



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2012-0090030  
(43) 공개일자 2012년08월16일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
C30B 11/00 (2006.01) C30B 28/04 (2006.01)  
C30B 15/10 (2006.01) C04B 35/584 (2006.01)  
(21) 출원번호 10-2012-7003982  
(22) 출원일자(국제) 2010년07월16일  
심사청구일자 없음  
(85) 번역문제출일자 2012년02월15일  
(86) 국제출원번호 PCT/US2010/042309  
(87) 국제공개번호 WO 2011/009062  
국제공개일자 2011년01월20일  
(30) 우선권주장  
61/226,172 2009년07월16일 미국(US)  
(뒷면에 계속)

(71) 출원인  
엠이엠씨 싱가포르 피티이. 엘티디.  
싱가포르 048424 싱가포르 피더블유씨 빌딩  
넘버11-00 크로스 스트리트 8  
(72) 발명자  
필립스, 리차드 제이.  
미국 63376 미주리주 세인트 피터스 펄 드라이브  
501 엠이엠씨 싱가포르 피티이, 엘티디. 내  
킴벨, 스티븐 엘.  
미국 63376 미주리주 세인트 피터스 펄 드라이브  
501 엠이엠씨 싱가포르 피티이, 엘티디. 내  
(뒷면에 계속)  
(74) 대리인  
양영준, 양영환

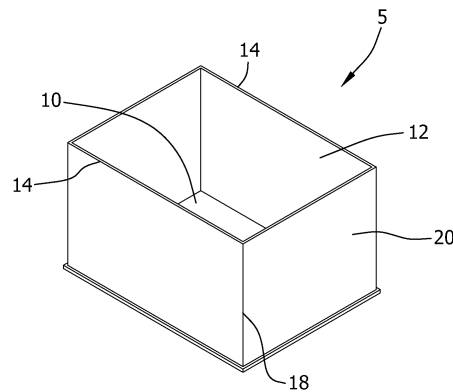
전체 청구항 수 : 총 359 항

(54) 발명의 명칭 코팅된 도가니 및 그의 제조 방법 및 용도

(57) 요약

용융된 반도체 재료를 보유하기 위한 질화규소 코팅된 도가니, 및 방향성 응고 공정에 의한 다결정질 규소 잉곳을 제조하기 위한 그의 용도, 도가니를 코팅하는 방법, 규소 잉곳 및 웨이퍼의 제조 방법, 도가니를 코팅하기 위한 조성물 및 낮은 산소 함량을 갖는 규소 잉곳 및 웨이퍼가 기재되어 있다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

**데쉬판데, 아디트야**

미국 63376 미주리주 세인트 피터스 펄 드라이브  
501 엠이엠씨 싱가포르 파티이, 엘티디. 내

**시, 강**

미국 63376 미주리주 세인트 피터스 펄 드라이브  
501 엠이엠씨 싱가포르 파티이, 엘티디. 내

(30) 우선권주장

61/226,175 2009년07월16일 미국(US)

61/226,176 2009년07월16일 미국(US)

## 특허청구의 범위

### 청구항 1

바닥 및 바닥에서부터 위로 연장되는 측벽을 가지며, 바닥 및 측벽이 반도체 재료를 보유하기 위한 공동을 한정하고, 측벽이 내부 표면 및 외부 표면을 갖는 몸체, 및

측벽의 내부 표면의 제1 영역 상의 제1 코팅,

제1 코팅 중에 존재하지 않는 첨가제를 포함하는, 측벽의 내부 표면의 제2 영역 상의 제2 코팅 (제1 코팅은 제2 코팅을 완전히 포개지 않고, 제2 코팅은 제1 코팅을 완전히 포개지 않음)

을 포함하는, 용융된 반도체 재료를 보유하기 위한 도가니(crucible).

### 청구항 2

제1항에 있어서, 제1 코팅이 도가니의 바닥에서부터 높이  $H_1$ 까지 연장되고, 제2 코팅이 대략  $H_1$ 에서부터 높이  $H_2$ 까지 연장되는 것인 도가니.

### 청구항 3

제2항에 있어서, 도가니의 바닥과  $H_1$  사이의 거리가 측벽의 높이의 약 50% 이상인 도가니.

### 청구항 4

제2항 또는 제3항에 있어서, 도가니의 바닥과  $H_2$  사이의 거리가 측벽의 높이의 약 60% 이상 또는 측벽의 높이의 약 75% 이상 또는 약 90% 이상인 도가니.

### 청구항 5

제2항 또는 제3항에 있어서,  $H_2$ 가 대략 응고 라인  $S_1$  위로 연장되는 것인 도가니.

### 청구항 6

제2항 또는 제3항에 있어서,  $H_2$ 가 대략 도가니의 최상부까지 연장되는 것인 도가니.

### 청구항 7

제2항에 있어서, 도가니의 바닥과  $H_1$  사이의 거리가 측벽의 높이의 약 70% 이상인 도가니.

### 청구항 8

제7항에 있어서, 도가니의 바닥과  $H_2$  사이의 거리가 측벽의 높이의 약 75% 이상 또는 측벽의 높이의 약 90% 이상인 도가니.

### 청구항 9

제7항에 있어서,  $H_2$ 가 대략 응고 라인  $S_1$  위로 연장되는 것인 도가니.

### 청구항 10

제7항에 있어서,  $H_2$ 가 대략 도가니의 최상부까지 연장되는 것인 도가니.

### 청구항 11

제2항에 있어서, 도가니의 바닥과  $H_1$  사이의 거리가 측벽의 높이의 약 85% 이상인 도가니.

### 청구항 12

제11항에 있어서, 도가니의 바닥과  $H_2$  사이의 거리가 측벽의 높이의 약 90% 이상인 도가니.

#### 청구항 13

제12항에 있어서,  $H_2$ 가 대략 응고 라인  $S_1$  위로 연장되는 것인 도가니.

#### 청구항 14

제12항에 있어서,  $H_2$ 가 대략 도가니의 최상부까지 연장되는 것인 도가니.

#### 청구항 15

제1항 내지 제14항 중 어느 한 항에 있어서, 제1 코팅이 질화규소를 포함하는 것인 도가니.

#### 청구항 16

제15항에 있어서, 제1 코팅이 본질적으로 질화규소 및 탄소로 이루어지는 것인 도가니.

#### 청구항 17

제15항에 있어서, 제1 코팅이 약 1 중량% 미만의 탄소를 포함하는 것인 도가니.

#### 청구항 18

제1항 내지 제17항 중 어느 한 항에 있어서, 제2 코팅이 질화규소 및 소결제를 포함하는 것인 도가니.

#### 청구항 19

제18항에 있어서, 제2 코팅이 약 40 중량% 이상의 질화규소 또는 약 60 중량% 이상 또는 약 80 중량% 이상의 질화규소를 포함하는 것인 도가니.

#### 청구항 20

제18항 또는 제19항에 있어서, 제2 코팅이 소결제로서 약 0.5 중량% 이상의 이트리아를 또는 소결제로서 약 1 중량% 이상, 약 5 중량% 이상, 약 10 중량% 이상, 약 15 중량% 이상, 약 20 중량% 이상 또는 약 0.5 중량% 내지 약 25 중량%의 이트리아를 포함하는 것인 도가니.

#### 청구항 21

제18항 내지 제20항 중 어느 한 항에 있어서, 제2 코팅이 소결제로서 약 0.5 중량% 이상의 실리카를 또는 소결제로서 약 1 중량% 이상, 약 5 중량% 이상, 약 10 중량% 이상, 약 15 중량% 이상, 약 20 중량% 이상 또는 약 0.5 중량% 내지 약 25 중량%의 실리카를 포함하는 것인 도가니.

#### 청구항 22

제18항 내지 제21항 중 어느 한 항에 있어서, 제2 코팅이 소결제로서 약 0.5 중량% 이상의 알루미늄을 또는 소결제로서 약 1 중량% 이상, 약 5 중량% 이상, 약 10 중량% 이상 또는 약 0.5 중량% 내지 약 25 중량%의 알루미늄을 포함하는 것인 도가니.

#### 청구항 23

제18항 내지 제20항 중 어느 한 항에 있어서, 제2 코팅이 본질적으로 질화규소, 소결제 및 탄소로 이루어지는 것인 도가니.

#### 청구항 24

제23항에 있어서, 소결제가 이트리아, 실리카, 알루미늄 및 이의 조합으로부터 선택되는 것인 도가니.

#### 청구항 25

제23항에 있어서, 소결제가 이트리아인 도가니.

#### 청구항 26

제23항에 있어서, 소결제가 실리카인 도가니.

#### 청구항 27

제18항 내지 제26항 중 어느 한 항에 있어서, 제2 코팅이 약 1 중량% 미만의 탄소를 포함하는 것인 도가니.

#### 청구항 28

제18항에 있어서, 제2 코팅 조성물 중 소결제 대 질화규소의 질량비가 약 1:20 이상 또는 약 1:10 이상, 약 2:5 이상 또는 약 4:5 이상인 도가니.

#### 청구항 29

제1항 내지 제28항 중 어느 한 항에 있어서, 도가니 몸체가 실리카, 질화규소 및 흑연으로부터 선택되는 재료를 포함하는 것인 도가니.

#### 청구항 30

제1항 내지 제28항 중 어느 한 항에 있어서, 도가니 몸체가 실리카를 포함하는 것인 도가니.

#### 청구항 31

제1항 내지 제28항 중 어느 한 항에 있어서, 도가니 몸체가 본질적으로 실리카로 이루어지는 것인 도가니.

#### 청구항 32

제1항 내지 제31항 중 어느 한 항에 있어서, 도가니의 바닥의 내부 표면이 제1 코팅물로 코팅되는 도가니.

#### 청구항 33

제1항 내지 제32항 중 어느 한 항에 있어서, 제1 코팅의 두께가 약 50  $\mu\text{m}$  이상, 약 100  $\mu\text{m}$  이상, 약 250  $\mu\text{m}$  이상, 약 500  $\mu\text{m}$  이상, 약 750  $\mu\text{m}$  이상 또는 약 50  $\mu\text{m}$  내지 약 1000  $\mu\text{m}$ 인 도가니.

#### 청구항 34

제1항 내지 제33항 중 어느 한 항에 있어서, 제2 코팅의 두께가 약 50  $\mu\text{m}$  이상, 약 100  $\mu\text{m}$  이상, 약 250  $\mu\text{m}$  이상, 약 500  $\mu\text{m}$  이상, 약 750  $\mu\text{m}$  이상 또는 약 50  $\mu\text{m}$  내지 약 1000  $\mu\text{m}$ 인 도가니.

#### 청구항 35

제1항 내지 제34항 중 어느 한 항에 있어서, 모양이 직사각형인 도가니.

#### 청구항 36

제1항 내지 제35항 중 어느 한 항에 있어서, 제1 및 제2 코팅 조성물로 도가니를 코팅하여 제1 및 제2 코팅을 형성함으로써 제조되는 도가니.

#### 청구항 37

제2항 및 제15항 내지 제36항 중 어느 한 항에 있어서, 제1 코팅과 제2 코팅이 도가니 측벽의 일부를 따라 포개 지도록 제2 코팅이 H<sub>1</sub> 아래로 연장되는 것인 도가니.

#### 청구항 38

제37항에 있어서, H<sub>1</sub>이 응고 라인 S<sub>1</sub> 위로 연장되는 것인 도가니.

#### 청구항 39

제37항 또는 제38항에 있어서, H<sub>1</sub>이 대략 도가니의 최상부까지 연장되는 것인 도가니.

#### 청구항 40

제37항 내지 제39항 중 어느 한 항에 있어서, 코팅이 포개지는 부분 내에서 제1 코팅이 도가니 측벽과 제2 코팅 사이에 위치되는 것인 도가니.

#### 청구항 41

제37항 내지 제39항 중 어느 한 항에 있어서, 코팅이 포개지는 부분 내에서 제2 코팅이 도가니 측벽과 제1 코팅 사이에 위치되는 것인 도가니.

#### 청구항 42

다결정질 규소를 제1항 내지 제41항 중 어느 한 항에 따른 도가니에 적재하는 단계,  
규소 충전물을 대략 충전물의 용융 온도를 초과하는 온도로 가열하여 규소 용융물을 형성하는 단계, 및  
규소 용융물을 방향성 응고시켜 다결정질 규소 잉곳을 형성하는 단계  
를 포함하는, 다결정질 규소 잉곳의 제조 방법.

#### 청구항 43

제42항에 따른 방법으로 제조되는 다결정질 규소 잉곳.

#### 청구항 44

제42항에 기재된 바와 같이 다결정질 규소 잉곳을 제조하는 단계 및 잉곳을 슬라이싱하여 웨이퍼를 제조하는 단계를 포함하는 다결정질 규소 웨이퍼의 제조 방법.

#### 청구항 45

제44항에 따른 방법으로 제조되는 다결정질 규소 웨이퍼.

#### 청구항 46

제1 코팅 조성물을 측벽의 내부 표면의 제1 영역에 적용하는 단계, 및  
제1 코팅 조성물이 제2 코팅 조성물 전체를 포개지 않고, 제2 코팅 조성물이 제1 코팅 조성물 전체를 포개지 않도록, 제2 코팅 조성물을 측벽의 내부 표면의 제2 영역에 적용하는 단계  
를 포함하는, 바닥 및 바닥에서부터 위로 연장되는 측벽을 가지며, 바닥 및 측벽이 반도체 재료를 보유하기 위한 공동을 한정하고, 측벽이 내부 표면 및 외부 표면을 갖는 몸체를 포함하는 도가니의 잉곳-이형 특징을 개선시키는 방법.

#### 청구항 47

제46항에 있어서, 제1 코팅 조성물을 도가니의 바닥에서부터 높이  $H_1$ 까지의 측벽의 내부 표면에 적용하고, 제2 코팅 조성물은 대략  $H_1$ 에서부터 높이  $H_2$ 까지의 도가니의 내부 표면에 적용하는 방법.

#### 청구항 48

제47항에 있어서, 도가니의 바닥과  $H_1$  사이의 거리가 측벽의 높이의 약 50% 이상인 방법.

#### 청구항 49

제47항 또는 제48항에 있어서, 도가니의 바닥과  $H_2$  사이의 거리가 측벽의 높이의 약 60% 이상 또는 측벽의 높이의 약 75% 이상 또는 약 90% 이상인 방법.

#### 청구항 50

제47항 또는 제48항에 있어서,  $H_2$ 가 대략 응고 라인  $S_1$  위로 연장되는 방법.

#### 청구항 51

제47항 또는 제48항에 있어서,  $H_2$ 가 대략 도가니의 최상부까지 연장되는 방법.

#### 청구항 52

제47항에 있어서, 도가니의 바닥과  $H_1$  사이의 거리가 측벽의 높이의 약 70% 이상인 방법.

#### 청구항 53

제52항에 있어서, 도가니의 바닥과  $H_2$  사이의 거리가 측벽의 높이의 약 75% 이상 또는 측벽의 높이의 약 90% 이상인 방법.

#### 청구항 54

제52항에 있어서,  $H_2$ 가 대략 응고 라인  $S_1$  위로 연장되는 방법.

#### 청구항 55

제52항에 있어서,  $H_2$ 가 대략 도가니의 최상부까지 연장되는 방법.

#### 청구항 56

제47항에 있어서, 도가니의 바닥과  $H_1$  사이의 거리가 측벽의 높이의 약 85% 이상인 방법.

#### 청구항 57

제56항에 있어서, 도가니의 바닥과  $H_2$  사이의 거리가 측벽의 높이의 약 90% 이상인 방법.

#### 청구항 58

제57항에 있어서,  $H_2$ 가 대략 응고 라인  $S_1$  위로 연장되는 방법.

#### 청구항 59

제58항에 있어서,  $H_2$ 가 대략 도가니의 최상부까지 연장되는 방법.

#### 청구항 60

제46항 내지 제59항 중 어느 한 항에 있어서, 제2 코팅 조성물이 제1 코팅 조성물 중에 존재하지 않는 첨가제를 포함하는 것인 방법.

#### 청구항 61

제46항 내지 제60항 중 어느 한 항에 있어서, 제1 코팅 조성물이 매질, 질화규소, 및 코팅물의 도가니에 대한 부착을 증강시키기 위한 결합제를 포함하는 것인 방법.

#### 청구항 62

제61항에 있어서, 질화규소가 매질 중에 현탁된 미립자인 방법.

#### 청구항 63

제61항 또는 제62항에 있어서, 제1 코팅 조성물이 약 5 중량% 이상의 질화규소 또는 약 15 중량% 이상, 약 30 중량% 이상의 질화규소, 약 5 중량% 내지 약 50 중량%, 약 15 중량% 내지 약 50 중량%의 질화규소, 약 10 중량% 내지 약 40 중량%의 질화규소, 약 30 중량% 내지 약 40 중량%의 질화규소 또는 약 37 중량% 내지 약 37.7 중량%의 질화규소를 포함하는 것인 방법.

#### 청구항 64

제62항 또는 제63항에 있어서, 매질이 C1 내지 C10 알콜인 방법.

#### 청구항 65

제61항 내지 제63항 중 어느 한 항에 있어서, 매질이 이소프로필 알콜인 방법.

#### 청구항 66

제61항 내지 제65항 중 어느 한 항에 있어서, 제1 코팅 조성물이 약 10 중량% 이상의 매질, 약 30 중량% 이상, 약 50 중량% 이상의 매질, 약 70 중량% 이상의 매질, 약 10 중량% 내지 약 80 중량%의 매질, 약 30 중량% 내지 약 70 중량%, 약 40 중량% 내지 약 60 중량%, 약 45 중량% 내지 약 55 중량%의 매질 또는 약 47.9 중량% 내지 약 50.6 중량%의 매질을 포함하는 것인 방법.

#### 청구항 67

제61항 내지 제66항 중 어느 한 항에 있어서, 결합제가 폴리비닐 부티랄인 방법.

#### 청구항 68

제61항 내지 제67항 중 어느 한 항에 있어서, 제1 코팅 조성물이 약 0.5 중량% 이상의 결합제, 약 2 중량% 이상, 약 5 중량% 이상, 약 10 중량% 이상, 약 15 중량% 이상, 약 0.5 중량% 내지 약 20 중량%, 약 0.5 중량% 내지 약 10 중량%, 약 0.5 중량% 내지 약 8 중량%, 약 2 중량% 내지 약 8 중량% 또는 약 5.4 중량% 내지 약 6.8 중량%의 결합제를 포함하는 것인 방법.

#### 청구항 69

제61항 내지 제68항 중 어느 한 항에 있어서, 조성물이 메틸옥시란 중합체 분산제를 포함하는 것인 방법.

#### 청구항 70

제61항 내지 제69항 중 어느 한 항에 있어서, 제1 코팅 조성물이 약 0.05 중량% 이상의 분산제, 약 0.1 중량% 이상, 약 0.5 중량% 이상, 약 1 중량% 이상, 약 5 중량% 이상, 약 0.05 중량% 내지 약 10 중량%, 약 0.05 중량% 내지 약 5 중량%, 약 0.5 중량% 내지 약 2.5 중량% 또는 약 1.6 중량% 내지 약 2.1 중량%의 분산제를 포함하는 것인 방법.

#### 청구항 71

제61항 내지 제70항 중 어느 한 항에 있어서, 제1 코팅 조성물이 폴리에틸렌 글리콜 가소제를 포함하는 것인 방법.

#### 청구항 72

제61항 내지 제71항 중 어느 한 항에 있어서, 제1 코팅 조성물이 약 0.5 중량% 이상의 가소제 또는 약 2 중량% 이상, 약 5 중량% 이상, 약 8 중량% 이상, 약 12 중량% 이상, 약 0.5 중량% 내지 약 20 중량%, 약 0.5 중량% 내지 약 10 중량%, 약 0.5 중량% 내지 약 8 중량% 또는 약 5.4 중량% 내지 약 5.8 중량%의 가소제를 포함하는 것인 방법.

#### 청구항 73

제61항 내지 제72항 중 어느 한 항에 있어서, 제2 코팅 조성물이 매질, 질화규소 및 소결제를 포함하는 것인 방법.

#### 청구항 74

제73항에 있어서, 질화규소 및 소결제가 매질 중에 현탁된 미립자인 방법.

#### 청구항 75

제73항 또는 제74항에 있어서, 제2 코팅 조성물이 약 5 중량% 이상의 질화규소 또는 약 15 중량% 이상, 약 30 중량% 이상, 약 5 중량% 내지 약 50 중량%, 약 15 중량% 내지 약 50 중량%, 약 10 중량% 내지 약 40 중량%, 약



30 중량% 내지 약 40 중량% 또는 약 37 중량% 내지 약 37.7 중량%의 질화규소를 포함하는 것인 방법.

#### 청구항 76

제73항 내지 제75항 중 어느 한 항에 있어서, 매질이 C1 내지 C10 알콜인 방법.

#### 청구항 77

제73항 내지 제75항 중 어느 한 항에 있어서, 매질이 이소프로필 알콜인 방법.

#### 청구항 78

제73항 내지 제77항 중 어느 한 항에 있어서, 제2 코팅 조성물이 약 10 중량% 이상의 매질 또는 약 30 중량% 이상, 약 50 중량% 이상, 약 70 중량% 이상, 약 10 중량% 내지 약 80 중량%, 약 30 중량% 내지 약 70 중량%, 약 40 중량% 내지 약 60 중량%, 약 45 중량% 내지 약 55 중량% 또는 약 47.9 중량% 내지 약 50.6 중량%의 매질을 포함하는 것인 방법.

#### 청구항 79

제73항 내지 제78항 중 어느 한 항에 있어서, 제2 코팅 조성물이 폴리비닐 부티랄 결합제를 포함하는 것인 방법.

#### 청구항 80

제73항 내지 제79항 중 어느 한 항에 있어서, 제2 코팅 조성물이 약 0.5 중량% 이상의 결합제, 약 2 중량% 이상, 약 5 중량% 이상, 약 10 중량% 이상, 약 15 중량% 이상, 약 0.5 중량% 내지 약 20 중량%, 약 0.5 중량% 내지 약 10 중량%, 약 0.5 중량% 내지 약 8 중량%, 약 2 중량% 내지 약 8 중량% 또는 약 5.4 중량% 내지 약 6.8 중량%의 결합제를 포함하는 것인 방법.

#### 청구항 81

제73항 내지 제80항 중 어느 한 항에 있어서, 제2 코팅 조성물이 메틸옥시란 중합체 분산제를 포함하는 것인 방법.

#### 청구항 82

제73항 내지 제81항 중 어느 한 항에 있어서, 제2 코팅 조성물이 약 0.05 중량% 이상의 분산제 또는 약 0.1 중량% 이상, 약 0.5 중량% 이상, 약 1 중량% 이상, 약 5 중량% 이상, 약 0.05 중량% 내지 약 10 중량%, 약 0.05 중량% 내지 약 5 중량%, 약 0.5 중량% 내지 약 2.5 중량% 또는 약 1.6 중량% 내지 약 2.1 중량%의 분산제를 포함하는 것인 방법.

#### 청구항 83

제73항 내지 제82항 중 어느 한 항에 있어서, 제2 코팅 조성물이 폴리에틸렌 글리콜 가소제를 포함하는 것인 방법.

#### 청구항 84

제73항 내지 제83항 중 어느 한 항에 있어서, 제2 코팅 조성물이 약 0.5 중량% 이상의 가소제 또는 약 2 중량% 이상, 약 5 중량% 이상, 약 8 중량% 이상, 약 12 중량% 이상, 약 0.5 중량% 내지 약 20 중량%, 약 0.5 중량% 내지 약 10 중량%, 약 0.5 중량% 내지 약 8 중량% 또는 약 5.4 중량% 내지 약 5.8 중량%의 가소제를 포함하는 것인 방법.

#### 청구항 85

제73항 내지 제84항 중 어느 한 항에 있어서, 제2 코팅 조성물이 소결제로서 약 0.1 중량% 이상의 이트리아를 또는 소결제로서 약 0.5 중량% 이상, 약 1 중량% 이상, 약 5 중량% 이상, 약 7.5 중량% 이상, 약 12 중량% 이상, 약 0.1 중량% 내지 약 40 중량% 또는 약 0.1 중량% 내지 약 20 중량%의 이트리아를 포함하는 것인 방법.

#### 청구항 86

제73항 내지 제85항 중 어느 한 항에 있어서, 제2 코팅 조성물 중 이트리아 대 질화규소의 질량비가 약 1:20 이상 또는 약 1:10 이상, 약 2:5 이상 또는 약 4:5 이상인 방법.

#### 청구항 87

제73항 내지 제86항 중 어느 한 항에 있어서, 제2 코팅 조성물이 소결제로서 0.1 중량%의 실리카를 또는 소결제로서 약 0.5 중량% 이상, 약 1 중량% 이상, 약 3 중량% 이상, 약 0.1 중량% 내지 약 10 중량%, 약 0.1 중량% 내지 약 5 중량% 또는 약 1 중량% 내지 약 5 중량%의 실리카를 포함하는 것인 방법.

#### 청구항 88

제73항 내지 제87항 중 어느 한 항에 있어서, 제2 코팅 조성물이 소결제로서 약 0.1 중량% 이상의 알루미늄을 또는 소결제로서 약 0.5 중량% 이상, 약 1 중량% 이상, 약 2 중량% 이상, 약 0.1 중량% 내지 약 10 중량%, 약 0.1 중량% 내지 약 4 중량% 또는 약 1 중량% 내지 약 5 중량%의 알루미늄을 포함하는 것인 방법.

#### 청구항 89

제46항 내지 제88항 중 어느 한 항에 있어서, 도가니 몸체가 실리카, 질화규소 및 흑연으로부터 선택되는 재료를 포함하는 것인 방법.

#### 청구항 90

제46항 내지 제88항 중 어느 한 항에 있어서, 도가니 몸체가 실리카를 포함하는 것인 방법.

#### 청구항 91

제46항 내지 제88항 중 어느 한 항에 있어서, 도가니 몸체가 본질적으로 실리카로 이루어지는 것인 방법.

#### 청구항 92

제46항 내지 제91항 중 어느 한 항에 있어서, 제1 코팅 조성물을 도가니의 바닥에 적용하는 방법.

#### 청구항 93

제46항 내지 제92항 중 어느 한 항에 있어서, 제1 조성물로부터의 매질 및 제2 조성물로부터의 매질을 증발시키는 단계를 포함하는 방법.

#### 청구항 94

제46항 내지 제93항 중 어느 한 항에 있어서, 제1 또는 제2 조성물을 여러 번 적용하는 단계를 포함하는 방법.

#### 청구항 95

제46항 내지 제94항 중 어느 한 항에 있어서, 제1 및 제2 코팅 조성물을 도가니 측벽 상으로 브리싱하는 방법.

#### 청구항 96

제46항 내지 제94항 중 어느 한 항에 있어서, 제1 및 제2 코팅 조성물을 도가니 측벽 상으로 분무하는 방법.

#### 청구항 97

제46항 내지 제96항 중 어느 한 항에 있어서, 제1 및 제2 코팅 조성물을 적용한 후 약 150℃ 이상의 온도로 또는 제1 및 제2 코팅 조성물을 적용한 후 약 200℃ 이상, 약 300℃ 이상 또는 약 400℃ 이상의 온도로 도가니를 가열하는 단계를 포함하는 방법.

#### 청구항 98

제96항 또는 제97항 중 어느 한 항에 있어서, 도가니를 약 1시간 이상 동안 가열하는 방법.

#### 청구항 99

제46항 내지 제98항 중 어느 한 항에 있어서, 제1 및 제2 코팅 조성물을 적용한 후 약 1000℃ 이상의 온도로 도

가니를 가열하는 단계를 포함하는 방법.

#### 청구항 100

제46항 내지 제98항 중 어느 한 항에 있어서, 제1 및 제2 코팅 조성물을 적용한 후 약 1100℃ 이상의 온도로 도가니를 가열하는 단계를 포함하는 방법.

#### 청구항 101

제99항 또는 제100항 중 어느 한 항에 있어서, 도가니를 약 1시간 이상 동안 가열하는 방법.

#### 청구항 102

제97항 내지 제101항 중 어느 한 항에 있어서, 도가니를 아르곤, 질소 및 헬륨으로 이루어진 군으로부터 선택되는 분위기 중에서 가열하는 방법.

#### 청구항 103

제47항 및 제60항 내지 제102항 중 어느 한 항에 있어서, 제1 코팅 조성물 및 제2 코팅 조성물이 도가니 측벽의 포개지는 부분에 적용되도록, 제2 코팅 조성물을 H<sub>1</sub> 아래로 적용하는 방법.

#### 청구항 104

제103항에 있어서, H<sub>1</sub>이 응고 라인 S<sub>1</sub> 위로 연장되는 방법.

#### 청구항 105

제103항 또는 제104항에 있어서, H<sub>1</sub>이 대략 도가니의 최상부까지 연장되는 방법.

#### 청구항 106

제103항 내지 제105항 중 어느 한 항에 있어서, 제1 코팅 조성물을 제2 코팅 조성물 전에 적용하는 방법.

#### 청구항 107

제103항 내지 제105항 중 어느 한 항에 있어서, 제2 코팅 조성물을 제1 코팅 조성물 전에 적용하는 방법.

#### 청구항 108

바닥 및 바닥에서부터 위로 연장되는 측벽을 가지며, 바닥 및 측벽이 반도체 재료를 보유하기 위한 공동을 한정하고, 측벽이 내부 표면 및 외부 표면을 갖는 몸체, 및

질화규소 및 소결제로서의 이트리아를 포함하는, 측벽의 내부 표면의 일부 상의 코팅

을 포함하는, 용융된 반도체 재료를 보유하기 위한 도가니.

#### 청구항 109

제108항에 있어서, 코팅이 약 40% 중량% 이상의 질화규소 또는 약 60 중량% 이상 또는 약 80 중량% 이상의 질화규소를 포함하는 것인 도가니.

#### 청구항 110

제108항 또는 제109항에 있어서, 코팅이 약 0.5 중량% 이상, 약 1 중량% 이상, 약 5 중량% 이상, 약 10 중량% 이상, 약 15 중량% 이상, 약 20 중량% 이상 또는 약 0.5 중량% 내지 약 25 중량%의 이트리아를 포함하는 것인 도가니.

#### 청구항 111

제108항 내지 제110항 중 어느 한 항에 있어서, 코팅이 약 0.5 중량% 이상의 실리카 또는 약 1 중량% 이상, 약 5 중량% 이상, 약 10 중량% 이상, 약 15 중량% 이상, 약 20 중량% 이상 또는 약 0.5 중량% 내지 약 25 중량%의

실리카를 포함하는 것인 도가니.

#### 청구항 112

제108항 내지 제111항 중 어느 한 항에 있어서, 코팅이 약 0.5 중량% 이상의 알루미늄 또는 약 1 중량% 이상, 약 5 중량% 이상, 약 10 중량% 이상 또는 약 0.5 중량% 내지 약 25 중량%의 알루미늄을 포함하는 것인 도가니.

#### 청구항 113

제108항 내지 제110항 중 어느 한 항에 있어서, 코팅이 본질적으로 질화규소, 소결제 및 탄소로 이루어지는 것인 도가니.

#### 청구항 114

제108항 내지 제113항 중 어느 한 항에 있어서, 코팅이 약 1 중량% 미만의 탄소를 포함하는 것인 도가니.

#### 청구항 115

제108항에 있어서, 코팅 조성물 중 이트리아 대 질화규소의 질량비가 약 1:20 이상, 약 1:10 이상, 약 2:5 이상 또는 약 4:5 이상인 도가니.

#### 청구항 116

제108항 내지 제115항 중 어느 한 항에 있어서, 도가니 몸체가 실리카, 질화규소 및 흑연으로부터 선택되는 재료를 포함하는 것인 도가니.

#### 청구항 117

제108항 내지 제115항 중 어느 한 항에 있어서, 도가니 몸체가 실리카를 포함하는 것인 도가니.

#### 청구항 118

제108항 내지 제115항 중 어느 한 항에 있어서, 도가니 몸체가 본질적으로 실리카로 이루어지는 것인 도가니.

#### 청구항 119

제108항 내지 제118항 중 어느 한 항에 있어서, 도가니의 바닥의 내부 표면이 코팅물로 코팅되는 것인 도가니.

#### 청구항 120

제108항 내지 제119항 중 어느 한 항에 있어서, 코팅의 두께가 약 50  $\mu\text{m}$  이상, 약 100  $\mu\text{m}$  이상, 약 250  $\mu\text{m}$  이상, 약 500  $\mu\text{m}$  이상, 약 750  $\mu\text{m}$  이상 또는 약 50  $\mu\text{m}$  내지 약 1000  $\mu\text{m}$ 인 도가니.

#### 청구항 121

제108항 내지 제119항 중 어느 한 항에 있어서, 모양이 직사각형인 도가니.

#### 청구항 122

제108항 내지 제121항 중 어느 한 항에 있어서, 코팅이 측벽의 전체 내부 표면에 걸쳐 연장되는 것인 도가니.

#### 청구항 123

제108항 내지 제121항 중 어느 한 항에 있어서, 코팅이 높이  $H_1$ 에서부터 높이  $H_2$ 까지 연장되는 것인 도가니.

#### 청구항 124

제123항에 있어서, 도가니의 바닥과  $H_1$  사이의 거리가 측벽의 높이의 약 50% 이상인 도가니.

#### 청구항 125

제123항 또는 제124항에 있어서, 도가니의 바닥과  $H_2$  사이의 거리가 측벽의 높이의 약 60% 이상 또는 측벽의 높

이의 약 75% 이상 또는 약 90% 이상인 도가니.

#### 청구항 126

제123항 또는 제124항에 있어서,  $H_2$ 가 대략 응고 라인  $S_1$  위로 연장되는 것인 도가니.

#### 청구항 127

제123항 또는 제124항에 있어서,  $H_2$ 가 대략 도가니의 최상부까지 연장되는 것인 도가니.

#### 청구항 128

제123항에 있어서, 도가니의 바닥과  $H_1$  사이의 거리가 측벽의 높이의 약 70% 이상인 도가니.

#### 청구항 129

제128항에 있어서, 도가니의 바닥과  $H_2$  사이의 거리가 측벽의 높이의 약 75% 이상 또는 측벽의 높이의 약 90% 이상인 도가니.

#### 청구항 130

제128항에 있어서,  $H_2$ 가 대략 응고 라인  $S_1$  위로 연장되는 것인 도가니.

#### 청구항 131

제128항에 있어서,  $H_2$ 가 대략 도가니의 최상부까지 연장되는 것인 도가니.

#### 청구항 132

제123항에 있어서, 도가니의 바닥과  $H_1$  사이의 거리가 측벽의 높이의 약 85% 이상인 도가니.

#### 청구항 133

제132항에 있어서, 도가니의 바닥과  $H_2$  사이의 거리가 측벽의 높이의 약 90% 이상인 도가니.

#### 청구항 134

제132항에 있어서,  $H_2$ 가 대략 응고 라인  $S_1$  위로 연장되는 것인 도가니.

#### 청구항 135

제132항에 있어서,  $H_2$ 가 대략 도가니의 최상부까지 연장되는 것인 도가니.

#### 청구항 136

제123항에 있어서,  $H_1$ 이 대략 도가니의 바닥인 도가니.

#### 청구항 137

제136항에 있어서, 도가니의 바닥과  $H_2$  사이의 거리가 측벽의 높이의 약 25% 이상 또는 측벽의 높이의 약 50% 이상 또는 약 75% 이상인 도가니.

#### 청구항 138

제136항에 있어서,  $H_2$ 가 대략 응고 라인  $S_1$  위로 연장되는 것인 도가니.

#### 청구항 139

제136항에 있어서,  $H_2$ 가 대략 도가니의 최상부까지 연장되는 것인 도가니.

#### 청구항 140

제108항 내지 제139항 중 어느 한 항에 있어서, 코팅 조성물로 도가니를 코팅하여 코팅을 형성함으로써 제조되는 도가니.

#### 청구항 141

다결정질 규소를 제108항 내지 제139항 중 어느 한 항의 도가니에 적재하는 단계,  
규소 충전물을 대략 충전물의 용융 온도를 초과하는 온도로 가열하여 규소 용융물을 형성하는 단계, 및  
규소 용융물을 방향성 응고시켜 다결정질 규소 잉곳을 형성하는 단계  
를 포함하는, 다결정질 규소 잉곳의 제조 방법.

#### 청구항 142

제141항의 방법으로 제조되는 다결정질 규소 잉곳.

#### 청구항 143

제141항에 기재된 방법에 따라서 다결정질 규소 잉곳을 제조하는 단계 및 잉곳을 슬라이싱하여 웨이퍼를 제조하는 단계를 포함하는, 다결정질 규소 웨이퍼의 제조 방법.

#### 청구항 144

제143항의 방법으로 제조되는 다결정질 규소 웨이퍼.

#### 청구항 145

매질, 질화규소 및 소결제로서의 이트리아를 포함하는 조성물을 측벽의 내부 표면의 일부에 적용하는 단계를 포함하는, 바닥 및 바닥에서부터 위로 연장되는 측벽을 가지며, 바닥 및 측벽이 반도체 재료를 보유하기 위한 공동을 한정하고, 측벽이 내부 표면 및 외부 표면을 갖는 몸체를 포함하는 도가니의 잉곳-이형 특징을 개선시키는 방법.

#### 청구항 146

제145항에 있어서, 질화규소 및 이트리아가 매질 중에 현탁된 미립자인 방법.

#### 청구항 147

제145항 또는 제146항에 있어서, 조성물이 약 5 중량% 이상의 질화규소 또는 약 15 중량% 이상, 약 30 중량% 이상, 약 5 중량% 내지 약 50 중량%, 약 15 중량% 내지 약 50 중량%, 약 10 중량% 내지 약 40 중량%, 약 30 중량% 내지 약 40 중량% 또는 약 37 중량% 내지 약 37.7 중량%의 질화규소를 포함하는 것인 방법.

#### 청구항 148

제145항 내지 제147항 중 어느 한 항에 있어서, 매질이 C1 내지 C10 알콜인 방법.

#### 청구항 149

제145항 내지 제147항 중 어느 한 항에 있어서, 매질이 이소프로필 알콜인 방법.

#### 청구항 150

제145항 내지 제149항 중 어느 한 항에 있어서, 조성물이 약 10 중량% 이상의 매질 또는 약 30 중량% 이상, 약 50 중량% 이상, 약 70 중량% 이상, 약 10 중량% 내지 약 80 중량%, 약 30 중량% 내지 약 70 중량%, 약 40 중량% 내지 약 60 중량%, 약 45 중량% 내지 약 55 중량% 또는 약 47.9 중량% 내지 약 50.6 중량%의 매질을 포함하는 것인 방법.

#### 청구항 151

제145항 내지 제150항 중 어느 한 항에 있어서, 조성물이 폴리비닐 부티랄을 포함하는 것인 방법.

#### 청구항 152

제145항 내지 제151항 중 어느 한 항에 있어서, 조성물이 약 0.5 중량% 이상의 결합제, 약 2 중량% 이상, 약 5 중량% 이상, 약 10 중량% 이상, 약 15 중량% 이상, 약 0.5 중량% 내지 약 20 중량%, 약 0.5 중량% 내지 약 10 중량%, 약 0.5 중량% 내지 약 8 중량%, 약 2 중량% 내지 약 8 중량% 또는 약 5.4 중량% 내지 약 6.8 중량%의 결합제를 포함하는 것인 방법.

#### 청구항 153

제145항 내지 제152항 중 어느 한 항에 있어서, 조성물이 분산제를 포함하는 것인 방법.

#### 청구항 154

제153항에 있어서, 분산제가 메틸옥시란 중합체인 방법.

#### 청구항 155

제145항 내지 제154항 중 어느 한 항에 있어서, 조성물이 약 0.05 중량% 이상의 분산제 또는 약 0.1 중량% 이상, 약 0.5 중량% 이상, 약 1 중량% 이상, 약 5 중량% 이상, 약 0.05 중량% 내지 약 10 중량%, 약 0.05 중량% 내지 약 5 중량%, 약 0.5 중량% 내지 약 2.5 중량% 또는 약 1.6 중량% 내지 약 2.1 중량%의 분산제를 포함하는 것인 방법.

#### 청구항 156

제145항 내지 제155항 중 어느 한 항에 있어서, 코팅 조성물이 가소제를 포함하는 것인 방법.

#### 청구항 157

제156항에 있어서, 가소제가 폴리에틸렌 글리콜인 방법.

#### 청구항 158

제145항 내지 제157항 중 어느 한 항에 있어서, 조성물이 약 0.5 중량% 이상의 가소제 또는 약 2 중량% 이상, 약 5 중량% 이상, 약 8 중량% 이상, 약 12 중량% 이상, 약 0.5 중량% 내지 약 20 중량%, 약 0.5 중량% 내지 약 10 중량%, 약 0.5 중량% 내지 약 8 중량% 또는 약 5.4 중량% 내지 약 5.8 중량%의 가소제를 포함하는 것인 방법.

#### 청구항 159

제145항 내지 제158항 중 어느 한 항에 있어서, 조성물이 약 0.1 중량% 이상의 이트리아 또는 약 0.5 중량% 이상, 약 1 중량% 이상, 약 5 중량% 이상, 약 7.5 중량% 이상, 약 12 중량% 이상, 약 0.1 중량% 내지 약 40 중량%의 이트리아 또는 약 0.1 중량% 내지 약 20 중량%의 이트리아를 포함하는 것인 방법.

#### 청구항 160

제145항 내지 제159항 중 어느 한 항에 있어서, 조성물 중 소결제 대 질화규소의 질량비가 약 1:20 이상 또는 약 1:10 이상, 약 2:5 이상 또는 약 4:5 이상인 방법.

#### 청구항 161

제145항 내지 제160항 중 어느 한 항에 있어서, 조성물이 약 0.1 중량% 이상의 실리카 또는 약 0.5 중량% 이상, 약 1 중량% 이상, 약 3 중량% 이상, 약 0.1 중량% 내지 약 10 중량%, 약 0.1 중량% 내지 약 5 중량% 또는 약 1 중량% 내지 약 5 중량%의 실리카를 포함하는 것인 방법.

#### 청구항 162

제145항 내지 제161항 중 어느 한 항에 있어서, 조성물이 약 0.1 중량% 이상의 알루미늄 또는 약 0.5 중량% 이상, 약 1 중량% 이상, 약 2 중량% 이상, 약 0.1 중량% 내지 약 10 중량%, 약 0.1 중량% 내지 약 4 중량% 또는

약 1 중량% 내지 약 5 중량%의 알루미늄을 포함하는 것인 방법.

#### 청구항 163

제145항 내지 제162항 중 어느 한 항에 있어서, 도가니 몸체가 실리카, 질화규소 및 흑연으로부터 선택되는 재료를 포함하는 것인 방법.

#### 청구항 164

제145항 내지 제162항 중 어느 한 항에 있어서, 도가니 몸체가 실리카를 포함하는 것인 방법.

#### 청구항 165

제145항 내지 제162항 중 어느 한 항에 있어서, 도가니 몸체가 본질적으로 실리카로 이루어지는 것인 방법.

#### 청구항 166

제145항 내지 제165항 중 어느 한 항에 있어서, 코팅을 도가니의 바닥에 적용하는 방법.

#### 청구항 167

제145항 내지 제166항 중 어느 한 항에 있어서, 조성물로부터 매질을 증발시키는 단계를 포함하는 방법.

#### 청구항 168

제145항 내지 제167항 중 어느 한 항에 있어서, 조성물을 여러 번 적용하는 단계를 포함하는 방법.

#### 청구항 169

제145항 내지 제168항 중 어느 한 항에 있어서, 조성물을 도가니 측벽 상으로 브러싱하는 방법.

#### 청구항 170

제145항 내지 제168항 중 어느 한 항에 있어서, 조성물을 도가니 측벽 상으로 분무하는 방법.

#### 청구항 171

제145항 내지 제170항 중 어느 한 항에 있어서, 조성물을 적용한 후 약 150℃ 이상의 온도로 또는 조성물을 적용한 후 약 200℃ 이상, 약 300℃ 이상 또는 약 400℃ 이상의 온도로 도가니를 가열하는 단계를 포함하는 방법.

#### 청구항 172

제171항에 있어서, 도가니를 약 1시간 이상 동안 가열하는 방법.

#### 청구항 173

제145항 내지 제172항 중 어느 한 항에 있어서, 조성물을 적용한 후 약 1000℃ 이상의 온도로 도가니를 가열하는 단계를 포함하는 방법.

#### 청구항 174

제145항 내지 제172항 중 어느 한 항에 있어서, 조성물을 적용한 후 약 1100℃ 이상의 온도로 도가니를 가열하는 단계를 포함하는 방법.

#### 청구항 175

제173항 또는 제174항에 있어서, 도가니를 약 1시간 이상 동안 가열하는 방법.

#### 청구항 176

제173항 내지 제175항 중 어느 한 항에 있어서, 도가니를 아르곤, 질소 및 헬륨으로 이루어진 군으로부터 선택되는 분위기 중에서 가열하는 방법.



#### 청구항 177

제145항 내지 제176항 중 어느 한 항에 있어서, 조성물을 측벽의 전체 내부 표면에 적용하는 방법.

#### 청구항 178

C1 내지 C10 알콜, 질화규소, 분산제, 및 코팅물의 도가니에 대한 부착을 증강시키기 위한 결합제를 포함하는 조성물을 측벽의 내부 표면의 일부에 적용하는 단계를 포함하는, 바닥 및 바닥에서부터 위로 연장되는 측벽을 가지며, 바닥 및 측벽이 반도체 재료를 보유하기 위한 공동을 한정하고, 측벽이 내부 표면 및 외부 표면을 갖는 몸체를 포함하는 도가니의 잉곳-이형 특징을 개선시키는 방법.

#### 청구항 179

제178항에 있어서, 질화규소가 C1 내지 C10 알콜 중에 현탁된 미립자인 방법.

#### 청구항 180

제178항 또는 제179항에 있어서, 조성물이 약 5 중량% 이상의 질화규소 또는 약 15 중량% 이상, 약 30 중량% 이상, 약 5 중량% 내지 약 50 중량%, 약 15 중량% 내지 약 50 중량%, 약 10 중량% 내지 약 40 중량%, 약 30 중량% 내지 약 40 중량% 또는 약 37 중량% 내지 약 37.7 중량%의 질화규소를 포함하는 것인 방법.

#### 청구항 181

제178항 내지 제180항 중 어느 한 항에 있어서, C1 내지 C10 알콜이 이소프로필 알콜인 방법.

#### 청구항 182

제178항 내지 제181항 중 어느 한 항에 있어서, 조성물이 약 10 중량% 이상의 C1 내지 C10 알콜 또는 약 30 중량% 이상, 약 50 중량% 이상, 약 70 중량% 이상, 약 10 중량% 내지 약 80 중량%, 약 30 중량% 내지 약 70 중량%, 약 40 중량% 내지 약 60 중량%, 약 45 중량% 내지 약 55 중량% 또는 약 47.9 중량% 내지 약 50.6 중량%의 C1 내지 C10 알콜을 포함하는 것인 방법.

#### 청구항 183

제178항 내지 제182항 중 어느 한 항에 있어서, 결합제가 폴리비닐 부티랄인 방법.

#### 청구항 184

제178항 내지 제183항 중 어느 한 항에 있어서, 조성물이 약 0.5 중량% 이상의 결합제 또는 약 2 중량% 이상, 약 5 중량% 이상, 약 10 중량% 이상, 약 15 중량% 이상, 약 0.5 중량% 내지 약 20 중량%, 약 0.5 중량% 내지 약 10 중량%, 약 0.5 중량% 내지 약 8 중량%, 약 2 중량% 내지 약 8 중량% 또는 약 5.4 중량% 내지 약 6.8 중량%의 결합제를 포함하는 것인 방법.

#### 청구항 185

제178항 내지 제184항 중 어느 한 항에 있어서, 분산제가 메틸옥시란 중합체인 방법.

#### 청구항 186

제178항 내지 제185항 중 어느 한 항에 있어서, 조성물이 약 0.05 중량% 이상의 분산제 또는 약 0.1 중량% 이상, 약 0.5 중량% 이상, 약 1 중량% 이상, 약 5 중량% 이상, 약 0.05 중량% 내지 약 10 중량%, 약 0.05 중량% 내지 약 5 중량%, 약 0.5 중량% 내지 약 2.5 중량% 또는 약 1.6 중량% 내지 약 2.1 중량%의 분산제를 포함하는 것인 방법.

#### 청구항 187

제178항 내지 제186항 중 어느 한 항에 있어서, 가소제를 포함하는 것인 방법.

#### 청구항 188

제187항에 있어서, 가소제가 폴리에틸렌 글리콜인 방법.

#### 청구항 189

제178항 내지 제188항 중 어느 한 항에 있어서, 조성물이 약 0.5 중량% 이상의 가소제 또는 약 2 중량% 이상, 약 5 중량% 이상, 약 8 중량% 이상, 약 12 중량% 이상, 약 0.5 중량% 내지 약 20 중량%, 약 0.5 중량% 내지 약 10 중량%, 약 0.5 중량% 내지 약 8 중량% 또는 약 5.4 중량% 내지 약 5.8 중량%의 가소제를 포함하는 것인 방법.

#### 청구항 190

제178항 내지 제189항 중 어느 한 항에 있어서, 도가니 몸체가 실리카, 질화규소 및 흑연으로부터 선택되는 재료를 포함하는 것인 방법.

#### 청구항 191

제178항 내지 제189항 중 어느 한 항에 있어서, 도가니 몸체가 실리카를 포함하는 것인 방법.

#### 청구항 192

제178항 내지 제189항 중 어느 한 항에 있어서, 도가니 몸체가 본질적으로 실리카로 이루어지는 것인 방법.

#### 청구항 193

제178항 내지 제192항 중 어느 한 항에 있어서, 코팅을 도가니의 바닥에 적용하는 방법.

#### 청구항 194

제178항 내지 제193항 중 어느 한 항에 있어서, 조성물로부터 C1 내지 C10 알코올을 증발시키는 단계를 포함하는 방법.

#### 청구항 195

제178항 내지 제194항 중 어느 한 항에 있어서, 조성물을 여러 번 적용하는 단계를 포함하는 방법.

#### 청구항 196

제178항 내지 제195항 중 어느 한 항에 있어서, 조성물을 도가니 측벽 상으로 브러싱하는 방법.

#### 청구항 197

제178항 내지 제195항 중 어느 한 항에 있어서, 조성물을 도가니 측벽 상으로 분무하는 방법.

#### 청구항 198

제178항 내지 제197항 중 어느 한 항에 있어서, 조성물을 적용한 후 약 150℃ 이상의 온도로 또는 조성물을 적용한 후 약 200℃ 이상, 약 300℃ 이상 또는 약 400℃ 이상의 온도로 도가니를 가열하는 단계를 포함하는 방법.

#### 청구항 199

제198항에 있어서, 도가니를 약 1시간 이상 동안 가열하는 방법.

#### 청구항 200

제178항 내지 제199항 중 어느 한 항에 있어서, 조성물을 적용한 후 약 1000℃ 이상의 온도로 도가니를 가열하는 단계를 포함하는 방법.

#### 청구항 201

제178항 내지 제199항 중 어느 한 항에 있어서, 조성물을 적용한 후 약 1100℃ 이상의 온도로 도가니를 가열하는 단계를 포함하는 방법.

#### 청구항 202

제200항 또는 제201항에 있어서, 도가니를 약 1시간 이상 동안 가열하는 방법.

#### 청구항 203

제198항 내지 제202항 중 어느 한 항에 있어서, 도가니를 아르곤, 질소 및 헬륨으로 이루어진 균으로부터 선택되는 분위기 중에서 가열하는 방법.

#### 청구항 204

제178항 내지 제203항 중 어느 한 항에 있어서, 조성물을 측벽의 전체 내부 표면에 적용하는 방법.

#### 청구항 205

도가니의 잉곳-이형 특징을 개선시키기 위해 도가니의 내부 표면을 코팅하기 위한, 매질, 질화규소, 결합제 및 소결제로서의 이트리아를 포함하는 조성물.

#### 청구항 206

제205항에 있어서, 질화규소 및 이트리아가 매질 중에 현탁된 미립자인 조성물.

#### 청구항 207

제205항 또는 제206항에 있어서, 코팅 조성물이 약 5 중량% 이상의 질화규소 또는 약 15 중량% 이상, 약 30 중량% 이상, 약 5 중량% 내지 약 50 중량%, 약 15 중량% 내지 약 50 중량%, 약 10 중량% 내지 약 40 중량%, 약 30 중량% 내지 약 40 중량% 또는 약 37 중량% 내지 약 37.7 중량%의 질화규소를 포함하는 조성물.

#### 청구항 208

제205항 내지 제207항 중 어느 한 항에 있어서, 매질이 C1 내지 C10 알콜인 조성물.

#### 청구항 209

제205항 내지 제207항 중 어느 한 항에 있어서, 매질이 이소프로필 알콜인 조성물.

#### 청구항 210

제205항 내지 제209항 중 어느 한 항에 있어서, 코팅 조성물이 약 10 중량% 이상의 매질 또는 약 30 중량% 이상, 약 50 중량% 이상, 약 70 중량% 이상, 약 10 중량% 내지 약 80 중량%, 약 30 중량% 내지 약 70 중량%, 약 40 중량% 내지 약 60 중량%, 약 45 중량% 내지 약 55 중량% 또는 약 47.9 중량% 내지 약 50.6 중량%의 매질을 포함하는 조성물.

#### 청구항 211

제205항 내지 제210항 중 어느 한 항에 있어서, 결합제가 폴리비닐 부티랄인 조성물.

#### 청구항 212

제205항 내지 제211항 중 어느 한 항에 있어서, 코팅 조성물이 약 0.5 중량% 이상의 결합제, 약 2 중량% 이상, 약 5 중량% 이상, 약 10 중량% 이상, 약 15 중량% 이상, 약 0.5 중량% 내지 약 20 중량%, 약 0.5 중량% 내지 약 10 중량%, 약 0.5 중량% 내지 약 8 중량%, 약 2 중량% 내지 약 8 중량% 또는 약 5.4 중량% 내지 약 6.8 중량%의 결합제를 포함하는 조성물.

#### 청구항 213

제205항 내지 제212항 중 어느 한 항에 있어서, 메틸옥시란 중합체 분산제를 포함하는 조성물.

#### 청구항 214

제205항 내지 제213항 중 어느 한 항에 있어서, 코팅 조성물이 약 0.05 중량% 이상의 분산제 또는 약 0.1 중량%

이상, 약 0.5 중량% 이상, 약 1 중량% 이상, 약 5 중량% 이상, 약 0.05 중량% 내지 약 10 중량%, 약 0.05 중량% 내지 약 5 중량%, 약 0.5 중량% 내지 약 2.5 중량% 또는 약 1.6 중량% 내지 약 2.1 중량%의 분산제를 포함하는 조성물.

#### 청구항 215

제205항 내지 제214항 중 어느 한 항에 있어서, 폴리에틸렌 글리콜 가소제를 포함하는 조성물.

#### 청구항 216

제205항 내지 제215항 중 어느 한 항에 있어서, 코팅 조성물이 약 0.5 중량% 이상의 가소제 또는 약 2 중량% 이상, 약 5 중량% 이상, 약 8 중량% 이상, 약 12 중량% 이상, 약 0.5 중량% 내지 약 20 중량%, 약 0.5 중량% 내지 약 10 중량%, 약 0.5 중량% 내지 약 8 중량% 또는 약 5.4 중량% 내지 약 5.8 중량%의 가소제를 포함하는 조성물.

#### 청구항 217

제205항 내지 제216항 중 어느 한 항에 있어서, 코팅 조성물이 소결제로서 약 0.1 중량% 이상의 이트리아를 또는 소결제로서 약 0.5 중량% 이상, 약 1 중량% 이상, 약 5 중량% 이상, 약 7.5 중량% 이상, 약 12 중량% 이상, 약 0.1 중량% 내지 약 40 중량% 또는 약 0.1 중량% 내지 약 20 중량%의 이트리아를 포함하는 조성물.

#### 청구항 218

제205항 내지 제217항 중 어느 한 항에 있어서, 코팅 조성물 중 소결제 대 질화규소의 질량비가 약 1:20 이상 또는 약 1:10 이상, 약 2:5 이상 또는 약 4:5 이상인 조성물.

#### 청구항 219

제205항 내지 제218항 중 어느 한 항에 있어서, 코팅 조성물이 소결제로서 약 0.1 중량% 이상의 실리카를 또는 소결제로서 약 0.5 중량% 이상, 약 1 중량% 이상, 약 3 중량% 이상, 약 0.1 중량% 내지 약 10 중량%, 약 0.1 중량% 내지 약 5 중량% 또는 약 1 중량% 내지 약 5 중량%의 실리카를 포함하는 조성물.

#### 청구항 220

제205항 내지 제219항 중 어느 한 항에 있어서, 코팅 조성물이 소결제로서 약 0.1 중량% 이상의 알루미늄을 또는 소결제로서 약 0.5 중량% 이상, 약 1 중량% 이상, 약 2 중량% 이상, 약 0.1 중량% 내지 약 10 중량%, 약 0.1 중량% 내지 약 4 중량% 또는 약 1 중량% 내지 약 5 중량%의 알루미늄을 포함하는 조성물.

#### 청구항 221

도가니의 잉곳-이형 특징을 개선시키기 위해 도가니의 내부 표면을 코팅하기 위한, C1 내지 C10 알콜, 질화규소, 분산제, 및 코팅물의 도가니에 대한 부착을 증강시키기 위한 결합제를 포함하는 조성물.

#### 청구항 222

제221항에 있어서, 질화규소가 C1 내지 C10 알콜 중에 현탁된 미립자인 조성물.

#### 청구항 223

제221항 또는 제222항에 있어서, 약 5 중량% 이상의 질화규소 또는 약 15 중량% 이상, 약 30 중량% 이상, 약 5 중량% 내지 약 50 중량%, 약 15 중량% 내지 약 50 중량%, 약 10 중량% 내지 약 40 중량%, 약 30 중량% 내지 약 40 중량% 또는 약 37 중량% 내지 약 37.7 중량%의 질화규소를 포함하는 조성물.

#### 청구항 224

제221항 내지 제223항 중 어느 한 항에 있어서, C1 내지 C10 알콜이 이소프로필 알콜인 조성물.

#### 청구항 225

제221항 내지 제224항 중 어느 한 항에 있어서, 약 10 중량% 이상의 C1 내지 C10 알콜 또는 약 30 중량% 이상,

약 50 중량% 이상, 약 70 중량% 이상, 약 10 중량% 내지 약 80 중량%, 약 30 중량% 내지 약 70 중량%, 약 40 중량% 내지 약 60 중량%, 약 45 중량% 내지 약 55 중량% 또는 약 47.9 중량% 내지 약 50.6 중량%의 C1 내지 C10 알콜을 포함하는 조성물.

#### 청구항 226

제221항 내지 제225항 중 어느 한 항에 있어서, 결합제가 폴리비닐 부티랄인 조성물.

#### 청구항 227

제221항 내지 제226항 중 어느 한 항에 있어서, 약 0.5 중량% 이상의 결합제를 포함하는 조성물.

#### 청구항 228

제221항 내지 제226항 중 어느 한 항에 있어서, 약 2 중량% 이상의 결합제 또는 약 5 중량% 이상, 약 10 중량% 이상, 약 15 중량% 이상, 약 0.5 중량% 내지 약 20 중량%, 약 0.5 중량% 내지 약 10 중량%, 약 0.5 중량% 내지 약 8 중량%, 약 2 중량% 내지 약 8 중량% 또는 약 5.4 중량% 내지 약 6.8 중량%의 결합제를 포함하는 조성물.

#### 청구항 229

제221항 내지 제228항 중 어느 한 항에 있어서, 분산제가 메틸옥시란 중합체인 조성물.

#### 청구항 230

제221항 내지 제229항 중 어느 한 항에 있어서, 약 0.05 중량% 이상의 분산제를 포함하는 조성물.

#### 청구항 231

제221항 내지 제229항 중 어느 한 항에 있어서, 약 0.1 중량% 이상의 분산제 또는 약 0.5 중량% 이상, 약 1 중량% 이상, 약 5 중량% 이상, 약 0.05 중량% 내지 약 10 중량%, 약 0.05 중량% 내지 약 5 중량%, 약 0.5 중량% 내지 약 2.5 중량%의 분산제 또는 약 1.6 중량% 내지 약 2.1 중량%의 분산제를 포함하는 조성물.

#### 청구항 232

제221항 내지 제231항 중 어느 한 항에 있어서, 가소제를 포함하는 조성물.

#### 청구항 233

제232항에 있어서, 가소제가 폴리에틸렌 글리콜인 조성물.

#### 청구항 234

제221항 내지 제233항 중 어느 한 항에 있어서, 약 0.5 중량% 이상의 가소제 또는 약 2 중량% 이상, 약 5 중량% 이상, 약 8 중량% 이상, 약 12 중량% 이상, 약 0.5 중량% 내지 약 20 중량%, 약 0.5 중량% 내지 약 10 중량%, 약 0.5 중량% 내지 약 8 중량% 또는 약 5.4 중량% 내지 약 5.8 중량%의 가소제를 포함하는 조성물.

#### 청구항 235

바닥 및 바닥에서부터 위로 연장되는 측벽을 가지고, 바닥 및 측벽이 충전물을 보유하기 위한 공동을 한정하고, 측벽이 내부 표면 및 외부 표면을 갖는 몸체를 가지며, 측벽의 내부 표면의 제1 영역 상의 제1 코팅 및 측벽의 내부 표면의 제2 영역 상의 제2 코팅을 갖고, 제2 코팅이 제1 코팅 중에 존재하지 않는 첨가제를 포함하고, 제1 코팅이 제2 코팅을 완전히 포개지 않고, 제2 코팅이 제1 코팅을 완전히 포개지 않는 코팅된 도가니에 다결정질 규소를 적재하여 규소 충전물을 형성하는 단계,

규소 충전물을 대략 충전물의 용융 온도를 초과하는 온도로 가열하여 규소 용융물을 형성하는 단계, 및

규소 용융물을 방향성 응고시켜 다결정질 규소 잉곳을 형성하는 단계

를 포함하는, 다결정질 규소 잉곳의 제조 방법.

#### 청구항 236

제235항에 있어서, 제1 코팅이 도가니의 바닥에서부터 높이  $H_1$ 까지 연장되고, 제2 코팅이 대략  $H_1$ 에서부터 높이  $H_2$ 까지 연장되는 방법.

#### 청구항 237

제236항에 있어서, 도가니의 바닥과  $H_1$  사이의 거리가 측벽의 높이의 약 50% 이상인 방법.

#### 청구항 238

제235항 또는 제236항에 있어서, 도가니의 바닥과  $H_2$  사이의 거리가 측벽의 높이의 약 60% 이상 또는 측벽의 높이의 약 75% 이상 또는 약 90% 이상인 방법.

#### 청구항 239

제235항 또는 제237항에 있어서,  $H_2$ 가 대략 응고 라인  $S_1$  위로 연장되는 방법.

#### 청구항 240

제236항 또는 제237항에 있어서,  $H_2$ 가 대략 도가니의 최상부까지 연장되는 방법.

#### 청구항 241

제236항에 있어서, 도가니의 바닥과  $H_1$  사이의 거리가 측벽의 높이의 약 70% 이상인 방법.

#### 청구항 242

제241항에 있어서, 도가니의 바닥과  $H_2$  사이의 거리가 측벽의 높이의 약 75% 이상 또는 측벽의 높이의 약 90% 이상인 방법.

#### 청구항 243

제241항에 있어서,  $H_2$ 가 대략 응고 라인  $S_1$  위로 연장되는 방법.

#### 청구항 244

제241항에 있어서,  $H_2$ 가 대략 도가니의 최상부까지 연장되는 방법.

#### 청구항 245

제236항에 있어서, 도가니의 바닥과  $H_1$  사이의 거리가 측벽의 높이의 약 85% 이상인 방법.

#### 청구항 246

제245항에 있어서, 도가니의 바닥과  $H_2$  사이의 거리가 측벽의 높이의 약 90% 이상인 방법.

#### 청구항 247

제246항에 있어서,  $H_2$ 가 대략 응고 라인  $S_1$  위로 연장되는 방법.

#### 청구항 248

제246항에 있어서,  $H_2$ 가 대략 도가니의 최상부까지 연장되는 방법.

#### 청구항 249

제235항 내지 제248항 중 어느 한 항에 있어서, 제1 코팅이 질화규소를 포함하는 것인 방법.

#### 청구항 250

제249항에 있어서, 제1 코팅이 본질적으로 질화규소 및 탄소로 이루어지는 것인 방법.

#### 청구항 251

제249항에 있어서, 제1 코팅이 약 1 중량% 미만의 탄소를 포함하는 것인 방법.

#### 청구항 252

제235항 내지 제251항 중 어느 한 항에 있어서, 제2 코팅이 질화규소 및 소결제를 포함하는 것인 방법.

#### 청구항 253

제252항에 있어서, 제2 코팅이 약 40 중량% 이상의 질화규소 또는 약 60 중량% 이상 또는 약 80 중량% 이상의 질화규소를 포함하는 것인 방법.

#### 청구항 254

제252항 또는 제253항에 있어서, 제2 코팅이 소결제를 포함하는 것인 방법.

#### 청구항 255

제252항 내지 제254항 중 어느 한 항에 있어서, 제2 코팅이 소결제로서 약 1 중량% 이상의 이트리아를 또는 소결제로서 약 5 중량% 이상, 약 10 중량% 이상, 약 15 중량% 이상, 약 20 중량% 이상 또는 약 0.5 중량% 내지 약 25 중량%의 이트리아를 포함하는 것인 방법.

#### 청구항 256

제252항 내지 제255항 중 어느 한 항에 있어서, 제2 코팅이 약 0.5 중량% 이상의 실리카 또는 약 1 중량% 이상, 약 5 중량% 이상, 약 10 중량% 이상, 약 15 중량% 이상, 약 20 중량% 이상 또는 약 0.5 중량% 내지 약 25 중량%의 실리카를 포함하는 것인 방법.

#### 청구항 257

제252항 내지 제256항 중 어느 한 항에 있어서, 제2 코팅이 약 0.5 중량% 이상의 알루미늄 또는 약 1 중량% 이상, 약 5 중량% 이상, 약 10 중량% 이상 또는 약 0.5 중량% 내지 약 25 중량%의 알루미늄을 포함하는 것인 방법.

#### 청구항 258

제252항 내지 제255항 중 어느 한 항에 있어서, 제2 코팅이 본질적으로 질화규소, 소결제 및 탄소로 이루어지는 것인 방법.

#### 청구항 259

제258항에 있어서, 소결제가 이트리아, 실리카, 알루미늄 및 이의 조합으로부터 선택되는 것인 방법.

#### 청구항 260

제258항에 있어서, 소결제가 이트리아인 방법.

#### 청구항 261

제258항에 있어서, 소결제가 실리카인 방법.

#### 청구항 262

제252항 내지 제261항 중 어느 한 항에 있어서, 제2 코팅이 약 1 중량% 미만의 탄소를 포함하는 것인 방법.

#### 청구항 263

제252항에 있어서, 제2 코팅 조성물 중 소결제 대 질화규소의 질량비가 약 1:20 이상 또는 약 1:10 이상, 약 2:5 이상 또는 약 4:5 이상인 방법.

#### 청구항 264

제235항 내지 제263항 중 어느 한 항에 있어서, 도가니 몸체가 실리카, 질화규소 및 흑연으로부터 선택되는 재료를 포함하는 것인 방법.

#### 청구항 265

제235항 내지 제263항 중 어느 한 항에 있어서, 도가니 몸체가 실리카를 포함하는 것인 방법.

#### 청구항 266

제235항 내지 제263항 중 어느 한 항에 있어서, 도가니 몸체가 본질적으로 실리카로 이루어지는 것인 방법.

#### 청구항 267

제235항 내지 제266항 중 어느 한 항에 있어서, 도가니의 바닥의 내부 표면이 제1 코팅물로 코팅되는 방법.

#### 청구항 268

제235항 내지 제267항 중 어느 한 항에 있어서, 제1 코팅의 두께가 약 50  $\mu\text{m}$  이상, 약 100  $\mu\text{m}$  이상, 약 250  $\mu\text{m}$  이상, 약 500  $\mu\text{m}$  이상, 약 750  $\mu\text{m}$  이상 또는 약 50  $\mu\text{m}$  내지 약 1000  $\mu\text{m}$ 인 방법.

#### 청구항 269

제235항 내지 제268항 중 어느 한 항에 있어서, 제2 코팅의 두께가 약 50  $\mu\text{m}$  이상 또는 약 100  $\mu\text{m}$  이상, 약 250  $\mu\text{m}$  이상, 약 500  $\mu\text{m}$  이상, 약 750  $\mu\text{m}$  이상 또는 약 50  $\mu\text{m}$  내지 약 1000  $\mu\text{m}$ 인 방법.

#### 청구항 270

제235항 내지 제269항 중 어느 한 항에 있어서, 규소 충전물을 약 1410℃ 이상으로 가열하여 규소 용융물을 형성하는 방법.

#### 청구항 271

제235항 내지 제269항 중 어느 한 항에 있어서, 규소 충전물을 약 1450℃ 이상으로 가열하여 규소 용융물을 형성하는 방법.

#### 청구항 272

제235항 내지 제271항 중 어느 한 항에 있어서, 도가니의 모양이 직사각형인 방법.

#### 청구항 273

제235항 내지 제272항 중 어느 한 항에 있어서, 잉곳의 평균 명목 결정 그레인 크기가 약 1 mm 내지 약 15 mm, 약 5 mm 내지 약 25 mm 또는 약 5 mm 내지 약 15 mm인 방법.

#### 청구항 274

제235항 내지 제273항 중 어느 한 항에 있어서, 다결정질 규소를 도가니에 적재하기 전에 도가니를 제1 및 제2 코팅 조성물로 코팅하여 제1 및 제2 코팅을 형성하는 단계를 포함하는 방법.

#### 청구항 275

제235항 내지 제274항 중 어느 한 항에 있어서, 규소 충전물을 대략 충전물의 용융 온도를 초과하는 온도로 가열하는 단계 동안 도가니를 소결시키는 방법.

#### 청구항 276

제236항 및 제249항 내지 제274항 중 어느 한 항에 있어서, 제1 코팅 및 제2 코팅이 도가니 측벽의 일부를 따라 포개지도록 제2 코팅이 H<sub>1</sub> 아래로 연장되는 방법.



#### 청구항 277

제276항에 있어서,  $H_1$ 이 응고 라인  $S_1$  위로 연장되는 방법.

#### 청구항 278

제276항 또는 제277항에 있어서,  $H_1$ 이 대략 도가니의 최상부까지 연장되는 방법.

#### 청구항 279

제276항 내지 제278항 중 어느 한 항에 있어서, 코팅이 포개지는 부분 내에서 제1 코팅이 도가니 측벽과 제2 코팅 사이에 위치되는 방법.

#### 청구항 280

제276항 내지 제278항 중 어느 한 항에 있어서, 코팅이 포개지는 부분 내에서 제2 코팅이 도가니 측벽과 제1 코팅 사이에 위치되는 방법.

#### 청구항 281

제235항 내지 제280항 중 어느 한 항의 방법으로 제조되는 다결정질 규소 잉곳.

#### 청구항 282

제235항 내지 제280항 중 어느 한 항에 기재된 바와 같이 다결정질 규소 잉곳을 제조하는 단계 및 잉곳을 슬라이싱하여 웨이퍼를 제조하는 단계를 포함하는, 다결정질 규소 웨이퍼의 제조 방법.

#### 청구항 283

제282항의 방법으로 제조되는 다결정질 규소 웨이퍼.

#### 청구항 284

바닥 및 바닥에서부터 위로 연장되는 측벽을 가지고, 바닥 및 측벽이 충전물을 보유하기 위한 공동을 한정하고, 측벽이 내부 표면 및 외부 표면을 갖는 물체를 가지며, 측벽의 내부 표면의 일부 상에 질화규소 및 소결제로서의 이트리아를 포함하는 코팅을 갖는 코팅된 도가니에 다결정질 규소를 적재하여 규소 충전물을 형성하는 단계, 규소 충전물을 대략 충전물의 용융 온도를 초과하는 온도로 가열하여 규소 용융물을 형성하는 단계, 및 규소 용융물을 방향성 응고시켜 다결정질 규소 잉곳을 형성하는 단계를 포함하는, 다결정질 규소 잉곳의 제조 방법.

#### 청구항 285

제284항에 있어서, 코팅이 약 40 중량% 이상의 질화규소 또는 약 60 중량% 이상 또는 약 80 중량% 이상의 질화규소를 포함하는 것인 방법.

#### 청구항 286

제284항 또는 제285항에 있어서, 코팅이 약 0.5 중량% 이상의 이트리아 또는 약 1 중량% 이상, 약 5 중량% 이상, 약 10 중량% 이상, 약 15 중량% 이상, 약 20 중량% 이상 또는 약 0.5 중량% 내지 약 25 중량%의 이트리아를 포함하는 것인 방법.

#### 청구항 287

제284항 내지 제286항 중 어느 한 항에 있어서, 코팅이 약 0.5 중량% 이상의 실리카 또는 약 1 중량% 이상, 약 5 중량% 이상, 약 10 중량% 이상, 약 15 중량% 이상, 약 20 중량% 이상 또는 약 0.5 중량% 내지 약 25 중량%의 실리카를 포함하는 것인 방법.

#### 청구항 288

제284항 내지 제287항 중 어느 한 항에 있어서, 코팅이 약 0.5 중량% 이상의 알루미늄, 약 1 중량% 이상, 약 5 중량% 이상, 약 10 중량% 이상 또는 약 0.5 중량% 내지 약 25 중량%의 알루미늄을 포함하는 것인 방법.

#### 청구항 289

제284항 내지 제287항 중 어느 한 항에 있어서, 코팅이 본질적으로 질화규소, 소결제 및 탄소로 이루어지는 것인 방법.

#### 청구항 290

제284항 내지 제289항 중 어느 한 항에 있어서, 코팅이 약 1 중량% 미만의 탄소를 포함하는 것인 방법.

#### 청구항 291

제284항에 있어서, 코팅물 중 소결제 대 질화규소의 질량비가 약 1:20 이상 또는 약 1:10 이상, 약 2:5 이상 또는 약 4:5 이상인 방법.

#### 청구항 292

제284항 내지 제291항 중 어느 한 항에 있어서, 도가니 몸체가 실리카, 질화규소 및 흑연으로부터 선택되는 재료를 포함하는 것인 방법.

#### 청구항 293

제284항 내지 제291항 중 어느 한 항에 있어서, 도가니 몸체가 실리카를 포함하는 것인 방법.

#### 청구항 294

제284항 내지 제291항 중 어느 한 항에 있어서, 도가니 몸체가 본질적으로 실리카로 이루어지는 것인 방법.

#### 청구항 295

제284항 내지 제294항 중 어느 한 항에 있어서, 도가니의 바닥의 내부 표면이 코팅물로 코팅되는 방법.

#### 청구항 296

제284항 내지 제295항 중 어느 한 항에 있어서, 코팅의 두께가 약 50  $\mu\text{m}$  이상 또는 약 100  $\mu\text{m}$  이상, 약 250  $\mu\text{m}$  이상, 약 500  $\mu\text{m}$  이상, 약 750  $\mu\text{m}$  이상 또는 약 50  $\mu\text{m}$  내지 약 1000  $\mu\text{m}$ 인 방법.

#### 청구항 297

제284항 내지 제296항 중 어느 한 항에 있어서, 도가니의 모양이 직사각형인 방법.

#### 청구항 298

제284항 내지 제297항 중 어느 한 항에 있어서, 코팅이 측벽의 전체 내부 표면에 걸쳐 연장되는 방법.

#### 청구항 299

제284항 내지 제297항 중 어느 한 항에 있어서, 코팅이 높이  $H_1$ 에서부터 높이  $H_2$ 까지 연장되는 방법.

#### 청구항 300

제299항에 있어서, 도가니의 바닥과  $H_1$  사이의 거리가 측벽의 높이의 약 50% 이상인 방법.

#### 청구항 301

제299항 또는 제300항에 있어서, 도가니의 바닥과  $H_2$  사이의 거리가 측벽의 높이의 약 60% 이상 또는 측벽의 높이의 약 75% 이상 또는 약 90% 이상인 방법.

#### 청구항 302

제299항 또는 제300항에 있어서,  $H_2$ 가 대략 응고 라인  $S_1$  위로 연장되는 방법.

#### 청구항 303

제299항 또는 제300항에 있어서,  $H_2$ 가 대략 도가니의 최상부까지 연장되는 방법.

#### 청구항 304

제299항에 있어서, 도가니의 바닥과  $H_1$  사이의 거리가 측벽의 높이의 약 70% 이상인 방법.

#### 청구항 305

제304항에 있어서, 도가니의 바닥과  $H_2$  사이의 거리가 측벽의 높이의 약 75% 이상 또는 측벽의 높이의 약 90% 이상인 방법.

#### 청구항 306

제304항에 있어서,  $H_2$ 가 대략 응고 라인  $S_1$  위로 연장되는 방법.

#### 청구항 307

제304항에 있어서,  $H_2$ 가 대략 도가니의 최상부까지 연장되는 방법.

#### 청구항 308

제299항에 있어서, 도가니의 바닥과  $H_1$  사이의 거리가 측벽의 높이의 약 85% 이상인 방법.

#### 청구항 309

제308항에 있어서, 도가니의 바닥과  $H_2$  사이의 거리가 측벽의 높이의 약 90% 이상인 방법.

#### 청구항 310

제308항에 있어서,  $H_2$ 가 대략 응고 라인  $S_1$  위로 연장되는 방법.

#### 청구항 311

제308항에 있어서,  $H_2$ 가 대략 도가니의 최상부까지 연장되는 방법.

#### 청구항 312

제299항에 있어서,  $H_1$ 이 도가니의 바닥인 방법.

#### 청구항 313

제312항에 있어서, 도가니의 바닥과  $H_2$  사이의 거리가 측벽의 높이의 약 25% 이상 또는 측벽의 높이의 약 50% 이상 또는 약 75% 이상인 방법.

#### 청구항 314

제312항에 있어서,  $H_2$ 가 대략 응고 라인  $S_1$  위로 연장되는 방법.

#### 청구항 315

제312항에 있어서,  $H_2$ 가 대략 도가니의 최상부까지 연장되는 방법.

#### 청구항 316

제284항 내지 제315항 중 어느 한 항에 있어서, 코팅 조성물로 도가니를 코팅하여 코팅을 형성함으로써 도가니

가 제조되는 방법.

#### 청구항 317

제284항 내지 제316항 중 어느 한 항에 있어서, 규소 충전물을 약 1410℃ 이상으로 가열하여 규소 용융물을 형성하는 방법.

#### 청구항 318

제284항 내지 제317항 중 어느 한 항에 있어서, 규소 충전물을 약 1450℃ 이상으로 가열하여 규소 용융물을 형성하는 방법.

#### 청구항 319

제284항 내지 제318항 중 어느 한 항에 있어서, 도가니의 모양이 직사각형인 방법.

#### 청구항 320

제284항 내지 제319항 중 어느 한 항에 있어서, 잉곳의 평균 명목 결정 그레인 크기가 약 1 mm 내지 약 15 mm, 약 5 mm 내지 약 25 mm 또는 약 5 mm 내지 약 15 mm인 방법.

#### 청구항 321

제284항 내지 제320항 중 어느 한 항에 있어서, 규소 충전물을 대략 충전물의 용융 온도를 초과하는 온도로 가열하여 규소 용융물을 형성하는 단계 동안 도가니를 소결시키는 방법.

#### 청구항 322

C1 내지 C10 알콜, 질화규소, 분산제, 및 코팅물의 도가니에 대한 부착을 증강시키기 위한 결합제를 포함하는 조성물을 측벽의 내부 표면의 일부에 적용하는 단계,

조성물로부터 매질을 증발시켜 측벽의 내부 표면 상에 질화규소 코팅을 생성하는 단계,

코팅된 도가니 안에 다결정질 규소를 적재하여 규소 충전물을 형성하는 단계,

규소 충전물을 대략 충전물의 용융 온도를 초과하는 온도로 가열하여 규소 용융물을 형성하는 단계, 및

규소 용융물을 방향성 응고시켜 다결정질 규소 잉곳을 형성하는 단계

를 포함하는, 바닥 및 바닥에서부터 위로 연장되는 측벽을 가지며, 바닥 및 측벽이 규소 충전물을 보유하기 위한 공동을 한정하고, 측벽이 내부 표면 및 외부 표면을 갖는 몸체를 포함하는 도가니 안에서 다결정질 규소 잉곳을 제조하는 방법.

#### 청구항 323

제322항에 있어서, 질화규소가 C1 내지 C10 알콜 중에 현탁된 미립자인 방법.

#### 청구항 324

제322항 또는 제323항에 있어서, 코팅이 약 90 중량% 이상의 질화규소 또는 약 95% 이상 또는 약 97.5 중량% 이상의 질화규소를 포함하는 것인 방법.

#### 청구항 325

제322항 내지 제324항 중 어느 한 항에 있어서, 코팅이 약 1 중량% 미만의 탄소를 포함하는 것인 방법.

#### 청구항 326

제322항 내지 제325항 중 어느 한 항에 있어서, 도가니 몸체가 실리카, 질화규소 및 흑연으로부터 선택되는 재료를 포함하는 것인 방법.

#### 청구항 327

제322항 내지 제325항 중 어느 한 항에 있어서, 도가니 몸체가 실리카를 포함하는 것인 방법.

#### 청구항 328

제322항 내지 제325항 중 어느 한 항에 있어서, 도가니 몸체가 본질적으로 실리카로 이루어지는 것인 방법.

#### 청구항 329

제322항 내지 제328항 중 어느 한 항에 있어서, 도가니의 바닥의 내부 표면이 코팅물로 코팅되는 방법.

#### 청구항 330

제322항 내지 제329항 중 어느 한 항에 있어서, 제1 코팅의 두께가 약 50  $\mu\text{m}$  이상, 약 100  $\mu\text{m}$  이상, 약 250  $\mu\text{m}$  이상, 약 500  $\mu\text{m}$  이상, 약 750  $\mu\text{m}$  이상 또는 약 50  $\mu\text{m}$  내지 약 1000  $\mu\text{m}$ 인 방법.

#### 청구항 331

제322항 내지 제330항 중 어느 한 항에 있어서, 도가니의 모양이 직사각형인 방법.

#### 청구항 332

제322항 내지 제331항 중 어느 한 항에 있어서, 코팅이 측벽의 전체 내부 표면에 걸쳐 연장되는 방법.

#### 청구항 333

제322항 내지 제332항 중 어느 한 항에 있어서, 코팅이 도가니의 바닥에서부터 높이  $H_1$ 까지 연장되는 방법.

#### 청구항 334

제333항에 있어서, 도가니의 바닥과  $H_1$  사이의 거리가 측벽의 높이의 약 50% 이상 또는 측벽의 높이의 약 70% 이상 또는 약 85% 이상인 방법.

#### 청구항 335

제333항에 있어서,  $H_1$ 이 대략 도가니의 최상부까지 연장되는 방법.

#### 청구항 336

제333항에 있어서,  $H_1$ 이 대략 응고 라인  $S_1$  위로 연장되는 방법.

#### 청구항 337

제333항에 있어서,  $H_1$ 이 대략 도가니의 최상부까지 연장되는 방법.

#### 청구항 338

제322항 내지 제337항 중 어느 한 항에 있어서, 규소 충전물을 약 1410°C 이상으로 가열하여 규소 용융물을 형성하는 방법.

#### 청구항 339

제322항 내지 제337항 중 어느 한 항에 있어서, 규소 충전물을 약 1450°C 이상으로 가열하여 규소 용융물을 형성하는 방법.

#### 청구항 340

제322항 내지 제339항 중 어느 한 항에 있어서, 도가니의 모양이 직사각형인 방법.

#### 청구항 341

제322항 내지 제340항 중 어느 한 항에 있어서, 잉곳의 평균 명목 결정 그레인 크기가 약 1 mm 내지 약 15 mm,

약 5 mm 내지 약 25 mm 또는 약 5 mm 내지 약 15 mm인 방법.

#### 청구항 342

제322항 내지 제341항 중 어느 한 항에 있어서, 조성물을 적용한 후 약 150℃ 이상의 온도로 도가니를 가열하는 단계를 포함하는 방법.

#### 청구항 343

제322항 내지 제342항 중 어느 한 항에 있어서, 조성물을 적용한 후 약 1000℃ 이상의 온도로 도가니를 가열하는 단계를 포함하는 방법.

#### 청구항 344

제342항 또는 제343항에 있어서, 도가니를 약 1시간 이상 동안 가열하는 방법.

#### 청구항 345

제342항 내지 제344항 중 어느 한 항에 있어서, 도가니를 아르곤, 질소 및 헬륨으로 이루어진 균으로부터 선택되는 분위기 중에서 가열하는 방법.

#### 청구항 346

제322항 내지 제344항 중 어느 한 항에 있어서, 규소 충전물을 대략 충전물의 용융 온도를 초과하는 온도로 가열하여 규소 용융물을 형성하는 단계 동안 도가니를 소결시키는 방법.

#### 청구항 347

바닥, 최상부, 및 바닥과 최상부 사이로 한정되는 높이  $H_3$ 를 가지고,  $H_3$ 의 약 20%의 높이에서의 잉곳의 산소 농도가 약 4.5 ppma 미만인 다결정질 규소 잉곳.

#### 청구항 348

제347항에 있어서, 산소 농도가 일반적으로 도가니의 바닥에서 도가니의 최상부로 갈수록 감소하는 다결정질 규소 잉곳.

#### 청구항 349

제347항 또는 제348항에 있어서,  $H_3$ 의 약 20%의 높이에서의 잉곳의 산소 농도가 약 4.0 ppm 미만 또는 약 3.0 ppma 미만 또는 약 2.0 ppma 미만인 다결정질 규소 잉곳.

#### 청구항 350

제347항 또는 제348항에 있어서,  $H_3$ 의 약 20%의 높이와  $H_3$ 의 약 80%의 높이 사이에서의 잉곳의 산소 농도가 약 3.0 ppma 미만 또는 약 2.0 ppma 미만인 다결정질 규소 잉곳.

#### 청구항 351

제347항 또는 제348항에 있어서, 바닥과 최상부 사이에서의 잉곳의 산소 농도가 약 2.5 ppma 미만 또는 약 2.0 ppma 미만인 다결정질 규소 잉곳.

#### 청구항 352

제347항 내지 제351항 중 어느 한 항에 있어서, 방향성 응고 공정으로 제조되는 다결정질 규소 잉곳.

#### 청구항 353

제347항 내지 제352항 중 어느 한 항에 있어서, 잉곳이 원래 성장한 곳으로부터의 실질적으로 모든 규소를 포함하는 다결정질 규소 잉곳.

#### 청구항 354

제347항 내지 제353항 중 어느 한 항에 있어서, 모양이 직사각형인 다결정질 규소 잉곳.

#### 청구항 355

제347항 내지 제354항 중 어느 한 항에 있어서, 다결정질 규소를 함유하는 다결정질 규소 잉곳.

#### 청구항 356

제347항 내지 제355항 중 어느 한 항에 있어서, 약 1 mm 내지 약 15 mm, 약 5 mm 내지 약 25 mm 또는 약 5 mm 내지 약 15 mm의 평균 명목 결정 그레인 크기를 갖는 다결정질 규소 잉곳.

#### 청구항 357

약 2.5 ppma 미만, 약 2.25 ppma 미만, 약 2 ppma 미만, 약 1.75 ppma 미만, 약 1.5 ppma 미만, 약 1.25 ppma 미만, 약 0.1 내지 약 3 ppma, 약 0.5 내지 약 3 ppma, 약 0.75 내지 약 3 ppma, 약 1 내지 약 3 ppma, 약 0.75 내지 약 2.5 ppma, 약 0.75 내지 약 2.25 ppma, 약 0.75 내지 약 2 ppma 또는 약 0.75 내지 약 1.75 ppma의 산소 농도를 갖는 다결정질 규소 웨이퍼.

#### 청구항 358

제357항에 있어서, 다결정질 규소를 함유하는 다결정질 규소 웨이퍼.

#### 청구항 359

제357항 또는 제358항에 있어서, 약 1 mm 내지 약 15 mm, 약 5 mm 내지 약 25 mm 또는 약 5 mm 내지 약 15 mm의 평균 명목 결정 크기를 갖는 다결정질 규소 웨이퍼.

## 명세서

### 기술 분야

[0001] 본 개시내용의 분야는 용융된 반도체 재료를 보유하기 위한 코팅된 도가니(crucible), 및 특히 방향성 응고 공정에 의한 다결정질 규소 잉곳을 제조하기 위한 그의 용도에 관한 것이다. 다른 측면은 도가니를 코팅하는 방법, 규소 잉곳 및 웨이퍼의 제조 방법 및 도가니 및 규소 잉곳 및 웨이퍼를 코팅하기 위한 낮은 산소 함량을 갖는 조성물을 포함한다.

### 배경 기술

[0002] 태양 에너지를 생성하는데 사용되는 통상적 광전지에는 다결정질 규소가 이용된다. 다결정질 규소는, 규소를 도가니 안에서 용융시키고, 별도의 또는 동일한 도가니 안에서 방향성 응고시키는 방향성 응고 (DS) 공정으로 통상적으로 제조된다. 잉곳의 응고는, 용융된 규소가 캐스팅의 응고 프론트(front)에서 비방향적으로 응고되도록 제어된다. 이러한 방식으로 제조되는 다결정질 규소는, 도가니 벽에서의 불균질 핵화 부위의 높은 밀도로 인하여 그레인(grain)의 배향이 서로에 대해 무작위적인 결정 그레인의 집괴이다. 일단 다결정질 잉곳이 형성되면, 잉곳을 블록으로 절단하고 추가로 웨이퍼로 절단할 수 있다. 일반적으로 다결정질 규소가 단일 결정 규소보다 바람직한 광전지용 규소 공급원인데, 이는 통상적 단일 결정 규소 제조와 비교하여 높은 산출 속도, 덜 노동 집약적인 조작 및 감소된 공급 비용에 의해 초래되는 그의 낮은 비용에 기인한다.

[0003] 응고되는 동안 및 그 후, 응고된 잉곳은 잉곳의 균열을 초래하지 않으면서 도가니로부터 이형되어야 한다. 통상적 도가니는 형성 및 소결된 실리카 또는 용융 실리카 (동의어 "석영"), 질화규소, 또는 흑연으로 제작된다. 질화규소 도가니는 재사용할 수 있지만 통상적으로 다른 도가니에 비해 더 비싸다. 도가니는 다양한 코팅 재료로 코팅할 수 있으나, 이러한 공정 및 생성된 코팅된 도가니는 불완전한 것으로 확인되었다.

### 발명의 내용

[0004] 개요

[0005] 본 개시내용의 한 측면에서, 용융된 반도체 재료를 보유하기 위한 도가니는 바닥 및 바닥에서부터 위로 연장되는 측벽을 갖는 몸체를 포함한다. 바닥 및 측벽은 반도체 재료를 보유하기 위한 공동을 한정한다. 측벽은 내부 표면 및 외부 표면을 가진다. 도가니는 측벽의 내부 표면의 제1 영역 상의 제1 코팅 및 측벽의 내부 표면의

제2 영역 상의 제2 코팅을 가진다. 제2 코팅은 제1 코팅 중에 존재하지 않는 첨가제를 포함한다.

- [0006] 또 다른 측면은 도가니의 잉곳-이형 특징을 개선시키는 방법에 관한 것이다. 도가니는 바닥 및 바닥에서부터 위로 연장되는 측벽을 갖는 몸체를 포함한다. 바닥 및 측벽은 반도체 재료를 보유하기 위한 공동을 한정한다. 측벽은 내부 표면 및 외부 표면을 가진다. 제1 코팅 조성물은 측벽의 내부 표면의 제1 영역에 적용되고, 제2 코팅 조성물은 측벽의 내부 표면의 제2 영역에 적용된다.
- [0007] 또 다른 측면에서, 용융된 반도체 재료를 보유하기 위한 도가니는 바닥 및 바닥에서부터 위로 연장되는 측벽을 갖는 몸체를 포함한다. 바닥 및 측벽은 반도체 재료를 보유하기 위한 공동을 한정한다. 측벽은 내부 표면 및 외부 표면을 가진다. 도가니는, 질화규소, 및 이트리아 및 실리카로부터 선택되는 소결제를 포함하는 코팅을 측벽의 내부 표면의 일부 상에 포함한다.
- [0008] 본 개시내용의 또 다른 측면은, 도가니의 잉곳-이형 특징을 개선시키는 방법에 관한 것이다. 도가니는 바닥 및 바닥에서부터 위로 연장되는 측벽을 갖는 몸체를 포함한다. 바닥 및 측벽은 반도체 재료를 보유하기 위한 공동을 한정한다. 측벽은 내부 표면 및 외부 표면을 가진다. 조성물은 측벽의 내부 표면의 일부 상에 적용된다. 조성물은 매질, 질화규소, 및 이트리아 및 실리카로부터 선택되는 소결제를 포함한다.
- [0009] 또 다른 측면은 도가니의 잉곳-이형 특징을 개선시키는 방법에 관한 것이다. 도가니는 바닥 및 바닥에서부터 위로 연장되는 측벽을 갖는 몸체를 포함한다. 바닥 및 측벽은 반도체 재료를 보유하기 위한 공동을 한정한다. 측벽은 내부 표면 및 외부 표면을 가진다. 조성물은 측벽의 내부 표면의 일부 상에 적용된다. 조성물은 매질, 질화규소, 분산제, 및 코팅물의 도가니에 대한 부착을 증강시키기 위한 결합제를 포함한다.
- [0010] 본 개시내용의 한 측면은 도가니의 잉곳-이형 특징을 개선시키기 위해 도가니의 내부 표면을 코팅하는 조성물에 관한 것이다. 조성물은 매질, 질화규소, 결합제 및 소결제를 포함한다.
- [0011] 또 다른 측면에서, 도가니의 잉곳-이형 특징을 개선시키기 위해 도가니의 내부 표면을 코팅하는 조성물은 매질, 질화규소, 분산제, 및 코팅물의 도가니에 대한 부착을 증강시키기 위한 결합제를 포함한다.
- [0012] 본 개시내용의 한 측면에서, 다결정질 규소 잉곳의 제조 방법은, 코팅된 도가니에 다결정질 규소를 적재하여 규소 충전물을 형성하는 단계를 포함한다. 도가니는 바닥 및 바닥에서부터 위로 연장되는 측벽을 갖는 몸체를 포함한다. 바닥 및 측벽은 충전물을 보유하기 위한 공동을 한정한다. 측벽은 내부 표면 및 외부 표면을 가진다. 도가니는 측벽의 내부 표면의 제1 영역 상의 제1 코팅 및 측벽의 내부 표면의 제2 영역 상의 제2 코팅을 가진다. 제2 코팅은 제1 코팅 중에 존재하지 않는 첨가제를 포함한다. 규소 충전물을 대략 충전물의 용융 온도를 초과하는 온도로 가열하여 규소 용융물을 형성한다. 규소 용융물을 방향성 응고시켜 다결정질 규소 잉곳을 형성한다.
- [0013] 추가적 측면에서, 다결정질 규소 잉곳의 제조 방법은, 코팅된 도가니에 다결정질 규소를 적재하여 규소 충전물을 형성하는 단계를 포함한다. 도가니는 바닥 및 바닥에서부터 위로 연장되는 측벽을 갖는 몸체를 포함한다. 바닥 및 측벽은 반도체 충전물을 보유하기 위한 공동을 한정한다. 측벽은 내부 표면 및 외부 표면을 가진다. 도가니는 측벽의 내부 표면의 일부 상에 코팅을 가진다. 코팅은 질화규소, 및 이트리아 및 실리카로부터 선택되는 소결제를 포함한다. 규소 충전물을 대략 충전물의 용융 온도를 초과하는 온도로 가열하여 규소 용융물을 형성한다. 규소 용융물을 방향성 응고시켜 다결정질 규소 잉곳을 형성한다.
- [0014] 본 개시내용의 한 측면은 도가니 안에서 다결정질 규소 잉곳을 제조하는 방법에 관한 것이다. 도가니는 바닥 및 바닥에서부터 위로 연장되는 측벽을 갖는 몸체를 포함한다. 바닥 및 측벽은 규소 충전물을 보유하기 위한 공동을 한정한다. 측벽은 내부 표면 및 외부 표면을 가진다. 조성물은 측벽의 내부 표면의 일부에 적용된다. 조성물은 매질, 질화규소, 분산제, 및 코팅물의 도가니에 대한 부착을 증강시키기 위한 결합제를 포함한다. 매질은 조성물로부터 증발되어 측벽의 내부 표면 상에 질화규소 코팅이 제조된다. 다결정질 규소를 코팅된 도가니에 적재하여 규소 충전물을 형성한다. 규소 충전물을 대략 충전물의 용융 온도를 초과하는 온도로 가열하여 규소 용융물을 형성한다. 규소 용융물을 방향성 응고시켜 다결정질 규소 잉곳을 형성한다.
- [0015] 또 다른 측면에서, 규소 잉곳은 바닥, 최상부, 및 바닥과 최상부 사이로 한정되는 높이  $H_3$ 를 가진다.  $H_3$ 의 약 20%의 높이에서의 잉곳의 산소 농도는 약 4.5 ppma 미만이다.
- [0016] 또 다른 측면에서, 다결정질 규소 웨이퍼의 산소 농도는 약 2.5 ppma 미만이다.
- [0017] 본 개시내용의 상기 언급된 측면과 관련하여 기술된 특징부의 다양한 개량이 존재한다. 또한 본 개시내용의 상



기 언급된 측면에 추가적 특징부도 도입될 수 있다. 이러한 개량 및 부가적 특징부는 개별적으로 또는 임의의 조합으로 존재할 수 있다. 예를 들어, 본 개시내용의 임의의 예시된 실시양태와 관련하여 하기 논의되는 다양한 특징부가, 본 개시내용의 임의의 상기 측면에 단독으로 또는 조합으로 도입될 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

[0018] 도 1은 본 개시내용의 한 실시양태에 따른 도가니 몸체의 투시도이다.

도 2는 높이  $H_1$ 를 나타낸 한 실시양태에 따른 도가니의 투시도이다.

도 3은 응고 라인  $S_1$ , 및 최상부 T를 나타낸 한 실시양태에 따른 도가니 몸체의 투시도이다.

도 4는 높이  $H_1$  및  $H_2$ 를 나타낸 한 실시양태에 따른 도가니의 투시도이다.

도 5는 통상적으로 제조되는 도가니 및 본 개시내용의 한 실시양태의 방법으로 제조되는 도가니의 높이에 따른 산소 농도를 비교하는 도해적 예시이다.

상응하는 참고 문자는 도면에 걸쳐 상응하는 부분을 지시한다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0019] 상세한 설명

[0020] 출원인은 도가니, 예컨대 실리카 도가니를 최소한의 산소 공급원을 함유하는 코팅 조성물로 충분한 두께로 코팅 함으로써, 감소된 산소 함량을 갖고 그에 따라 감소된 광 유도 분해되는 다결정질 잉곳 및 웨이퍼를 제조할 수 있음을 확인하였다. 또한, 산소-함유 소결 보조제를 도가니에 적용되는 다양한 코팅 조성물에 사용할 수 있다. 도가니 몸체의 제1 영역은 소결 보조제를 함유하지 않는 코팅 조성물로 코팅할 수 있고, 제2 영역은 산소에 노출되는 도가니의 표면적으로 최소화하기 위하여 소결 보조제를 함유하는 조성물로 코팅한다.

[0021] 코팅 조성물 중의 산소의 양을 제어하여, 생성되는 잉곳은 통상적 제조 방법 및 코팅과 비교하여 유리한 산소 프로파일을 특징으로 하는 것이 확인되었다. 예를 들어, 붕소-도핑된 태양전지용 규소에서 바람직한 잉곳에서 보다 낮은 산소 수준을 달성할 수 있음을 확인하였다. 붕소-도핑된 태양전지용 규소 내에서 높은 산소 수준은 시간에 따라 광 유도 분해와 연관되었다.

### 도가니 몸체 출발 재료

[0023] 이제 도 1을 참고하여, 본 개시내용의 실시양태에서 사용하기 위한 도가니 몸체는 일반적으로 숫자 (5)로 표시한다. 도가니 몸체 (5)는 바닥 (10) 및 기저부 또는 바닥 (10)으로부터 연장되는 측벽 (14)을 갖는다. 4개의 측벽 (14)이 나타나도록 도가니 몸체 (5)가 예시되어 있지만, 도가니 몸체 (5)는, 본 개시내용의 범주로부터 벗어나지 않으면서, 4개 미만의 측벽을 포함할 수 있거나 4개 초과 측벽을 포함할 수 있음을 이해해야 한다. 또한, 측벽 (14) 사이의 모서리 (18)는 도가니 몸체의 봉입을 형성하기에 적합한 임의의 각도로 서로 연결될 수 있으며, 도 1에 예시된 바와 같이 모난 모양일 수 있거나 둥글린 모양일 수 있다. 일부 실시양태에서, 도가니 몸체는 일반적으로 모양이 원통형인 하나의 측벽을 가진다. 도가니 몸체 (5)의 측벽 (14)은 내부 표면 (12) 및 외부 표면 (20)을 가진다. 도가니 몸체 (5)는 일반적으로 개방되어 있는데, 즉 몸체가 최상부를 포함하지 않을 수 있다. 그러나, 본 개시내용의 범주로부터 벗어나지 않는 한, 도가니 몸체 (5)가 바닥 (10)의 맞은 편에 있는 최상부 (보여지지 않음)를 가질 수 있음을 주지해야 한다.

[0024] 본 개시내용의 여러 실시양태에서, 도가니 몸체 (5)는 실질적으로 동일한 길이를 갖는 4개의 측벽 (14)을 가진다 (예를 들어, 도가니는 일반적으로 정사각형 기저부 (10)를 가진다). 측벽 (14)의 길이는 약 25 cm 이상, 약 50 cm 이상 또는 심지어 약 75 cm 이상일 수 있다. 측벽 (14)의 높이는 약 15 cm 이상, 약 25 cm 이상 또는 심지어 약 35 cm 이상일 수 있다. 이와 관련하여, 도가니의 부피 (정사각형 또는 직사각형 기저부가 사용되거나, 또는 도가니가 원형이거나 둥근 실시양태에서, 또는 또 다른 모양이 사용되는 실시양태에서)는 약 0.05 m<sup>3</sup> 이상, 약 0.15 m<sup>3</sup> 이상 또는 약 0.25 m<sup>3</sup> 이상일 수 있다. 추가로 이와 관련하여, 본 개시내용의 범주로부터 벗어나지 않는 한, 상기된 것과 다른 도가니 모양 및 치수를 사용할 수 있음을 이해해야 한다. 본 개시내용의 하나 이상의 특정 실시양태에서, 도가니 몸체 (5)는 각각 길이가 약 87.7 cm이고, 높이가 40 cm인 4개의 측벽 (14)을 가지고 도가니의 부피는 약 0.31 m<sup>3</sup>이다.

[0025] 도가니 몸체 (5)는 반도체 재료의 응고에 적합한 임의의 재료로 제작할 수 있다. 예를 들어, 도가니는 실리카,

질화규소, 탄화규소, 흑연, 그의 혼합물 및 그의 복합물로부터 선택된 재료로 제작할 수 있다. 복합물에는 예를 들어, 위에 코팅된 베이스 재료가 포함될 수 있다. 복합물 재료에는 예를 들어, 질화규소로 코팅된 실리카 및 염화칼슘 및/또는 질화규소로 코팅된 흑연이 포함될 수 있다. 일부 도가니 몸체 재료는 본질적으로 산소 오염의 공급원이 아닐 수 있으나 (예를 들어, 흑연), 시스템을 설계할 때 고려해야 하는 다른 특징을 가질 수 있다 (예를 들어, 비용, 오염 등). 부가적으로, 재료는 바람직하게는 이러한 반도체 재료가 용융되고 응고되는 온도를 견딜 수 있다. 예를 들어, 도가니 재료는 약 10시간 이상 또는 심지어 100시간 이상의 긴 시간 동안, 약 300℃ 이상, 약 1000℃ 이상 또는 심지어 약 1580℃ 이상의 온도에서 반도체 재료를 용융시키고 응고시키는 데 적합하다.

[0026] 바닥 (10) 및 측벽 (14)의 두께는 예를 들어, 가공 온도에서 재료의 강도, 도가니 제작 방법, 선택된 반도체 재료, 로 및 공정 설계를 비롯한 여러 변수에 좌우되어 달라질 수 있다. 일반적으로, 도가니의 두께는 약 5 mm 내지 약 50 mm, 약 10 mm 내지 약 40 mm 또는 약 15 mm 내지 약 25 mm일 수 있다.

#### [0027] 코팅 조성물

[0028] 상기된 도가니 몸체 (5)의 측벽 (14)의 내부 표면 (12)의 적어도 일부를 질화규소 및 하나 이상의 첨가제를 포함하는 코팅 조성물로, 도가니 안에서 후속하여 형성되는 잉곳 중의 산소의 양을 감소시키기에 충분한 두께 및/또는 도가니의 잉곳-이형 특징을 증강시키기에 충분한 두께로 코팅할 수 있다. 첨가제는 예를 들어, 하나 이상의 결합제, 분산제, 소결 보조제 및 매질, 희석제, 용매 또는 이의 조합일 수 있다. 잉곳-이형 특징에는 냉각하는 동안 잉곳을 이형시키는 잉곳의 능력 (즉, 잉곳에 부착되지 않는 도가니의 능력) 및 잉곳 균열을 야기하지 않으면서 잉곳을 이형시키는 능력이 포함될 수 있다. 잉곳 부착의 증거에는, (1) 심지어 실온에서도 도가니로부터의 잉곳의 이형 실패, (2) 이형시 잉곳 균열의 양 및/또는 (3) 잉곳의 이형 후 도가니에 붙은 반도체 재료의 존재 및 양이 포함된다.

[0029] 조성물은 약 5 중량% 이상의 질화규소, 다른 실시양태에서는 약 15 중량% 이상 또는 심지어 약 30 중량% 이상의 질화규소를 포함할 수 있다. 다양한 실시양태에서, 코팅 조성물은 약 5 중량% 내지 약 50 중량%의 질화규소 또는 약 15 중량% 내지 약 50 중량%, 약 10 중량% 내지 약 40 중량% 또는 약 30 중량% 내지 약 40 중량%의 질화규소를 포함할 수 있다. 일부 실시양태에서, 코팅 조성물은 약 37.0 내지 37.7 중량%의 질화규소를 포함한다. 본 개시내용의 목적 상, "코팅 조성물" 또는 간단히 "조성물"의 구성요소의 포함 백분율은 부가적 가공 단계 (예를 들어, 매질의 증발, 가열 또는 소결 등) 이후 형성되는 코팅 그 자체가 아닌 도가니 몸체에 적용되는 재료를 지칭한다. "코팅"의 구성요소의 포함 백분율 (하기 제목이 "코팅된 도가니"인 섹션에서 기재됨)은 모든 가공 단계를 수행한 후 도가니 몸체의 일부를 커버하는 고체 재료, 및 잉곳의 제조 동안 도가니 몸체를 커버하는 고체 재료를 지칭한다. 달리 기재되지 않는 한, 열거된 백분율은 기재되는 구성요소 또는 구성요소들을 포함한 전체 조성물 또는 전체 코팅물의 백분율로서 주어진다.

[0030] 특정 이론에 얽매이지 않으면서, 미립자 형태로 사용될 때, 질화규소 입자의 크기가 코팅 조성물의 레올로지에 영향을 줄 수 있고, 적용의 용이성에 영향을 줄 수 있는 것으로 여겨진다. 일부 실시양태에서, 미립자 질화규소의 평균 명목 직경은 약 100 μm 미만일 수 있다. 다른 실시양태에서, 질화규소의 평균 명목 직경은 약 50 μm 미만, 약 25 μm 미만 또는 심지어 약 10 μm 미만일 수 있다. 보다 작은 입자 크기를 이용하면, 일반적으로 개선된 유동성을 갖는 코팅 조성물이 초래된다.

[0031] 조성물은 질화규소가 실질적으로 미립자 형태로 남아 있는 매질을 포함할 수 있다. 일반적으로, 하나 이상의 질화규소 및 첨가제, 예컨대 결합제, 분산제, 소결 보조제 등이 매질 중에 용해되지 않거나, 부분 용해되거나 완전히 용해될 수 있으며, 용어 "매질", "희석제" 및 "용매"를 상호교환가능하게 사용할 수 있고, 본 개시내용의 실시양태를 하나 이상의 구성요소가 매질 중에 용해되거나 용해되지 않는 조성물로 제한하고자 함이 아님을 이해해야 한다.

[0032] 매질은 유기 화합물을 포함할 수 있거나 수성일 수 있다. 그러나, 수용액 중 물의 존재가, 경화된 코팅 중의 보다 많은 산소를 초래할 수 있고, 이는 또한 그 안에서 성장한 반도체 잉곳의 산소 수준 증가를 초래할 수 있음을 주지해야 한다. 따라서, 본 개시내용으로부터 벗어나지 않고 수용액을 이용할 수 있지만, 일부 실시양태에서 비-수성 매질을 사용하는 것이 바람직할 수 있다. 바람직하게는 매질이 임의의 건조 단계에서 쉽게 증발된다.

[0033] 매질은 C1 내지 C10 알콜을 포함할 수 있고, 이는 이소프로필 알콜 또는 에탄올일 수 있다. 일부 실시양태에서, 도가니에 적용하기 전의 총 조성물의 약 10 중량% 이상이 매질이다.

- [0034] 다른 실시양태에서, 조성물은 약 30 중량% 이상, 약 50 중량% 이상 또는 심지어 약 70 중량%의 매질을 포함할 수 있다. 다양한 다른 실시양태에서, 조성물은 약 10 중량% 내지 약 80 중량%의 매질, 약 30 중량% 내지 약 70 중량%, 약 40 중량% 내지 약 60 중량% 또는 심지어 약 45 중량% 내지 약 55 중량%의 매질을 포함한다. 조성물은 약 47.9 중량% 내지 약 50.6 중량%의 매질을 포함할 수 있다. 조성물은, 하나 초과와 매질을 포함할 수 있고, 조성물 중 매질의 총 중량 분획은 상기된 바와 같다.
- [0035] 조성물은 도가니 몸체에 코팅물, 보다 특히 질화규소 입자를 결합시키고, 적용 후 질화규소 입자끼리 결합시키는 작용을 하는 하나 이상의 결합제를 포함할 수 있다. 일반적으로, 결합제는 코팅 조성물의 레올로지를 변화시키고, 적용 및 건조시키는 동안 내내 매질 중 입자의 분포를 유지시킨다. 일부 실시양태에서, 결합제를 매질 중에 용해시킨다. 일부 실시양태에서, 결합제는 폴리비닐 부티랄, 예컨대 솔루티아 인크 (Solutia, Inc.; 미국 미주리주 세인트 루이스 소재)로부터 입수가 가능한 B-76이다. 일부 실시양태에서, 도가니에 적용하기 전의 총 조성물의 약 0.5 중량% 이상, 약 2 중량% 이상, 약 5 중량% 이상 또는 약 10 중량% 이상 또는 심지어 약 15 중량% 이상이 하나 이상의 결합제이다. 다양한 실시양태에서, 조성물은 약 0.5 중량% 내지 약 20 중량%의 결합제, 약 0.5 중량% 내지 약 10 중량%, 약 0.5 중량% 내지 약 8 중량%의 결합제 또는 약 2 중량% 내지 약 8 중량%의 결합제를 포함한다. 조성물은 약 5.4 중량% 내지 약 6.8 중량%의 결합제를 포함할 수 있다. 일부 실시양태에서, 조성물은 결합제를 포함하지 않는다. 조성물은 하나 초과와 결합제를 포함할 수 있고, 조성물 중 결합제의 총 중량 분획은 상기된 바와 같다.
- [0036] 코팅 조성물은 분산제를 포함할 수 있다. 일반적으로, 분산제는 도가니 몸체에 코팅 조성물을 적용하기 전에 질화규소 미립자가 침전하는 것을 방지하는 작용을 한다. 적합한 분산제는 일반적으로 코팅 조성물에 금속성 불순물을 제공하지 않고, 청정 연소 (clean burning)하며, 열 사이클 (thermal cycle) 동안 분해된다. 균열이 없는 또는 최소한의 균열이 있는 코팅물의 건조가 실현되도록 가소제 (하기 됨) 및 분산제의 조합을 선택할 수 있다. 일부 실시양태에서, 분산제는 메틸옥시란 중합체, 예컨대 솔스퍼스 (SOLSPERSE)<sup>®</sup>20000 (루브리졸 코퍼레이션 (Lubrizol Corp.), 미국 오하이오주 위클리프 소재)이다. 조성물은 약 0.05 중량% 이상의 분산제, 다른 실시양태에서 약 0.1 중량% 이상, 약 0.5 중량% 이상, 약 1 중량% 이상 또는 심지어 약 5 중량% 이상의 분산제를 포함할 수 있다. 다양한 다른 실시양태에서, 조성물은 약 0.05 중량% 내지 약 10 중량%의 분산제, 약 0.05 중량% 내지 약 5 중량% 또는 약 0.5 중량% 내지 약 2.5 중량%의 분산제를 포함한다. 조성물은 약 1.6 중량% 내지 약 2.1 중량%의 분산제를 포함할 수 있다. 일부 실시양태에서, 조성물은 분산제를 포함하지 않는다. 조성물은 하나 초과와 분산제를 포함할 수 있고, 조성물 중 분산제의 총량은 상기된 바와 같다.
- [0037] 코팅 조성물은 가소제를 포함할 수 있다. 적합한 가소제는 일반적으로 코팅 조성물에 금속성 불순물을 제공하지 않고, 청정 연소하며, 열 사이클 동안 분해된다. 균열이 없는 또는 최소한의 균열이 있는 코팅물의 건조가 실현되도록 가소제 및 분산제를 선택할 수 있다. 가소제는 예를 들어, 폴리에틸렌 글리콜일 수 있다. 폴리에틸렌 글리콜은 카르보왁스 (CARBOWAX)<sup>®</sup> 400 (다우 케미컬 컴퍼니 (Dow Chemical Co.), 미국 미시간주 미들랜드 소재)로 시판된다. 코팅 조성물은 약 0.5 중량% 이상, 약 2 중량% 이상, 약 5 중량% 이상, 약 10 중량% 이상 또는 심지어 약 15 중량% 이상의 가소제를 포함할 수 있다. 다양한 실시양태에서, 조성물은 약 0.5 중량% 내지 약 20 중량%의 가소제, 약 0.5 중량% 내지 약 10 중량%, 약 0.5 중량% 내지 약 8 중량% 또는 약 2 중량% 내지 약 8 중량%의 가소제를 포함한다. 조성물은 약 5.4 중량% 내지 약 6.8 중량%의 가소제를 포함할 수 있다. 일부 실시양태에서, 조성물은 가소제를 포함하지 않는다. 조성물은 하나 초과와 가소제를 포함할 수 있고, 조성물 중 가소제의 총량은 상기된 바와 같다.
- [0038] 조성물은 하나 이상의 소결 보조제 예를 들어, 이트리아, 실리카 및/또는 알루미늄을 포함할 수 있다. 소결 보조제는 미립자 형태일 수 있고, 하나 이상의 매질 중에 현탁될 수 있다. 소결 보조제 (특히 이트리아)는 일단 도가니 몸체에 적용되면 코팅을 강화시키고, 일반적으로 도가니 몸체에 대한 질화규소 입자의 부착 및 질화규소 입자끼리의 부착을 개선시킨다. 코팅 조성물은 약 0.1 중량% 이상의 소결 보조제 (또는 하나 초과와 사용되는 경우에는 소결 보조제들), 약 0.5 중량% 이상, 약 1 중량% 이상, 약 5 중량% 이상 또는 약 7.5 중량% 이상의 소결제(들)를 포함할 수 있다.
- [0039] 소결제 대 질화규소의 질량비는 약 1:20 이상, 다른 실시양태에서 약 1:10 이상, 약 1:5 이상, 약 2:5 이상, 약 3:5 이상, 약 4:5 이상 또는 심지어 약 1:1 이상일 수 있다. 다양한 다른 실시양태에서, 소결제 대 질화규소의 비율은 약 1:20 내지 약 1:1 또는 약 1:5 내지 약 1:2이다.
- [0040] 코팅 조성물이 이트리아를 포함하는 실시양태에서, 코팅 조성물은 약 0.1 중량% 이상의 이트리아를 함유할 수

있고, 다른 실시양태에서 약 0.5 중량% 이상의 이트리아, 약 1 중량% 이상의 이트리아, 약 5 중량% 이상의 이트리아, 약 7.5 중량% 이상의 이트리아 또는 심지어 약 12 중량% 이상의 이트리아를 함유할 수 있다. 다양한 다른 실시양태에서, 코팅 조성물은 약 0.1 중량% 내지 약 40 중량%의 이트리아, 약 1 중량% 내지 약 40 중량%의 이트리아 또는 약 1 중량% 내지 약 20 중량%의 이트리아를 포함한다.

[0041] 이트리아에 대안적으로 또는 부가적으로, 조성물은 소결 보조제로 작용할 수 있는 다른 구성요소, 예컨대 실리카 및/또는 알루미늄을 포함할 수 있다. 일부 실시양태에서, 조성물은 약 0.1 중량% 이상의 실리카를 포함하고, 다른 실시양태에서 약 0.5 중량% 이상, 1 중량% 이상 또는 약 3 중량% 이상의 실리카를 포함한다. 다양한 실시양태에서, 조성물은 약 0.1 중량% 내지 약 10 중량%의 실리카, 0.1 중량% 내지 약 5 중량%의 실리카 또는 약 1 중량% 내지 약 5 중량%의 실리카를 포함한다. 대안적으로 또는 부가적으로, 조성물은 약 0.1 중량% 이상의 알루미늄을 포함할 수 있다. 다른 실시양태에서, 조성물은 약 0.5 중량% 이상의 알루미늄, 약 1 중량% 이상 또는 약 2 중량% 이상의 알루미늄을 포함한다. 다양한 실시양태에서, 조성물은 약 0.1 중량% 내지 약 10 중량%의 알루미늄, 0.1 중량% 내지 약 4 중량%의 알루미늄 또는 약 1 중량% 내지 약 5 중량%의 알루미늄을 포함한다. 질화규소 코팅물의 강도 및 부착을 증강시키기 위해, 일반적으로, 이트리아, 실리카, 알루미늄 또는 다른 산화물을 소결 보조제로 사용한다.

[0042] 비교적 많은 양의 산화물을 함유하는, 특히 비교적 많은 양의 실리카 및 알루미늄을 함유하는 조성물 중에서 매질의 양을 증가시킬 수 있음을 주지해야 한다. 비교적 많은 양의 매질을 함유하는 조성물은 일반적으로 개선된 유동성을 특징으로 한다 (실시에 1 참고).

#### [0043] 도가니의 코팅 방법

[0044] 본 개시내용에 기재된 코팅 조성물을 화학적 증착, 플라즈마 분무, 브러싱, 에어로졸 분무, 푸어링 또는 이의 임의의 조합을 통해 도가니 몸체의 내부 표면의 적어도 일부에 적용할 수 있다. 통상적으로, 적용은 배기 후드 아래에서 대기압 및 코팅 조성물의 인화점 미만의 온도에서 이루어진다. 코팅 조성물은 단일 적용 또는 여러 회 적용하여 목적하는 두께에 도달할 수 있다. 일단 목적하는 두께에 도달하면, 코팅된 도가니를 가열하여 결합제, 매질, 분산제 등을 증발시키고, 코팅으로서 질화규소 및 임의의 산화물 첨가제 (예를 들어, 이트리아, 실리카, 알루미늄 등)를 남길 수 있다. 도가니는 또한 코팅의 치밀화 및 강화를 야기하기 위해 소결시킬 수 있다. 다중 적용이 이용되는 실시양태에서, 최종 적용에 부가적인 하나 이상의 중간 적용 이후 도가니를 건조, 가열 및/또는 소결시킬 수 있음을 주지해야 한다.

[0045] 일반적으로, 본원에 기재된 코팅 조성물은 도가니의 측벽의 내부 표면의 적어도 일부에 또는 도가니의 측벽의 전체 내부 표면에 단독으로 또는 조합으로 적용할 수 있다. 도가니가 하나 초과 측벽을 포함한다면, 코팅 조성물은 하나 이상의 측벽의 내부 표면의 적어도 일부에 또는 하나 이상의 측벽 전체 표면에 적용할 수 있고, 모든 측벽의 전체 내부 표면에 적용할 수 있다.

[0046] 도 2에 보여지는 바와 같이 예를 들어, 코팅을 도가니의 바닥에서부터 높이  $H_1$ 까지 적용할 수 있다. 도가니의 바닥과  $H_1$  사이의 거리는 측벽의 높이의 약 50% 이상일 수 있다. 다른 실시양태에서, 도가니의 바닥과  $H_1$  사이의 거리는 측벽의 높이의 약 70% 이상 또는 심지어 측벽의 높이의 약 85% 이상이다. 일부 실시양태에서,  $H_1$ 은 하기 (도 3)되는 대략 응고 라인  $S_1$  위로 연장되고, 다른 실시양태에서는 대략 도가니의 최상부까지 연장된다.

[0047] 일반적으로, 반도체 재료의 부피 및 도가니 안의 재료의 비례적 높이는 도가니 안에서 반도체 재료가 응고함에 따라 달라질 수 있다. 예를 들어, 규소는 응고함에 따라 부피가 증가한다. 도가니의 내부 표면의 "응고 라인"은 측벽 (또는 도가니가 하나 초과 측벽을 갖는 경우에는 측벽들)의 내부 표면의 둘레에 연장되어 있고, 응고된 잉곳의 최상부에 근접하는 도가니의 예상되는 부분 또는 잉곳의 최상부의 예상되는 상층부에 상응한다. 도가니의 바닥과 응고 라인 사이의 거리는 도가니의 바닥과 도가니 안에서 응고된 잉곳의 최상부 사이의 거리에 상응하고, 도가니의 바닥의 치수가 균일하지 않은 경우 (예컨대, 오탁한-바닥 도가니)에는 도가니의 바닥에서부터 응고된 잉곳의 최상부와 측벽이 만나는 점까지의 거리에 상응한다.

[0048] 바닥 (10), 최상부 T, 및 응고 라인  $S_1$ 이 도 3에 일반적으로 예시된다. 일반적으로, 응고된 잉곳의 크기를 최대화하기 위하여, 도가니 측벽의 응고 라인  $S_1$ 과 최상부 T사이의 거리는 측벽의 높이의 약 25% (즉, 측벽이 도가니의 바닥과 만나는 지점과 측벽의 최상부 사이 거리의 약 25%) 미만이다. 다른 실시양태에서, 이러한 거리는 측벽 높이의 약 15% 미만, 약 10% 미만 또는 심지어 높이의 약 5% 미만이다. 일부 실시양태에서, 거리는 측벽 높이의 0.5% 내지 약 25%이다.



- [0049] 도가니의 내부 표면을, 도가니의 바닥의 내부 표면 및 도가니의 바닥에서부터 적어도 응고 라인까지, 다른 실시양태에서 응고 라인 위의 거리까지의 측벽의 내부 표면에 걸쳐 본 개시내용의 실시양태의 코팅 조성물로 코팅할 수 있다. 내부 측벽이 코팅되는 응고 라인 위의 거리는 측벽의 높이의 약 0.5% 이상, 측벽의 높이의 약 1% 이상 또는 심지어 측벽의 높이의 약 3% 이상일 수 있다.
- [0050] 본 개시내용의 일부 실시양태에 따라, 제1 코팅 조성물은 도가니의 측벽의 내부 표면의 제1 영역에 적용되고, 제2 코팅 조성물은 측벽의 내부 표면의 제2 영역에 적용된다. 예를 들어, 하나의 코팅 조성물은 잉곳이 비교적 더 잘 부착되는 측벽의 부분에 적용되고, 다른 코팅 조성물은 측벽의 다른 영역에 적용되어, 두 코팅 조성물이 도가니 측벽의 상이한 부분에 적용될 수 있다. 제2 코팅 조성물은 제1 코팅 조성물 중에 존재하지 않는 첨가제를 함유할 수 있다. 일부 실시양태에 따라, 제1 코팅은 매질, 질화규소, 분산제 및 결합제를 포함한다. 부가적으로 또는 대안적으로, 제2 코팅 조성물은 매질, 질화규소 및 산화물 첨가제, 예컨대 알루미늄, 실리카 및 이트리아 및/또는 다른 산화물 (예를 들어, 란탄족 원소)를 포함할 수 있다. 질화규소 및/또는 산화물 첨가제를 매질 중에 현탁시킬 수 있다.
- [0051] 다양한 실시양태에서 그리고 도 4에 보여지는 바와 같이, 제1 조성물을 도가니 (5)의 바닥 (10)에서부터 높이  $H_1$ 까지의 측벽의 내부 표면에 적용할 수 있고, 제2 코팅 조성물은 대략  $H_1$ 에서 높이  $H_2$ 까지의 도가니의 내부 표면에 적용할 수 있다. 도가니의 바닥과  $H_1$  사이의 거리는 측벽의 높이의 약 50% 이상일 수 있고, 다른 실시양태에서, 측벽의 높이의 약 70% 이상 또는 심지어 약 85% 이상이다. 제2 코팅 조성물이 적용될 수 있는 도가니의 바닥과 높이  $H_2$  사이의 거리는 측벽의 높이의 약 60% 이상 (예를 들어,  $H_1$ 이 측벽의 높이의 약 60% 미만인 경우), 약 75% 이상 (예를 들어,  $H_1$ 이 측벽의 높이의 약 75% 미만인 경우) 또는 심지어 측벽의 높이의 약 90% 이상 (예를 들어,  $H_1$ 이 측벽의 높이의 약 90% 미만인 경우)일 수 있다. 다른 실시양태에서,  $H_2$ 는 응고 라인  $S_1$  위로 연장되거나, 또는 심지어 도가니의 대략 최상부 T까지 연장된다 (도 3).
- [0052] 일부 실시양태에서, 제1 코팅 조성물 및 제2 코팅 조성물은 도가니 측벽의 포개지는 부분에 적용할 수 있다. 예를 들어, 제1 코팅은 도가니 (5)의 바닥 (10)에서부터 높이  $H_1$ 까지 적용할 수 있고, 제2 코팅 조성물은 높이  $H_1$  아래에서부터 높이  $H_2$ 까지 적용할 수 있으며, 도가니의 바닥과  $H_1$  및  $H_2$  사이의 거리는 상기한 바와 같다. 이러한 실시양태에서,  $H_1$ 은 심지어 응고 라인  $S_1$ 까지 또는 그 위로, 또는 심지어 도가니의 대략 최상부 T까지 연장될 수 있다.
- [0053] 제2 코팅 조성물이 이트리아 또는 다른 산화물을 함유하고, 제1 코팅 조성물이 이러한 첨가제를 함유하지 않는 실시양태에서, 제2 조성물을 적용하는 규소-습윤 표면적의 양을 제한함으로써, 코팅의 총 산소 함량을 감소시켜 응고된 잉곳 중의 산소의 양을 비례적으로 감소시킬 수 있다. 일반적으로, 일부 실시양태에서, 산화물 첨가제 (예를 들어, 이트리아, 실리카 및/또는 알루미늄 등)를 함유하지 않는 제1 조성물을 도가니의 바닥에 적용할 수 있다.
- [0054] 일단 코팅 조성물을 도가니의 내부 표면의 일부에 적용하면, 조성물을 건조시켜 매질을 증발시킬 수 있다. 일반적으로, 도가니를 예를 들어, 주변 공기, 질소, 아르곤 또는 그의 혼합물을 비롯한 임의의 분위기하에서 건조시킬 수 있다. 일반적으로 주변 공기를 이용하는 경우, 매질의 전체 또는 상당 부분이 약 20분 후, 다른 실시양태에서 약 30분 후 또는 심지어 40분 후에 증발된다. 배기 (예를 들어, 순환 공기를 사용하여)를 증가시킴으로써, 건조 시간이 비례적으로 감소될 수 있다. 일반적으로, 코팅에 인간 손가락을 접촉시켰을 때 손가락에 코팅물이 부착되거나 재료가 옮겨지지 않으면 코팅은 건조된 것이다.
- [0055] 코팅 조성물은 여러 번 적용하고 건조시켜 코팅의 두께를 증가시킬 수 있다. 각각의 적용을 공기-건조시켜 다른 코트를 적용하기 전에 매질을 제거할 수 있다. 대안적으로 또는 부가적으로, 하기에 보다 상세하기 기재되는 바와 같이 가열을 이용할 수 있다. 일부 실시양태에서, 코팅 조성물을 약 2회 이상, 다른 실시양태에서 약 4회 이상 또는 심지어 약 8회 적용하고 건조시킨다. 다양한 실시양태에서, 코팅 조성물을 약 50  $\mu\text{m}$  이상, 다른 실시양태에서 약 100  $\mu\text{m}$  이상, 약 250  $\mu\text{m}$  이상, 약 500  $\mu\text{m}$  이상 또는 심지어 약 750  $\mu\text{m}$  이상의 두께가 달성될 때까지 적용한다. 여러 실시양태에서, 코팅 조성물을 약 50  $\mu\text{m}$  내지 약 1000  $\mu\text{m}$ , 약 100  $\mu\text{m}$  내지 약 750  $\mu\text{m}$  또는 약 250  $\mu\text{m}$  내지 약 750  $\mu\text{m}$ 의 두께가 달성될 때까지 적용한다. 일반적으로, 코팅의 증가된 두께는 생성된 잉곳 중의 감소된 산소 함량을 초래하며, 특히, 코팅 조성물 자체가 최소량의 산소를 함유하는 경우에 그러하다.
- [0056] 목적하는 두께 (또는 도가니의 내부 표면 상에 하나 초과와 범위의 두께가 요구되는 경우에는 두께들)가 달성된

후, 임의의 결합제, 분산제, 가소제 등을 제거하기에 충분한 온도로 도가니를 가열할 수 있다. 일반적으로, 가열은, 목적하는 온도가 달성될 때까지 코팅 조성물이 적용된 도가니를 가열하여 달성할 수 있다. 코팅이 5 중량% 미만의 잔류 탄소 또는 약 3 중량% 미만 또는 약 1 중량% 미만의 잔류 탄소를 함유할 때까지 결합제, 분산제 및/또는 가소제를 제거할 수 있다. 일부 실시양태에서, 도가니를 약 150℃ 이상, 약 200℃ 이상, 약 300℃ 이상, 약 400℃ 이상 또는 심지어 약 750℃ 이상으로 가열하여 임의의 결합제, 가소제 및 분산제 화합물을 제거한다. 다양한 다른 실시양태에서, 도가니를 약 100℃ 내지 750℃ 또는 400℃ 내지 750℃로 가열할 수 있다. 도가니를 약 1시간, 다른 실시양태에서 약 2시간 이상, 약 3시간 이상 또는 약 1시간 내지 약 5시간 동안 가열할 수 있다. 일부 실시양태에서, 도가니를 약 300℃ 이상으로 약 2시간 동안 가열한다. 분위기는 약 60torr (0.08atm) 내지 약 1atm 또는 약 150torr (0.20atm) 내지 약 1atm의 압력 (진공)일 수 있다. 다른 실시양태에서, 대기압 초과 압력, 예컨대 1atm 이상, 2atm 이상 또는 심지어 5atm 이상이 사용된다.

[0057] 도가니를 불활성 기체, 예컨대 질소, 헬륨 또는 아르곤의 존재하에서 가열할 수 있다. 가열하는 동안 주변 공기를 또한 분위기로 사용될 수 있으나, 이는 산소를 코팅 안으로 도입시킬 수 있으므로 덜 바람직하다. 또한, 당업자가 이해하는 바와 같이 로의 제작 재료 및 또한 기체 흐름을 제어하여 코팅물의 산화를 피할 수 있다.

[0058] 도가니 가열에 부가적으로 또는 대안적으로, 도가니를 또한 소결시켜 코팅을 치밀화시킬 수 있다. 상기한 바와 같이 임의의 잔류 매질 및 결합제 및 가소제를 제거하기 위해 도가니를 가열하는 실시양태에서, 임의의 잔류 매질, 용매, 결합제 및/또는 가소제의 제거 이후 소결을 수행하거나, 소결을 부가적으로 사용하여 하나 이상의 이러한 구성요소를 제거할 수 있다. 특정 실시양태에서, 가공 시간을 최소화하기 위하여 규소 충전물이 용융되는 동안 소결을 수행한다. 소결을 달성하기 위하여, 도가니를 약 1000℃ 이상의 온도, 또 다른 실시양태에서 약 1100℃ 이상으로 가열할 수 있다. 도가니를 약 1시간 이상, 다른 실시양태에서 약 2시간 이상, 약 3시간 이상 또는 약 1시간 내지 약 5시간 동안 소결시킬 수 있다. 일부 실시양태에서, 도가니를 약 1100℃ 이상의 온도에서 약 3시간 이상 동안 소결시킨다. 도가니를 불활성 기체, 예컨대 질소, 헬륨 또는 아르곤의 존재하에서 소결시킬 수 있다. 분위기는 약 60torr (0.08atm) 내지 약 1atm 또는 약 150torr (0.20atm) 내지 약 1atm의 압력 (진공)일 수 있다. 다른 실시양태에서, 대기압 초과 압력, 예컨대 1atm 이상, 2atm 이상 또는 심지어 5atm 이상이 사용된다. 여러 가열 및/또는 소결 이후 도가니 상에 남는 잔류 탄소 수준을 하기 실시예 6에서 시험하였다.

[0059] 하나 이상의 코팅 조성물을 도가니 측벽의 내부 표면에 적용하는 경우, 산화물 첨가제 (이트리아, 실리카, 알루미늄 등)를 함유할 수 있는 제2 조성물을 도가니의 제2 영역에 적용하고 건조시킬 수 있다. 이는 목적하는 두께가 달성될 때까지 반복할 수 있다. 그 후, 첨가제를 함유하지 않는 제1 조성물을 도가니의 제1 영역에 적용하고 건조시킬 수 있다. 제1 조성물을 반복하여 적용하고 건조시켜 목적하는 두께를 달성할 수 있다. 적용 후 및/또는 건조 후 제1 코팅 및 제2 코팅은, 본 개시내용의 범주로부터 벗어나지 않는 한, 도가니의 내부 표면의 일부 상에서 서로 포개질 수 있다.

#### [0060] 코팅된 도가니

[0061] 상기 논의된 바와 같이, 코팅 조성물을 내부 표면의 일부 또는 전체에 하나 이상의 적용을 이용하여 적용하고, 적용된 코팅물의 유형 및 수 및 목적하는 생성된 코팅의 구성에 따라 다양한 방법으로 코팅 조성물을 건조시킬 수 있다. 일반적으로, 상온에서 도가니를 건조시킴으로써 매질이 증발하여 질화규소를 남기고, 결합제, 가소제, 분산제 및/또는 산화물 첨가제 (이트리아, 실리카, 알루미늄 등)의 일부를 남긴다. 도가니를 가열함으로써, 잔류 결합제, 가소제 및/또는 분산제를 증발시켜 질화규소, 임의의 산화물 첨가제 및 잔류 탄소를 남길 수 있다. 실시예 6에 보여지는 바와 같이, 도가니를 400℃로 2시간 이상 동안 가열함으로써, 코팅 중의 잔류 탄소 농도를 코팅의 1 중량% 미만으로 감소시킬 수 있다.

[0062] 도가니의 일부를 코팅하는데 사용하는 코팅 조성물이 산화물 첨가제를 함유하지 않는 실시양태를 포함한 일부 실시양태에서, 도가니 코팅은 약 90 중량% 이상의 질화규소를 포함할 수 있다. 다른 실시양태에서, 코팅은 약 95 중량% 이상의 질화규소 또는 심지어 약 97.5 중량% 이상의 질화규소를 포함한다. 코팅은 약 1 중량% 미만의 탄소를 포함할 수 있다. 제목이 "코팅된 도가니"인 본 섹션에 기재되는 코팅 조성물은 가열 단계 (예를 들어, 약 300℃ 이상으로 가열) 이후, 임의로 제목이 "도가니의 코팅 방법"인 상기 섹션에 기재된 바와 같이 소결 단계 이후의 코팅의 조성물을 지칭한다.

[0063] 다양한 실시양태에서, 코팅은 도가니 측벽 (및 일부 실시양태에서 측벽들)의 내부 표면 전체 또는 측벽의 내부 표면의 일부에 걸쳐 연장된다. 코팅 조성물이 적용될 수 있는 영역에 대해 상기한 바와 같이, 그리고 도 2에

보여지는 바와 같이, 코팅은 도가니의 바닥의 내부 표면 및 도가니의 바닥에서부터 높이  $H_1$ 까지의 측벽의 내부 표면에 걸쳐 연장될 수 있다.

- [0064] 일부 실시양태에서, 도가니 측벽의 제1 영역을 커버하는 코팅은 질화규소 및 소정량의 소결제 (예를 들어, 산화물 첨가제, 예컨대 이트리아, 실리카 또는 알루미늄)를 포함할 수 있다. 이러한 실시양태에서, 코팅은 소결제에 부가적으로 약 40 중량% 이상의 질화규소, 약 60 중량% 이상의 질화규소 또는 심지어 약 80 중량% 이상의 질화규소를 포함할 수 있다.
- [0065] 코팅은 약 0.5 중량% 이상의 이트리아를 포함할 수 있다. 다른 실시양태에서, 코팅은 약 1 중량% 이상의 이트리아, 약 5 중량% 이상, 약 10 중량% 이상, 약 15 중량% 이상 또는 심지어 약 20 중량% 이상의 이트리아를 포함할 수 있다. 다양한 실시양태에서, 코팅은 약 0.5 중량% 내지 약 25 중량%의 이트리아, 약 0.5 중량% 내지 약 20 중량%, 약 0.5 중량% 내지 약 10 중량% 또는 약 1 중량% 내지 약 20 중량%의 이트리아를 포함한다. 코팅물 중 이트리아 대 질화규소의 질량비는 약 1:20 이상, 다른 실시양태에서 약 1:10 이상, 약 2:5 이상 또는 심지어 약 4:5 이상일 수 있다.
- [0066] 대안적으로 또는 부가적으로, 이트리아 이외의 산화물 첨가제, 예컨대 실리카 및/또는 알루미늄이 코팅물 중에 존재할 수 있다. 다른 적합한 산화물 첨가제에는 란타늄 원소 산화물이 포함될 수 있다. 일부 실시양태에서, 코팅은 약 0.5 중량% 이상의 실리카를 포함한다. 다른 실시양태에서, 코팅은 약 1 중량% 이상의 실리카, 약 5 중량% 이상, 약 10 중량% 이상, 약 15 중량% 이상 또는 심지어 약 20 중량% 이상의 실리카를 포함할 수 있다. 다양한 다른 실시양태에서, 코팅은 약 0.5 중량% 내지 약 25 중량%의 실리카, 약 0.5 중량% 내지 약 20 중량%, 약 0.5 중량% 내지 약 10 중량% 또는 약 1 중량% 내지 약 20 중량%의 실리카를 포함한다.
- [0067] 도가니 코팅은 소정량의 알루미늄을 포함할 수 있고, 일부 실시양태에서 약 0.5 중량% 이상의 알루미늄을 함유한다. 다른 실시양태에서, 코팅은 약 1 중량% 이상의 알루미늄, 약 5 중량% 이상 또는 심지어 약 10 중량% 이상의 알루미늄을 포함한다. 다양한 다른 실시양태에서, 코팅은 약 0.5 중량% 내지 약 25 중량%의 알루미늄, 약 0.5 중량% 내지 약 20 중량%, 약 0.5 중량% 내지 약 10 중량% 또는 약 1 중량% 내지 약 20 중량%의 알루미늄을 포함한다.
- [0068] 특정 실시양태에서, 도가니 측벽의 내부 표면 상의 코팅은 본질적으로 질화규소, 소결제 (예를 들어, 이트리아, 실리카 또는 알루미늄) 및 탄소로 이루어질 수 있다. 코팅 중 탄소의 양은 약 1 중량% 미만의 탄소일 수 있다.
- [0069] 본 개시내용의 코팅된 도가니는 도가니 측벽의 내부 표면에 적용되는 하나 초과인 코팅을 포함할 수 있다. 도가니는 측벽의 내부 표면의 제1 영역 상의 제1 코팅 및 측벽의 내부 표면의 제2 영역 상의 제2 코팅을 포함할 수 있다. 일부 실시양태에서, 제2 코팅은 제1 코팅 중에 존재하지 않는 첨가제, 예컨대 이트리아를 포함한다. 대안적으로 또는 부가적으로, 제1 코팅은 제2 코팅 중에 존재하지 않는 첨가제를 포함할 수 있다.
- [0070] 소결제 (예를 들어, 이트리아, 실리카 또는 알루미늄)를 함유하는 코팅을 도가니 측벽의 전체 내부 표면에 적용할 수 있고, 또는 측벽의 일부 (예를 들어, 도 4에 보여지는 바와 같이  $H_1$ 과  $H_2$  사이)에 적용할 수 있다. 이러한 코팅은 개선된 잉곳-이형 특징을 제공하므로, 개선된 잉곳-이형 특징이 바람직한 도가니의 부분, 통상적으로 상향 방향성 응고 적용에서 측벽의 최상부에 가까운 부분에 코팅을 적용하기에 바람직할 수 있다. 그러나, 또한 이러한 코팅은 잉곳에 산소를 도입할 수 있음을 주의해야 한다. 그러므로, 이러한 코팅물의 사용을 최소화하는 것이 또한 바람직할 수 있다. 이러한 코팅물의 양 및 위치는 목적하는 이형 특징 및 잉곳 산소 함량을 바탕으로 결정될 수 있다.
- [0071] 제1 및 제2 코팅 조성물의 적용과 관련하여 상기된 바와 같이 그리고 도 4를 참고하여 제1 코팅은 도가니의 바닥에서부터 높이  $H_1$ 까지 연장될 수 있고, 제2 코팅은 대략  $H_1$ 에서부터 높이  $H_2$ 까지 연장될 수 있다. 코팅된 도가니가 두 코팅을 함유하는 경우, 제1 코팅은 질화규소를 포함할 수 있고, 임의의 결합제, 가소제, 분산제 등으로부터 잔류된 잔류 탄소를 포함할 수 있다. 제1 코팅은 약 1 중량% 미만의 탄소를 포함할 수 있다. 제1 코팅은 본질적으로 질화규소 및 탄소로도 이루어질 수 있다.
- [0072] 제2 코팅은 질화규소 및 소결제 (예를 들어, 이트리아, 실리카 또는 알루미늄)를 포함할 수 있다. 제2 코팅은 약 40 중량% 이상의 질화규소 또는 약 60 중량% 이상 또는 약 80 중량% 이상의 질화규소를 포함할 수 있다. 제2 코팅 중 소결제 대 질화규소의 질량비는 약 1:20 이상, 약 1:10 이상, 약 2:5 이상 또는 심지어 약 4:5 이상일 수 있다. 제2 코팅은 약 0.5 중량%의 이트리아 또는 약 1 중량% 이상, 약 5 중량% 이상, 약 10 중량% 이상, 약 15 중량% 이상 또는 심지어 약 20 중량%의 이트리아를 포함할 수 있다. 일부 실시양태에서, 제2 코팅은 약

0.5 중량% 내지 약 25 중량%의 이트리아를 포함한다.

[0073] 제2 코팅은 소정량의 실리카를 포함할 수 있고, 일부 실시양태에서 약 0.5 중량% 이상의 실리카, 약 1 중량% 이상, 약 5 중량% 이상, 약 10 중량% 이상, 약 15 중량% 이상, 약 20 중량% 이상 또는 약 0.5 중량% 내지 약 25 중량%의 실리카를 포함할 수 있다. 제2 코팅은 또한 소정량의 알루미늄을 포함할 수 있고, 일부 실시양태에서 약 0.5 중량% 이상의 알루미늄, 약 1 중량% 이상, 약 5 중량% 이상, 약 10 중량% 이상 또는 약 0.5 중량% 내지 약 25 중량%의 알루미늄을 포함한다.

[0074] 제2 코팅은 질화규소 및 임의 조합의 소결제 (예를 들어, 임의 조합의 이트리아, 실리카 및 알루미늄)를 포함할 수 있다. 제2 코팅은 본질적으로 질화규소, 소결제 및 탄소로 이루어질 수 있다.

[0075] 도가니 측벽의 내부 표면에 오직 하나의 코팅이 적용되는 또는 심지어 다중 코팅이 적용되는 실시양태에서, 하나 초과 코팅이 적용되는 경우, 임의의 또는 심지어 모든 코팅의 두께는 상기된 두께에 상응할 수 있다.

#### [0076] 잉곳의 제조 방법

[0077] 본 개시내용의 한 측면은 규소 잉곳의 제조, 및 특히 규소 잉곳의 제조에 대한 것이다. 방향성 응고 공정에 의해 생성된 다결정질 규소 잉곳이 요구되는 실시양태에서, 다결정질 규소를 코팅된 도가니에 적재하여 규소 충전물을 형성할 수 있다. 다결정질 규소를 적용할 수 있는 코팅된 도가니는 일반적으로 상기 기재되어 있다. 결정화 방법은 일반적으로 문헌 [K. Fujiwara et al. in Directional Growth Medium to Obtain High Quality Polycrystalline Silicon from its Melt, Journal of Crystal Growth 292, p. 282-285 (2006)]에 기재되어 있으며, 이는 모든 관련성 및 일관성 목적으로 본원에 참고문헌으로 도입된다.

[0078] 일단 본 개시내용의 코팅된 도가니에 적재하면, 규소 충전물을 대략 충전물의 용융 온도를 초과하는 온도로 가열하여 규소 용융물을 형성할 수 있다. 규소 충전물을 약 1410℃ 이상으로 가열하여 규소 용융물을 형성할 수 있고, 또 다른 실시양태에서 약 1450℃ 이상으로 가열하여 규소 용융물을 형성할 수 있다. 일단 규소 용융물을 제조하면, 용융물이 응고, 예컨대 방향성 응고 공정으로 응고될 수 있다. 그 후, 잉곳을 목적하는 여러 태양 전지의 치수에 맞는 치수로 하나 이상의 조각으로 절단할 수 있다. 이러한 조각들을 슬라이싱하여 웨이퍼를 제조할 수 있고 예를 들어, 와이어쏘 (wiresaw)를 사용하여 슬라이싱된 웨이퍼를 제조할 수 있다.

[0079] 방향성 응고에 의해 생성된 다결정질 규소는 도가니 벽에서의 불균질 핵화 부위의 높은 밀도로 인하여 그레인의 배향이 서로에 대해 무작위적인 결정 그레인의 집괴이다. 생성된 다결정질 규소 잉곳은 약 1 mm 내지 약 15 mm의 평균 명목 결정 그레인 크기를 가질 수 있고, 다른 실시양태에서 약 5 mm 내지 약 25 mm 또는 약 5 mm 내지 약 15 mm의 평균 명목 결정 그레인 크기를 가진다.

[0080] 규소 웨이퍼는 예를 들어, 와이어쏘를 사용하여 잉곳을 슬라이싱하여 제조할 수 있다. 생성된 규소 웨이퍼는 다결정질 잉곳에 대해 상기한 바와 같은 평균 명목 결정 그레인 크기를 가진다.

#### [0081] 낮은 산소 함량을 갖는 잉곳

[0082] 일반적으로, 최소한의 산소 공급원 (즉, 이트리아, 실리카, 알루미늄 등)을 함유하는 충분한 두께의 코팅을 갖는 도가니를 이용함으로써, 그리고 코팅 조성물 중에 물 대신에 C1 내지 C10 알콜 매질을 사용함으로써, 그리고 이러한 코팅을 불활성 분위기 중에서 소결시킴으로써, 생성된 다결정질 잉곳 및 웨이퍼가 감소된 산소 함량 및 이에 비례하여 감소된 광 유도 분해를 특징으로 한다는 것을 확인하였다.

[0083] 이제 도 5를 참고하여, 본 개시내용에 따라 제조되는 잉곳, 즉, 알콜 매질 중의 질화규소 코팅물과 결합제 및 분산제를 이용하여 제조되는 잉곳은, 잉곳의 모든 분획에 걸쳐 (즉, 최상부에서부터 바닥까지) 적은 산소를 함유한다.

[0084] 본 개시내용의 실시양태에 따른 규소 잉곳은 바닥, 최상부 및 높이  $H_3$ 를 가질 수 있고, 여기서  $H_3$ 는 잉곳의 바닥과 최상부 사이의 평균 거리에 상응한다. 도 5에 보여지는 바와 같이, 성장한 상태 그대로의 잉곳 중의 산소 농도는 일반적으로 잉곳의 바닥에서부터 잉곳의 최상부로 갈수록 감소할 수 있고, 잉곳의 최상부 및 바닥은 도가니 안에서 성장한 상태 그대로의 최상부 및 바닥에 상응한다. 이와 관련하여, 본원에 기재된 바와 같은 산소 농도 프로파일은 성장한 상태 그대로의 다결정질 잉곳의 농도 프로파일을 지칭하는 것임을 주지해야 한다. 이와 관련하여, 잉곳에는 와이어쏘 또는 달리 절단된 잉곳에서 나타나는 절단 자국이 없을 수 있다. 본원에 기재된 바와 같은 잉곳의 바닥 및 최상부는 응고 이후 잉곳의 바닥 및 최상부에 상응한다. 이는 응고된 그대로의 잉곳의 높이에 따라 잉곳을 산소 농도로 특징규명할 수 있게 한다.



- [0085] 규소 잉곳은 상기된 바와 같은 방향성 응고 공정으로 제조할 수 있다. 잉곳은 평균 명목 결정 그레인 크기가 약 1 mm 내지 약 15 mm인 다결정질 규소를 함유할 수 있다. 다른 실시양태에서, 평균 명목 결정 그레인 크기는 약 5 mm 내지 약 25 mm 또는 약 5 mm 내지 약 15 mm이다.
- [0086] 일부 실시양태에서, H<sub>3</sub>의 약 20%의 높이에서의 잉곳의 산소 농도는 약 4.5 ppma 미만이다. 다른 실시양태에서, H<sub>3</sub>의 약 20%의 높이에서의 잉곳의 산소 농도는 약 4.0 ppma, 3.0 ppma 또는 심지어 2.0 ppma 미만이다. H<sub>3</sub>의 약 20%의 높이와 H<sub>3</sub>의 약 80%의 높이 사이에서의 잉곳의 산소 농도는 약 3.0 ppma 미만일 수 있고, 다른 실시양태에서 약 2.0 ppma 미만이다. 한 특정 실시양태에서, 잉곳의 바닥과 최상부 사이의 산소 농도는 약 2.5 ppma 미만이고, 또 다른 실시양태에서 약 2.0 ppma 미만이다.
- [0087] 일반적으로, 산소 함량은 푸리에 변환 적외선 분광법 (FTIR)을 사용하여 측정할 수 있다. 예를 들어, 관심 높이에서 잉곳으로부터 규소의 2 mm 두께의 슬러그 (slug)를 절단하고, FTIR로 산소 함량을 측정하여 산소 농도를 측정할 수 있다.
- [0088] 일반적으로, 잉곳의 모양은 잉곳이 응고된 도가니에 상응하고, 일부 실시양태에서 잉곳의 모양은 직사각형, 또는 심지어 정사각형이다.
- [0089] **낮은 산소 함량을 갖는 웨이퍼**
- [0090] 도 5에서 볼 수 있는 바와 같이, 본 개시내용의 잉곳의 전체 높이에 따른 산소 농도는 통상적 잉곳에서 보여지는 최저 산소 농도 보다도 적다. 따라서, 잉곳의 전체 높이에 따라 제조된 웨이퍼는 통상적 잉곳으로부터 제조된 모든 웨이퍼보다 낮은 산소 함량을 나타낼 것이다. 본 개시내용의 일부 실시양태에서, 규소 웨이퍼의 산소 농도는 약 2.5 ppma 미만이다. 다른 실시양태에서, 규소 웨이퍼의 산소 농도는 약 2.25 ppma 미만, 약 2 ppma 미만, 약 1.75 ppma 미만, 약 1.5 ppma 미만 또는 심지어 약 1.25 ppma 미만이다. 다양한 다른 실시양태에서, 웨이퍼의 산소 함량은 약 0.1 내지 약 3 ppma, 약 0.5 내지 약 3 ppma, 약 0.75 내지 약 3 ppma, 약 1 내지 약 3 ppma, 약 0.75 내지 약 2.5 ppma, 약 0.75 내지 약 2.25 ppma, 약 0.75 내지 약 2 ppma 또는 약 0.75 내지 약 1.75 ppma이다.
- [0091] 웨이퍼는 다결정질 규소를 함유할 수 있다. 평균 명목 결정 그레인 크기는 약 1 mm 내지 약 15 mm, 약 5 mm 내지 약 25 mm 또는 약 5 mm 내지 약 15 mm일 수 있다. 일부 실시양태에서, 웨이퍼는 직사각형이다 (정사각형 웨이퍼 포함). 웨이퍼는 본 개시내용의 범주로부터 벗어나지 않는 한 임의의 모양을 특징으로 할 수 있다.
- [0092] **실시에**
- [0093] **실시에 1: 질화규소 코팅 조성물을 사용한 도가니 코팅**
- [0094] 하기 표 1의 코팅 조성물을, 충분히 큰 비커 안에서 이소프로필 알코올의 양을 칭량하여 제조하였다. 분산제 (솔스퍼스® 20000), 결합제 (PVB (B-76)), 가소제 (PEG (카르보왁스® 400)) 및 질화규소 분말의 양을 개별적으로 칭량하였다. 비커 및 매질을 핫 플레이트 위에 놓았다. 고 전단 임펠러 유형 혼합기를 유체 안에 넣었다. 증발에 의한 손실을 최소화하기 위해 비커를 캡핑하였다. 매질을 교반하면서 60 내지 80℃의 온도로 가온시켰다. PVB를 첨가하고 결합제가 녹을 때까지 교반하자 유체가 점착성의 점성 유체가 되었다. 혼합한 후 (약 15분), 유체의 색이 더 맑은 상태가 되었다.
- [0095] 분산제 및 PEG를 상기 교반한 유체에 교반하면서 첨가하였다. 핫 플레이트를 끄고, 혼합물을 5분 동안 교반하였다. 따뜻할 때 내용물을 폴리에틸렌 용기에 부었다. 밀링하기 위해 질화규소 밀링 볼 (직경이 10 mm임)을 용기에 첨가하였다. 혼합물의 누출 또는 매질의 증발을 최소화하기 위해 열려있는 용기의 말단을 폴리에틸렌 뚜껑으로 돌려 닫았다.
- [0096] 밀링 용기를 열고, 미리 칭량한 질화규소 분말을 첨가하였다. 용기를 닫고 60rpm의 속도로 회전하는 밀링 장치 위에 놓았다. 철저한 혼합을 보장하기 위해 혼합물을 6시간 동안 밀링하였다.
- [0097] 그 후, 조성물을 사용하여 실리카 도가니 (68 cm x 68 cm x 42 cm)의 내부 표면을 코팅하였다. 페인트 적용에 통상적인 포움 어플리케이터를 사용하여 표면 상으로 슬립 (slip)을 브러싱하였다. 조성물을 먼저 모서리에 적용한 후, 수직 벽에 적용하고, 도가니의 바닥에 적용하였다. 상당한 양의 매질이 증발하여 드립의 표면이 벗겨지기 전에 모든 퍼들링 (puddling) 또는 드리핑 (dripping)을 밖으로 브러싱해냈다. 조성물을 배기되는 영역에서 실온의 공기 중에서 약 30 내지 45분 동안 건조시켰다. 사이사이에 건조시키면서 조성물을 3회 더 적용하여

4회 통과 코팅을 만들었다.

[0098] 300 내지 400℃의 온도로 2시간 동안 가열하여 결합제, 분산제 및 가소제를 제거하였다. 그 후, 도가니를 1100℃의 온도로 3시간 동안 가열하여 코팅을 소결시켰다. 코팅의 두께는 소결시키기 전에 400  $\mu\text{m}$ 이었고, 소결 후에는 290  $\mu\text{m}$  내지 325  $\mu\text{m}$ 였다. 270kg의 규소 충전물을 코팅된 도가니에 첨가하고, 방향성 응고시켰다. 응고된 잉곳이 도가니로부터 잘 이형되었다.

표 1

성분	포함 백분율 (중량%)
질화규소	37.5
분산제 (솔스퍼스® 20000)	1.8
매질 (이소프로필 알콜)	49.5
결합제 (PVB (B-76))	5.6
가소제 (PEG (카르보왁스® 400))	5.6

실시에 1의 코팅 조성물의 구성요소의 포함 중량%

[0099]

#### 실시에 2: 이트리아를 함유하는 질화규소 코팅 조성물을 사용한 도가니 코팅

[0100]

[0101] 이트리아의 양을 증가시키면서 표 2에 보여지는 조성물 1-3을 제조하였다. 목적하는 질화규소 내 첨가제 질량비를 고려하여 목적하는 혼합물의 분량을 칭량하였다. 질화규소 및 이트리아를 혼합하고 매질을 첨가한 후, 분산제, PVB 및 PEG를 첨가하였다. 혼합물을 5분 동안 기계적으로 혼합하였다.

표 2

성분	조성물 1 (중량%)	조성물 2 (중량%)	조성물 3 (중량%)
질화규소	36.14	34.88	32.61
분산제 (솔스퍼스® 20000)	1.73	1.67	1.57
매질 (이소프로필 알콜)	47.71	46.05	43.04
결합제 (PVB (B-76))	5.40	5.21	4.87
가소제 (PEG (카르보왁스® 400))	5.40	5.21	4.87
이트리아	3.61	6.98	13.04

실시에 2의 코팅 조성물의 구성요소의 포함 중량%

[0102]

[0103] 그 후, 조성물을 사용하여 여러 도가니의 내부 표면을 코팅하였다. 각각의 조성물을 실리카 도가니 상으로 브러싱하여 400  $\mu\text{m}$ 의 두께를 달성하였다. 코팅된 도가니를 400℃로 3시간 동안 가열한 후, 1100℃로 4시간 동안 가열하였다. 가열하는 동안 60torr의 아르곤 기체 분위기를 사용하였다. 잔류 탄소는 고려하지 않고, 코팅은 질화규소 및 이트리아를 표 3에 보여지는 양으로 함유하였다.

표 3

성분	조성물 1 (중량%)	조성물 2 (중량%)	조성물 3 (중량%)
질화규소	90.9	83.3	71.4
이트리아	9.1	16.7	28.6

실시에 2의 코팅의 구성요소의 포함 중량%

[0104]

[0105] 이트리아의 농도를 증가시키자 도가니에 대한 코팅물의 결합이 개선되었다. 조성물 3으로부터 제조한 코팅이 도가니에 가장 잘 부착되는 것으로 확인되었다.

[0106] **실시예 3: 유동성을 유지하기 위한 매질의 양 조절**

[0107] 실리카, 알루미늄 및 이트리아의 양을 증가시키면서 표 4에 보여지는 조성물 A-D를 제조하였다. 조성물을 제조하고, 실시예 2에 기재된 바와 같이 도가니에 적용하였다. 조성물이 충분한 유동성을 특징으로 할 때까지 각각의 조성물에서 분산제의 양을 증가시켰다.

**표 4**

성분	조성물 A (%)	조성물 B (%)	조성물 C (%)	조성물 D (%)
질화규소	34.04	22.42	18.01	14.53
분산제 (솔스퍼스® 20000)	1.63	1.08	0.86	0.70
매질 (이소프로필 알콜)	50.30	59.63	63.49	67.25
결합제 (PVB (B-76))	5.08	3.35	2.69	2.17
가소제 (PEG (카르보왁스® 400))	5.08	3.35	2.69	2.17
실리카	1.37	3.61	4.35	4.68
알루미늄	0.77	2.04	2.46	2.65
이트리아	1.72	4.52	5.45	5.86

실시예 3의 코팅 조성물의 구성요소의 포함 중량%

[0108]

[0109] 그 후, 조성물을 사용하여 여러 실리카 도가니의 내부 표면의 일부를 100  $\mu\text{m}$ 의 두께로 코팅하였다. 코팅된 도가니를 400℃로 3시간 동안 가열한 후, 1100℃로 4시간 동안 가열하였다. 가열하는 동안 60torr의 아르곤 기체 분위기를 사용하였다. 잔류 탄소는 고려하지 않고, 코팅은 질화규소, 이트리아, 실리카 및 알루미늄을 표 5에 보여지는 중량%의 양으로 함유하였다.

**표 5**

성분	조성물 A (중량%)	조성물 B (중량%)	조성물 C (중량%)	조성물 D (중량%)
질화규소	89.8	68.8	59.5	52.4
실리카	3.6	11.1	14.4	16.9
알루미늄	2.0	6.3	8.1	9.6
이트리아	4.5	13.9	18.0	21.1

실시예 3의 코팅의 구성요소의 포함 중량%

[0110]

[0111] 도가니의 내부 표면의 최상부 10% 만을 이트리아-함유 조성물로 코팅하였다. 각각의 도가니의 나머지 내부 표면은 표 1의 코팅 조성물로 코팅하였다.

[0112] 코팅물 중의 이트리아, 실리카 및 알루미늄의 양을 증가시키자 도가니에 대한 코팅물의 결합이 개선되었다. 조성물 D로부터 제조한 코팅이 도가니에 가장 잘 부착되는 것으로 확인되었다.

[0113] **실시예 4: 산화물 첨가제를 함유하지 않는 코팅 조성물 및 산화물 첨가제 (실리카)를 함유하는 코팅 조성물의 제조**

[0114] 코팅에서 결합을 피하기 위하여 (예를 들어, 도가니 상에서 코팅의 연속성을 보장하고 핀홀을 피하기 위하여), 적절한 유동성을 제공하도록 조절할 수 있는 표 6에 보여지는 조성물을 출발 조성물로 사용하였다. 제1 코팅 조성물은 어떠한 산화물 첨가제도 함유하지 않고, 도가니의 아랫부분에 사용하기에 적합하다. 제2 코팅 조성물은 실리카를 첨가제로 함유하고, 도가니의 윗부분에 사용하기에 적합하다.

표 6

성분	제1 조성물 (%)	제2 조성물 (%)
절화규소	21.8	20.9
분산제 (솔스퍼스® 20000)	4.3	4.1
매질 (이소프로필 알콜)	64.2	61.6
결합제 (PVB (부트바르 (Butvar)®))	3.3	3.1
가소제 (PEG (카르보왁스® 400))	6.4	6.2
실리카	-	4.2

실시예 4의 코팅 조성물의 구성요소의 포함 중량%

[0115]

[0116] **실시예 5: 시판 잉곳과 본 개시내용의 코팅된 도가니를 사용하여 제조한 잉곳의 산소 함량의 비교**

[0117] 통상적 다결정질 잉곳의 산소 함량을 표 1의 조성물로 코팅하고 건조시키고 아르곤 분위기하에서 소결시킨 실리카 도가니 및 표 7 (아래)의 세번째에서 마지막 줄까지에 따른 실리카 도가니 안에서 응고된 다결정질 잉곳과 비교하였다. 코팅의 두께는 400  $\mu\text{m}$ 였다. 브릭 (brick)으로부터 수평으로 절단한 재료의 2 mm 두께의 샘플을 잉곳의 다양한 응고된 분획 (높이)에서 취하였다. 플롯 내에서 데이터 포인트를 직선으로 내삽하여, 도 5에 보여지는 바와 같은 도가니의 높이에 따른 다양한 점에서의 산소 농도를 생성하였다.

[0118] **실시예 6: 건조하는 동안 코팅의 탄소 함량의 측정**

[0119] 표 1의 코팅 조성물을 여러 실리카 도가니에 적용하고, 다양한 열 처리를 저적용하였다. 결과는 하기 표 7에 보여지는 바와 같다. (가소제, 결합제, 분산제 등을 제거하기 위한) 열 처리 온도는 2시간 동안 경사지게 달성하였다. 소결 온도는 2시간 동안 연소 온도에서부터 경사지게 달성하였다.

표 7

공기 건조 여부	열 처리 여부	열 처리 온도 (°C)	소결 여부	소결 온도 (°C)	잔류 탄소 (중량%)
했음	하지 않음	-	하지 않음	-	14.00
했음	했음	180	하지 않음	-	12.30
했음	했음	210	하지 않음	-	11.00
했음	했음	400	하지 않음	-	0.57
했음	했음	210	했음	1100	0.16
했음	했음	300	했음	1100	0.20
했음	했음	400	했음	1100	0.24

다양한 열 처리 이후 도가니 코팅 중의 잔류 탄소

[0120]

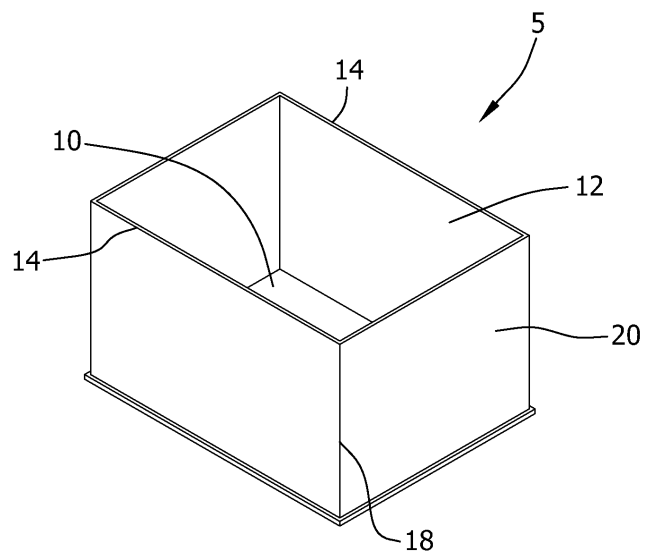
[0121] 표 7에서 볼 수 있는 바와 같이, 도가니 코팅으로부터 대부분의 탄소를 제거하기에는 400°C에서의 열 처리가 일반적으로 충분하다.

[0122] 본 개시내용의 요소 또는 그의 바람직한 실시양태(들)를 도입할 때, 단수 표현 및 "상기"라는 표현은 하나 이상의 요소를 의미하는 것으로 의도된다. 용어 "포함하는", "비롯한" 및 "갖는"은 포함적인 것으로 의도되며, 열거된 요소 이외의 추가적인 요소가 있을 수 있음을 의미한다.

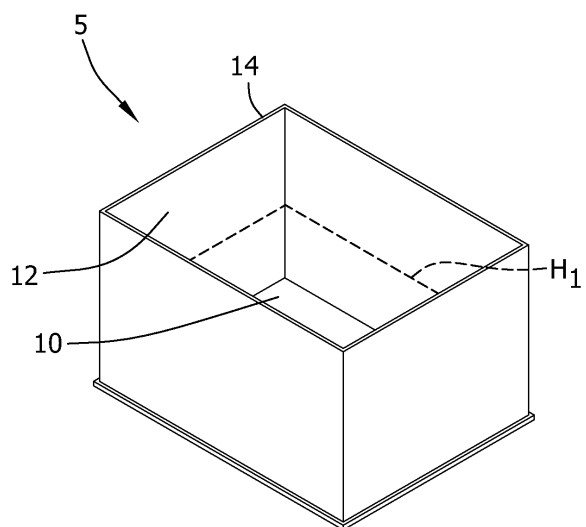
[0123] 본 개시내용의 범주로부터 벗어나지 않는 한 상기 장치 및 방법에 다양한 변화를 줄 수 있으므로, 상기 상세한 설명에 포함되고 첨부된 도면에 보여지는 모든 사항이 예시적이며 제한적이지 않도록 해석되는 것으로 의도된다.

도면

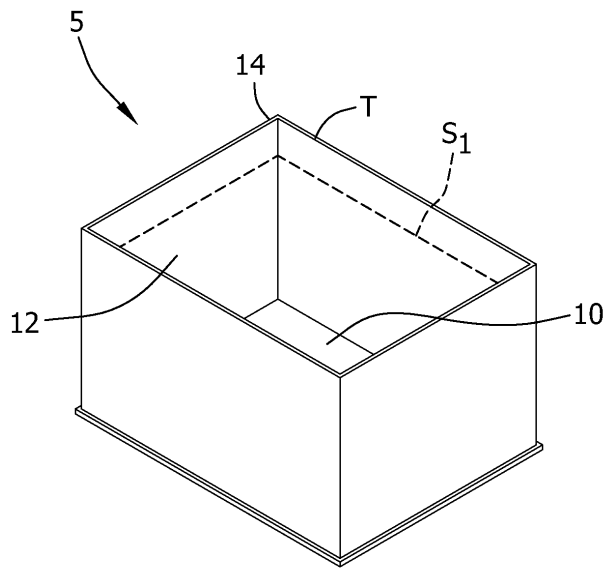
도면1



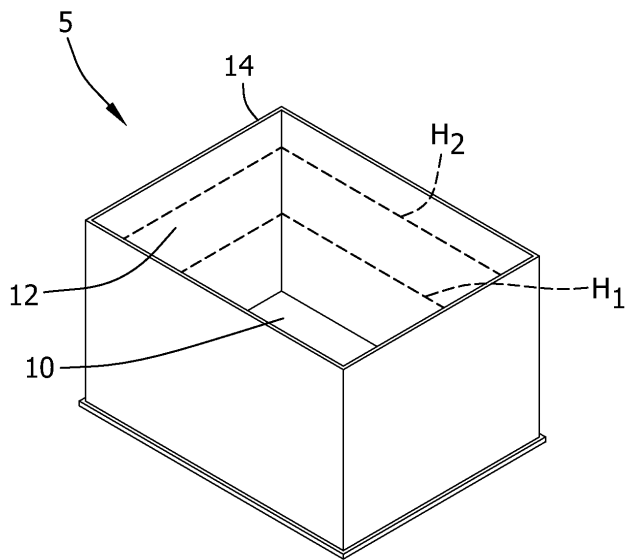
도면2



도면3



도면4



도면5

