



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0051441
(43) 공개일자 2017년05월11일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C30B 15/20 (2006.01) C30B 29/06 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
C30B 15/20 (2013.01)
C30B 29/06 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2017-7006467
- (22) 출원일자(국제) 2015년08월25일
심사청구일자 없음
- (85) 번역문제출일자 2017년03월08일
- (86) 국제출원번호 PCT/JP2015/004258
- (87) 국제공개번호 WO 2016/038817
국제공개일자 2016년03월17일
- (30) 우선권주장
JP-P-2014-186166 2014년09월12일 일본(JP)

- (71) 출원인
신에쓰 한도타이 가부시키키가이샤
일본 도쿄도 치요다쿠 오테마치 2초메 2-1
- (72) 발명자
타카시마, 쇼우
일본, 후쿠이 9158525, 에치젠-시, 키타고 2-초메, 13-50, 신에쓰 한도타이 가부시키키가이샤, 타케푸 공장내
미야하라, 유우이치
일본, 후쿠이 9158525, 에치젠-시, 키타고 2-초메, 13-50, 신에쓰 한도타이 가부시키키가이샤, 타케푸 공장내
이와사키, 아츠시
일본, 후쿠이 9158525, 에치젠-시, 키타고 2-초메, 13-50, 신에쓰 한도타이 가부시키키가이샤, 타케푸 공장내
- (74) 대리인
특허법인씨엔에스

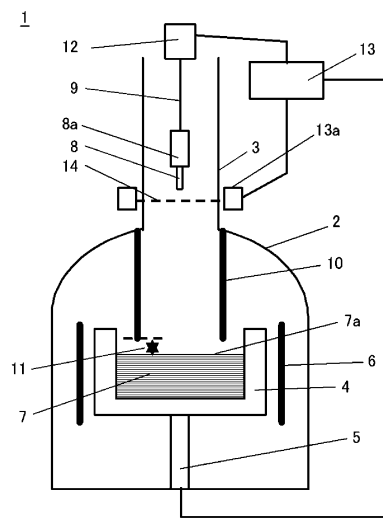
전체 청구항 수 : 총 2 항

(54) 발명의 명칭 단결정의 제조방법

(57) 요약

본 발명은, 용액면 상의 로내 구조물을 풀챔버에 설치한 상태에서, 상기 용액면 상의 소정의 높이에 있는, 기준 높이 위치로부터 상기 로내 구조물의 하단부까지의 거리를 측정하고, 이 측정된 거리와, 미리 설정한 상기 기준 높이 위치로부터 상기 로내 구조물의 하단부까지의 거리와의 차인 하단부 위치 오차를 구하고, 이 하단부 위치 오차와, 상기 기준높이 위치로부터 용액면 위치까지의 거리를 가산함으로써, 상기 용액면으로부터 상기 기준높이 위치까지의 목표 거리를 구하고, 상기 용액면의 초기 위치로부터 상기 기준높이 위치까지의 거리를 상기 목표 거리가 되도록 함으로써, 상기 간격을 소정의 거리로 조정하는 것을 특징으로 하는 단결정의 제조방법이다. 이에 따라, 로내에 국부적으로 정도를 요구하는 개소를 마련하지 않고서, 또한 로내 구조물을 구성하는 부품이 교환된 경우여도 탕면 간격을 소정의 거리로 조정할 수 있다.

대표도 - 도1



명세서

청구범위

청구항 1

초크랄스키법에 의해 도가니 내의 원료용액으로부터 와이어로 단결정을 인상하여 육성할 때에, 상기 원료용액의 용액면과, 이 용액면 상에 배치되는 로내 구조물의 하단부와의 간격을 소정의 거리로 조정하여, 단결정을 육성하는 단결정의 제조방법으로서,

상기 용액면 상의 로내 구조물을 풀챔버에 설치한 상태에서, 상기 용액면 상의 소정의 높이에 있는, 기준높이 위치로부터 상기 로내 구조물의 하단부까지의 거리를 측정하고, 이 측정된 거리와, 미리 설정한 상기 기준높이 위치로부터 상기 로내 구조물의 하단부까지의 거리와의 차인 하단부 위치 오차를 구하고, 이 하단부 위치 오차와, 상기 기준높이 위치로부터 용액면 위치까지의 거리를 가산함으로써, 상기 용액면으로부터 상기 기준높이 위치까지의 목표 거리를 구하고, 상기 용액면의 초기 위치로부터 상기 기준높이 위치까지의 거리를 상기 목표 거리가 되도록 함으로써, 상기 간격을 소정의 거리로 조정하는 것을 특징으로 하는 단결정의 제조방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 목표 거리를 구할 때에, 상기 하단부까지의 거리를 측정된 상기 용액면 상의 로내 구조물이, 열팽창에 의해 변화하는 길이를 추정하고, 미리 상기 기준높이 위치로부터 상기 로내 구조물의 하단부까지의 거리를 설정할 때에, 미리 정한 상기 로내 구조물의 열팽창 기준길이와, 상기 추정된 길이와의 차인 열팽창 오차를 구하고, 이 열팽창 오차와, 상기 하단부 위치 오차와, 상기 기준높이 위치로부터 상기 용액면 위치까지의 거리를 각각 가산함으로써, 상기 목표 거리를 구하는 것을 특징으로 하는 단결정의 제조방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은, 초크랄스키법(Czochralski method, 이하, CZ법이라고도 함)에 의한 실리콘 단결정의 제조에 있어서, 실리콘 단결정 중의 산소농도 제어 그리고, 산소유기 적층결함(Oxidation-induced Stacking Fault, 이하, OSF라고도 함)으로 대표되는 결정결함의 발생을 방지하기 위한 제조방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 단결정의 제조방법으로서, 도가니 내의 원료용액으로부터 결정을 성장시키면서 인상하는 CZ법이 널리 행해지고 있다. 이 CZ법의 실리콘 단결정의 제조에 있어서 아르곤의 유량, 로내압력, 용액면과 로내 구조물의 하단부와의 거리(이하, 탕면 간격이라고도 함)를 조정하여, 결정 중의 산소농도 제어 그리고 OSF 등의 결정결함을 저감하고 있다.

[0003] 예를 들어, 특허문헌 1에는, 인상장치에 센서를 추가하고, 종결정의 높이위치를 기준으로 하여, 용액면을 소정의 위치로 조절하는 방법이 제안되어 있다. 또한, 특허문헌 2에는, 용액면을 향하여 광을 투사하고, 용액면으로부터의 반사광을 검지하여 탕면 간격을 조절하는 방법이 제안되어 있다.

[0004] 또한, 특허문헌 3에는, 직접 용액에 위치측정장치를 접촉시켜 탕면 간격을 조절하는 방법이 나타나 있다. 또한, 특허문헌 4에는, 복사방지통 하부의 사상(寫像)을 검지하여 복사방지통을 상하이동시켜 탕면 간격을 조절하는 방법이 제안되어 있다. 또한, 특허문헌 5에는, 용액면 상부에 배치한 기준반사체와 용액면의 상대거리를 측정하는 방법이 제안되어 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0005] (특허문헌 0001) 특허문헌1: 일본특허공고 H5-59876호 공보
- (특허문헌 0002) 특허문헌2: 일본특허공개 H6-92784호 공보
- (특허문헌 0003) 특허문헌3: 일본특허공개 H7-330484호 공보
- (특허문헌 0004) 특허문헌4: 일본특허공개 H7-277879호 공보
- (특허문헌 0005) 특허문헌5: 일본특허공개 2007-290906호 공보

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0006] 그러나, 특허문헌 1의 방법에서는, 로내 구조물이 변경되지 않는 경우, 탕면 간격을 소정의 거리로 재현성 좋게 조절할 수 있는 한편, 로내 구조물을 구성하는 부품을 교환한 경우에는, 그 제작치수 오차나 감합 오차에 의해, 탕면 간격의 재현성이 저하되어 버려, 결결결함을 저감시키는 효과를 잃게 된다는 문제가 있다.
- [0007] 이에 대하여, 로내 구조물의 하단부의 위치를 정도(精度) 좋게 배치하기 위해서는, 부품 하나하나의 제작 치수 정도를 좋게 하는 것 및, 감합오차가 잘 발생하지 않는 형상으로 변경하는 것, 열팽창의 특성 불균일에 대해서는, 특성 불균일 범위의 한정 등을 행하는 것이 고려된다. 그러나, 대상이 되는 부품이 다수가 되고, 또한, 모든 부품에 대하여 실시할 필요가 있어, 부품의 제작비용이 고가가 된다는 문제가 있다.
- [0008] 또한, 특허문헌 2에서는, 레이저 투광부나 수광부, 더 나아가서는 레이저광 통과부 등 광학계가 복잡해져, 측정 정도를 올리기 위해서는 고가의 광학계가 필요해진다.
- [0009] 또한, 특허문헌 3의 방법에서는, 위치측정장치를 용액면에 접촉시킴으로써, 길이가 변화해버리므로, 반복정도가 나쁘다는 문제가 있다.
- [0010] 또한, 특허문헌 4에서는, 복사방지통 상하이동기구가 필요해져 장치가 고가가 된다. 나아가, 고체의 실리콘원료를 용융하는 과정에서 발생하는 용액의 튀(飛び跳ね)이, 복사방지통의 하면에 부착되어 사상이 변화함에 따라, 용액위치의 측정을 정확하게 실시할 수 없게 된다.
- [0011] 또한, 특허문헌 5에서도, 고체의 실리콘원료를 용융하는 과정에서 발생하는 용액의 튀이, 반사체에 부착되어 경상(鏡像)이 변화함에 따라, 용액위치의 측정을 정확하게 실시할 수 없게 된다는 문제가 있다.
- [0012] 이와 같이, 로내에 국부적으로 정도를 요구하는 개소를 마련한 경우, 이 부분이 기능하지 않게 될 사상(事象)이 발생하는 것을 방지할 수 없어, 적당한 해결수단이 요구되고 있었다.
- [0013] 본 발명은 상기와 같은 문제를 감안하여 이루어진 것으로, 로내에 국부적으로 정도를 요구하는 개소(箇所)를 마련하지 않고서, 또한 로내 구조물을 구성하는 부품이 교환된 경우에도 탕면 간격을 소정의 거리로 조절할 수 있는 단결정의 제조방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

- [0014] 상기 목적을 달성하기 위하여, 본 발명에 따르면, 초크랄스키법에 의해 도가니 내의 원료용액으로부터 와이어로 단결정을 인상하여 육성할 때에, 상기 원료용액의 용액면과, 이 용액면 상에 배치되는 로내 구조물의 하단부와 의 간격을 소정의 거리로 조정하여, 단결정을 육성하는 단결정의 제조방법으로서,
- [0015] 상기 용액면 상의 로내 구조물을 풀챔버에 설치한 상태에서, 상기 용액면 상의 소정의 높이에 있는, 기준높이 위치로부터 상기 로내 구조물의 하단부까지의 거리를 측정하고, 이 측정한 거리와, 미리 설정한 상기 기준높이 위치로부터 상기 로내 구조물의 하단부까지의 거리와의 차인 하단부 위치 오차를 구하고, 이 하단부 위치 오차와, 상기 기준높이 위치로부터 용액면 위치까지의 거리를 가산함으로써, 상기 용액면으로부터 상기 기준높이 위치까지의 목표 거리를 구하고, 상기 용액면의 초기 위치로부터 상기 기준높이 위치까지의 거리를 상기 목표 거리가 되도록 함으로써, 상기 간격을 소정의 거리로 조정하는 것을 특징으로 하는 단결정의 제조방법을 제공한다.

[0016] 이렇게 함으로써, 로내에 국부적으로 정도를 요구하는 개소를 마련하지 않고서, 또한 로내 구조물을 구성하는 부품이 교환된 경우에도, 탕면 간격을 소정의 거리로 조정할 수 있다. 그 결과, 단결정을 제조했을 때에, 결정 결함을 저감할 수 있다.

[0017] 이때, 상기 목표 거리를 구할 때에, 상기 하단부까지의 거리를 측정된 상기 용액면 상의 로내 구조물이, 열팽창에 의해 변화하는 길이를 추정하고, 미리 상기 기준높이 위치로부터 상기 로내 구조물의 하단부까지의 거리를 설정할 때에, 미리 정한 상기 로내 구조물의 열팽창 기준길이와, 상기 추정된 길이와의 차인 열팽창 오차를 구하고, 이 열팽창 오차와, 상기 하단부 위치 오차와, 상기 기준높이 위치로부터 상기 용액면 위치까지의 거리를 각각 가산함으로써, 상기 목표 거리를 구하는 것이 바람직하다.

[0018] 이렇게 함으로써, 로내 구조물이 열팽창에 의해 변화한 경우에도, 탕면 간격을 소정의 거리로 조정하는 것을 보다 확실하게 할 수 있다.

발명의 효과

[0019] 본 발명의 단결정의 제조방법에 따르면, 로내에 국부적으로 정도를 요구하는 개소를 마련하지 않고서, 또한 로내 구조물을 구성하는 부품이 교환된 경우에도, 탕면 간격을 소정의 거리로 조정할 수 있다. 그 결과, 결정 결함을 저감할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0020] 도 1은 본 발명에서 이용할 수 있는 단결정 제조장치의 일예를 나타낸 개략도이다.
 도 2는 본 발명에서 이용할 수 있는 단결정 제조장치에 있어서의 거리를 측정하는 개소 혹은, 미리 거리를 정하는 개소에 대하여 나타낸 개략도이다.
 도 3은 실시예에 있어서의 단결정 제조장치를 이용하여, 탕면 간격을 측정하는 방법의 일예를 나타낸 개략도이다.
 도 4는 실시예 1 및 비교예 1에 있어서의 탕면 간격의 목표값과의 오차의 결과를 나타낸 도면이다.
 도 5는 실시예 2 및 비교예 2에 있어서의 탕면 간격의 목표값과의 오차의 결과를 나타낸 도면이다.
 도 6은 실시예 3과 비교예 3에 있어서의 결정결함 밀도불균일의 결과를 나타내는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0021] 이하, 본 발명에 대하여 도면을 참조하여 상세하게 설명하나, 본 발명은 이것들로 한정되는 것은 아니다.
 [0022] 먼저, 본 발명의 단결정의 제조방법에서 이용할 수 있는 단결정 제조장치에 대하여 설명한다. 도 1에 나타내는 바와 같이, 실리콘 단결정 제조장치(1)는 메인챔버(2)와, 이것에 연통하는 풀챔버(3)를 가지고 있다.
 [0023] 메인챔버(2)에는, 도가니(4), 도가니(4)를 유지(保持)하는 도가니 유지축(5), 도가니(4)의 외주에 마련되는 히터(6)가 배치되어 있다. 그리고, 도가니(4) 내에 충전한 원료 다결정을 히터(6)에 의해 가열함으로써 용융하고, 원료용액(7)으로 하고 있다.
 [0024] 그리고, 원료용액(7)의 용액면(7a)의 상방에는 도가니 유지축(5)과 동축 상에, 종결정(8)을 유지하기 위한 종결정 홀더(8a) 및, 종결정 홀더(8a)를 인상하기 위한 와이어(9)가 마련되어 있다.
 [0025] 또한, 풀챔버(3)에는 로내 구조물(10)이 마련되어 있으며, 용액면(7a)과 로내 구조물(10)의 하단부 사이에는, 탕면 간격(11)이 나 있다.
 [0026] 또한, 도가니 유지축(5)은, 도가니(4)를 회전 및 승강시키기 위한 도가니 구동부(미도시)를 갖고 있다. 또한, 와이어(9)는, 종결정 홀더(8a)를 감아 올리고, 감아 내리고, 회전시키기 위한 와이어 구동부(12)를 가지고 있다.
 [0027] 도가니 구동부 및 와이어 구동부(12)의 동작은, 제어부(13)가 각 구동부에 지령신호를 출력함으로써 상하회전동을 제어할 수 있다. 또한, 제어부(13)에는 센서(13a)가 전기적으로 접속되어 있다.
 [0028] 다음으로, 본 발명의 단결정의 육성방법에 대하여 기재한다.
 [0029] 먼저, 용액면(7a)의 초기 위치의 조정에 앞서, 로내 구조물(10)을 조립하여, 풀챔버(3)에 설치해 둔다. 이 상태

에서, 용액면(7a) 상의 소정의 높이에 있는, 기준높이 위치(14)로부터 로내 구조물(10)의 하단부까지의 거리(M)(도 2 참조)를 측정하여 구한다.

[0030] 기준높이 위치(14)로부터 로내 구조물(10)의 하단부까지의 거리(M)의 측정에는, 전용 길이측정기나, 혹은 하기에 나타내는 측정방법 등을 적당히 이용할 수 있다.

[0031] 예를 들어, 와이어 구동부(12) 및 센서(13a)를 이용하는 경우에 대하여 설명한다.

[0032] 먼저, 로내 구조물(10)의 하단부를 평탄한 판으로 막아 평탄면을 형성한다. 다음에, 와이어 구동부(12)에 의해 종결정(8)을 감아 내린다. 그리고, 종결정(8)의 하단이 센서(13a)에 의해 검출된 위치로부터, 종결정(8)의 하단이, 로내 구조물(10)의 하단에 형성한 평탄부에 도달할 때까지 와이어 구동부(12)에 의해 와이어(9)를 감아 내린 위치까지의 거리를 측정한다. 이 측정된 거리를, 기준높이 위치(14)로부터 로내 구조물(10)의 하단부까지의 거리(M)로 할 수 있다.

[0033] 그리고, 하기의 식(1)으로부터, 측정에 의해 구한 로내 구조물(10)의 하단부까지의 거리(M)와, 미리 설정한 기준높이 위치(14)로부터 로내 구조물(10)의 하단부까지의 기준의 거리(L)(도 2 참조)와의 차인 하단부 위치 오차(G)를 구한다.

[0034] $G=M-L \cdots$ 식(1)

[0035] 이때, 기준높이 위치(14)로부터 로내 구조물(10)의 하단부까지의 기준의 거리(L)는, 하나의 장치에 있어서 항상 동일한 값을 사용하는 것이 바람직하다. 편의적으로는 장치와 로내 부재의 설계기준치수를 설정하는 것이 용이하다.

[0036] 나아가, 하기의 식(2)와 같이, 기준높이 위치(14)로부터 용액면 위치까지의 거리(H)(도 2 참조)에, 상기와 같이 하여 얻어진 하단부 위치 오차(G)를 가산함으로써, 용액면(7a)으로부터 기준높이 위치(14)까지의 목표 거리(P)를 얻는다.

[0037] $P=H+G \cdots$ 식(2)

[0038] 이때, 기준높이 위치(14)로부터 용액면 위치까지의 거리(H)는, 원하는 결정품질을 얻기 위하여 적절한 값으로 설정한 탕면 간격에 기준거리(L)를 더한 값에, 결정인상시에 있어서 종부로부터 결정 직동(直胴)부에 걸친 공정에서 탕면위치 이동거리와 탕면위치 변화거리를 더하여 구한 값을 설정할 수 있다. 또한, 하나의 장치에 있어서, 기준높이 위치(14)로부터 용액면 위치까지의 거리(H)의 값은 항상 동일한 값을 사용하는 것이 바람직하다.

[0039] 그리고, 용액면(7a)의 초기 위치를, 식(2)에 의해 얻어진 목표 거리(P)가 되도록 함으로써, 탕면 간격(11)을 소정의 거리로 조정한다.

[0040] 이렇게 함으로써, 로내에 국부적으로 정도를 요구하는 개소를 마련하지 않고서, 또한 로내 구조물을 구성하는 부품이 교환된 경우여도 탕면 간격을 소정의 거리로 조정할 수 있다.

[0041] 이때, 결정인상 중에 로내의 온도가 고온이 됨에 따라, 로내 구조물(10)의 길이가 열팽창에 의해 변화하는 것을 고려하여, 이하와 같이 하여, 목표 거리(P)의 결정을 하는 것이 보다 바람직하다.

[0042] 먼저, 풀챔버(3)에 설치하는 로내 구조물(10)의 각 부품의 소재의 선열팽창계수를 미리 측정해 둔다. 그리고, 결정인상 중인 로내 구조물부(10)의 각 부품의 온도를 미리 실측하거나, 혹은 수치계산 시뮬레이션 등에 의해 각 부품의 온도를 구해 둔다.

[0043] 그리고, 로내 구조물(10)의 각 부품의 온도와, 측정에 의해 구한 로내 구조물(10)의 각 부품의 소재의 선열팽창계수를 이용하여, 결정인상 중에 로내 구조물(10)이 열팽창에 의해 변화하는 길이인, 열팽창 추정 길이(E)(도 2 참조)를 추정한다.

[0044] 한편, 미리 기준높이 위치로부터 로내 구조물(10)의 하단부까지의 거리를 설정할 때에, 미리 로내 구조물(10)의 열팽창 기준길이(F)(도 2 참조)를 정해 둔다.

[0045] 이때, 열팽창 기준길이(F)는, 복수의 로내 구조물(10)의 소재의 선열팽창계수를 측정하고, 그 평균 값을 이용하여 구하고, 실측 혹은 수치계산 시뮬레이션 등에 의해 구한 각 부품의 온도를 이용하여 구한 결정인상 중에 로내 구조물(10)이 열팽창에 의해 변화하는 길이로 할 수 있다. 열팽창 기준길이(F)와 각 부품의 온도는 하나의 장치에 있어서, 이 값은 항상 동일한 값을 사용하는 것이 바람직하다.

- [0046] 그리고, 하기에 나타내는 식(3)과 같이 하여, 열팽창 추정 길이(E)와 열팽창 기준길이(F)와의 차인 열팽창 오차(D)를 구한다.
- [0047] $D=E-F \cdots$ 식(3)
- [0048] 그리고, 하기에 나타내는 식(4)와 같이 열팽창 오차(D)와, 상기 서술한 하단부 위치 오차(G)와, 기준높이 위치(14)로부터 용액면(7a)까지의 거리(H)를 각각 가산함으로써, 로내 구조물(10)의 열팽창의 오차를 고려한 경우의 기준높이 위치(14)로부터 용액면(7a)까지의 목표 거리(P)를 구할 수 있다.
- [0049] $P=H+G+D \cdots$ 식(4)
- [0050] 이렇게 함으로써, 로내 구조물이 열팽창의 오차를 갖는 경우이더라도, 탕면 간격을 소정의 거리로 조정하는 것을 보다 확실하게 할 수 있다.
- [0051] 이렇게 하여, 탕면 간격(11)을 소정의 거리로 조정한 후, 와이어 구동부(12)에 의해 와이어(9)를 감아 내려, 종결정 홀더(8a)에 유지되는 종결정(8)의 선단을 용액면(7a)에 접촉시킨다. 그 후, 도가니 유지축(5) 및 와이어(9)를 각각 소정의 회전방향 및 회전속도로 회전시키면서 와이어(9)를 소정의 속도로 감아 올리고, 종결정(8)을 인상함으로써, 종결정(8) 아래에 실리곤 단결정이 얻어진다.
- [0052] 이렇게 하여, 단결정의 제조를 행하면, 로내에 국부적으로 정도를 요구하는 개소를 마련하지 않고서, 또한 로내 구조물을 구성하는 부품이 교환된 경우여도 탕면 간격을 소정의 거리로 조정할 수 있으므로, 원하는 인상속도, 온도분포로 할 수 있고, 인상된 단결정의 결정결합을 저감할 수 있다.
- [0053] **실시예**
- [0054] 이하, 본 발명의 실시예 및 비교예를 통해 본 발명을 보다 구체적으로 설명하나, 본 발명은 이것들로 한정되는 것은 아니다.
- [0055] (실시예 1)
- [0056] 도 3에 나타내는 바와 같이, 탕면 간격(11)을 측정하기 위하여, 단결정 제조장치(1)의 메인챔버(2) 내에, 용액면을 본뜬 측정지그(15)를 장착하였다. 측정지그(15) 상에는 돌기물(16)이 배치되어 있다.
- [0057] 돌기물(16)은 도가니 유지축(5)을 개재하여 전원(17)의 일방의 출력단자가 접속되고, 로내 구조물(10)에는 전원(17)의 타방의 출력단자가 접속되어 있다. 그리고, 돌기물(16)과 로내 구조물(10)의 하단부가 접촉했을 때에 흐르는 전류를 검출함으로써, 돌기물(16)과 로내 구조물(10)의 하단부의 접촉을 전기적으로 검출할 수 있게 되어 있다.
- [0058] 먼저, 로내 구조물(10)을 풀챔버(3)에 배치한 상태에서, 기준높이 위치(14)로부터 로내 구조물(10)의 하단부까지의 거리(M)(도 2 참조)를 측정에 의해 구하였다. 그리고, 상기 식(1) 및 식(2)에 의해, 기준높이 위치(14)로부터 용액면까지의 목표 거리(P)(도 2 참조)를 구하였다. 그리고, 그 구한 목표 거리(P)가 되도록, 측정지그(15)의 초기 위치의 조정을 행하였다.
- [0059] 그 후, 측정지그(15)를 도가니 유지축(5)에 의해 상승시켜, 돌기부(16)와 로내 구조물(10)의 하단부와의 접촉을 전기적으로 검출한 시점에서의 측정지그(15)의 위치를 측정하였다. 그리고, 이 측정된 위치로부터, 측정지그(15)의 초기 위치의 조정을 행한 위치까지의 거리에, 돌기부(16)의 높이를 더한 값을 측정하고, 이 값을 즉, 용액면과 로내 구조물(10)의 하단부와의 탕면 간격(11)의 거리로 하였다.
- [0060] 이어서, 로내 구조물(10)을 구성하는 복수의 부재 중, 5개의 부재를 교환한 후, 상기와 동일하게 하여 기준높이 위치(14)로부터 로내 구조물(10)의 하단부까지의 거리(M)를 측정하고, 보정목표 거리를 도출하여, 용액면(7a)의 초기 위치의 조정을 행하였다. 탕면 간격의 측정데이터가 10개가 될 때까지, 이 조작을 반복 행하고, 이때의 측정 결과를 표 1에 나타내었다.
- [0061] 한편, 기준높이 위치(14)로부터 로내 구조물(10)의 하단부까지의 기준의 거리(L)(도 2 참조)는 960.7mm, 기준높이 위치(14)로부터 용액면(7a)까지의 거리(H)(도 2 참조)는 990.70mm, 용액면(7a)과 로내 구조물(10)의 탕면 간격(11)의 목표는 30mm로 미리 설정하였다.

표 1

	기준높이 위치로부터 로내 구조물의 하단부까지의 기준의 거리(L) [mm]		기준높이 위치로부터 용액면까지의 거리(H) [mm]	용액면과 로내 구조물의 하단부와의 간격 [mm]	
기준값	960.70		990.70	30.00	
	기준높이 위치로부터 로내 구조물의 하단부까지의 거리(M) [mm]	하단부 위치 오차(G) [mm]	기준높이 위치로부터 용액면까지의 목표 거리(P) [mm]	용액면과 로내 구조물의 하단부와의 간격 [mm]	탕면 간격의 오차 [mm]
측정값 1	960.94	0.24	990.94	30.04	0.04
측정값 2	960.71	0.01	990.71	29.97	-0.03
측정값 3	961.40	0.70	991.40	29.99	-0.01
측정값 4	960.83	0.13	990.83	30.03	0.03
측정값 5	960.88	0.18	990.88	29.99	-0.01
측정값 6	960.92	0.22	990.92	30.02	0.02
측정값 7	960.73	0.03	990.73	29.97	-0.03
측정값 8	961.35	0.65	991.35	30.00	0.00
측정값 9	960.84	0.14	990.84	30.02	0.02
측정값 10	960.88	0.18	990.88	29.99	-0.01

[0062]

[0063] (비교예 1)

[0064] 기준높이 위치(14)로부터 로내 구조물(10)의 하단부까지의 측정 및, 측정 결과에 기초한 용액면(7a)의 초기 위치의 조정을 행하지 않은 것을 제외하고는, 실시예 1과 동일한 로내 구조물(10)의 부품을 이용하여, 탕면 간격(11)의 측정을 10회 행하였다. 이때의 측정 결과를 표 2에 나타내었다.

표 2

	용액면과 로내 구조물의 하단부와의 간격 [mm]	
기준값	30.00	
	용액면과 로내 구조물의 하단부와의 간격 [mm]	탕면 간격의 오차 [mm]
측정값 1	30.04	0.04
측정값 2	30.16	0.16
측정값 3	29.50	-0.50
측정값 4	30.50	0.50
측정값 5	29.86	-0.14
측정값 6	30.07	0.07
측정값 7	30.15	0.15
측정값 8	29.53	-0.47
측정값 9	30.49	0.49
측정값 10	29.83	-0.17

[0065]

[0066] 표 1, 표 2에 나타낸 바와 같이, 실시예 1은, 비교예 1에 비해, 탕면 간격(11)의 오차의 값이 작아져 있는 것을 알 수 있다.

[0067] 이 실시예 1, 비교예 1의 목표 설정한 탕면 간격(11)에 대한 오차를, 비교예 1의 최대와 최소의 구간을 1로 했을 때의 비로, 도 4에 나타내었다.

[0068] 도 4에 나타내는 바와 같이, 실시예 1은, 비교예 1에 비해 탕면 간격(11)의 차이가 10분의 1 이하로 안정적인 것을 알 수 있다.

[0069] (실시예 2)

[0070] 미리 용액면(7a) 상에 배치되는 로내 구조물(10)을 구성하는 각 소재의 선열팽창계수를 측정하였다. 그리고, 결정 인상 중인 로내 구조물(10)의 각 부품의 온도를 수치계산 시뮬레이션에 의해 구해 두었다. 이렇게 하여 구

한 로내 구조물(10)의 각 부품의 온도와, 측정에 의해 구한 로내 구조물(10)의 각 부품의 소재의 선열팽창계수를 이용하여, 풀챔버(3)에 조립한 상태의 로내 구조물(10)이, 결정인상 중에 열팽창에 의해 변화하는 열팽창 추정 길이(E)(도 2 참조)를 추정하였다.

- [0071] 한편, 실시예 1과 동일하게 기준높이 위치(14)로부터 로내 구조물(10)의 하단부까지의 기준의 거리(L)는 960.7mm, 기준높이 위치(14)로부터 용액면(7a)까지의 거리(H)는 990.70mm, 용액면(7a)과 로내 구조물(10)의 탕면 간격(11)의 목표는 30mm로 미리 설정하였다. 그리고, 이때에, 로내 구조물(10)의 열팽창 기준길이(F)(도 2 참조)를 1.44mm로 미리 정하였다.
- [0072] 그리고, 상기 식(3)에 의해, 열팽창 추정 길이(E)와, 미리 정한 열팽창 기준길이(F)와의 차를 산출하고, 열팽창 오차(D)를 구하였다.
- [0073] 그 후, 실시예 1과 마찬가지로, 풀챔버(3)에 로내 구조물(10)을 배치하고, 기준높이 위치(14)로부터 로내 구조물(10)의 하단부까지의 거리(M)를 측정하여 구하였다.
- [0074] 그리고, 여기에서는, 식(4)에 의해 로내 구조물(10)의 열팽창의 오차를 고려한 경우의 용액면(7a)의 목표 거리(P)를 구하였다. 그리고, 목표 거리(P)가 되도록 용액면(7a)의 초기 위치를 조정하였다.
- [0075] 그 후, 히터에 의해 로내를 가열하여, 결정인상 중과 동일한 온도조건으로 한 상태에서, 탕면 간격(11)을 실시예 1과 동일하게 하여 측정하였다.
- [0076] 그 후, 실시예 1과 마찬가지로 로내 구조물(10)을 구성하는 복수의 부재 중, 5개의 부재를 교환하였다. 그리고, 다시 상기 조작을 반복하여, 로내 구조물(10)의 열팽창의 오차를 고려한 경우의 용액면(7a)의 목표 거리(P)를 도출하고, 목표 거리(P)가 되도록 용액면(7a)의 초기 위치를 조정하여, 탕면 간격(11)의 측정을 행하였다. 측정 데이터를 3개 얻을 때까지, 이 조작을 반복 행하고, 이때의 측정 결과를 표 3에 나타내었다.

표 3

	기준높이 위치로부터 로내 구조물의 하단부까지의 기준의 거리(L) [mm]		열팽창 기준길이(F) [mm]		기준높이 위치로부터 용액면까지의 거리(H) [mm]	용액면과 로내 구조물의 하단부와의 간격 [mm]	
기준값	960.70		1.44		990.70	30.00	
	기준높이 위치로부터 로내 구조물의 하단부까지의 거리(M) [mm]	하단부 위치 오차(G) [mm]	열팽창 추정 길이(E) [mm]	열팽창 오차(D) [mm]	기준높이 위치로부터 용액면까지의 목표 거리(P) [mm]	용액면과 로내 구조물의 하단부와의 간격 [mm]	탕면 간격의 오차 [mm]
측정값 1	960.94	0.24	1.48	0.03	990.97	29.95	-0.05
측정값 2	960.71	0.01	1.22	-0.22	990.49	30.01	0.01
측정값 3	961.40	0.70	1.64	0.19	991.59	30.00	0.00

- [0077]
- [0078] 표 3에 나타낸 바와 같이, 실시예 2에서는 목표 설정한 탕면 간격(11)에 대한 오차를, ±0.1mm 이내로 할 수 있다.
- [0079] (비교예 2)
- [0080] 로내 구조물(10)을 구성하는 각 소재의 선열팽창계수의 측정이나, 기준높이 위치(14)로부터 로내 구조물(10)의 하단부까지의 거리(M)의 측정을 행하지 않고, 물론, 식(3) 및 식(4)에 의한 용액면(7a)의 초기 위치의 조정도 행하지 않은 것을 제외하고는, 실시예 2와 동일하게, 실시예 2와 동일한 로내 구조물(10)의 부품을 이용하여, 히터에 의해 로내를 가열한 상태에서, 탕면 간격(11)의 측정을 3회 행하였다. 이때의 측정 결과를 표 4에 나타내었다.

표 4

	용액면과 로내 구조물의 하단부와의 간격기준값 [mm]	
기준값	30.00	
	용액면과 로내 구조물의 하단부와의 간격 [mm]	탕면 간격의 오차 [mm]
측정값 1	30.16	0.16
측정값 2	30.29	0.29
측정값 3	29.29	-0.71

[0081]

[0082]

[0083]

[0084]

[0085]

[0086]

[0087]

[0088]

[0089]

[0090]

[0091]

[0092]

[0093]

[0094]

표 4에 나타난 바와 같이, 비교예 2에서는, 목표 설정한 탕면 간격(11)에 대한 오차의 값이 실시예 2에 비해 큰 값이었다.

이들 실시예 2, 비교예 2의 측정 결과를, 목표 설정한 탕면 간격(11)에 대한 오차를 비교예 2의 최대와 최소의 구간을 1로 한 비로, 도 5에 나타내었다.

도 5에 나타난 바와 같이, 실시예 2에서는, 비교예 2에 비해 용액면(7a)의 초기 위치의 조정 후의 탕면 간격(11)의 차이는 종래의 10분의 1 이내였다.

(실시예 3)

실시예 2와 동일하게 하여 탕면 간격을 조정한 후, 와이어 구동부(12)에 의해 와이어(9)를 감아 내려, 종결정 홀더(8a)에 유지되는 종결정(8)의 선단을 용액면(7a)에 접촉시키고, 그 후, 도가니 유지축 및 와이어를 각각 소정의 회전방향 및 회전속도로 회전시키면서 와이어(9)를 소정의 속도로 감아 올리고, 종결정(8)을 인상하여, 실리콘 단결정을 육성하였다.

그 후, 실시예 2와 동일하게 로내 구조물(10)의 부품을 교환하고, 탕면 간격을 조정하여, 실리콘 단결정을 육성하였다. 이 조작을 복수회 행하여, 복수개의 실리콘 단결정을 얻었다.

그리고, 육성한 단결정의 결정결함 밀도를 측정한, 이때의 결정결함 밀도불균일을, 후술하는 비교예 3에 있어서의 결정결함 밀도불균일을 1로 했을 때의 비로 도 6에 나타내었다.

실시예 2의 결과로부터 알 수 있는 바와 같이, 본 발명에서는, 로내 구조물(10)의 하단부와 용액면(7a)의 간격을 소정의 거리에 대하여 $\pm 0.1\text{mm}$ 이내의 오차로 조정할 수 있다.

이에 따라, 실시예 3과 같이, 그 후에, 단결정의 육성을 행한 경우에 도 6에 나타내는 바와 같이, 결정결함 밀도불균일의 비가 비교예 3에 비해, 3분의 1 정도 작아진 것을 알 수 있다. 이와 같이, 결정결함 품질레벨을 안정시킬 수 있었다.

(비교예 3)

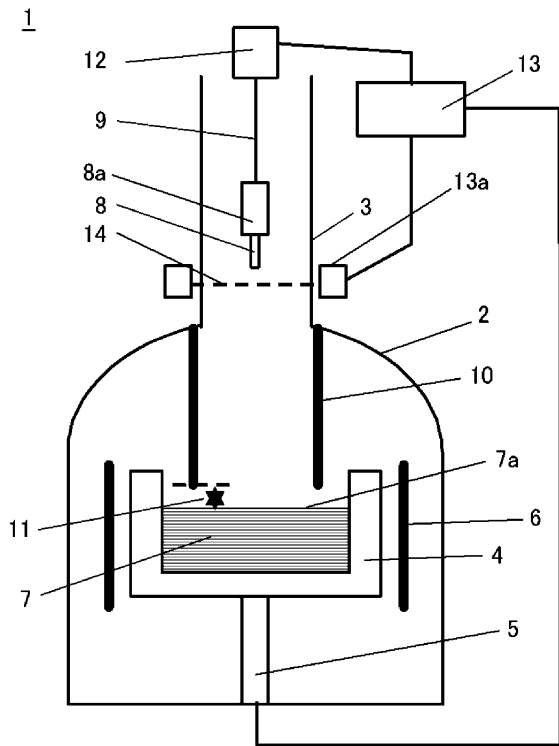
용액면(7a)의 초기 위치의 조정을, 특허문헌 1과 특허문헌 5의 방법을 조합하여 행한 것을 제외하고는, 실시예 3과 동일하게 하여 복수개의 실리콘 단결정을 제조하였다. 그리고, 얻어진 실리콘 단결정의 결정결함 밀도를 측정하였다.

특허문헌 5에 나타나는 방법에 따르면, 반사상을 기준으로 한 탕면 간격의 측정값은 $\pm 1\text{mm}$ 이내의 불균일이 보여, 특허문헌 1과 특허문헌 5의 방법을 조합하여 실시하여도 용액면의 초기 위치를 조정하여도 $\pm 1\text{mm}$ 이내의 오차가 발생한다. 그 결과, 도 6에 나타난 바와 같이, 실시예 3에 비해 결정결함 밀도의 불균일이 나뉘었다.

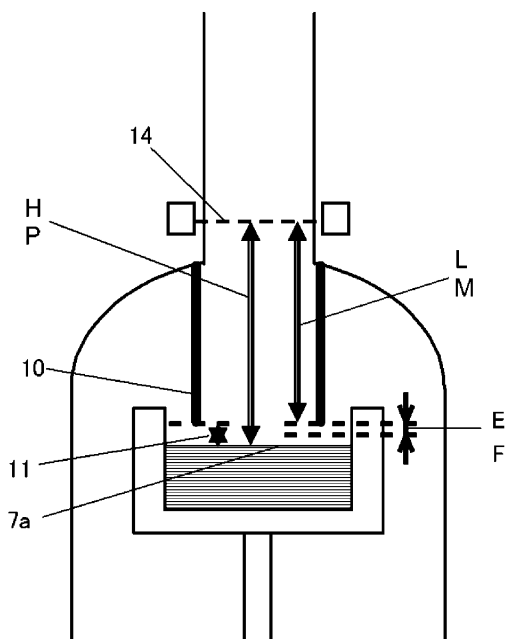
한편, 본 발명은, 상기 실시형태로 한정되는 것은 아니다. 상기 실시형태는 예시이며, 본 발명의 특허청구의 범위에 기재된 기술적 사상과 실질적으로 동일한 구성을 가지며, 동일한 작용효과를 나타내는 것은, 어떠한 것이어도 본 발명의 기술적 범위에 포함된다.

도면

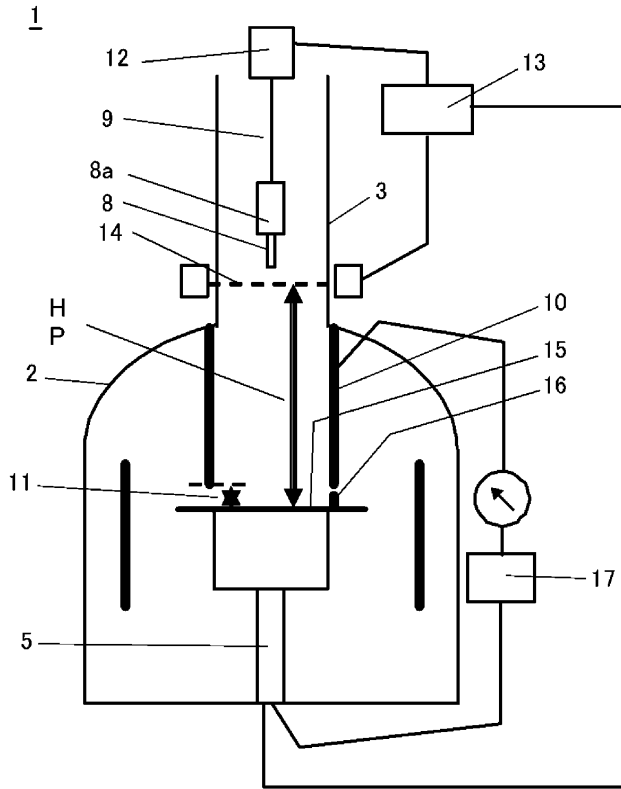
도면1



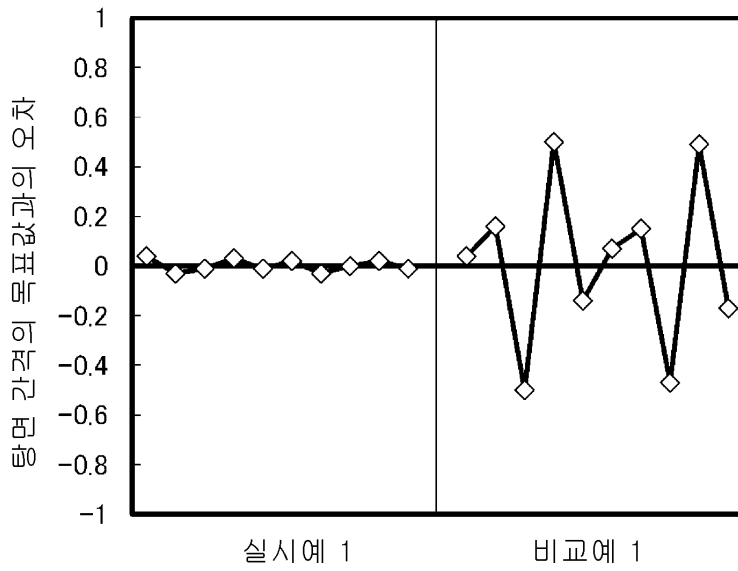
도면2



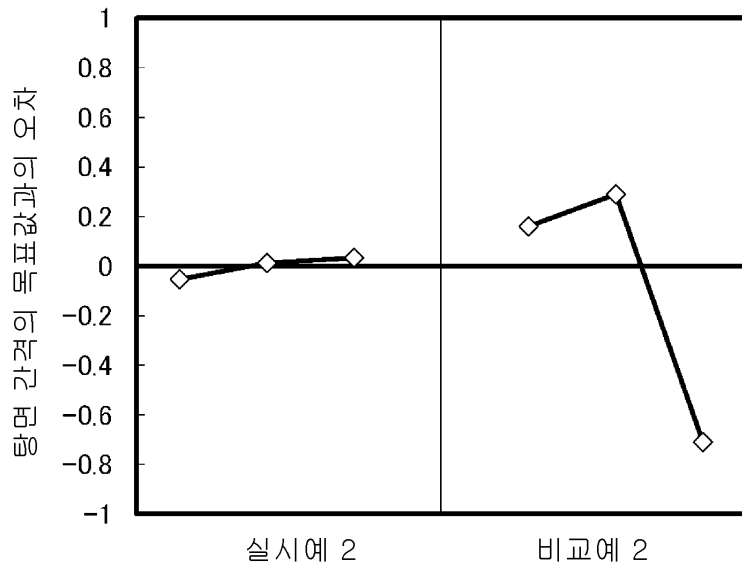
도면3



도면4



도면5



도면6

