



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0056832
(43) 공개일자 2024년04월30일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/02 (2006.01) H01L 21/18 (2024.01)
H01L 21/762 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
H01L 21/02376 (2013.01)
H01L 21/02378 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2024-7012435
- (22) 출원일자(국제) 2022년09월06일
심사청구일자 없음
- (85) 번역문제출일자 2024년04월15일
- (86) 국제출원번호 PCT/FR2022/051682
- (87) 국제공개번호 WO 2023/047035
국제공개일자 2023년03월30일
- (30) 우선권주장
FR2109961 2021년09월22일 프랑스(FR)

- (71) 출원인
소이텍
프랑스, 에프-38190 베흔느, 슈망 데 프랑크, 뱁 떼끄놀로지끄 데 풍뎨느
- (72) 발명자
비아르드 휴고
프랑스 38190 베흔느 슈망 데 프랑크 뱁 떼끄놀로지끄 데 풍뎨느 소이텍 내
라그랑지 멜라니
프랑스 38190 베흔느 슈망 데 프랑크 뱁 떼끄놀로지끄 데 풍뎨느 소이텍 내
- (74) 대리인
김태현

전체 청구항 수 : 총 14 항

(54) 발명의 명칭 다결정 탄화규소 지지 기판의 제조 방법

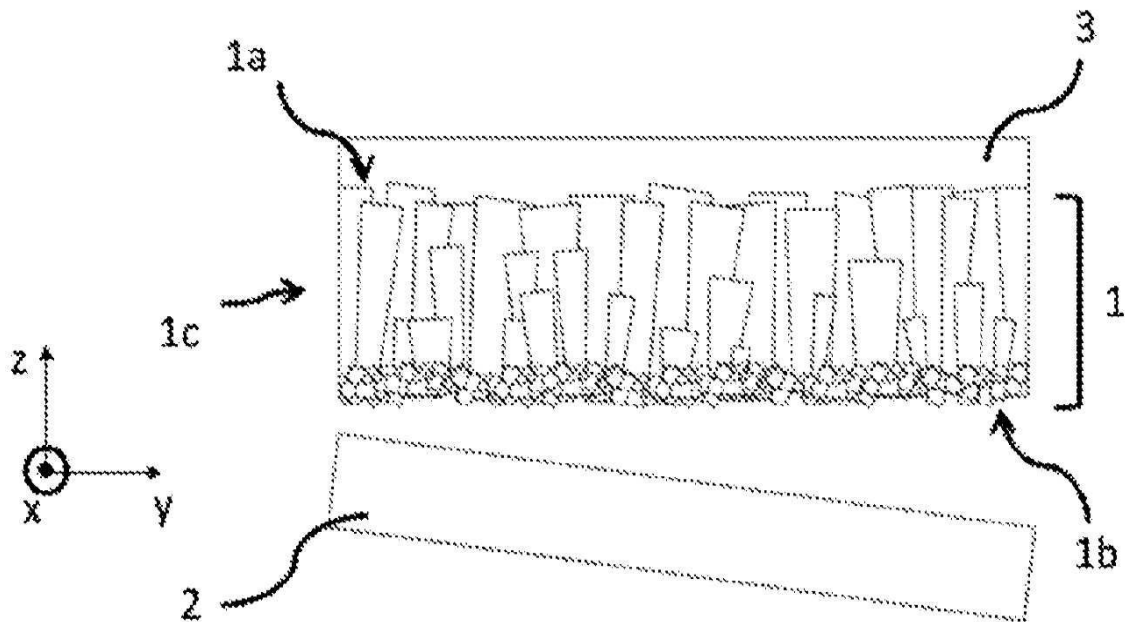
(57) 요약

본 발명은 다음과 같은 단계들을 포함하는 다결정 탄화규소 지지 기판을 제조하는 방법에 관한 것이다:

- a) 흑연 또는 탄화규소의 시드 상에 초기 다결정 탄화규소 기판을 성장시키는 단계 - 단계 a)의 종결 시에, 초기 기판은 자유로운 전면 및 시드와 접촉하는 후면을 가진 -,

(뒷면에 계속)

대표도 - 도1c



- b) 초기 기관의 전면 상에 보강 탄소막을 형성하는 단계 - 초기 기관은 전면의 평면에서, 보강 막을 형성하기 직전에, 제 1 평균 탄화규소 그래인 크기를 가짐 -,
- c) 초기 기관의 후면을 자유롭게 하기 위해, 시드를 제거하는 단계 - 후면은 후면의 평면에서, 시드를 제거한 직후에, 제 1 평균 크기보다 작은 제 2 평균 탄화규소 그래인 크기를 가짐 -
- d) 초기 기관의 후면을, 초기 기관이 박형화된 후면의 평면에서, 제 1 평균 그래인 크기 $\pm 30\%$ 이내인 제 3 평균 그래인 크기를 갖는 두께까지 박형화하는 단계 - 박형화된 초기 기관이 지지 기관을 형성함 -.

(52) CPC특허분류

H01L 21/02447 (2013.01)

H01L 21/02527 (2013.01)

H01L 21/0262 (2013.01)

H01L 21/185 (2013.01)

H01L 21/76254 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

다결정 탄화규소 지지 기관(10)의 제조 방법으로서,

- a) 흑연 또는 탄화규소의 시드(2) 상에 초기 다결정 탄화규소 기관(1)을 성장시키는 단계로서, 단계 a)의 종결 시에, 상기 초기 기관(1)은 자유로운 전면(1a) 및 상기 시드(2)와 접촉하는 후면(1b)을 가지는, 단계;
- b) 상기 초기 기관(1)의 상기 전면(1a) 상에 보강 탄소막(3)을 형성하는 단계로서, 상기 초기 기관(1)은 상기 전면(1a)의 평면에서, 상기 보강 막(3)을 형성하기 직전에, 제 1 평균 탄화규소 그레인 크기를 가지는, 단계;
- c) 상기 초기 기관(1)의 상기 후면(1b)을 자유롭게 하기 위해, 상기 시드(2)를 제거하는 단계로서, 상기 후면(1b)은 상기 후면(1b)의 평면에서, 상기 시드(2)를 제거한 직후에, 상기 제 1 평균 크기보다 작은 제 2 평균 탄화규소 그레인 크기를 가지는, 단계;
- d) 상기 초기 기관(1)의 상기 후면(1b)을, 상기 초기 기관(1)이 박형화된 후면(1b')의 평면에서, 상기 제 1 평균 그레인 크기 $\pm 30\%$ 이내인 제 3 평균 그레인 크기를 갖는 두께까지 박형화하는 단계;를 포함하며, 상기 박형화된 초기 기관(1)이 상기 지지 기관(10)을 형성하는, 제조 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 보강 막(3)은 100 nm 내지 수 밀리미터, 예를 들어 10 mm의 두께를 갖는 제조 방법.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 보강 막(3)은 100 nm 내지 10 μm 의 두께를 갖는 제조 방법.

청구항 4

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 보강 탄소막(3)은 다이아몬드형 또는 유리질 탄소형 결정 구조를 갖는 제조 방법.

청구항 5

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,

단계 b)는 미리 형성된 탄소-탄소 결합을 갖는 고분자 수지를 상기 초기 기관(1)의 상기 전면 상에 점성층으로서 3차원으로 스프레딩하고, 500°C 내지 2000°C 온도에서 어닐링하여 상기 보강 탄소막(3)을 형성하는 것에 의해 수행되는 제조 방법.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 고분자 수지는 콜타르, 페놀 포름알데히드, 폴리푸르푸릴 알코올, 폴리비닐 알코올, 폴리아크릴로니트릴, 폴리염화비닐리덴 및/또는 폴리스티렌을 기반으로 하는 제조 방법.

청구항 7

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,

단계 b)는 플라즈마 증착, 이온 증착 증착 또는 증발 증착에 의해 수행되는 제조 방법.

청구항 8

제 1 항 내지 제 7 항 중 어느 한 항에 있어서,

단계 a)와 단계 b) 사이에, 상기 초기 기관(1)의 상기 전면(1a) 및/또는 상기 초기 기관(1)의 둘레를 그라인딩 하여, 상기 면(1a)의 표면 거칠기 및/또는 상기 기관(1)의 두께 변화를 감소시키거나/감소시키고 그 둘레를 규칙화하는 단계 a')를 포함하는 제조 방법.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

단계 a')는 기계적 또는 기계화학적 박형화를 포함하는 제조 방법.

청구항 10

제 1 항 내지 제 9 항 중 어느 한 항에 있어서,

단계 d) 이후에, 상기 보강 막을 제거하는 단계 e); 및/또는

단계 d) 이후에 또는 단계 e) 이후에, 1500℃ 이상의 온도에서 열 처리하는 단계;

를 포함하는 제조 방법.

청구항 11

복합 구조체(100)의 제조 방법으로서,

제 1 항 내지 제 10 항 중 어느 한 항에 따른 방법을 포함하며, 또한 단결정 탄화규소의 박층(20)을 상기 지지 기관(10)의 제 1 면(10a) 또는 제 2 면(10b) 상에 직접적으로 또는 중간층을 통해 전사하여, 복합 구조체(100)를 형성하는 단계 f)를 포함하는, 제조 방법.

청구항 12

제 11 항에 있어서,

상기 중간층은 상기 지지 기관(10)의 상기 제 1 면(10a) 상에 유지된 상기 보강 탄소막(3)에 의해 형성되는 제조 방법.

청구항 13

제 11 항에 있어서,

상기 지지 기관(10)의 상기 면들 중 한쪽 면(10a; 10b) 상에 상기 박층(20)의 상기 전사가 수행되며, 상기 전사 이전에 상기 지지 기관(10)의 자유로운 다른 면(10b; 10a) 상에 추가적인 탄소막(5)이 배치되는 제조 방법.

청구항 14

제 13 항에 있어서,

상기 추가적인 막(5)은, 바람직하게는 상기 복합 구조체(100)가 그 제조를 위해 또는 상기 복합 구조체(100) 상의 및/또는 상기 복합 구조체(100) 내의 부품들의 제조를 위해 필요한 1400℃ 초과 온도에서 열 처리를 거친 이후에 제거되는 제조 방법.

발명의 설명

기술 분야

본 발명은 마이크로일렉트로닉 부품용 반도체 재료 분야에 관한 것이다. 본 발명은 특히 다결정 탄화규소 지지 기관을 제조하는 방법에 관한 것이며, 이 방법은 상기 지지 기관 상에 배치된 단결정 탄화규소의 박층을 포함하는 복합 구조체의 제조에 특히 적합하다.

[0001]

배경 기술

- [0002] SiC는 특히 전기 자동차와 같은 전자 분야의 증가하는 요구 사항을 충족하기 위해 혁신적인 전력 장치 제조에 점점 더 널리 사용되고 있다. 특히, 단결정 탄화규소를 기반으로 하는 전력 장치 및 통합 전력 공급 시스템은 기존 규소 등가물보다 훨씬 더 높은 전력 밀도를 처리할 수 있으며, 더 작은 크기의 활성 영역에서도 이를 수행할 수 있다.
- [0003] 그럼에도 불구하고, 마이크로일렉트로닉스 산업용으로 의도되는 고품질 단결정 SiC 기판(c-SiC)은 여전히 가격이 비싸고 대규모 공급이 어렵다. 따라서, 예를 들어 다결정 SiC(p-SiC)로 만들어진 저비용 지지 기판 상에 단결정 SiC(고품질 c-SiC 기판에서 얻어짐)의 박층을 통상적으로 포함하는 복합 구조체를 마련하기 위해, 층 전사 솔루션을 사용하는 것이 유리하다. 잘 알려진 박층 전사 솔루션 중 하나는 광 이온 주입과 본딩 계면에서의 직접 본딩을 통한 결합을 기반으로 하는 Smart Cut[®] 방법이다.
- [0004] US2019153616은 c-SiC 박층이 전사될 수 있는 p-SiC 지지 기판을 제조하는 방법을 제공한다. 지지 기판은 10 μ m 정도의 평균 크기의 그레인들을 포함하고, 두께에 비해 전면과 후면 사이의 그레인 크기의 변화도가 0.43% 이하이며; 후자의 특징은 지지 기판의 잔류 응력과 그에 따른 휘어짐을 제한하는 것을 가능하게 한다.
- [0005] 이 제조 방법에는 화학 기상 증착을 통해 두꺼운 p-SiC 층(일반적으로 2mm)이 생성되는 제 1 탄소 베이스 기판이 포함된다. 약 350 μ m 두께의, 제 2 p-SiC 베이스 기판은 제 1 탄소 베이스 기판을 제거하고 두꺼운 층의 양면을 기계적으로 박형화하는 것에 의해, 두꺼운 p-SiC 층으로부터 추출된다. 제 2 베이스 기판은 두께에 비해 전면과 후면 사이의 그레인 크기 변화도가 0.43% 이하이다. 그 후에 새로운 p-SiC 층(일반적으로 400 μ m 정도)이 제 2 베이스 기판 상의 화학 기상 증착에 의해 형성되며(예를 들어, 레이저 조사에 의해 제 2 베이스 기판으로부터 분리됨), 이 새로운 p-SiC 층이 복합 구조체에 사용하기 위한 것으로 의도되는 p-SiC 지지 기판을 형성한다. 그 후에 제 2 베이스 기판은 재사용될 수 있다.
- [0006] 실제로 있어서, 제 2 베이스 기판을 형성하는 것으로 이루어지는 단계는 제 1 탄소 베이스 기판의 제거가 일반적으로 두꺼운 p-SiC 층에서 매우 큰 휘어짐을 유도하며, 이로 인해 상기 두꺼운 층이 파손되거나, 또는 적어도 제 2 베이스 기판의 두께를 달성하는 데 필요한 박형화 단계를 어렵게 만들거나 방해할 수 있기 때문에 복잡하다는 것을 알 수 있다. 또한, 이러한 박형화는 p-SiC 재료와 증착 및 박형화 단계들의 측면에서 매우 중요한 것이며(약 1.5mm 정도) 비용이 많이 든다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0007] 본 발명은 전술한 문제점을 해결하는 제조 방법을 제안한다. 본 발명은 경제적이면서 단순화된 다결정 SiC 지지 기판을 제조하는 방법에 관한 것이다. 상기 지지 기판은 또한 상기 p-SiC 지지 기판 상에 배치된 얇은 c-SiC 층을 포함하는 복합 구조체의 제조에 특히 적합하다.

과제의 해결 수단

- [0008] 본 발명은 다음과 같은 단계들을 포함하는 다결정 탄화규소 지지 기판을 제조하는 방법에 관한 것이다:
- [0009] a) 흑연 또는 탄화규소의 시드 상에 초기 다결정 탄화규소 기판을 성장시키는 단계 - 단계 a)의 종결 시에, 초기 기판은 자유로운 전면(free front face) 및 시드와 접촉하는 후면(rear face)을 가짐 -,
- [0010] b) 초기 기판의 전면 상에 보강 탄소막을 형성하는 단계 - 초기 기판은 전면의 평면에서, 보강 막을 형성하기 직전에, 제 1 평균 탄화규소 그레인 크기를 가짐 -,
- [0011] c) 초기 기판의 후면을 자유롭게 하기 위해, 시드를 제거하는 단계 - 후면은 후면의 평면에서, 시드를 제거한 직후에, 제 1 평균 크기보다 작은 제 2 평균 탄화규소 그레인 크기를 가짐 -
- [0012] d) 초기 기판의 후면을, 초기 기판이 박형화된 후면의 평면에서, 제 1 평균 그레인 크기 $\pm 30\%$ 이내인 제 3 평균 그레인 크기를 갖는 두께까지 박형화하는 단계 - 박형화된 초기 기판이 지지 기판을 형성함 -.
- [0013] 본 발명의 다른 유리하고 비제한적인 특징들에 따르면, 단독으로 또는 기술적으로 실행 가능한 조합으로:
- [0014] · 보강 막은 100 nm 내지 수 밀리미터, 예를 들어 10 mm의 두께를 갖고;

- [0015] · 보강 막은 100 nm 내지 10 μm 의 두께를 갖고;
- [0016] · 보강 탄소막은 다이아몬드형 또는 유리질 탄소형 결정 구조를 갖고;
- [0017] · 단계 b)는 미리 형성된 탄소-탄소 결합을 갖는 고분자 수지를 초기 기판의 전면 상에 점성층으로서 3차원으로 스프레딩하고, 500°C 내지 2000°C 온도에서 어닐링하여 보강 탄소막을 형성하는 것에 의해 수행되고;
- [0018] · 고분자 수지는 콜타르, 페놀 포름알데히드, 폴리푸르푸릴 알코올, 폴리비닐 알코올, 폴리아크릴로니트릴, 폴리염화비닐리덴 및/또는 폴리스티렌을 기반으로 하고;
- [0019] · 단계 b)는 플라즈마 증착, 이온 충격 증착 또는 증발 증착에 의해 수행되고;
- [0020] · 제조 방법은 단계 a)와 단계 b) 사이에, 초기 기판의 전면 및/또는 둘레를 그라인딩하여, 상기 면의 표면 거칠기 및/또는 상기 기판의 두께 변화를 감소시키거나, 및/또는 그 둘레를 규칙화하는 단계 a')를 포함한다.
- [0021] · 단계 a')는 기계적 또는 기계화학적 박형화를 포함하고;
- [0022] · 제조 방법은,
- [0023] - 단계 d) 이후에, 보강 막을 제거하는 단계 e), 및/또는
- [0024] - 단계 d) 이후에 또는 단계 e) 이후에, 1500°C 이상의 온도에서 열 처리하는 단계를 포함한다.
- [0025] 본 발명은 또한 상기 방법을 포함하고 또한 단결정 탄화규소의 박층을 지지 기판의 제 1 면 또는 제 2 면 상에 직접적으로 또는 중간층을 통해 전사(transfer)하여, 복합 구조체를 형성하는 단계 f)를 포함하는, 복합 구조체의 제조 방법에 관한 것이다.
- [0026] 본 발명의 다른 유리하고 비제한적인 특징들에 따르면, 단독으로 또는 기술적으로 실행 가능한 조합으로:
- [0027] · 중간층은 지지 기판의 제 1 면 상에 유지된 보강 탄소막에 의해 형성되고;
- [0028] · 지지 기판의 면들 중 한쪽 면 상에 박층의 전사가 수행되며, 전사 이전에 지지 기판의 자유로운 다른 면 상에 추가적인 탄소막이 배치되고;
- [0029] · 추가적인 막은, 바람직하게는 복합 구조체가 그 제조를 위해 또는 복합 구조체 상의 및/또는 복합 구조체 내의 부품들의 제조를 위해 필요한 1400°C 초과 온도에서 열 처리를 거친 이후에 제거된다.

도면의 간단한 설명

[0030] 본 발명의 다른 특징 및 이점은 첨부된 도면을 참조하여 제공되는 다음과 같은 본 발명의 상세한 설명으로부터 명백해질 것이다.

도 1a 내지 도 1f는 본 발명에 따른 제조 방법의 단계들을 도시한 것이다.

도 2a 내지 도 2d는 본 발명에 따른 제조 방법의 다른 단계들을 도시한 것이다.

도 3a 내지 도 3e는 본 발명에 따른 제조 방법의 단계들의 변형들을 도시한 것이다.

도면들에서 동일한 레퍼런스들은 동일한 타입의 요소들에 대해 사용될 수 있다. 도면들은 가독성을 위해 축척되지 않은 개략적인 표현들이다. 특히, z축을 따르는 층들의 두께는 x축 및 y축을 따르는 측면 치수들에 축척되지 않으며, 또한 도면들에서는 서로에 대한 층들의 상대적인 두께가 반드시 고려되지는 않았다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0031] 본 발명은 다결정 탄화규소(p-SiC) 지지 기판(10)의 제조 방법에 관한 것이다.
- [0032] 방법은 먼저 흑연 또는 저품질 단결정 또는 다결정 탄화규소의 시드(2) 상에 초기 다결정 탄화규소 기판(1)을 성장시키는 단계 a)를 포함한다(도 1a). 시드(2)는 바람직하게는 그 직경이 실질적으로 지지 기판(10)에 대해 목표로 하는 직경, 예를 들어 100mm, 150mm, 200mm 또는 심지어 300mm인 웨이퍼 형태이다.
- [0033] 초기 p-SiC 기판(1)의 성장은 공지된 화학 기상 증착(CVD) 기술에 의해, 일반적으로 1100°C 내지 1500°C 사이의 온도에서 수행된다. 전구체들은 메틸실란, 디메틸디클로로실란 또는 디클로로실란 및 i-부탄으로부터 선택될 수 있으며, 바람직하게는 C/Si 비율이 1에 가깝거나 그보다 클 수 있다.

- [0034] 선택적으로, 초기 기판(1)(지지 기판(10)이 이로부터 얻어짐)의 저항률을 최종 제품, 특히 목표로 하는 복합 구조체의 사양에 맞게 조정하기 위해, 도핑 중(예를 들면, 질소 또는 인)이 CVD 증착 중에 도입될 수도 있다. 일반적으로 목표로 되는 도핑 레벨은 $1E18/cm^3$ 보다 크거나 심지어 $1E20/cm^3$ 보다 높다.
- [0035] 단계 a)의 종결 시에, 초기 기판(1)은 자유로운 전면(1a) 및 시드(2)와 접촉하는 후면(1b)을 갖는다. 초기 기판(1)의 두께는 1mm 미만, 바람직하게는 $550\mu m$ 미만이다. 복합 구조체의 제조를 위해 의도되는 지지 기판(10)에 대해 일반적으로 요구되는 두께 범위는 $100\mu m - 500\mu m$ 라는 점에 유의해야 한다.
- [0036] 초기 기판(1)은 CVD 증착 조건들에 따라, 4H, 6H 및/또는 3C 타입 탄화규소 그래핀들을 포함할 수 있다.
- [0037] 초기 기판(1)의 후면(1b) 상의 그래핀들의 평균 크기는 상대적으로 작으며, 일반적으로 $1\mu m$ 이하, 또는 심지어 100nm 이하이고; 상기 그래핀들은 흑연 시드(2) 상의 CVD 증착(핵생성 단계) 시작 시에 생성된 p-SiC 재료에 대응한다.
- [0038] 그래핀 경계에 의해 확정되는, 그래핀의 크기는 기판의 고려되는 면의 평면에서, 상기 그래핀의 가장 큰 치수에 대응한다는 점을 기억해야 한다. 평균 그래핀 크기는 상기 평면에 있는 개별 그래핀들의 크기의 평균으로 정의된다. 그래핀 크기들 또는 그래핀 경계 거리들은 기존의 주사 전자 현미경(SEM) 또는 관련 전자 후방 산란 회절(EBSD)을 통해 얻은 이미지들을 기반으로 측정될 수 있다. X-선 결정학을 사용하는 것도 고려될 수 있다. 고려 대상인 면이 마이크로미터 크기(일반적으로 수 마이크로미터 내지 수십 마이크로미터)의 그래핀들로 주로 구성되는 경우, 일반적으로 50nm 미만의 매우 작은 그래핀들은 측정 불확실성을 제한하기 위해, 측정으로부터 바람직하게 제외된다.
- [0039] CVD 증착이 진행됨에 따라, p-SiC 그래핀들의 크기는 상대적으로 안정적인 평균 크기에 도달할 때까지 증가하며, 증착 두께는 증착 조건들에 따라, 수 마이크로미터에서 수십 마이크로미터까지 다양할 수 있다.
- [0040] 따라서, 초기 기판(1)을 성장시키기 위해 증착되는 p-SiC의 두께에 따라, 상기 기판(1)의 전면 상의 평균 그래핀 크기는 일반적으로 $1\mu m$ 내지 $10\mu m$ 사이에서 달라질 수 있다.
- [0041] 이하, 초기 기판(1)의 전면(1a) 상의 p-SiC 그래핀들의 평균 크기를 제 1 평균 크기라 하고, 초기 기판(1)의 후면(1b) 상의 p-SiC 그래핀들의 평균 크기를 제 2 평균 크기라 한다.
- [0042] 제 1 평균 p-SiC 그래핀 크기(전면측(1a))는 제 2 평균 그래핀 크기(후면측(1b))보다 크며, 후자는 핵생성 단계에 대응한다.
- [0043] 그 다음, 제조 방법은 초기 기판(1)의 전면(1a) 상에 보강 탄소막(3)을 형성하는 단계 b)를 포함한다(도 1b). 보강 막(3)은 100nm 내지 수 밀리미터 범위(예를 들어 10mm) 범위의 두께를 갖는다. 바람직하게는, 그 두께는 100nm 내지 $10\mu m$ 사이이다.
- [0044] 유리하게는, 보강 탄소막(3)은 sp^3 탄소-탄소 원자 결합을 포함하는 다이아몬드형 결정 구조, 또는 sp^2 탄소-탄소 원자 결합을 포함하는 유리질 탄소형 구조를 갖는다.
- [0045] 보강 막(3)은 특히 플라즈마 증착, 이온 충격 증착 또는 증발 증착과 같은 다양한 기존 증착 기술을 통해 형성될 수 있다.
- [0046] 대안적으로, 단계 b)는 초기 기판(1)의 전면(1a) 상에 미리 형성된 탄소-탄소 결합을 포함하는 고분자 수지를 점성층으로서 3차원으로 스프레딩하는 것에 의해 수행될 수도 있다. 이러한 스프레딩은 원심분리에 의해 수행될 수도 있다. 다음으로, 질소 하에서, $500^\circ C$ 내지 $2000^\circ C$ 사이, 일반적으로 $600^\circ C$ 내지 $1100^\circ C$ 사이의 온도에서 어닐링을 적용하여, 수지의 화학적 분해(열분해)에 의해 보강 탄소막(3)을 형성한다. 선택된 온도 상승들은 일반적으로 $10^\circ C/min$ 정도이고, 어닐링 시간은 1시간 정도이다. 온도 상승은 유효 온도가 수지/탄소 유리 전이 온도 미만으로 유지되도록 제어된다.
- [0047] 고분자 수지는 콜타르, 페놀 포름알데히드, 폴리프로필렌 알코올, 폴리비닐 알코올, 폴리아크릴로니트릴, 폴리염화비닐리덴 및/또는 폴리스티렌 등으로 형성될 수 있다.
- [0048] 예를 들어, 일반적으로 마이크로일렉트로닉스 분야의 사진 석판술 단계들에 사용되는, 시판 제품 AZ-4330, AZ-P4620(등록 상표)(1-메톡시-2-프로판올 아세테이트, 디아조나프토퀴논술포산 에스테르, 2-메톡시-1-프로판올 아세테이트, 크레졸 노볼락 수지 기반), OCG-825(에틸 3-에톡시프로피오네이트 기반), SU-8 2000(사이클로펜타논, 트리아릴설포늄/헥사플루오로안티모네이트 염, 프로필렌 카보네이트, 에폭시 수지 기반)과 같은 공지된 감광성

수지들이 사용될 수 있다.

- [0049] 다양한 분야(항공, 해양, 자동차, 건설 등)에서 다양한 표면을 코팅하고 보호하기 위해 제안되는, 에폭시 수지, 예를 들어 Epoxy Novolac EPON 제품(등록 상표)이 또한 본 발명에 따른 방법의 단계 b)에서 사용될 수 있다.
- [0050] 수지를 사용하는 경우, 보강 막(3)의 목표로 하는 두께를 얻기에 충분한 초기 두께를 형성하기 위해, 점성 수지 층이 어닐링 중에 겪게 될 수축을 고려하는 것이 중요하다. 두께 수축은 일반적으로 70% 내지 95% 사이일 수 있다. 탄소 비율, 즉 열분해 후 고분자 수지층(보강 막(3)에 대응)의 질량과 스프레딩된 고분자 수지층의 초기 질량 사이의 비율은 5% 이상이어야 하며, 바람직하게는 50%보다 커야 한다.
- [0051] 선택적으로, 제조 방법은 단계 a)와 단계 b) 사이에, 초기 기관(1)의 전면(1a) 및/또는 둘레(1c)를 그라인딩하여, 상기 면(1a)의 표면 거칠기를 감소시키고 및/또는 상기 기관(1)의 두께 변화를 감소시키며, 및/또는 둘레(1c)를 규칙화하는 단계 a')을 포함할 수 있다.
- [0052] 단계 a')는 수 마이크론 내지 수십 마이크론 정도의 재료를 제거하는 기계적 또는 기계화학적 박형화(폴리싱)를 포함할 수 있다.
- [0053] 본 발명에 따른 제조 방법은 초기 기관(1)의 후면(1b)을 자유롭게 하기 위해, 시드(2)를 제거하는 단계 c)를 포함한다(도 1c).
- [0054] 시드(2)가 흑연으로 이루어진 경우, 이러한 제거는 산소가 풍부한 분위기(예를 들어 공기)에서, 400°C 초과, 바람직하게는 550°C 초과의 온도에서 열 처리를 적용함으로써, 흑연을 연소시키는 것에 의해 수행될 수 있다.
- [0055] 또한, 예를 들어 시드(2)와 초기 기관(1) 사이의 계면 또는 그 근처에 기계적 응력을 국부적으로 적용함으로써, 시드(2)가 흑연으로 이루어졌든 탄화규소로 이루어졌든, 시드(2)를 기계적으로 분리하는 것도 가능하다.
- [0056] 시드(2)를 제거한 후 초기 기관(1)의 후면(1b) 상에 잔여물들이 남아 있는 경우, 이들을 태워 없애거나(흑연으로 이루어진 경우) 또는 폴리싱 또는 에칭을 통해 기계적 또는 화학적으로 제거할 수 있다(흑연 또는 SiC로 이루어진 경우).
- [0057] 이러한 제거는 일반적으로 초기 기관(1)의 강한 휘어짐을 발생시키며, 이 휘어짐은 직경 150mm에 대해 최대 500 μ m일 수 있다. 이러한 휘어짐은 주로 제 2 면(1b)(핵 생성 그레이들, 작은 평균 크기)과 제 1 면(1a) 사이의 그레이들 크기 차이와 관련된 응력들에 기인한다.
- [0058] 본 발명과 관련해서, 보강 탄소막(3)은 초기 기관(1)을 그 전면(1a)에 의해 기계적으로 고정함으로써, 시드(2)를 제거하는 동안 휘어짐의 증가를 크게 제한하는 것을 가능하게 한다. 보강 탄소막(3)이 구비된, 초기 기관(1)의 휘어짐은, 기관 직경이 150mm인 경우 200 μ m를 초과하지 않는다(실제로, 휘어짐은 100 μ m 미만으로 유지된다). 이러한 휘어짐 범위에서, 초기 기관(1)은 표준 라인들 및 장비에서 아무런 문제 없이, 파손이나 장비 고장의 위험 없이 처리될 수 있다(이러한 문제들은 주로 300 μ m(직경 150mm)보다 큰 휘어짐에서 발생한다).
- [0059] 마지막으로, 제조 방법은 초기 기관(1)의 후면(1b)을 박형화하는 단계 d)를 포함한다. 박형화된 초기 기관(1)은 지지 기관(10)을 형성한다(도 1d).
- [0060] 단계 d)에서의 박형화는 후면(1b)의 기계적 그라인딩, 기계적 폴리싱 및/또는 기계화학적 폴리싱에 의해 수행된다. 재료 제거는 단계 d) 시작 시에 초기 기관(1)의 두께에 따라, 그리고 물론 지지 기관(10)의 목표 두께에 따라, 일반적으로 수십 마이크론 내지 200 μ m 사이이다.
- [0061] 박형화는 초기 기관(1)이 박형화된 후면(1b')의 평면에서, 제 1 평균 그레이들 크기의 $\pm 30\%$ 이내와 동일한 제 3 평균 그레이들 크기를 갖는 두께까지 수행된다. 즉, 제 1 평균 크기가 예를 들어 5 μ m인 경우, 제 3 평균 크기는 4 μ m 내지 6 μ m 사이일 것으로 예상된다.
- [0062] 전면(1a)의 평면 또는 후면(1b)의 평면에서의 그레이들 크기들은 이중 집단(double population)으로 분포되며, 각각의 피크는 실질적으로 가우시안 분포를 따르는 경우가 발생할 수 있다. 제 1 옵션에 따르면, 평균 그레이들 크기는 두 집단을 모두 포함한 전체 평균을 취하여 계산되며, 제 1 및 제 3 평균 크기들은 30% 이상 차이가 나지 않아야 한다. 제 2 옵션에 따르면, 제 1 두 평균 크기(전면측(1a)의 이중 집단에 대응)와 제 3 두 평균 크기(뒷면측(1b)의 이중 집단에 대응)가 고려되며, 이들은 각각 30% 이상 차이가 나지 않아야 한다.
- [0063] 단계 d)에서의 박형화 이후에, 초기 기관(1)의 박형화된 후면(1b')은 전면(1a)의 평균 그레이들 크기와 30% 미만만큼 차이가 나는 평균 p-SiC 그레이들 크기를 갖는다. 그러면 (지지 기관(10)을 형성하는) 박형화된 초기 기관

(1)의 잔류 응력이 작은 휘어짐과 양립할 수 있으며, 적어도 제조 라인들에서 관리될 수 있다.

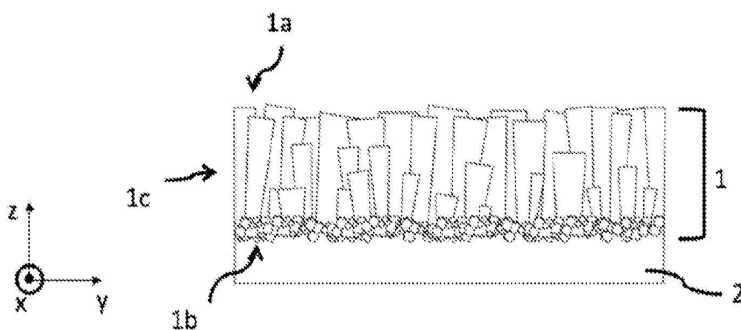
- [0064] 제조 방법은 예를 들어 건식 또는 습식 화학적 에칭에 의해 보강 막(3)을 제거하는 단계 e)를 포함할 수 있다(도 1e). 이러한 제거 이후에, 지지 기판(10)은 체적 내 감소된 잔류 응력으로 인해, 200 μ m 미만, 또는 심지어 100 μ m(직경 150mm의 경우) 미만의 휘어짐을 갖는다.
- [0065] 이 단계에서, 지지 기판(10)은 단계 d) 이후의 초기 기판(1)의 전면(1a), 박형화된 후면(1b') 및 에지(1c)에 각각 대응하는, 제 1 면(10a), 제 2 면(10b) 및 에지(10c)를 갖는다.
- [0066] 예를 들어, 두께 350 μ m, 직경 150mm의 지지 기판을 형성하기 위해, 시드(2) 상에 500 μ m의 초기 기판(1)이 생성될 수 있으며, 초기 기판(1)은 약 4 μ m의 전면(1a) 상의 제 1 평균 p-SiC 그레인 크기를 갖는다. 초기 기판(1)의 두께 균일성을 보정하는 단계가 예를 들어 50 μ m의 제거를 통해 수행될 수 있다. 4 μ m 보강 탄소막(3)이 이 전면(1a) 상에 형성된다. 흑연 시드(2)를 제거한 이후에, 초기 기판(1)의 후면(1b) 상의 제 2 평균 그레인 크기는 100nm 미만이지만; 보강 막(3)의 존재로 인해, 초기 기판(1)의 휘어짐은 150 μ m 미만으로 유지된다. 후면(1b) 상에서 100 μ m의 제거가 수행되고, 박형화된 후면(1b') 상의 p-SiC의 제 3 평균 그레인 크기(3 μ m 정도)는 제 1 평균 그레인 크기의 30% 이내로 균등성 조건을 만족한다. 따라서, 보강 막(3)을 제거한 후, 지지 기판(10)의 휘어짐은 200 μ m 미만이며 복합 구조체(100)를 제조하기 위한 후속 단계들과 양립할 수 있다.
- [0067] 선택적으로, 단계 e) 이후에, 지지 기판(10)의 제 1 면(10a)에 대해 표면 처리가 적용될 수 있으며, 특히 이 면(10a)이 방법의 후속 단계 f)에서, 복합 구조체(100)의 얇은 층(20)을 수용하도록 의도된 경우에 그러하다. 이러한 표면 처리는 제 1 면(10a)의 표면 거칠기에 따라, 기계적 그라인딩, 기계화학적 폴리싱 또는 다른 화학적 클리닝 작업들을 포함할 수 있다.
- [0068] 지지 기판(10)의 제 2 면(10b)이 얇은 층(20)을 수용하도록 의도되고, 단계 d)가 충분히 낮은 레벨의 거칠기(일반적으로 20 μ m \times 20 μ m 스캔에서 원자력 현미경에 의해 측정되는, 1nm RMS 미만)를 달성하지 못한 경우, 추가적인 표면 처리가 적용될 수도 있다.
- [0069] 복합 구조체(100)의 후면을 형성하도록 의도된 지지 기판(10)의 면은 예를 들어 10nm RMS 정도의 더 높은 표면 거칠기를 가질 수 있다.
- [0070] 제조 방법은 또한 단계 d) 이후 또는 단계 e) 이후에, 지지 기판(10)의 다결정 구조를 안정화시키기 위한, 1500 $^{\circ}$ C 이상, 일반적으로 1500 $^{\circ}$ C 내지 1900 $^{\circ}$ C 사이의 온도에서의, 열 처리를 포함할 수 있다. 실제로, 이러한 온도 범위는 특히 복합 구조체 제조를 위한, 방법 후반에 적용되기 쉽다.
- [0071] 본 발명에 따른 제조 방법에 의해, 마이크로일렉트로닉 응용들을 위한 복합 구조체의 사양들과 양립할 수 있는 기계적 특성을 갖는 지지 기판(10)을, 종래 기술의 방법들에서 수행된 바와 같이, p-SiC의 매우 작은 유용한 부분을 선택하기 위해, 80% 이상 제거되는 매우 두꺼운 초기 p-SiC 기판을 증착할 필요 없이, 간단한 방식으로 얻을 수 있다. 본 발명에 따른 제조 방법에서, 형성되는 초기 기판(1)의 두께는 1mm 이하이고, 전면(1a) 및/또는 후면(1b)에서의 재료 제거는 초기 두께의 70% 미만, 또는 심지어 50% 미만이며, 이를 통해 재료 및 기술 단계들을 절약할 수 있다.
- [0072] 복합 구조체(100)의 개발과 관련하여, 본 발명에 따른 제조 방법은 단결정 탄화규소로 이루어진 작업층(20)을 분자 접착 분딩에 기초하여 지지 기판(10) 상에 전사하는 단계 f)에 의해 계속될 수 있다(도 1f).
- [0073] 층 전사를 수행하기 위한, 종래 기술에 공지된, 다양한 옵션들이 있으며, 이에 대해서는 여기서 자세히 설명하지 않을 것이다.
- [0074] 바람직한 모드에 따르면, 방법의 단계 f)는 Smart Cut[®] 방법의 원리에 따른 경종들(light species)의 주입을 포함한다.
- [0075] 제 1 단계 f1)에서, 단결정 탄화규소 도너 기판(21)(이로부터 작업층(20)이 얻어짐)이 제공된다(도 2a). 도너 기판(1)은 바람직하게는 직경이 100mm, 150mm, 200mm, 또는 심지어 300mm(지지 기판(10)의 직경과 동일하거나 매우 유사함)이고, 두께가 일반적으로 300 μ m 내지 800 μ m 사이인 웨이퍼 형태이다. 도너 기판(1)은 전면(21a)과 후면(21b)을 갖는다. 전면(1a)에 대해 선택되는 표면 거칠기는 20 μ m x 20 μ m 스캔에서 원자간력 현미경(AFM)으로 측정했을 때 유리하게는 1nm RMS 미만, 또는 심지어 0.5nm RMS 미만이다. 도너 기판(21)은 다형 4H 또는 6H 일 수 있으며, 복합 구조체(100)의 작업층(20) 상에 및/또는 작업층(20) 내에 생성될 부품들의 요구 사항들에 따라 n형 또는 p형 도핑을 가질 수 있다.

- [0076] 제 2 단계 f2)는 도너 기관(21)의 전면(21a)과 함께, 전사될 작업층(20)의 경계를 확정하는 매립된 취약 평면(22)을 형성하기 위해 도너 기관(21)에 경종을 도입하는 것에 해당한다(도 2b).
- [0077] 경종은 바람직하게는 수소, 헬륨 또는 이들 두 종의 동시 주입이며, 작업층(20)의 목표 두께와 일치하는, 주어진 깊이로 도너 기관(21)에 주입된다. 이들 경종은 주어진 깊이에 주위에서, 도너 기관(21)의 자유 표면(21a)에 평행한, 즉 도면들의 평면 (x,y)에 평행한 얇은 층으로서 분포되는 미세공동들을 형성하게 된다. 단순화를 위해, 이 얇은 층을 매립 취약 평면(22)이라 칭한다.
- [0078] 경종의 주입 에너지는 주어진 깊이에 도달하도록 선택된다. 예를 들어, 수소 이온들은 10keV 내지 250keV 사이의 에너지와 $5^{E}16/cm^2$ 내지 $1^{E}17/cm^2$ 사이의 용량으로 주입됨으로써, 100nm 내지 1500nm 정도의 두께로 작업층(20)의 경계를 확정한다. 이온 주입 단계 이전에, 도너 기관(21)의 전면(21a) 상에 보호층이 증착될 수 있다는 점에 유의해야 한다. 이 보호층은 예를 들어 산화규소, 질화규소 등의 재료로 구성될 수 있다. 이 보호층은 다음 단계 이전에 제거된다.
- [0079] 선택적으로, 경종 도입의 제 2 단계 f2) 이전 또는 이후에, 도너 기관(21)의 전면(21a) 상에 중간층(4)이 형성될 수 있다(도 3b, 3c, 3d, 3e). 이 중간층(4)은 반도체 재료, 예를 들어 규소나 탄화규소, 또는 텅스텐, 티타늄 등과 같은 금속 재료로 만들어질 수 있다. 중간층(4)의 두께는 유리하게는 일반적으로 수 나노미터 내지 수십 나노미터 사이로 제한된다.
- [0080] 단계 f2) 이전에 중간층(4)이 형성되는 경우, 경종의 주입 에너지(및 잠재적으로 용량)는 이 추가 층의 교차를 위해 조정될 것이다. 단계 f2) 이후에 중간층(4)이 형성되는 경우, 버블링 열 버짓보다 낮은 열 버짓을 적용하여 이 층을 형성하도록 주의를 기울여야 하며, 상기 버블링 열 버짓은 매립된 취약 평면(22)에 있는 미세공동들의 과도한 성장 및 가압으로 인한 도너 기관(21)의 표면 상의 블리스터의 출현에 대응한다.
- [0081] 그 다음, 전사 단계 f)는 본딩 계면(30)을 따르는, 분자 접촉 본딩에 의해 지지 기관(10)의 제 1 면측(10a) 또는 제 2 면측(10b)과, 도너 기관(21)의 전면측(21a)을 조립하는 제 3 단계 f3)를 포함한다.
- [0082] 선택적으로, 중간층(4')은 조립 단계(f3) 이전에, 지지 기관(10)의 조립될 면에 증착될 수도 있으며(도 3d, 3e); 이것은 도너 기관(21)에 대해 언급된 중간층(4)과 동일한 성질을 갖거나 다른 성질을 갖도록 선택될 수 있다. 중간층(4,4')은 선택적으로 조립될 2개의 기관들(21,10) 중 하나의 기관 또는 다른 기관 상에만 증착될 수 있다.
- [0083] 중간층(들)의 목적은 본질적으로 두 개의 직접 조립된 SiC 표면들의 경우보다 낮은 온도에서 공유 결합이 형성되기 때문에, 결합 에너지(특히 1100°C 미만의 온도 범위에서)를 촉진하기 위한 것이며; 이(이들) 중간층(들)의 또 다른 이점은 본딩 계면(30)의 수직 전기 전도를 향상시키는 것일 수 있다.
- [0084] 가능한 변형에 따르면, 중간층은 지지 기관(10)의 제 1 면(10a)에 유지되는 보강 탄소막(3)에 의해 형성될 수 있다(도 3a, 3c). 이 경우에는, 본 발명에 따른 제조 방법의 단계 e)가 수행되지 않으며, 조립될 지지 기관(10)의 면은 막(3)을 구비하는 제 1 면(10a)이다. 보강 막(3)을 통한 수직 전기 전도를 촉진하기 위해, 최종 복합 구조체(100)에서는, 다이아몬드형 결정 구조를 갖는 탄소막이 선호될 것이다.
- [0085] 선택적으로는, 추가적인 탄소막(5)이 조립 단계 f3) 이전에, 조립될 면 반대편의 지지 기관(10)의 면에 배치된다(도 3e). 이것의 특성은 예를 들어 본 설명에서 앞서 보강 막(3)에 대해 제안된 특성들 중에서 선택될 수 있다.
- [0086] 이러한 추가적인 막(5)의 존재가 각각 도너 기관(21) 및 지지 기관(10)의 조립될 면들 상의 중간층들(4,4')과 조합하여 도 3e에 예시되어 있지만, 이 추가적인 막(5)은 언급된 가능한 구성들, 특히 도 3a 내지 3c에서 설명된 구성들 중 하나로 구현된다.
- [0087] 추가적인 막(5)은 나중에, 바람직하게는 복합 구조체(100)가 그 제조 또는 상기 구조체(100) 상의 및/또는 내부의 부품들의 제조에 필요한 1400°C 초과의 온도에서 임의의 열 처리를 거친 이후에 제거될 수 있다.
- [0088] 조립 단계 f3)의 설명으로 돌아가서, 그 자체로 잘 알려진 바와 같이, 직접 분자 접촉 본딩에는 접촉 재료가 필요하지 않으며, 그 이유는 조립될 표면들 사이의 원자 레벨에서 결합들이 이루어지기 때문이다. 여러 타입의 분자 접촉 본딩이 존재하며, 이들은 온도, 압력, 대기 조건 또는 표면들을 접촉시키기 전의 처리 방식이 크게 다르다. 조립될 표면들의 사전 플라즈마 활성화 유무에 관계없는 실온에서의 본딩, ADB(atomic diffusion bonding), SAB(surface activated bonding) 등이 언급될 수 있다.

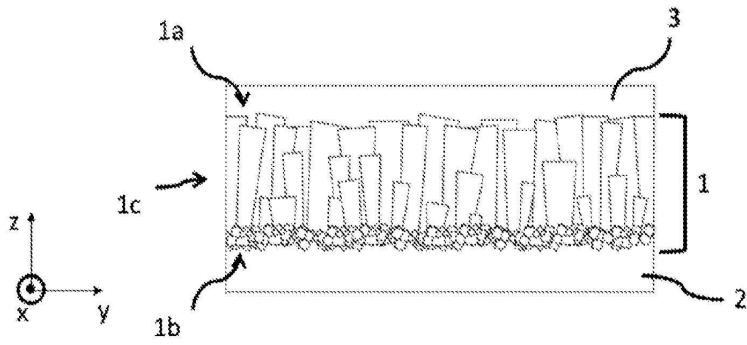
- [0089] 조립 단계 f3)는 조립될 면(21a, 10a)을 접촉시키기 전에, 화학적 클리닝(예를 들어, RCA 클리닝) 및 표면 활성화(예를 들어, 산소 또는 질소 플라즈마에 의한) 또는 본딩 계면(30)의 품질(낮은 결함 밀도, 높은 접착 에너지)을 향상시킬 가능성이 있는 다른 표면 준비들(예를 들면, 스크러빙)의 통상적인 시퀀스들을 포함할 수 있다.
- [0090] 마지막으로, 제 4 단계 f4)는 매립된 취약 평면(22)을 따라 분리함으로써, 작업층(20)을 지지 기관으로 전사하는 것을 포함한다(도 2d).
- [0091] 매립된 취약 평면(22)을 따른 분리는 일반적으로 800°C 내지 1200°C 사이의 온도에서 열 처리를 적용하여 수행된다. 이러한 열 처리는 매립된 취약 평면(22)에 공동들 및 미세균열들을 발생시키고, 상기 취약 평면(22)을 따라 균열이 전파될 때까지 기체 형태로 존재하는 가벼운 종에 의해 이들이 가압되게 한다. 대안적으로 또는 공동으로, 분리를 초래하는 균열을 기계적으로 전파하거나 전파하는 것을 돕기 위해, 본딩된 조립체, 특히 매립된 취약 평면(22)에 기계적 응력이 가해질 수 있다. 이러한 분리의 종결 시에, 한편 상에는 단결정 SiC로 이루어진 지지 기관(10) 및 전사된 작업층(20)을 포함하고, 다른 편 상에는 도너 기관의 나머지 부분(21')을 포함하는 반도체 구조물(100)이 획득된다. 작업층(20)의 도핑 레벨 및 타입은 도너 기관(21)의 특성들의 선택에 의해 정의되거나, 반도체 층들을 도핑하기 위한 공지된 기술들을 통해 후속적으로 조정될 수 있다.
- [0092] 작업층(20)의 자유 표면(20a)은 일반적으로 분리 이후에 거칠다: 예를 들어, 이것은 5nm 내지 100nm RMS(AFM, 20 μ m \times 20 μ m 스캔) 사이의 거칠기를 갖는다. 양호한 표면 마감(일반적으로 20 μ m \times 20 μ m AFM 스캔에서 수 앙스트롬 RMS 미만의 거칠기)을 복원하기 위해 클리닝 및/또는 스무딩 단계들이 적용될 수 있다. 특히, 이들 단계는 작업층(20)의 자유 표면의 기계화학적 스무딩 처리를 포함할 수 있다. 50 nm 내지 300 nm 사이의 제거는 상기 층(20)의 표면 마감을 효과적으로 복원하는 것을 가능하게 한다. 상기 단계들은 또한 1300°C 내지 1800°C 사이의 온도에서의 열 처리를 적어도 포함할 수 있다. 이러한 열 처리는 작업층(20)의 잔류 경종을 제거하고 작업층(20)의 결정 격자의 재배열을 촉진시키기 위해 적용된다. 이것은 또한 본딩 계면(30)을 강화하는 것을 가능하게 한다.
- [0093] 열 처리는 또한 박층(20) 상의 탄화규소의 에피택시를 포함하거나 이에 대응할 수 있다.
- [0094] 마지막으로, 전사 단계 f)는 새로운 복합 구조체(100)를 위한 도너 기관(21)으로 재사용하기 위해 도너 기관의 나머지 부분(21')을 재조정하는 단계를 포함할 수 있다는 점에 유의해야 한다. 복합 구조체(100)에 적용된 것과 유사한 기계적 및/또는 화학적 처리들이 나머지 기관(21')의 전면(21'a)에 적용될 수 있다.
- [0095] 획득된 복합 구조체(100)는 작업층(20)의 품질을 개선하거나 상기 층(20) 상에 및/또는 내부에 부품을 제조하기 위해 적용될 수 있는 매우 높은 온도의 열 처리에 대해 매우 로버스트하다.
- [0096] 본 발명에 따른 복합 구조체(100)는 예를 들어 쇼트키 다이오드, MOSFET 트랜지스터 등과 같은 하나(또는 그 이상의) 고전압 마이크로일렉트로닉 부품(들)의 생산에 특히 적합하다. 보다 일반적으로, 본 발명에 따른 복합 구조체(100)는 전력 마이크로일렉트로닉 응용 분야에 적합하며, 우수한 수직 전기 전도, 우수한 열 전도성 및 고품질 c-SiC 작업층을 제공한다.
- [0097] 말할 필요도 없이, 본 발명은 설명된 실시예들 및 예들에 제한되지 않으며, 구현 변형들이 청구범위에 정의된 본 발명의 범위를 벗어나지 않고 적용될 수 있다.

도면

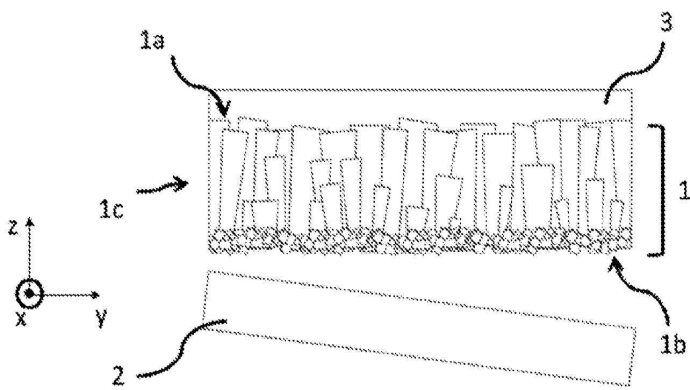
도면1a



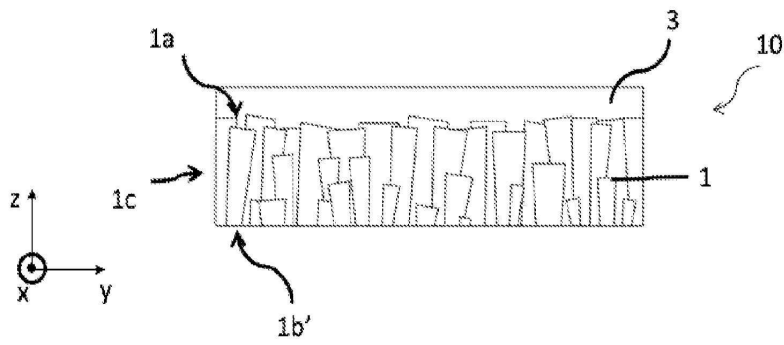
도면1b



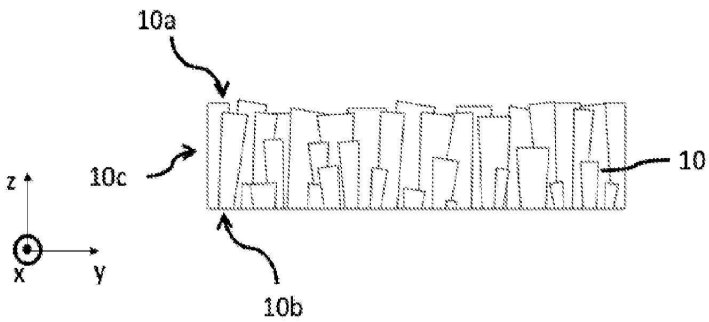
도면1c



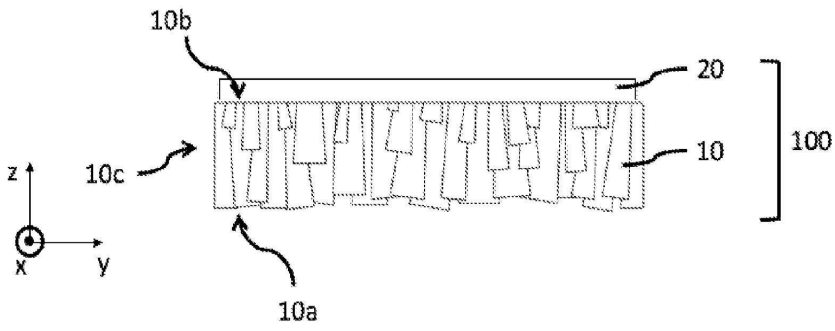
도면1d



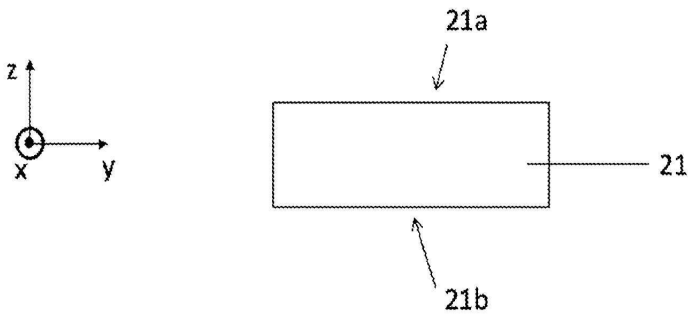
도면1e



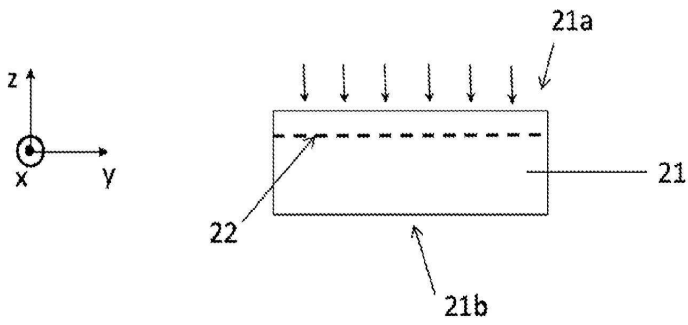
도면1f



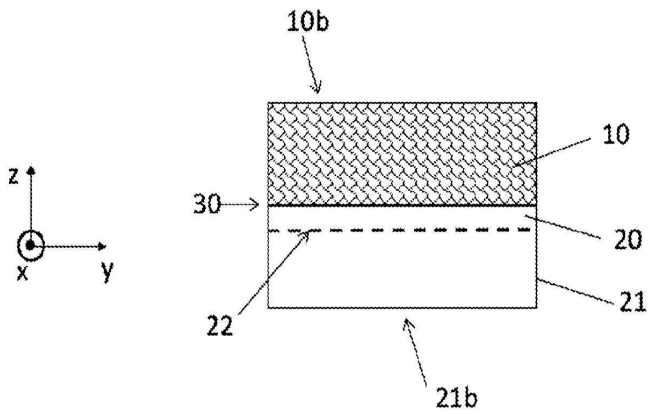
도면2a



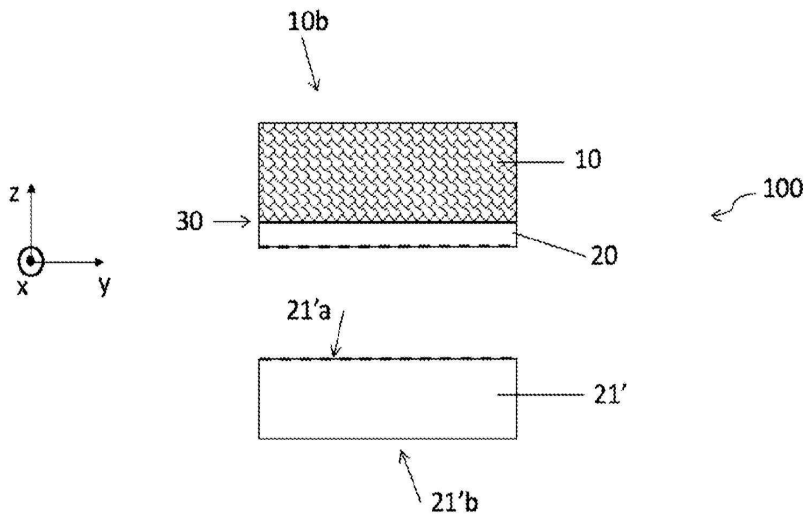
도면2b



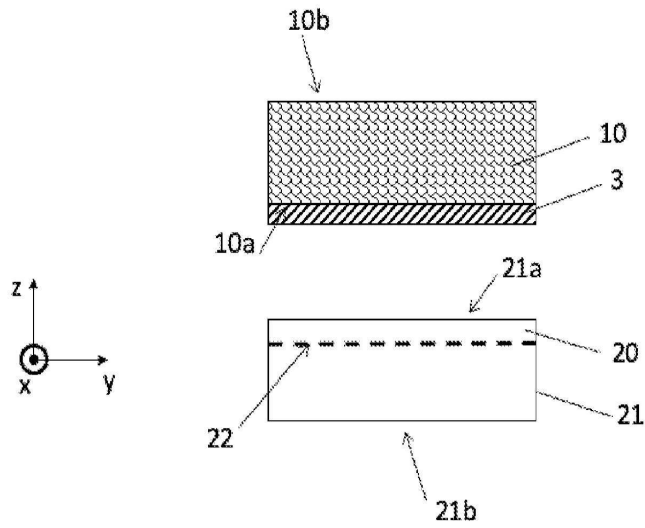
도면2c



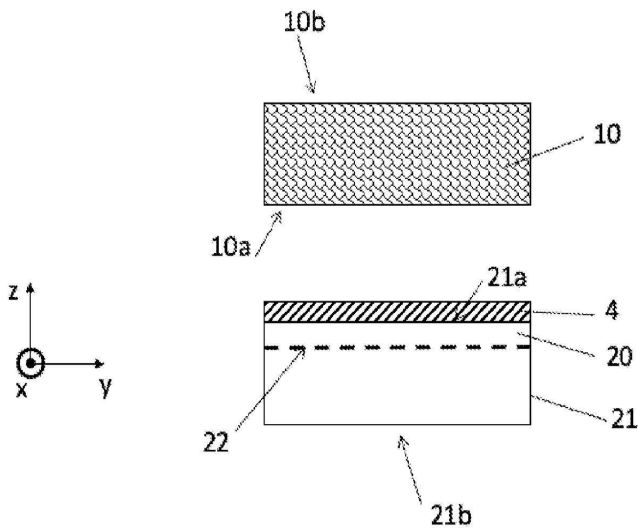
도면2d



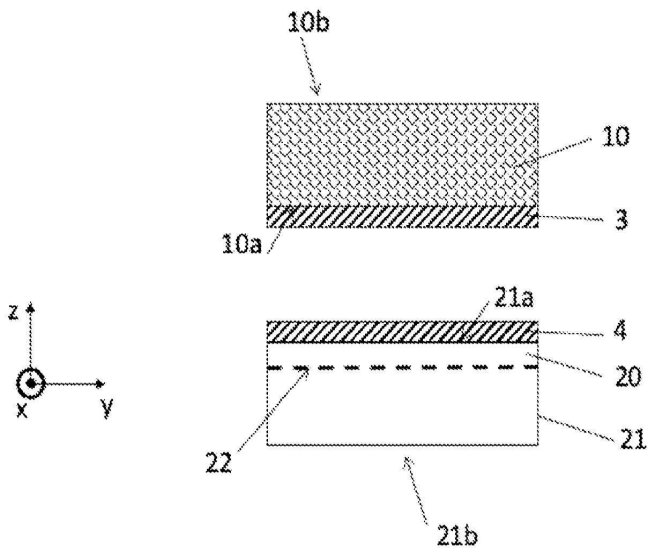
도면3a



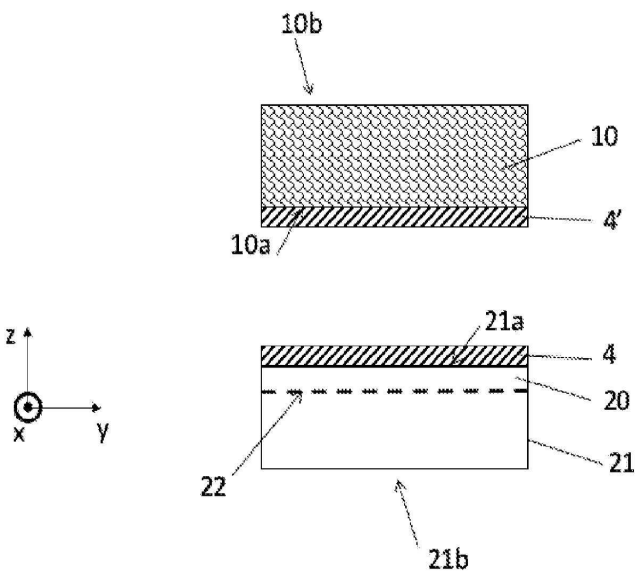
도면3b



도면3c



도면3d



도면3e

