

(19)대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。 Int. Cl. <sup>7</sup> C30B 15/10	(45) 공고일자 (11) 등록번호 (24) 등록일자	2005년11월24일 10-0530889 2005년11월17일
--	-------------------------------------	--

(21) 출원번호	10-2003-0037667	(65) 공개번호	10-2004-0106816
(22) 출원일자	2003년06월11일	(43) 공개일자	2004년12월18일

(73) 특허권자                    김형준  
   경기도 성남시 분당구 수내동 51 파크타운 107-1303

(72) 발명자                        김형준  
   경기도 성남시 분당구 수내동 51 파크타운 107-1303

   엄명윤  
   서울특별시송파구풍납2동신동아아파트101-208

(74) 대리인                        김영환

심사관 : 한상수

(54) 실리콘 카바이드 단결정 제조용 흑연 도가니

요약

본 발명은 실리콘 카바이드 분말의 승화 효율이 향상되도록 도가니의 바닥면에 돌출물이 구비된 실리콘 카바이드 단결정 제조용 흑연 도가니에 관한 것이다.

본 발명의 도가니는, 원형의 저면을 가지며, 저면으로부터 상부로 갈수록 점차적으로 직경이 감소하여 상단부가 원형의 상면을 이루며, 하단 직경(D<sub>L</sub>)이 도가니 내경의 40~60%, 상단 직경(D<sub>U</sub>)이 도가니 내경의 20~40%, 높이가 도가니 내부 높이의 20~40%인 돌출물(14)이 내부 바닥면 중앙에 구비된 구조로서, 상기 원뿔형 돌출물에 본 발명의 특징이 있다.

본 발명의 도가니에 구비된 상기 돌출물은 가열되는 원료 분말의 승화 효율을 높여 줌으로써 카바이드 단결정의 표면 품질을 향상시키는 동시에, 도가니 내부에 잔류하는 재결정화한 원료 분말의 양을 감소시켜 실리콘 카바이드 단결정 제조 원가의 절감이 가능한 장점이 있다.

대표도

도 2

색인어

실리콘 카바이드, 실리콘 카바이드 단결정, 흑연 도가니

명세서

**도면의 간단한 설명**

도 1은 종래 도가니의 단면 구조도.  
 도 2는 본 발명 일실시에 도가니의 단면 구조도.  
 도 3은 도가니 뚜껑 저면에 성장한 실리콘 카바이드 결정의 표면을 보인 것으로,  
 (가),(나),(다)는 본 발명 실시예 도가니를 사용한 경우이며,  
 (라)는 종래 도가니를 사용한 경우이다.  
 도 4는 도가니 바닥에 재결정된 원료의 표면을 보인 것으로,  
 (가)는 종래 도가니를 사용한 경우의 원료 표면 사진이고,  
 (나)는 본 발명 실시예 도가니를 사용한 경우의 원료 표면 사진이다.  
 ((도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명))

- 11. 도가니 12. 종자기관
- 13. 원료 분말 14. 돌출물
- 11A. 뚜껑 11B. 몸체
- $D_U$ . 상단 직경  $D_U$ . 하단 직경

**발명의 상세한 설명**

**발명의 목적**

**발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술**

본 발명은 실리콘 카바이드 단결정을 효과적으로 생산하기 위한 흑연 도가니에 관한 것으로, 더 자세하게는 도가니의 바닥면 중앙부에 꼭지점이 제거된 원뿔 형상의 돌출물을 결합시킴으로써 돌출물 높이 이상으로 도가니 내부에 채워진 실리콘 카바이드 분말 원료의 중앙부가 효과적으로 가열 승화하여 표면 형상이 우수한 실리콘 카바이드 단결정으로 성장할 수 있도록 하는 동시에, 도가니 내부 바닥에서 재결정되어 잔류하게 되는 원료의 양을 최소화하여 제조 원가를 절감할 수 있도록 한 흑연 도가니에 관한 것이다.

에너지, 산업전자, 정보통신, 광전자 및 극한 전자 분야를 뒷받침하고 있는 실리콘계 반도체 기술의 발전은 실리콘의 물리적 특성 제한으로 점차 한계에 직면하고 있다.

따라서, 상기 실리콘계 반도체에 대한 대안으로 부각되고 있는 것이 실리콘 카바이드계 반도체인데, 실리콘 카바이드계 반도체는 21세기 에너지 전자, 정보통신 전자 및 극한 전자 분야를 이끌어 나갈 차세대 반도체로서 각 기술 선진국들에서도 국가적 지원 하에서 중점적으로 연구 되고 있으며, 부분적으로는 그 실용성이 상업적으로 증명되고 있고, 그 경제성도 최근 급증하는 세계적 벤처기업들의 설립과 그들의 성공으로 확인되고 있다.

상기 실리콘 카바이드계 반도체 소자는 실리콘계에 비하여 허용 전계 강도가 10배, 동작 온도가 4배나 높아 대전력 고온에서의 동작이 가능할 뿐 아니라, 전력 계통의 수송변환장치로 이용하면 송전 손실을 1/3 정도로 낮출 수 있어 에너지 절약 효과가 크다.

상기와 같은 실리콘 카바이드를 사용하기 위해서는 실리콘 카바이드를 단결정으로 성장시키는 기술이 필수적인 바, 실리콘 카바이드의 종래 제조 방법으로는 실리카, 카본 등의 혼합물을 탄소봉으로 통전 가열하여 2000℃ 이상에서 화학 반응에 의해 제조하는 애치슨(Acheson)법과, 이러한 방법으로 얻은 결정을 다시 2000℃ 이상에서 승화시켜 재결정화 하는 랠리(Lely)법 등이 있다.

그러나, 상기의 방법들은 단면적이 큰 웨이퍼를 제조할 수 없고, 다형의 제어가 가능하지 않는 등 많은 문제점들이 제기되었는 바, 이들 방법에 대한 대안으로 상기 랠리법을 개선한, 일반적으로 승화법이라고도 불리우는 성장 방법이 착안되어 널리 사용되고 있다.

상기 승화법은 도 1에 도시된 바와 같이, 애치슨법 또는 랠리법으로 제조된 실리콘 카바이드를 흑연 도가니의 뚜껑(11A) 저면 중앙부에 종자기관(12)으로 부착하고, 흑연 도가니 몸체(11B) 내부에 원료인 실리콘 카바이드 분말(13)을 적정 높이로 채운 후 흑연 도가니를 2000℃ 이상으로 가열함으로써, 상기 실리콘 카바이드 분말이 승화하여 종자기관 표면에서 재결정화 되도록 하는 방법이다.

상기와 같이 실리콘 카바이드 분말을 승화시켜 재결정화 함으로써 이론적으로는 고품질의 실리콘 카바이드 단결정을 얻을 수 있으나 다음과 같은 문제가 있다.

즉, 종래의 승화법에서는 도가니 내부 바닥면 가까이에 위치한 원료들이 그 상부에 위치한 원료들에 의해 승화된 후 상기 종자관으로 이동하지 못하고 도가니 바닥면에서 재결정화 되어 잔류하게 됨에 따라 실리콘 카바이드 분말에 대한 실리콘 카바이드 단결정의 제조 수율이 떨어져 제조 원가가 상승하게 된다.

또한, 상기와 같이 승화법에 의해 성장된 실리콘 카바이드 단결정을 반도체 재료로 사용시 수율을 높이기 위해서는 성장 단결정의 표면 품질이 균일하고 우수하여야 하나, 종래의 도가니를 사용한 경우에는 승화된 실리콘 카바이드 기체의 이동이 원활치 못하여 표면 품질이 떨어지게 된다.

상기 실리콘 카바이드 단결정의 표면 형상을 개선하기 위해서는 도가니 내의 구조, 압력, 온도 등을 복합적으로 제어하여야 하나 변수가 많아 효율적으로 제어하기가 쉽지 않은 실정이다.

### 발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명은 도가니를 사용한 종래 실리콘 카바이드 단결정의 제조 방법이 갖는 제반 문제점들을 해결하기 위하여 창안된 것으로, 원료인 실리콘 카바이드 분말의 승화 효율을 향상시켜 원료에 대한 단결정 제품의 수율을 높임과 동시에 표면 형상을 향상시킬 수 있으며, 승화 효율과 표면 품질 향상을 위한 필수적인 여러 제어 변수들 중에서 가장 우선적으로 선택되어 기본적인 승화 공간을 제공하여 주는, 승화에 가장 최적의 공간을 갖는 도가니의 내부 구조를 제공함에 본 발명의 목적이 있다.

### 발명의 구성 및 작용

본 발명의 상기 목적은 도가니 내부 바닥면 중앙에 구비된 돌출물에 의해 달성된다.

본 발명 실리콘 카바이드 단결정 제조용 흑연 도가니는, 도가니의 내부 바닥면에 구비된 상기 돌출물에 그 구조적 특징이 있는 바, 상기 돌출물은 도가니의 제조시 일체로 만들어질 수 있으며, 도가니와 별도로 만들어진 후 도가니 바닥면에 결합될 수도 있다.

상기 돌출물은 실리콘 카바이드 단결정의 원료로서 도가니 내부에 채워지는 실리콘 카바이드 분말이 균일하게 가열되도록 하여 승화 효율을 향상시키는 역할을 하게 되는 바, 도가니 내부 바닥면의 상기 돌출물은 도가니 내부에 채워지는 실리콘 카바이드 단결정 제조용 원료 분말에 매몰된 상태가 되고, 도가니의 바닥면 및 측벽이 원료 분말을 그 외면에서 가열하는 동안 돌출물이 원료 분말의 내부를 가열하여 원료 분말이 균일하게 가열되도록 함으로써 승화 효율을 높게 된다.

상기 돌출물은 원형의 평단면 형상을 가지며, 하부에서 상부로 갈수록 직경이 감소하는, 꼭지점이 제거된 원뿔의 형상으로서, 하단 직경은 도가니 내경의 40~60%, 상단 직경은 도가니 내경의 20~40%이며, 그 높이는 도가니 바닥면 중앙에서 도가니 뚜껑 저면 중앙부까지 높이의 20~40%로 하는 것이 가장 바람직한 바, 그 이유는 다음과 같다.

하단 직경이 도가니 내경의 40%에 미치지 못하면 원료 분말 중앙부의 가열 효과가 떨어져 바닥면에서 원료 분말의 재결정량이 현저히 증가하게 되고, 60%를 초과하게 되면 원료의 충전량이 적어져 작업성이 저하하게 된다.

그리고, 상단 직경은 하단 직경 보다 작게 하여 돌출물의 외측면을 경사지게 함으로써 외측면에 접한 원료 분말의 승화 기체가 상승 이동하는 것을 방해하지 않도록 하고, 돌출물 상·하부의 온도 구배를 가능한 한 작게 하기 위한 것으로, 상·하단의 직경 차이가 상기 상·하단 각 직경 범위 내의 최소 차이 보다 작으면, 온도 구배가 증가하고 원료 분말 승화 기체의 상승 이동이 외측면에 의해 방해 받으면서 승화 효율이 떨어지게 되며, 최대 차이 보다 크게 되면 그 체적이 필요 이상으로 작아져 원료 분말의 중앙부를 효과적으로 가열할 수 없게 된다.

또한, 돌출물의 높이가 도가니 내부 중앙 높이의 20%에 미치지 못하면 원료 분말의 중앙부를 효과적으로 가열할 수 없으며, 40%를 초과하게 되면 원료의 충전량이 적어져 작업성이 저하하거나 단결정 성장 길이에 제한을 받게 된다.

상기 본 발명의 목적과 기술적 구성을 비롯한 그에 따른 작용 효과에 관한 자세한 사항은 본 발명의 바람직한 실시예를 도시하고 있는 도면을 참조한 아래의 설명에 의해 명확하게 이해될 것이다.

도 2에 본 발명 일실시에 도가니의 단면 구조도를 도시하였다.

도시된 바와 같이, 본 발명의 도가니는, 원형의 평단면을 가지며, 하단부에서 상단부로 갈수록 점차적으로 직경이 감소하여 하단 직경( $D_L$ )이 상단 직경( $D_U$ ) 보다 큰 원뿔형 돌출물(14)이 도가니 몸체(11B)의 내부 바닥면 중앙에 직립하여 돌출된 구조이다.

그리고, 상기 돌출물(14)은 도가니와 같이 흑연으로 이루어지며, 그 역할을 살펴보면 다음과 같다.

상기 돌출물(14)이 없는 종래 도가니를 사용하여 실리콘 카바이드 단결정을 제조하는 경우에는, 도가니 바닥면 부근, 즉 하부에 위치한 원료 분말 중 일부는 승화한 후 종자기관에서 재결정화하여 실리콘 카바이드 단결정 성장에 기여하지 못하고 도가니 바닥면 부근의 원료 분말 상에서 재결정화하여 덩어리의 형태로 잔류하게 되며, 특히 원료 분말의 중간 이하 부분에서 그러한 현상이 많이 발생하게 된다.

상기와 같은 현상의 원인은 바닥면에 의해 가열된 하부의 원료 분말이 승화한 후 상부의 원료 분말 사이를 통과하지 못하기 때문으로서, 본 발명 도가니의 바닥면 중앙에 구비된 돌출물이 상기와 같은 현상이 발생하는 것을 억제하는 역할을 수행하게 되며, 이를 다음의 실시예를 통하여 확인할 수 있다.

### 실시예

내경 50mm, 내부 높이 45mm인 종래 도가니와, 동일한 크기의 도가니 내부 바닥면에 높이 17mm, 상·하단 직경이 각각 10~20mm 및 20~40mm, 상·하단 직경비가 1/2인 돌출물이 구비된 본 발명의 실시예 도가니들을 각각 사용하여 그 내부에 원료 분말을 바닥면으로부터 32 mm 높이까지 채운 후 도가니 뚜껑 저면 중앙에 장축 길이가 7mm인 종자기관을 붙였다.

그리고, 각 도가니 내부의 압력을  $10^{-6}$  torr의 진공도로 만든 후 아르곤 가스를 채워 도가니 내부 압력을 750 torr로 유지시킨 상태에서 단결정 성장 온도인 2200℃ 까지 가열한 다음, 단결정이 성장 할 수 있도록 도가니 내부 압력을 낮춰 10torr로 유지하면서 실리콘 카바이드 단결정을 성장시켰다.

상기와 같은 과정을 통하여 실리콘 카바이드 단결정을 성장시킨 후 실리콘 카바이드 단결정이 승화하여 결정화하는 장소인 도가니 뚜껑의 저면을 관찰하여 보면 다음과 같다.

도가니 뚜껑 저면의 중앙에 부착된 종자기관 표면에는 매끄러운 표면을 갖는 1급 단결정(31)이 성장하며, 이 1급 단결정(31)의 외주연부로부터 일정 거리 내의 외측까지는 수직상정형 2급 단결정(32)이 성장하고, 2급 단결정(32)의 외측으로는 과립 형상의 다결정(33)이 성장하게 된다.

즉, 종자기관에는 표면이 양호한 1급 단결정이, 종자기관에 인접한 도가니 뚜껑 저면에는 2급 단결정이, 그 외의 뚜껑 저면에는 다결정이 성장하게 되며, 그 표면 형상은 도 3과 같다.

그리고, 상기의 각 도가니에서 성장시킨 단결정의 크기는 다음의 표 1과 같다.(도 3의 (가), (나), (다), (라)는 각각 실시예 도가니 3, 2, 1 및 종래 도가니에서 얻어진 단결정의 표면에 해당함.)

[표 1]

구분	종래 도가니	실시에 도가니		
		1	2	3
돌출물 하단 직경(mm)	-	20	30	40
1급 단결정 직경(mm)	7	9	11	7
1급 + 2급 단결정 직경(mm)	15	20	20	15

상기 표 1과 도 3으로부터 종래의 도가니에 비하여 본 발명의 실시예 도가니를 사용하는 경우 표면이 우수한 1급 실리콘 카바이드 단결정의 직경이 확대됨을 알 수 있다.

또한, 도 3에서 볼 수 있듯이 도가니 내부 바닥면에 돌출물이 있는 본 발명 실시예 도가니의 경우, 실리콘 카바이드 단결정의 중앙부(1급 단결정)와 주변부(2급 단결정)의 표면 상태가 향상되었고, 실시예 도가니들 중에서도 실시예 도가니 2에서 제조된 단결정이 가장 큰 직경을 가짐과 동시에 표면 상태 역시 가장 우수한 것으로 나타났다.

상기와 같이 종래 도가니를 사용한 경우 보다 본 발명 실시예 도가니를 사용하였을 때 실리콘 카바이드 단결정의 크기와 품질이 향상되는 것은 돌출물에 의한 도가니 내부 온도 분포 개선과 관계된 것으로 판단된다.

그리고, 단결정의 성장이 완료된 후에 도가니 뚜껑을 열고 도가니 내부를 관찰하여 보면, 단결정으로 승화되지 못하고 도가니 바닥에서 재결정되어 잔류하는 원료를 볼 수 있는 바, 이와 같이 재결정화된 원료의 표면 형상 사진을 도 4에 나타내었다.

상기 도 4의 (가)는 종래 도가니의 경우이며, (나)는 본 발명 일실시예 도가니(표 1의 도가니 1)에서 관찰된 것으로, 종래의 도가니를 사용한 경우에는 결정 성장에 기여하지 못한 원료들이 구형을 이루어 큰 덩어리로 재결정화된 반면에, 본 발명 일실시예 도가니의 경우에는 원료 표면 전체에 걸쳐 고르게 원료가 승화된 양상을 보이고 있음을 알 수 있다.

즉, 종래 도가니에 비하여 본 발명의 도가니가 원료의 승화 효율성 측면에서 더욱 우수함을 알 수 있으며, 결과적으로 원료에 대한 단결정의 실수율이 높아져 제조 원가를 절감할 수 있게 된다.

**발명의 효과**

이상에서 살펴본 바와 같이, 본 발명의 도가니에 구비된 돌출물은 가열되는 원료 분말의 온도 구배 개선과 균일 가열을 가능하게 하여 승화 효율을 높여 줌으로써 카바이드 단결정의 표면 품질을 향상시키는 동시에, 도가니 내부에 잔류하는 재결정화된 원료 분말의 양을 감소시켜 수율을 높임으로써 실리콘 카바이드 단결정 제조 원가의 절감이 가능한 장점이 있다.

**(57) 청구의 범위**

**청구항 1.**

승화법에 의해 실리콘 카바이드 단결정을 제조하기 위하여 원형 단면의 내부 공간을 갖는 흑연 도가니에 있어서, 흑연 도가니 내부 원형의 바닥면 중앙부로부터 상부로 갈수록 직경이 점차적으로 감소하되 상단면이 원형의 평탄면을 이루고, 하단 직경(D<sub>L</sub>)과 상단 직경(D<sub>U</sub>)이 각각 도가니 내경의 40~60% 및 20~40% 인 원뿔형 흑연 돌출물(14)이 구비된 것을 특징으로 하는 실리콘 카바이드 단결정 제조용 흑연 도가니.

**청구항 2.**

삭제

청구항 3.

제 1항에 있어서, 상기 상단 직경( $D_U$ )/하단 직경( $D_L$ )의 비는 1/2인 것을 특징으로 하는 실리콘 카바이드 단결정 제조용 흑연 도가니.

청구항 4.

제 1항에 있어서, 상기 돌출물(14)의 높이는 도가니 바닥면 중앙에서 도가니 뚜껑 저면 중앙부까지 높이의 20~40%인 것을 특징으로 하는 실리콘 카바이드 단결정 제조용 흑연 도가니.

청구항 5.

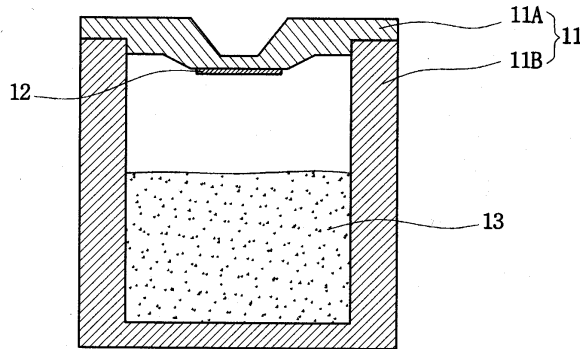
삭제

청구항 6.

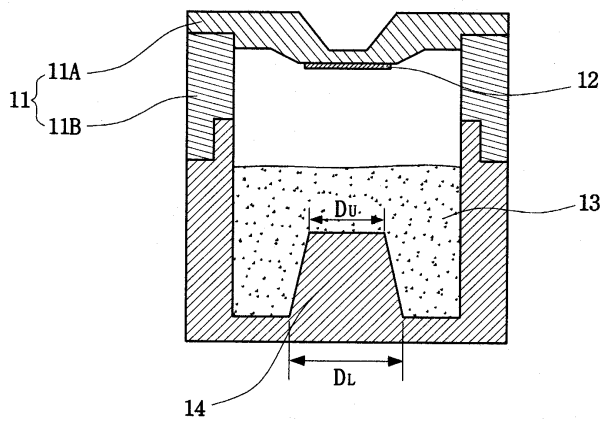
삭제

도면

도면1

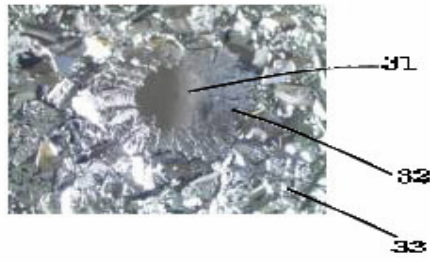


도면2



도면3

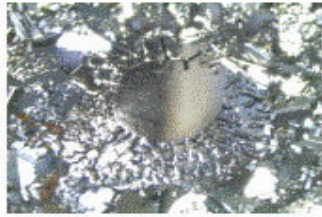
(가)



(나)



(다)

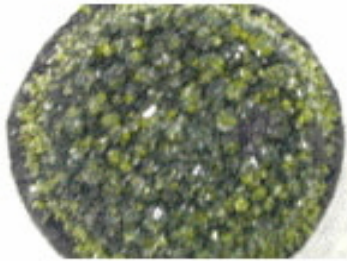


(라)



도면4

(가)



(나)

