(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년05월16일
(11) 등록번호 10-1979479
(24) 등록일자 2019년05월10일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C03B 17/06 (2006.01) *C03C 21/00* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2014-7028461
(22) 출원일자(국제) 2013년03월07일
심사청구일자 2017년10월23일
(85) 번역문제출일자 2014년10월10일
(65) 공개번호 10-2015-0031408
(43) 공개일자 2015년03월24일
(86) 국제출원번호 PCT/US2013/029510
(87) 국제공개번호 WO 2013/138147
국제공개일자 2013년09월19일
(30) 우선권주장
13/417,750 2012년03월12일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
KR1020110058718 A
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자
코닝 인코포레이티드
미국 뉴욕 (우편번호 14831) 코닝 원 리버프론트 플라자
(72) 발명자
엘리슨, 아담 제임스
미국, 뉴욕 14830, 코닝, 이스트 5쓰 스트리트 70
킥젠스키, 티모씨 제임스
미국, 뉴욕 14830, 코닝, 스톤게이트 트레일 2362
마우로, 존 크리스토퍼
미국, 뉴욕 14830, 코닝, 스카이라인 드라이브 10712에이
(74) 대리인
청운특허법인

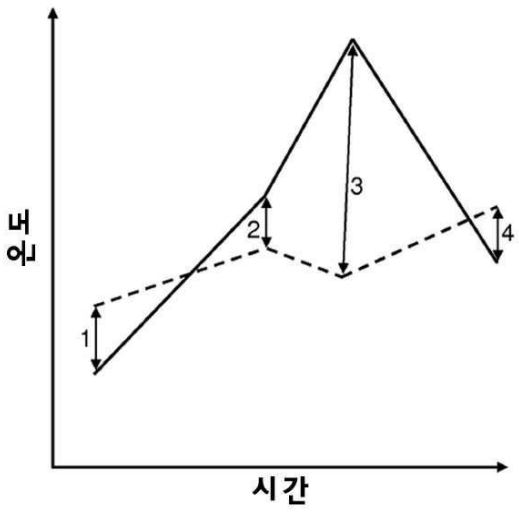
전체 청구항 수 : 총 5 항 심사관 : 홍상표

(54) 발명의 명칭 **유리 시트에 지르코니아 결함을 감소시키기 위한 방법**

(57) 요 약

하나 이상의 처리 유리 조성물로 지르콘-함유 형성 구조물, 예를 들어, 지르콘 아이소파이프를 처리하여, 형성 구조물의 지르콘과 용융 유리 사이에서의 결함-유발 반응이 상기 처리 유리의 송출 온도에서 억제되는 지르콘-함유 형성 구조물의 처리 방법은 개시된다. 상기 처리 조성물은 형성 구조물의 출발 동안, 제공된 형성 구조물 상에 동일한 생산 유리의 실행들 사이, 및/또는 제공된 형성 구조물 상에 두 개의 생산 유리의 실행들 사이를 변환되는 경우에 사용될 수 있다. 상기 처리 조성물은 이온-교환가능한 생산 유리와 함께 사용될 수 있다.

대 표 도 - 도3



(56) 선행기술조사문헌
US20110045961 A1
US20030121287 A1
KR1020100063031 A
KR1020090082337 A

명 세 서

청구범위

청구항 1

생산 조성물을 갖는 용융 유리로부터 유리 시트를 생산하기 위한 준비로 형성 구조물을 처리하기 위한 처리 공정으로서, 상기 형성 구조물은 적어도 일부가 지르콘으로 구성되고, 상기 형성 구조물의 사용 동안 용융 유리와 접촉하는 외부 표면을 가지며, 여기서 처리 공정은:

(A) 처리 조성물을 갖는 용융 유리를 생산하기 위해, 실리카를 포함하는 배치 물질을 용융시키는 단계; 및

(B) 송출 온도 $T_{송출/처리}$에서 형성 구조물로 처리 조성물을 갖는 용융 유리를 송출시키는 단계를 포함하고;

여기서, 상기 생산 조성물은 상기 처리 조성물보다 상기 송출 온도에서 지르코니아 결함을 좀 더 일으키는 경향이 있으며,

여기서,

(i) $T_{송출/처리}$에서, 상기 처리 조성물은 $ZrO_2 + SiO_2 \rightarrow ZrSiO_4$ 반응을 촉진하고; 및

(ii) 상기 처리 공정은 상기 형성 구조물을 사용하여 생산 조성물로부터 생산된 유리 시트에서 지르코니아 결함의 수준을 감소시키는, 처리 공정.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

(i) 상기 처리 조성물은 지르콘 파괴 온도 $T_{파괴/처리}$를 갖고;

(ii) 상기 처리 조성물은 $\triangle T처리 = T_{파괴/처리} - T_{송출/처리}$를 가지며; 및

(iii) $\triangle T_{처리}$는 $\triangle T_{처리} \geq 5℃$인 관계를 만족하는, 처리 공정.

청구항 3

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서,

단계 (A)에 사용된 배치 물질은 유리 조성물에 지르콘 파괴 온도와 연관된 컴퓨터-구현 모델에 적어도 부분적으로 기초하며,

상기 컴퓨터-구현 모델은 하기 방정식을 평가하여 처리 조성물에 대한 지르콘 파괴 온도 $T_{파괴/처리}$를 평가/예측하는 단계를 포함하고:

$$T_{파괴/처리} = T_{bo} + \sum x_i Z_i$$

여기서, x_i는 실리카를 제외한 처리 조성물의 산화물 성분의 몰 퍼센트의 농도이고, T_{b0} 및 Z_i는 피팅 파라미터인, 처리 공정.

청구항 4

적어도 일부가 지르콘으로 구성되고, 사용 동안 용융 유리와 접촉하는 외부 표면을 갖는 형성 구조물을 사용하는 용융 유리로부터 유리 시트를 생산하기 위한 방법으로서, 상기 방법은:

(A) 제1 생산 조성물을 갖는 용융 유리를 생산하기 위해 배치 물질을 용융시키는 단계;

(B) 상기 형성 구조물로 제1 생산 조성물을 갖는 용융 유리를 송출시키는 단계;

(C) 상기 형성 구조물을 사용하여 유리 리본을 생산하는 단계;

(D) 단계 (C)에서 생산된 리본으로부터, 제1 생산 조성물을 갖는 유리 시트를 분리시키는 단계;

(E) 처리 조성물을 갖는 용융 유리를 생산하기 위해, 실리카를 포함하는 배치 물질을 용융시키는 단계;

(F) 송출 온도 $T_{송출/처리}$에서 상기 형성 구조물로 처리 조성물을 갖는 용융 유리를 송출시키는 단계;

(G) 제2 생산 조성물을 갖는 용융 유리를 생산하기 위해 배치 물질을 용융시키는 단계;

(H) 상기 형성 구조물로 제2 생산 조성물을 갖는 용융 유리를 송출시키는 단계;

(I) 상기 형성 구조물을 사용하여 유리 리본을 생산하는 단계; 및

(J) 단계 (I)에서 생산된 리본으로부터, 제2 생산 조성물을 갖는 유리 시트를 분리시키는 단계를 포함하고;

여기서 $T_{송출/처리}$에서, 상기 처리 조성물은 상기 제1 및 제2 생산 조성물보다 $ZrO_2 + SiO_2 \rightarrow ZrSiO_4$ 반응을 더욱 촉진하는, 유리 시트의 생산방법.

청구항 5

청구항 4에 있어서,

단계 (G) 이전에, 단계 (E) 및 (F)는 다른 처리 조성물, 또는 다른 송출 온도, 또는 다른 처리 조성물 및 다른 송출 온도 모두로 한번 이상 반복되고, 여기서 각각의 처리 조성물/송출 온도 조합은 $ZrO_2 + SiO_2 \rightarrow ZrSiO_4$ 반응을 촉진하는, 유리 시트의 생산방법.

청구항 6

삭제

청구항 7

삭제

청구항 8

삭제

청구항 9

삭제

청구항 10

삭제

청구항 11

삭제

청구항 12

삭제

청구항 13

삭제

청구항 14

삭제

청구항 15

삭제

청구항 16

삭제

청구항 17

삭제

청구항 18

삭제

청구항 19

삭제

청구항 20

삭제

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 출원은 2012년 3월 12일자에 출원된 미국 특허출원 제13/417,750호의 우선권을 주장하고, 이의 전체적인 내용은 참조로서 본 명세서에 혼입된다.

[0002] 본 개시는 유리 시트, 예를 들어, 휴대용 전자 장치에 대한 내-스크래치성 화면의 제작에 사용된 유리 시트를 제조하는 방법에 관한 것으로, 특히 이러한 시트에서 지르코티아 결함 (zirconia defects)을 감소시키는 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0003] 정의

[0004] 용어 "유리들" 및 (이의 단수 형태 "유리")는 유리 및 유리-세라믹 모두를 포함한다.

[0005] 문구 "지르콘-함유 형성 구조물"은 (i) 지르콘으로 구성되고, (ii) 형성 구조물의 사용 동안 용융 유리와 접촉하는 적어도 일부의 외부 표면을 갖는 형성 구조물를 의미한다.

[0006] 용어 "아이소파이프"는 일반적으로 몸체의 특정한 모양 및 구조 또는 상기 몸체의 형성이 아이소프레싱을 포함하거나 또는 포함하지 않는지와 무관하게, 오버플로우, 다운드로우, 융합 공정에서 형성 구조물로서 사용하기 위한 적절한 구조를 갖는 몸체를 의미한다.

[0007] 수치 범위가 명세서 또는 청구항에서 서술된 경우, 상기 범위는 이들의 말단 점을 포함한다.

[0008] A. 융합 공정

[0009] 오버플로우, 다운드로우, 융합 공정 (또한 "융합 인발 공정", "다운드로우 융합 공정", 또는 "융합 공정"으로 알려짐)은 박형 유리 시트의 대규모 제작을 위한 성공적 산업 기술이다. 플로우트 (float) 또는 슬롯 인발 공정과 같은, 다른 평면 유리 제작 기술과 비교하면, 상기 융합 인발 공정은 우수한 평탄도 및 표면 품질로 박형 유리 시트를 산출한다. 그 결과, 상기 공정은 개인용 전자 장치에 대한 커버 유리뿐만 아니라, 액정 디스플레이에 대한 박형 유리 기판의 제작에서 우수한 제작 기술이 되어왔다.

[0010] 상기 융합 인발 공정은 지르콘 또는 또 다른 내화성 물질로 만들어진, "아이소파이프"로 알려진 형성 구조물에 대한 용융 유리의 흐름을 포함한다. 상기 용융 유리는 양 측면으로부터 아이소파이프의 상부를 넘쳐 흘러, 최종 시트의 내부만이 상기 아이소파이프와 직접 접촉하는 단일 시트를 형성하도록 상기 아이소파이프의 버텀에서 만난다. 상기 최종 유리 시트의 노출된 표면이 인발 공정 동안 아이소파이프 물질과 접촉하지 않기 때문에, 상기 유리의 양 표면은 오염되지 않는 품질이고, 뒤이은 마감처리를 요구하지 않는다.

[0011] 상기 융합 인발 공정의 논의는, 예를 들어, Stuart M. Dockerty에 일반-양도인, 미국특허 제3,338,696호 및 제3,682,609호에서 확인할 수 있고, 이의 전체적인 내용은 참조로서 본 명세서에 혼입된다. 유리 시트 (15)를 만들기 위한 융합 인발 공정을 사용하는 대표적인 유리 제작 시스템 (100)의 개략적 도면은 도 1에서 나타내었다.

[0012] 그 안에 나타낸 바와 같이, 상기 유리 제작 시스템 (100)은 용융 용기 (110), 청징 용기 (115), 혼합 용기 (120) (예를 들어, 교반 챔버 (120)), 송출 용기 (125) (예를 들어, 보울 (125)), 융합 인발 기계 (FDM) (141) 및 이동 앤빌기 (traveling anvil machine) (TAM) (150)를 포함한다.

[0013] 상기 용융 용기 (110)에서는 유리 배치 물질이 화살표 (112)로 나타낸 바와 같이 도입되고, 용융 유리 (126)를 형성하기 위해 용융된다. 상기 청징 용기 (115) (예를 들어, 청징기 튜브 (finer tube) (115))는 상기 용융 용기 (110)로부터 상기 용융 유리 (126)를 수용하는 고온 가공 영역 (도 1에서 이 지점을 나타내지 않음)을 가지며, 여기서 버블은 상기 용융 유리 (126)로부터 제거된다. 상기 청징 용기 (115)는 교반 챔버 연결 튜브 (122)로 청징기에 의해 상기 혼합 용기 (120) (예를 들어, 교반 챔버 (120))와 연결되고, 상기 혼합 용기 (120)은 보울 연결 튜브 (127)로 교반 챔버에 의해 송출 용기 (125)에 연결된다.

[0014] 상기 송출 용기 (125)는 주입구 (132), 아이소파이프 (135), 및 풀 롤 어셈블리 (pull roll assembly) (140)를 포함하는 FDM (141)으로 하강관 (downcomer) (130)을 통해 상기 용융 유리 (126)을 송출한다. 도시된 바와 같이, 상기 하강관 (130)으로부터 용융 유리 (126)는 주입구 파이프 (132)로 흐르고, 아이소파이프 (135)의 측면의 개구 (opening) (136)를 통과하며, 그 다음 상기 아이소파이프의 홈통 (137)으로 흐른다. 상기 용융 유리는 홈통 (137)의 상부를 넘쳐흐르고 (즉, 홈통의 웨어를 넘쳐흐른다) 및 상기 루트 (139)로 알려진 곳에서 서로 융합되기 전 상기 아이소파이프의 두 개의 면 (138a 및 138b) 아래로 움직인다. 특히, 상기 루트 (139)는 상기 아이소파이프의 두 면 (138a 및 138b)이 서로 합치는 곳 및 용융 유리 (126)의 두 개의 넘친 시트가 상기 풀 롤 어셈블리 (140)에 의해 하향으로 인발되는 유리 리본 (11)을 형성하기 위해 서로 합류되는 곳이다.

[0015] 상기 풀 롤 어셈블리 (140)은, 예를 들어, 상기 유리 리본을 가로질러 스코어 라인 (score line)을 생산하기 위한 노우징 장치 (nosing device) 및 스코어링 장치 (scoring device) (예를 들어, 스코어링 휠)를 포함할 수 있는, 스코어링/분리 어셈블리 (150) (예를 들어, 이동 앤빌기 또는 TAM)로 상기 인발된 유리 리본 (11)을 송출한다. 스코어링 후, 유리 리본 (11)은 상기 리본으로부터 개별의 유리 시트로 분리시키기 위하여 상기 스코어 라인에 대해 구부려진다 (도 1에서 스코어링/분리 어셈블리 (150) 하부의 시트 (15) 참조).

[0016] B. 이온-교환가능한 유리

[0017] 이온-교환가능한 유리는 이온-강화 유리 제품으로 또한 알려진, 화학적으로-강화된 유리 제품을 생산하는데 사용된다. 이온-강화 유리 제품의 예로는 휴대용 전자 장치에서 사용된 내-스크래치성 화면을 포함하고, 예를 들어, 상기 화면은 Corning Incorporated's Gorilla® 브랜트 유리 시트로 만들어진다. 개요에서, 이러한 제품은 원하는 구조, 예를 들어, 화면의 경우에서 유리 시트로 이온-교환가능한 유리를 형성시킨 다음, 이온-교환 처리, 예를 들어, 형성된 유리를 미리결정된 시간 동안 승온된 온도에서 염 욕조에 함침시키는 처리에 상기 형성된 유리를 적용시켜 만들어진다.

[0018] 상기 이온-교환 처리는 염 욕조로부터 이온, 예를 들어, 칼륨 이온을 상기 유리로 확산을 유발시키는 반면, 상기 유리로부터 이온, 예를 들어, 나트륨 이온을 상기 유리의 외부로 확산시킨다. 이들의 다른 이온 반경 때문에, 상기 유리 및 염 욕조 사이의 이온 교환은 유리의 기계적 특성, 예를 들어, 이의 표면 경도를 향상시키는 유리 표면에서 압축 층의 형성을 결과한다. 이온 교환 공정의 효과는 통상적으로 (1) 공정에 의해 생산된 화학적 층의 깊이 (DOL) 및 (2) 최종 최대 표면 압축 응력 (CS)인 두 개의 파라미터를 특징으로 한다. 이들 파라미터에 대한 값은 광학 측정을 사용하여 가장 편리하게 결정되고, 상업적 장비로는, 예를 들어, Orihara Industrial Company, Ltd.에서 시판하는 응력계가, 이러한 목적을 위해 활용된다.

[0019] 비록 내흠집 및 내스트래치성 유리 표면을 생산할 수 있는 이들의 능력이 높은-가치가 있을지라도, 이온-교환가능한 유리 조성물은 아이소파이프 물질과 반응의 결과로서 유리 시트의 내부에 결함을 발생시키는 것으로 관찰되어 왔다. 특히, 용융 이온-교환가능한 유리는 지르콘과 반응할 수 있어, 최종 유리 생산물에서 "융합 라인 지르코티아 (fusion line zirconia)"로 알려진 결함인, 지르코니아 함유물을 생산한다. 만약 충분히 크다면, 이러한 결함은 최종 유리 생산물의 무결성 (integrity)을 위태롭게 할 수 있고, 따라서 품질 검사를 통과하지 못한다. 상기 용융 유리 및 아이소파이프 물질 사이의 이러한 반응은 이에 의해 융합 인발 공정의 수율을 감소시킬 수 있고, 따라서 바람직하지 않다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0020] 따라서, 형성 구조물, 예를 들어, 지르콘의 전체 또는 일부로 구성된, 아이소파이프를 사용하여 생산된 유리 시트에서 지르코니아 결함을 감소시키기 위한 방법에 대한 기술분야의 요구가 있다. 본 개시는 이러한 필요를 다룬다.

과제의 해결 수단

[0021] 제1 관점에 따르면, 생산 조성물을 갖는 용융 유리로부터 유리 시트를 생산하기 위한 준비로 형성 구조물을 처리하기 위한 처리 공정은 개시되고, 상기 형성 구조물은 적어도 일부가 지르콘으로 구성되고, 상기 형성 구조물의 사용 동안 용융 유리와 접촉하는 외부 표면을 가지며, 상기 처리 공정은: (A) 처리 조성물을 갖는 용융 유리를 생산하기 위해, 실리카를 포함하는 배치 물질을 용융시키는 단계; 및 (B) 송출 온도 (delivery temperature) $T_{송출/처리}$에서 상기 형성 구조물로 처리 조성물을 갖는 용융 유리를 송출시키는 단계를 포함하고; 여기서: (i) $T_{송출/처리}$에서, 상기 처리 조성물은 $ZrO_2 + SiO_2 \rightarrow ZrSiO_4$ 반응을 촉진하며; 및 (ii) 상기 처리 공정은 상기 형성 구조물을 사용하여 생산 조성물로부터 생산된 유리 시트에서 지르코티아 결함의 수준을 감소시킨다 (즉, 만약 상기 처리가 수행되지 않는다면 존재할 수준과 비교하여 지르코니아 결함의 수준을 감소시킨다).

[0022] 제2 관점에 따르면, 적어도 일부가 지르콘으로 구성되고, 형성 구조물의 사용 동안 용융 유리와 접촉하는 외부 표면을 갖는 형성 구조물을 사용하여 용융 유리로부터 유리 시트를 생산하는 방법은 개시되고, 상기 방법은: (A) 처리 조성물을 갖는 용융 유리를 생산하기 위해, 실리카를 포함하는 배치 물질을 용융시키는 단계; (B) 송출 온도 $T_{송출/처리}$에서 상기 형성 구조물로 처리 조성물을 갖는 용융 유리를 송출시키는 단계; (C) 생산 조성물을 갖는 용융 유리를 생산하기 위해 배치 물질을 용융시키는 단계; (D) 상기 형성 구조물로 생산 조성물을 갖는 용융 유리를 송출시키는 단계; (E) 상기 형성 구조물을 사용하여 유리 리본을 생산하는 단계; 및 (F) 단계 (E)에서 생산된 리본으로부터, 생산 조성물을 갖는 유리 시트를 분리시키는 단계를 포함하고; 여기서, $T_{송출/처리}$에서, 상기 처리 조성물은 $ZrO_2 + SiO_2 \rightarrow ZrSiO_4$ 반응을 촉진한다.

[0023] 제3 관점에 따르면, 적어도 일부가 지르콘으로 구성되고, 형성 구조물의 사용 동안 용융 유리와 접촉하는 외부 표면을 갖는 형성 구조물을 사용하여 용융 유리로부터 유리 시트를 생산하기 위한 방법은 개시되고, 상기 방법은: (A) 제1 생산 조성물을 갖는 용융 유리를 생산하기 위해 배치 물질을 용융시키는 단계; (B) 상기 형성 구조물로 제1 생산 조성물을 갖는 용융 유리를 송출시키는 단계; (C) 상기 형성 구조물을 사용하여 유리 리본을 생산하는 단계; (D) 단계 (C)에서 생산된 리본으로부터, 제1 생산 조성물은 갖는 유리 시트를 분리시키는 단계; (E) 처리 조성물을 갖는 용융 유리를 생산하기 위해, 실리카를 포함하는 배치 물질을 용융시키는 단계; (F) 송출 온도 $T_{송출/처리}$에서 형성 구조물로 처리 조성물을 갖는 용융 유리를 송출시키는 단계; (G) 제2 생산 조성물을 갖는 용융 유리를 생산하기 위해 배치 물질을 용융시키는 단계; (H) 상기 형성 구조물로 제2 생산 조성물을 갖는 용융 유리를 송출시키는 단계; (I) 상기 형성 구조물을 사용하여 유리 리본을 생산하는 단계; 및 (J) 단계 (I)에서 생산된 리본으로부터, 제2 생산 조성물을 갖는 유리 시트를 분리시키는 단계를 포함하고; 여기서 $T_{송출/처리}$에서, 상기 처리 조성물은 $ZrO_2 + SiO_2 \rightarrow ZrSiO_4$ 반응을 촉진한다.

[0024] 상기 제3 관점의 구현 예에 있어서, 상기 제1 및 제2 생산 조성물은 같을 수 있다.

[0025] 본 개시의 다양한 관점의 요약은 오직 편리를 위한 것이지, 본 발명의 범주를 제한하려는 의도는 아니다. 좀더 일반적으로, 전술한 배경기술 및 하기 상세한 설명 모두는 본 발명의 구현 예들을 제공하며, 청구된 바와 같은 본 발명의 본질 및 특징을 이해하기 위한 개요 또는 틀거리를 제공하도록 의도된 것으로 이해될 것이다.

[0026] 본 발명의 부가적인 특성 및 장점은 하기의 상세한 설명에서 더욱 설명될 것이고, 부분적으로는 본 발명에 기재된 바와 같이 본 발명을 실행하여 인지되거나 또는 설명으로부터 기술분야의 당업자에게 쉽게 명백해 질 것이다. 수반되는 도면은 본 발명의 또 다른 이해를 제공하기 위해 포함되고, 본 명세서에 혼입되며, 일부를 구성한다.

[0027] 본 명세서 및 도면들에 개시된 본 발명의 다양한 특색은 어느 하나 및 모든 조합에서 사용될 수 있는 것으로 이해될 것이다. 예를 들어, 독립항 1로부터 종속하는 청구항의 주제는 또한 독립항 18 및 19에 적용가능하다.

도면의 간단한 설명

[0028] 도 1은 융합 공정을 사용하는 대표적인, 종래기술의, 유리 제작 시스템의 개략도이다.

도 2는 수학 식 1의 컴퓨터-구현 모델을 사용하여 얻은 예측된 지르콘 파괴 온도 (breakdown temperatures) (℃의 수평축) 대 XRF (다이아몬드 데이터 점) 또는 습식 화학 (wet chemistry) ("x" 데이터 점)을 사용하여 얻어진 측정된 지르콘 파괴 온도 (℃의 수직축)의 그래프이다. 결과는 86 유리 조성물에 대해 나타낸 것이다.

도 3은 제1 이온-교환가능한 유리 조성물 및 제2 이온-교환가능한 유리 조성물 사이에서 전환을 위한 두 처리 유리 조성물의 사용을 예시하는 개략적 다이어그램이다. 상기 도면에서 수평축은 시간 (예를 들어, 대략 한두 달의 전체 규모)을 나타내고, 수직축은 온도 (예를 들어, 1100℃ 내지 1300℃의 전체 규모)를 나타낸다. 상기 도면에서 파선은 송출 온도 ($T_{송출}$)를 나타내고, 실선은 지르콘 파괴 온도 ($T_{파괴}$)를 나타낸다. 송출 온도 (파선)보다 실질적으로 더 높은 파괴 온도 (실선)로, 반응 경로는 $ZrO_2 + SiO_2 \rightarrow ZrSiO_4$이고, 이에 의해 실질적으로 융합 라인 지르코니아 결함의 시스템을 세정시킨다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0029] 전술된 바와 같이, 본 개시는 지르콘의 전체 또는 일부로 구성된 형성 구조물 (예를 들어, 아이소파이프)과 용융 유리의 반응, 즉, 지르콘-함유 형성 구조물과 용융 유리의 반응으로부터 일어나는 유리 시트에서 지르코니아 결함을 감소시키는 방법에 관련된다. 비록 융합 인발 공정에 지르콘 아이소파이프가 사용된 경우 특히 바람직할지라도, 본 명세서에 개시된 세정 기술은 일반적으로 지르콘-함유 형성 구조물을 사용하는 어떤 공정과 함께 사용될 수 있고, 여기서 상기 지르콘은 상기 형성 구조물의 사용 동안 용융 유리와 접촉한다.

[0030] 용융 유리 및 지르콘-함유 형성 구조물 사이의 반응은 온도의 강한 함수이고, 따라서, "지르콘 파괴 온도" ($T_{파괴}$)는 용융 유리와 지르콘의 반응이 충분히 이롭게 되는 이상으로 정의될 수 있고, 최종 지르코니아 결함 수준은 상업적으로 허용가능하지 않다. 구현 예에 있어서, $T_{파괴}$는 유리의 파운드 당 0.01 초과의 지르코니아 결함이 융합 공정에 의해 만들어진 유리 시트의 융합 라인에서 관찰되는 온도로서 정의된다. $T_{파괴}$에 대한 수치적 값은 아래에서 논의된 수학 식 1을 사용하거나 또는 실험적으로 얻어질 수 있다.

[0031] 상기 지르콘 파괴 온도는 상기 용융 유리의 조성물의 함수이다. 따라서, 지르콘과 고 반응성을 갖는 유리 조성물은 낮은 지르콘 파괴 온도를 갖는 반면, 더 큰 불활성 유리 조성물은 높은 지르콘 파괴 온도를 가질 것이다. 어떤 특정 유리 조성물에 대한 지르콘 파괴 온도는, "지르콘 파괴 점도"로서 본 명세서에 언급되는, 상응하는 점도를 가질 것이다.

[0032] 상기 지르콘 파괴 온도 및 상응하는 지르콘 파괴 점도 모두는 어떤 제공된 유리 조성물에 대해 실험적으로 측정될 수 있다. 그러나, 처리 유리로서 사용하기 위한 유리 조성물의 선택에 있어서, 상당한 비용 및 시간 절약은 컴퓨터-구현 모델을 기초하여 적어도 부분적으로 배치 물질을 선택하여 달성될 수 있다. 구현 예에 따르면, 이온-교환 가능한 유리에 대하여, (상기 정의된 바와 같은) 상기 지르콘 파괴 온도는 하기 수학 식 1로 모델화되는 것을 발견하였다:

[0033] [수학 식 1]

[0034] $$T_{파괴} = T_{b0} + \sum x_i Z_i$$

[0035] 여기서 상기 기호 x_i은 SiO_2를 제외한 몰% 산화물 성분이다. 상기 파라미터 T_{b0} (절편) 및 Z_i는 실험적 데이터의 범위, 즉, 상기 유리 조성물의 점도가 아이소파이프로 성공적으로 형성하기 위해 요구되는 점도 이상의 범위에 대해 측정된 지르콘 파괴 온도와 일치를 최적화하기 위해 선택된 피팅 파라미터 (fitting parameters)이다. 측정된 데이터 및 모델 예측의 예는 도 2에 나타낸다.

[0036] 구현 예에 따르면, 유리 점도 (예를 들어, $T_{파괴}$에서 유리의 점도)는 발명의 명칭이 "Methods and Apparatus for Predicting Glass Properties,"인, 2010년 10월 1일자에 출원되고, 일반-양도된 미국 특허출원 제12/896,355호에서 개시된 타입의 컴퓨터-구현 모델을 사용하여 조사/예측될 수 있다. 개요에 있어서, 본 출원은 (i) 유리 또는 유리-형성 액체이고, (ii) N 점도-영향을 미치는 성분을 포함하는 물질에 대한 온도 T 및 점도 η 사이의 관계를 결정하기 위한 방법을 개시하고, 상기 방법은:

[0037] (a) 다수의 온도에서 다수의 기준 물질의 점도를 측정하는 단계; 및

[0038] (b) 프로그램된 컴퓨터를 사용하여, FC1 및 FC2에 대한 값을 결정하기 위해 단계 (a)의 측정된 점도로, 하기 수학 식 2의 형식의 함수로 조정하는 단계를 포함하고,

[0039] [수학 식 2]

[0040] $\log_{10}\eta(T,x)=C_1+C_2\cdot(f_1(x,FC1)/T)\cdot\exp([f_2(x,FC2)-1]\cdot[f_1(x,FC1)/T-1)$

[0041] 여기서 상기 함수는:

[0042] (i) C_1 및 C_2는 상수이고,

[0043] (ii) $x = \{x_1,x_2,...x_i...x_N\}$는 N 점도-영향을 미치는 성분의 농도이며,

[0044] (iii) $FC1 = \{FC^1_1,FC^1_2...FC^1_i...FC^1_N\}$는 N 점도-영향을 미치는 성분의 각각에 대한 하나의 계수인, 제1 세트의 온도-독립 계수이고, 및

[0045] (iv) $FC2 = \{FC^2_1,FC^2_2...FC^2_i...FC^2_N\}$는 N 점도-영향을 미치는 성분의 각각에 대한 하나의 계수인, 제2 세트의 온도-독립 계수이며,

[0046] 여기서 단계 (b)에서 결정된 FC1 및 FC2에 대한 함수 및 값은 상기 물질에 대한 점도 및 온도 사이의 관계를 구성한다. 점도-대-온도 프로파일을 예측하기 위한 이러한 방법에 관한 또 다른 상세는 전술된 출원에서 확인될 수 있다. 다른 점도-대-온도 모델은 물론, 본 개시의 실행에 사용될 수 있고, 만약 원한다면, 예를 들어, 종래의 Fulcher 방정식 접근법은 사용될 수 있다. 만약 원한다면, 특정 온도에서 점도는, 물론, 실험적으로 측정될 수 있다.

[0047] (본 명세서에서 $\eta_{파괴}$로 언급된) 상기 지르콘 파괴 점도에 부가하여, 지르코니아 결함의 감소와 연관하여 고려될 필요가 있는 또 다른 중요한 점도는 용융 유리가 상기 형성 구조물로 송출되는데 필요한 점도 (본 명세서에서 $\eta_{송출}$로 언급)이다. 아이소파이프를 사용하는 융합 공정에 대한 대표적인 값으로서, $\eta_{송출}$은 약 30-40 kPoise이다. $\{T_{파괴}, \eta_{파괴}\}$ 쌍과 마찬가지로, $\eta_{송출}$은, 예를 들어, 컴퓨터-구현 모델, 예를 들어, 상기 수학 식 2의 모델을 사용하거나, 또는 실험적으로 결정될 수 있는 상응하는 $T_{송출}$을 갖는다.

[0048] 상기 최종 유리 생산물에서 지르코니아 결함의 수준을 최소화하기 위하여, $T_{파괴}$는 $T_{송출}$ 이상일 수 있는데, 즉, 상기 용융 유리는 지르콘으로부터 지르코니아로 반응이 유리하게 되는 온도 아래에서 상기 지르콘-함유 형성 구조물로 송출될 수 있다. (점도에 관하여, 이것은 상기 파괴 점도가 송출 점도 미만일 수 있다는 것을 의미한다). 그러나, 상기 최종 유리 생산물에 대한 요구조건에 의존하여, 이것은 항상 가능하지 않고, 심지어 가능할 때라도, $T_{파괴}$ 및 $T_{송출}$ 사이의 차이는 너무 작아서 예를 들어, 장기간 실행 동안에 낮은 수준의 지르코니아 결함을 보장하는 것이 어려울 수 있다.

[0049] 본 개시에 따르면, 이러한 문제점은 지르콘-함유 형성 구조물에 익숙해지도록 (재조정되도록) 작동하는, 유리 조성물 (이하 "처리 조성물"이라 한다)의 사용을 통해 다루어진다. 이하 좀더 상세하게 논의되는 바와 같이, 이들 조성물은 반응 $ZrO_2 + SiO_2 \rightarrow ZrSiO_4$을 촉진하고, 따라서, 높은 수준의 지르코니아 결함의 개연성을 감소시킨다.

[0050] 처리 조성물의 사용을 위한 세 가지 경우는: (1) 형성 구조물의 시동; (2) 특정 유리 조성물로 형성 구조물의 지속적인 작동; 및 (3) 제1 유리 조성물로부터 제2 유리 조성물로 변환 (transition)으로 형성 구조물의 지속적인 작동이 고려될 수 있다.

[0051] 첫 번째 경우에 있어서, 하나 이상의 처리 유리 조성물로 상기 형성 구조물의 사용-전 길들이기는 상기 원하는 생산물을 위한 유리 조성물의 도입 전에 형성 구조물의 유리-맞물리는 표면 (glass-engaging surfaces)상에 낮은 수준의 지르코니아를 보장할 것이다. 이러한 사용-전 길들이기는 사용될 송출 온도에서 지르코니아 결함을 발생시키는 경향을 갖는 유리 조성물 (이하, "지르코니아-발생 조성물'이라 한다)에 대한 특정 값일 수 있다. "깨끗한" 출발 표면을 가짐으로, 장기간 실행은 이러한 송출 온도에서 이러한 조성물을 실행하는 경우 상업적으

로 허용가능하지 않는 결함 수준의 시작에 앞서 가능하게 된다.

[0052] 두 번째 경우는 통상적으로 지르코니아-발생 조성물로부터 생산물의 생산과 연관하여 유발될 것이다. 곧 또는 후에 이러한 조성물은 최종 생산물에서 허용하지 않는 높은 수준의 지르코니아 결함을 생산하도록, 충분한 지르콘을 지르코니아로 전환시킬 수 있다. 이러한 때에, 상기 형성 구조물은 형성 구조물을 세정하기 위해 하나 이상의 처리 조성물로 재처리될 수 있고, 따라서 원하는 생산물을 만들기 위해 다시 사용되도록 한다.

[0053] 세 번째 경우는 하나 이상의 처리 조성물의 사용 후 본래의 생산물로 되돌아오는 것을 대신하는 것 외에는 상기 두 번째 경우와 유사하고, 변환은 새로운 생산물에 대해 만들어진다. 이러한 경우에 있어서, 상기 첫 번째 및 두 번째 유리 조성물 중 하나 또는 모두는 지르코니아-발생 조성물일 수 있다. 대안으로서, 조성물이 지르코니아-발생 조성물일 필요가 없지만, 변환을 원하고, 어떤 사건에서 수행될 수 있기 때문에, 하나 이상의 처리 조성물은 변환 조성물로서 이들의 적합성 때문에 사용될 수 있다 (하기 참조).

[0054] 세 번째 경우는, 평면 유리 산업과 같은, 첨단-기술 산업에서 종종 일어날 수 있고, 여기서 새로운 상업적 유리 조성물은 이전 유리 조성물과 비교된 최종 특성에서 장점을 제공하도록 흔히 개발된 것에 주목할 것이다. 따라서, 유리 제조 기계는 종종 다른 조성물의 새로운 유리에 대한 한가지 타입의 유리의 생산으로부터 전환되어야만 한다. 역사적으로, 이러한 변화는 상기 공정을 정지하는 단계 및 상기 용융 및 다른 용기들을 완전하게 배수시키는 단계를 포함하여, 새로운 유리 조성물로 직접적으로 공정을 재출발 단계를 수반한다. 그러나, 이러한 공정은 시간-소비하고 비용이 많이 든다. 세 번째 경우에 따르면, 어떤 특정한 제작 라인에 의해 생산된 유리 생산물에서 조성적 변화에 대한 이러한 필요는 실제로 상기 형성 구조물에 익숙하도록/재조정되도록 하는 기회로서 제공될 수 있고, 따라서, 변화된 조성물로부터 만들어진 유리 시트에서 지르코니아 결함의 수준을 감소시킨다. 따라서, 본 명세서에 개시된 기술의 구현 예를 통해, "윈-윈" 상황은 달성될 수 있고, 여기서 유리 시트들에서 지르코니아 결함들의 수준들 모두는 감소되고, 이러한 시트의 산업적 생산의 계속 진행에 대한 중단은 최소화된다.

[0055] 지르코니아 결함과 관련된 고려사항에 부가하여, 구현 예에 있어서, 하나 이상의 처리 조성물은 유리 제조 기계의 작동 파라미터 및/또는 배치 조성물 변화와 연관된 속도-관련 제한을 수용하도록 선택된다. 상기 관련 인자는 (i) 유리 밀도, (ii) 배치 성분의 농도, 및 (iii) 송출 온도의 변화율이다.

[0056] 밀도 변화의 경우에서 관심사는 전체 공정에서 하나 이상의 지점에서 용융 유리의 계층화 (stratification)의 가능성이다. 계층화가 발생한 때, 유리 제조 기계의 재조립 및 완전 정지 없이 제거하는데 어려울 수 있다. 계층화는, 시스템에서 하나 이상의 낮은 지점에서 축적된, 더 높은 밀도 유리가 그 이상으로 흐르는 더 낮은 밀도 유리로 침출됨에 따라 오프-스펙 유리 (off-spec glass)로서 그 자체로 분명해진다.

[0057] 배치 성분의 농도의 변화율에 대한 제한은, 상기 배치 성분을 용융하기 위해 사용된 용기 (용융기)에 대한 손상을 피하기 위하여, 배치 물질은 유리 시트가 형성되는 속도와 실질적으로 일치하는 속도로 용융기로 연속적으로 첨가되는 사실로부터 발생한다. 이러한 방식에서, 상기 용융기에서 용융 유리의 부피는 실질적으로 일정하게 유지된다. 그 결과로서, 유리 조성물은 계단-형 방식보다 오히려, 현존하는 조성물로부터 새로운 조성물로 시간에 걸쳐 안정된 방식으로 변화한다. 특히, 상기 조성물은 용융기에서 용융 유리와 새롭게-첨가된 배치 물질을 혼합에 따라 점진적으로 변화하고, 상기 용융기를 떠나는 용융 유리의 함량의 증가 분획이 된다. 이러한 혼합 영향은 조성물이 어떤 특정 유리 용융 라인에 대해 변화될 수 있는 최대 속도에 대한 플로어 (floor)를 설정할 수 있고, 예를 들어, 비록 계층화 문제 또는 송출 온도 문제가 없다 하더라도 (하기 참조), 한정된 시간의 양은 상기 용융기에서 혼합 영향 때문에 조성물을 변화시키는 것이 요구될 것이다.

[0058] 송출 온도의 변화율에 대한 제한은 송출 점도가 종종 상기 유리 형성 공정에서 혼란을 피하기 위해 시간에 대해 실질적으로 일정하게 유지될 필요가 있다는 사실을 의미한다. 상기 조성물 변화에 따라 실질적으로 일정한 점도를 유지하는 것은 통상적으로 상기 용융 유리가 상기 형성 구조물에 제공되는 온도에서 변화, 즉, 송출 온도에서 변화를 요구한다. 더 큰 송출 온도 변화는, 일반적으로, 더 길어질 것이고, 더 작은 변화보다 더 위험할 것이다. 따라서, 밀도 변화와 마찬가지로, 송출 온도가 처리 조성물의 사용과 연관하여 변화되는 속도는 종종 상기 처리 절차로부터 원하지 않는 부작용을 발생하지 않도록 제한될 필요가 있다.

[0059] 구현 예에 있어서, 사용된 처리 조성물은 (i) 밀도 변화의 허용가능한 최대 속도, (ii) 각 원료의 농도 변화에서 허용가능한 최대 속도, 및 (iii) 상기 송출 온도 변화에서 허용가능한 최대 속도를 고려한 처리에 소비된 시간 (또는, 좀더 일반적으로, 하나의 유리 조성물에서 다른 것으로 변환에 포함된 시간)의 양을 최소로 하도록 선택된다. 상기 처리 조성물의 선택은 또한 상기 생산 유리 및 처리 유리를 포함하는, 포함된 전체 세트의 유

리의 액상 및 파괴 거동을 고려한다. 이들 요인뿐만 아니라 융합 인발 공정의 민감도의 변화를 제공하는, 구현예에 있어서, 변환 경로는 동시에 결함을 최소화하고, 상기 최종 유리 조성물에 대해 변환의 시간을 최소화하는 것으로 선택된다.

[0060] 구현 예에 있어서, 처리 조성물은 하기 기준 중 적어도 하나를 충족시키도록 설계된다:

[0061] (1) 각각의 처리 조성물 및 이것 이후의 조성물 (또 다른 처리 조성물이거나 또는 생산 조성물) 사이에서 밀도 변화의 정도는 0.1 g/㎤ 이하 (예를 들어, 0.05 g/㎤ 이하)이고;

[0062] (2) 각각의 처리 조성물 및 이것 전의 조성물 (또 다른 처리 조성물이거나 또는 생산 조성물) 사이에서 밀도 변화의 정도는 0.1 g/㎤ 이하 (예를 들어, 0.05 g/㎤ 이하)이며;

[0063] (3) 각각의 처리 조성물 및 이것 이후의 조성물 (또 다른 처리 조성물이거나 또는 생산 조성물) 사이에서 어떤 배치 성분의 농도에서 가장 큰 변화의 정도는 5 몰 퍼센트 이하 (예를 들어, 3 몰 퍼센트 이하)이고;

[0064] (4) 각각의 처리 조성물 및 이것 이전의 조성물 (또 다른 처리 조성물이거나 또는 생산 조성물) 사이에서 어떤 배치 성분의 농도에서 가장 큰 변화의 정도는 5 몰 퍼센트 이하 (예를들어, 3 몰 퍼센트 이하)이며;

[0065] (5) 각각의 처리 조성물 및 이것 이후의 조성물 (또 다른 처리 조성물이거나 또는 생산 조성물) 사이에서 $T_{송출}$에서의 변화의 정도는 100℃ 이하 (예를 들어, 50℃ 이하)이고;

[0066] (6) 각각의 처리 조성물 및 이것 이전의 조성물 (또 다른 처리 조성물이거나 또는 생산 조성물) 사이에서 $T_{송출}$에서의 변화의 정도는 100℃ 이하 (예를 들어, 50℃이하)이다.

[0067] 구현 예에 있어서, 하나 이상의 전술된 기준은 충족된다. 구현 예에 있어서, 전술된 모든 기준은 충족된다.

[0068] 구현 예에 있어서, 출발 유리, 하나 이상의 처리 유리, 및 최종 유리 사이의 유리의 연속체뿐만 아니라, 하나 이상의 처리 유리의 적절한 용융 거동을 보장하는 것이 바람직하다. 즉, 모든 이들 유리는 바람직하게는 충분히 낮은 용융 온도, 예를 들어, 1750℃ 이하의 용융 온도 (200 poise 온도), 또는 1700℃ 이하의 용융 온도를 갖는다. 유사하게, 상기 유리는 바람직하게는, 예를 들어, 융합 공정에 의한 공정을 위해 충분히 높은 액상 점도, 예를 들어, 100 kPoise 이상, 300 kPoise 이상, 또는 500 kPoise 이상인 액상 점도를 갖는다.

[0069] 구현 예에 있어서, 상기 처리 공정 (또는 좀더 일반적으로, 어떤 유리 변환)과 연관된 비용을 감소시키기 위하여, 하나 이상 처리 유리 (변환 유리)의 하나, 몇몇, 또는 전부는 시장성 있는 것이 바람직하다. 이온-교환 유리의 경우에 대하여, 이것은 상기 유리가 이온-교환 처리 후에 원하는 층의 깊이에서 충분히 높은 압축 응력, 예를 들어, 50 microns의 층의 깊이에서 750 MPa 이상의 압축 응력을 제공할 수 있다는 것을 의미하고, 여기서 상기 압축 응력 및 층의 깊이 모두는 선택적으로, 예를 들어, Orihara Industrial Company, Ltd.에 의해 판매된 타입의 응력계 (stress meter)를 사용하여 결정된다. 그러므로, 이러한 구현 예에 따르면, 이온-교환 성능과 같은, 최종 생산물 속성에 대한 소비자 요구사항은 처리 조성물 (변환 조성물)을 선택하는데 사용된 설계 공정의 일부이다.

[0070] 구현 예에 있어서, 하나 이상의 처리 유리 (변환 유리)는 처리/변환 절차의 표준화를 허용하기 위하여 생산 유리의 다수의 쌍으로 사용가능하게 설계된다.

[0071] 도 3은 복수의 처리 조성물 (구체적으로, 두 개의 처리 조성물)을 사용하여 제1 생산 조성물 및 제2 생산 조성물 사이의 변환을 위한 대표적인 시간 과정을 예시하는 개략적인 다이어그램이고, 여기서 상기 처리 조성물은 형성 구조물을 "세정"하도록 설계되고, 따라서 상기 제2 생산 조성물로부터 생산된 유리 시트에서 높은 수준의 지르코니아 결함의 가능성을 감소시킨다. 이러한 도면에 있어서, 파선 및 실선은, 각각, 상기 유리의 송출 및 지르콘 파괴 온도를 나타낸다.

[0072] 곡선의 왼쪽 및 오른쪽 말단 (참고번호 1 및 4 참조)은 제1 및 제2 생산 조성물의 송출 온도 (파선) 및 지르콘 파괴 온도 (실선)을 각각 나타낸다. 알 수 있는 바와 같이, 각각 경우에 있어서, 상기 송출 온도 (파선)는 상기 파괴 온도 (실선)보다 더 크고, 이것은 두 조성물이 지르코니아 결함을 발생하는 경향을 가질 것이라는 것을 의미한다. 상기 곡선의 왼쪽 말단 (참고번호 1)에서, 변환은 제1 처리 조성물의 파괴 온도 (실선)가 이의 송출 온도 (파선)보다 더 크도록 제1 처리 조성물에 대해 만들어진다. 상기에서 논의된 바와 같이, 조성물 사이의 변환은 계단형 함수 (step functions)가 아니라, 시간에 걸쳐 발생할 수 있다. 도 3에 있어서, 이러한 변환-초과-시간 (transition-over-time)은 송출 온도 (파선)에서 선형 증가뿐만 아니라, 파괴 온도 (실선)에서 선형 증가에 의해 표시되고, 상기 파괴 온도 라인의 기울기는 상기 형성 구조물로 송출될 유리 조성물이 시간에 따라

제1 처리 조성물 (참고번호 2 참조)로 실질적으로 완전하게 변환되도록 상기 송출 온도 라인의 기울기보다 더 크고, 상기 파괴 온도 (실선)는 송출 온도 (파선)보다 더 클 것이다. (시간에 따른 파괴 및 송출 온도에서 선형 변형은 오직 예시의 목적이고, 실행에서, 변화는 필요하지 않으며, 일반적으로, 시간에 걸쳐 선형이 아닐 것이라는 것에 주목할 것이다).

[0073] 도 3에서 참고번호 2에서, 변환은 제1 처리 조성물 및 제2 처리 조성물 사이에서 시작된다. 이러한 도면에서 예시된 바와 같이, 제2 처리 조성물은 제1 처리 조성물보다 이의 파괴 온도 (실선) 및 이의 송출 온도 (파선) 사이의 더 큰 차이를 가져, 제2 조성물에 대한 변환은 시간에 따라 완성되고 (도 3에서 참고번호 3 참조), 이들 두 온도 사이의 차이 (즉, $\triangle_{파괴-송출} = T_{파괴} - T_{송출}$)는, 높은 수준의 세정을 달성하는 것을 원하기 때문에, 상당히 중요하다. (다시 제2 처리 조성물에 대한 변환이 오직 예시를 목적으로 도 3에서 시간에 따라 선형으로 진행하는 것으로 나타낸 것에 주목할 것).

[0074] 도 3에서 참고번호 3에서, 제2 생산 조성물에 대한 변환은 시작되고, 상기 변환은 참고번호 4에서 완성된다. 전술된 바와 같이, 제2 생산 조성물은 이의 지르콘 파괴 온도 (실선)보다 더 큰 송출 온도 (파선)를 가져, 변환이 진행됨에 따라, 상기 파괴 온도는 떨어지고, 송출 온도는 증가한다, 즉, $\triangle_{파괴-송출}$은 강한 양으로부터 다소 음으로 간다. 다시, 이러한 변환은 오직 예시의 목적을 위해서 시간에 대해 선형으로 발생하는 것으로 나타난다.

[0075] 양적으로, 구현 예에 있어서, 이의 파괴 온도 및 이의 송출 온도 사이의 양의 델타 (positive delta), 예를 들어, 구현 예에 있어서, 5℃ 이상 또는 25℃ 이상, 또는 50℃ 이상인, $\triangle T_{파괴-송출}$을 갖는 적어도 하나의 처리 유리에서 사용하는 것이 바람직하다. 이러한 방식에 있어서, 형성 구조물을 "세정"하기 위해 필요한 시간의 양은 감소될 수 있다. 구현 예에 있어서, 사용된 처리 조성물 모두는 0 초과인 $\triangle T_{파괴-송출}$을 가질 것이고, 예를 들어, 구현 예에 있어서, 처리 조성물의 모두는 5℃ 이상, 또는 25℃ 이상, 또는 50℃ 이상인 $\triangle T_{파괴-송출}$을 가질 것이다. 이들 $\triangle T_{파괴-송출}$ 값은 파괴 점도를 초과할 송출 점도를 갖는, 상응하는 점도 델타를 갖는다. 30-40 kPoise의 범위에서의 송출 점도를 위하여, 구현 예에 있어서, $\triangle \eta_{송출-파괴}$는 형성 구조물을 익숙하게 (재조정)하는데 사용된 하나 이상의 처리 조성물 중 적어도 하나에 대하여 3 kPoise 이상, 또는 5 kPoise 이상, 또는 10 kPoise 이상, 또는 20 kPoise 이상이다. 구현 예에 있어서, 30-40 kPoise의 범위에서의 송출 점도를 위하여, $\triangle \eta_{송출-파괴}$는 하나 이상의 처리 조성물 모두에 대하여 3 kPoise 이상, 또는 5 kPoise 이상, 또는 10 kPoise 이상, 또는 20 kPoise 이상이다.

[0076] 다양한 처리 조성물은 본 명세서에 기재된 기술의 실행에 사용될 수 있다. 표 1은 이온-교환가능한 생산 조성물과 함께 사용될 수 있는 처리 조성물에 대한 대표적인 몰 퍼센트 및 성분을 열거한다. 이들 처리 조성물에서, 다양한 성분은 다음의 목적을 제공할 수 있다.

[0077] 실리카, 또는 SiO_2는 주요 유리 형성 산화물이고, 상기 용융 유리에 대한 네트워크 골격을 형성한다. 지르콘 파괴 거동의 관점에서, 순수 SiO_2는 지르콘-함유 형성 구조물과 비반응성이다. 실제로, 융합 라인 지르코니아를 생산하기 위한 지르콘의 반응은 $ZrSiO_4 \rightarrow ZrO_2 + SiO_2$일 수 있다.

[0078] 분명히 SiO_2의 존재는 왼쪽 방향으로 반응이 구동하는 것이 유리하다, 즉, 지르콘의 형성 ($ZrSiO_4$)을 촉진시킨다. 그러나, 어떤 다른 산화물의 존재는 지르콘 파괴 성능을 저하시키고, 결국 융합 라인 지르코니아 (ZrO_2) 결함의 형성을 촉진할 수 있다 (하기 참조).

[0079] 그러나, 순수 SiO_2는 이의 매우 높은 용융 온도 때문에 융합 인발 공정과 양립할 수 없다. 순수 SiO_2 또는 고-SiO_2 유리의 점도가 용융 영역에서 너무 높기 때문에, 청징 버블 (fining bubbles)과 같은 결함은 나타날 수 있고, 내화물의 부식 및 백금의 분해는 너무 극심해서 연속 공정에서 장기간 제작을 허용하지 못한다. 더군다나, 실리카 농도가 증가함에 따라, 상기 액상 온도는, 연속 공정에서 원하지 않는 실투 상인 SiO_2의 결정질 다형체인, 크리스토발석 (cristobalite)의 증가하는 안정성에 기인하여 증가할 수 있다. 붕소 산화물 (B_2O_3)을 제외한 모든 산화물과 비교하면, SiO_2는 밀도 및 열팽창계수를 감소시키고, B_2O_3와 비교하면, 내구성을 개선시킨다. 구현 예에 있어서, 처리 유리의 SiO_2 함량은 68 및 72 mol% 사이이다.

[0080] 알루미늄 산화물, 또는 Al_2O_3는 또한 유리 형성체로서 제공된다. SiO_2와 같이, 유리 용융에서 이의 사면체 배위

에 기인하여 점도에 기여한다. SiO_2 농도 및 알칼리 및/또는 알칼리 토 산화물의 농도에 대해 조심스럽게 균형을 이루는 경우, 알루미나는 액상 온도를 감소시키는데 사용될 수 있고, 따라서 융합 인발 공정에 대한 호환성을 촉진시키고 액상 점도를 향상시킨다. SiO_2 유사하게, 알칼리 또는 알칼리 토와 비교하여 Al_2O_3의 증가는 일반적으로 감소된 밀도, 감소된 열팽창계수, 및 개선된 내구성을 결과한다. Al_2O_3는 강한 네트워크 골격 (즉, 높은 어닐링점)을 가능하게 하기 때문에, 이온-교환가능한 유리에서 매우 중요한 역할을 하는 반면, 알칼리 이온의 빠른 확산을 허용한다. 따라서, Al_2O_3의 존재는 이온-교환 공정의 동력학을 앞당기는 반면, 높은 압축 응력을 촉진한다. Al_2O_3의 주요 결점은 이것이 또한 융합 라인 지르코니아 결함으로 지르콘의 반응을 촉진하는 것이다. 예를 들어, 수학 식 1의 Z_i 계수의 관점에서, 상기 지르콘 파괴 온도는 유리에 첨가된 Al_2O_3의 mol% 당 거의 25 ℃ 만큼 감소한다. 개선된 용융/액상 특징과 감소된 지르콘 파괴 온도 사이의 균형 때문에, 구현 예에 있어서, 처리 유리의 Al_2O_3 함량은 8 및 9.5 mol% 사이이다.

[0081] 산화 붕소, 또는 B_2O_3는 또한 유리-형성 산화물이고, 점도를 감소시키고, 액상 온도를 감소시키기 위해 사용된다. 일반적으로, 1 mol%의 B_2O_3 증가는 유리 조성물의 상세 및 문제의 점도에 의존하여, 10-14℃ 만큼의 등가 점도에서 온도를 감소시킨다. 그러나, B_2O_3는 mol%당 18-22℃ 만큼 액상 온도를 낮출 수 있고, 따라서 이것이 점도를 감소시키는 것보다 좀더 빠르게 액상 온도를 감소시키는 효과를 가지며, 이에 의해 액상 점도를 증가시킨다. 처리 유리에 대하여, B_2O_3는 지르콘 파괴 온도에 최소 영향을 미치면서 유리 네트워크를 연화시키는데 유용할 수 있다 (예를 들어, 수학식 1의 Z_i 계수의 관점에서 B_2O_3 mol%당 오직 3℃의 감소). 따라서, B_2O_3는 상기 지르콘 파괴 거동을 희생하지 않고 용융 성능을 개선시키는데 유용할 수 있다.

[0082] B_2O_3는 또한 유리의 밀도를 감소시키는데 가장 효과적인 산화물이다. 탱크 변환 시간이 초기 및 최종 유리 사이의 밀도 차이에 의해 제한될 수 있기 때문에 (상기 참조), 밀도를 낮추기 위해 B_2O_3의 사용은 특별한 적용에 의존하여, 매우 중요할 수 있다. 그러나, B_2O_3는 이온-교환 성능에 부정적 영향을 미쳐, 확산 및 압축 응력 모두를 감소시킨다. 구현 예에 있어서, 처리 유리의 B_2O_3 함량은 0 및 2 mol% 사이이다.

[0083] 알칼리 산화물 (Na_2O 및 K_2O)은 또한 유리의 용융 온도를 감소시키고, 액상 온도를 감소시키는데 효과적이다. 이온-교환가능한 유리에 대하여, (Na^+와 같은) 작은 알칼리 이온의 존재는 용융염 욕조에서 침지된 경우 (K^+와 같은) 더 큰 알칼리 이온과 교환시키는 것이 필요하다. Na_2O의 충분히 높은 농도는, 압축 응력이 유리 밖으로 교환된 알칼리 이온의 수에 비례하기 때문에, 상기 유리에서 큰 압축 응력을 생산하는데 필요하다. 따라서, 이온-교환가능한 처리 유리를 원하는 경우, Na_2O는, 비록 지르콘 파괴 온도에 대한 부정적 영향, 예를 들어, 수학식 1의 Z_i 계수의 관점에서 Na_2O mol%당 약 34.5℃의 감소를 가질 수 있지만, 상기 조성물에 포함될 필요가 있다. 또한, Na_2O는 용융 거동을 개선시키고, 변환 시간을 낮춘다. 구현 예에 있어서, 처리 유리의 Na_2O 함량은 13.5 및 14.5 mol% 사이이다.

[0084] 소량의 K_2O의 존재는 일반적으로 확산율을 개선시킨다. 그러나, K_2O는 지르콘 파괴 온도를 상당히 저하시킬 수 있다. 예를 들어, 수학 식 1의 Z_i 계수의 관점에서, 상기 유리에 첨가된 K_2O mol% 당 $T_{파괴}$에서 거의 45℃의 손실을 결과한다. $T_{파괴}$에서 이러한 감소는 Al_2O_3, B_2O_3, Na_2O, MgO, 및 CaO과 연관된 것보다 더 크다. 이러한 이유에 때문에, K_2O는 처리 유리에서 최소화될 것이다. 구현 예에 있어서, 처리 유리의 K_2O 함량은 0 및 0.05 mol% 사이이다.

[0085] Na_2O과 같이, 알칼리 토 산화물은 유리의 용융 거동을 개선시키지만, 상기 지르콘 파괴 온도에 부정적으로 기여한다 (예를 들어, MgO 및 CaO에 대한 수학 식 1의 Z_i 계수가 각각 -12.6℃/mol% 및 -25.3℃/mol%이다). 지르콘 파괴 성능에 대한 알칼리 토 산화물의 부정적 영향은 알칼리 산화물의 것만큼 심각하지는 않다. 이온-교환 성능과 관련하여, MgO 및 CaO의 존재는 알칼리 이동성을 감소시키도록 작용한다. 이러한 효과는 특히 CaO에 대해 표명되었고, 그러므로, 구현 예에 있어서, 처리 유리의 CaO 함량은 0 및 0.1 mol% 사이이다. MgO는 개선된 용융 거동 및 증가된 응력 완화를 포함하는 반면, 알칼리 확산율에 대한 역효과를 최소화하는, 알칼리 토 산화물의 몇 가지 장점을 제공한다. 더구나, MgO는 CaO와 비교하여 지르콘 파괴 온도에 대한 부정적 영향을

반감한다. 따라서, 구현 예에 있어서, 처리 유리의 MgO 함량은 5 및 6.5 mol% 사이이다.

[0086] SnO_2는 융합 공정에서 청징제로서 종종 사용되기 때문에, 표 1에 열거된다. 더 많은 SnO_2는 일반적으로 개선된 청징 능력과 동일시하지만, 이것이 비교적 비싼 원료이기 때문에, 적절하게 낮은 수준으로 가스성 함유물을 몰아내는데 요구된 만큼 첨가하는 것이 바람직하다. 또한, SnO_2는 지르콘 파괴 온도에 부정적 효과를 갖는다. 구현 예에 있어서, 처리 유리의 SnO_2 함량은 0 및 2.3 mol% 사이이다. 선택적으로, As_2O_3 및/또는 Sb_2O_3은 청징제로서 사용될 수 있다. 그러나, 이들은 독성이 있는 단점을 갖는다.

[0087] 표 1은 또한 ZrO_2 (지르코니아)에 대한 대표적인 범위를 열거한다. 지르코니아는 유리의 용융 또는 청징 거동에서 실용적 역할을 제공하지 않고, 이러한 낮은 수준에서 관심의 특성을 부여하지 않지만; 그러나 용융기에서 지르코니아-계 내화성 물질과 뜨거운 유리의 접촉에 의해 유리 조성물에 도입될 것이다. 유사하게, 표 1은 또한 이것이 상업적인 원료 배치 물질에서 일반적 불순물이기 때문에 Fe_2O_3에 대한 대표적인 범위를 열거한다. 실험실 연구에 있어서, 표 1의 수준에서 ZrO_2 및 Fe_2O_3를 포함하는 것은 상업적 생산 조건을 더욱 밀접하게 모의하는데 유용할 수 있다.

[0088] 표 2는 표 1의 범위 내의 성분 농도를 갖는 대표적인 처리 조성물을 나타낸다. 이들 조성물은 이온-교환가능한 유리의 제작에 또는 하나의 이온-교환가능한 유리 조성물로부터 또 다른 이온-교환가능한 유리 조성물로 변환되는 경우, 이의 사용 이전에 지르콘 아이소파이프를 처리하는데 사용될 수 있다. 상기 처리 조성물은 또한 두 개의 실행 중 첫 번째 동안에 아이소파이프 상에 축적될 수 있는 지르코니아를 제거하기 위해 동일한 이온-교환가능한 유리 조성물의 두 개의 실행 사이에 사용될 수 있다.

[0089] 성분 농도에 부가하여, 표 2는 또한 처리 조성물에 대한 다양한 측정된 특성을 열거한다. 이들 측정된 값을 얻기 위하여 사용된 샘플은 상대적으로 균일한 유리 조성물에서 결과하는 온도 및 시간, 예를 들어, 백금 도가니에서 약 11시간 동안 약 1625℃의 온도에서, 각각의 유리 조성물의 4,000 gram 배치를 용융시켜 준비된다. 특히, 상기 배치 물질은 세라믹 밀에서 세라믹 매체를 사용하여 한 시간 동안 볼-밀된다. 상기 배치는 두 개의 1800 cc 백금 도가니로 이동되고, 1625℃에서 가열로에 적재된다. 5시간 후, 상기 도가니는 가열로로부터 제거되고, 상기 유리는 차가운 흐르는 물을 갖는 스틸 버킷 (steel bucket)에 붓는다. 최종 유리 부스러기 (cullet)는 단일 1800 cc 백금 도가니에서, 6시간 동안, 1625℃에서 다시 재용융된다. 이러한 도가니는 그 다음 상기 가열로로부터 제거되고, 상기 유리는 냉각 스틸 플레이트 상에 붓는다. 취급하기에 충분한 점도가 된 경우, 상기 유리는 630℃에서 어닐링 오븐으로 이동되고, 이 온도에서 한 시간 동안 유지되고, 그 다음 실온으로 0.5℃/minute로 냉각된다.

[0090] 표 2에 서술된 유리 특성은 유리 기술에서 종래의 기술에 따라, 구체적으로, ASTM 기술에 따라 결정된다. 따라서, 0-300℃의 온도 범위에 걸친 선형 열팽창계수 (CTE)는 x 10^{-7}/℃로 표시되고, 연화점, 어닐링점, 및 변형점은 ℃로 표시된다. 이들은 섬유 신장 (elongation) 기술로부터 결정된다. grams/㎤의 밀도는 아르키메데스 (Archimedes) 방법을 통해 측정된다. (유리 용융이 200 poises의 점도를 입증하는 온도로서 정의된) ℃의 용융 온도는 회전 실린더 점도계를 통해 측정된 고온 점도 데이터에 적합한 Mauro-Yue-Ellison-Gupta-Allan (MYEGA) 방정식 (Mauro et al., (2009) Viscosity of glass-forming liquids. *Proc Nat Acad Sci*, 106:19780-19784 참조)을 사용하여 계산된다. 35 kPoise의 점도에 상응하는 온도는 동일한 방식으로 결정된다. ℃의 유리의 액상 온도는 구배 보트 액상법 (gradient boat liquidus method)을 사용하여 측정된다. 이것은 백금 보트에서 으깨진 유리 입자를 놓는 단계, 구배 온도의 영역을 갖는 가열로에 보트에 놓은 단계, 72시간 동안 적절한 온도 영역에서 상기 보트를 가열하는 단계, 및 결정이 상기 유리의 내부에서 및 공기 및 백금 경계면에 나타나는 가장 높은 온도에서 현미경 조사의 수단에 의해 결정하는 단계를 포함한다. kPoises의 액상 점도는 액상 온도 및 MYEGA 방정식 및 계수로부터 결정된다. Mpsi의 영률 및 전단 모듈 값은 분광 초음파 분광기 기술 (resonant ultrasonic spectroscopy techniques)을 사용하여 결정된다. 푸아송의 비 값은 영률 및 전단 모듈의 측정된 값으로부터 계산된다. nm/cm/MPa의 유리의 굴절률 및 응력 광학 계수 (SOC)는 광학 측정을 통해 결정된다. ℃ ($T_{파괴}$)의 지르콘 파괴 온도는 일정한 온도 구배를 갖는 가열로에서 지르콘 내화물과 접촉하는 유리의 168-시간 유지를 통해 결정된다. 상기 지르콘 파괴 온도는 지르콘 결정이 지르콘/유리 경계면에서 상기 유리에 현미경 조사에 의해 관찰된 가장 낮은 온도이다. kPoise ($\eta_{파괴}$)의 상응하는 지르콘 파괴 점도는 MYEGA 방정식 및 계수를 사용하여 결정된다.

[0091] 이하 실시 예를 통하여 본 발명을 좀더 예시하지만, 하기 실시 예에 본 발명의 범주가 한정되는 것은 아니다.

[0092] 실시 예

[0093] 표 3은 상기 융합 공정 및 지르콘 아이소파이프를 사용하여 제작된 경우 융합 라인 지르코니아 결함에 민감한 두 개의 이온-교환가능한 유리의 주요 성분의 대표적인 조성물을 열거한다.

[0094] 제1 조성물은 융합 라인 지르코니아 결합의 허용가능하지 않은 수준이 관찰될 때까지 융합 인발 기계에서 실행된다. 이후, 변환은 표 2에서 유리 11의 조성물 및 특성을 갖는 처리 조성물로 만들어진 후에, 표 3의 제2 조성물로 변환은 만들어진다. 표 2의 유리 11은 제1 조성물로부터 제2 조성물로 변환을 만드는데 포함된 시간을 최소화하고, 상기 변환 동안 지르코니아의 지르콘 아이소파이프를 세정하도록 설계된다. 유리 11은 이온-교환가능한 유리이고, 따라서, 이온-교환 강화될 수 있고, 판매될 수 있다. 유리 11은 35 kPoise의 점도에서 아이소파이프로 송출되고, 따라서 이것의 $\triangle T_{파괴-송출}$ 및 $\triangle \eta_{송출-파괴}$는 각각 95 및 26이다.

[0095] 제1 조성물에서 제2 조성물로의 변환은 유리 제조 기계의 작동에 중단 없이, 짧은 시간, 즉 6 주 미만에서 달성된다. 상기 변환 조성물로서 유리 11의 사용은 제1 조성물의 사용 동안 축적된 높은 수준의 지르코니아의 지르콘 아이소파이프를 세정시키고, 따라서 유리 11로 처리 이후에 제2 조성물로 생산된 유리 시트는 융합 라인 지르코니아 결함은 필수적으로 완전하게 없다.

[0096] 전술된 내용으로부터, 절차들이 지르콘-함유 형성 구조물, 예를 들어, 지르콘 아이소파이프와 용융 유리의 상호작용으로부터 결과하는, 결함, 예를 들어, 융합 라인 지르코니아 결함을 세정하도록 처리 유리 조성물 (변환 유리 조성물)을 사용하기 위해 제공된다는 것을 알 수 있다. 이것은 처리 유리 조성물의 지르콘 파괴 온도가 상기 유리의 송출 온도보다 더 높도록 상기 처리 유리 조성물을 설계하여 달성된다. 융합 공정에 대한 송출 온도가 일반적으로 30-40 kPoise의 범위의 고정 전단 점도에 상응하기 때문에, 파괴 온도에 대한 이러한 조건은 이의 지르콘 파괴 점도 (즉, 이의 파괴 온도에서 용융 유리의 점도)가 30-40 kPoise의 송출 점도 미만이 되도록 상기 처리 유리를 설계하는 것과 대등하다.

[0097] 높은 지르콘 파괴 온도 (또는 대등하게, 낮은 지르콘 파괴 점도)를 갖는 것 외에, 어떤 구현 예에 있어서, 상기 처리 유리 조성물은 출발 및 최종 유리 조성물 사이의 변환 시간을 감소시키기 위해 선택된다. 변환 시간은 밀도 변화율, 송출 온도에서 변화율, 및 조성적 변화율에 의해 제한된다. 그러므로, 이들 구현 예에 따르면, 상기 처리 유리는 짧은 변환 시간을 보장할 의도로 이들 특성의 값으로 설계된다.

[0098] 본 명세서에 개시된 기술의 장점은 다음 중 몇몇 및 바람직하게는 모두를 포함한다:

[0099] (1) 하나 이상의 처리 유리는 상기 융합 공정의 경우에서 융합 라인 지르코니아 결함을 포함하는, 지르코니아 결함의 형성 구조물을 세정시킨다. 처리 유리를 사용하지 않는 스트레이트 변환 (straight transition)과 비교하면, 최종 생산 유리의 품질은 개선된다.

[0100] (2) 하나 이상의 처리 유리는 출발 및 최종 생산 유리 조성물 사이에 변환 시간을 감소시키기 위해 선택될 수 있다.

[0101] (3) 하나 이상의 처리 유리를 사용하는 절차는 유리가 연속적으로 전체적으로 제작될 수 있기 때문에 탱크 드레인을 요구하지 않는다.

[0102] (4) 하나 이상의 처리 유리는 그 자체로 판매를 위한 적절한 특성, 예를 들어, 이온-교환가능성을 가질 수 있고, 그래서 유리는 변환 동안 판매를 계속할 수 있다.

[0103] 수학 식 1 및 2의 수학적 절차는 다양한 컴퓨터 장비 및 다양한 프로그램 언어, 또는 MATHEMATICA (Wolfram Research, Champaign, Illinois), MATLAB (MathWorks of Natick, Massachusetts), 등과 같은, 수학적 계산 패키지를 사용하여 쉽게 실행될 수 있다. 맞춤형 소프트웨어는 또한 사용될 수 있다. 상기 절차로부터 출력은 전자 및/또는 하드 카피 형태일 수 있고, 표 및 그래프 형태로 포함하는, 다양한 형식으로 표시될 수 있다. 예를 들어, 도 2 및 3에 나타낸 타입의 그래프는 마이크로소프트의 엑셀 프로그램 또는 유사한 프로그램과 같은 상업적으로 이용가능한 데이터 프리젠테이션 소프트웨어를 사용하여 준비될 수 있다. 본 명세서에 기재된 절차의 소프트웨어 구현 예는 다양한 형태, 예를 들어, 하드 드라이브, 디스켓, CD, 플래쉬 드라이브, 등에 저장 및/또는 분포될 수 있다. 상기 소프트웨어는 개인용 컴퓨터, 워크스테이션, 메인프레임, 등을 포함하는, 다양한 컴퓨팅 프랫폼에서 작동할 수 있다.

[0104] 본 발명의 범주 및 사상으로부터 벗어나지 않는 다양한 변형은 전술된 개시로부터 기술분야의 당업자에게 명백

해 질 것이다. 다음의 청구항은 이들 구현 예의 변형, 변화, 및 균등물뿐만 아니라 본 명세서에 설명된 특정 구현 예를 보호하는 것으로 의도된다.

[0105] [표 1]

[0106] 대표적인 처리 조성물

성분 (mol%)	범위
SiO_2	68 - 72
Al_2O_3	8 - 9.5
B_2O_3	0 - 2
Na_2O	13.5 - 14.5
K_2O	0 - 0.05
MgO	5 - 6.5
CaO	0 - 0.1
SnO_2	0 - 0.3
Fe_2O_3	0 - 0.08
As_2O_3	0 - 0.5
Sb_2O_3	0 - 0.5
ZrO_2	0 - 0.08

[0107]

[0108] [표 2]

[0109] 대표적인 처리 조성물

성분 (mol %)	1	2	3	4	5
SiO_2	70.09	69.68	69.49	71.54	68.08
Al_2O_3	9.08	9.05	9.14	8.15	9.10
B_2O_3	0.00	0.80	0.77	0.81	1.81
Na_2O	14.31	14.05	14.13	14.07	14.26
K_2O	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
MgO	6.23	6.14	6.18	5.15	6.47
CaO	0.07	0.05	0.05	0.05	0.05
SnO_2	0.20	0.19	0.19	0.19	0.20
ZrO_2	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Fe_2O_3	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
특성					
어닐링점(C):	649	634	635	620	616
변형점 (C):	596	582	583	569	568
밀도 (g/cm^3):	2.43	2.429	2.43	2.421	2.432
CTE (x10^-7/C):	78.9	77.5	77.4	76.6	78.2
연화점(C):	891	872.4	873.7	858.1	846.1
72-h에어 액상 (C):	1040	1030	1070	1025	1070
72-h내부 액상 (C):	1035	1030	1060	1025	1060
72-h Pt 액상 (C):	1025	1030	1040	1020	1050
1차실투 상:	감람석	감람석	감람석	감람석	감람석
지르콘 파괴 온도(C):	1250	1262	1256	1294	1245
지르콘 파괴 점도(kPoise):	13.34	9.13	9.36	5.52	7.31
T(200 Poise) (C):	1662	1651	1647	1657	1609
T(35 kPoise) (C):	1186	1170	1167	1159	1138
액상 점도(Poise):	633344	465744	236911	385241	136732
푸아송의비	0.214	0.213	0.208	0.212	0.217
전단 모듈(Mpsi):	4.268	4.266	4.279	4.247	4.26
영률 (Mpsi):	10.367	10.352	10.34	10.29	10.367
굴절률:	1.5	1.5007	1.501	1.4989	1.5016
SOC (nm/cm/MPa):	29.6	29.94	29.94	29.97	30.03

[0110]

[0111] [표 2 계속]

[0112] 대표적인 처리 조성물

성분 (mol %)	6	7	8	9	10	11
SiO_2	69.53	69.75	69.99	69.89	69.95	70.44
Al2O3	9.04	9.04	9.05	9.03	9.06	9.03
B_2O_3	1.56	1.30	1.05	1.50	1.71	1.03
Na_2O	13.93	14.02	14.00	14.07	13.97	14.00
K_2O	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
MgO	5.65	5.62	5.63	5.25	5.04	5.21
CaO	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05
SnO_2	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
ZrO_2	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Fe_2O_3	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
특성						
어닐링점 (C):	628	631	635	635	619	629
변형점 (C):	578	581	583	575	571	579
밀도 (g/cm^3):	2.426	2.425	2.426	2.423	2.423	2.423
CTE (x10^-7/C):	77.3	77.4	77.9	77.3	76.8	77.9
연화점(C):	863.9	868.7	878.6	862.3	855.4	872.2
72-h에어 액상 (C):	1010	990	980	975	960	980
72-h내부 액상 (C):	1010	985	980	970	960	980
72-h Pt 액상 (C):	990	980	970	965	960	975
1 차실투 상:	감람석	감람석	감람석	조장석	조장석	조장석
지르콘 파괴온도(C):	1269	1268	1269	1270	1274	1275
지르콘 파괴점도(kPoise):	6.65	8.36	8.98	7.94	6.82	9.20
T(200 Poise) (C):	1630	1648	1655	1653	1648	1674
T(35 kPoise) (C):	1152	1168	1175	1166	1158	1180
액상 점도(Poise):	476497	1172629	1471368	1564070	1560263	1586765
푸아송의비:	0.207	0.203	0.206	0.207	0.219	0.208
전단모듈(Mpsi):	4.267	4.274	4.263	4.242	4.239	4.21
영률 (Mpsi):	10.3	10.285	10.284	10.243	10.332	10.169
굴절율:	1.500435	1.50021	1.50013	1.49975	1.499905	1.499395
SOC (nm/cm/MPa):	30.16	30.12	30.02	30.27	30.35	30.12

[0113]

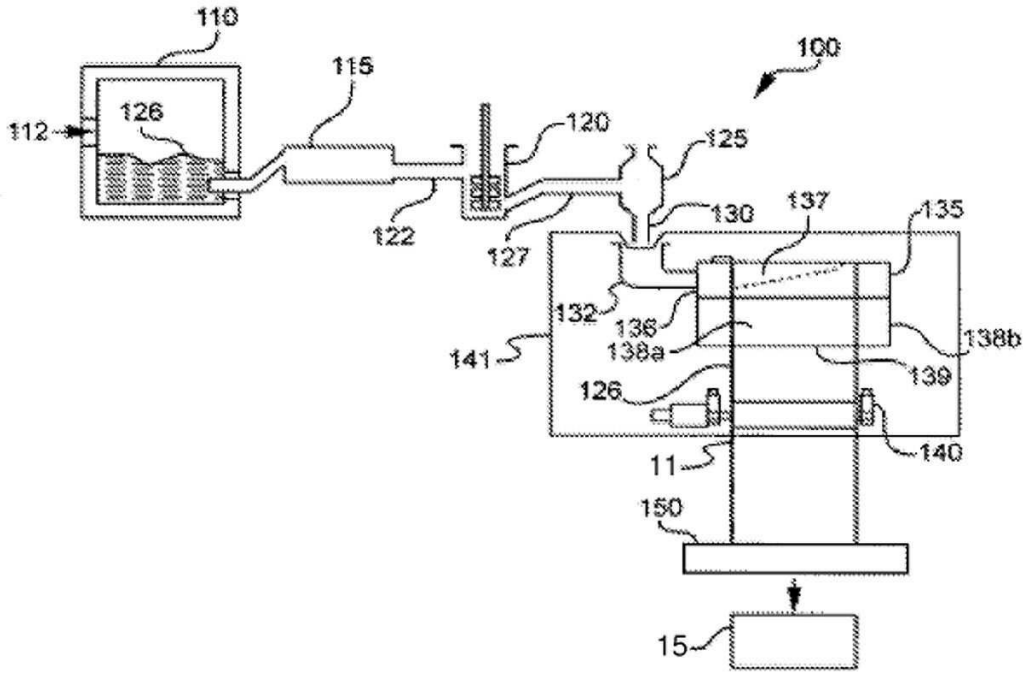
[0114] [표 3]

성분 (mol %)	1st 조성물	2nd 조성물
SiO_2	66.3	64.2
Al_2O_3	10.5	14.0
B_2O_3	0.5	7.0
Na_2O	14.0	14.0
K_2O	2.5	0.5
MgO	5.5	0.1
CaO	0.5	0.1
SnO_2	0.2	0.1

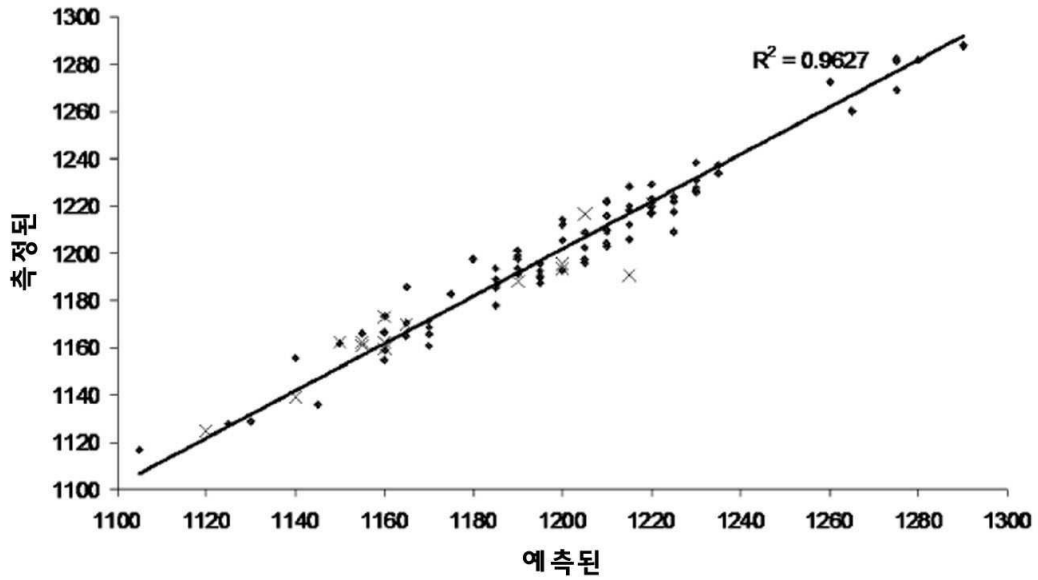
[0115]

도면

도면1


110
115
100
126
112
120
125
122
127
130
137
135
132
136
138b
141
138a
139
126
11
140
150
15

도면2


$R^2 = 0.9627$
측정된
예측된
1100
1120
1140
1160
1180
1200
1220
1240
1260
1280
1300

도면3

