



(19)대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(51) Int. Cl.

C30B 21/02 (2006.01)
C30B 28/06 (2006.01)
C30B 9/00 (2006.01)

(11) 공개번호 10-2007-0048180
(43) 공개일자 2007년05월08일

(21) 출원번호 10-2007-7002420

(22) 출원일자 2007년01월30일

심사청구일자 없음

번역문 제출일자 2007년01월30일

(86) 국제출원번호 PCT/US2005/023629

(87) 국제공개번호 WO 2006/005018

국제출원일자 2005년06월30일

국제공개일자 2006년01월12일

(30) 우선권주장 10/883,644 2004년06월30일 미국(US)

(71) 출원인 알이씨 실리콘 인코포레이티드
미국 워싱턴주 98837 모우지즈 레이크 로드 '노쓰' 노쓰이스트 3322

(72) 발명자 스펡글러 마이클 브이.
미국 워싱턴주 98837 모우지즈 레이크 로드 '노쓰' 노쓰이스트3322
시번 칼 디.
미국 워싱턴주 98837 모우지즈 레이크 로드 '노쓰' 노쓰이스트3322

(74) 대리인 장훈

전체 청구항 수 : 총 56 항

(54) 결정성 규소 잉곳의 제조방법

(57) 요약

본 발명은 지향 응고방법을 사용한, 결정성 규소 잉곳, 결정성 실리콘 웨이퍼 및 광전지의 개선된 제조방법, 보다 구체적으로 지향 응고방법을 위한 금형의 가중 및 제조방법에 관한 것이다. 하나 이상의 폴리실리콘 봉 단편과 폴리실리콘 청크, 폴리실리콘 칩 및 폴리실리콘 과립 중의 하나 이상을 금형 속에 넣어서 폴리실리콘 함유물의 팩킹 밀도 및 열 전도율을 증가시키는 한편, 제조 사이클을 진행시키도록 확장된 원료 및 오염을 감소시킨다.

대표도

도 5

특허청구의 범위

청구항 1.

지향 응고방법(directional solidification process)을 사용하여 폴리실리콘을 용융 및 냉각시키기에 적합한 금형을 제공하고,

서로 접촉된 상태의 2개 이상의 폴리실리콘 봉 단편(rod polysilicon section)을 금형 속에 넣고,

폴리실리콘 청크(chunk), 폴리실리콘 칩(chip) 및 폴리실리콘 과립(granule) 중의 하나 이상을 금형 속에 넣고,

폴리실리콘을 지향 응고방법으로 용융 및 냉각시키기에 적합한 노 속에 금형을 위치시킴을 포함하는, 개선된 지향 응고방법.

청구항 2.

제1항에 있어서,

2개 이상의 폴리실리콘 봉 단편과 폴리실리콘 청크, 폴리실리콘 칩 및 폴리실리콘 과립 중의 하나 이상이 목적하는 상태의 용융 규소 피로 용융될 때까지 금형을 가열하고,

금형을 냉각시켜 용융 규소 피를 결정화시키고 결정성 규소 잉곳(ingot)을 형성함을 추가로 포함하는 방법.

청구항 3.

제2항에 있어서, 결정성 규소 잉곳이 다결정성 구조로 한정되는 방법.

청구항 4.

제3항에 있어서, 결정성 규소 잉곳으로부터 결정성 실리콘 웨이퍼를 슬라이싱(slicing)함을 추가로 포함하는 방법.

청구항 5.

제4항에 있어서, 결정성 실리콘 웨이퍼로부터 광전지(photovoltaic cell)를 제조함을 추가로 포함하는 방법.

청구항 6.

지향 응고방법을 사용하여 폴리실리콘을 용융 및 냉각시키기에 적합한 복수의 금형을 제공하고,

서로 접촉된 상태의 2개 이상의 폴리실리콘 봉 단편을 각각의 금형 속에 넣고,

폴리실리콘 청크, 폴리실리콘 칩 및 폴리실리콘 과립 중의 하나 이상을 금형 속에 넣고,

폴리실리콘을 지향 응고방법으로 용융 및 냉각시키기에 적합한 노 속에 금형을 위치시키고,

2개 이상의 폴리실리콘 봉 단편과 폴리실리콘 청크, 폴리실리콘 칩 및 폴리실리콘 과립 중의 하나 이상이 목적하는 상태의 용융 규소 피로 용융될 때까지 복수의 금형을 가열하고,

복수의 금형을 냉각시켜 용융 규소 피를 결정화시키고 복수의 결정성 규소 잉곳을 형성함을 포함하는, 개선된 지향 응고방법.

청구항 7.

제6항에 있어서, 각각의 결정성 규소 잉곳이 다결정성 구조로 한정되는 방법.

청구항 8.

제7항에 있어서, 복수의 결정성 규소 잉곳으로부터 복수의 결정성 실리콘 웨이퍼를 슬라이싱함을 추가로 포함하는 방법.

청구항 9.

제8항에 있어서, 복수의 결정성 실리콘 웨이퍼로부터 복수의 광전지를 제조함을 추가로 포함하는 방법.

청구항 10.

폴리실리콘을 지향 응고방법으로 용융 및 냉각시키기에 적합한 금형으로서, 장방형이고, 바닥이 편평하며, 10 내지 70cm 범위의 길이, 10 내지 50cm 범위의 폭 및 10 내지 43cm 범위의 높이로 규정되는 금형을 제공하고,

80 내지 140mm 범위의 직경 및 8 내지 68cm 범위의 길이로 규정되는, 하나 이상의 폴리실리콘 봉 단편을 금형 속에 넣고,

폴리실리콘 청크, 폴리실리콘 칩 및 폴리실리콘 과립 중의 하나 이상을 금형 속에 넣고,

지향 응고방법으로 하나 이상의 폴리실리콘 봉 단편과 폴리실리콘 청크, 폴리실리콘 칩 및 폴리실리콘 과립 중의 하나 이상을 용융 및 냉각시키기에 적합한 노 속에 금형을 위치시킴을 포함하는, 개선된 지향 응고방법.

청구항 11.

제10항에 있어서,

하나 이상의 폴리실리콘 봉 단편과 폴리실리콘 청크, 폴리실리콘 칩 및 폴리실리콘 과립 중의 하나 이상이 목적하는 상태의 용융 규소 피로 용융될 때까지 금형을 가열(여기서, 금형은 상부 및 기저로 규정되고, 노는 열을 상부 및 기저로부터 금형 쪽으로 유도한다)하고,

금형을 냉각시켜 용융 규소 피를 결정화시키고 결정성 규소 잉곳을 형성함을 추가로 포함하는 방법.

청구항 12.

제11항에 있어서, 결정성 규소 잉곳이 다결정성 구조로 한정되는 방법.

청구항 13.

제12항에 있어서, 결정성 규소 잉곳으로부터 결정성 실리콘 웨이퍼를 슬라이싱함을 추가로 포함하는 방법.

청구항 14.

제13항에 있어서, 결정성 실리콘 웨이퍼로부터 광전지를 제조함을 추가로 포함하는 방법.

청구항 15.

폴리실리콘을 지향 응고방법으로 용융 및 냉각시키기에 적합한 복수의 금형으로서, 각각 장방형이고, 바닥이 편평하며, 10 내지 70cm 범위의 길이, 10 내지 50cm 범위의 폭 및 10 내지 43cm 범위의 높이로 규정되는 금형을 제공하고,

80 내지 140mm 범위의 직경 및 8 내지 68cm 범위의 길이로 규정되는, 하나 이상의 폴리실리콘 봉 단편을 각각의 금형 속에 넣고,

폴리실리콘 청크, 폴리실리콘 칩 및 폴리실리콘 과립 중의 하나 이상을 각각의 금형 속에 넣고,

지향 응고방법으로 하나 이상의 폴리실리콘 봉 단편과 폴리실리콘 청크, 폴리실리콘 칩 및 폴리실리콘 과립 중의 하나 이상을 용융 및 냉각시키기에 적합한 노 속에 금형을 위치시킴을 포함하는, 개선된 지향 응고방법.

청구항 16.

제15항에 있어서,

하나 이상의 폴리실리콘 봉 단편과 폴리실리콘 청크, 폴리실리콘 칩 및 폴리실리콘 과립 중의 하나 이상이 목적하는 상태의 용융 규소 피로 용융될 때까지 복수의 금형을 가열하고(여기서, 복수의 금형은 각각 상부 및 기저로 규정되고, 노는 열을 상부 및 기저로부터 금형 쪽으로 유도한다),

복수의 금형을 냉각시켜 각각의 금형 내의 용융 규소 피를 결정화시키고 다결정성 구조로 한정되는 복수의 결정성 규소 잉곳을 형성함을 추가로 포함하는 방법.

청구항 17.

제16항에 있어서, 복수의 결정성 규소 잉곳으로부터 복수의 결정성 실리콘 웨이퍼를 슬라이싱함을 추가로 포함하는 방법.

청구항 18.

제17항에 있어서, 복수의 결정성 실리콘 웨이퍼로부터 복수의 광전지를 제조함을 추가로 포함하는 방법.

청구항 19.

폴리실리콘을 지향 응고방법으로 용융 및 냉각시키기에 적합한, 바닥이 편평한 장방형 금형을 제공하고,

복수의 폴리실리콘 봉 단편을 상쇄 적층 형태 또는 교차 적층 형태로 금형 속에 넣고,

폴리실리콘 청크, 폴리실리콘 칩 및 폴리실리콘 과립 중의 하나 이상을 금형 속에 넣고,

지향 응고방법으로 폴리실리콘 함유물을 용융 및 냉각시키기에 적합한 노 속에 금형을 위치시킴을 포함하는, 개선된 지향 응고방법.

청구항 20.

제19항에 있어서, 복수의 폴리실리콘 봉 단편 중의 제1 단편이 일반적으로 복수의 폴리실리콘 봉 단편의 제1 단편 아래에 위치한 복수의 폴리실리콘 봉 단편의 제2 단편과 접촉되어 있는 방법.

청구항 21.

제19항에 있어서, 복수의 폴리실리콘 봉 단편이 종축에 대해 수직인 방향으로 존재하는 방법.

청구항 22.

제19항에 있어서, 금형이 대략적으로 동일한 길이 및 폭으로 규정되는 방법.

청구항 23.

제19항에 있어서, 금형이 58 내지 70cm 범위의 길이 및 58 내지 70cm 범위의 폭으로 규정되는 방법.

청구항 24.

제19항에 있어서, 금형이 38 내지 43cm 범위의 높이로 규정되는 방법.

청구항 25.

제19항에 있어서, 폴리실리콘 봉 단편이 각각 8 내지 68cm 범위의 길이로 규정되는 방법.

청구항 26.

제19항에 있어서, 폴리실리콘 봉 단편이 각각 80 내지 140mm 범위의 직경으로 규정되는 방법.

청구항 27.

제19항에 있어서, 폴리실리콘 봉 단편이 각각 4 내지 15kg 범위의 중량으로 규정되는 방법.

청구항 28.

제19항에 있어서, 폴리실리콘 봉 단편이 초기에 지멘스(Siemens) 방법으로 제조되는 방법.

청구항 29.

제19항에 있어서, 폴리실리콘 청크가 초기에 지멘스 방법으로 제조되는 방법.

청구항 30.

제19항에 있어서, 폴리실리콘 칩이 초기에 지멘스 방법으로 제조되는 방법.

청구항 31.

제19항에 있어서, 폴리실리콘 과립이 초기에 지멘스 방법으로 제조되는 방법.

청구항 32.

제19항에 있어서,

복수의 폴리실리콘 봉 단편과 폴리실리콘 청크, 폴리실리콘 칩 및 폴리실리콘 과립 중의 하나 이상이 목적하는 상태의 용융 규소 피로 용융될 때까지 금형을 가열하고,

금형을 냉각시켜 용융 규소 피를 결정화시키고 결정성 규소 잉곳을 형성함을 추가로 포함하는 방법.

청구항 33.

제32항에 있어서, 결정성 규소 잉곳이 다결정성 구조로 한정되는 방법.

청구항 34.

제32항에 있어서, 목적하는 상태가 용융 규소 피에 대한 소정의 온도 범위에 의해 결정되는 방법.

청구항 35.

제32항에 있어서, 결정성 규소 잉곳으로부터 결정성 실리콘 웨이퍼를 슬라이싱함을 추가로 포함하는 방법.

청구항 36.

제35항에 있어서, 결정성 실리콘 웨이퍼로부터 광전지를 제조함을 추가로 포함하는 방법.

청구항 37.

폴리실리콘을 지향 응고방법으로 용융 및 냉각시키기에 적합한, 각각 장방형이고 바닥이 편평한 복수의 금형을 제공하고,

복수의 폴리실리콘 봉 단편을 각각의 금형 속에 상쇄 적층 형태 또는 교차 적층 형태로 넣고,

폴리실리콘 청크, 폴리실리콘 칩 및 폴리실리콘 과립 중의 하나 이상을 각각의 금형 속에 넣고,

복수의 금형을 복수의 폴리실리콘 봉 단편과 폴리실리콘 청크, 폴리실리콘 칩 및 폴리실리콘 과립 중의 하나 이상을 지향 응고방법으로 용융 및 냉각시키기에 적합한 노 속에 위치시킴을 포함하는, 개선된 지향 응고방법.

청구항 38.

제37항에 있어서,

복수의 폴리실리콘 봉 단편과 폴리실리콘 청크, 폴리실리콘 칩 및 폴리실리콘 과립 중의 하나 이상이 목적하는 상태의 용융 규소 피로 용융될 때까지 복수의 금형을 가열하고,

복수의 금형을 냉각시켜 용융 규소 피를 결정화시키고, 다결정성 구조로 한정되는 복수의 결정성 규소 잉곳을 형성함을 추가로 포함하는 방법.

청구항 39.

제38항에 있어서, 복수의 결정성 규소 잉곳으로부터 복수의 결정성 실리콘 웨이퍼를 슬라이싱함을 추가로 포함하는 방법.

청구항 40.

제39항에 있어서, 복수의 결정성 실리콘 웨이퍼로부터 복수의 광전지를 제조함을 추가로 포함하는 방법.

청구항 41.

폴리실리콘을 지향 응고방법으로 용융 및 냉각시키기에 적합한 금형으로서, 장방형이고, 바닥이 편평하며, 10 내지 70cm 범위의 길이, 10 내지 50cm 범위의 폭 및 10 내지 43cm 범위의 높이로 규정되는 금형을 제공하고,

지멘스 방법으로 제조되고 각각 80 내지 140mm 범위의 직경 및 8 내지 68cm 범위의 길이로 규정되는, 복수의 폴리실리콘 봉 단편을 금형 속에 상쇄 적층 형태 또는 교차 적층 형태로 넣고,

폴리실리콘 청크, 폴리실리콘 칩 및 폴리실리콘 과립 중의 하나 이상을 금형 속에 넣고,

지향 응고방법으로 복수의 폴리실리콘 봉 단편과 폴리실리콘 청크, 폴리실리콘 칩 및 폴리실리콘 과립 중의 하나 이상을 용융 및 냉각시키기에 적합한 노 속에 금형을 위치시킴을 포함하는, 개선된 지향 응고방법.

청구항 42.

제41항에 있어서,

복수의 폴리실리콘 봉 단편과 폴리실리콘 청크, 폴리실리콘 칩 또는 폴리실리콘 과립 중의 하나 이상이 목적하는 상태의 용융 규소 피로 용융될 때까지 금형을 가열(여기서, 금형은 상부 및 기저로 규정되고, 노는 열을 상부 및 기저로부터 금형 쪽으로 유도한다)하고,

금형을 냉각시켜 용융된 실리콘 피를 결정화시키고, 다결정성 구조로 한정되는 결정성 규소 잉곳을 형성시킴을 추가로 포함하는 방법.

청구항 43.

제42항에 있어서, 결정성 규소 잉곳으로부터 결정성 실리콘 웨이퍼를 슬라이싱함을 추가로 포함하는 방법.

청구항 44.

제43항에 있어서, 결정성 실리콘 웨이퍼로부터 광전지를 제조함을 추가로 포함하는 방법.

청구항 45.

폴리실리콘을 지향 응고방법으로 용융 및 냉각시키기에 적합한 복수의 금형으로서, 장방형이고, 바닥이 편평하며, 10 내지 70cm 범위의 길이, 10 내지 50cm 범위의 폭 및 10 내지 43cm 범위의 높이로 규정되는 금형을 제공하고,

지멘스 방법으로 제조되고, 각각 80 내지 140mm 범위의 직경 및 8 내지 68cm 범위의 길이로 규정되는, 복수의 폴리실리콘 봉 단편을 각각의 금형 속에 상쇄 적층 형태 또는 교차 적층 형태로 넣고,

폴리실리콘 청크, 폴리실리콘 칩 및 폴리실리콘 과립 중의 하나 이상을 각각의 금형 속에 넣고,

지향 응고방법으로 복수의 폴리실리콘 봉 단편과 폴리실리콘 청크, 폴리실리콘 칩 및 폴리실리콘 과립 중의 하나 이상을 용융 및 냉각시키기에 적합한 노 속에 복수의 금형을 위치시킴을 포함하는, 개선된 지향 응고방법.

청구항 46.

제45항에 있어서,

복수의 폴리실리콘 봉 단편과 폴리실리콘 청크, 폴리실리콘 칩 및 폴리실리콘 과립 중의 하나 이상이 목적하는 상태의 용융 규소 피로 용융될 때까지 복수의 금형을 가열(여기서, 금형은 각각 상부 및 기저로 규정되고, 노는 열을 상부 및 기저로부터 각각의 금형 쪽으로 유도한다)하고,

복수의 금형을 냉각시켜 용융 규소 피를 결정화시키고 각각 다결정성 규소로 한정되는 복수의 결정성 규소 잉곳을 형성함을 추가로 포함하는 방법.

청구항 47.

제46항에 있어서, 복수의 결정성 규소 잉곳으로부터 복수의 결정성 실리콘 웨이퍼를 슬라이싱함을 추가로 포함하는 방법.

청구항 48.

제47항에 있어서, 복수의 결정성 실리콘 웨이퍼로부터 복수의 광전지를 제조함을 추가로 포함하는 방법.

청구항 49.

제2항의 방법에 따라 제조한 결정성 규소 잉곳인, 신규한 제품.

청구항 50.

제6항의 방법에 따라 제조한 복수의 결정성 규소 잉곳인, 신규한 제품.

청구항 51.

제11항의 방법에 따라 제조한 결정성 규소 잉곳인, 신규한 제품.

청구항 52.

제16항의 방법에 따라 제조한 복수의 결정성 규소 잉곳인, 신규한 제품.

청구항 53.

제32항의 방법에 따라 제조한 결정성 규소 잉곳인, 신규한 제품.

청구항 54.

제38항의 방법에 따라 제조한 복수의 결정성 규소 잉곳인, 신규한 제품.

청구항 55.

제42항의 방법에 따라 제조한 결정성 규소 잉곳인, 신규한 제품.

청구항 56.

제46항의 방법에 따라 제조한 복수의 결정성 규소 잉곳인, 신규한 제품.

명세서

기술분야

본 발명은 지향 응고방법을 사용한 결정성 규소 잉곳, 결정성 실리콘 웨이퍼 및 광전지(photovoltaic cell)의 개선된 제조 방법, 보다 특히 지향 응고방법용 금형을 가중시키고 제조하여 폴리실리콘 함유물의 팩킹 밀도 및 열 전도율을 증가시키는 한편, 제조 사이클을 진행시키도록 확장된 원료 및 오염을 감소시키는 개선된 방법을 포함한다.

배경기술

광으로부터 전기를 발생시키는, 일반적으로 태양 패널이라고 하는 부품 또는 제품은 본질적으로 결정성 형태의 규소를 포함하는 하나 이상의 광전지를 요한다. 통상적으로, 광전지는 결정성 실리콘 웨이퍼로부터 제조하는데, 웨이퍼는 결정성 규소 잉곳이라고 하는 보다 큰 규소 브릭(brick)으로부터 슬라이싱하거나 제조한 것이다. 이러한 광전지와, 또한 이의 모체인 결정성 실리콘 웨이퍼 및 결정성 규소 잉곳은 비결정성(단일 결정) 구조이거나 다결정성(다중 결정) 구조여서 광전지 산업에서 광전지의 2개의 별개 군(family)인, 결정성 실리콘 웨이퍼 및 결정성 규소 잉곳을 제조할 수 있다.

단일결정성 구조를 나타내는 광전지, 결정성 실리콘 웨이퍼 및 결정성 규소 잉곳은 조크랄스키(Czochralski) 방법이라고 하는 공정으로 통상적으로 제조한다. 조크랄스키 공정을 개시하기 위해서는, 일반적으로 "폴리실리콘(polysilicon)"이라고 하는 정련되고 알맞게 순수한 규소 공급 원료를 원주형의 환저 도가니 속에 넣고 용융시킨다. 도가니 속의 폴리실리콘이 용융 규소 피(mass)로 완전히 용융되었을 때, 조크랄스키 방법의 제1 기능은 당업자가 "씨결정"을 용융 규소 피 속으로 침지시키고 이로부터 회수하도록 기계를 조정할 때 개시된다. 씨결정을 서서히 회수(또는 "인출(pulling)")하고 느린 냉각 속도를 조심스럽게 조절함으로써, 단일 결정 잉곳을 목적하는 크기 또는 중량으로 "성장"시킬 수 있다. 당해 방법은 킬로그램 기준으로 결정성 규소 잉곳을 제조하는 비용이 많이 들고 시간 소모적일 수 있다.

광전지의 제2 군, 결정성 실리콘 웨이퍼 및 결정성 규소 잉곳은 다결정성이고 복수의 결정 규소를 함유한다. 이러한 특성으로 이는 광전지로서 덜 유효하게 되지만, 대부분의 적용에서는 다결정성 실리콘 웨이퍼와 다결정성 규소 잉곳의 보다 낮은 제조 비용으로 낮은 효율성이 상쇄되기도 남으므로, 최고의 경제적 보상을 제공한다. 다결정성 구조를 갖는 결정성 규소 잉곳은 "지향 응고" 방법이라고도 하는, 브리즈먼-스톡바거(Bridgman-Stockbarger) 결정 성장 방법으로 제조한다.

당업자에게 공지된 지향 응고방법에서는, 일반적으로 장방형의 평저 용기(여기서는 "금형"이라고 한다)에 폴리실리콘을 충전시킨 다음, 불활성 대기하에 용융시킨다. "충전물(charge)"이라고 하는, 금형의 폴리실리콘 함유물이 목적하는 상태의 용융 규소 피로 완전히 용융되는 경우, 금형의 기저(및 이에 따라 내부에 함유된 충전물)는 조절된 방식으로 냉각된다. 이러한 냉각이 발생함에 따라, 하나 이상의 결정이 성핵되고 충전물에서 상향 성장하여 확장하는 결정 미세구조 외부로 불순물을 밀어낸다. 전체 용융 규소 피의 이러한 느린 냉각 방법은 결정이 보다 큰 크기로 성장하도록 한다.

폴리실리콘을 조크랄스키 방법용 도가니 속에 넣는 방법은 당업자에게 적당히 공지되어 있지만, 본 발명은 그 대신 지향 응고방법용 금형 속에 넣고 이를 제조하는 데 있어서 개선을 지향한다. 조크랄스키 방법과 지향 응고방법 사이의 차이는 외형, 공정 및 결과 면에서 현저하다.

우선, 조크랄스키 방법에 이용되는 도가니는 통상적으로 직경이 45 내지 60cm인 원주형이고 반구형 기저 또는 실질적으로 둥근 모서리를 갖는 기저를 갖는다. 이러한 둥근 형태는 최적의 결정 침지/인출 조건에 필요하다. 다른 한편으로, 지향 응고방법에 이용되는 금형은 일반적으로 직각, 편평한 측면 및 편평한 기저를 갖는 장방형(또는 정방형)인 경향이 있다(원주형보다는 박스와 유사함).

조크랄스키 도가니에 의해 제조된 결정성 규소 잉곳은 둥글거나 원주형인 형상인 반면, 지향 응고 금형에 의해 제조된 결정성 규소 잉곳은 일반적으로 직각의 모서리를 갖는 장방형 잉곳이라는 것은 당연하다. 블록과 유사한 이러한 장방형 형상은 광전지를 제조하는 경우, 후속적인 웨이퍼 슬라이싱 작업에 보다 유효한 형상이 된다.

또한, 조크랄스키 방법과 지향 응고방법의 용융 상 사이에 현저한 대비가 존재한다. 조크랄스키 방법에 이용되는 도가니는 열을 도가니의 면으로 한번에 하나의 도가니씩 유도하는 노에 의해 가열된다. 이는 조크랄스키 도가니의 상부가 씨결정 및 침지/인출 장치를 위하여 반드시 투명한 상태로 유지되어야 한다는 사실로 인하여 필수적이다. 다른 한편으로, 지향 응고 금형은 다중 금형이 배치 가공용의 큰 노에서 서로 인접하게 위치되어, 통상적으로 상부로부터 하부로 가열된다.

조크랄스키 방법과 지향 응고방법의 냉각 및 결정화 상 또한 상당히 상이하다. 조크랄스키 도가니의 냉각은 도가니가 유효하게 비어 있고 규소가 제조 사이클의 종결시 실제적으로 더이상 회수될 수 없는 경우에만 발생한다. 주목해야 할 것은, 조크랄스키 방법에서는 용융 규소 피 대부분이, 용융 규소 피의 상부 표면 부근에서 또는 도가니 외부에서 함께 발생하는 씨결정 위에서 회수되어 결정화될 때 냉각된다는 것이다. 반대로, 지향 응고 금형 및 금형 내에 함유된 전체 용융 규소 피는 결정화 상이 용융 규소 피의 기저에서 시작하여 상향 이동하여, 기저로부터 냉각된다.

지향 응고에 의한 결정화는 불순물을 상향 이동시키므로, 지향 응고 잉곳의 최상층은 종종 오염되는 반면, 조크랄스키 방법에서 이러한 상응하는 불순물은 잉곳이 도가니로부터 영구적으로 회수된 후, 도가니의 기저에 잔재로 존재한다.

지향 응고방법은 조크랄스키 방법에서 필요한 느린 침지/인출 공정을 요하지 않으므로, 지향 응고는 킬로그램당 기준으로 결정성 규소 잉곳을 제조하는 보다 신속하고 비용 효율적인 수단이다. 지향 응고방법을 이용하는 경우, 지향 응고에 의해 주어진 결정성 규소 잉곳의 제조 비용은 대체적으로 용융 상 이전의 금형 속에 위치시킨 폴리실리콘의 실제 중량에 무관하게 잔존한다. 따라서, 더 많은 폴리실리콘이 금형 속에 넣고 주어진 전력, 시간 및 노동의 양에 대하여 가공되는 경우, 결정성 규소 잉곳 1kg당 비용은 감소되는 것이 당연하다.

그러나, 지향 응고를 사용한 주어진 수득한 잉곳의 수율 또는 중량을 증가시키는 경향이 있는 특정 인자가 또한 오염, 배치를 가공하는 데 필요한 전력 소비, 시간 및 노동을 증가시키는 경향이 있을 수도 있다. 이러한 쟁점의 논의 및 기재된 지향 응고에 대한 개선된 방법을 다음 문단에서 추가로 상세히 기술한다.

요약

하나의 양태에서 본 발명은 지향 응고용 금형의 제조방법을 제공한다. 당해 방법은 폴리실리콘을 지향 응고방법으로 용융시키고 냉각시키는 데 적합한 금형을 제공하고, 하나 이상의 폴리실리콘 봉 단편(rod section)을 금형 속에 넣음을 포함한

다. 당해 방법은 폴리실리콘 청크(chunk), 폴리실리콘 칩(chip) 및 폴리실리콘 과립(granule)으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 하나 이상의 폴리실리콘을 금형 속에 넣고, 금형을 폴리실리콘을 지향 응고방법으로 용융 및 냉각하기에 적합한 노속에 위치시킴을 추가로 포함한다.

또 다른 양태에서, 본 발명은 복수의 지향 응고용 금형의 제조방법을 제공한다. 당해 방법은 폴리실리콘을 지향 응고방법으로 용융 및 냉각시키기에 적합한 복수의 금형(여기서, 각각의 금형은 장방형이고 편평한 기저를 갖는다)을 제공함을 포함한다. 당해 방법은 복수의 폴리실리콘 봉 단편을 상쇄 적층 형태 또는 교차 적층 형태로 각각의 금형 속에 넣고, 폴리실리콘 청크, 폴리실리콘 칩 및 폴리실리콘 과립으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 하나 이상의 폴리실리콘 물질을 금형 속에 넣음을 추가로 포함한다. 당해 방법은 또한, 지향 응고방법으로 폴리실리콘 함유물을 용융시키고 냉각시키기에 적합한 노로 금형을 위치시킴을 포함한다.

본 발명의 기타 양태, 기타 특징 및 목적은 부분적으로는 당업자에게 명백하고 부분적으로는 아래에 지적할 것이다.

발명의 상세한 설명

특정 예, 본 발명의 원리를 설명하는 상세한 설명 및 기타의 폴리실리콘의 측면에 관련하기에 앞서, 본 발명의 지향 응고 및 바람직한 양태를 제공한다.

폴리실리콘 형태

지향 응고방법에 이용되는 폴리실리콘은 통상적으로 우선 당업자에게 익히 공지된, 지멘스(Siemens) 방법을 사용하여 적당히 순수하게 정련한다. 지멘스 폴리실리콘 제조에서 유지되는 특정한 유동 및 온도 프로파일에 따라, 지멘스 반응기로부터 수확한 폴리실리콘 봉(11)(도 1 내지 19)은 직경 및 특성이 매우 다양할 수 있다. 폴리실리콘 산업계 내에서, 폴리실리콘 봉(11)은 반응기로부터 수확한 직후에, 통상적으로 더 작고, 루즈(loose)한 폴리실리콘 조각[폴리실리콘 청크(12) 또는 폴리실리콘 칩(13)]으로 절단하거나 부순다.

당해 논의의 목적에 대한 폴리실리콘 청크(12)(도 5 내지 7)(또는 폴리실리콘 칩)는 통상적으로, 반드시 그럴 필요는 없지만, 이의 가장 넓은 치수를 가로지른 길이가 약 2 내지 20cm 범위인 폴리실리콘의 루즈한 조각을 특징으로 할 수 있다. 통상적으로, 언제나 그런 것은 아니지만, 폴리실리콘 청크(12)는 심한 기계적 충격 또는 힘에 노출된 폴리실리콘 봉(11)으로부터 유래되고 이로부터 통상적으로 파괴된 사실의 결과로서 날카로운 톱니 모양의 가장자리를 갖는 불규칙적인 형상을 소유한다.

당해 논의의 목적에 대한 폴리실리콘 칩(13)(도 8 내지 16)(또는 폴리실리콘의 칩)은 통상적으로 반드시 그런 것은 아니지만, 폴리실리콘 청크(12)보다 작은 폴리실리콘 조각을 나타내며, 종종 플레이크 형상과 유사할 수 있다. 칩은, 반드시 그럴 필요는 없지만, 지멘스 반응기로부터 수확한 봉이 폴리실리콘 청크(12)로 파괴되는 경우 남겨진 부스러기로부터 유도될 수 있다.

또 다른 방법으로, 본 발명에 기재된 바와 같이, 산업계 내에서 실시되지는 않지만, 지멘스 반응기로부터 수확한 봉은 대신 청크 또는 칩으로 파괴되기 보다는 목적하는 길이의 단편(또는 세그먼트)으로 절단되거나 파괴될 수 있다. 폴리실리콘의 봉은 지멘스 반응기에서 적합한 직경으로 성장(통상적으로, 제한하려는 것은 아니지만, 80 내지 140mm)시킨 후, 통상적인 방식으로 그대로 수확하고, 적합한 청정실 등급의 수송기에 위치시키고, 파괴 구역으로 보낸다. 검사 후, 봉은 필요한 만큼, 금형 크기 또는 소비자에게 제공되는 명세서에 지시된 최대 길이로 파괴한다.

단편으로의 파괴는 해머, 수동 저오염 충격 장치, 기계적 전단기, 톱 또는 다중 해머 기계 또는 수압 파괴기로 수행할 수 있다. 톱을 사용한 후 있을 수 있는 세정을 제외하고는, 파괴된 말단에 특수한 주의 또는 처리를 필요로 하지 않는다. 폴리실리콘 봉(11)의 단편 말단은 어떠한 목적하는 형상이라도 가질 수 있다(예를 들면, 이는 파괴되거나 조각나거나 편평하게 절단되거나 목적하는 각도로 절단될 수 있다).

소비자 또는 오프-사이트 금형(10)(도 5 내지 19)으로의 수송이 필요한 경우, 폴리실리콘 봉(11)의 적합한 단편을 플라스틱 백에 개별적으로 팩킹한다. 보다 짧은 단편을 팩킹 표준화 및 취급 용이성을 위하여 목적하는 길이의 하나의 패키지로 결합시킬 수 있다. 단일 수확된 봉으로부터 유도된 보다 짧은 조각을 함께 유지시키는 것은 이러한 것이 상이한 봉으로부터의 랜덤한 조각보다 잘 인터록킹하므로, 현저히 유리하다. 세그먼트의 이러한 타이트한 인터록킹으로 이후 금형(10) 속의 폴리실리콘의 고팩킹 밀도가 가능하다.

지멘스 반응기로부터 수확한 "브릿지 단편"은 2개의 수직 봉 사이의 전류를 운반하는 폴리실리콘의 짧은 수평 단편이다. 수확한 봉의 브릿지 단편은 또한 검사되고, 목적하는 길이로 파괴되고(필요한 경우), 폴리실리콘 봉(11)의 사용 가능한 세그먼트로서 패키징할 수 있다. 본원에서 특히 지향 응고용 금형(10)(도 5 내지 19) 속에 폴리실리콘을 넣는 논제에 대한 논의 및 청구항에 대하여, 폴리실리콘 전체 봉, 폴리실리콘 봉의 일부 또는 고품 원주 형상과 유사한 임의 폴리실리콘은 주어진 길이에 의도적으로 또는 비의도적으로 맞춘 형태인지의 여부에 관계 없이, 집합적으로 "폴리실리콘 봉"이라고 한다.

지향 응고방법용으로 개발된 금형의 몇 가지 표준 크기가 존재한다. 이러한 하나의 표준 크기 금형(10)은 $(60\text{cm})^2$ (길이 69cm, 폭 69cm)이고 길이가 42cm이다. 크기가 보다 작은 또 다른 표준 금형(10)은 $(59\text{cm})^2$ (길이 59cm, 폭 59cm)이고 길이가 39cm이다. 따라서, 폴리실리콘 봉(11)의 세그먼트의 최적 크기는 폴리실리콘 봉(11)이 의도되어지는 금형(10)에 의해 결정될 수 있다.

일반적으로 균일한 구 형상을 갖는 폴리실리콘 형태의 폴리실리콘 과립(14)(도 17 내지 19) 또한 지향 응고방법용 금형(10) 속에 넣는 데 사용될 수 있다. 본 발명에 기재된 바와 같이, 폴리실리콘 봉(11)과 함께 사용되는 경우, 과립상 규소는 특히 폴리실리콘 봉(11)을 함유하는 금형(10)의 공역 또는 공극을 충전시키기에 특히 매우 적합하며, 폴리실리콘 봉(11)이 용융 공정 동안 이동하는 데 대한 안정성을 추가로 제공한다.

폴리실리콘 봉(11)과 대조적으로, 폴리실리콘 과립(14), 폴리실리콘 청크(12) 및 폴리실리콘 칩(13)은 통상적으로 (지멘스 공정보다는) 유동상 반응 공정으로 제조할 수 있으며, 직경 범위가 약 0.5 내지 10mm이다. 폴리실리콘 과립(14)은 폴리실리콘 칩(13)보다 다소 작은 경향이 있지만, 크기는 중복될 수 있다.

폴리실리콘의 선택시 고려 사항

위에서 언급한 바와 같이, 다결정성 잉곳의 배치를 생성하는 하나의 제조 사이클의 비용 변수는 대체로 금형에 함유된 폴리실리콘의 실제 중량에 좌우된다. 따라서, 보다 많은 폴리실리콘이 주어진 금형(10)으로 패키징되고 주어진 전력, 시간 및 노동량에 대하여 가공될 수 있는 경우, 다결정성 규소 잉곳 1kg당 비용은 감소되는 것이 당연하다.

금형(10)속에 넣는 폴리실리콘의 양 및 중량을 증가시키기 위해서는(이상적으로는 최대화하기 위해서는), 고팩킹 밀도를 갖는 폴리실리콘 형태를 넣어야 한다. 팩킹 밀도는 폴리실리콘의 다양한 형태 사이에서 변화한다. 예를 들면, 폴리실리콘 청크(12)는 대략 50%의 다소 낮은 팩킹 밀도를 갖는다. (즉, 금형(10)의 내부 용적에 의해 나타나는 용적과 같은 특정 용적이 제시될 때, 이러한 용적으로 가해지는 복수의 폴리실리콘 청크(12) 조각은, 평균적으로, 금형(10)의 전체 내부 용적을 대체시키는 폴리실리콘의 고품 블록의 중량의 약 50%의 중량일 것이라는 의미이다.) 예를 들면, 폴리실리콘 칩(13)은 바람직한 팩킹 밀도가 약 57%이지만, 이러한 수치는 칩의 실제 크기, 형상 및 다양성에 따라 변화될 수 있다.

주어진 용적에서 완전히 구형인 물체에 대한 최상의 팩킹 밀도는 64%(랜덤한 루즈한 충전에 상응함) 내지 74%(면심 입방 형태에 상응함)의 범위이다. 그러나, 불완전한 구형도 및 유동상 공정에 의하여 생성된 폴리실리콘 과립(14)의 내부 다공도로 인하여, 폴리실리콘 과립(14)은 지향 응고용 금형(10) 속에 위치시키는 경우, 약 60%의 실제 팩킹 밀도를 나타내었다. 폴리실리콘의 위에서 언급한 독점적 형태 및 이의 상응하는 팩킹 밀도는 지향 응고용 금형 속에 넣는 산업적 실시를 반영한다.

팩킹 밀도 및 취급 용이성이 생산 비용 및 효율성을 결정하는 유일한 인자인 경우, 폴리실리콘 과립(14)은 지향 응고방법에 대한 폴리실리콘의 바람직한 형태이어야 한다는 것이 나타날 것이다. 그러나, 지향 응고방법으로 결정성 실리콘 응고를 생성하는 데 폴리실리콘 과립(14)만을 이용하는 경우에 발생할 수 있는 현재의 산업적 관행 내의 다수의 고려 사항 및 특정 문제가 존재한다.

유동상 공정으로 생성된 과립상 실리콘은 낮은 벌크 열 전도율을 갖는 경향이 있어서, 폴리실리콘 충전물을 용융시키는 데 현저히 높은 열 요구량을 필요로 한다. 이러한 증가된 열 요구량은, 통상적으로 (a) 용융 공정에 필요한 시간을 연장시키거나, (b) 노에 의해 가해지는 열을 증가시킴으로써 극복된다. 열이 보다 높은 열 요구량을 상쇄시킬 정도로 증가되는 경우, 금형(10)에 가해지는 이러한 추가의 열 응력이 금형(10)을 비틀거나 변형시킬 수 있어, 금형(10)으로부터의 입자를 용융 규소 피로 도입시킬 수 있다(그리고 이에 따라 수득한 결정성 규소 잉곳을 불순물로 오염시킬 수도 있다). 극단적인 조건에서는, 금형(10)에 가해지는 상당량의 열 응력으로 금형(10)이 돌발적으로 고장을 일으킬 수 있다. 이러한 이유 및 위에서 기재한 기타의 인자들로 인하여, 폴리실리콘 봉(11), 폴리실리콘 청크(12) 및 폴리실리콘 칩(13)은 결정성 규소 잉곳의 제조에 실행 가능한 대체물로 남아 있다.

폴리실리콘 봉(11) 및 폴리실리콘 청크(12)은 규소 칩 및 규소 과립보다 열 전도율 특성 면에서 유리하여, 용융 공정 동안 열을 보다 효율적으로 분배한다. 실질적인 이윤에 의하여, 폴리실리콘 봉(11) 및 폴리실리콘 청크(12)는 또한 주어진 표면적에 대하여 최고의 규소 밀도를 갖는다. 따라서, 고정 중량(kg)이 주어진 경우, 폴리실리콘 봉(11) 및 폴리실리콘 청크(12)는 1kg당 용융 비용이 최저일 뿐만 아니라 표면적 오염도 최저인 경향이 있는 것이 당연하다.

폴리실리콘 청크(12)는 통상적으로 날카롭고 들쭉날쭉하다. 그 결과, 전체 충전물의 증량하에, 이러한 날카로운 톱니 모양의 가장자리는 금형(10)의 표면, 특히 금형(10)의 기저 표면을 긁고 도려내는 경향이 있다. 이러한 긁힘 및 도려짐은 금형(10)의 작은 입자가 금형(10)의 표면으로부터 떨어져 나갈 정도의 손상을 일으킬 수 있다. 이어서, 이러한 입자는 용융 규소 껍에 현탁되어 궁극적으로는 성핵 결정성 규소 잉곳으로 혼입되어 오염시키게 된다. 추가로, 금형(10)의 표면 상의 이러한 긁힘 및 도려짐은 수득한 결정성 규소 잉곳에 균열을 개시하고 퍼뜨리는 성핵 부위로서 작용할 수 있다. 시간 경과에 따라, 금형(10)의 긁힘 및 도려짐은 반복된 제조 사이클을 통하여 금형(10)의 물리적 구조에서의 균열로 심각해질 수도 있다.

충전물에 폴리실리콘 칩(13)만을 이용하는 것이 도가니 손상을 최소화시키는 경향이 있는 한편, 폴리실리콘 칩(13)은 아래에 논의한 바와 같이, 허용되는 오염 수준보다 높은 오염 수준을 발생시킬 수 있다.

지멘스 공정으로 제조된 폴리실리콘의 오염은 통상적으로 수확 및 가공(파괴 및 패키징) 동안 폴리실리콘 생성물의 표면으로 도입된다. 따라서, 오염에 대한 잠재력의 대략적인 척도는 다양한 형태의 폴리실리콘 1kg과 결합시키는 것이다. 폴리실리콘 봉(11)은 통상적으로 킬로그램당 표면적이 150 내지 200cm²이고 폴리실리콘 청크(12)는 통상적으로 킬로그램당 표면적이 900 내지 1000cm²의 범위이다. 폴리실리콘 칩(13)은 킬로그램당 표면적이 대략 6000cm²이지만, 이러한 숫자는 실리콘 칩 생성물의 형상 및 사이징에 따라 현저히 변화된다.

폴리실리콘 과립(14)은 킬로그램당 표면적이 100,000cm²을 초과할 수 있지만, 폴리실리콘 과립(14)은 통상적으로 전체적으로 상이한 공정(예: 유동상 공정)으로 제조하고 가공한다. 유동상 공정에 필요한 크게 감소된 생성물 취급은 오로지 이의 큰 표면적만을 기반으로 하여 예상되는 것보다 낮은 오염도를 제공한다.

관찰되는 바와 같이, 오염 가능한 표면적은 개별적인 조각 또는 과립의 중량이 감소함에 따라 현저히 증가한다. 폴리실리콘 봉(11), 폴리실리콘 청크(12) 및 폴리실리콘 칩(13)은 통상적으로 동일한 일반 공정(즉, 지멘스 공정)으로 제조되므로, 관찰된 오염도는 일반적으로 폴리실리콘의 주어진 형태에 의해 나타내는 표면적에 상응한다. 이와 관련하여, 폴리실리콘 봉(11)은 중량 1kg당 이의 낮은 표면적 덕분에 폴리실리콘의 기타 형태보다(폴리실리콘 과립(14)을 포함함) 현저한 이점을 제공한다.

게다가, 오염성 견지에서, 지향 응고용 금형(10)에 가하는 경우, 폴리실리콘 봉(11)의 이용을 최대화시키는 기타의 근거가 존재한다. 지멘스 공정으로부터 유도된 폴리실리콘 내에서 발생된 오염이 주로 폴리실리콘 봉(11)의 수확 및 가공 동안 발생하는 경우, 주어진 생성물을 제조하는 데 필요한 가공을 최소화시키는 것이 폴리실리콘 생성물의 오염을 최소화시키는 것이라는 것이 당연하다.

따라서, 지멘스 판독기로부터 폴리실리콘 봉(11)을 수확한 후, 폴리실리콘을 필요한 만큼 적게 가공하여, 폴리실리콘 봉(11)을 지향 응고방법용 금형(10)으로 후속적으로 가할 수 있는 이의 가장 자연적인 형태로 패키징하는 것이 바람직하다. 물론, 취급성 및 선적 면의 제약 또는 금형(10)에 의해 지시되거나 소비자에 의해 명시되는 최대 길이로 인하여, 폴리실리콘 봉(11)은 단편으로만 파괴되어 이러한 특정 요구를 수용하여야 한다.

지향 응고용 충전물의 제조

일단 폴리실리콘 봉(11)이 지향 응고방법에 대한 목적지에 이르면, 이는 이의 패키징을 제거시키고(존재하는 경우) 금형(10) 속에 넣어야 한다. 금형(10)의 특정 형태는 결정적이지 않는 한편, 이의 정확한 치수 및 금형과 노 벽 사이의 투명도로부터, 최적의 결과를 위하여 얼마나 가하여야 하는지를 결정할 것이다.

지향 응고방법용 금형(10)의 가중을 개시하기 위하여, 폴리실리콘 봉(11)의 하나 이상의 세그먼트를 금형(10)의 기저를 가로질러 제1 층(11a)(도 2 내지 9)을 형성하기에 충분할 정도로 금형(10) 내부에 위치시킨다. 또 다른 방법으로, 폴리실리콘 봉(11)의 제1 층(11a)은 폴리실리콘 청크(12), 폴리실리콘 칩(13) 또는 폴리실리콘 과립(14)의 층, 또는 웨이퍼 형성 작

업으로부터의 스크랩 폴리실리콘 층 위에 위치시킬 수 있다. 폴리실리콘 봉(11)의 개별적인 세그먼트들 사이에서도 역시 약간의 공간을 남길 수 있지만, 이는 폴리실리콘 충전물의 전체 팩킹 밀도 및 열 전도율에 부정적인 영향을 미칠 수 있기 때문에, 필요로 하거나 권장되지는 않는다.

팽창용 팽창 갭(16)(도 6, 7, 9, 10, 12, 13, 15, 16, 18, 19)은 통상적으로 폴리실리콘 봉(11)의 측면 및 말단과 금형(10)의 측면 사이에 제공된다. 통상적으로, 폴리실리콘을 지향 응고방법으로 용융 및 냉각시키기에 적합한 금형은 당해 방법으로 금형에 위치된 극도의 열 요구량을 유지시킬 수 있는 흑연, 탄화규소, 질화규소, 산화알루미늄, 멀라이트 또는 기타 물질로 구성된다. 규소는 이들 물질보다 열 팽창 효율이 크므로, 금형(10) 속에 넣어져 노에 의해 가열된 폴리실리콘은 금형(10)보다 팽창되는 경향이 있다. 따라서, 이러한 팽창 갭(16)은 (폴리실리콘 충전물이 가열되고 팽창함에 따라) 폴리실리콘 봉(11)의 팽창용 공간을 제공하고 응력의 축적을 피한다. 이러한 팽창 갭(16)이 파손되면 금형(10)의 파손을 유도하여 폴리실리콘 함유물이 오염된다. 팽창 갭을 위한 자유 공간은 5cm가 일반적으로 충분하지만, 이는 금형(10)의 특정 치수에 좌우된다는 것이 경험적으로 나타났다.

폴리실리콘 봉(11)의 세그먼트는 주어진 금형(10)에 대한 특정 길이로 절단되어 금형(10)으로 완벽하게 맞출 수 있는 반면, 이러한 실시는 절단 공정에서 폴리실리콘 봉(11) 위에 오염물을 도입시키는 경향이 있다. 이러한 이유로, 규소 봉을 목적하는 길이로 절단하기 보다는 실질적인 한도에서 정확하게 파괴시키는 것이 유리하다. 날카로운 코너가 폴리실리콘 봉(11)의 파괴된 세그먼트 위에서 발생할 수 있는 반면, 이러한 날카로운 코너는 먼저 용융하여 금형(10)을 과도하게 압박하고 파쇄시키는 것과 관련한 문제를 완화시키는 경향이 있다.

일단 폴리실리콘 봉(11)의 제1 층(11a)이 금형(10)에 위치되면, 세그먼트(들)가 폴리실리콘 청크(12), 폴리실리콘 칩(13) 및/또는 폴리실리콘 과립(14)과 적소에 밀어넣어질 수 있다. 폴리실리콘 봉(11)의 세그먼트는 둥글기 때문에, 이는 이러한 단계가 수행되지 않는 경우, 금형(10)의 기저 위에서 롤링하는 경향이 있다. 따라서, 이러한 단계는 현재의 층을 안정화시키고 추가의 층(11b)에 대한 토대를 제공하므로, 중요하다(추가 폴리실리콘 봉(11)의 하나 이상의 층이 금형(10)으로 가해 질 수 있다는 것을 가정하는 경우). 폴리실리콘 청크(12), 폴리실리콘 칩(13) 또는 폴리실리콘 과립(14)은 이어서 금형 전체에 첨가하여 높이가 폴리실리콘 봉(11)의 제1 층(11a)의 상부의 높이와 대략적으로 동일해질 때까지 폴리실리콘 봉(11)의 세그먼트들과 금형(10)의 벽 사이에 남겨진 어떠한 공역 공극이라도 충전시킬 수 있다.

금형(10)의 물리적 구속 내에서 가능한 한, 폴리실리콘 봉(11)의 세그먼트의 추가의 층들(11b)을 이전의 층(들) 위에 위치시킬 수 있다. 이러한 층들은 유리하게는 도 2에 나타난 바와 같이, 둥근 파이프가 적층될 수 있는 방법과 유사하게, 상쇄 및 적층 형태(본원에서는, "상쇄-적층 형태"라고 한다)로 위치시킬 수 있다.

폴리실리콘 봉(11)의 후속 층들은 도 3에 나타난 바와 같이, 폴리실리콘 봉(11)의 제1 층(11a) 위에 직접 교대로 위치시킬 수 있지만(폴리실리콘 봉(11)의 중심 축을 대략적 공유 수직 평면에서 유지시킴으로써), 이는 최적 팩킹 밀도를 제공하지는 않는다. 게다가, 도 3에 나타난 이러한 형태는 또한 봉의 중심축이 도 2에 나타난 바와 같이, 층에서 층으로 상쇄된다.

또 다른 방법으로, 상쇄 적층 형태를 이용하지 않고 제1 층(11a)의 상부에 추가의 층들(11b)을 위치시키고자 하는 경우, 도 4에 나타난 바와 같이, 그 대신 이전의 층에 대하여 각각의 층의 세그먼트를 교차시키는 것이 유리하다(본원에서는, "교차 적층 형태"라고 함). 이는 각각의 층의 수평 배향을 이전의 층에 대하여 90° 또는 기타 적합한 각도로 회전시키도록 세그먼트를 위치시켜 각 층에 대한 추가의 안정성을 제공하고 폴리실리콘 봉(11)의 세그먼트의 롤링 또는 슬라이딩 가능성을 감소시킴으로써 달성된다. 이러한 교차 적층 형태는 또한 도 8, 9 및 10에 나타난 바와 같이, 전체 층보다는 층의 1/4 또는 일부 내에서 수용되거나 폴리실리콘 봉의 수평 및 수직 배향과 혼합될 수 있다.

제1 층(11a)과 일관되게, 폴리실리콘 봉(11)의 추가의 층들(11b)이 위에서 기재한 것과 동일한 이유로, 폴리실리콘 봉(11)과 금형(10) 벽 사이의 팽창 갭(16)에 제공된다. 또한, 추가의 층들(11b)이 필요한 경우, 보다 많은 폴리실리콘 청크(12), 폴리실리콘 칩(13) 또는 폴리실리콘 과립(14)이 각각의 층에 첨가되어 팽창 갭(16)과 벽 사이의 공간, 및 금형(10) 내의 기타 공역 및 공극을 현재 층의 높이까지 충전시킬 수 있다.

추가 폴리실리콘 봉(11) 및 루즈 폴리실리콘[폴리실리콘 청크(12), 폴리실리콘 칩(13) 및 폴리실리콘 과립(14)]을 가하는 단계는 금형(10)이 완전히 차 때까지 지속된다. 목적하는 만큼, 추가 폴리실리콘 청크(12), 폴리실리콘 칩(13) 및 폴리실리콘 과립(14)을 공간이 허락하는 한 금형(10) 내의 폴리실리콘의 최상층의 상부에 첨가할 수 있다.

따라서, 금형(10)의 함유물의 상부는 폴리실리콘 붕(11), 폴리실리콘 청크(12), 폴리실리콘 칩(13) 또는 폴리실리콘 과립(14), 또는 이들의 혼합물로 이루어진다. 금형(10)과 노 설계가 허락하는 한, 폴리실리콘 붕(11)의 추가의 세그먼트와 루즈 폴리실리콘 청크(12), 폴리실리콘 칩(13) 또는 폴리실리콘 과립(14)이 또한 금형(10)의 벽 위에 적층될 수도 있다. 과충전은 가공 완료된 결정성 규소 잉곳의 전체 중량을 추가로 증가시킨다.

폴리실리콘 붕(11)의 단편은 폴리실리콘 청크(12), 폴리실리콘 칩(13) 및 폴리실리콘 과립(14)보다 과충전된 금형(10)의 상부에서 떨어지거나 슬라이딩할 가능성이 훨씬 덜하다. 따라서, 폴리실리콘 붕(11)의 단편은 또한 루즈 폴리실리콘을 함유하는 데 이용되어, 용융 공정 동안 과충전이 흘림 또는 오염 등의 바람직하지 않은 효과를 일으키지 않도록 이를 적소에 유지시킬 수 있다.

당업자는 지향 응고용 금형(10)에 폴리실리콘 붕(11)을 상쇄 적층 형태로 가하는 것 대 로드 단편을 피라미드형 배열로 조크랄스키 도가니 속으로 가하는 것의 대비를 관찰할 것이다. ("피라미드형" 배열은 도 1에 나타난 바와 같이, 규소 붕의 임의 상부 층에 의해서 대체된 수평 영역이 임의 유사한 하부 층에 의해서 대체된 수평 영역보다 작거나 덜한 것을 제안한다.) 조크랄스키 도가니에서, 피라미드형 배열은 폴리실리콘 붕(11)이 용융 상 동안 슬라이딩 또는 롤링하는 것을 방지할 필요가 있다. 이러한 피라미드형 배열이 부재한 경우, 폴리실리콘 붕(11)의 날카로운 코너 및 말단은 도가니를 손상시킬 수 있는 집중적 힘으로 둥근 조크랄스키 도가니 벽의 내부를 칠 것이다. 게다가, 조크랄스키 공정에 사용되는 노는 측면으로부터 도가니의 함유물을 가열하므로, 벽 다음에 위치한 폴리실리콘이 먼저 용융되어 벽이 이러한 형태의 손상에 무방비 상태로 남는다.

다른 한편으로, 지향 응고용으로 설계된 금형(10)은 이의 직각 형상 및 편평한 측벽 때문에, 폴리실리콘(11) 단편의 슬라이딩 또는 롤링 힘을 실질적으로 붕의 측면과의 이의 종방향 접촉을 가로질러 분배하는 경향이 있다. 추가로, 통상적으로 지향 응고방법에 이용되는 노는 금형(10)을 상부 및 기저로부터 가열하므로, 벽 부근에 위치한 폴리실리콘 붕(11)은 금형(10) 내에서 용융하는 마지막 물질인 경향이 있어서, 폴리실리콘 붕(11)을 슬라이딩 또는 롤링으로부터 보다 잘 보호한다.

게다가, 금형(10)이 상부로부터 가열됨에 따라, 다른 층들의 상부 위에, 그리고 기타 층들과 인접 단편과 직접 접촉한 폴리실리콘 붕(11)은 이의 증가된 열 전도율로 인하여 우선 용융되는 경향이 있어, 부분 용융된 물질의 돌연한 붕괴를 피한다. 또한, 루즈 폴리실리콘, 특히 폴리실리콘 청크(12)는 폴리실리콘 붕(11)을 약하게 용융시켜 용융물 속으로 몇 도 정도로 서서히 낮추는 작용을 하여, 폴리실리콘 붕(11)의 돌연한 강하 롤 또는 슬라이드를 막는다.

이러한 이유로, 지향 응고에 사용되는 편평한 벽을 갖는 장방형 금형(10)은 조크랄스키 방법에 사용되는 둥근 도가니와는 대조적으로, 이전에 상술한 상쇄 적층 형태 또는 교차 적층 형태에서의 폴리실리콘 붕(11)의 단편이 가해지고 적층되어 폴리실리콘 붕(11)의 상부 층들이 폴리실리콘 붕(11)의 유사한 하부 층들과 동일한(또는 그보다 큰) 족적을 나타내도록 한다. 상쇄 적층 형태 및 교차 적층 형태는 피라미드형 적층의 기존 방법을 넘어서 이보다 개선된 팩킹 밀도, 안정성 및 열 전도율을 위하여 제공한다.

또 다른 방법으로, 폴리실리콘 붕(11)의 단편은 도 14, 15 및 16에 나타난 바와 같이, 수평 배향보다는 수직 배향으로 금형(10) 속에 넣을 수 있다(즉, 폴리실리콘 붕(11)의 세그먼트를 말단에 정지시킴). 이러한 배향에서는, 위의 상쇄 적층 형태 및 교차 적층 형태에 기재된 것과 유사한, 폴리실리콘 붕(11)의 세그먼트의 중심을 또한 상쇄시키는 것이 바람직하다. 역시, 폴리실리콘 청크, 칩(13) 또는 폴리실리콘 과립(14)을 가하면 폴리실리콘 붕(11)이 용융되는 동안 이를 안정화시키면서 팩킹 밀도를 개선시키는 작용을 한다.

필요한 경우, 수평 및 수직 배향된 폴리실리콘 붕(11)에서의 형태의 혼합물이, 루즈 폴리실리콘[폴리실리콘 청크(12), 폴리실리콘 칩(13) 또는 폴리실리콘 과립(14)]의 필이 폴리실리콘 붕(11)을 보상하는 경우, 교차 여부에 관계 없이 이용될 수 있다. 이러한 혼합된 형태는 도 11, 12 및 13에 예시되어 있다.

또 다른 방법으로, 도 17, 18 및 19에 나타난 바와 같이, 폴리실리콘 붕(11)의 세그먼트와 루즈 폴리실리콘[폴리실리콘 청크(12), 폴리실리콘 칩(13) 또는 폴리실리콘 과립(14)]을 신속하게 가하는 것이 또한 실질적이다. 이러한 형태가 폴리실리콘 붕(11)의 조직 결핍으로 인한 팩킹 밀도 및 열 전도율의 현저한 손실을 희생시킬 수 있는 반면, 그럼에도 불구하고 이러한 형태는 루즈 폴리실리콘[폴리실리콘 청크(12), 폴리실리콘 칩(13) 또는 폴리실리콘 과립(14)]의 단일 형태를 갖는 금형(10)을 가하는 현재 산업계 관행보다 유리한 결과를 만든다.

결정성 규소 잉곳의 제조

금형(10)에 폴리실리콘 붕(11)과 루즈 폴리실리콘을 가하고 금형을 노, 폴리실리콘 붕 및 루즈 폴리실리콘 용융물에 위치시킨 후, 그 때 결정성 규소 잉곳을 용융된 규소로부터 형성시킬 수 있다.

지향 응고방법을 수행하는 데 이용되는 2가지 주요 기술이 존재하는데, 각각 자체의 상응하는 적합한 노 유형이 있다. 제1 기술은 유도 노에 의해 제공되는 RF 장 내부에 설치되는 금형(10)을 이용한다. 금형(10)은 RF 코일보다 훨씬 크고, 규소 충전물의 용융이 발생한 후, 금형(10)은 RF 코일로부터 서서히 회수된다. 응고 및 결정화는 도가니의 기저에서 시작된다. 결정 미세구조는 도가니가 저하됨에 따라 공정 종료시, 개별적인 큰 결정이 도가니의 기저로부터 상향 확장할 때까지 계속해서 상향 성장한다.

제2의 보다 일반적인 기술은 통상적으로 상부 및 기저에 저항 히터를 갖는 고정 노를 이용한다. 가중된 금형(10)은 노에 위치시키고 충전물은 내부 대기하에 용융시킨다. 일단 충전물이 목적하는 상태로 완전히 용융되면, 하부의 가열 부재의 전력 수준이 감소되어, 용융 규소 괴를 기저로부터 냉각시킨다. 전력을 상부 및 하부 히터로 조절함으로써, 숙련된 작업자는 금형(10)의 기저에서 결정을 형성시켜 상부로 상향 성장시키는 적합한 환경을 만들어낼 수 있다.

지향 응고방법중 어느 한 기술에 관련되는 정확한 시간은 충전물의 크기, 금형(10)의 조성, 노 용적 및 전력률에 좌우되며, 다수의 기타 인자는 당업자에게 명백하다.

결정성 실리콘 웨이퍼 및 광전지의 제조

결정성 규소 잉곳은, 일단 캐스팅(casting)하고 적합하게 결정화되면, 보다 작은 단편으로 슬라이싱(또는 톱질)한다. 슬라이싱 공정으로 결정성 실리콘 웨이퍼로 후속적으로 슬라이싱되는 보다 작은 결정성 규소 잉곳이 제조될 수 있거나(내부 직경 톱을 사용하는 경우 보다 통상적임), 결정성 규소 잉곳을 결정성 실리콘 웨이퍼로 직접 슬라이싱할 수 있다(와이어 톱을 사용하는 경우 보다 통상적임).

일단 결정성 실리콘 웨이퍼가 제조되면, 당업자에게 익히 공지된, 기관을 도핑하고, 전지를 조립하고, 전지를 모듈로 결합시키는 일반 공정을 후속한다.

실시예

위의 상세한 설명으로부터 제시되었지만, 이제 본 발명의 다양한 양태의 예를 상세히 논의하여 본 발명을 수행하는 최상의 방식을 밝히고자 한다.

다음 실시예에 있어서, 0.202m³의 이용 가능한 내부 용적에 대해 길이 69cm, 폭 69cm 및 높이 42cm인 내부 치수를 제공하는 금형(10)이 비교용으로 선택되었다. 고품 폴리실리콘의 밀도가 제시되었지만, 이러한 이용 가능한 전체 용적을 변위시키는 잉곳은 470kg의 가공완료 중량을 수득할 것이다(즉, 100%의 팩킹 밀도를 나타냄).

이러한 금형(10)이 산업계에서 (이의 낮은 열 전도율에도 불구하고) 이의 유리한 취급 특성 및 팩킹 밀도로 인하여 최적의 폴리실리콘 형태인 것으로 널리 여겨지고 있는, 폴리실리콘 과립(14)만을 넣어서 제조되는 경우, 약 60%의 팩킹 밀도가 달성되어 초기 충전물로 이동시키고 대략 282kg의 결정성 규소 잉곳 중량을 수득할 것이다. 비교에 의해, 동일한 금형(10) 내에서 폴리실리콘 청크(12)를 이용한 조심스럽게 수동 가중된 충전물은 52%의 팩킹 밀도가 되어 약 244kg의 잉곳 중량을 수득한다.

그러나, (위에서와 같이 수동 가중된 실리콘 청크(12)를 갖는 동일한 금형을 이용하여) 폴리실리콘 붕의 몇 가지 단편을 치환시켜 그렇지 않으면 폴리실리콘 청크(12)의 몇 가지 조각에 의해 점유되는 용적을 대체시킴으로써 기재된 공정을 실시하면, 팩킹 밀도는 56%로 증가되어 265kg의 잉곳 중량이 수득된다. 추가로, 본원에 기재된 양태에 따라, 상쇄 적층 형태로 폴리실리콘 붕(11)의 집약적 이용으로(그리고 폴리실리콘 청크(12)의 지속적 이용으로 폴리실리콘 붕(11) 주위를 충전시키면), 팩킹 밀도를 59%로 추가로 증진시켜 280kg의 잉곳 중량을 수득한다.

(위와 동일한 금형(10)을 사용한)또 다른 실시예에서는, 본원에 기재된 양태에 따라, 상쇄 적층 형태로 폴리실리콘 칩(13)과 넣은 폴리실리콘 붕(11)의 집약적 이용으로 팩킹 밀도 64%와 300kg의 잉곳 중량을 수득한다.

(위와 동일한 금형(10)을 사용한)또 다른 실시예에서는, 본원에 기재된 양태에 따라, 루즈 필 물질로서의 폴리실리콘 과립(14) 이용과 결합한 상쇄 적층 형태로 폴리실리콘 붕(11)의 사용을 최대화시켜 팩킹 밀도 68%와 320kg 잉곳을 수득한다.

따라서, 현재의 산업 실시예에 의해 제조되는 것보다 높은 팩킹 밀도와 잉곳 중량이 기재된 가중 및 제조 기술을 사용하여 폴리실리콘 봉(11)과 루즈 폴리실리콘[폴리실리콘 청크(12), 폴리실리콘 칩(13) 또는 폴리실리콘 과립(14)]과의 혼합물로 부터 생성될 수 있다. 폴리실리콘 충전물의 열 전도율 또한 증가되어, 원료가 덜 소비되고, 최소화된 표면적으로 인하여 덜 오염되며, 폴리실리콘 재료 비용이 감소된다. 게다가, 기재된 방법으로 제조된 보다 큰 결정성 규소 잉곳은 보다 큰 결정성 규소 잉곳을 제조할 수 있는 능력을 가져서, 광전지의 제조시 킬로그램당 폐기물이 덜 발생한다.

본 발명의 다수의 개질 및 변형법이 위의 교시의 견지에서 가능하다. 본원에서 기재된 수단은 본 발명의 양태를 실시하는 바람직한 형태를 포함하므로, 본 발명의 양태는 나타내고 기재된 특정 양태로 한정되지 않음을 이해해야 한다. 따라서, 본 발명은 동등물의 원칙에 따라 적합하게 해석되는 첨부한 청구항의 적당한 영역 내에서 이의 형태 및 개질중 어느 것이라도 청구된다.

도면의 간단한 설명

첨부한 도면과 관련하여 고려되는 경우, 다음 설명을 참조하면 본 발명의 보다 완벽한 이해가 가능하다.

도 1은 피라미드 형태로 적층된 폴리실리콘 봉의 등측도이다.

도 2는 상쇄 적층 형태로 적층된 폴리실리콘 봉의 등측도이다.

도 3은 교호 형태로 적층된 폴리실리콘 봉의 등측도이다.

도 4는 교차 적층 형태로 적층된 폴리실리콘 봉의 등측도이다.

도 5는 폴리실리콘 봉과 폴리실리콘 청크를 수평 상쇄 적층 형태로 넣은 금형의 등측도이다.

도 6은 도 5에 나타낸, 폴리실리콘 봉과 폴리실리콘 청크를 수평 상쇄 적층 형태로 넣은 금형의 전면도이다.

도 7은 도 5에 나타낸, 폴리실리콘 봉과 폴리실리콘 청크를 수평 상쇄 적층 형태로 넣은 금형의 측면도이다.

도 8은 폴리실리콘 봉과 폴리실리콘 칩을 넣은 금형의 등측도(여기서, 폴리실리콘 봉은 교차 적층된 형태로 배열되어 있다)이다.

도 9는 도 8에 나타낸, 교차 적층 형태로 배열된 폴리실리콘 봉과 폴리실리콘 칩을 넣은 금형의 전면도이다.

도 10은 도 8에 나타낸, 교차 적층 형태로 배열된 폴리실리콘 봉과 폴리실리콘 칩을 넣은 금형의 상면도이다.

도 11은 폴리실리콘 봉과 폴리실리콘 칩을 넣은 금형의 등측도(여기서, 폴리실리콘 봉은 혼합 형태로 배열되어 있다)이다.

도 12는 도 11에 나타낸, 혼합 형태의 폴리실리콘 봉과 폴리실리콘 칩을 넣은 금형의 전면도이다.

도 13은 도 11에 나타낸, 혼합 형태의 폴리실리콘 봉과 폴리실리콘 칩을 넣은 금형의 전면도이다.

도 14는 폴리실리콘 봉과 폴리실리콘 칩을 수직 상쇄 적층된 형태로 넣은 금형의 전면도이다.

도 16은 폴리실리콘 봉과 폴리실리콘 청크를 도 14에 나타낸, 수직 상쇄 적층 형태로 넣은 금형의 상면도이다.

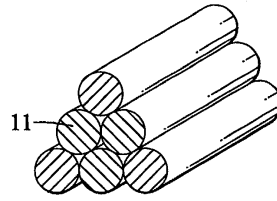
도 17은 폴리실리콘 봉과 폴리실리콘 과립을 넣은 금형의 등측도이다.

도 18은 도 17에 나타낸 폴리실리콘 봉과 폴리실리콘 과립을 넣은 금형의 전면도이다.

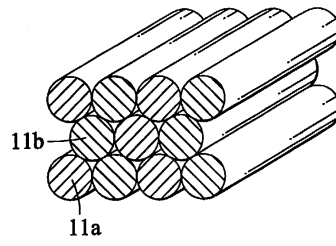
도 19는 도 17에 나타낸 폴리실리콘 봉과 폴리실리콘 과립을 넣은 금형의 상면도이다.

도면

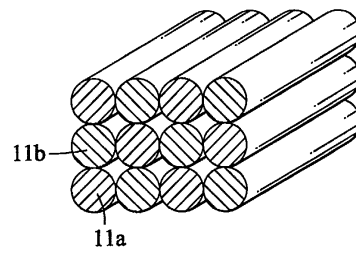
도면1



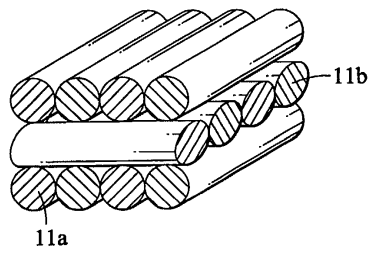
도면2



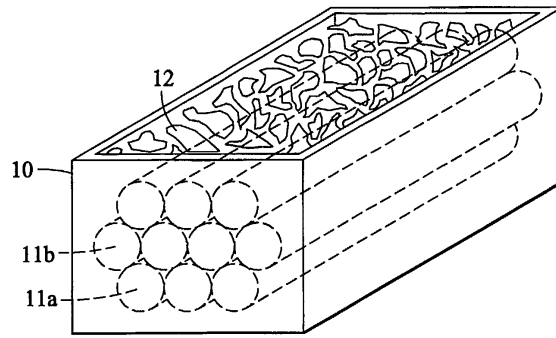
도면3



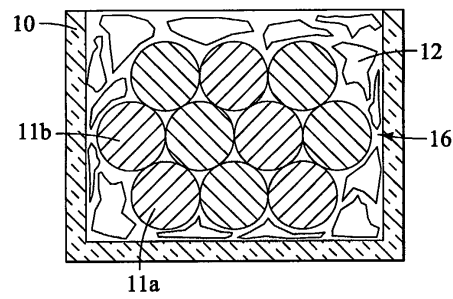
도면4



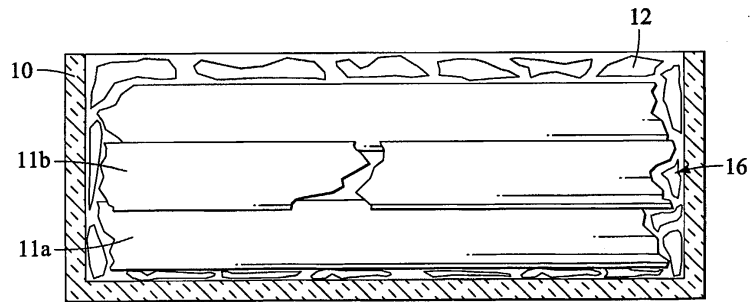
도면5



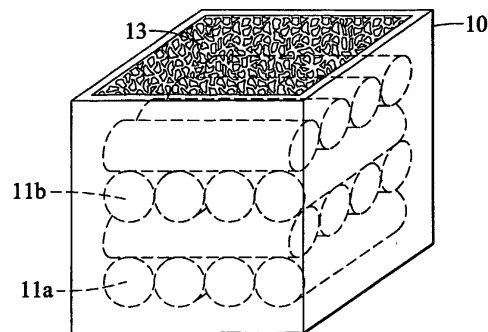
도면6



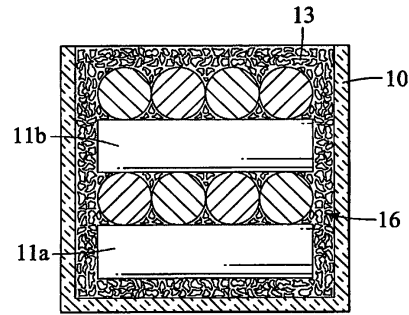
도면7



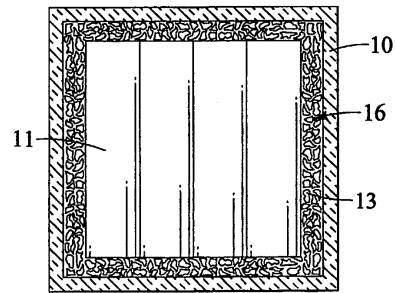
도면8



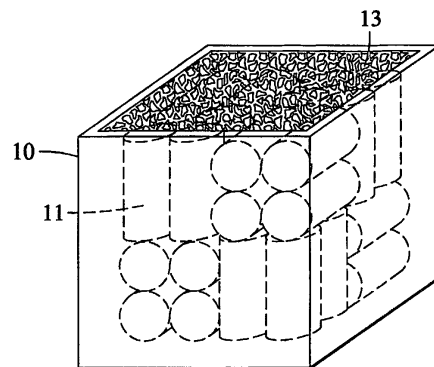
도면9



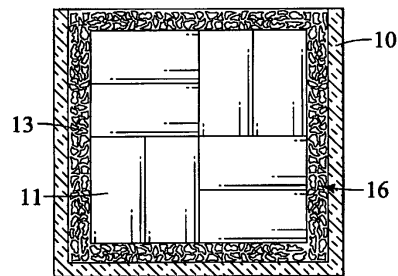
도면10



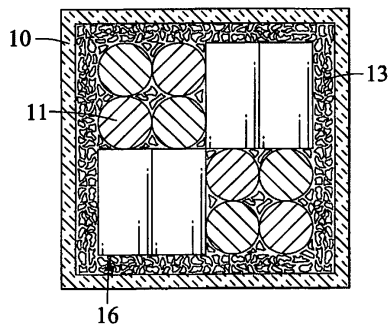
도면11



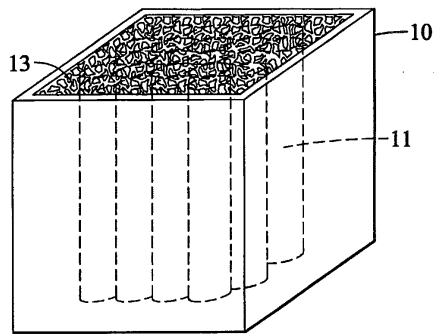
도면12



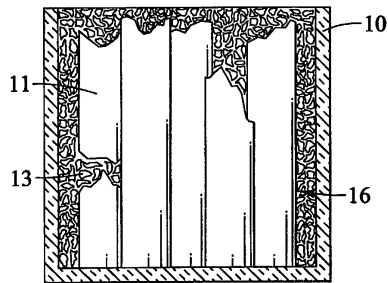
도면13



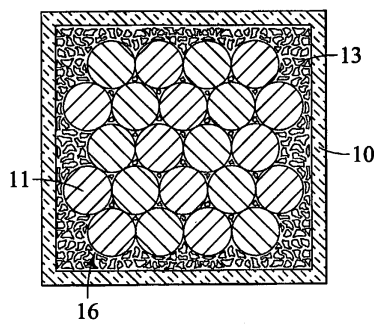
도면14



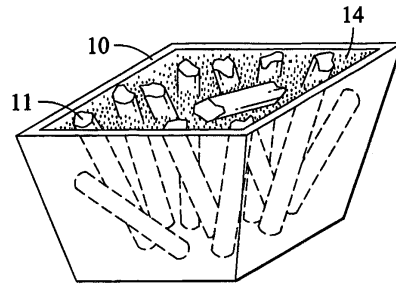
도면15



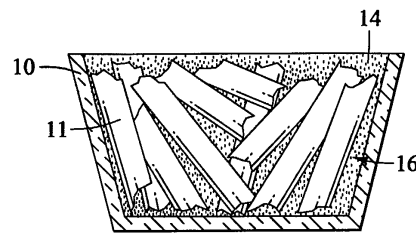
도면16



도면17



도면18



도면19

