



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0086019
(43) 공개일자 2020년07월16일

- | | |
|---|-----------------------|
| (51) 국제특허분류(Int. Cl.) | (71) 출원인 |
| <i>C30B 15/20</i> (2006.01) <i>C30B 15/10</i> (2006.01) | 에스케이실트론 주식회사 |
| <i>C30B 15/30</i> (2006.01) <i>C30B 29/06</i> (2006.01) | 경상북도 구미시 임수로 53 (임수동) |
| (52) CPC특허분류 | (72) 발명자 |
| <i>C30B 15/20</i> (2013.01) | 정한솔 |
| <i>C30B 15/10</i> (2013.01) | 경상북도 구미시 3공단3로 132-11 |
| (21) 출원번호 10-2019-0002105 | (74) 대리인 |
| (22) 출원일자 2019년01월08일 | 이승찬 |
| 심사청구일자 2019년01월08일 | |

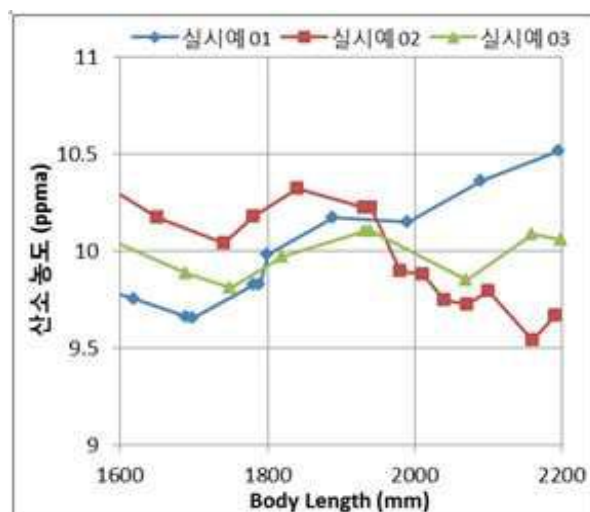
전체 청구항 수 : 총 16 항

(54) 발명의 명칭 실리콘 단결정 잉곳의 성장 장치 및 방법

(57) 요약

실시예는 실리콘 단결정 잉곳의 성장 방법에 있어서, 실리콘 용액으로부터 실리콘 단결정 잉곳의 제1 부분을 성장시키는 제1 단계; 및 상기 제1 단계 이후에, 상기 실리콘 용액으로부터 상기 실리콘 단결정 잉곳의 제2 부분을 성장시키는 제2 단계를 포함하고, 상기 제1 단계는 상기 실리콘 용액의 고화율이 65 퍼센트 미만이고, 상기 제2 단계는 상기 실리콘 용액의 고화율이 65 퍼센트 이상인 구간이고, 상기 실리콘 단결정 잉곳을 성장시키는 챔버 내부의 압력은, 상기 제2 단계에서의 압력이 상기 제1 단계에서의 압력보다 낮은 실리콘 단결정 잉곳의 성장 방법을 제공한다.

대표도 - 도4b



(52) CPC특허분류

C30B 15/30 (2013.01)

C30B 29/06 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

실리콘 단결정 잉곳의 성장 방법에 있어서,

실리콘 용액으로부터 실리콘 단결정 잉곳의 제1 부분을 성장시키는 제1 단계; 및

상기 제1 단계 이후에, 상기 실리콘 용액으로부터 상기 실리콘 단결정 잉곳의 제2 부분을 성장시키는 제2 단계를 포함하고,

상기 제1 단계는 상기 실리콘 용액의 고화율이 65 퍼센트 미만이고, 상기 제2 단계는 상기 실리콘 용액의 고화율이 65 퍼센트 이상인 구간이고,

상기 실리콘 단결정 잉곳을 성장시키는 챔버 내부의 압력은, 상기 제2 단계에서의 압력이 상기 제1 단계에서의 압력보다 낮은 실리콘 단결정 잉곳의 성장 방법.

청구항 2

제1 항에 있어서,

상기 제1 단계와 제2 단계에서 상기 챔버 내부로 아르곤 기체가 주입되고, 상기 제2 단계에서 상기 아르곤 기체는 150 내지 170 리터/분의 유량으로 공급되는 실리콘 단결정 잉곳의 성장 방법.

청구항 3

제1 항에 있어서,

상기 제2 단계에서 챔버 내부의 압력은 30 내지 60 torr인 실리콘 단결정 잉곳의 성장 방법.

청구항 4

제1 항에 있어서,

상기 제2 단계에서 상기 챔버 내의 압력은, 시간에 따라 감소하는 실리콘 단결정 잉곳의 성장 방법.

청구항 5

제4 항에 있어서,

상기 제2 단계에서 상기 챔버 내의 압력은, 0.02 내지 0.04 torr/mm의 변화율로 감소하는 실리콘 단결정 잉곳의 성장 방법.

청구항 6

제1 항에 있어서,

상기 제1 단계와 제2 단계에서 상기 실리콘 용액에 수평 자장을 인가하고, 상기 제1 단계에서 인가되는 자기장의 세기보다 상기 제2 단계에서 인가되는 자기장의 세기가 작은 실리콘 단결정 잉곳의 성장 방법.

청구항 7

제1 항에 있어서,

상기 제1 단계와 제2 단계에서, 상기 실리콘 용액이 저장된 도가니로부터 상기 실리콘 단결정 잉곳으로 공급되는 산소 원자의 농도를 일정하게 제어하는 실리콘 단결정 잉곳의 성장 방법.

청구항 8

제1 항에 있어서,

상기 실리콘 용액은 도가니에 담겨지고, 상기 도가니의 측면은 수직 방향으로 플랫한 형상이고, 상기 도가니의 하면은 라운드 형상이고,

상기 제1 단계에서 상기 실리콘 용액과 상기 실리콘 단결정 잉곳의 계면은 상기 플랫한 형상의 도가니의 측면에 위치하고,

상기 제2 단계에서 상기 실리콘 용액과 상기 실리콘 단결정 잉곳의 계면은 상기 라운드 형상의 도가니의 하면에 위치하는 실리콘 단결정 잉곳의 성장 방법.

청구항 9

챔버;

상기 챔버의 내부에 구비되고 실리콘 단결정 용액을 수용하는 도가니;

상기 도가니를 가열하는 가열부;

상기 도가니의 상부에 구비되는 단열 부재;

상기 도가니에 자기장을 인가하는 자기장 발생 장치;

상기 도가니를 회전시켜 상승시키는 회전축; 및

상기 챔버 내부의 압력을 제어하는 제어부를 포함하고,

상기 제어부는 제2 단계에서의 상기 챔버 내부의 압력을 제1 단계에서의 상기 챔버 압력보다 낮게 제어하고,

상기 제1 단계는 상기 실리콘 용액의 고화율이 65 퍼센트 미만이고, 상기 제2 단계는 상기 실리콘 용액의 고화율이 65 퍼센트 이상인 실리콘 단결정 잉곳의 성장 장치.

청구항 10

제9 항에 있어서,

상기 제1 단계와 제2 단계에서 상기 챔버 내부로 아르곤 기체가 주입되고, 상기 제어부는 상기 제2 단계에서 상기 아르곤 기체는 150 내지 170 리터/분의 유량으로 공급하는 실리콘 단결정 잉곳의 성장 장치.

청구항 11

제9 항에 있어서,

상기 제어부는, 제2 단계에서 챔버 내부의 압력은 30 내지 60 torr인 실리콘 단결정 잉곳의 성장 장치.

청구항 12

제9 항에 있어서,

상기 제어부는, 상기 제2 단계에서 상기 챔버 내의 압력을 시간에 따라 감소시키는 실리콘 단결정 잉곳의 성장 장치.

청구항 13

제12 항에 있어서,

상기 제어부는, 상기 제2 단계에서 상기 챔버 내의 압력을 0.02 내지 0.04 torr/mm의 변화율로 감소시키는 실리콘 단결정 잉곳의 성장 장치.

청구항 14

제9 항에 있어서,

상기 자기장 발생 장치는, 상기 제1 단계에서 인가되는 자기장의 세기보다 작은 세기의 자기장을 상기 제2 단계에서 인가하는 실리콘 단결정 잉곳의 성장 장치.

청구항 15

제9 항에 있어서,

상기 제어부는, 상기 제1 단계와 제2 단계에서, 상기 실리콘 용액이 저장된 도가니로부터 상기 실리콘 단결정 잉곳으로 공급되는 산소 원자의 농도를 일정하게 제어하는 실리콘 단결정 잉곳의 성장 장치.

청구항 16

제9 항에 있어서,

상기 도가니의 수직 방향의 단면은, 측면이 플랫한 형상이고 하면은 라운드 형상이고,

상기 제1 단계에서 상기 실리콘 용액과 상기 실리콘 단결정 잉곳의 계면은 상기 플랫한 형상의 도가니의 측면에 위치하고,

상기 제2 단계에서 상기 실리콘 용액과 상기 실리콘 단결정 잉곳의 계면은 상기 라운드 형상의 도가니의 하면에 위치하는 실리콘 단결정 잉곳의 성장 장치.

발명의 설명

기술 분야

- [0001] 실시예는 실리콘 단결정 잉곳의 성장 장치 및 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 실리콘 단결정 잉곳의 성장 과정의 전기와 후기에서 실리콘 단결정 잉곳에 분포하는 산소 농도의 증감을 조절하여 산소 농도의 편차를 줄이는 실리콘 단결정 잉곳의 성장 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 반도체 등의 전자 부품이나 태양 전지를 생산하기 위한 소재로 사용되는 실리콘 웨이퍼(wafer)는 단결정 실리콘 잉곳(ingot)을 웨이퍼 형태로 얇게 절단하는 슬라이싱 공정, 원하는 웨이퍼의 두께로 연마하면서 평탄도를 개선하는 래핑 공정(lapping), 웨이퍼 내부의 손상(damage)층 제거를 위한 식각 공정(etching), 표면 경면화 및 평탄도를 향상시키기 위한 폴리싱 공정(polishing), 웨이퍼 표면의 오염물질을 제거하기 위한 세정 공정(cleaning) 등의 단계를 거쳐 생산된다.
- [0003] 실리콘 단결정 잉곳의 성장은 플로우팅존(floating zone : FZ) 방법 또는 초크랄스키(Czochralski) 방법을 많이 사용하여 왔고, 이들 방법 중에서 가장 일반화되어 있는 방법이 초크랄스키 방법이다.
- [0004] 초크랄스키법은 석영 도가니 내에 용융 상태로 수용된 실리콘 용액(Si melt)에 시드(seed)를 침지시킨 후, 석영 도가니와 시드를 반대방향으로 회전시키면서 고액 계면을 통해 시드를 인상시킨다.
- [0005] 이때, 잉곳의 내부로 산소 원자가 유입될 수 있는데, 잉곳 내부로 유입된 산소원자는 잉곳으로부터 가공되는 웨이퍼의 기계적 강도와 열에 대한 항력을 향상시키는 작용을 하고, 또한 산소 원자는 웨이퍼의 열처리시에 산소 석출물을 형성하여 웨이퍼 내에 존재하는 불순물을 포집하는 게터링 사이트(Gettering Site)로 작용하기도 한다.
- [0006] 상술한 바와 같이, 잉곳 내부로 유입된 산소 원자는 일정 농도의 범위 내에서 실리콘 단결정 웨이퍼의 특성을 향상시킨다. 그러나, 산소 원자의 농도가 적절하지 못하면 산소 원자가 웨이퍼의 특성 향상에 제대로 기여하지 못하게 되므로 잉곳 내부로 유입되는 산소원자의 농도를 제어할 필요가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0007] 실시예는 실리콘 단결정 잉곳의 성장 전기와 후기에서 실리콘 단결정 잉곳에 분포하는 산소 농도의 편차를 줄이는 실리콘 단결정 잉곳의 성장 장치 및 방법을 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

- [0008] 실시예는 실리콘 단결정 잉곳의 성장 방법에 있어서, 실리콘 용액으로부터 실리콘 단결정 잉곳의 제1 부분을 성장시키는 제1 단계; 및 상기 제1 단계 이후에, 상기 실리콘 용액으로부터 상기 실리콘 단결정 잉곳의 제2 부분을 성장시키는 제2 단계를 포함하고, 상기 제1 단계는 상기 실리콘 용액의 고화율이 65 퍼센트 미만이고, 상기

제2 단계는 상기 실리콘 용액의 고화율이 65 퍼센트 이상인 구간이고, 상기 실리콘 단결정 잉곳을 성장시키는 챔버 내부의 압력은, 상기 제2 단계에서의 압력이 상기 제1 단계에서의 압력보다 낮은 실리콘 단결정 잉곳의 성장 방법을 제공한다.

- [0009] 제1 단계와 제2 단계에서 상기 챔버 내부로 아르곤 기체가 주입되고, 제2 단계에서 아르곤 기체는 150 내지 170 리터/분의 유량으로 공급될 수 있다.
- [0010] 제2 단계에서 챔버 내부의 압력은 30 내지 60 torr일 수 있다.
- [0011] 제2 단계에서 상기 챔버 내의 압력은, 시간에 따라 감소할 수 있다.
- [0012] 제2 단계에서 상기 챔버 내의 압력은, 실리콘 단결정 잉곳의 길이 증가에 따라 0.02 내지 0.04 torr/mm의 변화율로 감소할 수 있다.
- [0013] 상기 제1 단계와 제2 단계에서 상기 실리콘 용액에 수평 자장을 인가하고, 상기 제1 단계에서 인가되는 자기장의 세기보다 상기 제2 단계에서 인가되는 자기장의 세기가 작은 실리콘 단결정 잉곳의 성장 방법.
- [0014] 제1 단계와 제2 단계에서, 상기 실리콘 용액이 저장된 도가니로부터 상기 실리콘 단결정 잉곳으로 공급되는 산소 원자의 농도를 일정하게 제어할 수 있다.
- [0015] 다른 실시예는 챔버; 상기 챔버의 내부에 구비되고 실리콘 단결정 용액을 수용하는 도가니; 상기 도가니를 가열하는 가열부; 상기 도가니의 상부에 구비되는 단열 부재; 상기 도가니에 자기장을 인가하는 자기장 발생 장치; 상기 도가니를 회전시켜 상승시키는 회전축; 및 상기 챔버 내부의 압력을 제어하는 제어부를 포함하고, 상기 제어부는 제2 단계에서의 상기 챔버 내부의 압력을 제1 단계에서의 상기 챔버 압력보다 낮게 제어하고, 상기 제1 단계는 상기 실리콘 용액의 고화율이 65 퍼센트 미만이고, 상기 제2 단계는 상기 실리콘 용액의 고화율이 65 퍼센트 이상인 실리콘 단결정 잉곳의 성장 장치를 제공한다.

발명의 효과

- [0016] 실시예에 따른 실리콘 단결정 잉곳 장치 및 방법은, 석영 도가니로부터 실리콘 용액으로 유입되는 산소 원자의 농도를 조절하여, 잉곳 내부로 유입되는 산소 원자의 농도를 일정하게 제어할 수 있다.
- [0017] 또한, 성장된 실리콘 단결정 잉곳을 가공하여 제조되는 웨이퍼는, 기계적 강도와 열에 대한 항력이 향상되고, 특히 산소 원자가 산소 석출물을 형성하여 열처리 등의 공정에서 웨이퍼 내에 존재하는 불순물을 포집하는 게터링 사이트(Gettering Site)로 작용하여, 웨이퍼의 특성이 향상될 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0018] 도 1은 실시예에 따른 실리콘 단결정 잉곳의 성장 장치를 나타낸 도면이고,
 도 2는 실리콘 단결정 잉곳을 나타낸 도면이고,
 도 3a와 도 3b는 도 1의 장치에서 실리콘 단결정 잉곳의 제1 부분과 제2 부분이 성장되는 과정을 나타낸 도면이고,
 도 4a는 제2 부분에서, 제1 실시예 내지 제3 실시예에 따른 실리콘 단결정 잉곳의 길이 증가에 따른 챔버 내의 압력 감소를 나타내고,
 도 4b는 제2 부분에서, 제1 실시예 내지 제3 실시예에 따른 실리콘 단결정 잉곳의 길이 증가에 따른 산소 농도 변화를 나타내고,
 도 5a와 도 5b는 종래의 비교예에 따른 실리콘 단결정 잉곳의 길이 증가에 따른 종축 방향의 산소 농도 편차를 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0019] 이하, 본 발명을 구체적으로 설명하기 위해 실시 예를 들어 설명하고, 발명에 대한 이해를 돕기 위해 첨부도면을 참조하여 상세하게 설명하기로 한다.
- [0020] 그러나, 본 발명에 따른 실시 예들은 여러 가지 다른 형태로 변형될 수 있으며, 본 발명의 범위가 아래에서 상술하는 실시 예들에 한정되는 것으로 해석되지 않아야 한다. 본 발명의 실시 예들은 당 업계에서 평균적인 지식

을 가진 자에게 본 발명을 보다 완전하게 설명하기 위해서 제공되는 것이다.

- [0021] 또한, 이하에서 이용되는 "제1" 및 "제2," "상부" 및 "하부" 등과 같은 관계적 용어들은, 그런 실체 또는 요소들 간의 어떠한 물리적 또는 논리적 관계 또는 순서를 반드시 요구하거나 내포하지는 않으면서, 어느 한 실체 또는 요소를 다른 실체 또는 요소와 구별하기 위해서만 이용될 수도 있다.
- [0022] 도 1은 실시예에 따른 실리콘 단결정 잉곳의 성장 장치를 나타낸 도면이다.
- [0023] 실시예에 따른 실리콘 단결정 잉곳의 성장 장치(100)는, 다결정의 고체 실리콘을 녹여서 액체로 만든 후 재결정화하여 단결정의 실리콘 잉곳을 성장시킬 수 있다.
- [0024] 상세하게는, 실리콘 단결정 잉곳의 성장 장치(100)는 내부에 실리콘 용액(Si melt)으로부터 실리콘 단결정 잉곳(Ingot)이 성장하기 위한 공간이 형성되는 챔버(110)와, 실리콘 단결정 용액(Si melt)이 수용되는 제1,2 도가니(120, 122)와, 제1,2 도가니(120, 122)를 가열하기 위한 가열부(140)와, 실리콘 단결정 잉곳을 향한 가열부(140)의 열을 차단하기 위하여 제1 도가니(120)의 상부에 위치하는 단열 부재(160)와, 실리콘 단결정 잉곳의 성장을 위한 시드(미도시)를 고정하기 위한 시드척(180), 성장되는 실리콘 단결정 잉곳의 상부에 구비되는 수냉관(190), 구동 수단에 의해 회전되어 제2 도가니(122)를 회전시켜 상승시키는 회전축(130), 및 제1,2 도가니(120, 122)에 자기장을 인가하는 제1,2 자기장 발생 장치(150, 155)를 포함할 수 있다.
- [0025] 챔버(110)는 내부에 캐비티(cavity)가 형성된 원통 형상일 수 있고, 챔버(110)의 중앙 영역에 상기 제1,2 도가니(120, 122)가 구비된다. 도시되지는 않았으나, 챔버(110)의 상부 영역에는 실리콘 공급부가 구비되어 다결정의 폴리 실리콘을 제1 도가니(120)로 공급할 수 있다.
- [0026] 제1,2 도가니(120, 122)는 실리콘 단결정 용액이 수용될 수 있도록 전체적으로 오목한 그릇의 형상이고 텅스텐(W) 또는 몰리브덴(Mo) 등의 재질로 이루어질 수도 있으나, 본 실시예에서는 실리콘 단결정 용액과 직접 접촉되는 제1 도가니(120)는 석영으로 이루어지고, 제1 도가니(120)의 외면을 둘러싸면서 제1 도가니(120)를 지지하는 제2 도가니(122)는 흑연으로 이루어질 수 있다.
- [0027] 특히 제1 도가니의 단면은 도 3a 등에 도시된 바와 같이, 측면이 수직 방향으로 플랫폼 형상이되, 하면은 라운드 형상일 수 있다.
- [0028] 성장되는 실리콘 단결정 잉곳의 상부에 구비되는 수냉관(190)은 고온의 실리콘 단결정 잉곳을 냉각시킬 수 있다. 제1,2 자기장 발생 장치(150, 155)는 챔버(110)를 주변 영역의 상,하에 수직 방향으로 배치될 수 있으며, 코일 형태로 구비될 수도 있으나, 도시된 배치 형상과 코일 형태에 한정하지 않는다. 제1,2 자기장 발생 장치(150, 155)는, 챔버(110) 내부의 제1 도가니(120)에 자기장을 인가하여 실리콘 용액의 대류를 억제하여 제1 도가니(120)로부터 용출되는 산소 원자의 농도를 제어할 수 있다.
- [0029] 도시되지는 않았으나, 제어부가 실리콘 단결정 잉곳의 성장 장치에 구비되어, 제어부는 챔버 내부의 압력을 제어하며, 후술하는 제1,2 단계에서 챔버 내부의 압력 제어와, 제1,2 단계에서의 아르곤 기체의 유량 제어를 제어하며, 또한 제1,2 자기장 발생 장치의 작동을 제어할 수도 있다. 또한, 제어부는, 제1 단계와 제2 단계에서, 실리콘 용액이 저장된 도가니로부터 상기 실리콘 단결정 잉곳으로 공급되는 산소 원자의 농도를 일정하게 제어할 수 있다.
- [0030] 이하에서는, 상술한 실리콘 단결정 잉곳의 성장 장치를 사용하여 쇼크랄스키 방법을 실리콘 다결정의 잉곳을 성장시키는 공정을 설명한다.
- [0031] 먼저 다결정의 실리콘을 석영 재질의 제1 도가니(120)에 주입하고, 흑연 발열체 등으로 이루어진 가열부(140)에 의하여 다결정의 실리콘을 용융시킨 후, 용융 결과물인 실리콘 용액(Si melt)에 시드를 담그고, 실리콘 용액의 계면에서 결정화가 일어날 때 시드를 회전하면서 인상시킴으로써 실리콘 단결정 잉곳을 성장시킬 수 있다.
- [0032] 상세하게는 회전축(130)을 회전시키면서 제1,2 도가니(120, 122)를 상승시켜서 실리콘 단결정과 실리콘 용액의 계면이 일정한 높이를 유지하도록 하고, 실리콘 단결정 잉곳은 제1,2 도가니(120, 122)의 회전축과 동일한 축을 중심으로 하여 제1,2 도가니(120, 122)의 회전방향과 반대방향으로 회전시키면서 끌어올릴 수 있다.
- [0033] 도 2에서, (a) 단계에서는 잉곳의 직경이 서서히 확장되며 숄더링(shouldering) 공정이라 할 수 있고, 잉곳의 직경이 일정한 크기로 성장한 이후의 (b) 단계를 바디(body)의 성장 공정이라고 할 수 있고, 실리콘 단결정 잉곳의 성장이 마무리되는 (c) 단계를 테일링(tailing) 공정이라고 할 수 있다.
- [0034] 본 발명에 따른 실리콘 단결정 잉곳의 성장 방법의 일실시예에서는, 실리콘 단결정 잉곳의 성장 공정을 제1 단

계와 제2 단계로 구분하고, 특히 제2 단계에서 챔버(110) 내부의 아르곤 주입 유량과 챔버(110) 내부의 압력 등을 조절하여 잉곳으로 공급되는 산소량을 제어할 수 있다.

- [0035] 실리콘 단결정 잉곳의 성장 공정에서, 석영 재질의 제1 도가니(120)와 실리콘 용액(Si melt)이 반응하여 실리콘 용액(Si melt) 중에서 산소 원자가 용출될 수 있다. 용출된 산소원자의 99% 정도는 SiO(일산화규소) 형태로 증발하나, 1% 정도는 산소 원자(O)로 잉곳 내부에 유입될 수 있다.
- [0036] 이때, 잉곳 내부로 유입되는 산소 원자의 농도는 제1 도가니(120)로부터 실리콘 용액으로 용출되는 산소 원자의 양에 따라 달라질 수 있다. 그리고, 실리콘 용액으로 용출되는 산소 원자의 양은 제1 도가니(120)와 실리콘 용액(Si melt)의 접촉 면적과 단위 시간 당 접촉 유량에 따라 달라질 수 있다.
- [0037] 따라서, 잉곳 내부로 유입되는 산소 원자의 농도는 제1 도가니(120)와 실리콘 용액(Si melt)의 접촉 면적과 단위 시간 당 접촉유량을 조절하여 제어될 수 있으며, 예를 들면 제1 도가니(120)로부터 실리콘 용액으로 공급되는 산소 원자의 농도를 일정하게 제어하여, 잉곳 내부로 유입되는 산소 원자의 농도를 일정하게 제어할 수 있다.
- [0038] 여기서, 석영으로 이루어진 제1 도가니(120)와 실리콘 용액(Si melt)의 접촉면적은, 예를 들면 도 3a와 도 3b에 도시된 바와 같이, 실리콘 단결정 잉곳이 성장됨에 따라 실리콘 용액의 양이 감소함에 따라 감소하게 된다.
- [0039] 따라서, 제1 도가니(120)에서 실리콘 용액에 용출 내지 공급되는 산소 원자의 개수 내지 농도는 실리콘 단결정 잉곳의 성장 후반부로 갈수록 감소할 수 있고, 이때 실리콘 단결정 잉곳의 성장 후반부로 갈수록 잉곳에 유입되는 산소 원자의 개수 내지 농도도 감소할 수 있으며, 잉곳의 길이가 대형화되는 경우에 잉곳 성장 공정의 전, 후반부 사이의 산소 원자의 농도 편차는 더욱 커질 수 있다.
- [0040] 도 3a와 도 3b는 도 1의 장치에서 실리콘 단결정 잉곳의 제1 부분과 제2 부분이 성장되는 과정을 나타낸 도면이다.
- [0041] 본 발명에 따른 실리콘 단결정 잉곳의 성장 방법의 일실시예에서는, 실리콘 용액으로부터 성장되는 실리콘 단결정 잉곳을 제1 부분과 제2 부분으로 구분하고, 이때 제1 부분은 실리콘 용액의 고화율이 65 퍼센트 미만이고, 상기 제2 부분은 상기 실리콘 용액의 고화율이 65 퍼센트 이상일 수 있다.
- [0042] 여기서, 고화율은 잉곳 성장 초기에 도가니에 담겨진 실리콘 용액의 중량 중 고화되어 잉곳으로 성장된 부분의 비율을 뜻하며, 예를 들어 초기에 100 킬로그램의 실리콘 용액이 도가니에 담겨진 경우 65 킬로그램의 잉곳이 성장된 때를 실리콘 용액의 고화율 65 퍼센트라고 칭하며, 실리콘 단결정 잉곳의 바디 부분의 종축 방향의 길이는 대략 1600 밀리미터 정도일 수 있다.
- [0043] 고화율 65 퍼센트 이후의 구간이 문제되는 이유는, 실리콘 용액 중 65 퍼센트가 고화되면 실리콘 용액의 부피가 줄어들고, 도 3b에 도시된 바와 같이 도가니의 하부의 라운드 영역에 고액 계면이 위치하게 된다. 따라서, 실리콘 용액 내에서의 대류가 고화율 65 퍼센트 이전이 구간과 다르게 되어, 실시예에서 제공하는 방법으로 실리콘 멜트에 공급되는 산소 농도를 제어할 필요성이 있다.
- [0044] 그리고, 실리콘 단결정 잉곳의 제1 부분을 성장시키는 제1 단계에서보다, 제2 부분을 성장시키는 제2 단계에서 챔버(110) 내부의 압력을 낮게 제어할 수 있으며, 압력의 제어는 아르곤 기체의 유량을 조절하여 이루어질 수 있다. 즉, 챔버 내부의 압력이 보다 낮아지면, 제1 도가니(120)으로부터 산소 원자가 실리콘 용액(Si melt)로 공급되기에 더 유리할 수 있기 때문이다.
- [0045] 도 4a는 제2 부분에서, 제1 실시예 내지 제3 실시예에 따른 실리콘 단결정 잉곳의 길이 증가에 따른 챔버 내의 압력 감소를 나타내며, 상세하게는 실리콘 단결정 잉곳의 길이당 압력 수준의 변화에 따라 산소 농도가 증가하거나 거의 균일하거나 또는 감소하는 경향을 나타낸다.
- [0046] 실시예 1 내지 3은, 실리콘 단결정 잉곳의 제2 부분의 성장 단계에서, 챔버 내의 압력을 밀리미터(mm)마다 각각 0.02 torr과 0.04 torr과 0.03 torr 각각 감소시킬 수 있다. 그리고, 실시예 1 내지 실시예 3은 모두 제2 단계에서 챔버 내의 압력을 시간에 따라 감소시킬 수 있다.
- [0047] 예를 들어, 밀리미터당 0.03 torr 감소시킨다 함은, 실리콘 단결정 잉곳의 종축(도 3a와 도 3b에서 세로 방향) 방향의 길이가 1 밀리미터 증가할 때 마다 챔버 내의 압력을 0.03 torr 감소시키는 것을 의미한다.
- [0048] 도 4b는 제2 부분에서, 제1 실시예 내지 제3 실시예에 따른 실리콘 단결정 잉곳의 길이 증가에 따른 산소 농도 변화를 나타내며, 실리콘 단결정 잉곳의 종축 방향의 중심에서 산소 농도를 측정된 것이다.

- [0049] 실시예 3, 즉 실리콘 단결정 잉곳의 종축 방향의 길이가 1 밀리미터 증가할 때 마다 챔버 내의 압력을 0.03 torr 감소시킨 경우에, 실리콘 단결정 잉곳의 종축 방향에서의 산소 농도의 편차가 가장 고른 것을 알 수 있으며, 실시예 1의 경우에는 실리콘 단결정 잉곳의 종축 방향으로 산소 농도가 점점 증가하는 것을 알 수 있고, 실시예 2의 경우에는 실리콘 단결정 잉곳의 종축 방향으로 산소 농도가 점점 감소하는 것을 알 수 있다.
- [0050] 그리고, 챔버 내의 압력의 조절은, 챔버 내로 공급되는 아르곤(Ar) 기체의 유량을 조절하여 이루어질 수 있다. 제2 단계에서 아르곤 기체는 150 내지 170 리터(liter)/분(minute)의 유량으로 챔버 내로 공급될 수 있는데, 아르곤 기체의 유량이 상술한 범위보다 크면 잉곳 내의 산소 원자의 농도가 너무 증가할 수 있고, 아르곤 기체의 유량이 상술한 범위보다 작으면 챔버 내부의 압력이 감소하여 제1 도가니로부터 실리콘 용액으로 공급되는 산소 원자의 농도가 너무 감소할 수 있다.
- [0051] 그리고, 상술한 범위의 유량으로 아르곤 기체 등의 비활성 기체가 챔버 내로 공급될 때, 챔버 내부의 압력은 30 내지 60 torr일 수 있다. 챔버 내부의 압력이 60 torr 보다 크면 실리콘 용액의 계면에서 아르곤의 속도가 상대적으로 작아져서 실리콘 용액의 자연 대류에 의하여 실리콘 용액 표면으로 이동한 산소가 실리콘 용액 밖으로 휘발되는 양이 작아져서 결과적으로 실리콘 단결정 잉곳 내부의 산소 농도가 너무 증가할 수 있고, 반대로 챔버 내부의 압력이 30 torr 보다 작으면 실리콘 단결정 잉곳 내부의 산소 농도가 너무 감소할 수 있다.
- [0052] 그리고, 실리콘 단결정 잉곳의 바디 영역의 성장 중에, 상술한 제1,2 자기장 발생 장치(150, 155)에서 실리콘 용액(Si melt) 방향으로 상세하게는 수평 방향으로 자기장을 더 약하게 인가하면, 자기장을 더 세게 인가한 경우보다, 실리콘 용액의 대류가 증가하여 단위 시간 동안 실리콘 용액과 제1 도가니와의 접촉 내지 충돌이 증가하여 결과적으로 제1 도가니로부터 실리콘 용액으로 공급 내지 용출되는 산소 농도가 증가할 수 있다.
- [0053] 따라서, 본 실시예에서는, 열에 의한 실리콘 용액의 자연 대류에 추가하여 자기장에 의한 실리콘 용액의 강제 대류를 일으키되, 제2 단계에서 실리콘 용액에 상대적으로 약하게 자기장을 인가할 수 있고, 예를 들면 제1 단계에서 제1,2 자기장 발생 장치(150, 155)에서 자기장을 인가하고, 제2 단계에서는 제1,2 자기장 발생 장치(150, 155) 중 하나에서만 자기장을 인가할 수도 있다. 단열 부재(160)의 형상은 도시된 예에 한정하지 않으며, 성장 중인 실리콘 단결정 잉곳을 향한 가열부(140)의 열을 차단하는 다른 형상일 수 있다.
- [0054] 상술한 방법으로 제조된 실리콘 단결정 잉곳은, 잉곳을 슬라이싱(Slicing)하여 얇은 원판 모양의 웨이퍼를 얻는 슬라이싱 공정과, 상기 슬라이싱 공정에 의해 얻어진 웨이퍼의 깨짐, 일그러짐을 방지하기 위해 그 외주부를 가공하는 그라인딩(Grinding) 공정과, 상기 웨이퍼에 잔존하는 기계적 가공에 의한 손상(Damage)을 제거하는 랩핑(Lapping) 공정과, 상기 웨이퍼를 경면화하는 연마(Polishing) 공정과, 연마된 웨이퍼에 부착된 연마제나 이물질을 제거하는 세정 등을 통하여 실리콘 단결정의 웨이퍼으로 제조될 수 있다.
- [0055] 이러한 웨이퍼는, 기계적 강도와 열에 대한 항력이 향상되고, 특히 산소 원자가 산소 석출물을 형성하여 열처리 등의 공정에서 웨이퍼 내에 존재하는 불순물을 포집하는 게터링 사이트(Gettering Site)로 작용하여, 웨이퍼의 특성이 향상될 수 있다.
- [0056] 이상과 같이 실시예는 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 본 발명은 상기의 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다.
- [0057] 그러므로, 본 발명의 범위는 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니되며, 후술하는 특허청구범위뿐만 아니라 이 특허청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

부호의 설명

- [0058] 100: 실리콘 단결정 잉곳의 성장 장치

110: 챔버 120, 122: 제1,2 도가니

130: 회전축 140: 가열부

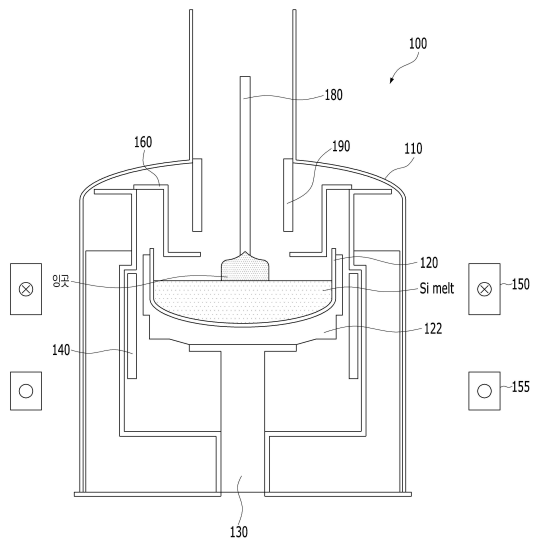
150, 155: 제1,2 자기장 발생 장치

160: 단열 부재 180: 시드칩

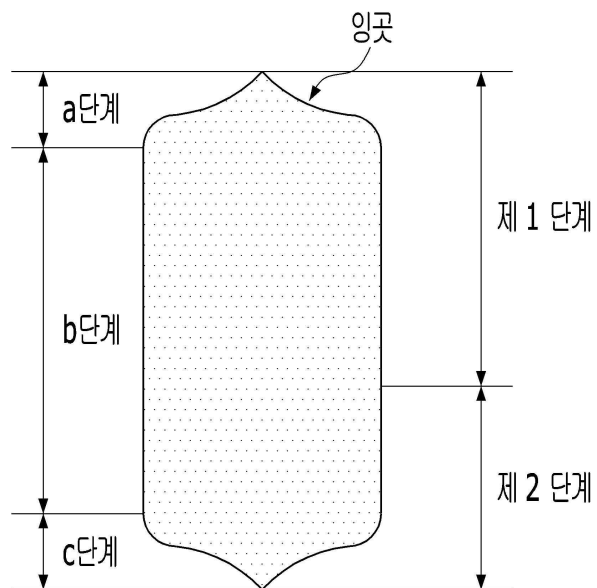
190: 수냉관

도면

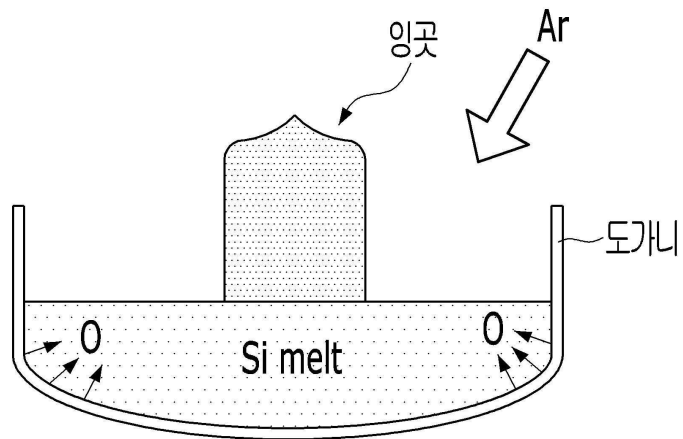
도면1



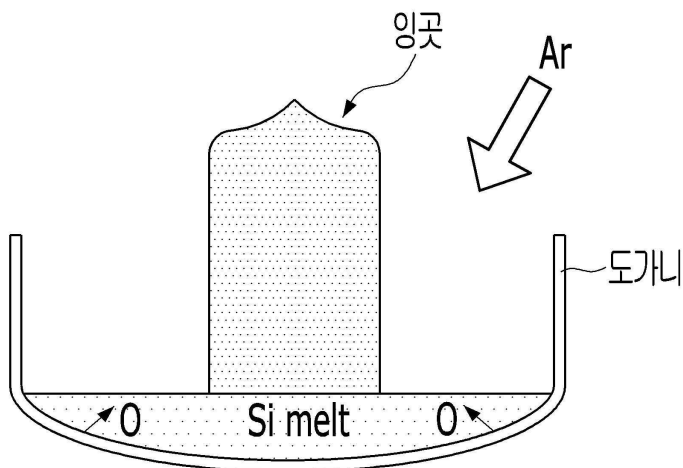
도면2



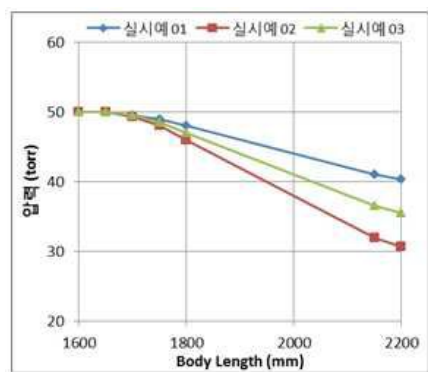
도면3a



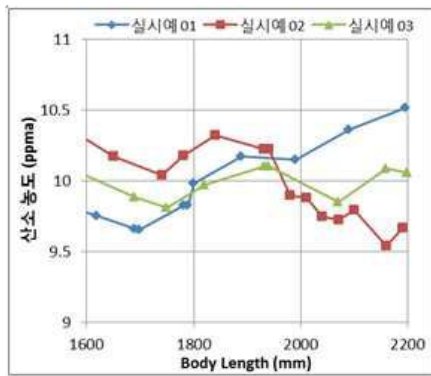
도면3b



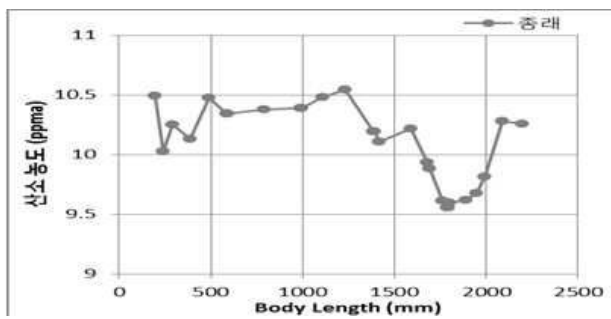
도면4a



도면4b



도면5a



도면5b

