



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2010년11월12일
(11) 등록번호 10-0994320
(24) 등록일자 2010년11월08일

(51) Int. Cl.

C30B 29/06 (2006.01) *C30B 15/06* (2006.01)

(21) 출원번호 10-2004-7016791

(22) 출원일자(국제출원일자) 2003년04월17일

심사청구일자 2008년04월16일

(85) 번역문제출일자 2004년10월19일

(65) 공개번호 10-2004-0101539

(43) 공개일자 2004년12월02일

(86) 국제출원번호 PCT/JP2003/004868

(87) 국제공개번호 WO 2003/089697

국제공개일자 2003년10월30일

(30) 우선권주장

JP-P-2002-00118281 2002년04월19일 일본(JP)

(56) 선행기술조사문헌

US5769941 A

US5911823 A

JP소화63123893 A

전체 청구항 수 : 총 7 항

심사관 : 강원길

(54) 단결정 실리콘의 제조 방법, 단결정 실리콘 웨이퍼의 제조방법, 단결정 실리콘 제조용 종결정, 단결정 실리콘 잉곳 및 단결정 실리콘 웨이퍼

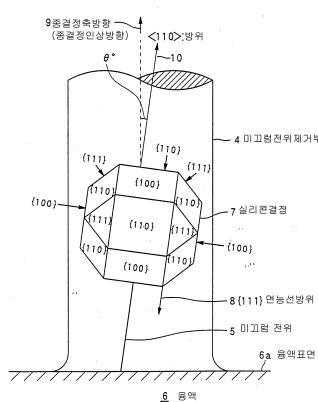
(57) 요 약

본 발명은 단결정 실리콘을 제조할 때에 있어서 미끄럼 전위를 제거하는 방법, 미끄럼 전위(slip dislocation)를 제거할 수 있는 종결정(種結晶), 미끄럼 전위가 제거된 단결정 실리콘 잉곳, 단결정 실리콘 웨이퍼에 관한 것이다.

본 발명은 종결정을 용액에 침지시키며, 상기 종결정을 그 축방향을 따라서 인상(引上, pulling)함으로써 단결정 실리콘을 제조할 때에, 111결정면의 능선 방향(8)이 축방향(9)에 대하여 경사지도록, <110>결정 방위(10)가 축방향(9)에 대하여 소정 각도(θ)만큼 경사져 있는 단결정(1)을 이용하여 단결정 실리콘을 제조하는 것이다.

본 발명에서는, CZ법으로 종결정을 인상하여 단결정 실리콘을 성장시킬 때에, 굵은 직경으로부터 미끄럼 전위를 제거할 수 있도록 함으로써, 대구경, 대중량의 단결정 실리콘 잉곳을 인상할 수 있게 된다.

대 표 도 - 도2



(72) 발명자

스에와카,료타

일본국 가나가와켄 히라쓰카시 시노미야 3쵸메 25
반 1고 고마쓰 텐시진조꾸 가부시끼가이샤 나이

도미오카,준스케

일본국 가나가와켄 히라쓰카시 시노미야 3쵸메 25
반 1고 고마쓰 텐시진조꾸 가부시끼가이샤 나이

특허청구의 범위

청구항 1

종결정을 용액에 침지시키며, 상기 종결정을 그 축방향을 따라서 인상함으로써, 표면이 110결정면으로 되어 있고 상기 표면의 법선방향이 <110>결정 방위로 되어 있는 단결정 실리콘 웨이퍼를 제조하는 단결정 실리콘의 제조 방법에 있어서,

<110>결정 방위를 상기 종결정의 축방향에 대하여, 상기 <110>결정 방위에 대하여 수직하는 위치관계에 있는 별도의 <110>결정 방위를 회전축으로 하여 회전하는 방향으로, $0.6^\circ \leq \theta \leq 10^\circ$ 의 범위에서 각도 θ 만큼 경사진 상태에서 상기 종결정을 인상하는 것을 특징으로 하는 단결정 실리콘의 제조 방법.

청구항 2

종결정을 용액에 침지시키며, 상기 종결정을 그 축방향을 따라서, 인상함으로써, 표면이 110결정면으로 되어 있고 상기 표면의 법선방향이 <110>결정 방위로 되어 있는 단결정 실리콘 웨이퍼를 제조하는 단결정 실리콘의 제조 방법에 있어서,

<110>결정 방위가 축방향에 대하여, 상기 <110>결정 방위에 대하여 수직하는 위치관계에 있는 별도의 <110>결정 방위를 회전축으로 하여 회전하는 방향으로, $0.6^\circ \leq \theta \leq 10^\circ$ 의 범위에서 각도 θ 만큼 경사진 종결정을 준비하고,

상기 종결정이 상기 용액에 침지된 후에, 단결정 실리콘을 직경 d_1 까지 서서히 줄이는 전위망 제거 공정과,

단결정 실리콘의 직경을 상기 d_1 으로 유지하면서, 적어도 길이 $d_1/\tan\theta$ 만큼 더 성장시키는 미끄럼 전위 제거 공정을 포함하는 것을 특징으로 하는 단결정 실리콘의 제조 방법.

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

종결정을 용액에 침지시키며, 상기 종결정을 그 축방향을 따라서 인상함으로써 단결정 실리콘 잉곳으로 성장시키고, 이 단결정 실리콘 잉곳을 슬라이스함으로써, 표면이 110결정면으로 되어 있고 상기 표면의 법선방향이 <110>결정 방위로 되어 있는 단결정 실리콘 웨이퍼를 제조하는 단결정 실리콘 웨이퍼의 제조 방법에 있어서,

<110>결정 방위를 상기 종결정의 축방향에 대하여, 상기 <110>결정 방위에 대하여 수직하는 위치관계에 있는 별도의 <110>결정 방위를 회전축으로 하여 회전하는 방향으로, $0.6^\circ \leq \theta \leq 10^\circ$ 의 범위에서 각도 θ 만큼 경사진 상태에서 상기 종결정을 인상하여 단결정 실리콘 잉곳으로 성장시키는 인상 공정과,

상기 단결정 실리콘 잉곳을, <110>결정 방위에 대하여 수직하는 방향으로 슬라이스하여 단결정 실리콘 웨이퍼를 추출하는 슬라이스 공정을 포함하는 것을 특징으로 하는 단결정 실리콘 웨이퍼의 제조 방법.

청구항 6

종결정을 용액에 침지시키며, 상기 종결정을 그 축방향을 따라서 인상함으로써 단결정 실리콘 잉곳으로 성장시키고, 이 단결정 실리콘 잉곳을 슬라이스함으로써, 표면이 110결정면으로 되어 있고 상기 표면의 법선방향이 <110>결정 방위로 되어 있는 단결정 실리콘 웨이퍼를 제조하는 단결정 실리콘 웨이퍼의 제조 방법에 있어서,

<110>결정 방위가 축방향에 대하여, 상기 <110>결정 방위에 대하여 수직하는 위치관계에 있는 별도의 <110>결정 방위를 회전축으로 하여 회전하는 방향으로, $0.6^\circ \leq \theta \leq 10^\circ$ 의 범위에서 각도 θ 만큼 경사진 종결정을 준비하고,

상기 종결정이 상기 용액에 침지된 후에, 단결정 실리콘을 직경 d_1 까지 서서히 줄이는 전위망 제거 공정과,

단결정 실리콘의 직경을 상기 d_1 으로 유지하면서, 적어도 길이 $d_1/\tan\theta$ 만큼 더 성장시키는 미끄럼 전위 제거

공정과,

상기 종결정을 더욱 인상하여 단결정 실리콘 잉곳을 제조하는 잉곳 제조 공정과,

상기 단결정 실리콘 잉곳을, <110>결정 방위에 대하여 수직하는 방향으로 슬라이스하여 단결정 실리콘 웨이퍼를 추출하는 슬라이스 공정을 포함하는 것을 특징으로 하는 단결정 실리콘 웨이퍼의 제조 방법.

청구항 7

삭제

청구항 8

삭제

청구항 9

삭제

청구항 10

삭제

청구항 11

CZ법으로 단결정 실리콘을 제조할 때에 사용되는 단결정 실리콘 제조용 종결정으로서,

<110>결정 방위가 축방향에 대하여, 상기 <110>결정 방위에 대하여 수직하는 위치관계에 있는 별도의 <110>결정 방위를 회전축으로 하여 회전하는 방향으로, $0.6^\circ \leq \theta \leq 10^\circ$ 의 범위에서 각도 θ 만큼 경사져 있는 것을 특징으로 하는 단결정 실리콘 제조용 종결정.

청구항 12

삭제

청구항 13

CZ법에 의해 제조되는 단결정 실리콘 잉곳으로서,

<110>결정 방위가 축방향에 대하여, 상기 <110>결정 방위에 대하여 수직하는 위치관계에 있는 별도의 <110>결정 방위를 회전축으로 하여 회전하는 방향으로, $0.6^\circ \leq \theta \leq 10^\circ$ 의 범위에서 각도 θ 만큼 경사져 있는 것을 특징으로 하는 단결정 실리콘 잉곳.

청구항 14

삭제

청구항 15

삭제

청구항 16

CZ법에 의해 제조된 단결정 실리콘 잉곳을 슬라이스함으로써 추출하고, 표면이 110결정면으로 되어 있으며 상기 표면의 법선방향이 <110>결정 방위로 되어 있는 단결정 실리콘 웨이퍼로서,

<110>결정 방위가 축방향에 대하여, 상기 <110>결정 방위에 대하여 수직하는 위치관계에 있는 별도의 <110>결정 방위를 회전축으로 하여 회전하는 방향으로, $0.6^\circ \leq \theta \leq 10^\circ$ 의 범위에서 각도 θ 만큼 경사진 단결정 실리콘 잉곳을, <110>결정 방위에 대하여 수직하는 방향으로 슬라이스하여 추출되어 이루어지는 것을 특징으로 하는 단결정 실리콘 웨이퍼.

명세서

기술 분야

- [0001] 본 발명은 단결정 실리콘을 제조할 때에 있어서 미끄럼 전위를 제거하는 방법, 미끄럼 전위를 제거할 수 있는 종결정(種結晶), 미끄럼 전위가 제거된 단결정 실리콘 잉곳, 단결정 실리콘 웨이퍼에 관한 것이다.
- [0002] 배경 기술
- [0003] 단결정 실리콘의 제조 방법의 하나로서 CZ법이 있다.
- [0004] 이것은 단결정 인상(引上; pulling)용 용기, 즉 CZ로 내에 석영도가니를 설치하고, 이 석영도가니 내에서 단결정 실리콘을 가열 용융시키며, 용융이 안정화되면, 시드(seed)척에 부착한 종결정을 용액에 침지시킨 후에 시드 척 및 도가니를 상호 동일 방향 혹은 역방향으로 회전시키면서 시드척을 인상하여 단결정 실리콘을 성장시켜 단결정 실리콘 잉곳을 제조하는 방법이다.
- [0005] CZ법으로 단결정 실리콘을 성장시킬 때에 피할수 없는 문제중 하나로서 「미끄럼 전위」가 있다. 미끄럼 전위는 1차원의 결정 결함으로서, 종결정이 용액에 착액(着液)되었을 때의 열응력에 기인하여 발생하며, 일정한 방향을 따라서 전파된다.
- [0006] 미끄럼 전위가 성장된 단결정 실리콘에 들어가면, 이 단결정 실리콘에 기초하여 제작되는 반도체 디바이스의 품질을 저하시키게 된다. 이 때문에 미끄럼 전위를 제거할 필요가 있다.
- [0007] 표면이 100결정면으로 되어 있는 실리콘 웨이퍼(<100>축결정)를 제조하는 경우에 대해서는, 종래부터 미끄럼 전위를 제거하는 기술이 확립되어 있다. 즉, <100>결정 방위가 종결정의 축방향과 일치하도록, 종결정을 인상할 때에는, 종결정을 용액에 착액시킨 후에 단결정 실리콘의 직경을 서서히 줄이는 네킹(necking) 처리를 실시함으로써 미끄럼 전위를 단결정 실리콘으로부터 용이하게 제거할 수 있다.
- [0008] 그러나, 표면이 110결정면으로 되어 있는 실리콘 웨이퍼(<110>축결정)를 제조하는 경우, 즉, <110>결정 방위가 종결정의 축방향과 일치하도록 인상하는 경우에는, 미끄럼 전위를 제거하는 것은 곤란하다는 것이 판명되었으며, 미끄럼 전위를 제거하는 기술은 아직 확립되어 있지 않다.
- [0009] <110>결정 방위가 종결정의 축방향과 일치하도록 인상하는 경우에는, 네킹 공정에서 단결정 실리콘의 직경을 상당이 줄였다고 하더라도 결정 중심부에 전위가 잔존하기 쉬워 반도체 디바이스의 불량 요인이 된다. 단결정 실리콘의 직경을 <100>축결정을 인상할 때보다도 상당히 줄이지 않으면, 미끄럼 전위를 제거할 수 없다.
- [0010] 그런데 최근, 대직경 실리콘 웨이퍼의 제조 요청이 있어, 대직경이면서 대중량의 단결정 실리콘 잉곳을 문제없이 인상하는 것이 요구되고 있으며, 이에 따라 단결정 실리콘의 직경을 가늘게 줄이면, 미끄럼 전위는 어느정도 제거되지만, 직경이 지나치게 가늘어져 대직경, 대중량의 단결정 실리콘 잉곳의 인상은 불가능하게 될 우려가 있다.
- [0011] 여기에 자장 인가 인상법(MCZ 법)이라 불리는 기술이 있다. 이것은 용액에 자장을 인가함으로써 용액의 점성을 높게 하여, 용액속의 대류(對流)를 억제하여 안정된 결정 성장을 행한다고 하는 방법이다.
- [0012] 자장 인가 인상법을 적용하여 용액에 자장을 인가하면서 단결정 실리콘을 인상하는 경우에는, 자장을 인가하지 않는 경우에 비해서 단결정 실리콘의 직경을 더욱 가늘게 하지 않으면, 미끄럼 전위를 제거할 수 없다. 단결정 실리콘의 직경을 2.5 mm 정도까지 가늘게 하지 않으면 미끄럼 전위를 제거할 수 없다는 것이 실험적으로 확인되어 있다.
- [0013] 일본국 특개평9-165298호 공보에는 <110>결정 방위가 종결정의 축방향과 일치하도록 인상할 때에 있어서, 자장 인가법을 적용하여 자장을 인가하면서 단결정 실리콘을 인상 네킹 공정에서 직경을 2.0 mm 미만으로 하여, 미끄럼 전위를 제거하고자 하는 발명이 기재되어 있다.
- [0014] 그러나, 이 공보에 기재된 것을 대구경, 대중량의 단결정 실리콘 잉곳을 인상하는 경우에 적용하면, 네킹부의 파단 및 결정 낙하가 발생할 우려가 있기 때문에, 이것을 채용하는 것은 불가능하다.
- [0015] 또한, 단결정 실리콘의 직경을 단순히 줄이는 것이 아니라 특수한 형상으로 함으로써 미끄럼 전위를 제거하는 기술이, 외국 공보 USP4002523에 기재되어 있다.
- 이 외국 공보에는, 네킹 공정에서 다단에 걸쳐 단면 축소를 실시하여 「벌지(bulge) 형상」으로 함으로써 미끄럼 전위를 제거하고자 하는 기술이 개시되어 있다.

- [0016] 그러나 별지 형상으로 하는 것 자체는 기술적으로 가능하지만, 자동화시킨 프로세스로 이것을 행하는 것은 실제로는 곤란하다.
- [0017] 이상과 같은 실상때문에, 네킹 처리(단면 축소 처리) 이외의 수법으로 미끄럼 전위를 제거할 수 있도록 하여, 대구경, 대중량의 단결정 실리콘 잉곳을 문제없이 인상할 수 있는 기술이 요구되고 있다.
- [0018] 또한, 네킹 처리(단면 축소 처리) 이외의 수법으로, 전위를 포함하는 결함을 제거하고자 하는 기술에 관해서는, 이하와 같이 종래부터 여러가지 기술이 공지되어 있다.
- [0019] 일본국 특개소57-17494호 공보에는, InSb 등의 화합물 반도체의 단결정을 성장시킬 때에 있어서, 종결정의 인상 방향을 <110>결정 방위에 대하여 5~10도 경사시킨 방향으로 하여 상기 화합물 반도체 단결정을 인상함으로서 에치 퍼트(etch pit)를 제거함과 동시에, 불순물을 농도를 균일하게 한다고 하는 발명이 기재되어 있다.
- [0020] 그러나, 이 공보에는 에치 퍼트를 제거하는 것에 관해서는 기재되어 있지만, 미끄럼 전위를 제거하는 것에 관해서는 기재되어 있지 않다. 또한, 이 공보에 기재된 발명은 InSb 등의 화합물 반도체 단결정을 대상으로 삼는 것으로서, 실리콘 단결정을 대상으로 삼는 것이 아니다.
- [0021] 또한, 일본국 특개평3-80184호 공보에는, 마찬가지로 GaAs 등의 화합물 반도체의 단결정을 성장시킬 때에 있어서, 종결정의 인상 방향을, <001>결정 방위와 <101>결정 방위 사이의 임의의 방향으로 하여 상기 화합물 반도체 단결정을 인상함으로써 성장 방향을 향해 직선으로 전파하는 축상(軸上) 전위를 제거한다고 하는 발명이 기재되어 있다.
- [0022] 또한, 이 공보에는, 화합물 반도체에서 발생하는 미끄럼 전위에 관해서, 「불순물을 첨가함으로써 그 발생을 저감시킬 수 있다」라고 하는 기재가 있다.
- [0023] 이와 같이, 이 공보에는, GaAs 등의 화합물 반도체에서 발생하는 미끄럼 전위를 불순물 첨가에 의해서 제거하는 것에 관해서는 기재되어 있지만, 단결정 실리콘에서 발생하는 미끄럼 전위를 제거하는 기술에 관해서는 기재되어 있지 않다.
- 발명의 상세한 설명**
- [0024] 본 발명은 이러한 실상을 감안하여 이루어진 것으로, CZ법으로 종결정을 인상하여 단결정 실리콘을 성장시킬 때에 있어서, <100>축결정과 같은 굽은 직경으로부터 미끄럼 전위를 제거할 수 있도록 함으로써, 대구경, 대중량의 단결정 실리콘 잉곳을 인상할 수 있도록 하는 것을 해결 과제로 하는 것이다.
- [0025] 제1 발명은,
- [0026] 종결정을 용액에 침지시키며, 상기 종결정을 그 축방향을 따라서 인상함으로써 단결정 실리콘을 제조하는 단결정 실리콘의 제조 방법에 있어서,
- [0027] <110>결정 방위가 상기 종결정의 축방향에 대하여 경사진 상태에서 상기 종결정을 인상하는 것
- [0028] 을 특징으로 한다.
- [0029] 제2 발명은,
- [0030] 종결정을 용액에 침지시키며, 상기 종결정을 그 축방향을 따라서 인상함으로써 단결정 실리콘을 제조하는 단결정 실리콘의 제조 방법에 있어서,
- [0031] <110>결정 방위가 축방향에 대하여 소정 각도(Θ)만큼 경사진 종결정을 준비하고,
- [0032] 상기 종결정이 상기 용액에 침지된 후에, 단결정 실리콘을 직경(d1)까지 서서히 줄이는 전위망 제거 공정과,
- [0033] 단결정 실리콘의 직경을 대략 d1로 유지하면서, 적어도 길이 $d1/\tan\Theta$ 만큼 더욱 성장시키는 미끄럼 전위 제거 공정
- [0034] 을 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0035] 제3 발명은 제1 발명에 있어서, 또한 제4 발명은 제2 발명에 있어서,
- [0036] <110>결정 방위가 단결정 실리콘 잉곳의 축방향에 대하여 소정 각도(Θ)만큼 경사지는 방향은, 그 <110>결정 방위에 대하여 수직하는 위치 관계에 있는 별도의 <110>결정 방위를 회전축으로 하여 회전하는 방향인 것

- [0037] 을 특징으로 한다.
- [0038] 제5 발명은,
- [0039] 종결정을 용액에 침지시키며, 상기 종결정을 그 축방향을 따라서 인상함으로써 단결정 실리콘 잉곳으로 성장시키고, 이 단결정 실리콘 잉곳을 슬라이스함으로써 단결정 실리콘 웨이퍼를 제조하는 단결정 실리콘 웨이퍼의 제조 방법에 있어서,
- [0040] <110>결정 방위가 상기 종결정의 축방향에 대하여 소정 각도(θ)만큼 경사진 상태에서 상기 종결정을 인상하여 단결정 실리콘 잉곳으로 성장시키는 인상 공정과,
- [0041] 상기 단결정 실리콘 잉곳을 <110>결정 방위에 대하여 수직하는 방향 또는 대략 수직하는 방향으로 슬라이스하여 단결정 실리콘 웨이퍼를 추출하는 슬라이스 공정
- [0042] 을 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0043] 제6 발명은,
- [0044] 종결정을 용액에 침지시키며, 상기 종결정을 그 축방향을 따라서 인상함으로써 단결정 실리콘 잉곳으로 성장시키고, 이 단결정 실리콘 잉곳을 슬라이스함으로써 단결정 실리콘 웨이퍼를 제조하는 단결정 실리콘 웨이퍼의 제조 방법에 있어서,
- [0045] <110>결정 방위가 축방향에 대하여 소정 각도(θ)만큼 경사진 종결정을 준비하며,
- [0046] 상기 종결정이 상기 용액에 침지된 후에, 단결정 실리콘을 직경 d_1 까지 서서히 줄이는 전위망 제거 공정과,
- [0047] 단결정 실리콘의 직경을 대략 d_1 로 유지하면서, 적어도 길이 $d_1/\tan\theta$ 만큼 더욱 성장시키는 미끄럼 전위 제거 공정과,
- [0048] 상기 종결정을 더욱 인상하여 단결정 실리콘 잉곳을 제조하는 잉곳 제조 공정과,
- [0049] 상기 단결정 실리콘 잉곳을, <110>결정 방위에 대하여 수직하는 방향 또는 대략 수직하는 방향으로 슬라이스하여 단결정 실리콘 웨이퍼를 추출하는 슬라이스 공정
- [0050] 을 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0051] 제7 발명은, 제5 발명에 있어서, 또한 제8 발명은 제6 발명에 있어서,
- [0052] <110>결정 방위가 단결정 실리콘 잉곳의 축방향에 대하여 소정 각도(θ)만큼 경사지는 방향은, 그 <110>결정 방위에 대하여 수직하는 위치 관계에 있는 별도의 <110>결정 방위를 회전축으로 하여 회전하는 방향
- [0053] 인 것을 특징으로 한다.
- [0054] 제9 발명은, 제5 발명에 있어서, 또한 제10 발명은 제6 발명에 있어서,
- [0055] <110>결정 방위가 종결정의 축방향에 대하여 경사지는 소정 각도(θ)는 $0.6^\circ \leq \theta \leq 10^\circ$ 의 범위인 것
- [0056] 을 특징으로 한다.
- [0057] 제11 발명은, CZ법으로 단결정 실리콘을 제조할 때에 있어서 사용되는 단결정 실리콘 제조용 종결정으로서,
- [0058] <110>결정 방위가 축방향에 대하여 경사지는 단결정 실리콘 제조용 종결정인 것을 특징으로 한다.
- [0059] 제12 발명은, 제11 발명에 있어서,
- [0060] <110>결정 방위가 종결정의 축방향에 대하여 경사지는 방향은, 그 <110>결정 방위에 대하여 수직하는 위치 관계에 있는 별도의 <110>결정 방위를 회전축으로 하여 회전하는 방향인 것
- [0061] 을 특징으로 한다.
- [0062] 제13 발명은, CZ법에 의해 제조된 단결정 실리콘 잉곳으로서,
- [0063] <110>결정 방위가 축방향에 대하여 소정 각도(θ)만큼 경사지는 단결정 실리콘 잉곳인 것을 특징으로 한다.
- [0064] 제14 발명은, 제13 발명에 있어서,
- [0065] <110>결정 방위가 단결정 실리콘 잉곳의 축방향에 대하여 소정 각도(θ)만큼 경사지는 방향은, 그 <110>결정 방

위에 대하여 수직하는 위치 관계에 있는 별도의 <110>결정 방위를 회전축으로 하여 회전하는 방향인 것

[0066] 을 특징으로 한다.

[0067] 제15 발명은, 제13 발명에 있어서,

[0068] <110>결정 방위가 단결정 실리콘 잉곳의 축방향에 대하여 경사지는 소정 각도(θ)는, $0.6^\circ \leq \theta \leq 10^\circ$ 의 범위인 단결정 실리콘 잉곳인 것을 특징으로 한다.

[0069] 제16 발명은,

[0070] CZ법에 의해 제조된 단결정 실리콘 잉곳을 슬라이스함으로써 추출된 단결정 실리콘 웨이퍼로서,

[0071] <110>결정 방위가 축방향에 대하여 소정 각도(θ)만큼 경사진 단결정 실리콘 잉곳을, <110>결정 방위에 대하여 수직하는 방향 또는 대략 수직하는 방향으로 슬라이스하여 추출되어 이루어지는 단결정 실리콘 웨이퍼인 것을 특징으로 한다.

[0072] 제1 발명, 제5 발명, 제11 발명, 제16 발명에 따르면, 도 2, 도 3에 도시하는 바와 같이, 111결정면의 능선 방향(8)이 축방향(9)에 대하여 경사지도록, <110>결정 방향(10)이 축방향(9)에 대하여 소정 각도(θ)만큼 경사져 있는 종결정(1)을 이용하여 단결정 실리콘이 제조된다.

[0073] 상기 종결정(1)을 이용하여 단결정 실리콘의 인상되면, 미끄럼 전위(5)가 단결정 실리콘의 축방향(9)에 대하여 경사져 전파되기 때문에, 미끄럼 전위(5)가 어느 하나의 단결정 실리콘의 벽면에 도달하여 소멸된다. 이 때문에 네킹 공정에서 단결정 실리콘의 직경을 <100>축결정과 동일한 정도로 줄이면, 결정 중심부의 미끄럼 전위가 용이하게 제거된다. 이 결과, 대구경, 대중량의 단결정 실리콘 잉곳을 인상할 수 있다.

[0074] 제2 발명, 제6 발명에 따르면, 도 1에 도시하는 바와 같이 미끄럼 전위 제거부(4)에서 단결정 실리콘의 직경이 대강 d_1 로 유지되면서, 적어도 길이 $d_1/\tan\theta$ 만큼 성장된다.

[0075] 미끄럼 전위(5)가 단결정 실리콘의 축방향(9)에 대하여 소정 각도(θ)만큼 경사져 전파되기 때문에, 길이 $d_1/\tan\theta$ 만큼 단결정 실리콘을 성장시키면, 미끄럼 전위(5)는 단결정 실리콘의 벽면에 도달하여 소멸된다. 이와 같이 길이가 적어도 $d_1/\tan\theta$ 인 미끄럼 전위 제거부(4)에서 미끄럼 전위(5)가 단결정 실리콘으로부터 제거된다. 이 후에는, 무전위의 단결정 성장 공정으로 이행된다.

[0076] 제3 발명, 제4 발명, 제7 발명, 제8 발명, 제12 발명, 제14 발명에 따르면, 도 2, 도 6에 도시하는 바와 같이, <110>결정 방위(10)가 그 <110>결정 방위(10)에 대하여 수직하는 위치 관계에 있는 별도의 <110>결정 방위(13)를 회전축으로 하여 회전하는 방향(11)으로 경사진다. 이 결과, 결정 방위를 검출할 때에 X선의 회절면으로서 사용하는 220면은, 다른 <100>축결정이나 <111>축결정에 있어서의 220면과 평행한 위치 관계가 되기 때문에, 다른 <100>축결정이나 <111>축결정에서 사용되고 있는 통상의 가공 장치를 그대로 공용할 수 있다. 이 때문에 오리엔테이션 플랫이나 노치의 가공에 필요로 하는 비용을 억제할 수 있다.

[0077] 제9 발명, 제10 발명, 제15 발명에 따르면, <110>결정 방위(10)가 축방향(9)에 대하여 경사지는 소정 각도(θ)는, $0.6^\circ \leq \theta \leq 10^\circ$ 의 범위로 된다.

[0078] 즉, 경사 각도(θ)가 작고 얕으면, 도 1에 도시하는 미끄럼 전위 제거부(4)가 길어지게 되기 때문에, CZ로의 높이에는 제한이 있으므로 인상되는 단결정 실리콘의 길이는 짧아진다. 또한, 전위 제거부(4)가 길어지게 되면 될 수록, 제품화되지 않는 부분의 인상에 시간을 필요로 하여 생산 효율이 떨어진다. 이 때문에, 경사 각도(θ)는 단결정 실리콘의 인상 공정을 고려한다면, 클수록 좋다.

[0079] 이에 대하여 경사 각도(θ)가 커지면 커질수록, 도 4에 도시하는 바와 같이, 유용한 단결정 실리콘 웨이퍼(30) 이외의 쓸데없는 부분(20a)(사선으로 도시함)이 커져 수율이 저하된다. 이 때문에, 경사 각도(θ)는 잉곳(20)을 슬라이스하는 공정을 고려한다면, 작을수록 좋다.

[0080] 따라서, 단결정 실리콘의 인상과 잉곳(20)의 슬라이스 모두를 고려했을 때 가장 바람직한 경사 각도(θ)의 범위가 존재하며, 그 범위는 $0.6^\circ \leq \theta \leq 10^\circ$ 의 범위가 된다. 이에 따라, 단결정 실리콘의 인상 길이, 인상에 필요로 하는 시간을 단축하면서, 단결정 실리콘 잉곳(20)을 슬라이스할 때에 발생하는 쓸데없는 부분(20a)의 량을 억제할 수 있어, 제조 비용을 종합적으로 최소로 할 수 있다.

실시예

- [0089] 이하, 도면을 참조하여 실시의 형태에 대하여 설명한다. 본 실시 형태에서는, 표면이 110결정면으로 되어 있는 실리콘 웨이퍼(<110>축결정)를 제조하는 경우를 상정하여 설명한다.
- [0090] 도 1은 실시 형태의 단결정 실리콘의 제조 방법을 설명하는 도면으로서, 종결정(시드)(1)을 실리콘 용액(6)에 침지시켰다가 인상할 때의 단결정 실리콘의 상단 부분을 도시하고 있다.
- [0091] 즉, 단결정 인상용 용기, 즉 CZ로 내에 석영도가니가 마련되며, 이 석영도가니 내에서 실리콘이 가열 용융된다. 용융이 안정화하면, 시드체에 부착된 종결정(1)이 실리콘 용액(6)에 침지되고, 시드체 및 도가니를 상호 동일 방향 혹은 역방향으로 회전되면서 시드체가 인상되어 단결정 실리콘이 성장된다. CZ법에서는 종결정(1)의 축길이방향(9)과 인상 방향과는 일치한다. 본 실시 형태에서는, 종결정(1)을 용액 표면(6a)에 착액시킨 후에, 단결정 실리콘의 직경을 서서히 줄이는 네킹 처리(단면 축소 처리)가 실시된다. 도 1에서 종결정(1)의 하측 직경이 가늘어지는 부분이, 네킹 처리가 실시된 네킹부(2)이다.
- [0092] CZ법으로 단결정 실리콘을 성장시킬 때에 피할 수 없는 문제중 하나로서 「미끄럼 전위」가 있다. 미끄럼 전위는 1차원 결정 결함으로서, 종결정(1)이 용액(6)에 착액하였을 때의 열응력에 기인하여 발생하며, 일정한 방향을 따라서 전파된다.
- [0093] 미끄럼 전위가, 성장한 단결정 실리콘에 들어가면, 이 단결정 실리콘에 기초하여 제작되는 반도체 디바이스의 품질을 저하시키게 된다. 이 때문에, 미끄럼 전위를 제거할 필요가 있다.
- [0094] 본 발명자들은, 이하에 설명하는 바와 같이 실리콘 결정에 있어서의 미끄럼 전위 발생의 메카니즘을 발견하여, 미끄럼 전위를 제거하는 방법을 발견하기에 이르렀다. 이하 도 5, 도 6, 도 7, 도 8을 함께 참조하여 설명한다.
- [0095] 실리콘 원자의 결정 배열 구조는 입방정계의 구조이며, 도 5는 입방정계의 기본 결정 방위를 도시하고 있다. 상기 도면에 도시하는 바와 같이, 각 결정 방위 <100>, <010>, <001>, <110>, <111>는 X-Y-Z 좌표계의 원점을 기점으로 하는 방위로 정의된다. 상기 도 5에 도시하는 사선이 110결정면으로 된다.
- [0096] 도 6은 실리콘 결정(7)을 사시도로서 도시하고 있다. 이 도 6에 도시하는 화살표(10)는 110결정면의 법선 방향인 <110>결정 방위이며, 또한 화살표(8)는 111결정면의 능선 방향이다.
- [0097] 본 발명자들은 111결정면의 능선 방향(8)을 따라서 미끄럼 전위가 전파되는 것을 발견하기에 이르렀다.
- [0098] 도 7, 도 8은 CZ법을 이용하여 단결정 실리콘을 인상할 때의 종결정(1)의 축방향(결정 인상 방향)(9)과, 실리콘 결정(7)의 <110>결정 방위(10), 111결정면의 능선 방향(8)과의 관계를 도시하고 있다.
- [0099] 도 7을 도면의 정면에서 본 방향이 도 6의 화살표 A 방향에 해당하고, 도 8을 도면의 정면에서 본 방향이 도 6의 화살표 B 방향에 해당한다.
- [0100] 도 7, 도 8에 도시하는 바와 같이, 111결정면 능선 방향(8)이 종결정(1)의 축방향(9)과 일치하도록, <110>결정 방위(10)를 종결정(1)의 축방향(9)과 일치시켜 종결정(1)을 인상하였다고 한다면, 미끄럼 전위(5)가 단결정 실리콘의 축방향을 따라서 전파되기 때문에, 미끄럼 전위(5)를 단결정 실리콘으로부터 제거하는 것은 곤란하다. 종결정(1)을 용액 표면(6a)에 착액시킨 후에, 단결정 실리콘의 직경을 서서히 줄이는 네킹 처리를 실시하여 단결정 실리콘의 직경을 상당히 줄였다고 해도 결정 중심부에 전위가 잔존하기 쉬워 반도체 디바이스의 불량 요인이 된다.
- [0101] 그래서, 도 2, 도 3에 도시하는 바와 같이, 111결정면 능선 방향(8)이 종결정(1)의 축방향(결정 인상 방향)(9)에 대하여 경사지도록, <110>결정 방위(10)를 종결정(1)의 축방향(결정 인상 방향)(9)에 대하여 경사시켜 종결정(1)을 인상한다. 이에 의해, 미끄럼 전위(5)가 단결정 실리콘의 축방향(9)에 대하여 경사져 전파되기 때문에, 미끄럼 전위(5)가 어느 하나의 단결정 실리콘의 벽면에 도달하여 소멸된다. 이 때문에, 네킹 공정에서 단결정 실리콘의 직경을 <100>축결정과 동일한 정도로 줄이면, 결정 중심부의 전위를 용이하게 제거할 수 있게 된다.
- [0102] 여기서, 도 2, 도 3은 각각 도 7, 도 8에 대응하는 도면으로서, CZ법을 이용하여 단결정 실리콘을 인상할 때의 종결정(1)의 축방향(결정 인상 방향)(9)과, 실리콘 결정(7)의 <110>결정 방위(10), 111결정면의 능선 방향(8)과의 관계를 도시하고 있다. 도 2를 도면의 정면에서 본 방향이 도 6의 화살표 A 방향에 해당하고, 도 3을 도면의 정면에서 본 방향이 도 6의 화살표 B 방향에 해당한다.
- [0103] 도 2와 도 3에서는, <110>결정 방위(10)가 종결정(1)의 축방향(9)에 대하여 경사지는 방향이 다르다. 도 2는 도

6에 화살표 11로 도시하는 바와 같이, <110>결정 방위(10)가 종결정(1)의 축방향(9)에 대하여 경사지는 방향이, 110결정면에 인접하는 111결정면의 방향(11)으로 되어 있는 경우, 즉, <110>결정 방위(10)에 대하여 수직하는 위치 관계에 있는 별도의 <110>결정 방위(13)를 회전축으로 하여 회전하는 방향(11)으로 되어 있는 경우를 도시하고 있다.

[0104] 도 3은 도 6에 화살표 12로 도시하는 바와 같이, <110>결정 방위(10)가 종결정(1)의 축방향에 대하여 경사지는 방향이, 110결정면에 인접하는 100결정면의 방향(12)인 경우, 즉, <110>결정 방위(10)에 대하여 수직하는 위치 관계에 있는 <100>결정 방위(14)를 회전축으로 하여 회전하는 방향(12)인 경우를 도시하고 있다.

[0105] 이하, 도 2의 실시 형태에 대하여 설명한다.

[0106] (종결정의 준비)

[0107] 우선, 도 1에 도시하는 바와 같이, 111결정면 능선 방향(8)이 축방향(9)에 대하여 경사지도록(도 2 참조), <110>결정 방위(10)가 축방향(9)에 대하여 소정 각도(θ)만큼 경사져 있는 종결정(1)이 준비된다. 이 경우, 도 6에 화살표 11로 도시하는 바와 같이, <110>결정 방위(10)가 종결정(1)의 축방향(9)에 대하여 소정 각도(θ)만큼 경사지는 방향은, 110결정면에 인접하는 111결정면의 방향(11), 즉, <110>결정 방위(10)에 대하여 수직하는 위치 관계에 있는 별도의 <110>결정 방위(13)를 회전축으로 하여 회전하는 방향(11)이 된다.

[0108] (전위망 제거 공정)

[0109] 상기 종결정(1)을 시드척에 부착하여, 종결정(1)을 다결정 실리콘 용액(6)의 표면(6a)에 착액시킨다. 이렇게 하면, 착액시의 열쇼크에 의해 도 2에서 해칭으로 도시하는 바와 같이 전위망이 발생한다. 그래서 착액 후에, 인상되는 단결정 실리콘의 직경을 서서히 줄여 전위망의 전위 밀도를 서서히 감소시킨다. 전위망이 제거되었을 때의 단결정 실리콘의 직경(이하, 최소직경)을 d1로 한다. 이와 같이 도 1에 도시하는 전위망 제거부(3)에서 전위망이 단결정 실리콘으로부터 제거된다.

[0110] (미끄럼 전위 제거 공정)

[0111] 전위망 제거 공정에서 단결정 실리콘으로부터 제거되지 않은 전위가 미끄럼 전위로 되어 단결정 실리콘에 잔존하고 있다.

[0112] 그래서, 이어서 단결정 실리콘의 최소 직경을 d1로 유지하면서, 길이 $d1/\tan\theta$ 만큼 단결정 실리콘을 더욱 성장시킨다. 그리고, 최소 직경은 대략 d1로 유지되면 좋다.

[0113] 여기서, 전술한 바와 같이, 미끄럼 전위(5)가 단결정 실리콘의 축방향(9)에 대하여 소정 각도(θ)만큼 경사져 전파되기 때문에, 길이 $d1/\tan\theta$ 만큼 단결정 실리콘을 성장시키면, 미끄럼 전위(5)는 단결정 실리콘의 벽면에 도달하여 소멸된다. 이와 같이, 도 1에 도시하는 미끄럼 전위 제거부(4)에서 미끄럼 전위(5)가 단결정 실리콘으로부터 제거된다. 이 후에는, 무전위의 단결정 성장 공정으로 이행된다. 단, 미끄럼 전위 제거 공정에서는, 단결정 실리콘의 직경을 대략 d1로 유지하면서, 적어도 길이 $d1/\tan\theta$ 만큼 단결정 실리콘을 성장시키면 좋으며, 길이 $d1/\tan\theta$ 보다도 길게 단결정 실리콘을 성장시켜도 좋다. 실험에서는 단결정 실리콘의 최소 직경(d1)을 6 mm로 줄이는 정도에서 미끄럼 전위의 제거가 확인되었다.

[0114] 이상과 같이, 네킹 공정에서 일반적으로 인상되어 오는 <100>축결정의 직경 축소부의 직경과 동일한 정도로 줄임으로써, 결정 중심부의 전위를 용이하게 제거할 수 있다. 굵은 직경으로부터 미끄럼 전위를 제거할 수 있기 때문에, 대구경, 대중량의 단결정 실리콘 잉곳을 용이하게 인상할 수 있다.

[0115] 단결정 실리콘의 최소 직경(d1)을 6 mm 이하로 하면, 미끄럼 전위를 높은 확률로 완전히 제거할 수 있다는 것이 확인되고 있다. 이와 같이 종래, 결정 중심 부분에 잔존하고 있었던 미끄럼 전위를 높은 확률로, 또한 완전히 제거할 수 있으므로, 단결정 취득율이 대폭 향상된다. 종래의 단결정화 성공율은 10%이었지만, 본 실시 형태를 적용한 바, 단결정화 성공율은 95%로 향상되었다.

[0116] (잉곳 제조 공정)

[0117] 미끄럼 전위 제거 공정에 이어지는 공정에서는, 종결정(1)이 더욱 인상되어, 도 4(a)에 도시하는 단결정 실리콘 잉곳(20)이 제조된다. 즉, 솔더 형성 공정을 거쳐 정상부(22)가 형성되고, 직선 몸통 공정을 거쳐 직선 몸통부(21)가 형성되며, 테일 공정을 거쳐 테일(tail)부(23)가 형성된다.

[0118] (슬라이스 공정)

- [0119] 이어서, 단결정 실리콘 잉곳(20)을 <110>결정 방위(10)에 대하여 수직하는 방향으로 슬라이스하여, 도 4(b)에 도시하는 바와 같이, 표면이 110결정면으로 되어 있는 단결정 실리콘 웨이퍼(30), 즉, <110>결정 방위가 표면의 법선 방향으로 되어 있는 단결정 실리콘 웨이퍼(30)(<110>축결정)가 추출된다.
- [0120] 그런데, 특히 단결정 실리콘 잉곳(20)을 <110>결정 방위(10)에 대하여 수직하는 방향으로 슬라이스하여 웨이퍼(30)를 추출하면, 후단의 에피택셜 성장 공정에서 가스를 웨이퍼(30)상에 도입했을 때 표면이 거칠어질 우려가 있다. 그래서, 이것을 피하기 위해서 단결정 실리콘 잉곳(20)을 <110>결정 방위(10)에 대하여 수직으로 되는 각도에서 1~2도 정도 약간 변이시킨 각도로 슬라이스하는 것이 고품질의 웨이퍼를 제작하는 데에 있어서 바람직하다. 그런데, 이것은 단결정 실리콘 웨이퍼 상에 에피택셜층을 마련한 웨이퍼를 제조하는 경우에 한정되지 않고, 기타 제품의 사양에 따라서, 각도를 변이시켜 슬라이스함으로써 고품질의 웨이퍼를 제작할 수 있는 경우가 있다.
- [0121] 이상과 같이 추출된 단결정 실리콘 웨이퍼(30)를 이용하여 반도체 디바이스를 제조한 바, 종래, 실리콘 웨이퍼(30)의 면내의 중앙부에 잔존하고 있었던 미끄럼 전위가 완전히 제거되어 있기 때문에, 디바이스 제작시의 수율이 대폭 향상되었다.
- [0122] 이어서, <110>결정 방위(10)가 축방향(9)에 대하여 경사지는 각도(θ)의 바람직한 범위에 대하여 고찰한다.
- [0123] 경사 각도(θ)가 작고 얇으면, 도 1에 도시하는 미끄럼 전위 제거부(4)가 길어지게 된다. CZ로의 높이에는 제한이 있기 때문에 인상되는 단결정 실리콘의 길이는 그 만큼 줄어든다. 또한, 전위 제거부(4)가 길어지면 길어질수록, 제품화되지 않는 부분의 인상 시간을 필요로 하여 생산 효율이 저하된다. 이 때문에, 경사 각도(θ)는 단결정 실리콘의 인상 공정을 고려한다면, 클수록 좋다.
- [0124] 이에 대하여, 경사 각도(θ)가 커지면 커질수록, 도 4에 도시하는 바와 같이, 유용한 단결정 실리콘 웨이퍼(30) 이외의 쓸데없는 부분(20a)(사선으로 도시함)이 커져 수율이 저하된다. 이 때문에, 경사 각도(θ)는 잉곳(20)을 슬라이스하는 공정을 고려한다면, 작을수록 좋다.
- [0125] 따라서, 단결정 실리콘의 인상과 잉곳(20)의 슬라이스 모두를 고려했을 때 가장 바람직한 경사 각도(θ)의 범위가 존재하며, 그 범위는 $0.6^\circ \leq \theta \leq 10^\circ$ 의 범위인 것이 실험적으로 확인되었다. 그 이유는, 이하와 같다.
- [0126] 우선, 경사 각도(θ)가 0.6° 미만인 경우를 상정한다. 종결정(1)을 융액(6)에 접촉시키고, 직경을 줄임으로써 전위망을 제거하기 위해서는 전위망 제거부(3)로서 길이 100 mm 정도가 필요하다. 전위망 제거부(3)의 최소 직경(d1)을 3 mm로 한 경우, 경사 각도(θ)가 0.6° 미만에서는, 이어지는 미끄럼 전위 제거부(4)의 길이는 $d1/\tan\theta=3/\tan 0.6^\circ$ 이므로 약 290 mm가 되기 때문에, 290 mm를 넘는다. 따라서, 전위망 제거부(3)의 길이 100 mm와 합하였을 때 네킹부(2) 전체적으로 390 mm를 넘는 단면 축소부 길이가 필요하게 된다. 통상의 단면 축소부 길이가 200 mm 이내임을 감안할 때, 제조 가능한 단결정 실리콘의 길이가 적어도 190 mm를 넘어 짧아져 버리므로 제조 비용의 상승을 초래한다. 전위망 제거부(3)에서 최소 직경(d1)을 3 mm 이하로 하면, 다소 단면 축소부 길이를 단축시킬 수 있지만, 최소 직경(d1)을 3 mm 이하로 하면, 대중량의 잉곳을 인상할 수 없게 된다. 따라서, 경사 각도(θ)의 하한은 0.6° 로 된다.
- [0127] 이어서, 경사 각도(θ)가 10° 를 넘었을 때를 상정한다. 이러한 경사 각도(θ)로 제조된 단결정 실리콘 잉곳(20)을 4개의 블록으로 절단하고자 하면, 직경이 200 mm인 실리콘 웨이퍼(30)의 경우, 도 4에 있어서 쓸데없는 부분(20a)의 길이는, $200 \times \tan 10^\circ \times 4$ 로 구하였을 때 약 141 mm가 된다. 이것은 중량으로 약 10kg에 해당한다. 하나의 단결정 실리콘 잉곳(20)에서 중량 10kg은 수율 손실의 한계이다.
- [0128] 이상과 같이, 경사 각도(θ)는 $0.6^\circ \leq \theta \leq 10^\circ$ 의 범위인 것이 바람직하다.
- [0129] 이어서, 도 3에 도시하는 바와 같이, <110>결정 방위(10)가 종결정(1)의 축방향에 대하여 소정 각도(θ)만큼 경사지는 방향이, 도 6에 도시하는 (110결정면에 인접하는 100결정면의 방향(12)인 경우, 즉, <110>결정 방위(10)에 대하여 수직하는 위치 관계에 있는 <100>결정 방위(14)를 회전축으로 하여 회전하는 방향(12)인 경우의 실시 형태에 대하여 설명한다.

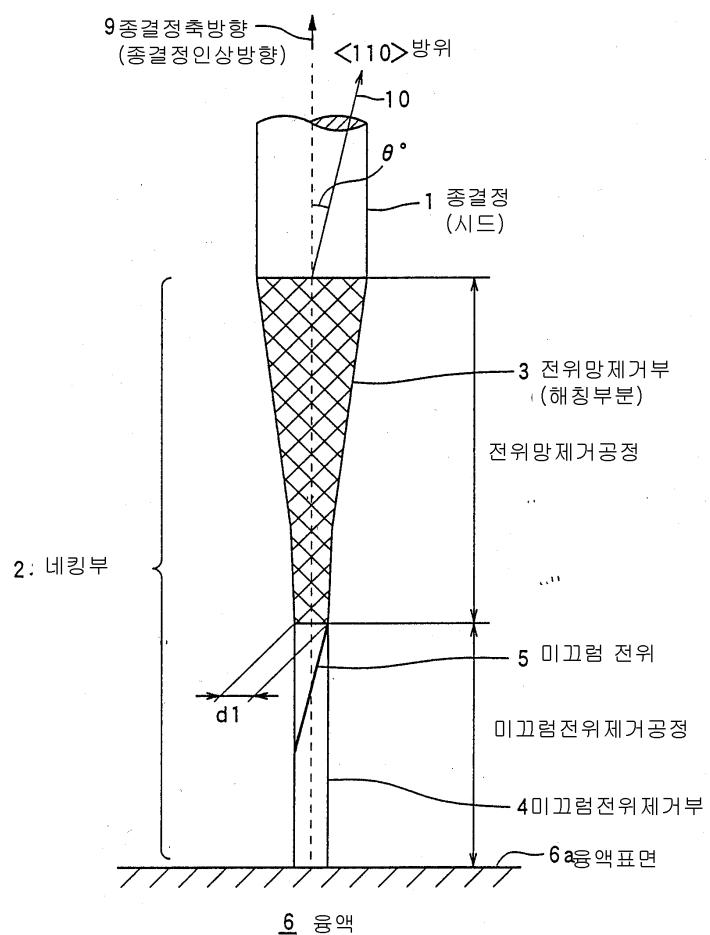
도면의 간단한 설명

- [0081] 도 1은 실시 형태의 종결정을 이용하여 단결정 실리콘을 제조하는 공정을 설명하는 도면이다.
- [0082] 도 2는 실리콘 결정의 결정 방위와, 종결정의 축방향과의 관계를 설명하는 도면이다.

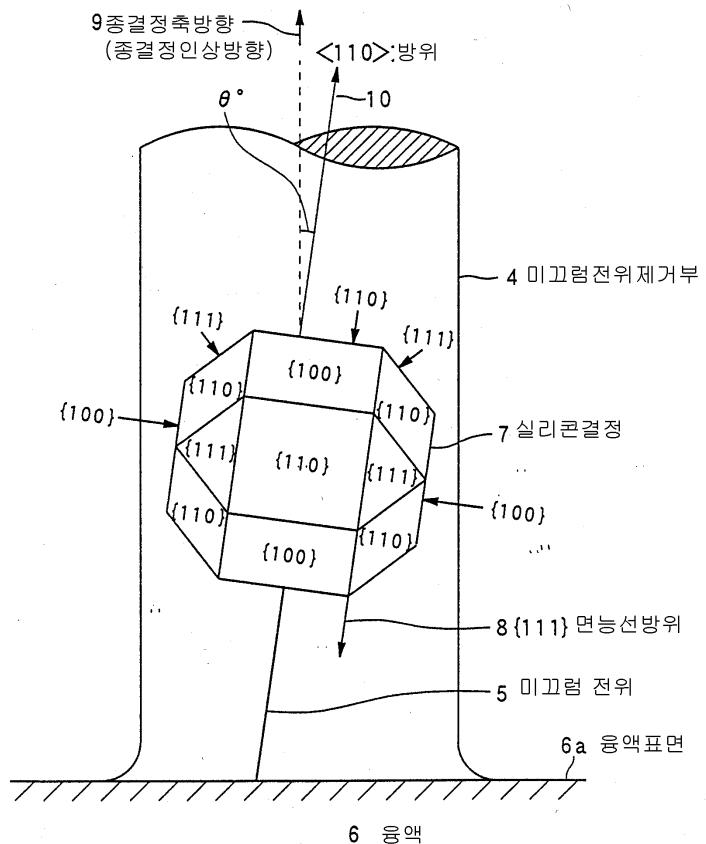
- [0083] 도 3은 실리콘 결정의 결정 방위와, 종결정의 축방향과의 관계를 설명하는 도면이다.
- [0084] 도 4(a), (b)는 단결정 실리콘 잉곳을 슬라이스하여 단결정 실리콘 웨이퍼를 추출하는 모습을 설명하는 도면이다.
- [0085] 도 5는 입방정계의 기본 결정 방위를 도시하는 사시도이다.
- [0086] 도 6은 실리콘 결정의 구조를 도시하는 사시도이다.
- [0087] 도 7은 실리콘 결정의 결정 방위와, 종결정의 축방향과의 관계를 설명하는 도면이다.
- [0088] 도 8은 실리콘 결정의 결정 방위와, 종결정의 축방향과의 관계를 설명하는 도면이다.

도면

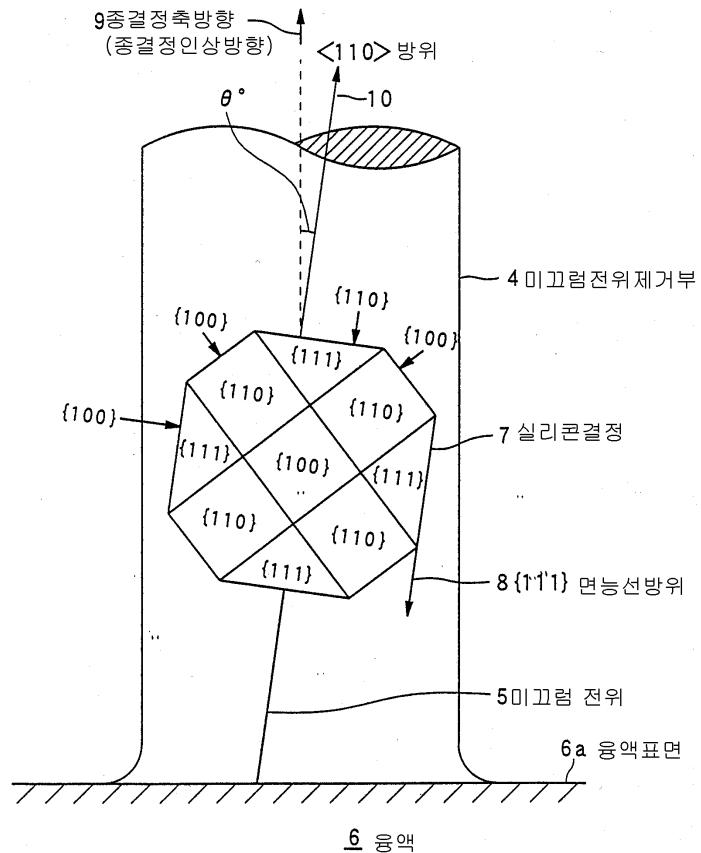
도면1



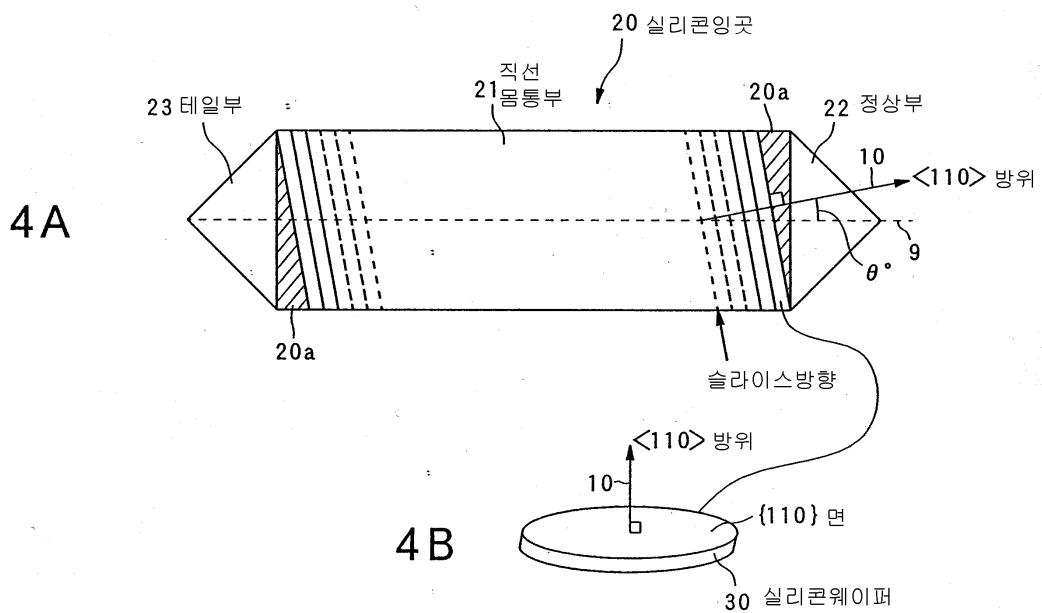
도면2



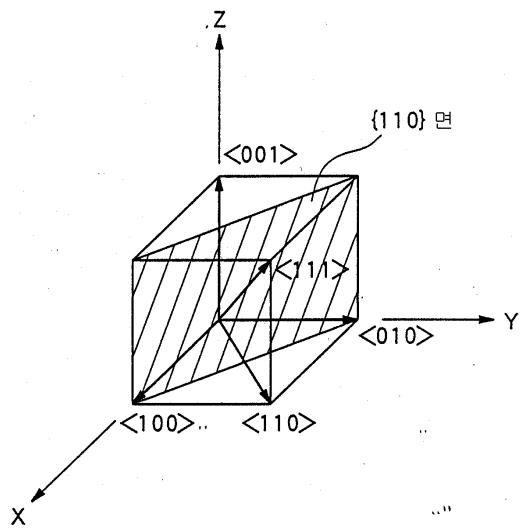
도면3



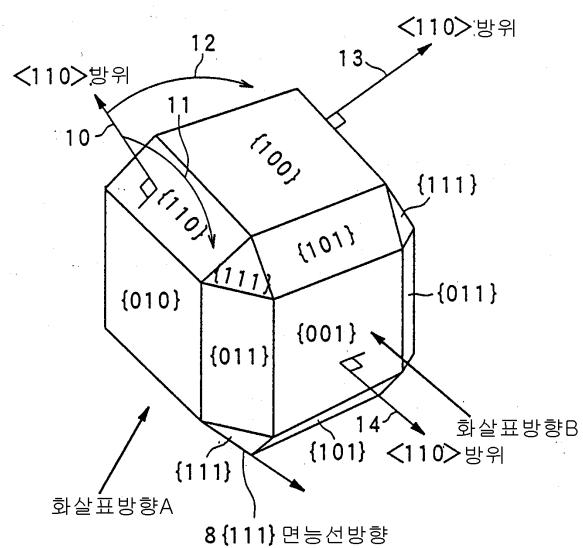
도면4



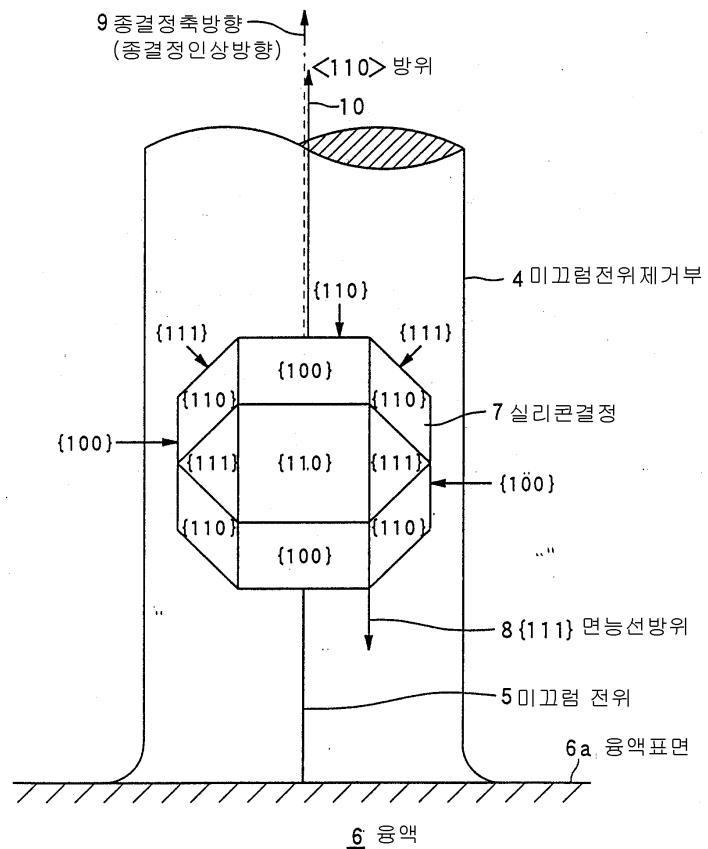
도면5



도면6



도면7



도면8

