



등록특허 10-2345680



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년12월29일
(11) 등록번호 10-2345680
(24) 등록일자 2021년12월27일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/04 (2006.01) *C30B 29/36* (2006.01)
C30B 33/02 (2006.01) *H01L 21/02* (2006.01)
- (52) CPC특허분류
H01L 21/0445 (2013.01)
C30B 29/36 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2019-7037937
- (22) 출원일자(국제) 2018년12월26일
심사청구일자 2019년12월23일
- (85) 번역문제출일자 2019년12월23일
- (65) 공개번호 10-2020-0044730
- (43) 공개일자 2020년04월29일
- (86) 국제출원번호 PCT/CN2018/123710
- (87) 국제공개번호 WO 2020/077848
국제공개일자 2020년04월23일
- (30) 우선권주장
201811204666.3 2018년10월16일 중국(CN)
201811205277.2 2018년10월16일 중국(CN)

(56) 선행기술조사문현

KR1020040012861 A
KR1020050013113 A

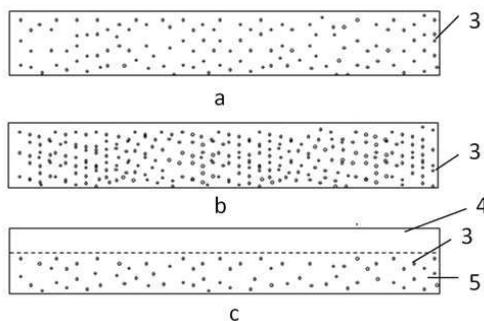
전체 청구항 수 : 총 8 항

심사관 : 이창용

(54) 발명의 명칭 고순도 탄화규소 단결정 기판 및 그 제조 방법, 응용

(57) 요약

본 출원은 고순도 탄화규소 단결정 기판 및 그 제조 방법을 공개하고, 반도체 재료 분야에 속한다. 당해 고순도 탄화규소 단결정 기판은 적어도 탄화규소 단결정 기판 표층과 탄화규소 단결정 기판 본체층을 포함하고, 당해 탄화규소 단결정 기판 표층의 고유점 결함 농도는 당해 탄화규소 단결정 기판 본체층의 고유점 결함 농도 미만이고, 탄화규소 단결정 기판은 반절연성을 갖는다. 당해 방법은 고순도 탄화규소 단결정 웨이퍼에 대해 고온 급속 열처리와 표면 레이저 어닐링을 이용하여, 고순도 반절연 탄화규소 기판 표면의 구역 내에 도입된 점 결함을 제거함과 동시에, 기판 표면과 일정한 거리를 갖는 내부 점 결함을 보유하여, 결함이 없는 탄화규소 단결정 기판 표층 청결 구역을 실현하고 그 반절연 특성을 보유하며, 또한 제조된 GaN에피택시얼 층의 품질을 획득할 수 있다.

대 표 도 - 도3

(52) CPC특허분류

C30B 33/02 (2013.01)

H01L 21/02002 (2013.01)

(72) 발명자

장 홍yan

중국 250118 산동성 지난시 화이인 디스트릭트 티

엔위에 사우스 로드 99번지

도우 웬타오

중국 250118 산동성 지난시 화이인 디스트릭트 티

엔위에 사우스 로드 99번지

명세서

청구범위

청구항 1

고순도 탄화규소 단결정 기판에 있어서,

상기 고순도 탄화규소 단결정 기판은 적어도 탄화규소 단결정 기판 표층과 탄화규소 단결정 기판 본체층을 포함하며,

상기 탄화규소 단결정 기판 표층의 고유점 결함의 농도는 실온에서 $1 \times 10^{13} \text{ cm}^{-3}$ 를 초과하지 않고, 상기 탄화규소 단결정 기판 본체층의 고유점 결함의 농도는 $1 \times 10^{14} \sim 1$ 내지 10^{16} cm^{-3} 이며,

상기 탄화규소 단결정 기판 표층은 실온에서 고유점 결함을 기본적으로 함유하지 않고, 상기 탄화규소 단결정 기판 본체층의 고유점 결함의 농도는 상기 고순도 탄화규소 단결정 기판으로 하여금 반절연성을 갖도록 하는 것을 특징으로 하는 고순도 탄화규소 단결정 기판.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 탄화규소 단결정 기판 표층 두께와 탄화규소 단결정 기판 본체층 두께의 비례가 1 : 4~25인 것을 특징으로 하는 고순도 탄화규소 단결정 기판.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 탄화규소 단결정 기판 표층의 두께는 150μm를 초과하지 않는 것을 특징으로 하는 고순도 탄화규소 단결정 기판.

청구항 4

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 기판은, 고순도 탄화규소 단결정편에 대해 고온 급속 열처리와 표면 어닐링 처리를 진행하여, 상기 고순도 탄화규소 단결정 기판을 제조하는 제조 방법에 의해 획득되는 것을 특징으로 하는 고순도 탄화규소 단결정 기판.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 고온 급속 열처리는 급속 승온 가열 단계와 급속 감온 단계를 포함하고,

상기 급속 승온 가열 단계는 30~100°C/초의 속도로 승온 1800~2200°C까지 승온하여, 60~600초간 유지하는 단계를 포함하고, 상기 급속 감온 단계는 50~150°C/초의 속도로 실온까지 급속 냉각하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 고순도 탄화규소 단결정 기판.

청구항 6

제4항에 있어서,

상기 표면 어닐링 처리에서 제어하는 탄화규소 단결정편의 표면 온도는 1200~1800°C이고, 어닐링 처리의 시간은 30~90분인 것을 특징으로 하는 고순도 탄화규소 단결정 기판.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 표면 어닐링 처리는, 표면 레이저를 사용하여 고온 급속 열처리 후의 탄화규소 단결정편 표면을 가열하는 것이고,

상기 레이저 가열의 단계는, 레이저를 통해 고온 급속 열처리된 탄화규소 단결정편에 대해 왕복 표면 스캔을 진행하여 표면 어닐링 처리를 진행하는 것을 포함하고, 상기 레이저 이동 속도는 0.5~3000mm/초인 것을 특징으로 하는 고순도 탄화규소 단결정 기판.

청구항 8

반도체 디바이스에 있어서,

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 따르는 상기 고순도 탄화규소 단결정 기판을 포함하는 것을 특징으로 하는 반도체 디바이스.

청구항 9

삭제

청구항 10

삭제

청구항 11

삭제

청구항 12

삭제

청구항 13

삭제

청구항 14

삭제

청구항 15

삭제

청구항 16

삭제

청구항 17

삭제

청구항 18

삭제

청구항 19

삭제

청구항 20

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001]

본 출원은 고순도 탄화규소 단결정 기판 및 그 제조 방법, 응용에 관한 것으로, 반도체 재료 분야에 속한다.

배경 기술

[0002]

반절연 탄화규소(SiC) 단결정 기판은 GaN고주파 마이크로파 디바이스 제조의 바람직한 반도체 기판 재료이고, 이는 반절연 탄화규소 단결정 기판의 고저항률 등 우수한 성능에 의해 결정되며, 성능이 우수한 전자 디바이스를 제조할 수 있다. 한편으로 탄화규소와 GaN 격자 상수의 비교적 높은 매칭도에 의해 결정되고, 헤테로 에피택시얼 층으로 하여금 우수한 결정 품질을 획득할 수 있도록 한다.

[0003]

실현 방법으로부터 보면, 반절연 탄화규소 단결정 기판의 제조는 도핑과 고순도의 두 종류의 실현 방식이 있다. 고농도의 바나듐 원소를 도핑하여 대량의 깊은 에너지 준위 중심에 도입하는 것에 의해, 페르미 레벨 피泞을 금지대 중심에 고정시킴으로써, 결정의 반절연 특성을 실현한다. 현재 연구에 따르면, 고농도의 바나듐 도핑은 제조된 디바이스 중에서 전자를 포획하여 백게이트 효과를 일으키여, 디바이스 성능을 감소시키거나 파괴한다. 기술의 발전에 따라, 결정 중의 얇은 에너지 준위 불순물 농도를 저하시키는 것에 의해 결정 중의 유효 캐리어 농도를 감소시킴과 동시에, 일정한 수량의 고유점 결함을 도입하여 깊은 에너지 준위 중심으로 함으로써 보상을 진행하여, 반절연 특성의 고순도 반절연 탄화규소 단결정 기판을 실현하는 것이 주류로 되었다.

[0004]

고순도 반절연 탄화규소 단결정 기판의 고저항률 특성의 실현은, 결정 내부 저농도의 전기 활성 불순물과 일정한 농도의 고유점 결함 예를 들어 탄소 공공(vacancy) 및 그 복합체를 기반으로 한다. 고유점 결함은 고순도 반절연 결정의 전기적 특성을 실현하는 데 없어서는 안될 특징이나, 이러한 점 결함 자체는 비교적 큰 격자 응력을 유발하여, 격자 왜곡을 초래하기에, 탄화규소 단결정 격자의 완정성을 파괴하고, 일정한 정도에서 탄화규소 단결정의 격자 파라미터에 영향준다.

[0005]

GaN가 탄화규소 단결정 기판을 에피택시얼로 하는 주요 원인의 하나가 양자의 격자 파라미터가 비교적 작은 불일치인 것을 고려하면, 점 결함의 도입은 GaN와 탄화규소의 격자 적합도의 증가를 초래하고, GaN에피택시얼 층의 품질의 하강을 초래한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006]

상기 과제를 해결하기 위해, 본 출원은 고순도 탄화규소 단결정 기판을 제공한다. 본 출원의 고순도 탄화규소 단결정 기판은 GaN에피택시얼 층의 결정의 품질과 고순도 탄화규소 결정의 전기적 특성 사이의 관계를 평형시키여, 고순도 탄화규소 단결정 기판의 품질 및 그와 GaN에피택시얼 층의 격자 매칭도를 향상시킴과 동시에, 고순도 반절연 탄화규소 단결정 기판의 물리적 성능의 실현에 영향주지 않는다.

과제의 해결 수단

[0007]

당해 고순도 탄화규소 단결정 기판은, 상기 고순도 탄화규소 단결정 기판이 적어도 탄화규소 단결정 기판 표층과 탄화규소 단결정 기판 본체층을 포함하고, 상기 탄화규소 단결정 기판 표층의 고유점 결함 농도가 상기 탄화규소 단결정 기판 본체층의 고유점 결함 농도 미만이며, 상기 탄화규소 단결정 기판이 반절연성을 갖는 것을 특징으로 한다.

[0008]

옵션으로서, 상기 탄화규소 단결정 기판 표층 두께와 탄화규소 단결정 기판 본체층 두께의 비례가 1 : 4-25이다.

- [0009] 옵션으로서, 상기 고순도 탄화규소 단결정 기판은 탄화규소 단결정 기판 표층과 탄화규소 단결정 기판 본체층으로 구성된다. 더 나아가, 상기 고순도 탄화규소 단결정 기판은 탄화규소 단결정 기판 표면과 탄화규소 단결정 기판 본체층으로 구성된다.
- [0010] 옵션으로서, 상기 탄화규소 단결정 기판 표층 두께와 상기 탄화규소 단결정 기판 두께의 비는 31% 이하이다. 더 나아가, 상기 탄화규소 단결정 기판 표층 두께와 상기 탄화규소 단결정 기판 두께의 비는 9%-31%이다. 더 나아가, 상기 탄화규소 단결정 기판 표층 두께와 상기 탄화규소 단결정 기판 두께의 비의 하한은 10%, 15%, 20%, 25% 또는 30%로부터 선택되고, 상한은 10%, 15%, 20%, 25% 또는 30%로부터 선택된다.
- [0011] 옵션으로서, 상기 반절연 탄화규소 단결정 기판의 두께는 490-510 μm 이다.
- [0012] 옵션으로서, 상기 탄화규소 단결정 기판 표층의 실온에서의 고유점 결함 농도는 $1\times 10^{13} \text{ cm}^{-3}$ 이하이다. 바람직하게는, 상기 탄화규소 단결정 기판 표층의 실온에서의 고유점 결함의 농도는 $1\times 10^{12} \text{ cm}^{-3}$ 이하이다.
- [0013] 옵션으로서, 상기 탄화규소 단결정 기판 본체층의 고유점 결함의 농도는 $1\times 10^{14} \sim 1\times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 이다. 바람직하게는, 상기 탄화규소 단결정 기판 본체층의 고유점 결함의 농도는 $1\times 10^{14} \sim 1\times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ 이다.
- [0014] 옵션으로서, 상기 반절연 탄화규소 단결정 기판 표층의 두께는 150 μm 이하이다. 옵션으로서, 상기 반절연 탄화규소 단결정 표층의 두께는 20-150 μm 이다. 바람직하게는, 상기 고순도 탄화규소 단결정 기판이 어닐링 처리를 거친 후의 표층 두께가 50-150 μm 이다. 더 나아가, 당해 고순도 탄화규소 단결정 기판이 어닐링 처리를 거친 후의 표층 두께의 하한은 55 μm , 70 μm , 90 μm , 110 μm , 130 μm 또는 140 μm 로부터 선택되고, 상한은 55 μm , 70 μm , 90 μm , 110 μm , 130 μm 또는 140 μm 로부터 선택된다. 더 나아가, 상기 고순도 탄화규소 단결정 기판이 어닐링 처리를 거친 후의 표층 두께는 80-120 μm 이다.
- [0015] 옵션으로서, 상기 탄화규소 단결정 기판 표층은 실온에서 고유점 결함을 기본적으로 함유하지 않고, 상기 탄화규소 단결정 기판 본체층의 고유점 결함의 농도는 상기 고순도 탄화규소 단결정 기판으로 하여금 반절연성을 갖도록 한다.
- [0016] 옵션으로서, 상기 탄화규소 단결정 기판 표층은 실온에서 당해 온도에서의 고유의 고유점 결함만을 갖고, 상기 탄화규소 단결정 기판 본체층의 고유점 결함의 농도는 상기 고순도 탄화규소 단결정 기판으로 하여금 반절연성을 갖도록 한다.
- [0017] 일 실시형태로서, 상기 탄화규소 단결정 기판 표층은 실온에서 고유점 결함을 기본적으로 함유하지 않고, 상기 탄화규소 단결정 기판 본체층의 고유점 결함의 농도는 $1\times 10^{14} \sim 1\times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 이며, 상기 고순도 탄화규소 단결정 기판 중의 탄화규소 단결정 기판 표층과 탄화규소 단결정 기판 본체층의 두께 비는 1:4-25이다. 상기 탄화규소 단결정 기판 표층이 실온에서 고유점 결함을 기본적으로 함유하지 않는다는 것은, 고유점 결함 농도가 극히 낮다는 것이며, 고유점 결함은 절대 영도가 아닌 한, 결정 중에 시종 존재하며, 결함 농도는 일정한 두께 내에서 제일 낮다.
- [0018] 바람직하게는, 상기 탄화규소 단결정 기판 표층의 탄화규소 단결정의 격자는 완전한 완정성을 갖는다.
- [0019] 옵션으로서, 상기 탄화규소 단결정 기판 중의 얇은 에너지 준위 불순물의 농도는 $1\times 10^{14} \sim 1\times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 이다. 더 나아가, 상기 얇은 에너지 준위 불순물은, N, B, Al 등의 적어도 한 종류를 포함한다.
- [0020] 옵션으로서, 상기 고순도 탄화규소 단결정 기판은, 고순도 탄화규소 단결정편에 대해 고온 급속 열처리와 표면 어닐링 처리를 진행하여, 상기 고순도 탄화규소 단결정 기판을 획득하는 단계를 포함하는 방법에 의해 제조된다.
- [0021] 옵션으로서, 상기 고온 급속 열처리는 급속 승온 가열 단계와 급속 감온 단계를 포함한다.
- [0022] 바람직하게는, 상기 급속 승온 가열 단계는, 30-100°C/s의 속도로 1800-2300°C까지 승온하여, 60-600s 유지하는 처리 조건을 포함하고, 상기 급속 감온 단계는, 50-150°C/s의 속도로 실온까지 급속 냉각하는 처리 조건을 포함한다.
- [0023] 더 나아가, 상기 급속 승온 가열 단계의 승온 속도는 50-80°C/s이다.
- [0024] 더 나아가, 상기 급속 승온 가열 단계의 유지 온도는 2000-2200°C이고, 유지 시간은 100s-500s이다. 더 나아가,

상기 급속 승온 가열 단계의 유지 온도는 2100-2000°C이고, 유지 시간은 150s-200s이다.

[0025] 더 나아가, 상기 급속 감온 단계는, 100-150°C/s의 속도로 급속 냉각하는 것을 포함한다. 더 나아가, 상기 급속 감온 단계는, 100-150°C/s의 속도로 급속 냉각하는 것을 포함한다. 상기 급속 감온 단계는, 급속 승온 가열 단계에서 주입된 고유점 점 결함을 결정 중에 동결시킬 수 있다.

[0026] 본 출원의 고온 급속 열처리는 탄화규소 단결정편 중에 일정한 수량의 고유점 결함을 주입하여, 후속의 표면 어닐링 과정 중 과량의 고유점 결함이 소멸되어, 제조된 탄화규소 단결정 기판의 반절연 특성에 영향주는 것을 피면한다.

[0027] 바람직하게는, 상기 표면 어닐링 처리에서 제어하는 탄화규소 단결정편의 표면 온도는 1200-1800°C이고, 어닐링 처리의 시간은 30-90 min이다.

[0028] 더 나아가, 당해 표면 어닐링 처리에서 제어하는 고순도 탄화규소 단결정편의 표면 온도의 하한은 1250°C, 1300°C, 1400°C, 1500°C, 1600°C, 1700 또는 1750°C로부터 선택되고, 상한은 1250°C, 1300°C, 1400°C, 1500°C, 1600°C, 1700°C 또는 1750°C로부터 선택된다.

[0029] 더 나아가, 당해 표면 어닐링 처리가 고순도 탄화규소 단결정편을 제어하는 시간의 하한은 35min, 45min, 55min, 65 min, 75min 또는 85 min로부터 선택되고, 상한은 35min, 45min, 55 min, 65 min, 75min 또는 85 min로부터 선택된다.

[0030] 바람직하게는, 상기 표면 어닐링 처리에서 제어하는 고순도 탄화규소 단결정편의 표면 온도는 1400-1600°C이고, 어닐링 처리의 시간은 45-60min이다. 더 나아가, 상기 표면 어닐링 처리에서 제어하는 고순도 탄화규소 단결정편의 표면 온도는 1500-1600°C이다.

[0031] 바람직하게는, 상기 표면 어닐링 처리는 표면 레이저를 사용하여 고온 급속 열처리 후의 탄화규소 단결정편 표면을 가열하는 것이고, 상술한 레이저 가열의 단계는, 레이저를 통해 고온 급속 열처리된 탄화규소 단결정편을 왕복 표면 스캔하여 표면 어닐링 처리를 진행하는 것을 포함하고, 상기 레이저의 이동 속도는 0.5-3000mm/s이다.

[0032] 더 나아가, 상기 레이저기 이동 속도의 하한은, 1 mm/s, 1000 mm/s, 1500 mm/s, 2000 mm/s 또는 2500 mm/s로부터 선택되고, 상한은 5mm/s, 1000 mm/s, 1500 mm/s, 2000 mm/s 또는 2500 mm/s로부터 선택된다. 더 나아가, 상기 레이저기 이동 속도는 0.5-5 mm/s이다. 당해 레이저기 이동 속도는 레이저로 하여금 기판 표면을 사전설정 온도까지 가열하도록 하나, 온도는 탄화규소 단결정 기판 내부로 급속히 전도되지 않기에, 탄화규소 단결정 기판 표면의 어닐링 효과를 실현할 수 있다.

[0033] 옵션으로서, 상기 표면 어닐링 처리는, 적어도 탄화규소 단결정편의 하나의 표면을 어닐링 처리하는 것을 포함한다. 더 나아가, 상기 표면 어닐링 처리는, 탄화규소 단결정 기판에서 GaN결정을 성장할 때의 GaN결정과의 접촉면에 대한 어닐링 처리를 포함한다.

[0034] 옵션으로서, 상기 표면 어닐링 처리는 레이저기를 사용하여 고온 급속 열처리 후의 탄화규소 단결정편 표면을 가열하는 것이다.

[0035] 옵션으로서, 상기 레이저기의 파장은 352nm 미만이고, 펄스 폭은 60ns 이하이며, 에너지 밀도는 150mJ/cm² 이하이다. 바람직하게는, 상기 레이저기의 파장은 352nm 미만이고, 펄스 폭은 20-60ns이며, 에너지 밀도는 70-110mJ/cm²이다. 본 출원의 레이저기의 파라미터를 사용하여 처리한 고순도 탄화규소 단결정편의 표면은 균일도가 높다.

[0036] 본 출원의 다른 양태에 따르면, 상술한 임의의 고순도 탄화규소 단결정 기판을 포함하는 반도체 디바이스를 제공한다.

[0037] 바람직하게는, 상기 반도체 디바이스는 에피택시얼 웨이퍼 또는 트랜지스터이다.

[0038] 본 출원의 다른 양태에 따르면, 상술한 임의의 고순도 탄화규소 단결정 기판이 반도체 디바이스 제조 중의 응용을 제공한다.

[0039] 바람직하게는, 상기 반도체 디바이스는 에피택시얼 웨이퍼 또는 트랜지스터이다.

[0040] 본 출원의 다른 양태에 따르면, 고품질의 반절연 탄화규소 단결정 기판의 제조 방법을 제공한다. 본 출원의 제

조 방법은 GaN에피택시얼 층의 결정 품질과 고순도 탄화규소 결정의 전기적 특성 사이의 관계를 평형시킨다. 당해 새로운 고순도 반절연 탄화규소 기판의 제조 방법은, 반절연 탄화규소 단결정 기판의 품질 및 그와 GaN에피택시얼 층의 격자 매칭도를 향상시킴과 동시에, 고순도 반절연 탄화규소 단결정 기판의 물리적 성능의 실현에 영향주지 않는다.

[0041] 당해 고품질의 반절연 탄화규소 단결정 기판의 제조 방법은,

[0042] 1) 고순도 탄화규소 단결정편을 선택하는 단계; 및

[0043] 2) 고순도 탄화규소 단결정편에 대해 고온 급속 열처리와 표면 어닐링 처리를 진행하여, 상기 고품질의 반절연 탄화규소 단결정 기판을 제조하는 단계;를 포함하고, 상기 고품질의 반절연 탄화규소 단결정 기판은 적어도 탄화규소 단결정 기판 표층과 탄화규소 단결정 기판 본체층을 포함한다.

[0044] 옵션으로서, 상기 탄화규소 단결정 기판 표층 두께와 상기 탄화규소 단결정 기판 두께의 비는 31% 이하이다. 더 나아가, 상기 탄화규소 단결정 기판 표층 두께와 상기 탄화규소 단결정 기판 두께의 비는 9%-31%이다. 더 나아가, 상기 탄화규소 단결정 기판 표층 두께와 상기 탄화규소 단결정 기판 두께의 비의 하한은 10%, 15%, 20%, 25% 또는 30%로부터 선택되고, 상한은 10%, 15%, 20%, 25% 또는 30%로부터 선택된다.

[0045] 옵션으로서, 상기 반절연 탄화규소 단결정 기판의 두께는 490-510 μm 이다.

[0046] 옵션으로서, 상기 반절연 탄화규소 단결정 표층의 두께는 150 μm 이하이다. 바람직하게는, 상기 반절연 탄화규소 단결정 기판이 어닐링 처리를 거친 후의 표층 두께는 20-150 μm 이다. 바람직하게는, 상기 반절연 탄화규소 단결정 기판이 어닐링 처리를 거친 후의 표층 두께는 50-150 μm 이다. 더 나아가, 당해 반절연 탄화규소 단결정 기판이 어닐링 처리를 거친 후의 표층 두께의 하한은 55 μm , 70 μm , 90 μm , 110 μm , 130 μm 또는 140 μm 로부터 선택되고, 상한은 55 μm , 70 μm , 90 μm , 110 μm , 130 μm 또는 140 μm 로부터 선택된다. 더 나아가, 상기 반절연 탄화규소 단결정 기판이 어닐링 처리를 거친 후의 표층 두께는 80-120 μm 이다.

[0047] 옵션으로서, 상기 고온 급속 열처리는 급속 승온 가열 단계를 포함하고, 상기 급속 승온 가열 단계는 30-100°C/s의 속도로 1800-2300°C까지 승온하여, 60-600s 유지하는 것을 포함한다.

[0048] 더 나아가, 상기 급속 승온 가열 단계의 승온 속도는 50-80°C/s이다.

[0049] 더 나아가, 상기 급속 승온 가열 단계의 유지 온도는 2000-2200°C이고, 유지 시간은 100-500s이다. 더 나아가, 상기 급속 승온 가열 단계의 유지 온도는 2000-2100°C이고, 유지 시간은 150-200s이다.

[0050] 옵션으로서, 상기 고온 급속 열처리는 급속 감온 단계를 더 포함하고, 상기 급속 감온 단계는 50-150°C/s의 속도로 급속 냉각하는 것을 포함한다. 더 나아가, 상기 급속 감온 단계는 100-150°C/s의 속도로 급속 냉각하는 것을 포함한다. 상기 급속 감온 단계는 급속 승온 가열 단계에서 주입된 고유점 점 결함을 결정 중에 동결시킬 수 있다.

[0051] 본 출원의 고온 급속 열처리는 고순도 탄화규소 단결정편 중에 일정한 수량의 고유점 결함을 주입하여, 후속의 표면 어닐링 과정 중 과량의 고유점 결함이 소멸되어, 제조된 반절연 탄화규소 단결정 기판의 반절연 특성에 영향주는 것을 피면한다.

[0052] 옵션으로서, 상기 표면 어닐링 처리에서 제어하는 고순도 탄화규소 단결정편의 표면 온도는 1200-1800°C이고, 어닐링 처리의 시간은 30-90min이다.

[0053] 더 나아가, 당해 표면 어닐링 처리에서 제어하는 고순도 탄화규소 단결정편의 표면 온도의 하한은 1250°C, 1300°C, 1400°C, 1500°C, 1600°C, 1700°C 또는 1750°C로부터 선택되고, 상한은 1250°C, 1300°C, 1400°C, 1500°C, 1600°C, 1700°C 또는 1750°C로부터 선택된다.

[0054] 더 나아가, 당해 표면 어닐링 처리에서 제어하는 고순도 탄화규소 단결정편의 시간의 하한은 35min, 45min, 55min, 65min, 75min 또는 85min로부터 선택되고, 상한은 35min, 45min, 55min, 65min, 75min 또는 85min로부터 선택된다.

[0055] 바람직하게는, 상기 표면 어닐링 처리에서 제어하는 고순도 탄화규소 단결정편의 표면 온도는 1400-1600°C이고, 어닐링 처리의 시간은 45-60 min이다. 더 나아가, 상기 표면 어닐링 처리에서 제어하는 고순도 탄화규소 단결정편의 표면 온도는 1500-1600°C이다.

[0056] 옵션으로서, 상기 표면 어닐링 처리는 적어도 고순도 탄화규소 단결정편의 하나의 표면을 어닐링 처리하는 것을

포함한다. 더 나아가, 상기 표면 어닐링 처리는, 고순도 탄화규소 단결정 기판에서 GaN결정을 성장할 때의 GaN 결정과의 접촉면에 대한 어닐링 처리를 포함한다.

[0057] 옵션으로서, 상기 표면 어닐링 처리는 레이저기를 사용하여 고온 급속 열처리 후의 고순도 탄화규소 단결정편 표면을 가열하는 것이다.

[0058] 옵션으로서, 상기 레이저기 가열의 단계는, 레이저기를 통해 고온 급속 열처리된 고순도 탄화규소 단결정편을 왕복 표면 스캔하여 표면 어닐링 처리를 진행하는 것을 포함하고, 상기 레이저기 이동 속도는 0.5-3000mm/s이다. 더 나아가, 상기 레이저기 이동 속도의 하한은 1 mm/s, 1000 mm/s, 1500 mm/s, 2000 mm/s 또는 2500 mm/s로부터 선택되고, 상한은 5mm/s, 1000 mm/s, 1500 mm/s, 2000 mm/s 또는 2500 mm/s로부터 선택된다. 더 나아가, 상기 레이저기 이동 속도는 0.5-5 mm/s이다. 당해 레이저기 이동 속도 레이저로 하여금 기판 표면을 사전설정 온도까지 가열하도록 하나, 온도는 반절연 탄화규소 단결정 기판 내부로 급속히 전도되지 않기 때문에, 반절연 탄화규소 단결정 기판 표면의 어닐링 효과를 실현할 수 있다.

[0059] 옵션으로서, 상기 레이저기의 파장은 352nm 미만이고, 펄스 폭은 60ns 이하이며, 에너지 밀도는 150mJ/cm² 이하이다. 바람직하게는, 상기 레이저기의 파장은 352nm 미만이고, 펄스 폭은 20-60ns이며, 에너지 밀도는 70-110mJ/cm²이다. 본 출원의 레이저기의 파라미터를 사용하여 처리한 고순도 탄화규소 단결정편의 표면은 균일도가 높다.

[0060] 옵션으로서, 상기 단계1) 고순도 탄화규소 단결정편의 제조 방법은, 탄화규소 분말에 대한 불순물 제거, 결정 성장 단계를 통해 획득한 고순도 탄화규소 단결정을 획득한 후, 절단, 연마 및 폴리싱을 진행하여, 고순도 탄화 규소 단결정편을 제조하는 단계를 포함한다.

발명의 효과

[0061] 본 출원의 유익한 효과는 다음의 단계를 포함하나 이에 제한되지 않는다.

[0062] 본 출원의 고순도 탄화규소 단결정 기판 표층의 고유점 결함의 저농도는, 고순도 탄화규소 단결정이 GaN에피택시얼의 에피택시얼 기판으로 사용될 때, GaN와 탄화규소 단결정의 격자 적합도가 더욱 높도록 하고, 제조된 GaN에피택시얼의 층의 품질이 더욱 높도록 한다. 또한, 고순도 탄화규소 단결정의 본체층은 일정한 농도의 내부 점 결함을 갖기에, 고순도 탄화규소 단결정 기판의 반절연 특성을 유지할 수 있다.

[0063] 본 출원의 고순도 탄화규소 단결정 기판의 제조는, 고온 급속 열처리 기술과 표면 레이저 어닐링 기술을 통해, 고순도 반절연 탄화규소 기판 표면의 일정한 구역 내에 도입된 점 결함을 제거함과 동시에, 기판 표면과 일정한 거리를 갖는 내부 점 결함을 보유하여, 결함이 없는 기판 표층의 청결 구역을 실현하고 고순도 탄화규소 단결정 기판의 반절연 특성을 보유하여, GaN에피택시얼 층으로 하여금 최상의 품질을 획득할 수 있도록 한다.

[0064] 본 출원의 고순도 반절연 탄화규소 기판은 GaN에피택시얼 층의 결정의 품질과 고순도 탄화규소 결정의 전기적 성능의 관계를 평형시키고, 고순도 탄화규소 단결정 기판의 품질 및 그와 GaN에피택시얼 층의 격자 매칭도를 향상시킴과 동시에, 고순도 반절연 탄화규소 단결정 기판의 물리적 성능의 실현에 영향주지 않는다.

도면의 간단한 설명

[0065] 도1은 본 출원이 고순도 탄화규소 단결정 기판을 제조하는 고온 급속 열처리의 모식도이다.

도2는 본 출원이 고순도 탄화규소 단결정 기판을 제조하는 표면 어닐링 처리의 모식도이다.

도3은 본 출원이 제조한 고순도 탄화규소 단결정편, 고온 급속 열처리를 거친 고순도 탄화규소 단결정편 및 고순도 탄화규소 단결정 기판 중에 포함된 고유점 결함의 농도의 모식도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0066] 이하 실시예와 결합하여 본 출원을 상세히 설명하나, 본 출원은 이러한 실시예에 제한되지 않는다.

[0067] 특별한 설명이 없는 한, 본 출원의 실시예에서 언급된 원료 등은 모두 상업 경로에 의해 구매된다.

[0068] 본 출원의 실시예에 있어서, 분석 방법은 이하와 같다.

[0069] 저항률 측정은 Semimap사의 COREMA-WT 비접촉식 반절연 저항률 측정기를 이용한다.

- [0070] 결정 측정은 Horiba사의 HR800 공초점 라만 분광기를 이용한다.
- [0071] 탄화규소 단결정 기판의 표면 측정은, FRT사의 MicroProf@TTV200 자동 표면측정기를 이용한다.
- [0072] 원소 함유량 측정은, Cameca사의 IMS 7f-Auto 2차 이온 질량 분석기를 이용한다.
- [0073] 본 출원의 고순도 탄화규소 단결정편의 제조는 본 분야 내의 방법으로 제조하기만 하면 되고, 이하의 고순도 탄화규소 단결정편의 제조 방법을 사용할 수 있으며, 당해 방법은 이하의 단계를 포함한다.
- [0074]
 ① 일정한 수량의 탄화규소 분말을 흑연 도가니 내에 배치하되, 탄화규소 분말의 순도는 99.999% 이상이어야 하고, 함유된 얇은 에너지 준위 도너 불순물, 예를 들어 질소의 농도는 $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 이하이며, 얇은 에너지 준위 억셉터 불순물, 예를 들어 붕소, 알루미늄 등의 농도의 합은 $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 이하여야 한다.
- [0075]
 ② 탄화규소 단결정의 성장에 이용되는 종결정을 흑연 도가니 내부의 탄화규소 분말 상부에 배치한 후, 흑연 도가니를 밀폐하고, 밀폐 후의 흑연 도가니를 흑연 보온 펠트 내부에 배치한 후, 전체를 단결정 성장 장치 내에 이동한 후 노 챔버를 밀폐한다.
- [0076]
 ③ 노 챔버 내의 압력이 10^{-5} Pa 될 때까지 진공화한 후 5-10h 유지하여, 노 챔버 내의 잔류 불순물을 제거한 후, 노 챔버 내에 점차적으로 예를 들어 아르곤 또는 헬륨과 같은 기체 분위기를 도입한다.
- [0077]
 ④ 30-50mbar/h의 속도로 노 챔버 압력을 10-100 mbar까지 상승시킴과 동시에, 10-20°C/h의 속도로 노 챔버 내의 온도를 2100-2200°C까지 상승시키여, 이 온도에서 50-100h 유지하여, 탄화규소 단결정의 성장 과정을 완료한다.
- [0078]
 ⑤ 단결정 성장 과정 완료 후, 노 챔버 가열을 정지하여, 노 챔버 온도를 실온까지 자연적으로 하강시킨 후, 노 챔버를 개방하여 흑연 도가니를 꺼내면, 상기 고순도 탄화규소 단결정을 획득할 수 있으며, 계속하여 절단과 폴리싱 과정을 진행하면 고순도 탄화규소 단결정편을 획득할 수 있다.
- [0079] **실시예1 고순도 탄화규소 단결정 기판의 제조**
- [0080] 일 실시형태로서, 고순도 탄화규소 단결정편의 제조 방법은, 다음의 단계를 포함한다.
- [0081]
 ① 일정한 수량의 탄화규소 분말을 흑연 도가니 내에 배치하되, 탄화규소 분말의 순도는 99.999% 이상이어야 하고, 함유된 얇은 에너지 준위 도너 불순물, 예를 들어 질소의 농도는 $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 이하이며, 얇은 에너지 준위 억셉터 불순물, 예를 들어 붕소, 알루미늄 등의 농도의 합은 $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 이하여야 한다.
- [0082]
 ② 탄화규소 단결정의 성장에 이용되는 종결정을 흑연 도가니 내부의 탄화규소 분말 상부에 배치한 후, 흑연 도가니를 밀폐하고, 밀폐 후의 흑연 도가니를 흑연 보온 펠트 내부에 배치한 후, 전체를 단결정 성장 장치 내에 이동한 후 노 챔버를 밀폐한다.
- [0083]
 ③ 노 챔버 내의 압력이 10^{-5} Pa 될 때까지 진공화한 후 8h 유지하여, 노 챔버 내의 잔류 불순물을 제거한 후, 노 챔버 내에 점차적으로 아르곤 가스를 도입한다.
- [0084]
 ④ 40mbar/h의 속도로 노 챔버 압력을 50mbar까지 상승시킴과 동시에, 15°C/h의 속도로 노 챔버 내의 온도를 2100-2200°C까지 상승시키여, 이 온도에서 80h 유지하여, 탄화규소 단결정의 성장 과정을 완료한다.
- [0085]
 ⑤ 단결정 성장 과정 완료 후, 노 챔버 가열을 정지하여, 노 챔버 온도를 실온까지 자연적으로 하강시킨 후, 노 챔버를 개방하여 흑연 도가니를 꺼내면, 상기 고순도 탄화규소 단결정을 획득할 수 있으며, 계속하여 절단과 폴리싱 과정을 진행하면 고순도 탄화규소 단결정편#1을 획득할 수 있다.
- [0086] 상술한 방법으로 제조된 고순도 탄화규소 단결정편#1을 사용하여 고순도 탄화규소 단결정 기판을 제조하는 바, 당해 제조 방법은 다음의 단계를 포함한다.
- [0087] 1) 제조된 고순도 탄화규소 단결정편에 대해 고온 급속 열처리를 진행하고 레이저기를 사용하여 고순도 탄화규소 단결정편의 표면에 대해 왕복 스캔 어닐링을 진행하여, 고순도 탄화규소 단결정 기판을 제조한다.
- [0088] 레이저기의 파워, 디포커스량 및 레이저 열처리 면적 등의 값을 제어하는 것에 의해, 고순도 탄화규소 단결정편 표면의 온도를 제어한다.

- [0089] 본 실시형태의 고순도 탄화규소 단결정 기판을 제조하는 고온 급속 열처리의 모식도는 도1에 도시된 바와 같은 바, T은 온도이고, t는 시간이다.
- [0090] 본 실시형태의 고순도 탄화규소 단결정 기판을 제조하는 표면 어닐링 처리의 모식도는 도2에 도시된 바와 같은 바, 1은 레이저기이고, 2는 고순도 탄화규소 단결정편이며, 레이저기(1)은 고순도 탄화규소 단결정편(2)의 표면에서 일정한 속도로 왕복 이동하여 고순도 탄화규소 단결정편(2)의 표면을 가열한다.
- [0091] 본 출원의 반절연 탄화규소 단결정편으로부터 고순도 탄화규소 단결정 기판 제품으로의 고유점 결함의 농도 변화 모식도는 도3에 도시된 바와 같으며, 여기서 고순도 탄화규소 단결정편, 고온 급속 열처리를 거친 고순도 탄화규소 단결정편 및 고순도 탄화규소 단결정 기판 중의 고유점 결함의 농도는 각각 도3a, 도3b 및 도3c에 도시된 바와 같다. 도3 중의 3은 고유점 결함을 대표하고, 4는 고순도 탄화규소 단결정 기판 표층이며, 5는 고순도 탄화규소 단결정 본체층이다. 본 출원의 고온 급속 열처리는 고순도 탄화규소 단결정편(도3a) 중에 일정한 수량의 고유점 결함(3) (도3b)을 주입하여, 후속의 표면 어닐링 과정 중 과량의 고유점 결함(3)이 소멸되어, 제조된 고순도 탄화규소 단결정 기판(도3c)의 반절연 특성에 영향주는 것을 피면한다. 본 출원의 고순도 탄화규소 단결정 기판(도3c)의 제조는, 고온 급속 열처리 기술과 표면 레이저 어닐링 기술을 통해, 고순도 반절연 탄화규소 기판 표층(4)의 일정한 구역 내에 도입된 점 결함을 제거함과 동시에, 기판 표면과 일정한 거리를 갖는 내부 점 결함 다시 말해서 순수한 탄화규소 단결정 본체층(5)을 보유하여, 결함이 없는 결함의 기판 표층(4)의 청결 구역을 실현하고 반절연 탄화규소 기판의 반절연 특성을 보유하여, GaN에피택시얼 층으로 하여금 최상의 품질을 획득할 수 있도록 한다.
- [0092] KrF펄스 레이저를 사용하여 고순도 탄화규소 단결정 기판을 조사하여 어닐링 처리를 진행하고, 고순도 탄화규소 단결정 기판을 제어하여 에너지 밀도가 150mJ/cm^2 이하가 되도록 한다.
- [0093] 상술한 방법과 표1의 구체적인 파라미터에 따라, 고순도 탄화규소 단결정편1#으로부터 각각 고순도 탄화규소 단결정 기판1#, 고순도 탄화규소 단결정 기판2#, 고순도 탄화규소 단결정 기판3#, 고순도 탄화규소 단결정 기판4# 및 고순도 탄화규소 단결정 기판5#을 획득한다. 고순도 탄화규소 단결정 기판1#-5#의 구체적인 제조파라미터와 기판 성능은 표1에 나타낸 바와 같다.

표 1

[0094]	» 고온 급속 열처리 ù ç á	어닐링 처리	표층 두께 /um	표층 고유점 농도/cm ⁻³	본체층 두께/um	본체층 고유점 농도/cm ⁻³	얕은 에너지 준위 불순물의 농도/cm ⁻³	저항률 /Ω · cm

°	승온 속도가 70°C/s, 2000°C에 서 200s 유지한 후 급속 냉각하며, 냉각 속도가 100°C/s	기판 표면의 온도는 대 략 1500°C에서 유지	80	$<1 \times 10^{11}$	420	$>2 \times 10^{15}$	8.1×10^{15}	5. 7 × 10 11
°	승온 속도가 30°C/s, 1800°C에 서 60s 유지한 후 급속 냉각하며, 냉각 속도가 50°C/s	기판 표면의 온도는 대 략 1200°C에서 유지	50	$<1 \times 10^{11}$	450	$>7 \times 10^{15}$	9.3×10^{15}	2. 1 × 10 11

°	승온 속도가 50°C/s, 1850°C에 서 70s 유지한 후 급속 냉각하며, 냉각 속도가 70°C/s	기판 표면의 온도는 대 략 1400°C에서 유지	60	<1 X 10 ¹¹	440	>6 X 10 ¹⁵	8.7 X 10 ¹⁵	4. 3 X 10 11
°	승온 속도가 80°C/s, 2100°C에 서 300s 유지한 후 급속 냉각하며, 냉각 속도가 130°C/s	기판 표면의 온도는 대 략 1600°C에서 유지	90	<1 X 10 ¹¹	410	>4 X 10 ¹⁵	3.2 X 10 ¹⁵	4. 2 X 10 11

°	승온 속도가 100°C/s, 2200°C에서 600s 후 냉각하며, 속도가 150°C/s	기판 표면의 온도는 대략 1800°C에서 유지	1 00	$<1 \times 10^{11}$	400	$>3 \times 10^{15}$	1.1×10^{16}	2.8 × 10 ¹¹
---	---	---------------------------	------	---------------------	-----	---------------------	----------------------	------------------------

[0095] 제조된 고순도 탄화규소 단결정 기판1#, 고순도 탄화규소 단결정 기판2#, 고순도 탄화규소 단결정 기판3#, 고순도 탄화규소 단결정 기판4# 및 고순도 탄화규소 단결정 기판5#의 저항률, 얇은 에너지 준위 불순물 함유량, 탄화규소 기판 표층 고유점 농도, 탄화규소 기판 본체층 고유점 농도 등을 각각 측정하는 바, 측정 결과는 표1에 나타낸 바와 같다. 표1의 데이터로부터 알 수 있다시피, 고순도 탄화규소 단결정 기판1#-5#은 저항률이 높고, 반절연 특성을 갖는다. 고순도 탄화규소 단결정 기판1#-5#의 탄화규소 단결정 기판 표층의 고유점 결함 농도는, 상기 탄화규소 단결정 기판 본체층의 고유점 결함 농도 미만이고, 또한 제조된 탄화규소 단결정 기판1#-5#는 반절연성을 갖는다. 여기서, 고순도 탄화규소 단결정 기판1# 표층의 고유점 결함 농도가 극히 낮으며, 양호한 격자 완정성을 가지며, 고순도 탄화규소 단결정 기판1#의 본체층의 고유점 결함의 농도는 상기 고순도 탄화규소 단결정 기판으로 하여금 반절연성을 갖도록 한다. 탄화규소 단결정 기판 표층의 실온에서의 고유점 결함 농도는 극히 낮으며, 고유점 결함은 절대 영도가 아닌 한, 결정 중에 시종 존재하며, 결함 농도는 일정한 두께 내에서 제일 낮다.

[0096] 본 출원에서 제조된 4-12인치 반절연 탄화규소 단결정 기판의 저항률은 $2 \times 10^{11} \Omega \cdot \text{cm}$ 이상에 도달할 수 있고, 또한 저항률의 반경방향 분포를 2개 수량급 이내에 제어하기에, 반절연 탄화규소 단결정 기판의 저항률의 균일한 분포를 실현한다. 4-12인치 반절연 탄화규소 단결정 기판에 대해, 그 굽힘도와 휨도를 측정하는 바, 그 굽힘도와 휨도는 45μm 이내에 제어될 수 있다.

실시예2 GaN 단결정 제조 및 성능 측정

[0098] 실시예1 중에서 제조된 동일한 사이즈의 고순도 탄화규소 단결정 기판1#-5# 및 고순도 탄화규소 단결정편1#을 각각 이용하여, GaN단결정 에피택시얼 웨이퍼를 제조하는 기판으로 하는 바, 제조 방법은 본 분야의 통상적인 방법이다. 고순도 탄화규소 단결정 기판1#-5#으로 제조된 GaN단결정의 결정 품질은, 고순도 탄화규소 단결정편1#을 기판으로 하여 제조된 GaN단결정 에피택시얼 웨이퍼의 품질을 초과하는 바, 구체적인 데이터는 표2에 나타내는 바와 같다.

표 2

샘플	제조된 GaN에피택시얼 웨이퍼 결정 특징
고순도 탄화규소 단결정 기판1#	(002)면 요동곡선 반폭108 arcsec(102)면 요동곡선 반폭196 arcsec
고순도 탄화규소 단결정 기판2#	(002)면 요동곡선 반폭136 arcsec(102)면 요동곡선 반폭230 arcsec
고순도 탄화규소 단결정 기판3#	(002)면 요동곡선 반폭113 arcsec(102)면 요동곡선 반폭227 arcsec

고순도 탄화규소 단결정 기판4#	(002)면 요동곡선 반폭120 arcsec(102)면 요동곡선 반폭221 arcsec
고순도 탄화규소 단결정 기판5#	(002)면 요동곡선 반폭119 arcsec (102)면 요동곡선 반폭218 arcsec
고순도 탄화규소 단결정편1#	(002)면 요동곡선 반폭134 arcsec(102)면 요동곡선 반폭226 arcsec

[0100]

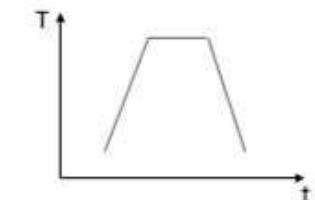
이상 설명한 내용은 다만 본 발명의 실시예로서, 본 발명의 보호 범위는 이러한 구체적인 실시예에 제한되는 것 이 아니며, 본 출원의 특허청구범위에 의해 결정된다. 당업자는 본 출원에 대한 각종 수정 및 변경을 진행할 수 있다. 본 출원의 기술적 사상 및 원리 내에서 이루어진 임의의 수정, 균등한 대체, 개선 등은 본 출원의 범위 내에 속한다.

부호의 설명

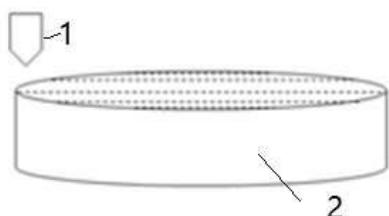
- 1: 레이저기
- 2: 고순도 탄화규소 단결정편
- 3: 고유점 결합
- 4: 고순도 탄화규소 단결정 기판 표층
- 5: 고순도 탄화규소 단결정 본체층

도면

도면1



도면2



도면3

