



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2014-0057305
 (43) 공개일자 2014년05월12일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C30B 15/14 (2006.01) *C30B 15/10* (2006.01)
C30B 29/06 (2006.01) *C30B 11/00* (2006.01)
- (21) 출원번호 10-2014-7005409
- (22) 출원일자(국제) 2012년07월17일
 심사청구일자 없음
- (85) 번역문제출일자 2014년02월28일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2012/047061
- (87) 국제공개번호 WO 2013/019401
 국제공개일자 2013년02월07일
- (30) 우선권주장
 61/514,019 2011년08월01일 미국(US)

- (71) 출원인
지티에이티 코퍼레이션
 미국 뉴햄프셔 03054 메리맥 테니얼 웹스터 하이웨이 243
- (72) 발명자
차티어, 칼
 미국 뉴햄프셔 03104 맨체스터 메이플허스트 예비뉴 152
- (74) 대리인
한라특허법인

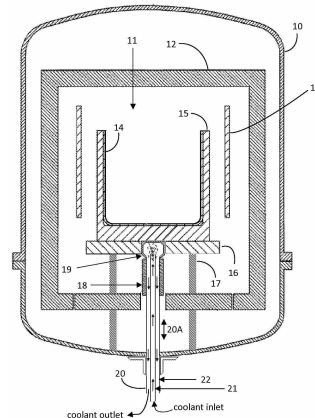
전체 청구항 수 : 총 38 항

(54) 발명의 명칭 **액체냉각식 열교환기**

(57) 요약

적어도 공급원료를 함유하는 도가니 및 결정성 잉곳의 성장을 증진시키기 위해서 상기 도가니로부터 열을 추출하도록 상기 도가니 아래에서 수직하게 이동가능한 액체냉각식 열교환기를 포함하는 결정성장로가 개시되어 있다. 액체냉각식 열교환기는 높은 열전도도를 갖는 열추출 벌브를 포함하며, 상기 열추출 벌브는 액체 냉각제를 사용하여 상기 도가니로부터 열을 추출하도록 상기 도가니와 열적으로 소통하게 수직으로 이동할 수 있다. 밀봉된 관형상 외부 재킷에 둘러싸인 액체냉각식 열교환기, 및 수직하게 이동가능한 액체냉각식 열교환기를 사용하여 결정성 잉곳을 제조하기 위한 방법이 또한 개시되어 있다.

대표도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

결정성 잉곳을 성장시키기 위한 결정성장장로서,
적어도 공급원료를 함유하는 도가니; 및

상기 도가니 아래에서 수직하게 이동가능한 액체냉각식 열교환기 - 상기 액체냉각식 열교환기는, 약 200 W/(m²·K)보다 큰 열전도도값을 갖는 재료로 제조된 열추출 벌브; 및 액체 냉각제 유입튜브와 액체 냉각제 배출튜브를, 상기 액체 냉각제 유입튜브, 상기 액체 냉각제 배출튜브 또는 이들 모두는 그들을 통해서 액체 냉각제를 순환시키기 위하여 상기 열추출 벌브에 부착되는 액체 냉각제 유입튜브와 액체 냉각제 배출튜브를 구비함 -;를 포함하는 결정성장로.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 액체 냉각제가 물로 이루어진 결정성장로.

청구항 3

제 1 항에 있어서, 상기 재료는 공급원료의 용점보다 낮은 용점을 갖는 결정성장로.

청구항 4

제 3 항에 있어서, 상기 공급원료의 용점과 상기 재료의 용점은 기껏해야 약 455℃의 차이를 나타내는 결정성장로.

청구항 5

제 3 항에 있어서, 상기 공급원료의 용점과 상기 재료의 용점은 기껏해야 약 330℃의 차이를 나타내는 결정성장로.

청구항 6

제 1 항에 있어서, 상기 재료는 구리, 은 또는 금으로 이루어지는 결정성장로.

청구항 7

제 1 항에 있어서, 상기 열추출 벌브는 상기 액체 냉각제 유입튜브로부터 액체 냉각제를 수용하고 상기 액체 냉각제 배출튜브를 통해서 액체 냉각제를 배출하도록 내부 공동을 갖는 결정성장로.

청구항 8

제 7 항에 있어서, 상기 내부 공동은 둥글납작한 형상인 결정성장로.

청구항 9

제 1 항에 있어서, 상기 액체 냉각제 유입튜브와 상기 액체 냉각제 배출튜브는 동축인 결정성장로.

청구항 10

제 9 항에 있어서, 상기 액체 냉각제 유입튜브는 상기 액체 냉각제 배출튜브 내부에 위치하는 결정성장로.

청구항 11

제 9 항에 있어서, 상기 액체 냉각제 배출튜브는 상기 액체 냉각제 유입튜브 내부에 위치하는 결정성장로.

청구항 12

제 1 항에 있어서, 상기 액체 냉각제 유입튜브와 상기 액체 냉각제 배출튜브는 로 내에서 단일 외장재(sheath)

에 둘러싸이는 결정성장로.

청구항 13

제 12 항에 있어서, 상기 단열 외장재는 흑연이나 알루미늄으로 제조되는 결정성장로.

청구항 14

제 1 항에 있어서, 상기 액체냉각식 열교환기는 상기 도가니와 열접촉하도록 수직하게 이동할 수 있는 결정성장로.

청구항 15

제 1 항에 있어서, 상기 도가니는 도가니 지지부 위에 위치하고, 상기 액체냉각식 열교환기는 상기 도가니 지지부와 열접촉하도록 수직하게 이동할 수 있는 결정성장로.

청구항 16

제 15 항에 있어서, 상기 도가니 지지부는 상기 열추출 밸브를 수용하는 크기와 형상을 가지며, 상기 열추출 밸브는 상기 개구부내로 수직하게 이동할 수 있는 결정성장로.

청구항 17

제 1 항에 있어서, 상기 도가니는 도가니 지지부 위에 있는 도가니 박스 내에 위치하고, 상기 액체냉각식 열교환기는 상기 도가니 지지부와 열접촉하도록 수직하게 이동할 수 있는 결정성장로.

청구항 18

제 17 항에 있어서, 상기 도가니 지지부는 상기 열추출 밸브를 수용하는 크기와 형상의 개구부를 포함하며, 상기 열추출 밸브는 상기 개구부내로 수직하게 이동할 수 있는 결정성장로.

청구항 19

제 1 항에 있어서, 상기 액체냉각식 열교환기는 밀봉된 관형상 외부 재킷인 결정성장로.

청구항 20

제 19 항에 있어서, 상기 액체냉각식 열교환기는 상기 도가니와 열교환하는 상기 밀봉된 관형상 외부 재킷 내에서 수직하게 이동가능한 결정성장로.

청구항 21

제 19 항에 있어서, 상기 도가니는 도가니 지지부 위에 위치하고, 상기 액체냉각식 열교환기는 상기 도가니 지지부와 열교환하는 상기 밀봉된 관형상 외부 재킷 내에서 수직하게 이동가능한 결정성장로.

청구항 22

제 21 항에 있어서, 상기 도가니 지지부는 상기 밀봉된 관형상 외부 재킷을수용하는 크기와 형상의 개구부를 포함하는 결정성장로.

청구항 23

제 19 항에 있어서, 상기 도가니는 도가니 지지부 위에 있는 도가니 박스 내에 위치하고, 상기 액체냉각식 열교환기는 상기 도가니 지지부와 열교환하는 상기 밀봉된 관형상 외부 재킷 내에서 수직하게 이동가능한 결정성장로.

청구항 24

제 23 항에 있어서, 상기 도가니 지지부는 상기 밀봉된 관형상 외부 재킷을수용하는 크기와 형상의 개구부를 포함하는 결정성장로.

청구항 25

제 19 항에 있어서, 상기 밀봉된 관형상 외부 재킷은 폴리브덴이나 흑연을 함유하는 결정성장로.

청구항 26

제 19 항에 있어서, 상기 밀봉된 관형상 외부 재킷은 진공 유입포트, 불활성 가스 주입포트 및 상기 결정성장로 외부의 과압 릴리스밸브를 포함하는 결정성장로.

청구항 27

제 19 항에 있어서, 상기 밀봉된 관형상 외부 재킷은 불활성 가스를 더 함유하는 결정성장로.

청구항 28

제 19 항에 있어서, 상기 밀봉된 관형상 외부 재킷은 정적인 결정성장로.

청구항 29

제 19 항에 있어서, 상기 밀봉된 관형상 외부 재킷은 수직하게 이동가능한 결정성장로.

청구항 30

제 19 항에 있어서, 상기 밀봉된 관형상 외부 재킷은 도가니 지지 샤프트인 결정성장로.

청구항 31

제 1 항에 있어서, 상기 공급원료는 다결정 실리콘을 함유하는 결정성장로.

청구항 32

제 1 항에 있어서, 상기 결정성 잉곳은 실리콘인 결정성장로.

청구항 33

액체냉각식 열교환기로서,

200 W/(m²k)보다 큰 열전도도를 갖는 재료로 제조된 열추출 밸브, 액체 냉각제 유입튜브 및 액체 냉각제 배출튜브를 포함하며, 상기 액체 냉각제 유입튜브, 상기 액체 냉각제 배출튜브 또는 이들 모두는 액체 냉각제의 순환을 위해서 상기 열추출 밸브에 부착되고, 상기 액체냉각식 열교환기는 수직하게 이동할 수 있는, 액체냉각식 열교환기.

청구항 34

제 33 항에 있어서, 상기 액체냉각식 열교환기는 밀봉된 관형상 외부 재킷 내에 있는, 액체냉각식 열교환기.

청구항 35

결정성장로에서 결정성 잉곳을 제조하기 위한 방법으로서,

적어도 공급원료를 갖는 도가니를 상기 결정성장로 내에 위치시키는 단계;

상기 도가니 아래에서 수직하게 이동할 수 있는 액체냉각식 열교환기를 통해서 액체 냉각제를 순환시키는 단계 - 상기 액체냉각식 열교환기는 200 W/(m²k)보다 큰 열전도도를 갖는 재료로 제조된 열추출 밸브, 액체 냉각제 유입튜브 및 액체 냉각제 배출튜브를 포함하며, 상기 액체 냉각제 유입튜브, 상기 액체 냉각제 배출튜브 또는 이들 모두는 액체 냉각제의 순환을 위해서 상기 열추출 밸브에 부착됨 -;

상기 도가니에서 적어도 공급원료를 가열 및 용융시키는 단계; 그리고

상기 결정성 잉곳의 성장을 증진시키기 위해서 상기 도가니와 열교환하도록 상기 액체냉각식 열교환기를 수직하게 이동시키는 단계;를 포함하는 방법.

청구항 36

제 35 항에 있어서, 상기 액체냉각식 열교환기를 수직하게 이동시키는 단계는, 상기 적어도 공급원료의 용융을 모니터링하여 얻어지는 피드백에 의해서 제어되는 방법.

청구항 37

제 35 항에 있어서, 상기 액체냉각식 열교환기는 밀봉된 관형상 외부 재킷내에 밀봉되고, 상기 방법은 상기 밀봉된 관형상 외부 재킷을 진공 배기시키는 단계, 및 상기 도가니에서 상기 적어도 공급원료를 가열 및 용융시키는 단계 이전에 불활성 가스로 재충진(backfilling)되는 방법.

청구항 38

제 35 항에 있어서, 상기 불활성 가스는 적어도 약 5~15psig로 재충진되는 방법.

명세서

기술분야

[0001] 관련출원에 대한 상호참조

[0002] 본 출원은 2011년 8월 1일자로 출원된 미합중국 임시출원 제61/514,019호의 우선권을 주장한다.

[0003] 본 발명은 도가니 아래에서 수직하게 움직일 수 있는 액체냉각식 열교환기를 포함하는 결정성장조에 관한 것이다.

배경기술

[0004] 결정성장조들은 용융된 공급원료로부터 결정성 물질을 제조하는데 사용된다. 공급원료는 먼저 도가니에서 용융되어 결정성 물질, 예를 들면 결정성 잉곳으로 재응고된다. 용융된 공급원료로부터 결정성 잉곳을 제조하기 위하여 여러 방법들이 사용된다. 예를 들면, 초크랄스키법(CZ), 방향성 응고(DSS) 및 열교환법(HEM) 로들이 결정성 실리콘 잉곳을 제조하기 위해서 실리콘 공급원료 물질을 용융시키도록 사용될 수 있다. 그런데, 용융된 공급원료는 그들과는 다른 잉곳으로 재응고된다. CZ법에 있어서, 실리콘 잉곳들은 위에 매달린 실리콘 시드를 용융물 내로 먼저 침지하고 다음에는 부분적으로 용융된 시드를 천천히 용융물 외부 상방향으로 "인발(pulling)"하고 그 후 실리콘이 냉각되기 시작하여 불(boule)로서 알려진 실리콘 잉곳을 형성하도록 "탑-다운(top-down)" 방식으로 고화됨으로써 용융 공급원료로부터 제조된다. 형성된 잉곳은 사실상 단결정이며, 반도체 및 광전자분야에 매우 적합하다. 그런데, CZ법에 의해서 제조된 비교적 작은 크기의 실리콘 잉곳은 제조비용을 고려해볼 때 광전자산업용으로 실리콘 웨이퍼들을 제조하기 위해서 필요한 다량 및 큰 사이즈의 잉곳을 제조하기에는 실제적이지 못하다.

[0005] CZ와는 달리, DSS와 HEM 방법에서는 용융된 공급원료를 공급원료가 용융되는 동일한 도가니에서 도가니의 바닥으로부터 "상방향"으로 결정성 잉곳으로 재응고시킨다. 이 방법들은 CZ보다 큰 사이즈의 잉곳들을 제조하는데 사용될 것이다. 몇몇 종류의 결정성 잉곳들은 DSS 및 HEM법에 의해서 예를 들어 실리콘 및 사파이어 잉곳으로 제조될 수 있다. 그러나, 용융된 공급원료는 DSS 및 HEM법에서 그들 로의 구성으로 인하여 재응고된다. 통상적으로 DSS장치에 있어서, 공급원료를 함유하는 정사각형 도가니가 가열되고, 공급원료는 완전히 녹게되며, 용융된 공급원료로부터 나오는 열은 도가니의 전체바닥으로부터 수냉식 로 챔버 벽 아래로 방사되도록 허용된다. 아래로부터 도가니를 냉각하는 이 방법은, 잉곳을 형성하도록 "바닥-용기" 응고를 증진하는 도가니에서의 온도구배를 만들어낸다.

[0006] DSS법과는 달리, HEM법은 보다 집중된 방식으로 용융 물질로부터 열을 추출하도록 도가니 바닥과 열적 교류하게 열교환기를 위치시킴으로써, 용융된 물질에서 온도구배를 생성한다. 냉각제, 예를 들면, 열교환기의 상부를 통해서 순환하는 가스들은 잉곳을 생산하기 위해서 결정화를 개시하고 "바닥-용기" 응고를 증진하도록 도가니 바닥으로부터 추출된 열을 운반한다. 로내에서 열교환하는 냉각제로서 헬륨이 일반적으로 사용된다. 그러나, 헬륨은 다른 냉각기체와 함께 주목할만한 매스를 갖지 않으며, 그래서 용융 물질을 함유하는 도가니로부터 많은 양의 열을 흡수하는 능력이 작다. 그 결과, 많은 양의 가스는 결정성장을 증진하고 유지하기 위해서 용융물로부터 열을 도가니를 통해서 열교환기로 흐르게 하도록 가열경로를 유지하면서 열교환기를 통해서 순환되어야만 한다.

[0007] 기체 냉각제와는 달리, 액체 냉각제는 주목할만한 매스를 갖는다. 물을 예를 들면 주목할만한 매스를 갖기 때문에 특출난 액체 냉각제이고 그러므로 도가니로부터 많은 양의 열을 흡수할 수 있는 상당한 수용력을 갖는다. 그

러나, 결정성장로에서 열교환기에서 액체 냉각제로서 사용하는 것은 액체냉각식 열교환기로부터 로 챔버 내로의 물의 누설이 상당한 양의 증기압력을 잠재적으로 발생시킬 수 있기 때문에 조심스럽다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 그렇게 함으로써, 해당 산업계에서는, 결정성 물질을 성장시키기 위해서 열교환기에서 사용되는 냉각제 기체를 증가하는 물을 함유하는 액체 냉각제의 우수한 냉각성능 잇점을 취하는 것이 필요하다.

과제의 해결 수단

[0009] 본 발명은 용융될 적어도 공급원료를 함유하는 도가니 아래에 액체냉각식 열교환기를 포함하는 결정성장로에 관한 것이다. 액체냉각식 열교환기는 결정성 잉곳 내로 용융 공급원료의 재응고를 증진하기 위해서 도가니와 열적으로 소통하도록 상기 도가니 아래에서 수직하게 이동가능하며, 약 200 W/(m²k)보다 큰 열전도도값을 갖는 재료로 제조된 열추출 벌브, 액체 냉각제 유입튜브와 액체 냉각제 배출튜브를 포함하며, 상기 액체 냉각제 유입튜브, 상기 액체 냉각제 배출튜브 또는 이들 모두는 그들을 통해서 액체 냉각제를 순환시키기 위하여 상기 열추출 벌브에 부착된다. 바람직하게는, 상기 재료는 구리로 이루어지고, 상기 액체 냉각제는 물로 이루어진다. 일 실시 예에 있어서, 액체냉각식 열교환기는 도가니와 열접촉하도록 수직하게 이동할 수 있다. 다른 실시 예에 있어서, 도가니는 도가니 지지부 위에 위치하고, 액체냉각식 열교환기는 도가니 지지부와 열접촉하도록 수직하게 이동할 수 있다. 다른 실시 예에 있어서, 바람직하게는 용융될 상기 적어도 공급원료가 실리콘인 경우, 상기 도가니는 도가니 지지부 위의 도가니 박스내에 위치하고, 액체냉각식 열교환기는 도가니 지지부와 열접촉하도록 수직하게 이동할 수 있다. 다른 실시 예에 있어서, 상기 결정성장로는 도가니 아래에서 밀봉된 관형상 외부 재킷에 둘러싸이고 수직하게 이동할 수 있는 액체냉각식 열교환기를 포함한다.

[0010] 본 발명은 결정성장로에서 결정성 잉곳을 제조하기 위한 방법에 관한 것으로, 상기 방법은 적어도 공급원료를 함유하는 도가니를 상기 결정성장로 내에 위치시키는 단계, 상기 도가니 아래에서 수직하게 이동할 수 있는 액체냉각식 열교환기를 통해서 액체 냉각제를 순환시키는 단계, 상기 도가니에서 적어도 공급원료를 가열 및 용융시키는 단계, 그리고 상기 결정성 잉곳의 성장을 증진시키기 위해서 상기 도가니와 열교환하도록 상기 액체냉각식 열교환기를 수직하게 이동시키는 단계를 포함한다. 상기 액체냉각식 열교환기는, 약 200 W/(m²k)보다 큰 열전도도값을 갖는 재료로 제조된 열추출 벌브, 및 액체 냉각제 유입튜브와 액체 냉각제 배출튜브를 포함하며, 상기 액체 냉각제 유입튜브, 상기 액체 냉각제 배출튜브 또는 이들 모두는 그들을 통해서 액체 냉각제를 순환시키기 위하여 상기 열추출 벌브에 부착된다.

[0011] 상기한 일반적인 설명과 다음의 상세한 설명은 단지 예시적이고 설명을 위한 것이며, 청구된 바와 같은 본 발명에 대한 추가 설명을 제공하도록 의도된 것임을 이해할 수 있을 것이다.

발명의 효과

[0012] 본 발명은 용융되어 결정성 잉곳으로 재응고될 적어도 공급원료를 함유하는 도가니 아래로 수직하게 이동할 수 있는 액체냉각식 열교환기를 포함하는 결정성장로, 및 용융된 공급원료로부터 결정성 잉곳을 제조하기 위한 방법을 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0013] 도 1 및 도 2는 본 발명의 결정성장로의 다른 실시 예들의 각 단면도이다.
 도 3은 도 2의 결정성장로의 단면확대도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0014] 본 발명의 결정성장로는, 일반적으로 약 1000℃보다 높은 온도에서, 하기의 예로서 제한되는 것은 아니지만, 실리콘을 포함한 공급원료를 가열 및/또는 용융시킬 수 있고 결정성 잉곳, 예를 들어 다결정 실리콘 잉곳을 형성하기 위해서 용융된 공급원료의 재응고를 부수적으로 증진할 수 있는 고온 용광로이다. 예를 들면, 결정성장로는 방향성 응고장치(DSS) 또는 열교환기(HEM) 결정성장로가 될 수 있다. 공급원료는 고체나 액체 형태가 될 수 있다. 비록 시드 결정이 만약 단결정이나 실질적으로 단결정인 결정성 재료가 바람직하다면, 단결정 실리콘 시드가 되는 공급원료와 연관시켜서 사용될 수 있지만, 용융될 재료는 적어도 공급원료, 예를 들면 폴리실리콘 공

급원료이다. 예를 들어 게르마늄, 플루오르화 칼슘 및 플루오르화 마그네슘을 함유하는 본 발명의 결정성장로를 사용하여 다른 결정성 잉곳들이 제조될 것이다.

- [0015] 본 발명의 결정성장로는 로의 고온영역에서 용융될 공급원료를 함유하는 도가니, 및 도가니 아래에서 수직하게 이동할 수 있는 액체냉각식 열교환기를 포함한다. 결정성장장치외의 고온영역은 도가니에서 공급원료를 용융 및 재응고시키기 위해서 열이 제공되고 조절되는 로 내의 내부영역이다. 고온영역은 단열체에 의해서 둘러싸이고 한정되는데, 이 단열체는 낮은 열전도도를 갖는 것으로 해당 기술분야에 알려진 어느 재료가 될 수 있으며, 높은 온도의 결정성장로 내에서 온도와 조건을 견딜 수 있다. 예를 들면, 고온영역은 흑연의 단열체로 둘러싸일 수 있다. 고온영역의 형상 및 치수는 정적이거나 움직일 수 있는 다수의 단열패널에 의해서 형성될 수 있다. 예를 들면, 고온영역은 상부, 측면 및 바닥 단열패널들로 형성될 수 있으며, 이때 상부 및 측면 단열패널들은 고온영역내에 위치한 도가니에 대해서 수직방향으로 이동하도록 구성된다. 다른 단열치수들은 고온영역 형상에 따라서 사용될 것이며, 예를 들면, 원통형 단열재가 통상적으로 원통형 고온영역을 에워싸게 될 것이다.
- [0016] 고온영역은 도가니 내에 위치한 고체 공급원료를 용융시키기 위해서 열을 제공하도록 다중 가열요소들과 같은 적어도 가열장치를 또한 포함한다. 예를 들면, 고온영역은 도가니 위의 고온영역의 상부영역에 수평으로 위치한 상부 가열요소와, 상기 상부 가열요소 아래에 수직하게 위치하고 상기 고온영역과 상기 도가니의 측면을 따라서 위치한 적어도 측면 가열요소를 포함할 수 있다. 상기 고온영역에서의 온도는 공급원료를 용융시키도록 증가되고, 여러 가열요소들에 제공되는 전력을 조절함으로써 공급원료가 재응고되도록 돕기 위해서 감소하게 된다.
- [0017] 고온영역은 고온영역에서 도가니 지지부 위에서 도가니 박스 내에 임의로 위치하는 도가니를 더 포함한다. 바람직하게는, 도가니는 회전 불가능하고 정적이다. 도가니는 예를 들어 석영(실리카), 흑연, 몰리브덴, 탄화 규소, 질화 규소, 실리카와 실리콘 탄소 또는 실리콘 질화물의 합성물, 열분해 질화붕소, 알루미늄이나 또는 지르코니아로 제조될 수 있으며, 응고후에 잉곳의 균열을 방지하기 위해서 질화실리콘과 같은 물질로 임의로 피복될 수 있다. 도가니는 적어도 측면과 바닥을 갖는 다양한 다른 형상들, 예를 들면 원통형, 정육면체 또는 직육면체(정사각형 단면을 가짐) 또는 테이퍼진 형상을 갖는다. 바람직하게는, 공급원료가 실리콘인 경우, 도가니는 실리카로 제조되고, 정육면체 또는 직육면체 형상을 갖는다.
- [0018] 도가니는 도가니 박스 내에 임의로 포함될 수 있는데, 도가니 박스는 도가니의 측면과 바닥을 지지하고 강성을 제공하며, 특히 가열되는 경우에 손상, 균열 또는 연화되는 경향이 있는 재료로 제조된 도가니들에 대해 특히 바람직하다. 예를 들면, 도가니 박스는 실리카 도가니에 대하여 바람직하지만, 탄화실리콘, 질화실리콘 또는 실리카와 탄화실리콘 또는 질화실리콘의 합성물로 제조된 도가니에 대해서는 불필요하다. 도가니 박스는 흑연과 같은 다양한 내열재료로 제조될 수 있으며, 통상적으로 적어도 측면과 바닥판을 포함하고, 임의로 리드를 더 포함한다. 예를 들면, 정육면체 또는 직육면체 형상의 도가니에 대하여, 도가니 박스는 3개의 벽들과 바닥판을 가지며 임의적으로 리드를 구비하는 정육면체 또는 직육면체 형상이 바람직하다.
- [0019] 도가니 및 임의의 도가니 박스는 고온영역 내에서 도가니 지지블록의 상부에 제공되고, 그렇게 함으로써 서로 열 소통하며 열은 하나로부터 다른 하나로, 바람직하게는 직접적인 열접촉을 통해서 전도될 수 있다. 도가니 지지블록은 결정성장장치에서 중앙 위치로 도가니를 위치시키기 위해서 다수의 받침대 상에서 돌출될 수 있다. 도가니 지지블록은 흑연과 같은 내열재료로 제조될 수 있고, 사용되는 경우에는 도가니 박스와 유사한 재료로 제조되는 것이 바람직하다. 예를 들면, 도가니 박스와 도가니 지지부는 통상적으로 열전도성 고밀도 흑연재료로 제조된다. 도가니 지지부는 하기에서 설명하는 액체냉각식 열교환기의 열추출 밸브를 수용하는 크기 및 형상의 개구부를 특히 그것의 중앙에 포함하며, 그래서 상기 열추출 밸브는 도가니 박스를 통해서 열을 추출하도록 도가니 박스와 열적으로 소통할 것이다. 본 발명은 하기에서 상세하게 설명하게 될 액체냉각식 열교환기를 포함하는 밀봉된 관형상 외부 제킷을 수용하도록 크기와 형상을 갖는 도가니 지지부에 개구부를 제공하는 것을 또한 고려하였다.
- [0020] 결정성장로는 도가니 아래에 액체냉각식 열교환기를 더 포함한다. 액체냉각식 열교환기는 용융된 공급원료로부터 나오는 열을 열교환기를 통해서 유동하는 액체 냉각제로 전달하도록 도가니 바닥, 특히 그 중앙과 열적으로 소통하도록 수직하게 이동할 수 있게 구성된다. 바람직하게는, 액체냉각식 열교환기는 회전할 수 없다. 액체 냉각제는 액체냉각식 열교환기를 통해서 유동할 수 있고 도가니에 형성된 액체 공급원료 용융물을 함유하는 도가니 아래로부터 열을 제거할 수 있는 액체 재료가 될 수 있다. 바람직하게는, 액체 냉각제는 물로 이루어진다.
- [0021] 액체냉각식 열교환기는 특별하게 선택된 재료로 제조된 열추출 밸브를 포함하며, 액체 냉각제 유입튜브와 액체 냉각제 배출튜브를 더 포함한다. 액체 냉각제 유입튜브, 액체 냉각제 배출튜브 또는 이들 모두는 이것들을 통해서 액체 냉각제를 순환시키기 위하여 열추출 밸브에 부착된다. 열추출 밸브는 200 W/(m²·K) 보다 큰 열전도도를

갖는 재료, 특히 금속재료로 제조된다. 예를 들면, 열추출 밸브는 구리로 제조될 수 있으며, 은이나 금과 같이 높은 열전도도를 갖는 다른 금속재료가 소재로 사용될 수도 있다. 바람직하게는, 이 재료는 공급원료의 용점보다 낮은 용점을 갖는다. 특별히 유용한 재료는 공급원료의 용점과 열추출 밸브의 금속재료의 용점간의 차이가 약 455℃를 넘지않는 경우, 특히 약 330℃를 넘지않는 경우에 특히 유용하다. 물리적으로, 열추출 밸브는 도가니 바닥에 대하여 수평을 이루는 편평한 외부 상부면을 갖는다. 예를 들면, 외부 상부면은 약 4인치외의 외경을 가질 수 있다. 내부적으로, 열추출 밸브는 유입튜브로부터 냉각제를 수용하고 도가니 바닥으로부터 추출한 열을 함유한 냉각제를 배출튜브를 통해서 배출하기 위하여 내부 공동을 갖는다. 내부공동은 외부 상부면과 동일하거나 다른 형상을 가질 수 있고, 예를 들어 구형이나 둥글납작한 형상을 가질 수 있다. 공동의 형상은 열추출 밸브의 두께에 의존할 것이다. 예를 들면, 약 4인치의 외경을 갖는 밸브는 각이진 구석없이 둥글납작한 형상으로 약 2.5인치 폭의 내부공동을 가질 수 있다. 바람직하게는, 상기 내부공동 위로 열추출 밸브의 전도성 금속표면은 약 0.25인치 두께이다. 본 발명에서는 다른 폭과 공동 형상 및 내부 치수들을 고려하였는데, 이것은 열추출 밸브의 폭, 공동크기 또는 내부 치수가 열추출 밸브를 효과적으로 냉각시키도록 적당한 수압과 물 흐름을 제공하는 전제하에서 고려하였다.

[0022] 액체 냉각제는 각각 액체 냉각제 유입튜브와 액체 냉각제 배출튜브에 의해서 열추출 밸브로 열을 공급하고 그로부터 열을 배출하도록 제공된다. 유입 및 배출 튜브들은 재료가 노출되는 로 온도를 견딜 수 있는 한, 다양한 재료로 제조될 수 있다. 바람직한 실시 예에 있어서, 액체 냉각제 유입튜브와 액체 냉각제 배출튜브들은 동축이고, 여기에서 액체 냉각제 유입튜브가 액체 냉각제 배출튜브 내에 위치하거나 또는 액체 냉각제 배출튜브가 액체 냉각제 유입튜브 내에 위치한다. 바람직한 실시 예에 있어서, 액체 냉각제 유입튜브는 액체 냉각제를 밸브로 운반하도록 열추출 밸브 내로 연장되고, 로를 빠져나가도록 열추출 밸브의 기저부에 대하여 밀봉된 액체 냉각제 배출튜브를 통해서 연장된다. 본 발명의 바람직한 실시 예는 액체 냉각제를 열추출 밸브로 운반하기 위해서 동축 튜브를 이용하지만, 열추출 밸브에 대하여 그리고 서로에 대하여 외부에 별도로 밀봉된 액체 냉각제 유입튜브와 액체 냉각제 배출튜브를 포함하여, 다른 운반 구성들이 이용 가능함을 해당 기술분야의 숙련된 당업자는 이해하게 될 것이다. 액체 냉각제 유입튜브와 액체 냉각제 배출튜브는 해당 기술분야에 알려진 다양한 수단, 예를 들어 은 용점에 의해서 열추출 밸브에 부착될 수 있다.

[0023] 액체 냉각제 유입튜브와 액체 냉각제 배출튜브는 열추출 밸브로 순환하는 액체 냉각제가 고온영역으로부터 과도하게 주위 열을 흡수하는 것(냉각효과 및 열 부하 용량이 저하됨)을 방지하기 위하여 하나 또는 그 이상의 단열 외장재에 추가적으로 둘러싸일 수 있다. 단열 외장재는 열추출 밸브로 들어가는 냉각제의 온도를 유지하기 위해서, 고온영역 내부에 놓이는 액체 냉각제 유입튜브와 액체 냉각제 배출튜브의 부분으로서 열추출 밸브의 기저부로부터 수직 하방향으로 연장되는 부분을 에워쌀 수 있다. 단열 외장재는 해당 기술분야에 알려진 낮은 열전도도를 갖는 다른 재료들도 본 발명에서 고려하였지만, 바람직하게 단열 외장재는 알루미늄나 또는 저밀도 흑연 펠트로 이루어진다. 로 아래와 외부에 있는 종래의 오(O)링이나 벨로우즈 밀봉은 로 내부의 환경을 유지시키기 위해서 결정성장으로 외부로 연장되는 액체냉각식 열교환기의 액체 냉각제 유입튜브와 액체 냉각제 배출튜브 주위를 밀봉하도록 사용될 수 있다.

[0024] 액체냉각식 열교환기는 액체냉각식 열교환기를 둘러싸고 이것을 내부 로 환경으로부터 격리시키는 기능을 수행하는 밀봉된 관형상 외부 재킷 내에 포함될 수 있다. 로 온도를 견딜 수 있는 한, 흑연과 같이 해당 기술분야에 알려진 다른 재료가 밀봉된 관형상 외부 재킷의 재료로서 사용될 수 있을지라도, 밀봉된 관형상 외부 재킷은 폴리브텐으로 이루어질 수 있다. 재킷은 도가니 바닥에 대하여 평행하고 근접하여 위치할 수 있는 외부 및 내부 상부면을 갖는 폐쇄된 도가니 단부, 및 로의 바닥을 통해서 연장되는 외부 로 단부를 가질 수 있다. 내부적으로, 재킷은 액체냉각식 열교환기를 수용하여 수직하게 지지하기에 적합한 형상 및 크기를 가지며, 그래서 액체냉각식 열교환기가 도가니를 향하여 수직하게 이동하는 경우에 재킷의 내부면을 따라서 매끄럽게 움직일 수 있다. 밀봉된 관형상 외부 재킷은 정적이거나 수직하게 이동될 것이다. 예를 들면, 밀봉된 관형상 외부 재킷은 로의 외부로부터 로 벽을 통해서 도가니 바닥 아래의 지점까지 연장되는 수직한 위치로 고정될 것이다. 다른 예에 있어서, 재킷은 도가니 아래의 위치로 이동할 수 있다. 바람직하게는, 외부 재킷은 회전할 수 없다. 특별한 예로서, 밀봉된 관형상 외부 재킷은 회전불가능한 도가니 지지 샤프트가 될 수 있다. 해당 기술분야에 알려진 종래의 오(O)링이나 벨로우즈 밀봉 또는 다른 밀봉수단이 로 내부의 환경을 유지시키기 위해서 로 외부의 밀봉된 관형상 외부 재킷 주위를 밀봉하도록 사용될 것이다. 마찬가지로, 재킷의 외부 로 단부는 재킷 내부의 조절된 환경을 유지하기 위해서 밀봉된 관형상 외부 재킷의 외부로 연장되는 액체 냉각제 유입튜브와 액체 냉각제 배출튜브 주위를 밀봉시키도록 구성될 것이다.

[0025] 로의 외부에서, 밀봉된 관형상 외부 재킷은 재킷을 진공배기시키고 불활성가스로 재충진하기 위한 진공포트 및

불활성가스 주입포트를 더 포함할 수 있으며, 이러한 기능은 재킷의 내부표면 및 액체냉각식 열교환기 부품들의 열-유도 산화를 최소화하는 것을 돕게 된다. 예를 들면, 재킷의 내부 체적은 아르곤가스로 재충진될 수 있으며, 5~15psig의 압력으로 고정된다. 또한, 재킷은 로 외부의 초과압력 경감밸브를 또한 포함할 수 있다. 높은 로 온도도 액체냉각식 열교환기가 작동하는 동안에 물과 같은 냉각제의 누설이 발생할 수 있는데, 이러한 누설은 밀봉된 관형상 외부 재킷 내에 포함되어 그 결과로서 생긴 증기압력은 로 외부로 배출될 것이다.

[0026] 액체냉각식 열교환기는 결정성 잉곳 성장을 증진시키기 위해서 용융된 공급원료로부터 열을 추출하도록 도가니 아래로 수직하게 이동할 수 있고 도가니와 열적으로 소통하게 된다. 예를 들면, 액체냉각식 열교환기는 모니터 링될 수 있고, 결정성 재료를 성장시키는데 사용되는 피드백 모니터링장치와 연관시켜서 도가니 아래에서 단단 계로 이동될 수 있다. 도가니가 고온영역에 있는 도가니 지지부상의 도가니 박스에 포함되는 경우, 도가니, 도가니 박스 및 도가니 지지부는 서로 열 소통하고 그래서 열은 바람직하게는 직접적인 열적 접촉에 의해서 하나로 부터 다른 것으로 전도될 수 있다. 마찬가지로, 결정성장로가 도가니가 고온영역에 있는 도가니 지지부상의 도가니를 포함하는 경우, 도가니는 도가니 지지부와 열 소통하고 그래서 열은 하나로 부터 다른 것으로 전도될 수 있다. 그렇게 함으로써, 액체냉각식 열교환기가 도가니 지지부의 하면과 열접촉하도록 수직하게 이동하는 경 우, 열적 경로가 조성되고 열추출 밸브는 도가니와 열적으로 소통하도록 위치된다. 마찬가지로, 액체냉각식 열 교환기가 도가니 지지부의 하면과 열접촉하도록 밀봉 관형상 외부재킷에 둘러싸이는 경우, 열추출 밸브가 재킷 의 내부 상부면과 열적 접촉하도록 수직하게 이동하고 재킷의 외부 상부면이 도가니 지지부의 하면과 열적으로 접촉할 때, 열적 경로가 조성된다. 앞서 설명한 바와 같이, 도가니 지지부가 열추출 밸브나 밀봉된 관형상 외부 재킷을 수용할 수 있는 크기 및 형상의 개구부를 가지는 경우, 열추출 밸브는 바람직하게는 직접적인 열적 접촉 에 의해서 열추출을 용이하게 하기 위해서 도가니 또는 도가니를 포함하는 도가니박스와 열적으로 소통하도록 위치한다. 도가니 지지부를 통해서 들어가는 얇으나 개구부를 통해서 들어가는 경우, 도가니 또는 도가니를 포함하는 도가니박스가 서로 그리고 열추출 밸브와 열적으로 소통하는한, 열적 소통이 여전히 조성된다. 본 발 명은 액체냉각식 열교환기의 열추출 밸브로 하여금 도가니 바닥과 직접적으로 또는 도가니 바닥과 직접적으로 접촉하는 밀봉된 관형상 외부 재킷의 내부 상부면을 통해서 간접적으로 열접촉하도록 허용하는 개방된 리테이 너 링상에서 지지되는 도가니를 또한 고려하였다.

[0027] 도 1, 도 2 및 도 3은 본 발명의 결정성장로의 다양한 실시 예들의 단면도들이다. 그러나, 해당 기술분야의 숙 련된 당업자는 이러한 실시 예들이 단지 예로서 주어지는 것에 의해서 단순히 설명되는 것이며 이것으로 제한되 는 것이 아니라는 사실을 명백하게 알 수 있을 것이다. 다양한 변형 및 다른 실시 예들이 해당 기술분야의 숙련 된 당업자의 영역내에 있으며, 본 발명의 범위 내에서 고려된다. 또한, 해당 기술분야의 숙련된 당업자는 특정 한 구성들은 예시적이며 실제적인 구성들은 특정장치에 의존하게 될 것임을 이해할 수 있을 것이다. 해당 기술 분야의 숙련된 당업자는 여기에서 보여준 특정한 요소들에 대한 등가물들을 통상의 실험만을 사용하여 인식하고 확인할 수 있을 것이다.

[0028] 도 1에 도시된 결정성장로는 로 셸(10), 및 단열재(12)에 의해서 둘러싸이고 한정된 고온영역(11)을 포함한다. 고온영역(11) 내에서, 용융될 적어도 공급원료(도시되지 않음), 예를 들어 실리콘 공급원료를 함유하는 도가니 (14)가 받침대(17) 상에서 있는 도가니 지지부(16) 위의 도가니 박스(15)에 위치한다. 결정성 실리콘 잉곳을 제 조하기 위해서 공급원료를 용융시키도록 적어도 측면 히터들(13)이 도가니(14) 주위로 채용된다. 또한, 도가니 에서 공급원료를 용융시키기 위하여 상부 히터(도시되지 않음)가 측면 히터들(13)과 연관시켜서 사용될 수 있다. 일반적으로 단열재(12)는 도시된 바와 같이 도가니(14) 위에 있는 상부 단열재, 측면 히터들(13)과 로 셸 (10) 사이의 측면 단열재, 및 바닥 단열재를 포함한다. 본 발명의 일 실시 예에 있어서, 상부, 측면 및 바닥 단 열재는 용융된 공급원료의 재응고를 지원하기 위해서 고온영역으로부터 수냉식 로 셸(10)로 열을 방출하도록 도 가니(14)에 대하여 함께 또는 개별적으로 이동할 수 있다.

[0029] 도 1에 도시된 결정성장로는 도가니(14) 중앙 아래에 액체냉각식 열교환기(20)를 더 포함하는데, 이것은 화살표 (20A)로 나타낸 바와 같이 수직하게 이동할 수 있다. 액체냉각식 열교환기(20)는 서로 동축인 액체 냉각제 유입 튜브(21)와 액체 냉각제 배출튜브(22)를 포함하며, 이때 액체 냉각제 유입튜브는 열추출 밸브(19)에 대하여 밀 봉된 액체 냉각제 배출튜브 내부에 위치한다. 단열 외장재(18)는 고온영역(11) 환경에 노출된 액체 냉각제 유입 튜브와 액체 냉각제 배출튜브를 에워싸고, 그래서 액체냉각식 열교환기는 공급원료의 가열 및 용융과정 동안에 고온영역 아래의 철수위치에 놓일 수 있을 것이다. 도 1에 도시된 실시 예에 있어서, 액체냉각식 열교환기(20) 는 수직하게 이동할 수 있고, 열추출 밸브(19)는 도가니 박스(15)와 열적 접촉하는 밸브를 수용하는 크기 및 형 상을 갖는 도가니 지지부(16)의 개구부를 통해서 연장된다. 일단 접촉되면, 도가니(14)로부터 도가니 박스(15) 를 통해서 열교환기 밸브(19)로의 열적 경로가 조성되고, 도가니(14)와 열교환기 밸브(19)가 서로 열적 소통하

게 되고, 그래서 열교환기 밸브(19)는 도가니(14)의 바닥으로부터 열을 추출할 수 있다.

[0030] 도 2는 본 발명의 다른 실시 예를 나타내는데, 여기에서 액체냉각식 열교환기(20)는 도가니(23) 아래의 밀봉된 관형상 외부 재킷(29)내에 에워싸인다. 여기에서, 밀봉된 관형상 외부 재킷(29)은 도가니 지지부(25)에 있는 개구부를 통해서 도가니(23)를 포함하는 도가니 박스(24)에 있는 부분 개구부 내로 연장되고, 단열 외장재(22)가 재킷의 외부에 채용된다. 이와는 달리, 다른 실시 예에 있어서, 단열 외장재(22)는 밀봉된 관형상 외부 재킷(29) 내부에 채용될 수 있다. 본 발명은 열적 흐름을 유지하기 위해서 도가니 박스(24)와 도가니 지지부(25)를 높은 열전도도를 갖는 고밀도 흑연으로 제조하는 것을 고려하였다. 밀봉된 관형상 외부 재킷(29)을 수용하도록 사용된 도가니 박스(24)와 도가니 지지부(25)에 있는 다양한 개구부 깊이는 본 발명에 의해서 구상된다. 도 2에 도시된 바와 같이, 액체냉각식 열교환기(20)는 화살표(20B)로 나타낸 바와 같이 밀봉된 관형상 외부 재킷(29)에서 단지 부분적으로 수직하게 이동된다. 밀봉된 관형상 외부 재킷(29)의 상부로 일단 완전하게 이동되면, 열추출 밸브(26)는 재킷의 내부 상부면과 접촉하며, 도가니(23)로부터 도가니 박스(24)를 통해서 열추출 밸브(26)로의 열적경로가 조성되고, 도가니(23)와 열교환기 밸브(26)가 서로 소통하게 되며, 그래서 열교환기 밸브(26)는 용융된 공급원료를 함유하는 도가니(23)의 바닥으로부터 그것을 통해서 유동하는 액체 냉각제 내로 열을 추출할 수 있다.

[0031] 밀봉된 관형상 외부 재킷의 보다 상세한 설명이 도 3에 나타나 있는데, 도 3은 도 2에 도시된 본 발명의 실시 예의 확대도이며, 여기에서 액체냉각식 열교환기(36)는 밀봉된 관형상 외부 재킷(39)에 둘러싸이고 도가니로부터 열을 추출하도록 소정위치내로 재킷 내에서 수직하게 이동된다. 재킷은 로내의 환경을 유지시키기 위해서 밀봉(31)으로 밀봉된 로 벽(30)을 통하여 고온 단열재(32)를 통해서 도가니 지지부(35)에 있는 개구부내로 연장되는데, 이때 밀봉은 통상적인 오(0)링, 벨로우즈 링 또는 해당 기술분야에 알려진 다른 밀봉수단이며, 상기 개구부는 도가니(33)를 함유하는 도가니 박스(34)와 열적 접촉하는 재킷을 수용하는 크기와 형상을 갖는다. 도시된 실시 예에 있어서, 단열 외장재(40)는 밀봉된 관형상 외부 재킷(39) 내부에서 액체 냉각제 유입튜브(37) 및 액체 냉각제 배출튜브(38)를 에워싼다. 여기에서, 단열 외장재는 재킷에 의해서 제공되는 철회공간의 증가로 인하여 액체 냉각제 유입튜브와 액체 냉각제 배출튜브상의 보다 넓은 표면적을 물리적으로 커버할 수 있다. 도시된 바와 같이, 밀봉된 관형상 외부 재킷(39)의 도가니 단부는 도가니(33)의 바닥과 직접적으로 접촉할 수 없고, 재킷의 외부 상부면은 도가니 박스(34)와 직접적으로 열적 접촉한다. 그러나, 액체냉각식 열교환기(36)가 화살표(36A)으로 나타낸 바와 같이 상방향으로 수직하게 이동하는 경우, 열추출 밸브(41)는 도가니 박스(34)와 이미 열적 접촉하고 있는 밀봉된 관형상 외부 재킷(39)의 상부의 내부면과 열적으로 접촉하고, 그리하여 열적 경로를 조성하며, 열추출 밸브(41)가 도가니(33)와 열적으로 소통하게 된다. 다른 실시 예들은 열추출 밸브(41)가 바람직하게는 직접적인 열적 접촉에 의해서 하나 또는 그 이상의 전도성 중간구조물, 예를 들면 서로 및 도가니(33)와 열적으로 접촉하는 도가니 박스(34) 및/또는 도가니 지지부(35)와 열적으로 소통하는 한, 단독으로 또는 밀봉된 관형상 외부 재킷에 에워싸이는 경우에, 액체냉각식 열교환기(36)를 사용하여 도가니로부터 열을 추출하도록 설계되고, 그래서 열적경로가 조성되고, 이것은 열교환기 밸브(41)가 도가니(33)와 열적으로 소통하게 한다. 본 발명은 밀봉된 관형상 외부 재킷을 액체냉각식 열교환기와 조합하여 사용하도록 또한 구상하였는데, 도가니가 축에 대해서 샤프트에 대해서 이동할 수 없고 샤프트는 회전이 불가능한 다른 결정성장로 구성에서도 수직하게 이동가능한 도가니 지지 샤프트를 사용할 수 있다.

[0032] 본 발명은, 용융된 공급원료, 하기의 예로서 제한되는 것은 아니지만, 실리콘으로부터 다양한 결정성 재료를 경제적으로 안전하게 성장시키기 위해서 결정성장로에서 사용하기 위한 액체냉각식 열교환기에 관한 것이다. 액체냉각식 열교환기는 결정 핵생성 및 잉곳 성장을 증진시키기 위해서 도가니 아래로부터 열을 효과적으로 제공하기 위해, 구리와 같이 높은 열전도도 재료로 제조된 열추출 밸브의 원하는 특성들을 물과 같은 액체 냉각제에 의해서 제공되는 높은 열적부하 성능과 결합시킨다. 본 발명의 열추출 밸브는 높은 열전도도 특성을 갖는 금속 물질과 같은 다양한 형태의 재료로 제조될 수 있다. 표 1은 공지된 바와 같이 최고의 열전도도 금속, 즉 최고의 열전도도를 갖는 은, 이어서 구리 및 금을 보여준다. 구리는 은이나 금에 비해서 높은 열전도도와 비교적 낮은 가격으로 인하여 바람직하다.

표 1

[0033]

재료	열 전도도 [W/m²K]	융점(°C)
은	430	961.78
구리	400	1084.62
금	320	1064.18

알루미늄	235	660.32
텅스텐	170	3422
몰리브덴	139	2623
스테인레스강	16	1325-1530 (일반적인 스테인레스강 등급에 대한 용융범위)

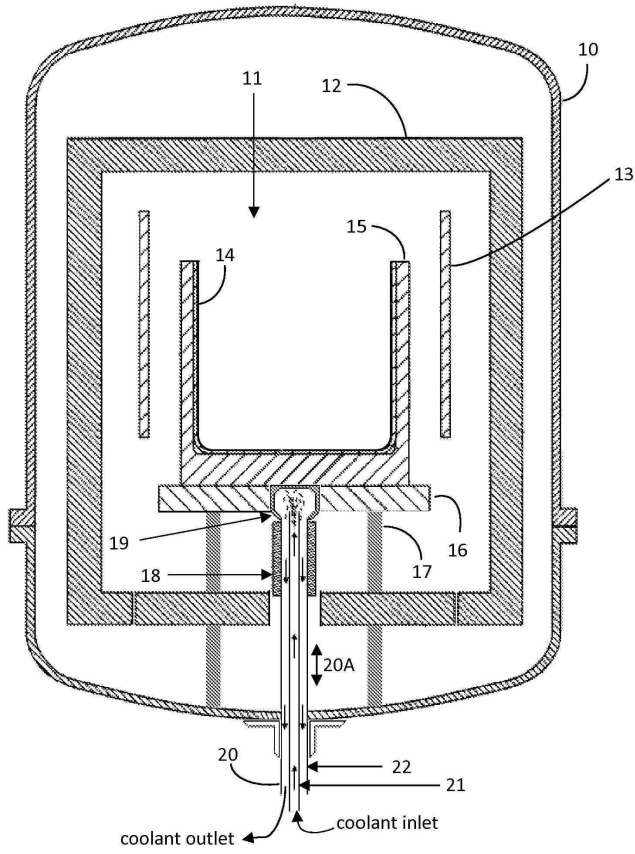
[0034] 특히 벌브재료가 공급원료의 용점보다 낮은 용점을 갖는다면, 실리콘과 같은 용융된 공급원료를 함유하는 도가니로부터 열을 효과적으로 추출하기 위해서, 물과 같은 액체 냉각제와 연관시켜서, 구리 열추출 벌브와 같이 약 200 W/(m²k) 보다 큰 열전도도를 갖는 재료로 제조된 열추출 벌브를 사용하는 것이 가능하다는 놀랄만한 사실을 알게 되었다. 예를 들면, 구리의 용점(약 1085℃)은 실리콘의 용점보다 낮은 약 330℃이다. 그러나, 냉각제로서 물을 순환시키는 구리 열추출 벌브는 열을 효과적으로 제공하고 손상없이 실리콘 잉곳의 성장을 증진시킬 수 있음을 알게 되었다. 구리의 높은 열전도 특성은, 구리 열추출 벌브를 통해서 순환하는 물의 높은 열적 부하 수용 능력과 조합함으로써 높은 열추출 효율을 제공할 수 있고, 이것은 심지어 구리 열추출벌브의 용점보다 높은 온도에서 표면들과 열적 접촉하는 경우에도 구리 열추출벌브의 구조적 완결성을 유지시킬 수 있게 한다. 높은 열전도도를 갖는 금속과 냉각제인 물을 결합하는 경우에 실현되는 동일하게 높은 열추출 효율은, 은의 용점보다 높은 약 450℃의 온도를 나타내는 용융된 실리콘을 함유하는 도가니로부터 열을 추출하도록 사용되는 수냉식 열추출 벌브의 구조적 완결성을 유지시킬 수 있으므로 기대된다. 액체 냉각제 유입 및 배출 라인들이 내부에서 단열된 상태이기 때문에, 도가니에서 핵생성 및 부수적인 결정성장을 개시하기 위해서 냉각은 단지 열추출 벌브에서만 일어난다. 물 누설로부터 야기된 증기압력을 내부에 배출하도록 밀봉 관형상 외부 재킷이 설계된 경우, 액체냉각식 열교환기는 물과 같은 액체 냉각제에 의해서 냉각된 열추출 벌브의 높은 열전도도의 장점을 얻기 위해서 추가적으로 안전한 수단을 제공한다.

[0035] 본 발명은 또한 결정성장로에서 결정성 잉곳을 제조하기 위한 방법에 관한 것이며, 이 방법은 하기에서 더욱 상세하게 설명될 것이며, 결정성 잉곳의 성장을 증진시키기 위해서 도가니로부터 열을 추출하도록 도가니 아래에 액체냉각식 열교환기를 채용한다. 이 방법은, 결정성장로에서 적어도 공급원료를 함유하는 도가니를 위치시키는 단계, 액체냉각식 열교환기를 통해서 액체 냉각제를 순환시키는 단계, 상기 도가니 내에 적어도 공급원료를 가열하고 용융시키는 단계, 및 상기 결정성 잉곳의 성장을 증진시키기 위해서 도가니와 열적으로 소통하도록 상기 액체냉각식 열교환기를 수직하게 이동시키는 단계를 포함한다. 본 발명이 관형상 외부 재킷에 둘러싸인 액체냉각식 열교환기를 채용하는 경우, 결정성 잉곳을 제조하기 위한 방법은, 결정성장로에서 적어도 공급원료를 함유하는 도가니를 위치시키는 단계, 액체냉각식 열교환기를 통해서 액체 냉각제를 순환시키는 단계, 상기 도가니 내에 적어도 공급원료를 가열하고 용융시키는 단계, 상기 밀봉된 관형상 외부 재킷을 진공배기시키고 불활성 가스, 바람직하게는 아르곤 가스를 5~15psg의 압력으로 재충진시키는 단계, 적어도 공급원료를 상기 도가니 내에서 가열 및 용융시키는 단계, 그리고 상기 결정성 잉곳의 성장을 증진시키기 위해서 도가니와 열적으로 소통하도록 상기 액체냉각식 열교환기를 수직하게 이동시키는 단계를 포함한다.

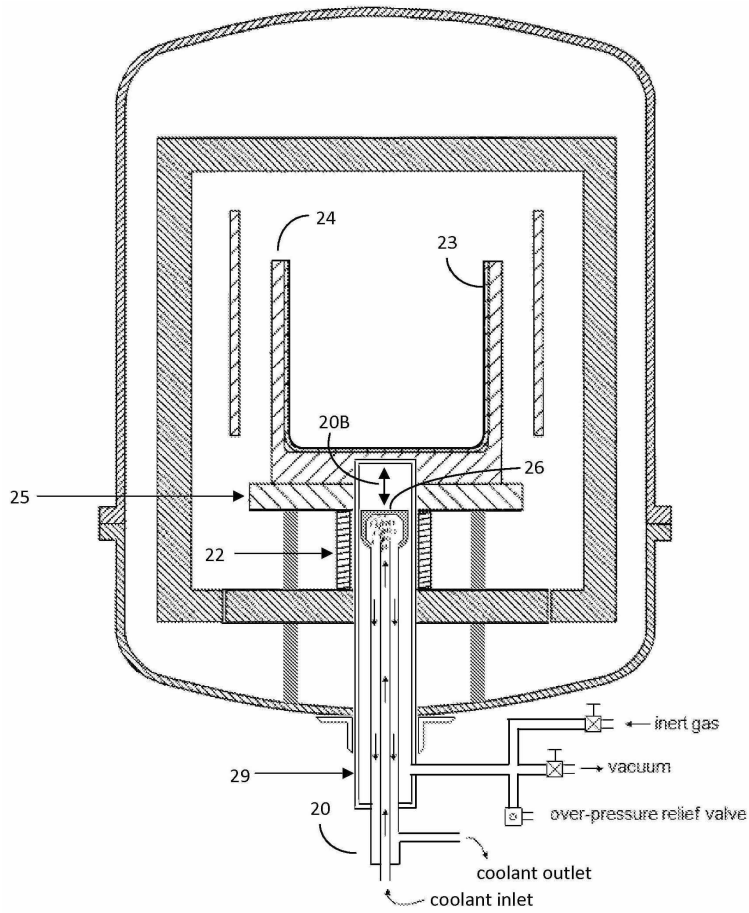
[0036] 본 발명의 바람직한 실시예들의 상기한 설명은 단지 설명을 목적으로 제공된 것이다. 이것은 본 발명을 여기에서 설명한 정확한 형태로 한정하기 위해서 의도된 것은 아니다. 다양한 수정 및 변경이 위에서 설명한 내용을 통해서 가능하고, 본 발명의 실행을 통해서 얻어질 수 있다. 실시 예들은 본 발명의 원리를 설명하기 위해서 선택되고 설명되었으며, 그것의 실제적인 실행은 해당 기술분야의 당업자가 본 발명의 실시 예들 및 그것의 다양한 변형들을 본 발명의 특별한 용도로 구현함으로써 가능해진다. 본 발명의 영역은 여기에 첨부된 특허청구범위 및 그 등가물들에 의해서 한정되도록 의도된다.

도면

도면1



도면2



도면3

