



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2012-0128643
(43) 공개일자 2012년11월27일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C30B 11/00 (2006.01) *C30B 15/10* (2006.01)
C30B 35/00 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2012-7022328
(22) 출원일자(국제) 2011년01월28일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2012년08월27일
(86) 국제출원번호 PCT/IB2011/050392
(87) 국제공개번호 WO 2011/092659
국제공개일자 2011년08월04일
(30) 우선권주장
61/299,133 2010년01월28일 미국(US)

(71) 출원인
엠이엠씨 싱가포르 퍼티이. 엘티디.
싱가포르 048424 싱가포르 피더블유씨 빌딩
넘버11-00 크로스 스트리트 8
(72) 발명자
필립스 리차드 제이.
미국 63376 미주리주 에스티. 피터스 필 드라이브
501 엠이엠씨 싱가포르 퍼티이. 엘티디.
데부라팔리 발라지
미국 63376 미주리주 에스티. 피터스 필 드라이브
501 엠이엠씨 싱가포르 퍼티이. 엘티디.
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
한국찬, 양영준

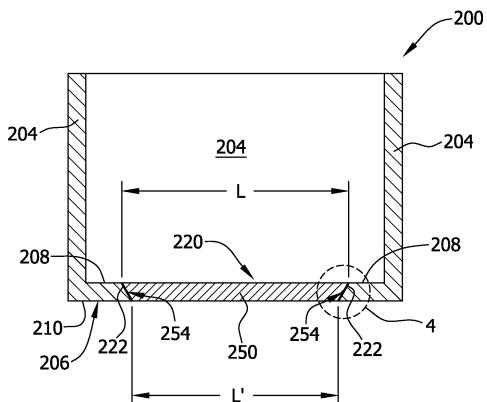
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 방향성 응고로에서 사용하기 위한 도가니

(57) 요 약

방향성 응고로는 도가니 조립체를 포함하며, 상기 도가니 조립체는 그 내부에 개구를 구비한 베이스와 벽부를 가지며 용융물을 수용하기 위한 도가니와, 상기 도가니를 지지하는 도가니 지지체와, 상기 도가니를 덮는 리드를 포함한다. 상기 베이스의 개구에 플레이트가 수용된다. 상기 플레이트는 상기 베이스의 열전도율보다 더 높은 열전도율을 갖는다. 상기 베이스는 당해 복합 베이스가 첨가재가 없는 비교가능한 베이스보다 더 높은 열전도율을 갖도록 첨가재를 갖는 복합물을 포함할 수 있다.

대 표 도 - 도3



(72) 발명자

컴벨 스티븐 엘.

미국 63376 미주리주 에스티. 피터스 펄 드라이브
501 앤이엠씨 싱가포르 페티이. 엘티디.

데쉬판데 아디트야 제이.

미국 63376 미주리주 에스티. 피터스 펄 드라이브
501 앤이엠씨 싱가포르 페티이. 엘티디.

특허청구의 범위

청구항 1

도가니 조립체를 포함하는 방향성 응고로이며,

상기 도가니 조립체는,

용융물을 수용하기 위한 도가니로서, 벽부와 베이스를 포함하고, 상기 베이스는 그 내부에 개구를 갖는, 도가니;

상기 도가니를 지지하는 도가니 지지체;

상기 도가니를 덮는 리드; 및

상기 베이스의 개구에 수용되는 플레이트로서, 상기 베이스보다 더 높은 열전도율을 갖는, 플레이트를 포함하는

방향성 응고로.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 개구는 베이스를 통해 연장하며, 상기 개구는 제1 각도의 경사진 벽부를 갖고, 상기 플레이트는 상기 제1 각도에 상보적인 제2 각도의 경사진 벽부를 갖는

방향성 응고로.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 개구는 베이스를 통해 연장하며, 상기 개구는 4개의 측부를 갖는 베이스 내의 공동에 의해 형성되고, 상기 베이스의 일부분은 선반 구조를 형성하도록 상기 측부로부터 내측으로 연장하는

방향성 응고로.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 플레이트는 상기 베이스의 두께와 실질적으로 동일한 두께를 갖는

방향성 응고로.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 플레이트는 결합체에 의해 상기 베이스에 고정되는

방향성 응고로.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 플레이트는 상기 베이스의 열전도율의 적어도 2배인 열전도율을 갖는

방향성 응고로.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 도가니 지지체의 베이스 아래에 배치된 열교환기를 더 포함하는
방향성 응고로.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 도가니는 그래파이트로 제조되는
방향성 응고로.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 도가니 지지체의 주위에 제거가능하게 배치된 하나 이상의 제거가능한 히터를 더 포함하는
방향성 응고로.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 도가니 주위에 배치된 제거가능한 절연체를 더 포함하는
방향성 응고로.

청구항 11

제1항에 있어서,

상기 도가니 벽부는 내부에 액체 용융물이 수용되도록 함께 결합된 4개의 벽부를 포함하는
방향성 응고로.

청구항 12

제1항에 있어서,

상기 베이스는 상부면과 하부면을 갖고, 상기 개구는 상기 베이스를 관통하여 연장하지 않으며, 상기 개구는 상기 하부면에 배치되어 상기 하부면에 리세스의 일부를 형성하는
방향성 응고로.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 플레이트는 상기 리세스 내에 배치되며, 상기 베이스에 의해 상기 도가니 내의 용융물로부터 분리되는
방향성 응고로.

청구항 14

도가니 조립체를 포함하는 방향성 응고로이며,

상기 도가니 조립체는,

용융물을 수용하기 위한 도가니로서, 벽부와 복합 베이스를 포함하는, 도가니;

상기 도가니를 지지하는 도가니 지지체; 및

상기 도가니를 덮는 리드를 포함하며,

상기 복합 베이스는 당해 복합 베이스가 첨가재가 없는 비교가능한 베이스보다 더 높은 열전도율을 갖

도록 첨가재를 포함하는

방향성 응고로.

청구항 15

제14항에 있어서,

상기 첨가재는 MgO, SiC, AlN 및 TiO₂를 포함하는 군으로부터 선택되는

방향성 응고로.

청구항 16

제14항에 있어서,

상기 도가니 벽부의 적어도 일부분은 당해 도가니 벽부의 일부분이 첨가재가 없는 벽부의 일부분보다 더 높은 열전도율을 갖도록 첨가재를 포함하는

방향성 응고로.

청구항 17

제16항에 있어서,

상기 첨가재는 MgO, SiC, AlN 및 TiO₂를 포함하는 군으로부터 선택되는

방향성 응고로.

청구항 18

방향성 응고로에서 잉곳을 생산하는 방법이며,

액체 용융물을 형성하기 위해 로의 도가니에서 실리콘 충전물을 용융시키는 단계이며, 상기 도가니는 베이스를 포함하고, 상기 베이스의 적어도 제1 부분이 상기 베이스의 제2 부분보다 더 높은 열전도율을 갖는, 실리콘 충전물을 용융시키는 단계; 및

상기 용융물로부터 상기 도가니의 적어도 베이스를 통해 열을 전달하는 단계로서, 상기 제2 부분에 비해 증대된 비율로 상기 베이스의 제1 부분을 통해 열이 전달되는, 열을 전달하는 단계를 포함하는,

방향성 응고로에서 잉곳을 생산하는 방법.

청구항 19

제17항에 있어서,

상기 실리콘 충전물을 용융시키는 단계 전에, 상기 도가니를 실리콘 충전물로 장입하는 단계를 더 포함하는

방향성 응고로에서 잉곳을 생산하는 방법.

청구항 20

제17항에 있어서,

상기 베이스의 제2 부분의 열전도율의 적어도 2배인 열전도율을 갖는 상기 베이스의 제1 부분을 통해 열이 전달되는

방향성 응고로에서 잉곳을 생산하는 방법.

명세서

기술 분야

[0001] 본 발명은 일반적으로 방향성 응고로(directional solidification furnaces)에 관한 것으로, 특히, 응고율을

향상시키기 위한 방향성 응고로에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 도면부호 "100"으로 표시되어 있으며 도 1에 도시된 것과 같은 방향성 응고로는 다결정 실리콘 잉곳을 생산하는데 흔히 사용된다. 도 1에 도시된 방향성 응고로(100)는 도가니에 구조적인 강성을 더해주는 그래파이트(graphite) 지지 벽부를 갖는 도가니 지지체(103)에 의해 지지된 도가니(102)를 포함한다. 상기 도가니(102)는 벽부(도가니 지지 벽부)(104)와 베이스(106)를 포함한다. 상기 도가니(102)는 통상적으로 석영, 또는 본질적으로 불활성을 유지하면서 고온을 견딜 수 있는 다른 적당한 물질로 구성된다.

[0003] 리드(112)와 함께, 도가니(102)와 도가니 지지체(103)는 내부 조립체(105)를 형성한다. 이 내부 조립체(105)는 베이스(106) 아래에 배치된 열교환기(107)를 또한 포함할 수 있다. 벽부(104) 주위와 격납 용기(110) 내부에 히터(108)가 위치된다. 적합하게, 히터(108)는 도가니 내부의 충전 물질을 용융시키는데 필요한 열을 공급하도록 구성된 복사 히터일 수 있다. 비록 다른 물질이 예상될지라도 본 실시예의 충전 물질은 실리콘이다.

[0004] 측부 절연체(109)가 도가니의 주위에 배치되며, 예컨대, 수직 운동에 의해 부분적으로 개방될 수 있다. 일단 실리콘 충전물이 용융되면, 냉각 매체가 열교환기(107)에 도입될 수 있거나, 및/또는 실리콘의 방향성 응고에 도움을 주기 위해 절연체(109)가 승강될 수 있다. 히터(108)의 열 출력은 용융물(111)에 더 적은 열이 공급되도록 조절될 수 있다. 히터(108)를 도가니(102)로부터 멀리 이동시킴으로써, 특히 도가니 베이스(106)로부터 멀리 이동시킴으로써 히터(108)의 위치 또한 도가니에 대해 조절될 수 있다.

[0005] 도가니(102)가 실리콘으로 충전된 후, 도가니를 둘러싼 영역이 외부의 주변 환경으로부터 밀봉된다. 도가니(102)를 외부 환경으로부터 분리하는데 도움을 주기 위해, 도가니는 로의 일부분을 구성하는 격납 용기(110)의 내부에 배치된다. 그런 다음, 격납 용기(110)의 내부 압력이 낮추어진다. 격납 용기(110) 내부의 대기 함량 또한 모니터링되고 제어될 수 있다.

[0006] 그 다음, 도가니(102) 및 충전물이 실리콘을 용융시키기에 충분한 온도로 가열된다. 충전물이 완전 용해된 후, 이는 방향성 응고 구조체를 얻기 위해 제어된 비율로 냉각된다. 제어된 냉각 비율은 히터(108)에 의해 공급되는 열량의 저감 및 열의 위치 설정, 도가니(102)를 둘러싼 절연체(109) 내의 열 배출구(heat vent)의 이동 또는 개방, 또는 열교환기(107)(예컨대, 냉각 플레이트)를 통한 냉각 매체의 순환의 임의의 조합에 의해 설정된다. 이를 방법들은 모두 도가니(102)의 표면으로부터 열을 멀리 전달한다. 만일 도가니(102)의 베이스(106)의 냉각 유통이 도가니의 벽부(104)의 냉각 유통보다 더 크면, 두드러지게 축방향의 열구배를 갖는 비교적 평坦하고 수평적인 응고 등온선이 발생된다. 이에 따라, 잉곳이 도가니(102)의 저온 측에 가장 가까운 영역에서 응고하여, 도가니의 저온 측으로부터 멀리 떨어진 방향으로 진행한다. 마지막으로 응고하는 용융물(111)의 부분은 대체로 잉곳의 상부에 있다.

[0007] 방향성 응고로에서 다결정 실리콘 잉곳을 생산하는데 중요한 관심사는 원료 실리콘으로부터 잉곳을 발생시키기 위해 필요한 시간의 양이다. 잉곳이 응고하는 비율은 원료로부터 잉곳을 형성하기 위해 필요한 시간의 양에 직접적으로 영향을 미친다.

[0008] 이 배경기술 항목은 아래에 설명되고 및/또는 청구된 본 발명의 다양한 양태와 관련될 수 있는 종래 기술의 다양한 양태를 독자들에게 소개하고자 의도한다. 이러한 설명은 본 발명의 다양한 양태를 용이하게 더 잘 이해하도록 하는 배경 설명을 독자에게 제공하는데 도움이 될 것으로 생각된다. 따라서, 이러한 설명들은 이러한 견지에서 읽혀져야 하며, 종래 기술을 용인하는 것으로 읽혀져서는 아니된다.

발명의 내용

과제의 해결 수단

[0009] 본 발명의 제1 양태는 도가니 조립체를 포함하는 방향성 응고로이다. 상기 도가니 조립체는 용융물을 수용하기 위한 도가니를 포함하며, 상기 도가니는 벽부와 베이스를 포함하고, 상기 베이스는 그 내부에 개구를 갖는다. 상기 도가니를 도가니 지지체가 지지하고, 상기 도가니를 리드가 덮는다. 상기 베이스의 개구에 플레이트가 수용된다. 상기 플레이트는 베이스보다 더 높은 열전도율을 갖는다.

[0010] 본 발명의 다른 양태는 도가니 조립체를 포함하는 방향성 응고로이다. 상기 도가니 조립체는 용융물을 수용하기 위한 도가니를 포함하며, 상기 도가니는 벽부와 복합 베이스를 포함한다. 상기 도가니를 도가니 지지체가 지지하고, 상기 도가니를 리드가 덮는다. 상기 복합 베이스는 당해 복합 베이스가 첨가재가 없는 비교가능한

베이스보다 더 높은 열전도율을 갖도록 첨가제를 포함한다.

[0011] 본 발명의 또 다른 양태는 방향성 응고로에서 잉곳을 생산하는 방법이다. 상기 방법은 액체 용융물을 형성하기 위해 로의 도가니에서 실리콘 충전물을 용융시키는 단계를 포함한다. 상기 도가니는 제1 부분과 제2 부분을 갖는 베이스를 포함한다. 상기 제1 부분은 상기 제2 부분보다 더 높은 열전도율을 갖는다. 그 다음, 상기 용융물로부터 도가니의 베이스를 통해 열이 전달된다. 열은 상기 제2 부분에 비해 증대된 비율로 상기 베이스의 제1 부분을 통해 전달된다. 상기 용융물로부터의 열의 전달은 용융물의 응고와 잉곳의 생산으로 이어진다.

[0012] 전술한 양태에 관련하여 주목된 특징들의 다양한 개선안이 존재한다. 다른 특징도 역시 전술한 양태에 포함될 수 있다. 이러한 개선안 및 부가적인 특징은 개별적으로 또는 임의의 조합으로 존재할 수 있다. 예를 들면, 예시된 실시예들 중 어떤 실시예에 관련하여 아래에 기술된 다양한 특징들은 단독으로 또는 임의의 조합으로 전술한 양태 중 어떤 것에 포함될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0013] 도 1은 공지된 방향성 응고로의 개략적인 부분 단면도이다.

도 2는 도 1의 방향성 응고로에서 사용하기 위한 도가니의 제1 실시예의 평면도이다.

도 3은 도 2의 3-3선을 따라 취한 도 2의 도가니의 단면도이다.

도 4는 도 3의 확대도이다.

도 5는 도 1의 방향성 응고로에서 사용하기 위한 도가니의 제2 실시예의 평면도이다.

도 6은 도 5의 6-6선을 따라 취한 도 5의 도가니의 단면도이다.

도 7은 도 1의 방향성 응고로에서 사용하기 위한 도가니의 제3 실시예의 평면도이다.

도 8은 도 7의 8-8선을 따라 취한 도 7의 도가니의 단면도이다.

도 9는 도 1의 방향성 응고로에서 사용하기 위한 도가니의 제4 실시예의 평면도이다.

도 10은 도 9의 10-10선을 따라 취한 도 9의 도가니의 단면도이다.

도 11은 도 10의 확대도이다.

도 12는 도 2 내지 도 11에 도시된 도가니 중 어느 하나를 사용하여 방향성 응고로에서 잉곳을 생산하는 방법을 도시한 흐름도이다.

여러 도면들에서 유사한 참조기호들은 유사한 요소들을 표시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0014] 도 2, 도 3 및 도 4는 도 1에 도시된 로(100)와 같은 임의의 방향성 응고로에서 사용하기 위한 도가니(200)의 제1 실시예의 평면도, 단면도 및 확대도를 각각 도시한다. 도가니(200)는 베이스(206)(대체로, "제2 부분")와, 베이스로부터 상방향으로 연장하는 4개의 벽부(204)를 갖는다. 베이스(206)와 벽부(204)는 그 내부에 용융물(111)(도 1 참조)이 수용되도록 함께 일체로 형성되거나 함께 결합된다. 베이스(206)는 상부면(208)과 하부면(210)과 상하부면 사이로 연장하는 개구(220)를 갖는다.

[0015] 개구(220)는 4개의 측부(222)에 의해 경계가 정해지는, 도가니(200) 내에 형성된 공동(void)에 의해 형성된다. 다른 실시예에서, 개구(220)는 원형, 타원형 또는 임의의 다른 적당한 형상과 같이 직사각형 이외의 다른 형상일 수 있으며, 그 내부에 위치되는 플레이트(250)는 그에 따른 형상이 된다. 개구(220)는 기계 가공에 의해, 또는, 그렇지 않으면, 베이스(206)의 일부분을 제거함으로써 도가니(200) 내에 형성될 수 있다. 다른 실시예에서, 개구(220)는 도가니(200)의 제조 과정 중에 형성될 수 있다.

[0016] 개구(220)는 베이스(206)의 상부면(208)에 인접한 길이(L)와 폭(W)과, 하부면(210)에 인접한 길이(L')와 폭(W')을 갖는다. 길이(L)가 길이(L')보다 더 크고, 폭(W)이 폭(W')보다 더 크도록, 각각의 측부(222)들이 도가니(200)의 벽부(204)로부터 멀리 내측으로 경사져 있다. 몇몇 실시예들에서, 길이(L), 길이(L'), 폭(W) 및 폭(W')은 50mm 내지 630mm일 수 있다. 도 4에 보다 명료하게 도시된 바와 같이, 측부(222)들은 베이스(206)의 하부면(210)에 대해 대략 45°의 각도를 이룬다. 그러나, 측부(222)들은 실시예들의 범위를 벗어나지 않고 다른 각도로 배향될 수 있다. 예컨대, 몇몇 실시예에서, 측부(222)들은 베이스(206)의 하부면(210)에 대해 대략 35

° 의 각도로 배향될 수 있다.

[0017] 4개의 측부(252)를 갖는 플레이트(250)(대체로, "제1 부분")는 개구(220) 내부에 위치될 수 있는 크기로 되어 있다. 본 명세서에 개시된 실시예들은 도가니(200)의 베이스(206) 내에 플레이트(250)를 위치시키는 것을 개시하고 있으나, 벽부(204)들 중 임의의 벽부 또는 모두의 내부에 부가적인 플레이트가 위치될 수 있다. 또한, 몇몇 실시예에서, 플레이트(250)가 사용되지 않을 수 있으며, 그 대신, 플레이트(250)와 유사한 플레이트가 벽부(204)들 중 임의의 벽부 또는 모두의 내부에 위치될 수 있다.

[0018] 플레이트(250)는 도가니(200)의 베이스(206)보다 더 높은 열전도율을 갖는 물질로 형성된다. 일 실시예에서,

$$\frac{1}{m} \frac{W}{^{\circ}K}$$

플레이트(250)는 용융된 석영으로 형성될 수 있다. 몇몇 실시예에서, 플레이트(250)는

(206)의 통상적인 열전도율과 비교하여 대략 $3 \frac{W}{m \ ^{\circ}K}$ 인 열전도율(k)을 갖는다. 다른 실시예에서, 플레이트(250)는 용융물(111)보다 더 높은 융점을 갖는 도가니(200)의 베이스(206)보다 더 큰 열전도율을 갖는 임의의 물질로 형성된다. 예컨대, 플레이트(250)는 MgO, AlN, SiC, 그래파이트, 또는 MgO와 SiC의 복합물로 형성될 수 있다. 몇몇 실시예에 따르면, 플레이트(250)는 1회만 사용될 수 있으며, 그 후, 제거되거나, 수리되거나, 폐기된다. 다른 실시예에서, 플레이트(250)는 제거되기 전에 다수 회 사용된다.

[0019] 플레이트(250)는 당해 플레이트(250)에 인접한 도가니(200)의 베이스(206)의 두께(T_2)와 실질적으로 동일한 두께(T_1)를 갖는다. 몇몇 실시예에서, T_1 은 5mm 내지 25mm일 수 있으며, T_2 는 5mm 내지 25mm일 수 있다. 플레이트(250)의 두께(T_1)는 베이스(206)의 두께(T_2)보다 더 크거나 더 작을 수 있다. 도 4에서 볼 수 있는 바와 같이, 플레이트(250)는 당해 플레이트가 개구의 측부들과 일치하도록 개구(220)의 측부(222)들에 대응하는 경사진 프로파일을 구비한 4개의 측부(252)들을 갖는다. 개구의 경사진 측부(222)들은 플레이트(250)의 4개의 측부(252)들의 경사진 프로파일에 의해 형성되는 제2 각도와 상보적인 제1 각도를 형성한다. 따라서, 플레이트(250)의 측부(252)와 개구(220)의 측부(222)의 기하학적 구조는 용융물(111)의 중량이 개구의 측부에 대해 플레이트의 측부를 가압하는 결과를 초래한다. 용융물(111)이 개구와 플레이트 사이로 통과할 수 없도록, 개구(220)의 측부(222)들 내부에 플레이트(250)를 더 고정하기 위해 결합제가 사용될 수 있다.

[0020] 몇몇 실시예에서, 결합제는 슬립 주조 실리카 화합물(slip cast silica compound)(256)이다. 도 4에 도시된 결합부(254, joint)의 크기와 그 내부에 수용된 슬립 주조 실리카 화합물(256)의 양은 도시를 위해 상당히 과장되어 있다. 도가니(200)를 사용하기 전에, 베이스(206)의 하부면(210)과 플레이트(250) 사이의 결합부(254)는 테이프 또는 다른 물질로 밀봉될 수 있다. 유체 상태인 슬립 주조 실리카(256)가 베이스(206)의 상부면(208)에 인접한 결합부(254) 속에 부어진다. 그 다음, 유체 슬립 주조 실리카(256)의 용제가 증발되고, 실리카가 결합 충전재로서 남는다. 그 다음, 결합부(254) 내의 슬립 주조 실리카(256)를 경화시키기 위해 도가니(200)가 가열될 수 있다.

[0021] 도 5 및 도 6은 도 1에 도시된 로(100)와 같은 임의의 방향성 응고로에서 사용하기 위한 도가니(300)의 제2 실시예의 평면도 및 단면도를 각각 도시한다. 도가니(300)는 베이스(306)(대체로, "제2 부분")와, 베이스로부터 상방향으로 연장하는 4개의 벽부(304)를 갖는다. 베이스(306)와 벽부(304)는 그 내부에 용융물(111)(도 1 참조)이 수용되도록 함께 일체로 형성되거나 함께 결합된다. 베이스(306)는 상부면(308)과 하부면(310)을 갖는다. 리세스(320)가 하부면(310)으로부터 상부면(308)을 향하여 상방향으로 연장하지만, 베이스(306)의 상부면(308)을 관통하지는 않는다.

[0022] 4개의 측부(352)를 갖는 플레이트(350)(대체로, "제1 부분")는 리세스(320) 내부에 위치될 수 있는 크기로 되어 있다. 다른 실시예에서, 리세스(320) 및 프레이트(250)는 직사각형이 아닐 수 있으며, 그 대신, 원형, 타원형 또는 임의의 다른 적당한 형상일 수 있다. 본 명세서에 개시된 실시예들은 도가니(300)의 베이스(306)의 리세스(320) 내에 플레이트(350)를 위치시키는 것을 개시하고 있으나, 벽부(304)들 중 임의의 벽부 또는 모두의 내부에 부가적인 플레이트가 위치될 수 있다. 또한, 플레이트(350)가 사용되지 않을 수 있으며, 그 대신, 플레이트가 벽부(304)들 중 임의의 벽부 또는 모두의 내부에 위치될 수 있다.

[0023] 베이스(306)의 일부분(360)은 도가니 내에 배치된 용융물로부터 플레이트(350)를 분리시킨다. 일부분(360)은 용융물이 플레이트(350)를 손상시키거나 마모시키거나 부식시키는 것을 방지한다. 몇몇 실시예에 따르면, 일부

분(360)은 1mm 내지 20mm의 두께($T_{PORTION}$)를 가질 수 있는 반면, 플레이트(350)는 1mm 내지 20mm의 두께(T_{PLATE})를 가질 수 있고 베이스(306)는 1mm 내지 20mm의 두께(T_{BASE})를 가질 수 있다. 또한, 플레이트와 일부분의 두께(T_{PLATE} , $T_{PORTION}$)가 균일한 것으로 도시되어 있으나, 두께들이 변할 수 있다. 플레이트(350)가 베이스(306)의 일부분(360)에 의해 용융물(111)로부터 차폐되어 있으므로, 플레이트는 교환되기 전에 다수 회 사용될 수 있다.

[0024] 플레이트(350)는 접착제 또는 패스너와 같은 임의의 결합 메커니즘에 의해 베이스(306)에 부착된다. 몇몇 실시 예에서, 플레이트(360)를 리세스(320)에 고정하기 위해 슬립 주조 실리카가 사용된다. 다른 실시예에서, 리세스(320)와 플레이트(350) 간의 마찰 끼워맞춤이 플레이트를 리세스에 유지한다.

[0025] 플레이트(350)는 도가니(300)의 베이스(306)보다 더 높은 열전도율을 갖는 물질로 형성된다. 일 실시예에서, 플레이트(350)는 용융된 석영으로 형성될 수 있다. 이 실시예들에서, 플레이트(250)와 베이스(306)의 일부분

(360)은 $1 \frac{W}{m \ ^\circ K}$ 인 베이스(306)의 통상적인 열전도율과 비교하여 최대 대략 $10 \frac{W}{m \ ^\circ K}$ 인 조합된 유효 열전도율(k_{eff})을 갖는다.

[0026] 다른 실시예에서, 플레이트(350)는 도가니(300)의 베이스(306)보다 더 큰 열전도율을 갖는 임의의 물질로 형성된다. 예컨대, 플레이트(350)는 MgO, AlN, SiC, 그래파이트, 또는 MgO와 SiC, SiO_2 와 AlN, SiO_2 와 MgO, 및 SiO_2 와 TiO_2 의 복합물로 형성될 수 있다. 또한, 플레이트(350)가 일부분(360)에 의해 용융물(111)로부터 차폐되어 있으므로, 용융물과 접촉하기에 적합하지 않았을 물질(예컨대, TiO_2)들이 이 구성에서 사용될 수 있다.

표 1

T_{BASE}	$T_{PORTION}$	T_{PLATE}	$k_{PORTION}$	k_{PLATE}	k_{eff}
20	5	15	1	3	2
20	10	10	1	3	1.5
20	15	5	1	3	1.2
20	5	15	1	50	3.77
20	10	10	1	50	1.96
20	15	5	1	50	1.32
20	2	18	1	50	8.47

[0028] 위의 표 1에서 볼 수 있는 바와 같이, 베이스(306)의 유효 열전도율(k_{eff})은 일부분(360)과 플레이트(350)의 열전도율($k_{PORTION}$, k_{PLATE})과 그들의 두께($T_{PORTION}$, T_{PLATE})에 따라 좌우된다. 일부분(360)과 플레이트(350)의 조합된 유효 열전도율(k_{eff})은 플레이트와 일부분의 두께들과 플레이트의 조합에 따라 좌우된다. 베이스(206)의 조합된 유효 열전도율(k_{eff})은

$$k_{eff} \equiv \frac{T_{BASE}}{\left(\frac{T_{PLATE}}{k_{PLATE}} + \frac{T_{PORTION}}{k_{PORTION}} \right)}$$

으로 표현된다.

[0030] 도 7 및 도 8은 도 1에 도시된 로(100)와 같은 임의의 방향성 용고로에서 사용하기 위한 도가니(400)의 제3 실시예의 평면도 및 단면도를 각각 도시한다. 도가니(400)는 베이스(406)(대체로, "제2 부분")와, 베이스로부터 상방향으로 연장하는 4개의 벽부(404)를 갖는다. 베이스(406)와 벽부(404)는 그 내부에 용융물(111)(도 1 참조)이 수용되도록 함께 일체로 형성되거나 함께 결합된다. 베이스(406)는 상부면(408)과 하부면(410)을 갖는다.

[0031] 베이스(406)는 열 전도율이 증대된 일부분(450)(대체로, "제1 부분")을 갖는다. 본 명세서에 개시된 실시예들은 도가니(400)의 베이스(406)에 일부분(450)을 위치시키는 것을 개시하고 있으나, 벽부(404)들 중 임의의 벽부 또는 모두의 내부에 부가적인 일부분들이 위치될 수 있다. 또한, 일부분(450)이 사용되지 않을 수 있으며, 그 대신, 열전도율이 증대된 부분들이 벽부(404)들 중 임의의 벽부 또는 모두의 내부에 위치될 수 있다.

[0032] 상기 일부분(450)은 복합물을 형성하도록 베이스(406)를 형성하는 물질과 혼합된 하나 이상의 첨가 물질(452)을

포함한다. 도 7에 도시된 첨가 물질(452)의 수는 명료함을 위하여 상당히 저감되어 있으며, 마찬가지로, 첨가 물질의 상대적인 크기도 명료함을 위하여 상당히 증대되어 있다. 첨가 물질(452)은 베이스(406)를 형성하는 물질보다 더 큰 열전도율을 갖는다. 따라서, 증대된 열전도율을 갖는 베이스(406)의 일부분(450)의 열전도율은 대체로 도가니(400)의 벽부(404)와 베이스의 나머지보다 3배 내지 10배 더 큰 범위에 있다. 상기 일부분(450)의 첨가 물질(452)은 베이스 제조 과정에서 베이스(406)를 형성하는 물질과 혼합될 수 있는 임의의 물질로부터 선택될 수 있다. 예컨대, 첨가 물질(452)은 MgO, SiC, AlN 또는 TiO₂ 단독 또는 이들의 조합일 수 있다.

[0033] 도 9, 도 10 및 도 11은 도 1에 도시된 로(100)와 같은 임의의 방향성 응고로에서 사용하기 위한 도가니(500)의 제4 실시예의 평면도, 단면도 및 확대도를 각각 도시한다. 도가니(500)는 베이스(506)(대체로, "제2 부분")와, 베이스로부터 상방향으로 연장하는 4개의 벽부(504)를 갖는다. 베이스(506)와 벽부(504)는 그 내부에 용융물(111)(도 1 참조)이 수용되도록 함께 일체로 형성되거나 함께 결합된다. 베이스(506)는 상부면(508)과 하부면(510)을 갖는다. 상부면(508)과 하부면(510) 사이에 개구(520)가 연장된다.

[0034] 개구(520)는 4개의 측부(522)에 의해 경계가 정해지는, 도가니(500) 내에 형성된 공동에 의해 형성된다. 개구(520)는 기계 가공에 의해, 또는, 그렇지 않으면, 베이스(506)의 일부분을 제거함으로써 도가니(500) 내에 형성될 수 있다. 다른 실시예에서, 개구(520)는, 당해 개구를 형성하기 위해 베이스의 일부분을 제거하지 않도록, 도가니(500)의 제조 과정 중에 형성될 수 있다.

[0035] 베이스(506)의 일부분(530)이 개구(520)의 측부(522)로부터 내측으로 연장한 다음 벽부(504)로부터 멀리 연장한다. 상기 일부분(530)은 바닥면(510)으로부터 측정된 두께(T₃)를 가지며, 이는 베이스(506)의 두께(T₄)보다 작다. 따라서, 상기 일부분(530)은 베이스(506)로부터 바깥쪽으로 연장하며, 선반 구조를 형성한다.

[0036] 플레이트(550)(대체로, "제1 부분")는 개구(520) 내부에 위치될 수 있는 크기로 되어 있다. 다른 실시예에서, 개구(520)와 플레이트(550)는 직사각형이 아닐 수 있으며, 그 대신, 원형, 타원형 또는 임의의 다른 적당한 형상일 수 있다. 본 명세서에 개시된 실시예들은 도가니(500)의 베이스(506) 내에 플레이트(550)를 위치시키는 것을 개시하고 있으나, 벽부(504)들 중 임의의 벽부 또는 모두의 내부에 부가적인 플레이트가 위치될 수 있다. 또한, 플레이트(550)가 사용되지 않을 수 있으며, 그 대신, 플레이트가 벽부(504)들 중 임의의 벽부 또는 모두의 내부에 위치될 수 있다.

[0037] 플레이트(550)는 도가니(500)의 베이스(506)보다 더 높은 열전도율을 갖는 물질로 형성된다. 일 실시예에서,

플레이트(550)는 용융된 석영으로 형성될 수 있다. 몇몇 실시예에서, 플레이트(550)는 $1 \frac{W}{m * ^\circ K}$ 인 베이스

(506)의 통상적인 열전도율과 비교하여 대략 $3 \frac{W}{m * ^\circ K}$ 인 열전도율(k)을 갖는다. 다른 실시예에서, 플레이트(550)는 용융물(111)보다 더 높은 융점을 갖는 도가니(500)의 베이스(506)보다 더 큰 열전도율을 갖는 임의의 물질로 형성된다. 예컨대, 플레이트(550)는 MgO, AlN, SiC, 그래파이트, 또는 MgO와 SiC의 복합물로 형성될 수 있다.

[0038] 플레이트(550)는 그 둘레를 따라 플레이트의 나머지로부터 외측으로 연장하는 리드부(552)를 갖는다. 리드부는 베이스(506)의 측부(522)로부터 연장하는 일부분(530)의 폭(W2)과 거의 동일한 폭(W1)을 갖는다. 사용시, 리드부(552)는 베이스(506)의 일부분(530) 바로 위에 위치된다. 따라서, 리드부(552)와 베이스(506)의 일부분(530)은 겹치기 이음부를 함께 형성한다. 따라서, 베이스(506)와 플레이트(550)의 겹치기 이음부는 용융물(111)의 중량이 플레이트를 베이스와 접촉하도록 가압하는 결과를 초래한다. 용융물(111)이 개구와 플레이트 사이로 통과할 수 없도록, 개구(520) 내부에 플레이트(550)를 더 고정하기 위해 결합제가 사용될 수 있다. 몇몇 실시예에서, 결합제는 슬립 주조 실리카 화합물(556)이다. 도가니(500)를 사용하기 전에, 베이스(506)의 하부면(510)과 플레이트(550) 사이의 결합부(554)는 테이프 또는 다른 물질로 밀봉될 수 있다. 유체 상태인 슬립 주조 실리카(556)가 베이스(506)의 상부면(508)에 인접한 결합부(554) 속에 부어진다. 그 다음, 유체 슬립 주조 실리카(556)의 용제가 증발되고, 실리카가 결합 충전재로서 남는다. 그 다음, 결합부(554) 내의 슬립 주조 실리카(556)를 경화시키기 위해 도가니(500)가 가열될 수 있다.

[0039] 도 2 내지 도 11에서 전술한 도가니의 베이스의 증대된 열전도율은 각각의 베이스를 통한 증대된 열 플럭스(thermal flux)(즉, 열 에너지의 흐름)를 초래한다. 도가니의 베이스를 통한 증대된 열 플럭스는 도가니 내부에 수용된 용융물의 응고율을 증대시키는 결과로 이어진다. 몇몇 실시예에서, 응고율은 종래의 도가니에서 나

타나는 것보다 2배 내지 3배 증가할 수 있다.

[0040] 따라서, 용융물의 응고율의 증대는 용융물이 냉각되어 응고된 잉곳을 형성하기 위해 필요한 시간의 양을 절감시킨다. 용융물을 형성하기 위해 필요한 시간의 양의 저감은 전술한 것과 유사한 도가니를 사용하는 방향성 응고로에서 잉곳이 생산될 수 있는 비율(즉, 처리량)을 증대시킨다.

[0041] 도 12는 도 2 내지 도 11에 도시된 도가니 중 어느 하나를 사용하여 방향성 응고로에서 잉곳을 생산하는 예시적인 방법(600)을 도시하고 있다. 전술한 바와 같이, 로는 제1 부분(예컨대, 플레이트(250), 플레이트(350), 일부분(450) 또는 플레이트(550))과 제2 부분(예컨대, 베이스(206), 베이스(306), 베이스(406) 또는 베이스(506))을 구비한 베이스를 갖는 도가니를 포함한다. 제1 부분은 제2 부분보다 더 높은 열전도율을 갖는다. 예시적 실시예에서, 제1 부분은 제2 부분의 것보다 적어도 2배인 열전도율을 갖는다.

[0042] 먼저, 도가니가 실리콘 충전물로 장입된다. 그 다음, 상기 방법(600)이 블럭(610)에서 시작되며, 여기서 액체 용융물을 형성하도록 실리콘 충전물이 용융된다. 블럭(620)에서, 용융물로부터 적어도 도가니의 베이스를 통해 열이 전달된다. 열은 제2 부분을 통해 전달되는 비율에 의해 증대된 비율로 제1 부분을 통해 전달된다. 용융물로부터의 열의 전달은 용융물을 잉곳으로 응고시킨다.

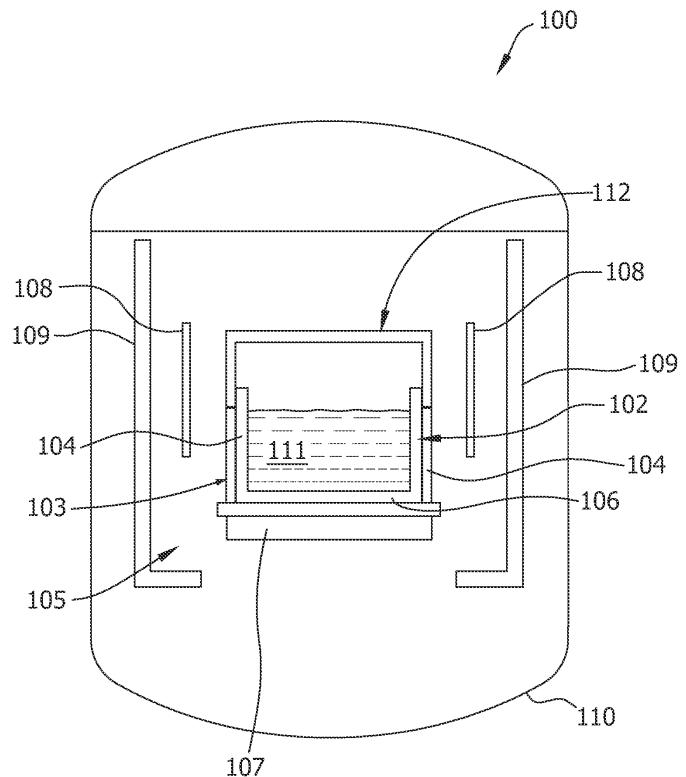
[0043] 본 발명이 여러 특정 실시예에 관하여 기술되었지만, 본 발명은 특허청구범위의 사상 및 범주 내에서 변형하여 실시될 수 있음이 인식될 것이다.

[0044] 본 발명의 구성요소 또는 본 발명의 실시예를 소개할 때, 관사 "하나(a, an)", "그(the)" 및 "상기(said)"는 그 구성요소가 하나 이상이 존재함을 의미하고자 한다. "포함하는(comprising)", "포함하는(including)" 및 "갖는(having)"이라는 용어는 포괄적인 것으로 의도하고자 하며 열거된 구성요소들 이외의 추가적인 구성요소들이 존재할 수 있음을 의미한다. 특정한 배향[예컨대, "상부(top)", "하부(bottom)", "측부(side)" 등]을 나타내는 용어는 설명의 편의를 위해 사용되며 기술된 항목의 어떤 특정한 배향을 필요로 하지 않는다.

[0045] 전술한 구성 및 방법에서 본 발명의 범주를 벗어나지 않으면서 각종 변경이 이루어질 수 있으므로, 전술한 설명에 포함되고 첨부 도면들에 도시된 모든 요소들은 예시적인 것이지 제한하려는 의미가 아닌 것으로 해석하고자 한다.

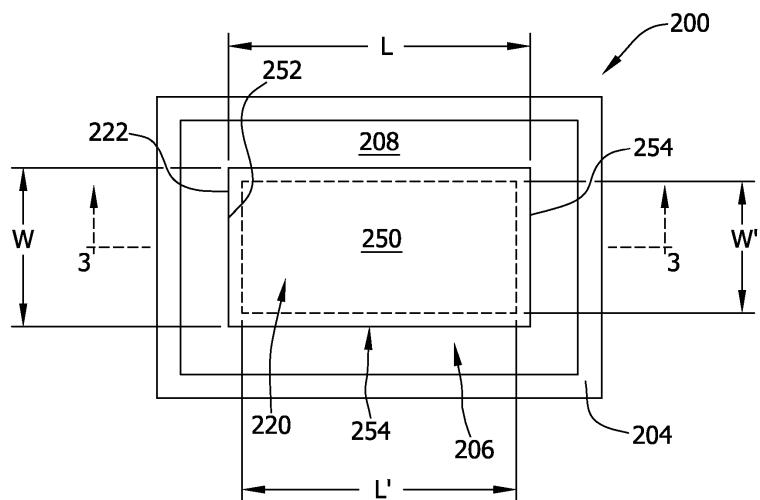
도면

도면1

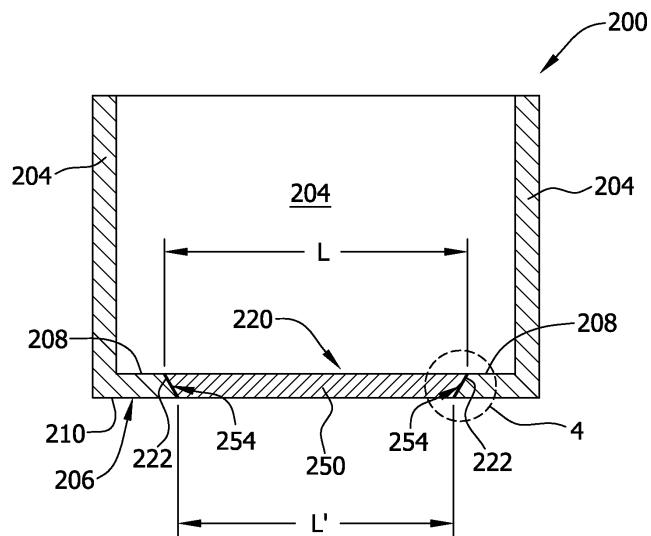


종래 기술

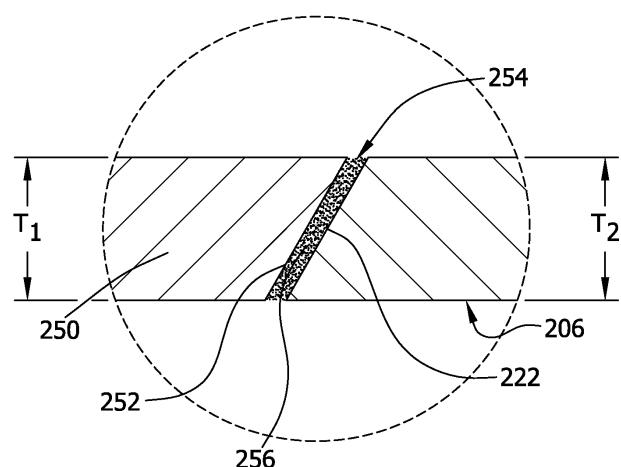
도면2



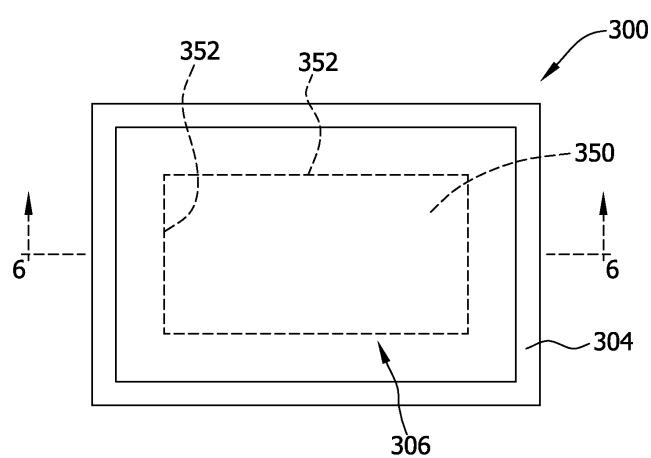
도면3



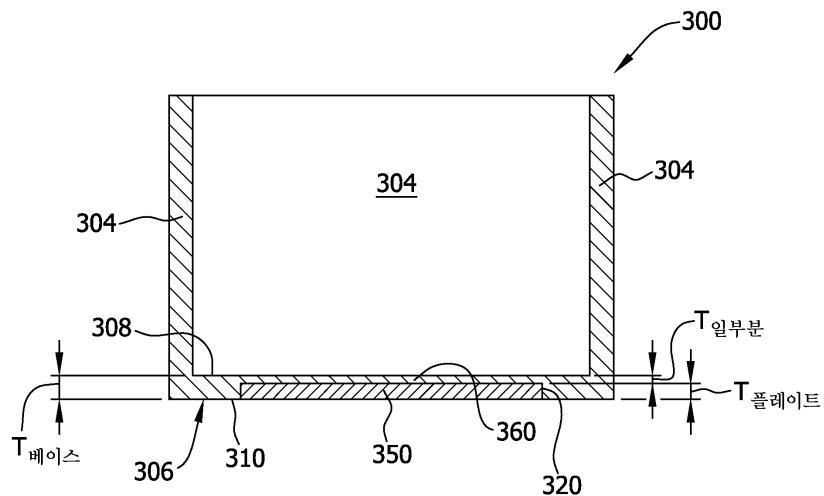
도면4



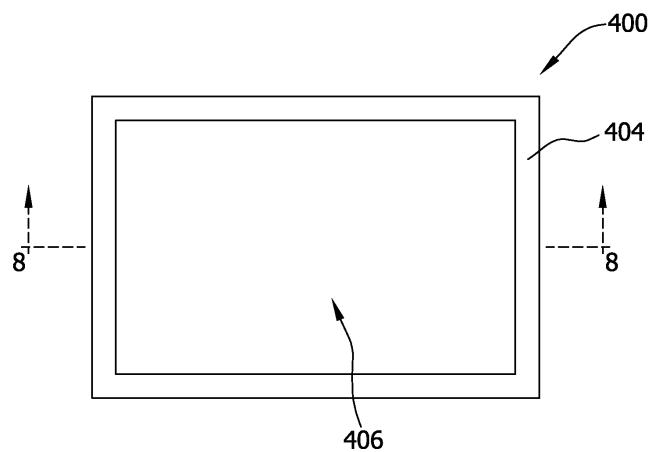
도면5



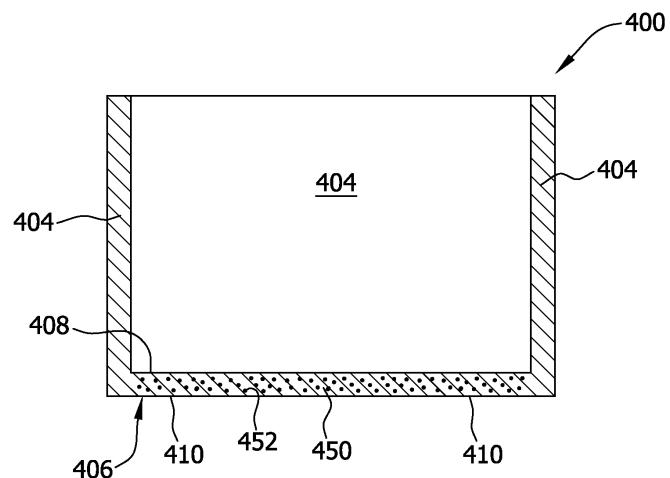
도면6



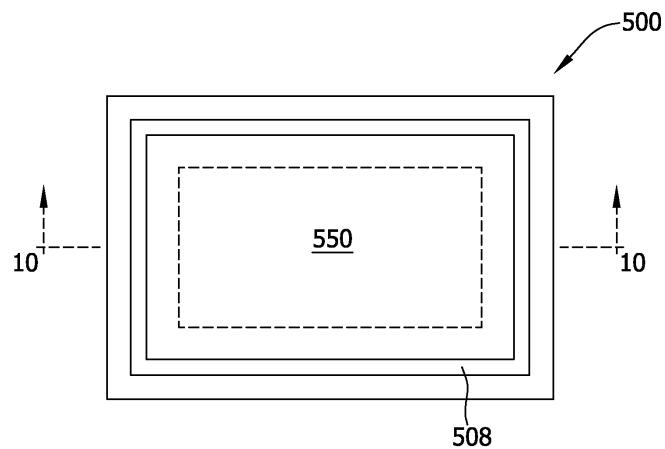
도면7



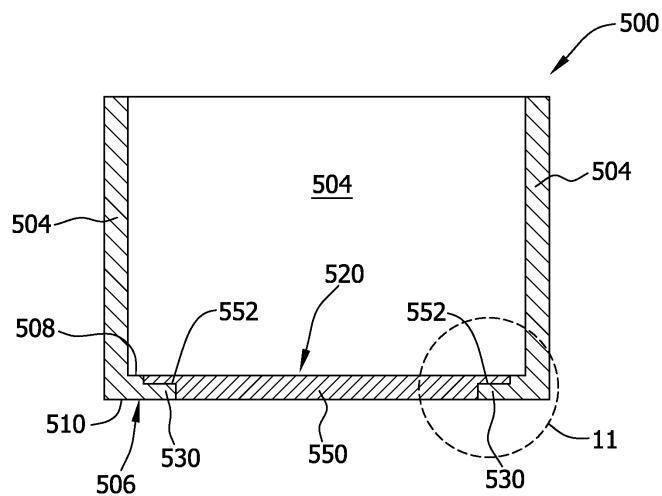
도면8



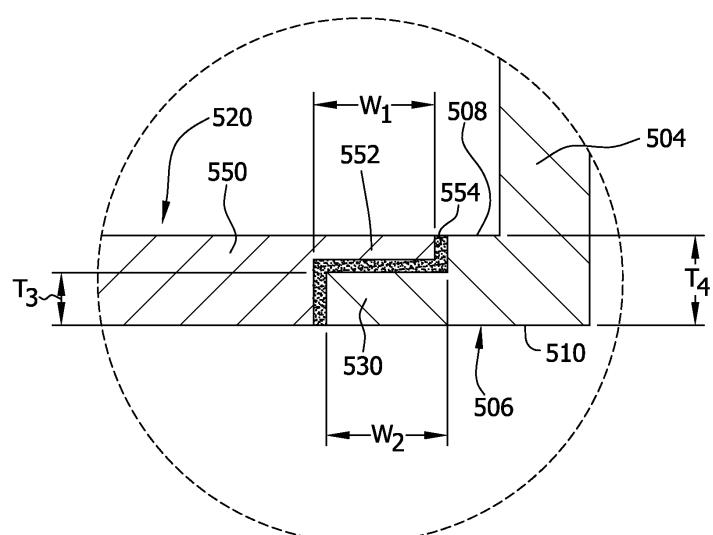
도면9



도면10



도면11



도면12

