



등록특허 10-2815060



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2025년06월02일
(11) 등록번호 10-2815060
(24) 등록일자 2025년05월27일

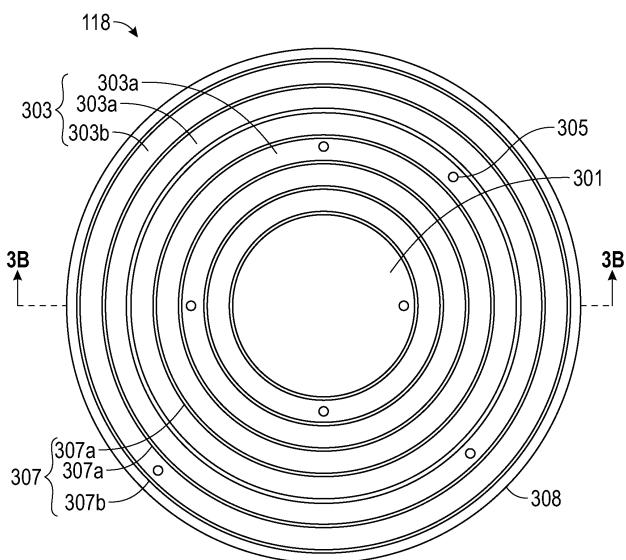
- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G03F 7/20 (2006.01) *G03F 7/00* (2006.01)
H01L 21/3105 (2006.01) *H01L 21/683* (2006.01)
- (52) CPC특허분류
G03F 7/707 (2023.05)
G03F 7/0002 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2020-0098914
(22) 출원일자 2020년08월07일
심사청구일자 2022년01월28일
- (65) 공개번호 10-2021-0020795
(43) 공개일자 2021년02월24일
(30) 우선권주장
16/542,062 2019년08월15일 미국(US)
- (56) 선행기술조사문헌
US20190049849 A1*
(뒷면에 계속)
전체 청구항 수 : 총 14 항
- (73) 특허권자
캐논 가부시끼가이사
일본 도쿄도 오오따꾸 시모마루코 3조메 30방 2고
- (72) 발명자
최 병진
미국 78708 텍사스주 오스틴 피오 박스 81536
베임스버거 세쓰 제이
미국 78708 텍사스주 오스틴 피오 박스 81536
임 세혁
미국 78708 텍사스주 오스틴 피오 박스 81536
- (74) 대리인
장수길, 이중희
- 심사관 : 홍민종

(54) 발명의 명칭 **평탄화 공정, 장치 및 물품 제조 방법**

(57) 요 약

척이 제공된다. 척은 척의 표면으로부터 돌출하고 일련의 구역을 형성하는 복수의 랜드; 및 구역들 중 적어도 하나에서 척의 표면으로부터 리세스된 트렌치를 포함한다.

대 표 도 - 도3a



(52) CPC특허분류

H01L 21/31051 (2013.01)

H01L 21/31058 (2013.01)

H01L 21/6838 (2013.01)

(56) 선행기술조사문현

KR1020120039552 A

KR1020190090339 A

JP2007207842 A*

KR1020160084417 A*

US05563683 A*

US20100013169 A1

US20190019678 A1

JP2007207842*

*는 심사관에 의하여 인용된 문현

명세서

청구범위

청구항 1

척이며,

상기 척의 표면으로부터 돌출하는 복수의 랜드로서, 상기 랜드는 일련의 구역을 형성하는, 복수의 랜드 및 주변 구역 트렌치와 교차하고, 음압을 가하도록 구성된 포트를 포함하고;

상기 일련의 구역은 상기 복수의 랜드의 최외측 랜드에 바로 인접한 주변 구역 및 상기 주변 구역에 의해 둘러싸인 복수의 내측 구역을 포함하고,

상기 주변 구역에서 상기 척의 중심에 가까운 쪽에 상기 주변 구역 트렌치가 형성되며, 상기 주변 구역 트렌치는 상기 주변 구역의 폭의 절반보다 작은 폭을 갖는 척.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 내측 구역 중 적어도 하나에서, 상기 척의 중심에서 면 쪽에 내측 구역 트렌치가 형성되며, 상기 내측 구역 트렌치는 상기 내측 구역의 폭의 절반보다 작은 폭을 갖는 척.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 주변 구역은 상기 내측 구역 각각의 폭보다 작은 폭을 갖는 척.

청구항 4

제2항에 있어서, 상기 내측 구역 트렌치는 상기 내측 구역의 절반 폭보다 작은 폭을 갖는 척.

청구항 5

제2항에 있어서, 상기 적어도 하나의 내측 구역의 상기 트렌치는 내측 구역 랜드의 높이보다 적어도 10배 큰 깊이를 갖는 척.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 일련의 구역은 상기 주변 구역에 의해 둘러싸인 복수의 내측 구역을 더 포함하고, 상기 일련의 내측 구역을 형성하는 상기 랜드는 서로 동일하게 이격되어 있는 척.

청구항 7

제1항에 있어서, 상기 일련의 구역은 상기 주변 구역에 의해 둘러싸인 복수의 내측 구역을 더 포함하고, 상기 최외측 랜드는 상기 내측 구역을 형성하는 상기 랜드의 높이보다 작은 높이를 갖는 척.

청구항 8

제1항에 있어서, 상기 주변 구역의 상기 트렌치는 상기 주변 구역의 내측 랜드의 높이보다 적어도 10배 큰 깊이를 갖는 척.

청구항 9

제1항에 있어서, 상기 포트는 상기 주변 구역 트렌치와 유체 연통하는 척.

청구항 10

제1항에 있어서, 상기 일련의 구역은 상기 척의 중심 구역 주위에 동심으로 배치되는 척.

청구항 11

제1항에 있어서, 상기 척은 그 표면에 기판, 슈퍼스트레이트, 또는 웨이퍼를 보유하도록 구성되는 척.

청구항 12

제1항에 있어서, 상기 척은 상기 랜드에 의해 둘러싸인 구역에 음압을 인가함으로써 기판, 슈퍼스트레이트 또는 웨이퍼를 보유하지도록 구성되는 척.

청구항 13

척을 사용하는 방법이며,

상기 척의 표면으로부터 돌출하는 복수의 랜드에 의해 형성된 일련의 구역과 주변 구역 트렌치와 교차하고, 음압을 가하도록 구성된 포트를 갖는 척을 제공하는 단계로서,

상기 일련의 구역은 상기 복수의 랜드의 최외측 랜드에 바로 인접한 주변 구역 및 상기 주변 구역에 의해 둘러싸인 복수의 내측 구역을 포함하고,

상기 주변 구역에서 상기 척의 중심에 가까운 쪽에 상기 주변 구역 트렌치가 형성되며, 상기 주변 구역 트렌치는 상기 주변 구역의 절반 폭보다 작은 폭을 갖는, 척을 제공하는 단계;

상기 척의 상기 표면 상에 슈퍼스트레이트를 보유하는 단계;

상기 슈퍼스트레이트를 기판 상에 분배된 성형가능 재료와 접촉하도록 전진시키는 단계;

상기 성형가능 재료를 경화 소스에 의해 경화시키는 단계; 및

상기 포트를 통해 음압이 제공되는 동안 경화된 상기 성형가능 재료로부터 상기 슈퍼스트레이트를 분리하는 단계를 포함하는 척을 사용하는 방법.

청구항 14

물품 제조 방법이며,

기판 상에 성형가능 재료를 분배하는 단계;

슈퍼스트레이트 척으로 슈퍼스트레이트를 보유하는 단계로서,

상기 슈퍼스트레이트 척에는 그 표면으로부터 돌출하는 복수의 랜드에 의해 일련의 구역이 형성되어 있고,

주변 구역 트렌치와 교차하고, 음압을 가하도록 구성된 포트를 포함하고,

상기 일련의 구역은 상기 복수의 랜드의 최외측 랜드에 바로 인접한 주변 구역 및 상기 주변 구역에 의해 둘러싸인 복수의 내측 구역을 포함하며,

상기 주변 구역에서 상기 척의 중심에 가까운 쪽에 상기 주변 구역 트렌치가 형성되며, 상기 주변 구역 트렌치는 상기 주변 구역의 절반 폭보다 작은 폭을 갖는,

슈퍼스트레이트를 보유하는 단계;

상기 슈퍼스트레이트를 상기 기판 상에 분배된 성형가능 재료와 접촉하도록 전진시키는 단계;

상기 성형가능 재료를 경화 소스에 의해 경화시키는 단계; 및

경화된 상기 성형가능 재료로부터 상기 슈퍼스트레이트를 분리하는 단계를 포함하는 물품 제조 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 개시내용은 기판 처리에 관한 것으로, 더 구체적으로는 반도체 제조에서의 표면의 평탄화에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 평탄화 기술은 반도체 디바이스를 제조하는데 유용하다. 예를 들어, 반도체 디바이스를 생성하기 위한 공정은

기판으로 그리고 기판으로부터 재료를 반복적으로 추가 및 제거하는 것을 포함한다. 이러한 공정은 불규칙적인 높이 변화(예를 들어, 토포그래피)를 가지는 적층 기판을 생산할 수 있고, 더 많은 층이 추가될 때, 기판 높이 변화가 증가될 수 있다. 높이 변화는 적층 기판에 추가적인 층을 추가하는 능력에 대해 부정적인 영향을 준다. 별개로, 반도체 기판(예를 들어, 실리콘 웨이퍼) 자체가 항상 완벽하게 편평하지 않고, 초기 표면 높이 변화(예를 들어, 토포그래피)를 포함할 수 있다. 이러한 문제를 해결하는 하나의 방법은 적층 단계 사이에서 기판을 평탄화하는 것이다. 다양한 리소그래피 패터닝 방법은 평탄한 표면에 대한 패터닝으로부터 도움을 받는다. ArFi 레이저 기반 리소그래피에서, 평탄화는 초점 심도(DOF), 임계 치수(CD) 및 임계 치수 균일성을 향상시킨다. 극자외선 리소그래피(EUV)에서, 평탄화는 특정부 배치 및 DOR를 향상시킨다. 나노임프린트 리소그래피(NIL)에서, 평탄화는 패턴 전사 후의 특정부 충전 및 CD 제어를 향상시킨다.

[0003]

때때로 잉크젯-기반 적응성 평탄화(IAP)로 지칭되는 평탄화 기술은 기판과 슈퍼스트레이트(superstrate) 사이에 중합성 재료의 가변 액적 패턴을 분배하는 단계를 포함하고, 여기서 액적 패턴은 기판 토포그래피에 따라 변한다. 이어서, 슈퍼스트레이트가 중합성 재료와 접촉하고, 이후 재료는 기판 상에서 중합되고, 슈퍼스트레이트는 제거된다. IAP 기술을 포함하는 평탄화 기술들에서의 개선은, 예를 들어 전체 웨이퍼 처리 및 반도체 디바이스 제조를 개선하기 위해 요구된다.

발명의 내용

과제의 해결 수단

[0004]

척이 제공된다. 척은 적어도 복수의 랜드(land) 및 적어도 하나의 트렌치를 포함한다. 복수의 랜드는 척의 표면으로부터 돌출하고 일련의 구역을 형성한다. 트렌치는 구역들 중 적어도 하나에 형성된다. 일련의 구역은 복수의 랜드의 최외측 랜드에 바로 인접한 주변 구역 및 주변 구역에 의해 둘러싸인 복수의 내측 구역을 포함할 수 있고, 트렌치는 척의 중심에서 면 영역에서 내측 구역 중 적어도 하나에 형성된다. 주변 구역은 내측 링 구역 각각의 폭보다 작은 폭을 가질 수 있다. 트렌치는 내측 구역의 절반 폭보다 작은 폭을 갖는 내측 구역 각각에 형성될 수 있다.

[0005]

척은 척의 중심에 근접한 영역에서 주변 구역에 형성된 트렌치를 더 포함할 수 있다. 일련의 구역은 복수의 랜드의 최외측 랜드에 바로 인접한 주변 구역 및 주변 구역에 의해 둘러싸인 복수의 내측 구역을 포함할 수 있고, 일련의 내측 구역을 형성하는 랜드는 서로 동일하게 이격되어 있다. 일련의 구역은 복수의 랜드의 최외측 랜드에 바로 인접한 주변 구역 및 주변 구역에 의해 둘러싸인 복수의 내측 구역을 포함할 수 있고, 최외측 랜드는 내측 구역을 형성하는 랜드의 높이보다 작은 높이를 갖는다. 적어도 하나의 구역에 형성된 트렌치는 각각의 랜드의 높이보다 적어도 10배 큰 깊이를 가질 수 있다. 척은 트렌치와 유체 연통하는 유체 포트를 더 포함할 수 있다. 일련의 구역은 척의 중심 구역 주위에 동심으로 배치될 수 있다. 척은 기판, 슈퍼스트레이트, 또는 웨이퍼를 그 표면에 보유하도록 구성될 수 있다. 기판, 슈퍼스트레이트, 또는 웨이퍼는 랜드에 의해 둘러싸인 구역에 음압을 인가함으로써 척에 의해 보유될 수 있다.

[0006]

척을 사용하는 방법이 또한 제공된다. 척은 척의 표면으로부터 돌출하는 복수의 랜드에 의해 형성된 일련의 구역을 갖고, 일련의 구역 중 적어도 하나에서 척의 표면으로부터 리세스된 트렌치가 제공된다. 슈퍼스트레이트가 척의 표면 상에 보유된다. 슈퍼스트레이트는 기판 상에 분배된 성형가능 재료와 접촉하도록 전진된다. 성형가능 재료는 경화 소스에 의해 경화된다. 경화 후에, 슈퍼스트레이트는 척에 의해 경화된 성형가능 재료로부터 분리된다.

[0007]

트렌치는 각각의 내측 구역의 절반 폭보다 작은 폭을 갖는 내측 구역의 각각에 형성될 수 있다. 소정 영역에서 주변 구역에 형성된 트렌치는 척의 중심에 근접한다. 상기 방법은 각각의 구역의 트렌치를 각각의 랜드의 높이보다 적어도 10배 큰 깊이로 형성하는 단계를 더 포함할 수 있다. 각각의 트렌치와 유체 연통하여 진공 포트가 형성된다. 일련의 구역은 복수의 랜드의 최외측 랜드에 바로 인접한 주변 구역 및 주변 구역에 의해 둘러싸인 복수의 내측 구역으로 형성된다. 일련의 내측 구역을 형성하는 랜드는 서로 동일하게 이격된다.

[0008]

상기 방법은 척에 의해 보유된 기판 상에 성형가능 재료를 도포하는 단계를 더 포함할 수 있다. 척과 동일한 구조를 갖는 다른 척이 슈퍼스트레이트를 성형가능 재료와 접촉시키도록 전진시키기 위해서 슈퍼스트레이트를 보유하기 위해서 사용된다.

[0009]

물품 제조 방법이 제공된다. 성형가능 재료가 기판 상에 분배된다. 슈퍼스트레이트는 슈퍼스트레이트 척에 의해 보유된다. 슈퍼스트레이트 척에는 그 표면으로부터 돌출하는 복수의 랜드에 의해 일련의 구역이 형성되고,

슈퍼스트레이트 척의 표면으로부터 리세스되는 트렌치가 일련의 구역 중 적어도 하나에 형성된다. 슈퍼스트레이트는 기판 상에 분배된 성형가능 재료와 접촉하도록 전진된다. 성형가능 재료는 경화 소스에 의해 경화된다. 경화 후에, 슈퍼스트레이트는 척에 의해 성형가능 재료로부터 분리된다.

[0010] 본 개시내용의 이들 및 다른 목적, 특징 및 장점은 첨부 도면 및 제공되는 청구항과 함께 취해질 때 본 개시내용의 예시적인 실시예에 대한 이하의 상세한 설명을 판독함으로써 명백해질 것이다.

도면의 간단한 설명

[0011] 본 발명의 특징 및 장점이 상세하게 이해될 수 있도록, 첨부 도면에 도시되는 실시예를 참조하여 본 발명의 실시예에 대한 보다 상세한 설명이 이루어질 수 있다. 그러나, 첨부 도면은 본 발명의 전형적인 실시예를 예시하기 위한 것일 뿐이며 본 발명의 범위를 제한하는 것으로 간주되어서는 안되며, 따라서 본 발명은 다른 균등한 효과적인 실시예를 허용할 수 있다는 것에 유의해야 한다.

도 1은 평탄화 시스템을 도시하는 도면이고;

도 2a 내지 도 2c는 평탄화 공정을 도시하고;

도 3a 내지 도 3b는 일 실시예에서 다중-구역 슈퍼스트레이트 척을 도시하고;

도 4a 내지 도 4e는 기판 상에 층을 형성하기 위한 슈퍼스트레이트 척의 작동을 도시하고;

도 5는 도 4a 내지 도 4e에 도시되는 바와 같은 평탄화 공정의 흐름도이고;

도 6a는 일 실시예에서의 기판 및 슈퍼스트레이트의 스택(stack)의 에지에서 개시되는 분리 균열을 도시하고, 도 6b는 이러한 분리 균열의 개시를 위한 기판 노치와의 후퇴가능 편의 정렬을 도시하고;

도 6c는 다른 실시예에서의 기판 및 슈퍼스트레이트의 스택의 에지에서 개시되는 분리 균열을 도시하고;

도 7a 내지 도 7c는 분리 균열이 스택의 주연부 주위에서 개시 및 전파될 때의 기판 및 슈퍼스트레이트의 스택의 평면도를 도시하고;

도 8은 분리된 기판 및 슈퍼스트레이트를 도시하고;

도 9는 도 7 및 도 8에 도시되는 분리 공정의 흐름도이고;

도 10은 추가적인 실시예에서 기판 및 슈퍼스트레이트의 스택의 에지에서 개시되는 분리 균열을 도시하고;

도 11a 및 11b는 개선된 구역 밀봉을 갖는 다른 실시예에서의 다중-구역 슈퍼스트레이트 척을 도시하고;

도 12는 도 11a 및 11b 슈퍼스트레이트 척의 구역 내의 예시적인 트렌치 구조의 확대도를 도시한다.

도면에 전체에 걸쳐, 동일한 참조 번호 및 문자는 다르게 언급되지 않는 한 도시된 실시예의 유사한 특징, 요소, 성분 또는 부분을 지시하도록 사용된다. 또한, 이제 본 개시내용은 도면을 참조하여 상세히 설명되지만, 이는 예시된 예시적인 실시예와 관련하여 이루어진다. 첨부된 청구범위에 의해 정의된 본 개시내용의 진정한 범위 및 사상 내에서 설명된 예시적인 실시예에 대해 변경 및 수정이 이루어질 수 있는 것으로 의도된다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

평탄화 시스템

[0013] 도 1은 평탄화를 위한 시스템을 도시한다. 평탄화 시스템(100)은 기판(102) 상의 막을 평탄화하기 위해서 사용된다. 기판(102)은 기판 척(104)에 결합될 수 있다. 기판 척(104)은 진공 척, 핀-타입 척, 홈-타입 척, 정전식 척, 전자기식 척, 및/또는 기타 등등일 수 있지만 이것으로 한정되지 않는다.

[0014] 기판(102) 및 기판 척(104)은 기판 위치설정 스테이지(106)에 의해 더 지지될 수 있다. 기판 위치설정 스테이지(106)는 x, y, z, Θ, ψ, 및 φ 축 중 하나 이상을 따라 병진 및/또는 회전 운동을 제공할 수 있다. 기판 위치설정 스테이지(106), 기판(102), 및 기판 척(104)은 또한 베이스(도시되지 않음) 상에 위치설정될 수 있다. 기판 위치설정 스테이지는 위치설정 시스템의 일부일 수 있다.

[0015] 기판(102)에 대면하는 작업 표면(112)을 갖는 슈퍼스트레이트(108)가 기판(102)으로부터 이격되어 있다. 슈퍼스트레이트(108)는, 용융 실리카, 석영, 실리콘, 유기 폴리머, 실록산 폴리머, 봉규산 유리, 플루오로카본 폴리머, 금속, 경화된 사파이어 및/또는 기타 등등을 포함하지만 이에 한정되지 않는 재료로 형성될 수 있다. 일

실시예에서, 슈퍼스트레이트는 UV 광을 쉽게 투과시킨다. 표면(112)은 일반적으로 기판(108)의 표면과 동일한 면적 크기이거나 또는 그보다 약간 더 작다.

[0016] 슈퍼스트레이트(108)는 슈퍼스트레이트 척(118)에 의해 결합 또는 보유될 수 있다. 슈퍼스트레이트 척(118)은, 진공 척, 펀-타입 척, 흄-타입 척, 정전식 척, 전자기식 척, 및/또는 다른 유사한 척 타입일 수 있지만 이것으로 한정되지 않는다. 슈퍼스트레이트 척(118)은 슈퍼스트레이트(108)에 걸쳐 변하는 응력, 압력 및/또는 변형을 슈퍼스트레이트(108)에 인가하도록 구성될 수 있다. 일 실시예에서, 슈퍼스트레이트 척은 마찬가지로 UV 광을 쉽게 투과시킨다. 슈퍼스트레이트 척(118)은 슈퍼스트레이트(108)의 후방 표면에 압력차를 인가하여 템플릿이 굴곡 및 변형되게 할 수 있는 구역 기반 진공 척, 액추에이터 어레이, 압력 블래너 등과 같은 시스템을 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 슈퍼스트레이트 척(118)은 본원에서 더 상세화되는 바와 같이 슈퍼스트레이트의 후방 표면에 압력차를 인가하여 슈퍼스트레이트가 굴곡 및 변형되게 할 수 있는 구역 기반 진공 척을 포함한다.

[0017] 슈퍼스트레이트 척(118)은 위치설정 시스템의 일부인 평탄화 헤드(120)에 결합될 수 있다. 평탄화 헤드(120)는 브리지에 이동가능하게 결합될 수 있다. 평탄화 헤드(120)는, 적어도 z축 방향 및 잠재적으로는 다른 방향(예를 들어, x, y, θ, ψ, 및 φ축)으로 기판(102)에 대해 슈퍼스트레이트 척(118)을 이동시키도록 구성되는 보이스 코일 모터, 압전형 모터, 리니어 모터, 너트 및 스크류 모터 등과 같은 하나 이상의 액추에이터를 포함할 수 있다.

[0018] 평탄화 시스템(100)은 유체 분배기(122)를 더 포함할 수 있다. 유체 분배기(122)는 또한 브리지에 이동가능하게 결합될 수 있다. 일 실시예에서, 유체 분배기(122) 및 평탄화 헤드(120)는 모든 위치설정 구성요소의 하나 이상을 공유한다. 대안적인 실시예에서, 유체 분배기(122) 및 평탄화 헤드는 서로 독립적으로 이동한다. 유체 분배기(122)는 기판(102) 상에 액체 성형가능 재료(124)(예를 들어, 광경화성 중합성 재료)의 액적을 퇴적시키는데 사용될 수 있고, 퇴적된 재료의 체적은 그 토포그래피 프로파일에 적어도 부분적으로 기초하여 기판(102)의 영역에 걸쳐 변화한다. 상이한 유체 분배기(122)는 성형가능 재료(124)를 분배하기 위해 상이한 기술을 사용할 수 있다. 성형가능 재료(124)가 분사가능할 때, 잉크젯 타입 분배기가 성형가능 재료를 분배하기 위해 사용될 수 있다. 예를 들어, 열 잉크 젯팅, 마이크로전기기계 시스템(MEMS) 기반 잉크 젯팅, 밸브 제트 및 압전형 잉크 젯팅이 분사가능 액체를 분배하기 위한 일반적인 기술이다.

[0019] 평탄화 시스템(100)은 화학 에너지, 예를 들어 UV 방사선을 노광 경로(128)를 따라 유도하는 방사선 소스(126)를 포함하는 경화 시스템을 더 포함할 수 있다. 평탄화 헤드(120) 및 기판 위치설정 스테이지(106)는 슈퍼스트레이트(108) 및 기판(102)을 노광 경로(128)와 중첩하여 위치설정하도록 구성될 수 있다. 방사선 소스(126)는 슈퍼스트레이트(108)가 성형가능 재료(128)와 접촉한 후에 노광 경로(128)를 따라 화학 에너지를 전송한다. 도 1은 슈퍼스트레이트(108)가 성형가능 재료(124)와 접촉하지 않을 때의 노광 경로(128)를 도시한다. 이는 개별 구성요소의 상대 위치가 쉽게 식별될 수 있도록 예시적인 목적을 위해 수행된다. 통상의 기술자는 슈퍼스트레이트(108)가 성형가능 재료(124)와 접촉할 때 노광 경로(128)가 실질적으로 변하지 않을 것임을 이해할 것이다.

[0020] 평탄화 시스템(100)은, 슈퍼스트레이트(108)가 평탄화 공정 중에 성형가능 재료(124)와 접촉할 때 성형가능 재료(124)의 확산을 관찰하도록 위치설정된 카메라(136)를 더 포함할 수 있다. 도 1은 필드 카메라의 활상 필드의 광축(138)을 도시한다. 도 1에 도시되는 바와 같이, 평탄화 시스템(100)은 카메라(136)에 의해 검출될 광파화학 방사선을 조합하는 하나 이상의 광학 구성요소(이색 미러, 빔 결합기, 프리즘, 렌즈, 미러 등)를 포함할 수 있다. 카메라(136)는 성형가능 재료(124)와 접촉하는 슈퍼스트레이트(108) 아래의 영역과 성형가능 재료(124)와 접촉하지 않는 슈퍼스트레이트(108) 아래의 영역 사이의 대비를 나타내는 광장의 광을 모으도록 구성되는, CCD, 센서 어레이, 라인 카메라 및 광검출기 중 하나 이상을 포함할 수 있다. 카메라(136)는 슈퍼스트레이트(108) 아래의 성형가능 재료(124)의 확산 및/또는 경화된 성형가능 재료(124)로부터의 슈퍼스트레이트(108)의 분리의 이미지를 제공하도록 구성될 수 있다. 카메라(136)는 또한 성형가능 재료(124)가 표면(112)과 기판 표면 사이의 간극 사이에서 확산될 때 변화되는 간접 출무늬를 측정하도록 구성될 수 있다.

[0021] 평탄화 시스템(100)은 기판 척(104), 기판 위치설정 스테이지(106), 슈퍼스트레이트 척(118), 평탄화 헤드(120), 유체 분배기(122), 방사선 소스(126), 및/또는 카메라(136)와 같은 하나 이상의 구성요소 및/또는 서브 시스템과 통신하는 하나 이상의 프로세서(140)(제어기)에 의해 조절, 제어 및/또는 지향될 수 있다. 프로세서(140)는 비일시적 컴퓨터 판독가능 메모리(142)에 저장된 컴퓨터 판독가능 프로그램 내의 명령어에 기초하여 동작될 수 있다. 프로세서(140)는 CPU, MPU, GPU, ASIC, FPGA, DSP, 및 범용 컴퓨터 중 하나 이상이거나 이를 포함할 수 있다. 프로세서(140)는 목적형 구축 제어기일 수 있거나, 또는 제어기가 되도록 구성될 수 있는 범용 컴퓨팅 디바이스일 수 있다. 비일시적 컴퓨터 판독가능 메모리의 예는 RAM, ROM, CD, DVD, 블루-레이, 하드

드라이브, 네트워크형 부착 저장장치(NAS), 인트라넷 연결형 비일시적 컴퓨터 관독가능 저장 디바이스, 및 인터넷 연결형 비일시적 컴퓨터 관독가능 저장 디바이스를 포함하지만 이것으로 제한되지 않는다.

[0022] 동작시에, 평탄화 헤드(120), 기판 위치설정 스테이지(106) 중 어느 하나 또는 양자 모두는 성형가능 재료(124)로 충전되는 원하는 공간(3차원의 한정된 물리적 범위)을 형성하기 위해 슈퍼스트레이트(118)와 기판(102) 사이의 거리를 변경한다. 예를 들어, 평탄화 헤드(120)는, 본 명세서에서 더 상세히 설명되는 바와 같이 슈퍼스트레이트가 성형가능 재료(124)의 액적과 접촉하여 이를 확산시키도록, 기판을 향해 이동될 수 있고 슈퍼스트레이트(108)에 힘을 가할 수 있다.

평탄화 공정

[0024] 평탄화 공정은 도 2a 내지 도 2c에 개략적으로 도시되는 단계를 포함한다. 도 2a에 도시되는 바와 같이, 성형가능 재료(124)는 기판(102) 상으로 액적의 형태로 분배된다. 앞서 설명된 바와 같이, 기판 표면은 이전의 처리 동작에 기초하여 알 수 있거나 Zygo NewView 8200 같은 광학 간섭 효과에 기초한 프로파일로미터, AFM, SEM, 또는 광학 표면 프로파일러를 사용하여 측정될 수 있는 어떤 토포그래피를 갖는다. 퇴적된 성형가능 재료(124)의 국부적 체적 밀도는 기판 토포그래피에 따라 변화된다. 이어서, 슈퍼스트레이트(108)는 성형가능 재료(124)와 접촉하여 위치설정된다.

[0025] 도 2b는 슈퍼스트레이트(108)가 성형가능 재료(124)와 완전히 접촉하였지만 중합 공정이 시작되기 전의 접촉 단계 이후를 도시한다. 슈퍼스트레이트(108)가 성형가능 재료(124)와 접촉할 때, 액적은 병합되어 슈퍼스트레이트(108)와 기판(102) 사이의 공간을 충전하는 성형가능 재료 막(144)을 형성한다. 바람직하게는, 충전 공정은 미충전 결함을 최소화하기 위해 슈퍼스트레이트(108)와 기판(102) 사이에 임의의 공기 또는 가스 기포가 포획되지 않고 균일한 방식으로 발생한다. 중합 공정 또는 성형가능 재료(124)의 경화는 화학 방사선(예를 들어, UV 방사선)으로 개시될 수 있다. 예를 들어, 도 1의 방사선 소스(126)는 성형가능 재료 막(144)이 경화, 응고, 및 /또는 교차-결합하여 기판(102) 상에 경화된 평탄화된 층(146)을 형성하게 하는 화학 방사선을 제공할 수 있다. 대안적으로, 성형가능 재료 막(144)의 경화는 또한 열, 압력, 화학 반응, 다른 유형의 방사선 또는 이들의 임의의 조합을 사용함으로써 개시될 수 있다. 일단 경화되면, 평탄화된 층(146)이 형성되고, 슈퍼스트레이트(108)는 그로부터 분리될 수 있다. 도 2c는 슈퍼스트레이트(108)의 분리 후의 기판(102) 상의 경화된 평탄화된 층(146)을 도시하고 있다. 이후 기판 및 경화된 층은 예를 들어, 패터닝, 경화, 산화, 층 형성, 퇴적, 도핑, 평탄화, 애칭, 성형가능 재료 제거, 다이싱, 분당, 및 패키징 등을 포함하는 디바이스(물품) 제조를 위한 추가적인 공정된 단계 및 공정을 받을 수 있다. 기판은 복수의 물품(디바이스)을 생성하도록 처리될 수 있다.

슈퍼스트레이트와 기판 사이의 평탄화 재료의 확산, 충전 및 경화

[0027] 성형가능 재료 액적이 확산되고, 병합되며, 슈퍼스트레이트와 기판 사이의 간극을 충전함에 따라 슈퍼스트레이트(108)와 기판 사이에 공기 또는 가스 기포가 포획되는 것을 최소화하기 위한 하나의 방안은, 슈퍼스트레이트가 처음에 기판의 중심에서 성형가능 재료와 접촉하고 이후 접촉이 중심에서 주변부로 반경방향으로 더 진행되도록 슈퍼스트레이트를 위치설정하는 것이다. 이는 슈퍼스트레이트 내에 만곡 프로파일을 생성하도록 슈퍼스트레이트 또는 기판 또는 양자 모두의 편향 또는 굽힘을 요구한다. 그러나, 슈퍼스트레이트(108)가 전형적으로 기판(102)과 동일하거나 유사한 면적 치수인 것을 감안하면, 유용한 전체적인 슈퍼스트레이트 굽힘 만곡 프로파일은 슈퍼스트레이트의 상당한 수직 편향 및 슈퍼스트레이트 척 및 평탄화 조립체에 의한 동시 수직 운동 양자 모두를 요구한다. 이러한 상당한 수직 편향 및 운동은 제어, 정확도 및 시스템 설계 고려사항에 대해서 바람직하지 않을 수 있다. 이러한 슈퍼스트레이트 프로파일은 예를 들어 배압을 슈퍼스트레이트의 내부 영역에 가함으로써 얻어질 수 있다. 그러나, 그렇게 함에 있어서, 슈퍼스트레이트가 슈퍼스트레이트 척 상에 보유된 상태를 유지하기 위해서 여전히 주변 보유지지 영역이 요구된다. 슈퍼스트레이트 및 기판의 주변부 에지 모두가 성형가능 재료 액적의 확산 및 병합 동안 편평하게 척킹되는 경우, 이 편평한 척킹 영역에서는 슈퍼스트레이트 만곡 프로파일을 이용할 수 없을 것이다. 이는 액적 확산 및 병합과 상충될 수 있고, 이는 또한 그 영역에 미충전 결함을 초래할 수 있다. 또한, 일단 성형가능 재료의 확산 및 충전이 완료되면, 슈퍼스트레이트 척, 척킹된 슈퍼스트레이트, 성형가능 재료, 기판 및 기판 척의 결과적인 스택은 과잉-구속된 시스템일 수 있다. 이는 결과적인 평탄화된 막 층의 불균일한 평탄화 프로파일을 유발할 수 있다. 즉, 이러한 과잉-구속된 시스템에서, 전방-후방 표면 편평도를 포함하는 슈퍼스트레이트 척으로부터의 모든 편평도 오차 또는 변화가 슈퍼스트레이트에 전달되고 평탄화된 막 층의 균일성에 영향을 미칠 수 있다.

[0028] 상기 문제를 해결하기 위해서, 일 실시예에서는, 도 3a 및 도 3b에 도시된 바와 같이 다중-구역 슈퍼스트레이트 척(118)이 제공된다. 슈퍼스트레이트 척(118)은 중심 구역(301) 및 중심 구역(301) 주위의 일련의 링 구역

(303)을 포함한다. 링 구역(303)은 슈퍼스트레이트 척(118)의 에지, 주변부 또는 주연부 주위에 주변 링 구역(303b), 및 중심 구역(301)과 주변 링 구역(303b) 사이에 위치되는 복수의 내측 링 구역(303a)으로 형성될 수 있다. 다수의 링 구역(303)은 슈퍼스트레이트 척(118)의 표면으로부터 돌출하는 일련의 랜드(307)에 의해 형성될 수 있다. 도 3a 및 도 3b에 도시되는 바와 같이, 랜드(307)는 중심 구역(301) 주위에 형성될 수 있다. 링 구역(303) 각각에는, 압력 소스가 양압 또는 음압, 예를 들어 진공을 슈퍼스트레이트에 인가하여 슈퍼스트레이트를 보유하도록 하기 위해서 적어도 하나의 포트(305)가 슈퍼스트레이트 척(118)을 통해 연결되도록 형성된다.

[0029] 도 3b는 슈퍼스트레이트 척(118)의 측단면도를 도시한다. 랜드(307) 각각은 소정의 높이를 갖는 슈퍼스트레이트 척(118)의 표면으로부터 돌출한다. 랜드(307)는 주변 링 구역(303b)을 둘러싸는 주변 랜드(307b) 및 중심 구역(301)과 주변 링 구역(303b) 사이의 일련의 내측 랜드(307a)를 포함한다. 도 3b에 도시되는 바와 같이, 내측 랜드(307a)는 실질적으로 동일한 높이를 갖는 한편, 주변 랜드(307b)의 높이는 내측 랜드(307a)의 높이보다 작다. 슈퍼스트레이트 척(118)의 중심 구역(301)은 원형 공동의 형태일 수 있으며, 따라서 압력 소스(도시되지 않음)는 보유된 슈퍼스트레이트의 중심 부분을 편향시키기 위해서 연관된 채널(308) 및 포트(305)를 통해 공기 또는 가스 압력을 인가할 수 있다. 진공 압력이 마찬가지로 동일한 채널 및 포트를 통해 중심 구역(301)에 인가될 수 있다. 슈퍼스트레이트 척(118)의 중심 구역(301)은 보유된 슈퍼스트레이트의 중심 부분과 정렬될 수 있다. 유사하게, 주변 링 구역(303a)은 보유된 슈퍼스트레이트의 주변부 또는 주연부와 정렬될 수 있다. 둘레 링 구역(303)에는 압력 또는 진공의 적용을 위해 각각의 채널(308) 및 포트(305)가 마찬가지로 제공된다.

[0030] 도 4a 내지 도 4e를 참조하면, 퇴적된 성형가능 재료(124)의 액적을 접촉, 확산 및 합치기 위한 공정이 도시되어 있다. 도 4a에 도시되는 바와 같이, 슈퍼스트레이트(108)가 성형가능 재료(124)와 접촉되기 전에, 양압(화살표(P)로 표시됨)이 보유된 슈퍼스트레이트(108)에 대해 포트(305)를 통해서 슈퍼스트레이트 척(118)의 중심 구역(301)에 인가되어 슈퍼스트레이트(108)의 중심 부분을 성형가능 재료(124)를 향해 편향시킨다. 압력(P)은 도 4a에 도시된 바와 같이 초기 편향을 미리결정된 범위에서 제어하고 슈퍼스트레이트(108)의 미리결정된 만곡을 유지하도록 중심 구역(301)에 인가된다. 한편, 음압, 바람직하게는 진공(화살표(V)로 표시됨)이 링 구역(303)의 포트(305)를 통해 슈퍼스트레이트(108)에 인가되어 슈퍼스트레이트 척(118)에 의해 슈퍼스트레이트(108)를 유지한다. 이후, 슈퍼스트레이트(108)는 도 4b에 도시되는 바와 같이 성형가능 재료(124)의 액적과 초기 접촉하게 된다.

[0031] 이후, 중심 구역(301)에 근접한 내측 링 구역(303a)으로부터 진공(V)을 순차적으로 해제시킴으로써 슈퍼스트레이트(108)의 편향은 중심 부분으로부터 반경방향 외향 방향으로 연장된다. 이러한 방식에서, 슈퍼스트레이트가 기판에 접촉하여 일치됨에 따라 성형가능 재료의 액적들이 접촉하고, 확산되며, 병합되어 반경방향 외향으로 진행되는 유체 전방을 갖는 막 충을 형성한다. 진공이 내측 링 구역(303a)으로부터 순차적으로 해제되는 경우, 중심 구역(301)을 통해 인가되는 압력(P)은 원하는 값으로 유지된다. 압력(P)이 진공이 해제된 내측 링 구역(303a)의 채널(308) 및 포트(305)를 통해 슈퍼스트레이트(108)에 인가될 수도 있다. 도 4c에 도시되는 바와 같은 실시예에서, 진공이 내측 구역(301)에 가장 가까운 3개의 내측 링(303a)으로부터 순차적으로 해제되었고, 진공이 순차적으로 해제됨에 따라 압력(P)이 순차적으로 인가되었다. 평탄화 헤드는 또한 이러한 순차적인 진공 해제 및 가압 중에 하향으로 이동될 수 있다.

[0032] 이후, 슈퍼스트레이트(108)의 편향은, 모든 내측 링 구역(303a)으로부터 진공이 해제되는 한편, 주변 링 구역(303b)을 통해 인가된 진공(V)은 유지될 때까지 순차적으로 반경 방향으로 더 연장된다. 내측 링 구역(303a) 각각에 대해, 일단 진공이 해제되면 압력(P)이 인가되기도 한다. 도 4d에 도시되는 바와 같이, 진공이 모든 내측 링 구역(303a)으로부터 해제되었을 때, 주변 구역(303b)을 통해 인가된 진공(V)을 통해 슈퍼스트레이트 척(118)에 의해 보유된 상태로 유지되는 기판(108)의 주연부를 제외하고 슈퍼스트레이트(108)는 편향되어 기판(102)에 합치된다. 이와 같이, 슈퍼스트레이트(108)의 에지는 기판(102)의 주연부에 분배된 성형가능 재료 액적의 최종 확산 및 병합을 위해 편향된 만곡 조건에 유지된다. 또한, 내측 랜드(307a)에 대해 더 낮은 주변 랜드(307b)는 이러한 만곡의 유지를 용이하게 한다.

[0033] 이어서, 도 4e에서, 주변 링 구역(303b)을 통해 인가되는 진공(V)은 슈퍼스트레이트 척(118)으로부터 슈퍼스트레이트(108)를 완전히 해방시키기 위해 해제된다. 이는 다수의 장점을 제공한다. 첫번째로, 만곡된 조건에서 보유된 주변 링 구역(303b)으로부터 슈퍼스트레이트(108)의 주연부를 해방시킴으로써, 나머지 성형가능 재료 액적의 확산 및 병합이 동일하게 중심에서 주변 반경방향으로 가는 방식으로 완료될 수 있고, 따라서 공기 또는 가스 포획 및 결과적인 미충전 결함을 계속해서 최소화한다. 구체적으로, 내측 랜드(307a)에 대해 리세스된 주변 랜드(307b)는 슈퍼스트레이트(108)가 해방 전에 원하는 만곡을 유지할 수 있게 한다. 둘째로, 슈퍼스트레이트 척(118)으로부터 슈퍼스트레이트(108)를 완전히 해방시킴으로써, 척킹 조건에 의한 슈퍼스트레이트(108)의

임의의 과잉-구속이 제거됨으로써, 그렇지 않으면 이러한 구속된 조건으로 인해 발생할 수 있는 국부적 불균일 평탄화를 감소시킨다.셋째로, 슈퍼스트레이트 척(118)으로부터의 슈퍼스트레이트(108)의 해방은 임의의 척 비 편평도 오차 또는 변화의 슈퍼스트레이트(108)로의 전달을 제거하며, 이는 또한 국부화된 불균일 평탄화 변동을 감소시킨다.

[0034] 일단 슈퍼스트레이트(108)가 해방되면, 경화 에너지는 평탄화된 층을 형성하기 위해 성형가능 재료를 경화시키기도록 인가될 수도 있다. 전술한 바와 같이, 경화 소스는 성형가능 재료(124)를 경화시키기 위한 광빔일 수 있다. 일 실시예에서, 광빔의 크기는 슈퍼스트레이트의 직경을 참조하여 조정 또는 제어될 수 있다. 광빔은 또한 미리결정된 각도로 기판 상에 입사되도록 제어될 수 있다. 경화 중에, 경화 소스에 대한 기판(102)의 측 방향 위치(즉, X-Y 평면)가 조정될 수 있다. 경화 공정 후에, 슈퍼스트레이트(108)는 슈퍼스트레이트 척(118)에 의해 재보유되고, 슈퍼스트레이트(108)는 이어서 본 명세서에서 추가로 설명된 바와 같이 기판으로부터 분리된다.

[0035] 도 5는 도 3 및 도 4에 도시되는 바와 같이 설명된 평탄화 공정의 흐름도를 도시한다. 단계 501에서, 성형가능 재료 액적(124)이 기판(102) 상에 분배된다. 슈퍼스트레이트(108)의 중심 구역은 단계(S502)에서 성형가능 재료 액적(124)을 향해 편향된다. 편향된 슈퍼스트레이트(108)는 이어서 단계(S503)에서 성형가능 재료(124)와 접촉하도록 슈퍼스트레이트 척(118)에 의해 전진된다. 단계(S504)에서, 슈퍼스트레이트(108)의 편향은 중심 구역으로부터 슈퍼스트레이트(108)의 주변부를 향해 연장된다. 슈퍼스트레이트 척(118)에 의한, 예를 들어 슈퍼스트레이트(108)의 주변부에 인가된 진공에 의한 슈퍼스트레이트(108)를 보유지하기 위한 힘의 인가는 이후 정지되고, 따라서 슈퍼스트레이트(108)는 단계 S506에서 슈퍼스트레이트 척(118)으로부터 해방된다(즉, 디착킹 된다). 단계(S507)에서 성형가능 재료(124)가 경화된다. 경화 후에, 슈퍼스트레이트(108)는 슈퍼스트레이트 척(118)에 의해 재보유되어 경화된 성형가능 재료(146)로부터 슈퍼스트레이트(108)를 분리한다.

[0036] 예를 들어, 성형가능 재료(124)로서 UV 광경화성 재료를 사용할 때, 슈퍼스트레이트 척(118)은 UV 경화를 위해 높은 UV 광 투과율로 투과시키는 것이 바람직하다(뿐만 아니라, 예를 들어, 도 1에 도시되는 바와 같이, 카메라(136)에 의한 활상을 위해 높은 광 투과율을 갖는다). 전술한 바와 같이, 공압 공급 채널(308) 및 포트(305), 구역(303) 및 랜드(307)는 도 3 및 도 4에 도시되는 바와 같이 슈퍼스트레이트에 통합된다. 이를 구조는 UV 경화에 문제를 생성할 수 있다. 특히, 채널(308) 및 랜드(307) 아래의 영역의 UV 투과율은 이러한 특징부를 갖지 않는 영역에 비해 상당히 감소될 수 있어, 성형가능 재료의 경화 부족 또는 불균일 경화를 초래할 수 있다. 이러한 현상은 종종 "음영 효과(shadowing effect)"라 지칭된다. 음영 효과는 랜드(307)의 에지에서 특히 중요할 수 있다. 추가로, 슈퍼스트레이트(100)가 랜드(307)에 척킹될 때, 2개의 표면이 서로 광학적으로 접촉하지 않기 때문에 얇은 공기 간극이 있을 것이다. 이러한 유형의 얇은 간극은 종종 UV를 완전히 차단할 수 있다. 이러한 현상은 랜드와 슈퍼스트레이트 사이의 "박막 효과"로서 알려져 있다.

[0037] 상기 "음영 효과"에 대한 하나의 해결책은 슈퍼스트레이트 척으로부터의 슈퍼스트레이트를 디착킹(즉, 해방)한 후에 x, y 및/또는 θ 좌표에서 웨이퍼 스테이지 상의 기판 및 슈퍼스트레이트의 스택을 이동시키는 것을 포함한다. UV 노광 중에 이러한 방식으로 웨이퍼 스테이지를 이동시킴으로써, 채널, 포트, 및 랜드 아래에 남는 슈퍼스트레이트 및 기판의 영역은 척 특징부가 존재하지 않는 슈퍼스트레이트 척 아래의 영역으로 주기적으로 이동될 수 있다. 요구되는 상태 운동은 다음의 식 (1)로부터 추정될 수 있다:

$$I_m = \frac{I_h(w_h - w_l) + I_l w_l}{w_h} \quad (1),$$

[0038] 여기서, I_m 은 운동의 범위에 걸친 원하는 평균 강도이고, I_h 는 특징부가 없는 척의 영역에 걸친 높은 강도(즉, 최대 또는 "max" 강도)이고, I_l 는 대상 특징부에서의 강도(즉, "최저" 또는 "low" 강도)이고, w_h 는 I_m 을 달성하기 위한 추정된 운동 범위이며, w_l 은 대상 특징부 폭(예를 들어, 랜드, 포트 또는 채널의 폭)이다. 예를 들어, 특징부 없는 영역에서 100% UV 투과를 가정하고, 원하는 I_m 가 그 값의 90%인 것을 가정하며, 또한 $w_l = 1 \text{ mm}$ 인 것을 가정하면, 식 (1)로부터, 상대 운동의 원하는 범위(w_h) = 8.0 mm이다. 대안적으로, UV 소스는 슈퍼스트레이트 척에 입사하는 UV 광의 각도를 변화시키기 위해 슈퍼스트레이트 척에 대해 소스를 기울이거나 틸팅함으로써 이동될 수 있으며, 이는 또한 대상 특징부 부근의 음영 효과를 감소시킬 수 있다. "박막 효과"는 예를 들어 슈퍼스트레이트를 디착킹하고 웨이퍼 스테이지를 슈퍼스트레이트 척으로부터 멀리 z-방향으로 이동시킴으로써 슈퍼스트레이트와 슈퍼스트레이트 척 사이에 충분한 간극을 생성하는 z-축 방향의 상대 이동에 의해 회피될 수 있다. 전술한 다양한 해결책은 소정 영역에서 전체 UV 선량 균일성을 개선하고 음영 및 박막 효과를 최소화하

기 위해 개별적으로 또는 조합하여 적용될 수 있다. 다양한 실시예에서, 인가된 UV 광 범은 기판 또는 슈퍼스트레이트보다 작거나, 동일한 크기이거나 또는 더 클 수 있다. 일 실시예에서, 인가된 UV 광 범은 UV 광에 대한 기판 전체의 노광을 지속하면서 상기 상대 운동(w_h)을 수용하는 치수만큼 기판보다 더 클 수 있다.

[0040] 경화된 평탄화된 막 층으로부터의 슈퍼스트레이트의 분리

일단 성형가능 재료가 경화되고 평탄화된 막 층이 형성되면, 형성된 층으로부터 슈퍼스트레이트를 제거 또는 해방시킬 필요가 있다. 그러나, 슈퍼스트레이트 및 기판이 동일하거나 유사한 면적 치수를 갖는 경우, 형성된 층으로부터의 슈퍼스트레이트를 완전히 분리하기 위해서 필요할 때 슈퍼스트레이트와 형성된 층 사이의 분리 균열을 개시시키고 전파시키는 것은 어렵다. 이러한 문제는 도 6 내지 도 8에 도시되는 구조 및 방법에 의해 해결될 수 있다. 도 6a 및 도 6b에 도시되는 바와 같이, 기판 척(604)은 기판(102) 상의 노치(608)와 정렬될 수 있는 척의 주연부에 위치된 후퇴가능 편(606)을 포함한다. 이러한 노치(예를 들어, 웨이퍼 노치)는 처리 및 취급 중에 웨이퍼를 배향시킬 목적으로 반도체 웨이퍼에 공통적이다. 동작 시에, 후퇴가능 편(606)은 기판(102) 상에 위치된 노치(608)와 정렬되어 위치설정된다. 분리를 개시하기 위해, 편(606)은 도 6a에 도시되는 바와 같이 노치(608)를 통해 상향으로 이동하고 슈퍼스트레이트(108)의 에지에서 지점(610)과 접촉한다. 편(606)에 의해 인가되는 힘은 슈퍼스트레이트(108)와 기판(102) 상의 경화된 층(146) 사이에서 분리 균열(601)을 개시시키기에 충분하다. 일단 균열(601)이 생성되면, 슈퍼스트레이트(108)의 에지는 슈퍼스트레이트 척(118)의 포트(305)를 통한 진공 압력의 인가에 의해 슈퍼스트레이트 척(118)을 향해 편향된다. 이는, 기판(102)으로부터 멀리 그리고 슈퍼스트레이트 척(118)을 향해 편향될 슈퍼스트레이트(108)의 에지를 위한 공간을 제공하는, 인접 랜드(307a)보다 더 짧은 슈퍼스트레이트 척(118)의 랜드(307b)에 의해 용이해진다. 균열(601)을 생성하기 위해 인가되는 힘은 슈퍼스트레이트, 평탄화된 막 층 및 기판의 기하학적 및 물리적 조건에 의존할 수 있다. 대안적으로, 도 6c에 도시되는 바와 같이, 균열(601)은 기판(102)과 슈퍼스트레이트(108) 사이에 양압을 도입함으로써 생성될 수 있다. 여기서, 기판 척(614)은 양의 유체 압력 소스(도시되지 않음)에 연결된 노즐(616)을 포함한다. 노즐(616)의 활성화 시에, 양의 유체 압력(P_1)이 분리 균열(601)을 개시시키기에 충분한 힘으로 노즐(616)을 통해 슈퍼스트레이트(118)의 에지의 지점(610)으로 전달된다. 양의 유체 압력은 깨끗한 건조 공기, 헬륨, 또는 질소의 유동을 포함할 수 있다. 균열(601)을 생성하는 동안, 슈퍼스트레이트(102)는 슈퍼스트레이트 척(118)에 보유되고, 기판(102)은 기판 척(104)에 의해 보유된다.

도 7 및 도 8은 분리의 진행을 도시한다. 도 7a는 기판 상의 형성된 층파의 (음영 영역에 의해 표시된 바와 같은) 완전 접촉 상태의 슈퍼스트레이트(118)의 평면도를 도시한다. 도 7b에서, 분리 균열(601)은 전술한 바와 같이 개시되었다. 일단 균열(601)이 개시되면, 음압 또는 진공의 높은 유동이 슈퍼스트레이트 척(118)의 외측 링 구역(303b)에 인가되어 슈퍼스트레이트(108)의 에지에 결합되고 외측 구역 링(303b) 둘레로 분리 균열(601)을 전파시킨다. 이러한 전파는 화살표(C)에 의해서 표시된 바와 같이 노치(608)로부터 양 방향으로 원주방향으로 진행된다. 외측 링 구역(303b)에 대한 균열(601)의 전파를 보조하기 위해, 균열 전파가 진행됨에 따라 추가의 측방향 공기 유동(도시되지 않음)이 기판(102)과 슈퍼스트레이트(108) 사이에 공급될 수 있다. 도 7c는 균열(601)이 외측 링 구역(303b) 둘레로 완전히 전파된 것을 도시한다.

일단 분리 균열이 외측 링 구역 둘레로 완전히 전파되면, 기판 상의 경화된 층으로부터의 슈퍼스트레이트(108)의 분리를 완료하기 위해 상향 운동이 슈퍼스트레이트(108)의 Z-축 방향을 따라 인가될 수 있다. 도 8은 기판(102)으로부터 완전히 분리된 슈퍼스트레이트(108)를 도시한다. 분리를 완료할 때, 기판(102)에 대한 슈퍼스트레이트(108)의 상당한 상향 운동은 슈퍼스트레이트(108)와 기판(102) 사이의 나머지 내부 접촉 영역에 전단 응력을 유발할 수 있다. 대안적으로, Z-방향 운동은 이전의 원하는 위치에서 정지될 수 있고, 분리는 내측 및/또는 중심 링 구역에 대한 지속된 진공 압력 인가를 통해 전진 및 종결될 수 있다. 이러한 전단 응력은 지속된 분리 동안 내측 링 구역(303a) 및/또는 중심 구역(301) 중 하나 이상에 진공을 인가함으로써 최소화될 수 있다.

도 9는 도 7 및 도 8에 설명되고 도시되는 바와 같은 분리 공정의 흐름도를 도시한다. 단계 S901에서, 슈퍼스트레이트(108)와 경화된 층 사이에서 분리 균열이 개시된다. 이어서, 단계(S902)에서 분리 균열이 슈퍼스트레이트(108)의 주연부 둘레로 전파된다. 단계 S903에서, 슈퍼스트레이트의 나머지 부분이 경화된 층으로부터 분리된다. 위에서 논의된 실시예에서, 슈퍼스트레이트(108) 및 기판(102)의 분리는 가압 편 또는 공기 압력과 같은 기계적 힘에 의해 균열을 생성하는 단계, 균열을 전파시키기 위해 외측 구역에 진공 압력을 인가하는 단계, 슈퍼스트레이트(108)를 확실하게 보유지지하는 단계, 슈퍼스트레이트를 상향으로 디크킹하는 것을 피하기에 충분히 안전한 힘으로 슈퍼스트레이트(108)를 Z-방향에서 상향으로 그리고 기판(102)으로부터 멀어지는 방향으로

이동시키는 단계, 및 분리를 완료하기 위해 상향 Z-방향 이동 중에 슈퍼스트레이트(108)의 중심에 진공을 인가하는 단계를 포함한다. 대안적으로 또는 상기 Z-방향 운동 방안과 조합하여, 분리의 전파는 또한 기판(도시되지 않음)의 하나 이상의 측면으로부터의 고압으로 면내(또는 측방향) 지향 유동을 연속적으로 인가함으로써 달성을 수 있다.

[0045] 도 6의 실시예에서, 균열 개시는 기계적 핀(606)(도 6a) 또는 유체 노즐(616)(도 6b) 중 어느 하나에 의해 웨이퍼 노치(608)를 통해 인가되는 상향력에 의해 개시된다. 도 10은 분리 균열을 개시시키도록 구성되는 기판 척의 추가 실시예를 도시한다. 여기서, 기판 척(624)은 슈퍼스트레이트(108) 및 기판이 비-동심원으로 배치될 때 분리 균열을 개시시킬 수 있는 별개의 후퇴가능 핀(626)을 포함한다. 이러한 비-동심 배치는 기판(102) 위로 돌출하는 슈퍼스트레이트(108)의 부분(628)을 초래한다. 균열(602)은 핀(626)의 이동을 통해 돌출 부분(110)에 힘을 인가함으로써 생성될 수 있다. 대안적으로, 돌출 부분(608)은 또한 기판보다 약간 더 큰 슈퍼스트레이트를 사용함으로써 획득될 수 있다. 이러한 방식으로, 슈퍼스트레이트(108)는 여전히 기판(102)과 동심으로 배치될 수 있다. 어느 경우든, 기판 척(624)은, 분리 균열을 개시하기 위해 슈퍼스트레이트 주연부 주위에 다수의 지점을 생성하기 위해 핀(626)으로부터 이격되는, 도 6a 또는 도 6b 또는 그밖의 실시예에서와 같은, 기계적 핀 또는 노즐을 추가로 포함할 수 있다.

슈퍼스트레이트 척

[0047] 전술한 바와 같이, 슈퍼스트레이트(108)는 바람직하게는 압력 또는 진공(음압)을 척킹 표면으로부터 연장되는 랜드(307)에 의해 형성되는 링 구역(303) 내의 슈퍼스트레이트와 척킹 표면 사이의 체적에 인가하는 슈퍼스트레이트 척(118)에 의해 보유 또는 지지된다. 최외측 랜드(307a)를 제외하고, 내측 랜드(307b)는 바람직하게는 인접한 내측 랜드(307b)들 사이의 간극의 깊이가 일정하게 유지되도록 동일한 높이를 갖는다. 랜드 높이(즉, 간극의 깊이)는 가스 충전 또는 배출 응답 시간의 최소화, 랜드 강성 특성, 팽창 또는 수축 같은 열 효과의 제한 등과 같은 이유로 통상적으로 매우 작게, 예를 들어 약 수십 내지 수천 미크론 정도로 유지된다. 동작 시에, 슈퍼스트레이트를 구역의 랜드에 대해 보유하기 위해서 링 구역에 진공이 인가되는 경우, 슈퍼스트레이트-랜드 계면에 진공 시일이 생성된다. 그러나, 충분한 힘 또는 압력이 척킹 진공의 반대 방향에서 슈퍼스트레이트에 인가되는 경우, 기판은 척의 랜드로부터 상승될 수 있다. 슈퍼스트레이트와 랜드 사이의 소정의 간극에서는, 진공 시일 실패 또는 다른 누설로 인해 구역 내에서 진공 압력이 감소되거나 심지어 제로가 된다. 이어서, 슈퍼스트레이트는 척으로부터 의도치 않게 디척킹될 수 있다. 또한, 슈퍼스트레이트가 디척킹되지 않는 경우에도, 예를 들어 도 4 및 도 5의 공정에서 인접 링 구역에서 진공 압력을 순차적으로 해제하는 경우에, 진공 누설이 필요한 제어의 레벨을 방해할 수 있다. 외측 랜드에서의 이러한 누설은 또한 도 4 내지 도 5의 공정에서 슈퍼스트레이트의 원하는 외측 에지 만곡의 제어된 보유에 부정적인 영향을 미칠 수 있다. 유사하게, 외측 랜드 누설은 도 7 내지 도 9의 공정에서 분리 균열 개시 및 전파를 방해할 수 있다.

[0048] 이러한 바람직하지 않은 누설에 대응하기 위해, 도 11a 및 도 11b에 도시되는 바와 같이 트렌치 구조(1109)를 통합하는 슈퍼스트레이트 척(1118)이 제공된다. 슈퍼스트레이트 척(118)과 유사하게, 슈퍼스트레이트 척(1118)은 마찬가지로 슈퍼스트레이트 척(1118)의 표면(1119)으로부터 돌출하는 일련의 내측 랜드(307a) 및 주변 랜드(307b)로 형성될 수 있는 복수의 랜드(307)를 포함한다. 도 11b 및 도 12에 도시되는 바와 같이, 표면(1119)은 슈퍼스트레이트(108)를 보유지지 또는 보유하기 위한 보유지지 또는 보유 표면이다. 일련의 내측 구역(303a)이 랜드(307a)에 의해 형성된다. 링 구역(303) 중 적어도 하나에서, 척(1118)의 표면으로부터 리세스되는 트렌치(1109)가 형성된다. 트렌치는 동심이며 링 구역의 대응하는 랜드 사이에 위치설정될 수 있다. 내측 링 구역(303a)에 형성된 트렌치(1109a)는 연관된 내측 링 구역 폭과 관련하여 척(1118)의 중심에서 면 위치에 위치설정된다. 대조적으로, 주변 링 구역(303b)에 형성된 트렌치(1109b)는 외측 구역 링 폭에 관해서 기판 척(1118)의 중심에 근접한 영역에 위치설정된다. 즉, 내측 링 구역(303a)에 형성된 트렌치(1109a)는 대응 내측 링 구역(303a)의 외경부에 형성되는 한편, 주변 링 구역(303b)에 형성된 트렌치(1109b)는 주변 구역(303b)의 내경부에 형성된다.

[0049] 동작 시에, 트렌치(1109)는 트렌치에서 면 랜드와 슈퍼스트레이트 사이에 간극이 존재할 때도 슈퍼스트레이트에 지속적으로 작용하는 높은 진공 압력의 균일한 소스를 제공하는 베파로서 작용한다. 이러한 방식에서, 진공의 순차적인 외향 반경방향 해제 및 중심 구역 및 인접 링 구역으로의 양압의 인가는 제어된 방식으로 진행될 수 있다. 즉, 원위 랜드에서 간극을 생성하기에 충분하게 슈퍼스트레이트를 편향시킬 수 있는 양으로 인접 내측 구역에 양압이 인가되는 바로 그때, 주어진 링 구역의 인가된 진공 압력은 유지될 수 있다. 즉, 트렌치(1109)의 제공은 의도된 공정에 대해 방해 없이 일부 누설이 허용될 수 있게 한다. 유사하게, 더 작은 외측 랜드 높이를 갖는 주변 링 구역에 위치되는 트렌치(1109b)는 외측 랜드에 작은 간극이 존재하는 경우에도 외측 링 구역

에 적절한 진공 압력을 유지하도록 동작한다. 이는, 심지어 일부 누설이 존재하는 경우에도, 퇴적된 성형가능 재료 액적의 최종 확산 및 병합(도 4d 참조) 그리고 분리 균열 개시 및 전파(도 6 참조) 모두를 위해서 슈퍼스트레이트의 외측 주연부가 원하는 만곡으로 유지될 수 있게 한다.

[0050] 도 12는 예시적인 트렌치 구조체(1109b)의 확대 단면도이다. 원하는 진공 완충 성능을 달성하기 위해 필요한 링 구역 내의 특정 트렌치 치수 및 관련 위치는 슈퍼스트레이트 척 랜드 높이 및 링 구역 폭에 의존한다. 도 12에 도시된 예에서, 트렌치(1109b)는 링 구역(303b) 내에 위치되고 척 표면으로부터 리세스된다. 이 예에서, 외측 랜드(307b)는 내측 랜드(307a)의 높이(h_2)보다 작은 높이(h_1)를 갖는다. 전형적인 사용에서, 랜드 높이의 차이는 약 5 미크론 내지 약 50 미크론의 범위일 수 있다. 링 구역(303b)은 폭(d)을 갖는다. 트렌치(1109b)는 제1 에지가 랜드(307b)로부터 거리(d_1)에 그리고 제2 에지가 랜드(307a)로부터 거리(d_2)에 위치설정된다. 트렌치(1109b)는 깊이(h_3) 및 폭(d_3)을 갖는다. 본 실시예에서, 이들 파라미터 사이의 관계는 다음의 조건을 만족시킨다:

$$[0051] h_1 < h_2$$

$$[0052] h_3 > 10h_2$$

$$[0053] d_3 < 0.5d$$

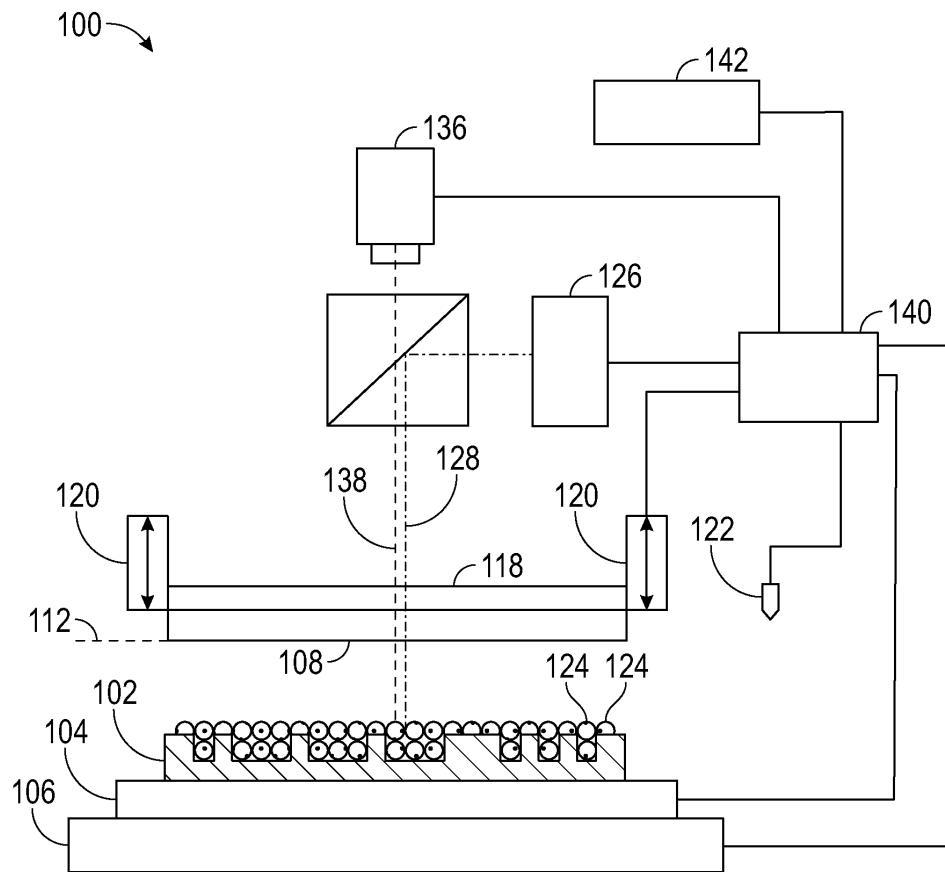
$$[0054] d_1 > d_2 + d_3.$$

[0055] 트렌치(1109b)를 압력 공급부(도시되지 않음)에 연결하는 포트(305)는 트렌치와 교차하거나 트렌치 내부에 달리 위치된다. 포트가 트렌치와 교차하지 않는 경우, 필요한 고압은 유지될 수 없고, 트렌치는 비효율적이다. 상기 실시예에서, 외측 랜드(h_1)는 누설이 발생할 것으로 예상되는 곳이다. 내측 링 트렌치(1109b)에 대해서는, 랜드 높이는 동일할 수 있는데, 즉 $h_1 = h_2$ 일 수 있다. 이 경우, 거리(d_1)는 누설이 예상되는 지정된 랜드(즉, h_1 또는 h_2)로부터 측정된다. 예를 들어, 도 11a 및 도 11b의 실시예에서, 내측 링 구역(303a)은 도 4 및 도 5 와 연관된 공정에서 설명된 바와 같이 링 구역의 순차적인 진공 해제 및 후속하는 가압 중에 내측 랜드에서의 누설을 경감하기 위해서 (척 중심으로부터 반경방향으로 측정될 때) 그 각각의 링 구역의 외측 랜드에 가깝게 위치설정되는 트렌치(1109a)를 포함한다.

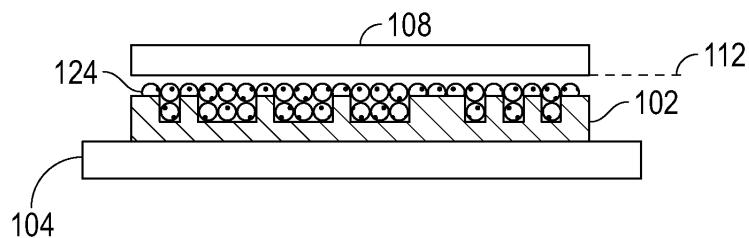
[0056] 다양한 양태의 추가의 변형에 및 대안적인 실시예는 본 설명의 관점에서 통상의 기술자에게 명백할 것이다. 따라서, 본 설명은 단지 예시로서 해석되어야 한다. 본 명세서에 개시되고 설명된 형태는 실시예의 예로서 취해져야 한다는 것이 이해되어야 한다. 요소 및 재료는 본원에 도시되고 설명된 것에 대해 대체될 수 있고, 부품 및 공정은 반대로 될 수 있으며, 어떤 특징은 독립적으로 이용될 수 있으며, 이들 모두는 본 설명의 도움을 받은 후에 통상의 기술자에게 명확할 것이다.

도면

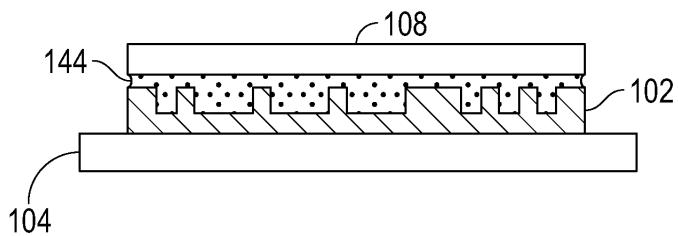
도면1



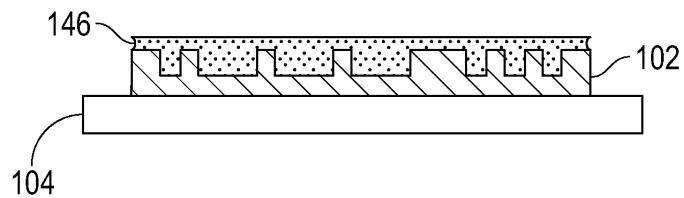
도면2a



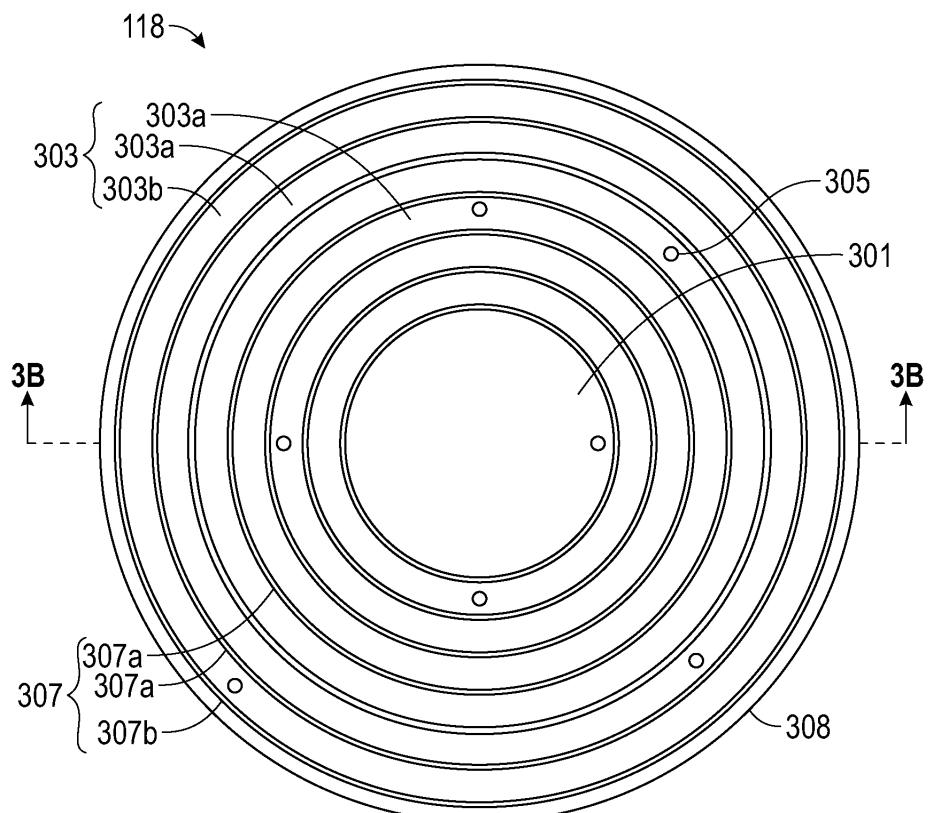
도면2b



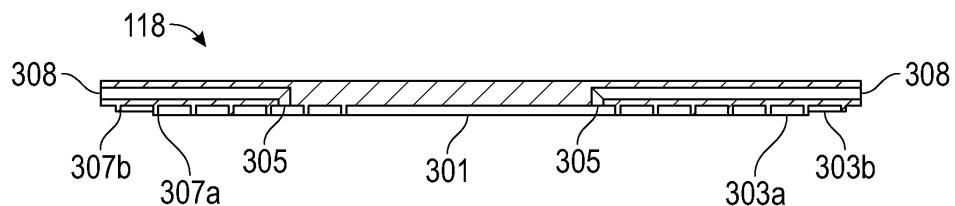
도면2c



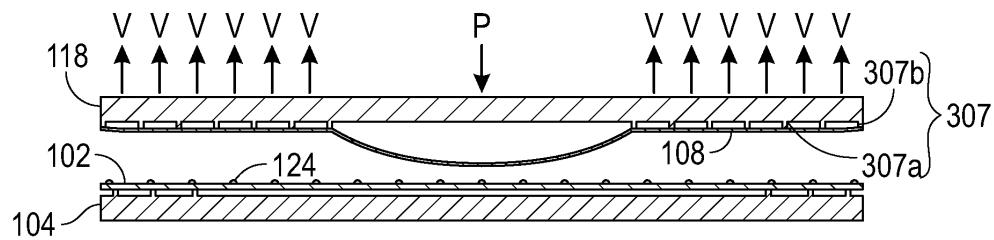
도면3a



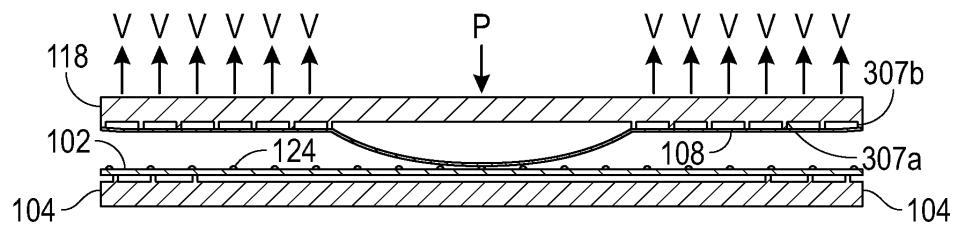
도면3b



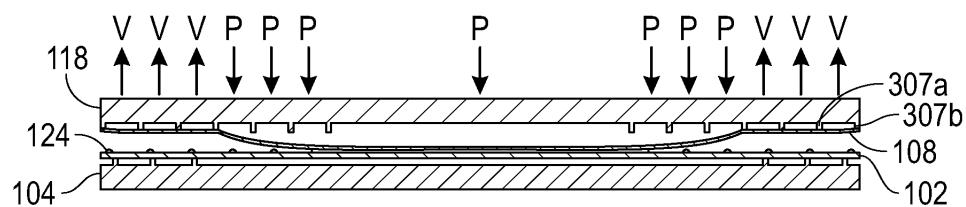
도면4a



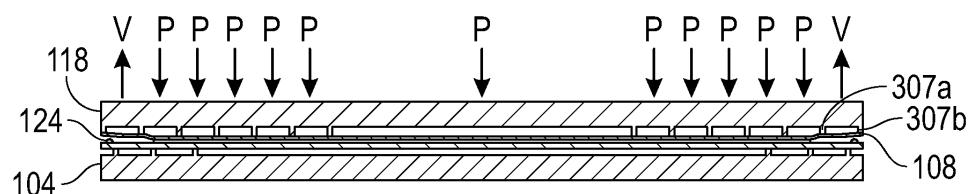
도면4b



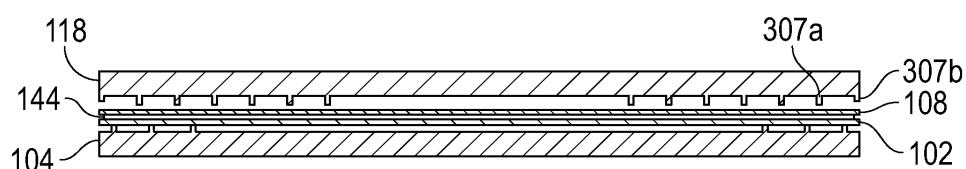
도면4c



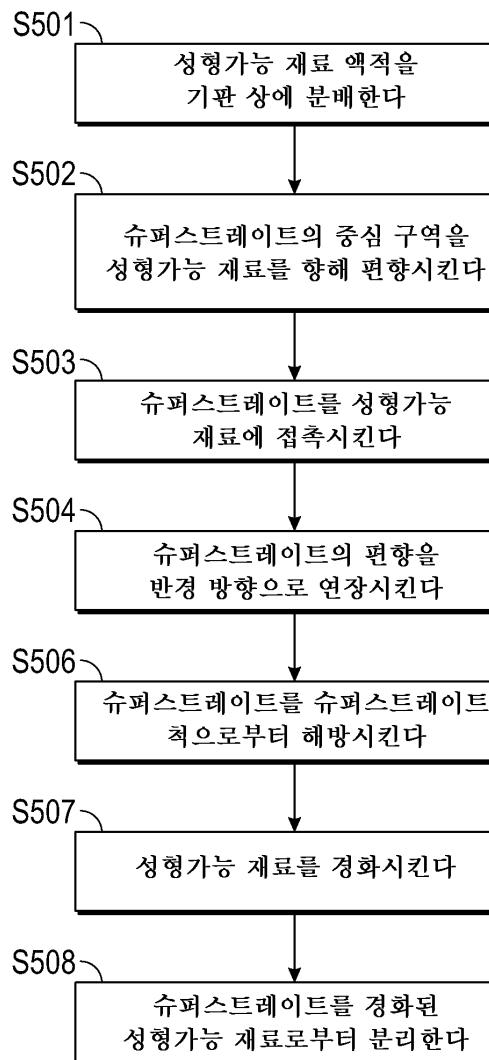
도면4d



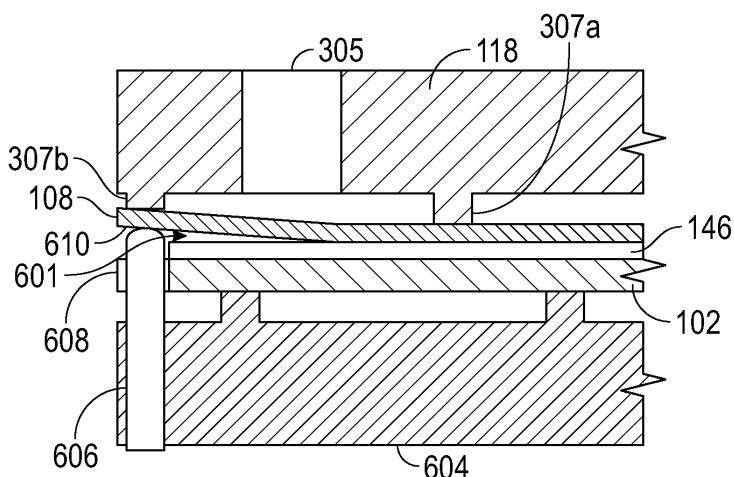
도면4e



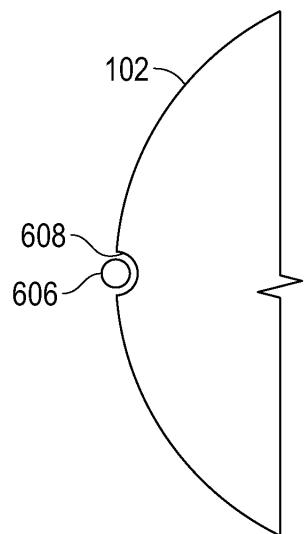
도면5



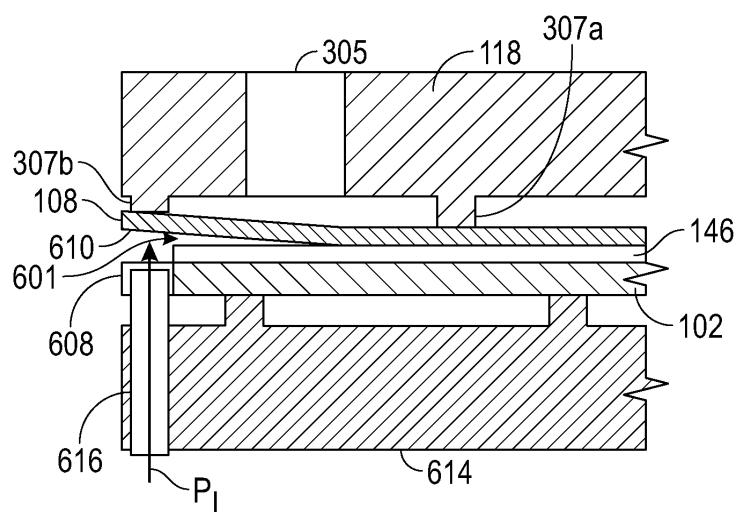
도면6a



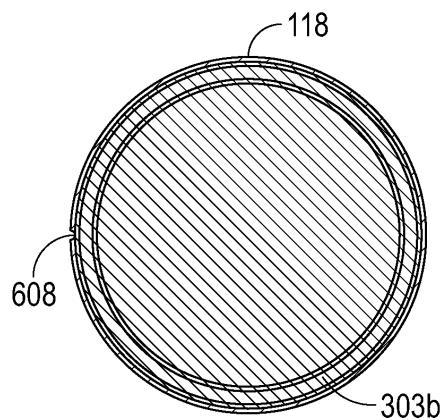
도면6b



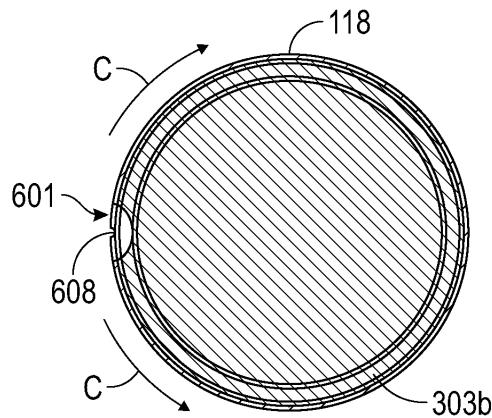
도면6c



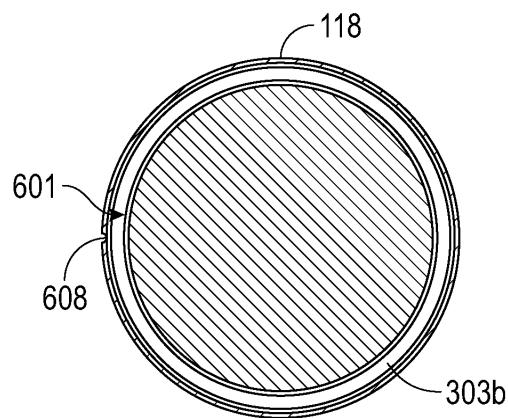
도면7a



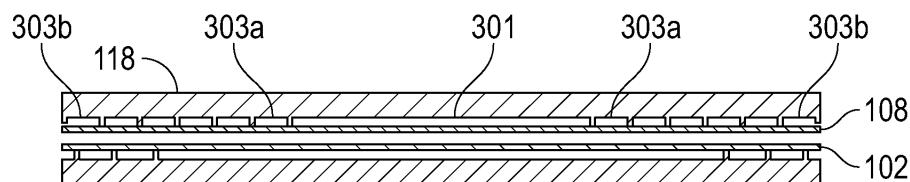
도면7b



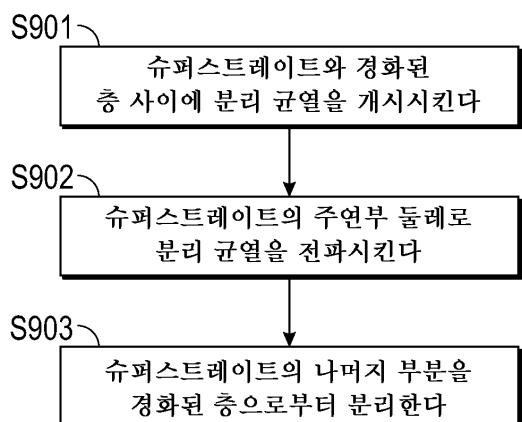
도면7c



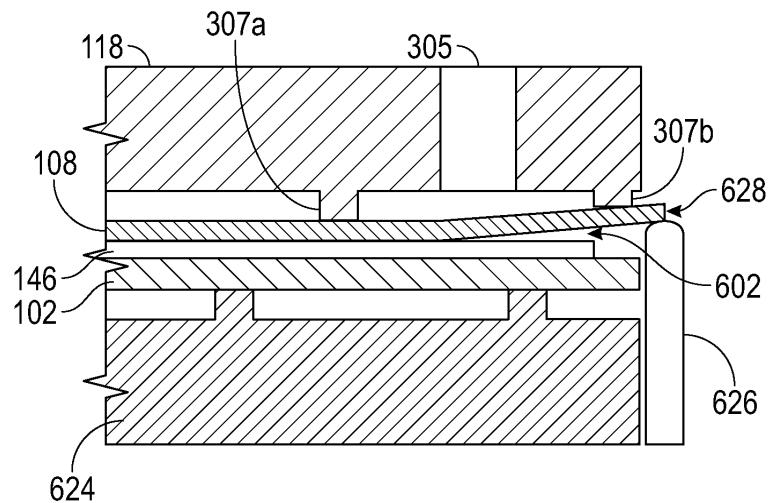
도면8



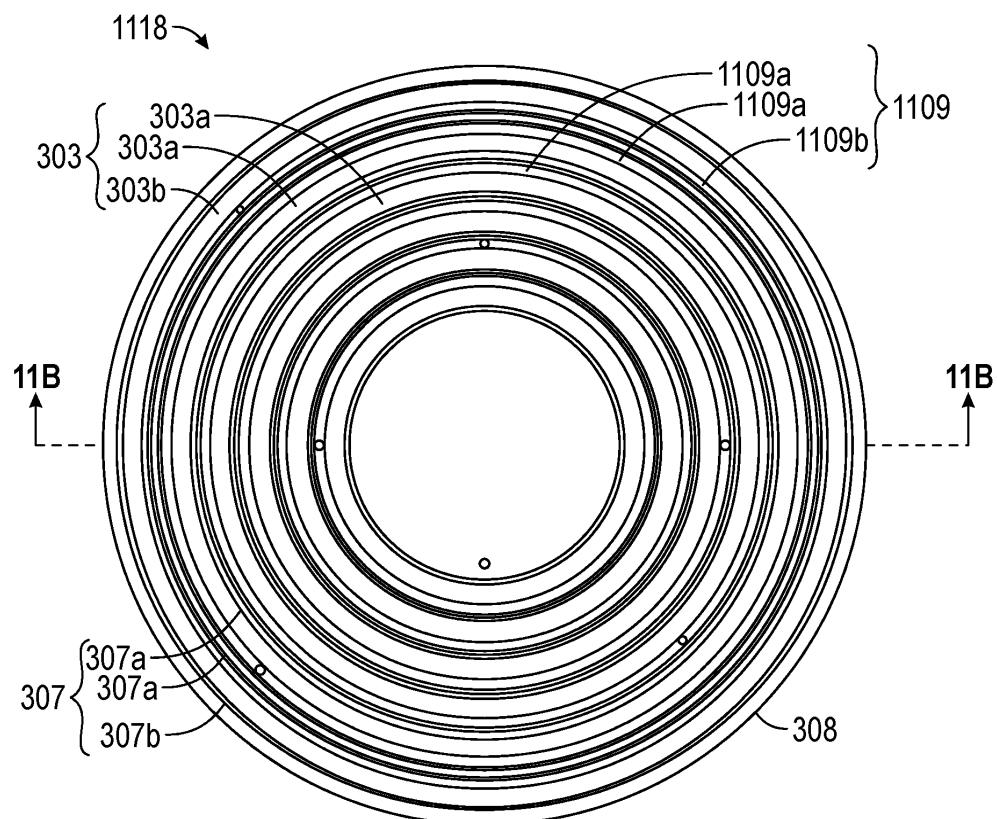
도면9



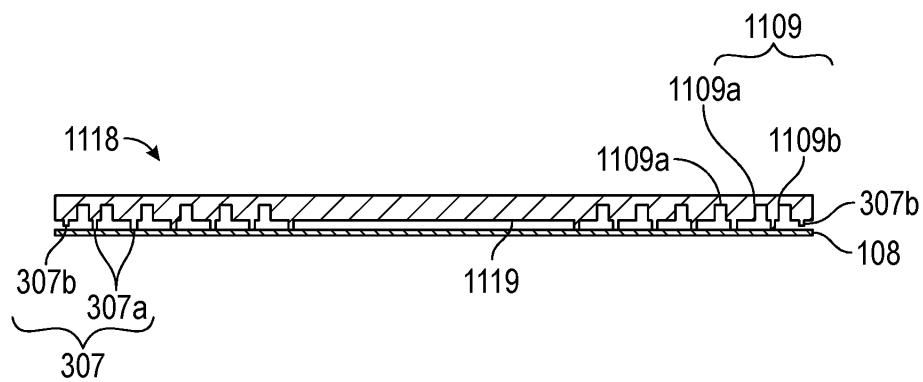
도면10



도면11a



도면11b



도면12

