(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0068828
(43) 공개일자 2016년06월15일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C03B 5/02 (2006.01) *C03B 3/02* (2006.01)
(52) CPC특허분류
C03B 5/025 (2013.01)
C03B 3/026 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-7011448
(22) 출원일자(국제) 2014년09월29일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2016년04월29일
(86) 국제출원번호 PCT/US2014/057977
(87) 국제공개번호 WO 2015/050803
국제공개일자 2015년04월09일
(30) 우선권주장
61/886,819 2013년10월04일 미국(US)

(71) 출원인
코닝 인코포레이티드
미국 뉴욕 (우편번호 14831) 코닝 원 리버프론트 플라자
(72) 발명자
보튼 데니얼 로버트
미국 14512 뉴욕주 네이플즈 바인 스트릿 12
피터슨 아이린 모나
미국 14903 뉴욕주 엘마이라 하이츠 랜슬롯 드라이브 208
(74) 대리인
양영준, 김영

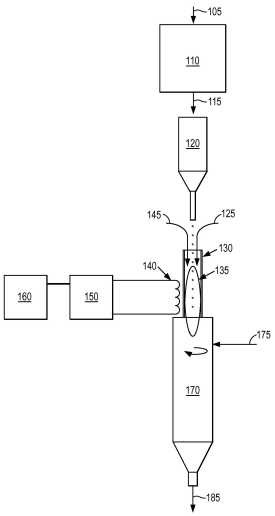
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 **RF 플라즈마를 사용하는 유리 재료의 용융**

(57) 요 약

본 개시내용은 유리 배치 재료를 실질적으로 균질한, 회전타원체-형상의 유리 중간체 입자를 형성하는 충분한 체류 시간 동안 플라즈마 플룸과 접촉하게 하는 것을 포함하는, 예비-용융 및/또는 용융 유리 배치 재료의 형성 방법에 관한 것이다. 유리 배치 재료는 연장된 체류 시간 동안 플라즈마 플룸에서 사이클론 패턴으로 유동할 수 있다. 유리 중간체 입자는 가스의 접선 방향 유동으로 냉각되어, 수집 용기 내에서 사이클론 유동을 발생시킬 수 있다. 또한, 약 45 중량% 이상의 알루미나 및/또는 실리카, 및 약 55 중량% 미만의 붕소, 마그네슘, 칼슘, 소듐, 스트론튬, 주석, 및/또는 티타늄의 1종 이상의 옥시드를 포함하는 유리 중간체 입자가 본원에 기재되어 있고, 여기서 유리 중간체 입자는 실질적으로 균질하고, 실질적으로 회전타원체의 형상을 가지며, 약 5 내지 약 1,000 마이크로미터 범위의 평균 입자 크기를 갖는다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
Y02P 40/57 (2015.11)

명 세 서

청구범위

청구항 1

유리 배치 재료가 반응하고 용융되어 실질적으로 균질한, 회전타원체-형상의 유리 중간체 입자를 형성하는 충분한 체류 시간 동안 유리 배치 재료를 플라즈마와 접촉하게 하는 것

을 포함하고, 여기서 유리 배치 재료는 집합적으로 약 45 중량% 내지 약 95 중량%의 알루미나 및 실리카 중 1종 이상, 및 집합적으로 약 5 중량% 내지 약 55 중량%의 붕소, 마그네슘, 칼슘, 소듐, 스트론튬, 주석, 및/또는 티타늄의 1종 이상의 옥시드를 포함하는 것인, 유리 배치 재료의 가공 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 유리 배치 재료가 규소 니트라이드, 규소 카바이드, 지르코니아, 및 이들의 혼합물로부터 선택된 1종 이상의 추가 화합물을 추가로 포함하는 것인 방법.

청구항 3

제1항에 있어서, 유리 배치 재료가 집합적으로 약 50 중량% 내지 약 80 중량%의 알루미나 및 실리카 중 1종 이상, 및 집합적으로 약 20 중량% 내지 약 50 중량%의 붕소, 마그네슘, 칼슘, 소듐, 스트론튬, 주석 및/또는 티타늄의 1종 이상의 옥시드를 포함하는 것인 방법.

청구항 4

제1항에 있어서, 플라즈마와의 접촉 전에 유리 배치 재료를 혼합 및/또는 시프팅(sifting)하는 것을 추가로 포함하는 방법.

청구항 5

제1항에 있어서, 유리 배치 재료가 약 5 내지 약 1,000 마이크로미터 범위의 평균 입자 크기를 갖는 것인 방법.

청구항 6

제1항에 있어서, 플라즈마가 아르곤, 공기, 헬륨, 질소, 산소, 및 이들의 혼합물로부터 선택된 1종 이상의 가스를, 무선-주파수 (RF) 전류를 사용하여 가열함으로써 발생된 것인 방법.

청구항 7

제1항에 있어서, 플라즈마가 약 9,000 K 내지 약 11,000 K 범위의 온도를 갖는 것인 방법.

청구항 8

제1항에 있어서, 유리 배치 재료가 플라즈마와 접촉하게 될 때, 아르곤, 공기, 헬륨, 질소, 산소, 및 이들의 혼합물로부터 선택된 운반체 가스에 비말동반되는 것인 방법.

청구항 9

제1항에 있어서, 유리 배치 재료가 플라즈마 내에서 사이클론 패턴으로 유동하는 것인 방법.

청구항 10

제1항에 있어서, 유리 중간체 입자를 냉각 및/또는 수집하는 것을 추가로 포함하고, 여기서

유리 중간체 입자는 제1 방향으로 유동하고, 냉각은 입자를 제1 방향에 대하여 접선 방향의 제2 방향을 갖는 냉각 가스의 유동과 접촉하게 하는 것을 포함하는 것인 방법.

청구항 11

(a) 유리 배치 재료가 반응하고 용융되어 실질적으로 균질한, 회전타원체-형상의 유리 중간체 입자를 형성하는 충분한 체류 시간 동안 유리 배치 재료를 플라즈마와 접촉하게 하고, 여기서 유리 배치 재료는 집합적으로 약 45 중량% 내지 약 95 중량%의 알루미나 및 실리카 중 1종 이상, 및 집합적으로 약 5 중량% 내지 약 55 중량%의 붕소, 마그네슘, 칼슘, 소듐, 스트론튬, 주석, 및/또는 티타늄의 1종 이상의 옥시드를 포함하는 것이고;

(b) 임의적으로 유리 중간체 입자를 냉각시키고;

(c) 임의적으로 유리 중간체 입자를 수집하고;

(d) 유리 중간체 입자가 함께 융해되어 유리 용융물을 형성하는 충분한 온도에서 그러한 시간 동안 유리 중간체 입자를 가열하는 것

을 포함하는, 유리 배치 재료의 용융 방법.

청구항 12

제11항에 있어서, 유리 중간체 입자가 제1 방향으로 유동하고, 유리 중간체 입자의 냉각이 입자를 제1 방향에 대하여 접선 방향의 제2 방향을 갖는 냉각 가스의 유동과 접촉하게 하는 것을 포함하는 것인 방법.

청구항 13

집합적으로 약 45 중량% 내지 약 95 중량% 범위의 양으로 존재하는 알루미나 및 실리카 중 1종 이상, 및 집합적으로 약 5 중량% 내지 약 55 중량% 범위의 양으로 존재하는 붕소, 마그네슘, 칼슘, 소듐, 스트론튬, 주석, 및/또는 티타늄의 1종 이상의 옥시드를 포함하고,

(a) 실질적으로 균질하고,

(b) 실질적으로 회전타원체의 형상을 가지며,

(c) 약 5 마이크로미터 내지 약 1,000 마이크로미터 범위의 평균 입자 크기를 갖는

유리 중간체 입자.

청구항 14

제13항에 있어서, 규소 니트라이드, 규소 카바이드, 지르코니아, 및 이들의 혼합물로부터 선택된 1종 이상의 추가 화합물을 추가로 포함하는 유리 중간체 입자.

청구항 15

제13항에 있어서, 약 50 내지 약 80 중량%의 알루미나 및 실리카 중 1종 이상, 및 약 20 내지 약 50 중량%의 붕소, 마그네슘, 칼슘, 소듐, 스트론튬, 주석, 및/또는 티타늄의 1종 이상의 옥시드를 포함하는 유리 중간체 입자.

청구항 16

제13항에 있어서, 실질적으로 활면인 표면을 갖는 유리 중간체 입자.

청구항 17

제13항에 있어서, 실질적으로 구형의 형상을 갖는 유리 중간체 입자.

청구항 18

제13항에 있어서, 약 50 내지 약 500 마이크로미터 범위의 평균 입자 크기를 갖는 유리 중간체 입자.

청구항 19

제13항에 있어서, 약 50 내지 약 80 중량%의 알루미나, 및 집합적으로 약 20 내지 약 50 중량%의 바륨 옥시드 또는 칼슘 옥시드 중 1종 이상을 포함하는 유리 중간체 입자.

청구항 20

제13항에 있어서, 약 49 내지 약 52 중량%의 실리카, 및 약 16 내지 약 21 중량%의 소듐 옥시드, 및 약 28 내지 약 32 중량%의 칼슘 옥시드를 포함하는 유리 중간체 입자.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 관련 출원의 상호 참조

[0002] 본 출원은 35 U.S.C. § 119하에 2013년 10월 4일에 출원된 미국 가출원 61/886,819를 우선권 주장하며, 이 가출원의 전문은 본원에 참조로 포함된다.

[0003] 기술분야

[0004] 본 개시내용은 일반적으로 유리 배치 재료의 예비-용융, 용융, 및/또는 가공 방법, 및 보다 구체적으로는 유전체 또는 무선 주파수 ("RF") 플라즈마를 사용하는 유리 전구체 재료의 가공에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0005] 유리 기판은 창문부터 고성능 디스플레이 소자에 이르는, 다양한 적용 분야에서 사용될 수 있다. 개선된 해상도, 선명도, 및 성능에 대한 요구가 증가함에 따라 유리 기판에 대한 품질 요건이 더욱 엄격해지게 되었다. 그러나, 유리 품질은 유리 용융물의 형성부터 유리 제품의 최종 패키징에 이르기까지, 다양한 가공 단계에 의해 불리하게 영향을 받을 수 있다.

[0006] 유리 품질의 저하를 초래할 수 있는 하나의 가공 단계는 유리 전구체 배치 재료가 용융로에서 혼합되고 가열되는 용융 공정이다. 이 공정 동안에는, 재료가 용융되고 반응하여, 용융된 유리에서 기포를 발생시키는 반응 가스를 방출한다. 추가로, 용융 공정은 상이한 화학 조성의 영역을 갖는 비균질 유리 용융물을 생성할 수 있다. 형성되는 제1 용융물은 종종 내화 재료에 대하여 고도로 반응성이고, 이는 장치의 과도한 마모 및/또는 유리 용융물의 결함을 초래할 수 있다. 용융물의 고밀도 부분은 또한 용융로의 바닥에 가라앉아, 용융물의 나머지와 상이한 광학적 성질을 가지며 전체 용융물에 다시 완전히 혼합되기가 어려운 "슬러지(sludge)" 층을 유도할 수 있고, 이는 관련 기술분야 및 본원에서 "초드(chord)"라 불리는 용융물의 비균질 부분을 초래한다. 마지막으로, 전형적으로 큰 가공 부피 때문에, 다양한 유리 배치 재료가 용융되지 않을 수 있거나 또는 부분적으로만 용융될 수 있을 가능성이 있다. 비-용융 또는 부분 용융 재료는 용융 공정을 거친 후에, 유리 제품에서 결함이 될 수 있다.

[0007] 고품질 광학 유리를 제조하기 위한 현재의 용융 공정은 유리 용융물로부터 기포를 제거하기 위해 고온 및 교반을 이용한다. 그러나, 이러한 공정은 가공 설비를 위해 고가의 금속 및 특수 설계된 고온 내화 재료를 필요로 하기 때문에 고비용이 들 수 있다. 또한, 이러한 고비용의 용융 시스템은 장기 가공 시간 및 높은 에너지 소비량을 필요로 하는데, 그 이유는 반응 가스가 유리 용융물에서 빠져 나가는데 긴 이동 거리를 가지고, 또한 슬러지 층은 용융로 탱크의 바닥으로부터 탱크 내 유리 용융물의 나머지로 혼합되어야 하는데, 이는 고 점성의 유체를 통해 긴 거리에 걸쳐서 혼합 운동을 필요로 하기 때문이다.

[0008] 유리 기포 및 유리 용융물의 비균질 부분을 방지하기 위한 대안의 방법은 보다 소량의 배치로 용융물을 가공하는 것을 포함한다. 이러한 방식으로, 가스 기포는 용융물에서 빠져 나가는데 보다 짧은 이동 거리를 가지고, 슬러지 층은 보다 용이하게 용융물의 나머지로 혼입될 수 있다. 그러나, 수많은 소규모 공정과 마찬가지로, 이러한 방법은 가공 시간 연장 및 비용 증가와 같은 다양한 단점을 갖는다.

[0009] 다양한 "비통상적인" 유리 전구체 재료를 용융시키고자 할 때에 중요한 문제가 또한 관찰되었다. 예를 들어, 바륨 옥시드 및 알루미나의 혼합물 또는 칼슘 옥시드 및 알루미나의 혼합물을 포함하는 유리 배치 재료는 극도로 높은 용융 온도, 예를 들어 2,100℃ 초과의 용융 온도를 가질 수 있고, 이는 용융 공정을 복잡하게 하며 균질한 유리 용융물의 달성을 어렵게 한다. 다른 유리 배치 재료, 예컨대 실리카, 소듐 옥시드 및 칼슘 옥시드의 혼합물이 용융될 수 있지만, 냉각시 결정화되는 경향이 있고, 가공 결함의 가능성을 줄이기 위해 특수한 켄칭 방법을 필요로 한다. 실리카 및 낮은 수준의 티타늄 디옥시드를 포함하는 초저팽창 (ULE®) 유리 또한 전통적인 공정을 이용하여 용융시킬 때 어려움이 있을 수 있다.

[0010] 따라서, 유리 품질과 관련된 문제, 예컨대 용융물의 기포, 초드, 및/또는 맥리(striae)에 의해 초래되는 결함을

최소화함과 동시에 또한 보다 신속하고/거나 보다 경제적이고, 비통상적인 유리 재료의 용융에 적합할 수 있는 유리 용융 공정을 제공하는 것이 유리할 것이다. 그에 따른 유리 기판은 고급의 광학적 품질을 가질 수 있고, 해상도, 선명도, 및/또는 성능이 뛰어난 유리가 요구되는 다양한 시판 제품에 사용될 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0011] 본 개시내용은, 다양한 실시양태에서, 유리 배치 재료를 실질적으로 균질한, 회전타원체-형상의 유리 중간체 입자를 형성하는 충분한 체류 시간 동안 플라즈마와 접촉하게 하는 것을 포함하는, 유리 배치 재료의 예비-용융 및/또는 용융 방법에 관한 것이다. 특정 실시양태에서, 유리 중간체 입자는 약 45 중량% 이상, 예를 들어 약 45 내지 약 95 중량%의 알루미나 및/또는 실리카, 및 약 55 중량% 미만, 예를 들어 5 내지 55 중량%의 붕소, 마그네슘, 칼슘, 소듐, 스트론튬, 주석, 및/또는 티타늄의 1종 이상의 옥시드를 포함할 수 있다. 유리 중간체 입자는 약 5 내지 약 1,000 마이크로미터 범위의 평균 입자 크기를 가질 수 있다. 추가 실시양태에서, 유리 중간체 입자는 플라즈마와의 접촉 후에 가스의 접선 방향 유동에 의해 냉각될 수 있고/거나 전통적인 용융로를 사용하여 추가로 융용 및/또는 융해될 수 있다.

[0012] 또한, 약 45 중량% 이상, 예를 들어 약 45 내지 약 95 중량%의 알루미나 및/또는 실리카, 및 약 55 중량% 미만, 예를 들어 5 내지 55 중량%의 붕소, 마그네슘, 칼슘, 소듐, 스트론튬, 주석, 및/또는 티타늄의 1종 이상의 옥시드를 포함하는 유리 중간체 입자가 본원에 기재되어 있고, 여기서 유리 중간체 입자는 실질적으로 균질하고, 실질적으로 회전타원체의 형상을 가지며, 약 5 내지 약 1,000 마이크로미터 범위의 평균 입자 크기를 갖는다.

[0013] 추가 특징 및 장점이 하기의 상세한 설명에서 상술될 것이고, 이들은 부분적으로 상세한 설명으로부터 관련 기술분야의 통상의 기술자에게 분명하게 자명하거나 또는 하기의 상세한 설명, 청구범위 뿐만 아니라, 첨부된 도면을 포함하는 본원에 기재된 바와 같이 본 발명을 실시함으로써 이해될 것이다.

[0014] 상기의 개괄적인 설명 및 하기의 상세한 설명이 모두 다양한 실시양태를 제시하고, 이들은 본 발명의 특성 및 특징을 청구된 바와 같이 이해하기 위한 개요 또는 바탕을 제공하기 위한 것임을 알아야 한다. 첨부된 도면은 더욱 자세한 이해를 제공하기 위해 포함되었고, 본 명세서의 일부로 포함되며 본 명세서의 일부를 구성한다. 도면은 다양한 실시양태를 도해하고, 상세한 설명과 함께 본 발명의 원리 및 작업을 설명하는 역할을 한다.

도면의 간단한 설명

[0015] 하기의 상세한 설명은, 유사 구조물이 유사 참조 부호로 표시되는 하기 도면과 관련지어 정독할 때 가장 잘 이해될 수 있고, 여기서:

도면은 본 개시내용의 한 실시양태에 따른 유리 배치 재료의 용융 시스템의 개략도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0016] 유리 배치 재료를 실질적으로 균질한, 회전타원체-형상의 유리 중간체 입자를 형성하는 충분한 체류 시간 동안 플라즈마와 접촉하게 하는 것을 포함하는, 유리 배치 재료의 예비-용융 및/또는 용융 방법이 본원에 기재되어 있다.

[0017] *재료*

[0018] 용어 "유리 배치 재료" 및 그의 변형어는 본원에서, 용융시 반응 및/또는 배합되어 유리를 형성하는 유리 전구체 입자의 혼합물을 나타내기 위해 사용된다. 유리 배치 재료는 유리 전구체 입자를 배합하기 위한 임의의 공지된 방법에 의해 제조 및/또는 혼합될 수 있다. 예를 들어, 특정한 비제한적 실시양태에서, 유리 배치 재료는, 예를 들어 임의의 용매 또는 액체 없이, 유리 전구체 입자의 건조한 또는 실질적으로 건조한 혼합물을 포함한다. 다른 실시양태에서, 유리 배치 재료는 슬러리 형태, 예를 들어 액체 또는 용매 존재하의 유리 전구체 입자의 혼합물 형태일 수 있다.

[0019] 다양한 실시양태에 따라서, 유리 배치 재료는 유리 전구체 재료, 예컨대 실리카, 알루미나, 및 다양한 추가 옥시드, 예컨대 붕소, 마그네슘, 칼슘, 소듐, 스트론튬, 주석, 또는 티타늄 옥시드를 포함할 수 있다. 예를 들어, 유리 배치 재료는 실리카 및/또는 알루미나와 1종 이상의 추가 옥시드의 혼합물일 수 있다. 다양한 실시양태에서, 유리 배치 재료는 집합적으로 약 45 내지 약 95 중량%의 알루미나 및/또는 실리카, 및 집합적으로 약

5 내지 약 55 중량%의 붕소, 마그네슘, 칼슘, 소듐, 스트론튬, 주석, 및/또는 티타늄의 1종 이상의 옥시드를 포함한다.

[0020] 예를 들어, ULE® 유리는 실리카, 예를 들어 약 85 내지 약 95 중량%의 실리카 및 약 5 내지 약 15 중량%의 티타늄 옥시드, 또는 약 90 중량% 초과의 실리카 및 약 10 중량% 미만의 티타늄 옥시드를 포함할 수 있다. 이러한 ULE® 유리는 히드록실 기 (-OH) 및 다양한 추가 원소, 예컨대 Nb, Ta, F, 및 Al을 포함할 수 있다. 예를 들어, ULE® 유리는 약 5 중량% 미만의 이러한 추가 원소를 포함할 수 있다. 특정 실시양태에서, ULE® 유리는 이러한 원소를 약 0.1 내지 약 5 중량%, 예컨대 약 0.5 내지 약 3 중량%, 또는 약 1 내지 약 2 중량% 범위의 양으로 포함할 수 있다.

[0021] 다른 비통상적인 유리는 알루미나 및 바륨 옥시드의 혼합물, 예컨대 약 50 중량% 이상의 알루미나 및 약 50 중량% 미만의 바륨 옥시드를 포함하는 혼합물, 예를 들어 약 50 내지 약 75 중량%의 알루미나 및 약 25 내지 약 50 중량%의 바륨 옥시드를 포함하는 혼합물, 또는 약 67 중량%의 알루미나 및 약 33 중량%의 바륨 옥시드의 혼합물을 포함하는 배치 재료로부터 제조될 수 있다. 알루미나 및 칼슘 옥시드를 포함하는 유사한 혼합물, 예를 들어 약 70 내지 약 80 중량%의 알루미나 및 약 20 내지 약 30 중량%의 칼슘 옥시드를 포함하는 혼합물이 또한 유리 배치 재료로서 사용될 수 있다. 추가의 비통상적인 유리 배치 재료는 실리카, 소듐 옥시드, 및 칼슘 옥시드의 혼합물을 포함할 수 있다. 비제한적인 예로서, 유리 배치 재료는 약 45 중량% 이상의 실리카, 및 약 55 중량% 미만의 소듐 및 칼슘 옥시드, 예를 들어 약 49-52 중량%의 실리카, 약 16-21 중량%의 소듐 옥시드, 및 약 28-32 중량%의 칼슘 옥시드를 포함하는 혼합물, 또는 약 50 중량%의 실리카, 약 18-20 중량%의 소듐 옥시드, 및 약 30-32 중량%의 칼슘 옥시드를 포함하는 혼합물을 포함할 수 있다.

[0022] 특정한 비제한적 실시양태에서, 배치 재료는 그 사이의 모든 범위 및 부분-범위를 포함하여, 유리 배치 재료의 총 중량에 대하여, 약 55 중량% 미만, 예를 들어 약 50 중량% 미만, 약 45 중량% 미만, 약 40 중량% 미만, 약 35 중량% 미만, 약 30 중량% 미만, 약 35 중량% 미만, 약 20 중량% 미만, 약 15 중량% 미만, 약 10 중량% 미만, 또는 약 5 중량% 미만의 붕소, 마그네슘, 칼슘, 소듐, 스트론튬, 주석, 및/또는 티타늄의 1종 이상의 옥시드를 포함한다. 비제한적인 예로서, 유리 배치 재료는 그 사이의 모든 범위 및 부분-범위를 포함하여, 55, 50, 45, 40, 35, 30, 25, 20, 15, 10, 또는 5 중량% 미만의 붕소 옥시드를 포함할 수 있다. 별법으로, 유리 배치 재료는 그 사이의 모든 범위 및 부분-범위를 포함하여, 55, 50, 45, 40, 35, 30, 25, 20, 15, 10, 또는 5 중량% 미만의 마그네슘 옥시드를 포함할 수 있다. 다른 실시양태에서, 유리 배치 재료는 그 사이의 모든 범위 및 부분-범위를 포함하여, 55, 50, 45, 40, 35, 30, 25, 20, 15, 10, 또는 5 중량% 미만의 칼슘 옥시드를 포함할 수 있다. 추가 실시양태에 따라서, 유리 배치 재료는 그 사이의 모든 범위 및 부분-범위를 포함하여, 55, 50, 45, 40, 35, 30, 25, 20, 15, 10, 또는 5 중량% 미만의 소듐 옥시드를 포함할 수 있다. 또 다른 추가 실시양태에서, 유리 배치 재료는 그 사이의 모든 범위 및 부분-범위를 포함하여, 55, 50, 45, 40, 35, 30, 25, 20, 15, 10, 또는 5 중량% 미만의 스트론튬 옥시드를 포함할 수 있다. 또 다른 추가 실시양태에서, 유리 배치 재료는 그 사이의 모든 범위 및 부분-범위를 포함하여, 55, 50, 45, 40, 35, 30, 25, 20, 15, 10, 또는 5 중량% 미만의 주석 옥시드를 포함할 수 있다. 다른 실시양태에 따라서, 유리 배치 재료는 그 사이의 모든 범위 및 부분-범위를 포함하여, 55, 50, 45, 40, 35, 30, 25, 20, 15, 10, 또는 5 중량% 미만의 티타늄 옥시드를 포함할 수 있다. 1종 이상의 옥시드의 총량이 약 55 중량% 미만인, 상기에 기재된 옥시드의 다양한 혼합물이 사용될 수 있음을 알아야 한다. 비제한적인 예로서, 소듐 및 칼슘 옥시드의 혼합물이 사용될 수 있거나, 또는 티타늄 및 소듐 옥시드의 배합물이 사용될 수 있거나, 또는 마그네슘, 소듐, 및 칼슘 옥시드의 배합물 등이 사용될 수 있다.

[0023] 실리카 및/또는 알루미나는 유리 배치 재료의 약 45 중량% 이상, 예를 들어 약 50 중량% 이상, 약 55 중량% 이상, 약 60 중량% 이상, 약 65 중량% 이상, 약 70 중량% 이상, 약 75 중량% 이상, 약 80 중량% 이상, 약 85 중량% 이상, 약 90 중량% 이상, 또는 약 95 중량% 이상의 배합량으로 존재할 수 있다. 특정 실시양태에 따라서, 유리 배치 재료는 약 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 또는 95 중량% 이상의 실리카를 포함할 수 있다. 다른 실시양태에서, 유리 배치 재료는 약 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 또는 95 중량% 이상의 알루미나를 포함할 수 있다. 실리카 및 알루미나의 배합량이 약 45 중량%를 초과하는, 상기에 지시된 양의 실리카 및 알루미나의 혼합물이 또한 사용될 수 있음을 알아야 한다.

[0024] 또한, 상승한 용융 온도를 필요로 할 수 있고/거나 상기에 기재된 것과 유사한 다른 가공 어려움을 가질 수 있는 추가 유리 배치 조성물이 본원에 기재된 방법으로 가공되는 유리 배치 재료로서 사용될 수 있는 것으로 고려된다. 예를 들어, 규소 니트라이드, 규소 카바이드, 지르코니아, 및 높은 용융 온도를 갖는 다른 옥시드를 포함하는 유리 배치 조성물이 본원에 기재된 방법에 따른 가공에 적합할 수 있다. 고성능 광학 유리, 예컨대 코

닝 인코포레이티드(Corning Incorporated) 제조의 이글 엑스지(EAGLE XG)®가 또한 본원에 기재된 방법에 따라 가공될 수 있다.

[0025] 유리 배치 재료는 유리 배치 재료를 혼합 및/또는 가공하기 위한 관련 기술분야에 공지된 임의의 방법에 의해 제조될 수 있다. 예를 들어, 배치 재료는 혼합, 밀링, 분쇄, 및/또는 다르게 가공되어, 목적하는 크기 및/또는 형상을 갖는 목적하는 혼합물을 제조할 수 있다. 예를 들어, 유리 배치 재료는 약 1,000 마이크로미터 미만, 예를 들어 약 900, 800, 700, 600, 500, 400, 300, 200, 또는 100 마이크로미터 미만, 및 그 사이의 모든 범위 및 부분-범위의 평균 입자 크기를 가질 수 있다. 다양한 실시양태에서, 유리 배치 재료는 약 5 마이크로미터 내지 약 1,000 마이크로미터, 예컨대 약 50 마이크로미터 내지 약 900 마이크로미터, 약 100 마이크로미터 내지 약 800 마이크로미터, 약 150 마이크로미터 내지 약 700 마이크로미터, 약 200 마이크로미터 내지 약 600 마이크로미터, 또는 약 250 마이크로미터 내지 500 마이크로미터의 범위, 및 그 사이의 모든 범위 및 부분-범위의 평균 입자 크기를 가질 수 있다. 추가 실시양태에서, 유리 배치 재료의 평균 입자 크기는 약 100 마이크로미터 미만, 예컨대 약 50 마이크로미터 미만, 약 25 마이크로미터 미만, 또는 약 10 마이크로미터 미만의 범위일 수 있다.

[0026] *방법*

[0027] 본원에 기재된 다양한 실시양태에 따라서, 유리 배치 재료는 플라즈마와 접촉하게 된다. 본원에 사용된 용어 "접촉하다" 및 "접촉된" 및 이들의 변형어는 유리 배치 재료와 플라즈마의 물리적 및/또는 열적 상호작용을 나타내기 위한 것이다. 예를 들어, 유리 배치 재료는 플라즈마에 물리적으로 도입될 수 있고/거나 유리 배치 재료는 플라즈마와 열적으로 접촉, 예를 들어 열 플라즈마에 발생된 열과 접촉하게 될 수 있다.

[0028] 유리 배치 재료는 배치 공급장치를 사용하여 플라즈마 플룸(plasma plume)에 도입될 수 있다. 예를 들어, 배치 공급장치는 배치 재료를 분배하는 오거(auger) 및/또는 노즐이 설치된 스크류 공급장치를 포함할 수 있다. 특정한 비제한적 예에서, 배치 공급장치는 스크류의 1회 회전 당 약 1 그램 이상의 유리 배치 재료를 분배할 수 있다. 유리 배치 재료는 시프터 캐니스터(sifter canister) 또는 유사한 장치로 분배될 수 있고, 여기서 배치 재료의 임의의 응집체가 파괴된다. 예를 들어, 시프터 캐니스터는 스테인리스 강철 볼(ball)을 함유하는 챔버를 포함할 수 있고, 강철 볼이 배치 재료의 임의의 응집체를 파괴하도록 하는 주파수 (예를 들어, 14.5 kHz)에서 캐니스터가 흔들리고 진동할 수 있다. 배치 재료는, 특정 실시양태에서, 캐니스터의 개구부를 통해 분산액 스트림으로 플라즈마 토치(torch)로 유동할 수 있다. 예를 들어, 배치 재료는 분 당 약 1 그램 이상, 예컨대 약 2 g/분 이상의 속도로 플라즈마 토치로 유동할 수 있다. 특정 실시양태에서, 유동 속도는 약 1 g/분 내지 약 700 g/분의 범위일 수 있거나, 또는 달리 서술하면, 약 1 메트릭톤(metric ton)/일을 초과할 수 있다. 특정 실시양태에서, 시프터 캐니스터는 대기 중 가스의 플라즈마 토치로의 도입을 방지하기 위해 비활성 가스, 예컨대 아르곤으로 채워질 수 있다.

[0029] 유리 배치 재료는, 임의적으로 다양한 실시양태에서 산소, 정화 및 탈습화된 주위 공기, 및 비활성 가스, 예컨대 질소, 아르곤, 헬륨, 및 이들의 혼합물로부터 선택될 수 있는 가스 스트림의 존재하에, 플라즈마 플룸에 도입될 수 있다. 유리 배치 재료는 가스 스트림에 비말동반될 수 있어, 입자가 가스 스트림 내에 자유 부유한다.

[0030] 가스 스트림은 주위 온도일 수 있거나 또는 임의적으로 가열될 수 있다. 가스 스트림의 공급 속도는 그 사이의 모든 범위 및 부분-범위를 포함하여, 예를 들어 약 1 SLPM 내지 약 150 SLPM, 예를 들어 약 10 SLPM 내지 약 100 SLPM, 또는 약 25 내지 약 50 SLPM의 범위일 수 있다. 목적하는 작업 및 결과를 위해 적절한 유동 속도를 선택하는 것은 관련 기술분야의 통상의 기술자 능력 범위 내에 있다.

[0031] 다양한 실시양태에 따라서, 유리 배치 재료는 플라즈마 플룸과 접촉함으로써 급속히 가열되고 용융된다. 플라즈마 플룸은 주어진 길이 및 원형 횡단면를 갖는, 실질적으로 원통형의 또는 거의 원뿔형의 형상을 갖는 것으로 고려될 수 있다. 원형 횡단면은 중심부 또는 코어, 및 다양한 동심원의 고리 또는 외피에 의해 한정된다. 따라서, 플라즈마 플룸의 온도는 횡단면에 따른 구배로서 기술될 수 있으며, 여기서 플라즈마 플룸의 코어는 약 11,000 K 이상의 온도를 가질 수 있고 플라즈마 플룸 스트림의 바깥쪽 외피 또는 바깥쪽 에지(edge)는 약 300 K 이상의 상대적으로 낮은 온도를 가질 수 있다. 예를 들어, 코어는 약 9,000 K 내지 약 11,000 K 범위의 온도를 가질 수 있고, 바깥쪽 외피는 약 300 K 내지 약 1,000 K, 예컨대 약 300 K 내지 약 500 K 범위의 온도를 가질 수 있다. 플라즈마 플룸은 다양한 가열 방법, 예를 들어 유전장 (RF) 이온화 및 직류 (DC) 아크 방법, 및 이들의 조합을 이용하여 발생될 수 있다.

[0032] 유리 배치 재료는, 플라즈마 플룸에 도입시, 임의의 방향으로, 예컨대 실질적으로 수직 방향으로 유동할 수 있

는데, 예를 들어 플라즈마 플룸의 길이를 따라 적하될 수 있거나, 또는 플룸의 길이를 따라 사이클론 패턴으로 유동할 수 있다. 비제한적인 예로서, 가스의 제2 스트림이 플라즈마 플룸의 유동에 대하여 접선 방향으로 플라즈마 용기에 도입될 수 있다. 도입 각도는 장치에 따라 달라질 수 있지만, 일반적으로는 플라즈마의 유동에 대하여, 예를 들어 플라즈마 플룸의 길이를 따르는 유동에 대하여 약 15° 내지 약 90°의 범위일 수 있다. 플룸 내에서의 사이클론 유동은 플라즈마에서의 유리 배치 재료의 체류 시간을 연장할 뿐만 아니라, 보다 낮은 용융 온도가 바람직한 적용 분야에서 유리 배치 재료를 플라즈마 플룸의 보다 저온의 바깥쪽 에지로 유도하는 원심력을 발생시키는 작용을 한다. 유리 배치 재료가 목적하는 수준의 용융을 달성하면, 중력 및/또는 사이클론 작용이, 플라즈마 플룸의 속도와 함께, 입자를 플라즈마 플룸으로부터 수집 챔버로 유도할 수 있다.

[0033] 유리 배치 재료는 배치 재료가 용융 및/또는 반응하는 충분한 체류 시간 동안 플라즈마와 접촉한다. 본원에 사용된 용어 "반응하다" 및 "반응" 및 이들의 변형어는 유기 및 무기 재료의 연소, 물의 증발, 결정화 반응 및 반전, 및 용융 반응을 비제한적으로 포함하는 가열 동안의 유리 배치 재료의 상호작용을 나타내기 위한 것이다. 다양한 실시양태에 따라서, 플라즈마 플룸 내에서의 체류 시간은 약 10초 미만, 예를 들어 약 5초 미만, 약 1초 미만, 약 0.5초 미만, 또는 약 0.1초 미만일 수 있다. 다른 실시양태에서, 유리 배치 재료의 급속 가열은 밀리초 이내에 발생할 수 있고, 예를 들어 시간이 약 0.01 내지 약 0.09초의 범위일 수 있다. 특정한 비제한적 실시양태에서, 플라즈마 플룸은 유리 배치 재료를, 그 사이의 모든 범위 및 부분-범위를 포함하여, 예를 들어 약 300℃ 내지 약 3,000℃, 예컨대 약 500℃ 내지 약 2,500℃, 약 800℃ 내지 약 2,000℃, 또는 약 1,000℃ 내지 약 1,500℃ 범위의 온도로 가열한다.

[0034] 다양한 실시양태에 따라서, 플라즈마 플룸에서의 충분한 체류 시간 후에, 유리 중간체 입자는 수집되고, 임의적으로 추가 가공될 수 있다. 예를 들어, 유리 중간체 입자는 플라즈마 플룸에서 배출될 때 수집 및/또는 냉각될 수 있다. 특정 실시양태에서, 유리 중간체 입자는 수집 챔버에 들어갈 수 있고, 여기서 임의적인 제3의 가스 스트림이 유리 중간체 입자의 유동에 대하여 접선 방향으로 도입될 수 있다. 도입 각도는 장치에 따라 달라질 수 있지만, 일반적으로는 입자의 유동에 대하여 약 15° 내지 약 90°의 범위일 수 있다. 수집 챔버 내에서의 접선 방향 가스 유동은 유리 배치 재료가 플라즈마 플룸에서 배출될 때 유리 배치 재료를 냉각 및/또는 켄칭시키는 작용을 한다. 유리 배치 재료가 목적하는 수준의 냉각을 달성하면, 이들 유리 배치 재료는 수집될 수 있고/거나 임의적으로 추가 냉각 및/또는 켄칭될 수 있다.

[0035] 별법으로, 유리 중간체 입자는, 임의적인 냉각 후에, 용융 탱크에 공급될 수 있고, 여기서 이들 유리 중간체 입자는 임의적으로 추가 가열되어 실질적으로 균질한 유리 용융물을 생성하도록 입자가 서로 배합될 수 있다. 이러한 추가 용융은 중간체 입자의 용융로에의 도입 및 교반하의 또는 교반 부재하의 가열을 비제한적으로 포함하는, 관련 기술분야에 공지된 임의의 방법을 이용하여 수행될 수 있다.

[0036] 이론에 구애됨이 없이, 적어도 특정 실시양태에서, 플라즈마 플룸의 사용은 유리 배치 재료가 균질하게 용융되고 반응 가스가 실질적으로 존재하지 않는 유리 중간체 또는 "예비-용융물" 입자를 형성하도록 이들 유리 배치 재료를 급속히 가열할 것이라고 생각된다. 또한, 유리 배치 재료의 상대적으로 작은 평균 입자 크기와 조합된, 급속 가열은 유리 중간체 입자 내의 임의의 포획 가스가 신속히 표면에 도달하여 예비-용융물 입자에서 배출되도록 하는 것으로 생각된다. 추가로, 급속 가열은 유리 배치 재료가 균질하게 용융되도록 함으로써, 상이한 구성 또는 조성을 갖는 슬러지 또는 초드 층의 형성을 피하거나 감소시킨다. 마지막으로, 플라즈마에서 배출될 때 유리 중간체 입자가 급속 냉각되는 능력이 냉각시 결정화되는 경향이 있는 비통상적인 유리 재료의 경우에 유익할 수 있고, 특수 켄칭 단계에 대한 필요성을 감소시키거나 제거할 수 있다.

[0037] *장치*

[0038] 본 개시내용에 따른 방법을 수행하기 위해 작동가능한 예시 시스템이 도면에 도해되어 있다. 이 실시양태에서, 유리 전구체 입자(105)는 배치 공급장치 및/또는 혼합장치(110)에 도입되고, 여기서 이들 유리 전구체 입자가 혼합되고, 임의의 응집체가 파괴되는 배치 시프터(120)에 공급된다. 유리 배치 재료(115) (이의 유동은 또한 * 기호로 도해됨)는 그 후에 플라즈마 격납 용기(130)에 도입된다. 유리 배치 재료(115)는, 이것 또한 플라즈마 격납 용기(130)에 도입되는 플라즈마 가스(125)에 비말동반될 수 있다. 특정 실시양태에서, 플라즈마 격납 용기(130)는 플라즈마 플룸(135)을 포함하는 내부 영역, 및 내부 영역의 벽을 냉각시키기 위한 목적으로 보호 가스(145)를 포함할 수 있는 외부 영역을 포함할 수 있다. RF 코일(140)은 플라즈마 격납 용기(130) 주변에 배치되고, RF 플라즈마 매치워크(matchwork)(150)에 의해 RF 플라즈마 발생기(160)에 부착된다. RF 플라즈마 발생기(160)는 플라즈마 가스(125)를 플라즈마 플룸(135)으로 변환시키는 작용을 한다. 유리 배치 재료(115)는 플라즈마 플룸(135)의 중심부에서 플라즈마 격납 용기(130)에 도입되고, 여기서 이들 유리 배치 재료가 가열되어

유리 중간체 입자(185)를 형성한다. 중간체 입자(185)는 그 후에 수집 용기(170)에 수집된다. 가스(175)의 접선 방향 유동이 중간체 입자(185)를 냉각시키고/거나 수집 용기(170) 내에서의 사이클론 유동을 유도하는데 사용될 수 있다. 수집 후에, 유리 중간체 입자(185)는 추가의 임의적인 가공 단계에 적용될 수 있다.

[0039] 본원에 기재된 장치는, 다양한 실시양태에서, RF 유도 결합형 플라즈마 (ICP)에 의해 발생된 플라즈마 플룸을 이용할 수 있다. 다른 실시양태에서, 플라즈마 플룸은 "혼합식 플라즈마"라고도 하는, RF ICP 및 DC 비-이송식 아크 플라즈마의 조합에 의해 발생될 수 있다. RF 유도는 전형적으로 큰 부피의 플라즈마를 제공하지만, 플라즈마가 강력한 난류일 수 있다. 반면에, DC 아크 플라즈마는 실질적으로 원통형/원뿔형의 형상을 가지면서 보다 안정적인 경향이 있지만, 상대적으로 적은 부피를 갖는다. 이론에 구애됨이 없이, DC 아크 플라즈마가 RF 플라즈마를 안정화시키고, 큰 부피의 플라즈마를 여전히 유지함과 동시에, 실질적으로 원통형 원뿔 형상의 플룸을 제공하는 작용을 할 수 있는 것으로 생각된다.

[0040] RF 유도 코일은 플라즈마 격납 용기 주변에 배치되고, 임피던스 매칭을 위한 RF 매치워크 및 RF 발생기에 연결된다. RF 발생기는 약 400 kHz 내지 약 5.8 GHz 범위의 주파수에서 출력을 발생시킬 수 있다. 예를 들어, RF 주파수는 6.78 MHz, 13.56 MHz, 27.12 MHz, 및 40.68 MHz를 포함하고, 마이크로파 주파수는 2.441 GHz 및 5.800 GHz를 포함한다. kHz 범위의 보다 저 주파수의 경우에는, 고 주파수 (> 1 MHz) 여기가 먼저 사용된 다음, 플라즈마를 유지하고 작동시키기 위해 저 주파수가 사용될 수 있다. RF 발생기의 출력 수준은 작동 비용 및 처리율 요건에 따라, 약 10 kW 내지 약 1 MW의 범위일 수 있다. 예를 들어, 출력 수준은 그 사이의 모든 범위 및 부분-범위를 포함하여, 약 50 kW 내지 약 500 kW, 또는 약 100 kW 내지 약 300 kW의 범위일 수 있다.

[0041] 플라즈마 격납 용기는 유리하게는 내부식성 재료, 예컨대 높은 유전 강도를 갖는 고온 세라믹 재료로 구성된다. 격납 용기는, 특정 실시양태에서, 동심원의 내부 및 외부 챔버를 포함할 수 있다. 내부 챔버의 주위에서, 외부 챔버는 내부 챔버의 벽을 냉각시키는데 사용될 수 있는 보호 가스 제트의 환대를 포함할 수 있다. 보호 가스 제트는 또한 플라즈마 온도를 상승시키는 추가 플라즈마 가스 요소, 예컨대 헬륨, 아르곤, 산소, 또는 질소를 제공할 수 있다.

[0042] 다른 실시양태에서, 체류 시간을 연장시키기 위해, 추가 유도 코일이 사용되어 플라즈마의 길이를 연장시킬 수 있다. 이러한 경우에, 추가 코일은 유도 가열 발생기에 연결된 플라즈마 격납 용기의 주변을 둘러싸고 있을 수 있다. 발생기는 보다 저 주파수, 예컨대 1 MHz 미만, 예를 들어 450 kHz, 및 약 10 kW 내지 약 100 kW 범위의 정격 출력에서 작동할 수 있다. 플라즈마 플룸의 길이를 따라 하강하는 사이클론 유동을 유지하기 위해, 제2 가스를 위한 추가 접선 방향 유입구가 플라즈마 전달 용기에 포함될 수 있다.

[0043] 플라즈마 격납 용기는 임의의 형상 또는 치수를 가질 수 있고, 특정한 경우에는 관형의 형상을 가질 수 있다. 플라즈마 전달 용기는 유리하게는 내구성 재료, 예컨대 316 스테인리스 강철 또는 규소 니트라이드 S_3N_4로 구성될 수 있다. 수냉식 재킷이 플라즈마 격납 용기의 바깥쪽 주변에 배치될 수 있고, 이것은 보다 낮은 온도에서 플라즈마 플룸의 바깥쪽 에지와 용기 사이의 경계 영역을 유지하는 작용을 할 수 있다. 격납 용기에는 또한 유리 배치 재료를 플라즈마 플룸에 도입하는데 사용될 수 있는 안내관이 장착될 수 있다. 예를 들어, 안내관은 내구성, 내열성 재료, 예컨대 백금 및 로듐, 예컨대 백금 및 로듐의 80/20 혼합물, 또는 규소 니트라이드 S_3N_4로 구성될 수 있다.

[0044] 플라즈마 격납 용기 주변에 배치된 RF 코일은, 특정 실시양태에서, 은으로 임의적으로 도금된 구리로 구성될 수 있다. 유도 코일은, 다양한 실시양태에서, 용기의 주변을 약 3회 이상, 예를 들어 약 4회 이상 둘러싸고 있을 수 있다. 냉각수가 코일을 통해 유동하여, 코일이 격납 용기로부터 흡수할 수 있는 열의 양을 감소시킬 수 있다. 코일에 흐르는 RF 전류는 코일의 회전에 대하여 수직 방향의 자기장을 발생시키고, 자기장선은 플라즈마 격납 관의 내부로 집중된다. 이러한 자기장은 급속히 반전되고 붕괴되어, 연속적인 원형 경로 또는 단락 회로를 흐르는 전류를 발생시킨다. 예를 들어, 자기장은 대략 74 나노초 마다 (13.56 MHz의 주파수에 상응함), 약 37 나노초 마다 (27.12 MHz의 주파수에 상응함), 약 25 나노초 마다 (40.68 MHz의 주파수에 상응함), 또는 약 17 나노초 마다 (약 60 MHz의 주파수에 상응함) 등의 주기로 붕괴될 수 있다. 전류 흐름은 플라즈마 격납 관 내부의 가스를 플라즈마로 과열한다.

[0045] 플라즈마는 관련 기술분야에 공지된 임의의 수단에 따라 점화될 수 있다. 예를 들어, 전극이 공압 슬라이드를 통해 수집 용기로 들어가고 스파크 코일로부터 높은 전압 (예를 들어, 약 100 kV)으로 충전될 수 있다. 높은 전압은 플라즈마 수집 용기로 상향으로 전도되는 코로나를 발생시킬 수 있다. 스파크로부터의 열이 이어서 플라즈마의 점화에 사용될 수 있다. 플라즈마 플룸은 임의의 방향성 배향을 가질 수 있지만, 특정 실시양태에서

는, 도면에 도해된 바와 같이 수직형의 플라즈마 플룸일 수 있다. 플라즈마의 코어는 약 11,000 K까지 도달할 수 있고, 반면에 플라즈마의 바깥쪽 에지는 300 K 정도로 낮을 수 있다. 플라즈마 플룸은 대기압일 수 있고, 이러한 경우에 대기압 열 플라즈마 제트로서 특징화될 수 있다.

[0046] 유리 배치 재료는 이것을 플라즈마 가스와 배합함으로써 유동화될 수 있고, 예를 들어 입자가 제1 가스에 비말동반된다. 이러한 스트림은 그 후에 플라즈마 격납 용기에 공급될 수 있고, 여기서 제1 가스가 플라즈마로 변환되고 유리 배치 재료는 플라즈마 플룸의 중심부로 전달된다.

[0047] 특정한 비제한적 실시양태에서, 제2 가스가 플라즈마 플룸에 대하여 접선 방향으로, 상대적으로 빠른 속도로, 플라즈마 격납 용기에 주입될 수 있고, 이것은 플라즈마의 주변에서 사이클론 유동을 발생시킨다. 플라즈마 및 유리 입자는 사이클론 패턴으로 회전한다. 제2 가스의 유동 속도에 정비례할 수 있는 원심력 때문에, 입자는 온도가 상대적으로 낮은, 플라즈마 플룸의 바깥쪽 에지로 밀려나갈 수 있다. 제2 가스의 유동 속도는 목적하는 처리율에 따라 달라질 수 있으며, 특정 실시양태에서는, 그 사이의 모든 범위 및 부분-범위를 포함하여, 약 10 SLPM 내지 약 200 SLPM, 예를 들어 약 30 SLPM 내지 약 150 SLPM, 또는 약 50 내지 약 100 SLPM의 범위일 수 있다.

[0048] 사이클론 작용 때문에, 유리 배치 재료는 입자가 잠재적으로 기화될 수 있는 보다 높은 온도의 코어에서의 또는 그 근처에서의 장기 체류 시간을 피할 수 있다. 추가로, 사이클론은 유리 중간체 입자를 플룸으로부터 수집 용기, 예컨대 밀폐 밀봉 수집 챔버로 유도할 수 있다. 예를 들어, 미세한 메시(mesh)가 입자를 수집하는데 사용될 수 있다. 입자는 수집 기간 동안에 메시 상에 축적될 수 있고, 그 후에 메시가 흔들리고/거나 비활성 가스가 분사되어 입자가 수집 용기로 이동한다. 수집 챔버에서의 임의의 가스는 임의적으로 분리되고, 여과되며, 또한 공정의 처음으로 다시 복귀할 수 있다.

[0049] 별법으로, 유리 중간체 입자는 수집 용기로 유동해 들어갈 수 있고, 특정 실시양태에서, 제3 가스의 접선 방향 유동과 접촉할 수 있다. 수집 용기에서의 접선 방향 유동은 사이클론 유동 패턴을 유도하는 작용을 할 수 있고, 이는 유리 중간체 입자가 용기에서 이동하여 멈추기 전까지 이들 유리 중간체 입자의 냉각을 촉진할 수 있다. 제3 가스의 유동 속도는 목적하는 냉각 속도에 따라 달라질 수 있으며, 특정 실시양태에서는, 그 사이의 모든 범위 및 부분-범위를 포함하여, 약 10 SLPM 내지 약 100 SLPM, 예를 들어 약 15 SLPM 내지 약 50 SLPM, 또는 약 20 내지 약 30 SLPM의 범위일 수 있다.

[0050] 본원에 기재된 장치는 고밀도로 함유된 조건하에 작동될 수 있고, 이는 고 순도의 제품을 제공할 수 있다. 또한, 플라즈마를 사용함으로써 달성되는 신속한 열 전달이 용융을 위한 체류 시간을 현저히 단축시킴으로써, 처리율을 증가시킬 수 있다. 전통적인 방법을 이용하는 유리 용융물의 교반에 필요한 시간을 제거하거나 또는 현저히 단축시키는 능력은 또한 심지어 시간 및 비용 절감을 제공한다. 게다가, 플라즈마 기술은 상대적으로 저비용으로 작용하며 기계적 결함이 잘 발생하지 않으므로, 휴지 시간 및 작동 비용이 감소한다. 추가로, 플라즈마 기술은 전통적으로 보다 느린 배치 공정과 달리, 유리 재료의 용융을 위한 연속 공정을 제공한다. 마지막으로, 선행 기술의 방법이 발생 후의 결함 (예를 들어, 기포, 초드, 및/또는 맥리)을 해결하는 데에 목표를 두었던 반면에, 본원에 기재된 방법은 이러한 결함의 형성을 방지하거나 또는 실질적으로 제한함으로써, 결함을 제거하기 위한 용융-후속 작업에 대한 필요성을 제거하거나 또는 감소시킨다.

[0051] *유리 중간체 입자*

[0052] 본원에 기재된 방법 및 장치는 유리 배치 재료를 용융시켜 플라즈마에 도입된 원래의 입자와 유사한 질량을 갖는 용융 구체를 형성하는 수단을 제공한다. 입자는 그의 화학 조성 측면에서 실질적으로 균질하고, 실질적으로 회전타원체의 형상을 가지며, 실질적으로 활면(smooth)인 표면을 가질 수 있다. 따라서, 유리 중간체 입자는 그의 톱니형 에지 때문에 원래의 유리 배치 입자에서 종종 관찰되는 군집 및 가교의 감소를 나타낼 수 있다.

[0053] 본원에 사용된 용어 "유리 중간체 입자" 및 "유리 예비-용융물 입자" 및 이들의 변형어는 실질적으로 균질한 입자를 형성하도록 유리 배치 재료 요소를 반응 및/또는 용융시키기에 충분한 온도로 가열된, 실질적으로 독립적인 또는 별개의 입자를 나타내기 위한 것이다. "유리 용융물"은 개별 유리 중간체 입자를 배합하고, 임의적으로 입자를 균질한 용융물로 배합하기 위해 추가 가열 및/또는 혼합함으로써 후속적으로 형성될 수 있다.

[0054] 본원에 사용된 용어 "균질한" 및 "실질적으로 균질한" 및 이들의 변형어는 유리 중간체 입자가 대략적으로 그의 직경에 상응하는 길이 규모에 걸쳐서 화학적 균질성을 보임을 나타내기 위한 것이다. 예를 들어, 50 마이크로미터의 평균 입자 크기를 갖는 예시 유리 중간체 입자의 경우에, 입자는 대략 50 마이크로미터에 상응하는 길이 규모에 걸쳐서 실질적으로 균질하다. 마찬가지로, 약 5 내지 약 1,000 마이크로미터 범위의 평균 입자 크기를

갖는 유리 중간체 입자는 약 5 내지 약 1,000 마이크로미터 범위의 길이 규모에 걸쳐서 균질할 수 있다. 예를 들어, 유리 중간체 입자는 약 50 마이크로미터 내지 약 900 마이크로미터, 약 100 마이크로미터 내지 약 800 마이크로미터, 약 150 마이크로미터 내지 약 700 마이크로미터, 약 200 마이크로미터 내지 약 600 마이크로미터, 또는 약 250 마이크로미터 내지 500 마이크로미터의 범위, 및 그 사이의 모든 범위 및 부분-범위의 길이 규모에 걸쳐서 균질할 수 있다.

[0055] 본원에 사용된 용어 "회전타원체" 및 "실질적으로 회전타원체의" 및 이들의 변형어는 실질적으로 구형, 타원형, 또는 구상형인 형상을 나타내기 위한 것이지만, 입자의 형상이 완벽한 회전타원체가 될 수 없도록 만드는 부수적인 불완전부를 유리 중간체 입자가 가질 수 있음이 이해된다. 또한, 각각의 중간체 입자는 형상 또는 크기가 다음 입자와 다를 수 있음이 이해된다.

[0056] 본원에 사용된 용어 "활면" 및 "실질적으로 활면인" 및 이들의 변형어는 돌출부 또는 함몰부, 예컨대 톱니형 에지, 첨점부, 및/또는 괴상체가 실질적으로 존재하지 않는, 실질적으로 평평한 또는 규칙적인 표면을 나타내기 위한 것이다. 원래의 유리 배치 재료는 군집 및/또는 가교를 초래하는 톱니형 에지 및/또는 표면 변칙성을 가질 수 있는 반면에, 유리 중간체 입자는 입자의 군집을 방지하거나 또는 감소시킬 수 있는, 실질적으로 활면인 표면을 갖는다.

[0057] 유리 중간체 입자의 화학 구성이 유리 배치 재료의 화학 구성과 동일하거나 또는 실질적으로 유사할 것이고, 예를 들어 동일한 비율의 요소를 가질 것임을 알 것이다. 따라서, 유리 중간체 입자가 배치 재료의 구성과 관련하여 상기에 기재된 조성을 갖는다는 것이 본 개시내용의 범주 내에 포함된다.

[0058] 또한, 다양한 기재된 실시양태가 그 특정 실시양태와 관련하여 기재된 특별한 특징, 요소 또는 단계를 포함할 수 있음을 알 것이다. 추가로, 특별한 특징, 요소 또는 단계가, 하나의 특정 실시양태와 관련하여 기재되었더라도, 다양한 비-예시 조합 또는 순열로 대안의 실시양태와 상호교환 또는 조합될 수 있음을 알 것이다.

[0059] 본원에 사용된 용어 "그", "하나의" 또는 "한"은 "하나 이상"을 의미하며, 그 반대로 명백하게 지시하지 않는 한, "단지 하나"로 제한되어서는 안됨을 알아야 한다. 따라서, 예를 들어, "가스"를 언급하는 것은 문맥에서 분명하게 달리 지시하지 않는 한, 2종 이상의 이러한 "가스"를 갖는 예를 포함한다.

[0060] 본원에서 범위는 "약" 하나의 특정 값부터, 또한/또는 "약" 또 다른 특정 값까지로 표시될 수 있다. 이러한 범위가 표시되는 경우에, 그의 예는 하나의 특정 값부터 또한/또는 다른 특정 값까지를 포함한다. 마찬가지로, 선행어 "약"의 사용에 의해 값이 근사값으로 표시되는 경우에는, 특정 값이 또 다른 측면을 구성함이 이해될 것이다. 또한, 각 범위의 종점은 다른 종점과 관련하여, 또한 다른 종점과는 무관하게 중요함이 이해될 것이다.

[0061] 본원에서 다양한 범위는 "약 하나 이상의 특정 값 초과" 또는 "약 하나 이상의 특정 값 미만" 및 "그 사이의 모든 범위 및 부분-범위"로 표시된다. 이러한 범위가 표시되는 경우에, 그의 예는 임의의 하나의 특정 값 내지 임의의 다른 특정 값을 포함한다. 예를 들어, 약 45 중량% 초과, 예컨대 약 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 또는 90 중량% 초과의 알루미나를 포함하는 유리 배치 재료는 약 45 중량% 내지 약 90 중량%, 약 65 중량% 내지 약 80 중량%, 및 각각의 기재된 값 사이의 모든 다른 가능한 범위의 알루미나를 포함한다. 마찬가지로, 약 55 중량% 미만, 예컨대 약 50, 45, 40, 35, 30, 25, 20, 15, 또는 10 중량% 미만의 1종 이상의 옥시드를 포함하는 유리 배치 재료는 약 10 중량% 내지 약 55 중량%, 약 15 중량% 내지 약 40 중량%, 및 각각의 기재된 값 사이의 모든 다른 가능한 범위의 옥시드를 포함한다.

[0062] 본원에 표시된 모든 수치 값은 그렇게 명시되었든 또는 명시되지 않았든, 분명하게 달리 지시하지 않는 한, "약"을 포함하는 것으로 해석되어야 한다. 그러나, 인용된 각각의 수치 값이 "약"으로 수식된 그 값으로서 표시되었는지에 상관없이, 정확하게 그 값으로 고려되기도 함이 또한 이해된다. 따라서, "25℃ 초과의 온도" 및 "약 25℃ 초과의 온도"는 둘다 "약 25℃ 초과의 온도" 뿐만 아니라, "25℃ 초과의 온도"의 실시양태를 포함한다.

[0063] 분명하게 달리 명시하지 않는 한, 본원에 상술된 임의의 방법은 그의 단계가 특정 순서로 수행될 필요가 있는 것으로 해석하려는 의도가 아니다. 따라서, 방법 청구항이 그의 단계가 이어지는 순서를 실제로 인용하지 않았거나 또는 청구범위 또는 상세한 설명에서 단계가 특정 순서로 제한되어야 한다고 달리 구체적으로 명시하지 않은 경우에는, 임의의 특정 순서를 암시하려는 의도가 아니다.

[0064] 특정 실시양태의 다양한 특징, 요소 또는 단계가 "포함하는"이라는 연결구를 사용하여 기재될 수 있지만, "이루어진" 또는 "본질적으로 이루어진"이라는 연결구를 사용하여 기재될 수 있는 것을 포함하는 대안의 실시양태를 내포함을 알아야 한다. 따라서, 예를 들어, 특정 요소를 포함하는 유리 배치 재료와 관련하여 내포된 대안의

실시양태는 유리 배치 재료가 그러한 요소로 이루어진 실시양태, 및 유리 배치 재료가 본질적으로 그러한 요소로 이루어진 실시양태를 포함한다.

[0065] 본 발명의 취지 및 범주로부터 벗어나지 않으면서, 본 발명에 대한 다양한 수정 및 변화가 있을 수 있음이 관련 기술분야의 통상의 기술자에게 자명할 것이다. 본 발명의 취지 및 본질을 포함하는 기재된 실시양태의 수정 조합, 재조합, 및 변화가 관련 기술분야의 통상의 기술자에게 있을 수 있으므로, 본 발명은 첨부된 청구범위 및 그의 등가물의 범주 내에 있는 모든 것을 포함하는 것으로 해석되어야 한다.

도면

도면1

