



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

(45) 공고일자 2019년01월14일  
 (11) 등록번호 10-1938514  
 (24) 등록일자 2019년01월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
 C03C 3/083 (2006.01) C03C 21/00 (2006.01)  
 C03C 3/085 (2006.01) C03C 3/091 (2006.01)

(52) CPC특허분류  
 C03C 3/083 (2013.01)  
 C03C 21/00 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2017-7033967(분할)  
 (22) 출원일자(국제) 2012년10월25일  
 심사청구일자 2017년11월23일  
 (85) 번역문제출일자 2017년11월23일  
 (65) 공개번호 10-2017-0132360  
 (43) 공개일자 2017년12월01일  
 (62) 원출원 특허 10-2014-7013028  
 원출원일자(국제) 2012년10월25일  
 심사청구일자 2014년12월18일  
 (86) 국제출원번호 PCT/US2012/061867  
 (87) 국제공개번호 WO 2013/063238  
 국제공개일자 2013년05월02일

(30) 우선권주장  
 61/551,163 2011년10월25일 미국(US)

(56) 선행기술조사문헌  
 US04065317 A\*  
 KR1020090027259 A\*  
 JP2004504258 A  
 \*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
**코닝 인코포레이티드**  
 미국 뉴욕 (우편번호 14831) 코닝 원 리버프론트 플라자

(72) 발명자  
**다니엘슨, 폴 스티븐**  
 미국, 뉴욕 14837, 던디, 더치 스트리트 5347  
**데마티노, 스티븐 에드워드**  
 미국, 뉴욕 14870, 페인티드 포스트, 벤넷 로드 10202  
 (뒷면에 계속)

(74) 대리인  
**청운특허법인**

전체 청구항 수 : 총 18 항

심사관 : 이영화

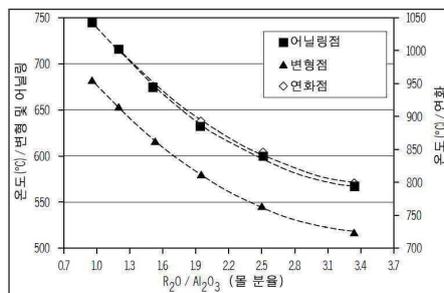
**(54) 발명의 명칭 개선된 화학적 및 기계적 내구성을 갖는 유리 조성물**

**(57) 요약**

본 명세서에 기재된 구현 예는 화학적 및 기계적 내구성 유리 조성물 및 이로부터 형성된 유리 제품에 관한 것이다. 또 다른 구현 예에 있어서, 유리 조성물은 약 70 mol.% 내지 약 80 mol.%의 SiO<sub>2</sub>; 약 3 mol.% 내지 약 13 mol.%의 알칼리 토 산화물; X mol.%의 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 및 Y mol.%의 알칼리 산화물을 포함할 수 있다. 상기 알칼리 산화

(뒷면에 계속)

**대표도** - 도1



물은 약 8 mol.%를 초과하는 양의 Na<sub>2</sub>O를 포함할 수 있다. Y:X의 비는 1을 초과할 수 있고, 상기 유리 조성물은 붕소 및 붕소의 화합물이 없을 수 있다. 몇몇 구현 예에 있어서, 상기 유리 조성물은 또한 인 및 인의 화합물이 없을 수 있다. 상기 유리 조성물로부터 형성된 유리 제품은 DIN 12116에 따른 적어도 부류 S3 내산성, ISO 695에 따른 적어도 부류 A2 내염기성, 및 ISO 720에 따른 타입 HGA1 내가수분해성을 가질 수 있다.

(52) CPC특허분류

*C03C 3/085* (2013.01)

*C03C 3/091* (2013.01)

(72) 발명자

**드레이크, 멜린다 앤**

미국, 뉴욕 14830, 코닝, 카톤 로드 28

**모레나, 로버트 미카엘**

미국, 뉴욕 14858, 린드레이, 브라운타운 로드 10904

**팔, 산토나**

미국, 뉴욕 14870, 페인티드 포스트, 오크우드 드라이브 53

**슈와트, 로버트 안토니**

미국, 뉴욕 14870, 페인티드 포스트, 잭클린 드라이브 8

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

약품 포장용 유리로서,

70 mol.% 내지 80 mol.%의  $\text{SiO}_2$ ;

4 mol.% 내지 8 mol.%의 알칼리 토 산화물, 상기 알칼리 토 산화물은 MgO 및 CaO를 포함하며, CaO의 농도는 0.1 mol.% 내지 1.0 mol.%임;

X mol.%의  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 여기서 X는 4 내지 8임; 및

$\text{Na}_2\text{O}$  및  $\text{K}_2\text{O}$ 를 포함하는, Y mol.%의 알칼리 산화물;

을 포함하는 유리 조성물을 가지며,

여기서,  $\text{Na}_2\text{O}$ 의 농도는 2 mol.% 내지 15 mol.%이고,  $\text{K}_2\text{O}$ 의 농도는 0.01 mol.% 내지 2 mol.%이며, Y는 9 초과이며, Y:X의 비는 1 초과인 약품 포장용 유리.

#### 청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기  $\text{SiO}_2$ 는 74 mol.% 내지 78 mol.%의 양으로 존재하는 약품 포장용 유리.

#### 청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 알칼리 토 산화물에서 비  $(\text{CaO (mol.\%)} / (\text{CaO (mol.\%)} + \text{MgO (mol.\%)}))$ 가 0.5 이하인 약품 포장용 유리.

#### 청구항 4

청구항 1에 있어서,

Y:X의 비는 2 이하인 약품 포장용 유리.

#### 청구항 5

청구항 4에 있어서,

상기 알칼리 산화물은 8 mol.% 초과 양으로  $\text{Na}_2\text{O}$ 를 포함하는 약품 포장용 유리.

#### 청구항 6

청구항 1에 있어서,

상기 유리 조성물은 붕소 및 붕소의 화합물을 함유하지 않는 약품 포장용 유리.

#### 청구항 7

청구항 1에 있어서,

상기 유리는 이온 교환 강화되며, 10  $\mu\text{m}$  이상의 층의 깊이 및 250 MPa 이상의 표면 압축 응력을 갖는 압축 응력 층을 갖는 약품 포장용 유리.

#### 청구항 8

청구항 1에 있어서,

상기 유리는 ISO 719에 따른 타입 HGB1 내가수분해성 (hydrolytic resistance)을 갖는 약품 포장용 유리.

**청구항 9**

청구항 1에 있어서,

상기 유리는 이온 교환 강화 이전 및 이후에 ISO 720에 따른 타입 HGA1 내가수분해성을 갖는 약품 포장용 유리.

**청구항 10**

청구항 1에 있어서,

상기 유리는 DIN 12116에 따른 적어도 부류(class) S3 내산성(acid resistance)을 갖는 약품 포장용 유리.

**청구항 11**

청구항 1에 있어서,

상기 유리는 ISO 695에 따른 적어도 부류(class) A2 내염기성(base resistance)을 갖는 약품 포장용 유리.

**청구항 12**

청구항 1에 있어서,

상기 유리의 열 팽창 계수는  $70 \times 10^{-7} \text{K}^{-1}$  미만인 약품 포장용 유리.

**청구항 13**

약품 포장용 유리로서,

70 mol.% 내지 80 mol.%의  $\text{SiO}_2$ ;

MgO 및 CaO를 포함하며, 비  $(\text{CaO (mol.\%)} / (\text{CaO (mol.\%)} + \text{MgO (mol.\%)}))$ 가 0.5 이하인 알칼리 토 산화물;

X mol.%의  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 여기서 X는 6 내지 8임; 및

$\text{Na}_2\text{O}$  및  $\text{K}_2\text{O}$ 를 포함하는, Y mol.%의 알칼리 산화물, 여기서 Y는 9 내지 15임;

을 포함하는 유리 조성물을 갖는 약품 포장용 유리.

**청구항 14**

청구항 13에 있어서,

상기 알칼리 산화물은 8 mol.% 초과 양으로  $\text{Na}_2\text{O}$ 를 포함하는 약품 포장용 유리.

**청구항 15**

청구항 13에 있어서,

상기 유리의 열 팽창 계수는  $70 \times 10^{-7} \text{K}^{-1}$  미만인 약품 포장용 유리.

**청구항 16**

약품 포장용 유리로서,

74 mol.% 내지 78 mol.%의  $\text{SiO}_2$ ;

4 mol.% 내지 8 mol.%의 알칼리 토 산화물, 상기 알칼리 토 산화물은 MgO 및 CaO를 포함하며, 비  $(\text{CaO (mol.\%)} / (\text{CaO (mol.\%)} + \text{MgO (mol.\%)}))$ 가 0.5 이하이며, CaO의 농도가 0.1 mol.% 내지 1.0 mol.%임;

X mol.%의  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 여기서 X는 4 내지 8임; 및

Y mol.%의 알칼리 산화물;

을 포함하는 유리 조성물을 가지며,

여기서 Y는 9-14이고, Y:X의 비는 1 초과이며, 상기 유리 조성물은 붕소 및 붕소의 화합물을 함유하지 않는 약품 포장용 유리.

**청구항 17**

청구항 16에 있어서,

Y:X의 비는 2 이하인 약품 포장용 유리.

**청구항 18**

청구항 17에 있어서,

상기 알칼리 산화물은 8 mol.% 초과 양으로 Na<sub>2</sub>O를 포함하는 약품 포장용 유리.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 출원은 2011년 10월 25일자에 출원된, 발명의 명칭 "개선된 화학적 및 기계적 내구성을 갖는 유리 조성물"인, 미국 가 특허출원 제61/551,163호의 우선권을 주장하며, 상기 출원의 전체적인 내용은 참조로서 본 발명에 모두 포함된다.

[0002] 본 명세서는 일반적으로 유리 조성물에 관한 것으로, 좀더 구체적으로, 약품 포장에 사용하기에 적절한 화학적 및 기계적으로 내구성 있는 유리 조성물에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0003] 역사적으로, 유리는 이의 밀폐도 (hermeticity), 광학 투명도 (optical clarity) 및 다른 물질에 비해 우수한 화학적 내구성 때문에 약품 포장에 대해 바람직한 물질로 사용되어왔다. 구체적으로, 약품 포장에서 사용된 유리는 그 안에 함유된 약학 조성물의 안정성에 영향을 미치지 않는 적절한 화학적 내구성을 가져야만 한다. 적절한 화학적 내구성을 갖는 유리는 화학적 내구성의 입증된 역사를 갖는 ASTM 기준 '타입1B' 유리 조성물 내의 이들 유리 조성물을 포함한다.

[0004] 그러나, 이러한 적용을 위한 유리의 사용은 상기 유리의 기계적 성능에 의해 제한된다. 구체적으로, 약학 산업에서, 유리 파손 (glass breakage)은, 파손된 포장 및/또는 포장의 내용물이 최종 사용자를 손상시킬 수 있기 때문에, 최종 사용자에게 안전 문제이다. 충전 라인 내에서 파손은 용기가 깨진 용기로부터 단편을 함유할 수 있어 주위의 손상되지 않은 용기도 폐기할 것을 요구하기 때문에, 파손은 약품 제조업자에게 비용을 발생시킬 수 있다. 파손은 또한 생산율을 낮추는, 상기 충전 라인이 느려지거나 또는 멈추는 것을 요구할 수 있다. 부가적으로, 파손은 증가된 비용을 유도하는 활성 약물 제품의 손실을 결과할 수 있다. 또한, 비-치명적 파손 (즉, 상기 유리가 균열은 있지만 깨지지 않은 경우)은 내용물에 이들의 멸균성을 상실하게 할 수 있고, 차례로 비용이 드는 제품의 회수를 결과할 수 있다.

[0005] 상기 유리 파손의 기계적 내구성을 개선하기 위한 하나의 접근법은 상기 유리 포장을 열적으로 강화하는 것이다. 열 강화는 형성 후 빠른 냉각 동안 표면 압축 응력을 유도하여 유리를 강화시킨다. 이러한 기술은 (창과 같은) 평면 기하학을 갖는 유리 제품, 두께 > 2 mm을 갖는 유리 제품, 및 고열 팽창을 갖는 유리 조성물에 대하여 잘 작동한다. 그러나, 약학적 유리 포장은 통상적으로 복합 기하학 (바이알 (vial), 관 (tubular), 앰플 (ampoule) 등)의, 얇은 벽 (thin wall) (~1-1.5 mm)을 갖고, 열 강화에 의해 강화하기에 부적절한 유리 약학적 포장을 만드는 저 팽창 유리 (30-55x10<sup>-7</sup> K<sup>-1</sup>)로부터 제조된다.

[0006] 화학적 강화는 또한 표면 압축 응력의 도입에 의해 유리를 강화시킨다. 상기 응력은 용융염 욕에서 상기 제품을 침지시켜 도입된다. 상기 유리로부터 이온이 용융염으로부터 더 큰 이온에 의해 대체되기 때문에, 압축 응력은 상기 유리의 표면에 유도된다. 상기 화학적 강화의 장점은 복합 기하학의, 박막 샘플에 사용될 수 있고, 상기 유리 기재의 열 팽창 특징에 상대적으로 둔감하다. 그러나, 화학적 강화에 중간 민감성 (susceptibilit

y)을 나타내는 유리 조성물은 일반적으로 열악한 화학적 내구성을 나타내고, 그 반대도 나타낸다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0007] 따라서, 유리 약품 포장 및 유사한 적용에 사용하기 위해 이온 교환에 의한 화학적 강화에 대해 화학적으로 내구적이고 허용가능한 유리 조성물에 대한 요구가 있다.

**과제의 해결 수단**

[0008] 하나의 구현 예에 따르면, 유리 조성물은 약 70 mol.%를 초과하는 농도로 SiO<sub>2</sub> 및 Y mol.%의 알칼리 산화물을 포함할 수 있다. 상기 알칼리 산화물은 약 8 mol.%를 초과하는 양의 Na<sub>2</sub>O를 포함할 수 있다. 상기 유리 조성물은 붕소 및 붕소 화합물이 없을 수 있다.

[0009] 또 다른 구현 예에 따르면, 유리 조성물은 약 68 mol.%를 초과하는 SiO<sub>2</sub>; X mol.%의 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; Y mol.%의 알칼리 산화물; 및 B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>를 포함할 수 있다. 상기 알칼리 산화물은 약 8 mol.%를 초과하는 양의 Na<sub>2</sub>O를 포함할 수 있다. 비 (B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (mol.%)/(Y mol.% - X mol.%))는 0 초과 및 0.3 미만일 수 있다.

[0010] 또 다른 구현 예에 있어서, 유리 제품은 ISO 719에 따른 타입 HGB1 내가수분해성 (hydrolytic resistance)을 가질 수 있다. 상기 유리 제품은 약 8 mol.%를 초과하는 Na<sub>2</sub>O 및 약 4 mol.% 미만의 B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>를 포함할 수 있다.

[0011] 또 다른 구현 예에 있어서, 유리 약품 포장은 약 70 mol.%를 초과하는 양의 SiO<sub>2</sub>; X mol.%의 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 및 Y mol.%의 알칼리 산화물을 포함할 수 있다. 상기 알칼리 산화물은 약 8 mol.%를 초과하는 양의 Na<sub>2</sub>O를 포함할 수 있다. (Y mol.% - X mol.%)에 대한 상기 유리 약품 포장에서 B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (mol.%)의 농도 비는 0.3 미만일 수 있다. 상기 유리 약품 포장은 또한 ISO 719에 따른 타입 HGB1 내가수분해성을 가질 수 있다.

[0012] 또 다른 구현 예에 있어서, 유리 조성물은 약 70 mol.% 내지 약 80 mol.%의 SiO<sub>2</sub>; 약 3 mol.% 내지 약 13 mol.%의 알칼리 토 산화물; X mol.%의 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 및 Y mol.%의 알칼리 산화물을 포함할 수 있다. 상기 알칼리 산화물은 약 8 mol.%를 초과하는 양의 Na<sub>2</sub>O를 포함할 수 있다. Y:X의 비는 1 초과일 수 있고, 유리 조성물은 붕소 및 붕소 화합물이 없을 수 있다.

[0013] 또 다른 구현 예에 있어서, 유리 조성물은 약 72 mol.% 내지 약 78 mol.%의 SiO<sub>2</sub>; 약 4 mol.% 내지 약 8 mol.%의 알칼리 토 산화물; X mol.%의 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 및 Y mol.%의 알칼리 산화물을 포함할 수 있다. 상기 알칼리 토 산화물의 양은 약 4 mol.% 이상 및 약 8 mol.% 이하일 수 있다. 상기 알칼리 산화물은 약 9 mol.% 이상 및 약 15 mol.% 이하의 양으로 Na<sub>2</sub>O를 포함할 수 있다. Y:X의 비는 1 초과일 수 있다. 상기 유리 조성물은 붕소 및 붕소 화합물이 없을 수 있다.

[0014] 또 다른 구현 예에 있어서, 유리 조성물은 약 68 mol.% 내지 약 80 mol.%의 SiO<sub>2</sub>; 약 3 mol.% 내지 약 13 mol.%의 알칼리 토 산화물; X mol.%의 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 및 Y mol.%의 알칼리 산화물을 포함할 수 있다. 상기 알칼리 산화물은 약 8 mol.%를 초과하는 양의 Na<sub>2</sub>O를 포함할 수 있다. 상기 유리 조성물은 또한 B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>를 포함할 수 있다. 비 (B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (mol.%)/(Y mol.% - X mol.%))는 0 초과 및 0.3 미만일 수도 있고, Y:X의 비는 1 초과일 수 있다.

[0015] 또 다른 구현 예에 있어서, 유리 조성물은 약 70 mol.% 내지 약 80 mol.%의 SiO<sub>2</sub>; 약 3 mol.% 내지 약 13 mol.%의 알칼리 토 산화물; X mol.%의 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 및 Y mol.%의 알칼리 산화물을 포함할 수 있다. 상기 알칼리 토 산화물은 약 0.1 mol.% 이상 및 약 1.0 mol.% 이하의 양으로 CaO를 포함할 수 있다. X는 약 2 mol.% 이상 및 약 10 mol.% 이하일 수 있다. 상기 알칼리 산화물은 약 0.01 mol.% 내지 약 1.0 mol.%의 K<sub>2</sub>O를 포함할 수 있다. Y:X의 비는 1 초과일 수 있다. 상기 유리 조성물은 붕소 및 붕소 화합물이 없을 수 있다.

[0016] 또 다른 구현 예에 있어서, 유리 조성물은 약 70 mol.% 초과 및 약 80 mol.% 이하의 양으로 SiO<sub>2</sub>; 3 mol.% 내지 약 13 mol.%의 알칼리 토 산화물; X mol.%의 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 및 Y mol.%의 알칼리 산화물을 포함할 수 있다. 상기 알칼

리 산화물은 약 8 mol.%를 초과하는 양의 Na<sub>2</sub>O를 포함할 수 있다. (Y mol.% - X mol.%)에 대한 상기 유리 조성물에서 B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (mol.%)의 농도의 비는 0.3 미만일 수 있다. Y:X의 비는 1 초과일 수 있다.

[0017] 또 다른 구현 예에 있어서, 유리 제품은 ISO 719에 따른 타입 HGB1 가수분해 내성을 가질 수 있다. 상기 유리 제품은 또한 450°C 이하의 온도에서 16 μm<sup>2</sup>/hr를 초과하는 확산율 (diffusivity)을 가질 수 있다.

[0018] 또 다른 구현 예에 있어서, 유리 제품은 ISO 719에 따른 타입 HGB1가수분해 내성을 가질 수 있다. 상기 유리 제품은 또한 25 μm 초과와 층의 깊이를 갖는 압축 응력 및 350 MPa 이상의 표면 압축 응력을 갖는 압축 응력 층을 가질 수 있다. 상기 유리 제품은 이온 교환 강화될 수 있고, 상기 이온 교환 강화단계는 450°C 이하의 온도에서 5시간 이하의 시간 동안 용융염 욕에서 상기 유리 제품을 처리하는 단계를 포함할 수 있다.

[0019] 부가적인 특성 및 장점은 하기의 상세한 설명에서 더욱 설명될 것이고, 부분적으로는 하기 상세한 설명, 청구항, 및 첨부된 도면을 포함하는, 본 명세서에 기재된 구현 예들을 실행하여 인지되거나 또는 설명으로부터 기술분야의 당업자에게 쉽게 명백해 질 것이다.

[0020] 진술한 배경기술 및 하기 상세한 설명 모두는 다양한 구현 예들을 설명하며, 청구된 주제의 본질 및 특징을 이해하기 위한 개요 또는 틀거리를 제공하도록 의도된 것임을 이해되어야 한다. 첨부하는 도면은 다양한 구현 예의 또 다른 이해를 제공하기 위해 포함되고, 본 명세서에 혼입되며, 일부를 구성한다. 도면은 본 명세서에 기재된 다양한 구현 예를 예시하고, 상세한 설명과 함께 청구된 주제의 원리 및 작동을 좀더 구체적으로 설명하기 위해 제공된다.

**도면의 간단한 설명**

[0021] 도 1은 본 발명 및 비교 유리 조성물의 변형점, 어닐링점, 및 연화점 (y-축) 및 알칼리 산화물 대 알루미늄의 비 (x-축) 사이의 관계를 나타내는 그래프;

도 2는 본 발명 및 비교 유리 조성물의 최대 압축 응력 및 응력 변화 (y-축) 및 알칼리 산화물 대 알루미늄의 비 (x-축) 사이의 관계를 나타내는 그래프;

도 3은 본 발명 및 비교 유리 조성물의 ISO 720 기준으로부터 결정된 바와 같은 가수분해 저항 (y-축) 및 알칼리 산화물 대 알루미늄의 비 (x-축) 사이의 관계를 나타내는 그래프;

도 4는 본 발명 및 비교 유리 조성물에 대한 비 (CaO/(CaO+MgO)의 함수 (x-축)에 따른 확산 D (y-축)을 나타내는 그래프;

도 5는 본 발명 및 비교 유리 조성물에 대한 비 (CaO/(CaO+MgO)의 함수 (x-축)에 따른 최대 압축 응력 (y-축)을 나타내는 그래프;

도 6은 본 발명 및 비교 유리 조성물에 대한 비 (B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/(R<sub>2</sub>O-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)의 함수 (x-축)에 따른 확산 D (y-축)을 나타내는 그래프; 및

도 7은 본 발명 및 비교 유리 조성물에 대한 비 (B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/(R<sub>2</sub>O-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)의 함수 (x-축)에 따른 ISO 720 기준으로부터 결정된 바와 같은 가수분해 저항 (y-축)을 나타내는 그래프.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0022] 이하 개선된 화학적 및 기계적 내구성을 나타내는 유리 조성물의 다양한 구현 예를 상세하게 설명한다. 이러한 유리 조성물은, 약품 포장 물질로 포함하지만, 이에 제한되지 않는, 다양한 적용에 사용하는데 적절하다. 상기 유리 조성물은 화학적으로 강화될 수 있고, 이에 의해 상기 유리에 개선된 기계적 내구성을 부여한다. 본 명세서에 기재된 유리 조성물은 일반적으로 유리 조성물에 화학적 내구성을 부여하는 양으로 실리카 (SiO<sub>2</sub>), 알루미늄 (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), (MgO 및/또는 CaO과 같은) 알칼리 토 산화물, 및 (Na<sub>2</sub>O 및/또는 K<sub>2</sub>O와 같은) 알칼리 산화물을 포함할 수 있다. 더군다나, 상기 유리 조성물에 존재하는 알칼리 산화물은 이온 교환에 의해 유리 조성물을 화학적으로 강화시키는 것을 촉진한다. 상기 유리 조성물의 다양한 구현 예는 본 명세서에 기재될 것이고, 특정 실시 예를 참조하여 더욱 예시될 것이다.

[0023] 본 명세서에 사용된 바와 같은 용어 "연화점"은 유리 조성물의 점도가 1x10<sup>7.6</sup> poise인 온도를 의미한다.

- [0024] 본 명세서에 사용된 바와 같은 용어 "어닐링점"은 유리 조성물의 점도가  $1 \times 10^{13}$  poise인 온도를 의미한다.
- [0025] 본 명세서에 사용된 바와 같은 용어 "변형점" 및 " $T_{\text{strain}}$ "은 유리 조성물의 점도가  $3 \times 10^{14}$  poise인 온도를 의미한다.
- [0026] 본 명세서에 사용된 바와 같은 용어 "cTE"는 실온 (RT) 내지 약 300°C 범위의 온도에 걸친 유리 조성물의 열 팽창 계수이다.
- [0027] 본 명세서에 기재된 유리 조성물의 구현 예에 있어서, 상기 구성 성분 (예를 들어,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 등)의 농도는, 특별한 언급이 없는 한, 산화물에 기초한 몰 퍼센트 (mol.%)로 명시된다.
- [0028] 유리 조성물에서 특히 구성 성분의 농도 및/또는 부재를 기술하기 위해 사용된 경우, 용어 "없는" 및 "실질적으로 없는"은 상기 구성 성분이 상기 유리 조성물에 의도적으로 첨가되지 않는다는 것을 의미한다. 그러나, 상기 유리 조성물은 0.01 mol.% 미만의 양으로 오염원 (contaminant) 또는 이물질 (tramp)이 구성 성분에 미량으로 함유할 수 있다.
- [0029] 본 명세서에 사용된 바와 같이, 용어 "화학적 내구성"은 명시된 화학적 조건에 노출시 분해에 대해 내성이 있는 유리 조성물의 능력을 의미한다. 구체적으로, 본 명세서에 기재된 유리 조성물의 화학적 내구성은 세 개의 확립된 물질 시험 기준에 따라 평가된다: 제목이 "Testing of glass - Resistance to attack by a boiling aqueous solution of hydrochloric acid - Method of test and classification"인 2001년 3월의 DIN 12116; 제목이 "Glass -- Resistance to attack by a boiling aqueous solution of mixed alkali -- Method of test and classification"인 1991년 ISO 695; 및 제목이 "Glass -- Hydrolytic resistance of glass grains at 121 degrees C -- Method of test and classification"인 1985년 ISO 720. 상기 유리의 화학적 내구성은 또한 상기 참조된 기준에 부가하여, 제목이 "Glass -- Hydrolytic resistance of glass grains at 98 degrees C -- Method of test and classification"인 1985년 ISO 719에 따라 평가될 수 있다. 상기 ISO 719 기준은 상기 ISO 720 기준의 덜 엄격한 버전으로, 예를 들어, 상기 ISO 720 기준의 명시된 분류를 만족시키는 유리는 ISO 719 기준의 상응하는 분류를 충족시킬 수 있는 것으로 믿어진다. 각 기준과 연관된 분류는 본 명세서에 더욱 상세하게 기재된다.
- [0030] 본 명세서에 기재된 유리 조성물은  $\text{SiO}_2$  및  $\text{Na}_2\text{O}$  및/또는  $\text{K}_2\text{O}$ 와 같은, 하나 이상의 알칼리 산화물의 조합을 일반적으로 포함할 수 있는 알칼리 알루미늄실리케이트 유리 조성물이다. 상기 유리 조성물은 또한  $\text{Al}_2\text{O}_3$  및 적어도 하나의 알칼리 토 산화물을 포함할 수 있다. 몇몇 구현 예에 있어서, 상기 유리 조성물은 붕소 및 붕소를 함유하는 화합물이 없을 수 있다. 상기 유리 조성물은 화학적 분해에 내성이 있고, 또한 이온 교환에 의해 화학적으로 강화하는데 적절하다. 몇몇 구현 예에 있어서, 상기 유리 조성물은, 예를 들어,  $\text{SnO}_2$ ,  $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{As}_2\text{O}_3$  또는 이와 유사한 것과 같은, 최소량의 하나 이상의 부가적 산화물을 더욱 포함할 수 있다. 이들 성분은 청정제 (fining agent)로서 첨가되거나 및/또는 상기 유리 조성물의 화학적 내구성을 더욱 개선하기 위하여 첨가될 수 있다.
- [0031] 본 명세서에 기재된 유리 조성물의 구현 예에 있어서,  $\text{SiO}_2$ 는 상기 조성물의 가장 큰 구성원이고, 예를 들어, 최종 유리 네트워크의 제1 구성원이다.  $\text{SiO}_2$ 는 상기 유리의 화학적 내구성, 특히, 산에서 분해에 대한 유리 조성물의 내성, 및 물에서 분해에 대한 유리 조성물의 내성을 향상시킨다. 따라서, 높은  $\text{SiO}_2$  농도는 일반적으로 바람직하다. 그러나, 만약 상기  $\text{SiO}_2$ 의 함량이 너무 높다면, 상기 유리의 성형성 (formability)은 더 높은 농도의  $\text{SiO}_2$ 가 상기 유리의 성형성에 역효과를 줄 수 있는, 유리의 용융 어려움을 증가시키기 때문에, 약화될 수 있다. 본 명세서에 기재된 구현 예에 있어서, 상기 유리 조성물은 일반적으로 67 mol.% 이상 및 약 80 mol.% 이하 또는 78 mol.% 이하의 양으로  $\text{SiO}_2$ 를 포함한다. 몇몇 구현 예에 있어서, 상기 유리 조성물에서  $\text{SiO}_2$ 의 양은 약 68 mol.%를 초과, 약 69 mol.% 초과 또는 약 70 mol.%를 초과할 수 있다. 몇몇 다른 구현 예에 있어서, 상기 유리 조성물에서  $\text{SiO}_2$ 의 양은 72 mol.% 초과, 73 mol.% 초과 또는 74 mol.% 초과일 수 있다. 예를 들어, 몇몇 구현 예에 있어서, 상기 유리 조성물은 약 68 mol.% 내지 약 80 mol.% 또는 약 78 mol.%의  $\text{SiO}_2$ 를 포함할 수 있다. 몇몇 다른 구현 예에 있어서, 상기 유리 조성물은 약 69 mol.% 내지 약 80 mol.% 또는 약 78 mol.%의  $\text{SiO}_2$ 를 포함할 수 있다. 몇몇 다른 구현 예에 있어서, 상기 유리 조성물은 약 70 mol.% 내지 약 80 mol.% 또는

약 78 mol.%의 SiO<sub>2</sub>를 포함할 수 있다. 다른 구현 예에 있어서, 상기 유리 조성물은 70 mol.% 이상 및 78 mol.% 이하의 양으로 SiO<sub>2</sub>를 포함한다. 몇몇 구현 예에 있어서, SiO<sub>2</sub>는 약 72 mol.% 내지 약 78 mol.%의 양으로 유리 조성물에 존재할 수 있다. 몇몇 다른 구현 예에 있어서, SiO<sub>2</sub>는 약 73 mol.% 내지 약 78 mol.%의 양으로 유리 조성물에 존재할 수 있다. 다른 구현 예에 있어서, SiO<sub>2</sub>는 약 74 mol.% 내지 약 78 mol.%의 양으로 유리 조성물에 존재할 수 있다. 다른 구현 예에 있어서, SiO<sub>2</sub>는 약 70 mol.% 내지 약 76 mol.%의 양으로 유리 조성물에 존재할 수 있다.

[0032] 본 명세서에 기재된 유리 조성물은 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>를 더욱 포함할 수 있다. Na<sub>2</sub>O 또는 이와 유사한 것과 같은 유리 조성물에 존재한 알칼리 산화물과 함께, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>는 이온 교환 강화에 대한 유리의 민감성 (susceptibility)을 개선시킨다. 본 명세서에 기재된 구현 예에 있어서, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>는 X mol.%로 상기 유리 조성물에 존재하고, 상기 알칼리 산화물은 Y mol.%로 유리 조성물에 존재한다. 본 명세서에 기재된 유리 조성물에서 Y:X 비는 이온 교환 강화에 대해 전술된 민감성을 촉진하기 위하여 1을 초과한다. 구체적으로, 상기 유리 조성물의 확산 계수 또는 확산율 (diffusivity) D는 이온 교환 동안 유리 표면에 알칼리 이온이 침투하는 비율에 관련된다. 약 0.9 초과 또는 약 1 초과인 비 Y:X를 갖는 유리는 0.9 미만의 Y:X 비를 갖는 유리보다 더 큰 확산율을 갖는다. 상기 알칼리 이온이 더 큰 확산율을 갖는 유리는 알칼리 이온이 더 낮은 확산율을 갖는 유리보다 제공된 이온 교환 시간 및 이온 교환 온도에 대해 더 큰 층의 깊이를 얻을 수 있다. 더군다나, Y:X 비의 증가에 따라, 상기 유리의 변형 점, 어닐링점, 및 연화점은 감소하고, 이러한 유리는 더욱 쉽게 형성가능하다. 부가적으로, 제공된 이온 교환 시간 및 이온 교환 온도에 대하여, 약 0.9 초과 및 2 이하의 Y:X 비를 갖는 유리에서 유도된 압축 응력이 0.9 미만 또는 2 초과인 Y:X 비를 갖는 유리에서 발생된 것보다 일반적으로 더 크다는 것을 확인하였다. 따라서, 몇몇 구현 예에 있어서, Y:X의 비는 0.9 초과 또는 1 초과이다. 몇몇 구현 예에 있어서, Y:X의 비는 0.9 초과 또는 1 초과, 및 약 2 이하이다. 다른 구현 예에 있어서, Y:X의 비는 명시된 이온 교환 시간 및 명시된 이온 교환 온도에 대해 유리에서 유도된 압축 응력의 양을 최대화하기 위하여, 약 1.3 이상 및 약 2.0 이하일 수 있다.

[0033] 그러나, 만약 상기 유리 조성물에서 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 양이 너무 많다면, 산 공격에 대한 유리 조성물의 내성은 감소된다. 따라서, 본 명세서에 기재된 유리 조성물은 일반적으로 약 2 mol.% 이상 및 약 10 mol.% 이하의 양으로 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>를 포함한다. 몇몇 구현 예에 있어서, 상기 유리 조성물에서 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 양은 약 4 mol.% 이상 및 약 8 mol.% 이하이다. 몇몇 구현 예에 있어서, 상기 유리 조성물에서 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 양은 약 5 mol.% 이상 내지 약 7 mol.% 이하이다. 몇몇 다른 구현 예에 있어서, 상기 유리 조성물에서 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 양은 약 6 mol.% 이상 내지 약 8 mol.% 이하이다. 또 다른 구현 예에 있어서, 상기 유리 조성물에서 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 양은 약 5 mol.% 이상 내지 약 6 mol.% 이하이다.

[0034] 상기 유리 조성물은 또한 Na<sub>2</sub>O 및/또는 K<sub>2</sub>O와 같은 하나 이상의 알칼리 산화물을 포함한다. 상기 알칼리 산화물은 유리 조성물의 이온 교환성 (ion exchangeability)을 촉진, 예를 들어, 상기 유리를 화학적으로 강화시키는 것을 촉진시킨다. 상기 알칼리 산화물은 하나 이상의 Na<sub>2</sub>O 및 K<sub>2</sub>O를 포함할 수 있다. 상기 알칼리 산화물은 일반적으로 Y mol.%의 총 농도로 유리 조성물에 존재한다. 본 명세서에 기재된 몇몇 구현 예에 있어서, Y는 약 2 mol.% 초과 및 약 18 mol.% 이하일 수 있다. 몇몇 다른 구현 예에 있어서, Y는 약 8 mol.% 초과, 약 9 mol.% 초과, 약 10 mol.% 초과 또는 약 11 mol.% 초과일 수 있다. 예를 들어, 본 명세서에 기재된 몇몇 구현 예에 있어서, Y는 약 8 mol.% 이상 및 약 18 mol.% 이하이다. 다른 구현 예에 있어서, Y는 약 9 mol.% 이상 및 약 14 mol.% 이하일 수 있다.

[0035] 상기 유리 조성물의 이온 교환성은 이온 교환하기 이전의 유리 조성물에 초기에 존재하는 알칼리 산화물 Na<sub>2</sub>O의 양에 의해 유리 조성물에 주로 부여된다. 따라서, 본 명세서에 기재된 유리 조성물의 구현 예에 있어서, 상기 유리 조성물에 존재하는 알칼리 산화물은 적어도 Na<sub>2</sub>O를 포함한다. 구체적으로, 이온 교환 강화시 상기 유리 조성물에 원하는 압축 강도 및 층의 깊이를 달성하기 위하여, 상기 유리 조성물은 상기 유리 조성물의 분자량에 기초하여 약 2 mol.% 내지 약 15 mol.%의 양으로 Na<sub>2</sub>O를 포함한다. 몇몇 구현 예에 있어서, 상기 유리 조성물은 상기 유리 조성물의 분자량에 기초하여 적어도 약 8 mol.%의 Na<sub>2</sub>O를 포함한다. 예를 들어, 상기 Na<sub>2</sub>O의 농도는 9 mol.% 초과, 10 mol.% 초과, 또는 11 mol.% 초과일 수 있다. 몇몇 구현 예에 있어서, 상기 Na<sub>2</sub>O의 농도는

9 mol.% 이상 또는 10 mol.% 이상일 수 있다. 예를 들어, 몇몇 구현 예에 있어서, 상기 유리 조성물은 약 9 mol.% 이상 및 약 15 mol.% 이하 또는 약 9 mol.% 이상 및 13 mol.% 이하의 양으로 Na<sub>2</sub>O를 포함할 수 있다.

[0036] 전술된 바와 같이, 상기 유리 조성물에서 알칼리 산화물은 K<sub>2</sub>O를 더욱 포함할 수 있다. 상기 유리 조성물에 존재하는 K<sub>2</sub>O의 양은 상기 유리 조성물의 이온 교환성과 관련한다. 구체적으로, 상기 유리 조성물에 존재하는 K<sub>2</sub>O의 양이 증가함에 따라, 이온 교환을 통해 얻어질 수 있는 압축 응력은 칼륨 및 나트륨 이온의 교환의 결과로서 감소한다. 따라서, 상기 유리 조성물에 존재하는 K<sub>2</sub>O의 양을 제한하는 것이 바람직하다. 몇몇 구현 예에 있어서, 상기 K<sub>2</sub>O의 양은 0 mol.% 이상 및 3 mol.% 이하이다. 몇몇 구현 예에 있어서, 상기 K<sub>2</sub>O의 양은 2 mol.% 이하 또는 1.0 mol.% 이하이다. 상기 유리 조성물이 K<sub>2</sub>O를 포함하는 구현 예에 있어서, 상기 K<sub>2</sub>O는 약 0.01 mol.% 이상 및 약 3.0 mol.% 이하 또는 약 0.01 mol.% 이상 및 약 2.0 mol.% 이하의 농도로 존재할 수 있다. 몇몇 구현 예에 있어서, 상기 유리 조성물에 존재하는 K<sub>2</sub>O의 양은 약 0.01 mol.% 이상 및 약 1.0 mol.% 이하이다. 따라서, K<sub>2</sub>O는 유리 조성물에 존재하지 않는 것이 요구되는 것으로 이해될 수 있다. 그러나, K<sub>2</sub>O가 상기 유리 조성물에 포함된 경우, 상기 K<sub>2</sub>O의 양은 유리 조성물의 분자량에 기초하여 일반적으로 약 3 mol.% 미만이다.

[0037] 알칼리 토 산화물은 상기 유리 배치 물질의 용융가능성을 개선 및 상기 유리 조성물의 화학적 내구성을 증가시키기 위해 조성물에 존재할 수 있다. 본 명세서에 기재된 유리 조성물에 있어서, 상기 유리 조성물에 존재하는 총 mol.%의 알칼리 토 산화물은 상기 유리 조성물의 이온 교환성을 개선하기 위하여 일반적으로 상기 유리 조성물에 존재하는 알칼리 산화물의 총 mol.% 미만이다. 본 명세서에 기재된 구현 예에 있어서, 상기 유리 조성물은 일반적으로 약 3 mol.% 내지 약 13 mol.%의 알칼리 토 산화물을 포함한다. 몇몇 이들 구현 예에 있어서, 상기 유리 조성물에서 알칼리 토 산화물의 양은 약 4 mol.% 내지 약 8 mol.% 또는 약 4 mol.% 내지 약 7 mol.% 일 수 있다.

[0038] 상기 유리 조성물에 알칼리 토 산화물은 MgO, CaO, SrO, BaO 또는 이의 조합을 포함할 수 있다. 몇몇 구현 예에 있어서, 상기 알칼리 토 산화물은 MgO, CaO 또는 이의 조합을 포함한다. 예를 들어, 본 명세서에 기재된 구현 예에 있어서, 상기 알칼리 토 산화물은 MgO를 포함한다. MgO는 약 3 mol.% 이상 및 약 8 mol.% 이하인 MgO의 양으로 상기 유리 조성물에 존재한다. 몇몇 구현 예에 있어서, MgO는 상기 유리 조성물의 분자량에 기초하여 약 3 mol.% 이상 및 약 7 mol.% 이하 또는 4 mol.% 이상 및 약 7 mol.% 이하인 양으로 유리 조성물에 존재할 수 있다.

[0039] 몇몇 구현 예에 있어서, 상기 알칼리 토 산화물은 또한 CaO를 포함할 수 있다. 이들 구현 예에 있어서, CaO는 상기 유리 조성물의 분자량에 기초하여 약 0 mol.% 내지 약 6 mol.% 이하의 양으로 유리 조성물에 존재한다. 예를 들어, 상기 유리 조성물에 존재하는 CaO의 양은 5 mol.% 이하, 4 mol.% 이하, 3 mol.% 이하, 또는 2 mol.% 이하일 수 있다. 몇몇의 이들 구현 예에 있어서, CaO는 약 0.1 mol.% 이상 및 약 1.0 mol.% 이하의 양으로 유리 조성물에 존재할 수 있다. 예를 들어, CaO는 약 0.2 mol.% 이상 및 약 0.7 mol.% 이하인 양으로, 또는 약 0.3 mol.% 이상 및 약 0.6 mol.% 이하인 양으로 유리 조성물에 존재할 수 있다.

[0040] 본 명세서에 기재된 구현 예에 있어서, 상기 유리 조성물은 MgO가 일반적으로 풍부하다 (즉, 상기 유리 조성물에서 MgO의 농도는, 제한 없이, CaO를 포함하는 유리 조성물에서 다른 알칼리 토 산화물의 농도를 초과한다). 상기 유리 조성물이 MgO-풍부가 되도록 유리 조성물을 형성하는 것은 최종 유리의 내가수분해성, 특히 이온 교환 강화에 후의 내가수분해성을 개선시킨다. 더군다나, MgO-풍부 유리 조성물은 일반적으로 다른 알칼리 토 산화물이 풍부한 유리 조성물과 비교하여 개선된 이온 교환 성능을 나타낸다. 구체적으로, MgO-풍부 유리 조성물로부터 형성된 유리는 일반적으로 CaO와 같은, 다른 알칼리 토 산화물이 풍부한 유리 조성물보다 더 큰 확산율을 갖는다. 더 큰 확산율은 상기 유리에서 더 깊은 층의 깊이의 형성을 가능하게 한다. MgO-풍부 유리 조성물은 또한 CaO와 같은 다른 알칼리 토 산화물이 풍부한 유리 조성물과 비교하여 유리의 표면에 달성될 더 큰 압축 응력을 가능하게 한다. 부가적으로, 이온 교환 공정이 진행되고 및 알칼리 이온이 상기 유리에 더욱 깊이 침투함에 따라, 상기 유리의 표면에서 달성된 최대 압축 응력은 시간과 함께 감소될 수 있는 것으로 일반적으로 이해된다. 그러나, MgO-풍부 유리 조성물로부터 형성된 유리는 다른 알칼리 토 산화물이 풍부 또는 CaO-풍부 유리 조성물 (즉, MgO-결핍 유리)로부터 형성된 유리보다 압축 응력에서 더 낮은 감소를 나타낸다. 따라서, MgO-풍부 유리 조성물은 다른 알칼리 토 산화물이 풍부한 유리보다 더 깊은 층의 깊이 및 표면에서 더 큰 압축 응력을 갖는 유리를 가능하게 한다.

- [0041] 본 명세서에 기재된 유리 조성물에서 MgO의 장점을 완전히 인식하기 위하여, mol. %로 CaO의 농도 및 MgO의 농도의 합에 대한 CaO의 농도의 비 (즉,  $(CaO/(CaO+MgO))$ )는 최소화될 수 있는 것으로 밝혀졌다. 구체적으로,  $(CaO/(CaO+MgO))$ 는 0.5 이하일 수 있는 것으로 밝혀졌다. 몇몇 구현 예에 있어서,  $(CaO/(CaO+MgO))$ 는 0.3 이하 또는 0.2 이하이다. 몇몇 다른 구현 예에 있어서,  $(CaO/(CaO+MgO))$ 는 0.1 이하일 수 있다.
- [0042] 산화 붕소 ( $B_2O_3$ )는 제공된 온도 (예를 들어, 변형, 어닐링 및 연화 온도)에서 점도를 감소시키기 위해 유리 조성물에 첨가될 수 있는 플럭스 (flux)이고, 이에 의해 상기 유리의 성형성을 개선시킨다. 그러나, 붕소의 첨가는 상기 최종 유리의 이온 교환 성능에 역효과를 주는, 상기 유리 조성물에서 나트륨 및 칼륨 이온의 확산율을 상당히 감소시키는 것으로 확인되었다. 특히, 붕소의 첨가는 붕소가 없는 유리 조성물과 비교하여 제공된 층의 깊이를 달성하기 위해 요구된 시간을 상당히 증가시키는 것으로 확인되었다. 따라서, 본 명세서에 기재된 몇몇 구현 예에 있어서, 상기 유리 조성물에 첨가된 붕소의 양은 상기 유리 조성물의 이온 교환 성능을 개선하기 위하여 최소화된다.
- [0043] 예를 들어, 유리 조성물의 이온 교환 성능에 붕소의 영향이 알칼리 산화물 (즉,  $R_2O$ , 여기서 R은 알칼리 금속이다) 및 알루미늄 (즉,  $B_2O_3$  (mol.%) / ( $R_2O$  (mol.%) -  $Al_2O_3$  (mol.%))의 총 농도 사이의 차이에 대한  $B_2O_3$ 의 농도의 비를 조절하여 완화될 수 있는 것으로 밝혀졌다. 특히,  $B_2O_3 / (R_2O - Al_2O_3)$ 의 비가 약 0 이상 및 약 0.3 미만 또는 약 0.2 미만인 경우, 상기 유리 조성물에서 알칼리 산화물의 확산율은 감소되지 않고, 예를 들어, 상기 유리 조성물의 이온 교환 성능은 유지되는 것으로 밝혀졌다. 따라서, 몇몇 구현 예에 있어서,  $B_2O_3 / (R_2O - Al_2O_3)$ 의 비는 0 초과 및 0.3 이하이다. 이들 구현 예의 몇몇에 있어서,  $B_2O_3 / (R_2O - Al_2O_3)$ 의 비는 0 초과 및 0.2 이하이다. 몇몇 구현 예에 있어서,  $B_2O_3 / (R_2O - Al_2O_3)$ 의 비는 0 초과 및 0.15 이하 또는 0.1 이하이다. 몇몇 다른 구현 예에 있어서,  $B_2O_3 / (R_2O - Al_2O_3)$ 의 비는 0 초과 및 0.05 이하일 수 있다.  $B_2O_3 / (R_2O - Al_2O_3)$ 의 비를 0.3 이하 또는 0.2 이하로 유지하는 것은 상기 유리의 이온 교환 성능에 역효과를 주는  $B_2O_3$  없는 유리 조성물의 변형점, 어닐링점, 및 연화점을 낮추기 위해  $B_2O_3$ 의 내포를 허용한다.
- [0044] 본 명세서에 기재된 구현 예에 있어서, 상기 유리 조성물에서  $B_2O_3$ 의 농도는 일반적으로 약 4 mol.% 이하, 약 3 mol.% 이하, 약 2 mol.% 이하, 또는 1 mol.% 이하이다. 예를 들어,  $B_2O_3$ 가 상기 유리 조성물에 존재하는 구현 예에 있어서,  $B_2O_3$ 의 농도는 약 0.01 mol.% 초과 및 4 mol.% 이하일 수 있다. 몇몇 이들 구현 예에 있어서,  $B_2O_3$ 의 농도는 약 0.01 mol.% 초과 및 3 mol.% 이하일 수 있다. 몇몇 구현 예에 있어서, 상기  $B_2O_3$ 는 약 0.01 mol.% 초과 및 2 mol.% 이하 또는 1.5 mol.% 이하의 양으로 존재할 수 있다. 선택적으로, 상기  $B_2O_3$ 는 약 1 mol.% 이상, 및 4 mol.% 이하, 약 1 mol.% 이상 및 3 mol.% 이하 또는 약 1 mol.% 이상 및 2 mol.% 이하의 양으로 존재할 수 있다. 몇몇 이들 구현 예에 있어서,  $B_2O_3$ 의 농도는 약 0.1 mol.% 이상 및 1.0 mol.% 이하일 수 있다.
- [0045] 몇몇 구현 예에 있어서, 상기 유리 조성물에서  $B_2O_3$ 의 농도는 상기 유리의 이온 교환 성능을 하락시키지 않고 상기 유리의 형성 특성을 개선하기 위해 최소화되는 반면, 몇몇 다른 구현 예에 있어서, 상기 유리 조성물은 붕소 및  $B_2O_3$ 와 같은 붕소 화합물이 없다. 구체적으로, 붕소 또는 붕소 화합물이 없는 유리 조성물을 형성하는 것이 특정 값의 압축 응력 및/또는 층의 깊이를 달성하기 위해 요구된 공정 시간 및/또는 온도를 감소시켜 유리 조성물의 이온 교환성을 개선시키는 것으로 밝혀졌다.
- [0046] 본 명세서에 기재된 유리 조성물의 몇몇 구현 예에 있어서, 상기 유리 조성물은 인 (phosphorous) 및  $P_2O_5$ 를 포함하지만, 이에 제한되지 않는, 인 함유 화합물이 없다. 구체적으로, 인 또는 인 화합물 없는 유리 조성물의 제형 (formulating)이 상기 유리 조성물의 화학적 내구성을 증가시키는 것으로 밝혀졌다.
- [0047]  $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$ , 알칼리 산화물 및 알칼리 토 산화물에 부가하여, 본 명세서에 기재된 유리 조성물은, 예를 들어,  $SnO_2$ ,  $As_2O_3$ , 및/또는 ( $NaCl$  또는 이와 유사한 것으로부터)  $Cl^-$ 과 같은, 하나 이상의 청징제를 선택적으로 더욱 포함할 수 있다. 청징제가 상기 유리 조성물에 존재하는 경우, 상기 청징제는 약 1 mol.% 이하 또는 약 0.4 mol.% 이하의 양으로 존재할 수 있다. 예를 들어, 몇몇 구현 예에 있어서, 상기 유리 조성물은 청징제로서  $SnO_2$ 를 포함할 수 있다. 이들 구현 예에 있어서,  $SnO_2$ 는 약 0 mol.% 초과 및 약 1 mol.% 이하 또는 약 0.01

mol.% 이상 및 약 0.30 mol.% 이하의 양으로 유리 조성물에 존재할 수 있다.

[0048] 더군다나, 본 명세서에 기재된 유리 조성물은 상기 유리 조성물의 화학적 내구성을 더욱 개선하기 위해 하나 이상의 부가적인 금속 산화물을 포함할 수 있다. 예를 들어, 상기 유리 조성물은 ZnO, TiO<sub>2</sub>, 또는 ZrO<sub>2</sub>을 더욱 포함할 수 있고, 이의 각각은 화학적 공격에 상기 유리 조성물의 내성을 개선시킨다. 이들 구현 예에 있어서, 상기 부가적인 금속 산화물은 약 0 mol.% 이상 및 약 2 mol.% 이하인 양으로 존재할 수 있다. 예를 들어, 상기 부가적인 금속 산화물이 ZnO인 경우, 상기 ZnO는 1 mol.% 이상 및 약 2 mol.% 이하의 양으로 존재할 수 있다. 상기 부가적인 금속 산화물이 ZrO<sub>2</sub> 또는 TiO<sub>2</sub>인 경우, 상기 ZrO<sub>2</sub> 또는 TiO<sub>2</sub>는 약 1 mol.% 이하의 양으로 존재할 수 있다.

[0049] 전술된 바와 같이, 상기 유리 조성물에서 알칼리 산화물의 존재는 이온 교환에 의해 유리를 화학적으로 강화시키는 것을 촉진시킨다. 구체적으로, 칼륨 이온, 나트륨 이온 및 이와 유사한 것과 같은 알칼리 이온은 이온 교환을 촉진하도록 상기 유리에서 충분히 이동한다. 몇몇 구현 예에 있어서, 상기 유리 조성물은 10 μm 이상의 층의 깊이를 갖는 압축 응력 층을 형성하도록 이온 교환가능하다. 몇몇 구현 예에 있어서, 상기 층의 깊이는 약 25 μm 이상 또는 약 50 μm 이상일 수 있다. 몇몇 다른 구현 예에 있어서, 상기 층의 깊이는 75 μm 이상 또는 100 μm 이상일 수 있다. 다른 구현 예에 있어서, 상기 층의 깊이는 10 μm 이상 및 약 100 μm 이하일 수 있다. 연관된 표면 압축 응력은, 상기 유리 조성물이 약 30 시간 미만 또는 약 20 시간 미만 동안 350°C 내지 500°C 온도에서 100% 용융 KNO<sub>3</sub>의 염 욕에서 처리된 후, 약 250 MPa 이상, 300 MPa 이상 또는 약 350 MPa 이상일 수 있다.

[0050] 본 명세서에 기재된 유리 조성물로부터 형성된 유리 제품은 이온 교환 강화에 기인한 개선된 기계적 특징을 갖는 것에 부가하여, (본 명세서에 더욱 기재된 바와 같이) ISO 720 하에서 HGA2 또는 HGA1의 내가수분해성 및/또는 ISO 719 하에서 HGB2 또는 HGB1의 내가수분해성을 가질 수 있다. 본 명세서에 기재된 몇몇 구현 예에 있어서, 상기 유리 제품은 25 μm 이상 또는 35 μm 이상의 층의 깊이로 표면에서 유리 제품으로 확장된 압축 응력 층을 가질 수 있다. 몇몇 구현 예에 있어서, 상기 층의 깊이는 40 μm 이상 또는 50 μm 이상일 수 있다. 상기 유리 제품의 표면 압축 응력은 250 MPa 이상, 350 MPa 이상, 또는 400 MPa 이상일 수 있다. 본 명세서에 기재된 유리 조성물은 본 명세서에 기재된 바와 같은 유리 조성물의 향상된 알칼리 이온 확산율에 기인하여 종래의 유리 조성물보다 더 낮은 온도 및/또는 더 빠르게 전술된 표면 압축 응력 및 층의 깊이를 달성하는 것을 촉진시킨다. 예를 들어, 상기 층의 깊이 (즉, 25 μm 이상) 및 압축 응력 (즉, 250 MPa 이상)은 500°C 이하 또는 450°C 이하의 온도에서, 5 시간 이하, 또는 4.5 시간 이하 동안 100% KNO<sub>3</sub>의 용융염 욕 (또는 KNO<sub>3</sub> 및 NaNO<sub>3</sub>의 혼합된 염 욕)에서 상기 유리 제품을 이온 교환시켜 달성될 수 있다. 몇몇 구현 예에 있어서, 이들 층의 깊이 및 압축 응력을 달성하기 위한 시간의 기간은 4 시간 이하 또는 3.5 시간 이하일 수 있다. 이들 층의 깊이 및 압축 응력을 달성하기 위한 온도는 400°C 이하 또는 350°C 이하일 수 있다.

[0051] 이들 개선된 이온 교환 특성은 상기 유리 조성물이 450°C 이하의 온도에서 약 16 μm<sup>2</sup>/hr 초과와 확산율 또는 450°C 이하의 온도에서 20 μm<sup>2</sup>/hr 이상의 확산율을 갖는다. 몇몇 구현 예에 있어서, 상기 확산율은 450°C 이하의 온도에서 약 25 μm<sup>2</sup>/hr 이상 또는 450°C 이하의 온도에서 30 μm<sup>2</sup>/hr일 수 있다. 몇몇 다른 구현 예에 있어서, 상기 확산율은 450°C 이하의 온도에서 약 35 μm<sup>2</sup>/hr 이상 또는 450°C 이하의 온도에서 40 μm<sup>2</sup>/hr일 수 있다. 몇몇 다른 구현 예에 있어서, 상기 확산율은 450°C 이하의 온도에서 약 45 μm<sup>2</sup>/hr 이상 또는 450°C 이하의 온도에서 50 μm<sup>2</sup>/hr일 수 있다.

[0052] 본 명세서에 기재된 유리 조성물은 일반적으로 약 525°C 이상 및 약 650°C 이하의 변형점을 가질 수 있다. 상기 유리는 또한 약 560°C 이상 또는 약 725°C 이하의 어닐링점 및 약 750°C 이상 및 약 960°C 이하의 연화점을 가질 수 있다.

[0053] 본 명세서에 기재된 구현 예에 있어서, 상기 유리 조성물은 약 70x10<sup>-7</sup>K<sup>-1</sup> 미만 또는 약 60x10<sup>-7</sup>K<sup>-1</sup> 미만의 CTE를 갖는다. 이들 더 낮은 CTE 값은 더 높은 CTE를 갖는 유리 조성물과 비교하여 열 순환 (thermal cycling) 또는 열 응력 (thermal stress) 조건에 대해 유리의 생존성 (survivability)을 개선시킨다.

[0054] 또한, 전술된 바와 같이, 상기 유리 조성물은 DIN 12116 기준, ISO 695 기준, 및 ISO 720 기준에 의해 결정된 바와 같은, 분해에 대해 화학적 내구성 및 내성이 있다.

[0055] 구체적으로, 상기 DIN 12116 기준은 산성 용액에 놓인 경우, 분해에 대한 유리의 내성의 측정이다. 간단히 말해서, DIN 12116 기준은 측정된 알려진 표면적의 연마된 유리 샘플을 활용하고, 그 다음 6시간 동안 비등하는

6M 염산의 비례 양과 접촉하게 위치된다. 상기 샘플은 그 다음 상기 용액으로부터 제거되고, 건조되며, 다시 측정된다. 상기 산성 용액에 노출되는 동안 손실된 유리 질량은 더 큰 내구성을 나타내는 더 작은 수로 상기 샘플의 산 내구성의 측정이다. 상기 시험의 결과는 표면적 당 절반-질량 (half-mass)의 단위, 구체적으로 mg/dm<sup>2</sup>로 보고된다. 상기 DIN 12116 기준은 개별적인 부류로 분할된다. 부류 S1은 0.7 mg/dm<sup>2</sup>까지의 손실을 나타내고; 부류 S2는 0.7 mg/dm<sup>2</sup> 내지 1.5 mg/dm<sup>2</sup>까지의 중량 손실을 나타내며; 부류 S3은 1.5 mg/dm<sup>2</sup> 내지 15 mg/dm<sup>2</sup>까지의 중량 손실을 나타내고; 부류 S4는 15 mg/dm<sup>2</sup> 초과 중량 손실을 나타낸다.

[0056] 상기 ISO 695 기준은 염기성 용액에 놓인 경우, 분해에 대한 유리의 내성의 측정이다. 간단히 말해서, 상기 ISO 695 기준은 측정된 연마된 유리 샘플을 활용하고, 그 다음 3시간 동안 비등하는 1M NaOH + 0.5M Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>의 용액에 놓는다. 상기 샘플은 그 다음 상기 용액으로부터 제거되고, 건조되며, 다시 측정된다. 상기 염기성 용액에 노출된 동안 손실된 유리 질량은 더 큰 내구성을 나타내는 작은 수로 샘플의 염기 내구성의 측정이다. 상기 DIN 12116 기준과 같이, 상기 ISO 695 기준의 결과는 표면적 당 질량 단위, 구체적으로 mg/dm<sup>2</sup>로 보고된다. 상기 ISO 695 기준은 개별적인 부류로 분할된다. 부류 A1은 75 mg/dm<sup>2</sup>까지 중량 손실을 나타내고; 부류 A2는 75 mg/dm<sup>2</sup> 내지 175 mg/dm<sup>2</sup>까지의 중량 손실을 나타내며; 부류 A3는 175 mg/dm<sup>2</sup> 초과 중량 손실을 나타낸다.

[0057] 상기 ISO 720 기준은 정제된, CO<sub>2</sub>-없는 물에서 분해에 대한 유리의 내성의 측정이다. 간단히 말해서, 상기 ISO 720 기준 프로토콜은 30분 동안 가압멸균 (autoclave) 하에서, 정제된, CO<sub>2</sub>-없는 물과 접촉하게 놓인 으깨진 유리 알갱이를 활용한다. 상기 용액은 그 다음 희석된 HCl로 중성 pH까지 비색분석 (colorimetrically)으로 적정된다. 중성 용액으로 적정하는데 요구된 HCl의 양은 그 다음 상기 유리로부터 추출된 Na<sub>2</sub>O의 당량으로 전환되고, 더 큰 내구성을 나타내는 더 작은 값으로 유리의 중량당 μg Na<sub>2</sub>O로 보고된다. 상기 ISO 720 기준은 개별적인 타입으로 분할된다. 타입 HGA1은 시험된 유리의 그램당 62 μg까지 추출된 당량의 Na<sub>2</sub>O를 나타내고; 타입 HGA2는 시험된 유리의 그램당 62 μg 이상 및 527 μg까지 추출된 당량의 Na<sub>2</sub>O를 나타내며; 타입 HGA3은 시험된 유리의 그램당 527 μg 이상 및 930 μg까지 추출된 당량의 Na<sub>2</sub>O를 나타낸다.

[0058] 상기 ISO 719 기준은 정제된, CO<sub>2</sub>-없는 물에서 분해에 대한 유리의 내성의 측정이다. 간단히 말해서, 상기 ISO 719 기준 프로토콜은 30분 동안 1 기압에서 98℃의 온도에서 정제된, CO<sub>2</sub>-없는 물과 접촉하게 놓인 으깨진 유리 알갱이를 활용한다. 상기 용액은 희석된 HCl로 중성 pH까지 비색분석으로 적정된다. 중성 용액으로 적정하기 위해 요구된 HCl의 양은 그 다음 상기 유리로부터 추출된 Na<sub>2</sub>O의 당량으로 전환되고, 더 큰 내구성을 나타내는 더 작은 값으로 유리의 중량당 μg Na<sub>2</sub>O로 보고된다. 상기 ISO 719 기준은 개별적인 타입으로 분할된다. 타입 HGB1은 31 μg까지 추출된 당량의 Na<sub>2</sub>O를 나타내고; 타입 HGB2는 31 μg 이상 및 62 μg까지 추출된 당량의 Na<sub>2</sub>O를 나타내며; 타입 HGB3는 62 μg 이상 및 264 μg까지 추출된 당량의 Na<sub>2</sub>O를 나타내고; 타입 HGB4는 264 μg 이상 및 620 μg까지 추출된 당량의 Na<sub>2</sub>O를 나타내며; 타입 HGB5는 620 μg 이상 및 1085 μg까지 추출된 당량의 Na<sub>2</sub>O를 나타낸다. 본 명세서에 기재된 유리 조성물은 타입 HGB1 내가수분해성을 갖는 몇몇 구현 예들과 함께 타입 HGB2 또는 더 우수한 ISO 719 내가수분해성을 갖는다.

[0059] 본 명세서에 기재된 유리 조성물은 이온 교환 강화에 따라 적어도 부류 S2 또는 부류 S1의 내산성을 갖는 몇몇 구현 예들과 함께 이온 교환 전 및 후 모두에서 DIN 12116에 따른 적어도 부류 S3의 내산성을 갖는다. 몇몇 다른 구현 예에 있어서, 상기 유리 조성물은 이온 교환 강화에 따라 부류 S1의 내산성을 갖는 몇몇 구현 예들과 함께 이온 교환 강화 전 및 후 모두에서 적어도 부류 S2의 내산성을 가질 수 있다. 또한, 본 명세서에 기재된 유리 조성물은 이온 교환 강화 후 적어도 부류 A1 내염기성을 갖는 몇몇 구현 예들과 함께 이온 교환 강화 전 및 후에 적어도 부류 A2의 ISO 695에 따른 내염기성을 갖는다. 본 명세서에 기재된 유리 조성물은 또한 이온 교환 강화 후 타입 HGA1 내가수분해성을 갖는 몇몇 구현 예들 및 이온 교환 강화 전 및 후 모두에서 타입 HGA1 내가수분해성을 갖는 몇몇 다른 구현 예들과 함께, 이온 교환 강화 전 및 후 모두에서 ISO 720 타입 HGA2 내가수분해성을 갖는다. 본 명세서에 기재된 유리 조성물은 타입 HGB1 내가수분해성을 갖는 몇몇 구현 예들과 함께 타입 HGB2 또는 더 우수한 ISO 719 내가수분해성을 갖는다. DIN 12116, ISO 695, ISO 720 및 ISO 719에 따른 기술된 참조 부류에 관하여, "적어도" 명시된 분류를 갖는 유리 조성물 또는 유리 제품은 유리 조성물의 성능이 명시된 분류만큼 우수하거나 또는 더욱 우수하다는 것을 의미한다. 예를 들어, "적어도 부류 S2"의 DIN 12116

내산성을 갖는 유리 제품은 S1 또는 S2의 DIN 12116 분류를 가질 수 있다.

[0060] 본 명세서에 기재된 유리 조성물은 유리 원료 물질의 배치가 원하는 조성을 갖도록 유리 원료 물질 (예를 들어,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 알칼리 산화물, 알칼리 토 산화물 및 이와 유사한 것의 분말)의 배치를 혼합시켜 형성된다. 그 이후, 상기 유리 원료 물질의 배치는 용융 유리 조성물을 형성하기 위해 가열되고, 나중에 유리 조성물을 형성하기 위해 냉각 및 고형화된다. 고형화 동안 (즉, 상기 유리 조성물은 유연하게 변형가능한 경우), 상기 유리 조성물은 원하는 최종 형태로 유리 조성물을 형상화시키기 위하여 기존 형성기술을 사용하여 형상화될 수 있다. 선택적으로, 상기 유리 제품은 시트, 튜브 또는 이와 유사한 것과 같은, 스톡 폼 (stock form)으로 형상화될 수 있고, 뒤이어 재가열되고, 원하는 최종 형태로 형성된다.

[0061] 본 명세서에 기재된 유리 조성물은, 예를 들어, 시트, 튜브 또는 이와 유사한 것과 같은 다양한 형태를 갖는 유리 제품으로 형상화될 수 있다. 그러나, 상기 유리 조성물의 화학적 내구성을 고려해볼 때, 본 명세서에 기재된 유리 조성물은 액체, 분말 및 이와 유사한 것과 같은, 약학적 조성물을 함유하기 위한 약학적 포장 또는 약학적 용기로서 사용되는 유리 제품의 형성에 사용하는데 특히 매우 적합하다. 예를 들어, 본 명세서에 기재된 유리 조성물은 Vacutainers<sup>®</sup> 카트리지, 주사기, 앰플, 병, 플라스크 (flasks), 작은 약병 (phials), 튜브, 비이커, 바이알 또는 이와 유사한 것을 포함하지만, 이에 제한되지 않는, 다양한 형태를 갖는 유리 용기를 형성하는데 사용될 수 있다. 더군다나, 이온 교환을 통해 상기 유리 조성물을 화학적으로 강화시키는 능력은 상기 유리 조성물로부터 형성된 이러한 약학적 포장 또는 유리 제품의 기계적 내구성을 개선하는데 활용될 수 있다. 따라서, 적어도 하나의 구현 예에 있어서, 상기 유리 조성물은 약품 포장의 화학적 내구성 및/또는 기계적 내구성을 개선하기 위하여 약품 포장에 혼입되는 것으로 이해될 것이다.

[0062] 실시 예

[0063] 본 명세서에 기재된 유리 조성물의 구현 예는 하기 실시 예에 의해 더욱 명확해질 것이다.

[0064] 실시 예 1

[0065] 6 개의 대표적인 본 발명의 유리 조성물 (조성물 A-F)은 준비된다. 각각의 대표 유리 조성물의 특정 조성물은 하기 표 1에 보고된다. 각각의 대표 유리 조성물의 다중 샘플은 제조된다. 각 조성물의 샘플의 하나의 세트는 상기 샘플의 표면에서 압축 층을 유도하기 위해 적어도 5시간 동안 450 °C의 온도에서 100%  $\text{KNO}_3$ 의 용융염 욕에서 이온 교환된다. 상기 압축 층은 적어도 500 MPa의 표면 압축 응력 및 적어도 45  $\mu\text{m}$ 의 층의 깊이를 갖는다.

[0066] 각 대표 유리 조성물의 화학적 내구성은 그 다음 전술된 바와 같은 DIN 12116 기준, ISO 695 기준, 및 ISO 720 기준을 활용하여 결정된다. 구체적으로, 각 대표 유리 조성물의 비-이온 교환 시험 샘플은 각각의, 시험 샘플의 내산성, 내염기성 또는 내가수분해성을 결정하기 위한 DIN 12116 기준, ISO 695 기준, 또는 ISO 720 기준 중 하나에 따른 시험에 적용된다. 각각의 대표적인 조성물의 이온 교환된 샘플의 내가수분해성은 ISO 720 기준에 따라 결정된다. 이온 교환된 샘플의 내가수분해성을 결정하기 위하여, 상기 유리는 ISO 720 기준에서 요구된 입자 크기로 으깨지고, 유리의 개별적 알갱이에서 압축 응력 층을 유도하기 위해 적어도 5시간 동안 450 °C의 온도에서 100%  $\text{KNO}_3$ 의 용융염 욕에서 이온 교환되며, 그 다음 ISO 720 기준에 따라 시험된다. 시험된 모든 샘플의 평균 결과는 하기 표 1에 보고된다.

[0067] 표 1에 나타난 바와 같이, 대표 유리 조성물 A-F 모두는 DIN 12116 기준에 따라 시험한 후에, 5  $\text{mg}/\text{dm}^2$  미만 및 1  $\text{mg}/\text{dm}^2$  초과 유리 질량 손실을 입증하였고, 대표 유리 조성물 E는 1.2  $\text{mg}/\text{dm}^2$ 의 가장 적은 유리 질량 손실을 갖는다. 따라서, 각각의 대표 유리 조성물은 DIN 12116 기준의 적어도 부류 S3으로 분류되고, 대표 유리 조성물 E는 부류 S2로 분류된다. 이들 시험 결과에 기초하여, 상기 유리 샘플의 내산성은 증가된  $\text{SiO}_2$  함량으로 개선되는 것으로 믿어진다.

[0068] 또한, 대표 유리 조성물 A-F 모두는 60  $\text{mg}/\text{dm}^2$ 에서 가장 낮은 유리 질량 손실을 갖는 대표 유리 조성물 A와 함께 ISO 695 기준을 따라 시험한 후에, 80  $\text{mg}/\text{dm}^2$  미만의 유리 질량 손실을 입증하였다. 따라서, 각각의 대표 유리 조성물은, 부류 A1로 분류된 대표 유리 조성물 A, B, D 및 F와 함께, ISO 695 기준의 적어도 부류 A2로 분류된다. 일반적으로, 더 높은 실리카 함량을 갖는 조성물은 더 낮은 내염기성을 나타내고, 더 높은 알칼리/알칼리 토 함량을 갖는 조성물은 더 높은 내염기성을 나타낸다.

[0069] 표 1은 또한 비-이온 교환된 시험 샘플의 대표 유리 조성물 A-F 모두는 타입 HGA1의 내가수분해성을 갖는 대표 유리 조성물 C-F와 함께, ISO 720 기준에 따라 시험 한 후, 적어도 타입 HGA2의 내가수분해성을 입증한 것을 보

여준다. 대표 유리 조성물 C-F의 내가수분해성은 대표 유리 조성물 A 및 B와 비교하여 유리 조성물에서 더 높은 양의 SiO<sub>2</sub> 및 더 낮은 양의 Na<sub>2</sub>O에 기인하는 것으로 믿어진다.

[0070] 더군다나, 대표 유리 조성물 B-F의 이온 교환된 시험 샘플은 ISO 720 기준에 따라 시험 한 후 동일한 대표 유리 조성물의 비-이온 교환된 시험 샘플보다 유리의 그램당 더 낮은 양의 추출된 Na<sub>2</sub>O를 입증하였다.

**표 1**

대표 유리 조성물의 조성 및 특성

[0071]

	mole %의 조성물					
	A	B	C	D	E	F
SiO <sub>2</sub>	70.8	72.8	74.8	76.8	76.8	77.4
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7.5	7	6.5	6	6	7
Na <sub>2</sub> O	13.7	12.7	11.7	10.7	11.6	10
K <sub>2</sub> O	1	1	1	1	0.1	0.1
MgO	6.3	5.8	5.3	4.8	4.8	4.8
CaO	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
SnO <sub>2</sub>	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
DIN 12116 (mg/dm <sup>2</sup> )	3.2	2.0	1.7	1.6	1.2	1.7
분류	S3	S3	S3	S3	S2	S3
ISO 695 (mg/dm <sup>2</sup> )	60.7	65.4	77.9	71.5	76.5	62.4
분류	A1	A1	A2	A1	A2	A1
ISO 695 (μg Na <sub>2</sub> O/g 유리)	100.7	87.0	54.8	57.5	50.7	37.7
분류	HGA2	HGA2	HGA1	HGA1	HGA1	HGA1
ISO 720 (IX) (μg Na <sub>2</sub> O/g 유리)	60.3	51.9	39.0	30.1	32.9	23.3
분류	HGA1	HGA1	HGA1	HGA1	HGA1	HGA1

[0072] 실시 예 2

[0073] 세 개의 대표적인 본 발명의 유리 조성물 (조성물 G-II) 및 두 개의 비교 유리 조성물 (조성물 2-3)은 준비된다. 상기 알칼리 산화물 대 알루미늄의 비 (즉, Y:X)는 각각의 상기 조성물에서 변화시켜, 상기 최종 유리 용융물 및 유리의 다양한 비율에서 이러한 비의 효과를 평가한다. 대표적인 본 발명의 유리 조성물 및 비교 유리 조성물의 특정 조성물은 표 2에 보고된다. 각각의 상기 유리 조성물로부터 형성된 용융물의 변형점, 어닐링점, 및 연화점은 결정되고, 표 2에 보고된다. 부가하여, 최종 유리의 열 팽창 계수 (CTE), 밀도, 및 응력 광학 계수 (stress optic coefficient) (SOC)는 또한 결정되고, 표 2에 보고된다. 각각의 대표적인 본 발명의 유리 조성물 및 각각의 비교 유리 조성물로부터 형성된 유리 샘플의 내가수분해성은 5시간 동안 450°C에서 100% KNO<sub>3</sub>의 용융염 욕에서 이온 교환 전 및 이온 교환 후 모두에 대해 ISO 720 기준에 따라 결정된다. 이온 교환된 이들 샘플을 위하여, 상기 압축 응력은 측정된 응력 광학 계수 (SOC)에 기초한 압축 응력 값으로, 기본 응력 미터 (fundamental stress meter) (FSM) 기기로 결정된다. 상기 FSM 기기는 복굴절 (birefringent) 유리 표면의 안 및 밖의 빛을 연결한다. 측정된 복굴절은 그 다음 재료 상수 (material constant), 응력-광학 또는 광탄성 계수 (photoelastic coefficient) (SOC 또는 PEC)을 통해 응력과 관련되고, 두 개의 파라미터: 최대 표면 압축 응력 (CS) 및 교환된 층의 깊이 (DOL)는 얻어진다. 상기 유리에서 알칼리 이온의 확산율 및 시간의 제곱근 당 응력에서의 변화는 또한 결정된다. 상기 유리의 확산율 (D)은 관계식  $DOL = -1.4 * \sqrt{4 * D * t}$ 에 따라 측정된 층의 깊이 (DOL) 및 이온 교환 시간 (t)로부터 계산된다. 확산율은 아레니우스 관계 (Arrhenius relationship)에 따라 온도와 함께 증가하는데, 예를 들어, 이것은 특정 온도에서 보고된다.

**표 2**

알칼리 대 알루미늄 비의 함수에 따른 유리 특성

[0074]

조성물 Mole%						
G	H	I	II	2	3	

SiO <sub>2</sub>	76.965	76.852	76.962	76.919	76.960	77.156
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.943	6.974	7.958	8.950	4.977	3.997
Na <sub>2</sub> O	11.427	10.473	9.451	8.468	12.393	13.277
K <sub>2</sub> O	0.101	0.100	0.102	0.105	0.100	0.100
MgO	4.842	4.878	4.802	4.836	4.852	4.757
CaO	0.474	0.478	0.481	0.480	0.468	0.462
SnO <sub>2</sub>	0.198	0.195	0.197	0.197	0.196	0.196
변형점 (°C)	578	616	654	683	548	518
어닐점 (°C)	633	674	716	745	600	567
연화점 (°C)	892	946	1003	1042	846	798
팽창 (10 <sup>-7</sup> K <sup>-1</sup> )	67.3	64.3	59.3	55.1	71.8	74.6
밀도 (g/cm <sup>3</sup> )	2.388	2.384	2.381	2.382	2.392	2.396
SOC (nm/mm/Mpa)	3.127	3.181	3.195	3.232	3.066	3.038
ISO720 (non-IX)	88.4	60.9	47.3	38.4	117.1	208.1
ISO720 (IX450°C-5hr)	25.3	26	20.5	17.8	57.5	102.5
R <sub>2</sub> O/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.940	1.516	1.200	0.958	2.510	3.347
t=0에서 CS (MPa)	708	743	738	655	623	502
CS/vt (MPa/hr <sup>1/2</sup> )	-35	-24	-14	-7	-44	-37
D (μm <sup>2</sup> /hr)	52.0	53.2	50.3	45.1	51.1	52.4

[0075] 표 2에서 데이터는 상기 알칼리 대 알루미늄 비 Y:X가 이온 교환 강화를 통해 얻어질 수 있는 용융 거동 (melting behavior), 내가수분해성, 및 압축 응력에 영향을 미친다는 것을 나타낸다. 특히, 도 1은 표 2의 유리 조성물에 대한 Y:X 비의 함수에 따른 변형점, 어닐링점, 및 연화점을 그래프로 나타낸다. 도 1은 Y:X의 비가 0.9 이하로 감소함에 따라, 상기 유리의 변형점, 어닐링점, 및 연화점이 빠르게 증가하는 것을 입증한다. 따라서, 빠르게 용융가능하고 형성가능한 유리를 얻기 위하여, 상기 비 Y:X는 0.9 이상 또는 1 이상일 수 있다.

[0076] 또한, 표 2에서의 데이터는 상기 유리 조성물의 확산율이 일반적으로 Y:X의 비와 함께 감소하는 것을 나타낸다. 따라서, 공정 시간 (및 비용)을 감소시키기 위하여 빠르게 이온 교환될 수 있는 유리를 달성하기 위하여, 상기 Y:X의 비는 0.9 이상 또는 1 이상일 수 있다.

[0077] 더군다나, 도 2는, 제공된 이온 교환 시간 및 이온 교환 온도에 대하여, 최대 압축 응력이 Y:X의 비가 0.9 이상, 또는 약 1 이상, 및 약 2 이하, 구체적으로 약 1.3 이상 및 약 2.0 이하인 경우 얻어지는 것을 나타낸다. 따라서, 상기 유리의 하중 내재 강도 (load bearing strength)에서 최대 개선은 상기 Y:X의 비가 약 1 초과 및 약 2 이하인 경우 얻어질 수 있다. 이온 교환에 의해 달성가능한 최대 응력이 응력 변화율 (stress change rate) (즉, 상기 이온 교환 시간의 제곱근에 의해 나누어진 측정된 압축 응력)에 의해 나타난 바와 같이 이온-교환 지속기간을 증가와 함께 쇠퇴할 것이라고 일반적으로 이해된다. 도 2는 일반적으로 상기 응력 변화율이 비 Y:X가 감소함에 따라 감소하는 것을 보여준다.

[0078] 도 3은 비 Y:X의 함수 (x-축)에 따라 내가수분해성 (y-축)을 그래프로 나타낸다. 도 3에서 나타난 바와 같이, 상기 유리의 내가수분해성은 일반적으로 비 Y:X가 감소에 따라 개선된다.

[0079] 전술된 바에 기초하여, 우수한 용융 거동, 우수한 이온 교환 성능 및 우수한 내가수분해성을 갖는 유리는 약 0.9 이상 또는 약 1 이상, 및 약 2 이하로 상기 유리에서 비 Y:X를 유지시켜 달성될 수 있는 것으로 이해될 수 있다.

[0080] 실시 예 3

[0081] 세 개의 대표적인 본 발명의 유리 조성물 (조성물 J-L) 및 세 개의 비교 유리 조성물 (조성물 4-6)은 준비된다. 상기 유리 조성물에서 MgO 및 CaO의 농도는 MgO-풍부 조성물 (즉, 조성물 J-L 및 4) 및 CaO-풍부 조성물 (즉, 조성물 5-6) 모두를 제조하도록 변화된다. MgO 및 CaO의 상대량은 또한 상기 유리 조성물이 상기 비 (CaO/(CaO+MgO))에 대한 다른 값을 갖도록 변화된다. 대표적인 본 발명의 유리 조성물 및 비교 유리 조성물의

각각의 특정 조성물은 하기 표 3에서 보고된다. 각 조성물의 특성은 실시 예 2에 대하여 기술된 바와 같이 결정된다.

표 3

CaO 함량의 함수에 따른 유리 특성

	조성물 Mole%					
	J	K	L	4	5	6
SiO <sub>2</sub>	76.99	77.10	77.10	77.01	76.97	77.12
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.98	5.97	5.96	5.96	5.97	5.98
Na <sub>2</sub> O	11.38	11.33	11.37	11.38	11.40	11.34
K <sub>2</sub> O	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
MgO	5.23	4.79	3.78	2.83	1.84	0.09
CaO	0.07	0.45	1.45	2.46	3.47	5.12
SnO <sub>2</sub>	0.20	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19
변형점 (°C)	585	579	568	562	566	561
어닐점 (°C)	641	634	620	612	611	610
연화점 (°C)	902	895	872	859	847	834
팽창 (10 <sup>-7</sup> K <sup>-1</sup> )	67.9	67.1	68.1	68.8	69.4	70.1
밀도 (g/cm <sup>3</sup> )	2.384	2.387	2.394	2.402	2.41	2.42
SOC nm/mm/Mpa	3.12	3.08	3.04	3.06	3.04	3.01
ISO720 (non-IX)	83.2	83.9	86	86	88.7	96.9
ISO720 (IX450°C-5hr)	29.1		28.4	33.2	37.3	40.1
CaO로서 RO의 분획	0.014	0.086	0.277	0.465	0.654	0.982
t=0에서 CS (MPa)	707	717	713	689	693	676
CS/vt (MPa/hr <sup>1/2</sup> )	-36	-37	-39	-38	-43	-44
D (μ m <sup>2</sup> /hr)	57.2	50.8	40.2	31.4	26.4	20.7

[0083] 도 4는 상기 비 (CaO/(CaO+MgO))의 함수에 따라 표 3에 기재된 조성물의 확산율 D를 그래프로 나타낸다. 구체적으로, 도 4는, 상기 비 (CaO/(CaO+MgO))가 증가함에 따라, 상기 최종 유리에서 알칼리 이온의 확산율은 감소하고, 이에 의해 상기 유리의 이온 교환 성능을 약화시키는 것을 나타낸다. 이러한 경향은 표 3 및 도 5에서의 데이터에 의해 지지된다. 도 5는 상기 비 (CaO/(CaO+MgO))의 함수에 따라 최대 압축 응력 및 응력 변화율 (y-축)을 그래프로 나타낸다. 도 5는, 상기 비 (CaO/(CaO+MgO))가 증가함에 따라, 얻어질 수 있는 최대 압축 응력이 제공된 이온 교환 온도 및 이온 교환 시간에 대해 감소하는 것을 나타낸다. 도 5는, 또한 상기 비 (CaO/(CaO+MgO))가 증가함에 따라, 상기 응력 변화율은 증가하는 (즉, 더욱 음성적 및 덜 바람직하게 되는) 것을 나타낸다.

[0084] 따라서, 표 3 및 도 4 및 5에서의 데이터에 기초하여, 더 높은 확산율을 갖는 유리는 비 (CaO/(CaO+MgO))를 최소화하여 제조될 수 있는 것으로 이해될 수 있다. 적절한 확산율을 갖는 유리는 상기 (CaO/(CaO+MgO)) 비가 약 0.5 미만인 경우 제조될 수 있는 것으로 결정된다. 상기 (CaO/(CaO+MgO)) 비가 약 0.5 미만인 경우 유리의 확산율 값은 제공된 압축 응력 및 층의 깊이를 달성하기 위해 필요한 이온 교환 공정 시간을 감소시킨다. 선택적으로, 상기 비 (CaO/(CaO+MgO))에 기인한 더 높은 확산율을 갖는 유리는 제공된 이온 교환 온도 및 이온 교환 시간에 대한 더 높은 압축 응력 및 층의 깊이를 달성하는데 사용될 수 있다.

[0085] 더군다나, 표 3에서의 데이터는 상기 MgO 농도를 증가시켜 비 (CaO/(CaO+MgO))를 감소시키는 것이 일반적으로 상기 ISO 720 기준에 의해 측정된 바와 같은 가수분해성 분해에 대한 유리의 내성을 개선하는 것을 나타낸다.

[0086] 실시 예 4

[0087] 세 개의 대표적인 본 발명의 유리 조성물 (조성물 M-0) 및 세 개의 비교 유리 조성물 (조성물 7-9)는 준비된다.

상기 유리 조성물에서 B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 농도는 상기 최종 유리가 비 B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/(R<sub>2</sub>O-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)에 대한 다른 값을 갖도록 0 mol.% 내지 약 4.6 mol.%로 변화된다. 상기 대표적인 본 발명의 유리 조성물 및 비교 유리 조성물의 각각의 특정 조성물은 하기 표 4에 보고된다. 각각 유리 조성물의 특성은 실시 예 2 및 3에 대하여 기술된 바와 같이 결정된다.

표 4

B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 함량의 함수에 따른 유리 특성

	조성물 Mole%					
	M	N	O	7	8	9
SiO <sub>2</sub>	76.860	76.778	76.396	74.780	73.843	72.782
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.964	5.948	5.919	5.793	5.720	5.867
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.000	0.214	0.777	2.840	4.443	4.636
Na <sub>2</sub> O	11.486	11.408	11.294	11.036	10.580	11.099
K <sub>2</sub> O	0.101	0.100	0.100	0.098	0.088	0.098
MgO	4.849	4.827	4.801	4.754	4.645	4.817
CaO	0.492	0.480	0.475	0.463	0.453	0.465
SnO <sub>2</sub>	0.197	0.192	0.192	0.188	0.183	0.189
변형점 (°C)	579	575	572	560	552	548
어닐점 (°C)	632	626	622	606	597	590
연화점 (°C)	889	880	873	836	816	801
팽창 (10 <sup>-7</sup> K <sup>-1</sup> )	68.3	67.4	67.4	65.8	64.1	67.3
밀도 (g/cm <sup>3</sup> )	2.388	2.389	2.390	2.394	2.392	2.403
SOC (nm/mm/MPa)	3.13	3.12	3.13	3.17	3.21	3.18
ISO720 (non-IX)	86.3	78.8	68.5	64.4	52.7	54.1
ISO720 (IX450°C-5hr)	32.2	30.1	26	24.7	22.6	26.7
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /(R <sub>2</sub> O-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	0.000	0.038	0.142	0.532	0.898	0.870
t=0에서 CS (MPa)	703	714	722	701	686	734
CS/vt (MPa/hr <sup>1/2</sup> )	-38	-38	-38	-33	-32	-39
D (μm <sup>2</sup> /hr)	51.7	43.8	38.6	22.9	16.6	15.6

[0089] 도 6은 표 4의 유리 조성물에 대한 비 B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/(R<sub>2</sub>O-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) (x-축)의 함수에 따른 표 4에서 유리 조성물의 확산율 D (y-축)를 그래프로 나타낸다. 도 6에 나타난 바와 같이, 상기 유리에서 알칼리 이온의 확산율은 일반적으로 비 B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/(R<sub>2</sub>O-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)가 증가함에 따라 감소한다.

[0090] 도 7은 표 4의 유리 조성물에 대한 비 B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/(R<sub>2</sub>O-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) (x-축)의 함수에 따라 ISO 720 기준 (y-축)에 따른 내가수분해성을 그래프로 나타낸다. 도 7에 나타난 바와 같이, 상기 유리 조성물의 내가수분해성은 일반적으로 비 B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/(R<sub>2</sub>O-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)가 증가함에 따라 개선된다.

[0091] \*도면 6 및 7에 기초하여, 상기 비 B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/(R<sub>2</sub>O-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)를 최소화하는 것은 유리에서 알칼리 이온의 확산율을 개선하고, 이에 의해 상기 유리의 이온 교환 특성을 개선하는 것으로 이해될 수 있다. 또한, 상기 비 B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/(R<sub>2</sub>O-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)를 증가시키는 것은 또한 가수분해성 분해에 대한 유리의 내성을 일반적으로 개선한다. 부가하여, (DIN 12116 기준에 의해 측정된 바와 같은) 산성 용액에서 분해에 대한 유리의 내성은 B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 농도를 감소시켜 일반적으로 개선되는 것으로 확인된다. 따라서, 약 0.3 이하로 상기 비 B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/(R<sub>2</sub>O-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)를 유지하는 것은 개선된 이온 교환 특성을 제공할 뿐만 아니라 개선된 가수분해성 및 내산성을 갖는 유리를 제공하는 것으로 밝혀졌다.

[0092] 본 명세서에 기재된 유리 조성물은 이온 교환 후 기계적 내구성뿐만 아니라 화학적 내구성을 나타내는 것으로 이해될 수 있다. 이러한 특성은 약품 포장 물질을 포함하지만, 이에 제한되지 않는, 다양한 적용에서 사용하기

에 적절한 유리 조성물을 만든다.

- [0093] 전술된 바에 기초하여, 유리 조성물 및 유리 조성물로부터 형성된 유리 제품의 다양한 관점들이 개시된 것으로 이해될 수 있다. 제1 관점에 따르면, 유리 조성물은 약 70 mol.%를 초과하는 농도의 SiO<sub>2</sub> 및 Y mol.%의 알칼리 산화물을 포함할 수 있다. 상기 알칼리 산화물은 약 8 mol.%를 초과하는 양의 Na<sub>2</sub>O를 포함할 수 있다. 상기 유리 조성물은 붕소 및 붕소의 화합물이 없을 수 있다.
- [0094] 제2 관점에 있어서, 상기 제1 관점의 유리 조성물은 약 72 mol.% 이상의 양으로 SiO<sub>2</sub>를 포함한다.
- [0095] 제3 관점에 있어서, 상기 제1 또는 제2 관점의 유리 조성물은 인 및 인의 화합물이 없다.
- [0096] 제4 관점에 있어서, 상기 제1 내지 제3 관점 중 어느 하나의 유리 조성물은 X mol.%의 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>을 더욱 포함하고, 여기서 Y:X의 비는 1 초과이다.
- [0097] 제5 관점에 있어서, 상기 제4 관점에서 상기 유리 조성물의 Y:X의 비는 2 이하이다.
- [0098] 제6 관점에 있어서, 제4 또는 제5 관점에서 상기 유리 조성물의 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 양은 약 2 mol.% 이상 및 약 10 mol.% 이하이다.
- [0099] 제7 관점에 있어서, 상기 제1 내지 제5 관점 중 어느 하나의 유리 조성물은 약 3 mol.% 내지 약 13 mol.%의 알칼리 토 산화물을 더욱 포함한다.
- [0100] 제8 관점에 있어서, 상기 제7 관점의 알칼리 토 산화물은 MgO 및 CaO를 포함하고, 상기 CaO는 약 0.1 mol.% 이상 및 약 1.0 mol.% 이하의 양으로 존재하고, 비 (CaO (mol.%)/(CaO (mol.%)+MgO (mol.%)))는 0.5 이하이다.
- [0101] 제9 관점에 있어서, 유리 조성물은 약 68 mol.%를 초과하는 SiO<sub>2</sub>; X mol.%의 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 및 Y mol.%의 알칼리 산화물; 및 B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>를 포함할 수 있다. 상기 알칼리 산화물은 약 8 mol.%를 초과하는 양의 Na<sub>2</sub>O를 포함할 수 있다. 비 (B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (mol.%)/(Y mol.% - X mol.%))는 0 초과 및 0.3 미만일 수 있다.
- [0102] 제10 관점에 있어서, 상기 제9 관점의 유리 조성물은 약 72 mol.% 이상의 양으로 SiO<sub>2</sub>를 포함한다.
- [0103] 제11 관점에 있어서, 상기 제9 관점 또는 제10 관점의 유리 조성물은 약 0.01 mol.% 이상 및 약 4 mol.% 이하의 양으로 B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>를 포함한다.
- [0104] 제12 관점에 있어서, 상기 제9 내지 제11 관점 중 어느 하나의 유리 조성물은 Y:X의 비가 1 초과이다.
- [0105] 제13 관점에 있어서, 상기 제12 관점의 Y:X 비는 2 이하이다.
- [0106] 제14 관점은 상기 제9 내지 제13 관점 중 어느 하나의 유리 조성물을 포함하고, 여기서 X는 약 2 mol.% 이상 및 약 10 mol.% 이하이다.
- [0107] 제15 관점은 상기 제9 내지 제 14 관점 중 어느 하나의 유리 조성물을 포함하고, 여기서 상기 유리 조성물은 인 및 인의 화합물이 없다.
- [0108] 제16 관점은 상기 제9 내지 제15 관점 중 어느 하나의 유리 조성물을 포함하고, 여기서 상기 유리 조성물은 MgO 및 CaO를 더욱 포함하고, 상기 CaO는 약 0.1 mol.% 이상 및 약 1.0 mol.% 이하의 양으로 존재하고, 비 (CaO (mol.%)/(CaO (mol.%)+MgO (mol.%)))는 0.5 이하이다.
- [0109] 제17 관점에 있어서, 유리 제품은 ISO 719에 따른 타입 HGB1 내가수분해성을 가질 수 있다. 상기 유리 제품은 약 8 mol.%를 초과하는 Na<sub>2</sub>O 및 약 4 mol.% 미만의 B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>를 포함할 수 있다.
- [0110] 제18 관점에 있어서, 상기 제17 관점의 유리 제품은 X mol.%의 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 및 Y mol.%의 알칼리 산화물을 더욱 포함하고, 여기서 비 (B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (mol.%)/(Y mol.% - X mol.%))는 0 초과 및 0.3 미만이다.
- [0111] 제19 관점에 있어서, 제17 내지 제18 관점 중 어느 하나의 유리 제품은 약 250 MPa 이상의 표면 압축 응력을 갖는 압축 응력 층을 더욱 포함한다.
- [0112] 제20 관점은 제17 내지 제19 관점 중 어느 하나의 유리 제품을 포함하고, 여기서 상기 유리 제품은 DIN 12116에 따른 적어도 부류 S3 내산성을 갖는다.

- [0113] 제21 관점은 상기 제17 내지 제20 관점 중 어느 하나의 유리 제품을 포함하고, 여기서 상기 유리 제품은 ISO 695에 따른 적어도 부류 A2 내염기성을 갖는다.
- [0114] 제22 관점은 상기 제17 내지 제21 관점 중 어느 하나의 유리 제품을 포함하고, 여기서 상기 유리 제품은 ISO 720에 따른 타입 HGA1 내가수분해성을 갖는다.
- [0115] 제23 관점에 있어서, 유리 약품 포장은 약 70 mol.%를 초과하는 양의  $\text{SiO}_2$ ; X mol.%의  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ; 및 Y mol.%의 알칼리 산화물을 포함할 수 있다. 상기 알칼리 산화물은 약 8 mol.%를 초과하는 양의  $\text{Na}_2\text{O}$ 를 포함할 수 있다. 상기 유리 약품 포장에서 (Y mol.% - X mol.%)에 대한  $\text{B}_2\text{O}_3$  (mol.%)의 농도의 비는 0.3 미만일 수 있다. 상기 유리 약품 포장은 또한 ISO 719에 따른 타입 HGB1 내가수분해성을 가질 수 있다.
- [0116] 제24 관점은 제23 관점의 유리 약품 포장을 포함하고, 여기서 상기  $\text{SiO}_2$ 의 양은 72 mol.% 이상 및 약 78 mol.% 이하이다.
- [0117] 제25 관점은 제23 내지 제24 관점의 유리 약품 포장을 포함하고, 여기서 X는 약 4 mol.% 이상 및 약 8 mol.% 이하이다.
- [0118] 제26 관점은 제23 내지 제25 관점의 유리 약품 포장을 포함하고, 여기서 Y:X의 비는 1 초과이다.
- [0119] 제26 관점은 제23 내지 제 26 관점의 유리 약품 포장을 포함하고, 여기서 Y:X의 비는 2 미만이다.
- [0120] 제28 관점은 제23 내지 제27 관점의 유리 약품 포장을 포함하고, 상기 유리 약품 포장은 약 4 mol.% 내지 약 8 mol.%의 알칼리 토 산화물을 더욱 포함한다.
- [0121] 제29 관점은 제23 내지 제28 관점의 유리 약품 포장을 포함하고, 상기 유리 약품 포장은 MgO 및CaO를 더욱 포함하고, CaO는 약 0.2 mol.% 이상 및 약 0.7 mol.% 이하의 양으로 존재하고, 비  $(\text{CaO (mol.%)}/(\text{CaO (mol.%) + MgO (mol.%)})$ 는 0.5 이하이다.
- [0122] 제30 관점은 제23 내지 제29 관점의 유리 약품 포장을 포함하고, 여기서 상기 약품 포장은 ISO 720에 따른 타입 HGA1 내가수분해성을 갖는다.
- [0123] 제31 관점에 있어서, 유리 조성물은 약 70 mol.% 내지 약 80 mol.%의  $\text{SiO}_2$ ; 약 3 mol.% 내지 약 13 mol.%의 알칼리 토 산화물; X mol.%의  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ; 및 Y mol.%의 알칼리 산화물을 포함할 수 있다. 상기 알칼리 산화물은 약 8 mol.%를 초과하는 양의  $\text{Na}_2\text{O}$ 를 포함할 수 있다. Y:X의 비는 1 초과일 수 있고, 유리 조성물은 붕소 및 붕소의 화합물이 없을 수 있다.
- [0124] 제32 관점에 있어서, 유리 조성물은 72 mol.% 내지 약 78 mol.%의  $\text{SiO}_2$ ; 약 4 mol.% 내지 약 8 mol.%의 알칼리 토 산화물; X mol.%의  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ; 및 Y mol.%의 알칼리 산화물을 포함할 수 있다. 상기 알칼리 토 산화물의 양은 약 4 mol.% 이상 및 약 8 mol.% 이하일 수 있다. 상기 알칼리 산화물은 약 9 mol.% 이상 및 약 15 mol.% 이하의 양으로  $\text{Na}_2\text{O}$ 를 포함할 수 있다. Y:X의 비는 1 초과일 수 있다. 상기 유리 조성물은 붕소 및 붕소의 화합물이 없을 수 있다.
- [0125] 제33 관점에 있어서, 유리 조성물은 약 68 mol.% 내지 약 80 mol.%의  $\text{SiO}_2$ ; 약 3 mol.% 내지 약 13 mol.%의 알칼리 토 산화물; X mol.%의  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ; 및 Y mol.%의 알칼리 산화물을 포함할 수 있다. 상기 알칼리 산화물은 약 8 mol.%를 초과하는 양의  $\text{Na}_2\text{O}$ 를 포함할 수 있다. 상기 유리 조성물은 또한  $\text{B}_2\text{O}_3$ 을 포함할 수 있다. 비  $(\text{B}_2\text{O}_3 (\text{mol.})/(\text{Y mol.} - \text{X mol.}))$ 는 0 초과 및 0.3 미만일 수 있고, Y:X의 비는 1 초과일 수 있다.
- [0126] 제34 관점에 있어서, 유리 조성물은 약 70 mol.% 내지 약 80 mol.%의  $\text{SiO}_2$ ; 약 3 mol.% 내지 약 13 mol.%의 알칼리 토 산화물; X mol.%의  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ; 및 Y mol.%의 알칼리 산화물을 포함할 수 있다. 상기 알칼리 토 산화물은 약 0.1 mol.% 이상 및 약 1.0 mol.% 이하의 양으로 CaO를 포함할 수 있다. X는 약 2 mol.% 이상 및 약 10 mol.% 이하일 수 있다. 상기 알칼리 산화물은 약 0.01 mol.% 내지 약 1.0 mol.%  $\text{K}_2\text{O}$ 를 포함할 수 있다. Y:X의 비는 1 초과일 수 있다. 상기 유리 조성물은 붕소 및 붕소의 화합물이 없을 수 있다.
- [0127] 제35 관점에 있어서, 유리 조성물은 약 70 mol.% 초과 및 약 80 mol.% 이하의 양으로  $\text{SiO}_2$ ; 약 3 mol.% 내지 약

13 mol.%의 알칼리 토 산화물; X mol.%의  $Al_2O_3$ ; 및 Y mol.%의 알칼리 산화물을 포함할 수 있다. 상기 알칼리 산화물은 약 8 mol.%를 초과하는 양의  $Na_2O$ 를 포함할 수 있다. 상기 유리 조성물에서 (Y mol.% - X mol.%)에 대한  $B_2O_3$  (mol.%)의 농도의 비는 0.3 미만일 수 있다. Y:X의 비는 1 초과일 수 있다.

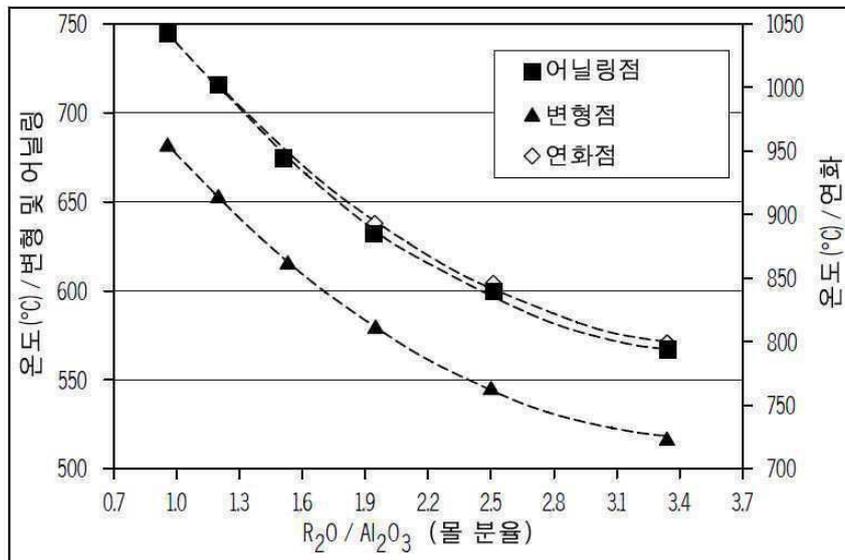
- [0128] 제36 관점에 있어서, 제31 내지 제35 관점 중 어느 하나의 유리 조성물에서 상기  $SiO_2$ 는 78 mol.% 이하의 양으로 존재한다.
- [0129] 제37 관점은 제31 내지 제36 관점 중 어느 하나의 유리 조성물을 포함하고, 여기서 상기 알칼리 토 산화물의 양은 약 4 mol.% 이상 및 약 8 mol.% 이하이다.
- [0130] 제38 관점은 제31 내지 제37 관점 중 어느 하나의 유리 조성물을 포함하고, 여기서 상기 알칼리 토 산화물은 MgO 및 CaO를 포함하고, 비  $(CaO (mol.%) / (CaO (mol.%) + MgO (mol.%) ))$ 는 0.5 이하이다.
- [0131] 제39 관점은 제31 내지 제38 관점 중 어느 하나의 유리 조성물을 포함하고, 여기서 상기 알칼리 토 산화물은 약 0.1 mol.% 내지 약 1.0 mol.% 이하의 CaO를 포함한다.
- [0132] 제40 관점은, 제31 내지 제39 관점 중 어느 하나의 유리 조성물을 포함하고, 여기서 상기 알칼리 토 산화물은 약 3 mol.% 내지 약 7 mol.% MgO를 포함한다.
- [0133] 제41 관점은 제31, 제32, 또는 제34 관점 중 어느 하나의 유리 조성물을 포함하고, 여기서 X는 약 2 mol.% 이상 및 약 10 mol.% 이하이다.
- [0134] 제42 관점은 제31 내지 제41 관점 중 어느 하나의 유리 조성물을 포함하고, 여기서 상기 알칼리 산화물은 약 9 mol.% 이상의  $Na_2O$  및 약 15 mol.% 이하의  $Na_2O$ 를 포함한다.
- [0135] 제43 관점은 제31 내지 제42 관점 중 어느 하나의 유리 조성물을 포함하고, 여기서 상기 Y:X의 비는 2 이하이다.
- [0136] 제44 관점은 제31 내지 제43 관점 중 어느 하나의 유리 조성물을 포함하고, 여기서 상기 Y:X의 비는 1.3 이상 및 2.0 이하이다.
- [0137] 제45 관점은 제31 내지 제44 관점 중 어느 하나의 유리 조성물을 포함하고, 여기서 상기 알칼리 산화물은 약 3 mol.% 이하의 양으로  $K_2O$ 를 더욱 포함한다.
- [0138] 제46 관점은 제31 내지 제45 관점 중 어느 하나의 유리 조성물을 포함하고, 여기서 상기 유리 조성물은 인 및 인의 화합물이 없다.
- [0139] 제47 관점은 제31 내지 제46 관점 중 어느 하나의 유리 조성물을 포함하고, 여기서 상기 알칼리 산화물은 약 0.01 mol.% 이상 및 약 1.0 mol.% 이하의 양으로  $K_2O$ 를 포함한다.
- [0140] 제48 관점은 제32 또는 제34 관점 중 어느 하나의 유리 조성물을 포함하고, 여기서  $SiO_2$ 의 양은 약 70 mol.% 이상이다.
- [0141] 제49 관점은 제32 또는 제34 관점 중 어느 하나의 유리 조성물을 포함하고, 여기서 상기 비  $(B_2O_3 (mol.%) / (Y mol. \% - X mol. \%))$ 는 0.2 미만이다.
- [0142] 제50 관점은 제32 또는 제34 관점 중 어느 하나의 유리 조성물을 포함하고, 여기서  $B_2O_3$ 의 양은 약 4.0 mol.% 이하이다.
- [0143] 제51 관점은 제50 관점의 유리 조성물을 포함하고, 여기서  $B_2O_3$ 의 양은 약 0.01 mol.% 이상이다.
- [0144] 제52 관점은 제34 관점의 유리 조성물을 포함하고, 여기서 상기 유리 조성물을 붕소 및 붕소의 화합물이 없다.
- [0145] 제53 관점은 제31 내지 제34 관점 중 어느 하나의 유리 조성물을 포함하고, 여기서  $SiO_2$ 의 농도는 약 72 mol.% 이상이다.
- [0146] 제54 관점은 제31 내지 제53 관점 중 어느 하나의 유리 조성물을 포함하고, 여기서  $SiO_2$ 의 농도는 약 73 mol.% 이상이다.

- [0147] 제55 관점에 있어서, 유리 제품은 제31 내지 제54 관점 중 어느 하나의 유리 조성물로부터 형성된다.
- [0148] 제56 관점은 제55 관점의 유리 제품을 포함하고, 여기서 상기 유리 제품은 ISO 719에 따른 타입 HGB1 내가수분해성을 갖는다.
- [0149] 제57 관점은 제55 내지 제56 관점 중 어느 하나의 유리 제품을 포함하고, 여기서 상기 유리 제품은 이온 교환 강화 후 ISO 720에 따른 타입 HGA1 내가수분해성을 갖는다.
- [0150] 제58 관점은 제55 내지 제57 관점 중 어느 하나의 유리 제품을 포함하고, 여기서 상기 유리 제품은 이온 교환 강화 전 및 후 ISO 720에 따른 타입 HGA1 내가수분해성을 갖는다.
- [0151] 제59 관점은 제55 내지 제58 관점 중 어느 하나의 유리 제품을 포함하고, 여기서 상기 유리 제품은 DIN 12116에 따른 적어도 부류 S3 내산성을 갖는다.
- [0152] 제60 관점은, 제55 내지 제59 관점 중 어느 하나의 유리 제품을 포함하고, 여기서 상기 유리 제품은 ISO 695에 따른 적어도 부류 A2 내염기성을 갖는다.
- [0153] 제61 관점은 제55 내지 제61 관점 중 어느 하나의 유리 제품을 포함하고, 여기서 상기 유리 제품은 약품 포장이다.
- [0154] 제62 관점은 제55 내지 제61 관점 중 어느 하나의 유리 제품을 포함하고, 여기서 상기 유리 제품은 이온 교환 강화된다.
- [0155] 제63 관점은 제55 내지 제62 관점 중 어느 하나의 유리 제품을 포함하고, 여기서 상기 유리 제품은 10  $\mu\text{m}$  이상의 층의 깊이 및 250 MPa 이상의 표면 압축 응력을 갖는 압축 응력 층을 더욱 포함한다.
- [0156] 제64 관점에 있어서, 유리 제품은 ISO 719에 따른 타입 HGB1 내가수분해성을 가질 수 있다. 상기 유리 제품은 450°C 이하의 온도에서 16  $\mu\text{m}^2/\text{hr}$ 를 초과하는 확산율을 또한 가질 수 있다.
- [0157] 제65 관점은 제64 관점의 유리 제품을 포함하고, 여기서 상기 확산율은 450°C 이하의 온도에서 20  $\mu\text{m}^2/\text{hr}$  이상이다.
- [0158] 제66 관점은 제63 내지 제64 관점 중 어느 하나의 유리 제품을 포함하고, 여기서 상기 유리 제품은 이온 교환 강화 후 ISO 720에 따른 타입 HGA1 내가수분해성을 갖는다.
- [0159] 제67 관점은 제64 내지 제66 관점 중 어느 하나의 유리 제품을 포함하고, 상기 유리 제품은 25  $\mu\text{m}$  초과와 층의 깊이로 압축 응력을 더욱 포함한다.
- [0160] 제68 관점은 제67 관점의 유리 제품을 포함하고, 여기서 상기 층의 깊이는 35  $\mu\text{m}$ 를 초과한다.
- [0161] 제69 관점은 제63 내지 제68 관점 중 어느 하나의 유리 제품을 포함하고, 여기서 상기 유리 제품은 이온 교환 강화되고, 상기 이온 교환 강화단계는 450°C 이하의 온도에서 5시간 이하의 시간 동안 용융염 욕에서 상기 유리 제품을 처리하는 단계를 포함한다.
- [0162] 제70 관점은 제63 내지 제69 관점 중 어느 하나의 유리 제품을 포함하고, 상기 유리 제품은 350 MPa 이상의 표면 압축 응력을 더욱 포함한다.
- [0163] 제71 관점은 제63 내지 제70 관점 중 어느 하나의 유리 제품을 포함하고, 여기서 상기 표면 압축 응력은 400 MPa 이상이다.
- [0164] 제72 관점은 제63 내지 제71 관점 중 어느 하나의 유리 제품을 포함하고, 여기서 상기 유리 제품은 이온 교환 강화되고, 상기 이온 교환 강화단계는 450°C 이하의 온도에서 5시간 이하의 시간 동안 용융염 욕에서 상기 유리 제품을 처리하는 단계를 포함한다.
- [0165] 제72 관점은 제63 내지 제72 관점 중 어느 하나의 유리 제품을 포함하고, 여기서 상기 유리 제품은 약품 포장이다.
- [0166] 제73 관점에 있어서, 유리 제품은 ISO 719에 따른 타입 HGB1 내가수분해성을 가질 수 있다. 상기 유리 제품은 25  $\mu\text{m}$  초과와 층의 깊이 및 350 MPa 이상의 표면 압축 응력을 갖는 압축 응력 층을 또한 가질 수 있다. 상기 유리 제품은 이온 교환 강화될 수 있고, 상기 이온 교환 강화단계는 450°C 이하의 온도에서 5시간 이하의 시간 동안 용융염 욕에 유리 제품을 처리하는 단계를 포함할 수 있다.

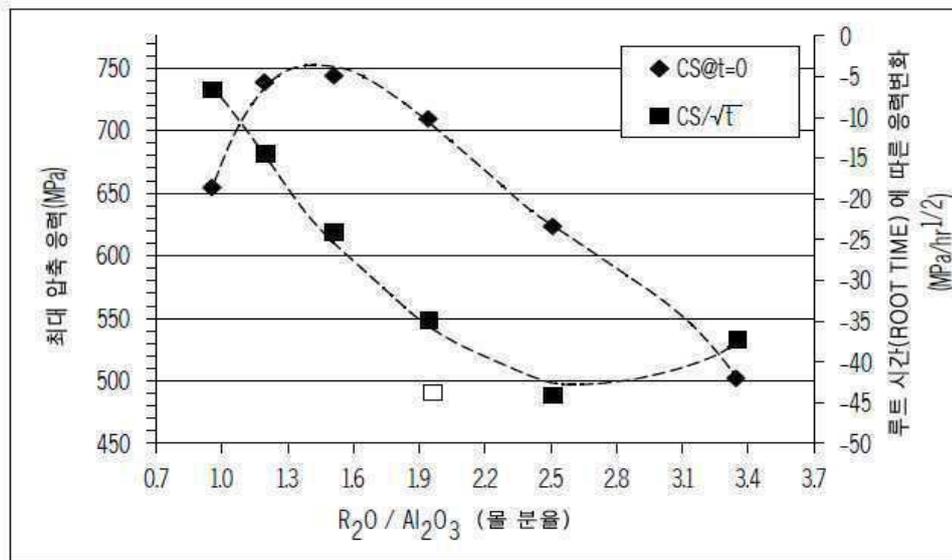
- [0167] 제74 관점은 제73 관점의 유리 제품을 포함하고, 여기서 상기 유리 제품은 이온 교환 강화 후 ISO 720에 따른 타입 HGA1 내가수분해성을 갖는다.
- [0168] 제75 관점은 제73 내지 제74 관점 중 어느 하나의 유리 제품을 포함하고, 여기서 상기 유리 제품은 450℃ 이하의 온도에서 16  $\mu\text{m}^2/\text{hr}$ 를 초과하는 확산율을 갖는다.
- [0169] 제76 관점은 제73 내지 제76 관점 중 어느 하나의 유리 제품을 포함하고, 여기서 상기 확산율은 450℃ 이하의 온도에서 20  $\mu\text{m}^2/\text{hr}$  이상이다.
- [0170] 제77 관점은 제73 내지 제76 관점 중 어느 하나의 유리 제품을 포함하고, 여기서 상기 유리 제품은 약품 포장이다.
- [0171] 당업자들에게 청구된 주제의 사상 및 범주를 벗어나지 않고 다양한 변형 및 변경이 만들어질 수 있음은 자명하다. 따라서, 본 명세서에 기재된 다양한 구현 예의 변경 및 변화는 첨부된 청구항의 범주 및 이들의 균등물 내의 모든 것을 포함하는 것으로 해석될 수 있다.

**도면**

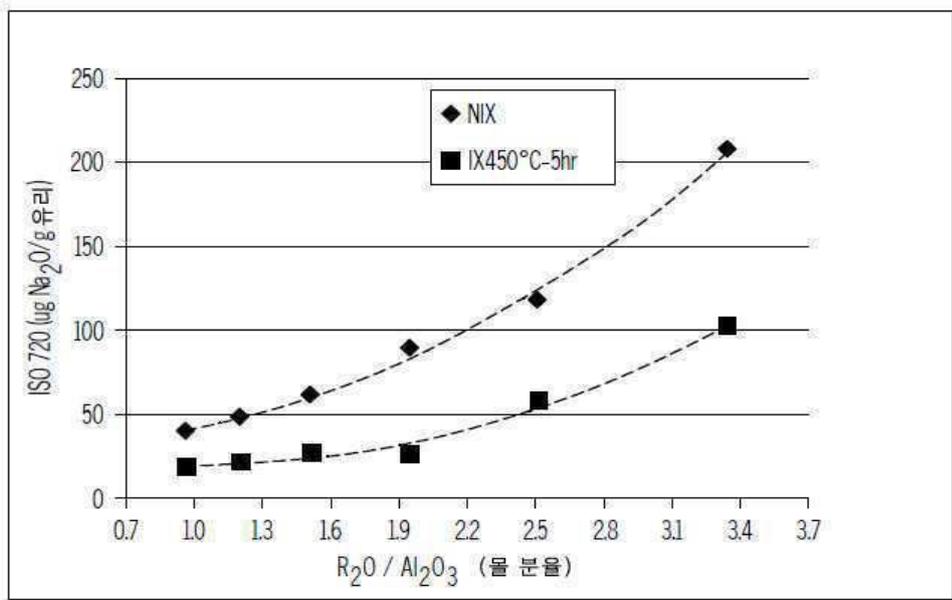
**도면1**



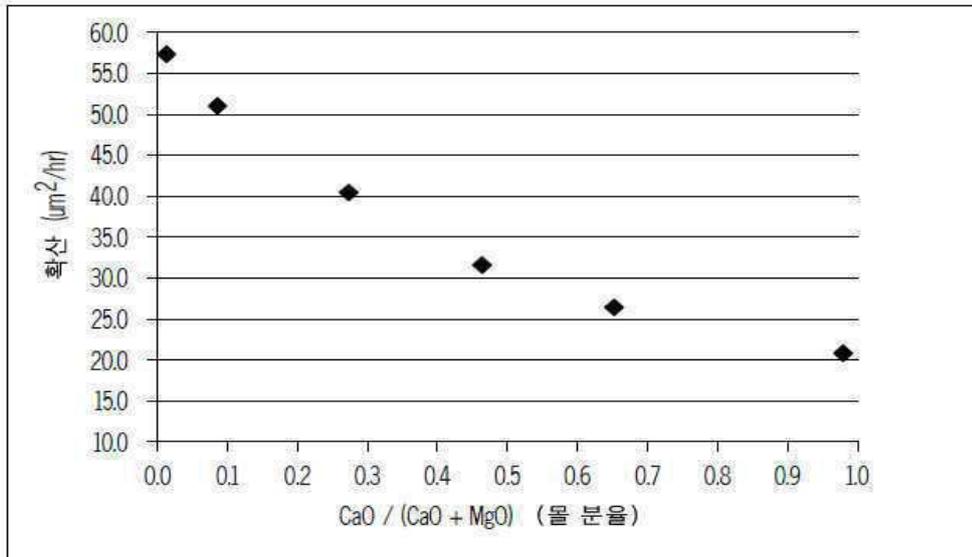
도면2



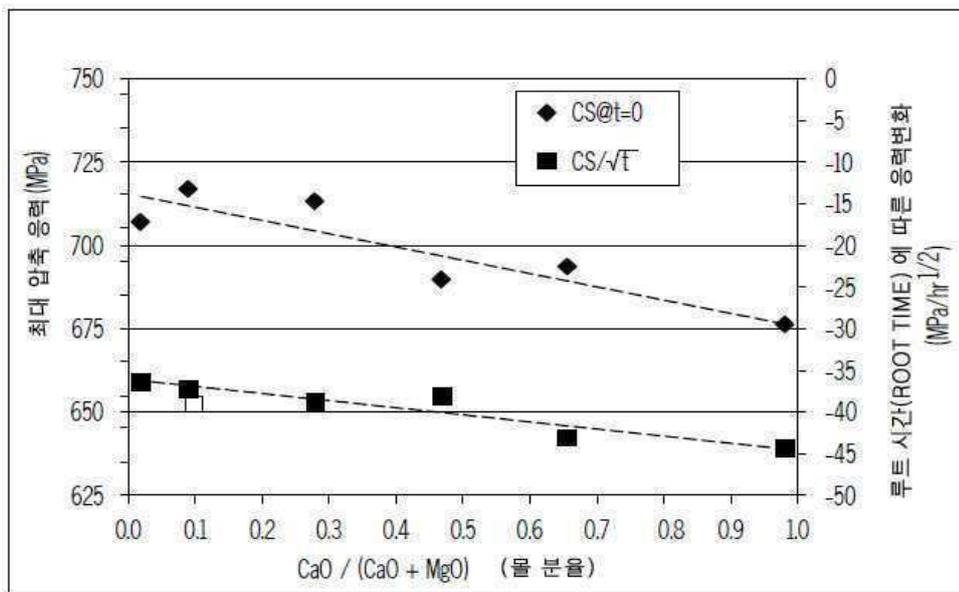
도면3



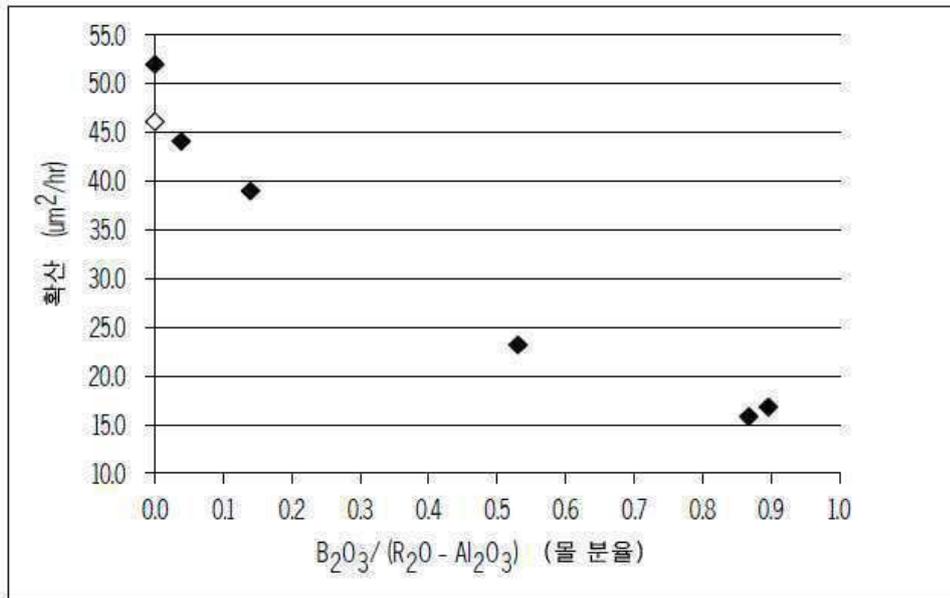
도면4



도면5



도면6



도면7

