

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

| | | | |
|--|--------------------------------------|-----------|----------------|
| (51) Int. Cl. ⁶ C30B 15/02 | | (45) 공고일자 | 1999년06월01일 |
| | | (11) 등록번호 | 10-0190771 |
| | | (24) 등록일자 | 1999년01월21일 |
| (21) 출원번호 | 10-1992-0001104 | (65) 공개번호 | 특 1992-0014956 |
| (22) 출원일자 | 1992년01월27일 | (43) 공개일자 | 1992년08월26일 |
| (30) 우선권주장 | 646, 125 1991년01월28일 미국(US) | | |
| (73) 특허권자 | 에이 티 앤드 티 코포레이션 | | |
| | 미국, 뉴욕 10013-2412, 뉴욕, 애비뉴오브디아메리카즈32 | | |
| (72) 발명자 | 무하메드아프잘샤히드 | | |
| | 미합중국, 뉴저지 08638, 에왕타운쉽, 라이락드라이브4 | | |
| (74) 대리인 | 이병호, 최달용 | | |

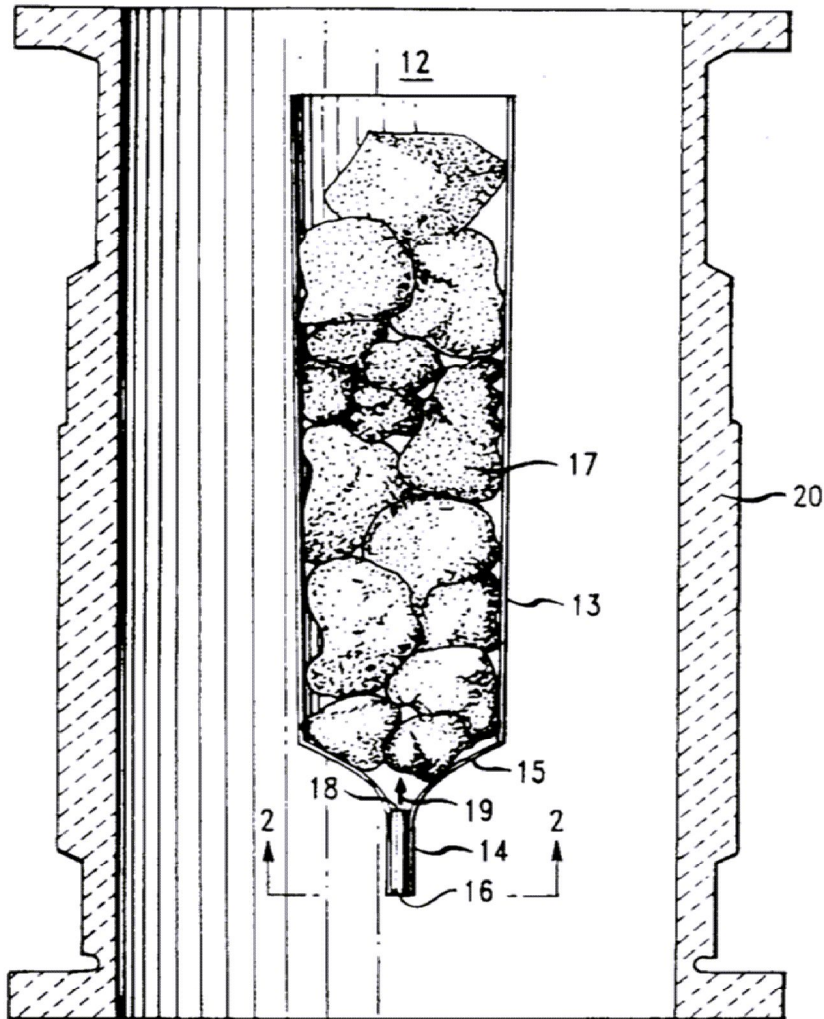
심사관 : 장정숙

(54) 결정 성장 방법 및 장치

요약

도가니내에서 결정 반도체 재료의 잉곳을 성장시키는 데에 있어서, 종자 결정(35)은 도가니에 대해 종자 결정의 결정방향을 고정시키기 위해서 도가니의 벽부(33)와 정합되는 슬롯(36)을 포함한다. 도가니는 도가니내에서 성장된 잉곳으로부터 절단한 웨이퍼의 기준 평면(26', 27')으로 설정된 결정 기준면(26, 27)을 포함한다. 종자 결정내의 슬롯(36)은 종자 결정(35)이 코어링에 의해 형성되는 대형 결정(38)내에 슬롯(39)을 형성하므로써 형성될 수 있다.

대표도



명세서

도면의 간단한 설명

- 제 1도는 종래 기술의 VGF 방법에 따른 반도체 결정 잉곳 제조장치의 개략도
제 2도는 제 1도의 2-2선에 따른단면도.
제 3도는 제 1도의 장치로 제조된 잉곳의 일부의 개략도
제 4도는 본 발명의 한 실시예에 따른 도가니의 평면도.
제 5도는 제 4도의 도가니내에서 제조되 잉곳으로부터 잘라낸 웨이퍼의 개략도.
제 6도는 결정방향의 결정에 사용되는 단결정 반도체 증자 결정내에 예칭된 핏트(pit)의 개략도.
제 7도는 본 발명에 따른 증자 웰 챔부와 함께 제 3도의 도가니의 증자 웰부의 일부를 도시하는 개략도.
제 8도는 제 7도의 8-8선에 따른 단면도.
제 9도는 본 발명의 한 실시예에 따라 증자 결정을 만드는 방법의 개략도.

* 도면의 주요부분에 대한 부호의 설명

- | | |
|------------|----------|
| 12 : 도가니 | 13 : 주요부 |
| 14 : 증자 웰부 | 15 : 천이부 |
| 16 : 증자 결정 | 17 : 원료 |
| 18 : 상면 | 20 : 가열기 |

[발명의 상세한 설명]

본 발명은 결정 반도체 재료 제조방법에 관한 것으로서, 특히 단결정 웨이퍼를 얻을 수 있는 III-V 족 및

II-VI족 반도체 화합물의 잉곳(ingot)을 성장시키는 방법 및 장치에 관한 것이다.

반도체 기술에서 가장 중요한 발전은 화합물 반도체의 사용이 점점 증가되고 점점 중요해졌다는 것이다. 주기율표에서 갈륨 아세나이드(gallium arsenide)와 인듐 포스파이드(indium phosphide)와 같은 III족과 V족의 원소로 구성된 III-V족 화합물이 특히 중요하다. 그러한 재료의 단결정은 예로서 레이저, 발광 다이오드, 초단파 발진기 및 광검출기를 제조하는데에 사용된다. 또한, 광검출기 및 다른 장치를 제조하는데에 사용될 수 있는 카드뮴 설파이드(cadmium sulfide)와 같은 II-VI족 재료가 중요하다.

화합물 반도체의 상업적 이용에는 유용한 장치의 후속적 가공을 위해 단결정 웨이퍼를 얻을 수 있는 대형 단결정 잉곳의 성장이 필요하다. 본 명세서에서 참조로서 합체된 1983년 9월 13일자로 골트에게 허여된 미합중국 특허 제 4,404,172호는 수직 경도 동결법(vertical gradient freeze method(VGF))으로 알려진 결정 성장의 유용한 방법을 기술한다. 이 방법에 따르면, 반도체 원료는 단결정 종자 결정을 포함하는 하단부에 작은 원통형 종자 웰부를 포함하는 수직 연장 도가니내에 놓는다. 먼저, 원료와 종자 결정의 일부가 용융된다. 성장된 잉곳의 결정방향이 종자 결정의 결정방향에 대응된 상태로 응고 및 동결이 종자 결정으로부터 수직 상향 진행되도록 시스템의 파워가 감소된다.

1990년 10월 30일자로 사히드에게 허여된 미합중국 특허 제 4,966,645 호는 VGF법으로 성장된 잉곳은 111방향으로 성장되어야 하고 장치가 만들어지는 웨이퍼는 100결정 방향으로 방향 지워져야 한다는 것을 지적하였다. 이 두가지 조건을 모두 충족시키려면 중심축에 대해 35.3도의 각도로 잉곳을 잘라내어야 하며, 그것은 잉곳이 원형 단면을 가진 원통형일때 타원형 웨이퍼를 제공한다. 사히드의 특허는 잉곳을 타원형 단면을 갖도록 성장시키므로써 유용한 장치로 보다 효율적으로 변환될 수 있는 원형 웨이퍼를 얻을 수 있다는 것을 지적하였다. 이러한 발전을 가장 잘 이용하기 위해서, 종자 결정은 도가니의 종자 웰내에 회전방향으로 방향 설정되어야 한다. 특히, 종자 결정은 {100}평면과 {111}평면의 교차선이 잉곳이 성장되는 도가니의타원의주축과 평행하도록 방향 설정되어야 한다.

반도체 잉곳이 성장된 후에, 기준 평면으로 알려진 축방향 연장 평면부를 그 외부 표면에 만드는 것이 관련이다. 기준 평면은 잉곳의 결정방향에 대해 특정한 관계를 가지며, 웨이퍼가 제조된 후에 각각의 웨이퍼의 원주상에 발생된 평면부는 웨이퍼내에 한정될 장치를 적절히 방향 설정하기 위한 기준으로서 사용될 수 있다. 결정방향은 반도체의 결정 평면을 노출시키기 위한 예칭법, 여러가지 X-레이 및 광회절 기술과 같은 여러가지 방법으로 결정될 수 있다. 각각의 웨이퍼의 원주상에 기준 평면을 제공함으로써 각각의 웨이퍼를 사용하기 전에 결정학적 결정방법을 필요로 하지 않는다.

사히드 특허의 발전을 화합물 반도체 웨이퍼가 제조되는 효율을 현저히 증가시키지만, 그러한 웨이퍼를 제조하는 비용을 더욱 감소시킬 필요가 있으며, 그러한 목적을 위해 상당한 노력이 소모되었다.

본 발명에 따르면, 성장된 잉곳의 결정방향은 도가니와 종자 결정내에 정합부를 제공하므로써 제어된다. 예로서, 도가니의 정합부는 돌출벽부일 수 있으며, 종자 결정의 정합부는 벽부와 정합되는 슬롯일 수 있다. 종자 결정이 도가니와 이러한 방법으로 정합될때, 그 방향이 고정되고, 성장된 잉곳의 결정방향이 유사하게 고정된다. 사히드 특허에 따라 타원형 단면을 갖는 도가니를 사용할 수 있으며, 잉곳이 원형 웨이퍼를 위해 잘려질때 웨이퍼가 적절한 결정방향을 갖는 것을, 예로서, 웨이퍼가 100 결정방향으로 방향 설정되는 것을 확신할 수 있도록 성장된 결정이 적절한 방향을 갖는 것을 확신할 수 있다.

본 발명의 다른 특징에 따라서, 도가니의 내면에 하나이상의 기준 평면이 만들어진다. 기준 평면은 잉곳의 사용가능 부분을 따라 형성되도록 도가니의 주요 부분을 따라 축방향으로 연장된다. 종자 결정이 정위치에 고정되면, 기준 평면이 잉곳의 결정방향의 정확한 지시기가 된다는 것을 확신할 수 있다. 이러한 특징은 잉곳이 생산된 후에 잉곳내에 기준 평면을 연마할 필요성을 없앤다.

상기 골트의 특허와 그와 연관된 종래 기술의 문헌은 수직 경도 동결법(VGF 방법)에 따라 단결정 III-V 반도체 잉곳을 성공적으로 성장시키기 위해 사용해야 할 장치와 따라야 할 단계를 상세히 기술한다. 설명을 간략히 하고, 본 발명을 구성하는 개량을 강조하기 위해서, 그러한 상세 내용은 반복하지 않으며, 본 발명을 실시하는 양호한 방법은 VGF 방법을 사용하는 것임을 이해해야 한다. 또한, 잉곳을 설명하기 위해서 단결정이라는 용어가 사용될 때에는 대부분의 잉곳은 결함 또는 국부적으로는 단결정이 아닌 부분을 포함하며, 송공적인 성장 방법은 그러한 결점을 감소 또는 최소화(반드시 제거해야 하는 것은 아님)하는 방법임을 이해해야 한다.

제 1도를 참조하면, VGF 방법은 주요부(13)와 원통형 종자 웰부(14)와 천이부(15)를 갖는 수직 연장 도가니(12)를 사용한다. 인듐 포스파이드와 같이 성장될 반도체 재료의원통형 단결정 종자 결정(16)은 원통형 종장 웰부(14)내에 놓인다. 다음에는 도가니는 인듐 포스파이드의 다결정의 원료(17)와 같은 잉곳이 제조될 원료로 거의 충전한다. 응용된 III-V족 재료를 덮기 위해서 도가니내에는 이정량의 붕소산화물이 포함되며, 또한 성장동안에 잉곳의 화합량을 유지하기 위해 V족 재료도 포함된다.

도가니(12)를 둘러싸는 가열기(20)에 의해 열이 원료에 제어 가능하게 적용된다. 원료(17)의 모두와 종자 결정(16)의 상부는 용융되며, 우선 용융물과 종자 결정의 경계면에서 재결정 또는 동결을 일으키는 예정된 온도 구배를 도가니내에 주기 위해서 가열기의전력이 감소된다. 동결은 응용된 재료 전체가 재결정되어 잉곳이 될때까지 상향 점진한다. 그 공정이 완전히 수행되면, 잉곳은 종자 결정(16)의 방향과 같은 결정방향을 갖는 단결정이 될 것이다. 반도체 재료의 용융과 후속 동결 동안에, V족 재료의 증기를 포함할 수도 있고 포함하지 않을 수도 있는 가스의 과도압력이 용융물의 상부 표면에 적용될 수 있다.

원통형 종자 결정(16)은 그 상면(18)이 (111) 결정 평면내에 높이도록 형성되며, 그러한 경우에 화살표(19)로 나타낸 상면(18)에 수직인 방향은 111방향을 구성한다. 이러한 상황에서 결정(16)의 상면(18)으로부터 성장하는 단결정 반도체 재료는 화살표(19) 방향인 111 결정방향으로 수직 상향성장한다. 공지된 바와 같이, 이 방향으로의 성장은 도가니의 내면과 잉곳사이의 응력을 감소시키고 잉곳내의 결점을 최소화시킨다. 그러나, 웨이퍼를 위한 적정 결정방향을 얻기 위해서 웨이퍼는 원통형 잉곳에서

정확한 각도로 절단되어야 하며, 이것은 타원형 웨이퍼를 제공한다.

제 2도를 참조하면, 상기 사하드의 특허에 따라서 도가니(12)의 주요부의 단면은 대체로 타원형상을 갖는다. 이러한 형상의 이유는 잉곳의 중심축에 대해 적절한 각도로 잘랐을 때 대체로 원형 원주를 갖는 웨이퍼를 제공하는 타원형 잉곳을 성장시키기 위한 것이다. 도가니의 단면으로 한정되는 타원은 제 2도와 같이 장축(x)과 단축(y)을 갖는다. 제 3도는 중심축(21)과, 제 2도의 y방향에 대응되는 단축(y)을 갖는 잉곳의 측면도를 도시한다. 인듐 포스파이드와 징크-블렌드(zinc-blend) 결정 구조를 갖는 다른 재료에 의해서, 111_B 방향으로의 잉곳의 성장은 100 결정방향으로 향한 웨이퍼를 제공하기 위해 중심축(21)에 대해 약 35.3도의 각도(θ)로 잘릴 것을 요구한다. 화살표(23) 방향으로 자르면 y와 x가 각각 단축과 장축에 따른 잉곳의 두께일때 각도(θ)가 사인값이 y/x 인 각도이면 원형 원주를 갖는 웨이퍼를 제공한다. 따라서, 인듐 포스파이드에서, 변수(x, y)는 35.3도의 가인값이 y/x 가 되도록 정해진다.

상기와 같이, 잉곳으로부터 웨이퍼를 자르기 전에 잉곳내의 축방향 연장 기준 평면을 연마한 것이 관례이다. 인듐 포스파이드에서는, 주평면은 (011) 평면에 대응되도록 연마되고 2차 평면은 (011) 평면으로 연마된다. 본 발명에 따라서, 이 연마는 잉곳 가공전에 도가니내에 평면을 형성함으로써 회피될 수 있다.

이것은 주평면(26)과 2차 평면(27)을 포함하는 도가니(12')의 단면도인 제4도에 도시된다. 종자 결정은 잉곳이 성장될때 잉곳에 대해 주 기준평면으로서 사용되는 주평면(26)과 대응되는 평면부와, 잉곳에 대해 2차 평면을 구성하는 2차 평면(27)에 대응되는 축방향으로 연장되는 다른 평면을 갖도록 종자 웰부(14)내에 방향 설정된다. 인듐포스파이드에 대해, 잉곳은 주평면(26)이 도가니 타원의장축에 평행하고 (011)평면에 대응하며 2차 평면(27)은 단축에 평행하고 (011) 평면에 대응되도록 성장된다. 제 5도를 참조하면, 잉곳이 원형 웨이퍼를 제공하도록 상술한 바와 같이 잘려진 후에, 웨이퍼는 알려진 방법으로 웨이퍼내에 형성될 장치를 절절히 방향 설정하는데에 사용되는 주 기준평면(26')과 2차 기준평면(27')을 각각 포함한다.

잉곳의 결정방향을 적절히 결정하는 제 4도의 기준 평면인 주평면(26)과 2차 평면(27)에 대해, 종자 결정은 종자 웰내에 절절히 회전방향으로 방향 지워지는 것이 필요하다. 특히 인듐 포스파이드의 경우에, {100} 평면과 {111} 평면의 교차선은 도가니 타원의장축(x)에 평행하도록 정렬되어야 한다. 이러한 결정을 위해서 여러가지 방법이 공지되었으며, 그 한예는 Journal of Materials Science, Vol. 10, (1975), PP.321-339 에 발표된 B. Tuck 의 Review of Chemical Polishing of Semiconductors에 기술된 에칭 방법이다. 제 6도를 참조하면, 인듐 포스파이드내에 에칭된 핏트는 각각 {111} 평면내에 위치하며 $\{111\}_B$ 평면에 대해 70.5도로 경사된 평면(30)에 의해 한정되는 삼각형을 갖는다. 핏트의 에지는 110 방향에 연하여 정렬된다. 따라서, 종자결정 (16')의 한 예지(31)는 도가니에 의해 한정되는 타원의 장축에 평행하게 방향 지워져야 한다.

본 발명의다른 특징에 따라서, 종자 웰내에 종자 결정을 회전방향으로 방향지우는데에 필요한 작동자의 기술수준은 제 7도와 같이 종자 결정과 도가니의 종자 웰내에 정합부를 사용함으로써 현저히 감소된다. 도가니의 종자 웰(14')의 부분과 제 7도에 도시되었다. 캠으로부터 상향 돌출되는 벽부(33)를 포함하는 캠(32)이 바닥에 견고히 부착된다. 종자 결정(35)은 결정 방향을 나타내는 슬롯(36)을 포함한다. 종자 결정(35)은 슬롯(36)이 벽부(33)와 정합되고, 또한 그렇게 위치될 때 종자 결정이 상술한 바와 같이 결정 성장을 위해 종자 웰내에 적절히 회전방향으로 향하도록 종자웰(14')내에 위치된다.

제 7도의 8-8선에 따른 단면도인 제 8도를 참조하면, 벽부(33)는 도가니 종자 웰(14')내의 슬롯내로 장착된다. 따라서, 도가니가 완료된 후에 도가니의 타원부의 장축 및 단축에 대해 조심스럽게 방향설정된 종자 웰부의 바닥에 슬롯이 형성된다. 벽부(33)는 슬롯내에 꼭 들어맞으며 캠(32)을 마찰에 의해 도가니에 유지시킨다. 이렇게 해서, 도가니는 벽부(33)를 한정하기 위해 소요되는 교환 가능 캠부와 함께 붕소 질화물과 같은 재료로 제조된다. 제 7도의 정합한 종자 웰내에 종자 결정(35)을 성장하는 데에는 제 6도의 방법을 사용하여 종자 결정의 방향을 결정하는데에 필요한 작동자의 기술보다 덜 숙련된 기술을 필요로 한다.

슬롯(36)이 종자 결정(35)의 {100} 평면과 {111} 평면의 교차선과 평행하게 절단된다면, 벽부(33)는 도가니 타원의 장축과 평행해야 한다. 또는, 슬롯(36)은 112 방향에 평행하게 잘릴 수 있으며, 그 경우에는 벽부(33)는 타원의 한쪽에 평행해야 한다. 제 8도를 참조하면, 여러개의 종자 결정(35)이 알려진 방법으로 결정 인듐 포스파이드(38)의 블록으로부터 코어링(coring)에 의해 절단될 수 있다.

여러가지 종자 결정내의 슬롯은 블록(38)의 결정 방향에 대해 예정된 관계를 갖는 블록(38)내에 슬롯(39)을 만들으로써 제조된다. 그러면, 종자 결정(35)이 블록으로부터 코어되면 제 7도에 기술된 방법으로 사용되는 슬롯(36)을 포함할 것이다.

본 발명은 인듐 포스파이드를 제조하는 데에 VGF 방법을 사용하여 설명하였지만, 다른 반도체 결정 특히 III-V 족 및 II-VI족 반도체의 성장에 적용될 수 있으며, 공지의 수평 브리지먼(Bridgeman) 기술과 같은 성장 방법에도 적용될 수 있다. 도가니의 내면을 따라 축방향으로 연장되는 하나 이상의 기준 평면을 사용하는 방법은 타원형 잉곳과 원통형 잉곳을 제조하는 도가니와 연관하여 사용될 수 있고, 종자 결정의 정합 특성이 그러한 실시예에 사용되는 것이 필수적인 것은 아니다. 특정하게 도시한 도가니와 다른 도가니에 종자 결정을 정합시키는 여러가지 방법이 사용될 수 있다. 예로서, 벽돌출부가 도가니내에 형성된 정합 슬롯과 함께 종자 결정내에 형성될 수 있다. 정합 특성은 기준 평면을 갖거나 갖지 않은 원통형 도가니와 연관되어 사용될 수 있으며, 또한 기준 평면을 갖거나 갖지 않은 타원형 도가니와 연관되어 사용될 수 있다.

(57) 청구의 범위

청구항 1

성장될 잉곳에 특정 결정방향을 주도록 도가니내에 반도체 종자 결정(35)을 방향설정하는 단계와, 반도체 원료(17)을 도가니내에 종자 결정과 접촉되게 포함시키는 단계와, 원료와 종자 결정의 일부를 용융시키는 단계와, 결정 반도체 잉곳을 성장시키도록 용융 종자 결정과 원료를 응고시키는 단계와, 잉곳을 선택된 결정 방향의 웨이퍼로 자르는 단계를 포함하는 반도체 재료의 웨이퍼 제조방법에 있어서, 상기 도가니의일부에 제 1 정합부(33)를 만드는 단계와,

기 제 1 정합부와 정합되고 상기 종자 결정의 결정방향에 대해 선택된 관계를 갖도록 종자 결정내에 제 2 정합부(36)를 만드는 단계를 포함하며,

상기 종자 결정을 방향설정하는 단계는 종자 결정이 도가니내에서 특정 방향으로 구속되도록 상기 제 2 정합부와 제 1 정합부를 정합시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 제 1정합부와 제 2정합부는 돌출벽부와 상기 돌출벽구 위에 들어맞는 슬롯으로 구성된 그룹으로부터 각각 선택되는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 제 1정합부는 돌출벽부이고, 상기 제 2정합부를 만드는 단계는 상기 돌출벽부 위에 들어맞도록 허용하기에 충분한 두께를 갖는 종자 결정내에 슬롯을 만드는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 4

제 2 항에 있어서,

상기 종자 결정은 도가니의 한 단부에 위치되고, 도가니는 중심축을 가지며, 상기 응고 단계는 도가니의 중심축과 일치되는 선택된 제 1 결정방향으로 종자 결정으로부터 잉곳을 성장시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 5

제 4항에 있어서,

상기 제 1 결정방향에 수직인 방향의 단면에서 잉곳의 외면이 타원을 한정하도록 잉곳의 주요부의 성장을 구속시키는 단계를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 6

제 5항에 있어서,

상기 잉곳은 타원의 장축 방향으로 두께(x)를 갖고 단축 방향으로 두께(y)를 가지며, 상기 자르는 단계는 원형 외부 원주를 갖는 웨이퍼를 제공하도록 잉곳을 제 1 방향에대해 충분한 각도로 또한 단축 방향으로 반복하여 절단하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 7

제 6항에 있어서,

상기 제 1 결정 방향은 111 결정 방향이고, 상기 잉곳이 잘리는 각도는 제 1방향에 대해 35.3도인 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 8

제 6항에 있어서,

상기 반도체는 III-V족 반도체 재료와 II-VI족 반도체 재료로 구성된 그룹으로부터 취해지는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 9

제 1항에 있어서,

상기 잉곳 성장 단계는 상기 종자 결정을 수직 방향의 도가니의 하단부에 있는 종자 웰내에 포함시키는 단계를 포함하며,

상기 응고 단계는 도가니의 중심축과 일치하는 중심축을 갖는 잉곳을 형성하도록 종자 결정으로부터 상향으로 용융된 재료를 점차 동결시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

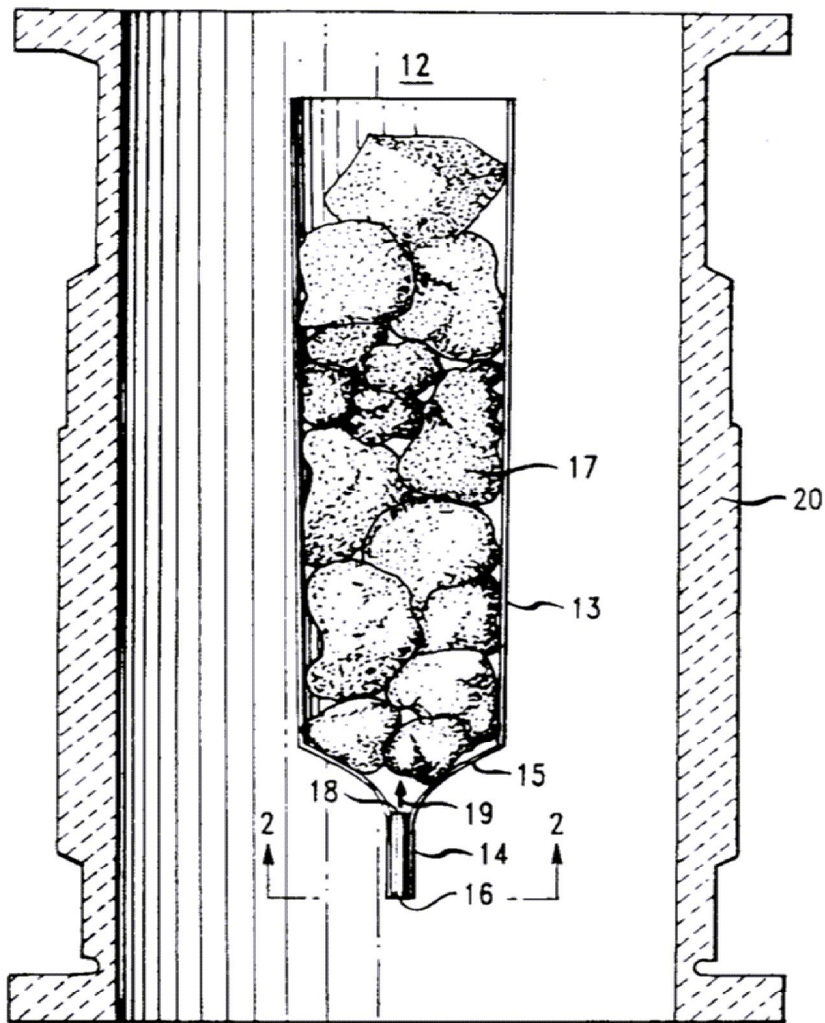
청구항 10

제 3항에 있어서,

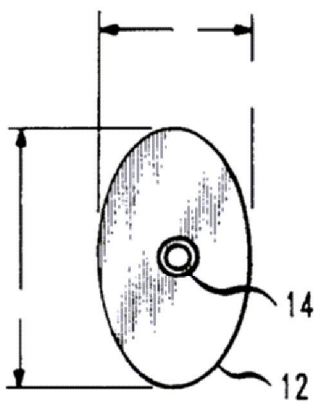
상기 종자 결정내에 슬롯을 형성하는 단계는 결정체내에 다수의 슬롯을 형성하고 다음에는 결정체를 각각 슬롯을 갖는 다수의 종자 결정으로 절단하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

도면

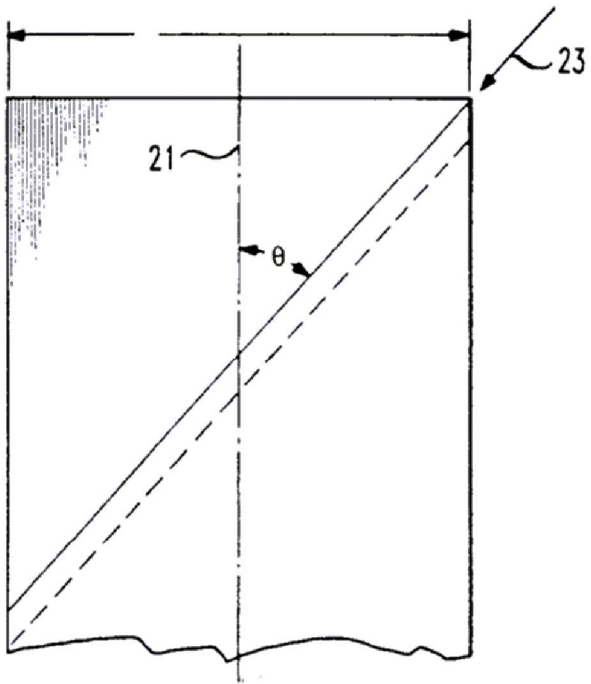
도면1



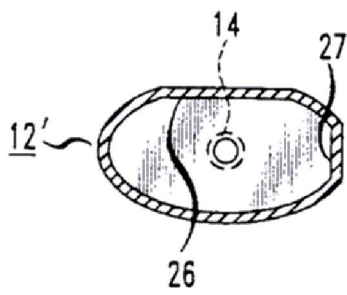
도면2



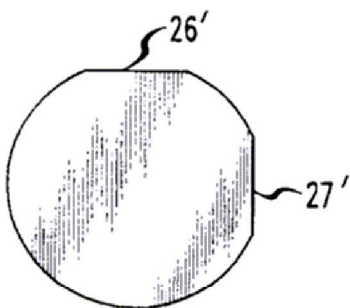
도면3



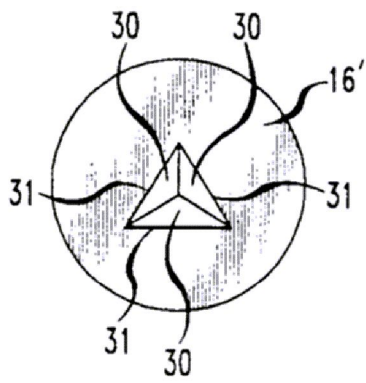
도면4



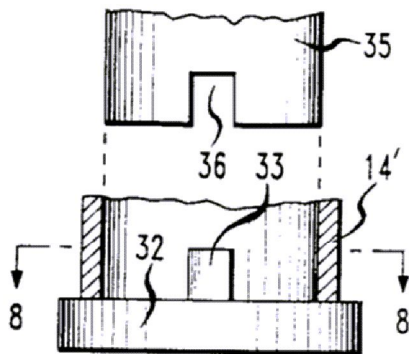
도면5



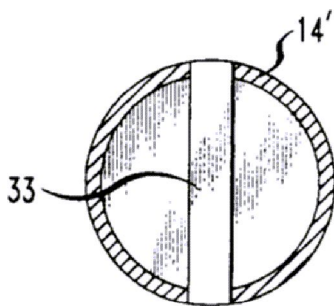
도면6



도면7



도면8



도면9

