



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0023102
(43) 공개일자 2024년02월20일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C03C 10/00 (2006.01) C03B 32/02 (2006.01)
C03C 21/00 (2006.01) C03C 3/085 (2006.01)
C03C 3/087 (2006.01) C03C 3/093 (2006.01)
C03C 3/097 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
C03C 10/0027 (2013.01)
C03B 32/02 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2024-7000589
- (22) 출원일자(국제) 2022년06월16일
심사청구일자 없음
- (85) 번역문제출일자 2024년01월05일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2022/033704
- (87) 국제공개번호 WO 2022/266274
국제공개일자 2022년12월22일
- (30) 우선권주장
63/212,145 2021년06월18일 미국(US)

- (71) 출원인
코닝 인코포레이티드
미국 뉴욕 (우편번호 14831) 코닝 원 리버프론트 플라자
- (72) 발명자
빌, 조지, 할시
미국, 뉴욕 14814, 빅 플랫폼, 우드랜드 드라이브 16
푸, 귀양
미국, 뉴욕 14870, 페인티드 포스트, 타라 플레이스 7
(뒷면에 계속)
- (74) 대리인
청운특허법인

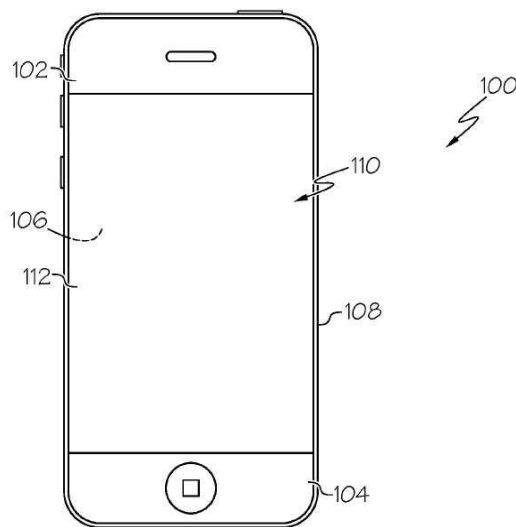
전체 청구항 수 : 총 59 항

(54) 발명의 명칭 전구체 유리 및 이로부터 형성된 개선된 기계적 내구성을 갖는 투명 유리-세라믹 물품

(57) 요약

유리-세라믹 물품은 60 mol% 이상 72 mol% 이하의 SiO₂; 2.5 mol% 이상 8 mol% 이하의 Al₂O₃; 17 mol% 이상 26 mol% 이하의 Li₂O; 0.2 mol% 이상 4 mol% 이하의 ZrO₂; 및 0.5 mol% 이상 2 mol% 이하의 P₂O₅를 포함한다. 유리-세라믹 물품 내 알칼리 토 산화물 및 전이 금속 산화물의 함은 0.1 mol% 이상 6 mol% 이하일 수 있으며, 여기서 알칼리 토 산화물은 CaO, MgO, SrO, 및 BaO의 함이고 전이 금속 산화물은 La₂O₃, Y₂O₃, Ta₂O₅, 및 GeO₂의 함이다. 유리-세라믹 물품 내의 P₂O₅ 및 ZrO₂의 함은 1 mol% 이상 6 mol% 이하일 수 있다. 유리-세라믹 물품은 리튬 디실리케이트 및 페탈라이트를 포함하는 결정상을 포함할 수 있다. 리튬 디실리케이트 및 페탈라이트의 총량은 결정상의 총 중량을 기초로 50 wt% 초과일 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

C03C 21/002 (2013.01)

C03C 3/085 (2013.01)

C03C 3/087 (2013.01)

C03C 3/093 (2013.01)

C03C 3/097 (2013.01)

C03C 2203/52 (2013.01)

C03C 2204/00 (2013.01)

(72) 발명자

스미스, 샤를렌, 마리

미국, 뉴욕 14830, 코닝, 와타우가 에비뉴 222

휘티에르, 알라나, 마리

미국, 뉴욕 14870, 페인티드 포스트, 엘름우드 레인 5

명세서

청구범위

청구항 1

유리-세라믹 물품으로서:

60 mol% 이상 72 mol% 이하의 SiO_2 ;

2.5 mol% 이상 8 mol% 이하의 Al_2O_3 ;

17 mol% 이상 26 mol% 이하의 Li_2O ;

0.2 mol% 이상 4 mol% 이하의 ZrO_2 ; 및

0.5 mol% 이상 2 mol% 이하의 P_2O_5 를 포함하며, 여기서:

알칼리 토 산화물 + 전이 금속 산화물은 0.1 mol% 이상 6 mol% 이하이고, 여기서 알칼리 토 산화물은 CaO , MgO , SrO , 및 BaO 의 합이고 전이 금속 산화물은 La_2O_3 , Y_2O_3 , Ta_2O_5 , 및 GeO_2 의 합이며;

$\text{P}_2\text{O}_5 + \text{ZrO}_2$ 는 1 mol% 이상 6 mol% 이하이고;

$(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3)/(\text{P}_2\text{O}_5 + \text{ZrO}_2)$ 는 12 mol% 이상 34 mol% 이하이며; 및

상기 유리-세라믹 물품은 리튬 디실리케이트 및 페탈라이트를 포함하는 결정상을 포함하며, 여기서 리튬 디실리케이트 및 페탈라이트의 총량은 결정상의 총 중량을 기초로 50 wt% 초과인, 유리-세라믹 물품.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 유리-세라믹 물품은 0.5 mol% 이상 4 mol% 이하의 ZrO_2 를 포함하는, 유리-세라믹 물품.

청구항 3

청구항 1 또는 2에 있어서,

알칼리 토 산화물 + 전이 금속 산화물은 0.1 mol% 이상 5 mol% 이하인, 유리-세라믹 물품.

청구항 4

청구항 1 내지 3 중 어느 한 항에 있어서,

$\text{P}_2\text{O}_5 + \text{ZrO}_2$ 는 2 mol% 이상 5 mol% 이하인, 유리-세라믹 물품.

청구항 5

청구항 1 내지 4 중 어느 한 항에 있어서,

$(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3)/(\text{P}_2\text{O}_5 + \text{ZrO}_2)$ 는 14 mol% 이상 32 mol% 이하인, 유리-세라믹 물품.

청구항 6

청구항 1 내지 5 중 어느 한 항에 있어서,

Li_2O 대 Al_2O_3 의 몰비는 2 이상 12 이하인, 유리-세라믹 물품.

청구항 7

청구항 6에 있어서,

Li_2O 대 Al_2O_3 의 몰비는 4 이상 10 이하인, 유리-세라믹 물품.

청구항 8

청구항 1 내지 7 중 어느 한 항에 있어서,

Li_2O 대 SiO_2 의 몰비는 0.25 이상 0.5 이하인, 유리-세라믹 물품.

청구항 9

청구항 8에 있어서,

Li_2O 대 SiO_2 의 몰비는 0.25 이상 0.4 이하인, 유리-세라믹 물품.

청구항 10

청구항 1 내지 9 중 어느 한 항에 있어서,

상기 유리-세라믹 물품은 2.5 mol% 이상 6 mol% 이하의 Al_2O_3 를 포함하는, 유리-세라믹 물품.

청구항 11

청구항 1 내지 10 중 어느 한 항에 있어서,

상기 유리-세라믹 물품은 18 mol% 이상 24 mol% 이하의 Li_2O 를 포함하는, 유리-세라믹 물품.

청구항 12

청구항 1 내지 11 중 어느 한 항에 있어서,

상기 유리-세라믹 물품은 0.7 mol% 이상 1.75 mol% 이하의 P_2O_5 를 포함하는, 유리-세라믹 물품.

청구항 13

청구항 1 내지 12 중 어느 한 항에 있어서,

R_2O 는 17 mol% 이상 30 mol% 이하이며, R_2O 는 Li_2O , Na_2O , 및 K_2O 의 합인, 유리-세라믹 물품.

청구항 14

청구항 1 내지 13 중 어느 한 항에 있어서,

상기 유리-세라믹 물품은:

0 mol% 이상 6 mol% 이하의 Na_2O ; 및

0 mol% 이상 6 mol% 이하의 K_2O 를 포함하는, 유리-세라믹 물품.

청구항 15

청구항 1 내지 14 중 어느 한 항에 있어서,

상기 유리-세라믹 물품은:

0 mol% 이상 8 mol% 이하의 CaO ;

0 mol% 이상 8 mol% 이하의 MgO ;

0 mol% 이상 8 mol% 이하의 SrO ; 및

0 mol% 이상 8 mol% 이하의 BaO 를 포함하는, 유리-세라믹 물품.

청구항 16

청구항 1 내지 15 중 어느 한 항에 있어서,
 상기 유리-세라믹 물품은:
 0 mol% 이상 4 mol% 이하의 La_2O_3 ;
 0 mol% 이상 6 mol% 이하의 Y_2O_3 ;
 0 mol% 이상 3 mol% 이하의 Ta_2O_5 ; 및
 0 mol% 이상 2 mol% 이하의 GeO_2 를 포함하는, 유리-세라믹 물품.

청구항 17

청구항 1 내지 16 중 어느 한 항에 있어서,
 상기 유리-세라믹 물품은 0 mol% 이상 8 mol% 이하의 B_2O_3 를 포함하는, 유리-세라믹 물품.

청구항 18

청구항 1 내지 17 중 어느 한 항에 있어서,
 상기 유리-세라믹 물품은 0 mol% 이상 10 mol% 이하의 ZnO 를 포함하는, 유리-세라믹 물품.

청구항 19

청구항 1 내지 18 중 어느 한 항에 있어서,
 결정상의 리튬 디실리케이트 및 페달라이트의 결정립(grain)은 10 nm 이상 100 nm 이하의 결정립 크기를 포함하는, 유리-세라믹 물품.

청구항 20

청구항 1 내지 19 중 어느 한 항에 있어서,
 유리-세라믹 물품의 결정상은 리튬 메타실리케이트, β -석영, 크리스토팔라이트, 또는 이들의 조합을 더욱 포함하는, 유리-세라믹 물품.

청구항 21

청구항 1 내지 20 중 어느 한 항에 있어서,
 유리-세라믹 물품의 평균 투과율은 0.8 mm의 물품 두께에서 측정되었을 때 400 nm 내지 800 nm의 파장 범위에 걸쳐 50% 이상 95% 이하인, 유리-세라믹 물품.

청구항 22

청구항 1 내지 21 중 어느 한 항에 있어서,
 셰브론 노치 숏 바 방법(chvron notched short bar method)에 의해 측정되었을 때 유리-세라믹 물품의 K_{Ic} 파괴 인성은 $1.0 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 이상인, 유리-세라믹 물품.

청구항 23

청구항 1 내지 22 중 어느 한 항에 있어서,
 유리-세라믹 물품의 탄성 계수는 90 GPa 이상인, 유리-세라믹 물품.

청구항 24

청구항 1 내지 23 중 어느 한 항에 있어서,

유리-세라믹 물품은 이온 교환된 유리-세라믹 물품을 형성하기 위해 2시간 이상 24시간 이하의 시간 주기 동안 350 °C 이상 500 °C 이하의 온도에서 이온 교환 욕 내에서 화학적으로 강화되는, 유리-세라믹 물품.

청구항 25

청구항 24에 있어서,
이온 교환 욕은 KNO₃를 포함하는, 유리-세라믹 물품.

청구항 26

청구항 25에 있어서,
이온 교환 욕은 NaNO₃를 더욱 포함하는, 유리-세라믹 물품.

청구항 27

청구항 24 내지 26 중 어느 한 항에 있어서,
유리-세라믹 물품은 30 MPa 이상의 최대 중심 장력을 갖는, 유리-세라믹 물품.

청구항 28

청구항 24 내지 27 중 어느 한 항에 있어서,
유리-세라믹 물품은 80 MPa 이상의 표면 압축 응력을 갖는, 유리-세라믹 물품.

청구항 29

청구항 24 내지 28 중 어느 한 항에 있어서,
유리-세라믹 물품은 0.025t 이상의 압축의 깊이를 갖는, 유리-세라믹 물품.

청구항 30

청구항 24 내지 29 중 어느 한 항에 있어서,
유리-세라믹 물품은 0.025t 이상 0.28t 이하의 나트륨 이온 침투의 깊이를 갖는, 유리-세라믹 물품.

청구항 31

청구항 24 내지 30 중 어느 한 항에 있어서,
유리-세라믹 물품은 0t 이상 0.01t 이하의 칼륨 이온 침투의 깊이를 갖는, 유리-세라믹 물품.

청구항 32

유리 조성물로서:
60 mol% 이상 72 mol% 이하의 SiO₂;
2.5 mol% 이상 8 mol% 이하의 Al₂O₃;
17 mol% 이상 26 mol% 이하의 Li₂O;
1.5 mol% 이상 4 mol% 이하의 ZrO₂; 및
0.5 mol% 이상 2 mol% 이하의 P₂O₅를 포함하고, 여기서:
알칼리 토 산화물 + 전이 금속 산화물은 0.1 mol% 이상 6 mol% 이하이며, 여기서 알칼리 토 산화물은 CaO, MgO, SrO, 및 BaO의 합이고 전이 금속 산화물은 La₂O₃, Y₂O₃, Ta₂O₅, 및 GeO₂의 합이며; 및
P₂O₅ + ZrO₂는 1 mol% 이상 6 mol% 이하인, 유리 조성물.

청구항 33

청구항 32에 있어서,
알칼리 토 산화물 + 전이 금속 산화물은 0.1 mol% 이상 5 mol% 이하인, 유리 조성물.

청구항 34

청구항 32 또는 33에 있어서,
 $P_2O_5 + ZrO_2$ 는 2 mol% 이상 5 mol% 이하인, 유리 조성물.

청구항 35

청구항 32 내지 34 중 어느 한 항에 있어서,
 Li_2O 대 Al_2O_3 의 몰비는 2 이상 12 이하인, 유리 조성물.

청구항 36

청구항 35에 있어서,
 Li_2O 대 Al_2O_3 의 몰비는 4 이상 10 이하인, 유리 조성물.

청구항 37

청구항 32 내지 36 중 어느 한 항에 있어서,
 Li_2O 대 SiO_2 의 몰비는 0.25 이상 0.5 이하인, 유리 조성물.

청구항 38

청구항 37에 있어서,
 Li_2O 대 SiO_2 의 몰비는 0.25 이상 0.4 이하인, 유리 조성물.

청구항 39

청구항 32 내지 38 중 어느 한 항에 있어서,
유리 조성물은 2.5 mol% 이상 6 mol% 이하의 Al_2O_3 를 포함하는, 유리 조성물.

청구항 40

청구항 32 내지 39 중 어느 한 항에 있어서,
유리 조성물은 18 mol% 이상 24 mol% 이하의 Li_2O 를 포함하는, 유리 조성물.

청구항 41

청구항 32 내지 40 중 어느 한 항에 있어서,
유리 조성물은 0.7 mol% 이상 1.75 mol% 이하의 P_2O_5 를 포함하는, 유리 조성물.

청구항 42

청구항 32 내지 41 중 어느 한 항에 있어서,
 R_2O 는 17 mol% 이상 30 mol% 이하이며 R_2O 는 Li_2O , Na_2O , 및 K_2O 의 합인, 유리 조성물.

청구항 43

청구항 32 내지 42 중 어느 한 항에 있어서,

유리 조성물은:

- 0 mol% 이상 8 mol% 이하의 CaO;
- 0 mol% 이상 8 mol% 이하의 MgO;
- 0 mol% 이상 8 mol% 이하의 SrO; 및
- 0 mol% 이상 8 mol% 이하의 BaO를 포함하는, 유리 조성물.

청구항 44

청구항 32 내지 43 중 어느 한 항에 있어서,

유리 조성물은:

- 0 mol% 이상 4 mol% 이하의 La₂O₃;
- 0 mol% 이상 6 mol% 이하의 Y₂O₃;
- 0 mol% 이상 3 mol% 이하의 Ta₂O₅; 및
- 0 mol% 이상 2 mol% 이하의 GeO₂를 포함하는, 유리 조성물.

청구항 45

청구항 32 내지 44 중 어느 한 항에 있어서,

유리 조성물은 0 mol% 이상 8 mol% 이하의 B₂O₃를 포함하는, 유리 조성물.

청구항 46

청구항 32 내지 45 중 어느 한 항에 있어서,

유리 조성물은 0 mol% 이상 10 mol% 이하의 ZnO를 포함하는, 유리 조성물.

청구항 47

유리-세라믹 물품을 형성하는 방법으로서, 상기 방법은:

전구체 유리 물품을 핵 형성 온도까지 1 °C/분 이상 10 °C/분 이하의 속도로 오븐에서 가열하는 단계, 상기 전구체 유리 물품은 다음을 포함하는 전구체 유리 조성물을 포함하며:

- 60 mol% 이상 72 mol% 이하의 SiO₂;
- 2.5 mol% 이상 8 mol% 이하의 Al₂O₃;
- 17 mol% 이상 26 mol% 이하의 Li₂O;
- 0.5 mol% 이상 4 mol% 이하의 ZrO₂; 및
- 0.5 mol% 이상 2 mol% 이하의 P₂O₅, 여기서:

알칼리 토 산화물 + 전이 금속 산화물은 0.1 mol% 이상 6 mol% 이하이고, 여기서 알칼리 토 산화물은 CaO, MgO, SrO, 및 BaO의 합이고 전이 금속 산화물은 La₂O₃, Y₂O₃, Ta₂O₅, 및 GeO₂의 합이며;

P₂O₅ + ZrO₂는 1 mol% 이상 6 mol% 이하이고; 및

(SiO₂ + Al₂O₃)/(P₂O₅ + ZrO₂)는 12 mol% 이상 34 mol% 이하이며;

핵 형성된 결정화 가능한 유리 물품을 생성하기 위해 상기 전구체 유리 물품을 0.1시간 이상 8시간 이하의 시간 동안 오븐에서 핵 형성 온도로 유지하는 단계;

상기 핵 형성된 결정화 가능한 유리 물품을 오븐에서 1 °C/분 이상 10 °C/분 이하의 속도로 결정화 온도로 가열하는 단계;

유리-세라믹 물품을 생성하기 위해 상기 핵 형성된 결정화 가능한 유리 물품을 0.1시간 이상 8시간 이하의 시간 동안 오븐에서 결정화 온도로 유지하는 단계, 여기서 상기 유리-세라믹 물품은 리튬 디실리케이트 및 페달라이트를 포함하는 결정상을 포함하며, 여기서 리튬 디실리케이트 및 페달라이트의 총량은 결정상의 총 중량을 기초로 50 wt% 초과이고; 및

상기 유리-세라믹 물품을 실온으로 냉각하는 단계를 포함하는, 유리-세라믹 물품을 형성하는 방법.

청구항 48

청구항 47에 있어서,

유리-세라믹 물품의 평균 투과율은 0.8 mm의 물품 두께에서 측정되었을 때 400 nm 내지 800 nm의 파장 범위에 걸쳐 50% 이상 95% 이하인, 유리-세라믹 물품을 형성하는 방법.

청구항 49

청구항 47 또는 48에 있어서,

셰브론 노치 숏 바 방법에 의해 측정되었을 때 유리-세라믹 물품의 K_{Ic} 파괴 인성은 $1.0 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 이상인, 유리-세라믹 물품을 형성하는 방법.

청구항 50

청구항 47 내지 49 중 어느 한 항에 있어서,

유리-세라믹 물품의 탄성 계수는 90 GPa 이상인, 유리-세라믹 물품을 형성하는 방법.

청구항 51

청구항 47 내지 50 중 어느 한 항에 있어서,

상기 방법은 이온 교환된 유리-세라믹 물품을 형성하기 위해 유리-세라믹 물품을 이온 교환 욕에서 2시간 이상 12시간 이하의 시간 주기 동안 350 °C 이상 500 °C 이하의 온도에서 강화하는 단계를 더욱 포함하는, 유리-세라믹 물품을 형성하는 방법.

청구항 52

청구항 51에 있어서,

이온 교환 욕은 KNO_3 를 포함하는, 유리-세라믹 물품을 형성하는 방법.

청구항 53

청구항 52에 있어서,

이온 교환 욕은 NaNO_3 를 포함하는, 유리-세라믹 물품을 형성하는 방법.

청구항 54

청구항 51 내지 53 중 어느 한 항에 있어서,

유리-세라믹 물품은 30 MPa 이상의 최대 중심 장력을 갖는, 유리-세라믹 물품을 형성하는 방법.

청구항 55

청구항 51 내지 54 중 어느 한 항에 있어서,

유리-세라믹 물품은 80 MPa 이상의 표면 압축 응력을 갖는, 유리-세라믹 물품을 형성하는 방법.

청구항 56

청구항 51 내지 55 중 어느 한 항에 있어서,
유리-세라믹 물품은 0.025t 이상의 압축의 깊이를 갖는, 유리-세라믹 물품을 형성하는 방법.

청구항 57

청구항 51 내지 56 중 어느 한 항에 있어서,
유리-세라믹 물품은 0.025t 이상 0.28t 이하의 나트륨 이온 침투의 깊이를 갖는, 유리-세라믹 물품을 형성하는 방법.

청구항 58

청구항 51 내지 57 중 어느 한 항에 있어서,
유리-세라믹 물품은 0t 이상 0.01t 이하의 칼륨 이온 침투의 깊이를 갖는, 유리-세라믹 물품을 형성하는 방법.

청구항 59

소비자 전자 장치로서:
전면, 후면 및 측면을 갖는 하우징;
적어도 부분적으로 상기 하우징 내에 제공되는 전자 부품, 상기 전자 부품은 적어도 컨트롤러, 메모리, 및 디스플레이를 포함하고, 상기 디스플레이는 하우징의 전면 또는 이에 인접하게 있으며; 및
상기 디스플레이 위에 배치되거나 상기 하우징의 일부를 형성하는 것 중 적어도 하나인 청구항 1의 유리-세라믹 물품을 포함하는, 소비자 전자 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 출원은 내용이 본원에 의존되고 전체가 참조로서 본원에 포함된, 2021년 6월 18일 출원된 미국 가출원 번호 제 63/212,145 호의 35 U.S.C. § 119 하의 우선권의 이익을 주장한다.

[0002] 분야

[0003] 본 명세서는 전구체 유리 조성물 및 유리-세라믹 물품, 특히 전구체 유리 조성물 및 이로부터 형성된 이온 교환 가능한 유리-세라믹 물품에 관한 것이다.

배경 기술

[0004] 커버 유리, 유리 백플레인(backplane), 하우징 등과 같은 유리 물품은 스마트폰, 태블릿, 휴대용 미디어 플레이어, 개인용 컴퓨터 및 카메라와 같은 소비자 및 상업용 전자 장치 모두에서 사용된다. 이러한 휴대용 장치의 모바일 특성은 장치 및 이에 포함된 유리 물품이 특히 바닥과 같은 단단한 표면에 대한 우연한 낙하에 취약하도록 만든다. 또한, 커버 유리와 같은 유리 물품은 유리 물품이 사용자의 손가락 및/또는 스타일러스 장치를 포함한 다양한 물체에 의해 접촉되는 것을 필요로 하는 "터치" 기능을 포함할 수 있다. 따라서, 유리 물품은 스크래치와 같은 손상 없이 우연한 낙하 및 정기적인 접촉을 견딜 만큼 충분히 견고해야 한다. 실제로, 유리 물품의 표면에 도입된 스크래치는 스크래치가 유리의 치명적인 파손을 초래하는 크랙의 개시점 역할을 할 수 있기 때문에 유리 물품의 강도를 감소시킬 수 있다.

[0005] 또한, 유리 물품의 투과율과 같은 유리 물품의 광학 특성은 유리 물품이 휴대용 전자 장치 내의 커버 유리로서 포함되는 경우에 중요하게 고려될 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 따라서, 유리에 비해 개선된 기계적 특성을 가지면서 유리와 유사한 광학 특성을 갖는 대안적인 물질에 대한 요

구가 있다.

과제의 해결 수단

- [0007] 제1 관점(A1)에 따르면, 유리-세라믹 물품은: 60 mol% 이상 72 mol% 이하의 SiO_2 ; 2.5 mol% 이상 8 mol% 이하의 Al_2O_3 ; 17 mol% 이상 26 mol% 이하의 Li_2O ; 0.2 mol% 이상 4 mol% 이하의 ZrO_2 ; 및 0.5 mol% 이상 2 mol% 이하의 P_2O_5 를 포함하며, 여기서: 알칼리 토 산화물 + 전이 금속 산화물은 0.1 mol% 이상 6 mol% 이하이고, 여기서 알칼리 토 산화물은 CaO , MgO , SrO , 및 BaO 의 합이고 전이 금속 산화물은 La_2O_3 , Y_2O_3 , Ta_2O_5 , 및 GeO_2 의 합이며; $\text{P}_2\text{O}_5 + \text{ZrO}_2$ 는 1 mol% 이상 6 mol% 이하이고; $(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3)/(\text{P}_2\text{O}_5 + \text{ZrO}_2)$ 는 12 mol% 이상 34 mol% 이하이며; 및 상기 유리-세라믹 물품은 리튬 디실리케이트 및 페달라이트를 포함하는 결정상을 포함하며, 여기서 리튬 디실리케이트 및 페달라이트의 총량은 결정상의 총 중량을 기초로 50 wt% 초과이다.
- [0008] 제2 관점(A2)은 제1 관점(A1)에 따른 유리-세라믹 물품을 포함하며, 여기서 상기 유리-세라믹 물품은 0.5 mol% 이상 4 mol% 이하의 ZrO_2 를 포함한다.
- [0009] 제3 관점(A3)은 제1 관점(A1) 또는 제2 관점(A2)에 따른 유리-세라믹 물품을 포함하며, 여기서 알칼리 토 산화물 + 전이 금속 산화물은 0.1 mol% 이상 5 mol% 이하이다.
- [0010] 제4 관점(A4)은 제1 내지 제3 관점(A1-A3) 중 어느 하나에 따른 유리-세라믹 물품을 포함하며, 여기서 $\text{P}_2\text{O}_5 + \text{ZrO}_2$ 는 2 mol% 이상 5 mol% 이하이다.
- [0011] 제5 관점(A5)은 제1 내지 제4 관점(A1-A4) 중 어느 하나에 따른 유리-세라믹 물품을 포함하며, 여기서 $(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3)/(\text{P}_2\text{O}_5 + \text{ZrO}_2)$ 는 14 mol% 이상 32 mol% 이하이다.
- [0012] 제6 관점(A6)은 제1 내지 제5 관점(A1-A5) 중 어느 하나에 따른 유리-세라믹 물품을 포함하며, 여기서 Li_2O 대 Al_2O_3 의 몰비는 2 이상 12 이하이다.
- [0013] 제7 관점(A7)은 제6 관점(A6)에 따른 유리-세라믹 물품을 포함하며, 여기서 Li_2O 대 Al_2O_3 의 몰비는 4 이상 10 이하이다.
- [0014] 제8 관점(A8)은 제1 내지 제7 관점(A1-A7) 중 어느 하나에 따른 유리-세라믹 물품을 포함하며, 여기서 Li_2O 대 SiO_2 의 몰비는 0.25 이상 0.5 이하이다.
- [0015] 제9 관점(A9)은 제8 관점(A8)에 따른 유리-세라믹 물품을 포함하며, 여기서 Li_2O 대 SiO_2 의 몰비는 0.25 이상 0.4 이하이다.
- [0016] 제10 관점(A10)은 제1 내지 제9 관점(A1-A9)에 따른 유리-세라믹 물품을 포함하며, 여기서 상기 유리-세라믹 물품은 2.5 mol% 이상 6 mol% 이하의 Al_2O_3 를 포함한다.
- [0017] 제11 관점(A11)은 제1 내지 제10 관점(A1-A10)에 따른 유리-세라믹 물품을 포함하며, 여기서 상기 유리-세라믹 물품은 18 mol% 이상 24 mol% 이하의 Li_2O 를 포함한다.
- [0018] 제12 관점(A12)은 제1 내지 제11 관점(A1-A11)에 따른 유리-세라믹 물품을 포함하며, 여기서 상기 유리-세라믹 물품은 0.7 mol% 이상 1.75 mol% 이하의 P_2O_5 를 포함한다.
- [0019] 제13 관점(A13)은 제1 내지 제12 관점(A1-A12)에 따른 유리-세라믹 물품을 포함하며, 여기서 R_2O 는 17 mol% 이상 30 mol% 이하이며, R_2O 는 Li_2O , Na_2O , 및 K_2O 의 합이다.
- [0020] 제14 관점(A14)은 제1 내지 제13 관점(A1-A13)에 따른 유리-세라믹 물품을 포함하며, 여기서 상기 유리-세라믹 물품은: 0 mol% 이상 6 mol% 이하의 Na_2O ; 및 0 mol% 이상 6 mol% 이하의 K_2O 를 포함한다.
- [0021] 제15 관점(A15)은 제1 내지 제14 관점(A1-A14)에 따른 유리-세라믹 물품을 포함하며, 여기서 상기 유리-세라믹 물품은: 0 mol% 이상 8 mol% 이하의 CaO ; 0 mol% 이상 8 mol% 이하의 MgO ; 0 mol% 이상 8 mol% 이하의 SrO ; 및

0 mol% 이상 8 mol% 이하의 BaO를 포함한다.

- [0022] 제16 관점(A16)은 제1 내지 제15 관점(A1-A15)에 따른 유리-세라믹 물품을 포함하며, 여기서 상기 유리-세라믹 물품은: 0 mol% 이상 4 mol% 이하의 La_2O_3 ; 0 mol% 이상 6 mol% 이하의 Y_2O_3 ; 0 mol% 이상 3 mol% 이하의 Ta_2O_5 ; 및 0 mol% 이상 2 mol% 이하의 GeO_2 를 포함한다.
- [0023] 제17 관점(A17)은 제1 내지 제16 관점(A1-A16)에 따른 유리-세라믹 물품을 포함하며, 여기서 상기 유리-세라믹 물품은 0 mol% 이상 8 mol% 이하의 B_2O_3 를 포함한다.
- [0024] 제18 관점(A18)은 제1 내지 제17 관점(A1-A17)에 따른 유리-세라믹 물품을 포함하며, 여기서 상기 유리-세라믹 물품은 0 mol% 이상 10 mol% 이하의 ZnO를 포함한다.
- [0025] 제19 관점(A19)은 제1 내지 제18 관점(A1-A18)에 따른 유리-세라믹 물품을 포함하며, 여기서 결정상의 리튬 디실리케이트 및 페달라이트의 결정립(grain)은 10 nm 이상 100 nm 이하의 결정립 크기를 포함한다.
- [0026] 제20 관점(A20)은 제1 내지 제19 관점(A1-A19)에 따른 유리-세라믹 물품을 포함하며, 여기서 유리-세라믹 물품의 결정상은 리튬 메타실리케이트, β -석영, 크리스토팔라이트, 또는 이들의 조합을 더욱 포함한다.
- [0027] 제21 관점(A21)은 제1 내지 제20 관점(A1-A20)에 따른 유리-세라믹 물품을 포함하며, 여기서 유리-세라믹 물품의 평균 투과율은 0.8 mm의 물품 두께에서 측정되었을 때 400 nm 내지 800 nm의 파장 범위에 걸쳐 50% 이상 95% 이하이다.
- [0028] 제22 관점(A22)은 제1 내지 제21 관점(A1-A21)에 따른 유리-세라믹 물품을 포함하며, 여기서 쉘브론 노치 숏 바 방법(chvron notched short bar method)에 의해 측정되었을 때 유리-세라믹 물품의 K_{Ic} 파괴 인성은 $1.0 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 이상이다.
- [0029] 제23 관점(A23)은 제1 내지 제22 관점(A1-A22)에 따른 유리-세라믹 물품을 포함하며, 여기서 유리-세라믹 물품의 탄성 계수는 90 GPa 이상이다.
- [0030] 제24 관점(A24)은 제1 내지 제23 관점(A1-A23)에 따른 유리-세라믹 물품을 포함하며, 여기서 유리-세라믹 물품은 이온 교환된 유리-세라믹 물품을 형성하기 위해 2시간 이상 24시간 이하의 시간 주기 동안 350 °C 이상 500 °C 이하의 온도에서 이온 교환 욕 내에서 화학적으로 강화된다.
- [0031] 제25 관점(A25)은 제24 관점(A24)에 따른 유리-세라믹 물품을 포함하며, 여기서 이온 교환 욕은 KNO_3 를 포함한다.
- [0032] 제26 관점(A26)은 제25 관점(A25)에 따른 유리-세라믹 물품을 포함하며, 여기서 이온 교환 욕은 NaNO_3 를 더욱 포함한다.
- [0033] 제27 관점(A27)은 제24 내지 제26 관점(A24-A26)에 따른 유리-세라믹 물품을 포함하며, 여기서 유리-세라믹 물품은 30 MPa 이상의 최대 중심 장력을 갖는다.
- [0034] 제28 관점(A28)은 제24 내지 제27 관점(A24-A27)에 따른 유리-세라믹 물품을 포함하며, 여기서 유리-세라믹 물품은 80 MPa 이상의 표면 압축 응력을 갖는다.
- [0035] 제29 관점(A29)은 제24 내지 제28 관점(A24-A28)에 따른 유리-세라믹 물품을 포함하며, 여기서 유리-세라믹 물품은 0.025t 이상의 압축의 깊이를 갖는다.
- [0036] 제30 관점(A30)은 제24 내지 제29 관점(A24-A29)에 따른 유리-세라믹 물품을 포함하며, 여기서 유리-세라믹 물품은 0.025t 이상 0.28t 이하의 나트륨 이온 침투의 깊이를 갖는다.
- [0037] 제31 관점(A31)은 제24 내지 제30 관점(A24-A30)에 따른 유리-세라믹 물품을 포함하며, 여기서 유리-세라믹 물품은 0t 이상 0.01t 이하의 칼륨 이온 침투의 깊이를 갖는다.
- [0038] 제32 관점(A32)에 따르면, 유리 조성물은: 60 mol% 이상 72 mol% 이하의 SiO_2 ; 2.5 mol% 이상 8 mol% 이하의 Al_2O_3 ; 17 mol% 이상 26 mol% 이하의 Li_2O ; 1.5 mol% 이상 4 mol% 이하의 ZrO_2 ; 및 0.5 mol% 이상 2 mol% 이하의 P_2O_5 를 포함하고, 여기서: 알칼리 토 산화물 + 전이 금속 산화물은 0.1 mol% 이상 6 mol% 이하이며, 여기서 알칼리 토 산화물은 CaO, MgO, SrO, 및 BaO의 합이고 전이 금속 산화물은 La_2O_3 , Y_2O_3 , Ta_2O_5 , 및 GeO_2 의 합이며;

및 $P_2O_5 + ZrO_2$ 는 1 mol% 이상 6 mol% 이하이다.

- [0039] 제33 관점(A33)은 제32 관점(A32)에 따른 유리 조성물을 포함하며, $P_2O_5 + ZrO_2$ 는 1 mol% 이상 6 mol% 이하이다.
- [0040] 제34 관점(A34)은 제32 관점(A32) 또는 제33 관점(A33)에 따른 유리 조성물을 포함하며, 여기서 $P_2O_5 + ZrO_2$ 는 2 mol% 이상 5 mol% 이하이다.
- [0041] 제35 관점(A35)은 제32 내지 제34 관점(A32-34) 중 어느 하나에 따른 유리 조성물을 포함하며, 여기서 Li_2O 대 Al_2O_3 의 몰비는 2 이상 12 이하이다.
- [0042] 제36 관점(A36)은 제35 관점(A35)에 따른 유리 조성물을 포함하며, 여기서 Li_2O 대 Al_2O_3 의 몰비는 4 이상 10 이하이다.
- [0043] 제37 관점(A37)은 제32 내지 제36 관점(A32-36) 중 어느 하나에 따른 유리 조성물을 포함하며, 여기서 Li_2O 대 SiO_2 의 몰비는 0.25 이상 0.5 이하이다.
- [0044] 제38 관점(A38)은 제37 관점(A37)에 따른 유리 조성물을 포함하며, 여기서 Li_2O 대 SiO_2 의 몰비는 0.25 이상 0.4 이하이다.
- [0045] 제39 관점(A39)은 제32 내지 제38 관점(A32-38) 중 어느 하나에 따른 유리 조성물을 포함하며, 여기서 유리 조성물은 2.5 mol% 이상 6 mol% 이하의 Al_2O_3 를 포함한다.
- [0046] 제40 관점(A40)은 제32 내지 제39 관점(A32-39) 중 어느 하나에 따른 유리 조성물을 포함하며, 여기서 유리 조성물은 18 mol% 이상 24 mol% 이하의 Li_2O 를 포함한다.
- [0047] 제41 관점(A41)은 제32 내지 제40 관점(A32-40) 중 어느 하나에 따른 유리 조성물을 포함하며, 여기서 유리 조성물은 0.7 mol% 이상 1.75 mol% 이하의 P_2O_5 를 포함한다.
- [0048] 제42 관점(A42)은 제32 내지 제41 관점(A32-41) 중 어느 하나에 따른 유리 조성물을 포함하며, 여기서 R_2O 는 17 mol% 이상 30 mol% 이하이며 R_2O 는 Li_2O , Na_2O , 및 K_2O 의 합이다.
- [0049] 제43 관점(A43)은 제32 내지 제42 관점(A32-42) 중 어느 하나에 따른 유리 조성물을 포함하며, 여기서 유리 조성물은: 0 mol% 이상 8 mol% 이하의 CaO ; 0 mol% 이상 8 mol% 이하의 MgO ; 0 mol% 이상 8 mol% 이하의 SrO ; 및 0 mol% 이상 8 mol% 이하의 BaO 를 포함한다.
- [0050] 제44 관점(A44)은 제32 내지 제43 관점(A32-43) 중 어느 하나에 따른 유리 조성물을 포함하며, 여기서 유리 조성물은: 0 mol% 이상 4 mol% 이하의 La_2O_3 ; 0 mol% 이상 6 mol% 이하의 Y_2O_3 ; 0 mol% 이상 3 mol% 이하의 Ta_2O_5 ; 및 0 mol% 이상 2 mol% 이하의 GeO_2 를 포함한다.
- [0051] 제45 관점(A45)은 제32 내지 제44 관점(A32-44) 중 어느 하나에 따른 유리 조성물을 포함하며, 여기서 유리 조성물은 0 mol% 이상 8 mol% 이하의 B_2O_3 를 포함한다.
- [0052] 제46 관점(A46)은 제32 내지 제45 관점(A32-45) 중 어느 하나에 따른 유리 조성물을 포함하며, 여기서 유리 조성물은 0 mol% 이상 10 mol% 이하의 ZnO 를 포함한다.
- [0053] 제47 관점(A47)에 따르면, 유리-세라믹 물품을 형성하는 방법은: 전구체 유리 물품을 핵 형성 온도까지 1 °C/분 이상 10 °C/분 이하의 속도로 오븐에서 가열하는 단계, 상기 전구체 유리 물품은 다음을 포함하는 전구체 유리 조성물을 포함하며: 60 mol% 이상 72 mol% 이하의 SiO_2 ; 2.5 mol% 이상 8 mol% 이하의 Al_2O_3 ; 17 mol% 이상 26 mol% 이하의 Li_2O ; 0.5 mol% 이상 4 mol% 이하의 ZrO_2 ; 및 0.5 mol% 이상 2 mol% 이하의 P_2O_5 , 여기서: 알칼리 토 산화물 + 전이 금속 산화물은 0.1 mol% 이상 6 mol% 이하이고, 여기서 알칼리 토 산화물은 CaO , MgO , SrO , 및 BaO 의 합이고 전이 금속 산화물은 La_2O_3 , Y_2O_3 , Ta_2O_5 , 및 GeO_2 의 합이며; $P_2O_5 + ZrO_2$ 는 1 mol% 이상 6 mol% 이하이고; 및 $(SiO_2 + Al_2O_3)/(P_2O_5 + ZrO_2)$ 는 12 mol% 이상 34 mol% 이하이며; 핵 형성된 결정화 가능한 유리 물품을 생성하기 위해 상기 전구체 유리 물품을 0.1시간 이상 8시간 이하의 시간 동안 오븐에서 핵 형성 온도로

유지하는 단계; 상기 핵 형성된 결정화 가능한 유리 물품을 오븐에서 1 °C/분 이상 10 °C/분 이하의 속도로 결정화 온도로 가열하는 단계; 유리-세라믹 물품을 생성하기 위해 상기 핵 형성된 결정화 가능한 유리 물품을 0.1 시간 이상 8시간 이하의 시간 동안 오븐에서 결정화 온도로 유지하는 단계, 여기서 상기 유리-세라믹 물품은 리튬 디실리케이트 및 페달라이트를 포함하는 결정상을 포함하며, 여기서 리튬 디실리케이트 및 페달라이트의 총량은 결정상의 총 중량을 기초로 50 wt% 초과이고; 및 상기 유리-세라믹 물품을 실온으로 냉각하는 단계를 포함한다.

- [0054] 제48 관점(A48)은 제47 관점(A47)에 따른 유리-세라믹 물품을 형성하는 방법을 포함하고, 여기서 유리-세라믹 물품의 평균 투과율은 0.8 mm의 물품 두께에서 측정되었을 때 400 nm 내지 800 nm의 파장 범위에 걸쳐 50% 이상 95% 이하이다.
- [0055] 제49 관점(A49)은 제47 관점(A47) 또는 제48 관점(A48)에 따른 유리-세라믹 물품을 형성하는 방법을 포함하고, 여기서 웨브론 노치 숏 바 방법에 의해 측정되었을 때 유리-세라믹 물품의 K_{Ic} 파괴 인성은 $1.0 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 이상이다.
- [0056] 제50 관점(A50)은 제47 내지 제49 관점(A47-49) 중 어느 하나에 따른 유리-세라믹 물품을 형성하는 방법을 포함하고, 여기서 유리-세라믹 물품의 탄성 계수는 90 GPa 이상이다.
- [0057] 제51 관점(A51)은 제47 내지 제50 관점(A47-50) 중 어느 하나에 따른 유리-세라믹 물품을 형성하는 방법을 포함하고, 여기서 상기 방법은 이온 교환된 유리-세라믹 물품을 형성하기 위해 유리-세라믹 물품을 이온 교환 욕에서 2시간 이상 12시간 이하의 시간 주기 동안 350 °C 이상 500 °C 이하의 온도에서 강화하는 단계를 더욱 포함한다.
- [0058] 제52 관점(A52)은 제51 관점(A51)에 따른 유리-세라믹 물품을 형성하는 방법을 포함하고, 여기서 이온 교환 욕은 KNO_3 를 포함한다.
- [0059] 제53 관점(A53)은 제52 관점(A52)에 따른 유리-세라믹 물품을 형성하는 방법을 포함하고, 여기서 이온 교환 욕은 NaNO_3 를 포함한다.
- [0060] 제54 관점(A54)은 제51 내지 제53 관점(A51-53) 중 어느 하나에 따른 유리-세라믹 물품을 형성하는 방법을 포함하고, 여기서 유리-세라믹 물품은 30 MPa 이상의 최대 중심 장력을 갖는다.
- [0061] 제55 관점(A55)은 제51 내지 제54 관점(A51-54) 중 어느 하나에 따른 유리-세라믹 물품을 형성하는 방법을 포함하고, 여기서 유리-세라믹 물품은 80 MPa 이상의 표면 압축 응력을 갖는다.
- [0062] 제56 관점(A56)은 제51 내지 제55 관점(A51-55) 중 어느 하나에 따른 유리-세라믹 물품을 형성하는 방법을 포함하고, 여기서 유리-세라믹 물품은 0.025t 이상의 압축의 깊이를 갖는다.
- [0063] 제57 관점(A57)은 제51 내지 제56 관점(A51-56) 중 어느 하나에 따른 유리-세라믹 물품을 형성하는 방법을 포함하고, 여기서 유리-세라믹 물품은 0.025t 이상 0.28t 이하의 나트륨 이온 침투의 깊이를 갖는다.
- [0064] 제58 관점(A58)은 제51 내지 제57 관점(A51-57) 중 어느 하나에 따른 유리-세라믹 물품을 형성하는 방법을 포함하고, 여기서 유리-세라믹 물품은 0t 이상 0.01t 이하의 칼륨 이온 침투의 깊이를 갖는다.
- [0065] 제59 관점(A59)에 따르면, 소비자 전자 장치는: 전면, 후면 및 측면을 갖는 하우징; 적어도 부분적으로 상기 하우징 내에 제공되는 전자 부품, 상기 전자 부품은 적어도 컨트롤러, 메모리, 및 디스플레이를 포함하고, 상기 디스플레이는 하우징의 전면 또는 이에 인접하게 있으며; 및 상기 디스플레이 위에 배치되거나 상기 하우징의 일부를 형성하는 것 중 적어도 하나인 제1 관점(A1)의 유리-세라믹 물품을 포함한다.
- [0066] 본원에 기재된 유리-세라믹 물품의 추가적인 특징 및 장점은 다음의 상세한 설명에 기재될 것이며, 부분적으로는 본 기술 분야의 기술자에게 해당 설명으로부터 쉽게 명백해지거나 다음의 상세한 설명, 청구범위 및 첨부된 도면을 포함하여 본원에 기재된 구현예를 실시함으로써 인식될 것이다.
- [0067] 기술한 일반적인 설명 및 다음의 상세한 설명은 모두 다양한 구현예를 설명하고 청구된 주제의 성격과 특징을 이해하기 위한 개요 또는 프레임워크를 제공하도록 의도된 것으로 이해되어야 한다. 첨부된 도면은 다양한 구현예의 추가 이해를 제공하기 위해 포함되었으며, 본 명세서에 통합되어 본 명세서의 일부를 구성한다. 도면은 본원에 기재된 다양한 구현예를 예시하고, 설명과 함께 청구된 주제의 원리 및 동작을 설명하는 역할을 한다.

도면의 간단한 설명

- [0068] 도 1은 본원에 기재된 일 이상의 구현예에 따른 임의의 유리-세라믹 물품을 포함하는 전자 장치의 평면도이고; 도 2는 도 1의 전자 장치의 사시도이며; 도 3은 비교예 유리 조성물로부터 제조된 비교예 유리-세라믹 물품 및 본원에 기재된 일 이상의 구현예에 따른 전구체 유리 조성물로부터 제조된 실시예 유리-세라믹 물품의 중심 장력의 플롯(x-축: 이온 교환 시간; y-축: 중심 장력)이고; 도 4는 비교예 유리 조성물로부터 제조된 비교예 유리-세라믹 물품 및 본원에 기재된 일 이상의 구현예에 따른 전구체 유리 조성물로부터 제조된 실시예 유리-세라믹 물품의 중심 장력의 플롯(x-축: 이온 교환 시간; y-축: 중심 장력)이며; 및 도 5는 비교예 유리 조성물로부터 제조된 비교예 유리-세라믹 물품 및 본원에 기재된 일 이상의 구현예에 따른 전구체 유리 조성물로부터 제조된 실시예 유리-세라믹 물품의 중심 장력의 플롯(x-축: 이온 교환 시간; y-축: 중심 장력)이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0069] 이제 전구체 유리 조성물 및 이로부터 형성된 개선된 기계적 내구성을 갖는 유리-세라믹 물품의 다양한 구현예를 자세히 참조할 것이다. 구현예에 따르면, 유리-세라믹 물품은 60 mol% 이상 72 mol% 이하의 SiO₂; 2.5 mol% 이상 8 mol% 이하의 Al₂O₃; 17 mol% 이상 26 mol% 이하의 Li₂O; 0.2 mol% 이상 4 mol% 이하의 ZrO₂; 및 0.5 mol% 이상 2 mol% 이하의 P₂O₅를 포함한다. 유리-세라믹 물품 내의 알칼리 토 산화물 및 전이 금속 산화물의 합은 0.1 mol% 이상 6 mol% 이하일 수 있고, 여기서 알칼리 토 산화물은 CaO, MgO, SrO, 및 BaO의 합이고 전이 금속 산화물은 La₂O₃, Y₂O₃, Ta₂O₅, 및 GeO₂의 합이다. 유리-세라믹 물품 내의 P₂O₅ 및 ZrO₂의 합은 1 mol% 이상 6 mol% 이하일 수 있다. 유리-세라믹 물품은 리튬 디실리케이트 및 페달라이트를 포함하는 결정상을 포함할 수 있다. 유리-세라믹 물품 내의 리튬 디실리케이트 및 페달라이트의 총량은 결정상의 총 중량을 기초로 50 wt% 초과일 수 있다. 전구체 유리 조성물 및 이로부터 이온 교환 가능한 유리-세라믹 물품을 형성하는 방법의 다양한 구현예는 첨부된 도면을 구체적으로 참조하여 본원에 참조될 것이다.
- [0070] 범위는 "약" 하나의 특정 값으로부터, 및/또는 "약" 또 다른 특정 값까지로 본원에 표현될 수 있다. 이러한 범위가 표현되는 경우, 또 다른 구현예는 하나의 특정 값으로부터 및/또는 다른 특정 값까지를 포함한다. 유사하게, 값이 접두사 "약"의 사용에 의해 근사로 표현되는 경우, 특정 값이 또 다른 구현예를 형성한다는 점이 이해될 것이다. 각 범위의 끝점은 다른 끝점과의 관계에서, 및 다른 끝점과 독립적으로 모두 중요하다는 점이 더욱 이해될 것이다.
- [0071] 본원에 사용된 방향 용어 - 예를 들어, 위, 아래, 오른쪽, 왼쪽, 앞, 뒤, 탑(top), 버텀(bottom) - 는 도시된 바와 같은 도면을 참조하여서만 이루어지며, 절대적인 방향을 암시하는 의도가 아니다.
- [0072] 달리 명시적으로 언급되지 않는 한, 본원에 설명된 임의의 방법은 그 단계가 특정 순서로 수행되거나 장치의 특정 방향이 요구되는 것을 요구하는 것으로 해석되지 않는다. 따라서, 방법 청구항이 그 단계에 따라야 할 순서를 실제로 기재하지 않거나, 장치 청구항이 개별 구성요소에 대한 순서나 방향을 실제로 인용하지 않거나, 또는 청구범위나 설명에 달리 구체적으로 언급되지 않거나, 또는 단계가 특정 순서로 제한되거나 장치의 구성 요소에 대한 특정 순서 또는 방향이 언급되지 않은 경우, 어떤 관점에서든 순서나 방향을 추론할 의도가 없다. 이는 단계의 배열, 작업 흐름, 구성 요소의 순서 또는 구성 요소의 방향과 관련된 논리의 문제(matters of logic); 문법적 구성 또는 구두점에서 파생된 단순한 의미, 및; 명세서에 설명된 구현예의 수 또는 유형을 포함하는 해석의 임의의 가능한 비-표현적 근거에 적용된다.
- [0073] 본원에 사용된 바와 같이, 단수형 "하나의(a, an)" 및 "상기"는 문맥 상 달리 명시되지 않는 한 복수형을 포함한다. 따라서, 예를 들어, "하나의" 구성 요소에 대한 언급은 문맥 상 명확하게 달리 지시하지 않는 한 2 이상의 이러한 구성 성분을 갖는 관점을 포함한다.
- [0074] 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품에서 특정 구성 성분의 농도 및/또는 부재를 설명하기 위해 사용되는 경우의 용어 "실질적으로 없는"은 구성 성분이 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품에 의도적으로 첨가되지 않음을 의미한다. 그러나, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품은 0.1 mol%

미만의 양으로 오염 물질 또는 트랩프(tramp)로서 미량의 구성 성분을 함유할 수 있다.

- [0075] 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품에서 특정 구성 성분의 농도 및/또는 부재를 설명하기 위해 사용되는 경우의 용어 "0 mol%" 및 "없는"은 구성 성분이 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품에 존재하지 않음을 의미한다.
- [0076] 본원에 기재된 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품의 구현예에서, 구성 성분(예를 들어, SiO₂, Al₂O₃ 등)의 농도는 달리 특정되지 않는 한 산화물 기준의 몰 퍼센트(mol%)로 특정된다.
- [0077] 본원에 사용된 용어 "파괴 인성(K_{IC})"은 유리 조성물의 파괴에 저항하는 능력을 나타낸다. 파괴 인성은 유리 물품의 이온 교환(IOX) 처리 전에 K_{IC} 값을 측정하는 것과 같이 비-강화된 유리 물품 상에서 측정되며, 이에 의해 IOX 이전 유리 기판의 특징을 나타낸다. 본원에 기재된 파괴 인성 테스트 방법은 IOX 처리에 노출된 유리에 대하여는 적합하지 않다. 그러나, IOX 처리 이전의 동일한 유리(예를 들어, 유리 기판)에 대해 본원에 기재된 바와 같이 수행된 파괴 인성 측정은 IOX 처리 후의 파괴 인성과 상호 관련이 있으며, 따라서 이와 같이 사용된다. K_{IC} 값을 측정하는데 이용되는 웨브론 노치 숏 바(CNSB) 방법은 Y*_m가 Bubsey, R.T. 등의, "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 식 5를 사용하여 계산된 점을 제외하고는 Reddy, K.P.R. 등의, "Fracture Toughness Measurement of Glass and Ceramic Materials Using Chevron-Notched Specimens," J. Am. Ceram. Soc., 71 [6], C-310-C-313 (1988)에 개시된다. K_{IC} 값을 측정하는데 이용되는 이중 뒤틀림 방법 및 고정구는 Shyam, A. 및 Lara-Curzio, E.의, "The double-torsion testing technique for determination of fracture toughness and slow crack growth of materials: A review," J. Mater. Sci., 41, pp. 4093-4104, (2006)에 기재된다. 이중 뒤틀림 측정 방법은 일반적으로 웨브론 노치 바 방법보다 약간 높은 K_{IC} 값을 생성한다. 달리 특정되지 않는 한, 모든 파괴 인성 값은 웨브론 노치 숏 바(CNSB) 방법에 의해 측정되었다.
- [0078] 투과율 데이터(총 투과율 및 확산 투과율)는 PerkinElmer Inc. (Waltham, Massachusetts USA)에 의해 제조된 Lambda 950 UV/Vis Spectrophotometer로 측정되었다. Lambda 950 장치는 150 mm 적분구로 장착되었다. 데이터는 개방 빔 기준선 및 Spectralon[®] 기준 반사율 디스크를 사용하여 수집되었다. 총 투과율(Total Tx)의 경우, 샘플은 적분구 진입점에 고정된다. 확산 투과율(Diffuse Tx)의 경우, 구 출구 포트 위의 Spectralon[®] 기준 반사율 디스크는 측-상의 광이 구를 빠져나가 광 트랩으로 들어가도록 제거된다. 광 트랩의 효율성을 결정하기 위해 샘플 없이 확산 부분의 제로 오프셋 측정이 이루어진다. 확산 투과율 측정을 수정하기 위해, 제로 오프셋 기여도는 다음의 식을 사용하여 샘플 측정에서 빠진다: Diffuse Tx = Diffuse_{Measured} - (Zero Offset * (Total Tx/100)). 산란 비율은 모든 파장에 대해 다음과 같이 측정된다: (%Diffuse Tx / %Total Tx).
- [0079] 본원에 사용된 용어 "평균 투과율"은 정수로 표시된 각각의 파장을 동일하게 가중하여 주어진 파장 범위 내에서 수행된 투과율 측정의 평균을 지칭한다. 본원에 사용된 구현예에서, "평균 투과율"은 400 nm 내지 800 nm의 파장 범위(끝점 포함)에 걸쳐 보고된다.
- [0080] 본원에 기재된 전구체 유리 조성물로 형성된 유리-세라믹 물품을 설명하는데 사용되는 경우의 용어 "투명"은 유리-세라믹 물품이 0.8 mm의 물품 두께에서 400 nm 내지 800 nm의 파장 범위(끝점 포함)의 광에 대해 수직 입사에서 측정될 때 85% 이상의 평균 투과율을 갖는 것을 의미한다.
- [0081] 본원에 기재된 전구체 유리 조성물로 형성된 유리-세라믹 물품을 설명하는데 사용되는 경우의 용어 "투명 헤이즈"는 유리-세라믹 물품이 0.8 mm의 물품 두께에서 400 nm 내지 800 nm의 파장 범위(끝점 포함)의 광에 대해 수직 입사에서 측정될 때 50% 이상 85% 미만의 평균 투과율을 갖는 것을 의미한다.
- [0082] 본원에 기재된 전구체 유리 조성물로 형성된 유리-세라믹 물품을 설명하는데 사용되는 경우의 용어 "반투명"은 유리-세라믹 물품이 0.8 mm의 물품 두께에서 400 nm 내지 800 nm의 파장 범위(끝점 포함)의 광에 대해 수직 입사에서 측정될 때 20% 이상 50% 미만의 평균 투과율을 갖는 것을 의미한다.
- [0083] 본원에 기재된 전구체 유리 조성물로 형성된 유리-세라믹 물품을 설명하는데 사용되는 경우의 용어 "불투명"은 유리-세라믹 물품이 0.8 mm의 물품 두께에서 400 nm 내지 800 nm의 파장 범위(끝점 포함)의 광에 대해 수직 입

사에서 측정될 때 20% 미만의 평균 투과율을 갖는 것을 의미한다.

- [0084] 본원에 사용된 용어 "용점"은 전구체 유리 조성물의 점도가 200 poise인 온도를 지칭한다.
- [0085] 본원에 사용된 용어 "연화점"은 전구체 유리 조성물의 점도가 $1 \times 10^{7.6}$ poise인 온도를 지칭한다. 연화점은 ASTM C1351M과 유사하게 온도의 함수로서 10^7 내지 10^9 poise의 무기 유리의 점도를 측정하는 평행판 점도 방법에 따라 측정된다.
- [0086] 본원에 사용된 용어 "액상선 점도"는 실투의 개시(즉, ASTM C829-81에 따른 구배 노 방법으로 결정된 액상선 온도)에서의 전구체 유리 조성물의 점도를 지칭한다.
- [0087] 본원에 사용된 용어 "액상선 온도"는 ASTM C829-81에 따른 구배 노 방법으로 결정된, 유리 조성물이 실투를 개시하는 온도를 지칭한다.
- [0088] 본원에 기재된 바와 같은 유리-세라믹 물품의 탄성 계수(또한 영률로도 지칭됨)는 기가파스칼(GPa)의 단위로 제공되며 ASTM C623에 따라 측정된다.
- [0089] 본원에 기재된 바와 같은 유리-세라믹 물품의 전단 계수는 기가파스칼(GPa) 단위로 제공되며 ASTM C623에 따라 측정된다.
- [0090] 본원에 기재된 바와 같은 푸아송 비는 ASTM C623에 따라 측정된다.
- [0091] 본원에 기재된 바와 같은 용어 "선형 열팽창계수" 및 "CTE"는 25 °C 내지 300 °C의 온도 범위에 걸쳐 ASTM E228-85에 따라 측정되며, " $\times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ " 단위로 표현된다.
- [0092] 표면 압축 응력은 Orihara Industrial Co., Ltd. (Japan)에 의해 제조된 FSM-6000과 같은 시판되는 기기와 같은 표면 응력계(FSM)로 측정된다. 표면 응력 측정은 유리-세라믹 물품의 복굴절과 관련된 응력 광학 계수(SOC)의 측정에 의존한다. SOC는 차례로 내용이 전체가 참조로서 본원에 포함된 "Standard Test Method for Measurement of Glass Stress-Optical Coefficient" 로 명명된 ASTM 표준 C770-16에 기재된 Procedure C(유리 디스크 방법)에 따라 측정된다. 압축의 깊이(DOC)는 본 기술 분야에서 공지된 산란 광 편광기(SCALP) 기술과 함께 FSM으로 측정된다. FSM은 칼륨 이온 교환에 대한 압축의 깊이를 측정하고 SCALP는 나트륨 이온 교환에 대한 압축의 깊이를 측정한다. 최대 중심 장력(CT) 값은 본 기술분야에서 공지된 SCALP 기술을 사용하여 측정된다. 본원에서 중심 장력(CT)에 대해 보고된 값은 달리 명시되지 않는 한 최대 중심 장력을 지칭한다.
- [0093] 용어 "압축의 깊이" 및 "DOC"는 압축 응력이 인장 응력으로 전이하는 유리-세라믹 물품 내의 위치를 지칭한다.
- [0094] 본원에 사용된 용어 "이온 교환 후 나트륨 이온 침투의 깊이"는 Glow Discharge - Optical Emission Spectroscopy (GD-OES)에 의해 결정되는, 이온 교환 공정에 의해 도입된 나트륨 이온이 나트륨 이온의 농도가 최소값에 도달하는 유리-세라믹 물품 내로 확산하는 유리-세라믹 물품 내의 깊이(즉, 유리-세라믹 물품의 표면으로부터 이의 내부 영역까지의 거리)를 지칭한다.
- [0095] 본원에 사용된 용어 "이온 교환 후 칼륨 이온 침투의 깊이"는 Glow Discharge - Optical Emission Spectroscopy (GD-OES)에 의해 결정되는, 이온 교환 공정에 의해 도입된 칼륨 이온이 칼륨 이온의 농도가 최소값에 도달하는 유리-세라믹 물품 내로 확산하는 유리-세라믹 물품 내의 깊이(즉, 유리-세라믹 물품의 표면으로부터 이의 내부 영역까지의 거리)를 지칭한다.
- [0096] 본원에 사용된 용어 "결정립 크기"는 M.N. Rahaman, "Ceramic Processing," CRC Press, 2007, pp.107에 기재된 바와 같이 주사 전자 현미경을 사용하여 측정된 결정립의 최대 치수의 평균 크기를 지칭한다.
- [0097] 본원에 사용된 용어 "중횡비"는 M.N. Rahaman, "Ceramic Processing," CRC Press, 2007, pp.107)에 기재된 바와 같이 주사 전자 현미경을 사용하여 측정된 결정립 내의 최대 치수와 이에 직교하는 최소 치수의 평균 비를 지칭한다.
- [0098] 본원에 기재된 바와 같이 주사 전자 현미경(SEM)을 사용한 전자 회절 이미지는 4.7 mm의 작업 거리(WD), 3.00의 전자 고장력(EHT) 및 고진공 모드에서 ZEISS GeminiSEM 500 Scanning Electron Microscope로 촬영되었다.
- [0099] 본원에 사용된 용어 "전구체 유리 조성물"은 열처리 시 전구체 유리 물품 또는 유리-세라믹 물품을 형성하는 유리 조성물을 지칭한다.
- [0100] 본원에 사용된 용어 "전구체 유리 물품"은 열처리 시 결정상의 핵 형성을 야기하는 일 이상의 핵 형성체를 함유

하는 유리 물품을 지칭한다.

- [0101] 본원에 사용된 용어 "유리-세라믹 물품"은 결정상의 핵 형성을 유발하기 위해 전구체 유리 조성물로부터 형성된 유리 물품을 열처리하는 것으로부터 형성되는 물품을 지칭한다. 구현예에서, 유리-세라믹 물품은 약 1% 내지 약 99%의 결정화도를 갖는다.
- [0102] 읽기의 편의를 위해, 용어 "전구체 유리 조성물"은 상세한 설명 전반에 걸쳐 사용된다. 그러나, 본원에 기재된 유리-세라믹 물품이 전구체 유리 조성물로부터 형성된 전구체 유리 물품을 열처리함으로써 생성되는 것이 이해되어야 한다.
- [0103] 유리-세라믹 물품은 일반적으로 크랙 성장을 방해하는 결정질 결정립의 존재, 및 유리-세라믹 물품의 상대적으로 높은 탄성 계수로 인해 유리로부터 형성된 물품에 비해 개선된 파괴 인성을 갖는다. 그러나, 유리-세라믹 물품 고유의 미세 구조로 인해, 원하는 투명성을 달성하는 것이 어려울 수 있다. 또한, 전구체 유리 조성물에 존재하는 알칼리 산화물은 열처리 후 결정상에 포함될 수 있으며 이온 교환이 가능하지 않을 수 있다.
- [0104] 본원에 개시된 것은 전술한 문제를 완화하는 전구체 유리 조성물 및 이로부터 형성된 유리-세라믹 물품이다. 구체적으로, 본원에 기재된 전구체 유리 조성물은 상대적으로 높은 농도의 Li_2O , Al_2O_3 , K_2O , P_2O_5 , 및 ZrO_2 를 포함하고, 이는 자류 유리상에 존재하는 상대적으로 높은 양의 Li_2O 를 갖는 투명 또는 투명 헤이즈의 리튬 디실리케이트 및 페달라이트 함유 유리-세라믹 물품을 초래한다. 따라서, 잔류 유리상은 쉽게 이온 교환될 수 있다. 또한, 리튬 디실리케이트 및 페달라이트 나노 결정은 유리-세라믹 물품의 파괴 인성을 향상시키는 것을 도울 수 있는 인터로킹(interlocking) 미세 구조를 갖는다. "인터로킹 미세 구조"는 서로 맞물리고 얽혀 있는 길고 무작위로 배향된 나노 결정을 의미한다. 이러한 인터로킹 구조는 크랙 전파를 위한 구불구불한 경로를 생성하며 크랙 전파를 방해한다. Al_2O_3 함량 뿐 아니라 상대적으로 많은 양의 리튬 디실리케이트 및 페달라이트(예를 들어, 결정상의 총 중량에 기초하여 50 wt% 초과)는 유리 단독으로부터 형성된 물품에 비해 상대적으로 높은 탄성 계수를 초래할 수 있다. 추가적으로, 본원에 기재된 전구체 유리 조성물은 잔류 유리로 크게 나뉠 수 있고 상대적으로 높은 중심 장력을 갖는 유리-세라믹 물품을 초래할 수 있는 알칼리 토 산화물(즉, CaO , MgO , SrO , BaO) 및/또는 전이 금속 산화물(즉, La_2O_3 , Y_2O_3 , Ta_2O_5 , 및 GeO_2)을 포함한다.
- [0105] 본원에 기재된 전구체 유리 조성물 및 유리-세라믹 물품은 리튬 알루미늄오실리케이트 전구체 유리 조성물 및 유리-세라믹 물품으로 설명될 수 있고 SiO_2 , Al_2O_3 , 및 Li_2O 를 포함한다. SiO_2 , Al_2O_3 , 및 Li_2O 외에도, 본원에 설명된 전구체 유리 조성물 및 유리-세라믹 물품은 원하는 리튬 디실리케이트 및 페달라이트상을 포함하는 결정상을 달성하기 위해 ZrO_2 및 P_2O_5 를 더욱 포함한다. 본원에 설명된 전구체 유리 조성물 및 유리-세라믹 물품은 생성되는 유리-세라믹 물품의 최대 중심 장력을 증가시키기 위해 알칼리 토 산화물(즉, CaO , MgO , SrO , 및 BaO) 및/또는 전이 금속 산화물(즉, La_2O_3 , Y_2O_3 , Ta_2O_5 , 및 GeO_2)을 더욱 포함한다.
- [0106] SiO_2 는 본원에 기재된 전구체 유리 조성물 내의 주요 유리 형성자(glass former)이며 유리-세라믹 물품의 네트워크 구조를 안정화하는 기능을 할 수 있다. 전구체 유리 조성물 내의 SiO_2 의 농도는 전구체 유리 조성물이 전구체 유리 조성물을 유리-세라믹 물품으로 전환하기 위한 열처리에 도입될 때 리튬 디실리케이트 및 페달라이트를 포함하는 결정상을 형성하기에 충분히 높을 수 있다(예를 들어, 60 mol% 이상). SiO_2 의 농도는 순수한 SiO_2 또는 고 SiO_2 유리의 용점이 바람직하지 않게 높기 때문에 전구체 유리 조성물의 용점을 제어하기 위해 제한될 수 있다(예를 들어, 72 mol% 이하). 따라서, SiO_2 의 농도를 제한하는 것은 생성되는 유리-세라믹 물품의 용융성 및 성형성을 향상시키는 것을 도울 수 있다.
- [0107] 따라서, 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품은 60 mol% 이상 72 mol% 이하의 SiO_2 를 포함할 수 있다. 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품 내의 SiO_2 의 농도는 60 mol% 이상, 64 mol% 이상, 또는 심지어 66 mol% 이상일 수 있다. 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품 내의 SiO_2 의 농도는 72 mol% 이하 또는 심지어 70 mol% 이하일 수 있다. 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품 내의 SiO_2 의 농도는 60 mol% 이상 72 mol% 이하, 60 mol% 이상 70 mol% 이하, 64 mol% 이상 72 mol% 이하, 64 mol% 이상 70 mol% 이하, 66 mol% 이상 72 mol% 이하, 또는 심지어 66 mol% 이상 70 mol% 이하, 또는 이들 끝점 중 임의의 것으로부터 형성되는 임의 및 모든 하위 범위일 수 있다.

- [0108] Al_2O_3 는 페탈라이트의 구성 성분이며 이 결정상을 달성하기 위해 본원에 설명된 전구체 유리 조성물에 포함된다. SiO_2 와 같이, Al_2O_3 는 또한 유리 네트워크를 안정화할 수 있고 추가적으로 생성되는 유리-세라믹 물품에 향상된 기계적 특성 및 화학적 내구성을 제공한다. Al_2O_3 의 농도는 전구체 유리 조성물의 점도를 제어하기 위해 조정될 수 있다. 그러나, Al_2O_3 의 농도가 너무 높은 경우, 용융물의 점도는 증가할 수 있으며 리튬 디실리케이트 나노 결정의 분율은 인터로킹 구조가 형성되지 않을 수 있는 정도로 감소할 수 있다. Al_2O_3 의 농도는 생성되는 유리-세라믹 물품이 리튬 디실리케이트를 갖고 원하는 파괴 인성(예를 들어, $1.0 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 이상)을 갖도록 충분히 높아야 한다(예를 들어, 2.5 mol% 이상). 그러나, Al_2O_3 의 농도가 너무 높은 경우(예를 들어, 8 mol% 초과), 용융물의 점도는 증가할 수 있으며, 이에 의해 생성되는 유리-세라믹 물품의 성형성이 감소하고, 리튬 디실리케이트 나노 결정의 분율이 감소할 수 있다.
- [0109] 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품은 2.5 mol% 이상 8 mol% 이하의 Al_2O_3 를 포함할 수 있다. 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품은 2.5 mol% 이상 6 mol% 이하의 Al_2O_3 를 포함할 수 있다. 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품 내의 Al_2O_3 의 농도는 2.5 mol% 이상, 3 mol% 이상, 또는 심지어 3.5 mol% 이상일 수 있다. 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품 내의 Al_2O_3 의 농도는 8 mol% 이하, 6 mol% 이하, 또는 심지어 4.5 mol% 이하일 수 있다. 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품 내의 Al_2O_3 의 농도는 2.5 mol% 이상 8 mol% 이하, 2.5 mol% 이상 6 mol% 이하, 2.5 mol% 이상 4.5 mol% 이하, 3 mol% 이상 8 mol% 이하, 3 mol% 이상 6 mol% 이하, 3 mol% 이상 4.5 mol% 이하, 3.5 mol% 이상 8 mol% 이하, 3.5 mol% 이상 6 mol% 이하, 또는 심지어 3.5 mol% 이상 4.5 mol% 이하, 또는 이들 끝점 중 임의의 것으로부터 형성되는 임의 및 모든 하위 범위일 수 있다.
- [0110] Li_2O 는 리튬 디실리케이트 및 페탈라이트 내의 구성 성분이며 이들 원하는 상을 달성하기 위해 본원에 설명된 전구체 유리 조성물에 포함된다. Li_2O 는 또한 생성되는 유리-세라믹 물품의 이온 교환 가능성을 돕는다. Li_2O 는 전구체 유리 조성물의 연화점을 감소시키며 이에 의해 생성되는 유리-세라믹 물품의 성형성을 증가시킨다. Li_2O 의 농도는 생성되는 유리-세라믹 물품이 결정상의 총 중량을 기준으로 50 wt% 이상의 양의 리튬 디실리케이트 및 페탈라이트를 갖도록 충분히 높아야 한다(예를 들어, 17 mol% 이상). 그러나, Li_2O 의 농도가 너무 높은 경우(예를 들어, 26 mol% 초과), 용융물의 점도는 바람직하지 않게 증가할 수 있으며, 이에 의해 생성되는 전구체 유리 및 유리-세라믹 물품의 성형성이 감소한다.
- [0111] 따라서, 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품은 17 mol% 이상 26 mol% 이하의 Li_2O 를 포함할 수 있다. 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품은 18 mol% 이상 24 mol% 이하의 Li_2O 를 포함할 수 있다. 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품 내의 Li_2O 의 농도는 17 mol% 이상, 18 mol% 이상, 또는 심지어 20 mol% 이상일 수 있다. 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품 내의 Li_2O 의 농도는 26 mol% 이하, 24 mol% 이하, 또는 심지어 22 mol% 이하일 수 있다. 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품 내의 Li_2O 의 농도는 17 mol% 이상 26 mol% 이하, 17 mol% 이상 24 mol% 이하, 17 mol% 이상 22 mol% 이하, 18 mol% 이상 26 mol% 이하, 18 mol% 이상 24 mol% 이하, 18 mol% 이상 22 mol% 이하, 20 mol% 이상 26 mol% 이하, 20 mol% 이상 24 mol% 이하, 또는 심지어 20 mol% 이상 22 mol% 이하, 또는 이들 끝점 중 임의의 것으로부터 형성되는 임의 및 모든 하위 범위일 수 있다.
- [0112] 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품 내의 Li_2O 의 농도 대 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품 내의 Al_2O_3 의 농도의 몰비(즉, Li_2O (mol%) 대 Al_2O_3 (mol%))는 원하는 리튬 디실리케이트 및 페탈라이트를 포함하는 결정상을 달성하기 위해 2 이상 12 이하일 수 있다. 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품 내의 Li_2O 대 Al_2O_3 의 몰비는 4 이상 10 이하일 수 있다. 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품 내의 Li_2O 대 Al_2O_3 의 몰비는 2 이상 12 이하, 2 이상 10 이하, 2 이상 8 이하, 4 이상 12 이하, 4 이상 10 이하, 또는 심지어 4 이상 8 이하, 또는 이들 끝점 중 임의의 것으로부터 형성되는 임의 및 모든 하위 범위일 수 있다.

- [0113] 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품 내의 Li_2O 의 농도 대 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품 내의 SiO_2 의 농도의 몰비(즉, Li_2O (mol%) 대 SiO_2 (mol%))는 원하는 리튬 디실리케이트 및 페달라이트를 포함하는 결정상을 달성하기 위해 0.25 이상 0.5 이하일 수 있다. 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품 내의 Li_2O 대 SiO_2 의 몰비는 0.25 이상 0.4 이하일 수 있다. 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품 내의 Li_2O 대 SiO_2 의 몰비는 0.25 이상 또는 심지어 0.3 이상일 수 있다. 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품 내의 Li_2O 대 SiO_2 의 몰비는 0.5 이하, 0.4 이하, 또는 심지어 0.35 이하일 수 있다. 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품 내의 Li_2O 대 SiO_2 의 몰비는 0.25 이상 0.5 이하, 0.25 이상 0.4 이하, 0.25 이상 0.35 이하, 0.3 이상 0.5 이하, 0.3 이상 0.4 이하, 또는 심지어 0.3 이상 0.35 이하, 또는 이들 끝점 중 임의의 것으로부터 형성되는 임의 및 모든 하위 범위일 수 있다.
- [0114] 본원에 기재된 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품은 Na_2O 및/또는 K_2O 와 같은, Li_2O 외의 알칼리 금속 산화물을 더욱 포함할 수 있다. 생성되는 유리-세라믹 물품의 이온 교환성을 돕는 것 외에도, Na_2O 는 생성되는 유리-세라믹 물품의 융점을 감소시키고 성형성을 향상시킨다. 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품은 0 mol% 이상 6 mol% 이하의 Na_2O 를 포함할 수 있다. 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품 내의 Na_2O 의 농도는 0 mol% 이상 또는 심지어 1 mol% 이상일 수 있다. 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품 내의 Na_2O 의 농도는 6 mol% 이하, 5 mol% 이하, 4 mol% 이하, 또는 심지어 3 mol% 이하일 수 있다. 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품 내의 Na_2O 의 농도는 0 mol% 이상 6 mol% 이하, 0 mol% 이상 5 mol% 이하, 0 mol% 이상 4 mol% 이하, 0 mol% 이상 3 mol% 이하, 1 mol% 이상 6 mol% 이하, 1 mol% 이상 5 mol% 이하, 1 mol% 이상 4 mol% 이하, 또는 심지어 1 mol% 이상 3 mol% 이하, 또는 이들 끝점 중 임의의 것으로부터 형성되는 임의 및 모든 하위 범위일 수 있다. 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품은 Na_2O 가 실질적으로 없거나 없을 수 있다.
- [0115] K_2O 는 이온 교환을 촉진하고, 압축의 깊이를 증가시키며 융점을 감소시켜 생성되는 유리-세라믹 물품의 성형성을 향상시킨다. 그러나, K_2O 를 첨가하는 것은 표면 압축 응력 및 융점을 너무 낮게 할 수 있다. 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품은 0 mol% 이상 6 mol% 이하의 K_2O 를 포함할 수 있다. 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품 내의 K_2O 의 농도는 0 mol% 이상 또는 심지어 1 mol% 이상일 수 있다. 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품 내의 K_2O 의 농도는 6 mol% 이하, 5 mol% 이하, 4 mol% 이하, 또는 심지어 3 mol% 이하일 수 있다. 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품 내의 K_2O 의 농도는 0 mol% 이상 6 mol% 이하, 0 mol% 이상 5 mol% 이하, 0 mol% 이상 4 mol% 이하, 0 mol% 이상 3 mol% 이하, 1 mol% 이상 6 mol% 이하, 1 mol% 이상 5 mol% 이하, 1 mol% 이상 4 mol% 이하, 또는 심지어 1 mol% 이상 3 mol% 이하, 또는 이들 끝점 중 임의의 것으로부터 형성되는 임의 및 모든 하위 범위일 수 있다. 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품은 K_2O 가 실질적으로 없거나 없을 수 있다.
- [0116] 본원에 사용된 바와 같이, R_2O 는 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품에 존재하는 Li_2O , Na_2O , 및 K_2O 의 합(mol%)이다(즉, $\text{R}_2\text{O} = \text{Li}_2\text{O}$ (mol%) + Na_2O (mol%) + K_2O (mol%)). Li_2O , Na_2O , 및 K_2O 와 같은 알칼리 산화물은 전구체 유리 조성물의 연화점 및 몰딩 온도를 감소시키는 것을 도우며, 이에 의해 전구체 유리 조성물 내의 보다 높은 양의 SiO_2 로 인한 전구체 유리 조성물의 연화점 및 몰딩 온도의 증가를 상쇄한다. 연화점 및 몰딩 온도의 감소는 전구체 유리 조성물 내의 알칼리 산화물의 조합(예를 들어, 2 이상의 알칼리 산화물), "혼합 알칼리 효과"로 지칭되는 현상에 의해 더욱 감소될 수 있다. 그러나, 알칼리 산화물의 양이 너무 높으면, 전구체 유리 조성물의 평균 열팽창계수가 $100 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}$ 초과로 증가한다는 점이 밝혀졌으며, 이는 바람직하지 않을 수 있다.
- [0117] 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품 내의 R_2O 의 농도는 17 mol% 이상 30 mol% 이하일 수 있다. 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품 내의 R_2O 의 농도는 17 mol% 이상,

19 mol% 이상, 또는 심지어 21 mol% 이상일 수 있다. 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품 내의 R₂O의 농도는 30 mol% 이하, 27 mol% 이하, 또는 심지어 25 mol% 이하일 수 있다. 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품 내의 R₂O의 농도는 17 mol% 이상 30 mol% 이하, 17 mol% 이상 27 mol% 이하, 17 mol% 이상 25 mol% 이하, 19 mol% 이상 30 mol% 이하, 19 mol% 이상 27 mol% 이하, 19 mol% 이상 25 mol% 이하, 21 mol% 이상 30 mol% 이하, 21 mol% 이상 27 mol% 이하, 또는 21 mol% 이상 25 mol% 이하, 또는 이들 끝점 중 임의의 것으로부터 형성되는 임의 및 모든 하위 범위일 수 있다.

[0118] 본원에 설명된 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품은 ZrO₂를 더욱 포함한다. ZrO₂는 페달라이트 결정립 크기를 감소시키는 것을 도울 수 있으며, 이는 투명 또는 투명 헤이즈 유리-세라믹 물품의 형성에 중요할 수 있다. SiO₂ 및 Al₂O₃과 같이, ZrO₂는 네트워크 형성자로 기능할 수 있으며, 이에 의해 형성 동안 실투를 감소시키는 것 및 액상선 온도를 감소시키는 것에 의해 유리의 안정성을 향상시킨다. ZrO₂의 첨가는 또한 생성되는 유리-세라믹 물품의 화학적 내구성을 향상시킬 수 있다. 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품은 0.2 mol% 이상 4 mol% 이하의 ZrO₂를 포함할 수 있다. 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품은 0.5 mol% 이상 4 mol% 이하의 ZrO₂를 포함할 수 있다. 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품은 1.5 mol% 이상 4 mol% 이하의 ZrO₂를 포함할 수 있다. 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품 내의 ZrO₂의 농도는 0.2 mol% 이상, 0.5 mol% 이상, 1 mol% 이상, 또는 심지어 1.5 mol% 이상일 수 있다. 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품 내의 ZrO₂의 농도는 4 mol% 이하 또는 심지어 3.5 mol% 이하일 수 있다. 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품 내의 ZrO₂의 농도는 0.2 mol% 이상 4 mol% 이하, 0.2 mol% 이상 3.5 mol% 이하, 0.5 mol% 이상 4 mol% 이하, 1 mol% 이상 4 mol% 이하, 1 mol% 이상 3.5 mol% 이하, 1.5 mol% 이상 4 mol% 이하, 또는 심지어 1.5 mol% 이상 3.5 mol% 이하, 또는 이들 끝점 중 임의의 것으로부터 형성되는 임의 및 모든 하위 범위일 수 있다.

[0119] 본원에 설명된 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품은 P₂O₅를 더욱 포함한다. P₂O₅는 유리 내의 결정상의 벌크 핵 형성을 생성하는 핵 형성체로서 역할을 하며, 이에 의해 유리를 유리-세라믹 물품으로 변환시킨다. 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품은 0.5 mol% 이상 2 mol% 이하의 P₂O₅를 포함할 수 있다. 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품은 0.7 mol% 이상 1.75 mol% 이하의 P₂O₅를 포함할 수 있다. 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품 내의 P₂O₅의 농도는 0.5 mol% 이상, 0.7 mol% 이상, 또는 심지어 0.9 mol% 이상일 수 있다. 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품 내의 P₂O₅의 농도는 2 mol% 이하, 1.75 mol% 이하, 1.5 mol% 이하, 또는 심지어 1.25 mol% 이하일 수 있다. 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품 내의 P₂O₅의 농도는 0.5 mol% 이상 2 mol% 이하, 0.5 mol% 이상 1.75 mol% 이하, 0.5 mol% 이상 1.5 mol% 이하, 0.5 mol% 이상 1.25 mol% 이하, 0.7 mol% 이상 2 mol% 이하, 0.7 mol% 이상 1.75 mol% 이하, 0.7 mol% 이상 1.5 mol% 이하, 0.7 mol% 이상 1.25 mol% 이하, 0.9 mol% 이상 2 mol% 이하, 0.9 mol% 이상 1.75 mol% 이하, 0.9 mol% 이상 1.5 mol% 이하, 또는 심지어 0.9 mol% 이상 1.25 mol% 이하, 또는 이들 끝점 중 임의의 것으로부터 형성되는 임의 및 모든 하위 범위일 수 있다.

[0120] 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품 내의 P₂O₅ 및 ZrO₂의 합(mol%)(즉, P₂O₅ (mol%) + ZrO₂ (mol%))은 유리 내의 결정상의 벌크 핵 형성을 생성하고, 이에 의해 유리를 유리-세라믹 물품으로 변환시키기에 충분히 높아야 한다(예를 들어, 1 mol% 이상). P₂O₅ 및 ZrO₂의 합은 투명 또는 투명 헤이즈 유리-세라믹 물품을 생성하기 위해 제한될 수 있다(예를 들어, 6 mol% 이하). 따라서, 구현예에서, P₂O₅ 및 ZrO₂의 합은 1 mol% 이상 6 mol% 이하일 수 있다. 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품 내의 P₂O₅ + ZrO₂는 2 mol% 이상 5 mol% 이하일 수 있다. 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품 내의 P₂O₅ + ZrO₂는 1 mol% 이상 또는 심지어 2 mol% 이상일 수 있다. 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품 내의 P₂O₅ + ZrO₂는 6 mol% 이하, 5 mol% 이하, 또는 심지어 4 mol% 이하일 수 있다. 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품 내의 P₂O₅ + ZrO₂는 1 mol% 이상 6 mol% 이하, 1

mol% 이상 5 mol% 이하, 1 mol% 이상 4 mol% 이하, 2 mol% 이상 6 mol% 이하, 2 mol% 이상 5 mol% 이하, 또는 심지어 2 mol% 이상 4 mol% 이하, 또는 이들 끝점 중 임의의 것으로부터 형성되는 임의 및 모든 하위 범위일 수 있다.

[0121] 구현예에서, $(\text{SiO}_2 \text{ (mol\%)} + \text{Al}_2\text{O}_3 \text{ (mol\%)}) / (\text{P}_2\text{O}_5 \text{ (mol\%)} + \text{ZrO}_2 \text{ (mol\%)})$ 로 표현되는, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품 내의 SiO_2 및 Al_2O_3 의 합(mol%)(즉, $\text{SiO}_2 \text{ (mol\%)} + \text{Al}_2\text{O}_3 \text{ (mol\%)}$) 대 P_2O_5 및 ZrO_2 의 합(mol%)(즉, $\text{P}_2\text{O}_5 \text{ (mol\%)} + \text{ZrO}_2 \text{ (mol\%)}$)의 몰비는 원하는 리튬 디실리케이트 및 페탈라이트상의 형성을 보장하기 위해 12 mol% 이상 34 mol% 이하일 수 있다. 이론에 구애되지 않고, 34 mol% 초과와 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품 내의 $(\text{SiO}_2 \text{ (mol\%)} + \text{Al}_2\text{O}_3 \text{ (mol\%)}) / (\text{P}_2\text{O}_5 \text{ (mol\%)} + \text{ZrO}_2 \text{ (mol\%)})$ 는 석영상과 같은 다른 결정상의 형성을 초래할 수 있다. 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품 내의 $(\text{SiO}_2 \text{ (mol\%)} + \text{Al}_2\text{O}_3 \text{ (mol\%)}) / (\text{P}_2\text{O}_5 \text{ (mol\%)} + \text{ZrO}_2 \text{ (mol\%)})$ 는 14 mol% 이상 32 mol% 이하일 수 있다. 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품 내의 $(\text{SiO}_2 \text{ (mol\%)} + \text{Al}_2\text{O}_3 \text{ (mol\%)}) / (\text{P}_2\text{O}_5 \text{ (mol\%)} + \text{ZrO}_2 \text{ (mol\%)})$ 는 12 mol% 이상, 14 mol% 이상, 16 mol% 이상, 18 mol% 이상, 또는 심지어 20 mol% 이상일 수 있다. 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품 내의 $(\text{SiO}_2 \text{ (mol\%)} + \text{Al}_2\text{O}_3 \text{ (mol\%)}) / (\text{P}_2\text{O}_5 \text{ (mol\%)} + \text{ZrO}_2 \text{ (mol\%)})$ 는 34 mol% 이하, 32 mol% 이하, 30 mol% 이하, 또는 심지어 28 mol% 이하일 수 있다. 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품 내의 $(\text{SiO}_2 \text{ (mol\%)} + \text{Al}_2\text{O}_3 \text{ (mol\%)}) / (\text{P}_2\text{O}_5 \text{ (mol\%)} + \text{ZrO}_2 \text{ (mol\%)})$ 는 12 mol% 이상 34 mol% 이하, 12 mol% 이상 32 mol% 이하, 12 mol% 이상 30 mol% 이하, 12 mol% 이상 28 mol% 이하, 14 mol% 이상 34 mol% 이하, 14 mol% 이상 32 mol% 이하, 14 mol% 이상 30 mol% 이하, 14 mol% 이상 28 mol% 이하, 16 mol% 이상 34 mol% 이하, 16 mol% 이상 32 mol% 이하, 16 mol% 이상 30 mol% 이하, 16 mol% 이상 28 mol% 이하, 18 mol% 이상 34 mol% 이하, 18 mol% 이상 32 mol% 이하, 18 mol% 이상 30 mol% 이하, 18 mol% 이상 28 mol% 이하, 20 mol% 이상 34 mol% 이하, 20 mol% 이상 32 mol% 이하, 20 mol% 이상 30 mol% 이하, 또는 심지어 20 mol% 이상 28 mol% 이하, 또는 이들 끝점 중 임의의 것으로부터 형성되는 임의 및 모든 하위 범위일 수 있다.

[0122] 본원에 설명된 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품은 알칼리 토 산화물 및/또는 전이 금속 산화물을 더욱 포함한다. 알칼리 토 산화물 및 전이 금속 산화물은 결정화 동안 잔류 유리상으로 크게 분할될 수 있으며, 이는 유리 네트워크의 패키징을 초래한다. 이온 교환 동안의 알칼리 확산이 유리 네트워크가 알칼리 토 산화물 및/또는 전이 금속 산화물의 존재로 인해 보다 높게 패키징되는 것으로 인해 느려질 수 있으나, 유리 네트워크 내로 교환되는 이온은 보다 적은 패키징을 갖는 유리 네트워크보다 상대적으로 많은 이온 당 응력을 생성한다. 보다 많은 응력은 생성되는 유리-세라믹 물품의 최대 중심 장력의 증가를 초래한다. 따라서, 전구체 유리 조성물 내에 알칼리 토 산화물 및/또는 전이 금속 산화물을 포함하는 것은 생성되는 유리-세라믹 물품의 최대 중심 장력을 증가시킬 수 있다.

[0123] "알칼리 토 산화물"은 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품에 존재하는 CaO , MgO , SrO , 및 BaO 의 합(mol%)(즉, 알칼리 토 산화물 = $\text{CaO (mol\%)} + \text{MgO (mol\%)} + \text{SrO (mol\%)} + \text{BaO (mol\%)}$)이다. "전이 금속 산화물"은 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품에 존재하는 La_2O_3 , Y_2O_3 , Ta_2O_5 , 및 GeO_2 의 합(mol%)(즉, 전이 금속 산화물 = $\text{La}_2\text{O}_3 \text{ (mol\%)} + \text{Y}_2\text{O}_3 \text{ (mol\%)} + \text{Ta}_2\text{O}_5 \text{ (mol\%)} + \text{GeO}_2 \text{ (mol\%)}$)이다. 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품 내의 알칼리 토 산화물 및 전이 금속 산화물의 합(mol%)(즉, 알칼리 토 산화물(mol%) + 전이 금속 산화물(mol%))은 0.1 mol% 이상 6 mol% 이하일 수 있다. 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품 내의 알칼리 토 산화물 및 전이 금속 산화물의 합은 0.1 mol% 이상 5 mol% 이하일 수 있다. 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품 내의 알칼리 토 산화물 및 전이 금속 산화물의 합은 0.1 mol% 이상, 0.2 mol% 이상, 0.5 mol% 이상, 0.7 mol% 이상, 또는 심지어 1 mol% 이상일 수 있다. 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품 내의 알칼리 토 산화물 및 전이 금속 산화물의 합은 6 mol% 이하, 5 mol% 이하, 4 mol% 이하, 3 mol% 이하, 또는 심지어 2 mol% 이하일 수 있다. 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품 내의 알칼리 토 산화물 및 전이 금속 산화물의 합은 0.1 mol% 이상 6 mol% 이하, 0.1 mol% 이상 5 mol% 이하, 0.1 mol% 이상 4 mol% 이하, 0.1 mol% 이상 3 mol% 이하, 0.1 mol% 이상 2 mol% 이하, 0.2 mol% 이상 6 mol% 이하, 0.2 mol% 이상 5 mol% 이하, 0.2 mol% 이상 4 mol% 이하, 0.2 mol% 이상 3 mol% 이하, 0.2 mol% 이상 2 mol% 이하, 0.5 mol% 이상 6 mol% 이하, 0.5 mol% 이상 5 mol% 이하, 0.5 mol% 이상 4 mol% 이하, 0.5 mol% 이상 3 mol% 이하, 0.5 mol% 이상 2

0.1 mol% 이상, 0.2 mol% 이상, 0.5 mol% 이상, 0.7 mol% 이상, 또는 심지어 1 mol% 이상일 수 있다. 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품 내의 알칼리 토 산화물의 농도는 10 mol% 이하, 6 mol% 이하, 4 mol% 이하, 3 mol% 이하, 또는 심지어 2 mol% 이하일 수 있다. 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품 내의 알칼리 토 산화물의 농도는 0 mol% 이상 10 mol% 이하, 0 mol% 이상 6 mol% 이하, 0 mol% 이상 4 mol% 이하, 0 mol% 이상 3 mol% 이하, 0 mol% 이상 2 mol% 이하, 0.1 mol% 이상 10 mol% 이하, 0.1 mol% 이상 6 mol% 이하, 0.1 mol% 이상 4 mol% 이하, 0.1 mol% 이상 3 mol% 이하, 0.1 mol% 이상 2 mol% 이하, 0.2 mol% 이상 10 mol% 이하, 0.2 mol% 이상 6 mol% 이하, 0.2 mol% 이상 4 mol% 이하, 0.2 mol% 이상 3 mol% 이하, 0.2 mol% 이상 2 mol% 이하, 0.5 mol% 이상 10 mol% 이하, 0.5 mol% 이상 6 mol% 이하, 0.5 mol% 이상 4 mol% 이하, 0.5 mol% 이상 3 mol% 이하, 0.5 mol% 이상 2 mol% 이하, 0.7 mol% 이상 10 mol% 이하, 0.7 mol% 이상 6 mol% 이하, 0.7 mol% 이상 4 mol% 이하, 0.7 mol% 이상 3 mol% 이하, 0.7 mol% 이상 2 mol% 이하, 1 mol% 이상 10 mol% 이하, 1 mol% 이상 6 mol% 이하, 1 mol% 이상 4 mol% 이하, 1 mol% 이상 3 mol% 이하, 또는 심지어 1 mol% 이상 2 mol% 이하, 또는 이들 끝점 중 임의의 것으로부터 형성되는 임의 및 모든 하위 범위일 수 있다. 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품은 알칼리 토 산화물이 실질적으로 없거나 없을 수 있다.

[0129] 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품은 0 mol% 이상 4 mol% 이하의 La_2O_3 를 포함할 수 있다. 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품 내의 La_2O_3 의 농도는 0 mol% 이상, 0.1 mol% 이상, 0.2 mol% 이상, 또는 심지어 0.5 mol% 이상일 수 있다. 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품 내의 La_2O_3 의 농도는 4 mol% 이하, 3 mol% 이하, 2 mol% 이하, 또는 심지어 1 mol% 이하일 수 있다. 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품 내의 La_2O_3 의 농도는 0 mol% 이상 4 mol% 이하, 0 mol% 이상 3 mol% 이하, 0 mol% 이상 2 mol% 이하, 0 mol% 이상 1 mol% 이하, 0.1 mol% 이상 4 mol% 이하, 0.1 mol% 이상 3 mol% 이하, 0.1 mol% 이상 2 mol% 이하, 0.1 mol% 이상 1 mol% 이하, 0.2 mol% 이상 4 mol% 이하, 0.2 mol% 이상 3 mol% 이하, 0.2 mol% 이상 2 mol% 이하, 0.2 mol% 이상 1 mol% 이하, 0.5 mol% 이상 4 mol% 이하, 0.5 mol% 이상 3 mol% 이하, 0.5 mol% 이상 2 mol% 이하, 또는 심지어 0.5 mol% 이상 1 mol% 이하, 또는 이들 끝점 중 임의의 것으로부터 형성되는 임의 및 모든 하위 범위일 수 있다. 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품은 La_2O_3 이 실질적으로 없거나 없을 수 있다.

[0130] 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품은 0 mol% 이상 6 mol% 이하의 Y_2O_3 를 포함할 수 있다. 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품 내의 Y_2O_3 의 농도는 0 mol% 이상, 0.1 mol% 이상, 0.5 mol% 이상, 또는 심지어 1 mol% 이상일 수 있다. 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품 내의 Y_2O_3 의 농도는 6 mol% 이하, 5 mol% 이하, 4 mol% 이하, 3 mol% 이하, 또는 심지어 2 mol% 이하일 수 있다. 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품 내의 Y_2O_3 의 농도는 0 mol% 이상 6 mol% 이하, 0 mol% 이상 5 mol% 이하, 0 mol% 이상 4 mol% 이하, 0 mol% 이상 3 mol% 이하, 0 mol% 이상 2 mol% 이하, 0.1 mol% 이상 6 mol% 이하, 0.1 mol% 이상 5 mol% 이하, 0.1 mol% 이상 4 mol% 이하, 0.1 mol% 이상 3 mol% 이하, 0.1 mol% 이상 2 mol% 이하, 0.5 mol% 이상 6 mol% 이하, 0.5 mol% 이상 5 mol% 이하, 0.5 mol% 이상 4 mol% 이하, 0.5 mol% 이상 3 mol% 이하, 0.5 mol% 이상 2 mol% 이하, 1 mol% 이상 6 mol% 이하, 1 mol% 이상 5 mol% 이하, 1 mol% 이상 4 mol% 이하, 1 mol% 이상 3 mol% 이하, 또는 심지어 1 mol% 이상 2 mol% 이하, 또는 이들 끝점 중 임의의 것으로부터 형성되는 임의 및 모든 하위 범위일 수 있다. 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품은 Y_2O_3 이 실질적으로 없거나 없을 수 있다.

[0131] 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품은 0 mol% 이상 3 mol% 이하의 Ta_2O_5 를 포함할 수 있다. 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품 내의 Ta_2O_5 의 농도는 0 mol% 이상, 0.1 mol% 이상, 0.2 mol% 이상, 또는 심지어 0.5 mol% 이상일 수 있다. 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품 내의 Ta_2O_5 의 농도는 3 mol% 이하, 2 mol% 이하, 또는 심지어 1 mol% 이하일 수 있다. 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품 내의 Ta_2O_5 의 농도는 0 mol% 이상 3 mol% 이하, 0 mol% 이상 2 mol% 이하, 0 mol% 이상 1 mol% 이하, 0.1 mol% 이상 3 mol% 이하, 0.1 mol% 이상 2 mol% 이하, 0.1 mol% 이상 1 mol% 이하, 0.2 mol% 이상 3 mol% 이하, 0.2 mol% 이상 2 mol% 이하, 0.2 mol% 이상 1 mol% 이하, 0.5 mol% 이상 3 mol% 이하, 0.5 mol% 이상 2 mol% 이하, 또는 심지어 0.5 mol% 이상 1 mol% 이하, 또는 이들 끝점 중 임의의 것으로부터 형성되는 임의 및 모든 하위 범위일 수 있다. 구현예에서, 전구체 유리 조성물

및 생성되는 유리-세라믹 물품은 Ta_2O_5 이 실질적으로 없거나 없을 수 있다.

[0132] 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품은 0 mol% 이상 2 mol% 이하의 GeO_2 를 포함할 수 있다. 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품 내의 GeO_2 의 농도는 0 mol% 이상, 0.1 mol% 이상, 0.2 mol% 이상, 또는 심지어 0.5 mol% 이상일 수 있다. 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품 내의 GeO_2 의 농도는 2 mol% 이하 또는 심지어 1 mol% 이하일 수 있다. 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품 내의 GeO_2 의 농도는 0 mol% 이상 2 mol% 이하, 0 mol% 이상 1 mol% 이하, 0.1 mol% 이상 2 mol% 이하, 0.1 mol% 이상 1 mol% 이하, 0.2 mol% 이상 2 mol% 이하, 0.2 mol% 이상 1 mol% 이하, 0.5 mol% 이상 2 mol% 이하, 또는 0.5 mol% 이상 1 mol% 이하, 또는 이들 끝점 중 임의의 것으로부터 형성되는 임의 및 모든 하위 범위일 수 있다. 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품은 GeO_2 가 실질적으로 없거나 없을 수 있다.

[0133] 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품 내의 전이 금속 산화물의 농도는 0 mol% 이상, 0.1 mol% 이상, 0.2 mol% 이상, 0.5 mol% 이상, 0.7 mol% 이상, 또는 심지어 1 mol% 이상일 수 있다. 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품 내의 전이 금속 산화물의 농도는 10 mol% 이하, 6 mol% 이하, 4 mol% 이하, 3 mol% 이하, 또는 심지어 2 mol% 이하일 수 있다. 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품 내의 전이 금속 산화물의 농도는 0 mol% 이상 10 mol% 이하, 0 mol% 이상 6 mol% 이하, 0 mol% 이상 4 mol% 이하, 0 mol% 이상 3 mol% 이하, 0 mol% 이상 2 mol% 이하, 0.1 mol% 이상 10 mol% 이하, 0.1 mol% 이상 6 mol% 이하, 0.1 mol% 이상 4 mol% 이하, 0.1 mol% 이상 3 mol% 이하, 0.1 mol% 이상 2 mol% 이하, 0.2 mol% 이상 10 mol% 이하, 0.2 mol% 이상 6 mol% 이하, 0.2 mol% 이상 4 mol% 이하, 0.2 mol% 이상 3 mol% 이하, 0.2 mol% 이상 2 mol% 이하, 0.5 mol% 이상 10 mol% 이하, 0.5 mol% 이상 6 mol% 이하, 0.5 mol% 이상 4 mol% 이하, 0.5 mol% 이상 3 mol% 이하, 0.5 mol% 이상 2 mol% 이하, 0.7 mol% 이상 10 mol% 이하, 0.7 mol% 이상 6 mol% 이하, 0.7 mol% 이상 4 mol% 이하, 0.7 mol% 이상 3 mol% 이하, 0.7 mol% 이상 2 mol% 이하, 1 mol% 이상 10 mol% 이하, 1 mol% 이상 6 mol% 이하, 1 mol% 이상 4 mol% 이하, 1 mol% 이상 3 mol% 이하, 또는 심지어 1 mol% 이상 2 mol% 이하, 또는 이들 끝점 중 임의의 것으로부터 형성되는 임의 및 모든 하위 범위일 수 있다. 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품은 전이 금속 산화물이 실질적으로 없거나 없을 수 있다.

[0134] 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품은 0 mol% 이상 10 mol% 이하의 ZnO 를 포함할 수 있다. 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품 내의 ZnO 의 농도는 0 mol% 이상 또는 심지어 1 mol% 이상일 수 있다. 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품 내의 ZnO 의 농도는 10 mol% 이하, 6 mol% 이하, 4 mol% 이하, 3 mol% 이하, 또는 심지어 2 mol% 이하일 수 있다. 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품 내의 ZnO 의 농도는 0 mol% 이상 10 mol% 이하, 0 mol% 이상 6 mol% 이하, 0 mol% 이상 4 mol% 이하, 0 mol% 이상 3 mol% 이하, 0 mol% 이상 2 mol% 이하, 1 mol% 이상 10 mol% 이하, 1 mol% 이상 6 mol% 이하, 1 mol% 이상 4 mol% 이하, 1 mol% 이상 3 mol% 이하, 또는 심지어 1 mol% 이상 2 mol% 이하, 또는 이들 끝점 중 임의의 것으로부터 형성되는 임의 및 모든 하위 범위일 수 있다. 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품은 ZnO 가 실질적으로 없거나 없을 수 있다.

[0135] 본원에 사용된 바와 같이, RO는 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품에 존재하는 CaO , MgO , ZnO , SrO , 및 BaO 의 합(mol%)(즉, $RO = CaO (mol\%) + MgO (mol\%) + ZnO (mol\%) + SrO (mol\%) + BaO (mol\%)$)이다. 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품 내의 RO의 농도는 0 mol% 이상, 0.1 mol% 이상, 0.2 mol% 이상, 0.5 mol% 이상, 0.7 mol% 이상, 또는 심지어 1 mol% 이상일 수 있다. 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품 내의 RO의 농도는 10 mol% 이하, 6 mol% 이하, 4 mol% 이하, 3 mol% 이하, 또는 심지어 2 mol% 이하일 수 있다. 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품 내의 RO의 농도는 0 mol% 이상 10 mol% 이하, 0 mol% 이상 6 mol% 이하, 0 mol% 이상 4 mol% 이하, 0 mol% 이상 3 mol% 이하, 0 mol% 이상 2 mol% 이하, 0.1 mol% 이상 10 mol% 이하, 0.1 mol% 이상 6 mol% 이하, 0.1 mol% 이상 4 mol% 이하, 0.1 mol% 이상 3 mol% 이하, 0.1 mol% 이상 2 mol% 이하, 0.5 mol% 이상 10 mol% 이하, 0.5 mol% 이상 6 mol% 이하, 0.5 mol% 이상 4 mol% 이하, 0.5 mol% 이상 3 mol% 이하, 0.5 mol% 이상 2 mol% 이하, 0.7 mol% 이상 10 mol% 이하, 0.7 mol% 이상 6 mol% 이하, 0.7 mol% 이상 4 mol% 이하, 0.7 mol% 이상 3 mol% 이하, 0.7 mol% 이상 2 mol% 이하, 1 mol% 이상 10 mol% 이하, 1 mol% 이상 6 mol% 이하, 1 mol% 이상 4 mol% 이하, 1 mol% 이상 3 mol% 이하, 또는 심지어 1 mol% 이상 2 mol% 이하, 또는 이들 끝점 중 임의의 것으로부터 형성되는 임의 및 모든 하위 범위일 수 있다. 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품은

RO가 실질적으로 없거나 없을 수 있다.

[0136] 본원에 설명된 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품은 B_2O_3 를 더욱 포함할 수 있다. B_2O_3 는 전구체 유리 조성물의 용융 온도를 감소시킨다. 또한, 전구체 유리 내의 B_2O_3 의 첨가는 전구체 유리 조성물이 유리-세라믹 물품을 형성하기 위한 열처리에 도입될 때 인터로킹 결정 미세 구조를 달성하는 것을 돕는다. 또한, B_2O_3 는 생성되는 유리-세라믹 물품의 내손상성을 향상시킬 수 있다. 열처리 후 존재하는 잔류 유리상 내의 붕소가 알칼리 산화물 또는 2가 양이온(MgO , CaO , SrO , BaO , 및 ZnO 과 같은)에 의해 전하 균형을 이루지 않는 경우, 붕소는 삼각-배위 상태(또는 3-배위 붕소)에 있을 것이며, 이는 유리의 구조를 개방한다(open up). 이러한 3-배위 붕소 원소 주위의 네트워크는 사면체 배위(또는 4-배위) 붕소만큼 견고하지 않다. 이론에 구애되지 않고, 3-배위 붕소를 포함하는 유리-세라믹 물품은 4-배위 붕소와 비교하여 크랙 형성 이전에 어느 정도의 변형을 견딜 수 있다. 어느 정도의 변형을 견뎌으로써, 비커스 압입 크랙 개시 임계값이 증가한다. 3-배위 붕소를 포함하는 유리-세라믹 물품의 파괴 인성 또한 증가할 수 있다. B_2O_3 는 성형성을 향상시키고 생성되는 유리-세라믹 물품의 파괴 인성을 증가시키기 위해 포함될 수 있다(예를 들어, 0 mol% 이상). 그러나, B_2O_3 의 농도가 너무 높으면, 화학적 내구성 및 액상선 점도가 감소할 수 있고 용융 동안의 B_2O_3 의 휘발 및 증발이 제어하기 어려워진다. 따라서, B_2O_3 의 농도는 전구체 유리 조성물의 화학적 내구성 및 제조성을 유지하기 위해 제한될 수 있다(예를 들어, 8 mol% 이하).

[0137] 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품은 0 mol% 이상 8 mol% 이하의 B_2O_3 를 포함할 수 있다. 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품 내의 B_2O_3 의 농도는 0 mol% 이상, 1 mol% 이상, 또는 심지어 3 mol% 이상일 수 있다. 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품 내의 B_2O_3 의 농도는 8 mol% 이하 또는 심지어 5 mol% 이하일 수 있다. 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품 내의 B_2O_3 의 농도는 0 mol% 이상 8 mol% 이하, 0 mol% 이상 5 mol% 이하, 1 mol% 이상 8 mol% 이하, 1 mol% 이상 5 mol% 이하, 3 mol% 이상 8 mol% 이하, 또는 3 mol% 이상 5 mol% 이하, 또는 이들 끝점 중 임의의 것으로부터 형성되는 임의 및 모든 하위 범위일 수 있다. 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품은 B_2O_3 가 실질적으로 없거나 없을 수 있다.

[0138] 구현예에서, 본원에 설명된 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품은 TiO_2 , MnO , MoO_3 , WO_3 , CdO , As_2O_3 , Sb_2O_3 , 셀레이트와 같은 황-계 화합물, 할로젠, 또는 이들의 조합과 같은 트랩프 물질을 더욱 포함할 수 있다. 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품은 개별 트랩프 물질, 트랩프 물질의 조합, 또는 모든 트랩프 물질이 실질적으로 없거나 없을 수 있다. 예를 들어, 구현예에서, 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품은 TiO_2 , MnO , MoO_3 , WO_3 , CdO , As_2O_3 , Sb_2O_3 , 셀레이트와 같은 황-계 화합물, 할로젠, 또는 이들의 조합이 실질적으로 없거나 없을 수 있다.

[0139] 구현예에서, 평균 성분, 화학적 청징제, 또는 다른 추가적인 구성 성분이 전구체 유리 조성물 및 생성되는 유리-세라믹 물품에 포함될 수 있다.

[0140] 구현예에서, 전구체 유리 조성물의 액상선 온도는 900 °C 이상 또는 심지어 1000 °C 이상일 수 있다. 구현예에서, 전구체 유리 조성물의 액상선 온도는 1200 °C 이하 또는 심지어 1100 °C 이하일 수 있다. 구현예에서, 전구체 유리 조성물의 액상선 온도는 900 °C 이상 1200 °C 이하, 900 °C 이상 1100 °C 이하, 1000 °C 이상 1200 °C 이하, 또는 심지어 1000 °C 이상 1100 °C 이하, 또는 이들 끝점 중 임의의 것으로부터 형성되는 임의 및 모든 하위 범위일 수 있다.

[0141] 본원에 설명된 바와 같은 전구체 유리 물품 또는 이로부터 형성된 유리-세라믹 물품은 유리-세라믹 물품의 특정 적용에 따라 변화할 수 있는 임의의 적절한 두께일 수 있다. 구현예에서, 전구체 유리 물품 또는 이로부터 형성된 유리-세라믹 물품은 250 μm 이상 6 mm 이하, 250 μm 이상 4 mm 이하, 250 μm 이상 2 mm 이하, 250 μm 이상 1 mm 이하, 250 μm 이상 750 μm 이하, 250 μm 이상 500 μm 이하, 500 μm 이상 6 mm 이하, 500 μm 이상 4 mm 이하, 500 μm 이상 2 mm 이하, 500 μm 이상 1 mm 이하, 500 μm 이상 750 μm 이하, 750 μm 이상 6 mm 이하, 750 μm 이상 4 mm 이하, 750 μm 이상 2 mm 이하, 750 μm 이상 1 mm 이하, 1 mm 이상 6 mm 이하, 1 mm 이상 4 mm 이하, 1 mm 이상 2 mm 이하, 2 mm 이상 6 mm 이하, 2 mm 이상 4 mm 이하, 또는 심지어 4 mm 이상 6 mm 이하, 또는 이들 끝점 중 임의의 것으로부터 형성되는 임의 및 모든 하위 범위의 두께를 가질 수 있다.

- [0142] 앞서 논의된 바와 같이, 본원에 설명된 전구체 유리 조성물로부터 형성된 유리-세라믹 물품은 유리-세라믹 물품이 보다 내손상성하도록 증가된 파괴 인성을 가질 수 있다. 구현예에서, 유리-세라믹 물품은 $1.0 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 이상의 웨브론 노치 쏏 바 방법에 의해 측정된 K_{Ic} 파괴 인성을 가질 수 있다. 구현예에서, 유리-세라믹 물품은 $1.0 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 이상, $1.1 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 이상, 또는 심지어 $1.2 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 이상의 웨브론 노치 쏏 바 방법에 의해 측정된 K_{Ic} 파괴 인성을 가질 수 있다.
- [0143] 구현예에서, 유리-세라믹 물품의 탄성 계수는 90 GPa 이상일 수 있다. 구현예에서, 유리-세라믹 물품의 탄성 계수는 90 GPa 이상 또는 심지어 100 GPa 이상일 수 있다. 구현예에서, 유리-세라믹 물품의 탄성 계수는 125 GPa 이하 또는 심지어 115 GPa 이하일 수 있다. 구현예에서, 유리-세라믹 물품의 탄성 계수는 90 GPa 이상 125 GPa 이하, 90 GPa 이상 115 GPa 이하, 100 GPa 이상 125 GPa 이하, 100 GPa 이상 115 GPa 이하, 또는 이들 끝점 중 임의의 것으로부터 형성되는 임의 및 모든 하위 범위일 수 있다.
- [0144] 구현예에서, 유리-세라믹 물품의 전단 계수는 30 GPa 이상 또는 심지어 40 GPa 이상일 수 있다. 구현예에서, 유리-세라믹 물품의 전단 계수는 55 GPa 이하 또는 심지어 45 GPa 이하일 수 있다. 구현예에서, 유리-세라믹 물품의 전단 계수는 30 GPa 이상 55 GPa 이하, 30 GPa 이상 45 GPa 이하, 40 GPa 이상 55 GPa 이하, 또는 심지어 40 GPa 이상 45 GPa 이하, 또는 이들 끝점 중 임의의 것으로부터 형성되는 임의 및 모든 하위 범위일 수 있다.
- [0145] 구현예에서, 유리-세라믹 물품의 평균 투과율은 0.8 mm의 물품 두께에서 측정될 때 400 nm 내지 800 nm의 파장 범위에 걸쳐 광의 50% 이상 95% 이하일 수 있다. 구현예에서, 유리-세라믹 물품의 평균 투과율은 0.8 mm의 물품 두께에서 측정될 때 400 nm 내지 800 nm의 파장 범위에 걸쳐 광의 50% 이상, 60% 이상, 70% 이상, 또는 심지어 80% 이상일 수 있다. 구현예에서, 유리-세라믹 물품의 평균 투과율은 0.8 mm의 물품 두께에서 측정될 때 400 nm 내지 800 nm의 파장 범위에 걸쳐 광의 95% 이하 또는 심지어 90% 이하일 수 있다. 구현예에서, 유리-세라믹 물품의 평균 투과율은 0.8 mm의 물품 두께에서 측정될 때 400 nm 내지 800 nm의 파장 범위에 걸쳐 광의 50% 이상 95% 이하, 50% 이상 90% 이하, 60% 이상 95% 이하, 60% 이상 90% 이하, 70% 이상 95% 이하, 70% 이상 90% 이하, 80% 이상 95% 이하, 또는 심지어 80% 이상 90% 이하, 또는 이들 끝점 중 임의의 것으로부터 형성되는 임의 및 모든 하위 범위일 수 있다. 구현예에서, 유리-세라믹 물품은 투명하거나 투명 헤이즈일 수 있다.
- [0146] 구현예에서, 유리-세라믹 물품의 푸아송 비는 0.17 이상 또는 심지어 0.19 이상일 수 있다. 구현예에서, 유리-세라믹 물품의 푸아송 비는 0.23 이하 또는 심지어 0.21 이하일 수 있다. 구현예에서, 유리-세라믹 물품은 푸아송 비는 0.17 이상 0.23 이하, 0.17 이상 0.21 이하, 0.19 이상 0.23 이하, 또는 심지어 0.19 이상 0.21 이하, 또는 이들 끝점 중 임의의 것으로부터 형성되는 임의 및 모든 하위 범위일 수 있다.
- [0147] 구현예에서, 유리-세라믹 물품의 SOC는 2.5 nm/mm/MPa 이상 또는 심지어 2.4 nm/mm/MPa 이상일 수 있다. 구현예에서, 유리-세라믹 물품의 SOC는 2.8 nm/mm/MPa 이하 또는 심지어 2.7 nm/mm/MPa 이하일 수 있다. 구현예에서, 유리-세라믹 물품의 SOC는 2.4 nm/mm/MPa 이상 2.8 nm/mm/MPa 이하, 2.4 nm/mm/MPa 이상 2.7 nm/mm/MPa 이하, 2.5 nm/mm/MPa 이상 2.8 nm/mm/MPa 이하, 또는 심지어 2.5 nm/mm/MPa 이상 2.7 nm/mm/MPa 이하, 또는 이들 끝점 중 임의의 것으로부터 형성되는 임의 및 모든 하위 범위일 수 있다.
- [0148] 구현예에서, 본원에 설명된 유리-세라믹 물품은 유리 물품을 강화하기 위해 이온 교환 가능할 수 있다. 전형적인 이온 교환 공정에서, 유리-세라믹 물품 내의 보다 작은 금속 이온은 유리-세라믹 물품의 외부 표면에 근접한 층 내의 동일한 원자가의 보다 큰 금속 이온으로 대체 또는 "교환"된다. 보다 작은 이온의 보다 큰 이온으로의 대체는 유리-세라믹 물품의 층 내에 압축 응력을 생성한다. 구현예에서, 금속 이온은 1가 금속 이온(예를 들어, Li^+ , Na^+ , K^+ 등)이며, 이온 교환은 유리-세라믹 물품 내의 보다 작은 이온을 대체하는 보다 큰 금속 이온의 적어도 하나의 용융 염을 포함하는 욕에 유리-세라믹 물품을 침지하여 달성된다. 대안적으로, Ag^+ , Tl^+ , Cu^+ 등과 같은 다른 1가 이온은 1가 이온에 대해 교환될 수 있다. 유리-세라믹 물품을 강화하는데 사용되는 이온 교환 공정 또는 공정들은 침지 사이의 선택적인 세척 및/또는 어닐링 단계와 함께 단일 욕 또는 동일 또는 상이한 조성의 다중 욕 내의 침지를 포함하나, 이에 제한되지 않는다.
- [0149] 유리-세라믹 물품에 노출 시, 이온 교환 용액(예를 들어, LiNO_3 또한 포함할 수 있는 KNO_3 및/또는 NaNO_3 용융 염 욕)은, 구현예에 따르면, $350 \text{ }^\circ\text{C}$ 이상 $500 \text{ }^\circ\text{C}$ 이하, $360 \text{ }^\circ\text{C}$ 이상 $450 \text{ }^\circ\text{C}$ 이하, $370 \text{ }^\circ\text{C}$ 이상 $440 \text{ }^\circ\text{C}$ 이하, $360 \text{ }^\circ\text{C}$ 이상 $420 \text{ }^\circ\text{C}$ 이하, $370 \text{ }^\circ\text{C}$ 이상 $400 \text{ }^\circ\text{C}$ 이하, $375 \text{ }^\circ\text{C}$ 이상 $475 \text{ }^\circ\text{C}$ 이하, $400 \text{ }^\circ\text{C}$ 이상 $500 \text{ }^\circ\text{C}$ 이하, $410 \text{ }^\circ\text{C}$ 이상 $490 \text{ }^\circ\text{C}$ 이하, $420 \text{ }^\circ\text{C}$ 이상 $480 \text{ }^\circ\text{C}$ 이하, $430 \text{ }^\circ\text{C}$ 이상 $470 \text{ }^\circ\text{C}$ 이하, 또는 심지어 $440 \text{ }^\circ\text{C}$ 이상 $460 \text{ }^\circ\text{C}$

이하, 또는 이들 끝점 중 임의의 것으로부터 형성되는 임의 및 모든 하위 범위의 온도일 수 있다. 구현예에서, 유리-세라믹 물품은 이온 교환 용액에 2시간 이상 24시간 이하, 2시간 이상 12시간 이하, 2시간 이상 6시간 이하, 8시간 이상 24시간 이하, 6시간 이상 24시간 이하, 6시간 이상 12시간 이하, 8시간 이상 24시간 이하, 또는 심지어 8시간 이상 12시간 이하, 또는 이들 끝점 중 임의의 것으로부터 형성되는 임의 및 모든 하위 범위의 기간 동안 노출될 수 있다.

[0150] 생성되는 압축 응력층은 2시간의 이온 교환 시간에서 유리-세라믹 물품의 표면 상에 100 μm 이상의 깊이("압축 층의 깊이" 또는 "DOC"로도 지칭됨)를 가질 수 있다. 구현예에서, 유리-세라믹 물품은 10 μm 이상, 20 μm 이상, 30 μm 이상, 40 μm 이상, 50 μm 이상, 60 μm 이상, 70 μm 이상, 80 μm 이상, 90 μm 이상, 또는 심지어 100 μm 이상의 압축 층의 깊이를 달성하도록 이온 교환될 수 있다. 구현예에서, 유리-세라믹 물품은 두께 "t"를 갖고 0.25t 이상, 0.27t 이상, 또는 심지어 0.30t 이상의 압축 층의 깊이를 달성하도록 이온 교환될 수 있다.

[0151] 이러한 표면 압축층의 발달은 비-이온 교환 물질에 비해 나은 크랙 저항성 및 보다 높은 굴곡 강도를 달성하는데 유리하다. 표면 압축층은 유리-세라믹 물품의 바디(표면 압축을 포함하지 않는 영역) 내로 교환되는 이온의 농도와 비교하여 높은 유리-세라믹 물품 내로 교환되는 이온의 농도를 갖는다.

[0152] 구현예에서, 본원에 설명된 전구체 유리 조성물로부터 제조되는 유리-세라믹 물품은 80 MPa 이상, 100 MPa 이상, 또는 심지어 250 MPa 이상의 이온 교환 강화 후의 표면 압축 응력을 가질 수 있다. 구현예에서, 유리-세라믹 물품은 1 GPa 이하, 750 MPa 이하, 또는 심지어 500 MPa 이하의 이온 교환 강화 후의 표면 압축 응력을 가질 수 있다. 구현예에서, 유리-세라믹 물품은 80 MPa 이상 1 GPa 이하, 80 MPa 이상 750 MPa 이하, 80 MPa 이상 500 MPa 이하, 100 MPa 이상 1 GPa 이하, 100 MPa 이상 750 MPa 이하, 100 MPa 이상 500 MPa 이하, 250 MPa 이상 1 GPa 이하, 250 MPa 이상 750 MPa 이하, 또는 심지어 250 MPa 이상 500 MPa 이하, 또는 이들 끝점 중 임의의 것으로부터 형성되는 임의 및 모든 하위 범위의 이온 교환 강화 후 표면 압축 응력을 가질 수 있다.

[0153] 본원에 설명된 바와 같이, 전구체 유리 조성물 내에 알칼리 토 산화물 및/또는 전이 금속 산화물을 포함하는 것은 생성되는 유리-세라믹 물품의 최대 중심 장력을 증가시킬 수 있다. 구현예에서, 본원에 설명된 전구체 유리 조성물로부터 제조되는 유리-세라믹 물품은 30 MPa 이상, 50 MPa 이상, 또는 심지어 100 MPa 이상의 이온 교환 후 중심 장력을 가질 수 있다. 구현예에서, 본원에 설명된 전구체 유리 조성물로부터 제조되는 유리-세라믹 물품은 250 MPa 이하, 200 MPa 이하, 또는 심지어 175 MPa 이하의 이온 교환 후 중심 장력을 가질 수 있다. 구현예에서, 본원에 설명된 전구체 유리 조성물로부터 제조되는 유리-세라믹 물품은 30 MPa 이상 250 MPa 이하, 30 MPa 이상 200 MPa 이하, 30 MPa 이상 175 MPa 이하, 50 MPa 이상 250 MPa 이하, 50 MPa 이상 200 MPa 이하, 50 MPa 이상 175 MPa 이하, 100 MPa 이상 250 MPa 이하, 100 MPa 이상 200 MPa 이하, 또는 심지어 100 MPa 이상 175 MPa 이하, 또는 이들 끝점 중 임의의 것으로부터 형성되는 임의 및 모든 하위 범위의 이온 교환 후 중심 장력을 가질 수 있다.

[0154] 구현예에서, 유리-세라믹 물품은 0.025t 이상, 0.1t 이상, 또는 심지어 0.2t 이상의 이온 교환 후 나트륨 이온 침투의 깊이(화학적 깊이로도 지칭됨)를 가질 수 있다. 구현예에서, 유리-세라믹 물품은 0.28t 이하 또는 심지어 0.25t 이하의 이온 교환 후 나트륨 이온 침투의 깊이를 가질 수 있다. 구현예에서, 유리-세라믹 물품은 0.025t 이상 0.28t 이하, 0.025t 이상 0.25t 이하, 0.1t 이상 0.28t 이하, 0.1t 이상 0.25t 이하, 0.2t 이상 0.28t 이하, 또는 심지어 0.2t 이상 0.25t 이하, 또는 이들 끝점 중 임의의 것으로부터 형성되는 임의 및 모든 하위 범위의 이온 교환 후 나트륨 이온 침투의 깊이를 가질 수 있다.

[0155] 구현예에서, 유리-세라믹 물품은 0t 이상 0.01t 이하의 이온 교환 후 칼륨 이온 침투의 깊이를 가질 수 있다.

[0156] 구현예에서, 유리-세라믹 물품을 제조하는 공정은 유리 균질화 및 일 이상의 결정상(예를 들어, 일 이상의 조성, 양, 형태(morphology), 크기 또는 크기 분포 등을 갖는)의 결정화(즉, 핵 형성 및 성장)를 유발하기 위해 전구체 유리 조성물로부터 형성된 전구체 유리 물품을 일 이상의 미리 선택된 시간 동안 일 이상의 미리 선택된 온도에서 오븐 내에서 열처리하는 단계를 포함한다. 구현예에서, 열처리는 (i) 전구체 유리 물품을 오븐에서 1 $^{\circ}\text{C}/\text{분}$ 이상 10 $^{\circ}\text{C}/\text{분}$ 이하의 속도로 핵 형성 온도까지 가열하는 단계; (ii) 핵 형성된 결정화 가능한 유리를 생성하기 위해 전구체 유리 물품을 0.1시간 이상 8시간 이하의 시간 동안 오븐에서 핵 형성 온도로 유지하는 단계; (iii) 핵 형성된 결정화 가능한 유리 물품을 오븐에서 1 $^{\circ}\text{C}/\text{분}$ 이상 10 $^{\circ}\text{C}/\text{분}$ 이하의 속도로 결정화 온도까지 가열하는 단계; (iv) 유리-세라믹 물품을 생성하기 위해 핵 형성된 결정화 가능한 유리 물품을 0.1시간 이상 8시간 이하의 시간 동안 오븐에서 결정화 온도로 유지하는 단계; 및 (v) 유리-세라믹 물품을 실온으로 냉각하는 단계를 포함할 수 있다.

- [0157] 구현예에서, 핵 형성 온도는 600 °C 이상 900 °C 이하일 수 있다. 구현예에서, 핵 형성 온도는 600 °C 이상 또는 심지어 650 °C 이상일 수 있다. 구현예에서, 핵 형성 온도는 900 °C 이하 또는 심지어 800 °C 이하일 수 있다. 구현예에서, 핵 형성 온도는 600 °C 이상 900 °C 이하, 600 °C 이상 800 °C 이하, 650 °C 이상 900 °C 이하, 또는 심지어 650 °C 이상 800 °C 이하, 또는 이들 끝점 중 임의의 것으로부터 형성되는 임의 및 모든 하위 범위일 수 있다.
- [0158] 구현예에서, 결정화 온도는 700 °C 이상 1000 °C 이하일 수 있다. 구현예에서, 결정화 온도는 700 °C 이상 또는 심지어 750 °C 이상일 수 있다. 구현예에서, 결정화 온도는 1000 °C 이하 또는 심지어 900 °C 이하일 수 있다. 구현예에서, 결정화 온도는 700 °C 이상 1000 °C 이하, 700 °C 이상 900 °C 이하, 750 °C 이상 1000 °C 이하, 또는 심지어 750 °C 이상 900 °C 이하, 또는 이들 끝점 중 임의의 것으로부터 형성되는 임의 및 모든 하위 범위일 수 있다.
- [0159] 본원에 사용된 바와 같이, 가열 속도, 핵 형성 온도, 및 결정화 온도는 전구체 유리 조성물 또는 전구체 유리 물품이 열처리되는 오븐의 가열 속도 및 온도를 지칭한다.
- [0160] 전구체 유리 조성물 외에, 결정화 온도까지 가열하고 결정화 온도로 온도를 유지하는 열처리 단계의 온도-시간 프로파일은 다음의 원하는 속성 중 일 이상을 생성하도록 신중하게 규정된다: 유리-세라믹 물품의 결정상(들), 일 이상의 주 결정상 및/또는 일 이상의 부 결정상 및 잔류 유리상의 비율, 일 이상의 지배적인 결정상 및/또는 일 이상의 부 결정상 및 잔류 유리상의 결정상 군집(assembly), 및 일 이상의 주 결정상 및/또는 일 이상의 부 결정상 사이의 결정립 크기 또는 결정립 크기 분포, 이는 차례로 생성되는 유리-세라믹 물품의 최종 완전성, 품질, 색상, 및/또는 불투명도에 영향을 미칠 수 있다.
- [0161] 본원에 설명된 유리-세라믹 물품은 결정상 및 잔류 유리상을 포함한다. 구현예에서, 결정상은 리튬 디실리케이트 및 페달라이트를 포함한다. 리튬 디실리케이트, $\text{Li}_2\text{Si}_2\text{O}_5$ 는 $\{\text{Si}_2\text{O}_5\}$ 사면체 어레이(array)의 주름진 (corrugated) 시트를 기초로 하는 사방정계(orthorhombic) 결정이다. 결정은 일반적으로 뚜렷한 벽개면을 갖는 판형(tabular) 또는 라스-형(lath-like) 형상이다. 페달라이트, $\text{Li}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 8 \text{SiO}_2$ 는 AlO_4 사면체로 연결된 Si_4O_{10} 층을 함유하는 AlO_4 및 SiO_4 사면체의 3-차원 프레임워크 구조에 기초한 단사정계(monoclinic) 결정이다. 리튬 디실리케이트 및 페달라이트에 기초한 유리-세라믹 물품은 이의 무작위-배향된 인터로킹된 결정의 미세 구조 - 크랙이 이들 결정 주위의 구불구불한 경로를 통해 전파하도록 강요하는 결정 구조로 인해 높은 바디 강도 및 파괴 인성을 포함하는 매우 바람직한 기계적 특성을 제공한다.
- [0162] 구현예에서, 결정상의 총 중량에 기초한 결정상 내의 리튬 디실리케이트 및 페달라이트의 총량은 50 wt% 이상, 60 wt% 이상, 또는 심지어 70 wt% 이상일 수 있다. 구현예에서, 결정상의 총 중량에 기초한 결정상 내의 리튬 디실리케이트 및 페달라이트의 총량은 99 wt% 이하, 90 wt% 이하, 또는 심지어 85 wt% 이하일 수 있다. 구현예에서, 결정상의 총 중량에 기초한 결정상 내의 리튬 디실리케이트 및 페달라이트의 총량은 50 wt% 이상 99 wt% 이하, 50 wt% 이상 90 wt% 이하, 50 wt% 이상 85 wt% 이하, 60 wt% 이상 99 wt% 이하, 60 wt% 이상 90 wt% 이하, 60 wt% 이상 85 wt% 이하, 70 wt% 이상 99 wt% 이하, 70 wt% 이상 90 wt% 이하, 또는 심지어 70 wt% 이상 85 wt% 이하, 또는 이들 끝점 중 임의의 것으로부터 형성되는 임의 및 모든 하위 범위일 수 있다.
- [0163] 구현예에서, 결정상의 총 중량에 기초한 결정상 내의 리튬 디실리케이트의 양은 20 wt% 이상 또는 심지어 30 wt% 리튬 디실리케이트일 수 있다. 구현예에서, 결정상의 총 중량에 기초한 결정상 내의 리튬 디실리케이트의 양은 60 wt% 이하 또는 심지어 50 wt% 이하일 수 있다. 구현예에서, 결정상의 총 중량에 기초한 결정상 내의 리튬 디실리케이트의 양은 20 wt% 이상 60 wt% 이하, 20 wt% 이상 50 wt% 이하, 30 wt% 이상 60 wt% 이하, 또는 심지어 30 wt% 이상 50 wt% 이하, 또는 이들 끝점 중 임의의 것으로부터 형성되는 임의 및 모든 하위 범위일 수 있다.
- [0164] 구현예에서, 결정상의 총 중량에 기초한 결정상 내의 페달라이트의 양은 20 wt% 이상 또는 심지어 30 wt%일 수 있다. 구현예에서, 결정상의 총 중량에 기초한 결정상 내의 페달라이트의 양은 60 wt% 이하 또는 심지어 50 wt% 이하일 수 있다. 구현예에서, 결정상의 총 중량에 기초한 결정상 내의 페달라이트의 양은 20 wt% 이상 60 wt% 이하, 20 wt% 이상 50 wt% 이하, 30 wt% 이상 60 wt% 이하, 또는 심지어 30 wt% 이상 50 wt% 이하, 또는 이들 끝점 중 임의의 것으로부터 형성되는 임의 및 모든 하위 범위일 수 있다.
- [0165] 구현예에서, 리튬 디실리케이트 및 페달라이트 외에, 유리-세라믹 물품의 결정상은 리튬 메타실리케이트, β -석영, 크리스토팔라이트, 또는 이들의 조합을 더욱 포함할 수 있다.

- [0166] 구현예에서, 결정상의 리튬 디실리케이트 및 페달라이트의 결정립의 결정립 크기는 유리-세라믹 물품이 투명하거나 투명 헤이즈이도록 제한될 수 있다(예를 들어, 100 nm 이하). 구현예에서, 결정상의 리튬 디실리케이트 및 페달라이트의 결정립은 10 nm 이상, 25 nm 이상, 또는 심지어 50 nm 이상의 결정립 크기를 포함할 수 있다. 구현예에서, 결정상의 리튬 디실리케이트 및 페달라이트의 결정립은 100 nm 이하 또는 심지어 75 nm 이하의 결정립 크기를 포함할 수 있다. 구현예에서, 결정상의 리튬 디실리케이트 및 페달라이트의 결정립은 10 nm 이상 100 nm 이하, 10 nm 이상 75 nm 이하, 25 nm 이상 100 nm 이하, 25 nm 이상 75 nm 이하, 50 nm 이상 100 nm 이하, 또는 심지어 50 nm 이상 75 nm 이하, 또는 이들 끝점 중 임의의 것으로부터 형성되는 임의 및 모든 하위 범위의 결정립 크기를 가질 수 있다.
- [0167] 구현예에서, 결정상의 리튬 디실리케이트 및 페달라이트의 결정립은 2:1 이상, 5:1 이상, 10:1 이상, 20:1 이상, 또는 심지어 25:1 이상의 중형비를 포함할 수 있다.
- [0168] 구현예에서, 유리-세라믹 물품은 유리-세라믹 물품의 중량 기초로(즉, wt%) 50 wt% 이상의 결정상 및 50 wt% 이하의 잔류 유리상, 60 wt% 이상의 결정상 및 40 wt% 이하의 잔류 유리상, 70 wt% 이상의 결정상 및 30 wt% 이하의 잔류 유리상, 80 wt% 이상의 결정상 및 20 wt% 이하의 잔류 유리상, 또는 심지어 90 wt% 이상의 결정상 및 10 wt% 이하의 잔류 유리상, 또는 XRD 스펙트럼의 Rietveld 분석에 의해 결정된 바와 같은 또는 이들 끝점 중 임의의 것으로부터 형성되는 임의 및 모든 하위 범위를 포함할 수 있다.
- [0169] 유리-세라믹 물품은 시트로 제공될 수 있으며, 이는 이후 가압, 블로잉, 벤딩, 새깅, 진공 성형, 또는 다른 수단에 의해 균일한 두께의 굽거나 흰 조각으로 개질될 수 있다.
- [0170] 본원에 설명된 유리-세라믹 물품은 예를 들어, LCD 및 LED 디스플레이, 컴퓨터 모니터, 및 현금 자동 입출금기(ATM)를 포함하는 소비자 또는 상업용 전자 장치에서 커버 유리 또는 유리 백플레인 적용; 예를 들어, 휴대전화, 개인용 미디어 플레이어, 시계 및 태블릿 컴퓨터를 포함하는 휴대용 전자 장치를 위한 터치 스크린 또는 터치 센서 적용; 예를 들어, 반도체 웨이퍼를 포함하는 집적 회로 적용; 광전지 적용; 건축용 유리 적용; 자동차 또는 차량용 유리 적용; 또는 상업용 또는 가정용 기기 적용을 포함하는 다양한 적용에서 사용될 수 있다. 구현예에서, 소비자 전자 장치(예를 들어, 스마트폰, 태블릿 컴퓨터, 시계, 개인용 컴퓨터, 울트라북, 텔레비전 및 카메라), 건축용 유리, 및/또는 자동차 유리는 본원에 설명된 유리-계 물품을 포함할 수 있다.
- [0171] 본원에 설명된 임의의 유리-세라믹 물품을 포함하는 예시적인 전자 장치는 도 1 및 2에 도시된다. 구체적으로, 도 1 및 2는 전면(104), 후면(106) 및 측면(108)을 갖는 하우징(102); 적어도 부분적으로 상기 하우징 내에 제공되며 적어도 컨트롤러, 메모리, 및 하우징의 전면 또는 이에 인접하게 있는 디스플레이(110)를 포함하는 전자 부품(미도시); 및 상기 디스플레이 위에 있도록 하우징의 전면 또는 그 위에 있는 커버 기판(112)을 포함하는 소비자 전자 장치(100)를 나타낸다. 구현예에서, 커버 기판(112) 및 하우징(102) 중 적어도 하나의 적어도 일부는 본원에 개시된 유리-세라믹 물품 중 임의의 것을 포함할 수 있다.
- [0172] 실시예
- [0173] 다양한 구현예를 보다 쉽게 이해할 수 있도록, 본원에 기재된 전구체 유리 조성물 및 유리-세라믹 물품의 다양한 구현예를 설명하기 위해 의도된 다음 실시예에 대한 참조가 이루어진다.
- [0174] 표 1은 실시예 및 전구체 유리 조성물(mol% 기준) 및 전구체 유리 조성물의 액상선 온도를 나타낸다. 표 2는 실시예 및 비교예 유리-세라믹 물품을 달성하기 위한 열처리 일정, 및 유리-세라믹 물품의 각각의 특성을 나타낸다. 유리-세라믹 물품은 표 1에 열거된 실시예 전구체 유리 조성물 1-29 및 비교예 전구체 유리 조성물 C1-C9를 갖도록 형성되었다.

표 1

[0175]

실시예	1	2	3	4	5	6
SiO ₂	68.2	67.6	67.6	68.2	67.6	66.9
B ₂ O ₃	-	-	-	-	-	-
Al ₂ O ₃	3.7	3.6	3.6	3.7	3.6	3.6
Li ₂ O	21.3	21.1	21.1	21.3	21.1	20.9
Na ₂ O	1.2	1.1	1.1	1.2	1.1	1.1
K ₂ O	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7

MgO	-	-	-	1.0	1.9	2.8
CaO	-	1.9	-	-	-	-
SrO	-	-	-	-	-	-
BaO	-	-	1.9	-	-	-
ZnO	-	-	-	-	-	-
GeO ₂	-	-	-	-	-	-
La ₂ O ₃	1.0	-	-	-	-	-
Y ₂ O ₃	-	-	-	-	-	-
Ta ₂ O ₅	-	-	-	-	-	-
P ₂ O ₅	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9
ZrO ₂	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.8
SnO ₂	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
R ₂ O	23.2	22.9	22.9	23.2	22.9	22.7
RO	0	1.9	1.9	1.0	1.9	2.8
알칼리 토 산화물	0	1.9	1.9	1.0	1.9	2.8
전이 금속 산화물	1.0	0	0	0	0	0
알칼리 토 산화물 + 전이 금속 산화물	1.0	1.9	1.9	1.0	1.9	2.8
P ₂ O ₅ + ZrO ₂	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.7
Li ₂ O/Al ₂ O ₃	5.76	5.86	5.86	5.76	5.86	5.81
Li ₂ O/SiO ₂	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31
(SiO ₂ + Al ₂ O ₃)/ (P ₂ O ₅ + ZrO ₂)	18.44	18.26	18.26	18.44	18.26	19.05
액상선 온도 (°C)	1055	1055	1015	1040	1055	1065

[0176] (표 1 계속)

실시예	7	8	9	10	11	12
SiO ₂	66.3	68.2	66.9	66.3	68.2	67.6
B ₂ O ₃	-	-	-	-	-	-
Al ₂ O ₃	3.6	3.7	3.6	3.6	3.7	3.6
Li ₂ O	20.7	21.3	20.9	20.7	21.3	21.1
Na ₂ O	1.1	1.2	1.1	1.1	1.2	1.1
K ₂ O	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
MgO	3.8	-	-	-	-	-
CaO	-	1.0	2.8	3.8	-	-
SrO	-	-	-	-	1.0	1.9
BaO	-	-	-	-	-	-
ZnO	-	-	-	-	-	-
GeO ₂	-	-	-	-	-	-
La ₂ O ₃	-	-	-	-	-	-
Y ₂ O ₃	-	-	-	-	-	-
Ta ₂ O ₅	-	-	-	-	-	-
P ₂ O ₅	0.9	1.0	0.9	0.9	1.0	1.0
ZrO ₂	2.8	2.9	2.8	2.8	2.9	2.9
SnO ₂	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
R ₂ O	22.5	23.2	22.7	22.5	23.2	22.9
RO	3.8	1.0	2.8	3.8	1.0	1.9
알칼리 토 산화물	3.8	1.0	2.8	3.8	1.0	1.9
전이 금속 산화물	0	0	0	0	0	0
알칼리 토 산화물 + 전이 금속 산화물	3.8	1.0	2.8	3.8	1.0	1.9
P ₂ O ₅ + ZrO ₂	3.7	3.9	3.7	3.7	3.9	3.9
Li ₂ O/Al ₂ O ₃	5.75	5.76	5.81	5.75	5.76	5.86
Li ₂ O/SiO ₂	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31
(SiO ₂ + Al ₂ O ₃)/ (P ₂ O ₅ + ZrO ₂)	18.89	18.44	19.05	18.89	18.44	18.26
액상선 온도 (°C)	1080	1040	1040	1040	1035	1020

[0177]

[0178] (표 1 계속)

실시예	13	14	15	16	17	18
SiO ₂	66.9	66.3	68.2	68.9	68.9	68.9
B ₂ O ₃	-	-	-	-	-	-
Al ₂ O ₃	3.6	3.6	3.7	2.7	2.7	2.7
Li ₂ O	20.9	20.7	21.3	21.5	21.5	21.5
Na ₂ O	1.1	1.1	1.2	1.0	1.0	1.0
K ₂ O	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
MgO	-	-	-	-	-	-
CaO	-	-	-	-	-	-
SrO	2.8	3.8	-	-	-	-
BaO	-	-	1.0	-	-	-
ZnO	-	-	-	-	-	-
GeO ₂	-	-	-	-	-	-
La ₂ O ₃	-	-	-	-	-	-
Y ₂ O ₃	-	-	-	0.5	0.7	1.0
Ta ₂ O ₅	-	-	-	-	-	-
P ₂ O ₅	0.9	0.9	1.0	1.2	1.2	1.2
ZrO ₂	2.8	2.8	2.9	3.4	3.2	2.9
SnO ₂	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
R ₂ O	22.7	22.5	23.2	23.2	23.2	23.2
RO	2.8	3.8	1.0	0	0	0
알칼리 토 산화물	2.8	3.8	1.0	0	0	0
전이 금속 산화물	0	0	0	0.5	0.7	1.0
알칼리 토 산화물 + 전이 금속 산화물	2.8	3.8	1.0	0.5	0.7	1.0
P ₂ O ₅ + ZrO ₂	3.7	3.7	3.9	4.6	4.4	4.1
Li ₂ O/Al ₂ O ₃	5.81	5.75	5.76	7.96	7.96	7.96
Li ₂ O/SiO ₂	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31
(SiO ₂ + Al ₂ O ₃)/ (P ₂ O ₅ + ZrO ₂)	19.05	18.89	18.44	15.57	16.27	17.46
액상선 온도 (°C)	1015	1045	1035	1040	1025	1025

[0179]

[0180] (표 1 계속)

실시예	19	20	21	22	23	24
SiO ₂	70.1	69.8	70.1	69.8	70.1	69.8
B ₂ O ₃	-	-	-	-	-	-
Al ₂ O ₃	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2
Li ₂ O	21.3	21.2	21.3	21.2	21.3	21.2
Na ₂ O	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
K ₂ O	-	-	-	-	-	-
MgO	-	-	-	-	-	-
CaO	-	-	-	-	-	-
SrO	-	-	-	-	-	-
BaO	0.2	0.7	-	-	-	-
ZnO	-	-	-	-	-	-
GeO ₂	-	-	0.2	0.7	-	-
La ₂ O ₃	-	-	-	-	0.2	0.7
Y ₂ O ₃	-	-	-	-	-	-
Ta ₂ O ₅	-	-	-	-	-	-
P ₂ O ₅	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
ZrO ₂	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7
SnO ₂	-	-	-	-	-	-
R ₂ O	22.8	22.7	22.8	22.7	22.8	22.7
RO	0.2	0.7	0	0	0	0
알칼리 토 산화물	0.2	0.7	0	0	0	0
전이 금속 산화물	0	0	0.2	0.7	0.2	0.7
알칼리 토 산화물 + 전이 금속 산화물	0.2	0.7	0.2	0.7	0.2	0.7
P ₂ O ₅ + ZrO ₂	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6
Li ₂ O/Al ₂ O ₃	5.07	5.05	5.07	5.05	5.07	5.05
Li ₂ O/SiO ₂	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
(SiO ₂ + Al ₂ O ₃)/ (P ₂ O ₅ + ZrO ₂)	28.58	28.46	28.58	28.46	28.58	28.46
액상선 온도 (°C)	-	-	-	-	-	-

[0181]

[0182] (표 1 계속)

실시예	25	26	27	28	29	C1
SiO ₂	70.1	69.8	70.1	70.1	69.8	69.0
B ₂ O ₃	-	-	-	-	-	-
Al ₂ O ₃	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	3.7
Li ₂ O	22.5	22.4	22.5	22.5	22.4	21.6
Na ₂ O	-	-	-	-	-	1.0
K ₂ O	-	-	-	-	-	0.7
MgO	-	-	-	-	-	-
CaO	-	-	-	-	-	-
SrO	-	-	0.2	-	-	-
BaO	0.2	0.7	-	-	-	-
ZnO	-	-	-	-	-	-
GeO ₂	-	-	-	-	-	-
La ₂ O ₃	-	-	-	-	-	-
Y ₂ O ₃	-	-	-	-	-	-
Ta ₂ O ₅	-	-	-	0.2	0.7	-
P ₂ O ₅	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	1.0
ZrO ₂	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.9
SnO ₂	-	-	-	-	-	0.1
R ₂ O	22.5	22.4	22.5	22.5	22.4	23.3
RO	0.2	0.7	0.2	0	0	0
알칼리 토 산화물	0.2	0.7	0.2	0	0	0
전이 금속 산화물	0	0	0	0.2	0.7	0
알칼리 토 산화물 + 전이 금속 산화물	0.2	0.7	0.2	0.2	0.7	0
P ₂ O ₅ + ZrO ₂	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	3.9
Li ₂ O/Al ₂ O ₃	5.23	5.21	5.23	5.23	5.21	5.84
Li ₂ O/SiO ₂	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.31
(SiO ₂ + Al ₂ O ₃)/ (P ₂ O ₅ + ZrO ₂)	26.57	26.46	26.57	26.57	26.46	18.64
액상선 온도 (°C)	-	-	-	-	-	1050

[0183]

[0184] (표 1 계속)

실시예	C2	C3	C4	C5	C6	C7
SiO ₂	69.0	70.3	69.8	68.2	67.6	70.1
B ₂ O ₃	-	-	-	-	-	-
Al ₂ O ₃	2.7	4.3	4.3	3.7	3.6	4.2
Li ₂ O	21.6	22.6	22.4	21.3	21.1	21.3
Na ₂ O	1.0	-	2.0	1.2	1.1	1.5
K ₂ O	0.7	-	-	0.7	0.7	-
MgO	-	-	-	-	-	-
CaO	-	-	-	-	-	-
SrO	-	-	-	-	-	-
BaO	-	-	-	-	-	-
ZnO	-	-	0.7	1.0	1.9	0.2
GeO ₂	-	-	-	-	-	-
La ₂ O ₃	-	-	-	-	-	-
Y ₂ O ₃	-	-	-	-	-	-
Ta ₂ O ₅	-	-	-	-	-	-
P ₂ O ₅	1.0	0.8	0.8	1.0	1.0	0.9
ZrO ₂	3.9	2.0	2.0	2.9	2.9	1.7
SnO ₂	0.1	0.0	-	0.1	0.1	-
R ₂ O	23.3	22.6	24.4	23.2	22.9	22.8
RO	0	0	0.7	1.0	1.9	0.2
알칼리 토 산화물	0	0	0	0	0	0
전이 금속 산화물	0	0	0	0	0	0
알칼리 토 산화물 + 전이 금속 산화물	0	0	0	0	0	0
P ₂ O ₅ + ZrO ₂	4.9	2.8	2.8	3.9	3.9	2.6
Li ₂ O/Al ₂ O ₃	8.00	5.26	5.21	5.76	5.86	5.07
Li ₂ O/SiO ₂	0.31	0.32	0.32	0.31	0.31	0.30
(SiO ₂ + Al ₂ O ₃)/ (P ₂ O ₅ + ZrO ₂)	14.63	26.64	26.46	18.44	18.26	28.58
액상선 온도 (°C)	1070	-	-	1055	1045	-

[0185]

[0186] (표 1 계속)

실시예	C8	C9
SiO ₂	69.8	70.1
B ₂ O ₃	-	-
Al ₂ O ₃	4.2	4.3
Li ₂ O	21.2	22.5
Na ₂ O	1.5	-
K ₂ O	-	-
MgO	-	-
CaO	-	-
SrO	-	-
BaO	-	-
ZnO	0.7	0.2
GeO ₂	-	-
La ₂ O ₃	-	-
Y ₂ O ₃	-	-
Ta ₂ O ₅	-	-
P ₂ O ₅	0.9	0.8
ZrO ₂	1.7	2.0
SnO ₂	-	-
R ₂ O	22.7	22.5
RO	0.7	0.2
알칼리 토 산화물	0	0
전이 금속 산화물	0	0
알칼리 토 산화물 + 전이 금속 산화물	0	0
P ₂ O ₅ + ZrO ₂	2.6	2.8
Li ₂ O/Al ₂ O ₃	5.05	5.23
Li ₂ O/SiO ₂	0.30	0.32
(SiO ₂ + Al ₂ O ₃)/ (P ₂ O ₅ + ZrO ₂)	28.46	26.57
액상선 온도 (°C)	-	-

[0187]

표 2

[0188]

실시예	1	2	3	4	5
핵 형성 유지	580 °C에서 4시간	560 °C에서 4시간	560 °C에서 4시간	580 °C에서 4시간	560 °C에서 4시간
결정화 유지	750 °C에서 1시간	730 °C에서 1시간	730 °C에서 1시간	750 °C에서 1시간	730 °C에서 1시간
외관	투명 헤이즈	투명	투명	투명	투명
상 균지	리튬 디실리케이트, 페탈라이트	리튬 디실리케이트, 페탈라이트	리튬 디실리케이트, 페탈라이트	리튬 디실리케이트, 페탈라이트	리튬 디실리케이트, 페탈라이트
탄성 계수 (Gpa)	-	102.7	100.7	-	102
전단 계수 (Gpa)	-	42.6	41.7	-	42.4
푸아송 비	-	0.204	0.207	-	0.203
K _{Ic} (CN) (MPa · m ^{1/2})	-	1.279	1.113	-	1.109
SOC (nm/mm/MPa)	2.626	2.616	2.568	2.645	2.601

[0189]

(표 2 계속)

실시예	6	7	8	9	10
핵 형성 유지	560 °C에서 4시간	560 °C에서 4시간	580 °C에서 4시간	580 °C에서 4시간	560 °C에서 4시간
결정화 유지	710 °C에서 1시간	710 °C에서 1시간	750 °C에서 1시간	750 °C에서 1시간	730 °C에서 1시간
외관	투명	투명	투명	투명	투명
상 균지	리튬 디실리케이트, 페탈라이트	리튬 디실리케이트, 페탈라이트	리튬 디실리케이트, 페탈라이트	리튬 디실리케이트, 페탈라이트	리튬 디실리케이트, 페탈라이트
탄성 계수 (Gpa)	-	-	-	-	102
전단 계수 (Gpa)	-	-	-	-	42.4
푸아송 비	-	-	-	-	0.203
K _{Ic} (CN) (MPa · m ^{1/2})	-	-	-	-	1.109
SOC (nm/mm/MPa)	-	-	2.633	2.645	2.601

[0190]

[0191]

(표 2 계속)

실시예	11	12	13	14	15
핵 형성 유지	560 °C에서 4시간	560 °C에서 4시간	580 °C에서 4시간	560 °C에서 4시간	580 °C에서 4시간
결정화 유지	710 °C에서 1시간	710 °C에서 1시간	750 °C에서 1시간	710 °C에서 1시간	750 °C에서 1시간
외관	투명	투명	투명	투명	투명
상 균지	리튬 디실리케이트, 페탈라이트	리튬 디실리케이트, 페탈라이트	리튬 디실리케이트, 페탈라이트	리튬 디실리케이트, 페탈라이트	리튬 디실리케이트, 페탈라이트
탄성 계수 (Gpa)	-	-	-	-	-
전단 계수 (Gpa)	-	-	-	-	-
푸아송 비	-	-	-	-	-
K _{Ic} (CN) (MPa · m ^{1/2})	-	-	-	-	-
SOC (nm/mm/MPa)	-	-	2.633	2.528	2.616

[0192]

[0193] (표 2 계속)

실시예	16	17	18	19	20
핵 형성 유지	600 °C 에서 4 시간	600 °C 에서 4 시간	600 °C 에서 4 시간	560 °C 에서 4 시간	560 °C 에서 4 시간
결정화 유지	740 °C 에서 1 시간	740 °C 에서 1 시간	740 °C 에서 1 시간	720 °C 에서 1 시간	720 °C 에서 1 시간
외관	투명	투명	투명	투명	투명
상 군집	리튬 디실리케이트, 페탈라이트	리튬 디실리케이트, 페탈라이트	리튬 디실리케이트, 페탈라이트	리튬 디실리케이트, 페탈라이트	리튬 디실리케이트, 페탈라이트
탄성 계수 (Gpa)	99.8	100.1	100.3	-	-
전단 계수 (Gpa)	41.5	41.5	41.7	-	-
푸아송 비	0.202	0.207	0.203	-	-
K_{IC} (CN) (MPa·m ^{1/2})	1.132	1.109	1.157	-	-
SOC (nm/mm/MPa)	2.677	2.654	2.638	-	-

[0194]

[0195] (표 2 계속)

실시예	21	22	23	24	25
핵 형성 유지	560 °C 에서 4 시간	560 °C 에서 4 시간	560 °C 에서 4 시간	560 °C 에서 4 시간	580 °C 에서 4 시간
결정화 유지	720 °C 에서 1 시간	720 °C 에서 1 시간	720 °C 에서 1 시간	720 °C 에서 1 시간	760 °C 에서 1 시간
외관	투명	투명	투명	투명	투명
상 군집	리튬 디실리케이트, 페탈라이트	리튬 디실리케이트, 페탈라이트	리튬 디실리케이트, 페탈라이트	리튬 디실리케이트, 페탈라이트	리튬 디실리케이트, 페탈라이트
탄성 계수 (Gpa)	-	-	-	-	104.2
전단 계수 (Gpa)	-	-	-	-	43.6
푸아송 비	-	-	-	-	0.195
K_{IC} (CN) (MPa·m ^{1/2})	-	-	-	-	-
SOC (nm/mm/MPa)	-	-	-	-	2.558

[0196]

[0197] (표 2 계속)

실시예	26	27	28	29
핵 형성 유지	580 °C 에서 4 시간	580 °C 에서 4 시간	580 °C 에서 4 시간	580 °C 에서 4 시간
결정화 유지	760 °C 에서 1 시간	760 °C 에서 1 시간	760 °C 에서 1 시간	760 °C 에서 1 시간
외관	투명	투명	투명	투명 헤이즈
상 군집	리튬 디실리케이트, 페탈라이트	리튬 디실리케이트, 페탈라이트	리튬 디실리케이트, 페탈라이트	리튬 디실리케이트, 페탈라이트, 크리스토팔라 이트
탄성 계수 (Gpa)	104.3	104.3	104	104.1
전단 계수 (Gpa)	43.6	43.6	43.5	43.6
푸아송 비	0.196	0.194	0.195	0.194
K_{IC} (CN) (MPa·m ^{1/2})	-	-	-	-
SOC (nm/mm/MPa)	2.546	2.58	2.594	2.624

[0198]

[0199] (표 2 계속)

실시예	C1	C2	C3	C4	C5
핵 형성 유지	580 °C 에서 4 시간	580 °C 에서 4 시간	580 °C 에서 4 시간	580 °C 에서 4 시간	580 °C 에서 4 시간
결정화 유지	750 °C 에서 1 시간	750 °C 에서 1 시간	760 °C 에서 1 시간	760 °C 에서 1 시간	750 °C 에서 1 시간
외관	투명	투명	투명	투명	투명 헤이즈
상 균질	리튬 디실리케이트, 페탈라이트	리튬 디실리케이트, 페탈라이트	리튬 디실리케이트, 페탈라이트	리튬 디실리케이트, 페탈라이트, 리튬 메타실리케이 트	리튬 디실리케이트, 페탈라이트
탄성 계수 (Gpa)	101.2	100.5	103.8	104	-
전단 계수 (Gpa)	42.3	42	43.5	43.4	-
푸아송 비	0.198	0.197	0.193	0.195	-
K _{IC} (CN) (MPa·m ^{1/2})	1.113	1.116	-	-	-
SOC (nm/mm/MPa)	2.664	2.707	2.576	2.602	2.684

[0200]

[0201] (표 2 계속)

실시예	C6	C7	C8	C9
핵 형성 유지	560 °C 에서 4 시간	560 °C 에서 4 시간	560 °C 에서 4 시간	580 °C 에서 4 시간
결정화 유지	730 °C 에서 1 시간	720 °C 에서 1 시간	720 °C 에서 1 시간	760 °C 에서 1 시간
외관	투명 헤이즈	투명	투명	투명
상 균질	리튬 디실리케이트, 페탈라이트	리튬 디실리케이트, 페탈라이트	리튬 디실리케이트, 페탈라이트	리튬 디실리케이트, 페탈라이트
탄성 계수 (Gpa)	-	-	-	104
전단 계수 (Gpa)	-	-	-	43.4
푸아송 비	-	-	-	0.197
K _{IC} (CN) (MPa·m ^{1/2})	-	-	-	-
SOC (nm/mm/MPa)	-	-	-	2.594

[0202]

[0203] 표 1의 실시예 전구체 유리 조성물 및 표 2의 유리-세라믹 물품에 의해 표시된 바와 같이, 본원에 설명된 전구체 유리 조성물로부터 형성된 유리-세라믹 물품은 향상된 파괴 인성 및 탄성 계수를 갖는 투명 또는 투명 헤이즈, 리튬 디실리케이트 및 페탈라이트 유리-세라믹 물품일 수 있다.

[0204] 이제 도 3을 참조하면, 실시예 전구체 유리 조성물 2, 3, 5 및 12 및 비교예 전구체 유리 조성물 C1로부터 형성된 유리-세라믹 물품은 470 °C의 온도에서 100% NaNO₃ 이온 교환 욕에 도입되었다. 도 3에 도시된 바와 같이, 전구체 유리 조성물 내 MgO의 포함(실시예 전구체 유리 조성물 5(E5)), CaO의 포함(실시예 전구체 유리 조성물 2(E2)), SrO의 포함(실시예 전구체 유리 조성물 12(E12)), 및 BaO의 포함(실시예 전구체 유리 조성물 3(E3))은 어떠한 알칼리 토 산화물 또는 전이 금속 산화물도 포함하지 않는 비교예 전구체 유리 조성물 C1로부터 형성된 비교예 유리-세라믹 물품의 최대 중심 장력에 비해 실시예 유리-세라믹 물품의 최대 중심 장력의 증가를 초래하였다.

[0205] 이제 도 4를 참조하면, 실시예 전구체 유리 조성물 17 및 비교예 전구체 유리 조성물 C2로부터 형성된 유리-세라믹 물품은 470 °C의 온도에서 100% NaNO₃ 이온 교환 욕에 도입되었다. 도 4에 도시된 바와 같이, 전구체 유리 조성물 내 Y₂O₃의 포함(실시예 전구체 유리 조성물 17(E17))은 Y₂O₃ 또는 다른 전이 금속 산화물 또는 알칼리 토 산화물 중 어느 것도 포함하지 않는 비교예 전구체 유리 조성물 C2로부터 형성된 비교예 유리-세라믹 물품의 최

대 중심 장력에 비해 실시예 유리-세라믹 물품의 최대 중심 장력의 증가를 초래하였다.

[0206] 이제 도 5를 참조하면, 실시예 전구체 유리 조성물 29 및 비교예 전구체 유리 조성물 C3 및 C4로부터 형성된 유리-세라믹 물품은 470 °C의 온도에서 100% NaNO₃ 이온 교환 욕에 도입되었다. 도 5에 도시된 바와 같이, 전구체 유리 조성물 내의 Ta₂O₅의 포함(전구체 유리 조성물 29(E29))은 Ta₂O₅ 또는 다른 전이 금속 또는 알칼리 토 산화물 중 어느 것도 포함하지 않는 비교예 전구체 유리 조성물 C3 및 C4로부터 형성된 비교예 유리-세라믹 물품의 최대 중심 장력에 비해 실시예 유리-세라믹 물품의 최대 중심 장력의 증가를 초래하였다.

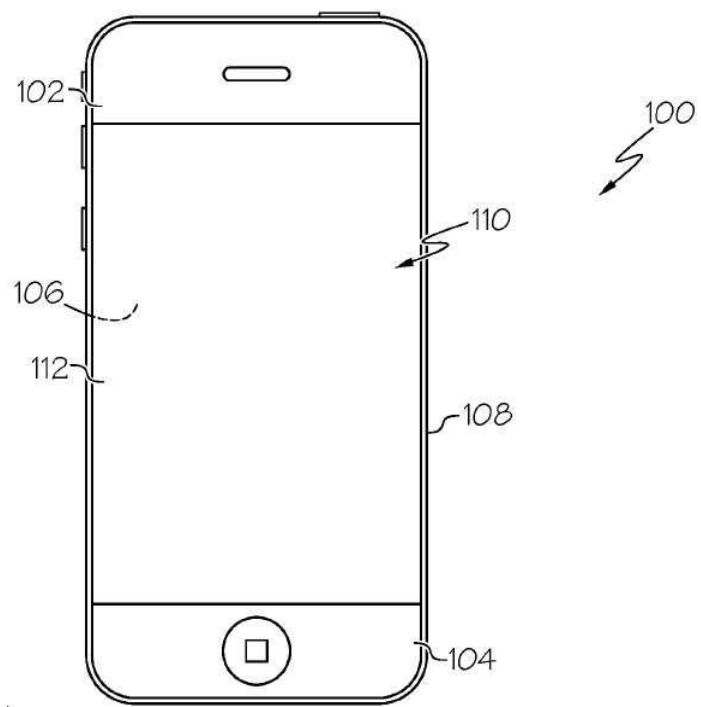
[0207] 도 3 내지 5에 나타난 바와 같이, 본원에 설명된 전구체 유리 조성물 내에 알칼리 토 산화물 및/또는 전이 금속 산화물을 포함시키는 것은 알칼리 토 산화물 또는 전이 금속 산화물을 포함하지 않는 전구체 유리 조성물로부터 형성된 유리-세라믹 물품에 비해 주어진 이온 교환 처리에 대해 증가된 최대 중심 장력을 갖는 유리-세라믹 물품을 초래할 수 있다.

[0208] 또한, 도 3 내지 5는 목표 중심 장력이 본원에 설명된 바와 같은 전구체 유리 조성물 내에 특정 알칼리 토 산화물 및/또는 전이 금속 산화물을 포함시킴으로써 보다 빠르게 달성될 수 있음을 나타낸다. 예를 들어, 도 3에 도시된 바와 같이, 전구체 유리 조성물 5로부터 형성된 유리-세라믹 물품은 대략 6시간의 이온 교환 후 100 MPa의 중심 장력을 달성한 반면, 다른 유리-세라믹 물품은 100 MPa의 중심 장력을 달성하는데 보다 오랜 시간이 걸렸다. 목표 중심 장력은 유리-세라믹 물품을 함유하는 알칼리 토 산화물 및/또는 전이 금속 산화물이 교환되는 이온 당 보다 많은 응력을 생성하고, 이는 요구되는 이온 교환 시간을 단축시키기 때문에 보다 빠르게 달성된다. 보다 짧은 이온 교환 시간은 비용을 감소시키고 상승된 온도 노출에 의해 야기될 수 있는 보다 낮은 응력 완화의 이점을 갖는다. 따라서, 본원에 설명된 전구체 유리 조성물은 상대적으로 짧은 시간 주기 내에 목표 중심 장력을 달성하기 위해 특정 알칼리 토 산화물 및/또는 전이 금속 산화물을 포함하도록 조정될 수 있다.

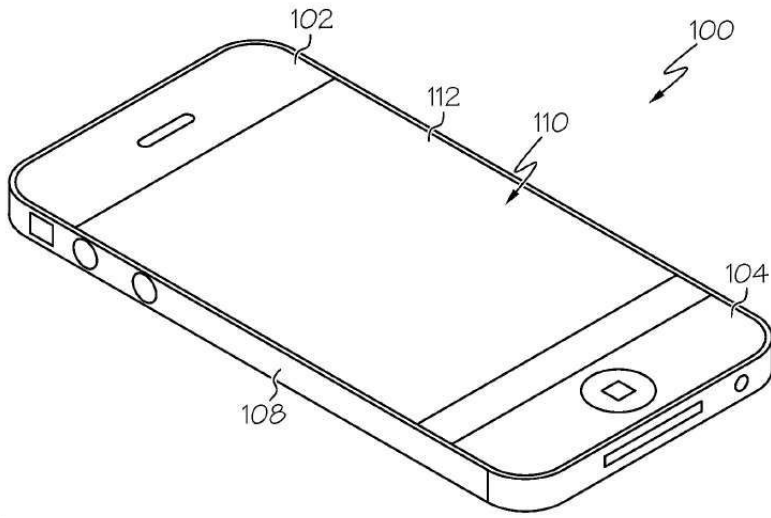
[0209] 청구된 주제의 사상 및 범위를 벗어나지 않고 본 명세서에 설명된 구현예에 대해 다양한 수정 및 변형이 이루어질 수 있다는 점은 당업자에게 명백할 것이다. 따라서, 명세서는 본원에 설명된 다양한 구현예의 수정 및 변형을 포함하도록 의도되며, 그러한 수정 및 변형은 첨부된 청구범위 및 그 균등물의 범위 내에 속한다.

도면

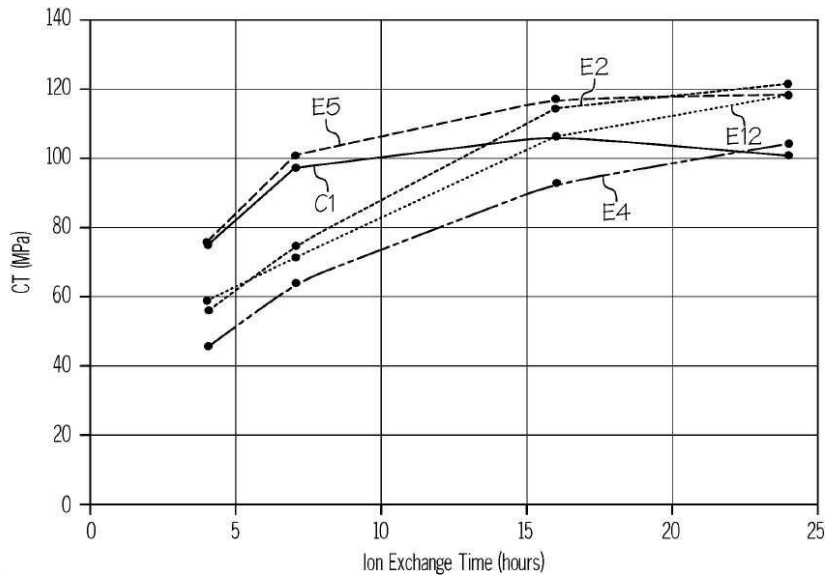
도면1



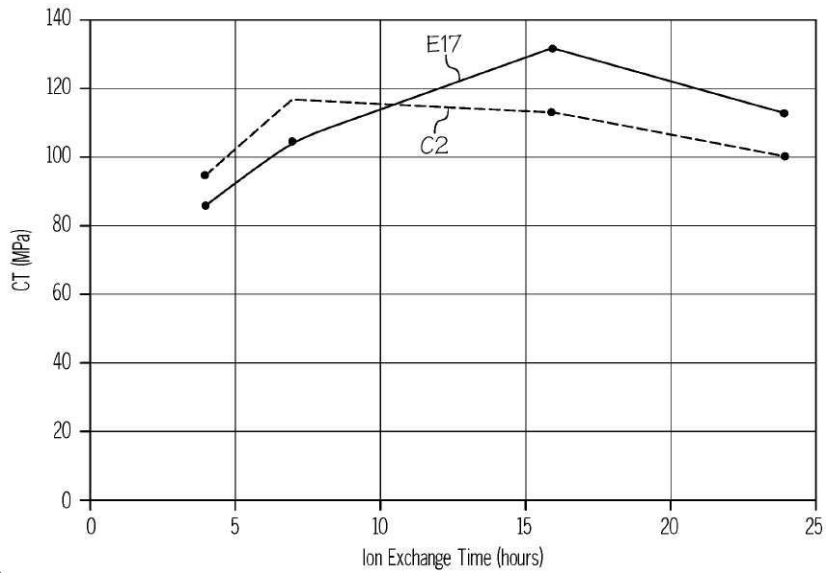
도면2



도면3



도면4



도면5

