9

청구항 7 또는 8에 있어서,

37.0 mol% 이상 내지 57.5 mol% 이하의 SiO₂를 포함하는, 조성물.

청구항 10

청구항 7 내지 9 중 어느 한 항에 있어서,

15 mol% 이상 내지 30 mol% 이하의 Al₂O₃를 포함하는, 조성물.

청구항 11

청구항 7 내지 10 중 어느 한 항에 있어서,

1.3 mol% 이상 내지 25.9 mol% 이하의 B₂O₃를 포함하는, 조성물.

청구항 12

청구항 7 내지 11 중 어느 한 항에 있어서,

0 mol% 이상 내지 7.7 mol% 이하의 CaO를 포함하는, 조성물.

청구항 13

청구항 7 내지 12 중 어느 한 항에 있어서,

0.35 mol% 이상 내지 0.5 mol% 이하의 K₂O를 포함하는, 조성물.

청구항 14

청구항 7 내지 13 중 어느 한 항에 있어서,

1.7 mol% 이상 내지 21.0 mol% 이하의 MgO를 포함하는, 조성물.

청구항 15

청구항 7 내지 14 중 어느 한 항에 있어서,

2.0 mol% 이상 내지 9.0 mol% 이하의 Na₂O를 포함하는, 조성물.

청구항 16

청구항 7 내지 15 중 어느 한 항에 있어서,

4.0 mol% 이상 내지 11.9 mol% 이하의 Li₂O를 포함하는, 조성물.

청구항 17

청구항 7 내지 16 중 어느 한 항에 있어서,
 상기 조성물은 0.78 MPa√m 이상의 파괴 인성을 갖는, 조성물.

청구항 18

청구항 7 내지 17 중 어느 한 항에 있어서,
 상기 조성물은 0.82 MPa√m 이상의 파괴 인성을 갖는, 조성물.

청구항 19

청구항 7 내지 18 중 어느 한 항에 있어서,
 상기 조성물은 1000 Poise 미만의 액상선 점도를 갖는, 조성물.

청구항 20

유리-계 물품의 표면으로부터 압축의 깊이까지 연장되는 압축 응력 영역을 포함하는, 유리-계 기관을 이온 교환시켜 형성된 유리-계 물품으로서, 여기서, 상기 유리-계 기관은 전술한 청구항들 중 어느 하나의 조성물을 포함하는, 유리-계 물품.

청구항 21

유리-계 물품의 표면으로부터 압축의 깊이까지 연장되는 압축 응력 영역을 포함하고;

상기 유리-계 물품의 중심에서 조성물은:

37.0 mol% 이상 내지 57.5 mol% 이하의 SiO₂;

15.0 mol% 이상 내지 31.2 mol% 이하의 Al₂O₃;

1.3 mol% 이상 내지 25.9 mol% 이하의 B₂O₃;

0 mol% 이상 내지 7.7 mol% 이하의 CaO;

0.35 mol% 이상 내지 0.5 mol% 이하의 K₂O;

1.7 mol% 이상 내지 21.0 mol% 이하의 MgO;

2.0 mol% 이상 내지 9.0 mol% 이하의 Na₂O; 및

4.0 mol% 이상 내지 11.9 mol% 이하의 Li₂O를 포함하는, 유리-계 물품.

청구항 22

청구항 20 또는 21에 있어서,

상기 압축 응력 영역은 500 MPa 이상의 압축 응력을 포함하는, 유리-계 물품.

청구항 23

청구항 20 내지 22 중 어느 한 항에 있어서,

5 μm 이상의 스파이크의 깊이(DOL_{SP})를 포함하는, 유리-계 물품.

청구항 24

전면, 후면 및 측면을 포함하는 하우징;

상기 하우징 내에 적어도 부분적으로 있고, 컨트롤러, 메모리, 및 상기 하우징의 전면 또는 전면에 인접한 디스플레이를 포함하는 전기 구성요소; 및

상기 디스플레이 위에 배치된 커버를 포함하고,

여기서, 상기 하우징 또는 커버 중 적어도 하나의 적어도 일부는 청구항 20 내지 23 중 어느 한 항의 유리-계 물품을 포함하는, 소비자 전자 제품.

청구항 25

유리-계 기관을 이온 교환시켜 유리-계 물품의 표면으로부터 압축의 깊이까지 연장하는 압축 응력 영역을 포함하는 유리-계 물품을 형성시키는, 이온 교환 단계를 포함하고;

여기서, 상기 유리-계 기관은:

37.0 mol% 이상 내지 57.5 mol% 이하의 SiO_2 ;

15.0 mol% 이상 내지 31.2 mol% 이하의 Al_2O_3 ;

1.3 mol% 이상 내지 25.9 mol% 이하의 B_2O_3 ;

0 mol% 이상 내지 7.7 mol% 이하의 CaO ;

0.35 mol% 이상 내지 0.5 mol% 이하의 K_2O ;

1.7 mol% 이상 내지 21.0 mol% 이하의 MgO ;

2.0 mol% 이상 내지 9.0 mol% 이하의 Na_2O ; 및

4.0 mol% 이상 내지 11.9 mol% 이하의 Li_2O 를 포함하는, 방법.

청구항 26

유리-계 기관을 이온 교환시켜 유리-계 물품의 표면으로부터 압축의 깊이까지 연장하는 압축 응력 영역을 포함하는 유리-계 물품을 형성시키는, 이온 교환 단계를 포함하고;

여기서, 상기 유리-계 기관은 0.75 $\text{MPa}\sqrt{\text{m}}$ 이상의 파괴 인성, 및 80 GPa 이상 내지 120 GPa 이하의 영률을 가지며, 상기 유리-계 기관은:

Si_2O ;

15 mol% 초과 내지 32 mol% 이하의 Al_2O_3 ;

B_2O_3 ;

K_2O ;

MgO ;

Na_2O ; 및

Li_2O 를 포함하는, 방법.

청구항 27

청구항 25 또는 26 중 어느 한 항에 있어서,

상기 이온 교환 단계는, 유리-계 기관을 나트륨 및 칼륨을 함유하는 용융염 욕조에 노출시키는 단계를 포함하는, 방법.

발명의 설명

기술 분야

본 출원은 2019년 11월 26일자에 출원된 미국 가출원 제62/940,307호의 우선권을 주장하며, 이의 내용은 그 전

체가 참조로서 여기에 인용되고 병합된다.

[0002] 본 명세서는 일반적으로 전자 장치용 커버 유리(cover glasses)로 사용하기에 적합한 유리 조성물에 관한 것이다. 보다 구체적으로, 본 명세서는 전자 장치용 커버 유리로 형성될 수 있는 알루미늄실리케이트 유리에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 스마트폰, 태블릿, 휴대용 미디어 플레이어, 개인용 컴퓨터, 및 카메라와 같은, 휴대용 장치의 이동성 특성(mobile nature)은, 이러한 장치가 지면과 같은, 단단한 표면 상에 우발적인 낙하에 특별히 취약하게 만든다. 이러한 장치는, 단단한 표면에 충격시 손상될 수 있는, 커버 유리를 통상적으로 혼입하고 있다. 이러한 많은 장치에서, 커버 유리는 디스플레이 커버로서 기능을 하고, 터치 기능성을 혼입할 수 있어서, 커버 유리가 손상된 경우 장치의 사용에 부정적인 영향을 미칠 수 있다.

[0004] 결합된 휴대용 장치가 단단한 표면에 낙하된 경우, 커버 유리의 2가지 주요 파손 모드(failure modes)가 있다. 모드 중 하나는, 장치가 단단한 표면과의 충격으로 동적 하중(dynamic load)을 받을 때, 유리의 굽힘에 의해 유발되는, 굴곡 파손(flexure failure)이다. 다른 모드는, 유리 표면에 손상의 도입에 의해 유발되는, 날카로운 접촉 파손이다. 아스팔트, 화강암, 등과 같이, 거칠고 단단한 표면으로 유리의 충격은, 유리 표면에 날카로운 압입(sharp indentations)을 결과할 수 있다. 이러한 압입은, 균열이 발생하고 전파될 수 있는 유리 표면에 파손 부위가 된다.

[0005] 유리는, 유리 표면에 압축 응력을 유도하는 단계를 포함하는, 이온-교환 기술에 의해 굴곡 파손에 대하여 더 큰 내성을 가질 수 있다. 그러나, 이온-교환 유리는, 날카로운 접촉으로 인한 유리에 국부적 압입에 의해 유발된 높은 응력 집중으로 인해, 동적 날카로운 접촉에 여전히 취약할 것이다.

[0006] 유리 제조업체와 휴대용 장치 제조업체는, 날카로운 접촉 파손에 대한 휴대용 장치의 내성을 개선시키기 위해 지속적으로 노력해 왔다. 해법은 커버 유리 상에 코팅으로부터 장치가 단단한 표면에 낙하되는 경우 커버 유리가 단단한 표면에 직접 충돌하는 것을 방지하는 베젤(bezels)에 이르기까지 다양하다. 그러나, 미적 및 기능적 요건의 제약으로 인해, 커버 유리가 단단한 표면에 충돌하는 것을 완전히 방지하는 것은 매우 어렵다.

[0007] 또한, 휴대용 장치는 가능한 얇은 것이 바람직하다. 따라서, 강도에 부가하여, 휴대용 장치에서 커버 유리로서 사용되는 유리도 또한 가능한 한 얇게 만드는 것이 바람직하다. 따라서, 커버 유리의 강도를 증가시키는 것에 부가하여, 얇은 유리 시트와 같은, 얇은 유리 물품을 제조할 수 있는 공정에 의해 유리가 형성될 수 있도록 하는 기계적 특성을 갖는 것이 유리에 대해 또한 바람직하다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 따라서, 예컨대, 이온 교환에 의해 강화될 수 있고, 얇은 유리 물품으로 형성될 수 있게 하는 기계적 특성을 갖는 유리에 대한 요구가 존재한다.

과제의 해결 수단

[0009] 관점 (1)에 따르면, 유리는 제공된다. 유리는: 37.0 mol% 이상 내지 57.5 mol% 이하의 SiO_2 ; 15.0 mol% 이상 내지 31.2 mol% 이하의 Al_2O_3 ; 1.3 mol% 이상 내지 25.9 mol% 이하의 B_2O_3 ; 0 mol% 이상 내지 7.7 mol% 이하의 CaO ; 0.35 mol% 이상 내지 0.5 mol% 이하의 K_2O ; 1.7 mol% 이상 내지 21.0 mol% 이하의 MgO ; 2.0 mol% 이상 내지 9.0 mol% 이하의 Na_2O ; 및 4.0 mol% 이상 내지 11.9 mol% 이하의 Li_2O 를 포함하는 조성물을 갖는다.

[0010] 관점 (2)에 따르면, 관점 (1)의 유리가 제공되며, 여기서, 상기 조성물은 1000 Poise 미만의 액상선 점도를 갖는다.

[0011] 관점 (3)에 따르면, 관점 (1) 내지 전술한 관점 중 어느 하나의 유리가 제공되며, 여기서, 상기 조성물은 0.75 $\text{MPa}\sqrt{\text{m}}$ 이상의 파괴 인성(fracture toughness)을 갖는다.

[0012] 관점 (4)에 따르면, 관점 (1) 내지 전술한 관점 중 어느 하나의 유리가 제공되며, 여기서, 상기 조성물은 0.78 $\text{MPa}\sqrt{\text{m}}$ 이상의 파괴 인성을 갖는다.

- [0013] 관점 (5)에 따르면, 관점 (1) 내지 전술한 관점 중 어느 하나의 유리가 제공되며, 여기서, 상기 조성물은 80 GPa 이상 내지 120 GPa 이하의 영률을 갖는다.
- [0014] 관점 (6)에 따르면, 관점 (1) 내지 전술한 관점 중 어느 하나의 유리가 제공되며, 여기서, 상기 조성물은 6.2 GPa 이상 내지 7.7 GPa 이하의 경도를 갖는다.
- [0015] 관점 (7)에 따르면, 유리는 제공된다. 상기 유리는: Si_2O ; 15 mol% 초과 내지 32 mol% 이하의 Al_2O_3 ; B_2O_3 ; K_2O ; MgO ; Na_2O ; 및 Li_2O 를 포함하는 조성물을 갖는다. 상기 유리는 $0.75 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}$ 이상의 파괴 인성, 및 80 GPa 이상 내지 120 GPa 이하의 영률을 갖는다.
- [0016] 관점 (8)에 따르면, 관점 (7)의 유리가 제공되며, CaO를 더욱 포함한다.
- [0017] 관점 (9)에 따르면, 관점 (7) 내지 전술한 관점 중 어느 하나의 유리가 제공되며, 37.0 mol% 이상 내지 57.5 mol% 이하의 SiO_2 를 포함한다.
- [0018] 관점 (10)에 따르면, 관점 (7) 내지 전술한 관점 중 어느 하나의 유리가 제공되며, 15 mol% 이상 내지 30 mol% 이하의 Al_2O_3 를 포함한다.
- [0019] 관점 (11)에 따르면, 관점 (7) 내지 전술한 관점 중 어느 하나의 유리가 제공되며, 1.3 mol% 이상 내지 25.9 mol% 이하의 B_2O_3 를 포함한다.
- [0020] 관점 (12)에 따르면, 관점 (7) 내지 전술한 관점 중 어느 하나의 유리가 제공되며, 0 mol% 이상 내지 7.7 mol% 이하의 CaO를 포함한다.
- [0021] 관점 (13)에 따르면, 관점 (7) 내지 전술한 관점 중 어느 하나의 유리가 제공되며, 0.35 mol% 이상 내지 0.5 mol% 이하의 K_2O 를 포함한다.
- [0022] 관점 (14)에 따르면, 관점 (7) 내지 전술한 관점 중 어느 하나의 유리가 제공되며, 1.7 mol% 이상 내지 21.0 mol% 이하의 MgO 를 포함한다.
- [0023] 관점 (15)에 따르면, 관점 (7) 내지 전술한 관점 중 어느 하나의 유리가 제공되며, 2.0 mol% 이상 내지 9.0 mol% 이하의 Na_2O 를 포함한다.
- [0024] 관점 (16)에 따르면, 관점 (7) 내지 전술한 관점 중 어느 하나의 유리가 제공되며, 4.0 mol% 이상 내지 11.9 mol% 이하의 Li_2O 를 포함한다.
- [0025] 관점 (17)에 따르면, 관점 (7) 내지 전술한 관점 중 어느 하나의 유리가 제공되며, 여기서, 상기 조성물은 $0.78 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}$ 이상의 파괴 인성을 갖는다.
- [0026] 관점 (18)에 따르면, 관점 (7) 내지 전술한 관점 중 어느 하나의 유리가 제공되며, 여기서, 상기 조성물은 $0.82 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}$ 이상의 파괴 인성을 갖는다.
- [0027] 관점 (19)에 따르면, 관점 (7) 내지 전술한 관점 중 어느 하나의 유리가 제공되며, 여기서, 상기 조성물은 1000 Poise 미만의 액상선 점도를 갖는다.
- [0028] 관점 (20)에 따르면, 유리-계 물품은 제공된다. 상기 유리-계 물품은 유리-계 기판을 이온 교환시켜 형성된다. 상기 유리-계 물품은, 유리-계 물품의 표면으로부터 압축의 깊이까지 연장되는 압축 응력 영역을 포함한다. 상기 유리-계 기판은 전술한 관점들 중 어느 하나에 따른 유리를 포함할 수 있다.
- [0029] 관점 (21)에 따르면, 유리-계 물품은 제공된다. 상기 유리-계 물품은, 유리-계 물품의 표면으로부터 압축의 깊이까지 연장되는 압축 응력 영역을 포함한다. 상기 유리-계 물품의 중심에서 조성물은: 37.0 mol% 이상 내지 57.5 mol% 이하의 SiO_2 ; 15.0 mol% 이상 내지 31.2 mol% 이하의 Al_2O_3 ; 1.3 mol% 이상 내지 25.9 mol% 이하의 B_2O_3 ; 0 mol% 이상 내지 7.7 mol% 이하의 CaO; 0.35 mol% 이상 내지 0.5 mol% 이하의 K_2O ; 1.7 mol% 이상 내지 21.0 mol% 이하의 MgO ; 2.0 mol% 이상 내지 9.0 mol% 이하의 Na_2O ; 및 4.0 mol% 이상 내지 11.9 mol% 이하의 Li_2O 를 포함한다.
- [0030] 관점 (22)에 따르면, 관점 (20) 내지 전술한 관점 중 어느 하나의 유리-계 물품이 제공되며, 여기서, 상기 압축

응력 영역은 500 MPa 이상의 압축 응력을 포함한다.

- [0031] 관점 (23)에 따르면, 관점 (20) 내지 전술한 관점 중 어느 하나의 유리-계 물품이 제공되며, 5 μm 이상의 스파이크의 깊이(DOL_{SP})를 포함한다.
- [0032] 관점 (24)에 따르면, 소비자 전자 제품은 제공된다. 상기 소비자 전자 제품은: 전면, 후면 및 측면을 포함하는 하우징; 상기 하우징 내에 적어도 부분적으로 있고, 컨트롤러(controller), 메모리, 및 상기 하우징의 전면에 또는 전면에 인접한 디스플레이를 포함하는 전기 구성요소; 및 상기 디스플레이 위에 배치된 커버를 포함한다. 상기 하우징 또는 커버 중 적어도 하나의 적어도 일부는 전술한 관점들 중 어느 하나의 유리-계 물품을 포함한다.
- [0033] 관점 (25)에 따르면, 방법은 제공된다. 상기 방법은: 유리-계 기판을 이온 교환시켜 유리-계 물품의 표면으로부터 압축의 깊이까지 연장하는 압축 응력 영역을 포함하는 유리-계 물품을 형성시키는, 이온 교환 단계를 포함한다. 상기 유리-계 기판은: 37.0 mol% 이상 내지 57.5 mol% 이하의 SiO₂; 15.0 mol% 이상 내지 31.2 mol% 이하의 Al₂O₃; 1.3 mol% 이상 내지 25.9 mol% 이하의 B₂O₃; 0 mol% 이상 내지 7.7 mol% 이하의 CaO; 0.35 mol% 이상 내지 0.5 mol% 이하의 K₂O; 1.7 mol% 이상 내지 21.0 mol% 이하의 MgO; 2.0 mol% 이상 내지 9.0 mol% 이하의 Na₂O; 및 4.0 mol% 이상 내지 11.9 mol% 이하의 Li₂O를 포함한다.
- [0034] 관점 (25)에 따르면, 방법은 제공된다. 상기 방법은: 유리-계 기판을 이온 교환시켜 유리-계 물품의 표면으로부터 압축의 깊이까지 연장하는 압축 응력 영역을 포함하는 유리-계 물품을 형성시키는, 이온 교환 단계를 포함한다. 상기 유리-계 기판은 0.75 MPa√m 이상의 파괴 인성, 및 80 GPa 이상 내지 120 GPa 이하의 영률을 가지며, 상기 유리-계 기판은: Si₂O; 15 mol% 초과 내지 32 mol% 이하의 Al₂O₃; B₂O₃; K₂O; MgO; Na₂O; 및 Li₂O를 포함한다.
- [0035] 관점 (27)에 따르면, 관점 (25) 내지 전술한 관점 중 어느 하나의 방법이 제공되며, 여기서, 상기 이온 교환 단계는, 유리-계 기판을 나트륨 및 칼륨을 함유하는 용융염 욕조에 노출시키는 단계를 포함한다.
- [0036] 추가적인 특색 및 장점들은 하기 상세한 설명에서 서술될 것이고, 부분적으로 하기 상세한 설명으로부터 기술분야의 당업자에게 명백하거나, 또는 하기 상세한 설명, 청구범위뿐만 아니라 첨부된 도면을 포함하는, 여기에 기재된 구현예를 실행시켜 용이하게 인지될 것이다.
- [0037] 전술한 배경기술 및 하기 상세한 설명 모두는 다양한 구현예를 설명하고, 청구된 주제의 본질 및 특징을 이해하기 위한 개요 또는 틀거리를 제공하도록 의도된 것으로 이해될 것이다. 수반되는 도면은 다양한 구현예의 또 다른 이해를 제공하기 위해 포함되고, 본 명세서에 혼입되며, 본 명세서의 일부를 구성한다. 도면은 여기에 기재된 다양한 구현예를 예시하고, 상세한 설명과 함께 청구된 주제의 원리 및 작동을 설명하는 역할을 한다.

도면의 간단한 설명

- [0038] 도 1은, 여기에 개시되고 기재된 구현예에 따른 유리의 표면 상에 압축 응력층을 갖는 유리의 단면을 도시한 개략도;
- 도 2a는, 여기에 개시된 유리 물품 중 어느 하나를 혼입하는 대표적인 전자 장치의 평면도; 및
- 도 2b는, 도 2a의 대표적인 전자 장치의 사시도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0039] 이하, 다양한 구현예에 따른 마그네슘 함유 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리에 대해 상세하게 언급될 것이다. 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리는 우수한 이온 교환성을 가지며, 화학적 강화 공정은 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리에서 고강도 및 고인성 특성을 달성하기 위해 사용된다. 나트륨 알루미늄오실리케이트 유리는 높은 유리 성형성 및 품질을 갖는 고도로 이온 교환 가능한 유리이다. 리튬 알루미늄오실리케이트 유리는 높은 유리 품질을 갖는 고도로 이온 교환 가능한 유리이다. 실리케이트 유리 네트워크(glass network) 내로 Al₂O₃의 치환은 이온 교환 동안 1가 양이온의 상호확산성을 증가시킨다. 용융염 욕조(예를 들어, KNO₃ 또는 NaNO₃)에서 화학적 강화에 의해, 고강도, 고인성, 및 높은 압입 균열 저항성을 갖는 유리는 달성될 수 있다. 화학적 강화를 통해 달성된 응력 프로파일(stress profiles)은, 유리 물품의 낙하 성능, 강도, 인성, 및 기타 속성을 증가시키는 다양한

형상을 가질 수 있다.

- [0040] 따라서, 우수한 물리적 특성, 화학적 내구성, 및 이온 교환성을 갖는 알칼리 알루미늄실리케이트 유리는 커버 유리로서의 용도로 주목받고 있다. 특히, 더 높은 파괴 인성 및 빠른 이온 교환성을 갖는, 리튬 함유 알루미늄실리케이트 유리는 여기에서 제공된다. 다른 이온 교환 공정을 통해, 더 큰 중심 장력(CT), 압축의 깊이(DOC), 및 높은 압축 응력(CS)은 달성될 수 있다. 그러나, 알칼리 알루미늄실리케이트 유리에 리튬의 첨가는, 유리의 용융점, 연화점, 또는 액상선 점도는 감소될 수 있다.
- [0041] 여기에 기재된 유리 조성물의 구현예에서, 구성 성분(예를 들어, SiO_2 , Al_2O_3 , Li_2O , 및 이와 유사한 것)의 농도는, 별도로 명시되지 않는 한, 산화물 기준의 몰 퍼센트(mol%)로 주어진다. 구현예에 따른 알칼리 알루미늄실리케이트 유리 조성물의 성분은 아래에서 개별적으로 논의된다. 한 성분의 다양하게 열거된 범위 중 어느 하나는, 임의의 다른 성분에 대해 다양하게 열거된 범위 중 어느 하나와 개별적으로 조합될 수 있는 것으로 이해되어야 한다. 여기에 사용된 바와 같은, 숫자에서 뒤를 따르는 0은 그 숫자에 대한 유효 숫자를 나타내는 것으로 의도된다. 예를 들어, 숫자 "1.0"은 2개의 유효 숫자를 포함하고, 숫자 "1.00"은 3개의 유효 숫자를 포함한다.
- [0042] 높은 파괴 인성(K_{IC})을 나타내는 리튬 알루미늄실리케이트 유리 조성물은 여기에 개시된다. 몇몇 구현예에서, 유리 조성물은 적어도 $0.75 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}$ 의 K_{IC} 파괴 인성 값 중 적어도 하나를 특징으로 한다. 임의의 특정 이론에 의해 구속받는 것을 원하지는 않지만, 여기에 기재된 유리의 높은 파괴 인성은 유리 조성물에 함유된 높은 전체 강도 성분의 농도에 적어도 부분적으로 기인하는 것으로 믿어진다.
- [0043] 여기에 개시된 알칼리 알루미늄실리케이트 유리 조성물의 구현예에서, SiO_2 는 가장 많은 구성분이고, 그래서, SiO_2 는 유리 조성물로부터 형성된 유리 네트워크의 주요 구성분이다. 순수한 SiO_2 는 상대적으로 낮은 CTE를 갖고 알칼리가 없다. 그러나, 순수한 SiO_2 는 높은 용융점을 갖는다. 따라서, 유리 조성물에서 SiO_2 의 농도가 너무 높은 경우, SiO_2 의 농도가 높을수록 유리 용융의 어려움이 증가하여, 유리 조성물의 성형성은 감소될 수 있어서, 결과적으로, 유리의 성형성에 부정적인 영향을 미친다. 구현예에서, 유리 조성물은 일반적으로 37.0 mol% 이상 내지 57.5 mol% 이하, 및 전술한 값들 사이에 모든 범위 및 서브-범위의 양으로 SiO_2 를 포함한다. 몇몇 구현예에서, 유리 조성물은 SiO_2 를 38.0 mol% 이상, 예컨대, 39.0 mol% 이상, 40.0 mol% 이상, 41.0 mol% 이상, 42.0 mol% 이상, 43.0 mol% 이상, 44.0 mol% 이상, 45.0 mol% 이상, 46.0 mol% 이상, 47.0 mol% 이상, 48.0 mol% 이상, 49.0 mol% 이상, 50.0 mol% 이상, 51.0 mol% 이상, 52.0 mol% 이상, 53.0 mol% 이상, 54.0 mol% 이상, 55.0 mol% 이상, 56.0 mol% 이상, 또는 57.0 mol% 이상의 양으로 포함한다. 몇몇 구현예에서, 유리 조성물은 SiO_2 를 57.0 mol% 이하, 예컨대, 56.0 mol% 이하, 55.0 mol% 이하, 54.0 mol% 이하, 53.0 mol% 이하, 52.0 mol% 이하, 51.0 mol% 이하, 50.0 mol% 이하, 49.0 mol% 이하, 48.0 mol% 이하, 47.0 mol% 이하, 46.0 mol% 이하, 45.0 mol% 이하, 44.0 mol% 이하, 43.0 mol% 이하, 42.0 mol% 이하, 41.0 mol% 이하, 40.0 mol% 이하, 39.0 mol% 이하, 또는 38.0 mol% 이하의 양으로 포함한다. 구현예에서, 상기 범위 중 어느 하나는 임의의 다른 범위와 조합될 수 있어서, 유리 조성물이 SiO_2 를 37.0 mol% 이상 내지 57.0 mol% 이하, 38.0 mol% 이상 내지 56.0 mol% 이하, 39.0 mol% 이상 내지 55.0 mol% 이하, 38.0 mol% 이상 내지 54.0 mol% 이하, 39.0 mol% 이상 내지 53.0 mol% 이하, 40.0 mol% 이상 내지 52.0 mol% 이하, 41.0 mol% 이상 내지 51.0 mol% 이하, 42.0 mol% 이상 내지 50.0 mol% 이하, 43.0 mol% 이상 내지 49.0 mol% 이하, 44.0 mol% 이상 내지 48.0 mol% 이하, 45.0 mol% 이상 내지 47.0 mol% 이하, 및 전술한 값들 사이에 모든 범위 및 서브-범위의 양을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.
- [0044] 구현예의 유리 조성물은 Al_2O_3 를 포함한다. Al_2O_3 는, SiO_2 와 유사한, 유리 네트워크 형성체로서 역할을 할 수 있다. Al_2O_3 는 유리 조성물로부터 형성된 유리 용융물에서 이의 사면체 배위(tetrahedral coordination) 때문에 유리 조성물의 점도를 증가시킬 수 있어, Al_2O_3 의 양이 너무 많은 경우, 유리 조성물의 성형성을 감소시킨다. 그러나, Al_2O_3 의 농도가 유리 조성물에서 SiO_2 의 농도 및 알칼리 산화물의 농도에 대해 균형을 이루는 경우, Al_2O_3 는 유리 용융물의 액상선 온도를 감소시킬 수 있고, 이에 의해 액상선 점도를 향상시키고, 특정 성형 공정과 유리 조성물의 상용성을 개선시킨다. 유리 조성물에 Al_2O_3 의 포함은 여기에 기재된 높은 파괴 인성 값을 가능하게 한다. 구현예에서, 유리 조성물은 일반적으로 15.0 mol% 이상 내지 31.2 mol% 이하, 및 전술한 값들 사이에 모든 범위 및 서브-범위의 농도로 Al_2O_3 를 포함한다. 몇몇 구현예에서, 유리 조성물은 Al_2O_3 를 15 mol% 초과, 예컨

대, 15.5 mol% 이상, 16.0 mol% 이상, 16.5 mol% 이상, 17.0 mol% 이상, 17.5 mol% 이상, 18.0 mol% 이상, 18.5 mol% 이상, 19.0 mol% 이상, 19.5 mol% 이상, 20.0 mol% 이상, 20.5 mol% 이상, 21.0 mol% 이상, 21.5 mol% 이상, 22.0 mol% 이상, 22.5 mol% 이상, 23.0 mol% 이상, 23.5 mol% 이상, 24.0 mol% 이상, 24.5 mol% 이상, 25.0 mol% 이상, 25.5 mol% 이상, 26.0 mol% 이상, 26.5 mol% 이상, 27.0 mol% 이상, 27.5 mol% 이상, 28.0 mol% 이상, 28.5 mol% 이상, 29.0 mol% 이상, 29.5 mol% 이상, 30.0 mol% 이상, 30.5 mol% 이상, 또는 31.0 mol% 이상의 양으로 포함한다. 몇몇 구현예에서, 유리 조성물은 Al_2O_3 를 32 mol% 이하, 예컨대, 31.5 mol% 이하, 31.0 mol% 이하, 30.5 mol% 이하, 30.0 mol% 이하, 29.5 mol% 이하, 29.0 mol% 이하, 28.5 mol% 이하, 28.0 mol% 이하, 27.5 mol% 이하, 27.0 mol% 이하, 26.5 mol% 이하, 26.0 mol% 이하, 25.5 mol% 이하, 25.0 mol% 이하, 24.5 mol% 이하, 24.0 mol% 이하, 23.5 mol% 이하, 23.0 mol% 이하, 22.5 mol% 이하, 22.0 mol% 이하, 21.5 mol% 이하, 21.0 mol% 이하, 20.5 mol% 이하, 20.0 mol% 이하, 19.5 mol% 이하, 19.0 mol% 이하, 18.5 mol% 이하, 18.0 mol% 이하, 17.5 mol% 이하, 17.0 mol% 이하, 16.5 mol% 이하, 16.0 mol% 이하, 또는 15.5 mol% 이하의 양으로 포함한다. 구현예에서, 상기 범위 중 어느 하나는 임의의 다른 범위와 조합될 수 있어서, 유리 조성물이 Al_2O_3 를 15.0 mol% 이상 내지 32.0 mol% 이하, 예컨대, 15.0 mol% 이상 내지 31.5 mol% 이하, 15.5 mol% 이상 내지 31.0 mol% 이하, 16.0 mol% 이상 내지 30.5 mol% 이하, 16.5 mol% 이상 내지 30.0 mol% 이하, 17.0 mol% 이상 내지 29.5 mol% 이하, 17.5 mol% 이상 내지 29.0 mol% 이하, 18.0 mol% 이상 내지 28.5 mol% 이하, 18.5 mol% 이상 내지 28.0 mol% 이하, 19.0 mol% 이상 내지 27.5 mol% 이하, 19.5 mol% 이상 내지 27.0 mol% 이하, 20.0 mol% 이상 내지 26.5 mol% 이하, 20.5 mol% 이상 내지 26.0 mol% 이하, 21.0 mol% 이상 내지 25.5 mol% 이하, 21.5 mol% 이상 내지 25.0 mol% 이하, 22.0 mol% 이상 내지 24.5 mol% 이하, 22.5 mol% 이상 내지 24.0 mol% 이하, 23.0 mol% 이상 내지 23.5 mol% 이하, 및 전술한 값들 사이에 모든 범위 및 서브-범위의 양을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

[0045]

SiO_2 및 Al_2O_3 와 마찬가지로, B_2O_3 는 네트워크 형성제로 유리 조성물에 첨가되고, 이에 의해 유리 조성물의 용융성 및 성형성을 감소시킨다. 따라서, B_2O_3 는 이러한 특성을 과도하게 감소시키지 않는 양으로 첨가될 수 있다. 유리 조성물에 B_2O_3 의 포함은 여기에 기재된 높은 파괴 인성 값을 가능하게 한다. 구현예에서, 유리 조성물은 1.3 mol% 이상의 B_2O_3 내지 25.9 mol% 이하의 B_2O_3 , 및 전술한 값들 사이에 모든 범위 및 서브-범위의 양으로 B_2O_3 를 포함할 수 있다. 구현예에서, 유리 조성물은 B_2O_3 를 0 mol% 초과, 예컨대, 1.5 mol% 이상, 2.0 mol% 이상, 2.5 mol% 이상, 3.0 mol% 이상, 3.5 mol% 이상, 4.0 mol% 이상, 4.5 mol% 이상, 5.0 mol% 이상, 5.5 mol% 이상, 6.0 mol% 이상, 6.5 mol% 이상, 7.0 mol% 이상, 7.5 mol% 이상, 8.0 mol% 이상, 8.5 mol% 이상, 9.0 mol% 이상, 9.5 mol% 이상, 10.0 mol% 이상, 10.5 mol% 이상, 11.0 mol% 이상, 11.5 mol% 이상, 12.0 mol% 이상, 12.5 mol% 이상, 13.0 mol% 이상, 13.5 mol% 이상, 14.0 mol% 이상, 14.5 mol% 이상, 15.0 mol% 이상, 15.5 mol% 이상, 16.0 mol% 이상, 16.5 mol% 이상, 17.0 mol% 이상, 17.5 mol% 이상, 18.0 mol% 이상, 18.5 mol% 이상, 19.0 mol% 이상, 19.5 mol% 이상, 20.0 mol% 이상, 20.5 mol% 이상, 21.0 mol% 이상, 21.5 mol% 이상, 22.0 mol% 이상, 22.5 mol% 이상, 23.0 mol% 이상, 23.5 mol% 이상, 24.0 mol% 이상, 24.5 mol% 이상, 25.0 mol% 이상, 또는 25.5 mol% 이상의 양으로 포함할 수 있다. 구현예에서, 유리 조성물은 B_2O_3 를 25.5 mol% 이하, 예컨대, 25.0 mol% 이하, 24.5 mol% 이하, 24.0 mol% 이하, 23.5 mol% 이하, 23.0 mol% 이하, 22.5 mol% 이하, 22.0 mol% 이하, 21.5 mol% 이하, 21.0 mol% 이하, 20.5 mol% 이하, 20.0 mol% 이하, 19.5 mol% 이하, 19.0 mol% 이하, 18.5 mol% 이하, 18.0 mol% 이하, 17.5 mol% 이하, 17.0 mol% 이하, 16.5 mol% 이하, 16.0 mol% 이하, 15.5 mol% 이하, 15.0 mol% 이하, 14.5 mol% 이하, 14.0 mol% 이하, 12.5 mol% 이하, 13.0 mol% 이하, 12.5 mol% 이하, 12.0 mol% 이하, 11.5 mol% 이하, 11.0 mol% 이하, 10.5 mol% 이하, 10.0 mol% 이하, 9.5 mol% 이하, 9.0 mol% 이하, 8.5 mol% 이하, 8.0 mol% 이하, 7.5 mol% 이하, 7.0 mol% 이하, 6.5 mol% 이하, 6.0 mol% 이하, 5.5 mol% 이하, 5.0 mol% 이하, 4.5 mol% 이하, 4.0 mol% 이하, 3.5 mol% 이하, 3.0 mol% 이하, 2.5 mol% 이하, 2.0 mol% 이하, 또는 1.5 mol% 이하의 양으로 포함할 수 있다. 구현예에서, 상기 범위 중 어느 하나는 임의의 다른 범위와 조합될 수 있어서, 유리 조성물이 B_2O_3 를 1.5 mol% 이상 내지 25.5 mol% 이하, 예컨대, 2 mol% 이상 내지 25.0 mol% 이하, 2.5 mol% 이상 내지 24.5 mol% 이하, 3.0 mol% 이상 내지 24.0 mol% 이하, 3.5 mol% 이상 내지 23.5 mol% 이하, 4.0 mol% 이상 내지 23.0 mol% 이하, 4.5 mol% 이상 내지 22.5 mol% 이하, 5.0 mol% 이상 내지 22.0 mol% 이하, 5.5 mol% 이상 내지 21.5 mol% 이하, 6.0 mol% 이상 내지 21.0 mol% 이하, 6.5 mol% 이상 내지 20.5 mol% 이하, 7.0 mol% 이상 내지 20.0 mol% 이하, 7.5 mol% 이상 내지 19.5 mol% 이하, 8.0 mol% 이상 내지 19.0 mol% 이하, 8.5 mol% 이상 내지 18.5 mol% 이하, 9.0 mol% 이상 내지 18.0 mol% 이하, 9.5 mol% 이상 내지 17.5 mol% 이하, 10.0 mol% 이상 내지 17.0 mol% 이하, 10.5

mol% 이상 내지 16.5 mol% 이하, 11.0 mol% 이상 내지 16.0 mol% 이하, 11.5 mol% 이상 내지 15.5 mol% 이하, 12.0 mol% 이상 내지 15.0 mol% 이하, 12.5 mol% 이상 내지 14.5 mol% 이하, 13.0 mol% 이상 내지 14.0 mol% 이하, 및 전술한 값들 사이에 모든 범위 및 서브-범위의 양을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

[0046] 유리 조성물에 Li_2O 의 포함은, 이온 교환 공정을 더 잘 제어할 수 있고, 유리의 연화점을 더욱 낮추어, 유리의 제조 가능성(manufacturability)을 높일 수 있다. 유리 조성물에 Li_2O 의 존재는 또한 포물선 형상의 응력 프로파일의 형성을 가능하게 한다. 구현예에서, 유리 조성물은 일반적으로 4.0 mol% 초과 내지 11.9 mol% 이하, 및 전술한 값들 사이에 모든 범위 및 서브-범위의 양으로 Li_2O 를 포함한다. 몇몇 구현예에서, 유리 조성물은 Li_2O 를 4.5 mol% 이상, 예컨대, 5.0 mol% 이상, 5.5 mol% 이상, 6.0 mol% 이상, 6.5 mol% 이상, 7.0 mol% 이상, 7.5 mol% 이상, 8.0 mol% 이상, 8.5 mol% 이상, 9.0 mol% 이상, 9.5 mol% 이상, 10.0 mol% 이상, 10.5 mol% 이상, 11.0 mol% 이상, 또는 11.5 mol% 이상의 양으로 포함한다. 몇몇 구현예에서, 유리 조성물은 Li_2O 를 11.5 mol% 이하, 예컨대, 11.0 mol% 이하, 10.5 mol% 이하, 10.0 mol% 이하, 9.5 mol% 이하, 9.0 mol% 이하, 8.5 mol% 이하, 8.0 mol% 이하, 7.5 mol% 이하, 7.0 mol% 이하, 6.5 mol% 이하, 6.0 mol% 이하, 5.5 mol% 이하, 5.0 mol% 이하, 또는 4.5 mol% 이하의 양으로 포함한다. 구현예에서, 상기 범위 중 어느 하나는 임의의 다른 범위와 조합될 수 있어서, 유리 조성물이 Li_2O 를 4.5 mol% 이상 내지 11.5 mol% 이하, 예컨대, 5.0 mol% 이상 내지 11.0 mol% 이하, 5.5 mol% 이상 내지 10.5 mol% 이하, 6.0 mol% 이상 내지 10.0 mol% 이하, 6.5 mol% 이상 내지 9.5 mol% 이하, 7.0 mol% 이상 내지 9.0 mol% 이하, 7.5 mol% 이상 내지 8.5 mol% 이하, 및 전술한 값들 사이에 모든 범위 및 서브-범위의 양을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

[0047] 구현예에 따르면, 유리 조성물은 또한 Na_2O 를 포함한다. Na_2O 는 유리 조성물의 이온 교환성을 도우며, 또한 유리 조성물의 성형성 및 이에 따른 제조 가능성을 개선시킨다. 그러나, Na_2O 가 유리 조성물에 너무 많이 첨가되면, 열팽창계수(CTE)는 너무 낮아질 수 있고, 용융점은 너무 높아질 수 있다. 유리 조성물에 Na_2O 의 포함은 또한 이온 교환 강화를 통해 높은 압축 응력 값이 달성되는 것을 가능하게 한다. 구현예에서, 유리 조성물은 일반적으로 2.0 mol% 이상의 Na_2O 내지 9.0 mol% 이하의 Na_2O , 및 전술한 값들 사이에 모든 범위 및 서브-범위의 양으로 Na_2O 를 포함한다. 몇몇 구현예에서, 유리 조성물은 Na_2O 를 2.5 mol% 이상, 예컨대, 3.0 mol% 이상, 3.5 mol% 이상, 4.0 mol% 이상, 4.5 mol% 이상, 5.0 mol% 이상, 5.5 mol% 이상, 6.0 mol% 이상, 6.5 mol% 이상, 7.0 mol% 이상, 7.5 mol% 이상, 8.0 mol% 이상, 또는 8.5 mol% 이상의 양으로 포함한다. 몇몇 구현예에서, 유리 조성물은 Na_2O 를 8.5 mol% 이하, 예컨대, 8.0 mol% 이하, 7.5 mol% 이하, 7.0 mol% 이하, 6.5 mol% 이하, 6.0 mol% 이하, 5.5 mol% 이하, 5.0 mol% 이하, 4.5 mol% 이하, 4.0 mol% 이하, 3.5 mol% 이하, 3.0 mol% 이하, 또는 2.5 mol% 이하의 양으로 포함한다. 구현예에서, 상기 범위 중 어느 하나는 임의의 다른 범위와 조합될 수 있어서, 유리 조성물이 Na_2O 를 2.5 mol% 이상 내지 8.5 mol% 이하, 예컨대, 3.0 mol% 이상 내지 8.0 mol% 이하, 3.5 mol% 이상 내지 7.5 mol% 이하, 4.0 mol% 이상 내지 7.0 mol% 이하, 4.5 mol% 이상 내지 6.5 mol% 이하, 5.0 mol% 이상 내지 6.0 mol% 이하, 및 전술한 값들 사이에 모든 범위 및 서브-범위의 양을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

[0048] Na_2O 와 마찬가지로, K_2O 도 이온 교환을 촉진하고, 결과적으로 형성되는 압축 응력층의 압축의 깊이(DOC)를 증가시킨다. 그러나, K_2O 를 첨가하면, CTE가 너무 낮아질 수 있고 용융점이 너무 높아질 수 있다. 유리 조성물은 K_2O 를 포함한다. 유리 조성물에 K_2O 의 포함은, 이온 교환에 의해 생성된 유리 물품에서 높은 압축 응력 스파이크의 깊은 깊이를 가능하게 한다. 구현예에서, K_2O 는 0.35 mol% 이상 내지 0.5 mol% 이하, 예컨대 0.4 mol% 이상 내지 0.45 mol% 이하, 0.40 mol% 이상 내지 0.50 mol% 이하, 및 전술한 값들 사이에 모든 범위 및 서브-범위의 양으로 유리 조성물에 존재할 수 있다. 구현예에서, 유리 조성물은 K_2O 를 2.0 mol% 이하, 예컨대, 1.9 mol% 이하, 1.8 mol% 이하, 1.7 mol% 이하, 1.6 mol% 이하, 1.5 mol% 이하, 1.4 mol% 이하, 1.3 mol% 이하, 1.2 mol% 이하, 1.1 mol% 이하, 1.0 mol% 이하, 0.9 mol% 이하, 0.8 mol% 이하, 0.7 mol% 이하, 0.6 mol% 이하, 0.5 mol% 이하, 또는 0.4 mol% 이하의 양으로 함유할 수 있다. 구현예에서, 유리 조성물은 K_2O 를 0 mol% 초과, 예컨대, 0.1 mol% 이상, 0.2 mol% 이상, 0.3 mol% 이상, 또는 0.4 mol% 이상의 양으로 함유할 수 있다.

[0049] 유리는 마그네슘을 포함한다. MgO 의 포함은 유리의 점도를 낮추어, 유리의 성형성과 제조 가능성을 향상시킬 수 있다. 유리 조성물에 MgO 의 포함은 또한 유리 조성물의 변형점 및 영률을 개선시키고, 또한 유리의 이온 교환

능력을 개선시킬 수 있다. 그러나, MgO가 유리 조성물에 너무 많이 첨가되면, 유리 조성물의 밀도 및 CTE는 증가하여 바람직하지 않다. 유리 조성물에 포함된 MgO는, 적어도 부분적으로, 여기에 기재된 높은 파괴 인성 값을 가능하게 한다. 구현예에서, 유리 조성물은 1.7 mol% 이상 내지 21.0 mol% 이하, 및 전술한 값들 사이에 모든 범위 및 서브-범위의 농도로 MgO를 포함한다. 몇몇 구현예에서, 유리 조성물은 MgO를 2.0 mol% 이상, 예컨대, 2.5 mol% 이상, 3.0 mol% 이상, 3.5 mol% 이상, 4.0 mol% 이상, 4.5 mol% 이상, 5.0 mol% 이상, 5.5 mol% 이상, 6.0 mol% 이상, 6.5 mol% 이상, 7.0 mol% 이상, 7.5 mol% 이상, 8.0 mol% 이상, 8.5 mol% 이상, 9.0 mol% 이상, 9.5 mol% 이상, 10.0 mol% 이상, 10.5 mol% 이상, 11.0 mol% 이상, 11.5 mol% 이상, 12.0 mol% 이상, 12.5 mol% 이상, 13.0 mol% 이상, 13.5 mol% 이상, 14.0 mol% 이상, 14.5 mol% 이상, 15.0 mol% 이상, 15.5 mol% 이상, 16.0 mol% 이상, 16.5 mol% 이상, 17.0 mol% 이상, 17.5 mol% 이상, 18.0 mol% 이상, 18.5 mol% 이상, 19.0 mol% 이상, 19.5 mol% 이상, 20.0 mol% 이상, 또는 20.5 mol% 이상의 양으로 포함한다. 몇몇 구현예에서, 유리 조성물은 MgO를 21 mol% 이하, 예컨대, 20.5 mol% 이하, 20.0 mol% 이하, 19.5 mol% 이하, 19.0 mol% 이하, 18.5 mol% 이하, 18.0 mol% 이하, 17.5 mol% 이하, 17.0 mol% 이하, 16.5 mol% 이하, 16.0 mol% 이하, 15.5 mol% 이하, 15.0 mol% 이하, 14.5 mol% 이하, 14.0 mol% 이하, 13.5 mol% 이하, 13.0 mol% 이하, 12.5 mol% 이하, 12.0 mol% 이하, 11.5 mol% 이하, 11.0 mol% 이하, 10.5 mol% 이하, 10.0 mol% 이하, 9.5 mol% 이하, 9.0 mol% 이하, 8.5 mol% 이하, 8.0 mol% 이하, 7.5 mol% 이하, 7.0 mol% 이하, 6.5 mol% 이하, 6.0 mol% 이하, 5.5 mol% 이하, 5.0 mol% 이하, 4.5 mol% 이하, 4.0 mol% 이하, 3.5 mol% 이하, 3.0 mol% 이하, 2.5 mol% 이하, 또는 2.0 mol% 이하의 양으로 포함한다. 구현예에서, 상기 범위 중 어느 하나는 임의의 다른 범위와 조합될 수 있어서, 유리 조성물이 MgO를 2.0 mol% 이상 내지 20.5 mol% 이하, 예컨대, 2.5 mol% 이상 내지 20.0 mol% 이하, 3.0 mol% 이상 내지 19.5 mol% 이하, 3.5 mol% 이상 내지 19.0 mol% 이하, 4.0 mol% 이상 내지 18.5 mol% 이하, 4.5 mol% 이상 내지 18.0 mol% 이하, 5.0 mol% 이상 내지 17.5 mol% 이하, 5.5 mol% 이상 내지 17.0 mol% 이하, 6.0 mol% 이상 내지 16.5 mol% 이하, 6.5 mol% 이상 내지 16.0 mol% 이하, 7.0 mol% 이상 내지 15.5 mol% 이하, 7.5 mol% 이상 내지 15.0 mol% 이하, 8.0 mol% 이상 내지 15.5 mol% 이하, 8.5 mol% 이상 내지 15.0 mol% 이하, 9.0 mol% 이상 내지 14.5 mol% 이하, 9.5 mol% 이상 내지 14.0 mol% 이하, 10.0 mol% 이상 내지 13.5 mol% 이하, 10.5 mol% 이상 내지 13.0 mol% 이하, 11.0 mol% 이상 내지 12.5 mol% 이하, 11.5 mol% 이상 내지 12.0 mol% 이하, 및 전술한 값들 사이에 모든 범위 및 서브-범위의 양을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

[0050] 유리 조성물은 CaO를 포함할 수 있다. CaO의 함유는 유리의 점도를 낮추어, 성형성, 변형점 및 영률을 향상시키고, 이온 교환 능력을 개선시킬 수 있다. 그러나, 유리 조성물에 CaO가 너무 많이 첨가되면, 유리 조성물의 밀도 및 CTE는 증가한다. 구현예에서, 유리 조성물은 일반적으로 0 mol% 이상 내지 15.80 mol% 이하, 및 전술한 값들 사이에 모든 범위 및 서브-범위의 농도로 CaO를 포함한다. 구현예에서, 유리 조성물은 CaO를 0.1 mol% 이상, 예컨대, 0.5 mol% 이상, 1.0 mol% 이상, 1.5 mol% 이상, 2.0 mol% 이상, 2.5 mol% 이상, 3.0 mol% 이상, 3.5 mol% 이상, 4.0 mol% 이상, 4.5 mol% 이상, 5.0 mol% 이상, 5.5 mol% 이상, 6.0 mol% 이상, 6.5 mol% 이상, 7.0 mol% 이상, 7.5 mol% 이상, 8.0 mol% 이상, 8.5 mol% 이상, 9.0 mol% 이상, 9.5 mol% 이상, 10.0 mol% 이상, 10.5 mol% 이상, 11.0 mol% 이상, 11.5 mol% 이상, 12.0 mol% 이상, 12.5 mol% 이상, 13.0 mol% 이상, 13.5 mol% 이상, 14.0 mol% 이상, 14.5 mol% 이상, 15.0 mol% 이상, 또는 15.5 mol% 이상의 양으로 포함한다. 구현예에서, 유리 조성물은 CaO를 15.5 mol% 이하, 예컨대, 15.0 mol% 이하, 14.5 mol% 이하, 14.0 mol% 이하, 13.5 mol% 이하, 13.0 mol% 이하, 12.5 mol% 이하, 12.0 mol% 이하, 11.5 mol% 이하, 11.0 mol% 이하, 10.5 mol% 이하, 10.0 mol% 이하, 9.5 mol% 이하, 9.0 mol% 이하, 8.5 mol% 이하, 8.0 mol% 이하, 7.5 mol% 이하, 7.0 mol% 이하, 6.5 mol% 이하, 6.0 mol% 이하, 5.5 mol% 이하, 5.0 mol% 이하, 4.5 mol% 이하, 4.0 mol% 이하, 3.5 mol% 이하, 3.0 mol% 이하, 2.5 mol% 이하, 2.0 mol% 이하, 1.5 mol% 이하, 1.0 mol% 이하, 또는 0.5 mol% 이하의 양으로 포함한다. 구현예에서, 상기 범위 중 어느 하나는 임의의 다른 범위와 조합될 수 있어서, 유리 조성물이 CaO를 0.1 mol% 이상 내지 15.5 mol% 이하, 예컨대, 0.5 mol% 이상 내지 15.0 mol% 이하, 1.0 mol% 이상 내지 15.5 mol% 이하, 1.5 mol% 이상 내지 14.0 mol% 이하, 2.0 mol% 이상 내지 13.5 mol% 이하, 2.5 mol% 이상 내지 13.0 mol% 이하, 3.0 mol% 이상 내지 12.5 mol% 이하, 3.5 mol% 이상 내지 12.0 mol% 이하, 4.0 mol% 이상 내지 11.5 mol% 이하, 4.5 mol% 이상 내지 11.0 mol% 이하, 5.0 mol% 이상 내지 10.5 mol% 이하, 5.5 mol% 이상 내지 10.0 mol% 이하, 6.0 mol% 이상 내지 9.5 mol% 이하, 6.5 mol% 이상 내지 9.0 mol% 이하, 7.0 mol% 이상 내지 8.5 mol% 이하, 7.5 mol% 이상 내지 8.0 mol% 이하, 및 전술한 값들 사이에 모든 범위 및 서브-범위의 양을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 구현예에서, 유리 조성물은 CaO가 실질적으로 없거나 없을 수 있다.

[0051] 구현예에서, 유리 조성물은 TiO₂가 실질적으로 없거나 없을 수 있다. 여기에서 사용된 바와 같은, 용어 "실질적

으로 없는"은, 성분이 최종 유리에 0.01 mol% 미만과 같은, 오염물질로서 매우 소량으로 존재할 수 있음에도 불구하고 배치 물질(batch material)의 성분으로서 성분이 첨가되지 않음을 의미한다. 유리 조성물에 TiO₂의 포함은, 실투에 영향받기 쉽거나 및/또는 바람직하지 않은 착색을 나타내는 유리를 결과할 수 있다.

[0052] 구현예에서, 유리 조성물은 ZrO₂가 실질적으로 없거나 없을 수 있다. 유리 조성물에 ZrO₂의 포함은, 적어도 부분적으로, 유리에서 ZrO₂의 낮은 용해도로 인해, 유리에 바람직하지 않은 지르코니아의 형성을 결과할 수 있다.

[0053] 구현예에서, 유리 조성물은 P₂O₅가 실질적으로 없거나 없을 수 있다. 유리 조성물에 P₂O₅의 포함은, 유리 조성물의 용융성 및 성형성이 바람직하지 않게 감소될 수 있고, 이에 의해 유리 조성물의 제조 가능성을 악화시킨다. 원하는 이온 교환 성능을 달성하기 위해 여기에 개시된 유리 조성물에 P₂O₅를 포함시키는 것은 필요하지 않다. 이러한 이유로, P₂O₅는 원하는 이온 교환 성능을 유지하면서 유리 조성물의 제조 가능성에 부정적인 영향을 미치는 것을 피하기 위해 유리 조성물로부터 제외될 수 있다.

[0054] 구현예에서, 유리 조성물은 선택적으로 하나 이상의 청정제를 포함할 수 있다. 몇몇 구현예에서, 청정제는, 예를 들어, SnO₂를 포함할 수 있다. 이러한 구현예에서, SnO₂는, 0.2 mol% 이하, 예컨대, 0 mol% 이상 내지 0.2 mol% 이하, 0 mol% 이상 내지 0.1 mol% 이하, 0 mol% 이상 내지 0.05 mol% 이하, 0.1 mol% 이상 내지 0.2 mol% 이하, 및 전술한 값들 사이에 모든 범위 및 서브-범위의 양으로 유리 조성물에 존재할 수 있다. 몇몇 구현예에서, 유리 조성물은 SnO₂가 실질적으로 없거나 또는 없을 수 있다.

[0055] 구현예에서, 유리 조성물은 비소 및 안티몬 중 하나 또는 둘 모두가 실질적으로 없을 수 있다. 다른 구현예에서, 유리 조성물은 비소 및 안티몬 중 하나 또는 둘 모두가 없을 수 있다.

[0056] 구현예에서, 유리 조성물은 Fe₂O₃가 실질적으로 없거나 없을 수 있다. 철은 유리 조성물을 형성하는데 활용되는 원료에 종종 존재하며, 결과적으로 유리 배치에 적극적으로 첨가되지 않은 경우에도 여기에 기재된 유리 조성물에서 검출될 수 있다.

[0057] 상기 개별 성분에 부가하여, 여기에 개시된 구현예에 따른 유리 조성물은 그 안에 함유된 높은 전계 강도 성분의 농도를 특징으로 할 수 있다. 이러한 높은 전계 강도 성분은 유리의 인성에 기여하고, 또한 유리의 경도를 증가시킨다. 여기에서 활용되는 바와 같은, 용어 "높은 전계 강도 성분"은, Al₂O₃, MgO, Li₂O, ZrO₂, La₂O₃, 및 Y₂O₃를 포함하는 그룹을 지칭한다. 유리에서 높은 전계 강도 성분의 농도가 너무 낮으면, 유리의 인성은 바람직하지 않게 감소되고, 원하는 파괴 인성은 달성되지 않을 수 있다. 부가적으로, 유리에서 높은 전계 강도 성분의 농도가 너무 높으면, 유리의 제조 가능성은 바람직하지 않게 저하될 수 있다. 구현예에서, 유리 조성물은 Al₂O₃+MgO+Li₂O+ZrO₂+La₂O₃+Y₂O₃를 22.0 mol% 초과 내지 45.0 mol% 미만, 및 전술한 값들 사이에 모든 범위 및 서브-범위의 농도로 포함할 수 있다. 몇몇 구현예에서, 상기 유리 조성물은 Al₂O₃+MgO+Li₂O+ZrO₂+La₂O₃+Y₂O₃를 22.5 mol% 이상, 예컨대, 23.0 mol% 이상, 24.0 mol% 이상, 25.0 mol% 이상, 26.0 mol% 이상, 27.0 mol% 이상, 28.0 mol% 이상, 29.0 mol% 이상, 30.0 mol% 이상, 31.0 mol% 이상, 32.0 mol% 이상, 33.0 mol% 이상, 34.0 mol% 이상, 35.0 mol% 이상, 36.0 mol% 이상, 37.0 mol% 이상, 38.0 mol% 이상, 39.0 mol% 이상, 40.0 mol% 이상, 41.0 mol% 이상, 42.0 mol% 이상, 43.0 mol% 이상, 또는 44.0 mol% 이상의 농도로 포함할 수 있다. 몇몇 구현예에서, 유리 조성물은 Al₂O₃+MgO+Li₂O+ZrO₂+La₂O₃+Y₂O₃를 45.0 mol% 이하, 예컨대, 44.0 mol% 이하, 43.0 mol% 이하, 42.0 mol% 이하, 41.0 mol% 이하, 40.0 mol% 이하, 39.0 mol% 이하, 38.0 mol% 이하, 37.0 mol% 이하, 36.0 mol% 이하, 35.0 mol% 이하, 34.0 mol% 이하, 33.0 mol% 이하, 32.0 mol% 이하, 31.0 mol% 이하, 30.0 mol% 이하, 29.0 mol% 이하, 28.0 mol% 이하, 27.0 mol% 이하, 26.0 mol% 이하, 25.0 mol% 이하, 24.0 mol% 이하, 23.0 mol% 이하, 또는 22.5 mol% 이하의 농도로 포함할 수 있다. 구현예에서, 상기 범위 중 어느 하나는 임의의 다른 범위와 조합될 수 있어서, 유리 조성물이 Al₂O₃+MgO+Li₂O+ZrO₂+La₂O₃+Y₂O₃를 22.5 mol% 이상 내지 44.5 mol% 이하, 예컨대, 23.0 mol% 이상 내지 44.0 mol% 이하, 24.0 mol% 이상 내지 43.0 mol% 이하, 25.0 mol% 이상 내지 42.0 mol% 이하, 26.0 mol% 이상 내지 41.0 mol% 이하, 27.0 mol% 이상 내지 40.0 mol% 이하, 28.0 mol% 이상 내지 39.0 mol% 이하, 29.0 mol% 이상 내지 38.0 mol% 이하, 30.0 mol% 이상 내지 37.0 mol% 이하, 31.0 mol% 이상 내지 36.0 mol% 이하, 32.0 mol% 이상 내지 35.0 mol% 이하, 33.0 mol% 이상 내지 34.0 mol% 이하, 및 전술한 값들 사이에 모든 범위 및 서브-범위의 양을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

[0058] 전술된 바와 같은 알칼리 알루미늄노실리케이트 유리 조성물의 물리적 특성은 이제 논의될 것이다. 이러한 물리적

특성은, 실시예를 참조하여 보다 상세하게 논의되는 바와 같이, 알칼리 알루미늄실리케이트 유리 조성물의 성분량을 변경시켜 달성될 수 있다.

[0059] 구현예에 따른 유리 조성물은 높은 파괴 인성을 갖는다. 임의의 특정 이론에 구속되는 것을 원하지는 않지만, 높은 파괴 인성은 유리 조성물에 개선된 낙하 성능을 부여할 수 있다. 여기에서 활용되는 바와 같은, 파괴 인성은 K_{IC} 값을 지칭하며, 셰브론 노치 쇼트 바 방법(chevron notched short bar method)에 의해 측정된다. K_{IC} 값을 측정하는데 활용되는 셰브론 노치 쇼트 바(CNSB) 방법은, Y_{*m} 이 Bubsey, R.T. et al., "Closed-Form Expressions for Crack-Mouth Displacement and Stress Intensity Factors for Chevron-Notched Short Bar and Short Rod Specimens Based on Experimental Compliance Measurements," NASA Technical Memorandum 83796, pp. 1-30 (October 1992)의 방정식 5를 사용하여 계산된 것을 제외하고는, Reddy, K.P.R. et al, "Fracture Toughness Measurement of Glass and Ceramic Materials Using Chevron-Notched Specimens," J. Am. Ceram. Soc., 71 [6], C-310-C-313 (1988)에 개시되어 있다. 부가적으로, K_{IC} 값은, 유리 물품을 이온 교환하기 전에 K_{IC} 값을 측정하는 것과 같이, 강화되지 않은 유리 샘플에 대해 측정된다. 여기에서 논의된 K_{IC} 값은, 별도로 명시되지 않는 한, $MPa\sqrt{m}$ 으로 보고된다.

[0060] 구현예에서, 유리 조성물은, 0.750 $MPa\sqrt{m}$ 이상, 예컨대, 0.755 $MPa\sqrt{m}$ 이상, 0.760 $MPa\sqrt{m}$ 이상, 0.765 $MPa\sqrt{m}$ 이상, 0.770 $MPa\sqrt{m}$ 이상, 0.775 $MPa\sqrt{m}$ 이상, 0.780 $MPa\sqrt{m}$ 이상, 0.785 $MPa\sqrt{m}$ 이상, 0.790 $MPa\sqrt{m}$ 이상, 0.795 $MPa\sqrt{m}$ 이상, 0.800 $MPa\sqrt{m}$ 이상, 0.805 $MPa\sqrt{m}$ 이상, 0.810 $MPa\sqrt{m}$ 이상, 0.815 $MPa\sqrt{m}$ 이상, 0.820 $MPa\sqrt{m}$ 이상, 0.825 $MPa\sqrt{m}$ 이상, 0.835 $MPa\sqrt{m}$ 이상, 0.845 $MPa\sqrt{m}$ 이상, 0.855 $MPa\sqrt{m}$ 이상, 0.860 $MPa\sqrt{m}$ 이상, 0.865 $MPa\sqrt{m}$ 이상, 0.870 $MPa\sqrt{m}$ 이상, 0.875 $MPa\sqrt{m}$ 이상, 0.880 $MPa\sqrt{m}$ 이상, 0.880 $MPa\sqrt{m}$ 이상, 0.885 $MPa\sqrt{m}$ 이상, 0.890 $MPa\sqrt{m}$ 이상, 또는 0.895 $MPa\sqrt{m}$ 이상의 K_{IC} 값을 나타낸다. 구현예에서, 유리 조성물은, 0.750 $MPa\sqrt{m}$ 이상 내지 1.00 $MPa\sqrt{m}$ 이하, 예컨대, 0.76 $MPa\sqrt{m}$ 이상 내지 0.99 $MPa\sqrt{m}$ 이하, 0.77 $MPa\sqrt{m}$ 이상 내지 0.98 $MPa\sqrt{m}$ 이하, 0.78 $MPa\sqrt{m}$ 이상 내지 0.97 $MPa\sqrt{m}$ 이하, 0.79 $MPa\sqrt{m}$ 이상 내지 0.96 $MPa\sqrt{m}$ 이하, 0.80 $MPa\sqrt{m}$ 이상 내지 0.95 $MPa\sqrt{m}$ 이하, 0.81 $MPa\sqrt{m}$ 이상 내지 0.94 $MPa\sqrt{m}$ 이하, 0.82 $MPa\sqrt{m}$ 이상 내지 0.93 $MPa\sqrt{m}$ 이하, 0.83 $MPa\sqrt{m}$ 이상 내지 0.92 $MPa\sqrt{m}$ 이하, 0.84 $MPa\sqrt{m}$ 이상 내지 0.91 $MPa\sqrt{m}$ 이하, 0.85 $MPa\sqrt{m}$ 이상 내지 0.90 $MPa\sqrt{m}$ 이하, 0.86 $MPa\sqrt{m}$ 이상 내지 0.89 $MPa\sqrt{m}$ 이하, 0.87 $MPa\sqrt{m}$ 이상 내지 0.88 $MPa\sqrt{m}$ 이하, 및 전술한 값들 사이에 모든 범위 및 서브-범위의 K_{IC} 값을 나타낸다. 여기에 기재된 유리 조성물의 높은 파괴 인성은 손상에 대한 유리의 내성을 증가시킨다.

[0061] 구현예에서, 유리 조성물의 액상선 점도는, 1000 P 이하, 예컨대, 950 P 이하, 900 P 이하, 850 P 이하, 800 P 이하, 750 P 이하, 700 P 이하, 650 P 이하, 600 P 이하, 550 P 이하, 또는 500 P 이하이다. 다른 구현예에서, 유리 조성물의 액상선 점도는, 500 P 이상, 예컨대, 550 P 이상, 600 P 이상, 650 P 이상, 700 P 이상, 750 P 이상, 800 P 이상, 850 P 이상, 900 P 이상, 또는 950 P 이상이다. 구현예에서, 상기 범위 중 어느 하나는 임의의 다른 범위와 조합될 수 있어서, 액상선 점도가 500 P 이상 내지 1000 P 이하, 예컨대, 550 P 이상 내지 950 kP 이하, 600 P 이상 내지 900 kP 이하, 650 P 이상 내지 850 kP 이하, 700 P 이상 내지 800 kP 이하, 및 전술한 값들 사이에 모든 범위 및 서브-범위인 것으로 이해되어야 한다. 액상선 점도는 다음 방법에 의해 결정된다. 먼저, 유리의 액상선 온도는, 명칭이 "Standard Practice for Measurement of Liquidus Temperature of Glass by the Gradient Furnace Method"인, ASTM C829-81(2015)에 따라 측정된다. 다음으로, 액상선 온도에서 유리의 점도는, 명칭이 "Standard Practice for Measuring Viscosity of Glass Above the Softening Point"인, ASTM C965-96(2012)에 따라 측정된다.

[0062] 구현예에서, 유리 조성물의 영률(E)은, 75 GPa 이상 내지 125 GPa 이하, 예컨대, 80 GPa 이상 내지 120 GPa 이하, 81 GPa 이상 내지 118 GPa 이하, 82 GPa 이상 내지 117 GPa 이하, 83 GPa 이상 내지 116 GPa 이하, 84 GPa 이상 내지 115 GPa 이하, 85 GPa 이상 내지 114 GPa 이하, 86 GPa 이상 내지 113 GPa 이하, 87 GPa 이상 내지 112 GPa 이하, 88 GPa 이상 내지 111 GPa 이하, 89 GPa 이상 내지 110 GPa 이하, 90 GPa 이상 내지 109 GPa 이하, 91 GPa 이상 내지 108 GPa 이하, 92 GPa 이상 내지 107 GPa 이하, 93 GPa 이상 내지 106 GPa 이하, 94 GPa 이상 내지 105 GPa 이하, 95 GPa 이상 내지 104 GPa 이하, 96 GPa 이상 내지 103 GPa 이하, 97 GPa 이상 내지 102 GPa 이하, 98 GPa 이상 내지 101 GPa 이하, 99 GPa 이상 내지 100 GPa 이하, 및 전술한 값들 사이에 모든 범위 및 서브-범위일 수 있다. 본 개시에 열거된 영률 값은, 명칭이 "Standard Guide for Resonant Ultrasound Spectroscopy for Defect Detection in Both Metallic and Non-metallic Parts"인, ASTM E2001-13에 서술된 일반 타입의 공명 초음파 분광법에 의해 측정된 대로의 값을 지칭한다.

- [0063] 구현예에서, 유리 조성물은, 30 GPa 이상 내지 35 GPa 이하, 예컨대, 31 GPa 이상 내지 34 GPa 이하, 32 GPa 이상 내지 33 GPa 이하, 및 전술한 값들 사이에 모든 범위 및 서브-범위의 전단 탄성계수(G)를 가질 수 있다. 본 개시에 열거된 전단 탄성계수 값은, 명칭이 "Standard Guide for Resonant Ultrasound Spectroscopy for Defect Detection in Both Metallic and Non-metallic Parts"인, ASTM E2001-13에 서술된 일반 타입의 공명 초음파 분광법에 의해 측정된 대로의 값을 지칭한다.
- [0064] 구현예에서, 유리 조성물은, 0.2 이상 내지 0.26 이하, 예컨대, 0.21 이상 내지 0.25 이하, 0.22 이상 내지 0.24 이하, 0.23 이하, 및 전술한 값들 사이에 모든 범위 및 서브-범위의 푸아송 비(ν)를 가질 수 있다. 본 개시에 열거된 푸아송 비 값은, 명칭이 "Standard Guide for Resonant Ultrasound Spectroscopy for Defect Detection in Both Metallic and Non-metallic Parts"인, ASTM E2001-13에 서술된 일반 타입의 공명 초음파 분광법에 의해 측정된 대로의 값을 지칭한다.
- [0065] 구현예에서, 유리 조성물은, 6.2 GPa 이상, 예컨대, 6.3 GPa 이상, 6.4 GPa 이상, 6.5 GPa 이상, 6.6 GPa 이상, 6.7 GPa 이상, 6.8 GPa 이상, 6.9 GPa 이상, 7.0 GPa 이상, 7.1 GPa 이상, 7.2 GPa 이상, 7.3 GPa 이상, 7.4 GPa 이상, 7.5 GPa, 또는 7.6 GPa 이상의 경도를 가질 수 있다. 구현예에서, 유리 조성물은, 6.2 GPa 이상 내지 7.7 GPa 이하, 예컨대, 6.3 GPa 이상 내지 7.6 GPa 이하, 6.4 GPa 이상 내지 7.5 GPa 이하, 6.5 GPa 이상 내지 7.4 GPa 이하, 6.6 GPa 이상 내지 7.3 GPa 이하, 6.7 GPa 이상 내지 7.2 GPa 이하, 6.8 GPa 이상 내지 7.1 GPa 이하, 6.9 GPa 이상 내지 7.0 GPa 이하, 및 전술한 값들 사이에 모든 범위 및 서브-범위의 경도를 갖는다. 경도는 베르코비치 팁(Berkovich tip)으로 나노압입(nanoindentation)에 의해 측정된다.
- [0066] 상기 조성물로부터, 구현예에 따른 유리 물품은 임의의 적합한 방법에 의해 형성될 수 있다. 구현예에서, 유리 조성물은 롤링 공정(rolling processes)에 의해 형성될 수 있다.
- [0067] 유리 조성물 및 이로부터 제조된 물품은 이것이 형성될 수 있는 방식을 특징으로 할 수 있다. 예를 들어, 유리 조성물은 플로우트-성형성(즉, 플로우트 공정에 의해 형성됨) 또는 롤-성형성(즉, 롤링 공정에 의해 형성됨)을 특징으로 할 수 있다.
- [0068] 하나 이상의 구현예에서, 여기에 기재된 유리 조성물은 비정질 미세구조를 나타내고 결정 또는 결정자(crystallites)가 실질적으로 없을 수 있는 유리 물품을 형성할 수 있다. 다시 말해서, 여기에 기재된 유리 조성물로부터 형성된 유리 물품은 유리-세라믹 물질을 배제할 수 있다.
- [0069] 위에서 언급한 바와 같이, 구현예에서, 여기에 기재된 유리 조성물은, 예컨대, 이온 교환에 의해 강화되어, 디스플레이 커버와 같은, 그러나 이에 제한되지 않는, 적용들에 대해 내손상성이 있는 유리 물품을 만들 수 있다. 도 1을 참조하면, 유리 물품의 표면으로부터 압축의 깊이(DOC)까지 연장되는 압축 응력하에 있는 제1 영역(예를 들어, 도 1에서 제1 및 제2 압축층(120, 122)) 및 DOC로부터 유리 물품의 중심 또는 내부 영역으로 연장되는 인장 응력 또는 중심 장력(CT)하에 있는 제2 영역(예를 들어, 도 1에서 중심 영역(130))을 갖는 유리 물품은 도시된다. 여기에 사용된 바와 같은, DOC는 유리 물품 내에 응력이 압축으로부터 인장으로 변화하는 깊이를 지칭한다. DOC에서, 응력은 양(압축) 응력으로부터 음(인장) 응력으로 교차하고, 따라서, 0의 응력 값을 나타낸다.
- [0070] 당업계에서 통상적으로 사용되는 관례에 따르면, 압축 또는 압축 응력은 음(<0) 응력으로 표현되고, 인장 또는 인장 응력은 양(>0) 응력으로 표현된다. 그러나, 본 상세한 설명 전체에서, CS는 양수 또는 절대값으로 표현된다 - 즉, 여기에서 열거된 바와 같이, $CS = |CS|$ 이다. 압축 응력(CS)은 유리 물품의 표면에 또는 그 부근에서 최대값을 가지며, CS는 함수에 따라 표면으로부터의 거리(d)에 따라 변한다. 도 1을 다시 참조하면, 제1 세그먼트(120)는 제1 표면(110)으로부터 깊이(d_1)까지 연장되고, 제2 세그먼트(122)는 제2 표면(112)으로부터 깊이(d_2)까지 연장된다. 종합하면, 이러한 세그먼트는 유리 물품(100)의 압축 또는 CS를 정의한다. (표면 CS를 포함하는) 압축 응력은, Orihara Industrial Co., Ltd.(일본)에 의해 제작된, FSM-6000과 같은 상업적으로 이용 가능한 기구를 사용하여 표면 응력 측정기(FSM)에 의해 측정될 수 있다. 표면 응력 측정은, 유리의 복굴절과 관련된, 응력 광학 계수(SOC)의 정확한 측정에 의존한다. SOC는 결과적으로 명칭이 "Standard Test Method for Measurement of Glass Stress-Optical Coefficient"인, ASTM 표준 C770-16에 기재된 절차 C(유리 디스크 방법)에 따라 측정되며, 이의 내용은 그 전체가 여기에 참조로 혼입된다.
- [0071] 구현예에서, 유리 물품의 CS는, 400 MPa 이상 내지 1200 MPa 이하, 예컨대, 425 MPa 이상 내지 1150 MPa 이하, 450 MPa 이상 내지 1100 MPa 이하, 475 MPa 이상 내지 1050 MPa 이하, 500 MPa 이상 내지 1000 MPa 이하, 525 MPa 이상 내지 975 MPa 이하, 550 MPa 이상 내지 950 MPa 이하, 575 MPa 이상 내지 925 MPa 이하, 600 MPa 이상 내지 900 MPa 이하, 625 MPa 이상 내지 875 MPa 이하, 650 MPa 이상 내지 850 MPa 이하, 575 MPa 이상 내지

825 MPa 이하, 700 MPa 이상 내지 800 MPa 이하, 725 MPa 이상 내지 775 MPa 이하, 750 MPa 이상, 및 전술한 값들 사이에 모든 범위 및 서브-범위이다.

[0072] 하나 이상의 구현예에서, Na^+ 및 K^+ 이온은 유리 물품으로 교환되고, Na^+ 이온은 K^+ 이온보다 유리 물품 내로 더 깊은 깊이로 확산된다. K^+ 이온의 침투의 깊이("칼륨 DOL")는, 이온 교환 공정의 결과로 칼륨 침투의 깊이를 나타내기 때문에 DOC와 구별된다. 칼륨 DOL은 통상적으로 여기에 기재된 물품에 대한 DOC보다 낮다. 칼륨 DOL은, CS 측정과 관련하여 전술된 바와 같이, 응력 광학 계수(SOC)의 정확한 측정에 의존하는, Orihara Industrial Co., Ltd.(일본)에 의해 제작된, 상업적으로 이용 가능한 FSM-6000 표면 응력 측정기와 같은 표면 응력 측정기를 사용하여 측정된다. 칼륨 DOL은 압축 응력 스파이크의 깊이(DOL_{sp})를 정의할 수 있고, 여기서, 응력 프로파일은 가파른 스파이크 영역으로부터 덜-가파른 깊은 영역으로 전환된다. 깊은 영역은 스파이크의 버텀(bottom)으로부터 압축의 깊이까지 확장된다. 유리 물품의 DOL_{sp}는, 5 μm 이상 내지 30 μm 이하, 예컨대, 6 μm 이상 내지 25 μm 이하, 7 μm 이상 내지 20 μm 이하, 8 μm 이상 내지 15 μm 이하, 또는 9 μm 이상 내지 11 μm 이하, 10 μm 이상, 및 전술한 값들 사이에 모든 범위 및 서브-범위일 수 있다.

[0073] 두 주 표면(도 1에서 110, 112)의 압축 응력은 유리 물품의 중앙 영역(130)에 저장된 장력에 의해 균형을 이룬다. 최대 중심 장력(CT) 및 DOC 값들은 당업계에 공지된 산란광 편광기(SCALP) 기술을 사용하여 측정될 수 있다. 굴절된 근-거리장(RNF) 방법 또는 SCALP는 유리 물품의 응력 프로파일을 결정하는데 사용될 수 있다. RNF 방법이 응력 프로파일을 측정하는데 활용되는 경우, SCALP에 의해 제공되는 최대 CT 값은 RNF 방법에서 활용된다. 특히, RNF에 의해 결정된 응력 프로파일은 힘의 균형을 이루고, SCALP 측정에 의해 제공되는 최대 CT 값으로 보정된다. RNF 방법은, 명칭이 "Systems and methods for measuring a profile characteristic of a glass sample"인, 미국 특허 제8,854,623호에 기재되어 있으며, 이는 이의 전체가 참조로서 여기에 혼입된다. 특히, RNF 방법은 기준 블록(reference block)에 인접하게 유리 물품을 배치하는 단계, 1Hz 내지 50Hz의 속도로 직교 편광들(orthogonal polarizations) 사이에서 전환되는 편광-전환된 광 빔(polarization-switched light beam)을 발생시키는 단계, 편광-전환된 광 빔의 전력량을 측정하는 단계 및 편광-전환된 기준 신호를 발생시키는 단계를 포함하며, 여기서, 각각의 직교 편광에서 측정된 전력량은 서로 50% 이내이다. 상기 방법은, 다른 깊이에 대한 기준 블록 및 유리 샘플을 통해 편광-전환된 광 빔을 유리 샘플 내로 전송시키는 단계, 그 다음, 전송된 편광-전환된 광 빔을 릴레이 광학 시스템(relay optical system)을 사용하여 신호 광검출기(signal photodetector)로 릴레이시키는 단계를 더욱 포함하며, 상기 신호 광검출기는 편광-전환된 검출기 신호를 발생시킨다. 상기 방법은 또한 검출기 신호를 기준 신호로 분할하여 정규화된 검출기 신호를 형성시키는 분할 단계 및 상기 정규화된 검출기 신호로부터 유리 샘플의 프로파일 특성을 결정하는 단계를 포함한다.

[0074] 구현예에서, 유리 물품은, 20 MPa 이상, 예컨대, 25 MPa 이상, 30 MPa 이상, 35 MPa 이상, 40 MPa 이상, 45 MPa 이상, 50 MPa 이상, 55 MPa 이상, 60 MPa 이상, 65 MPa 이상, 70 MPa 이상, 75 MPa 이상, 80 MPa 이상, 85 MPa 이상, 90 MPa 이상, 95 MPa 이상, 100 MPa 이상, 또는 105 MPa 이상, 및 전술한 값들 사이에 모든 범위 및 서브-범위의 최대 CT를 가질 수 있다. 몇몇 구현예에서, 유리 물품은, 110 MPa 이하, 예컨대, 105 MPa 이하, 100 MPa 이하, 95 MPa 이하, 90 MPa 이하, 85 MPa 이하, 80 MPa 이하, 75 MPa 이하, 70 MPa 이하, 65 MPa 이하, 60 MPa 이하, 55 MPa 이하, 50 MPa 이하, 45 MPa 이하, 40 MPa 이하, 35 MPa 이하, 30 MPa 이하, 또는 25 MPa 이하, 및 전술한 값들 사이에 모든 범위 및 서브-범위의 최대 CT를 가질 수 있다. 구현예에서, 상기 범위 중 어느 하나는 임의의 다른 범위와 조합될 수 있어서, 유리 물품이 20 MPa 이상 내지 110 MPa 이하, 예컨대, 25 MPa 이상 내지 105 MPa 이하, 30 MPa 이상 내지 100 MPa 이하, 35 MPa 이상 내지 95 MPa 이하, 40 MPa 이상 내지 90 MPa 이하, 45 MPa 이상 내지 85 MPa 이하, 50 MPa 이상 내지 80 MPa 이하, 55 MPa 이상 내지 75 MPa 이하, 60 MPa 이상 내지 70 MPa 이하, 및 전술한 값들 사이에 모든 범위 및 서브-범위의 최대 CT를 가질 수 있는 것으로 이해되어야 한다.

[0075] 여기에 기재된 유리 조성물의 높은 파괴 인성 값은 또한 개선된 성능을 가능하게 할 수 있다. 여기에 기재된 유리 조성물을 활용하여 제조된 유리 물품의 취약성 한도(frangibility limit)는 적어도 부분적으로 파괴 인성에 의존한다. 이러한 이유로, 여기에 기재된 유리 조성물의 높은 파괴 인성은, 많은 양의 저장된 변형 에너지가 이로부터 형성된 유리 물품에 부서지지 않고 부여되는 것을 가능하게 한다. 그 다음, 유리 물품에 포함될 수 있는 저장된 변형 에너지의 증가된 양은, 유리 물품의 낙하 성능을 통해 관찰될 수 있는, 증가된 내파단성(fracture resistance)을 유리 물품이 나타내는 것을 가능하게 한다. 취약성 한도와 파괴 인성 사이에 관계는, 2019년 9월 10일자로 출원된, 명칭이 "Glass-based Articles with Improved Fracture Resistance"인, 미국 특허 출원 제 16/565,899호에 기재되어 있으며, 이의 전체적인 내용은 여기에 참조로서 혼입된다. 파괴 인성과 낙하 성능 사

이에 관계는, 2019년 5월 29일자로 출원된, 명칭이 "Glass with Improved Drop Performance"인, 미국 특허 출원 제16/425,217호에 기재되어 있으며, 이의 전체적인 내용은 여기에 참조로서 혼입된다.

[0076] 위에서 언급된 바와 같이, DOC는 당업계에 공지된 산란광 편광기(SCALP) 기술을 사용하여 측정된다. DOC는 여기에서의 몇몇 구현예에서 유리 물품의 두께(t)의 일부로서 제공된다. 구현예에서, 유리 물품은, 0.15t 이상 내지 0.25t 이하, 예컨대, 0.18t 이상 내지 0.22t 이하, 또는 0.19t 이상 내지 0.21t 이하, 및 전술한 값들 사이에 모든 범위 및 서브-범위의 압축의 깊이(DOC)를 가질 수 있다.

[0077] 압축 응력층은 유리를 이온 교환 용액에 노출시켜 유리에 형성될 수 있다. 구현예에서, 이온 교환 용액은 용융된 질산염일 수 있다. 몇몇 구현예에서, 이온 교환 용액은 용융 KNO_3 , 용융 NaNO_3 , 또는 이들의 조합일 수 있다. 특정 구현예에서, 이온 교환 용액은, 약 95% 미만의 용융된 KNO_3 , 예컨대, 약 90% 미만의 용융된 KNO_3 , 약 80% 미만의 용융된 KNO_3 , 약 70% 미만의 용융된 KNO_3 , 약 60% 미만의 용융된 KNO_3 , 또는 약 50% 미만의 용융 KNO_3 를 포함할 수 있다. 특정 구현예에서, 이온 교환 용액은, 적어도 약 5%의 용융 NaNO_3 , 예컨대, 적어도 약 10%의 용융 NaNO_3 , 적어도 약 20%의 용융 NaNO_3 , 적어도 약 30%의 용융 NaNO_3 , 또는 적어도 약 40%의 용융 NaNO_3 를 포함할 수 있다. 다른 구현예에서, 이온 교환 용액은, 약 95%의 용융 KNO_3 및 약 5%의 용융 NaNO_3 , 약 94%의 용융 KNO_3 및 약 6%의 용융 NaNO_3 , 약 93%의 용융 KNO_3 및 약 7%의 용융 NaNO_3 , 약 90%의 용융 KNO_3 및 약 10%의 용융 NaNO_3 , 약 80%의 용융 KNO_3 및 약 20%의 용융 NaNO_3 , 약 75%의 용융 KNO_3 및 약 25%의 용융 NaNO_3 , 약 70%의 용융 KNO_3 및 약 30%의 용융 NaNO_3 , 약 65%의 용융 KNO_3 및 약 35%의 용융 NaNO_3 , 또는 약 60%의 용융 KNO_3 및 약 40%의 용융 NaNO_3 , 및 전술한 값들 사이에 모든 범위 및 서브-범위를 포함할 수 있다. 구현예에서, 예를 들어, 나트륨 또는 칼륨 아질산염, 인산염, 또는 황산염과 같은, 다른 나트륨 및 칼륨염은 이온 교환 용액에 사용될 수 있다. 구현예에서, 이온 교환 용액은, LiNO_3 와 같은, 리튬염을 포함할 수 있다.

[0078] 유리 조성물은, 유리 조성물로 제조된 유리 기판을 이온 교환 용액의 욕조에 담그거나, 이온 교환 용액을 유리 조성물로 제조된 유리 기판 상에 분무하거나, 또는 다른 방법으로 이온 교환 용액을 유리 조성물로부터 제조된 유리 기판에 물리적으로 도포시켜 이온 교환 용액에 노출될 수 있어 이온 교환된 유리 물품을 형성시킨다. 유리 조성물에 노출시, 이온 교환 용액은, 구현예에 따르면, 360°C 이상 내지 500°C 이하, 예컨대, 370°C 이상 내지 490°C 이하, 380°C 이상 내지 480°C 이하, 390°C 이상 내지 470°C 이하, 400°C 이상 내지 460°C 이하, 410°C 이상 내지 450°C 이하, 420°C 이상 내지 440°C 이하, 430°C 이상, 및 전술한 값들 사이에 모든 범위 및 서브-범위의 온도일 수 있다. 구현예에서, 유리 조성물은, 4시간 이상 내지 48시간 이하, 예컨대, 8시간 이상 내지 44시간 이하, 12시간 이상 내지 40시간 이하, 16시간 이상 내지 36시간 이하, 20시간 이상 내지 32시간 이하, 또는 24시간 이상 내지 28시간 이하, 및 전술한 값들 사이에 모든 범위 및 서브-범위의 지속 기간 동안 이온 교환 용액에 노출될 수 있다.

[0079] 이온 교환 공정은, 예를 들어, 그 전체가 참조로서 여기에 혼입되는, 미국 공개 특허 제2016/0102011호에 개시된 바와 같은, 개선된 압축 응력 프로파일을 제공하는 공정 조건하에 이온 교환 용액에서 수행될 수 있다. 몇몇 구현예에서, 이온 교환 공정은, 그 전체가 참조로서 여기에 혼입되는, 미국 공개 특허 제2016/0102014호에 기재된 응력 프로파일과 같은, 유리 물품에서 포물선형 응력 프로파일을 형성하도록 선택될 수 있다.

[0080] 이온 교환 공정이 수행된 후, 이온 교환된 유리 물품의 표면에서의 조성물은 형성된-대로의 유리 기판(즉, 이온 교환 공정을 거치기 전에 유리 기판)의 조성물과 다른 것으로 이해되어야 한다. 이는, 예를 들어, Li^+ 또는 Na^+ 와 같은, 형성된-대로의 유리 기판에서 한 타입의 알칼리 금속 이온이 각각, 예를 들어, Na^+ 또는 K^+ 와 같은, 더 큰 알칼리 금속 이온으로 대체된 결과이다. 그러나, 유리 물품의 깊이의 중심에 또는 그 근처에 있는 유리 조성물은, 구현예에서, 여전히 유리 물품을 형성하는데 활용되는 형성된-대로의 비-이온 교환된 유리 기판의 조성물을 가질 것이다.

[0081] 여기에 개시된 유리 물품은, 디스플레이를 갖는 물품(또는 디스플레이 물품)(예를 들어, 휴대폰, 태블릿, 컴퓨터, 내비게이션 시스템, 및 이와 유사한 것을 포함하는, 소비자 전자 제품), 건축용 물품, 운송용 물품(예를 들어, 자동차, 기차, 항공기, 선박, 등), 가전 물품, 또는 일부 투명도, 내-스크래치성, 내마모성 또는 이들의 조합이 필요한 임의의 물품과 같은 또 다른 물품 내로 혼입될 수 있다. 여기에 개시된 유리 물품 중 어느 하나를 혼입하는 대표적인 물품은 도 2a 및 2b에 나타낸다. 구체적으로, 도 2a 및 2b는, 전면(204), 후면(206), 및 측면(208)을 갖는 하우징(202); 상기 하우징 내부에 적어도 부분적으로 또는 상기 하우징 내에 전체적으로 있고,

컨트롤러, 메모리, 및 상기 하우징의 전면에 또는 전면에 인접한 디스플레이(210)를 포함하는 전기 구성요소(도시되지 않음); 및 상기 디스플레이 있도록 하우징의 전면에 또는 전면 위에 있는 커버(212)를 포함하는 소비자 전자 장치(200)를 나타낸다. 구현예에서, 커버(212) 및 하우징(202) 중 적어도 하나의 적어도 일부는 여기에 기재된 유리 물품 중 어느 하나를 포함할 수 있다.

[0082] 실시예

[0083] 구현예는 하기 실시예에 의해 더 명확해질 것이다. 이들 실시예는 전술된 구현예를 제한하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0084] 유리 조성물은 제조되고 분석된다. 분석된 유리 조성물은 하기 표 1에 열거된 성분을 가지며, 전통적인 유리 성형 방법에 의해 제조된다. 표 1에서, 모든 성분은 mol%이고, 유리 조성물의 K_{IC} 파괴 인성, 푸아송 비(ν), 영률(E), 전단 탄성계수(G), 및 액상선 점도는 본 명세서에 개시된 방법에 따라 측정된다.

표 1

[0085]

조성물	1	2	3	4
SiO ₂	43.43	40.76	44.58	42.71
Al ₂ O ₃	27.72	28.10	26.15	26.05
B ₂ O ₃	13.36	13.50	13.55	13.57
MgO	2.02	4.06	2.06	4.00
CaO	0.04	0.06	0.04	0.06
Li ₂ O	3.97	4.03	4.01	4.06
Na ₂ O	8.97	9.01	9.11	9.06
K ₂ O	0.42	0.43	0.44	0.44
SnO ₂	0.05	0.05	0.05	0.05
Fe ₂ O ₃	0.01	0.01	0.01	0.01
조성물	1	2	3	4
K_{IC} (MPa√m)		0.845	0.820	0.821
영률(GPa)	80.3	81.3	77.8	79.0
전단 탄성계수(GPa)	32.1	32.5	31.3	31.6
푸아송 비	0.250	0.251	0.243	0.248
액상선 점도(Poise)				
조성물	5	6	7	8
SiO ₂	39.89	43.91	42.54	40.72
Al ₂ O ₃	25.90	15.30	27.98	28.05
B ₂ O ₃	12.99	12.71	13.69	13.40
MgO	8.03	15.10	2.03	4.04
CaO	0.08	0.11	0.04	0.05
Li ₂ O	3.91	3.90	9.24	9.28
Na ₂ O	8.76	8.56	3.97	3.95

K ₂ O	0.39	0.3 5	0.4 4	0.44
SnO ₂	0.05	0.0 5	0.0 5	0.05
Fe ₂ O ₃	0.01	0.0 1	0.0 1	0.01
조성물	5	6	7	8
K _{IC} (MPa√m)		0.7 88	0.8 95	0.893
영률(GPa)	81.7	80. 1	84. 7	85.8
전단 탄성계수(GPa)	32.5	32. 1	33. 8	34.2
푸아송 비	0.256	0.2 47	0.2 52	0.254
액상선 점도(Poise)			<63 4	<3572487
조성물	9	10	11	12
SiO ₂	44.62	42. 62	38. 72	42.03
Al ₂ O ₃	26.10	26. 14	26. 15	15.04
B ₂ O ₃	13.44	13. 37	13. 37	13.63
MgO	2.04	4.0 7	8.0 6	15.28
CaO	0.04	0.0 5	0.0 8	0.11
Li ₂ O	9.28	9.3 2	9.2 3	9.38
Na ₂ O	3.98	3.9 4	3.9 1	3.99
K ₂ O	0.44	0.4 3	0.4 2	0.46
SnO ₂	0.05	0.0 5	0.0 5	0.06
Fe ₂ O ₃	0.01	0.0 1	0.0 1	0.01
조성물	9	10	11	12
K _{IC} (MPa√m)		0.8 75	0.8 97	0.876
점도(Poise)	82.3	83. 6	86. 0	87.8
전단 탄성계수(GPa)	33.0	33. 3	34. 3	35.0
푸아송 비	0.247	0.2 55	0.2 52	0.252
액상선 점도(Poise)	<9391			
조성물	13			
SiO ₂	40.83			
Al ₂ O ₃	29.76			
B ₂ O ₃	13.59			
MgO	2.05			
CaO	0.04			
Li ₂ O	9.19			
Na ₂ O	4.03			
K ₂ O	0.46			
SnO ₂	0.05			
Fe ₂ O ₃	0.01			

조성물	13			
K _{IC} (MPa√m)				
영률(GPa)				
전단 탄성계수(GPa)				
푸아송 비				
액상선 점도(Poise)				

[0086] 하기 표 2에 열거된 양의 성분을 포함하는 부가적인 유리 조성물은 제조된다. 부가적인 유리 조성물은 전통적인 유리 형성 방법에 의해 제조된다. 표 2에서, 모든 성분은 mol%이고, 유리 조성물의 영률(E) 및 경도는 본 명세서에 개시된 방법에 따라 측정된다.

표 2

[0087]

조성물	14	15	16	17	18	19	20	21
SiO ₂	39.48	39.62	42.41	44.59	38.57	45.11	41.82	38.63
Al ₂ O ₃	31.19	30.85	26.18	26.14	25.56	25.47	25.04	24.91
B ₂ O ₃	13.50	13.50	9.79	13.50	13.50	13.50	12.00	13.50
MgO	2.34	2.53	8.12	2.27	8.87	2.42	7.65	9.47
CaO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Li ₂ O	9.00	4.00	9.00	9.00	9.00	4.00	9.00	4.00
Na ₂ O	4.00	9.00	4.00	4.00	4.00	9.00	4.00	9.00
K ₂ O	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
조성물	14	15	16	17	18	19	20	21
영률(GPa)	97.88	94.24	98.28	93.00	96.92	88.31	96.44	93.42
경도(GPa)	7.21	7.07	7.23	6.98	7.24	6.78	7.07	7.13
조성물	22	23	24	25	26	27	28	29
SiO ₂	44.21	54.00	41.22	43.63	45.95	40.61	43.05	45.39
Al ₂ O ₃	24.87	24.71	23.89	23.75	23.61	22.72	22.61	22.49
B ₂ O ₃	8.46	6.00	14.23	10.63	7.18	16.50	12.82	9.31
MgO	8.95	1.70	7.16	8.49	9.76	6.68	8.02	9.31
CaO	0.00	1.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Li ₂ O	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00
Na ₂ O	4.00	3.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
K ₂ O	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
조성물	22	23	24	25	26	27	28	29
영률(GPa)	99.15	93.69	94.73	95.34	96.81	93.75	94.38	94.93
조성물	30	31	32	33	34	35	36	37
SiO ₂	47.63	41.03	43.46	45.78	48.01	39.99	54.00	49.41
Al ₂ O ₃	22.39	21.90	21.81	21.71	21.62	21.54	21.41	21.39
B ₂ O ₃	5.94	16.76	13.09	9.59	6.23	18.79	6.00	13.50
MgO	10.54	6.81	8.14	9.42	10.65	6.18	1.71	2.20
CaO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.38	0.00
Li ₂ O	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00
Na ₂ O	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	3.00	4.00
K ₂ O	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
조성물	30	31	32	33	34	35	36	37
영률(GPa)	97.41	92.85	93.83	94.59	95.78	89.11	93.00	85.73
경도(GPa)	7.34	6.99	7.07	7.23	7.39	6.64	7.42	6.73
조성물	38	39	40	41	42	43	44	45
SiO ₂	49.27	43.45	42.88	45.22	50.13	47.47	37.75	39.37

Al ₂ O ₃	21.20	20.92	20.65	20.58	20.55	20.52	20.48	20.35
B ₂ O ₃	4.74	13.50	15.31	11.73	13.50	8.31	13.50	21.10
MgO	11.29	8.62	7.67	8.97	2.32	10.21	14.77	5.68
CaO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Li ₂ O	9.00	9.00	9.00	9.00	4.00	9.00	9.00	9.00
Na ₂ O	4.00	4.00	4.00	4.00	9.00	4.00	4.00	4.00
K ₂ O	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
조성물	38	39	40	41	42	43	44	45
영률(GPa)	97.00	92.02	91.90	93.69	83.89	95.12	98.78	87.70
경도(GPa)	7.42	7.04	6.97	7.14	6.62	7.26	7.36	6.61
조성물	46	47	48	49	50	51	52	53
SiO ₂	41.87	43.81	48.75	54.00	50.85	37.76	44.66	46.93
Al ₂ O ₃	20.28	20.11	20.11	20.07	20.05	19.69	19.44	19.40
B ₂ O ₃	17.28	13.50	6.79	6.00	3.58	13.50	13.90	10.41
MgO	7.06	9.08	10.86	6.40	12.02	15.56	8.51	9.76
CaO	0.00	0.00	0.00	1.03	0.00	0.00	0.00	0.00
Li ₂ O	9.00	4.00	9.00	9.00	9.00	4.00	9.00	9.00
Na ₂ O	4.00	9.00	4.00	3.00	4.00	9.00	4.00	4.00
K ₂ O	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
조성물	46	47	48	49	50	51	52	53
영률(GPa)	88.97	88.57	96.50	94.22	96.32	96.14	92.07	93.05
경도(GPa)	6.75	6.91	7.41	7.50	7.37	7.29	7.00	7.17
조성물	54	55	56	57	58	59	60	61
SiO ₂	38.74	41.27	43.69	48.22	50.35	52.39	57.50	57.50
Al ₂ O ₃	19.14	19.10	19.06	19.00	18.97	18.94	18.88	18.70
B ₂ O ₃	23.45	19.56	15.83	8.86	5.58	2.45	6.00	6.00
MgO	5.18	6.58	7.92	10.43	11.60	12.73	4.56	4.74
CaO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Li ₂ O	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	10.56	10.56
Na ₂ O	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	2.00	2.00
K ₂ O	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
조성물	54	55	56	57	58	59	60	61
영률(GPa)	85.47	87.40	88.50	94.65	95.15	94.97	85.54	88.44
경도(GPa)	6.39	6.57	6.66	7.27	7.33	7.38	6.76	6.76
조성물	62	63	64	65	66	67	68	69
SiO ₂	57.50	57.50	57.50	57.50	57.50	57.50	57.50	57.50
Al ₂ O ₃	18.69	18.52	18.51	18.51	18.33	18.33	18.33	18.32
B ₂ O ₃	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
MgO	4.56	4.92	4.74	4.56	5.10	4.92	4.74	4.56
CaO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Li ₂ O	10.75	10.56	10.75	10.93	10.56	10.75	10.94	11.12
Na ₂ O	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
K ₂ O	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
조성물	62	63	64	65	66	67	68	69
영률(GPa)	87.56	85.03	86.24	86.37	86.56	85.64	85.89	84.87
경도(GPa)	6.73	6.69	6.72	6.75	6.71	6.77	6.69	6.64
조성물	70	71	72	73	74	75	76	77
SiO ₂	46.39	57.50	57.50	57.50	57.50	57.50	57.50	54.00
Al ₂ O ₃	18.26	18.21	18.20	18.20	18.20	18.15	18.13	18.09

B ₂ O ₃	12.54	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
MgO	9.31	5.17	4.98	4.80	4.62	5.29	4.56	1.71
CaO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.70
Li ₂ O	9.00	10.63	10.81	11.00	11.18	10.56	11.31	9.00
Na ₂ O	4.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	3.00
K ₂ O	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
조성물	70	71	72	73	74	75	76	77
영률(GPa)	92.97	85.92	86.38	86.67	85.46	86.41	85.23	96.69
경도(GPa)	7.08	6.77	6.78	6.76	6.74	6.74	6.68	7.66
조성물	78	79	80	81	82	83	84	85
SiO ₂	57.50	57.50	57.50	57.50	57.50	57.50	57.50	38.10
Al ₂ O ₃	18.02	18.01	18.01	17.96	17.95	17.95	17.95	17.91
B ₂ O ₃	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	25.83
MgO	5.17	4.98	4.80	5.48	5.29	4.74	4.56	4.66
CaO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Li ₂ O	10.82	11.00	11.19	10.56	10.75	11.31	11.50	9.00
Na ₂ O	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	4.00
K ₂ O	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
조성물	78	79	80	81	82	83	84	85
영률(GPa)	85.05	85.13	84.99	85.07	86.25	85.22	82.48	82.69
경도(GPa)	6.74	6.77	6.74	6.70	6.72	6.79	6.72	6.24
조성물	86	87	88	89	90	91	92	93
SiO ₂	40.66	43.11	45.45	47.69	49.84	51.90	53.88	57.50
Al ₂ O ₃	17.90	17.89	17.89	17.88	17.87	17.86	17.85	17.82
B ₂ O ₃	21.85	18.06	14.43	10.95	7.61	4.42	1.35	6.00
MgO	6.09	7.44	8.74	9.99	11.18	12.32	13.42	5.17
CaO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Li ₂ O	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	11.01
Na ₂ O	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	2.00
K ₂ O	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
조성물	86	87	88	89	90	91	92	93
영률(GPa)	85.64	88.97	89.41	92.47	94.83	95.19	95.06	86.66
경도(GPa)	6.47	6.71	6.81	7.19	7.28	7.41	7.47	6.75
조성물	94	95	96	97	98	99	100	101
SiO ₂	57.50	57.50	57.50	57.50	57.50	57.50	57.50	57.50
Al ₂ O ₃	17.82	17.76	17.76	17.76	17.76	17.76	17.76	17.63
B ₂ O ₃	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
MgO	4.98	5.67	5.48	5.29	4.92	4.74	4.56	5.17
CaO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Li ₂ O	11.19	10.56	10.76	10.95	11.32	11.50	11.69	11.20
Na ₂ O	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
K ₂ O	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
조성물	94	95	96	97	98	99	100	101
영률(GPa)	85.96	86.64	85.77	85.96	85.12	85.22	84.50	84.98
경도(GPa)	6.76	6.71	6.69	6.71	6.76	6.70	6.70	6.78
조성물	102	103	104	105	106	107	108	109
SiO ₂	57.50	57.50	57.50	57.50	57.50	57.50	57.50	57.50
Al ₂ O ₃	17.57	17.57	17.57	17.57	17.57	17.56	17.56	17.56
B ₂ O ₃	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00

MgO	5.87	5.68	5.49	5.30	5.11	4.93	4.74	4.56
CaO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Li ₂ O	10.57	10.76	10.95	11.14	11.33	11.51	11.69	11.88
Na ₂ O	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
K ₂ O	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
조성물	102	103	104	105	106	107	108	109
영률(GPa)	85.20	86.22	85.66	88.65	85.94	87.60	86.77	88.29
경도(GPa)	6.54	6.67	6.64	6.81	6.76	6.89	6.75	6.75
조성물	110	111	112	113	114	115	116	117
SiO ₂	54.00	53.96	48.07	42.43	54.75	54.00	37.01	48.58
Al ₂ O ₃	16.96	16.90	16.54	16.20	16.03	15.96	15.87	15.70
B ₂ O ₃	6.00	13.50	13.50	13.50	13.50	6.00	13.50	13.50
MgO	6.42	2.14	8.39	14.38	2.23	10.57	20.12	8.72
CaO	4.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.97	0.00	0.00
Li ₂ O	9.00	9.00	9.00	9.00	4.00	9.00	9.00	4.00
Na ₂ O	3.00	4.00	4.00	4.00	9.00	3.00	4.00	9.00
K ₂ O	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
조성물	110	111	112	113	114	115	116	117
영률(GPa)	93.61	81.41	87.68	95.58	78.66	94.77	103.82	82.72
경도(GPa)	7.55	6.56	6.89	7.34	6.40	7.55	7.68	6.67
조성물	118	119						
SiO ₂	42.67	36.98						
Al ₂ O ₃	15.38	15.08						
B ₂ O ₃	13.50	13.50						
MgO	14.95	20.94						
CaO	0.00	0.00						
Li ₂ O	4.00	4.00						
Na ₂ O	9.00	9.00						
K ₂ O	0.50	0.50						
조성물	118	119						
영률(GPa)	89.86	99.18						
경도(GPa)	7.02	7.53						

[0088] 기관은 표 1의 조성물로 형성되고, 나중에 이온 교환되어 대표 물품을 형성한다. 기관은 0.8 mm의 두께를 갖는다. 이온 교환은 하기 표 3에 보고된 시간 동안 기관을 용융염 욕조에 침지시키는 단계를 포함한다. 염 욕조는 90 wt% KNO₃ 및 10 wt% NaNO₃를 포함하고, 온도는 460°C이다. 최대 압축 응력(CS), 스파이크 층의 깊이(DOL_{SP}), 및 최대 중심 장력(CT)은 여기에 기재된 방법에 따라 측정되고, 표 3에 보고된다.

표 3

[0089] 실시예	A	B	C	D	E	F	G	H
조성물	7	8	9	10	7	8	9	10
욕조 온도(°C)	460	460	460	460	460	460	460	460
시간(시)	16	16	16	16	32	32	32	32
욕조 조성물(K/Na)	90/10	90/10	90/10	90/10	90/10	90/10	90/10	90/10
CS(MPa)	597		583		553	580	526	561
DOL _{SP} (μm)	6.8		7.6		8.5	7.7	11	8.5
CT(MPa)								
실시예	I	J	K	L	M	N	O	P
조성물	7	7	7	7	8	8	8	8
욕조 온도(°C)	460	460	460	460	460	460	460	460
시간(시)	4	8	32	16	4	8	16	32

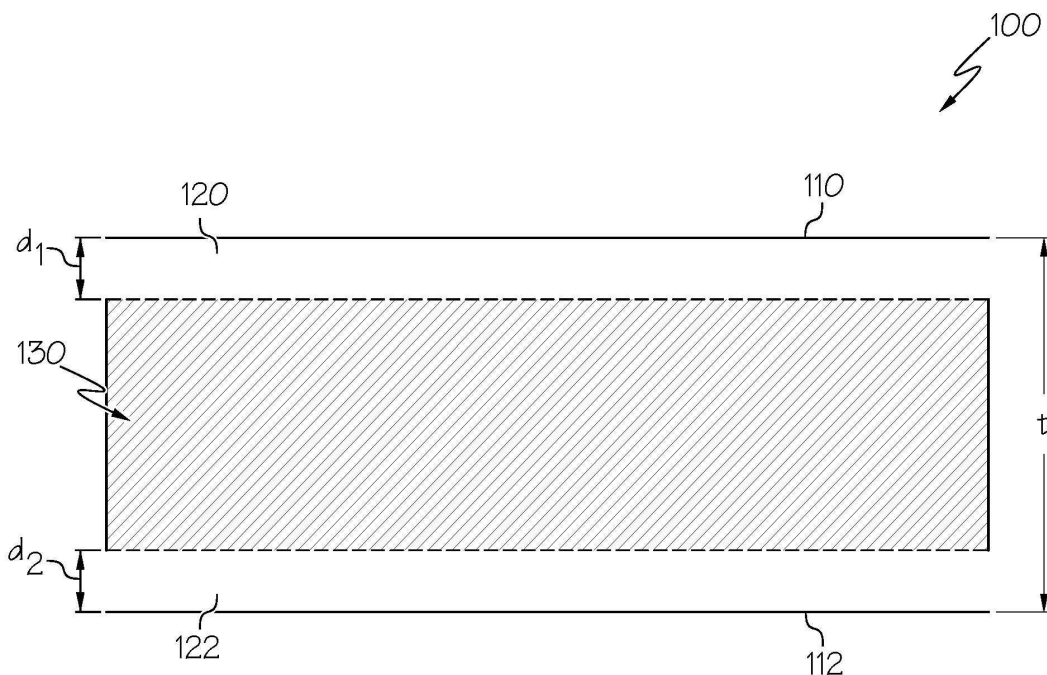
육조 조성물(K/Na)	90/10	90/10	90/10	90/10	90/10	90/10	90/10	90/10
CS(MPa)			553	602				581
DOL _{SP} (μm)								
CT(MPa)	50.23	67.03	105.97	91.13	49.37	68.58	90.89	107.23
실시예	Q	R	S	T	U	V	W	X
조성물	9	9	9	9	10	10	10	10
육조 온도($^{\circ}\text{C}$)	460	460	460	460	460	460	460	460
시간(시)	4	8	32	16	4	8	16	32
육조 조성물(K/Na)	90/10	90/10	90/10	90/10	90/10	90/10	90/10	90/10
CS(MPa)			524	577				560
DOL _{SP} (μm)								
CT(MPa)	58.24	74.4	97.21	93.85	49.84	68.12	87.67	104.93
실시예	Y	Z	AA	BB	CC	DD	EE	FF
조성물	11	11	11	11	12	12	12	12
육조 온도($^{\circ}\text{C}$)	460	460	460	460	460	460	460	460
시간(시)	4	8	16	32	4	8	16	32
육조 조성물(K/Na)	90/10	90/10	90/10	90/10	90/10	90/10	90/10	90/10
CS(MPa)								
DOL _{SP} (μm)								
CT(MPa)	41.25	56.25	80.54	105.41	24.81	30.09	42.06	45.58

[0090] 본 명세서에 기재된 모든 조성 구성성분, 관계, 및 비는, 별도의 언급이 없는 한 mol%로 제공된다. 본 명세서에 개시된 모든 범위는, 범위가 개시되기 전 또는 후에 명시적으로 언급되어 있는지 여부에 관계없이 광범위하게 개시된 범위에 의해 포괄되는 임의의 및 모든 범위 및 서브범위를 포함한다.

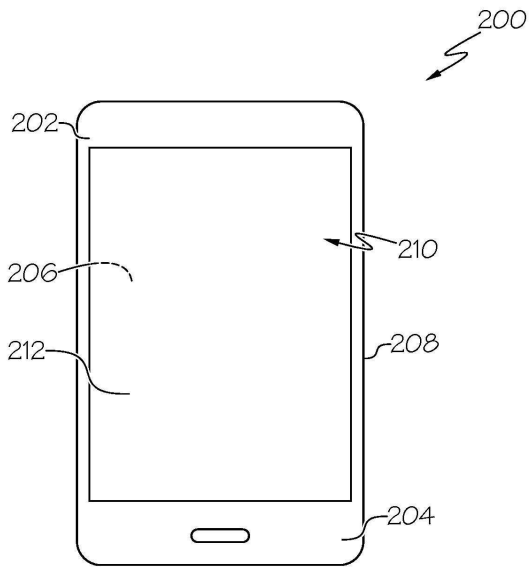
[0091] 청구된 주제의 사상 및 범주를 벗어나지 않고, 여기에 기재된 구현예들에 대해 다양한 변경 및 변화가 이루어질 수 있음은 당업자에게 명백할 것이다. 따라서, 본 명세서는 여기에 기재된 다양한 구현예들의 변경 및 변화를 포함하고, 이러한 변경 및 변화가 첨부된 청구범위 및 이의 균등물의 범주 내에 속하는 것으로 의도된다.

도면

도면1



도면2a



도면2b

