



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2008년08월21일
(11) 등록번호 10-0853553
(24) 등록일자 2008년08월14일

(51) Int. Cl.

C30B 25/02 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2006-7022993(분할)
(22) 출원일자 2006년11월02일
심사청구일자 2006년11월02일
번역문제출일자 2006년11월02일
(65) 공개번호 10-2006-0121996
(43) 공개일자 2006년11월29일
(62) 원출원 특허 10-2006-7008905
원출원일자 2006년05월08일
심사청구일자 2006년05월08일
(86) 국제출원번호 PCT/US1998/026558
국제출원일자 1998년12월14일
(87) 국제공개번호 WO 1999/31306
국제공개일자 1999년06월24일
(30) 우선권주장
08/992,157 1997년12월17일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
W01997001658 A1*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

크리 인코포레이티드

미국 노스 캐롤라이나 27703-8475 더럼 실리콘 드라이브 4600

(72) 발명자

코르디나 올레 클라에스 에릭

미국 노스캐롤라이나 27713 더럼 우드웨이 클럽 드라이브1501-328

어바인 케네쓰 조지

미국 노스캐롤라이나 27502 아팩스 모간스 코너 런 102

페이즐리 마이클 제임스

미국 노스캐롤라이나 27529 가너 포트 게이즈 드라이브 1903

(74) 대리인

유미특허법인

전체 청구항 수 : 총 15 항

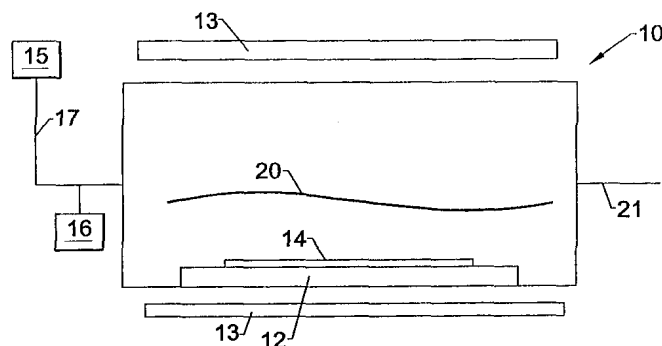
심사관 : 김준규

(54) 고균일도를 갖는 실리콘 카바이드 에피택셜층의 성장

(57) 요약

본발명은 실리콘 카바이드 에피택셜층의 균일성을 증가시키는 개선된 화학 기상 증착법을 개시한 것으로 특히 두꺼운 에피택셜층을 얻는데 유용하다. 상기 증착법은 반응기 내에서 실리콘 카바이드 원료 가스가 기판 상에 실리콘 카바이드의 에피택셜층을 형성할 정도의 온도로 반응기를 가열하고, 그 후 원료 가스와 캐리어 가스의 흐름이 가열된 반응기를 통과하도록 유도하여 상기 기판 상에 실리콘 카바이드의 에피택셜층이 형성되도록하며, 이때 캐리어 가스는 수소 혼합물과 제2 가스를 포함하며, 제2 가스는 수소의 열전도도보다 낮은 열전도도를 가져서 수소가 단일 캐리어 가스로 사용될 경우에 반응기를 통과할 경우보다 제2 가스가 캐리어 가스로 사용될 경우에 반응기를 통과할 때 원료 가스가 덜 소모된다.

대표도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

화학 기상 증착에 의해 기판 상에 실리콘 카바이드 에피택셜층을 형성하는 방법에 있어서,

- a) 방사원(source of radiation)에 열적으로 반응하여 승화가 발생할 온도와 반응의 압력 조건 이하의 온도, 및 실리콘 카바이드 원료 가스가 반응기 내에 있는 기판 상에 실리콘 카바이드의 에피택셜층을 형성하도록 1500℃ 이상의 온도로 반응기를 가열하는 단계; 및
- b) 상기 기판 상에 실리콘 카바이드의 에피택셜층을 형성하기 위해 상기 가열된 반응기를 통하여 원료 가스와 캐리어 가스가 흐르도록 유도하는 단계

를 포함하고,

상기 캐리어 가스는 수소를 포함하는 제1 캐리어 가스와 제2 캐리어 가스의 혼합물을 포함하고, 상기 캐리어 가스 혼합물에서 수소의 양이 적어도 75 부피%이고, 제2 캐리어 가스는 수소의 열 전도도보다 낮은 열 전도도를 가지므로 수소가 단일 캐리어 가스로 사용되어 상기 반응기를 통과할 경우 보다 원료 가스가 덜 소모되는 것을 특징으로 하는

실리콘 카바이드 에피택셜층의 형성 방법.

청구항 2

제 1항에 있어서,

제2 캐리어 가스가 아르곤을 포함하는 실리콘 카바이드 에피택셜층의 형성 방법.

청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 캐리어 가스 혼합물이 헬륨을 포함하는 실리콘 카바이드 에피택셜층의 형성 방법.

청구항 4

화학 기상 증착에 의해 기판 상에 실리콘 카바이드 에피택셜층을 형성하는 방법에서,

실리콘 카바이드 원료 가스를 수소를 포함하는 제1 캐리어 가스와 혼합하는 단계와 방사원(source of radiation)에 열적으로 반응하여 승화가 발생할 온도와 반응의 압력 조건 이하의 온도, 및 실리콘 카바이드 원료 가스가 반응기 내에 있는 기판 상에 실리콘 카바이드의 에피택셜층을 형성하도록 1500℃ 이상의 온도로 가열된 상기 반응기 내부로 상기 가스를 유도하는 단계를 포함하고,

제2 캐리어 가스를 제1 캐리어 가스와 혼합하는 단계를 추가로 포함하며,

이때, 혼합 가스에서 수소의 양이 적어도 75 부피%이고 상기 제2 캐리어 가스는 수소의 열 전도도보다 낮은 열 전도도를 가지고, 제2 캐리어 가스는 기판 상에 실리콘 카바이드 에피택셜층의 성장 중에 원료 가스의 소모를 감소시키거나 제거하는 온도로 완하시킬만한 양으로 제공되지만, 원료가스가 에피택셜층을 형성하기 위한 반응을 방해하는 온도로 감소시킬 정도의 양보다는 적게 제공되는 것을 특징으로 하는

실리콘 카바이드 에피택셜층의 형성 방법.

청구항 5

제1항 또는 제4항에 있어서,

제2 캐리어 가스가 화학 기상 증착 반응 및 실리콘 카바이드와 관련하여 화학적으로 불활성인 실리콘 카바이드 에피택셜층의 형성 방법.

청구항 6

제1항 또는 제4항에 있어서,

원료 가스가 실리콘 함유 화합물 및 탄소 함유 화합물을 포함하는 실리콘 카바이드 에피택셜층의 형성 방법.

청구항 7

제1항 또는 제4항에 있어서,

에피택셜 성장 표면에 평행한 방향으로 반응기를 통과하여 흐르도록 상기 가스 흐름을 유도하는 단계를 포함하는 실리콘 카바이드 에피택셜층의 형성 방법.

청구항 8

화학 기상 증착에 의해 복수의 기판 상에 실리콘 카바이드 에피택셜층을 형성하는 방법에 있어서,

- a) 실리콘 카바이드 원료 가스를 수소를 포함하는 제1 캐리어 가스와 혼합하는 단계;
- b) 방사원(source of radiation)에 열적으로 반응하고, 복수의 기판을 가스 흐름에 따라 직선으로 배치하여 캐리어 및 원료 가스가 에피택셜 성장 표면에 평행한 방향에서 상류에서 하류 방향을 따라 기판 위로 흐르도록 한 반응기 내부로 원료 가스를 유도하는 단계; 및
- c) 상기 원료 가스가 반응기 내에 있는 기판 상에 실리콘 카바이드의 에피택셜층을 형성하도록 반응하기 위한 1500℃ 이상의 온도로 상기 반응기를 가열하지만, 승화가 발생할 온도와 반응의 압력 조건 이하의 온도로 반응기를 가열하는 단계

를 포함하고,

- d) 제2 캐리어 가스를 제1 캐리어 가스와 혼합하는 단계를 추가로 포함하며,

이때, 혼합 가스에서 수소의 양이 적어도 75 부피%이고 상기 제2 캐리어 가스는 제1 캐리어 가스의 열 전도도보다 낮은 열 전도도를 가지고, 제2 캐리어 가스는 기판 상에 실리콘 카바이드 에피택셜층의 성장 중에 원료 가스의 소모를 감소시키거나 제거하는 온도로 완화시킬만한 양으로 제공되지만, 원료가스가 에피택셜층을 형성하기 위한 반응을 방해하는 온도로 감소시킬 정도의 양보다는 적게 제공되는 것을 특징으로 하는

실리콘 카바이드 에피택셜층의 형성 방법.

청구항 9

제4항 또는 제8항에 있어서,

제2 캐리어 가스가 아르곤을 포함하는 실리콘 카바이드 에피택셜층의 형성 방법.

청구항 10

제9항에 있어서,

수소와 아르곤의 상기 혼합 가스가 75 부피% 이상의 수소 흐름을 포함하는 실리콘 카바이드 에피택셜층의 형성 방법.

청구항 11

제10항에 있어서,

수소와 아르곤의 상기 혼합 가스가 90 부피%의 수소 흐름을 포함하는 실리콘 카바이드 에피택셜층의 형성 방법.

청구항 12

제8항에 있어서,

상기 원료 가스가 실란과 프로판올을 포함하는 실리콘 카바이드 에피택셜층의 형성 방법.

청구항 13

제1항, 제4항 또는 제8항에 있어서,

상기 실리콘 카바이드의 4H 및 6H 폴리형으로 이루어지는 군에서 선택되는 실리콘 카바이드 기판 위로

원료 가스와 캐리어 가스의 흐름을 유도하는 단계를 포함하는 실리콘 카바이드 에피택셜층의 형성 방법.

청구항 14

제1항, 제4항, 또는 제8항에 있어서,

상기 반응기를 1500℃ 내지 1800℃로 가열하는 단계를 포함하는 실리콘 카바이드 에피택셜층의 형성 방법.

청구항 15

제14항에 있어서,

상기 반응기를 1500℃ 내지 1650℃로 가열하는 것을 특징으로 하는 실리콘 카바이드 에피택셜층의 형성 방법.

청구항 16

삭제

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

- <6> 본 발명은 실리콘 카바이드의 에피택셜 성장에 관한 것으로 특히 적절한 기판 상에 고균일도의 실리콘 카바이드 에피택셜층을 생성하는 화학기상증착법에 관한 것이다.
- <7> 본 발명은 실리콘 카바이드 에피택셜층의 성장에 관한 것이다. 반도체 물질로써 실리콘 카바이드는 특히 고출력, 고주파, 고온 전자 소자로써 우수하다. 실리콘 카바이드는 매우 높은 열전도도를 가지고 있고, 절연 파괴 전에 높은 전기장과 높은 전류밀도 모두를 견딜 수 있다. 실리콘 카바이드의 넓은 밴드갭(wide band gap)은 심지어 고온에서도 누설전류가 낮은 결과를 가져온다. 이러한 및 다른 이유들로 인해서 실리콘 카바이드는 파워소자, 즉 상대적으로 고압에서 동작하도록 설계된 소자로써 매우 바람직하다.
- <8> 그러나 실리콘 카바이드는 다루기 어려운 물질이다. 성장 공정은 상대적으로 고온에서 수행되어야 하는데, 에피택셜 성장을 위해서 적어도 1500°C 이상 및 승화 성장을 위해서 약 2200°C에서 수행된다. 추가로 실리콘 카바이드는 150 이상의 폴리형(polytype)으로 형성될 수 있고, 그 중 많은 수는 적은 열역학적 차이에 의해 분리된다. 그 결과 에피택셜층에 의해서든지 벌크 결정(bulk crystal)에 의해서든지 실리콘 카바이드의 단결정 성장은 도전이 되는 공정이다. 최종적으로 실리콘 카바이드의 초경도(가장 자주 산업적으로 사용되는 부분은 연마제임)는 그것을 다루어 적합한 반도체 소자를 형성하는 것을 어렵게 만드는데 기여한다.
- <9> 그럼에도 불구하고 지난 10여년에 걸쳐 실리콘 카바이드의 성장 기술에서 많은 진전이 있어왔으며 예를 들어 미국특허번호 제4,912,063호, 제4,912,064호, 제Re.34,861호, 제4,981,551호, 제5,200,022호, 및 제5,459,107호에 반영되어 있고, 상기 특허들은 모두 본 발명의 출원인에게 양도되거나 배타적인 실시권이 허락되었다. 본 발명과 함께 공동으로 양도된 상기 특허 및 다른 특허들은 실리콘 카바이드용 성장 기술 및 그 후 실리콘 카바이드로 적합한 반도체 소자의 제조에서 세계적인 관심을 받고있다.
- <10> 특별한 한가지 성장 기술은 "화학 기상 증착" 또는 "CVD"로 불린다. 상기 기술에서 실리콘 카바이드용 실란 SiH₄ 및 프로판 C₃H₈과 같은 원료 가스는 가열된 반응성 챔버 내부로 소개되어 챔버 내부에 포함되어 있는 기판 표면에서 반응하여 에피택셜층을 형성한다. 성장 반응의 속도 제어를 돕기 위해 상기 원료 가스는 일반적으로 가스 흐름의 체적을 크게 하는 캐리어 가스와 함께 소개된다. 수소는 일반적으로 캐리어 가스로 사용되며, 종종 DE 44 32 813 A, WO 97/01658 A, 및 단결정 저널, 통권 113호 1/2호, 1991년 8월, 120-126면에 있는 쇼우어트리 공저 CVD에 의한 Si 상의 β-SiC의 에피택셜 성장에서 캐리어 가스의 역할에서 논의된 것처럼 헬륨 또는 아르곤과 같은 불활성 가스와 함께 혼합된다.
- <11> 실리콘 카바이드용 화학 기상 증착(CVD) 성장 공정은 온도 분포, 가스 속도, 가스 농도, 화학적 성질, 및 압력의 관점에서 개량되어왔다. 특정 에피층(epilayer)의 생산에 사용되는 조건의 선택은 때때로 원하는 성장

속도, 반응 온도, 주기, 가스 체적, 장비 가격, 도핑 균일성, 및 막 두께와 같은 요소들 사이의 양보에 있다.

- <12> 실질적으로 에피택셜층으로부터 생산되는 반도체 소자에서, 특히 다른 조건이 같을 때 균일한 층 두께는 더 일관성 있는 성능을 제공하는 경향이 있다. 반대로 덜 균일한 층은 소자의 성능을 저하시키는 경향이 있거나 심지어 소자 제조용으로 부적합한 층을 제공한다.
- <13> 그러나 일반적인 CVD 공정에서 "소모(depletion)"로 알려진 현상이 발생하며, 소모 현상은 소스 가스와 캐리어 가스가 반응 용기를 통과하면서 원료가스의 농도가 손실되는 것으로 설명된다. 더 구체적으로 일반적인 CVD 시스템에서 원료 및 캐리어 가스는 기판 및 에피택셜 성장 표면과 평행하게 흐른다. 원료 가스는 에피택셜층을 형성하기 위해 반응하므로, 원료가스의 농도는 가스의 입구 또는 반응기의 상류(upstream) 단부에서 가장 높고 하류(downstream) 단부에서 가장 낮다. 반면에 원료 가스가 반응기를 통과하는 동안 원료가스의 농도가 감소하기 때문에 에피택셜층은 상류 단부에서 두껍고 하류 단부에서 얇아지는 경향이 있다. 전술한 것처럼 이러한 균일성의 결여는 많은 상황에서 불리하게 될 수 있고, 특히 두꺼운 에피택셜층이 요구되거나 필수적인 특정 소자 또는 소자 구조에서 문제가 된다.
- <14> 실리콘과 같은 다른 반도체 물질용 성장 기술에서 상기 문제는 에피택셜층의 성장이 이루어지는 회전 기판(일반적으로 웨이퍼)과 같은 그런 대로 간단한 기술로 설명될 수 있다. 그러나 그와 같은 기술은 실리콘 카바이드의 에피택셜층을 성장시키기 위해서 필요한 훨씬 높은 온도에서 수행될 경우 더욱더 복잡해지고 어려워진다. 일반적으로 실리콘 카바이드 성장 공정용으로 사용되는 서셉터(susceptor)는 고순도의 흑연으로부터 고순도의 실리콘 카바이드 코팅과 함께 형성되어야만 한다. 이동부가 그와 같은 물질로 형성될 경우, 이동부가 더 복잡해지고 실리콘 카바이드의 연마특성으로 인해 먼지를 발생시키는 경향이 있다. 따라서 소모 문제에 대한 그와 같은 기계적이고 운동이 관련된 해결책들은 일반적으로 실리콘 카바이드용으로 만족스럽지 않은데, 그 이유는 마주치는 기계적인 어려움과 그렇지 않으면 제어되어야만 되는 불순물 때문이다.
- <15> 냉벽 반응기 내에서 형성되는 에피택셜층의 균일도를 개선하기 위해 제안되는 한가지 방법은 JP 02-296799("이하 '799 출원이라 함")에서 논의된다. 상기 '799 출원은 실리콘 원료로 클로로실란을 사용하는 CVD 시스템에 대해 논한다. 반응 및 증착 속도는 수소 및 아르곤을 포함하는 캐리어 가스의 수소 분압을 조정하므로 제어된다. 상기 '799 출원은 에피택셜층의 균일도 개선을 특히로 청구하지만, 클로로실란의 사용은 안그래도 까다로운 공정에 어려움을 부가한다. 따라서 더 균일한 에피택셜층을 생성하는 실리콘 카바이드의 에피택셜 성장을 위한 화학 기상 증착 기술에는 추가 불순물을 소개하거나 공정에 기계적인 복잡성 없이 수행될 필요가 있다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

- <16> 그러므로 본 발명의 목적은 실리콘 카바이드의 더 균일한 에피택셜층을 얻기 위한 방법을 제공하는 것이다. 본 발명의 목적은 실리콘 카바이드 에피택셜층의 균일성을 증가시키고 특히 두꺼운 에피택셜층을 얻는데 유용한 개선된 화학 기상 증착 방법으로 달성된다. 상기 방법은 실리콘 카바이드 원료 가스가 반응기 내의 기판 상에 실리콘 카바이드의 에피택셜층을 형성할 온도로 반응기를 가열하는 단계와 그 후 원료 가스와 캐리어 가스—여기서 캐리어 가스는 수소와 제2 가스의 혼합을 포함하며, 상기 제2 가스는 수소의 열전도도보다 낮은 열전도도를 가지므로 상기 혼합 가스가 반응기를 통과할 때 수소가 단독으로 캐리어 가스로 사용될 때 보다 원료 가스가 더 낮은 소모율을 가지게됨—가 가열된 반응기를 통하여 흘러 기판 상에 실리콘 카바이드 에피택셜층을 형성하도록 원료 가스와 캐리어 가스의 흐름을 유도하는 단계를 포함한다. 특정 실시예에 있어서 상기 제2가스는 또한 화학 기상 증착 반응에 관하여 화학적으로 불활성인 것이 더 바람직하다.
- <17> 다른 면에서 본 발명은 높은 균일도의 두께를 갖는 실리콘 카바이드 에피택셜층을 포함하며, 높은 균일도이 두께는 가로지른 단면을 따른 두께의 표준편차에 의해 증명된다.
- <18> 본 발명의 전술한 목적 및 다른 목적과 장점들 및 방법은 첨부한 도면과 관련 있는 상세한 설명에 기초하여 명백하게 될 것이다.

발명의 구성 및 작용

- <19> 본 발명은 실리콘 카바이드 에피택셜층의 균일도를 증가시키고, 특히 두꺼운 에피택셜층을 얻기에 유용한 개선된 화학 기상 증착 방법이다. 방법 면에서 본 발명은 실리콘 카바이드 원료 가스가 반응기 내의 기판 상에 실리콘 카바이드의 에피택셜층을 형성할 온도로 반응기를 가열하는 단계와 그 후 원료 가스와 캐리어 가스—여기서 캐리어 가스는 수소와 제2가스의 혼합을 포함하며, 상기 제2가스는 수소의 열전도도보다 낮은 열전도도를 가지므로 상기 혼합 가스가 반응기를 통과할 때 수소가 단독으로 캐리어 가스로 사용될 때 보다 원료 가스가 더

낮은 소모율을 가지게됨 -가 가열된 반응기를 통하여 흘러 기관 상에 실리콘 카바이드 에피택셜층을 형성하도록 원료 가스와 캐리어 가스의 흐름을 유도하는 단계를 포함한다. 특정 실시예에 있어서 상기 제2가스는 또한 화학 기상 증착 반응에 관하여 화학적으로 불활성인 것이 더 바람직하다.

- <20> 바람직한 실시예에 있어서 제2 캐리어 가스는 아르곤을 포함한다. 아르곤은 본 발명과 관련해서 많은 장점을 갖는다. 특히 아르곤은 수소보다 현저히 낮은 열전도도를 갖는다. 따라서 아르곤의 존재는 캐리어 가스의 열전도도를 완화시키고, 이어 반응기를 통과하면서 원료 가스의 소모 속도를 완화시킨다.
- <21> 다른 장점으로 아르곤은 거의 모든 조건하에서 다른 원소 또는 화합물과 반응을 일으키지 않는 경향이 있음을 의미하는 영족 가스(noble gas)이다. 따라서 아르곤은 시스템 내에서 에피택셜 성장 기관 상에, 성장되는 에피택셜층 상에, 또는 다른 가스들과 어떠한 원하지 않는 효과도 일으키지 않는다. 그러나 제2 캐리어 가스가 아르곤으로 제한되지 않고, (1) 캐리어 가스의 열전도도를 완화하고, (2) 원료 가스, 기관 또는 에피택셜층과 원하지 않는 반응을 일으키지 않도록 기능적으로 선택됨은 물론이다.
- <22> 바람직한 실시예에 있어서, 상기 캐리어 가스는 다량의 수소 및 더 적은 양의 제2 캐리어 가스와 섞인다. 가장 바람직한 실시예에 있어서, 혼합가스는 수소와 아르곤으로 형성되고, 체적의 적어도 75%가 수소인 것이 바람직하고, 체적의 약 90%가 수소인 것이 가장 바람직하다. 추가로 상기 혼합 가스는 수소 및 더 낮은 열전도도를 갖는 가스로 제한되지 않는다. 필요하면 혼합 가스에 전술한 기능적 특성을 만족하는 헬륨과 같은 다른 가스가 제공될 수 있다.
- <23> 여기서 설명된 체적은 1분당 흐른 체적을 말하며, 그것은 화학 기상 증착 시스템에서 사용되는 가스 양을 측정하는 일반적인 방법이다.
- <24> 반응기를 가열하는데 있어서, 온도는 실리콘 카바이드의 에피택셜 성장에 충분할 만큼 고온이어야 하지만, 수소 캐리어 가스가 상기 실리콘 카바이드를 에칭할 온도보다는 낮아야한다. 바람직하게는 시스템 온도가 1800℃ 이하로 유지되고, 가장 바람직하게는 약 1500℃에서 1650℃ 사이를 유지하는 것이 좋다. 약 1800℃ 이상의 온도에서는 다른 형태의 반응이 일어나는 경향이 있다. 예를 들어 Kordina 공저, Growth of SiC by "Hot-Wall" CVD and HTCVD, Phys. Stat. 501(B) 202, 321(1997) 참조.
- <25> 본 발명은 원료 가스와 캐리어 가스가 4H와 6H 폴리형(polytype)으로 구성되는 군에서 선택되는 실리콘 카바이드 기관 위로 유도될 경우 특히 유용하며, 에피택셜 성장 표면에 평행한 방향으로 반응기를 통과하는 것이 가장 바람직하다는 것이 발견되었다.
- <26> 도 1은 본 발명의 유용한 부분을 예시하는 반응기 시스템의 간략도면이다. 그와 같은 화학 기상 증착 시스템의 기본 구조와 배치는 일반적으로 당업자에게 잘 알려져 있으며 본 발명은 과도한 실험 없이 실시된다.
- <27> 도 1에서 전체 CVD 시스템이 (10)에 간략히 지적된다. 상기 시스템은 서셉터(12)를 포함하는 반응기(11)를 포함한다. 상기 서셉터(12)는 일반적으로 반응기(11)의 외부에 전극(13)을 사용하여 고주파와 같은 유도 기술에 의해 가열된다. 기관(14)이 서셉터(12) 상에 놓여 전극(13)으로부터의 방사는 서셉터(12)를 가열하고, 상기 서셉터는 기관(14)을 가열한다.
- <28> 시스템은 원료 가스와 캐리어 가스의 공급을 포함하며, 각각 (15) 와 (16)으로 간략히 표시된다. 상기 가스들은 일반적으로 (17)에 연결되는 적합한 직렬 통로 또는 튜브를 통하여 반응기(11)로 유도되고, 곡선(20)에 의해 표시되는 것처럼 반응기를 통하여 흐른다. 선(20)은 단지 가스의 흐름을 예시적으로 간략히 나타낸 것이지만 화학 기상 증착 시스템 내에서 가스의 정확한 흐름 형태를 나타내는 것이 아니다. 그 후 상기 가스들은 반응기(11)의 하류 단부에서 유사한 튜브나 통로(21)를 통하여 배출된다.
- <29> 많은 비교예가 본 발명의 장점을 증명하는데, 표 1과 도 2 내지 도 5에 요약되어있다. 모든 데이터는 노스 캐롤라이나 더함에 있는 본 발명의 출원인인 크리 리서치 아이엔시에서 수행된 실험들로부터 수집되었다. 그 점에서 설명한 것처럼 실리콘 카바이드의 에피택셜층은 종래 기술(즉 캐리어 가스로 수소 단일 가스 사용) 또는 본 발명(캐리어 가스로 수소와 아르곤의 혼합 가스 사용) 중 어느 것이나 사용하여 실리콘 카바이드 기관 상에 성장되었다. 각 경우에 있어서 원료 가스는 캐리어 가스보다 현저히 작은 흐름 속도를 제공하는 실란과 프로판 가스였다.

<30>

표 1

보기	평균두께 (μm)	표준편차 (μm)	표준편차/평균 (%)	캐리어 가스 (l/min)
1	28.5	1.61	5.66	44 H ₂
2	58.7	1.33	2.26	60 H ₂
3	26.0	0.61	2.34	40 H ₂ + 4 Ar
4	28.8	0	0	60 H ₂ + 1 Ar
5	27.5	0	0	60 H ₂ + 2 Ar
6	23.8	0	0	60 H ₂ + 4 Ar

<31>

<32>

샘플들은 전자 현미경(SEM)을 사용하여 측정되었다. 웨이퍼들은 가스의 흐름 방향을 따라서 절단되었다. 상기 웨이퍼들은 SEM 내에 에지 상에 위치되었다. 상기 층은 기판에 비해 현저히 낮게 도핑되므로 상기 층과 기판 사이의 차이가 관찰되었다(도 6). 따라서 상기 층의 두께가 측정될 수 있었다. 도 2 내지 도 5에 도시된 것처럼, 이러한 방법으로 절단된 에지를 따라 등거리 상의 여러 지점에서 두께를 측정함으로써 두께의 균일도가 계산될 수 있었다. 두께의 균일도를 측정하는 다른 방법이 있지만 본 명세서에 설명하지는 않는다. 에피-크라운(epi-crown; 예를 들어 웨이퍼 주변에서 2mm 정도 가까운)과 관련된 지점의 데이터 포인트(data point)를 제거하는 것은 도 1에 도시된 균일도를 재생하기 위해 모든 기술에서 공통적으로 적용된다.

<33>

최종 에피택셜층의 두께는 각 최종 웨이퍼의 지름에 걸쳐서 10 내지 15개의 지점에서 측정되었다. 평균(즉 통계적 평균) 두께, 표준 편차, 및 편차 백분율(표준 편차는 평균 두께의 백분율로 설명됨)은 각 웨이퍼마다 측정되었다. 종래기술 또는 본 발명으로부터 결과가 잘못 측정된 에지 효과를 제거하기 위해 하나 또는 두 데이터 포인트를 계산하기 전에 모집단에서 제거한다.

<34>

이들 두 데이터 포인트는 결과를 인공적으로 좋게 하려고 랜덤하게 제거하지 않음은 물론이다. 대신에 웨이퍼 에지의 하나 또는 두 데이터 지점이 "에피-크라운"을 포함하는 것을 금하기 위해 제거되는데, 에피-크라운은 일반적으로 에피택셜 성장에서 공동으로 발견되고, 일반적으로 소모(depletion) 효과와 관련이 없다.

<35>

도 2 내지 도 4에서 증명되는 것처럼, 본 발명은 에피택셜층의 두께 균일도에 있어서 극적인 개선을 제공한다. 예를 들어 캐리어 가스로 수소 단일 가스를 사용하면(도 2 및 도3) 편차 백분율은 에피-크라운 상에서 측정된 데이터 지점에서 5.66%, 및 2.66%이다. 그러나 본 발명을 사용하여 5.66%의 편차를 주는 수소 단일 가스의 동일한 흐름 속도에서 2.34%의 백분율 편차를 얻었다. 본 발명의 이득 효과는 반응기의 흐름 방향으로 여러 웨이퍼가 한 장씩 놓인 경우 사용될 때 더 명백하다. 도 5는 이러한 결과를 예시하고 3장 웨이퍼 모두의 균일도가 동일 조건하에서 성장한 단일 웨이퍼의 균일도와 필적하게 비교된다.

<36>

도 2는 캐리어 가스로 44리터/분의 흐름 속도에서 수소 단일 가스의 기존 기술을 사용한 에지 두께의 변화를 예시한다. 도 3은 60리터/분의 흐름 속도에서 수소 단일 가스를 사용한 에지 두께의 변화를 예시한다. 대조적으로 도 4 및 도 5는 본 발명을 사용한 개선된 결과를 예시한다. 특히 도 5는 본 발명이 다중 웨이퍼 성장 시스템에서 사용될 경우의 장점을 예시한다. 도 5에서 예시하는 것처럼 본 발명의 방법을 사용한 3장의 웨이퍼에 분포된 편차는 종래 기술을 사용한 한 장의 웨이퍼에 분포된 편차(예를 들면 도 3)에 필적한다.

<37>

따라서 다른 특징으로, 본 발명은 단면을 따라 두께의 표준 편차가 3% 이하인 실리콘 카바이드 에피택셜층을 포함하는데, 이때 에피-크라운 상의 데이터 포인트에서 측정된 데이터는 모집단에서 제외된다. 더 바람직한 실시예에 있어서, 에피-크라운에서 측정한 2개의 데이터 포인트가 모집단에서 제외될 경우 표준 편차는 2% 이하이며, 가장 바람직한 실시예에 있어서, 표준 편차는 1% 이하이다.

<38>

에피택셜층이란 용어는 기판의 존재를 암시하며, 바람직한 실시예에 있어서 상기 기판은 실리콘 카바이드의 4H 및 6H 폴리형으로 구성되는 군에서 선택되는 단결정 실리콘 카바이드 기판이다.

<39>

본문에서 사용된 용어들인 "평균," "표준 편차," "샘플," 및 "모집단"은 각 단어의 일반적인 의미로 사용된다. 이들 값과 정의는 통계분야에서 잘 이해되므로 그들의 정의와 계산법은 상세히 논의되지 않을 것이다.

<40>

캐리어 가스로 순수한 아르곤보다 수소와 아르곤의 혼합가스가 바람직한데, 아르곤은 일반적으로 정제하기가 상대적으로 어렵고, 어느 정도는 비싸고, 경험적 관찰에 기초해 볼 때 수소가 성장 물질을 정제하는 것처럼 보이는 반면 아르곤은 물질의 품질에 손상을 주는 것처럼 보이기 때문이다. 다른 점을 진술하면, 캐리어 가스로서

수소는 얼마의 청소하는 성질을 가진 것처럼 보인다. 아르곤의 낮은 열전도도 때문에 순수한 아르곤의 캐리어 가스는 일반적으로 바람직한 수준 이하로 성장 속도를 감소시키는 경향이 있다.

- <41> 아르곤과 수소 혼합의 선택된 비율은 요소들의 수에 달려있다. 그러나 이들 요소들은 종래 기술에 비교적 잘 알려져 있고, 따라서 일단 본 발명의 개념이 이해되면 혼합은 과도한 실험 없이 당업자에 의해 선택될 수 있다. 그러나 예로서(제한이 아니라) 수소와 혼합되는 아르곤의 양은 열 대역(hot zone)의 길이, 아르곤의 가격, 전체 가스 흐름, 가스 순도, 및 대역 온도와 같은 항목들에 달려있다. 특히 대부분의 경우에 있어서, 더 길게(거리에서) 열 대역이 연장되고, 기대되는 또는 요구되는 온도가 올라가고, 더 많은 아르곤이 소모 효과를 완화하는데 바람직하게 사용된다.
- <42> 추가로 아르곤의 가격(전술한 것처럼 그것은 비쌌)은 얼마나 많은 아르곤이 가장 바람직하게 사용되는가에 대한 이론적이 아니라 실제적인 제한이 된다.
- <43> 세 번째 요소는 전체 가스 흐름이다. 더 낮은 전체 가스 흐름은 일반적으로 CVD 시스템에서 장점이되는데, 펌프 시스템에 대한 부하를 완화시키고 더 적은 에너지를 필요로 하고 난류를 감소시키며, 서셉터 냉각이 필요없게 하기 때문이다.
- <44> 아르곤의 순도는 또다른 요소이다. 아르곤은 수소만큼 정제될 수 없기 때문에 사용되는 총량은 어떠한 다른 관련 불순물을 최소화하는 것에 상당하게 최소화 하는 것이 바람직하다. 다행히도 아르곤의 열전도도가 대략 수소의 1/10이므로, 상대적으로 적은 분량의 아르곤이면 본 발명을 실행하는데 충분하다.
- <45> 화학 기상 증착 중에 균일한 두께 제어와 관련된 모든 문제들은 성장되는 층이 두꺼울 경우 악화된다. 따라서 본 발명은 더 두꺼운 층의 성장에 주목할만한 개선을 제공한다. 추가로 본 발명은 단지 혼합 가스를 요구하므로, 소모(depletion) 감소를 위한 일부 다른 시스템의 이동부나 기계적인 복잡도가 없다.
- <46> 도면과 명세서에 본 발명의 대표적인 실시예가 개시되고, 특정 용어가 채용되기는 했지만 그것들은 단지 일반적이고 서술을 위해 사용된 것이지 제한하기 위한 목적이 아니며, 본 발명의 범위는 특허청구범위에서 설명된다.

발명의 효과

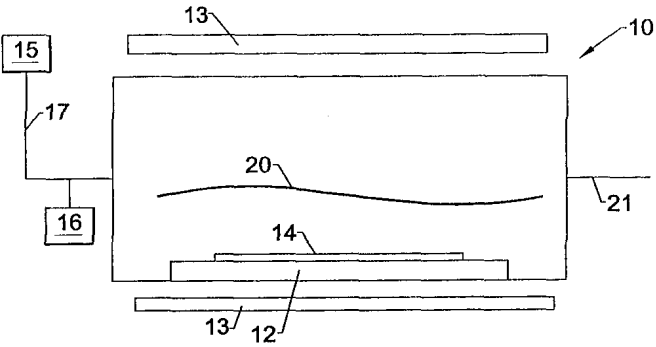
- <47> 본 발명을 사용함으로써 실리콘 카바이드의 화학 기상 증착에 있어서 이동부나 기계적인 복잡도 없이 높은 균일도를 갖는 두꺼운 에피택셜층을 얻을 수 있다.

도면의 간단한 설명

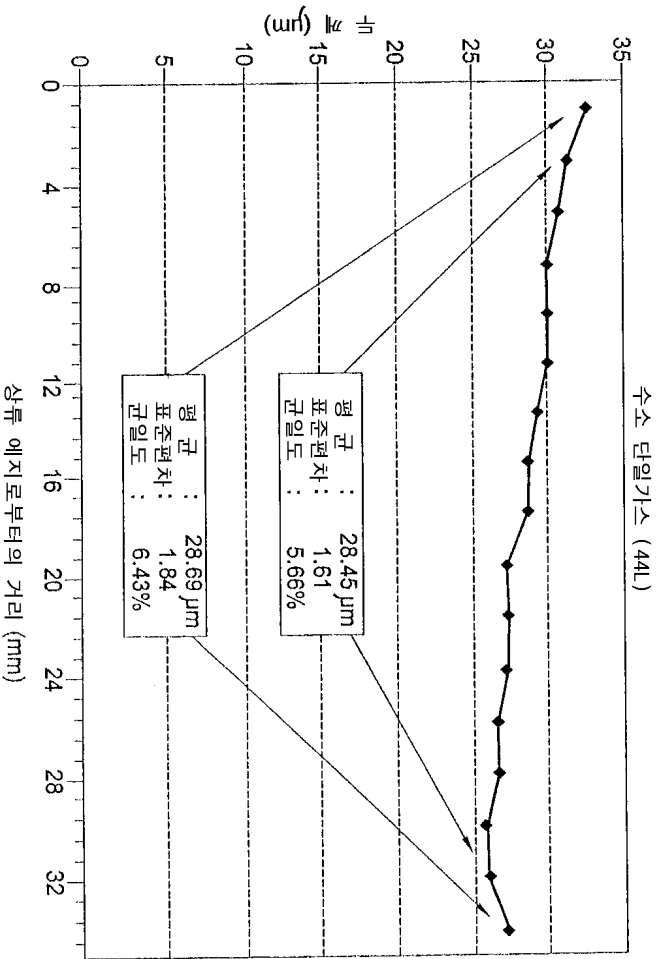
- <1> 도 1은 본 발명과 함께 사용될 수 있는 화학 기상 증착 시스템을 예시하는 개략도.
- <2> 도 2 및 도 3은 종래 기술을 이용한 에피택셜층 성장의 웨이퍼 두께 대 상류 에지로부터의 거리 그래프를 나타내는 도면.
- <3> 도 4는 본 발명의 방법을 이용한 에피택셜층 성장의 웨이퍼 두께 대 상류 에지로부터의 거리 그래프를 나타내는 도면.
- <4> 도 5는 본 발명의 방법을 이용하여 단일 반응기 내에서 인접한 3장의 웨이퍼 상에 성장되는 에피택셜층 각각의 웨이퍼 두께 대 상류 에지로부터의 거리 그래프를 나타내는 도면.
- <5> 도 6은 본 발명에 따라 성장한 에피택셜층을 갖는 기판을 자른 단면의 전자현미경("SEM") 사진을 나타내는 도면.

도면

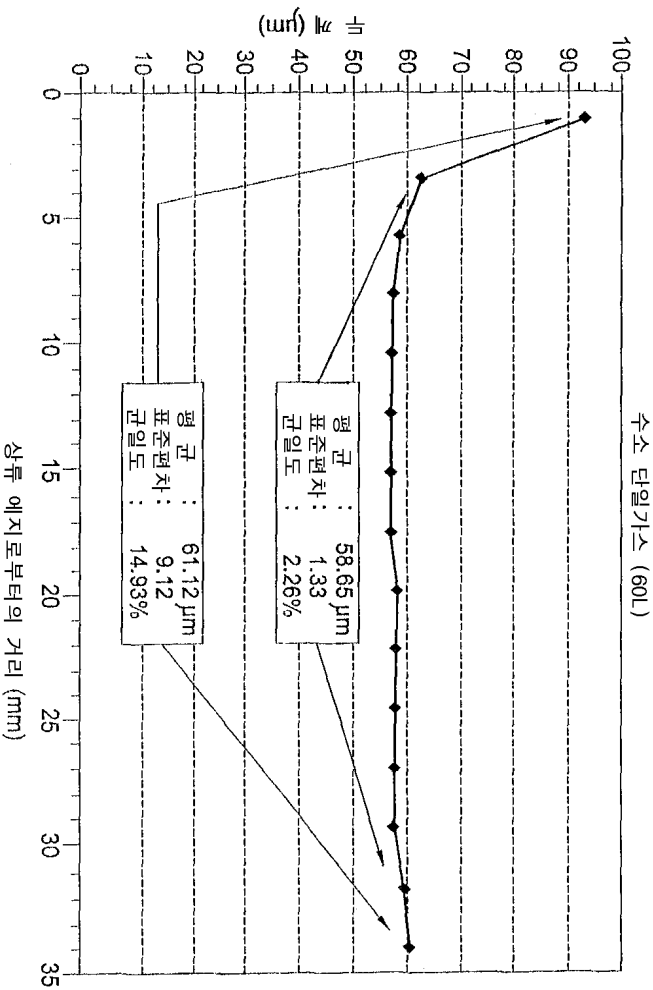
도면1



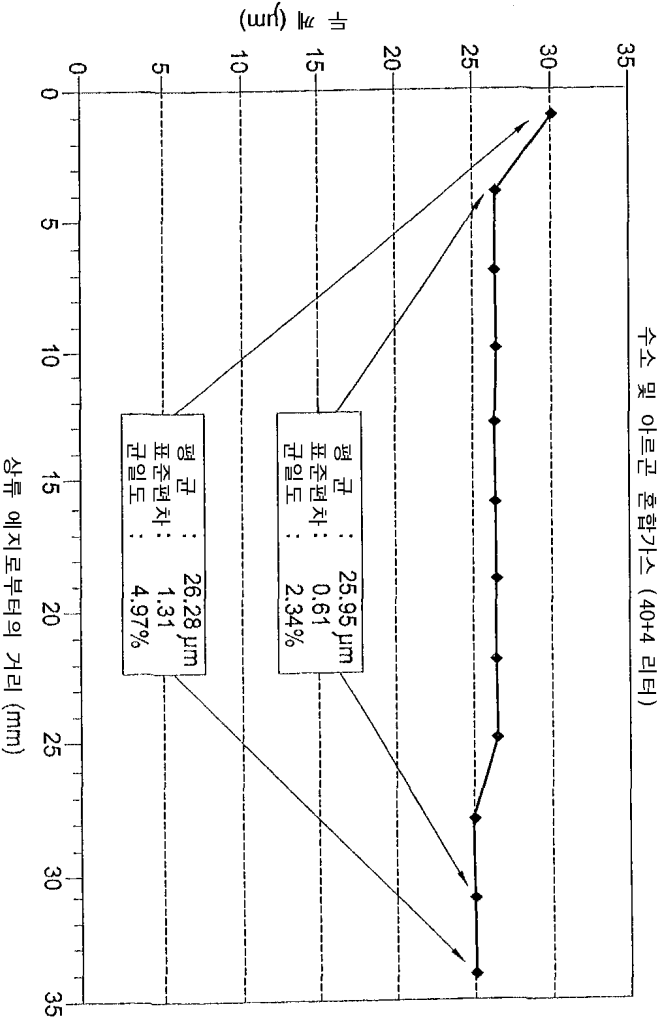
도면2



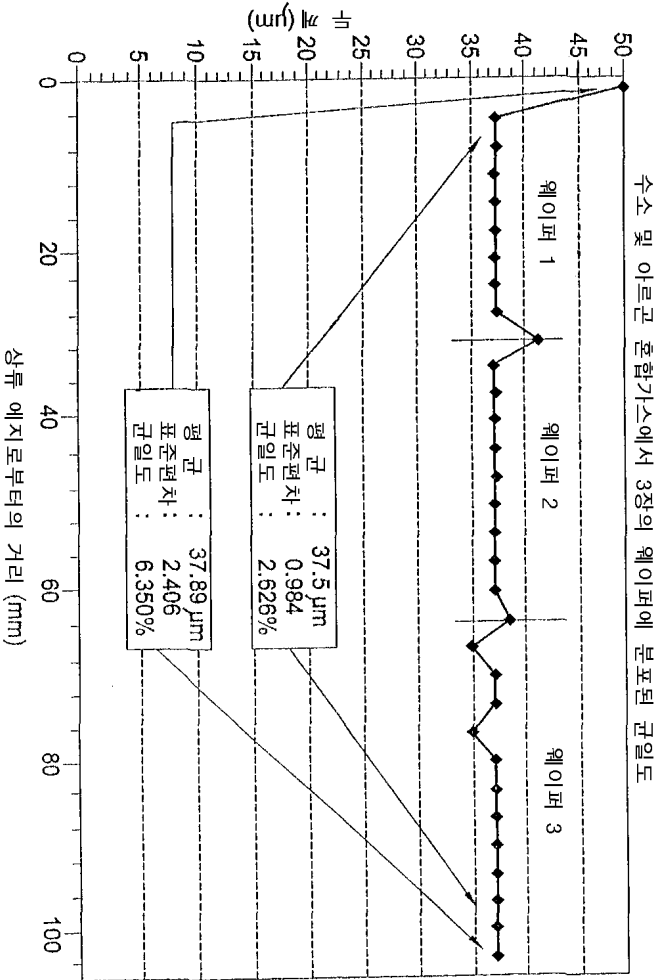
도면3



도면4



도면5



도면6

