



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2014-0044809  
(43) 공개일자 2014년04월15일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
C30B 11/00 (2006.01) C30B 35/00 (2006.01)  
C30B 29/06 (2006.01)  
(21) 출원번호 10-2013-7031928  
(22) 출원일자(국제) 2012년04월30일  
심사청구일자 없음  
(85) 번역문제출일자 2013년12월02일  
(86) 국제출원번호 PCT/US2012/035803  
(87) 국제공개번호 WO 2012/151155  
국제공개일자 2012년11월08일  
(30) 우선권주장  
13/098,989 2011년05월02일 미국(US)

(71) 출원인  
지티에이티 코퍼레이션  
미국 뉴햄프셔 03054 메리맥 테니얼 웹스터 하이웨이 243  
(72) 발명자  
라비, 부바라가사미, 가네산  
미국 뉴햄프셔 03063 나슈아 노르만디 웨이 17  
파스사라시, 산타나, 래그해반  
미국 뉴햄프셔 03063 나슈아 노르만디 웨이 2  
(뒷면에 계속)  
(74) 대리인  
한라특허법인

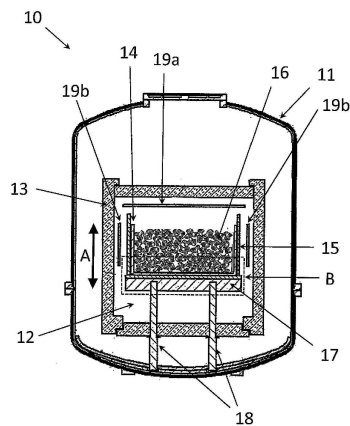
전체 청구항 수 : 총 30 항

(54) 발명의 명칭 큰 입경을 갖는 다결정 재료의 제조장치 및 방법

(57) 요약

도가니 박스 내에서 임의로 포함되어 도가니 지지블록상에 놓이는 도가니를 포함하는 결정성장장치가 개시되어 있는데, 사용되는 경우에, 도가니의 바닥, 도가니 박스의 바닥판, 및/또는 도가니 지지블록은 적어도 하나의 냉각제를 그 안에서 순환키시도록 구성된 적어도 하나의 공동을 포함한다. 큰 전체 입경을 갖는 결과로서 얻은 결정재료 뿐만아니라 설명한 결정성장장치를 사용하여 결정재료를 준비하기 위한 방법이 또한 개시되어 있다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

**라키, 데이비드**

미국 뉴햄프셔 03054 메리맥 306 에이피티. 바우워  
즈 랜딩 드라이브 5

**앤드루키브, 안드레**

미국 뉴햄프셔 03049 홀리스 휠러 로드 227

**리틀, 데이비드**

미국 뉴햄프셔 03031 암허스트 존스 로드 8

**바데이, 바라**

미국 매사추세츠 01876 톱스버리 헨리 제이 드라이브 32

**차티어, 칼**

미국 뉴햄프셔 03104 맨체스터 메이플허스트 에비  
뉴 152

## 특허청구의 범위

### 청구항 1

결정성장장치로서,

단열재료 둘러싸인 고온 영역;

상기 고온 영역에서 도가니 지지블록 상에 위치한 도가니 박스 - 상기 도가니 박스는 상기 도가니 지지블록과 열접촉하는 바닥판을 구비함 -; 및

상기 도가니 박스 내에 위치하고 상기 도가니 박스의 상기 바닥판과 열접촉하는 바닥을 갖는 도가니;를 포함하며,

상기 도가니 지지블록, 상기 도가니 박스의 바닥판, 또는 상기 도가니 지지블록과 상기 도가니 박스의 상기 바닥판 모두가 그 안에서 적어도 하나의 냉각제를 순환시키도록 구성된 적어도 하나의 공동을 포함하는 결정성장장치.

### 청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 도가니 지지블록은 그 안에서 적어도 하나의 냉각제를 순환시키도록 구성된 적어도 하나의 공동을 포함하는 결정성장장치.

### 청구항 3

제 2 항에 있어서, 상기 공동은 상기 도가니 박스의 상기 바닥판과 접촉하는 결정성장장치.

### 청구항 4

제 1 항에 있어서, 상기 도가니 박스의 상기 바닥판은 그 안에서 적어도 하나의 냉각제를 순환시키도록 구성된 적어도 하나의 공동을 포함하는 결정성장장치.

### 청구항 5

제 4 항에 있어서, 상기 공동은 상기 도가니의 바닥과 접촉하는 결정성장장치.

### 청구항 6

제 4 항에 있어서, 상기 공동은 상기 도가니 지지블록과 접촉하는 결정성장장치.

### 청구항 7

제 1 항에 있어서, 상기 도가니의 바닥은 상기 도가니 박스의 상기 바닥판과 접촉하는 적어도 하나의 공동을 포함하며, 상기 공동은 그 안에서 적어도 하나의 냉각제를 순환시키도록 구성된 결정성장장치.

### 청구항 8

제 1 항에 있어서, 상기 공동은 냉각제를 순환시키기 위한 별도의 유입구와 배출구를 포함하는 결정성장장치.

### 청구항 9

제 8 항에 있어서, 상기 배출구는 상기 고온영역 내로 냉각제를 배출하도록 구성된 결정성장장치.

### 청구항 10

제 1 항에 있어서, 상기 냉각제는 기체상태인 결정성장장치.

### 청구항 11

제 10 항에 있어서, 상기 냉각제는 아르곤 또는 헬륨인 결정성장장치.

#### 청구항 12

제 1 항에 있어서, 상기 공동은 상기 도가니의 바닥에 대해서 중앙에 위치한 결정성장장치.

#### 청구항 13

제 1 항에 있어서, 상기 공동은 상기 도가니의 바닥에 대하여 평행한 방향으로 원형 단면형상을 갖는 결정성장장치.

#### 청구항 14

제 1 항에 있어서, 상기 공동은 상기 도가니의 바닥에 대하여 평행한 방향으로 나선형 단면형상을 갖는 결정성장장치.

#### 청구항 15

제 1 항에 있어서, 상기 나선은 가변 경로 두께를 갖는 결정성장장치.

#### 청구항 16

제 14 항에 있어서, 상기 나선은 일정한 경로 두께를 갖는 결정성장장치.

#### 청구항 17

제 1 항에 있어서, 상기 공동은 상기 바닥과 상기 도가니에 대하여 수직한 방향으로 오목한 단면형상을 갖는 결정성장장치.

#### 청구항 18

제 1 항에 있어서, 상기 공동은 상기 도가니의 바닥에 대하여 수직한 방향으로 볼록한 단면형상을 갖는 결정성장장치.

#### 청구항 19

제 1 항에 있어서, 상기 도가니는 적어도 하나의 고체 원료를 포함하고 단결정 시드는 포함하지 않는 결정성장장치.

#### 청구항 20

제 1 항에 있어서, 상기 도가니는 실리콘을 함유하는 결정성장장치.

#### 청구항 21

제 1 항에 있어서, 상기 단열재는 상기 도가니에 대하여 수직한 방향으로 이동할 수 있는 결정성장장치.

#### 청구항 22

제 1 항에 있어서, 상기 고온영역은 적어도 하나의 가열요소를 더 포함하는 결정성장장치.

#### 청구항 23

제 22 항에 있어서, 상기 고온영역은 상기 도가니 위에 위치한 상부 가열요소 및 상기 도가니를 에워싸는 적어도 하나의 측면 가열요소를 포함하는 결정성장장치.

#### 청구항 24

결정성장장치로서,

단열재에 의해서 둘러싸인 고온영역; 및

상기 고온영역에서 도가니 지지블록상에 위치한 도가니 - 상기 도가니는 상기 도가니 지지블록과 열접촉하는 바닥을 구비함 -;를 포함하며,

상기 도가니 지지블록, 상기 도가니의 바닥 또는 상기 도가니 지지블록과 상기 도가니의 바닥 모두는 적어도 하나의 냉각제를 순환시키도록 구성된 적어도 하나의 공동을 구비하는 결정성장장치.

#### 청구항 25

제 24 항에 있어서, 상기 도가니는 탄화규소, 질화규소, 또는 탄화규소나 질화규소와 실리카의 합성물인 결정성장장치.

#### 청구항 26

결정재료의 제조방법으로서,

- i) 결정성장장치의 고온영역에서 도가니 박스에 포함된 도가니를 도가니 지지블록 위로 위치시키는 단계 - 상기 도가니 박스는 상기 도가니 지지블록과 열접촉하는 바닥판을 가지며, 상기 도가니는 고체원료를 함유하고, 상기 도가니 박스의 바닥판과 열접촉하는 바닥을 가짐 -;
- ii) 액체 공급원료 용융물을 형성하도록 상기 도가니의 고체 원료를 가열하는 단계;
- iii) 상기 도가니 지지블록, 상기 도가니 박스의 상기 바닥판, 또는 상기 도가니 지지블록과 상기 도가니 박스의 상기 바닥판 모두에 있는 적어도 하나의 공동을 통해서 적어도 하나의 냉각제를 순환시키는 단계; 그리고
- iv) 상기 결정재료를 형성하기 위해서 상기 고온영역으로부터 열을 제거하는 단계;를 포함하는 결정재료의 제조방법.

#### 청구항 27

제 26 항에 있어서, 상기 결정재료는 다수의 결정입자들을 갖는 다결정 실리콘인 결정재료의 제조방법.

#### 청구항 28

제 27 항에 있어서, 상기 다결정 실리콘의 결정입자들은 원주상을 갖는 결정재료의 제조방법.

#### 청구항 29

제 26 항에 있어서, 상기 도가니는 적어도 하나의 고체원료를 함유하고 단결정 시드는 함유하지 않는 결정재료의 제조방법.

#### 청구항 30

결정재료의 제조방법으로서,

- i) 결정성장장치의 고온영역에서 도가니를 도가니 지지블록 위로 위치시키는 단계 - 상기 도가니는 고체원료를 함유하고, 상기 도가니 지지블록과 열접촉하는 바닥판을 가짐 -;
- ii) 액체 공급원료 용융물을 형성하도록 상기 도가니의 고체 원료를 가열하는 단계;
- iii) 상기 도가니, 상기 도가니 지지블록, 또는 상기 도가니와 상기 도가니 지지블록 모두에 있는 적어도 하나의 공동을 통해서 적어도 하나의 냉각제를 순환시키는 단계; 그리고
- iv) 상기 결정재료를 형성하기 위해서 상기 고온영역으로부터 열을 제거하는 단계;를 포함하는 결정재료의 제조방법.

## 명세서

## 기술분야

[0001] 관련출원

[0002] 본 출원은 2011년 5월 2일자로 출원된 미국출원번호 제 13/098,989 호의 우선권을 주장하며, 상기 미국출원은 여기에서는 참조로서 통합된 것이다.

[0003] 본 출원은 큰 입경을 갖는 결정재료를 제조하기 위한 장치 및 방법에 관한 것이다.

## 배경 기술

- [0004] 방향성 응고장치(DSS) 및 열교환방법(HEM) 로들과 같은 결정성장 장치들이나 로들에서는 잉곳을 생산하기 위해서 도가니 내에서 실리콘과 같은 원료 물질의 용융 및 제어된 재응고가 진행된다. 용융 원료로부터 응고된 잉곳의 제조는 많은 시간에 걸쳐서 몇몇 구별가능한 단계들로 진행된다. 예를 들면, DSS방법에 의해서 실리콘 잉곳을 제조하기 위하여, 고체 실리콘 원료가 도가니에 제공되는데, 이것은 흑연 도가니박스에 자주 포함되고 DSS로의 고온 영역내로 위치한다. 이 원료는 액체 원료 용융물을 형성하도록 가열되는데, 이때 1,412℃의 실리콘 녹는 보다 높은 로의 온도가 완벽한 용해를 보장하기 위해서 몇시간 동안 유지된다. 일단 완전하게 용해되면, 용융물을 방향성 응고시키고 실리콘 잉곳을 형성하기 위해서, 고온 영역에서 온도구배를 적용함으로써 열은 용해된 원료로부터 제거된다. 용융물의 고화를 제어함으로써, 출발 원료물질보다 높은 순도를 갖는 잉곳이 달성될 수 있는데, 이것은 반도체산업 및 태양광발전산업과 같은 다양한 고급 응용분야에서 사용될 수 있다.
- [0005] 실리콘 원료의 통상적인 방향성 응고에 있어서, 결과로서 고화된 실리콘 잉곳은 일반적으로 작은 결정입경 및 배향을 임의로 갖는 다결정이다. 예를 들면, 일반적으로, DSS-제조 다결정 실리콘 잉곳은 500  $\text{mm}^2$ 와 같거나 이보다 작은 임의로 배향된 결정입경을 가지며, 1000  $\text{mm}^2$ 보다 큰 입경이 드물게 목격된다. 임의로 배향된 작은 입경들은 가벼운 유도전자들과 홀들 간의 재결합 센터로서 작용하고, 이 결함들은 다결정 실리콘으로부터 유도된 태양전지의 효율을 감소시키는 것으로 밝혀졌다.
- [0006] 비교하면, 상당히 큰 입경이나 단결정 구조를 갖는 실리콘 잉곳들은 증가된 태양전지 효율을 갖는 것으로 밝혀졌다. 그러나, 그러한 재료를 준비하기 위한 방법은 통상적으로 느리고 난해하며 비용이 많이 든다. 예를 들면, DSS나 HEM 프로세스를 사용하여 단결정 실리콘 잉곳을 제조하기 위해서는, 단결정 실리콘의 고체 시드가 실리콘 원료와 함께 도가니의 바닥에 위치하며, 만약 공급원료가 완전히 용융된 후에 고체 시드가 유지되면, 용융물의 결정화는 단결정 시드의 결정배향에 대응하여 일어난다. 그러나, 그러한 프로세스에 있어서, 시드가 용융되는 것을 방지하기가 어렵고 시간이 많이 소모되며, 그래서 HEM 로에서는 추가적인 장비와 제어가 필요하다. 또한, 결과적인 실리콘 잉곳들은 최종 실리콘 잉곳에 걸쳐서 단결정 재료의 적당한 수율을 갖는다. 낮은 수율은 유용한 재료의 상당한 손실을 초래하여 프로세스와 최종 제품의 비용증가를 야기한다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

- [0007] 그러므로, 높은 전체효율을 갖는 전지를 제공하기 위해서 제어된 조건하에서 큰 입경과 경제적으로 상당히 줄어든 입경을 갖는 단결정 실리콘과 같은 결정재료를 제조하기 위한 결정성장 장치 및 방법의 필요성이 대두하였다.

### 과제의 해결 수단

- [0008] 본 발명은 단열재에 의해서 둘러싸인 고온영역, 및 도가니 박스 내에 임의로 포함되고 상기 고온영역에서 도가니 지지블록 상에 위치한 도가니를 포함하는 결정성장장치에 관한 것이다. 적어도 하나의 공동이 도가니의 바닥, 임의의 도가니 박스의 바닥, 및/또는 도가니 지지블록에 제공된다. 일 실시 예에 있어서, 도가니는 도가니 지지블록과 열적 소통, 바람직하게는 열접촉하는 바닥판을 갖는 도가니 박스에 포함되고, 도가니는 도가니 박스의 바닥판과 열적 소통, 바람직하게는 열접촉하는 바닥을 갖는다. 도가니 지지블록, 도가니 박스의 바닥판, 또는 도가니 지지블록 및 도가니 박스의 바닥판은 그 안에서 적어도 하나의 냉각제를 순환시키도록 구성된 적어도 하나의 공동을 포함한다. 다른 실시 예에 있어서, 도가니는 도가니 지지블록상에 놓이고, 도가니 지지블록과 열적 소통, 바람직하게는 열접촉하는 바닥을 갖는다. 도가니 지지블록, 도가니의 바닥, 또는 도가니 지지블록과 도가니의 바닥 모두는 적어도 하나의 냉각제를 순환시키도록 구성된 적어도 하나의 공동을 포함한다. 이 실시 예에 있어서, 바람직하게는 도가니는 탄화규소, 질화규소 또는 탄화규소나 질화규소와 실리콘의 합성물이다.
- [0009] 또한 본 발명은 결정재료의 제조방법에 관한 것으로서, 상기 방법은, 결정성장장치의 고온영역에서 도가니 박스에 임의로 포함된 도가니를 도가니 지지블록 위로 위치시키는 단계; 액체원료 용융물을 형성하도록 상기 도가니의 고체 원료를 가열하는 단계; 그리고 상기 도가니의 바닥, 임의의 도가니 박스의 바닥 및/또는 도가니 지지블록에 제공된 적어도 하나의 공동을 통해서 적어도 하나의 냉각제를 순환시키는 단계;를 포함한다. 일 실시 예에 있어서, 상기 방법은, i) 고온영역에서 도가니 박스에 포함된 도가니를 도가니 지지블록 위로 위치시키는 단계

- 상기 도가니 박스는 상기 도가니 지지블록과 열접촉하는 바닥판을 가지며, 상기 도가니는 고체원료를 함유하고, 상기 도가니 박스의 바닥판과 열접촉하는 바닥을 가짐 -; ii) 액체 공급원료 용융물을 형성하도록 상기 도가니의 고체 원료를 가열하는 단계; iii) 상기 도가니 지지블록, 상기 도가니 박스의 상기 바닥판, 또는 상기 도가니 지지블록과 상기 도가니 박스의 상기 바닥판 모두에 있는 적어도 하나의 공동을 통해서 적어도 하나의 냉각제를 순환시키는 단계; 그리고 iv) 상기 결정재료를 형성하기 위해서 상기 고온영역으로부터 열을 제거하는 단계;를 포함한다. 다른 실시 예에 있어서, 상기 방법은, i) 고온영역에서 도가니를 도가니 지지블록 위로 위치시키는 단계 - 상기 도가니는 고체원료를 함유하고, 상기 도가니 지지블록과 열접촉, 바람직하게는 열접촉하는 바닥판을 가짐 -; ii) 액체 공급원료 용융물을 형성하도록 상기 도가니의 고체 원료를 가열하는 단계; iii) 상기 도가니, 상기 도가니 지지블록, 또는 상기 도가니와 상기 도가니 지지블록 모두에 있는 적어도 하나의 공동을 통해서 적어도 하나의 냉각제를 순환시키는 단계; 그리고 iv) 상기 결정재료를 형성하기 위해서 상기 고온영역으로부터 열을 제거하는 단계;를 포함한다.

[0010] 상기한 일반적인 설명과 다음의 상세한 설명은 예시적이고 단지 설명을 위한 것이며, 청구된 바와 같은 본 발명의 추가 설명을 제공하도록 의도된 것이다.

### 발명의 효과

[0011] 본 발명은 결정재료를 제조하기 위한 결정성장장치 및 방법을 제공하고자 한 것이며, 본 발명의 결정성장장치는 실리콘과 같은 고체원료를 가열 및 용융시킬 수 있으며 부수적으로는 다결정 실리콘 잉곳과 같은 결정재료를 형성하도록 결과로서 용융된 원료물질의 재고화를 증진시킨다.

### 도면의 간단한 설명

[0012] 도 1은 본 발명의 결정성장장치의 실시 예의 단면도이다. 도 2, 도 3 및 도 4는 도 1의 "B" 부분의 확대도로서 본 발명의 결정성장장치의 실시 예들의 추가적인 특징들을 보여주는 도면이다.

도 5, 도 6, 도 6a, 도 7 및 도 8은 본 발명의 결정성장장치의 다양한 실시 예들에서 사용된 공동들을 나타낸 도면이다.

도 9는 본 발명의 방법의 실시 예를 사용하여 준비된 결정재료의 단면의 일부를 나타낸 도면이고, 도 10은 비교 방법을 사용하여 준비된 결정재료의 단면의 일부를 나타낸 도면이다. 도 11은 도 9 및 도 10의 결정재료에 대하여 결정된 입자 영역 분포들을 보여주는 그래프이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0013] 본 발명은 결정재료를 제조하기 위한 결정성장장치 및 방법에 관한 것이다.

[0014] 본 발명의 결정성장장치는 용광로, 특히 고온 용광로이며, 이것은 약 1000℃ 이상의 온도에서 실리콘과 같은 고체원료를 가열 및 용융시킬 수 있으며 부수적으로는 다결정 실리콘 잉곳과 같은 결정재료를 형성하도록 결과로서 용융된 원료물질의 재고화를 증진시킨다. 예를 들면, 결정성장장치는 방향성 고화 시스템(DSS) 결정성장 용광로가 될 수 있다. 비록 단결정이거나 상당부분이 단결정인 결정재료를 사용할 수 있는 것이 필요할지라도, 바람직하게는 고체원료는 단결정 실리콘 시드를 함유하지 않는다.

[0015] 본 발명의 결정성장장치는 외부 용광로 챔버 또는 셸 및 상기 용광로 셸 내의 내부 고온영역을 포함한다. 용광로 셸은 고온 결정 용광로에 사용되는 것으로 해당기술분야에 알려져 있으며, 물과 같은 냉각수의 순환을 위한 냉각채널을 한정하는 외벽과 내벽을 구비한 스테인레스강 셸을 포함한다. 결정성장장치의 고온영역은 용광로 셸 내에 있는 내부영역이며, 여기에는 열이 제공되고 공급원료를 용융하여 재응고시키도록 제어된다. 고온영역은 단열재에 의해서 둘러싸이고 한정되는데, 이 단열재는 낮은 열전도도를 가지며 고온 결정성장 용광로에서의 온도와 조건들을 견딜 수 있는 해당기술분야에 알려진 재료가 될 수 있다. 예를 들면, 고온영역은 흑연 단열재료 둘러싸일 수 있다. 고온영역의 형상과 치수는 정적이거나 이동이 가능한 다수의 단열 패널들에 의해서 형성될 수 있다. 예를 들면, 고온영역은 상부, 측면 및 바닥 단열패널들로 형성될 수 있으며, 상부 및 측면 단열패널들은 고온영역 내에 위치한 도가니에 대하여 수직으로 이동하도록 구성된다.

[0016] 고온영역은 도가니 박스 내에 임의로 위치하여 도가니 지지블록 위로 위치하는 도가니를 더 포함하고, 상기 도가니의 바닥, 임의의 상기 도가니 박스의 바닥 및/또는 도가니 지지블록에 있는 적어도 하나의 공동을 더 포함하는데, 이것에 대해서는 아래에서 더욱 상세하게 설명할 것이다. 도가니는 예를 들어 석영(실리카), 흑연, 탄화규소, 질화규소, 탄화규소나 질화규소와 실리카의 합성물, 열분해 질화붕소, 알루미늄, 또는 지르코니아와 같



은 다양한 내열재료로 제조될 수 있고, 혹은 고화후에 잉곳의 균열을 방지하기 위해서 질화규소와 같은 재료로 피복될 수도 있다. 도가니는 예를 들어 원통형, 정육면체나 직육면체(정사각형 단면을 가짐), 또는 테이퍼진 모양을 포함하여 다양한 형상들을 적어도 하나의 측면과 바닥에 가질 수 있다. 바람직하게는, 공급원료는 실리온이고, 도가니는 실리카로 제조되고, 정육면체나 직육면체 형상을 갖는다.

[0017] 도가니는 도가니 박스 내에 임의로 포함될 수 있는데, 이때 상기 도가니 박스는 도가니의 측면과 바닥을 지지하고 강성을 제공하며, 특히 가열될 때 손상, 균열, 연화하는 경향이 있는 재료가 도가니용으로 특히 바람직하다. 예를 들면, 도가니 박스는 실리카 도가니에 대하여 바람직하지만, 탄화규소, 질화규소 또는 탄화규소나 질화규소와 실리카의 합성물로 제조된 도가니에 대해서는 불필요하다. 도가니 박스는 흑연과 같은 다양한 내열재료로 제조될 수 있으며, 통상적으로 적어도 하나의 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.

[0018] 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 폐달들 상에서 돌출될 수 있다. 도가니 지지블록은 흑연과 같은 내열재료로 제조될 수 있고, 사용되는 경우에는 도가니 박스와 유사한 재료로 제조되는 것이 바람직하다.

[0019] 고온영역은 도가니에 위치한 고체원료를 용융시키기 위해서 열을 제공하도록 다중 가열요소들과 같은 적어도 하나의 가열장치를 또한 포함할 수 있다. 예를 들면, 고온영역은 도가니 위의 고온영역의 상부영역에서 수평으로 위치한 상부 가열요소, 및 상기 상부가열요소의 수직아래에 위치하고 상기 고온영역과 상기 도가니의 측면들을 따라서 위치하는 적어도 하나의 측면 가열요소를 포함할 수 있다. 고온영역에서의 온도는 다양한 가열요소들로 제공되는 전력을 조절함으로써 제어될 것이다.

[0020] 위에서 언급한 바와 같이, 고온영역은 상기 도가니의 바닥, 임의의 도가니 박스의 바닥, 도가니 지지블록 또는 이들의 조합에서 적어도 하나의 공동을 더 포함한다. 이 공동은 내부에 적어도 하나의 냉각제를 함유하고 순환시키도록 구성된다. 냉각제는 액체 원료 용융물을 함유하는 도가니에 형성된 공동을 통해서 공동을 통해서 유동할 수 있고 도가니 아래로부터 열을 제거할 수 있는 재료이다. 냉각제는 아르곤이나 헬륨과 같은 기체 또는 기체들의 혼합물이 될 수 있거나, 또는 물과 같은 액체 또는 액체들의 혼합물이 될 수 있다. 본 발명의 일 실시예에 있어서, 결정성장장치는 고온영역에서 도가니 지지블록상에 있는 도가니 박스에 포함된 도가니를 포함한다. 도가니 박스는 도가니 지지블록과 열접촉하는 바닥을 가지며, 도가니는 도가니 박스의 바닥판과 열접촉하는 바닥을 갖는다. 도가니 지지블록, 도가니 박스의 바닥판, 또는 도가니 지지블록과 도가니 박스의 바닥판 모두는 그 안에서 냉각제를 순환시키도록 구성된 적어도 하나의 공동을 포함한다. 본 발명의 다른 실시예에 있어서, 결정성장장치는 고온영역에서 도가니 지지블록상에 있는 도가니를 포함하며, 상기 도가니는 도가니 지지블록과 열접촉하는 바닥을 가지며, 도가니 지지블록, 도가니의 바닥 또는 도가니 지지블록과 도가니의 바닥 모두는 그 안에서 냉각제를 순환시키도록 구성된 적어도 하나의 공동을 포함한다. 두 실시예들에 있어서, 공동은 바람직하게는 별도의 냉각제 유입구와 배출구를 가지는데, 이것들은 냉각제가 공동내로 유입되게 하고 도가니에 있는 액체 원료 용융물을 냉각시키도록 공동 내에서 순환되게 한다. 기체사이 냉각제들에 대하여, 냉각제는 결정성장장치, 특히 고온영역내로 배출될 수 있다.

[0021] 공동은 다양한 형상을 가질 수 있고, 예를 들어 도가니 바닥, 임의의 도가니 박스 및/또는 도가니 지지블록의 일부를 드릴링이나 다른 절단장치를 사용하는 것을 포함하여 해당 기술분야에 알려진 방법을 사용하여 제공될 수 있다. 또한, 부품들중 하나에 형성된 공동 및 임의의 형상을 갖는 인서트는 원하는 최종형상을 만들어내도록 공동에 제공될 것이다. 바람직하게는, 공동은 중심대칭적 단면형상을 가지며, 공동의 중앙에 대하여 대칭적으로 수직한 회전축을 갖는다. 예를 들면, 공동은 도가니의 바닥에 대하여 평행한 방향으로 정사각형, 직사각형, 타원형 또는 원형 단면형상을 가질 수 있다. 또한, 공동은 도가니 바닥에 대하여 평행한 방향으로 나선형 경로를 형성할 수 있으며, 이 경로는 유입구로부터 배출구에 이르기까지 일정하거나 가변적인 두께를 가질 수 있다. 또한, 공동은 도가니 바닥에 대하여 수직한 방향으로 오목하거나 볼록한 단면형상을 가질 수 있다.

[0022] 또한, 공동은 도가니의 바닥, 임의의 도가니 박스의 바닥, 및/또는 도가니 지지블록 내에서 어느장소에라도 제공될 수 있다. 예를 들면, 공동은 이러한 부품들 내에 중앙에서 수평으로 제공될 수 있고, 바람직하게는 도가니의 중앙 아래에 제공된다. 또한, 도가니, 도가니 박스 또는 도가니 지지블록은 하나 또는 그 이상의 공동들을 각각 포함할 것이다. 예를 들면, 정사각형 형상의 도가니 지지블록은 중앙에 하나의 공동을 포함하거나 또는 모



서리의 각각에 제공된 추가적인 공동들과 함께 중앙 공동을 포함할 것이다. 또한, 공동은 부품의 중앙에 수직으로 제공될 수 있거나, 또는 상부면이나 바닥면에 제공되어 부품과 위아래로 접촉하게 된다. 바람직하게는, 공동은 가능한한 도가니에 있는 공급원료에 근접하게 부품에 제공된다. 예를 들면, 공동은 도가니 바닥 또는 임의의 도가니의 바닥판과 열접촉하도록 도가니 블록의 표면을 따라서 제공될 수 있다. 또한, 2개의 인접한 부품들은 냉각제를 순환시키기 위해서 함께 큰 공동을 형성하는 공동을 각각 포함할 것이다. 예를 들면, 도가니 지지블록의 상부면은 얇은 원형공동을 포함할 것이며, 도가니 지지블록의 바닥판의 바닥면은 냉각제를 순환시키기 위해서 큰 원통형 공동을 함께 형성하는 얇은 원형 공동을 또한 포함할 것이다. 다른 조합들은 해당 기술분야의 숙련된 당업자가 이해할 수 있을 것이다.

[0023] 공동의 두께는 제공된 부품의 두께 및 사용된 재료의 형태에 따라서 변할 수 있다. 일반적으로, 도가니의 바닥 또는 도가니 박스의 바닥에 제공된 공동은 통상적으로 비교적 얇게 형성되고, 통상적으로 두껍고 보다 단단하게 도가니 지지블록에 제공된 공동보다 작은 직경을 갖는다. 또한, 흑연이나 탄화규소와 같은 재료들로 제조된 부품들은 넓고 큰 공동을 지지할 수 있다. 예를 들면, 본 발명의 실시 예들에 있어서, 공동은 도가니의 바닥에 제공되고, 도가니는 실리카로 제조되며, 공동은 도가니가 균열되어 용융물을 흘리는 것을 회피하기 위해 비교적 작고 얇게 형성한다. 탄화규소 도가니에 대하여, 공동은 비교적 크고 두께가 두꺼울 것이다. 또한, 흑연으로 제조된 도가니 박스의 바닥판에 위치한 공동들은 사용되는 경우에 도가니에 있는 공급원료의 하중을 지지하기에 적합한 크기 및 직경을 가질 필요가 있으며, 650kg 보다 큰 하중이 사용되는 경우에 특히 중요하다. 도가니 지지블록에 제공된 공동들은 크고 흑연으로 제조되고, 도가니 지지블록의 완결성을 해치지 않으면서 크고 두껍게 만들 수 있다. 특정 재료로 제조된 특정 도가니들, 도가니 박스들 및 도가니 지지블록에 대하여 원하는 동등 크기들은 과도한 실험없이 해당 기술분야의 숙련된 당업자에 의해서 쉽게 결정될 수 있다.

[0024] 도 1은 본 발명의 결정성장장치의 실시 예의 단면도이다. 그러나, 해당 기술분야의 숙련된 당업자는 이것은 단지 설명을 위한 것으로서 단지 예를 든 것이며 본 발명을 제한하지 않음을 알 수 있을 것이다. 다양한 변형 및 다른 실시 예들은 해당 기술분야의 숙련된 당업자가 이해할 수 있는 범위 내에 있으며, 본 발명의 영역내에 속하는 것임을 알 수 있을 것이다. 또한, 해당 기술분야의 숙련된 당업자는 특별한 구성은 예시적인 것이며 실제적인 구성은 특별한 장치에 따른다는 것을 알 수 있을 것이다. 해당 기술분야의 숙련된 당업자는 여기에서 설명한 특별한 요소들은 단지 일상적인 실험으로 사용한 것이고 그에 대한 등가물들이 채택 가능하다는 것을 알 수 있을 것이다.

[0025] 도 1에 도시된 결정성장장치(10)는 용광로 셀(11), 및 단열재(13)에 의해서 둘러싸이고 한정된 용광로 셀(11) 내의 고온영역(12)을 포함한다. 도가니 박스(15) 내에 위치하고 원료(16)를 함유하는 도가니(14)는 받침대들(18) 상에서 돌출한 도가니 지지블록(17) 위의 고온영역(12)에 제공된다. 고온영역(12)은 상부 히터(19a)와 2개의 측면 히터들(19b)을 구비한 가열장치를 더 포함한다. 단열 케이징(13)은 화살표 A로 나타낸 바와 같이 수직하게 이동할 수 있고, 이것은 결정성장장치(10)의 고온영역으로부터 열을 제거하기 위한 수단으로서, 고온영역(12)과 그 안에 포함된 요소들을 외부 챔버(11)로 노출시키며, 물과 같은 냉각매체를 사용하여 냉각된다.

[0026] 결정성장장치(10)의 고온영역(12)은 도가니 지지블록(17), 도가니 박스(15)의 바닥판(15a), 또는 도가니(14)의 바닥(14b)에 제공된 공동(20,30,40)을 더 포함하는데, 이것은 도 1의 영역 "B"의 확대도들인 도 2, 도 3 및 도 4에 각각 도시되어 있다. 이 도면들의 각각에 도시된 바와 같이, 도가니(14b)의 바닥은 도가니 박스(15b)의 바닥판과 열접촉하며, 도가니 지지블록(17)과 또한 열접촉하고, 공동(20,30,40)은 도가니(14)의 중앙 C 아래에 위치하고 여기에는 원료(16)가 함유된다. 공동(20,30,40)은 냉각제 유입구(21,31,41) 및 냉각제 배출구(22,32,42)를 각각 더 포함하며, 이것들은 서로 교환하여 사용될 수 있다.

[0027] 도 5, 도 6, 도 6a, 도 7 및 도 8은 본 발명의 결정성장장치에서 사용될 수 있는 공동들의 특정 예들을 각각 나타낸다. 특히, 도 5는 냉각제 가스 유입구(51)와 3개의 냉각제 가스 배출구들(52)이 제공되고 나선형 공동(50)을 갖는 도가니 박스(55)의 바닥판의 개략도이다. 잘 도시된 바와 같이, 나선형 공동(50)은 도가니 박스 바닥판의 상부면에 있고, 그러므로 그 위에 위치한 도가니의 바닥과 직접 열접촉하게 된다. 도 6은 도가니 박스의 바닥판이나 그 위에 위치한 도가니의 바닥과 직접 열접촉하는 상부면에서 중앙에 수평으로 원형 개구부(63)를 형성하는 원통형 공동(60)을 갖는 도가니 지지블록(67)의 개략도이다. 도 6a는 대각선을 따라서 나타낸 단면과 같이 도가니 지지블록의 다른 도면이다. 공동(60)은 4개의 냉각제 배출구들(62)(도 6에는 3개가 나타나 있고 도 6a에는 2개를 볼 수 있음)을 따르는 하나의 냉각수 유입구(61)를 갖는다. 도 7 및 도 8은 오목 및 볼록 형상의 공동 인서트들 각각 나타낸 단면도들이며, 이들의 각각은 도 6a의 것과 유사한 원통형 공동 내로 위치할 수 있고 원하는 오목 또는 볼록 공동형상을 만들어내도록 제공된 냉각제 유입구들(61)에 대응하는 71 또는 81) 및 냉

각제 배출구(62에 대응하는 72 또는 82)을 구비한다.

[0028] 본 발명의 결정성장장치는 실리콘과 같은 고체 원료로부터 다결정 실리콘 잉곳과 같은 결정재료를 준비하기 위한 방법에서 사용될 수 있다. 그러므로, 본 발명은 또한 결정재료를 준비하기 위한 방법에 관한 것이다. 이 방법은 결정성장장치의 고온영역에서 도가니 박스에 임의로 포함된 고체원료를 함유하는 도가니를 도가니 지지블록 위로 위치시키는 단계, 및 액체 공급원료 용융물을 형성하도록 상기 도가니의 고체 원료를 가열하는 단계를 포함한다. 바람직하게는, 도가니는 적어도 하나의 고체 원료를 함유하고 단결정 시드는 함유하지 않는다. 일단 고체원료가 완전히 용융되면, 본 방법은 상기 도가니 지지블록, 상기 도가니 박스의 상기 바닥판, 또는 상기 도가니 지지블록과 상기 도가니 박스의 상기 바닥판 모두에 있는 적어도 하나의 공동을 통해서 적어도 하나의 냉각제를 순환시키는 단계, 그리고 상기 결정재료를 형성하기 위해서 상기 고온영역으로부터 열을 제거하는 단계를 더 포함한다. 냉각제 순환은 열제거의 개시전 또는 동시에 이루어질 수 있다. 도가니, 임의의 도가니 박스, 도가니 지지블록 및 공동은 상기한 것들중 어느 것이 될 수 있다. 본 방법의 일 실시 예에 있어서, 도가니 박스에 함유된 도가니는 도가니 지지블록상에 위치하고, 상기 도가니는 상기 도가니 지지블록 및 고체원료를 함유하는 도가니와 열접촉하는 바닥판을 가지며, 도가니 박스의 바닥판과 열접촉하는 바닥을 갖는다. 도가니에서 고체 원료를 가열하여 액체 원료 용융물을 형성하도록 완전히 용융시킨 후에, 적어도 하나의 냉각제가 도가니 지지블록, 도가니 박스의 바닥판, 또는 도가니 지지블록과 도가니 박스의 바닥판 모두에 있는 적어도 하나의 공동을 통해서 순환되고, 열이 고온영역으로부터 제거된다. 본 방법의 다른 실시 예에 있어서, 도가니는 도가니 지지블록 위로 위치하고, 고체원료를 함유하고 도가니 지지블록과 열접촉하는 바닥을 가지며, 고체원료는 액체 원료 용융물을 형성하도록 도가니에서 가열되어 완전히 용융된다. 적어도 하나의 냉각제가 도가니, 도가니 지지블록, 또는 도가니 지지블록과 도가니 박스의 바닥판 모두에 있는 적어도 하나의 공동을 통해서 순환되고, 결정재료를 형성하도록 고온영역으로부터 열이 제거된다.

[0029] 도가니의 바닥, 도가니 박스의 바닥판, 및/또는 도가니 지지블록에 있는 공동을 통해서 냉각제가 순환되는 본 발명의 방법 및 장치에 의해서 제조된 결정재료는, 도가니의 아래로 냉각제를 순환시키기 위해서 사용되는 공동이 없는 유사한 공정 및 장치에 의해서 제조된 것들에 비해서 상당히 큰 결정 입경을 갖는다는 것을 알 수 있다. 예로서, 다결정 실리콘 잉곳은 본 발명의 방법 및 장치를 사용하여 준비되었고, 비교 예로서, 다결정 실리콘 잉곳이 공동이나 순환 냉각제가 준비되지 않은 비교공정을 사용하여 준비되었다. 잉곳들은 실험을 사용하여 절단되었고, 광학 스캐너를 사용하여 노출 단면 표면의 일부에서 결정입계들을 촬영하였다. 결과적인 이미지들이 도 9 (본 발명의 방법 및 장치를 사용하여 제조된 다결정 실리콘에 대하여) 및 도 10(비교방법 및 장치를 사용하여 제조된 다결정 실리콘에 대하여)에 나타나 있다. 입경들이 계량화되었고, 분포들이 이미지 분석 소프트웨어를 사용하여 계산되었다. 통계적인 입도 분포들이 도 11에 도시되어 있으며 표 1에 나타나 있다.

표 1

[0030]

입자면적 범위	도 9(실시예) 각 범위의 %	도 10(비교예) 각범위의 %
< 5	0.1	0.1
5-10	0.1	0.1
11-20	2.5	5.2
21-30	2.2	6.4
31-40	1.8	4.0
41-50	1.2	3.5
51-60	1.8	3.6
61-70	1.7	3.0
71-80	2.2	2.9
81-100	3.4	2.7
101-150	3.8	9.6
151-250	2.8	7.2
251-500	9.2	18.5
> 500	66.8	33.0

[0031]

데이터가 보여주는 바와 같이, 본 발명의 방법에 의해서 제조된 다결정 실리콘 잉곳의 66.8%는 500  $\mu\text{m}^2$  이상의

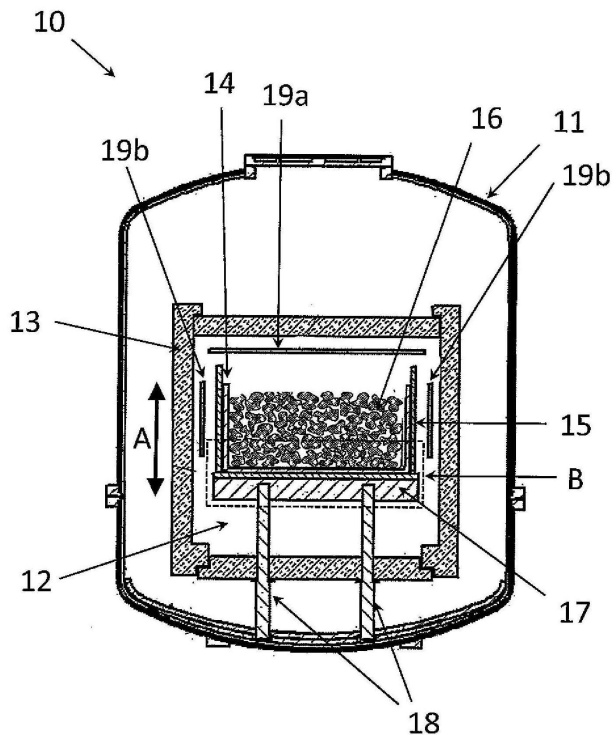
평균 입경을 갖는데 비해서, 비교 다결정 실리콘 잉곳의 단지 33%만이 이러한 범위의 입경을 가졌다. 그러므로, 상당히 큰 입경들을 갖는 다결정 실리콘은 본 발명의 방법 및 장치에 의해서 제조된다. 또한, 본 발명의 방법에서 제조된 다결정 실리콘의 결정 입자들은 실리콘 잉곳의 바닥으로부터 상부까지 원주형인 것으로 밝혀졌으며, 잉곳의 상부 절반부와 하부 절반부는 큰 입경을 갖는 것으로 밝혀졌다. 또한, 결정 입자들의 결과적인 배향들은 반복 가능, 즉, 동일한 성분으로 동일한 공동을 이용하여 동일한 방법에 의해서 제조된 결정재료들은 유사한 입경과 배향을 갖는 것이다. 결과로서 얻어진 결정재료는 전체적으로 큰 입경들을 가지며, 양호한 전기적 및 구조적 특성들을 가질 것으로 기대되고, 이에 의해서 전체적인 태양전지 성능이 개선되고 더욱 얇은 웨이퍼들의 절단이 가능하게 된다.

[0032]

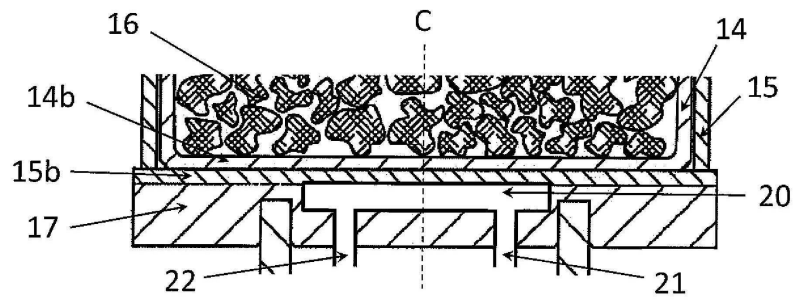
본 발명의 바람직한 실시 예들의 전술한 상세한 설명은 설명을 목적으로 제공된 것이다. 이것은 본 발명을 설명한 것으로 한정하기 위해서 의도된 것이 아니다. 상기한 내용들을 기초하여 수정 및 변경이 가능하거나 또는 본 발명의 수행을 통해서도 수정 및 변경이 가능하다. 상기 실시 예들은 본 발명의 원리를 설명하기 위해서 선택되거나 설명되었으며, 그것의 실제적인 응용은 해당 기술분야의 숙련된 당업자가 다양한 실시 예들에 있어서 본 발명을 이용할 수 있고 특별한 용도에 부합하도록 다양하게 변경할 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 본 발명의 영역은 여기에 첨부된 특허청구범위에 의해서 그리고 그 등가물들로 한정되도록 의도된 것이다.

## 도면

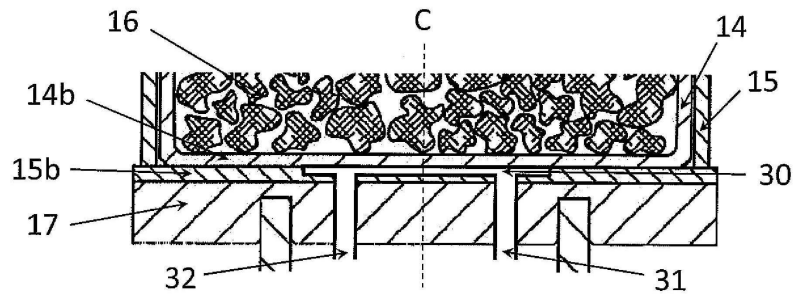
### 도면1



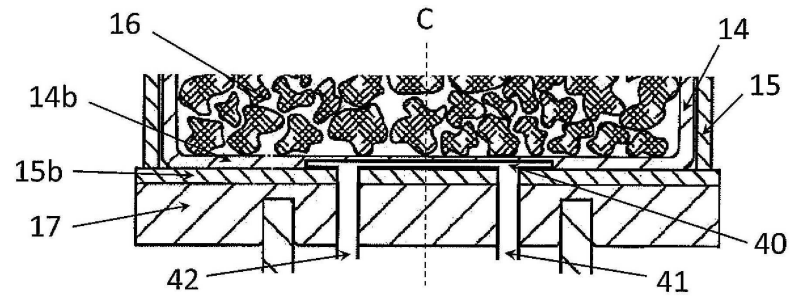
도면2



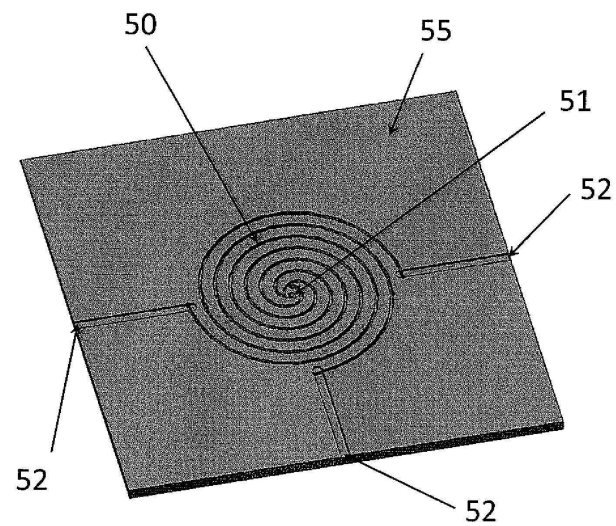
도면3



도면4

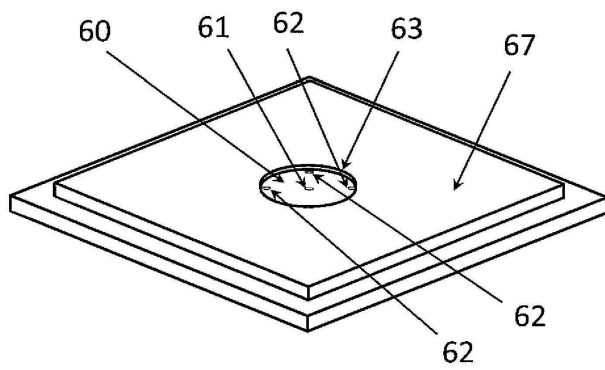


도면5

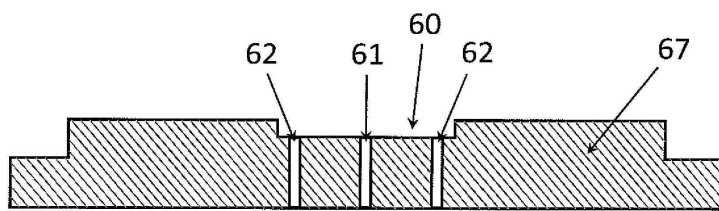




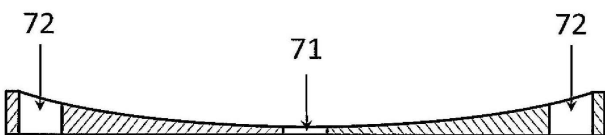
도면6



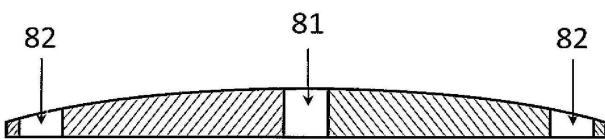
도면6a



도면7



도면8



도면9



도면10



도면11

