



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년11월26일
(11) 등록번호 10-1465425
(24) 등록일자 2014년11월20일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C30B 15/04 (2006.01) C30B 29/06 (2006.01)
H01L 21/02 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2009-7024707
(22) 출원일자(국제) 2008년04월18일
심사청구일자 2013년03월13일
(85) 번역문제출일자 2009년11월26일
(65) 공개번호 10-2010-0017406
(43) 공개일자 2010년02월16일
(86) 국제출원번호 PCT/JP2008/001029
(87) 국제공개번호 WO 2008/146443
국제공개일자 2008년12월04일
(30) 우선권주장
JP-P-2007-142988 2007년05월30일 일본(JP)
(56) 선행기술조사문헌
JP2002293691 A*
JP2003146769 A
JP2002068886 A
JP소화58151392 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
신에쓰 한도타이 가부시키키가이샤
일본 도쿄도 치요다쿠 오테마찌 2쵸메 6-2
(72) 발명자
호시, 료지
일본, 후쿠시마 9618061, 니시시라카와-군, 니시
고-무라, 오아자 오다쿠라, 아자 오히라, 150, 신
에쓰 한도타이 가부시키키가이샤, 시라가와 R&D센
터내
소노카와, 스스무
일본, 후쿠시마 9618061, 니시시라카와-군, 니시
고-무라, 오아자 오다쿠라, 아자 오히라, 150, 신
에쓰 한도타이 가부시키키가이샤, 시라가와 공장내
(74) 대리인
특허법인씨엔에스

전체 청구항 수 : 총 4 항

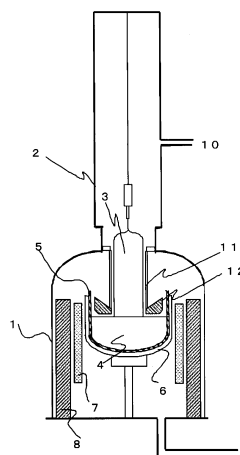
심사관 : 김광철

(54) 발명의 명칭 실리콘 단결정의 육성방법

(57) 요약

본 발명은 쇼크랄스키법에 의해 탄소를 첨가한 도가니 안의 원료용액에서 실리콘 단결정을 육성하는 탄소 도프 실리콘 단결정의 육성방법에서, 상기 도가니 안의 원료에 탄소를 첨가하는 도프제로 압출성형재 또는 몰드성형재를 사용하는 것을 특징으로 하는 실리콘 단결정 육성방법이다. 이에 의해 쇼크랄스키법에 의한 실리콘 단결정 인 상공정에서, 실리콘 단결정 중에 탄소를 용이하면서 낮은 비용으로 도프할 수 있고 또한 실리콘 단결정 중의 탄소농도를 좋은 정밀도로 제어할 수 있는 탄소 도프 실리콘 단결정의 육성방법이 제공된다.

대표도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

쇼크랄스키법에 의해 탄소를 첨가한 도가니 안의 원료용액에서 실리콘 단결정을 육성하는 탄소 도프 실리콘 단결정의 육성방법에서, 상기 도가니 안의 원료에 탄소를 첨가하는 도프제로 압출성형재 또는 몰드성형재를 사용하는 것을 특징으로 하는 실리콘 단결정 육성방법.

청구항 2

청구항 1에 기재된 탄소 도프한 실리콘 단결정의 육성방법에서, 상기 압출성형재 또는 몰드성형재로 이루어진 도프제는 압출성형재 또는 몰드성형재를 입상으로 분쇄한 것으로 하는 것을 특징으로 하는 실리콘 단결정 육성방법.

청구항 3

청구항 1 또는 청구항 2에 기재된 탄소 도프한 실리콘 단결정의 육성방법에서, 상기 도프제를 실리콘원료와 함께 도가니 안에 넣은 후, 원료를 용융하여 단결정을 육성하는 것을 특징으로 하는 실리콘 단결정 육성방법.

청구항 4

청구항 1 또는 청구항 2에 기재된 탄소 도프한 실리콘 단결정의 육성방법에서, 상기 도프제를 실리콘원료 또는 용액이 들어있는 도가니에 상방에서 투하한 후, 단결정을 육성하는 것을 특징으로 하는 실리콘 단결정 육성방법.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 메모리나 CPU 등 반도체디바이스의 기관으로 사용되는 실리콘웨이퍼를 잘라내는 실리콘 단결정의 육성방법에 관한 것으로 특히, 최첨단분야에서 사용되고 있는 탄소를 도프하여 결정결함 및 불순물 게더링을 위한 BMD밀도를 제어한 실리콘 단결정의 육성방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] CZ법에 의해 제작된 실리콘 단결정 중에는 산소원자가 포함되어 있으며 이 실리콘 단결정에서 잘라낸 실리콘웨이퍼를 이용해 디바이스를 제조할 때, 실리콘원자와 산소원자가 결합하여 산소석출물(Bulk Micro Defect ; 이하 BMD이라 함)이 형성된다. 이 BMD는 웨이퍼 내부의 중금속 등의 오염원자를 포획하여 디바이스 특성을 향상시키는 IG(Intrinsic Gettering)능력을 가진다고 알려져 있으며 웨이퍼의 벌크부에서의 BMD밀도가 높을수록 고성능의 디바이스를 얻을 수 있다. 즉, 웨이퍼 중에 형성되는 산소석출물이 많으면 디바이스의 고성능화로 이어진다.

[0003] 또한, 상기 실리콘웨이퍼 중에 형성되는 산소석출물의 양은 실리콘 단결정 중의 산소농도, 실리콘 단결정의 인장 중, 또는 인장 후에 받는 열이력 및 실리콘 단결정 중의 탄소농도 등에 의존하는 것이 알려져 있다.

[0004] 하지만, 산소농도를 높게 함으로써 산소석출물의 양을 늘릴 수는 있는 반면 디바이스에 악영향을 미치는 OSF(Oxidation-induced Stacking Fault)결함이 발생하기 쉬워진다는 문제가 있다. 이 OSF가 실리콘웨이퍼 상의 디바이스 활성 영역에 존재하면 리크전류 증대 등의 불량률의 원인이 된다. 이 때문에 IG능력이 우수하며 OSF밀도가 저감된 실리콘 단결정 웨이퍼가 요구되고 있다.

[0005] 이와 같은 요구에 대해 실리콘 단결정 중에 탄소를 의도적으로 도프하여 OSF를 억제하는 것이 알려져 있다. 이는 탄소의 결정격자는 Si 결정격자 보다도 작고 발생한 뒤틀림이 흡수되어 웨이퍼 중에 산소가 잔존해 있는 경우에도 격자 간 Si 석출을 억제할 수 있기 때문이다. 또한 탄소를 도프함으로써 웨이퍼표면 근방의 활성영역보다 내부에 미소결함을 발생시켜 IG능력을 향상시킬 수도 있다. 이 때문에 최근에는 실리콘웨이퍼 중의 OS결함을 제어하면서 충분한 IG능력을 부여하기 위해 탄소를 의도적으로 도프하여 실리콘 단결정을 제조하고 있다.

[0006] 단결정에 탄소를 도프하는 방법으로는 가스도프(특개평 11-302099호 공보 참조), 고순도탄소분말(특개 2002-293691호 공보 참조), 탄소피(특개 2003-146796호 공보 참조)등이 제안되어 있다. 하지만 가스도프에서는 결정이 흐트러지는 경우의 재용융이 불가능하며, 고순도탄소분말에서는 원료용융 시에 도입가스 등에 의해 고순도탄소분말이 비산하며, 탄소피에서는 탄소가 녹기 어려우며 육성 중의 결정이 흐트러진다는 문제가 각각 있었다.

[0007] 이들 문제를 해결할 수 있는 수단으로 특개평 11-312683호 공보에는 탄소분말을 넣은 실리콘단결정재 용기, 탄소를 기상성막(氣相成膜)한 실리콘웨이퍼, 탄소입자를 포함하는 유기용제를 도포하여 베이킹한 실리콘웨이퍼, 혹은 탄소를 소정량 함유시킨 다결정실리콘을 도가니에 투입함으로써 실리콘 단결정에 탄소를 도프하는 방법이 제안되어 있다. 이들 방법을 이용하면 상술한 바와 같은 문제를 해결할 수 있다. 하지만 이들 방법은 모두 다결정실리콘의 가공이나 도프용 웨이퍼의 열처리 등이 동반되어 탄소 도프제의 준비가 용이하지 않다. 또한 도프제를 조정하기 위한 가공이나 웨이퍼 열처리에서 불순물에 오염될 가능성도 있었다.

[0008] 또한 상기 문제를 해결할 수 있는 수단으로 특개 2005-320203호 공보에는 탄소분말을 웨이퍼에 개재하는 방법이 제안되어 있다. 하지만, 이 방법에서는 처음에 도프하는 것은 가능하나 탄소농도의 변경을 할 수 없으며 또한 하나의 도가니에서 복수개의 단결정을 인상하는 경우, 2개째 이후의 결정을 인상할 때에 이 방법으로는 도펀트를 추가할 수 없다는 문제가 있었다.

발명의 상세한 설명

[0009] 본 발명은 상술한 문제점을 감안하여 이루어진 것으로 실리콘 단결정 중에 탄소를 용이하면서 낮은 비용으로 도프할 수 있고, 또한 이 실리콘 단결정을 문제없이 무전위화할 수 있으며, 또한 이 실리콘 단결정 중의 탄소농도를 좋은 정밀도로 제어할 수 있는 탄소 도프의 실리콘 단결정의 육성방법을 제공하는 것을 목적으로 한다. 또한 종래에는 곤란했던 탄소의 추가 도프를 용이하게 행할 수 있는 탄소 도프의 실리콘 단결정 육성방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0010] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명은 쇼크랄스키법에 의해 탄소를 첨가한 도가니 안의 원료용액에서 실리콘 단결정을 육성하는 탄소 도프 실리콘 단결정 육성방법에서, 상기 도가니 안의 원료에 탄소를 첨가하는 도프제로 압출성형재 또는 몰드성형재를 사용하는 것을 특징으로 하는 실리콘 단결정 육성방법이다.

[0011] 이와 같이 이방성을 갖는 압출성형재 또는 몰드성형재를 도가니 안의 원료에 탄소를 첨가하는 도프제로 사용해 탄소 도프 실리콘 단결정을 육성함으로써 육성하는 결정의 단결정화에 악영향을 미치지 않으며 이 실리콘 단결정 중에 탄소를 용이하면서 낮은 비용으로 도프할 수 있다.

[0012] 이 경우, 상기 압출성형재 또는 몰드성형재로 이루어진 도프제는 압출성형재 또는 몰드성형재를 입상으로 분쇄한 것으로 하는 것이 바람직하다.

[0013] 압출성형재나 몰드성형재는 비교적 무르기 때문에 쉽게 분쇄할 수 있으며 이와 같이 압출성형재 또는 몰드성형

재를 입상으로 분쇄한 것을 도프제로 이용해 탄소 도프 실리콘 단결정을 육성함으로써 도프량을 보다 정확하게 제어하여 실리콘 단결정 중에 탄소를 도프할 수 있으며 또한 보다 용이하면서 낮은 비용으로 도프하는 것이 가능해진다. 이 경우 이 도프제의 크기는 특히 한정되지는 않으나 0.1 ~ 30mm로 하는 것이 바람직하다.

[0014] 또한, 상기 도프제를 실리콘원료와 함께 도가니 안에 넣은 후, 원료를 용융하여 단결정을 육성하는 것이 바람직하다.

[0015] 이와 같이 예를 들면 입상으로 분쇄한 압출성형재 또는 몰드성형재로 이루어진 도프제를 실리콘원료와 함께 도가니 안에 넣은 후, 원료를 용융하여 단결정을 육성함으로써 이 실리콘 단결정 중에 탄소를 용이하면서 낮은 비용으로 도프할 수 있으며 무전위의 탄소 도프 실리콘 단결정을 얻을 수 있다. 또한, 압출성형재 또는 몰드성형재로 이루어진 도프제가 입상이면 원하는 양을 칭량(秤量)하는 것도 용이해지기 때문에 원료용액 중의 탄소농도를 원하는 농도로 제어하는 것도 용이해진다.

[0016] 또한, 상기 도프제를 실리콘원료 또는 용액이 들어있는 도가니에 상방에서 투하한 후 단결정을 육성할 수 있다.

[0017] 이와 같이 예를 들면 입상으로 분쇄한 압출성형재 또는 몰드성형재로 이루어진 도프제를 실리콘원료 또는 용액이 들어있는 도가니에 상방에서 투하한 후, 단결정을 육성함으로써 하나의 도가니에서 복수개의 단결정을 인상하는 경우, 2개째 이후의 단결정을 인상할 때에 도펀트를 추가하는 것이 가능해진다. 이와 같은 추가 도프는 종래방법으로는 매우 곤란하며 본 발명이 유효하다.

[0018] 본 발명에 관한 탄소 도프의 실리콘 단결정의 육성방법은 쇼크랄스키법에 의해 탄소를 첨가한 도가니 안의 원료 용액에서 실리콘 단결정을 육성하는 경우에 실리콘 단결정 중에 탄소를 용이하면서도 낮은 비용으로 도프할 수 있고, 이 실리콘 단결정을 문제없이 무전위화할 수 있으며, 또한 실리콘 단결정 중의 탄소농도를 좋은 정밀도로 제어할 수 있는 탄소 도프의 실리콘 단결정 육성방법을 제공할 수 있다. 또한, 본 발명을 이용하면 도펀트를 추가할 수도 있으며 탄소농도의 제어성이 우수하면서 저렴하고 또한 매우 용이하게 실시할 수 있다.

실시예

[0024] 상술한 바와 같이 종래의 기술에서는 재용융의 곤란성, 고순도 탄소분말의 비싼, 육성중의 결정의 흐트러짐, 탄소 도프제 준비의 곤란성, 불순물의 오염 가능성 등의 문제가 있었다. 또한 탄소농도의 변경이 곤란하며 하나의 도가니에서 복수개의 단결정을 인상하는 경우, 2개째 이후의 결정을 인상할 때에 도펀트를 추가 할 수 없다는 문제가 있었다.

[0025] 여기서, 도프제로 사용되는 탄소재로는 종래 반도체산업에서 공업적으로 널리 사용되고 있는 CIP(등방성)성형재가 사용되며 CIP성형재는 미세하게 분쇄된 원료를 정수압으로 굳히기 때문에 치밀하고, 균질한 조직을 가지지만 치밀하기 때문에 실리콘용액 중에서 반응하기 어려워 쉽게 용해하지 않는다는 문제가 있었다.

[0026] 일반적으로 흑연재는 원료를 분쇄한 후, 반죽, 성형, 소성, 흑연화를 거쳐 만들어지나 형성공정의 차이에 의해 상기 CIP(등방성)성형재 외에 압출성형재, 몰드(형입)성형재의 3종으로 나누어진다. 이 중 CIP성형재는 상기과 같이 미세하게 분쇄된 원료를 정수압으로 굳히기 때문에 치밀하고 균질한 조직을 가지며 반도체산업에서 공업적으로 널리 사용되고 있다. 하지만 상기 CIP성형재는 치밀하기 때문에 실리콘용액 중에서 반응하기 어려워 쉽게 용해하지 않는다는 문제가 있었다.

- [0027] 한 편, CIP(등방성)성형재와 같이 흑연재인 압출성형재나 몰드성형재는 이방성을 가지며, 구성입자가 비교적 크고 강도도 낮다. 또한, 이들 재료는 CIP성형재에 비교해 다공성이다. 여기서, 본 발명자는 압출성형재나 몰드성형재는 실리콘과의 반응성이 높지 않을까라고 생각하여 예의실험 및 검토를 하였다. 그 결과, 상기 압출성형재나 몰드성형재는 실리콘용액에 매우 용이하게 용해하는 것을 발견했다.
- [0028] 또한, 본 발명자는 상기 압출성형재 또는 몰드성형재를 도프제로 사용하여 이 도프제를 실리콘원료와 함께 도가니 안에 넣은 후 원료를 용융하여 단결정을 육성함으로써 실리콘 단결정 중에 탄소를 용이하면서 낮은 비용으로 도프할 수 있고, 이 실리콘 단결정을 문제없이 무전위화할 수 있으며 또한 실리콘 단결정 중의 탄소농도를 정밀도 좋게 제어할 수 있다는 것을 발견했다. 또한 이 도프제를 실리콘원료 또는 용액이 들어있는 도가니에 상방에서 투하한 후 단결정을 육성함으로써 하나의 도가니에서 복수개의 단결정을 인상하는 경우 2개째 이후의 단결정을 인상할 때에 종래에 곤란했던 도펀트를 추가하는 것이 가능해졌다.
- [0029] 이하, 본 발명의 실시 형태에 대해서 구체적으로 설명하나 본 발명은 이에 한정되는 것을 아니다.
- [0030] 도 1은 본 발명의 탄소를 도프한 실리콘 단결정을 제조하는 방법을 실시할 때 사용하는 쇼크랄스키법(CZ법)에 의한 단결정인상장치의 일 예이다. 단결정인상장치의 메인챔버(1) 안에는 용융된 원료용액(4)을 수용하기 위한 석영도가니(5)와 이 석영도가니(5)를 지지하는 흑연도가니(6)가 설치되어 있다.
- [0031] 석영도가니에 본 발명의 탄소 도프 실리콘 단결정의 원료인 다결정실리콘과 탄소 도프제를 충전한다. 본 발명에 사용되는 탄소 도프제는 압출성형재 또는 몰드성형재이다. 상술한 바와 같이 압출성형재나 몰드성형재는 실리콘과의 반응성이 좋고 매우 용해되기 쉽기 때문에 투입하는 도프제의 크기는 특히 한정되지는 않으나 농도제어성, 작업성의 면에서 0.1~30mm인 것이 바람직하다. 도 1에 나타난 바와 같은 단결정 인상장치의 노(爐) 내에 석영도가니(5)를 구비하여 CZ법을 사용해 결정을 육성한다. CZ법에서는 용액이 충전된 도가니(5, 6)와 이 도가니를 둘러싸도록 배치된 히터(7)를 가진다. 이 도가니에 종결정을 침지한 후, 용융액에서 봉상의 단결정(3)이 인상된다. 도가니는 결정성장 축방향으로 승강이 가능하며 결정성장 중에 결정화하여 감소한 용액의 액면하강분을 보충하도록 이 도가니를 상승시킨다. 이에 의해 용액표면의 높이는 항상 일정하게 유지된다. 또한 단결정의 육성에서는 히터(7)의 외측에 단열부재(8)가 구비되어 챔버를 보호하도록 하며 결정의 냉각을 촉진시키기 위해 가스정류통(11), 차열부재(12)를 구비하도록 할 수도 있다.
- [0032] 이 경우, 도가니에 첨가되는 탄소 도프제는 예를 들면 도 2에 나타난 바와 같이 분쇄하여 입상으로 해서 순화처리한 탄소입자(15)를 용융 전의 실리콘 다결정원료(14)와 함께 석영도가니(5) 안에 충전하는 것이 바람직하다.
- [0033] 그리고 석영도가니(5) 안에 원료를 충전한 후 진공펌프(미도시)를 가동시켜 가스유출구(9)에서 배기하면서 인상챔버(2)에 배치된 가스도입구(10)에서 Ar가스를 유입하고 내부를 Ar분위기로 치환한다.
- [0034] 다음으로 흑연도가니(6)를 둘러싸도록 배치된 히터(7)로 가열하고 원료를 용융시켜서 원료용액(4)을 얻는다. 이때, 상기 도프제인 탄소입자(15)가 용액(4) 중에 녹아 들어 탄소가 첨가된다. 탄소입자(15)는 매우 용해하기 쉽기 때문에 빠르게 용해하여 원료용액(4) 중에 녹아든다. 입경을 예를 들면 0.1~30mm로 함으로써 Ar가스에 의해 비산하지 않고 원료용액 중에 용해될 수 있다. 이와 같이 용해시에 탄소가 손실되는 일이 없기 때문에 원료용액(4) 중의 탄소농도를 원하는 농도로 고정밀도로 제어할 수 있게 된다.
- [0035] 원료 및 도프제를 용융한 후, 종결정을 원료용액(4)에 침지하고 종결정을 회전시키면서 인상하여 봉상의 실리콘 단결정(3)을 육성한다. 이렇게 하여 원하는 농도의 탄소가 도프된 실리콘 단결정을 제조한다.

- [0036] 또한, 도 3에 나타낸 바와 같이 원료를 용해 중 또는 용해 후에 투하부품(13)에서 원하는 양의 상기 도프제인 탄소입자(15)를 도가니에 투입하는 것도 가능하다. 이 방법이라면 예를 들면 하나의 도가니에서 복수개의 단결정 잉곳을 육성하는 경우에 1개체를 육성한 후, 도가니에 추가 원료를 넣을 필요가 있을 때 추가 원료와 함께, 혹은 원료를 추가한 후에 도가니에 상방에서 도프제를 투입할 수 있다.
- [0037] [실시예]
- [0038] 이하, 본 발명의 실시예를 들어 더욱 구체적으로 설명하나 본 발명은 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0039] (실시예1)
- [0040] 단결정 인상장치의 노(爐) 안에 직경 22인치(550mm)의 석영도가니를 구비하여 CZ법을 이용해 직경 8인치(200mm)의 실리콘 단결정을 육성했다. 상기와 같은 CZ법에서, 실리콘 다결정원료와 탄소입자를 준비하고 이 탄소입자를 실리콘 다결정원료와 함께 상기 석영도가니 안에 넣었다. 이 때의 탄소입자 중량은 편석현상의 계산에 기초해 몸통 0cm에서 이 실리콘 단결정 중의 카본농도가 0.8ppma이 되는 양으로 했다. 이 탄소입자는 몰드성형재를 직경 3 - 10mm로 분쇄하고 순화처리한 것을 사용했다. 이 실리콘 다결정원료와 이 탄소입자를 함께 용융하고 그 후 단결정종을 용액에 담근 후에 직경 8인치(200mm)의 실리콘 단결정을 육성했다. 이 단결정실리콘의 몸통부의 여러곳에서 웨이퍼상의 샘플을 잘라내 FT-IR법으로 탄소농도를 측정했다. 그 결과를 도 4에 나타냈다
- [0041] (비교예1)
- [0042] 탄소입자를 도가니에 넣지 않은 점을 제외하고 실시예 1과 동일한 조건으로 직경 8인치(200mm)의 실리콘 단결정을 육성했다. 실시예 1과 동일한 위치에서 웨이퍼상의 샘플을 잘라내 FT-IR법으로 탄소농도를 측정했다. 그 결과, 어느 위치에서도 탄소농도는 측정하한 0.03ppma이하였다.
- [0043] 도 4에 나타낸 바와 같이 실시예1에서는 계산치 대로의 탄소농도를 얻었다. 또한, 결정의 라이프타임을 조사한 결과, 비교예 1에서의 탄소 도프가 없는 실리콘 단결정의 라이프타임과 거의 동일하며 중금속 등의 오염도 없으며 또한 결정이 유전위화하지도 않고 실시예1에서 얻은 실리콘 단결정은 문제없이 무전위화되어 있는 것을 확인할 수 있었다. 이로 인해 탄소입자를 도프함으로써 실리콘결정 중의 목적인 대로의 탄소가 포함된 것이 증명되었다.
- [0044] (실시예2)
- [0045] 실시예 1에서 사용한 단결정 인상장치보다도 조금 작은 단결정 인상장치의 노(爐) 안에 직경 18인치(450mm)의 도가니를 구비하고 실리콘원료를 용융하여 직경 5인치(125mm)의 실리콘 단결정의 인상을 행했다. 이때 실리콘 다결정원료를 용융하는 도중에 도 3와 같이 상방에서 탄소입자를 도가니 안으로 투입하는 방법을 시험해봤다. 이 탄소입자는 몰드성형재를 직경 3-10mm로 분쇄하여 순화처리한 것을 이용했다. 또한 도프량은 몸통의 길이가 0cm일 때 이 실리콘 단결정 중의 탄소농도가 1.0ppma이 되는 양으로 했다. 이 실리콘 다결정원료가 완전히 용해한 후, 단결정종을 용액에 담그고 직경 5인치(125mm)의 실리콘 단결정을 육성했다. 이 실리콘 단결정의 몸통부의 여러곳에서 웨이퍼상의 샘플을 잘라내 FT-IR법으로 탄소농도를 측정했다. 그 결과, 도 5에 나타낸 바와 같이 계산치 대로의 탄소농도를 얻었다. 얻은 실리콘 단결정은 중금속 등의 오염도 없으며 문제없이 무전위화되어 있는 것을 확인할 수 있었다.
- [0046] (비교예2)
- [0047] 탄소 도프제로 CIP성형재를 적절히(1~3mm정도) 분쇄한 것을 이용한 것 이외에는 실시예 2와 같은 조건으로 직경 5인치(125mm)의 실리콘 단결정을 육성했다. 실리콘원료가 용해한 후, 단결정종을 용액에 담그고 결정을 인상하

려고 했으나 결정이 흐트러져 전체 길이의 단결정을 얻을 수 없었다. 일부 단결정이 된 부분에서 웨이퍼상의 샘플을 잘라내 FT-IR법으로 탄소농도를 측정했다. 그 결과, 탄소농도는 계산치보다 낮은 값이었다. 이는 CIP성형재가 난용성이며, 실리콘용액에 전부 녹지 않고, 일부 녹지 못한 것이 이물로 용액 내에 잔존하여 단결정화를 방해하기 때문이라고 생각된다.

[0048] 실시예 2의 결과에 의해, 실시예 1과 같이 초기단계에서 탄소 도프량을 결정해 인상하지 않아도 도중에 추가할 수 있다는 것을 알았다. 하나의 도가니에서 복수개의 단결정을 인상하는 경우 등에는 추가 도프가 필요하지만 이 방법을 사용해 추가하면 탄소농도의 균일성을 유지할 수 있다. 또한, CIP성형재를 도프제로 사용한 비교예 2에서는 결정이 흐트러져 전체 길이의 단결정을 얻을 수 없는데 비해 실시예 2에서는 몰드성형재를 도프제로 사용함으로써 중금속 등의 오염도 없고 문제없이 무전위화된 실리콘 단결정을 얻었다. 이에 의해, 탄소 도프 실리콘 단결정을 육성할 때 도프제로 CIP성형재가 아닌 몰드성형재를 사용하는 것이 매우 유효하다는 것을 확인할 수 있었다.

[0049] 이상의 결과로, 본 발명에 관한 실리콘 단결정의 육성방법을 사용함으로써 실리콘 단결정 중에 탄소를 용이하게 낮은 비용으로 도프할 수 있고, 이 실리콘 단결정을 문제없이 무전위화할 수 있으며 또한 실리콘 단결정 중의 탄소농도를 좋은 정밀도로 제어할 수 있다는 것이 명확해 졌다. 또한 종래에는 곤란했던 탄소의 추가 도프를 용이하게 행할 수 있게 된다.

[0050] 또한, 본 발명은 상기 실시형태에 한정되는 것은 아니다. 상기 실시형태는 예시이며 본 발명의 특허 청구 범위에 기재된 기술적 사상과 실질적으로 동일한 구성을 가지며 동일한 효과를 하는 것은 모두 본 발명의 기술적 범위에 포함된다. 상기에서는 탄소를 첨가하는 도프제로 몰드성형재를 사용하고 있는 경우에 대해 예를 들어 설명했다. 압출성형재를 사용한 경우도 동일한 결과를 얻었다.

도면의 간단한 설명

[0019] 도 1은 본 발명에서의 실리콘 단결정 인상장치의 개략도이다.

[0020] 도 2는 도가니 안에 탄소입자를 넣은 상태를 모식적으로 나타낸 도이다.

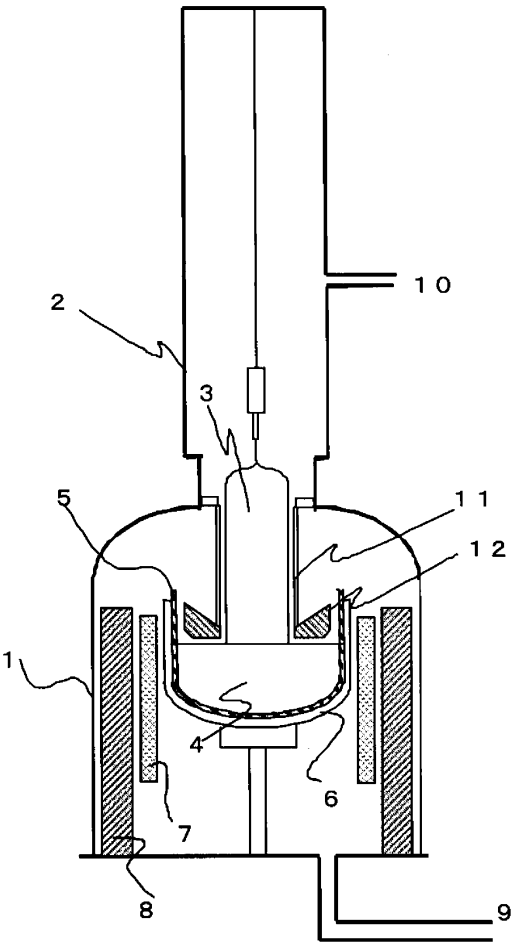
[0021] 도 3은 도가니 안에 탄소입자를 투입하는 모양을 모식적으로 나타낸 도이다.

[0022] 도 4는 실시예 1에서 육성된 실리콘 단결정 중의 탄소농도의 계산치와 실적치를 비교한 그래프이다.

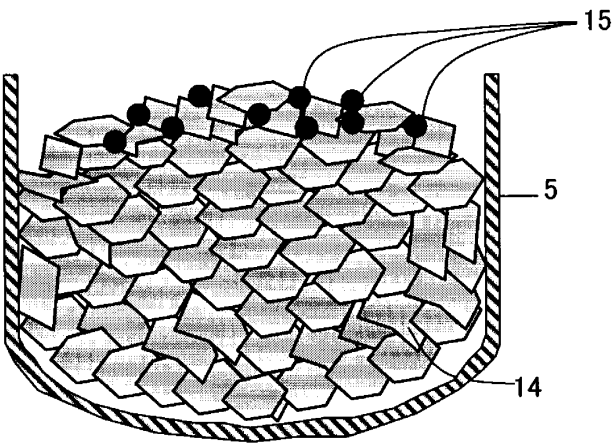
[0023] 도 5는 실시예 2에서 육성된 실리콘 단결정 중의 탄소농도의 계산치와 실적치를 비교한 그래프이다.

도면

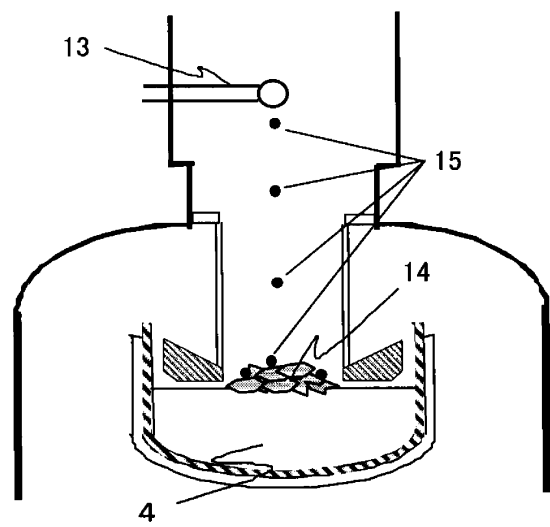
도면1



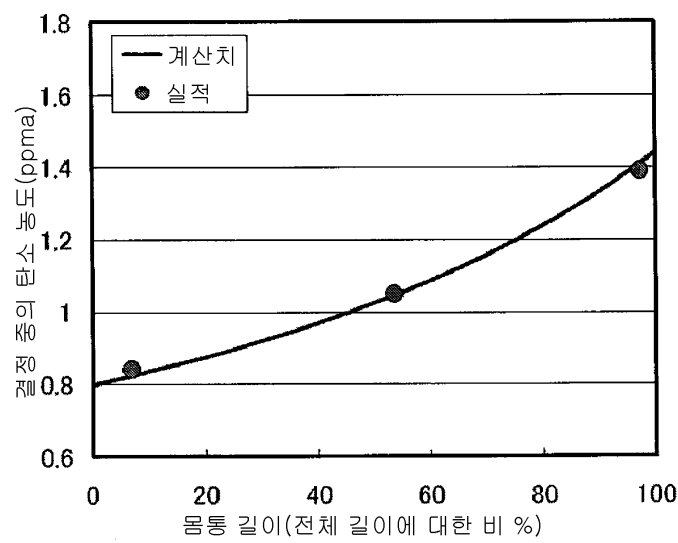
도면2



도면3



도면4



도면5

