



등록특허 10-2677112



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년06월20일

(11) 등록번호 10-2677112

(24) 등록일자 2024년06월17일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

C30B 15/10 (2006.01) C30B 15/20 (2006.01)

C30B 29/06 (2006.01) C30B 35/00 (2006.01)

(52) CPC특허분류

C30B 15/10 (2013.01)

C30B 15/20 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2022-0056636

(22) 출원일자 2022년05월09일

심사청구일자 2022년05월09일

(65) 공개번호 10-2023-0157088

(43) 공개일자 2023년11월16일

(56) 선행기술조사문헌

KR1020010079565 A*

(뒷면에 계속)

전체 청구항 수 : 총 5 항

(73) 특허권자

(주)셀릭

충청남도 천안시 서북구 직산읍 4산단3로 15

(72) 발명자

박성훈

경기도 용인시 수지구 수지로 75, 210동 101호(상현동, 심곡마을 광고 힐스테이트)

정해균

충청남도 천안시 서북구 직산읍 4산단3로 15

손민수

충청남도 천안시 서북구 직산읍 4산단3로 15

(74) 대리인

특허법인오암

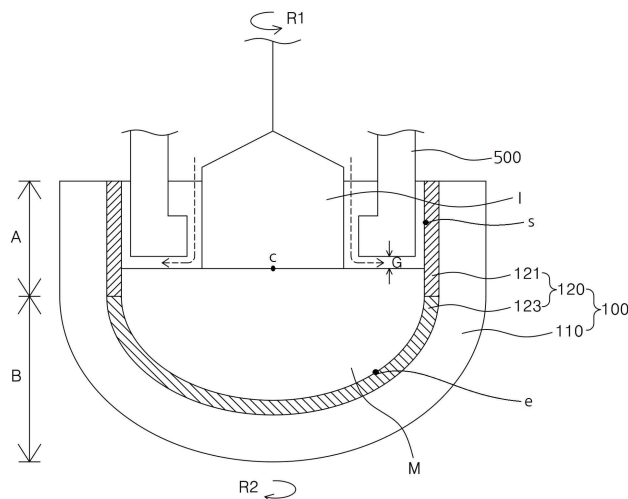
심사관 : 오규환

(54) 발명의 명칭 저저항 대구경 잉곳 제조장치

(57) 요약

실리콘 용탕이 접하는 내부면에 코팅막이 형성된 도가니; 일단부에 단결정 시드를 구비하는 시드 와이어 또는 성장되는 실리콘 단결정을 이동 및 회전시키는 인상수단; 실리콘 용탕과 일정한 갭을 유지하며 실리콘 용탕의 상부에 위치하는 보온수단; 및 상기 도가니, 시드 와이어, 인상수단을 수용하고 불활성 가스가 유입되는 성장챔버;를 포함하고, 상기 도가니는, 원통형의 상부영역과, 곡면의 하단부를 구비하는 하부영역을 포함하며, 상부영역 내측면의 코팅막의 두께는 하부영역 내측면의 코팅막의 두께보다 소정의 배수로 큰 것을 특징으로 하는 저저항 대구경 잉곳 제조장치를 제공한다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

C30B 29/06 (2013.01)

C30B 35/002 (2013.01)

(56) 선행기술조사문헌

KR1020070004901 A*

KR1020080061609 A*

KR1020130097186 A*

KR1020200077546 A*

US20150114284 A1*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1415179256

과제번호 20017105

부처명 산업통상자원부

과제관리(전문)기관명 한국산업기술평가관리원

연구사업명 소재부품기술개발사업 (소재부품패키지형(함께달리기))

연구과제명 CaF₂ 단결정 제조장비 및 200mm급 고균질 잉곳 기술개발

기 여 율 1/1

과제수행기관명 주식회사 셀릭

연구기간 2021.06.01 ~ 2024.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

실리콘 용탕이 접하는 내부면에 코팅막이 형성된 도가니;

일단부에 단결정 시드를 구비하는 시드 와이어 또는 성장되는 실리콘 단결정을 이동 및 회전시키는 인상수단;

실리콘 용탕과 일정한 갭을 유지하며 실리콘 용탕의 상부에 위치하는 보온수단; 및

상기 도가니, 시드 와이어, 인상수단을 수용하고 불활성 가스가 유입되는 성장챔버;를 포함하고,

상기 도가니는, 원통형의 상부영역과, 곡면의 하단부를 구비하는 하부영역을 포함하며, 상부영역 내측면의 코팅막의 두께는 하부영역 내측면의 코팅막의 두께보다 소정의 배수로 크고,

상기 도가니는 상기 인상수단 회전속도의 55 내지 60%인 속도로 인상수단과 반대방향으로 회전하는 하고,

상기 불활성 가스가 유입되는 압력은 상기 성장챔버 내부 압력의 4.5 내지 5배이고,

상기 실리콘 단결정 고화율을 80% 이상으로 유지하는 것을 특징으로 하는 저저항 대구경 잉곳 제조장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 도가니는 석영을 포함하여 형성되고,

상기 코팅막은 폴리실라잔을 포함하는 것을 특징으로 하는 저저항 대구경 잉곳 제조장치.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 코팅막은 0.02 내지 0.2mm의 두께를 가지는 것을 특징으로 하는 저저항 대구경 잉곳 제조장치.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 도가니는, 내측면의 코팅막이 다층으로 이루어진 것을 특징으로 하는 저저항 대구경 잉곳 제조장치.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 코팅막은 브러싱, 딥코팅, 스펀코팅, 스프레이 또는 기상증착 중 선택된 하나의 방법으로 형성되는 것을 특징으로 하는 저저항 대구경 잉곳 제조장치.

청구항 6

삭제

청구항 7

삭제

발명의 설명

기술 분야

- [0001] 본 발명은 저저항 대구경 잉곳의 생산수율을 개선할 수 있으며 실리콘 용탕의 회전에 의한 도가니의 손상을 최소화할 수 있는 저저항 대구경 잉곳 제조장치에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 단결정 실리콘은 초크랄스키(Cz) 법에 의해 일반적으로 제조된다. 단결정 실리콘 결정의 성장은 챔버에서 수행되는데, 폴리실리콘이 도가니로 투입되어 도가니 외측을 둘러싸는 히터에 의해 용융된다. 그리고, 시드 결정(seed crystal)을 실리콘 용탕과 접촉시켜 결정 인상수단(crystal puller)을 통한 추출에 의해 단결정 잉곳(ingot)이 성장된다.
- [0003] 상기 잉곳 성장에 있어서, 석영으로 이루어진 도가니는 높은 기계적, 화학적, 열적 스트레스에 수 시간 동안 노출되는데, 도가니는 소성 변형 없이 잉곳 성장이 이루어져야 한다. 도가니와 그 내부에 수용되는 실리콘 용탕의 부피가 클수록, 일반적으로 용융 시간은 더 길어진다고 볼 수 있다.
- [0004] 대구경 실리콘 단결정을 제조함에 있어서, 길어진 용융 시간 대비 도가니로부터 실리콘 용탕으로의 불순물의 혼입을 방지하고, 장시간의 여러 가지 스트레스에도 소성 변화가 방지되도록, 도가니는 내측면에 코팅막을 형성하게 되는데, 상기 코팅은 단결정 실리콘의 질이나 수율에 큰 영향을 미치는 것으로서 다양한 연구가 이루어지고 있다.
- [0005] 한편, 비저항 $0.01\Omega\text{cm}$ 이하, 직경 300mm 이상의 대구경 실리콘 단결정을 제조하는 것에 있어서, 생산 수율 문제에서 도가니의 회전속도와 성장 중인 잉곳의 상대적인 회전속도 제어의 중요성은 커지고 있다. 그에 연관되어 도가니와 잉곳의 회전속도는 실리콘 용탕으로 인한 도가니의 용손에도 영향을 줄 수 있는데, 특히 도가니의 특정영역, 상대적으로 더 긴 시간동안 실리콘 용탕을 수용하는 하부영역의 용손 발생 비율에 영향을 줄 수 있다. 일반적으로 실리콘 단결정의 비저항은 1 내지 $20\Omega\text{cm}$ 이지만, 저저항의 실리콘 단결정 제조의 경우 불순물을 더욱 투입하여야 하며, 이 경우 석영 도가니에 변화가 발생하여 도가니 하부의 곡면영역이 손상될 수 있다.
- [0006] 또한, 도가니와 잉곳의 회전은 실리콘 용탕의 표면에 요동을 발생시킬 수 있으므로, 도가니의 회전속도와 성장 중인 잉곳의 회전속도 제어와 함께 불활성 기체 흐름과 챔버 내부 압력 제어 또한 중요하다 볼 수 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0007] (특허문헌 0001) 일본등록특허 제2854201호(등록일: 1998. 11. 20)
- (특허문헌 0002) 한국공개특허 제10-2018-0077362호(공개일: 2018. 07. 09.)
- (특허문헌 0003) 한국공개특허 제10-2018-0117760호(공개일: 2018. 10. 30.)

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0008] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는, 단결정 실리콘 잉곳 성장 시 도가니 내부의 손상을 방지하고 단결정 실리콘의 품질이 개선될 수 있는 저저항 대구경 잉곳 제조장치를 제공하는 것에 목적이 있다.
- [0009] 또한, 본 발명이 이루고자 하는 다른 기술적 과제는, 도가니의 회전속도와 성장 중인 잉곳의 회전속도를 제어하여 실리콘 용탕으로 인한 도가니의 용손을 최소화하고 생산 수율을 향상시킬 수 있는 저저항 대구경 잉곳 제조장치를 제공하는 것에 목적이 있다.

[0010] 나아가서, 본 발명이 이루고자 하는 또 다른 기술적 과제는, 불활성 기체의 유입되는 압력과 챔버 내부 압력을 제어하여 실리콘 용탕 계면의 떨림을 최소화할 수 있는 저저항 대구경 잉곳 제조장치를 제공하는 것에 목적이 있다.

[0011] 본 발명의 목적은 이상에서 언급한 목적으로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 목적들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0012] 상기의 문제를 해결하기 위하여 본 발명은 실리콘 용탕이 접하는 내부면에 코팅막이 형성된 도가니; 일단부에 단결정 시드를 구비하는 시드 와이어 또는 성장되는 실리콘 단결정을 이동 및 회전시키는 인상수단; 실리콘 용탕과 일정한 갭을 유지하며 실리콘 용탕의 상부에 위치하는 보온수단; 및 상기 도가니, 시드 와이어, 인상수단을 수용하고 불활성 가스가 유입되는 성장챔버;를 포함하고, 상기 도가니는, 원통형의 상부영역과, 곡면의 하단부를 구비하는 하부영역을 포함하며, 상부영역 내측면의 코팅막의 두께는 하부영역 내측면의 코팅막의 두께보다 소정의 배수로 큰 것을 특징으로 하는 저저항 대구경 잉곳 제조장치를 제공할 수 있다.

[0013] 상기 도가니는 석영을 포함하여 형성되고, 상기 코팅막은 폴리실라잔을 포함하는 것일 수 있다.

[0014] 상기 코팅막은 0.02 내지 0.2mm의 두께를 가지는 것일 수 있다.

[0015] 상기 도가니는, 내측면의 코팅막이 다층으로 이루어진 것일 수 있다.

[0016] 상기 코팅막은 브러싱, 딥코팅, 스핀코팅, 스프레이 또는 기상증착 중 선택된 하나의 방법으로 형성되는 것일 수 있다.

[0017] 상기 도가니는 상기 인상수단 회전속도의 55 내지 60%인 속도로 인상수단과 반대방향으로 회전하는 것일 수 있다.

[0018] 상기 불활성 가스가 유입되는 압력은 상기 성장챔버 내부 압력의 4.5 내지 5배인 것일 수 있다.

발명의 효과

[0019] 본 발명의 실시예에 따른 저저항 대구경 잉곳 제조장치는 상부영역 내측면의 코팅막의 두께가 하부영역 내측면의 코팅막의 두께보다 소정의 배수로 큰 도가니를 구비함으로써, 단결정 실리콘 잉곳 성장 시 실리콘 용탕으로 인한 도가니 내부의 용손을 방지하고 단결정 실리콘의 품질이 개선될 수 있는 장점이 있다. 또한, 도가니의 회전속도와 성장 중인 잉곳의 회전속도를 제어하여 도가니의 용손을 최소화함과 동시에 생산 수율을 향상시킬 수 있다. 나아가서, 불활성 기체의 유입되는 압력과 챔버 내부 압력을 제어하여 실리콘 용탕 계면의 떨림을 최소화할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0020] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 저저항 대구경 잉곳 제조장치를 나타낸 단면도,

도 2는 본 발명의 실시예에 따른 저저항 대구경 잉곳 제조장치의 도가니 및 그 주변을 나타낸 단면도,

도 3은 본 발명의 실시예에 따른 저저항 대구경 잉곳 제조장치의 도가니/인상수단의 회전속도 비율에 따른 단결정 고화율을 나타낸 그래프,

도 4는 본 발명의 실시예에 따른 저저항 대구경 잉곳 제조장치의 (불활성 가스 압력)/(챔버 내부 압력)의 비율에 따른 단결정 고화율을 나타낸 그래프,

도 5는 도가니에 인가되는 파워 변화율과 단결정 고화율 관계를 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0021] 이하, 첨부한 도면들을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예들을 상세히 설명한다. 다음에 소개되는 실시예들은 당업자에게 본 발명의 사상이 충분히 전달될 수 있도록 하기 위해 예로서 제공되어지는 것이다. 따라서, 본 발명은 이하 설명되어지는 실시예들에 한정되지 않고 다른 형태로 구체화될 수도 있다. 그리고, 도면들에 있어서, 층 및 영역의 길이, 두께 등은 편의를 위하여 과장되어 표현될 수도 있다. 명세서 전체에 걸쳐서 동일한 참조번호들은 동일한 구성요소들을 나타낸다.

- [0022] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 저저항 대구경 잉곳 제조장치를 나타낸 단면도이고, 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 저저항 대구경 잉곳 제조장치의 도가니 및 그 주변을 나타낸 단면도이고, 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 저저항 대구경 잉곳 제조장치의 도가니/인상수단의 회전속도 비율에 따른 단결정 고화율을 나타낸 그래프이고, 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 저저항 대구경 잉곳 제조장치의 (불활성 가스 압력)/(챔버 내부 압력)의 비율에 따른 단결정 고화율을 나타낸 그래프이고, 도 5는 도가니에 인가되는 파워 변화율과 단결정 고화율 관계를 나타낸 그래프이다.
- [0023] 도 1 내지 도 5를 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 저저항 대구경 잉곳 제조장치(10)는 실리콘 용탕(M)이 접하는 내부면에 코팅막(120)이 형성된 도가니(100); 일단부에 단결정 시드를 구비하는 시드 와이어(200) 또는 성장되는 실리콘 단결정을 이동 및 회전시키는 인상수단(300); 실리콘 용탕(M)과 일정한 갭(G)을 유지하며 실리콘 용탕(M)의 상부에 위치하는 보온수단(500); 및 상기 도가니(100), 시드 와이어(200), 인상수단(300)을 수용하고 불활성 가스가 유입되는 성장챔버(400);를 포함하고, 상기 도가니(100)는, 원통형의 상부영역(A)과, 곡면의 하단부를 구비하는 하부영역(B)을 포함하며, 상부영역 내측면의 코팅막(121)의 두께는 하부영역 내측면의 코팅막(123) 두께보다 소정의 배수로 큰 것일 수 있다. 따라서, 본 발명의 실시예에 따른 저저항 대구경 잉곳 제조장치(10)는 상부 영역 내측면의 코팅막(121)의 두께가 하부영역 내측면의 코팅막(123) 두께보다 큰 도가니(100)를 구비함으로써, 단결정 실리콘 잉곳(I) 성장 시 도가니(100) 내부의 용손을 방지하고 단결정 실리콘의 품질이 개선될 수 있는 장점이 있다.
- [0024] 상세히 설명하면, 실리콘 용탕(M)이 접하는 내부면에 코팅막(120)이 형성된 도가니(100)는 회전축(600)이 하부의 중심에 결합된 서셉터(미도시)와 상기 서셉터의 내측에 결합된 내부 도가니(110)를 포함할 수 있다. 상기 도가니(100) 내부로 다결정 실리콘 및 안티몬, 붕소, 인과 같은 도펀트(dopant)가 함께 장입되어 용융될 수 있다. 상기 용융을 위한 열은 도가니(100) 주변에 위치하는 열원(미도시)에 의해 공급될 수 있다.
- [0025] 시드와이어(200)의 일단부에는 단결정 시드가 위치한다. 다결정 실리콘이 용융된 실리콘 용탕(M)에 단결정 시드가 담겨진 상태에서 인상수단(300)은 성장되는 실리콘 단결정을 이동 및 회전시킬 수 있다. 즉, 인상수단(300)은 시드와이어(200)를 인상하며, 단결정 시드로 인해 실리콘 용탕(M)은 소정의 직경을 가지는 단결정의 잉곳(I)으로 제조될 수 있다. 실리콘 단결정 잉곳(I) 제조는 재료 장입, 재료 용융, 시드의 인상 등의 과정으로 이루어지는데, 시드의 인상은 실리콘 용탕(M)에 시드를 접촉한 후, 도가니(100)와 시드를 반대방향으로 회전(R1, R2)시켜가면서 시드를 서서히 인상하는 것이며, 이로 인해 실리콘 단결정 잉곳(I)을 성장시킬 수 있다. 예로써, 상기 실리콘 단결정 잉곳(I)은 비저항 $0.01\Omega\text{cm}$, 직경 300 내지 400mm를 가지는 것일 수 있다.
- [0026] 이 경우, 상기 도가니(100)는 상기 인상수단(300) 회전속도의 55 내지 60%인 속도로 인상수단(300)과 반대방향으로 회전(R2)하는 것일 수 있다.
- [0027] 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 저저항 대구경 잉곳 제조장치의 도가니/인상수단의 회전속도 비율에 따른 단결정 고화율을 나타낸 그래프이다. 도면을 참조하면, 도 3의 회전속도비율은 실리콘 용탕(M)에 자기장이 가해지지 않은 경우, (도가니 회전속도)/(실리콘 단결정 회전속도)를 나타내며, 실리콘 단결정 회전속도는 인상수단의 회전속도라 할 수 있다. 자기장이 가해지지 않은 경우, 실리콘 용탕(M)의 표면 떨림 현상이 발생하여 단결정 수율이 감소될 수 있는데, 그래프에서 나타난 바와 같이 인상수단(300) 회전속도의 55 내지 60%인 속도로 도가니(100)가 회전하는 경우 단결정 고화율은 80% 이상으로 생산 수율이 높아짐을 알 수 있다. 이는 비저항 $0.01\Omega\text{cm}$ 이하, 직경 약 300mm의 대구경 실리콘 단결정 제조에 있어서 생산의 효율성이 높아질 수 있음을 보여준다. 또한, 상기의 그래프를 통하여 고화율 70% 이상을 필요로 하는 경우 상기 회전속도비율은 60% 이상인 조건이 필요함을 알 수 있다.
- [0028] 실리콘 용탕(M)과 일정한 갭(G)을 유지하며 실리콘 용탕(M)의 상부에 위치하는 보온수단(500)은 단결정 잉곳(I)의 성장 시 그 주변에 배치되어 단열 작용을 하며, 잉곳(I)의 인상 속도나 성장된 잉곳의 품질 등에 영향을 주는 것으로 양측이 개방된 중공 형상으로 이루어질 수 있다. 일반적으로, 보온수단(500)은 상측 개구부의 직경이 하측 개구부의 직경보다 더 크게 형성될 수 있다.
- [0029] 상기 도가니(100), 시드 와이어(200), 인상수단(300)을 수용하는 성장챔버(400)는 불활성 가스가 유입(도2의 화살표)될 수 있다. 즉, 성장챔버(400) 내부로 공급되는 불활성 기체는 성장챔버(400) 내의 일정한 압력을 유지하고, 실리콘 단결정 잉곳(I)의 생산과정 중에 발생할 수 있는 산화안티몬 또는 산소 등과 같은 기체 불순물을 챔버(400) 외부로 배출시킬 수 있다.
- [0030] 고화율 70% 이상의 생산 수율을 위하여, 상기 도가니(100) 회전속도와 실리콘 단결정 회전속도(즉, 인상수단

(300)의 회전속도)의 변경이 필요한 경우, 상대적인 속도변화로 인해 실리콘 용탕(M)의 표면에 요동(Melt Vibration)이 발생할 수 있다. 이 경우, 불활성 기체의 유입되는 압력과 챔버 내부 압력을 제어함으로써 실리콘 용탕 계면의 떨림을 최소화할 수 있다.

[0031] 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 저저항 대구경 잉곳 제조장치의 (불활성 가스 압력)/(챔버 내부 압력)의 비율에 따른 단결정 고화율을 나타낸 그래프이다. 도 4를 참조하면, 실리콘 용탕 계면의 떨림을 최소화함과 동시에 단결정 고화율(생산수율)에 영향을 최소화할 수 있는 불활성 가스의 압력과 챔버 내부의 압력의 비율은 450% 내지 500%인 것을 알 수 있다. 즉, 상기 불활성 가스가 유입되는 압력은 상기 성장챔버(400) 내부 압력의 4.5 내지 5배인 것일 수 있으며, 이 경우 도가니(100) 또는 인상수단(300)의 회전속도 변경에 대한 실리콘 용탕(M) 계면의 안정화와 동시에 생산수율 개선이 이루어짐을 알 수 있다.

[0032] 상기 도가니(100)는, 원통형의 상부영역(A)과, 곡면의 하단부를 구비하는 하부영역(B)을 포함하며, 상부영역 내 측면의 코팅막(121)의 두께가 하부영역 내측면의 코팅막(123) 두께보다 소정의 배수로 큰 것일 수 있다.

[0033] 상부영역(A)에 비하여 직경이 작아지는 하부영역(B)은 도가니(100) 또는 성장 중의 잉곳(I)의 회전에 의한 에너지 또는 상부영역(A)보다 상대적으로 더 길게 실리콘 용탕(M)에 노출되는 시간 의해 용손에 더 취약해질 수 있다. 또한, 단결정 잉곳(I) 성장 시 실리콘 용탕 계면의 중심부(c; Melt line center)는 약 1420℃ 정도가 유지되어야 하는데, 이를 위하여 소정의 에너지가 도가니(100) 내부로 인가된다. 이 경우 도5와 같이 고화율에 따라 도가니 내부로 인가되는 파워의 변화는 잉곳 성장 시작 시 계면의 위치(s)보다 성장이 종료되는 계면의 위치(e)에서 더 높은 파워가 인가될 수 있으므로, 성장이 종료되는 영역에서 실리콘 용탕에 의한 용손이 더 발생할 수 있다.

[0034] 실리콘 용탕(M)에 의한 도가니의 손상을 방지하며 비저항 0.01Ωcm 이하로 대구경 실리콘 단결정을 제조하기 위해서는, 회전속도 비율을 낮출 수는 있으나, 이는 생산 수율에 한계와 생산 시간의 증가를 가져오므로, 고화율을 70% 이상으로 유지하기 위해서는 도가니(100)의 코팅막(120) 형성에 있어서 개선이 필요하다고 볼 수 있다. 따라서, 상부영역(A) 내측면의 코팅막(121)의 두께를 하부영역(B) 내측면의 코팅막(123)보다 소정의 배수로 더 크게 구비함으로써 상부에서 반응 후 남은 코팅막 성분이 하부영역(B) 내측면을 따라 흐르며 하부 영역(B)의 표면을 더욱 보호할 수 있다. 따라서, 도가니(100)의 용손을 방지하고, 도가니(100) 손상에 의해 실리콘 용탕(M) 내부로 이물이 유입되는 것을 방지할 수 있으므로, 실리콘 단결정의 품질을 더욱 개선시킬 수 있다.

[0035] 나아가서, 상부영역(A) 내측면의 코팅막(121)의 두께를 하부영역(B) 내측면의 코팅막(123)보다 더 크게 코팅하여 구비하는 것은, 잉곳 성장 시작 시 계면의 위치(s)로부터 하부로 20 내지 30cm 이격된 지점에서 하부영역(B)과 연결된 지점까지의 영역이 하부영역(B) 내측면의 코팅막(123)보다 소정의 배수로 더 두껍게 코팅하여 구비되는 것일 수 있다. 즉, 단결정 고화율 향상을 위해 상대적으로 더 높은 파워가 인가되는 시작점부터 코팅막(120)의 두께를 높게 형성하여 상부에서 반응 후 남은 코팅막 성분이 하부영역(B) 내측면을 따라 흐르며 하부영역(B)의 표면을 더욱 보호할 수 있다.

[0036] 상기 코팅막(120)은 브러싱, 딥코팅, 스펀코팅, 스프레이 또는 기상증착 중 선택된 하나의 방법으로 형성되는 것일 수 있다. 예로써, 상부영역(A)은 하부영역(B)보다 더 높은 농도를 가진 용액을 별도로 도포하거나, 동일 농도의 용액을 사용하여 높은 농도가 필요한 영역만 1회 이상 더 도포하여 상부영역(A)의 코팅막 두께를 더 높도록 형성할 수 있다.

[0037] 또한, 상부영역 내측면의 코팅막(121)의 두께가 하부영역 내측면의 코팅막(123)의 두께보다 높은 것은, 상부영역 내측면의 코팅막(121)이 하부영역 내측면의 코팅막(123)에 비하여 다층으로 형성되어 구비되는 것일 수 있다. 즉, 상기 도가니(100)는, 상부영역의 코팅막(121)이 다층으로 이루어진 것일 수 있으며, 나아가서, 잉곳 성장 시작 시 계면의 위치(s)로부터 하부로 20 내지 30cm 이격된 지점에서 하부영역(B)과 연결된 지점까지의 영역이 다층의 구조로 형성된 것일 수 있다.

[0038] 예로써, 상기 도가니(100) 또는 내부 도가니(110)는 석영을 포함하여 형성되고, 상기 코팅막(120)은 폴리실라잔을 포함하는 것일 수 있다. 즉 도가니(100)의 수용공간 내측면에 코팅막(120)으로서 폴리실라잔을 코팅하여 희생층으로써 최내층인 실리카유리막을 형성시킬 수 있다. 폴리실라잔은 $-(SiH_2NH)-$ 를 기본 유닛으로 하는 유기 용제에 용해 가능한 무기 고분자 화합물이며 일반적으로 모든 결사슬이 수소인 파 하이드로폴리실라잔이 이용될 수 있다. 상기 폴리실라잔은 대기 중 또는 수증기 함유 분위기 하에서 가열함으로써, 수분이나 산소와 반응하고 치밀한 실리카유리막을 생성할 수 있다. 상기 폴리실라잔 코팅은 폴리실라잔을 유기 용제에 용해시킨 용액을 도포한 후, 산화 분위기 중에서 200~400℃로 열처리함으로써 수행하여 치밀한 실리카유리막을 형성할 수 있다. 나

아가서, 폴리실라잔은 가수분해되기 쉬우므로 용액 조제에는 크실렌 등의 소수성 용제를 이용할 수 있다.

- [0039] 상기의 방법에 의하면 실리콘 용탕(M)에 용해하기 쉽고 석영 도가니에 치밀한 코팅막(120)을 간편하게 형성할 수 있다. 또한, 상기와 같이 폴리실라잔을 포함하여 형성된 실리카유리막은 알칼리금속 등의 실리콘 단결정에 대한 불순물 원소 등을 포함하지 않으므로 실리콘 용탕(M) 중에 용해해도, 실리콘 단결정에 대해서 순도 저하 등의 악영향을 미치지 않는다.
- [0040] 석영 도가니의 경우, 도가니 표면의 석영으로부터 크리스토팔라이트의 결정핵과 상기 결정핵의 성장으로 브라운 몰드를 발생시켜 도가니에 용손이 발생하고, 실리콘 단결정 인상의 수율 저하될 수 있다. 그러나, 폴리실라잔을 포함하는 상기 코팅막(120)은 회생층으로써 최내층인 실리카유리막을 형성시키므로, 최내층인 실리카유리막 표면에 크리스토팔라이트의 결정핵이 형성되었다 하더라도, 그 부근에서 결정화가 진행되는 속도보다 실리카유리막의 용해가 더 빠르므로 실리카유리막의 용해 후에 노출되는 석영도가니 내층 표면에서의 크리스토팔라이트의 결정핵 생성이 억제될 수 있다. 즉, 석영도가니 내층 표면에 크리스토팔라이트의 결정핵이 형성되기 전에, 크리스토팔라이트의 결정핵이 형성되어버린 도가니 최내층(실리카유리막)을 용손시키면, 브라운 몰드 발생 기점이 없어질 수 있다.
- [0041] 상기 코팅막(120)은 0.02 내지 0.2mm의 두께를 가지는 것일 수 있다. 즉, 상부영역 내측면의 코팅막(121)의 두께가 하부영역 내측면의 코팅막(123)의 두께보다 소정의 배수로 큰 것은, 상기 상부영역 내측면의 코팅막(121)의 두께가 하부영역 내측면의 코팅막(123)의 두께보다 더 크되, 상부영역의 코팅막(121)과 하부영역의 코팅막(123)의 두께는 상기의 범위 내인 것일 수 있다.
- [0042] 상기 두께가 0.02 mm미만일 경우, 너무 얇아서, 도가니(100) 내의 폴리실리콘이 완전하게 용해하기 전에 최내층(실리카유리막)이 용해되어, 최내층에 의한 크리스토팔라이트의 결정핵 형성의 저해 효과를 얻을 수 없다. 상기 두께가 0.2 mm를 초과할 경우, 폴리실리콘이 모두 용융된 후에도 최내층(실리카유리막)이 잔존하기 때문에, 최내층의 용해가 계속됨으로써, 실리콘 단결정의 산소 농도로 영향을 미칠 수 있다.
- [0043] 다른 예로써, 상기 도가니(100) 또는 내부 도가니(110)는 석영을 포함하여 형성되고, 상기 코팅막(120)은 칼슘, 바륨, 마그네슘, 스트론튬 및 베릴륨으로 이루어지는 군에서 선택되는 하나를 포함하는 것일 수 있다. 폴리실리콘이 용융되는 동안, 도가니 내측면에서는 유리질 실리카가 결정화될 수 있다. 도가니 내측면에는 균질하고 연속적인 β -크리스토팔라이트가 형성될 수 있으며, 상기 코팅막(120)은 실리콘 용탕과 접촉하면 균질하게 용해될 수 있으므로, β -크리스토팔라이트 입자의 실리콘 용탕 속으로의 방출이 억제될 수 있다.
- [0044] 예로써, 다층구조의 코팅막(120)을 구비하는 도가니(100)의 경우, 최외면의 코팅은 칼슘, 바륨, 마그네슘, 스트론튬 및 베릴륨으로 이루어지는 군에서 선택되는 하나를 포함하는 최외 코팅막으로 구비되고, 상기 도가니(100)와 최외 코팅막 사이에는 폴리실라잔을 포함하는 최내 코팅막이 개재될 수 있다. 따라서, 최외 코팅막으로 1차적인 용손을 방지하고, 최내 코팅막으로 회생층으로써 최내층인 실리카유리막이 형성되어 2차적으로 용손을 더욱 방지할 수 있다. 이 경우 도가니의 하부영역(B)은 상기 최외 코팅막만 형성되어 구비되고, 상부영역(A)은 최외 코팅막과, 상기 최외 코팅막과 도가니 내측면 사이에 개재되는 최내 코팅막을 포함하는 다층구조로 형성될 수 있다.
- [0045] 본 발명의 실시예에 따른 저저항 대구경 잉곳 제조장치(10)는 상부 영역(A)의 코팅막(121) 두께가 하부영역(B)의 코팅막(123) 두께보다 소정의 배수로 큰 도가니(100)를 구비함으로써, 단결정 실리콘 잉곳(I) 성장 시 도가니(100) 내부의 용손을 방지하고 단결정 실리콘의 품질이 개선될 수 있는 장점이 있다. 또한, 도가니(100)의 회전속도와 성장 중인 잉곳(I)의 회전속도를 제어하여 도가니(100)의 용손을 최소화함과 동시에 생산 수율을 향상시킬 수 있다. 나아가서, 불활성 기체의 유입되는 압력과 성장챔버(400) 내부 압력을 제어하여 실리콘 용탕(M) 계면의 떨림을 최소화할 수 있는 효과가 있다.
- [0046] 상기에서는 본 발명의 바람직한 실시예를 참조하여 설명하였지만, 해당 기술 분야의 숙련된 당업자는 하기의 특허 청구의 범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

부호의 설명

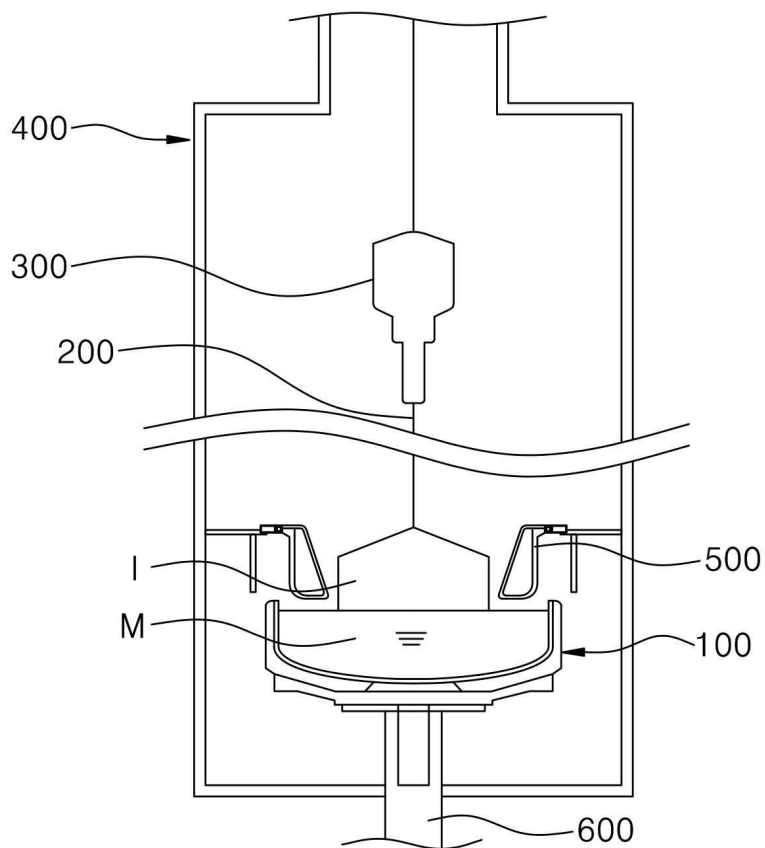
- [0047] 10; 저저항 대구경 잉곳 제조장치
100; 도가니

- 110; 내부 도가니
- 120; 코팅막
- 200; 시드와이어
- 300; 인상수단
- 400; 성장챔버
- 500; 보온수단
- 600; 회전축

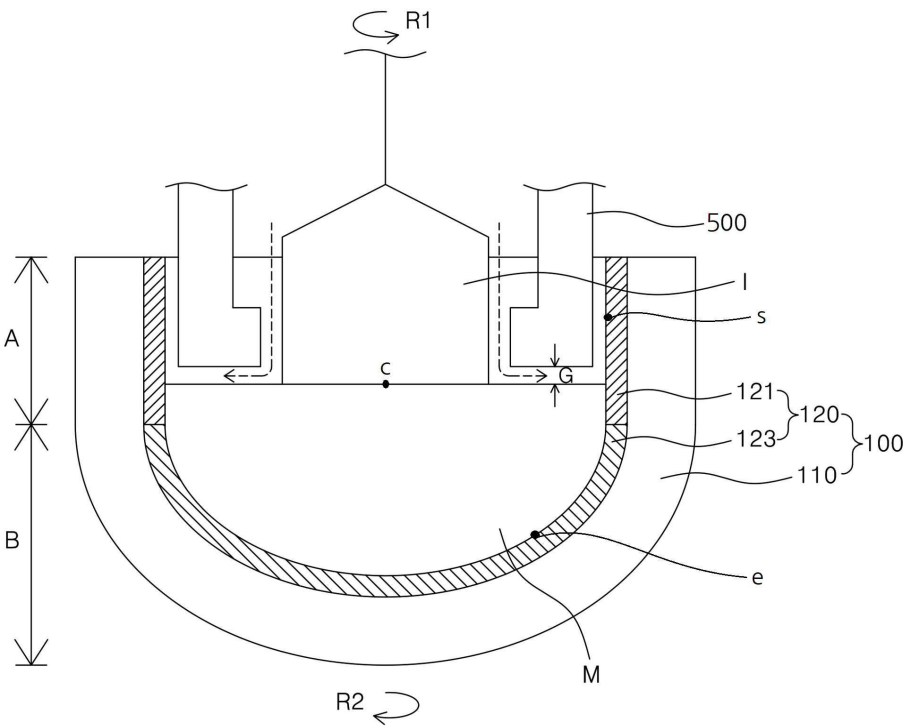
도면

도면1

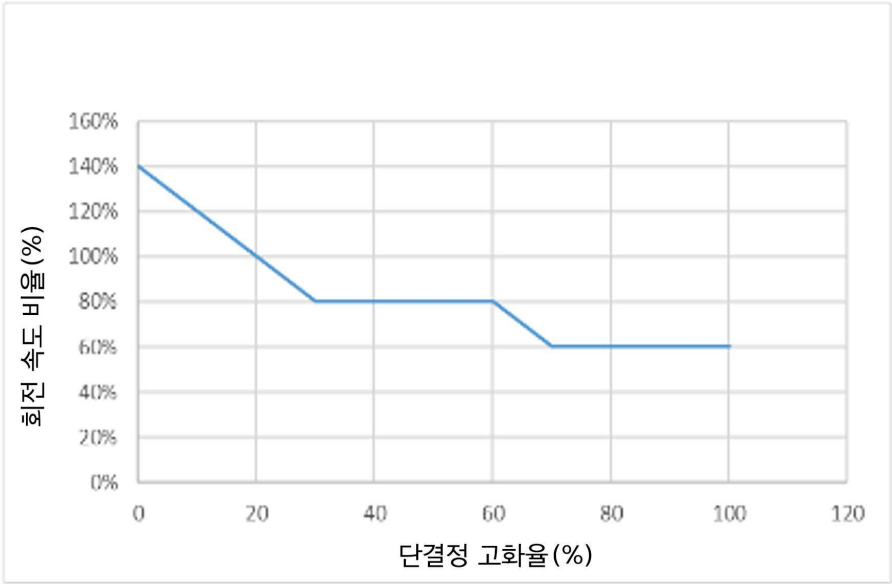
10



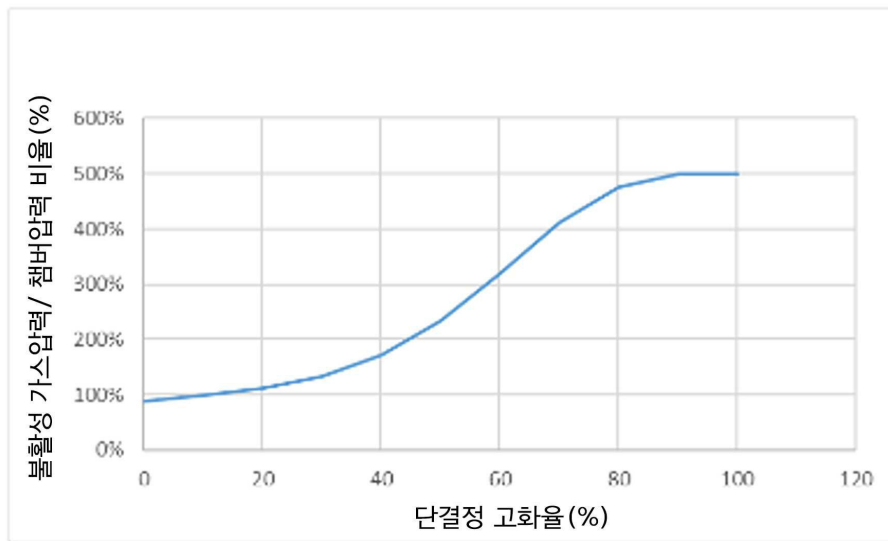
도면2



도면3



도면4



도면5

