



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2023년11월01일
(11) 등록번호 10-2597033
(24) 등록일자 2023년10월27일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C03C 3/097 (2006.01) B32B 17/10 (2006.01)
B32B 7/12 (2019.01) C03C 21/00 (2006.01)
C03C 3/078 (2006.01) C03C 3/083 (2006.01)
G02F 1/13 (2006.01) G06F 1/16 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
C03C 3/097 (2013.01)
B32B 17/10752 (2021.01)
- (21) 출원번호 10-2018-7002507
- (22) 출원일자(국제) 2016년06월24일
심사청구일자 2021년01월14일
- (85) 번역문제출일자 2018년01월25일
- (65) 공개번호 10-2018-0022875
- (43) 공개일자 2018년03월06일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2016/039207
- (87) 국제공개번호 WO 2016/210244
국제공개일자 2016년12월29일
- (30) 우선권주장
62/184,933 2015년06월26일 미국(US)
62/266,417 2015년12월11일 미국(US)
- (56) 선행기술조사문헌
W02014120641 A2*
KR1020130117327 A*
JP2011057504 A
JP2014062041 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

- (73) 특허권자
코닝 인코포레이티드
미국 뉴욕 (우편번호 14831) 코닝 원 리버프론트
플라자
- (72) 발명자
그로스, 티모시 마이클
미국, 뉴욕 14830, 코닝, 서밋 애비뉴 49
- (74) 대리인
청운특허법인

전체 청구항 수 : 총 8 항

심사관 : 김지은

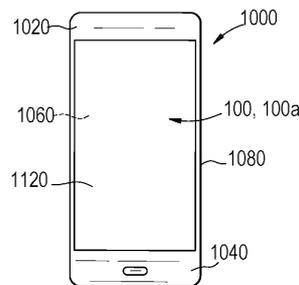
(54) 발명의 명칭 높은 표면 강도를 갖는 유리

(57) 요약

유사한 유리에서 달성된 압축 응력을 초과하는 최대 표면 압축 응력을 달성하기 위해 화학적으로 강화될 수 있는 알칼리 알루미늄노실리케이트 유리 제품의 구체 예는 개시된다. 하나 이상의 구체 예에서, 이들 유리 제품의 가상 온도는, 유리 제품의 10¹¹ poise (P) 점도 온도와 동일할 수 있다. 몇몇 구체 예에서, 여기에 기재된 강화된 알

(뒷면에 계속)

대표도 - 도3



칼리 알루미늄실리케이트 유리 제품은, 적어도 약 400MPa, 800MPa, 930MPa 또는 1050MPa의 최대 압축 응력을 나타낼 수 있다. 몇몇 구체 예에서, 여기에 기재된 강화된 알칼리 알루미늄실리케이트 유리 제품은 (약 1mm의 두께를 갖는 샘플에서) 적어도 약 40 μ m의 층의 깊이로 연장되는 압축 응력 층을 나타낼 수 있다. 또 다른 구체 예에서, 이들 강화된 알칼리 알루미늄실리케이트 유리 제품은, 유리 제품의 중심 영역에서 포물선 또는 근-포물선 인장 응력 프로파일을 나타낸다.

(52) CPC특허분류

- B32B 7/12* (2019.01)
 - C03C 21/002* (2013.01)
 - C03C 3/078* (2013.01)
 - C03C 3/083* (2013.01)
 - C03C 4/00* (2013.01)
 - G02F 1/13* (2013.01)
 - G06F 1/1637* (2022.01)
 - G06F 1/1656* (2013.01)
-

명세서

청구범위

청구항 1

알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품으로서, 상기 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리의 표면으로부터 층의 깊이 (DOL)로 연장되는 압축 응력 층을 포함하며, 상기 압축 응력 층은, 표면에서 적어도 400 MPa의 최대 압축 응력을 가지며, 여기서 상기 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품은:

적어도 58 mol% SiO₂,

0.5 mol% 내지 3 mol% P₂O₅,

적어도 11 mol% Al₂O₃,

4 mol% 내지 20 mol% Na₂O 및

4 mol% 내지 10 mol%의 Li₂O를 포함하고,

여기서, Na₂O(mol%)에 대한 Li₂O(mol%)의 양 (Li₂O/Na₂O)의 비는, 1.0 미만이며, 여기서, 상기 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품은 B₂O₃가 없으며,

여기서 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품은 0 mol%을 초과하는, 관계 R₂O(mol%) + R'O(mol%) - Al₂O₃(mol%) - P₂O₅(mol%)를 포함하며, 여기서, R₂O = 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품에 존재하는 Li₂O 및 Na₂O의 총량이고 R'O는 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품에 존재하는 2가 금속 산화물의 총량이며, 그리고

여기서 다음 중 적어도 하나인, 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품:

(i) 상기 유리 제품은, 두께 및 DOL로부터 상기 두께의 0.5배와 같은 깊이로 연장되는 중심 영역을 포함하고, 및 여기서 상기 중심 영역은 K₂O가 없거나; 또는

(ii) 상기 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품은 1 mol% 미만의 K₂O를 포함함.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품은,

알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품이 10¹¹ Poise의 점도를 갖는 온도와 같은 가상 온도 (T_f);

35 kPoise 미만의 지르콘 분해 점도; 및

적어도 200 kPoise의 액상선 점도

중 하나 이상을 포함하는, 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품.

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품은,

2 미만인 비 R₂O(mol%)/Al₂O₃(mol%), 여기서 R₂O = Li₂O + Na₂O임; 및

65 mol% 초과 및 67 mol% 미만인 SiO₂ 및 P₂O₅의 총량 (65 mol% < SiO₂(mol%) + P₂O₅(mol%) < 67 mol%)

중 하나 이상을 포함하는, 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품.

청구항 4

청구항 1-3 중 어느 한 항에 있어서,

상기 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품은, 58 mol% 내지 65 mol% SiO₂; 11 mol% 내지 20 mol% Al₂O₃; 6 mol% 내지 18 mol% Na₂O; 0 mol% 내지 6 mol% MgO; 및 0 mol% 내지 6 mol% ZnO를 포함하는, 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품.

청구항 5

삭제

청구항 6

청구항 4에 있어서,

상기 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품은, 0.5 mol% 내지 2.8 mol% 범위의 양으로 P₂O₅를 포함하는, 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품.

청구항 7

청구항 1-3 중 어느 한 항에 있어서,

0.05mm 내지 1.5mm 범위의 두께를 더욱 포함하는, 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품.

청구항 8

삭제

청구항 9

청구항 1에 있어서,

적어도 1 mm의 두께를 더욱 포함하며, 여기서, 상기 최대 압축 응력은 표면에서 적어도 930MPa인, 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품.

청구항 10

하우징; 상기 하우징의 내부에 적어도 부분적으로 제공되고, 적어도 컨트롤러, 메모리, 및 디스플레이를 포함하며, 상기 디스플레이가 하우징의 전면에 또는 전면에 인접하게 제공되는, 전기 부품; 및 상기 하우징의 전면에 또는 전면 위에 그리고 상기 디스플레이 위에 배치된 커버 제품을 포함하며, 상기 커버 제품은 청구항 1-3 중 어느 한 항의 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품을 포함하는, 소비자 전자 장치.

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

청구항 39

삭제

청구항 40

삭제

청구항 41

삭제

청구항 42

삭제

청구항 43

삭제

청구항 44

삭제

청구항 45

삭제

청구항 46

삭제

청구항 47

삭제

청구항 48

삭제

청구항 49

삭제

청구항 50

삭제

청구항 51

삭제

청구항 52

삭제

청구항 53

삭제

청구항 54

삭제

청구항 55

삭제

청구항 56

삭제

청구항 57

삭제

청구항 58

삭제

청구항 59

삭제

청구항 60

삭제

청구항 61

삭제

청구항 62

삭제

청구항 63

삭제

청구항 64

삭제

청구항 65

삭제

청구항 66

삭제

청구항 67

삭제

청구항 68

삭제

청구항 69

삭제

청구항 70

삭제

청구항 71

삭제

청구항 72

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 출원은 2015년 12월 11일자로 출원된 미국 가 특허출원 제62/266,417호 및 2015년 6월 26일자로 출원된 미국 가 특허출원 제62/184,933호의 우선권을 주장하며, 이들의 전체적인 내용은 여기에 참조로서 혼입된다.

[0002] 본 개시는 화학적으로 강화된 유리 제품에 관한 것이다. 좀 더 구체적으로, 본 개시는, 높은 압축 응력을 갖는 표면층을 포함하는 화학적으로 강화된 유리 제품에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 유리 제품은, 휴대폰, 스마트폰, 태블릿, 비디오 플레이어, 정보 단말 (IT) 장치, 랩탑 컴퓨터 및 이와 유사한 것과 같은, 휴대 또는 이동 전자 통신 및 오락 장치뿐만 아니라 다른 적용을 위한 커버 플레이트 (cover plates) 또는 창으로서 전자 장치에 널리 사용된다. 유리 제품이 더욱 광범위하게 사용됨에 따라, 특히 경질의 및/또는 날카로운 표면과의 접촉에 의한 비교적 깊은 흠 (flaws) 및/또는 인장 응력 (tensile stresses)에 적용된 경우, 개선된 생존 가능성 (survivability)을 갖는 강화된 유리 제품을 개발하는 것이 더욱 중요해지고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 본 개시는, 유사한 유리에서 달성된 압축 응력을 초과하는 최대 표면 압축 응력을 나타내는 알칼리 알루미늄노실

리케이트 유리 제품의 표면 일부에 압축 응력을 부여하기 위해 이온교환 공정에 의해 화학적으로 강화될 수 있는 알칼리 알루미늄노실리케이트 유리 제품을 제공한다. 예를 들어, 하나 이상의 구체 예에서, 여기에 기재된 유리는, 적어도 약 400MPa, 800MPa, 930MPa, 또는 1050MPa의 표면 압축 응력을 달성하기 위해 이온 교환될 수 있다. 하나 이상의 구체 예에서, 압축 응력 층은 표면으로부터 다양한 층의 깊이 (DOL)로 연장된다. 예를 들어, DOL은 약 25 μ m 이하일 수 있다. 다른 구체 예에서, 알칼리 알루미늄노실리케이트 유리 제품은, 더 깊거나 더 두꺼운 압축 층 (예를 들어, 적어도 약 40 μ m)을 달성하기 위해 이온 교환될 수 있다. 이들 DOL 값은 약 1mm의 두께를 갖는 유리 제품에서 나타낼 수 있다. 또 다른 구체 예에서, 이들 유리는 이온 교환될 수 있어, 그 결과로 생긴 유리 제품은, 포물선 또는 근-포물선 프로파일 (near-parabolic profile)을 갖는 인장 응력을 포함하는 DOL로부터 유리 제품 내에 깊이로 연장되는 중심 영역을 포함한다. 하나 이상의 구체 예에서, 상기 알칼리 알루미늄노실리케이트 유리는, DOL로부터 유리 제품 내로 연장되는 인장 영역 (tensile region)을 나타낼 수 있다. 하나 이상의 구체 예의 인장 영역은, 약 20MPa 미만의 최대 인장 응력을 나타낼 수 있다. 하나 이상의 구체 예의 인장 영역은, 약 40MPa 초과 (예를 들어, 약 45MPa 이상, 약 50MPa 이상, 약 60MPa 이상, 약 70MPa 이상, 약 75MPa 이상, 약 80 MPa 이상, 또는 약 85 MPa 이상)의 최대 인장 응력을 나타낼 수 있다.

과제의 해결 수단

- [0005] 하나 이상의 구체 예에서, 알칼리 알루미늄노실리케이트 유리 제품은, 유리 제품의 10¹¹ poise (P) 점도 온도와 같은 가상 온도 (fictive temperature)를 포함할 수 있다. 하나 이상의 구체 예에서, 알칼리 알루미늄노실리케이트 유리 제품은, 약 35 kPoise 미만의 지르콘 분해 (zircon breakdown) 온도를 포함한다. 하나 이상의 구체 예에서, 알칼리 알루미늄노실리케이트 유리 제품은, 적어도 200 kPoise의 액상선 점도를 포함한다.
- [0006] 본 개시의 제2 관점은, 어떤 조성물을 포함하는 알칼리 알루미늄노실리케이트 유리 제품에 관한 것이다. 하나 이상의 구체 예에서, 이러한 제품은 여기에 기재된 속성을 달성하기 위해 화학적으로 강화될 수 있다. 하나 이상의 구체 예에서, 알칼리 알루미늄노실리케이트 유리 제품은, 적어도 약 58 mol% SiO₂, 약 0.5 mol% 내지 약 3 mol% P₂O₅, 적어도 약 11 mol% Al₂O₃, Na₂O 및 Li₂O를 포함한다. 하나 이상의 구체 예에서, 알칼리 알루미늄노실리케이트 유리 제품은, 약 58 mol% 내지 약 65 mol% SiO₂; 약 11 mol% 내지 약 19 mol% Al₂O₃; 약 6 mol% 내지 약 18 mol% Na₂O; 0 mol% 내지 약 6 mol% MgO; 및 0 mol% 내지 약 6 mol% ZnO를 포함한다.
- [0007] 하나 이상의 구체 예에서, 알칼리 알루미늄노실리케이트 유리는, 1.0 미만인 Na₂O (mol%)의 양에 대한 Li₂O의 양 (mol%)의 조성비 (즉, Li₂O/Na₂O)를 나타낸다. 하나 이상의 구체 예에서, 알칼리 알루미늄노실리케이트 유리 제품은 B₂O₃가 없다. 하나 이상의 구체 예에서, 알칼리 알루미늄노실리케이트 유리 제품은, 2 미만인 비 R₂O(mol%)/Al₂O₃(mol%)를 포함하고, 여기서 R₂O = Li₂O + Na₂O이다. 하나 이상의 구체 예에서, 알칼리 알루미늄노실리케이트 유리 제품은, 65 mol% 초과 및 67 mol% 미만인 SiO₂ 및 P₂O₅의 총량 (65 mol% <SiO₂ (mol%) + P₂O₅ (mol%) <67 mol%)을 포함한다. 몇몇 사례에서, 알칼리 알루미늄노실리케이트 유리 제품은, 약 -3 mol%을 초과하는, 관계 R₂O(mol%) + R'O(mol%) - Al₂O₃(mol%) - P₂O₅(mol%)를 포함하며, 여기서, R₂O = 알칼리 알루미늄노실리케이트 유리 제품에 존재하는 Li₂O 및 Na₂O의 총량이고 및 R'O는 알칼리 알루미늄노실리케이트 유리 제품에 존재하는 2가 금속 산화물의 총량이다. 몇몇 사례에서, 알칼리 알루미늄노실리케이트 유리 제품은, 약 0.5mol% 내지 약 2.8mol% 범위의 양으로 P₂O₅를 포함한다. 몇몇 다른 사례에서, 알칼리 알루미늄노실리케이트 유리 제품은, 약 10mol% Li₂O까지의 양으로 Li₂O를 포함한다.
- [0008] 하나 이상의 구체 예에서, 알칼리 알루미늄노실리케이트 유리 제품은, 약 0.05 mm 내지 약 1.5 mm 범위의 두께를 가질 수 있다. 예를 들어, 상기 두께는, 약 0.1 mm 내지 약 1.5 mm, 약 0.3 mm 내지 약 1.2 mm, 약 0.4 mm 내지 약 1.2 mm, 또는 약 0.5 mm 내지 약 1.2 mm일 수 있다. 하나 이상의 구체 예에서, 알칼리 알루미늄노실리케이트 유리 제품은, 적어도 약 1 mm의 두께를 가질 수 있고, 및 표면에서 적어도 약 930 MPa의 최대 압축 응력을 나타낼 수 있다. 하나 이상의 구체 예에서, 알칼리 알루미늄노실리케이트 유리 제품은, 적어도 약 1 mm의 두께를 가질 수 있고, 및 표면에서 적어도 약 1050 MPa의 최대 압축 응력을 나타낼 수 있다. 하나 이상의 구체 예에서, 알칼리 알루미늄노실리케이트 유리 제품은, 약 1mm의 두께에서, 약 37mm 미만 또는 약 35mm 미만의 굽힘 반경을 나타낼 수 있다.
- [0009] 하나 이상의 구체 예에서, 여기에 기재된 알칼리 알루미늄노실리케이트 유리 제품은, DOL로부터 두께의 0.5 배의

깊이로 연장되는 중심 영역을 포함할 수 있으며, 및 이 중심 영역은 K₂O가 없을 수 있다.

[0010] 본 개시의 제3 관점은, 두께 t , 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리의 표면으로부터 DOL로 연장되는 압축 응력 층, 및 DOL로부터 연장되는 중심 영역을 갖는 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품에 관한 것으로, 여기서, 상기 중심 영역은 인장 응력 하에 있고, 여기서 $DOL \leq 0.25t$, 및 여기서 인장 응력은 적어도 약 35 MPa이다. 상기 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품은, B₂O₃가 없고, 몇몇 구체 예에서는 K₂O가 없으며, 및 적어도 0.5 mol%의 P₂O₅, Na₂O 및, Li₂O를 포함하고, 여기서 $Li_2O(mol\%)/Na_2O(mol\%) < 1$ 이다. 몇몇 구체 예에서, 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품은, 적어도 약 58 mol% SiO₂, 약 0.5 mol% 내지 약 3 mol% P₂O₅, 적어도 약 11 mol% Al₂O₃, Na₂O 및, Li₂O를 포함하고, 여기서, Na₂O (mol%)에 대한 Li₂O (mol%)의 비 (Li₂O/Na₂O)는, 1.0 미만이다.

[0011] 본 개시의 제4 관점은 투명 적층물에 관한 것이다. 상기 투명 적층물은, 제2 제품에 결합된 여기에 기재된 바와 같은 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품을 포함한다. 제2 제품은 투명 기판을 포함할 수 있다. 본 개시의 제5 관점은, 여기에 기재된 바와 같이 화학적으로 강화될 수 있는, 여기에 기재된 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품의 하나 이상의 구체 예를 포함하는 소비자 전자 장치에 관한 것이다. 하나 이상의 구체 예에서, 상기 소비자 전자 장치는: 하우징; 상기 하우징의 내부에 적어도 부분적으로 제공되고, 적어도 컨트롤러, 메모리, 및 디스플레이를 포함하며, 상기 디스플레이가 하우징의 전면에 또는 전면에 인접하게 제공되는, 전기 부품; 및 상기 하우징의 전면에 또는 전면에 위에 및 상기 디스플레이 위에 배치된 커버 제품을 포함하며, 여기서, 상기 커버 제품은 여기에 기재된 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품의 하나 이상의 구체 예를 포함한다.

[0012] 본 개시의 제6 관점은, 압축 응력 층을 포함하는 강화된 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품을 제조하는 방법에 관한 것이다. 하나 이상의 구체 예에서, 상기 방법은, 알루미늄오실리케이트 유리 제품을 이온 교환시켜 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품에서 압축 응력을 발생시키는 단계를 포함한다. 하나 이상의 구체 예에서, 상기 압축 응력 층은, 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품의 표면으로부터 DOL로 연장된다. 상기 압축 응력 층은, 약 400MPa 이상, 약 800MPa 이상 또는 약 1050MPa 이상의 최대 압축 응력을 포함할 수 있다. 하나 이상의 구체 예에서, DOL은 적어도 약 40 μ m일 수 있다. 하나 이상의 구체 예에서, 상기 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리를 이온 교환시키는 단계는 용융염 욕조에 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리를 침지시키는 단계를 포함한다. 상기 용융염 욕조는, NaNO₃, KNO₃ 또는 NaNO₃ 및 KNO₃ 모두를 포함할 수 있다. 하나 이상의 구체 예에서, 상기 방법은, 이온 교환된 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리를 기판에 결합시켜 적층 구조물을 형성하는, 결합 단계를 포함할 수 있다. 하나 이상의 구체 예에서, 상기 방법은, 이온 교환된 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리를 전자 장치 하우징에 결합시키는 단계를 포함할 수 있다.

[0013] 이들 및 다른 관점들, 장점들, 및 현저한 특색들은, 하기 상세한 설명, 첨부 도면들, 및 첨부된 청구항들로부터 명백해질 것이다.

도면의 간단한 설명

[0014] 도 1은, 하나 이상의 구체 예에 따른 강화된 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품의 개략적인 단면도이다;
 도 2는, 여기에 기재된 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품의 하나 이상의 구체 예를 포함하는 적층물의 개략적인 단면도이다;
 도 3은, 여기에 기재된 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품의 하나 이상의 구체 예를 포함하는 소비자 전자 제품의 개략적 정면도이다; 및
 도 4는, 도 3의 소비자 전자 제품의 개략적인 사시도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0015] 하기 상세한 설명에서, 유사한 참조 부호는 도면에 나타난 여러 도들 전반적으로 동일하거나 상응하는 부분을 나타낸다. 별도로 명시하지 않는 한, "상부", "하부", "외부", "내부", 및 이와 유사한 것과 같은 용어는, 편의상의 단어이며, 제한 용어로 해석되지 않는 것으로 이해되어야 한다. 부가적으로, 군 (group)이 요소의 군 및 이들의 조합 중 적어도 하나를 포함하는 것으로 기재된 경우, 상기 군은 개별적으로 또는 서로 조합하여 인용된 이들 요소의 어떤 수를 포함하거나, 필수적으로 이루어지거나, 또는 이루어질 수 있는 것으로 이해된다. 유사하게, 군이 요소의 군 및 이들의 조합 중 적어도 하나로 이루어진 것으로 기재된 경우, 상기 군은 개별적으로 또는 서로 조합하여, 인용된 이들 요소의 어떤 수로 이루어질 수 있는 것으로 이해된다. 별도의 언급이 없는 한,

인용된 경우, 값의 범위는, 상기 범위의 상한 및 하한뿐만 아니라 이들 사이의 어떤 준-범위 모두를 포함한다. 여기에 사용된 바와 같은, "단수" 및 "복수"는 특별히 구분없이 사용되며, 별도의 언급이 없는 한, "단수" 및 "복수" 모두 "적어도 하나" 또는 "하나 이상"을 의미한다. 또한, 본 명세서 및 도면들에 개시된 다양한 특색들은 임의의 조합 및 모든 조합으로 사용될 수 있는 것으로 이해된다.

[0016] 여기에 사용된 바와 같은, 용어 "유리 제품"은 전체적으로 또는 부분적으로 유리로 만들어진 모든 제품을 포함하는 가장 넓은 의미로 사용된다. 별도의 언급이 없는 한, 여기에 기재된 유리의 모든 조성물은, 몰 퍼센트 (mol%)로 표시되며, 및 구성분은 산화물 기준으로 제공된다. 이온 교환에 사용되는 모든 용융염 욕조의 조성물-뿐만 아니라 임의의 다른 이온 교환 매체 -은 중량 퍼센트 (wt%)로 표시된다. 열팽창계수 (CTE)는 백만 분율 (ppm)/ $^{\circ}\text{C}$ 로 표시되며, 및 별도의 언급이 없는 한, 약 20°C 내지 약 300°C 의 온도 범위에 걸쳐 측정된 값을 나타낸다. 고온 (또는 액체) 열팽창계수 (고온 CTE)는 또한 섭씨온도 ($^{\circ}\text{C}$)에 대한 백만분율 (ppm) (ppm/ $^{\circ}\text{C}$)로 표시되고, 및 순간 열팽창계수 (instantaneous CTE) 대 온도 곡선의 고온 플래토 영역 (plateau region)에서 측정된 값을 나타낸다. 고온 CTE는 변형 영역 (transformation region)을 통한 유리의 가열 또는 냉각과 관련된 부피 변화를 측정한다.

[0017] 별도의 언급이 없는 한, 모든 온도는 섭씨 ($^{\circ}\text{C}$)로 표시된다. 여기서 사용되는 바와 같은, 용어 "연화점"은 유리의 점도가 대략 $10^{7.6}$ poise (P)인 온도를 의미하며, 용어 "어닐링점"은 유리의 점도가 대략 $10^{13.2}$ poise인 온도를 의미하고, 용어 "200 poise 온도 (T^{200P})"는, 유리의 점도가 대략 200 poise인 온도를 의미하며, 용어 " 10^{11} poise 온도"는 유리의 점도가 대략 10^{11} poise인 온도를 의미하고, 용어 "35 kP 온도 ($T^{35\text{ kP}}$)"는 유리의 점도가 대략 35 kilopoise (kP)인 온도를 의미하며, 용어 "160 kP 온도 ($T^{160\text{ kP}}$)"는 유리의 점도가 유리는 대략 160 kP인 온도를 의미한다.

[0018] 여기에 사용된 바와 같은, 용어 "지르콘 분해 온도" 또는 " $T^{\text{breakdown}}$ "은, 유리 가공 및 제조에서 내화 물질로서 흔히 사용되는 - 지르콘이 분해되어 지르코니아 및 실리카를 형성하는 온도를 의미하고, 및 용어 "지르콘 분해 점도"는 $T^{\text{breakdown}}$ 에서 유리의 점도를 의미한다. 용어 "액상선 점도"는 액상선 온도에서 용융 유리의 점도를 의미하며, 여기서 액상선 온도는, 용융 유리가 용융 온도로부터 냉각됨에 따라 결정이 처음 나타나는 온도, 또는 온도가 실온으로부터 증가됨에 따라 가장 마지막 결정이 용융되는 온도를 의미한다. 용어 "35 kP 온도" 또는 " $T^{35\text{ kP}}$ "는, 유리 또는 유리 용융물이 35,000 Poise (P), 또는 35 kiloPoise (kP)의 점도를 갖는 온도를 나타낸다.

[0019] 용어 "실질적으로" 및 "약"은 어떤 정량적인 비교, 값, 측정, 또는 다른 표현에 기인할 수 있는 내재하는 불확실성의 정도를 나타내는 것으로 여기에서 활용될 수 있다는 점에 주목된다. 이들 용어는 또한 문제의 주제의 기본적인 기능의 변화를 결과하지 않고 정량적인 표현이 명시된 기준으로부터 변할 수 있는 정도를 나타내는 것으로 여기에서 활용된다. 따라서, "실질적으로 K_2O 가 없는" 유리는 K_2O 가 유리에 능동적으로 첨가되지 않았거나 또는 배치되지 (batched) 않았지만, 오염물로서 매우 소량으로 존재할 수 있는 유리이다.

[0020] 여기서 사용되는 바와 같은, "최대 압축 응력"은 압축 응력 층 내에서 측정된 최대 압축 응력 값을 나타낸다. 몇몇 구체 예에서, 최대 압축 응력은 유리의 표면에 위치된다. 다른 구체 예에서, 최대 압축 응력은, 표면 아래의 깊이에서 발생할 수 있어, 압축 프로파일에 "매장된 피크 (buried peak)"의 외관을 제공한다. 압축 응력은, Orihara Industrial Co., Ltd. (일본)에 의해 제작된, FSM-6000과 같은 상업적으로 이용 가능한 기구를 사용하여 표면 응력 계측기 (FSM)에 의해 측정된다. 표면 응력 측정은, 유리의 복굴절과 관련된, 응력 광학 계수 (SOC)의 정확한 측정에 의존한다. SOC는, 궁극적으로, 명칭이 "Standard Test Method for Measurement of Glass Stress-Optical Coefficient"인, ASTM 표준 C770-98 (2013)에 기재된 절차 C의 개정 버전에 따라 측정되며, 이의 전체적인 내용은 참조로 여기에 혼입된다. 상기 개정은, 5 내지 10 mm의 두께 및 12.7 mm의 직경인 표본으로서 유리 디스크를 사용하는 단계를 포함하며, 여기서 디스크는, 양면 연마 및 평행 가공으로 등방성 및 균질하게, 코어 드릴링된다. 상기 개정은 또한, 적용되는 최대 힘, F_{max} 를 계산하는 단계를 포함한다. 힘은 적어도 20MPa의 압축 응력을 생성하기에 충분해야 한다. F_{max} 는 다음과 같이 계산된다:

[0021]
$$F_{\text{max}} = 7.854 \cdot D \cdot h$$

[0022] 여기서:

- [0023] F_{max} = 뉴턴의 힘
- [0024] D = 디스크의 직경
- [0025] h = 광 경로의 두께.
- [0026] 적용된 각 힘에 대하여, 응력은 다음과 같이 계산된다:
- [0027] $\sigma_{MPa} = 8F/(\pi * D * h)$
- [0028] 여기서:
- [0029] F = 뉴턴의 힘
- [0030] D = 디스크의 직경
- [0031] h = 광 경로의 두께.
- [0032] 여기에 사용된 바와 같은, DOL은, 여기에 기재된 화학적으로 강화된 알칼리 알루미늄실리케이트 유리 제품 내에 응력이 압축으로부터 인장으로 변하는 깊이를 의미한다. DOL은 이온 교환 처리에 의존하여 FSM 또는 SCALP로 측정될 수 있다. 유리 제품에서 응력이 유리 제품으로 칼륨 이온을 교환하여 발생하는 경우, FSM은 DOL 측정하는데 사용된다. 응력이 유리 제품으로 나트륨 이온을 교환하여 발생하는 경우, SCALP은 DOL 측정하는데 사용된다. 유리 제품에서 응력이 유리로 칼륨 및 나트륨 이온을 교환하여 발생하는 경우, DOL은 SCALP에 의해 측정되며, 이는, 나트륨의 교환 깊이가 DOL을 나타내고, 및 칼륨 이온의 교환 깊이는 압축 응력의 정도에서 변화 (그러나, 압축 응력으로부터 인장으로 응력에서 변화가 아님)를 나타내며; 이러한 유리 제품에서 칼륨 이온의 교환 깊이는 FSM에 의해 측정되는 것으로 믿어지기 때문이다.
- [0033] 일반적으로 도면들, 특히, 도 1을 참조하면, 예시는 특정 구체 예를 설명하기 위한 것이며, 및 본 개시 또는 여기에 첨부된 청구 범위를 제한하는 것으로 의도되지 않는 것으로 이해될 것이다. 도면은 반드시 일정한 축척이 아니며, 도들의 어떤 특색 및 어떤 관점은, 명료함 및 간결함을 위해 축척으로 또는 개략적으로 과장되게 나타낼 수 있다.
- [0034] 유사한 유리에서 달성된 압축 응력을 초과하는 표면 압축 응력을 부여하기 위해 이온교환 공정에 의해 화학적으로 강화될 수 있는 알칼리 알루미늄실리케이트 유리는 여기에 기재된다. 예를 들어, 여기에 기재된 유리의 1mm 두께의 절취 시편 (coupons)이 410°C에서 45분 동안 용융된 질산칼륨 이온교환 욕조에서 이온 교환되는 경우, 약 1050MPa를 초과하는, 또는 몇몇 구체 예에서, 약 1075MPa를 초과하는, 또는 또 다른 구체 예에서, 적어도 1100 MPa의 최대 표면 압축 응력은 얻어진다. 이들 유리의 가상 온도는 유리의 10^{11} P 온도와 같다.
- [0035] 하나 이상의 구체 예에서, 알칼리 알루미늄실리케이트 유리 제품은, 균질한 미세구조를 갖는다 (즉, 유리는 상 분리되지 않음). 하나 이상의 구체 예에서, 알칼리 알루미늄실리케이트 유리 제품은 비결정질이다. 여기에 사용된 바와 같은, 유리 제품을 묘사하는데 사용되는 경우 "비결정질"은, 결정질 또는 결정질 상이 실질적으로 없음을 의미한다 (즉, 1 vol% 미만의 결정질 또는 결정질 상을 함유).
- [0036] 여기에 기재된 알칼리 알루미늄실리케이트 유리 제품은, 퓨전 형성 가능한 유리 조성물로부터 형성된다. 하나 이상의 구체 예에서, 유리 조성물은, 약 200 kilopoise (kP) 초과의 액상선 점도, 및 몇몇 구체 예에서, 적어도 약 600 kP의 액상선 점도를 가질 수 있다. 몇몇 구체 예에서, 이들 유리 제품 및 조성물은, 지르콘 아이소파이프 (zircon isopipe)와 양립 가능하고: 유리가 지르콘 아이소파이프를 분해하여 지르코니아 결함을 생성하는 점도는 35 kP 미만이다. 여기에 기재된 조성물 범위 내에 선택된 유리 조성물은, 35 kP를 초과하는 지르콘 분해 점도를 가질 수 있다. 이러한 사례에서, 알루미늄나 아이소파이프는 이들 유리 제품을 융합시키기 위해 사용될 수 있다.
- [0037] 하나 이상의 구체 예에서, 알칼리 알루미늄실리케이트 유리 제품은, 적어도 0.5 mol% P_2O_5 , Na_2O 및, 선택적으로, Li_2O 를 포함하는 유리 조성물을 포함할 수 있고, 여기서 $Li_2O(mol\%)/Na_2O(mol\%) < 1$ 이다. 부가적으로, 유리는 B_2O_3 및 K_2O 가 없다. 여기에 기재된 알칼리 알루미늄실리케이트 유리는, ZnO , MgO 및 SnO_2 를 더욱 포함할 수 있다.
- [0038] 몇몇 구체 예에서, 알칼리 알루미늄실리케이트 유리 제품은, 적어도 약 58 mol% SiO_2 , 약 0.5 mol% 내지 약 3

mol% P₂O₅, 적어도 약 11 mol% Al₂O₃, Na₂O 및 Li₂O를 포함하거나 또는 필수적으로 이루어진다.

[0039] 하나 이상의 구체 예에서, 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품은, 약 58 mol% 내지 약 65 mol% SiO₂; 약 11 mol% 내지 약 20 mol% Al₂O₃; 약 0.5 mol% 내지 약 3 mol% P₂O₅; 약 6 mol% 내지 약 18 mol% Na₂O; 0 mol% 내지 약 6 mol% MgO; 및 0 mol% 내지 약 6 mol% ZnO를 포함하거나 또는 필수적으로 이루어진다. 어떤 구체 예에서, 유리는, 약 63 mol% 내지 약 65 mol% SiO₂; 11 mol% 내지 약 19 mol% Al₂O₃; 약 1 mol% 내지 약 3 mol% P₂O₅; 약 9 mol% 내지 약 20 mol% Na₂O; 0 mol% 내지 약 6 mol% MgO; 및 0 mol% 내지 약 6 mol% ZnO를 포함하거나 또는 필수적으로 이루어진다.

[0040] 하나 이상의 구체 예에서, 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품은, 약 2 미만 (예를 들어, 약 1.8 미만, 약 1.6 미만, 약 1.5 미만, 또는 약 1.4 미만)인 비 R₂O(mol%)/Al₂O₃(mol%)를 포함하고, 여기서 R₂O = Li₂O + Na₂O이다.

[0041] 하나 이상의 구체 예에서, 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품은, 65 mol% 초과 및 67 mol% 미만의 SiO₂ 및 P₂O₅의 총량 (즉, 65 mol% < SiO₂ (mol%) + P₂O₅ (mol%) < 67 mol%)인 관계를 포함한다. 예를 들어, SiO₂ 및 P₂O₅의 총량은, 약 65.1 mol% 내지 약 67 mol%, 약 65.2 mol% 내지 약 67 mol%, 약 65.3 mol% 내지 약 67 mol%, 약 65.4 mol% 내지 약 67 mol%, 약 65.5 mol% 내지 약 67 mol%, 약 65.6 mol% 내지 약 67 mol%, 약 65.7 mol% 내지 약 67 mol%, 약 65.8 mol% 내지 약 67 mol%, 약 65.9 mol% 내지 약 67 mol%, 약 66 mol% 내지 약 67 mol%, 약 65 mol% 내지 약 66.9 mol%, 약 65 mol% 내지 약 66.8 mol%, 약 65 mol% 내지 약 66.7 mol%, 약 65 mol% 내지 약 66.6 mol%, 약 65 mol% 내지 약 66.5 mol%, 약 65 mol% 내지 약 66.4 mol%, 약 65 mol% 내지 약 66.3 mol%, 약 65 mol% 내지 약 66.2 mol%, 약 65 mol% 내지 약 66.1 mol%, 또는 약 65 mol% 내지 약 66 mol%의 범위일 수 있다.

[0042] 하나 이상의 구체 예에서, 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품은 약 -3 mol% 초과를 초과하는 관계 R₂O(mol%) + R'O(mol%) - Al₂O₃(mol%) - P₂O₅(mol%) (즉, R₂O(mol%) + R'O(mol%) - Al₂O₃(mol%) - P₂O₅(mol%) > -3 mol%)를 포함한다. 하나 이상의 구체 예에서, R₂O는 Li₂O 및 Na₂O의 총량 (즉, R₂O = Li₂O + Na₂O)이다. 하나 이상의 구체 예에서, R'O는 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 내에 존재하는 2가 금속 산화물의 총량이다. 하나 이상의 구체 예에서, 관계 R₂O(mol%) + R'O(mol%) - Al₂O₃(mol%) - P₂O₅(mol%)는, 약 -2.5 mol% 초과, 약 -2 mol% 초과, 약 -1.5 mol% 초과, 약 -1 mol% 초과, 약 -0.5 mol% 초과, 약 0 mol% 초과, 약 0.5 mol% 초과, 약 1 mol% 초과, 약 1.5 mol% 초과, 약 2 mol% 초과, 약 2.5 mol% 초과, 약 3 mol% 초과, 약 3.5 mol% 초과, 약 4 mol% 초과, 약 4.5 mol% 초과, 약 5 mol% 초과, 약 5.5 mol% 초과, 또는 약 6 mol% 초과, 약 6.5 mol% 초과, 약 7 mol% 초과, 약 7.5 mol% 초과, 약 8 mol% 초과, 약 8.5 mol% 초과, 약 9 mol% 초과, 또는 약 9.5 mol% 초과이다.

[0043] 표 1은 여기에 기재된 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리의 대표적인 조성물을 열거한다. 표 2는 표 1에 열거된 실시 예에 대해 결정된 선택된 물리적 특성을 열거한다. 표 2에 열거된 물리적 특성은: 밀도; 저온 및 고온 CTE; 변형, 어닐링 및 연화점들; 10¹¹ Poise, 35 kPa, 200 kPa, 액상선 및 지르콘 분해 온도들; 지르콘 분해 및 액상선 점도들; 푸아송의 비 (Poisson's ratio); 영률; 굴절률, 응력 광학 계수를 포함한다. 몇몇 구체 예에서, 여기에 기재된 유리는 30 ppm/°C 이하의 고온 CTE 및/또는 적어도 70 GPa의 영률, 및 몇몇 구체 예에서, 80 GPa까지의 영률을 갖는다.

표 1

[0044] 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 조성물의 실시 예들.

조성물 (mol%)	실. 1	실. 2	실. 3	실. 4	실. 5	실. 6	실. 7
SiO ₂	63.77	64.03	63.67	63.91	64.16	63.21	63.50
Al ₂ O ₃	12.44	12.44	11.83	11.94	11.94	11.57	11.73
P ₂ O ₅	2.43	2.29	2.36	2.38	1.92	1.93	1.93
Li ₂ O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na ₂ O	16.80	16.81	16.88	16.78	16.80	17.63	16.85
ZnO	0.00	4.37	0.00	4.93	0.00	5.59	5.93

MgO	4.52	0.02	5.21	0.02	5.13	0.02	0.01
SnO ₂	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
R ₂ O/Al ₂ O ₃	1.35	1.35	1.43	1.41	1.41	1.52	1.44
Li ₂ O/Na ₂ O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
(R ₂ O+RO)-Al ₂ O ₃ -P ₂ O ₅	6.45	6.46	7.89	7.40	8.07	9.74	9.14

조성물 (mol%)	실. 8	실. 9	실. 10	실. 11	실. 12	실. 13	실. 14
SiO ₂	63.37	63.43	63.56	63.58	63.66	63.62	63.67
Al ₂ O ₃	11.72	12.49	12.63	12.59	12.91	12.85	12.89
P ₂ O ₅	2.00	2.32	2.46	2.46	2.43	2.45	2.47
Li ₂ O	0.00	0.00	1.42	2.87	0.00	1.42	2.92
Na ₂ O	16.84	17.16	15.45	14.04	16.89	15.48	13.92
ZnO	6.00	4.54	4.43	4.41	4.04	4.12	4.06
MgO	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
SnO ₂	0.05	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
R ₂ O/Al ₂ O ₃	1.44	1.37	1.34	1.34	1.31	1.31	1.31
Li ₂ O/Na ₂ O	0.00	0.00	0.09	0.20	0.00	0.09	0.21
(R ₂ O+RO)-Al ₂ O ₃ -P ₂ O ₅	9.14	6.90	6.22	6.29	5.62	5.72	5.57

조성물 (mol%)	실. 15	실. 16	실. 17	실. 18	실. 19	실. 20	실. 21
SiO ₂	63.55	63.80	63.76	63.88	63.74	64.03	63.68
Al ₂ O ₃	12.92	12.90	12.95	13.48	13.37	13.26	13.19
P ₂ O ₅	2.35	2.34	2.37	2.31	2.34	2.29	2.46
Li ₂ O	0.00	1.47	2.94	0.00	1.48	2.94	0.00
Na ₂ O	17.97	16.36	14.85	17.20	15.96	14.37	16.84
ZnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.77
MgO	3.17	3.08	3.09	3.08	3.08	3.06	0.02
SnO ₂	0.05	0.04	0.05	0.05	0.04	0.04	0.05
R ₂ O/Al ₂ O ₃	1.39	1.38	1.37	1.28	1.30	1.31	1.28
Li ₂ O/Na ₂ O	0.00	0.09	0.20	0.00	0.09	0.20	0.00
(R ₂ O+RO)-Al ₂ O ₃ -P ₂ O ₅	5.87	5.67	5.56	4.48	4.81	4.83	4.98

조성물 (mol%)	실. 22	실. 23	실. 24	실. 25	실. 26	실. 27	실. 28
SiO ₂	63.66	63.76	63.67	63.73	63.73	63.64	63.76
Al ₂ O ₃	14.15	15.31	13.87	14.82	12.93	16.62	16.59
P ₂ O ₅	2.47	2.44	2.47	2.43	2.48	2.47	2.47
Li ₂ O	1.49	2.98	1.50	2.96	0.00	2.52	4.91
Na ₂ O	15.31	13.79	15.36	13.93	16.83	14.68	12.20
ZnO	2.85	1.64	0.00	0.00	2.98	0.00	0.00
MgO	0.03	0.03	3.09	2.08	1.00	0.03	0.03
SnO ₂	0.05	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
R ₂ O/Al ₂ O ₃	1.19	1.10	1.22	1.14	1.30	1.03	1.03
Li ₂ O/Na ₂ O	0.10	0.22	0.10	0.21	0.00	0.17	0.40
(R ₂ O+RO)-Al ₂ O ₃ -P ₂ O ₅	3.05	0.70	3.61	1.72	5.40	-1.86	-1.92

[0045]

조성물 (mol%)	실. 29	실. 30	실. 31	실. 32	실. 33	실. 34	실. 35
SiO ₂	63.89	63.92	63.77	63.73	63.70	63.65	63.87
Al ₂ O ₃	16.55	15.29	15.27	15.30	15.27	15.22	15.29
P ₂ O ₅	2.47	2.24	2.31	2.39	2.40	2.48	2.37
Li ₂ O	7.27	3.46	2.98	4.02	4.46	4.96	5.39
Na ₂ O	9.74	13.46	13.99	12.91	12.51	11.99	11.44
ZnO	0.00	1.56	1.61	1.57	1.58	1.63	1.57
MgO	0.03	0.02	0.02	0.03	0.03	0.02	0.02
SnO ₂	0.04	0.04	0.04	0.05	0.04	0.05	0.04
R ₂ O/Al ₂ O ₃	1.03	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.10
Li ₂ O/Na ₂ O	0.75	0.26	0.21	0.31	0.36	0.41	0.47
(R ₂ O+RO)-Al ₂ O ₃ -P ₂ O ₅	-1.98	0.97	1.01	0.84	0.90	0.91	0.76

조성물 (mol%)	실. 36	실. 37	실. 38	실. 39	실. 40	실. 41	실. 42
SiO ₂	63.69	63.75	63.70	63.62	63.74	63.77	63.77
Al ₂ O ₃	15.26	15.30	15.27	15.23	15.27	15.27	15.33
P ₂ O ₅	2.45	2.42	2.45	2.46	2.47	2.46	2.44
Li ₂ O	2.96	2.98	3.94	3.98	4.93	4.93	2.91
Na ₂ O	13.50	13.46	12.54	12.57	11.49	11.50	13.94
ZnO	2.06	2.01	2.03	2.06	2.03	2.00	0.00
MgO	0.02	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03	1.57
SnO ₂	0.05	0.04	0.04	0.05	0.04	0.05	0.04
R ₂ O/Al ₂ O ₃	1.08	1.08	1.08	1.09	1.08	1.08	1.10
Li ₂ O/Na ₂ O	0.22	0.22	0.31	0.32	0.43	0.43	0.21
(R ₂ O+RO)-Al ₂ O ₃ -P ₂ O ₅	0.83	0.77	0.80	0.95	0.73	0.73	0.66

조성물 (mol%)	실. 43	실. 44	실. 45	실. 46	실. 47	실. 48	실. 49
SiO ₂	63.69	63.81	63.65	63.71	63.62	63.65	63.62
Al ₂ O ₃	15.25	15.26	15.33	15.32	15.24	15.68	15.67
P ₂ O ₅	2.43	2.41	2.46	2.44	2.47	2.44	2.48
Li ₂ O	4.00	4.89	2.96	4.01	4.91	6.07	6.06
Na ₂ O	13.01	12.03	13.29	12.25	11.42	10.93	10.53
ZnO	0.00	0.00	2.24	2.20	2.27	1.17	1.57
MgO	1.57	1.56	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02
SnO ₂	0.05	0.04	0.05	0.04	0.05	0.04	0.05
R ₂ O/Al ₂ O ₃	1.12	1.11	1.06	1.06	1.07	1.08	1.06
Li ₂ O/Na ₂ O	0.31	0.41	0.22	0.33	0.43	0.56	0.58
(R ₂ O+RO)-Al ₂ O ₃ -P ₂ O ₅	0.90	0.81	0.73	0.73	0.91	0.08	0.04

[0046]

조성물 (mol%)	실. 50	실. 51	실. 52	실. 53	실. 54	실. 55	실. 56
SiO ₂	63.60	63.89	63.84	63.90	63.88	64.74	60.17
Al ₂ O ₃	15.65	16.09	16.47	16.87	16.97	15.25	18.58
P ₂ O ₅	2.46	2.42	2.43	2.43	2.42	0.98	1.90
Li ₂ O	6.13	6.80	7.84	8.75	9.78	5.28	5.16
Na ₂ O	10.29	9.97	8.96	7.99	6.88	12.09	12.58
ZnO	1.81	0.78	0.39	0.00	0.00	1.61	1.55
MgO	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
SnO ₂	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03
R ₂ O/Al ₂ O ₃	1.05	1.04	1.02	0.99	0.98	1.14	0.96
Li ₂ O/Na ₂ O	0.60	0.68	0.87	1.10	1.42	0.44	0.41
(R ₂ O+RO)-Al ₂ O ₃ -P ₂ O ₅	0.14	-0.94	-1.68	-2.54	-2.70	2.78	-1.16

조성물 (mol%)	실. 57	실. 58	실. 59	실. 60	실. 61	실. 62	실. 63
SiO ₂	58.32	63.3	63.3	63.3	63.3	63.3	63.3
Al ₂ O ₃	18.95	15.25	15.65	16.2	15.1	15.425	15.7
P ₂ O ₅	2.42	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Li ₂ O	4.96	6	7	7.5	6	7	7.5
Na ₂ O	13.74	10.7	9.7	9.45	10.55	9.475	8.95
ZnO	1.56	1.2	0.8	0	2.5	2.25	2
MgO	0.02	1	1	1	0	0	0
SnO ₂	0.03	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
R ₂ O/Al ₂ O ₃	0.99	1.10	1.07	1.05	1.10	1.07	1.05
Li ₂ O/Na ₂ O	0.36	0.56	0.72	0.79	0.57	0.74	0.84
(R ₂ O+RO)-Al ₂ O ₃ -P ₂ O ₅	-1.09	1.15	0.35	-0.75	1.45	0.80	0.25

[0047]

표 2

표 1에 열거된 유리의 선택된 물리적 특성.

[0048]

	실. 1	실. 2	실. 3	실. 4	실. 5	실. 6	실. 7
밀도 (g/cm ³)	2.434	2.493	2.434	2.504	2.44	2.514	2.519
저온 CTE 25-300℃ (ppm/℃)	8.9	8.62	8.95	8.6	8.82	8.71	8.54
고온 CTE (ppm/℃)	17.67	19.1	17.16	21	18.12	20	20.11
변형점 (℃)	630	591	612	580	605	580	589
어닐링점 (℃)	683	641	662	628	651	629	639
10 ¹¹ Poise 온도 (℃)	770	725	748	710	734	711	721
연화점 (℃)	937	888	919	873	909	868	874
T ^{35 kP} (℃)				1167	1180	1158	1160
T ^{200 kP} (℃)				1070	1083	1061	1064
지르콘 분해 온도 (℃)		1205		1220	1170	1185	1205
지르콘 분해 점도 (P)				1.56x1 ⁴	4.15x1 ⁴	2.29x1 ⁴	1.74x1 ⁴
액상선 온도 (℃)		980		990	975	990	1000
액상선 점도 (P)				1.15x1 ⁶	2.17x1 ⁶	9.39x1 ⁵	7.92x1 ⁵
푸아송의 비	0.200	0.211	0.206	0.214	0.204	0.209	0.211
영률 (GPa)	69.2	68.8	69.4	68.5	69.6	68.3	69.0
589.3nm에서 굴절률	1.4976	1.5025	1.4981	1.5029	1.4992	1.5052	1.506
응력 광학 계수 (nm/mm/MPa)	2.963	3.158	3.013	3.198	2.97	3.185	3.234

	실. 8	실. 9	실. 10	실. 11	실. 12	실. 13	실. 14
밀도 (g/cm ³)	2.516	2.501	2.498	2.493	2.493	2.492	2.486
저온 CTE 25-300℃ (ppm/℃)	8.35	8.67	8.87	8.49	8.65	8.71	8.49
고온 CTE (ppm/℃)	20.11	20.6	20.94		19.52	20.77	
변형점 (℃)	590	589	591	584	600	579	588
어닐링점 (℃)	641	639	640	628	652	620	630
10 ¹¹ Poise 온도 (℃)	726	724	720	704	738	695	704
연화점 (℃)	888	890	865	857	900	867	860
T ³⁵ KP (℃)	1170	1176	1159	1139	1197	1169	
T ²⁰⁰ KP (℃)	1073	1080	1061	1041	1099	1070	
지르콘 분해 온도 (℃)	1195	1195	1210	1225	1195	1195	1220
지르콘 분해 점도 (P)	2.33x1 ⁴	2.58x1 ⁴	1.60x1 ⁴	9.94x1 ³	3.63x1 ⁴	2.35x1 ⁴	
액상선 온도 (℃)	1005	990	990	980	990	980	980
액상선 점도 (P)	8.69x1 ⁴	1.48E+06	9.02E+05	7.10E+05	2.19E+06	1.33E+06	
푸아송의 비	0.211	0.205	0.208	0.209	0.209	0.210	0.217
영률 (GPa)	69.0	68.7	71.4	73.5	68.4	71.6	74.0
589.3nm에서 굴절률	1.506	1.5036	1.505	1.5063	1.5026	1.5041	1.5052
응력 광학 계수 (nm/mm/MPa)	3.234	3.194	3.157	3.131	3.18	3.156	3.131

[0049]

	실. 15	실. 16	실. 17	실. 18	실. 19	실. 20	실. 21
밀도 (g/cm ³)	2.433	2.429	2.426	2.431	2.428	2.433	2.486
저온 CTE 25-300℃ (ppm/℃)	9.15	9.16	8.83	8.97	8.97	8.79	8.45
고온 CTE (ppm/℃)	20	20	21	17.3	20		
변형점 (℃)	615	606	599	633	616	611	602
어닐링점 (℃)	662	659	653	684	670	665	653
10 ¹¹ Poise 온도 (℃)	747	745	741	771	758	751	739
연화점 (℃)	935	903	901	943	918	905	910
T ^{35 kP} (℃)	1182	1166	1152	1221	1185	1167	1207
T ^{200 kP} (℃)	1083	1066	1051	1122	1084	1066	1108
지르콘 분해 온도 (℃)							
지르콘 분해 점도 (P)							
액상선 온도 (℃)							
액상선 점도 (P)							
푸아송의 비	0.203	0.207	0.205	0.209	0.199		0.207
영률 (GPa)	68.9	71.2	72.7	69.4	70.9		68.1
589.3nm에서 굴절률	1.4964	1.4981	1.4991	1.4965	1.4984	1.5006	1.5019
응력 광학 계수 (nm/mm/MPa)	2.994	3.022	2.982	2.979	2.99	0	3.173

	실. 22	실. 23	실. 24	실. 25	실. 26	실. 27	실. 28
밀도 (g/cm ³)	2.468	2.448	2.434	2.428	2.47	2.419	2.414
저온 CTE 25-300℃ (ppm/℃)	8.6	8.23	8.91	8.25	8.66	8.52	8.17
고온 CTE (ppm/℃)	19.52		19.49				19.47
변형점 (℃)	596	595	638	616	608	640	620
어닐링점 (℃)	644	649	695	656	654	700	677
10 ¹¹ Poise 온도 (℃)	728	741	785	732	736	798	771
연화점 (℃)	905	922	941	925	911	978	946
T ^{35 kP} (℃)	1217	1227	1209	1215	1209	1283	1249
T ^{200 kP} (℃)	1115	1125	1109	1115	1107	1184	1150
지르콘 분해 온도 (℃)	1185	1185	1180	1185			1185
지르콘 분해 점도 (P)	5.86E+04	6.91E+04	5.59E+04	5.72E+04			1.05E+05
액상선 온도 (℃)	975	980	1080	1025			940
액상선 점도 (P)	4.14E+06	4.52E+06	3.56E+05	1.27E+06			2.92E+07
푸아송의 비	0.210		0.204	0.210	0.212		0.213
영률 (GPa)	71.4		71.6	73.5	68.8		76.9
589.3nm에서 굴절률	1.502	1.5025	1.4996	1.5008	1.5006	1.4987	1.5014
응력 광학 계수 (nm/mm/MPa)	3.123	3.03	3.001	3.021	3.148	3.039	3.015

[0050]

	실. 29	실. 30	실. 31	실. 32	실. 33	실. 34	실. 35
밀도 (g/cm ³)	2.408	2.446	2.448	2.446	2.445	2.443	2.442
저온 CTE 25-300℃ (ppm/℃)	7.86	8.29	8.38	8.17	8.14	8.04	7.97
고온 CTE (ppm/℃)	18.57					19.71	
변형점 (℃)	610	591	595	585	580	574	577
어닐링점 (℃)	665	645	649	638	633	627	629
10 ¹¹ Poise 온도 (℃)	755	736	740	726	722	717	717
연화점 (℃)	924	915	919	894	894	895	890
T ³⁵ kP (℃)	1216	1223	1227	1216	1210	1203	1196
T ²⁰⁰ kP (℃)	1120	1122	1126	1114	1108	1102	1095
지르콘 분해온도 (℃)	1210	1175	1180	1190	1195	1210	1205
지르콘 분해 점도 (P)	3.86E+04	7.72E+04	7.55E+04	5.29E+04	4.43E+04	3.14E+04	3.04E+04
액상선 온도 (℃)	1080	990	975	975	975	975	980
액상선 점도 (P)	4.55E+05	3.28E+06	5.43E+06	3.80E+06	3.33E+06	3.02E+06	2.29E+06
푸아송의 비	0.211	0.206	0.202	0.21	0.204	0.204	0.203
영률 (GPa)	75.0	73.91	73.02	74.60	74.67	75.15	75.43
589.3nm에서 굴절률	1.5053	1.503	1.5025	1.5035	1.5041	1.5046	1.5053
응력 광학 계수 (nm/mm/MPa)	3.002	3.074	3.083	3.071	3.059	3.016	3.053

	실. 36	실. 37	실. 38	실. 39	실. 40	실. 41	실. 42
밀도 (g/cm ³)	2.453	2.453	2.452	2.451	2.449	2.449	2.425
저온 CTE 25-300℃ (ppm/℃)	8.17	8.14	7.97	8.01	7.79	7.9	8.54
고온 CTE (ppm/℃)					20.56		
변형점 (℃)	595	595	584	587	578	584	617
어닐링점 (℃)	649	649	638	640	630	637	663
10 ¹¹ Poise 온도 (℃)	740	741	729	730	718	726	746
연화점 (℃)	918	921	905	907	894	901	929
T ³⁵ kP (℃)	1229	1232	1212	1219	1200	1204	1232
T ²⁰⁰ kP (℃)	1128	1131	1111	1118	1100	1103	1132
지르콘 분해 온도 (℃)	1185		1200		1210		
지르콘 분해 점도 (P)	7.20E+04		4.26E+04		3.00E+04		
액상선 온도 (℃)	995		990		965		
액상선 점도 (P)	3.33E+06		2.51E+06		3.71E+06		
푸아송의 비	0.208		0.206		0.206		
영률 (GPa)	73.70		74.67		75.50		
589.3nm에서 굴절률	1.5032		1.5042		1.5054		1.5005
응력 광학 계수 (nm/mm/MPa)	3.093		3.071		3.072		3.033

[0051]

	실. 43	실. 44	실. 45	실. 46	실. 47	실. 48	실. 49	실. 50
밀도 (g/cm ³)	2.424	2.422	2.455	2.454	2.454	2.434	2.439	2.443
저온 열팽창계수 25-300℃ (ppm/℃)	8.48	8.34	8.03	7.88	7.76	7.87	7.71	7.63
고온 열팽창계수 (ppm/℃)								
변형점 온도 (℃)	614	594	595	586	579	580	581	579
어닐링점 온도 (℃)	659	640	649	639	630	633	633	632
10 ¹¹ Poise 온도 (℃)	739	722	740	729	718	722	721	721
연화점 온도 (℃)	912	899	918	909	898	892	893	895
35 kP 온도 (℃)	1216	1204		1212	1200	1203	1203	1203
200 kP 온도 (℃)	1116	1102		1113	1099	1105	1102	1103
지르콘 분해온도 (℃)								
지르콘 분해 점도 (P)								
액상선 온도 (℃)			985		965	1005	1010	1030
액상선 점도 (P)					4.E+06	1.78E+06	1.34E+06	8.98E+05
푸아송의 비						0.211	0.21	0.213
영률 (GPa)						76.32	76.60	76.81
589.3nm에서 굴절률	1.5014	1.5026	1.5036	1.5047	1.5061	1.505	1.5059	1.5064
응력 광학 계수 (nm/mm/MPa)	2.965	2.981	3.082	3.057	3.063	3.025	3.004	3.046

	실. 51	실. 52	실. 53	실. 54	실. 55	실. 56	실. 57
밀도 (g/cm ³)	2.424	2.431	2.403	2.4	2.45	2.462	2.468
저온 CTE 25-300℃ (ppm/℃)	77.1	76.1	74.3	73.1	80.2	79.7	83.6
고온 CTE (ppm/℃)							
변형점 (℃)	588	599	611	612	580	611	597
어닐링점 (℃)	640	651	665	665	631	663	649
10 ¹¹ Poise 온도 (℃)	728	738	753	752	718	750	735
연화점 (℃)	900.4	907.5	916	912.5	892.2	915.6	899.4
T ^{35 kP} (℃)	1204	1209	1209	1202	1206	1205	1184
T ^{200 kP} (℃)	1106	1113	1113	1106	1102	1111	1093
지르콘 분해 온도 (℃)							
지르콘 분해 점도 (P)							
액상선 온도 (℃)	1060	1115	1160	1205			
액상선 점도 (P)	5.11E+05	1.90E+05	8.18E+04	3.32E+04			
푸아송의 비	0.211	0.212	0.208	0.214			
영률 (GPa)	77.01	78.05	77.57	78.74			
589.3nm에서 굴절률	1.5054	1.5055	1.5059	1.5072			
응력 광학 계수 (nm/mm/MPa)	3.011	2.98	2.982	2.964			

[0052]

[0053]

여기에 기재된 기본 (또는 강화되지 않은) 및 강화된 (즉, 이온 교환에 의해 화학적으로 강화된) 알칼리 알루미늄 노실리케이트 유리 제품의 각각의 산화물 성분은, 기능을 제공하며 및/또는 유리의 제조가능성 및 물리적 특성에 영향을 미친다. 예를 들어, 실리카 (SiO₂)는 주요 유리 형성 산화물이며, 및 용융 유리에 대한 네트워크 백본 (network backbone)을 형성한다. 순수한 SiO₂는 CTE가 낮고 및 알칼리 금속이 없다. 그러나, 매우 높은 용융 온도로 인해, 순수한 SiO₂는 융합 인발 공정과 양립할 수 없다. 점도 곡선 (viscosity curve)은 또한 너무 높아서 적층 구조물에서 임의의 코어 유리와 일치할 수 없다. 하나 이상의 구체 예에서, 알칼리 알루미늄노실리케이트 유리 제품은, 약 58 mol% 내지 약 65 mol%, 약 59 mol% 내지 약 65 mol%, 약 60 mol% 내지 약 65 mol%, 약 61 mol% 내지 약 65 mol%, 약 62 mol% 내지 약 65 mol%, 약 63 mol% 내지 약 65 mol%, 약 58 mol% 내지 약 64 mol%, 약 58 mol% 내지 약 63 mol%, 약 58 mol% 내지 약 62 mol%, 약 58 mol% 내지 약 61 mol%, 약 58 mol% 내지 약 60 mol%, 약 63 mol% 내지 약 65 mol%, 약 63.2 mol% 내지 약 65 mol%, 또는 약 63.3 mol% 내지 약 65 mol% 범위의 양으로 SiO₂를 포함한다.

[0054]

실리카에 부가하여, 여기에 기재된 알칼리 알루미늄노실리케이트 유리 제품은, 네트워크 형성제인 Al₂O₃를 포함하여, 안정한 유리 형성, 낮은 CTE, 낮은 영률, 낮은 잔단 탄성률을 달성하고, 및 용융 및 형성을 가능하게 한다.

SiO₂와 마찬가지로, Al₂O₃는 유리 네트워크에 강성 (rigidity)에 기여한다. 알루미늄은 4배 또는 5배 배위 (coordination)로 유리에 존재할 수 있어, 유리 네트워크의 충전 밀도 (packing density)를 증가시키고, 따라서 화학적 강화로부터 결과하는 압축 응력을 증가시킨다. 하나 이상의 구체 예에서, 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품은, 약 11 mol% 내지 약 20 mol%, 약 12 mol% 내지 약 20 mol%, 약 13 mol% 내지 약 20 mol%, 약 14 mol% 내지 약 20 mol%, 약 15 mol% 내지 약 20 mol%, 약 11 mol% 내지 약 19 mol%, 약 11 mol% 내지 약 18.5 mol%, 약 11 mol% 내지 약 18 mol%, 약 11 mol% 내지 약 17.5 mol%, 약 11 mol% 내지 약 17 mol%, 약 11 mol% 내지 약 16.5 mol%, 약 11 mol% 내지 약 16 mol%, 약 14 mol% 내지 약 17 mol%, 약 15 mol% 내지 약 17 mol%, 또는 약 15 mol% 내지 약 16 mol% 범위의 양으로 Al₂O₃를 포함한다.

[0055] 오산화인 (P₂O₅)은, 여기에 기재된 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품에 혼입된 네트워크 형성제이다. P₂O₅는 유리 네트워크에서 준-사면체 구조를 취한다; 즉, 이것은 4개의 산소 원자와 배위되지만, 그 중 3개만이 나머지 네트워크에 연결된다. 제4 산소 원자는 인 양이온에 이중 결합된 말단 산소이다. 유리 네트워크에 P₂O₅의 혼입은, 영률 및 전단 탄성계수 (shear modulus)를 감소시키는데 매우 효과적이다. 유리 네트워크에 P₂O₅의 혼입은 또한, 고온 CTE를 감소시키고, 이온 교환 상호확산 속도를 증가시키며, 및 지르콘 내화물과의 유리 양립 가능성을 개선시킨다. 하나 이상의 구체 예에서, 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품은, 약 0.5 mol% 내지 약 5 mol%, 약 0.6 mol% 내지 약 5 mol%, 약 0.8 mol% 내지 약 5 mol%, 약 1 mol% 내지 약 5 mol%, 약 1.2 mol% 내지 약 5 mol%, 약 1.4 mol% 내지 약 5 mol%, 약 1.5 mol% 내지 약 5 mol%, 약 1.6 mol% 내지 약 5 mol%, 약 1.8 mol% 내지 약 5 mol%, 약 2 mol% 내지 약 5 mol%, 약 0.5 mol% 내지 약 3 mol%, 약 0.6 mol% 내지 약 3 mol%, 약 0.8 mol% 내지 약 3 mol%, 약 1 mol% 내지 약 3 mol%, 약 1.2 mol% 내지 약 3 mol%, 약 1.4 mol% 내지 약 3 mol%, 약 1.5 mol% 내지 약 3 mol%, 약 1.6 mol% 내지 약 3 mol%, 약 1.8 mol% 내지 약 3 mol%, 약 2 mol% 내지 약 3 mol%, 약 0.5 mol% 내지 약 2.8 mol%, 약 0.5 mol% 내지 약 2.6 mol%, 약 0.5 mol% 내지 약 2.5 mol%, 약 0.5 mol% 내지 약 2.4 mol%, 약 0.5 mol% 내지 약 2.2 mol%, 약 0.5 mol% 내지 약 2 mol%, 약 2.5 mol% 내지 약 5 mol%, 약 2.5 mol% 내지 약 4 mol%, 또는 약 2.5 mol% 내지 약 3 mol% 범위의 양으로 P₂O₅를 포함한다.

[0056] 여기서 기재된 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품은, 산화 붕소 (B₂O₃)를 함유하지 않거나, 또는 B₂O₃가 없는데, 이는, 유리가 이온 교환에 의해 강화되는 경우, 이의 존재가 압축 응력에 부정적인 영향을 미치기 때문이다. 여기서 사용된 바와 같은, 문구 "B₂O₃가 없는"은, 여기에 기재된 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품이 약 0.1 mol% 미만의 B₂O₃, 약 0.05 mol% 미만의 B₂O₃, 또는 약 0.01 mol% 미만의 B₂O₃를 포함한다는 것을 의미한다.

[0057] 알칼리 산화물 Na₂O는, 이온 교환에 의해 여기에 기재된 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품의 화학적 강화를 달성하는데 사용된다. 여기서 기재된 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품은, 예를 들어, KNO₃를 함유하는 염 용액에 존재하는 칼륨 양이온에 대해 교환될 Na⁺ 양이온을 제공하는, Na₂O를 포함한다. 몇몇 구체 예에서, 여기서 기재된 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품은, 약 4 mol% 내지 약 20 mol% Na₂O를 포함한다. 하나 이상의 구체 예에서, 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품은, 약 4.5 mol% 내지 약 20 mol%, 약 5 mol% 내지 약 20 mol%, 약 5.5 mol% 내지 약 20 mol%, 약 6 mol% 내지 약 20 mol%, 약 6.5 mol% 내지 약 20 mol%, 약 7 mol% 내지 약 20 mol%, 약 7.5 mol% 내지 약 20 mol%, 약 8 mol% 내지 약 20 mol%, 약 8.5 mol% 내지 약 20 mol%, 약 9 mol% 내지 약 20 mol%, 약 9.5 mol% 내지 약 20 mol%, 약 10 mol% 내지 약 20 mol%, 약 4 mol% 내지 약 19.5 mol%, 약 4 mol% 내지 약 19 mol%, 약 4 mol% 내지 약 18.5 mol%, 약 4 mol% 내지 약 18 mol%, 약 4 mol% 내지 약 17.5 mol%, 약 4 mol% 내지 약 17 mol%, 약 4 mol% 내지 약 16.5 mol%, 약 4 mol% 내지 약 16 mol%, 약 4 mol% 내지 약 15.5 mol%, 약 4 mol% 내지 약 15 mol%, 약 4 mol% 내지 약 14.5 mol%, 약 4 mol% 내지 약 14 mol%, 약 6 mol% 내지 약 18 mol%, 약 7 mol% 내지 약 18 mol%, 약 8 mol% 내지 약 18 mol%, 약 9 mol% 내지 약 18 mol%, 약 6 mol% 내지 약 12 mol%, 약 6 mol% 내지 약 11 mol%, 또는 약 6 mol% 내지 약 10 mol% 범위의 양으로 Na₂O를 포함한다.

[0058] 여기서 기재된 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품은, 몇몇 구체 예에서, 약 13 mol%까지의 Li₂O 또는 약 10 mol%까지의 Li₂O를 더욱 포함할 수 있다. 몇몇 구체 예에서, 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품은, 약 0 mol% 내지 약 9.5 mol%, 약 0 mol% 내지 약 9 mol%, 약 0 mol% 내지 약 8.5 mol%, 약 0 mol% 내지 약 8 mol%,

약 0 mol% 내지 약 7.5 mol%, 약 0 mol% 내지 약 7 mol%, 약 0.1 mol% 내지 약 10 mol%, 약 0.1 mol% 내지 약 9.5 mol%, 약 0.1 mol% 내지 약 9 mol%, 약 0.1 mol% 내지 약 8.5 mol%, 약 0.1 mol% 내지 약 8 mol%, 약 0.1 mol% 내지 약 7.5 mol%, 약 0.1 mol% 내지 약 7 mol%, 또는 약 4 mol% 내지 약 8 mol% 범위의 양으로 Li₂O를 포함한다. Na₂O에 대해 치환된 경우, Li₂O는 지르콘 분해 온도를 낮추고 및 유리를 연화시켜, 부가적인 Al₂O₃가 유리에 첨가되는 것을 가능하게 한다. 어떤 구체 예에서, 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품은, Li₂O가 없고 (즉, 0 mol% Li₂O를 함유), 또는 실질적으로 Li₂O가 없다. 여기서 기재된 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품에서, 존재하는 Na₂O의 양은 Li₂O의 양을 초과하고, 여기서 Li₂O(mol%)/Na₂O(mol%) < 1이다. 몇몇 구체 예에서, Li₂O(mol%)/Na₂O(mol%) < 0.75이다. 몇몇 구체 예에서, R₂O(mol%)/Al₂O₃(mol%) < 2이고, 및 몇몇 구체 예에서, 0.9 ≤ R₂O(mol%)/Al₂O₃(mol%) ≤ 1.6이며, 여기서 R₂O = Li₂O + Na₂O이다.

[0059] 유리에 산화칼륨의 존재는 이온 교환을 통해 유리에 높은 수준의 표면 압축 응력을 달성하기 위한 능력에 부정적인 영향을 미친다. 따라서, 원래 형성된 대로, 여기에 기재된 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품은, K₂O를 함유하지 않거나 또는 K₂O가 없다. 하나 이상의 구체 예에서, 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품은, 약 0.2 mol% 미만의 K₂O를 포함한다. 그러나, 칼륨-함유 용융염 (예를 들어, KNO₃ 함유) 욕조에서 이온 교환되는 경우, 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리는, 약간 양의 K₂O (즉, 약 1 mol% 미만)를 포함할 수 있으며, 실제량은 이온 교환 조건 (예를 들어, 이온 교환 욕조에서 칼륨염 농도, 욕조 온도, 이온 교환 시간, 및 K⁺ 이온이 Li⁺ 및 Na⁺ 이온을 대체하는 정도)에 의존한다. 그 결과로 생긴 압축 층은 칼륨을 함유할 것이다 - 유리의 표면 근처에서 이온-교환된 층은, 유리 표면에 10 mol% 이상의 K₂O를 함유할 수 있지만, 압축 층의 깊이를 초과하는 깊이에서 유리 벌크는 여전히 필수적으로 칼륨-부재이다.

[0060] 몇몇 구체 예에서, 여기에 기재된 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품은, 0 mol% 내지 약 6 mol%까지의 ZnO (예를 들어, 약 0 mol% 내지 약 5 mol%, 약 0 mol% 내지 약 4 mol%, 약 0 mol% 내지 약 3.5 mol%, 약 0 mol% 내지 약 3 mol%, 약 0 mol% 내지 약 2.5 mol%, 약 0.1 mol% 내지 약 6 mol%, 약 0.1 mol% 내지 약 5 mol%, 약 0.1 mol% 내지 약 4 mol%, 약 0.1 mol% 내지 약 3.5 mol%, 약 0.1 mol% 내지 약 3 mol%, 약 0.1 mol% 내지 약 2.5 mol%, 약 0.1 mol% 내지 약 2 mol%, 약 1 mol% 내지 약 5 mol%, 약 2 mol% 내지 약 5 mol%, 약 1 mol% 내지 약 3 mol%, 약 1.5 mol% 내지 약 3 mol%, 약 2 mol% 내지 약 3 mol%, 또는 약 1 mol% 내지 약 2 mol%)를 포함할 수 있다. 이 산화물 ZnO는 200 poise 점도에서 온도 (200P 온도)를 감소시켜 유리의 용융 거동을 개선시킨다. ZnO는 또한, P₂O₅ 및/또는 Na₂O의 유사 첨가물과 비교하여, 변형점을 개선하는 데 이점이 있다.

[0061] MgO 및 CaO와 같은 알칼리토 산화물은 또한, ZnO에 대해 치환되어, 200P 온도 및 변형점에 대해 유사한 효과를 달성할 수 있다. 그러나, MgO 및 CaO와 비교하여, ZnO는, P₂O₅의 존재하에서 상 분리를 촉진하는 경향이 덜하다. 몇몇 구체 예에서, 여기에 기재된 유리는, 0 mol% 내지 6 mol%의 MgO를 포함하거나, 또는 다른 구체 예에서, 이들 유리들은 0.02 mol% 내지 약 6 mol% MgO를 포함한다. SrO 및 BaO를 포함하는, 다른 알칼리토 산화물이 또한 ZnO에 대해 치환될 수 있지만, 이들은, ZnO, MgO 또는 CaO보다 200 poise 점도에서 용융 온도를 감소시키는데 덜 효과적이며 및 또한, 변형점을 높일 때, ZnO, MgO, 또는 CaO보다 덜 효과적이다.

[0062] 몇몇 구체 예에서, 여기에 기재된 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품은, 슬롯-인발 및 퓨전-인발 공정 (fusion draw process)들과 같은, 당 업계에 공지된 다운-인발 공정에 의해 형성될 수 있다. 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품을 형성하는데 사용된 유리 조성물은, 작은 농도의 Li₂O를 함유할 수 있고 및 퓨전-인발 공정과 양립 가능하며, 및 문제없이 제조될 수 있다. 리튬은 용융물에서 스포듀멘 또는 탄산 리튬으로 배치될 수 있다.

[0063] 퓨전 인발 공정은 얇은 유리 시트의 대-규모 제조를 위해 사용된 산업 기술이다. 플로우트 또는 슬롯 인발 공정과 같은, 다른 평평한 유리 제조 기술과 비교하여, 상기 퓨전 인발 공정은 우수한 평탄도 및 표면 품질을 갖는 얇은 유리 시트를 산출한다. 결과적으로, 퓨전 인발 공정은, 액정 디스플레이용 얇은 유리 기판의 제작뿐만 아니라, 노트북, 오락 장치, 테이블, 랩탑, 및 이와 유사한 것과 같은, 개인용 전자 장치용 커버 유리의 제작에서 지배적인 제조 기술이 되었다.

[0064] 퓨전 인발 공정은, 통상적으로 지르콘 또는 다른 내화성 물질로 만들어진, "아이소파이프"로 알려진 홈통

(trough)에 걸친 용융 유리의 흐름을 포함한다. 용융된 유리는 양 측면으로부터 이소파이프의 상부를 넘치고, 아이소파이프의 버텀에서 만나 단일 시트를 형성하며, 여기서 최종 시트의 내부 만이 아이소파이프와 직접 접촉한다. 최종 유리 시트의 노출된 표면이 인발 공정 동안 아이소파이프 물질과 접촉하지 않았기 때문에, 유리의 외부 표면들 모두는 원래 그대로의 품질이며 및 후속 마무리를 요구하지 않는다.

[0065] 퓨전 인발 가능하게 하기 위해, 유리 조성물은 충분히 높은 액상선 점도 (즉, 액상선 온도에서 용융 유리의 점도)를 가져야만 한다. 몇몇 구체 예에서, 여기에 기재된 알칼리 알루미늄실리케이트 유리 제품을 형성하는데 사용된 조성물은, 적어도 약 200 kilopoise (kP) 및, 다른 구체 예에서, 적어도 약 600 kP의 액상선 점도를 갖는다.

[0066] 알칼리 알루미늄실리케이트 유리 제품이 형성된 후에, 상기 제품은 화학적으로 강화될 수 있다. 이온 교환은 유리를 화학적으로 강화시키는데 널리 사용된다. 하나의 특정 실시 예에서, 양이온의 공급원 (예를 들어, 용융염 또는 "이온 교환" 욕조) 내에 알칼리 양이온은, 유리 내에 더 작은 알칼리 양이온과 교환되어, 유리 제품의 표면 근처에서 압축 응력 하에 있는 층을 달성한다. 상기 압축 층은 유리 제품 내에서 표면으로부터 DOL로 연장된다. 여기에 기재된 알칼리 알루미늄실리케이트 유리 제품에서, 예를 들어, 양이온 공급원 유래의 칼륨 이온은, 질산칼륨 (KNO₃)과 같은, 그러나 이에 제한되지 않는, 칼륨염을 포함하는 용융염 욕조에 유리를 침지시켜 이온 교환 동안 유리 내에 나트륨 이온에 대해 교환된다. 이온 교환 공정에 사용될 수 있는 다른 칼륨염은, 염화칼륨 (KCl), 황산칼륨 (K₂SO₄), 이들의 조합, 및 이와 유사한 것을 포함하지만, 이에 제한되는 것은 아니다. 여기에 기재된 이온 교환 욕조는, 칼륨 이외의 알칼리이온 및 상응하는 염을 함유할 수 있다. 예를 들어, 이온 교환 욕조는 또한, 질산나트륨 (NaNO₃), 황산나트륨, 염화나트륨, 또는 이와 유사한 것과 같은, 나트륨염을 포함할 수 있다. 하나 이상의 구체 예에서, 2개의 다른 염의 혼합물은 활용될 수 있다. 예를 들어, 상기 유리 제품은, KNO₃ 및 NaNO₃의 염 욕조에 침지될 수 있다. 몇몇 구체 예에서, 하나 이상의 욕조는 사용되어, 유리가 하나의 욕조에 침지되고 이어서 다른 욕조에 연속적으로 침지될 수 있다. 상기 욕조는, 같거나 또는 다른 조성물, 온도를 가질 수 있고, 및/또는 다른 침지 시간 동안 사용될 수 있다.

[0067] 상기 이온교환 욕조는, 약 320°C 내지 약 450°C의 범위에서 온도를 가질 수 있다. 욕조에서 침지 시간은 약 15분 내지 약 16시간까지 변할 수 있다.

[0068] 도 1에 나타난 구체 예가 평평한 평면 시트 또는 플레이트로서 강화된 알칼리 알루미늄실리케이트 유리 제품 (100)을 도시하지만, 상기 알칼리 알루미늄실리케이트 유리 제품은, 3차원 형상 또는 비-평면 형태와 같은, 다른 형태를 가질 수 있다. 강화된 알칼리 알루미늄실리케이트 유리 제품 (100)은 두께 (t)를 한정하는 제1표면 (110) 및 제2표면 (112)을 갖는다. (도 1에 나타난 구체 예와 같은), 하나 이상의 구체 예에서, 강화된 알칼리 알루미늄실리케이트 유리 제품은, 두께 (t)를 한정하는 제1표면 (110) 및 대립하는 제2표면 (112)을 포함하는 시트이다. 강화된 알칼리 알루미늄실리케이트 유리 제품 (100)은, 제1표면 (110)으로부터 유리 제품 (100)의 벌크 내로 층의 깊이 (d₁)로 연장되는 제1 압축 층 (120)을 갖는다. 도 1에 나타난 구체 예에서, 강화된 알칼리 알루미늄실리케이트 유리 제품 (100)은 또한, 제2표면 (112)으로부터 제2 층의 깊이 (d₂)로 연장되는 제2 압축 층 (122)을 갖는다. 유리 제품은 또한 d₁으로부터 d₂로 연장되는 중심 영역 (130)을 갖는다. 중심 영역 (130)은, 층들 (120 및 122)의 압축 응력과 균형을 이루거나 또는 응력을 상쇄시키는, 인장 응력 또는 중심 장력 (CT)하에 있다. 제1 및 제2 압축 층 (120, 122)의 깊이 (d₁, d₂)는, 강화된 알칼리 알루미늄실리케이트 유리 제품 (100)의 제1 및 제2표면 (110, 112)에 날카로운 충격에 의해 도입된 흠의 전과로부터 강화된 알칼리 알루미늄실리케이트 유리 제품 (100)을 보호하면서, 상기 압축 응력은 제1 및 제2 압축 층 (120, 122)의 깊이 (d₁, d₂)를 통한 흠 침투의 가능성을 최소화시킨다. DOL (d1) 및 DOL (d2)는 서로 같거나 또는 서로 다를 수 있다. 몇몇 구체 예에서, 중심 영역의 적어도 일부 (예를 들어, DOL로부터 제품의 두께의 0.5 배와 같은 깊이로 연장되는 부분)은, (여기서 정의된 바와 같이) K₂O가 없을 수 있다.

[0069] 상기 DOL은, (약 0.05mm 내지 약 1.5mm의 범위인 것으로 여기서 달리 기재되는) 두께 (t)의 일부로 기재될 수 있다. 예를 들어, 하나 이상의 구체 예에서, DOL은, 약 0.1t 이상, 약 0.11t 이상, 약 0.12t 이상, 약 0.13t 이상, 약 0.14t 이상, 약 0.15t 이상, 약 0.16t 이상, 약 0.17t 이상, 약 0.18t 이상, 약 0.19t 이상, 약 0.2t 이상, 약 0.21t 이상일 수 있다. 몇몇 구체 예에서, DOL은, 약 0.08t 내지 약 0.25t, 약 0.09t 내지 약 0.25t, 약 0.18t 내지 약 0.25t, 약 0.11t 내지 약 0.25t, 약 0.12t 내지 약 0.25t, 약 0.13t 내지 약 0.25t, 약 0.14t 내지 약 0.25t, 약 0.15t 내지 약 0.25t, 약 0.08t 내지 약 0.24t, 약 0.08t 내지 약 0.23t, 약

0.08t 내지 약 0.22t, 약 0.08t 내지 약 0.21t, 약 0.08t 내지 약 0.2t, 약 0.08t 내지 약 0.19t, 약 0.08t 내지 약 0.18t, 약 0.08t 내지 약 0.17t, 약 0.08t 내지 약 0.16t, 또는 약 0.08t 내지 약 0.15t의 범위일 수 있다. 몇몇 사례에서, DOL은 약 20 μ m 이하일 수 있다. 하나 이상의 구체 예에서, 상기 DOL은, 약 40 μ m 이상 (예를 들어, 약 40 μ m 내지 약 300 μ m, 약 50 μ m 내지 약 300 μ m, 약 60 μ m 내지 약 300 μ m, 약 70 μ m 내지 약 300 μ m, 약 80 μ m 내지 약 300 μ m, 약 90 μ m 내지 약 300 μ m, 약 100 μ m 내지 약 300 μ m, 약 110 μ m 내지 약 300 μ m, 약 120 μ m 내지 약 300 μ m, 약 140 μ m 내지 약 300 μ m, 약 150 μ m 내지 약 300 μ m, 약 40 μ m 내지 약 290 μ m, 약 40 μ m 내지 약 280 μ m, 약 40 μ m 내지 약 260 μ m, 약 40 μ m 내지 약 250 μ m, 약 40 μ m 내지 약 240 μ m, 약 40 μ m 내지 약 230 μ m, 약 40 μ m 내지 약 220 μ m, 약 40 μ m 내지 약 210 μ m, 약 40 μ m 내지 약 200 μ m, 약 40 μ m 내지 약 180 μ m, 약 40 μ m 내지 약 160 μ m, 약 40 μ m 내지 약 150 μ m, 약 40 μ m 내지 약 140 μ m, 약 40 μ m 내지 약 130 μ m, 약 40 μ m 내지 약 120 μ m, 약 40 μ m 내지 약 110 μ m, 또는 약 40 μ m 내지 약 100 μ m)일 수 있다.

[0070] 하나 이상의 구체 예에서, 강화된 알칼리 알루미늄실리케이트 유리 제품은, 약 400MPa 이상, 약 500MPa 이상, 약 600MPa 이상, 약 700 MPa 이상, 약 800 MPa 이상, 약 900 MPa 이상, 약 930 MPa 이상, 약 1000 MPa 이상 또는 약 1050 MPa 이상의 (유리 제품 내에 깊이 또는 표면에서 확인될 수 있는) 최대 압축 응력일 수 있다.

[0071] 하나 이상의 구체 예에서, 강화된 알칼리 알루미늄실리케이트 유리 제품은, 약 20 MPa 이상, 약 30 MPa 이상, 약 40 MPa 이상, 약 45 MPa 이상, 약 50 MPa 이상, 약 60 MPa 이상, 약 70 MPa 이상, 약 75 MPa 이상, 약 80 MPa 이상, 또는 약 85 MPa 이상의 최대 인장 응력 또는 중심 장력 (CT)을 가질 수 있다. 몇몇 구체 예에서, 최대 인장 응력 또는 중심 장력 (CT)은 약 40MPa 내지 약 100MPa의 범위일 수 있다.

[0072] 여기에 기재된 알칼리 알루미늄실리케이트 유리 제품은, 몇몇 구체 예에서, 약 100 중량%의 KNO₃를 포함하거나 또는 실질적으로 이루어진 용융염 욕조 (규산 (silicic acid) 또는 이와 유사한 것과 같은, 소량의 첨가제는 상기 욕조에 첨가될 수 있음)에 침지시켜 이온-교환된다. 표면 압축 응력을 최대화하기 위해, 유리는 이온 교환이 수반되는 열처리를 거칠 수 있다. 약 1 mm의 두께를 갖는 제품의 경우, 410°C에서 45분 동안 이온 교환된다. 유리 제품은 10¹¹ Poise (P) 온도에서 열 처리되고 및 빠르게 급냉되어, 이온-교환 전에 가상 온도를 대략 10¹¹ P 점도 온도로 설정한다. 이는 퓨전 인발 시트의 열 이력 (thermal history)을 나타내도록 가상 온도를 설정하기 위해 행해진다. 표 3은, 상기 조건하에서 이온 교환 후에 표 1에 열거된 샘플에 대해 측정된, 압축 응력, 압축 층의 깊이, 및 굽힘 반경을 열거한다. 이온 교환이 수반되는 열 처리의 이 조합에 적용된 경우, 여기에 기재된 알칼리 알루미늄실리케이트 유리 제품은, 적어도 약 1050 MPa의 최대 압축 응력 (CS) 및 약 25 μ m 미만 또는, 몇몇 구체 예에서, 약 20 μ m 미만의 압축 층의 깊이 (DOL)을 갖는 압축 층을 갖는다. 몇몇 구체 예에서, 압축 층의 깊이는 적어도 약 9 μ m이다.

표 3

[0073] 100 wt% KNO₃ 용융염에서 410°C에서 45분 동안 이온교환 및 10¹¹P 점도 온도와 같은 가상 온도 (T_F)를 설정한 후, 표 1에 열거된 조성물을 갖는, 1mm 두께의 샘플에 대해 측정된 압축 응력, 압축 층의 깊이, 및 굽힘 반경.

실시 예	압축 응력 (MPa)	층의 깊이 (μ m)	밴드 반경 ¹ (mm)	실시 예	압축 응력 (MPa)	층의 깊이 (μ m)	밴드 반경 ¹ (mm)
1	1025	22	35.2	28	1096	16	36.7
2	1026	22	35.1	29	1099	13	35.7
3	972	21	37.3	30	1083	15	35.6
4	997	20	36.0	31	1080	16	35.2
5	1047	18	34.7	32	1136	14	34.3
6	1006	19	35.5	33	1078	13	36.1
7	1024	18	35.3	34	1097	12	35.7
8	1024	18	35.3	35	1078	12	36.5
9	1020	21	35.2	36	1079	15	35.7
10	1045	17	35.7	37			
11	1030	15	37.3	38	1095	13	35.6
12	1066	22	33.5	39			
13	1078	17	34.8	40	1087	12	36.3
14	1040	15	37.4	41			
15	1039	24	34.6	42	1113	18	

16	960	21	38.8	43			
17	1035	20	36.7	44	1127	14	
18	1072	21	33.9	45	1086	14	
19	971	21	38.1	46	1113	13	
20		17		47	1106	11	
21	1069	22	33.3	48	1105	11	36.2
22	1104	19	33.8	49	1115	11	35.9
23	1105	17		50	1097	10	36.7
24	1133	22	32.9	51	1112	11	36.2
25	1145	18	33.6	52	1121	11	36.4
26	1049	23	34.3	53	1116	10	36.3
27	1097	21		53	1127	9	36.6

[0074] ¹순 표면 응력 (net surface stress)을 0 MPa로 줄이기 위해 이온교환 유리 샘플에 대해 요구된 밴드 반경 (mm).

[0075] 다른 구체 예에서, 여기에 기재된 알칼리 알루미늄실리케이트 유리 제품은, 이온 교환되어 더 깊은 압축 층의 깊이를 달성할 수 있다. 예를 들어, 각각 1 mm의 두께를 갖는 선택된 샘플들 (표 1에 열거된 조성물)은, 410°C의 약 100% KNO₃를 포함하거나 또는 필수적으로 이루어지는 용융염 욕조에서 8시간 동안 이온 교환되어, 적어도 약 930MPa의 최대 압축 응력을 갖는, 적어도 약 30 μ m, 또는 몇몇 구체 예에서, 적어도 약 40 μ m, 및 또 다른 구체 예에서, 적어도 약 50 μ m의 층의 깊이를 달성한다. 이들 조건하에서 이온 교환 후에 이들 샘플에 대해 측정된 압축 응력 및 압축 층의 깊이는 표 4에 열거된다.

표 4

[0076] 100 wt% KNO₃ 용융염에서 410°C에서 8시간 동안 이온교환 및 10¹¹P 점도 온도와 같은 가상 온도 (T_F)를 설정한 후, 표 1에 열거된 조성물을 갖는, 1mm 두께의 샘플에 대해 측정된 압축 응력 및 압축 층의 깊이.

실시 예	압축 응력 (MPa)	층의 깊이 (μ m)	실시 예	압축 응력 (MPa)	층의 깊이 (μ m)
30	955	54	46	978	45
33	941	48	51	937	40
35	938	42	52	948	38
36	979	52	53	936	37
38	977	47	54	952	32
45	990	50			

[0077] 또 다른 구체 예에서, 여기에 기재된 알칼리 알루미늄실리케이트 유리 제품은, 유리의 중심 인장 영역에서 포물선 또는 아주 비슷한 포물선인 응력 프로파일 및 깊은 압축 층의 깊이를 얻기 위해 이온교환될 수 있다. 예를 들어, 각각 1 mm의 두께를 갖는, 선택된 샘플들 (이의 조성물은 표 1에 열거됨)은, 약 100% NaNO₃를 포함하거나 또는 필수적으로 이루어지는 용융염 욕조에 430°C로 2, 4, 또는 16시간 동안 이온 교환되어, 적어도 약 30 MPa, 또는, 몇몇 구체 예에서, 적어도 약 35 MPa 또는, 몇몇 구체 예에서, 적어도 약 56 MPa, 또는 또 다른 구체 예에서, 적어도 약 66 MPa의 최대 인장 응력을 갖는, 적어도 약 200 μ m의 압축 층의 깊이 (DOL) 또는, 몇몇 구체 예에서, 총 샘플 두께 (t)의 약 25%까지 (즉, DOL = 0.25t), 및 몇몇 구체 예에서, 총 샘플 두께 (t)의 약 20%까지 (즉, DOL \leq 0.2t)를 달성한다. 이들 조건하에서 이온 교환 후에 이들 샘플에 대해 측정된 압축 층의 깊이 및 중심 장력은 표 5에 열거된다.

표 5

[0078] 약 100 wt%의 NaNO₃를 포함하는 용융염 욕조에서 430°C로 2, 4, 또는 16시간 동안 이온교환 후에, 1mm의 두께를 각각 갖는, 선택된 샘플들 (이들의 조성물은 표 1에 열거됨)에 대해 측정된 압축 층의 깊이 및 중심 장력.

	실. 34	실. 40	실. 47	실. 48	실. 49	실. 50
100% NaNO ₃ 에서 430°C로 2시간 동안 이온교환						

중심 (MPa)	장력			62	71	68	69
층의 (μm)	깊이			200	200	200	160
100% NaNO ₃ 에서 430℃로 4시간 동안 이온교환							
중심 (MPa)	장력	58	59	56	63	70	66
층의 (μm)	깊이	200	200	200	200	200	200
100% NaNO ₃ 에서 430℃로 16시간 동안 이온교환							
중심 (MPa)	장력	40	38	41	37	41	40
층의 (μm)	깊이	200	200	200	200	200	200

[0079] 이온-교환 압축 응력은, 이온-교환 전에 10^{13.18} Poise 온도에서 (어닐링점 온도) 어닐링시켜 더욱 개선될 수 있다. 구조물을 더 낮은 가상의 온도 상태로 이완시켜, 유리의 층전 밀도는 증가되고, 따라서 (확산율 (diffusivity)을 희생시켜) 이온-교환을 통해 더 높은 표면 압축 응력을 가능하게 한다.

[0080] 여기에 기재된 알칼리 알루미늄실리케이트 유리 제품은, 퓨전 상태 (가상 온도 (T_f) = 10¹¹ Poise 온도) 및 어닐링 상태 (가상 온도 = 10^{13.8} Poise 온도) 모두에서 다른 알칼리 알루미늄실리케이트 유리 제품보다 실질적으로 더 높은 표면 압축 응력을 나타낸다. 표 6은, 여기에 기재된 이온 교환된 유리의 두 개의 실시 예 (실시 예 34 및 40) 및 69 mol% SiO₂, 10 mol% Al₂O₃, 15 mol% Na₂O, 0.01 mol%, 5.5 mol% MgO, 및 0.2 mol% SnO₂의 명목상 조성물을 갖는 비교 예에 대해 1 mm 두께의 유리에 대한 표면 압축 응력을 상쇄하기 위해 요구된 굽힘 반경, 압축 응력 CS, 압축 층의 깊이를 열거한다. 비교 예는 Matthew John Dejneka 등의, 2012년 6월 26일자에 출원된, 발명의 명칭이 "Ion Exchangeable Glass with High Compressive Stress"인 미국 특허출원 제13/533,298호에 기재되어 있다. 모든 샘플은 이온-교환 전에 30분 동안 어닐링점 온도 (10^{13.18} P과 동일한 점도에서 온도)에서 열처리된다. 샘플은 용융 KNO₃ 염 욕조에서 410℃로 45분 동안 이온 교환된다.

[0081] 표 6에서 알 수 있는 바와 같이, 비교 예는 이온 교환되어 1118의 압축 응력을 달성하는 반면, 본 개시에 기재된 유리는, 동일한 조건하에서 이온 교환되어 1203 MPa 및 1192 MPa의 압축 응력을 달성한다. 더 높은 표면 압축 응력을 갖는 유리의 경우, 강도 (strength)는, 주어진 흠 크기에 대해 더 높을 것이고, 및 표면 흠은 여전히 더 타이트한 굽힘 반경 (tighter bend radius)에서 압축하에 있으며, 따라서 작은 흠의 피로 (fatigue) (준임계 균열 성장 (subcritical crack growth))를 방지한다.

[0082] 압축하에 작은 표면 흠이 파손으로 확장될 수 없으므로, 초-고 탄성계수를 갖는 유리에서 예외로 발생할 수 있을지라도, 더 높은 표면 압축 응력을 갖는 유리는, 일반적으로 굽힘 현상으로 인한 파손에 보다 강하다. 굽힘-유도 응력은 표면 흠을 장력에 놓이도록 표면 압축 응력을 극복해야 한다. 유리 플레이트를 구부리는 경우, 표면에서 굽힘 유도 인장 응력은, 하기 수확식에 의해 주어진다:

$$\sigma = \frac{E h 1}{1 - \nu^2 2 R}$$

[0083] 여기서, s는 유리의 외부 표면상에 인장 응력이고, E는 유리의 영률이며, ν 는 푸아송의 비이고, h는 유리의 두께이며, 및 R은 유리의 외부 표면에 대한 굽힘 반경이다. 상기 수확식은, 이온-교환 표면 응력을 0으로 감소시키는데 필요한 굽힘 반경을 결정하기 위해 재배열될 수 있다:

$$R = \frac{E h 1}{1 - \nu^2 2 \sigma_{IOX}}$$

[0084] 이온-교환 표면 응력을 극복하기 위해 더 작은 굽힘 반경을 요구하는 유리는, 표면 흠의 전파에 의한 굽힘 유도 파손에 대해 더 내성이 있다. 상기 비교 예 (E = 71.3, 푸아송의 비 = 0.205, IOX 표면 응력 = 1014MPa)의 유

리에 대한 R 값을 계산하면, 36.7mm의 굽힘 반경이 표면 응력을 0 MPa로 감소시킬 것으로 판단된다. 대조적으로, $T_f = 10^{11}$ P 온도를 갖는 전술된 유리의 표 1에 열거된 실시 예들은, 순 표면 응력을 0 MPa로 감소시키기 위해 36mm 미만의 굽힘 반경을 요구할 것이다.

표 6

유리 샘플의 이온 교환의 결과.

[0087]

	비교 예	실. 34	실. 40
CS (MPa)	1118	1203	1192
DOL (μ m)	12	11	10
밴드 반경 (mm)	33.3	32.6	33.1

[0088]

표 7은 여기에 기재된 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품의 대표적인 조성물을 열거한다. 표 8은 표 7에 열거된 실시 예에 대해 결정된 선택된 물리적 특성을 열거한다. 표 8에 열거된 물리적 특성은: 밀도; CTE; 변형점, 어닐링점 및 연화점; 액상선 온도; 액상선 점도; 열률; 굴절률, 및 응력 광학 계수를 포함한다.

표 7

알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품의 실시 예

[0089]

조성물 (mol%)	실. 58	실. 59	실. 60	실. 61	실. 62	실. 63	실. 64
Al ₂ O ₃	16.67	16.73	16.70	16.73	16.17	16.13	15.73
B ₂ O ₃							
Cs ₂ O				0.46			
Li ₂ O	7.46	7.41	7.30	7.42	7.45	7.54	7.45
Na ₂ O	8.75	8.28	7.77	7.85	8.30	7.76	8.77
P ₂ O ₅	3.46	3.95	3.94	3.92	3.45	3.94	3.38
SiO ₂	63.62	63.58	64.24	63.56	63.61	63.61	63.71
SnO ₂	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	
ZnO					0.98	0.97	0.96
R ₂ O	16.21	15.69	15.07	15.27	15.75	15.30	16.22
B ₂ O ₃ +P ₂ O ₅ +SiO ₂ +Al ₂ O ₃	83.74	84.26	84.88	84.22	83.23	83.68	82.82

조성물 (mol%)	실. 65	실. 66	실. 67
Al ₂ O ₃	15.65	16.68	16.66
B ₂ O ₃			
Cs ₂ O			
Li ₂ O	7.47	9.99	12.38
Na ₂ O	8.27	7.32	4.84
P ₂ O ₅	3.91	2.45	2.44
SiO ₂	63.67	63.50	63.63
SnO ₂	0.05	0.05	0.05
ZnO	0.98		
R ₂ O	15.74	17.31	17.22
B ₂ O ₃ +P ₂ O ₅ +SiO ₂ +Al ₂ O ₃	83.23	82.64	82.73

[0090]

표 8

[0091]

표 7에 열거된 유리의 선택된 물리적 특성.

	실. 58	실. 59	실. 60	실. 61	실. 62	실. 63	실. 64
Fulchers A	-3.933	-3.681	-3.994	-4.132	-4.049	-3.657	-4.147
Fulchers B	10000.7	9453.7	10199.7	10556.7	10414.5	9531.9	10785.5
Fulchers To	50.4	85.5	41.3	22.6	-0.8	50.1	-38.5
200 P 온도 (°C)	1655	1666	1662	1664	1639	1650	1634
35000 P 온도 (°C)	1230	1235	1236	1239	1211	1212	1202
200000 P 온도 (°C)	1133	1138	1139	1142	1113	1114	1103
밀도 (g/cm ³)	2.396	2.389	2.389	2.413	2.413	2.406	2.415
CTE 25-300°C (ppm/°C)	73.9	71.7	72.5	72.8	71.5	69	74.7
변형점 (°C)	606	605	604	605	587	589	578
어닐링점 (°C)	661	662	661	661	642	644	631
연화점 (°C)	926.4	931.7	930.3	935.1	908.6	912.3	898.4
액상선 온도 (°C)	1080	1095	1090	1095	1080	1100	1055
액상선 점도 (P)	602823	482764	539563	515222	386294	264159	520335
응력 광학 계수 (nm/mm/MPa)	30.04	30.43	30.43	30.4	30.51	3.083	30.34
589.3nm에서 굴절률	1.5016	1.5003	1.5003	1.5010	1.5037	1.5021	1.5035
영률 (GPa)	75.84	75.57	75.70	75.15	76.67	75.77	76.12

	실. 58	실. 59	실. 60
Fulchers A	-3.649	-3.231	-2.918
Fulchers B	9623.9	8275.1	7331.7
Fulchers To	33.9	126.8	188.3
200 P 온도 (°C)	1651	1623	1593
35000 P 온도 (°C)	1209	1191	1171
200000 P 온도 (°C)	1109	1097	1080
밀도 (g/cm ³)	2.408	2.401	2.394
CTE 25-300°C (ppm/°C)	71.7	74.5	70.4
변형점 (°C)	579	607	607
어닐링점 (°C)	633	656	656
연화점 (°C)	898.7	900.7	900
액상선 온도 (°C)	1090	1180	1265
액상선 점도 (P)	290856	42277	7788
응력 광학 계수 (nm/mm/MPa)	3.028	2.937	2.926
589.3nm에서 굴절률	1.5022	1.5071	1.5099
영률 (GPa)	75.84	78.60	79.91

[0092]

[0093]

실시 예 58-65는 (시트 형태 및 특정 두께를 갖는) 유리 제품으로 형성된 후 및 그 다음 특정 온도를 갖는 용융 염 욕조에 특정 기간 동안 침지시켜 화학적으로 강화된다. 표 9는 그 결과로 생긴 강화된 유리 제품의 각 유리 제품의 두께, 화학 강화 조건, 및 측정된 최대 CT 및 DOC 값을 나타낸다.

표 9

[0094]

선택된 강화 알칼리 알루미늄노실리케이트 유리 제품의 화학 강화 조건 및 그 결과로 생긴 속성.

	실. 58	실. 59	실. 60	실. 61
4시간 동안 390°C의 온도를 갖는 100% NaNO ₃ 의 용융염 욕조에서 침지				
두께 (mm)	1.07	1.11	1.11	1.05
최대 CT (MPa)	81	76	72	74
두께의 일부로서의 DOC	0.19	0.19	0.19	0.17
6시간 동안 390°C의 온도를 갖는 100% NaNO ₃ 의 용융염 욕조에서 침지				

두께 (mm)	1.08	1.1	1.12	1.04
최대 CT (MPa)	89	80	87	86
두께의 일부로서의 DOC	0.18	0.2	0.19	0.19
8시간 동안 390℃의 온도를 갖는 100% NaNO ₃ 의 용융염 욕조에서 침지				
두께 (mm)	1.07	1.1	1.11	1.03
최대 CT (MPa)	88	83	84	87
두께의 일부로서의 DOC	0.19	0.2	0.2	0.17
	실. 62	실. 63	실. 64	실. 65
4시간 동안 390℃의 온도를 갖는 100% NaNO ₃ 의 용융염 욕조에서 침지				
두께 (mm)	1.05	1.02	1.09	1.09
최대 CT (MPa)	81	82	77	73
두께의 일부로서의 DOC	0.17	0.16	0.17	0.18
6시간 동안 390℃의 온도를 갖는 100% NaNO ₃ 의 용융염 욕조에서 침지				
두께 (mm)	1.08	1.03	1.07	1.1
최대 CT (MPa)	81	82	85	85
두께의 일부로서의 DOC	0.2	0.2	0.19	0.2
8시간 동안 390℃의 온도를 갖는 100% NaNO ₃ 의 용융염 욕조에서 침지				
두께 (mm)	1.06	1.04	1.09	1.1
최대 CT (MPa)	84	87	84	83
두께의 일부로서의 DOC	0.18	0.18	0.2	0.19

[0095] 또 다른 관점에서, 여기에 기재된 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리를 포함하는 적층물은 또한 제공된다. 적층물의 개략적인 단면도는 도 2에 나타난다. 적층물 (200)은 (시트로서 제공될 수 있는) 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품 (200) 및 (시트로서 또한 제공될 수 있는) 제2 제품 (220)을 포함한다. 도 2에 나타난 바와 같이, 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품의 시트는, 투명 기판 (220)에 결합될 수 있다.

[0096] 하나 이상의 구체 예에서, 제2 제품 (220)은, 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 시트 (210)의 굴절률의 5% 이내에서 굴절률을 갖는다. 제2 제품 (220) 및 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 시트 (210)의 굴절률들을 근접하게 일치시켜, 적층물 (200)은 투명하고, 및 약한 헤이즈 (예를 들어, 표면에 대해 90°의 시야각에서 약 20% 미만, 또는 몇몇 구체 예에서, 10% 미만)를 나타낸다. 제2 제품 (220)은, 시트 (210)에 사용된 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리의 제2 시트를 포함할 수 있고, 및 시트 (210)의 두께 및/또는 조성물과 다른 두께 및/또는 조성물을 가질 수 있다. 몇몇 구체 예에서, 제2 제품 (220)은, 소다 라임 유리, 또는 보로실리케이트 유리의 시트를 포함한다. 선택적으로, 폴리카보네이트 또는 이와 유사한 것과 같은 플라스틱 물질은, 광학 품질에 대한 이미 전술된 기준을 충족하는 한, 제2 제품 (220)으로 역할을 할 수 있다.

[0097] 하나의 구체 예에서, 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 시트 (210)는, 결합 층 (215)에 의해 제2 제품 (220)에 결합된다. 상기 결합 층 (215)은, 또한 투명하고 및 이러한 목적에 적절한 것으로 기술분야에서 알려지고 및 원하는 광학 특성을 갖는, 접착제, 에폭시, 수지, 프릿 물질 또는 이와 유사한 것과 같은, 결합제 또는 물질을 포함할 수 있다. 하나의 구체 예에서, 결합 층 (215)은, 약한 헤이즈 및/또는 뒤틀림을 갖는 높은 광학 품질을 제공하기 위해, 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 시트 (210) 및 제2 제품 (220)의 굴절률의 5% 이내에서 굴절률을 갖는다. 선택적으로, 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 시트 (210) 및 제2 제품 (220)은, 융합의 형태로 서로 직접 결합될 수 있다. 하나의 이러한 구체 예에서, 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 시트 (210) 및 제2 제품 (220)은 2개의 퓨전 인발 시트의 표면이 서로 접촉하고, 따라서 함께 결합되어 적층물을 형성하도록 동시에 퓨전 인발될 수 있다.

[0098] 몇몇 구체 예에서, 여기에 기재된 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품 및 적층물은, 휴대폰 또는 스마트폰, 랩탑 컴퓨터, 테블릿, 또는 이와 유사한 것과 같은, 소비자 전자 제품의 일부를 형성한다. 소비자 전자 제품 (예를 들어, 스마트폰)의 개략도는 도 3 및 도 4에 나타난다. 소비자 전자 제품 (1000)은, 통상적으로 전면 (1040), 후면 (1060) 및 측면 (1080)을 갖는 하우징 (1020); 및 상기 하우징 (1020) 내부에 적어도 부분적으로 있는, 전기 부품 (도시되지 않음)을 포함한다. 상기 전기 부품은 적어도 전원, 컨트롤러, 메모리, 및 디스플레이 (1120)를 포함한다. 상기 디스플레이 (1120)는, 몇몇 구체 예에서, 하우징의 전면 (312)에 또는 인접하게 제공된다. 여기서 기재된 강화된 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품의 구체 예를 포함하는, 커버 유리 (100, 100a)는, 상기 하우징 (1020)의 전면 (1040)에 또는 걸쳐 제공되어, 커버 유리 (100, 100a)가 디스플레이 (1120) 위에 위치되고, 및 손상 또는 충격에 의해 유발된 손상으로부터 디스플레이 (1120)을 보호한다. 상기 커

버 유리 (100)은, 약 0.4 mm 내지 약 2.5 mm의 두께 및, 화학적으로 강화된 경우, 커버 유리 (100)의 표면에서 적어도 400 MPa의 최대 압축 응력을 갖는다. 몇몇 구체 예에서, 상기 커버 유리는, 적어도 1 mm의 두께를 갖고, 및 적어도 1050 MPa의 표면에 최대 압축 응력 및 약 25 μm 까지 층의 깊이를 갖는다. 다른 구체 예에서, 상기 커버 유리는, 적어도 1mm의 두께를 가지며, 및 적어도 약 930 MPa의 표면에 최대 압축 응력 및 적어도 약 40 μm 의 층의 깊이를 갖는다.

- [0099] 본 개시의 관점 (1)은: 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리의 표면으로부터 층의 깊이 (DOL)로 연장되는 압축 응력 층을 포함하는 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품에 관한 것으로: 상기 압축 응력 층은 상기 표면에서 적어도 400 MPa의 최대 압축 응력을 가지며, 여기서, 상기 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품은 적어도 약 58 mol% SiO₂, 약 0.5 mol% 내지 약 3 mol% P₂O₅, 적어도 약 11 mol% Al₂O₃, Na₂O 및 Li₂O를 포함하고, 여기서, Na₂O(mol%)에 대한 Li₂O(mol%)의 양 (Li₂O/Na₂O)의 비는, 1.0 미만이며, 및 여기서, 상기 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품은 B₂O₃가 없다.
- [0100] 본 개시의 관점 (2)는, 관점 (1)에 따른 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품에 있어서, 상기 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품은, 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품이 10¹¹ Poise의 점도를 갖는 온도와 같은 가상 온도 (T_f)를 포함한다.
- [0101] 본 개시의 관점 (3)은, 관점 (1) 또는 관점 (2)에 따른 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품에 있어서, 상기 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품은, 약 35 kPoise 미만의 지르콘 분해 온도를 포함한다.
- [0102] 본 개시의 관점 (4)는, 관점 (1) 내지 (3) 중 어느 하나에 따른 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품에 있어서, 상기 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품은 적어도 200 kPoise의 액상선 점도를 포함한다.
- [0103] 본 개시의 관점 (5)는, 관점 (1) 내지 (3) 중 어느 하나에 따른 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품에 있어서, 2 미만인, 비 R₂O(mol%)/Al₂O₃(mol%)를 포함하며, 여기서 R₂O = Li₂O + Na₂O이다.
- [0104] 본 개시의 관점 (6)은, 관점 (1) 내지 (5) 중 어느 하나에 따른 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품에 있어서, 상기 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품은, 65 mol% 초과 및 67 mol% 미만인 SiO₂ 및 P₂O₅의 양 (65 mol% < SiO₂(mol%) + P₂O₅(mol%) < 67 mol%)을 포함한다.
- [0105] 본 개시의 관점 (7)은, 관점 (1) 내지 (6) 중 어느 하나에 따른 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품에 있어서, 상기 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품은, 약 -3 mol%를 초과하는, 관계 R₂O(mol%) + R'O(mol%) - Al₂O₃(mol%) - P₂O₅(mol%)를 포함하며, 여기서, R₂O = 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품에 존재하는 Li₂O 및 Na₂O의 총량이고, 및 R'O는 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품에 존재하는 2가 금속 산화물의 총량이다.
- [0106] 본 개시의 관점 (8)은, 관점 (1) 내지 (7) 중 어느 하나에 따른 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품에 있어서, 상기 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품은, 약 58 mol% 내지 약 65 mol% SiO₂; 약 11 mol% 내지 약 20 mol% Al₂O₃; 약 6 mol% 내지 약 18 mol% Na₂O; 0 mol% 내지 약 6 mol% MgO; 및 0 mol% 내지 약 6 mol% ZnO를 포함한다.
- [0107] 본 개시의 관점 (9)는, 관점 (1) 내지 (8) 중 어느 하나에 따른 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품에 있어서, 상기 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품은, 약 0.5 mol% 내지 약 2.8 mol% 범위의 양으로 P₂O₅를 포함한다.
- [0108] 본 개시의 관점 (10)은, 관점 (1) 내지 (9) 중 어느 하나에 따른 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품에 있어서, 상기 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품은, 약 10mol%까지의 양으로 Li₂O를 포함한다.
- [0109] 본 개시의 관점 (11)은, 관점 (1) 내지 (10) 중 어느 하나에 따른 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품에 있어서, 상기 제품은 약 0.05mm 내지 약 1.5mm 범위의 두께를 포함한다.
- [0110] 본 개시의 관점 (12)는, 관점 (1) 내지 (11) 중 어느 하나에 따른 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품에 있어서, 상기 유리 제품은 적어도 1 mm의 두께를 포함하며, 및 여기서, 상기 최대 압축 응력은 표면에서 적어도 약 1050 MPa이다.

- [0111] 본 개시의 관점 (13)은, 관점 (1) 내지 (12) 중 어느 하나에 따른 알칼리 알루미늄실리케이트 유리 제품에 있어서, 상기 유리 제품은 적어도 1 mm의 두께를 포함하고, 및 여기서 상기 최대 압축 응력은 표면에서 적어도 약 930 MPa이다.
- [0112] 본 개시의 관점 (14)는, 관점 (1) 내지 (13) 중 어느 하나에 따른 알칼리 알루미늄실리케이트 유리 제품에 있어서, 상기 유리는, 화학적으로 강화된다.
- [0113] 본 개시의 관점 (15)는, 관점 (1) 내지 (14) 중 어느 하나에 따른 알칼리 알루미늄실리케이트 유리 제품에 있어서, 상기 제품은, 두께 및 DOL로부터 상기 두께의 0.5배와 같은 깊이로 연장되는 중심 영역을 포함하고, 및 여기서 상기 중심 영역은 K_2O 가 없다.
- [0114] 본 개시의 관점 (16)은, 관점 (1) 내지 (15) 중 어느 하나에 따른 알칼리 알루미늄실리케이트 유리 제품에 있어서, 상기 유리는 약 1mm의 두께에서 약 37mm 미만의 굽힘 반경을 갖는다.
- [0115] 본 개시의 관점 (17)은, 관점 (16)에 따른 알칼리 알루미늄실리케이트 유리 제품에 있어서, 상기 굽힘 반경은 약 35mm 미만이다.
- [0116] 본 개시의 관점 (18)은, 관점 (1) 내지 (17) 중 어느 하나에 따른 알칼리 알루미늄실리케이트 유리 제품에 있어서, 상기 알칼리 알루미늄실리케이트 유리는, 상기 층의 깊이로부터 유리 제품 내로 연장되는 인장 영역을 가지며, 여기서, 상기 인장 영역은, 약 20 MPa 미만 또는 약 40MPa 초과와 최대 인장 응력을 갖는다.
- [0117] 본 개시의 관점 (19)는, 관점 (1) 내지 (18) 중 어느 하나에 따른 알칼리 알루미늄실리케이트 유리 제품, 및 제 2 제품을 포함하는 적층물에 관한 것이다.
- [0118] 본 개시의 관점 (20)는, 하우징; 상기 하우징의 내부에 적어도 부분적으로 제공되고, 적어도 컨트롤러, 메모리, 및 디스플레이를 포함하며, 상기 디스플레이가 하우징의 전면에 또는 전면에 인접하게 제공되는, 전기 부품; 및 상기 하우징의 전면에 또는 전면에 위에 및 상기 디스플레이 위에 배치된 커버 제품을 포함하며, 상기 커버 제품은 관점 (1) 내지 (19) 중 어느 하나에 따른 알칼리 알루미늄실리케이트 유리 제품을 포함하는, 소비자 전자 장치에 관한 것이다.
- [0119] 본 개시의 관점 (21)은, 두께 t , 알칼리 알루미늄실리케이트 유리의 표면으로부터 층의 깊이 (DOL)로 연장되는 압축 응력 층, 및 최대 인장 응력을 포함하는 중심 영역을 포함하는 알칼리 알루미늄실리케이트 유리 제품에 관한 것으로, 여기서, 상기 중심 영역은 상기 DOL로부터 연장되고, 및 여기서, 상기 알칼리 알루미늄실리케이트 유리는 B_2O_3 가 없으며, 및 적어도 약 58 mol% SiO_2 , 약 0.5 mol% 내지 약 3 mol% P_2O_5 , 적어도 약 11 mol% Al_2O_3 , Na_2O 및, Li_2O 를 포함하고, 여기서, $Na_2O(mol\%)$ 에 대한 $Li_2O(mol\%)$ 의 양 (Li_2O/Na_2O)의 비는, 1.0 미만이며, 여기서, 상기 DOL은 $0.25*t$ 이하이고, 및 여기서, 상기 최대 인장 응력은 약 35 MPa 이상이다.
- [0120] 본 개시의 관점 (22)는, 관점 (21)에 따른 알칼리 알루미늄실리케이트 유리 제품에 있어서, 상기 유리 제품은, 상기 중심 영역에서 인장 응력 프로파일을 더욱 포함하고, 여기서, 상기 인장 응력 프로파일은 실질적으로 포물선이다.
- [0121] 본 개시의 관점 (23)은, 관점 (21) 내지 (22) 중 어느 하나에 따른 알칼리 알루미늄실리케이트 유리 제품에 있어서, 상기 알칼리 알루미늄실리케이트 유리 제품은, 알칼리 알루미늄실리케이트 유리 제품이 10^{11} Poise의 점도를 갖는 온도와 같은 가상 온도 (T_f)를 포함한다.
- [0122] 본 개시의 관점 (24)는, 관점 (21) 내지 (23) 중 어느 하나에 따른 알칼리 알루미늄실리케이트 유리 제품에 있어서, 상기 알칼리 알루미늄실리케이트 유리 제품은, 약 35 kPoise 미만의 지르콘 분해 온도를 포함한다.
- [0123] 본 개시의 관점 (25)는, 관점 (21) 내지 (24) 중 어느 하나에 따른 알칼리 알루미늄실리케이트 유리 제품에 있어서, 상기 알칼리 알루미늄실리케이트 유리 제품은, 적어도 200 kPoise의 액상선 점도를 포함한다.
- [0124] 본 개시의 관점 (26)은, 관점 (21) 내지 (25) 중 어느 하나에 따른 알칼리 알루미늄실리케이트 유리 제품에 있어서, 상기 알칼리 알루미늄실리케이트 유리 제품은, 2 미만인 비 $R_2O(mol\%)/Al_2O_3(mol\%)$ 를 포함하며, 여기서 $R_2O = Li_2O + Na_2O$ 이다.
- [0125] 본 개시의 관점 (27)은, 관점 (21) 내지 (26) 중 어느 하나에 따른 알칼리 알루미늄실리케이트 유리 제품에 있

어서, 상기 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품은, 65 mol% 초과 및 67 mol% 미만인 SiO₂ 및 P₂O₅의 총량 (65 mol% < SiO₂(mol%) + P₂O₅(mol%) < 67 mol%)을 포함한다.

[0126] 본 개시의 관점 (28)은, 관점 (21) 내지 (27) 중 어느 하나에 따른 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품에 있어서, 상기 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품은, 약 -3 mol%를 초과하는, 관계 R₂O(mol%) + R'O(mol%) - Al₂O₃(mol%) - P₂O₅(mol%)를 포함하며, 여기서, R₂O = 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품에 존재하는 Li₂O 및 Na₂O의 총량이고, 및 R'O는 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품에 존재하는 2가 금속 산화물의 총량이다.

[0127] 본 개시의 관점 (29)는, 관점 (21) 내지 (28) 중 어느 하나에 따른 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품에 있어서, 상기 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품은, 약 58 mol% 내지 약 65 mol% SiO₂; 약 11 mol% 내지 약 20 mol% Al₂O₃; 약 6 mol% 내지 약 18 mol% Na₂O; 0 mol% 내지 약 6 mol% MgO; 및 0 mol% 내지 약 6 mol% ZnO를 포함한다.

[0128] 본 개시의 관점 (30)은, 관점 (21) 내지 (29) 중 어느 하나에 따른 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품에 있어서, 상기 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품은, 약 0.5mol% 내지 약 2.8mol% 범위의 양으로 P₂O₅를 포함한다.

[0129] 본 개시의 관점 (31)은, 관점 (21) 내지 (30) 중 어느 하나에 따른 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품에 있어서, 상기 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품은 약 10mol%까지의 양으로 Li₂O를 포함한다.

[0130] 본 개시의 관점 (32)는, 관점 (21) 내지 (31) 중 어느 하나에 따른 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품에 있어서, 상기 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품은, K₂O가 없다.

[0131] 관점 (33)은, 전면, 배면 및 측면을 갖는 하우징; 상기 하우징 내부에 적어도 부분적으로 있는 전기 부품; 상기 하우징의 전면에 또는 전면에 인접한 디스플레이; 및 상기 디스플레이 위에 배치된 강화된 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품을 포함하는 장치로서, 여기서, 상기 강화된 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품은, 상기 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품의 표면으로부터 깊이 층의 깊이 (DOL)로 연장되는 압축 응력 층을 포함하며, 상기 압축 층은, 표면에서 적어도 400 MPa의 최대 압축 응력을 갖고, 여기서, 상기 알칼리 알루미늄오실리케이트 제품은, 적어도 약 58 mol% SiO₂, 약 0.5 mol% 내지 약 3 mol% P₂O₅, 적어도 약 11 mol% Al₂O₃, Na₂O 및 Li₂O를 포함하고, 여기서, Na₂O(mol%)에 대한 Li₂O(mol%)의 양 (Li₂O/Na₂O)의 비는, 1.0 미만이며, 및 여기서, 상기 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품은 B₂O₃가 없다.

[0132] 관점 (34)는, 관점 (33)의 장치에 있어서, 상기 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품은, 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품이 10¹¹ Poise의 점도를 갖는 온도와 같은 가상 온도 (T_f)를 포함한다.

[0133] 관점 (35)는, 관점 (33) 내지 (34) 중 어느 하나에 따른 장치에 있어서, 상기 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품은, 약 35 kPoise 미만의 지르콘 분해 온도를 포함한다.

[0134] 관점 (36)은, 관점 (33) 내지 (35) 중 어느 하나에 따른 장치에 있어서, 상기 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품은, 적어도 200 kPoise의 액상선 점도를 포함한다.

[0135] 관점 (37)는, 관점 (33) 내지 (36) 중 어느 하나에 따른 장치에 있어서, 상기 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품은, 2 미만인 비 R₂O(mol%)/Al₂O₃(mol%)를 포함하며, 여기서 R₂O = Li₂O + Na₂O이다.

[0136] 관점 (38)는, 관점 (33) 내지 (37) 중 어느 하나에 따른 장치에 있어서, 상기 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품은, 65 mol% 초과 및 67 mol% 미만인 SiO₂ 및 P₂O₅의 총량 (65 mol% < SiO₂(mol%) + P₂O₅(mol%) < 67 mol%)을 포함한다.

[0137] 관점 (39)는, 관점 (33) 내지 (38) 중 어느 하나에 따른 장치에 있어서, 상기 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품은, 약 -3 mol%를 초과하는, 관계 R₂O(mol%) + R'O(mol%) - Al₂O₃(mol%) - P₂O₅(mol%)를 포함하며, 여기서, R₂O = 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품에 존재하는 Li₂O 및 Na₂O의 총량이고, 및 R'O는 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품에 존재하는 2가 금속 산화물의 총량이다.

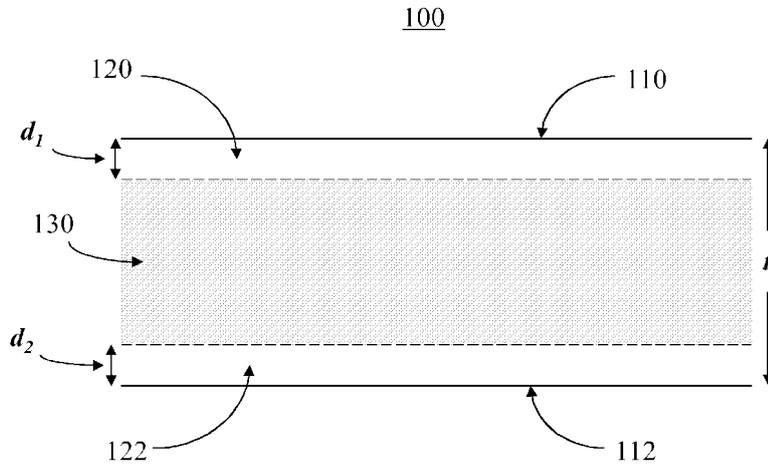
- [0138] 관점 (40)은, 관점 (33) 내지 (39) 중 어느 하나에 따른 장치에 있어서, 상기 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품은, 약 58 mol% 내지 약 65 mol% SiO₂; 약 11 mol% 내지 약 20 mol% Al₂O₃; 약 6 mol% 내지 약 18 mol% Na₂O; 0 mol% 내지 약 6 mol% MgO; 및 0 mol% 내지 약 6 mol% ZnO를 포함한다.
- [0139] 관점 (41)은, 관점 (33) 내지 (40) 중 어느 하나에 따른 장치에 있어서, 상기 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품은, 약 0.5mol% 내지 약 2.8mol% 범위의 양으로 P₂O₅를 포함한다.
- [0140] 관점 (42)는, 관점 (33) 내지 (41) 중 어느 하나에 따른 장치에 있어서, 상기 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품은, 약 10mol%까지의 양으로Li₂O를 포함한다.
- [0141] 관점 (43)은, 관점 (33) 내지 (42) 중 어느 하나에 따른 장치에 있어서, 상기 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리는, 약 0.05mm 내지 약 1.5mm의 범위의 두께를 갖는다.
- [0142] 관점 (44)는, 관점 (33) 내지 (43) 중 어느 하나에 따른 장치에 있어서, 상기 유리 제품은 적어도 1 mm의 두께를 더욱 포함하며, 여기서, 상기 최대 압축 응력은, 표면에서 적어도 약 1050 MPa이다.
- [0143] 관점 (45)는, 관점 (33) 내지 (44) 중 어느 하나에 따른 장치에 있어서, 상기 유리 제품은 적어도 1 mm의 두께를 더욱 포함하며, 여기서, 상기 최대 압축 응력은, 표면에서 적어도 약 930 MPa이다.
- [0144] 관점 (46)은, 관점 (33) 내지 (45) 중 어느 하나에 따른 장치에 있어서, 상기 층의 깊이는 적어도 40 μ m이다.
- [0145] 관점 (47)은, 관점 (33) 내지 (46) 중 어느 하나에 따른 장치에 있어서, 상기 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리는 화학적으로 강화된다.
- [0146] 관점 (48)은, 관점 (33) 내지 (47) 중 어느 하나에 따른 장치에 있어서, 상기 유리 제품은, 두께 및 DOL로부터 상기 두께의 0.5배와 같은 깊이로 연장되는 중심 영역을 더욱 포함하고, 및 여기서 상기 중심 영역은 K₂O가 없다.
- [0147] 관점 (49)은, 관점 (33) 내지 (48) 중 어느 하나에 따른 장치에 있어서, 상기 장치는, 휴대폰, 스마트폰, 태블릿, 비디오 플레이어, 정보 단말 (IT) 장치, 음악 플레이어, 및 랩탑 컴퓨터로 이루어진 군으로부터 선택된 이동 전자 통신 및 오락 장치를 포함한다.
- [0148] 관점 (50)은, 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품에 관한 것으로: 적어도 약 58 mol% SiO₂, 약 0.5 mol% 내지 약 3 mol% P₂O₅, 적어도 약 11 mol% Al₂O₃, Na₂O 및 Li₂O를 포함하고, 여기서, 상기 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품은 B₂O₃ 및 K₂O가 없으며, 및 여기서, Na₂O(mol%)에 대한 Li₂O(mol%)의 양 (Li₂O/Na₂O)의 비는, 1.0 미만이다.
- [0149] 관점 (51)은, 관점 (50)의 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품에 있어서, 상기 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품은, 약 0.5 mol% 내지 약 2.8 mol% 범위의 양으로 P₂O₅를 포함한다.
- [0150] 관점 (52)는, 관점 (50) 내지 (51) 중 어느 하나에 따른 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품에 있어서, 상기 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품은 약 10 mol%까지의 양으로 Li₂O를 포함한다.
- [0151] 관점 (53)는, 관점 (50) 내지 (52) 중 어느 하나에 따른 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품에 있어서, 상기 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품은, 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리가 10¹¹ Poise의 점도를 갖는 온도와 같은 가상 온도 (T_f)를 포함한다.
- [0152] 관점 (54)는, 관점 (50) 내지 (53) 중 어느 하나에 따른 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품에 있어서, 상기 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품은, 약 35 kPoise 미만의 지르콘 분해 온도를 포함한다.
- [0153] 관점 (55)는, 관점 (50) 내지 (54) 중 어느 하나에 따른 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품에 있어서, 상기 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품은 적어도 200 kPoise의 액상선 점도를 포함한다.
- [0154] 관점 (56)은, 관점 (50) 내지 (55) 중 어느 하나에 따른 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품에 있어서, 상기 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품은, 2 미만인 비 R₂O(mol%)/Al₂O₃(mol%)를 포함하며, 여기서 R₂O = Li₂O + Na₂O이다.

- [0155] 관점 (57)는, 관점 (50) 내지 (56) 중 어느 하나에 따른 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품에 있어서, 상기 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품은, 65 mol% 초과 및 67 mol% 미만인 SiO_2 및 P_2O_5 의 총량 ($65 \text{ mol\%} < \text{SiO}_2(\text{mol\%}) + \text{P}_2\text{O}_5(\text{mol\%}) < 67 \text{ mol\%}$)을 포함한다.
- [0156] 관점 (58)은, 관점 (50) 내지 (57) 중 어느 하나에 따른 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품에 있어서, 상기 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품은, 약 -3 mol%를 초과하는, 관계 $R_2O(\text{mol\%}) + R'O(\text{mol\%}) - \text{Al}_2\text{O}_3(\text{mol\%}) - \text{P}_2\text{O}_5(\text{mol\%})$ 를 포함하며, 여기서, R_2O = 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품에 존재하는 Li_2O 및 Na_2O 의 총량이고, 및 $R'O$ 는 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품에 존재하는 2가 금속 산화물의 총량이다.
- [0157] 관점 (59)은, 관점 (50) 내지 (58) 중 어느 하나에 따른 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품에 있어서, 상기 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품은, 약 58 mol% 내지 약 65 mol% SiO_2 ; 약 11 mol% 내지 약 20 mol% Al_2O_3 ; 약 6 mol% 내지 약 18 mol% Na_2O ; 0 mol% 내지 약 6 mol% MgO ; 및 0 mol% 내지 약 6 mol% ZnO 를 포함한다.
- [0158] 관점 (60)은, 관점 (50) 내지 (59) 중 어느 하나에 따른 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품, 및 제2 제품을 포함하는 적층물에 관한 것이다.
- [0159] 관점 (61)은, 전면, 배면 및 측면을 갖는 하우징; 상기 하우징 내부에 적어도 부분적으로 있는 전기 부품; 상기 하우징의 전면에 또는 전면에 인접한 디스플레이; 및 상기 디스플레이 위에 배치된, 관점 (50) 내지 (60) 중 어느 하나에 따른 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품을 포함하는, 장치에 관한 것이다.
- [0160] 관점 (62)는, 압축 응력 층을 갖는, 강화된 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리를 제조하는 방법으로서, 상기 방법은: 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품을 이온 교환시켜 상기 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품 내에 압축 응력 층을 발생시키는 단계를 포함하며, 여기서, 상기 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품은, B_2O_3 및 K_2O 가 없고, 및 적어도 약 58 mol% SiO_2 , 약 0.5 mol% 내지 약 3 mol% P_2O_5 , 적어도 약 11 mol% Al_2O_3 , Na_2O 및 Li_2O 를 포함하며, 여기서, $\text{Na}_2\text{O}(\text{mol\%})$ 에 대한 $\text{Li}_2\text{O}(\text{mol\%})$ 의 양 ($\text{Li}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$)의 비는, 1.0 미만이고, 여기서, 상기 압축 응력 층은 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리의 표면으로부터 층의 깊이로 연장되며, 및 여기서, 상기 압축 층은 상기 표면에서 적어도 약 400 MPa의 최대 압축 응력을 포함한다.
- [0161] 관점 (63)은 관점 (62)에 따른 방법에 있어서, 상기 최대 압축 응력은 적어도 800 MPa이다.
- [0162] 관점 (64)는, 관점 (62) 내지 (63) 중 어느 하나에 따른 방법에 있어서, 상기 층의 깊이는 적어도 약 40 μm 이다.
- [0163] 관점 (65)는, 관점 (62) 내지 (64) 중 어느 하나에 따른 방법에 있어서, 상기 최대 압축 응력은 적어도 1050 MPa이다.
- [0164] 관점 (66)는, 관점 (62) 내지 (65) 중 어느 하나에 따른 방법에 있어서, 상기 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리를 이온 교환하는 단계는, 상기 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리를 용융염 욕조에 침지시키는 단계를 포함한다.
- [0165] 관점 (67)은, 관점 (66)에 따른 방법에 있어서, 상기 용융염 욕조는 NaNO_3 를 포함한다.
- [0166] 관점 (68)는, 관점 (66)에 따른 방법에 있어서, 상기 용융염 욕조는 KNO_3 를 포함한다.
- [0167] 관점 (69)는, 관점 (66)에 따른 방법에 있어서, 상기 용융염 욕조는 NaNO_3 및 KNO_3 를 포함한다.
- [0168] 관점 (70)은, 관점 (62) 내지 (69) 중 어느 하나에 따른 방법에 있어서, 상기 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리 제품은, 약 0.05 mm 내지 약 1.5 mm의 범위에서 두께를 갖는다.
- [0169] 관점 (71)은, 관점 (62) 내지 (70) 중 어느 하나에 따른 방법에 있어서, 이온 교환된 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리를 기판에 결합시켜 적층 구조물을 형성하는 결합 단계를 더욱 포함한다.
- [0170] 관점 (72)은, 관점 (62) 내지 (70) 중 어느 하나에 따른 방법에 있어서, 이온 교환된 알칼리 알루미늄오실리케이트 유리를 전자 장치 하우징에 결합시키는 단계를 더욱 포함한다.
- [0171] 통상적인 구체 예가 예시의 목적을 위해 서술되었지만, 전술한 상세한 설명은, 본 개시 또는 첨부된 청구 범위의 범주를 제한으로 간주되지 않아야 한다. 따라서, 본 개시 또는 첨부된 청구 범위의 사상 및 범주를 벗어나지

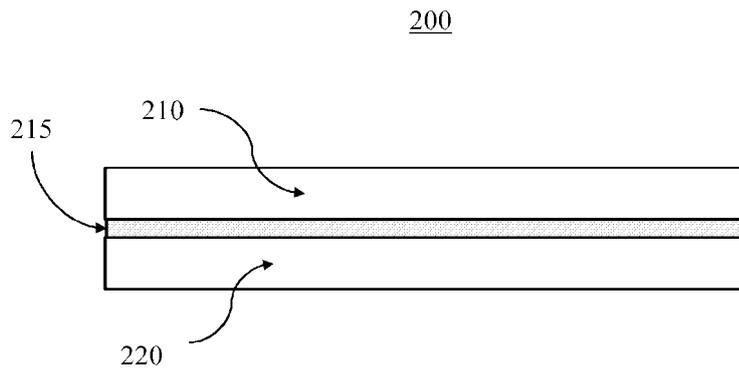
않고, 당업자에 의해 다양한 변경, 개조 및 대안은 일어날 수 있다.

도면

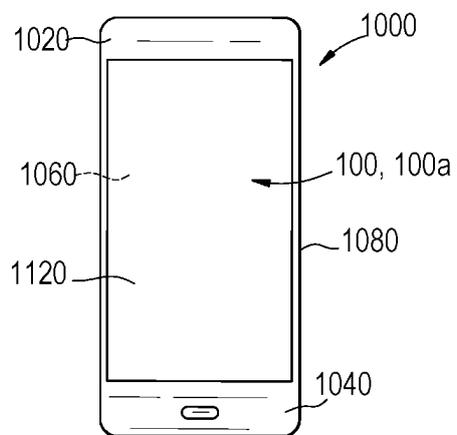
도면1



도면2



도면3



도면4

