(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0151781
(43) 공개일자 2024년10월18일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/02 (2006.01) *C11D 1/72* (2006.01)
C11D 3/04 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01L 21/02052 (2013.01)
C11D 1/72 (2020.05)
(21) 출원번호 10-2024-7029809
(22) 출원일자(국제) 2023년01월31일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2024년09월04일
(86) 국제출원번호 PCT/US2023/061670
(87) 국제공개번호 WO 2023/154644
국제공개일자 2023년08월17일
(30) 우선권주장
17/670,167 2022년02월11일 미국(US)

(71) 출원인
글로벌웨이퍼스 씨오., 엘티디.
중화민국, 타이완, 신주, 사이언스-베이스드 인더스트리얼 파크, 인더스트리얼 이스트 로드 2, 넘버 8
(72) 발명자
류, 칭민
미국 63376 미주리주 세인트 피터스 펄 드라이브 501
량, 하이허
미국 63376 미주리주 세인트 피터스 펄 드라이브 501
양, 쥔팅
미국 63376 미주리주 세인트 피터스 펄 드라이브 501
(74) 대리인
양영준, 임규빈, 백만기

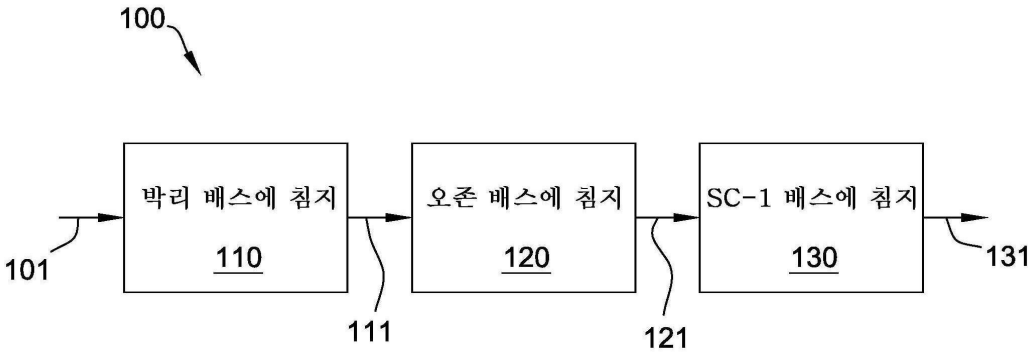
전체 청구항 수 : 총 13 항

(54) 발명의 명칭 **반도체 구조물들을 박리 및 세정하기 위한 방법들**

(57) 요 약

산화막을 제거하고 실리콘-온-절연체 구조물들을 세정하기 위한 방법들이 개시된다. 방법들은 실리콘-온-절연체 구조물을 박리 배스에 침지시켜 실리콘-온-절연체 구조물의 표면으로부터 산화막을 박리하는 단계를 수반할 수 있다. 박리된 실리콘-온-절연체 구조물은 오존을 포함한 오존 배스에 침지된다. 오존-처리된 실리콘-온-절연체 구조물을 수산화암모늄 및 과산화수소를 포함한 SC-1 배스에 침지시켜 구조물을 세정할 수 있다.

대 표 도



(52) CPC특허분류
C11D 3/042 (2013.01)
H01L 21/02082 (2013.01)
C11D 2111/22 (2024.01)

명 세 서

청구범위

청구항 1

실리콘-온-절연체(silicon-on-insulator) 구조물의 표면을 박리(stripping)하고 세정(cleaning)하기 위한 방법으로서, 상기 실리콘-온-절연체 구조물은 핸들 구조물, 실리콘 상단 층, 및 상기 핸들 구조물과 상기 실리콘 상단 층 사이에 배치된 유전체 층을 포함하고, 상기 실리콘-온-절연체 구조물은 상기 실리콘-온-절연체 구조물의 상단 표면 상에 산화막을 갖고, 상기 방법은:

상기 실리콘-온-절연체 구조물을 박리 배스(stripping bath)에 침지시켜 상기 실리콘-온-절연체 구조물의 표면으로부터 상기 산화막을 박리하고 박리된 실리콘-온-절연체 구조물을 준비하는 단계 - 상기 박리 배스는 불화수소산 및 계면활성제를 포함함 -;

상기 박리된 실리콘-온-절연체 구조물을 오존을 포함한 오존 배스(ozone bath)에 침지시켜 오존-처리된 실리콘-온-절연체 구조물을 준비하는 단계; 및

상기 오존-처리된 실리콘-온-절연체 구조물을 수산화암모늄 및 과산화수소를 포함한 SC-1 배스에 침지시켜 SC-1 처리된 실리콘-온-절연체 구조물을 준비하는 단계

를 포함하는, 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 SC-1 처리된 실리콘-온-절연체 구조물을 염산을 포함한 SC-2 배스에 침지시켜 SC-2 처리된 실리콘-온-절연체 구조물을 형성하는 단계를 추가로 포함하는, 방법.

청구항 3

제2항에 있어서, 상기 SC-1 처리된 실리콘-온-절연체 구조물을 상기 SC-2 배스에 침지시키기 전에 상기 SC-1 처리된 실리콘-온-절연체 구조물을 물로 헹구는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 4

제2항 또는 제3항에 있어서, 상기 SC-2 처리된 실리콘-온-절연체 구조물을 이소-프로필 알콜 증기(iso-propyl alcohol vapor)와 접촉시킴으로써 상기 SC-2 처리된 실리콘-온-절연체 구조물을 건조시키는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 5

제4항에 있어서, 상기 SC-2 처리된 실리콘-온-절연체 구조물을 건조시키기 전에 상기 SC-2 처리된 실리콘-온-절연체 구조물을 물로 헹구는 단계를 추가로 포함하는, 방법.

청구항 6

제1항 내지 제5항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 박리 배스는 적어도 약 0.01 wt%의 계면활성제를 포함하는, 방법.

청구항 7

제1항 내지 제6항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 계면활성제는 비-이온성 계면활성제인, 방법.

청구항 8

제7항에 있어서, 상기 비-이온성 계면활성제는 에테르기(ether group)를 포함하는 에테르계 계면활성제인, 방법.

청구항 9

제8항에 있어서, 상기 에테르계 계면활성제는 폴리옥시알킬렌 알킬 에테르(polyoxyalkylene alkyl ether)인, 방법.

청구항 10

제1항 내지 제9항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 오존 배스는 적어도 20 ppm의 오존을 포함하는, 방법.

청구항 11

제1항 내지 제10항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 박리된 실리콘-온-절연체 구조물은 적어도 5분 동안 상기 오존 배스에 침지되는, 방법.

청구항 12

제1항 내지 제11항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 박리된 실리콘-온-절연체 구조물은 5분 내지 20분 동안 상기 오존 배스에 침지되는, 방법.

청구항 13

제1항 내지 제12항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 실리콘-온-절연체 구조물은 적어도 5분 동안 상기 박리 배스에 침지되는, 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 관련 출원들에 대한 교차 참조

[0002] 본 출원은 2022년 2월 11일자로 출원된 미국 정규 특허 출원 제17/670,167호에 대한 우선권을 주장하며, 이는 그 전체가 본 명세서에 참조로 포함된다.

[0003] 개시내용의 분야

[0004] 본 개시내용의 분야는 실리콘-온-절연체(silicon-on-insulator, SOI) 구조물로부터 산화물을 제거하고 이러한 구조물을 세정하기 위한 방법들에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0005] 실리콘-온-절연체 구조물들("SOI" 구조물들)과 같은 반도체 구조물들은 다운스트림 처리 전에 어닐링(anneal)을 거칠 수 있다. 이 어닐링은 산화물(SiO_2)이 SOI 구조물의 표면들 상에 형성되게 할 수 있다. 이러한 산화물은 전형적으로 구조물의 상단 표면으로부터 제거된다. 산화물이 제거된 후에 구조물을 세정할 시에, 실리콘-온-절연체 구조물의 표면 상의 일부 영역들은 웨이퍼 표면의 융기된 돌출부들 또는 "범프들"을 형성한다. 박리(stripping) 공정 시간 증가와 같은 것에 의해 돌출부들을 제거하려는 이전의 시도는 돌출부들이 형성되는 것을 제거하는 데 성공하지 못했다.

[0006] SOI 구조물의 표면으로부터 융기된 돌출부들을 감소시키거나 제거하는, SOI 구조물의 상단 표면 상의 산화물을 제거하고 구조물을 세정하기 위한 방법들에 대한 필요성이 존재한다.

[0007] 이 섹션은 하기에 설명되고/되거나 청구되는, 본 개시내용의 다양한 양태들에 관련될 수 있는 다양한 기술 양태들을 독자에게 소개하도록 의도된다. 이러한 논의는 독자에게 본 개시내용의 다양한 양태들의 보다 나은 이해를 용이하게 하는 배경 정보를 제공하는 데 도움이 될 것이라고 생각된다. 이에 따라, 이러한 진술은 종래 기술의 인정으로서가 아니라 이러한 관점에서 읽혀져야 한다는 것을 이해해야 한다.

발명의 내용

[0008] 본 개시내용의 일 양태는 실리콘-온-절연체 구조물의 표면을 박리하고 세정하기 위한 방법에 관한 것이다. 실리콘-온-절연체 구조물은 핸들 구조물, 실리콘 상단 층, 및 핸들 구조물과 실리콘 상단 층 사이에 배치된 유전체 층을 포함한다. 실리콘-온-절연체 구조물은 실리콘-온-절연체 구조물의 상단 표면 상에 산화막을 갖는다. 실리콘-온-절연체 구조물을 박리 배스(stripping bath)에 침지시켜 실리콘-온-절연체 구조물의 표면으로부터 산

화막을 박리하고 박리된 실리콘-온-절연체 구조물을 준비한다. 박리 배스는 불화수소산 및 계면활성제를 포함한다. 박리된 실리콘-온-절연체 구조물을 오존을 포함한 오존 배스(ozone bath)에 침지시켜 오존-처리된 실리콘-온-절연체 구조물을 준비한다. 오존-처리된 실리콘-온-절연체 구조물을 수산화암모늄 및 과산화수소를 포함한 SC-1 배스에 침지시켜 SC-1 처리된 실리콘-온-절연체 구조물을 준비한다.

[0009] 본 개시내용의 위에서 언급된 양태들과 관련하여 언급된 특징들의 다양한 개선들이 존재한다. 추가의 특징들이 또한 본 개시내용의 위에서 언급된 양태들에 통합될 수 있다. 이러한 개선들 및 추가적인 특징들은 개별적으로 또는 임의의 조합으로 존재할 수 있다. 예를 들어, 본 개시내용의 예시된 실시예들 중 임의의 실시예와 관련하여 아래에서 논의되는 다양한 특징들은, 단독으로 또는 임의의 조합으로, 본 개시내용의 위에서 설명된 양태들 중 임의의 양태에 통합될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0010] 도 1은 그 위에 유전체 층이 있는 도너 웨이퍼(donor wafer)를 갖는 도너 구조물의 단면도이다.

도 2는 이온 주입 동안의 도너 구조물의 단면도이다.

도 3은 핸들 구조에 본딩된 도너 구조물의 단면도이다.

도 4는 절단면(cleave plane)에서 도너 구조물을 절단(cleaving)할 때의 본딩된 웨이퍼 구조물의 단면도이다.

도 5는 산화물을 제거하고 실리콘-온-절연체 구조물을 세정하기 위한 방법이다.

도 6은 산화물을 제거하고 실리콘-온-절연체 구조물을 세정하기 위한 방법의 다른 실시예이다.

도 7은 산화물을 제거하고 실리콘-온-절연체 구조물을 세정하기 위한 방법의 다른 실시예이다.

도 8은 산화물을 제거하고 실리콘-온-절연체 구조물을 세정하기 위한 종래의 방법에서 형성된 나노-크기 결함의 AFM 이미지의 재현이다.

도 9는 도 8에 도시된 결함의 높이를 도시하는 그래프이다.

대응하는 참조 문자들은 도면들 전반에 걸쳐 대응하는 부분들을 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0011] 본 개시내용의 제공들은 반도체 구조물의 표면을 박리하고 세정하기 위한 방법들에 관한 것이다. 일부 실시예들에서, 불화수소산 및 계면활성제를 포함한 박리 배스에 구조물을 침지시킴으로써 반도체 구조물의 표면에서 산화물(예를 들어, SiO_2)을 제거한다. 박리 후에, 반도체 구조물을 오존을 포함한 배스에 침지시켜 후속 세정 동작들 전에 결함들(예를 들어, 나노-스케일 결함들)을 제거하여, 결함들이 에칭 마스크로서 작용함으로써 반도체 구조물의 표면 상에 돌출부들을 형성하는 것을 방지한다.

[0012] 방법들은 일반적으로 산화막을 제거하는 것이 바람직한 임의의 본딩된 웨이퍼 구조물과 같은 임의의 반도체 구조물(예를 들어, 단일 층 또는 본딩된 구조물들)로부터 산화물들을 제거하기 위해 적용가능할 수 있다. 본 개시내용의 실시예들에 따라 세정되는 반도체 구조물들은 전면 표면, 후면 표면, 원주방향 에지 및 중심 축을 갖는다. 반도체 구조물은, 예를 들어, 약 200 ㎜, 약 300 ㎜, 약 300 ㎜ 초과 또는 심지어 약 450 ㎜ 직경의 기판들을 포함하는, 본 기술분야의 통상의 기술자들에 의해 사용하기에 적합한 임의의 직경일 수 있다.

[0013] 일부 실시예들에서, 처리되는 구조물은 실리콘-온-절연체 구조물일 수 있다. 이러한 구조물들은 핸들 웨이퍼, 실리콘 층(때때로 "실리콘 디바이스 층" 또는 "실리콘 상단 층"으로 지칭됨) 및 핸들 웨이퍼와 실리콘 층 사이에 배치된 유전체 층을 포함할 수 있다. 다음은 실리콘-온-절연체 구조물을 준비하기 위한 방법들의 일 예일 뿐이고, 달리 언급되지 않는 한, 다른 방법들이 사용될 수 있다.

[0014] 본딩된 웨이퍼 구조물을 형성하기 위해 핸들 구조물에 본딩될 수 있는 도너 구조물(30)의 예가 도 1에 도시되어 있다. 도너 구조물(30)은 도너 웨이퍼(12)의 전면 표면 상에 퇴적된 유전체 층(15)으로 형성될 수 있다. 대안적으로, 유전체 층(15)은 핸들 웨이퍼 상에 성장 또는 퇴적될 수 있거나 또는 유전체 층은 도너 웨이퍼와 핸들 웨이퍼 둘 다 상에 성장될 수 있고 이러한 구조물들은 제한 없이 다양한 배열들 중 임의의 것에서 본딩될 수 있다는 점이 이해되어야 한다. 적합한 도너 웨이퍼들(12)은 실리콘, 게르마늄, 실리콘 게르마늄, 갈륨 질화물, 알루미늄 질화물, 갈륨 비화물, 인듐 갈륨 비화물 및 이들의 임의의 조합으로 구성될 수 있다. 일부 실시예들

에서, 도너 웨이퍼는 단결정 실리콘으로 구성된다.

[0015] 유전체 층(15)은 SiO_2, Si_3N_4, 알루미늄 산화물, 또는 마그네슘 산화물을 포함하는 재료와 같은, SOI 구조물에서 사용하기에 적합한 임의의 전기 절연 재료일 수 있다. 일부 실시예들에서, 유전체 층(15)은 SiO_2이다(즉, 유전체 층은 본질적으로 SiO_2로 구성된다). 유전체 층이 실리카(SiO_2)인 실시예들에서, 유전체 층은 때때로 "매립 산화물" 또는 "BOX" 층(15)으로 지칭된다. 유전체 층(15)은 열 산화, 습식 산화, 열 질화 또는 이들 기법들의 조합과 같은 본 기술분야에서 임의의 알려진 기법에 따라 적용될 수 있다.

[0016] 예를 들어, 도 2에 도시된 바와 같이, 이온들(예를 들어, 수소 원자들, 헬륨 원자들 또는 수소 및 헬륨 원자들의 조합)은 절단면(17)을 정의하기 위해 도너 구조물의 전면 표면(22) 아래의 실질적으로 균일한 지정된 깊이에 주입될 수 있다. 헬륨 및 수소 이온들이 절단면(17)을 형성하기 위해 구조물 내로 공동 주입될 때, 이들은 동시에 또는 순차적으로 주입될 수 있다는 점에 유의해야 한다. 일부 실시예들에서, 이온들은 유전체 층(15)의 퇴적 전에 주입된다. 주입이 유전체 층(15)의 퇴적 전에 수행될 때, 도너 웨이퍼(12) 상의 유전체 층의 후속 성장 또는 퇴적은 도너 층에서 평면(17)을 따라 조기 분리 또는 절단을 방지하기에 충분히 낮은 온도에서(즉, 웨이퍼 본딩 프로세스 단계 전에) 적절히 수행된다.

[0017] 핸들 구조물(10)(도 3)은 실리콘, 실리콘 탄화물, 사파이어, 게르마늄, 실리콘 게르마늄, 갈륨 질화물, 알루미늄 질화물, 갈륨 비화물, 인듐 갈륨 비화물, 석영 및 이들의 조합들과 같은 다층 구조물들을 준비하기 위한 임의의 적합한 재료로부터 획득된 핸들 웨이퍼를 포함할 수 있다. 핸들 구조물(10)은 핸들 웨이퍼 상에 퇴적된 유전체 층을 포함할 수 있거나, 다른 실시예들에서와 같이, 핸들 웨이퍼로만 구성된다(즉, 유전체 층을 포함하지 않음). 핸들 웨이퍼 및 도너 웨이퍼는 단결정 실리콘 웨이퍼들일 수 있고 종래의 초크랄스키(Czochralski) 결정 성장 방법들에 따라 성장된 단결정 잉곳으로부터 슬라이싱된 단결정 실리콘 웨이퍼들일 수 있다.

[0018] 도 3에 도시된 바와 같이, 도너 구조물의 유전체 층(15)의 전면 표면은 본딩 프로세스를 통해 본딩된 웨이퍼 구조물(20)을 형성하기 위해 핸들 구조물(10)의 전면 표면에 적절히 본딩된다. 유전체 층(15)과 핸들 구조물(10)은 구조물들의 표면들을 예를 들어 산소 또는 질소를 함유하는 플라즈마에 노출시킴으로써 표면 활성화를 수행하면서 함께 본딩될 수 있다. 그 다음, 웨이퍼들은 함께 프레스되고 그 사이에 본드 인터페이스(18)에서 본드가 형성된다. 일반적으로 말하면, 본드 인터페이스의 형성을 달성하는 데 이용된 에너지가 후속 처리(즉, 도너 웨이퍼 내의 절단 또는 분리면(17)을 따르는 분리에 의한 층 이송) 동안 본드 인터페이스의 무결성이 지속되는 것을 보장하기에 충분하다면, 웨이퍼 본딩은 본질적으로 본 기술분야에 알려진 임의의 기법을 사용하여 달성될 수 있다.

[0019] 준비되면, 본딩된 웨이퍼 구조물(20)을 절단 디바이스 내에 배치하여 본딩된 구조물로부터 절단면을 따라 도너 웨이퍼의 일부를 분리(즉, 절단)하여 층형 반도체 구조물(예를 들어, SOI 구조물)을 형성한다. 일반적으로 말하면, 절단 디바이스는 열적으로 그리고/또는 기계적으로 유도되는 절단 기법들과 같은 본 기술분야에 알려진 기법들을 사용하여 이러한 파단(fracture)을 유도할 수 있다.

[0020] 도 4를 참조하면, 분리 시에, 2개의 구조물(30, 31)이 형성된다. 본딩된 웨이퍼 구조물(20)의 분리가 도너 구조물(12)(도 3)에서 절단면(17)을 따라 발생하기 때문에, 도너 구조물의 일부는 두 구조물의 일부로 남는다(즉, 도너 웨이퍼의 일부는 유전체 층(15)과 함께 이송된다). 구조물(30)은 도너 웨이퍼의 일부를 포함한다. 구조물(31)은 SOI 구조물이고 핸들 구조물(10), 유전체 층(15), 및 유전체 층(15) 맨 위에 배치된 실리콘 상단 층(25)(절단 후에 남아 있는 도너 웨이퍼의 일부)을 포함한다. 도너 구조물과 핸들 구조물 둘 다가 유전체 층을 포함하는 실시예들에서, 유전체 층들은 SOI 구조물의 유전체 층(15)을 형성하기 위해 조합된다.

[0021] 절단면을 따라 본딩된 웨이퍼 구조물을 분리하는 데 사용된 절단 디바이스는, 분리가 단독으로 또는 어닐링에 더하여, 기계적 힘에 의해 유도되거나 달성되는 기계적 절단 디바이스일 수 있다. 예를 들어, 본딩된 구조물은 도너 구조물의 일부를 본딩된 구조물로부터 떼어내기 위해 본딩된 구조물의 대향 측면들에 수직으로 기계적 힘이 가해지는 고정물(fixture) 내에 배치될 수 있다.

[0022] 예시적인 절단 디바이스는 본딩된 웨이퍼 구조물(20)의 리딩 절단 에지(leading cleave edge) 근처에 기계적 힘을 가하는 흡입 컵(suction cup)들을 포함한다. 도너 웨이퍼의 일부의 분리는 절단면(17)을 따라 균열의 전파(propagation)를 개시하기 위해 절단면(17)에서의 본딩된 웨이퍼의 에지에 기계적 웨지 또는 블레이드를 가함으로써 개시될 수 있다. 그 다음, 흡입 컵들에 의해 가해지는 기계적 힘은 본딩된 구조물로부터 도너 구조물의 일부를 끌어당겨서, SOI 구조물을 형성한다. Silicon Genesis Corporation (San Jose, California)의 Debond

& Cleave Tools와 같은 기계적 절단 디바이스들이 상업적으로 입수가능하다.

[0023] 대안적인 실시예들에서, 절단 디바이스는 본딩된 구조물을 어닐링함으로써 파단(fracturing)이 달성되는 열 절단 디바이스이다. 예를 들어, 열 절단은 불활성(예를 들어, 아르곤 또는 질소) 분위기 또는 주변 조건들 하에, 적어도 약 10초, 적어도 약 1분, 적어도 약 15분, 적어도 약 1시간 또는 심지어 적어도 약 3시간의 기간 동안 약 200℃ 내지 약 800℃, 또는 약 250℃ 내지 약 650℃의 온도에서(더 높은 온도에서는 더 짧은 어닐링 시간이 필요하며, 그 반대의 경우도 마찬가지임) 수행될 수 있다. 열 절단 디바이스는, 본딩된 구조물의 리딩 에지(즉, 퍼니스를 통해 구조물의 진행 방향으로의 리딩 에지)에서 절단의 전파가 달성되고 본딩된 웨이퍼 구조물의 트레일링 에지(trailing edge)를 향해 진행되는 벨트 퍼니스(belt furnace)일 수 있다. 다른 타입들의 절단 디바이스들이 또한 사용될 수 있다.

[0024] SOI 구조물(31)의 층들(핸들 구조물(10), 유전체 층(15) 및 실리콘 상단 층(25))은 일반적으로 층들이 본 명세서에 설명된 바와 같이 기능할 수 있게 하는 임의의 두께를 가질 수 있다. 일부 실시예들에서, 실리콘 상단 층(25)은 비교적 얇고(예를 들어, 약 0.1 ㎛ 내지 약 0.3 ㎛의 두께), 유전체 층(15)은 비교적 두껍다(약 1.0 ㎛ 이상).

[0025] SOI 구조물을 생성하기 위한 본 명세서에 설명된 방법들은 예시적인 방법들이고, 본 개시내용의 범위를 벗어나지 않고 다른 방법들이 사용될 수 있다.

[0026] 이제 도 5를 참조하면, 본 개시내용의 방법(100)이 도시된다. 본 개시내용의 방법들이 실리콘-온-절연체 구조물을 참조하여 본 명세서에 설명될 수 있지만, 일부 실시예들에서 다른 반도체 구조물들이 개시된 방법들에 의해 처리될 수 있다. 제1 단계(110)에서, 실리콘-온-절연체 구조물(101)을 박리 배스에 침지시켜 실리콘-온-절연체 구조물(101)의 상단 표면으로부터 산화물(예를 들어, SiO_2)을 제거하고 박리된 실리콘-온-절연체 구조물(112)을 준비한다. 박리 배스는 불화수소산 및 계면활성제를 포함한다. 일부 실시예들에서, 계면활성제는 비-이온성 계면활성제이다. 일부 실시예들에서, 비-이온성 계면활성제는 에테르기(ether group)를 포함한다. 일부 실시예들에서, 에테르계 계면활성제는 폴리옥시알킬렌 알킬 에테르(polyoxyalkylene alkyl ether)이다. 상업적으로 입수가능한 에테르계 계면활성제는 TRITON X-시리즈(Dow Chemical Company (Midland, MI)) 및 NCW1001 및 NCW1002 (Wako Chemicals USA (Richmond, VA))를 포함한다.

[0027] 일부 실시예들에서, 메가소닉 음향장(megasonic acoustic field)이 반도체 기판들의 박리 또는 세정 동안 본 명세서에 설명된 다양한 세정 배스들에 인가될 수 있다. 메가소닉 세정을 위한 전형적인 주파수들은 750 kHz 내지 약 1.5 MHz의 범위일 수 있다. 메가소닉 세정은 기판들의 표면으로부터의 입자들의 제거를 촉진하는 캐비테이션(cavitation)을 야기한다. 다른 실시예들에서, 메가소닉 음향장들은 본 명세서에 설명된 다양한 박리 및 세정 단계들 동안 인가되지 않는다.

[0028] 박리 배스 내의 계면활성제의 양은 박리 배스가 본 명세서에 설명된 바와 같이 기능할 수 있게 하는 임의의 유효량일 수 있다. 일부 실시예들에서, 계면활성제의 양은 적어도 0.01 wt%, 또는, 다른 실시예들에서, 적어도 약 0.025 wt%, 또는 적어도 0.05 wt%, 또는 0.01 wt% 내지 약 0.1 wt%, 또는 0.025 wt% 내지 0.075 wt%이다. 탈이온수 대 불화수소산(HF)의 비(v:v)는 100:1 미만, 50:1 미만, 25:1 미만, 적어도 1:1, 적어도 5:1, 1:1 내지 100:1 또는 1:1 내지 25:1일 수 있다. 실리콘-온-절연체 구조물이 박리 배스에 침지되는 시간 기간은 적어도 5분, 적어도 10분, 또는 5분 내지 약 60분, 또는 약 5분 내지 약 30분일 수 있다. 일부 실시예들에서, 박리 배스는 아세트산을 포함하지 않는다.

[0029] 박리 배스(및 이하에서 참조되는 추가적인 배스들)는 습식 침지 스테이션 장치(wet immersion station apparatus)의 일부인 컨테이너와 같은 임의의 적합한 컨테이너에 의해서 보유될 수 있다. 이러한 시스템의 예는, 상이한 배스들에 구조물들을 침지시키기 위한 복수의 컨테이너들을 포함할 수 있는, Naura-Akrion (Allentown, PA)으로부터 입수가능한 GAMA Automated Wet Station이다. 복수의 반도체 구조물들(예를 들어, 적어도 5개, 10개, 25개, 또는 50개 이상)이 웨이퍼 캐리어(또는 "카세트" 또는 "보트") 상에 로딩될 수 있고, 캐리어들 중 하나 이상이 컨테이너 내에 보유된 배스 내에 침지될 수 있다. 배스 내에 구조물들을 고정하기 위해 사용되는 컴포넌트들은 전형적으로 PTFE, 석영 또는 코팅된 알루미늄 또는 스테인리스 스틸과 같은 고순도 부분들이다. 상업적으로 입수가능한 세정 장치는 Echo Giken Co., LTD (Tokyo, Japan) 및 Akrion Systems LLC (Allentown, Pennsylvania)로부터 구매할 수 있다. 다른 실시예들에서, 구조물들은 "카세트-리스(cassette-less)" 시스템에서 배스에 침지될 수 있다.

[0030] 본 개시내용의 실시예들에 따르면, 아래에 설명되는 박리 배스 또는 다른 배스들에 실리콘-온-절연체 구조물을

"침지시키는 것"은 배스에 실리콘-온-절연체 구조물을 완전히 침지시키는 것을 수반한다. 일반적으로 그리고 본 개시내용의 실시예들에 따르면, 기판들은 이러한 침지 프로세스들에서 세정 동안 스핀되지 않는다.

[0031] 방법의 제2 단계(120)에서, 박리된 실리콘-온-절연체 구조물(111)을 오존 배스에 침지시켜 오존-처리된 실리콘-온-절연체 구조물(121)을 준비한다. 오존 배스는 오존(O_3)을 포함한다. 일부 실시예들에서, 오존 배스 내의 오존의 농도는 적어도 5 ppm, 또는 적어도 10 ppm, 적어도 20 ppm, 또는 5 ppm 내지 40 ppm이다. 박리된 실리콘-온-절연체 구조물(111)은 적어도 1분, 적어도 5분, 또는 적어도 10분(예를 들어, 1분 내지 30분 또는 5분 내지 약 20분) 동안 오존 배스에 침지될 수 있다.

[0032] 제3 단계(130)에서, 오존-처리된 실리콘-온-절연체 구조물(121)을 SC-1 배스에 침지시켜 SC-1 처리된 실리콘-온-절연체 구조물(131)을 준비한다. "SC-1" 배스는 본 기술분야의 통상의 기술자에게 알려진 수성 세정 배스이고, "Standard Clean-1" 또는 "RCA-1" 배스로도 지칭될 수 있다.

[0033] SC-1 배스는 수산화암모늄(NH_4OH) 및 과산화수소(H_2O_2)를 포함한다. SC-1 배스 내의 수산화암모늄의 양은 적어도 0.1 wt%, 적어도 0.5 wt%, 또는 적어도 1.0 wt%(예를 들어, 0.1 wt% 내지 5 wt% 또는 1 wt% 내지 3 wt%)일 수 있다. SC-1 배스 내의 과산화수소의 양은 적어도 0.5 wt%, 적어도 1wt%, 적어도 2wt%, 0.5 wt% 내지 10 wt%, 또는 2 wt% 내지 약 5 wt%일 수 있다.

[0034] 방법의 다른 실시예에서, 도 6에 도시된 바와 같이, SC-1 배스에 침지 후에, SC-1 처리된 실리콘-온-절연체 구조물(131)을 SC-2 배스에 침지시켜 SC-2 처리된 실리콘-온-절연체 구조물(141)을 형성한다. "SC-2" 배스는 본 기술분야의 통상의 기술자에게 알려진 수성 세정 배스이고, "Standard Clean-2" 또는 "RCA-2" 배스로도 지칭될 수 있다. SC-2 배스는 염산(HCl)을 포함한다. 일부 실시예들에서, SC-2 배스는 적어도 0.01 wt% 염산, 적어도 0.1 wt% 염산, 적어도 0.25 wt% 염산, 0.01 wt% 내지 5 wt% 염산, 또는 0.1 wt% 내지 5 wt% 염산을 포함한다. 실리콘-온-절연체 구조물은 적어도 5분, 적어도 7.5분, 또는 5분 내지 20분 동안 SC-2 배스에 침지될 수 있다.

[0035] 실리콘-온-절연체 구조물의 표면을 박리하고 세정하기 위한 방법의 다른 실시예가 도 7에 도시되어 있다. 박리된 실리콘-온-절연체 구조물(111)(즉, 단계(110)에서 박리 배스에 침지된 후의 구조물)은, 구조물이 탈이온수에의 침지 등에 의해 탈이온수(DIW)와 접촉되는 헹굼 단계(115)에서 헹굼된다. 제2 헹굼 단계(135)에서, SC-1 처리된 실리콘-온-절연체 구조물(131)은 DIW 물로 헹굼된다. SC-2 처리된 구조물(141)은, 구조물(141)을 DIW와 접촉(예를 들어, 침지)시키는 것 등에 의해 제3 헹굼 단계(150)를 거칠 수 있다. 헹굼된 실리콘-온-절연체 구조물은 건조 단계(160)에서 건조될 수 있다. 예를 들어, 구조물은 이소-프로필 알콜 증기(iso-propyl alcohol vapor, IPA) 건조기(마랑고니 건조(Marangoni drying))에서 건조될 수 있다.

[0036] 본 명세서에 설명된 다양한 배스는 실온(약 25℃)일 수 있다. 다른 실시예들에서, 가열된 배스가 사용된다(예를 들어, 적어도 30℃, 적어도 40℃, 적어도 60℃, 30℃ 내지 95℃ 또는 30℃ 내지 80℃).

[0037] 위에서 설명되고 도 5 내지 도 7에 도시된 실리콘-온-절연체 구조물의 표면을 박리 및 세정하기 위한 방법들은 예시적이고 추가적인 단계들이 포함될 수 있거나, 다양한 단계들이 재순서화될 수 있거나 하나 이상의 단계가 제거될 수 있다.

[0038] 실리콘-온-절연체 구조물로부터 산화물을 제거하기 위한 종래의 방법들과 비교하여, 본 개시내용의 방법들은 여러 이점들을 갖는다. 임의의 특정 이론에 얽매이지 않고, 산화물 박리 동안 사용되는 계면활성제는 나노-크기 결함들이 실리콘-온-절연체 구조물의 표면 상에 형성되게 하는 것으로 여겨진다. 나노-크기 결함들은 계면활성제 또는 계면활성제-결합(surfactant-bound) 오염물들일 수 있다. 결함들은 나노 크기이고, 종래의 웨이퍼 검사 툴들(예를 들어, KLA-Tencor Surfscan SPx Wafer Surface Analysis System)에 의해 검출가능하지 않다. 결함들은 후속 세정 단계들(SC-1 세정) 동안 에칭 마스크로서 작용하는 것으로 여겨진다. 오존 처리는 SOI 구조물의 표면으로부터 융기된 돌출부들을 감소시키거나 제거하는 세정 프로세스 전에 결함들을 제거하는 것으로 밝혀졌다.

[0039] 예들

[0040] 본 개시내용의 프로세스들은 아래의 예들에 의해 추가로 예시된다. 이러한 예들은 제한하는 의미로 여겨져서는 안 된다.

[0041] 예 1: 종래의 방법들 하에서의 SOI 표면 상의 융기된 돌출부들

[0042] 200 mm SOI 구조물이 본 명세서에 설명된 방법에 의해 제조되었다. SOI 구조물은 SOI 구조물의 실리콘 디바이

스 층의 상단 표면 상에 산화물(SiO_2)을 형성하도록 어닐링되었다. 구조물을 계면활성제를 갖는 HF 배스에 침지시키고, DIW 헹굼하고, SC-1 배스에 침지시켰다. 도 8은 구조물의 표면 상의 나노-스케일 융기된 돌출부들을 도시하는 SOI 구조물의 AFM 이미지의 재현이다. 도 9는 융기된 돌출부들의 높이를 도시하는 AFM 그래프이다. SOI 구조물의 실리콘 디바이스 층의 상단 표면 상에 산화물(SiO_2)을 갖는 200 mm SOI 구조물이 SC-1 세정 전에 오존 배스에 침지되었을 때, AFM 이미지들은 결함들이 제거되었음을 보여주었다.

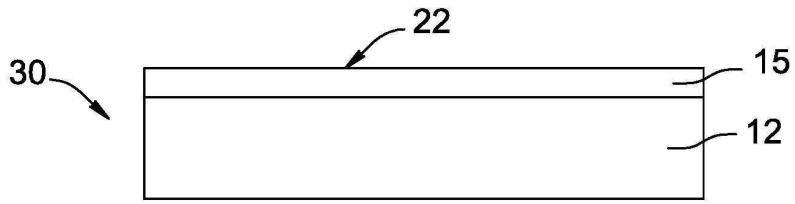
[0043] 본 개시내용에서 사용되는 바와 같이, "약", "실질적으로", "본질적으로" 및 "대략적으로"라는 용어들은 치수들, 농도들, 온도들 또는 다른 물리적 또는 화학적 성질들 또는 특성들의 범위들과 함께 사용될 때, 예를 들어, 반올림, 측정 방법론 또는 다른 통계적 변동으로부터 기인하는 변동들을 포함한 성질들 또는 특성들의 범위들의 상한 및/또는 하한에 존재할 수 있는 변동들을 포함하기 위한 것이다.

[0044] 본 개시내용 또는 그의 실시예(들)의 요소들을 소개할 때, "단수("a", "an", "the")" 및 "상기(said)"는, 하나 이상의 요소가 있음을 의미하도록 의도된다. 용어 "포함하는"("comprising", "including", "containing") 및 "갖는 "("having")은 포괄적임을 의도하며 열거된 요소들 이외의 추가적인 요소들이 존재할 수 있음을 의미하는 것을 의도한다. 특정 배향(예를 들어, "상단", "하단", "측면" 등)을 나타내는 용어들의 사용은 설명의 편의를 위한 것이며 설명된 항목의 임의의 특정 배향을 필요로 하지 않는다.

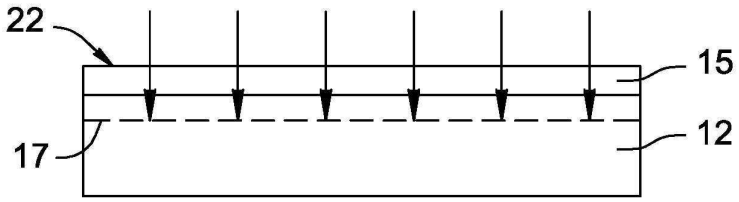
[0045] 본 개시내용의 범위를 벗어나지 않고 위의 구성들 및 방법들에서 다양한 변경들이 이루어질 수 있으므로, 위의 설명에 포함되고 첨부 도면(들)에 도시된 모든 내용은 제한적인 의미가 아니라 예시적인 것으로서 해석되어야 한다는 것이 의도된다.

도면

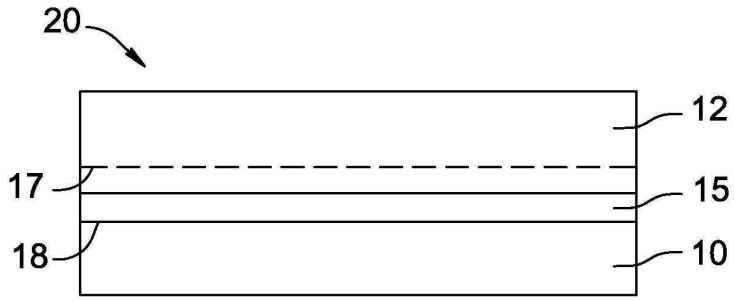
도면1



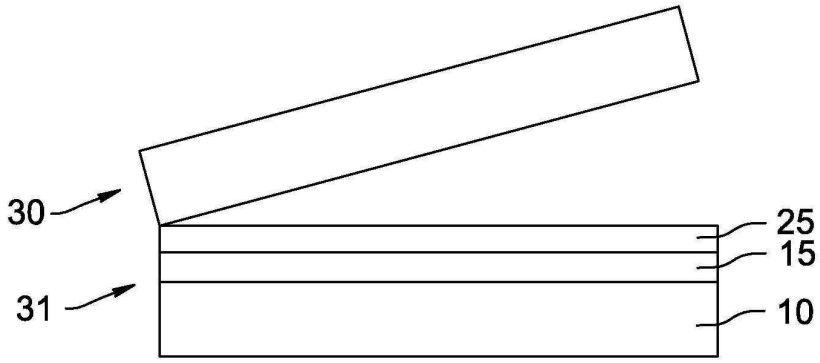
도면2



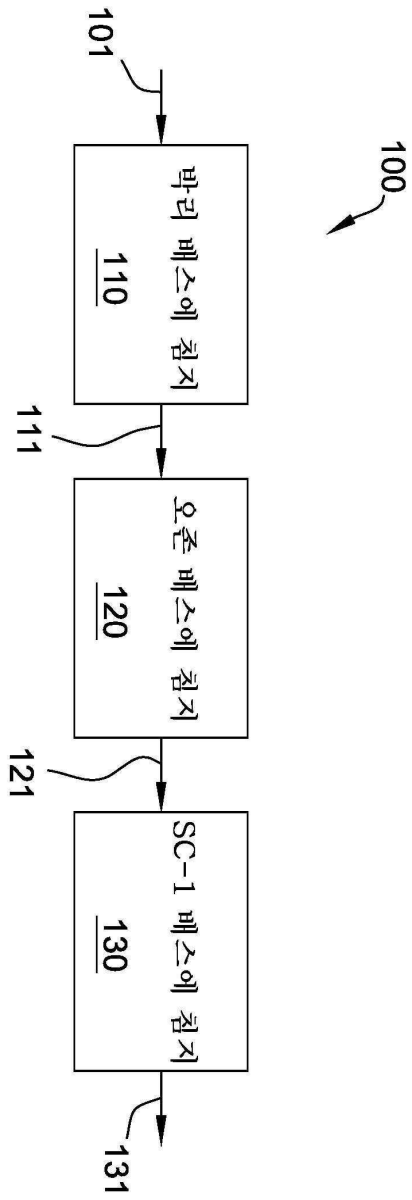
도면3



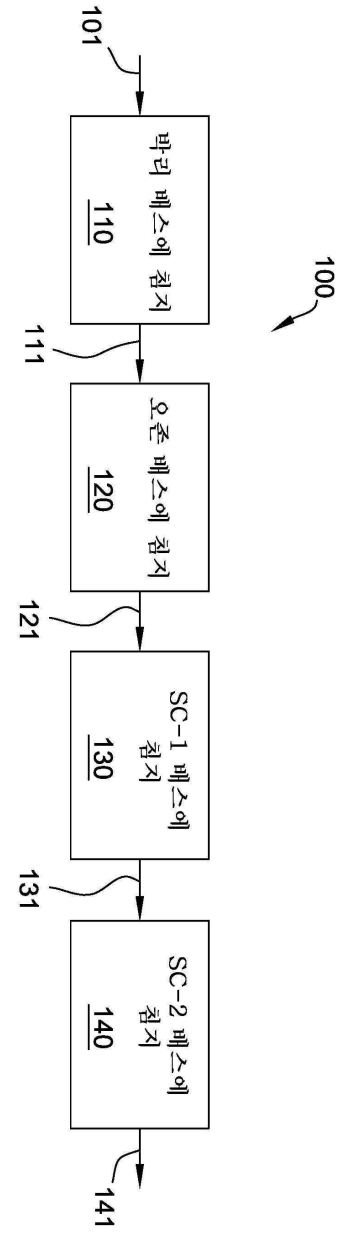
도면4



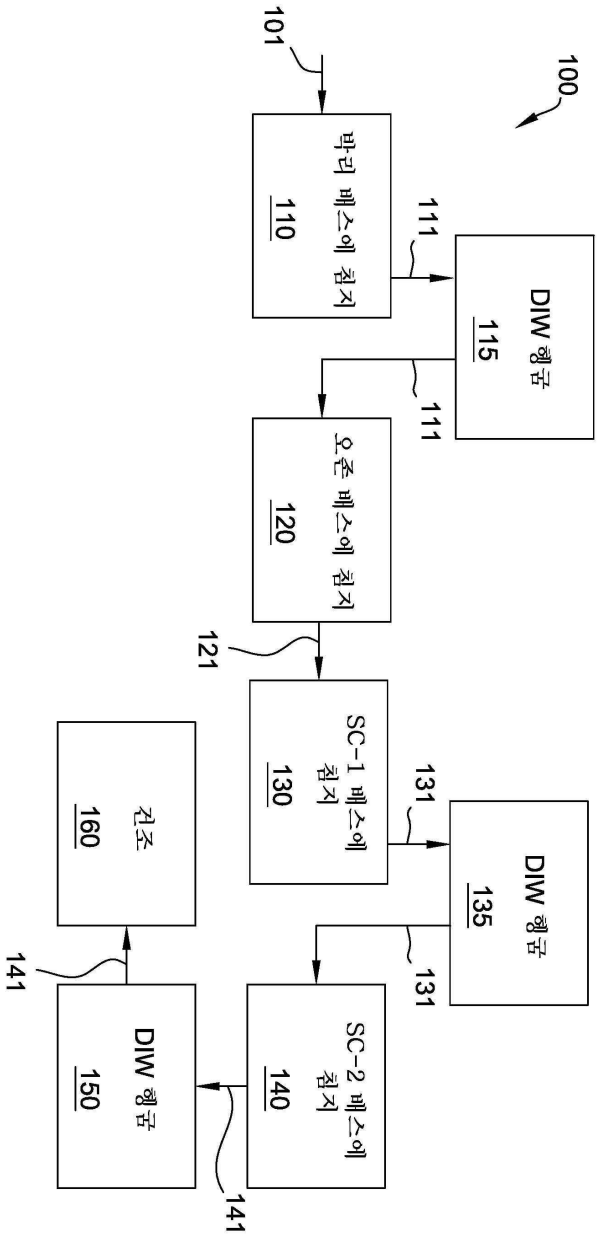
도면5



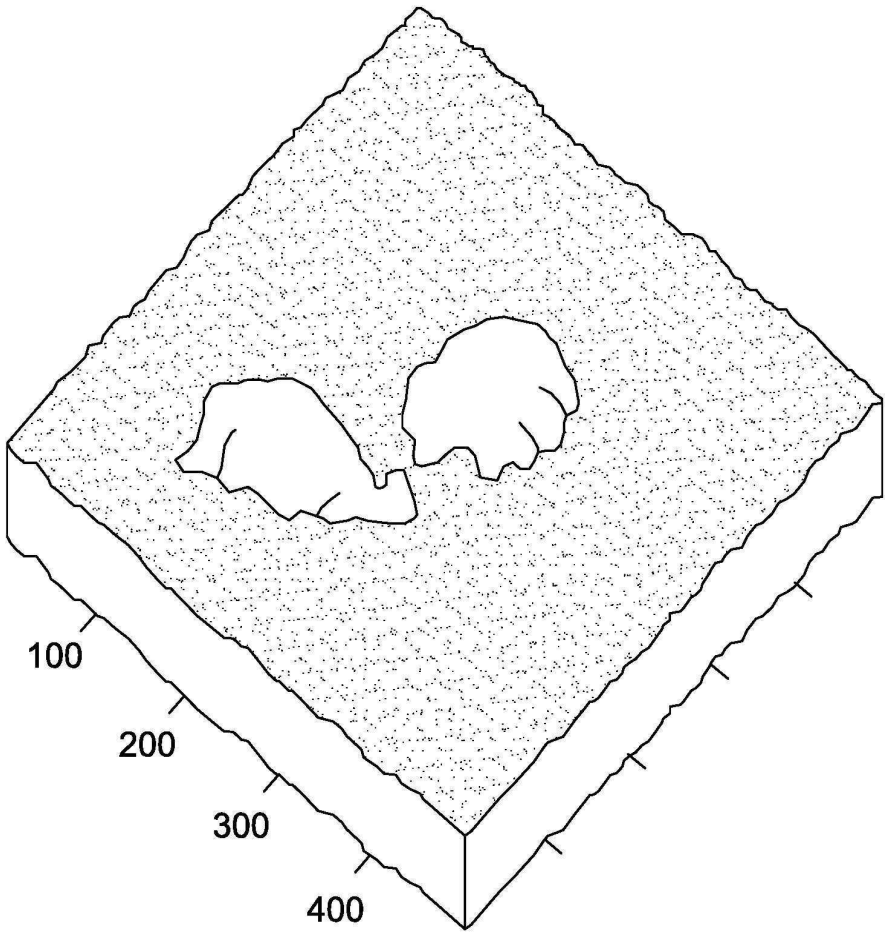
도면6


100
101
박리 베스에 침지
110
111
오존 베스에 침지
120
121
SC-1 베스에 침지
130
131
SC-2 베스에 침지
140
141

도면7


100
101
박리 베스에 침지
110
111
DIW 헹굼
115
111
오존 베스에 침지
120
121
SC-1 베스에 침지
130
131
DIW 헹굼
135
131
SC-2 베스에 침지
140
141
DIW 헹굼
150
141
건조
160

도면8



도면9

