



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2014-0064981
(43) 공개일자 2014년05월28일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 31/18 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2014-7010344
(22) 출원일자(국제) 2012년09월22일
심사청구일자 **없음**
(85) 번역문제출일자 2014년04월17일
(86) 국제출원번호 PCT/US2012/056769
(87) 국제공개번호 WO 2013/044180
국제공개일자 2013년03월28일
(30) 우선권주장
61/538,489 2011년09월23일 미국(US)

(71) 출원인
1366 테크놀로지 인코포레이티드
미국 매사추세츠 02421, 렉싱턴, 하트웰 애비뉴
45
(72) 발명자
삭스 에마뉴엘 엠.
미국 매사추세츠 02459 뉴턴 모어랜드 애비뉴 18
(74) 대리인
황의만

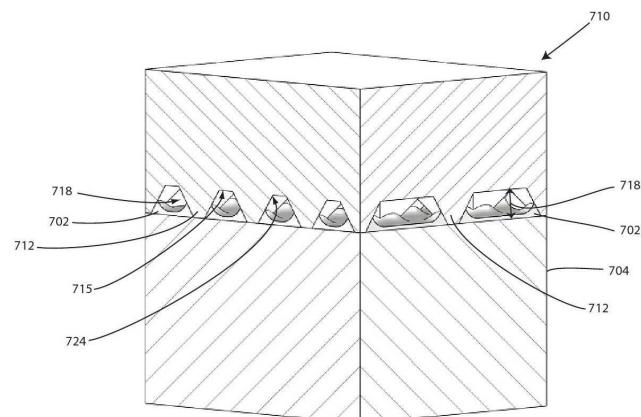
전체 청구항 수 : 총 32 항

(54) 발명의 명칭 간극을 남기는 언더필파 스템프에 대한 펠스 인가를 포함하는, 스템프를 이용하여 기판 상의 연성 재료를 각인하는 기술

(57) 요 약

기판 상의 유동성 레지스트 재료에 패턴을 부여하는 방법은, 스템프 웨징 프로세스 동안에, 레지스트가 웨지 돌출부 사이의 스템프의 바닥면과 기판과의 사이의 공간을 완전히 채우지 않고, 이를 사이의 모든 곳에 간극을 남겨둘 수 있을 정도로 얇은, 레지스트층을 제공하는 단계를 수반한다. 레지스트와 스템프의 확장면 사이에는 간극이 남아 있다. 중착된 레지스트층이 목표량보다 약간 더 두껍다면, 레지스트와 툴 사이의 간극이 간단히 더 좁아질 것이다. 연속적인 간극의 존재는, 스템프 아래에 압력이 형성되지 않는다는 것을 보증한다. 따라서, 돌출부에 가해지는 힘은 스템프 위의 압력에 의해서만 결정되어 잘 제어되며, 그 결과 구멍 크기가 잘 제어된다. 간극은 임의의 한 영역으로부터 레지스트가 완전히 펌핑되어 나가게 되는 것을 방지하여, 어떠한 영역도 레지스트가 덮여 있지 않은 상태가 되는 것을 방지한다. 스템프는 기판과 접촉해 있는 상태에서 펠스가 인가될 수 있고, 압입 돌출부가 반복적으로 변형될 수 있다. 몇 차례의 펠스에 의해 스컴층이 소거되어, 정규 기간 동안의 정규 에칭이 기판 재료를 에칭 제거하는 정도를 비교하는 에칭 시험 비교에 의해 측정된 바와 같이, 한 번 눌러 스컴층을 소거하는 경우보다 나은 결과가 얻어진다. 기판 상의 유동성 레지스트 재료에 패턴을 부여하는 방법은, 스템프 웨징 프로세스 동안에, 레지스트가 웨지 돌출부 사이의 스템프의 바닥면과 기판과의 사이의 공간을 완전히 채우지 않고, 이를 사이의 모든 곳에 간극을 남겨둘 수 있을 정도로 얇은, 레지스트층을 제공하는 단계를 수반한다. 레지스트와 스템프의 확장면 사이에는 간극이 남아 있다.

대 표 도 - 도7



특허청구의 범위

청구항 1

재료의 패턴을 기판에 부여하는 방법으로서,

- a. 기판 및 스템프를 제공하는 단계로서, 상기 스템프에는 변형 가능한 특징부가 간격을 두고 배치되어 있고, 상기 특징부는 스템프의 확장면으로부터 돌출되어 있으며 소정 길이를 갖는 것인 기판 및 스템프 제공 단계;
 - b. 유동 온도까지 가열시에 유동성을 갖게 되는 재료를, 기판의 적어도 한 영역에 제공하는 단계로서, 상기 재료는 상기 특징부의 길이보다 짧은 깊이로 마련되는 것인 유동성 재료 제공 단계;
 - c. 상기 유동성 재료와 상기 돌출 특징부를 접촉시키는 단계;
 - d. 상기 돌출 특징부와는 반대편에 있는 스템프의 측에 제1 압력을,
 - i. 상기 돌출 특징부가 상기 유동성 재료에 침입하고;
 - ii. 기판과의 접촉시에, 상기 유동성 재료의 표면의 대부분에 걸쳐, 상기 유동성 재료와 상기 스템프의 확장면 사이에 간극이 존재하는 규모로, 상기 돌출 특징부가 변형되는 정도로 인가하는 단계;
 - e. 상기 유동성 재료가 유동할 수 있게 되기 위해 충분한 온도로 상기 유동성 재료를 가열하는 단계; 및
 - f. 상기 기판에 있어서 패터닝 재료가 덮고 있는 영역을 드러내도록 스템프를 후퇴시키는 단계
- 를 포함하는 방법.

청구항 2

재료의 패턴을 기판에 부여하는 방법으로서,

- a. 기판 및 스템프를 제공하는 단계로서, 상기 스템프에는 변형 가능한 특징부가 간격을 두고 배치되어 있고, 상기 특징부는 스템프의 확장면으로부터 돌출되어 있으며 소정 길이를 갖는 것인 기판 및 스템프 제공 단계;
 - b. 유동 온도까지 가열시에 유동성을 갖게 되는 재료를, 기판의 적어도 한 영역에 제공하는 단계;
 - c. 상기 유동성 재료와 상기 돌출 특징부를 접촉시키는 단계;
 - d. 상기 돌출 특징부와는 반대편에 있는 스템프의 측에 제1 압력을,
 - i. 상기 돌출 특징부가 상기 유동성 재료에 침입하고;
 - ii. 상기 기판과의 접촉시에, 상기 돌출 특징부가 변형되는 정도로 인가하는 단계;
 - e. 상기 돌출 특징부의 변형이 감소되는 정도로 상기 제1 압력보다 낮은 제2 압력을 인가하는 단계;
 - f. 상기 돌출 특징부와는 반대편에 있는 스템프의 측에 상기 제2 압력보다 큰 압력을 인가하는 단계;
 - g. 단계 f 이전에 또는 도중에, 상기 유동성 재료가 유동하게 되기 위해 충분한 온도로 상기 유동성 재료를 가열하는 단계; 및
 - h. 상기 기판에 있어서 패터닝 재료가 덮고 있는 영역을 드러내도록 스템프를 후퇴시키는 단계
- 를 포함하는 방법.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 유동성 재료를 냉각시키는 냉각 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 4

제3항에 있어서, 상기 유동성 재료가 비유동 상태가 되도록 상기 냉각 단계가 수행되는 것인 방법.

청구항 5

제2항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 제1 압력을 인가하는 단계는, 상기 스탬프의 특징부의 소정 면적 규모가 기판과 밀접하여 탄성적으로 변형되어 있도록, 압력을 인가하는 것을 포함하는 것인 방법.

청구항 6

제1항 내지 제5항 중 어느 한 항에 있어서, 패터닝된 재료는, 이전에 유동성 재료로 덮여 있었지만, 유동성 재료에 의해 덮여 있지 않은 기판의 적어도 하나의 무피복 영역을 포함하는 것인 방법.

청구항 7

제6항에 있어서, 상기 무피복 영역은 예칭 시험에 의해 결정되는 바에 따라 피복되어 있지 않는 것인 방법.

청구항 8

제6항 또는 제7항에 있어서, 상기 무피복 영역은 스탬프의 돌출 특징부에 대응하는 것인 방법.

청구항 9

제1항 내지 제8항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 스탬프의 탄성 계수는 약 50 MPa 미만이고, 바람직하게는 약 0.5 MPa 내지 약 35 MPa이며, 더 바람직하게는 약 2 MPa 내지 약 15 MPa인 것인 방법.

청구항 10

제1항 내지 제9항 중 어느 한 항에 있어서, 패터닝된 기판을 후속 예칭 처리 단계를 받게 하는 것을 더 포함하는 방법.

청구항 11

제1항 내지 제10항 중 어느 한 항에 있어서, 유동성을 갖게 되는 재료는 왁스를 포함하는 것인 방법.

청구항 12

제1항 내지 제11항 중 어느 한 항에 있어서, 유동성을 갖게 되는 재료는 수지를 포함하는 것인 방법.

청구항 13

제1항 내지 제12항 중 어느 한 항에 있어서, 유동성을 갖게 되는 재료는 로진을 포함하는 것인 방법.

청구항 14

제1항 내지 제13항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 재료는 약 100°C 미만의 온도에서 유동성을 갖게 되는 것인 방법.

청구항 15

제1항 내지 제14항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 재료는, 상기 유동 온도에서 약 5,000 cps 내지 약 500,000 cps의 점성, 바람직하게는 약 20,000 cps 내지 약 200,000 cps의 점성을 갖는 유동성을 갖게 되는 것인 방법.

청구항 16

제15항에 있어서, 상기 재료는, 적어도 약 2°C, 바람직하게는 적어도 약 5°C의 온도 범위에 걸쳐, 상기 특정한 범위 내의 점성을 갖는 유동성을 갖게 되는 것인 방법.

청구항 17

제1항 내지 제16항 중 어느 한 항에 있어서, 유동성을 갖게 되는 재료는 2 이상의 성분을 포함하는 것인 방법.

청구항 18

제2항 내지 제17항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 스탬프에 대해 제1 압력을 인가하는 단계는, 약 0.5초 내지 약 10초의, 바람직하게는 약 1초 내지 약 5초의 접촉 시간 동안 행해지는 것인 방법.

청구항 19

제1항 내지 제18항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 돌출 특징부는 약 2 미크론 내지 약 20 미크론, 바람직하게는 약 10 미크론의 길이를 갖는 것인 방법.

청구항 20

제1항 내지 제19항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 유동성을 갖게 되는 재료를 제공하는 단계는, 약 5 미크론 미만의 깊이의 재료를 제공하는 것을 포함하는 것인 방법.

청구항 21

제1항 내지 제19항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 유동성을 갖게 되는 재료를 제공하는 단계는, 약 0.7 미크론 내지 약 5 미크론의, 바람직하게는 약 3.5 미크론 미만의 깊이의 재료를 제공하는 것을 포함하는 것인 방법.

청구항 22

제1항 내지 제21항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 돌출 특징부는 기저부와 선단을 갖는 특징부를 포함하고, 상기 선단은 라운딩되어 있으며, 상기 특징부는 상기 기저부로부터 상기 선단을 향해 갈수록 직경이 줄어드는 실질적으로 원형인 단면을 갖는 것인 방법.

청구항 23

제1항 내지 제22항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 돌출 특징부는 기저부와 선단을 갖는 특징부를 포함하고, 상기 선단은 적어도 한 양태에서 뾰족한 첨단을 갖는 것인 방법.

청구항 24

제1항 내지 제23항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 돌출 특징부는 적어도 한 양태에서 삼각형 단면을 갖는 것인 방법.

청구항 25

제1항 내지 제23항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 돌출 특징부는 적어도 한 양태에서 사다리꼴 단면을 갖는 것인 방법.

청구항 26

제1항 내지 제25항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 스템프는 피라미드형의 뾰족한 돌출 특징부를 포함하는 것인 방법.

청구항 27

제1항 내지 제26항 중 어느 한 항에 있어서, 광전지를 형성하도록 상기 기판을 처리하는 것을 더 포함하는 방법.

청구항 28

제2항 내지 제27항 중 어느 한 항에 있어서, 단계 (d), (e) 및 (f)가, 적어도 초당 1/2 펄스의 주파수로 수행되는 펄스 사이클을 형성하는 것인 방법.

청구항 29

제2항 내지 제28항 중 어느 한 항에 있어서, 제1 압력을 인가하는 단계는 약 0.25 atm 케이지 내지 약 2 atm 케이지의 압력을 인가하는 것을 포함하고, 제2 압력을 인가하는 단계는 약 0.1 atm 케이지 내지 약 1 atm 케이지의 압력을 인가하는 것을 포함하는 것인 방법.

청구항 30

제2항 내지 제29항 중 어느 한 항에 있어서, 단계 (e) 및 (f)를 적어도 2회 추가적으로 반복하는 것을 더 포함

하는 방법.

청구항 31

제1항 내지 제30항 중 어느 한 항에 있어서, 재료의 벤치마크 유닛 깊이가, 유동성 재료와 확장면 사이에 간극이 존재하지 못하게 하며, 상기 재료를 제공하는 단계는, 상기 표면의 대부분에 걸쳐서의 간극이 0.9 벤치마크 유닛 내지 0.3 벤치마크 유닛의 규모를 갖도록 재료를 제공하는 것을 포함하는 것인 방법.

청구항 32

제1항 내지 제30항 중 어느 한 항에 있어서, 재료의 벤치마크 유닛 깊이가, 유동성 재료와 확장면 사이에 간극이 존재하지 못하게 하며, 상기 재료를 제공하는 단계는, 상기 표면의 대부분에 걸쳐서 0.1 벤치마크 유닛 내지 0.7 벤치마크 유닛의 깊이로 재료를 제공하는 것을 포함하는 것인 방법.

명세서

기술 분야

관련 문헌

[0001] 2011년 9월 23일자로, "TECHNIQUES FOR IMPROVED IMPRINTING OF SOFT MATERIAL ON SUBSTRATE USING STAMP INCLUDING UNDERFILLING TO LEAVE A GAP AND PULSING STAMP"란 제목으로 출원된 미국 가출원 제61/538,489호의 이권이 본원에 주장되어 있고, 상기 가출원의 전체 내용은 본원에 참조로 인용되어 있다.

[0002] 미국을 지정국으로 한 PCT 출원이 본원과 동일자로 Emanuel M. Sachs et al.의 명의로 출원되었는데, 이 PCT 출원은 미국특허청의 전자 출원 시스템에 의해, "METHODS AND APPARATI FOR HANDLING, HEATING AND COOLING A SUBSTRATE UPON WHICH A PATTERN IS MADE BY A TOOL IN HEAT FLOWABLE MATERIAL COATING, INCLUDING SUBSTRATE TRANSPORT, TOOL LAYDOWN, TOOL TENSIONING, AND TOOL RETRACTION"란 제목으로 대리인 서류 번호 제 1366-0073PCT호로 제출되었고, 이 PCT 출원은 2011년 9월 23일자로 동일 제목으로 출원인 미국 가출원 제 61/538,542호를 우선권으로 주장한다. 상기 PCT 출원은 본원 명세서에서는 공동 계류중인 출원이라 하며, 그 내용이 본원에 참조로 인용되어 있다. 상기 우선권 주장 가출원도 그 내용이 본원에 참조로 인용되어 있다.

배경기술

[0003] 특정의 처리 계획 및 기본 설계개념이, 2008년 2월 15일자로 "SOLAR CELL WITH TEXTURED SURFACES"란 제목으로 출원된 PCT 출원 PCT/US2008/002058호에 개시되어 있는데, 이 PCT 출원은 Emanuel M. Sachs와 James F. Bredt, 그리고 The Massachusetts Institute of Technology 명의의 것이고, 미국을 지정국으로 하였으며, 이 PCT 출원의 국내 단계 진입 출원인 미국 특허 출원 제12/526,439호는 2012년 9월 4일자로 미국 특허 제8257998호로 허여 되었고, 2007년 2월 15일자로 출원된 미국 가출원 제60/901,511호와 2008년 1월 23일자로 출원된 미국 가출원 제61/011,933호를 우선권으로 주장한다. 상기한 PCT 출원, 미국 특허, 미국 특허 출원 및 2개의 미국 가출원 모두가, 그 내용이 본원에 참조로 인용되어 있다. 이들 출원에 개시된 기술은, 총괄적으로 SAC(Self Aligned Cell) 기술이라 한다.

[0004] 특정 추가적인 처리 방법 및 장치가, 2009년 4월 17일자로 "WEDGE IMPRINT PATTERNING OF IRREGULAR SURFACE"란 제목으로 출원된 PCT 출원 PCT/US2009/002423호에 개시되어 있는데, 이 PCT 출원은 Benjamin F. Polito와, Holly G. Gates와, Emanuel M. Sachs와, The Massachusetts Institute of Technology, 그리고 1366 Industries Inc. 명의의 것이고, 미국을 지정국으로 하였으며, 이 PCT 출원의 국내 단계 진입 출원인 미국 특허 출원 제12/937,810호는 또한 2008년 4월 18일자로 출원된 미국 가출원 제61/124,608호와 2008년 12월 12일자로 출원된 미국 가출원 제61/201,595호를 우선권으로 주장한다. 상기한 PCT 출원, 미국 특허 및 2개의 미국 가출원 모두가, 그 내용이 본원에 참조로 인용되어 있다. 본 단락에 언급되어 있는 출원들에 개시된 기술을, 본원 명세서에는 총괄적으로 웨지 임프린트 기술 또는 웨징 기술이라 하지만, 일부 예에서는 웨지와 다른 형상을 지닌 돌출부가 사용될 수도 있다. 상기한 관련 출원들은 이하에서 웨징 용례라 한다.

[0005] 요컨대, 이러한 웨지 임프린트 기술에는 여러 방법이 포함된다. 광전지 용도의 및 그 밖의 용도의 특정 조직을 갖는 패터닝된 기판을 제조한다. 도 1, 도 2, 도 3, 도 4, 도 5 및 도 6을 참조로 하여 나타내어진 바와 같이, 기판은 기판 웨이퍼(204)를 덮는 레지스트 재료의 박층(202)의 위에 플렉시블 스템프(110)의 돌출부(112)를 각 인시킴으로써 제조된다. 사용되는 스템프 툴은, 레지스트 피막(202)을 미리 도포해 놓은 기판 또는 웨이퍼(204)

4)와 접촉할 때 변형될 수 있을 정도로 충분한 연성을 갖는 재료(통상적으로는 엘라스토머 재료)로 이루어진다. 도 3은 레지스트 피막(202)의 표면(203)과 접촉하는 칼나의 스템프(110)의 돌출부(112)를 보여준다. 레지스트는 가열시 연성을 갖게 되고, 가열 및 가압의 조건하에서 돌출부(112)의 각인 위치로부터 옮겨져, 돌출부에 인접한 기판의 영역이 드러나게 된다. 스템프가 레지스트에 접촉하기 이전 혹은 이후에, 또는 이전과 이후 모두에, 더 나아가 스템프가 레지스트에 접촉하고 있는 동안에도, 레지스트를 가열할 수 있다. 그 후, 스템프(110)가 그 자리에 있는 상태에서 기판을 냉각시키고, 도 5에 도시된 바와 같이 스템프를 분리시키면, 레지스트가 옮겨져 있는 기판의 영역(522)은 구멍(521) 아래에 노출된 상태로 남겨지게 된다. 기판에는 추가적으로 모종의 성형 프로세스, 통상적으로는 에칭 프로세스가 행해진다. 도 6에서 도면부호 622(에칭 제거됨)와 623(에칭되지 않거나 혹은 덜 에칭됨)으로 나타내어진 바와 같이, 기판의 노출된 부분(522)은 에칭 등의 조치에 의해 제거되고, 기판에 있어서 레지스트에 의해 보호되고 있는 부분은 남겨진다.

[0007] 통상의 기판은 실리콘이고, 통상의 레지스트는 왁스 또는 왁스와 수지의 혼합물이다. 스템프는 반복해서 사용될 수 있다. 스템프의 돌출부는 도시된 피라미드형 요소(112)와 같이, 간격을 두고 분리되어 있을 수 있다. 또는 스템프의 돌출부는 웨징 용례에 나타내어진 바와 같이, 확장 쇄기 형상의 요소일 수 있다. 또는 스템프의 돌출부는 이들의 조합일 수 있고, 또는 레지스트 재료가 본래의 피복 조건으로부터 옮겨지게 할 수 있는 임의의 적절한 다른 형상일 수 있다.

[0008] 따라서, 스템프는 피가공물 상의 레지스트층을 패터닝하는 데 사용되고, 이후에 상기 피가공물에는 피가공물을 성형하는 다른 성형 단계가 행해진다. 이후에 상기 피가공물은 광전지 용도로 또는 그 밖의 용도로 사용될 수 있다. 상기 피가공물에 부여될 수 있는 조직으로는, 확장 홈과, 간격을 두고 분리되어 있는 피트(pit), 그리고 이들의 조합 뿐만 아니라 이들의 중간체 등이 있다. 피가공물을 패터닝하는 데에는, 압반 기판 또는 회전 기반 기술이 사용될 수 있다. 확장 스템프 요소를 사용함으로써, 거칠고 불규칙한 피가공 기판은, 스템프의 소정 형상의 부분이 피가공물의 표면에 접촉하는 것을 보장하도록 맞춰질 수 있다. 임의의 적절한 수단에 의해, 예컨대 압반을 병진시키는 것에 의해, 또는 바람직하게는 가요성 멤브레인을 가로질러 존재하는 압력차의 영향을 받아 병진하는 가요성 멤브레인에 스템프를 장착하는 것에 의해, 스템프는 피가공물을 압박하게 될 수 있다. 가요성 멤브레인은 팽창되는 블래더의 일부분일 수 있다. 웨징 용례에 기술된 전술한 방법들은 본원 명세서에서 웨지 임프린팅 또는 웨징이라 한다.

[0009] 한 가지 웨징 기법에서는, 도 4에 개략적으로 도시된 바와 같이, 각인 프로세스 동안에, 소정량의 레지스트(402)가 돌출부(112) 사이에 있는 스템프(110)의 확장면(115)과 기판(204)과의 사이의 체적(418)을 실질적으로 완전히 채우도록, 충분한 레지스트(402)가 제공된다(본원 명세서에서는 충전 체적법이라고도 함). (도 3과 도 4와 동일한 스케일이 아니라는 점을 유의해야 할 필요가 있다.) 스템프를 분리하면, 도 5에 도시된 바와 같이, 돌출부(112)가 있었던 곳에 개구(522)가 남는다.

[0010] 충전 체적법은 웨이퍼에 도포된 레지스트층의 두께의 균일성에 매우 민감한 것으로 알려져 있다. 레지스트가 너무 적거나 혹은 너무 많으면 다른 문제가 생기게 된다.

[0011] 다른 안전을 살펴보면, 웨징 방법의 일 실시형태의 경우, 스템프는 가요성 멤브레인 상에 지지되어 있고, 상기 멤브레인의 뒤에서 가해지는 압력에 의해, 레지스트가 덮인 기판 위로 스템프를 내리누른다. 스템프는 보다 넓은 면적의 멤브레인과 일체로 형성될 수 있고, 또는 멤브레인에 고정되는 별개의 요소일 수 있다. 일반적으로, 스템프는 기판을 향하는 방향으로 레지스트에 대해 한 번 밀어 붙여지고, 일단 기판에 접촉하고 나면, 뒤로 빼내어진다.

[0012] 경우에 따라 문제가 발생한다. 경우에 따라, 매우 얇은 레지스트 박막이 기판 상에 남아 있을 수 있으며, 즉 연성을 지닌 스템프에 의해 레지스트 박막이 치워지지 않고, 기판은 비록 아주 적은 규모지만 덮인 상태로 남게 된다. 이러한 소위 스컴(scum) 피복층은 매우 얇을 수 있지만, 그런데도 에칭의 시작을 불리하게 지연시키거나, 혹은 심지어 에칭을 막을 수 있다.

발명의 내용

과제의 해결 수단

[0013] 본 발명의 일 양태에 따르면, 본 발명의 고안자는, 웨징 프로세스 동안에, 레지스트가 돌출부 사이의 스템프의 바닥면과 기판과의 사이의 공간을 완전히 채우지 않고, 이를 사이의 모든 곳에 간극을 남겨둘 수 있을 정도로 충분히 얇은, 레지스트층을 제공한다. 즉, 레지스트와 스템프의 확장면 사이에는 간극이 남아 있다. 증착된 레

지스트층이 목표량보다 약간 더 두껍다면, 레지스트와 툴 사이의 간극이 간단히 더 좁아질 것이다. 간극의 존재는, 툴 아래에 압력이 형성되지 못한다는 것을 보증한다. 따라서, 돌출부에 가해지는 힘은 스템프 위의 압력에 의해서만 결정되므로 잘 제어되며, 그 결과 구멍 크기가 잘 제어된다.

[0014] 본 발명의 다른 양태에 따르면, 기판과의 접촉 상태에서 스템프에는 펄스가 인가되며, 예컨대 스템프(그에 따라 기판)에 인가된 압력은 고압과 저압 사이를 계속 오가고, 그 결과 압입 돌출부가 반복적으로 변형된다. 경우에 따라서는, 몇 차례의 펄스에 의해 스컴층이 소거되어, 기판이 아무것도 덮여 있지 않은 상태로 남겨질 수 있는데, 정규 기간 동안의 정규 에칭이 기판 재료를 에칭 제거하는 정도를 비교하는 에칭 시험 비교에 의해 측정된 바와 같이, 한 번 눌러 스컴층을 소거하는 경우보다 나은 결과가 얻어진다(후술됨).

도면의 간단한 설명

[0015] 본원 명세서에 개시된 본 발명의 전술한 목적 및 양태와 그 밖의 목적 및 양태는, 첨부 도면, 전술한 내용 및 발명의 상세한 설명을 참조로 하면 보다 잘 이해될 것이다.

도 1은 웨징에 사용되는 스템프(종래 기술)를 보여주는 개략도이고;

도 2는 도 1의 스템프와 이 스템프에 의해 패터닝되는 레지스트가 피복된 기판(종래 기술)을 보여주는 개략도이며;

도 3은 스템프의 돌출부의 선단이 레지스트에 접촉하는 찰나의 상태(종래 기술)인, 도 2의 스템프 및 기판을 보여주는 개략도이고;

도 4는 스템프의 돌출부가 변형되어 기판에 대해 압박된 상태이고, 기판과 스템프의 본체 사이의 공간이 레지스트에 의해 실질적으로 채워진 상태(종래 기술)인, 스템프 및 기판을 보여주는 개략도이며;

도 5는 스템프로 웨징을 행한 이후에, 패터닝된 레지스트가 기판을 덮고 있는 상태(종래 기술)인, 스템프 및 기판을 보여주는 개략도이고;

도 6은 도 5에 도시된 바와 같이 패터닝된 레지스트 마스크를 이용하여 에칭을 행한 이후의 기판(종래 기술)을 보여주는 개략도이며;

도 7은 스템프의 돌출부가 변형되어 기판에 대해 압박된 상태이고, 기판과 스템프의 본체 사이의 공간이 레지스트에 의해 채워지지 않은 상태인, 웨징을 행하여 맞물려 있는 본 발명의 스템프 및 기판을, 어셈블리의 코너에서 바라본 모습을 보여주는 개략도이고;

도 8은 도 7의 스템프 및 기판을 어셈블리의 측면에서 바라본 모습을 보여주는 개략도이며;

도 9는 웨징 실시 이후에 구성 요소들이 분리되어, 뾰족한 부분이 있는 패터닝된 레지스트가 노출되어 있는 상태인 도 7의 스템프 및 기판을 보여주는 개략도이고;

도 10의 (a)는 펄스의 인가를 개시하기 이전에, 스템프의 돌출부의 선단이 레지스트층에 침입하여, 기판에 접촉하지만 변형되지는 않은 상태인, 스템프와 레지스트가 피복된 기판을 보여주는 개략도이며;

도 10의 (b)는 펄스의 인가를 개시하였을 때, 스템프의 돌출부의 선단이 레지스트층에 침입하여, 기판에 맞닿아 변형되고 납작해진 상태인, 도 10의 (a)의 스템프와 레지스트가 피복된 기판을 보여주는 개략도이고;

도 10의 (c)는 펄스의 인가를 종료하였을 때, 스템프의 돌출부의 선단이 레지스트층에 침입하여, 다시 변형되지 않은 상태가 된, 도 10의 (a) 및 도 10의 (b)의 스템프와 레지스트가 피복된 기판을 보여주는 개략도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0016] 하나 이상의 실시형태에 따르면, 기판에 도포된 레지스트층의 두께의 균일성에 그다지 민감하지 않은, 레지스트 도포 및 패터닝 방법이 제공된다. 하나 이상의 실시형태에 따르면, 각 돌출 압입자에 얼마만큼의 압력이 인가되고 있는가를 비교적 정확하게 결정할 수 있고, 또한 거의 모든 돌출부가 돌출부와 기판 사이에 있는 모든 레지스트를 완전히 옆으로 밀쳐내어 레지스트에 균일한 크기의 구멍을 형성하는 데 필요한 압력이 비교적 균일해지게 할 수 있는, 레지스트 도포 및 패터닝 방법이 제공된다. 간힌 공기는 또한 비정상적인 불균일한 압력이 존재하게 할 수 있고, 그에 따라 레지스트 내의 구멍의 크기가 일정하지 않게 되기 때문에, 다른 실시형태에서는 레지스트와 스템프 툴 사이에 공기가 갇히지 않는 레지스트 도포 및 패터닝 방법이 제공된다. 본원 명세서에 개시된 방법 및 시스템은 신뢰 가능하고 재현 가능하다.

- [0017] 본원 명세서에서는, 앞서 스템프라고 한 물품이 틀이라고도 지칭될 수 있다. 돌출되어 있고 레지스트 재료에 각 인을 형성하는 데 사용되는 스템프의 요소는 대개 돌출부라 한다. 이 돌출부는 또한 압입자, 돌기, 웨지 및 피라미드라고도 지칭될 수 있다. 레지스트 재료가 그 위에 마련된 후 패터닝되는 기판을 일반적으로 기판이라고 한다. 이 기판은 또한 웨이퍼 또는 피가공물이라고도 지칭될 수 있다. 기판 상에 마련되는 재료는 레지스트, 또는 유동성 재료, 또는 간단히 재료라고도 한다.
- [0018] 기판 상의 레지스트층에 패턴을 부여하는 방법으로서, 용납될 수 있을 정도로 얇은 기간의 예칭 시기 동안에, 사용자가 레지스트를 옮긴 영역에서, 충분한 예칭이 일어나도록, 지정된 위치에서 레지스트를 충분하게, 바람직하게는 실질적으로 전부 제거하는 방법이 제공된다.
- [0019] 예칭 레지스트 재료의 제거 개념을 거론하는 것이 도움이 될 것이다. 일반적으로, 레지스트의 목적은, 레지스트가 존재하는 기판 재료의 예칭을 막도록 보호 피복층을 제공하는 것이다. 레지스트 패터닝의 목적은, 예칭이 요망되는 기판의 영역에서만 레지스틀 제거하여, 이 영역을 아무것도 덮여 있지 않은 채로 두는 것이다. 경우에 따라, 백색광 현미경으로는 인지될 수 없을 정도로 아주 얇은 레지스트층이라도, 정규 기간의 정규 예칭 프로세스 동안에 충분한 예칭을 막을 정도로 여전히 충분하게 두꺼운 것일 수 있다는 것을, 놀랍게도 발견하였다.
- [0020] 레지스트층의 제거(기판면으로부터의 소거/이동)의 충족도는 예칭 시험을 이용하여 규명될 수 있다. 따라서, 본원 명세서에서, 레지스트 재료가 완전히 제거되었다고, 혹은 전부 제거되었다고 하는, 또는 기판이 레지스트로 덮여 있지 않다라고 하는, 또는 스템프가 기판에 접촉해 있다라고 하는 경우에는 적어도, 정규 기간 동안에 정규 예칭 케미컬을 이용한 정규 예칭 작업이 하위 기판을 적정량 예칭 제거하는 정도로 레지스트 재료가 제거되어 있다는 것을 의미한다. 그렇다면, 상기한 경우는, 레지스트 재료가 기판으로부터 제거되었거나, 혹은 기판으로부터 소거되었거나, 혹은 이 시점에서 스템프가 기판에 접촉해 있거나, 혹은 유사한 레지스트 제거 현상이 일어난 것으로 간주된다.
- [0021] 레지스트 제거의 충족도의 결정을 목적으로, 예칭은 후술하는 표준 예칭 조건에서 입증된다. 예를 들어, 적절한 예칭 케미스트리는 당업계에 잘 알려진 바와 같이 질산과 불화수소산의 혼합물 그룹이다. 당업계에 잘 알려진 바와 같이, 그 밖의 산과 첨가물이 첨가될 수 있다. 실리콘의 예칭율이 분당 0.5~5.0 미크론의 범위 내에 있도록 통상의 예칭이 구성될 것이고 작업 온도가 선택될 것이다. 적절한 예칭 시험에서는, 1 미크론 이하의 실리콘을 예칭하는 데 드는 시간량 내에서 가시적인 예칭이 있어야 한다. 예를 들어, 분당 2 미크론의 예칭율을 초래하는 예칭 및 온도가 사용된 경우, 레지스트로 덮이지 않은 영역으로 간주하기 위해서는, 가시적인 예칭이 30초 내에 일어나야 한다. 예칭의 발생은 여러 수단에 의해 결정될 수 있다. 많은 경우에, 예칭의 산물로서 가스의 기포가 형성되고, 이러한 기포는 가시적이다. 다른 방법으로는, 지정된 시간(상기한 예에서는 30초) 이후에 예칭을 정지하고, 레지스트를 제거하며, 웨이퍼를 현미경으로 검사하여, 각 피트가 압입자에 대응하는 각 장소에 형성되기 시작하였는가를 살펴본다. 이러한 레지스트 제거 시험을 본원 명세서에서는 곳에 따라서 "예칭 시험"이라 한다.
- [0022] 패터닝 프로세스의 품질 및 효과에 영향을 미치는 인자가 다수 존재한다. 관련 인자로는, 레지스트 재료의 두께; 레지스트가 유동성을 갖게 되는 온도 조건하에서 돌출부가 레지스트 재료에 접촉하는 기간(이하에서는 접촉 시간이라 함); 레지스트 재료의 점성; 레지스트 재료 및 돌출부 재료의 젖음각; 돌출부와 확장면(115)의 사이에 형성된 오목한 코너(124)에 대한 레지스트 재료의 표면의 근접도; 레지스트 재료의 유량; 예칭 프로세스의 기간; 및 서로 다른 두께의 레지스트에 의해 주어지는 예칭에 대한 저항 정도가 있다.
- [0023] 또한, 앞서 개괄적으로 설명한 바와 같이, 본원에서 방법 및 시스템을 설명할 때에는, 벤치마크 상황을 고려하는 것이 도움이 되는데, 이 벤치마크 상황에서는, 스템프의 돌출부(112)가 소기의 크기의 구멍(521)을 달성하는데 요구되는 정도로 눌려질 때, 기판 웨이퍼(204)의 상면과 스템프(110)의 확장면(115) 사이의 전체 체적(418)이 레지스트로 채워진다. 이러한 소위 벤치마크 두께를 제공하기에 충분한 레지스트 재료의 양을, 후술하는 바와 같이, 본원 명세서에서는 하나의 레지스트 벤치마크 유닛이라 한다.
- [0024] 벤치마크 유닛보다 다소 많게, 즉 약 1 벤치마크 유닛의 레지스트 두께에서부터 (다소 임의적으로) 약 1.3(이상) 벤치마크 유닛의 레지스트 두께에 이르는 범위로, 레지스트를 도포하는 충전 체적법의 경우를 고려해 볼 필요가 있다. (상한 1.3은 단지 예시를 목적으로 선택된 값이다. 이는 해당 사안을 설명하는 데 합당한 값이지만, 엄정한 공학적 분석에 근거한 값은 아니다.) 이와 같이 너무 두꺼운 레지스트가 균일하게 도포되면, 구멍은 원하는 것보다 작을 것이다. 이와 같이 너무 두꺼운 레지스트가 국소 영역에 도포되면, 이 국소 영역의 구멍은 다른 영역보다 작을 것이고, 웨이퍼에 걸쳐 구멍 크기의 편차가 존재할 것이다. 파인 레지스트 두께가 소정량일 경우, 구멍이 전혀 형성되지 않을 것이다. 레지스트 재료는, 상대적으로 많은 재료가 있는 영역에서부터

상대적으로 적은 재료가 있는 영역으로 고르게 흘러나가지 않는데, 특히 재료가 유동하여 통과해야 하는 채널의 높이가 약 10 미크론이라는 것을 감안하면, 이는 해당 온도에서, 재료가, 수 센티미터 규모인 소기의 거리를, 수초 또는 수십초 규모인 소기의 시간 동안에, 이동할 수 없을 정도로 점성이 너무 크기 때문이다.

[0025] 또한, 벤치마크 유닛보다 다소 적게, 예컨대 약 1 벤치마크 유닛의 레지스트 두께에서부터 (역시 다소 임의적으로) 약 0.8 벤치마크 유닛의 레지스트 두께에 이르는 범위로, 레지스트를 도포하는 경우에, 충전 체적법을 달성하려는 시도를 고려해 보는 것이 도움이 된다. 이러한 경우에, 돌출부(112)가 스템프(110)의 확장면(115)과 교차하는 오목한 코너(124)(도 1 및 도 4 참조)에서 일어나는 높은 수준의 모세관 흡인으로 인해, 상당한 영역에서 레지스트가 없어질 우려가 있다. 이러한 영역에 있는 레지스트 재료는 모세관 흡인에 의해 끌어당겨져 유지된다. 후술하는 바와 같이, 이러한 높은 수준의 모세관 흡인으로 인해, 이미 얇은 레지스트를 갖는 인접 영역에서 레지스트가 더 빠내어지게 된다. (하한 0.8 유닛은 단지 예시를 목적으로 선택된 값이다. 이는 해당 사안을 설명하는 데 합당한 값이지만, 엄정한 공학적 분석에 근거한 값은 아니다.)

[0026] 예를 들어, 벤치마크 유닛량의 레지스트가 웨이퍼에 걸쳐 대부분의 위치에 도포되지만, 예컨대 수 cm의 거리를 두고 있는, 여러 군데에서 레지스트가 너무 적게 도포되어 있는 경우를 고려해 볼 필요가 있다. 이러한 경우, 벤치마크 유닛의 레지스트 두께를 갖는 영역 전반에서, 레지스트가 오목한 코너(124)를 채워, 높은 수준의 모세관 흡인이 야기된다. 따라서, 이러한 영역은 비교적 레지스트가 없어지기 어려울 것이다. 그러나, 벤치마크 유닛보다 적은 레지스트 두께를 갖는 여러 군데에서, 레지스트는 오목한 홈(124)에 도달하지 못하고, 그 결과 이러한 영역은 비교적 레지스트가 없어지기 쉬워지며, 부분적으로 이는 배출에 저항하는 잉여 모세관 흡인 작용이 없기 때문이다.

[0027] 레지스트가 돌출부의 면(131) 위로 올라가 오목한 코너(124)에까지 도달하지만, 한 쪽의 돌출부 또는 돌출부의 그룹 사이의 체적을 완전히 가득 채우지는 않는 수준으로 채워진 제1 영역과, 이보다 낮은 수준으로 채워진 제2 영역 사이의 경계에서 큰 문제가 생긴다. 이 경계에서, 레지스트는 가장 적게 채워진 영역으로부터 오목한 코너(124)에까지 그리고 그 이상 채워진 영역을 향해 이동된다. 스템프의 평평한 확장면(115)의 일부분은 잠시 레지스트가 없어진다. 그러나, 오목한 코너(124)에서의 모세관 흡인은, 그에 인접한 연속 체적의 레지스트에 의거 계속 작용하는데, 이 연속 체적은 기판에 보다 가까운 인접 위치의 레지스트와 유체 역학적으로 통해 있다. 이에 의해, 기판에 인접한 레지스트의 소스로부터 돌출부의 면(131)을 따라서의 그리고 스템프의 확장면(115)을 따라서의 흐름이 야기된다. 결국에는, 이러한 모세관 흡인에 가까운 공간의 체적이 채워질 수 있다. 그러나, 채워진 상태가 아닌 인접 영역으로부터 흘러나온 레지스트 재료로 채워지게 되고, 실제로는 기판의 어느 부분은 아무것도 덮여 있지 않게 될 수 있다.

[0028] 따라서, 다른 영역이 완전히 채워질 때까지, 또는 가장 적게 채워진 영역이 완전히 비워질 때까지, 불완전하게 채워진 영역은 불안정한 상황을 향해 진행하는 경향이 있고, 이 상황에서 가장 적게 채워진 영역은 계속 레지스트가 빠져나간다. 어느 경우라도, 기판의 일부 영역은 아무것도 덮여 있지 않게 되거나, 매우 얇은 충만이 남아 있는 거의 아무것도 덮여 있지 않은 상태가 된다.

[0029] 기판의 표면 전역에 벤치마크 유닛량의 레지스트 재료를 제공하는 것이 가능하다면, 이러한 피복 제거 문제는 일어나지 않을 것이다. 그러나, 이는 적정 수준의 수고를 다하여도 통상적으로 불가능하다. 상기한 문제와, 벤치마크 유닛 두께의 레지스트 재료를 제공하기가 어려운 이유를 더 이해하려면, 완벽하게 제어된 프로세스에서 무엇이 벤치마크 유닛의 레지스트 재료인가를 고려하는 것이 도움이 된다.

[0030] 벤치마크 유닛의 레지스트는, 예칭 이후에 기판에 형성되는 소기의 구멍 크기로부터 거꾸로 계산함으로써 결정될 수 있다. 이러한 크기와, 프로세스 상황에 가장 좋은 예칭 기간을 알면, 설계자는 기판 상의 레지스트에 있는 개구에 대한 최적의 크기를 결정할 수 있다.

[0031] 이러한 최적의 크기는, 기판과 접촉하는 변형된 스템프 돌출부의 표면적 및 둘레에 의해 확보된다. 따라서, 이러한 형상의 단면적, 그리고 둘레의 형상 및 규모는 사전에 결정될 수 있다. 본원 명세서에 사용되고 있는 바와 같이, 면적 규모란 용어는, 압축된 돌출부에 있어서 기판과 밀접하게 되는 부분의, 단면적의 형상과 상기 둘레의 형상 중 어느 하나 또는 양자 모두를 의미하는 데 사용될 것이다. 인가된 압력과 압입자의 접촉력 사이의 힘 평형이 압입자의 단면적을 근사하게 결정하기 때문에, 상기 면적 규모는 유용하다. 그러나, 차후의 예칭 프로세스의 특정 양태도 또한 레지스트에서의 개구의 규모와 밀접한 관계가 있다.

[0032] 4면 피라미드를 예로 들면, 완전 신장 상태의 피라미드의 정점에서 약 1/3이 찌부러지도록 피라미드를 변형시킴으로써 소기의 개구 크기가 얻어지고, 그 결과 피라미드의 정점으로부터의 거리의 1/3 지점, 즉 피라미드의 기

저부로부터의 거리의 2/3 지점에서의 피라미드의 둘레 및 단면적에 의해 구멍이 규정될 수 있다. 레지스트의 벤치마크 유닛 깊이는, 이론적으로 돌출부의 최대 신장 길이의 2/3에 상당할 수 있다. 이러한 벤치마크 깊이에 달하는 레지스트는, 돌출부의 정점으로부터 1/3이 납작하게 짜부러지도록 스템프가 변형되었을 때, 돌출부의 연장 기점인 스템프의 확장면(115)과 기판 사이의 체적(418)을 완전히 채울 것이다. 이는 충전 체적법용의 벤치마크 유닛을 구성할 것이다. 본원 명세서에서는, 돌출부의 연장 기점인 스템프의 표면(115)을 스템프 확장면이라 한다. 보다 구체적인 예를 들면, 1/3보다 약간 적은 압축을 이용하여, 스템프가 돌출부간의 간격이 20 미크론이고 피라미드 기저부가 14 미크론이며 피라미드 높이가 9.9 미크론인 6각 배열의 피라미드형 돌출부로 구성된 통상의 경우를 고려해 볼 필요가 있다. 한 변의 길이가 4 미크론인 구멍을 레지스트에 형성하기 위해서는, 피라미드의 정점이 기저부를 향해 약 2.8 미크론만큼 굽겨져야 한다. 틀의 확장면과 웨이퍼 사이의 공간을 채우는 데 필요한 레지스트의 양은 약 7.1 미크론이 될 것이다. 따라서, 이 특정한 예에서의 벤치마크 유닛 깊이는 7.1 미크론이 될 것이다. 침입 돌출부가 차지하게 될 체적을 고려해야만 하므로, 상기한 레지스트의 벤치마크 유닛은, 기판 상에 중착된 후 틀에 접촉하여 틀에 의해 변형되는 레지스트의 양이 아니라는 점을 주목할 필요가 있다. 레지스트는 약간 더 얇은 두께로 중착되어 있다. 오히려, 벤치마크 유닛 깊이는, 틀이 적소에 위치하고, 소기의 크기의 개구를 얻는 데 필요한 정도로 돌출부의 정점이 기판과 접촉해 변형하게 되어, 일부 재료를 측방으로 옮기며, 압입자에 인접한 영역에서 그 두께를 증대시킨 상태로, 레지스트 재료가 존재하는 경우에서의 깊이이다.

[0033] 그러나, 전술한 바와 같이, 상기한 벤치마크 유닛량보다 단지 약간 더 적은 레지스트가 제공된다면, 기판 피복 제거 문제가 일어날 수 있다. 피복 제거는 돌출부의 피치의 수십배 정도로 큰 영역에 걸쳐 일어날 수 있다.

[0034] 체적 충전 시도가 갖는 다른 문제는, 벤치마크 유닛량의 레지스트 재료가 제공되더라도, 스템프(110)와 레지스트 사이에 공기가 갇혀 있다면, 이 공기가 빠져나가는 경로를 찾기가 매우 어렵다는 것이다. 또한, 갇힌 공기가 존재한다면, 레지스트 재료가 한 영역으로부터 유동하여 레지스트가 존재하지 않는(예컨대 공기가 갇혀 있는) 영역을 채워, 레지스트가 흘러나간 영역의 피복 제거로 이어질 수 있다는, 전술한 불안정 상황으로 이어질 수 있다.

[0035] 전술한 충전의 문제점을 해결하는 본 발명을 설명하기에 앞서, 기판에 대한 가요성 압입자의 운동을 고려하는 것이 도움이 될 것이다. 스템프에 인가하는 압력을 증대시킴으로써, 돌출부는 압축된다. 돌출부의 측벽은 기판을 향해 내려간다. 이러한 롤링 운동은 그에 앞서 레지스트를 밀어내면서, 하강하는 돌출부와 기판 사이의 공간으로부터 레지스트가 빠져나가기로 충분한 경로를 남겨 놓는다. 롤링 운동에 의하면, 작동시에 기판 상에서 돌출부가 미끄러지는 일이 없다는 것을 의미한다. 평평한 선단을 갖는 압입자를 사용하였을 때 일어날 수 있는 결과와의 대조가 도출될 수 있다. 예를 들어, 직각 원기둥의 절두체인 압입자를 고려해 볼 필요가 있다. 이러한 경우에, 소량의 레지스트가 압입자 아래에 갇혀, 압입자의 둘레와 기판 사이의 렇형 접촉과 밀봉에 의해 배출되지 못할 수 있다.

간극 제공

[0037] 벤치마크 유닛량의 레지스트 충전과 연관된 전술한 문제는, 스템프 프로세스 동안에 스템프의 압박 정도가 최대 일 때, 스템프와 레지스트 사이에 간극을 제공하기 위해, 레지스트 두께를 1 벤치마크 유닛 미만이 되도록 선택하는, 본 발명의 유익한 방법에 의해 회피될 수 있다. 이는 도 7, 도 8 및 도 9를 참조로 하여 나타내어진 웨징 프로세스에 예시되어 있다. 일반적으로, 전술한 바와 같이, 작업자가 소정의 충전량의 레지스트를 제공하려고 하지만, 너무 적게 제공할 경우, 한 문제가 발생한다. 이에 의해, 일부 기판 영역의 피복 제거가 야기된다. 본원의 발명자는, 체적을 충전하기에는 너무 적은 재료를 제공하는 것과 관련하여 앞서 설명한 모세관 흡인 문제를 야기하는 양보다도 더 적은 레지스트를 사용하는 방법이 이용되는 경우에 유익한 결과가 얻어진다는, 놀랍고도 예상치 못한 상황을 발견하였다. 이와 같이 새롭게 밝혀진 기술을 본원 명세서는 간극 방법, 또는 간극 모드라 한다.

[0038] 도 7과 도 8은 패터닝 프로세스 동안에 있어서 스템프(710), 레지스트(702) 및 기판(704)을 보여주는데, 도 7은 어셈블리의 코너에서 바라본 모습을 보여주고, 도 8은 동일한 어셈블리를 옆에서 바라본 모습을 보여준다. 이 방법에 따르면, 본 발명의 고안자는, 웨징 프로세스 동안에, 레지스트가 전반적으로 어디에서나 돌출부(712) 사이의 스템프의 바닥 확장면(715)과 기판(704)과의 사이의 공간(718)을 완전히 채우지 않고, 이들 사이에 간극을 남겨둘 수 있을 정도로 얇은, 레지스트층(702)을 제공한다. 그러나, 레지스트는 초기 뿐만 아니라 항상 기판의 전체 표면을 덮는다. 즉, 웨징 작업 동안에는 항상 레지스트와 스템프의 확장면 사이에 간극이 남아 있다.

[0039] 간극을 형성하기 위한 레지스트 재료의 적정 두께는, 전술한 바와 같이 체적을 완전히 채우기 위한 벤치마크 유

낫의 두께보다 훨씬 작다. 앞서 설명한 내용에 사용된 동일한 벤치마크 유닛에서, 간극을 남겨두는 방법의 목표 레지스트 두께는, 약 0.1 벤치마크(완전 충전) 유닛 내지 약 0.7 벤치마크 유닛일 것이고, 더 바람직하게는 약 0.2 벤치마크 유닛 내지 약 0.4 벤치마크 유닛일 것이다. (이는 벤치마크 유닛과 마찬가지로, 돌출부가 제자리에 있고 변형되어 있는 상태에서, 레지스트의 두께를 측정하는 것이다.) 간극 유지 방법의 주된 장점은, 상기 목표값보다 크고 작은 상기 목표값 부근으로 레지스트량이 벗어나는 것을 허용한다는 것이다.

[0040] 간극 유지 방법은, 상기 목표값보다 두껍게, 즉 약 0.7 벤치마크 유닛만큼 두껍게 충착된 레지스트를 허용한다. 예를 들어, 목표 두께가 0.3 벤치마크 유닛이라면, 레지스트는 국부적으로 0.7 벤치마크 유닛이어도 좋지 않은 영향이 미치는 일이 없다. 이는, 이러한 깊이에서도, 레지스트가 돌출부의 면(도 1의 131, 도 8의 831)을 따라서 오목한 코너(124, 724)에까지 올라갈 가능성이 없을 정도로, 레지스트가 오목한 코너(도 1의 124, 도 7의 724)로부터 충분히 멀리 떨어져 있기 때문이다. (경우에 따라서는, 스템프만을 3차원으로 보여주는 도 1을 참조하여 상기한 물품들을 거론하는 것이 보다 유용하고, 경우에 따라서는, 코너에서 본 모습을 보여주는 도 7과 측면에서 본 모습을 보여주는 도 8을 참조로 하여 상기한 물품을 거론하는 것이 보다 분명하다). 따라서, 체적을 채우고자 하는 방법과 관련하여 앞서 설명한, 레지스트를 다른 영역으로부터 빼내오는 국부적인 높은 수준의 모세관 흡인을 갖는 상황은 일어나지 않는다. 일어나는 일은, 일부 영역에서 간극이 약간 얇고, 이것이 어떠한 문제도 나타내지 않는다는 것이 전부이다.

[0041] 또한, 간극 유지 방법은, 목표값보다 얇은 레지스트의 체적도 허용한다. 예를 들어, 목표 두께가 0.3 벤치마크 유닛이라면, 레지스트는 국부적으로 약 0.1 벤치마크 유닛만큼 얇을 수 있고, 돌출부 사이에는 에칭에 대해 충분히 저항하는 레지스트 두께가 여전히 남아 있다. 적절히 기능하는 간극 유지 방법의 실시에 있어서, 레지스트가 돌출부를 향해 아주 조금 지역 이동하는 일은 일어나지 않고, 레지스트의 일부분(833)은 돌출부(도 1의 112, 도 8의 712)의 면(도 1의 131, 도 8의 831)의 도중까지 올라간다. 이로써, 돌출부(112, 712) 사이의 영역(835)에서 레지스트가 약간 얇아진다. 패터닝 단계의 시간 및 온도를 최소화함으로써, 이러한 박화(薄化)는 최소화되어야 한다. 그러나, 올라가는 레지스트(833)는 오목한 코너(124, 724)에 도달하지 않고, 그 결과 체적을 채우고자 하는 언더필름과 관련하여 기술한 모세관 흡인 불안정은 일어나지 않는다.

[0042] 도 7을 다시 참조해 보면, 스템프 뒤에서 가해지는 압력에 의해, 스템프는 레지스트가 피복된 기판에 대해 강제로 압박된다. 그 결과, 스템프 상의 피라미드형 돌출부(712)의 선단(713)은 기판(704)에 맞닿아 납작해진다. 형성된 편평한 영역의 크기(둘레 및 표면적)와 형상은, 기판 표면에 있어서 레지스트층(702)에 형성된 개구(921)의 크기 및 형상을 규정한다. 에칭을 막을 정도로 충분히 두껍지만, 전술한 충전법보다 많이 충전했을 때의 문제를 야기할 정도로 두껍지는 않다면, 구멍의 크기는 레지스트의 두께에 좌우되지 않는다. 레지스트 재료의 양, 돌출부(712)의 탄성 및 스템프(710)에 인가된 힘은 모두, 돌출부(712) 사이에 있는 스템프(710)의 확장면(715)과 레지스트 재료(702)의 표면과의 사이에 항상 간극(711)이 남아 있도록 밸런스가 잡혀 있다. 스템프의 통상의 탄성계수는 약 0.5 MPa 내지 약 35 MPa이고, 바람직하게는 약 2 MPa 내지 약 15 MPa의 범위이다.

[0043] 또한, 간극(711)의 존재는, 툴 아래에 압력이 형성되지 못한다는 것을 보증한다. 따라서, 돌출부에 가해지는 힘은 스템프 위의 압력에 의해서만 결정되므로 잘 제어되며, 그 결과 구멍 크기가 잘 제어된다. 돌출부를 압축하는 힘은, 완전 압축시에, 툴 위에 가해지는 압력으로부터의 힘에 의해 상쇄된다.

[0044] 핵심 과제는 도 8을 참조로 하면 이해된다. 이 과제는 앞서 간략히 언급되었다.

[0045] 레지스트층은 기판에 도포될 때에는 도 2에서 도면부호 203으로 나타내어진 바와 같이 평평한 표면을 갖는 상태로 시작되지만, 웨징 이후에는, 레지스트의 상면(구멍 무시)이 더 이상 평평하지 않다. 레지스트(833)는, 돌출부(712)의 면(831)을 따라 일어나는 모세관 흡인으로 인해, 레지스트에 접촉하는 스템프(710)의 돌출부(712)를 향해 이동한다. 이 이동은 신속하게 일어나기 시작한다. 레지스트 재료가 너무 높이 상방으로 유동할 수 있을 정도로 충분히 긴 시간동안 모세관 작용이 일어난다면, 추가적인 문제가 발생될 수 있다. 이에 의해, 레지스트(833)는 웨징 스템프에 바로 인접한 곳에서 가장 높아지게 되고, 이곳에 피크가 형성되었다.

[0046] 면(831)을 따라 상방으로 이동하였던 레지스트는, 다른 영역(835)으로부터 상기 면을 향해 이동하였다. 이로써, 재료가 이동해 나간 영역은 레지스트가 너무 적거나 혹은 심지어 레지스트가 없는 상태로 남겨질 수 있고, 그 결과 에칭에 대해 효과적으로 저항할 수 없게 된다. 이와 같은 무피복 영역(도면에는 도시되어 있지 않음)이 원하지 않은 위치에 생길 수 있고, 그 결과 이 영역은 에칭에 노출된 채로 놓이게 된다. 통상적으로, 이와 같은 레지스트가 너무 적은 상황에서, 무피복 영역의 규모는, 예를 들어 유입 이동 상황에 처했던 돌출부로부터 근소한 돌출부 피치의 거리에 걸쳐, 비교적 작다. 비교하자면, 전술한 바와 같이 공간을 채우고자 하는 방법의 부족 충족의 예의 경우, 무피복 영역은 돌출부 피치의 수십 또는 수백배의 거리에 달할 수 있다. (간극을 유지하는

경우에 당면하게 되는 문제는, 전술한 공간을 충전하는 경우의 문제와 뚜렷하게 다른데, 이는 간극이 유지되는 경우, 레지스트가 오목한 코너(724)에 도달하는 일이 전혀 없고, 이에 따라 오목한 코너의 모세관 흡인이 추가적으로 일어나지 않을 정도로, 레지스트의 레벨이 낮기 때문이다.)

[0047] 그러나, 전술한 바와 같이, 간극 방법의 경우 상기한 바와 같이 레지스트 재료가 너무 적다는 문제가 있음에도 불구하고, 어느 기판도 무피복 상태로 두지 않으면서, 완벽한 (간극 남김) 양의 상하로 허용될 수 있는 레지스트 두께의 범위가 존재한다. 완전 무피복을 단순히 방지하는 것보다는, 웨징 프로세스 이후에, 기판의 에칭이 행해지지 않는 것이 요망되는 위치에는, 정규 에칭 프로세스 동안에 에칭이 일어나지 않게 하기에 충분한 레지스트 재료가 남아 있을 정도로, 레지스트 재료 잔류량이 충분해야 한다는 점이 중요하다.

[0048] 웨이퍼의 전체 표면에 걸쳐서 틀과 레지스트 사이의 간극이 전술한 허용 범위 내에서 일정한 것이 중요하다. 앞에서는, 레지스트가 약 0.1 벤치마크 유닛 내지 약 0.7 벤치마크 유닛의 범위로 채워지는 것을 설명하고 있다. 이는, 간극의 두께가, 이에 상응하게 약 0.9 벤치마크 유닛 내지 약 0.3 벤치마크 유닛이라는 것을 의미한다.

[0049] 도 8을 다시 참조해 보면, 스템프에 대한 레지스트의 젖음각을 조절함으로써, 레지스트(833)가 돌출부를 향해 그리고 돌출부 상에서 이동하는 양을 약간 조절할 수 있다. 이는 본 발명의 일 양태이다. 따라서, 스템프에 대한 레지스트의 젖음각을 가능한 크게 (가능한 젖지 않은 상태로) 하고, 이러한 식으로 레지스트를 돌출부의 측면에서 올라가게 하는 모세관 상승을 방지하는 것이 바람직하다. 도 8에서, 젖음각은 약 90°로 나타내어져 있다. 젖음각이 더 작다면(즉 습윤이 보다 잘 일어난다면), 도시된 예에서는 피라미드형인 스템프(710)의 돌출부(712)의 면(831)에서 레지스트가 보다 높이 올라갈 것이다.

[0050] 그러나, 이 점과 관련하여 가능한 제어량은 한정되어 있는데, 이는 많은 고려 사항과 많은 적절한 조합을 충족시키는 것에 근거한 스템프 및 레지스트 재료는, 중간 정도의 습윤 거동을 나타내기 때문이다. 즉, 레지스트 재료 및 스템프의 임의의 적절한 조합은 상당히 습윤해지는 것으로 확인될 수 있어, 젖음각만을 조정하는 것을 통해, 레지스트 재료가 돌출부의 면에서 상승하는 것을 제한하기가 곤란해진다. 또한, 이러한 젖음각은 시간 경과에 따라 스템프가 마모되어 바뀔 수 있다. 예를 들어, 스템프의 표면의 화학 조성은, 이전의 운용에서의 레지스트와의 상호 작용으로 인해, 시간 경과에 따라 바뀔 수 있다. 추가적으로, 마모로부터 유발될 수 있는 표면의 스크래치와 그 밖의 기계적인 요철도 또한 젖음각에 영향을 미칠 수 있고, 일반적으로 젖음각을 낮출 수 있다.

[0051] 따라서, 재료의 젖음각을 선택하는 것에 의해 프로세스를 제어하는 것 이외에도, 다른 양태를 제어해야 한다. 본 발명의 양태는, 웨징 동안에 레지스트의 유동성을 정확하게 제어하는 것이다. 본 발명의 다른 양태는, 레지스트가 유동성을 갖는 단계에 있는 시간의 양을 제어하고 일반적으로는 최소화하는 것이다. 정규 기간의 정규 에칭 작업 동안에 에칭이 일어나는 정도로 돌출부에서 레지스트를 충분히 제거하도록, 틀의 돌출부가 그 아래의 레지스트를 뚫기고 레지스트 아래의 웨이퍼와 접촉할 수 있게 할 정도로, 레지스트가 충분한 유동성을 가져야 한다. 이와는 반대로, 레지스트가 너무 적어 정규 에칭 기간 동안에 에칭제를 막을 수 없는 무피복 영역을 초래할 수 있으므로, 레지스트는 돌출부 사이의 영역에서부터 돌출부에 바로 인접한 영역으로 그리고 돌출부를 따라 위로 과도하게 흘러갈 정도로 유동성을 가져서는 안 된다. 레지스트의 이동 규모가 이와 같이 비교적 좁은 범위 내에 있도록 접촉의 기간을 제어하는 것이, 본 발명의 일부분이다. 이러한 이동 규모는, 레지스트가 유동성을 갖는 동안에 스템프가 고온의 레지스트에 접촉하는 기간인 접촉 시간의 합수인 것으로 이해된다. 프로세스의 허용 오차와 관련하여 상대적으로 보면, 프로세스가 수행될 수 있는 접촉 시간이 짧을수록, 레지스트는 약간 더 유동성을 갖는 상태일 수 있다. 개략적으로 말하면, 접촉 시간이 약 1초 내지 약 10초라고 한다면, 레지스트 접촉은 약 5,000 cps(센티풀아즈) 내지 약 500,000 cps의 범위일 수 있는 것으로 확인되었다. 약 20,000 cps 내지 약 200,000 cps의 범위가 바람직하다. (경우에 따라서는, 접촉 시간이 0.5초에 불과할 수도 있다. 바람직한 범위는 약 1초 내지 약 5초이다.)

[0052] 일반적으로, 주된 제어는 접성 및 접촉 시간에 기초한다. 본 발명의 고안자는, 접촉 시간 동안에, 기판의 영역에서 피복이 제거되거나 혹은 용납될 수 없게 피복이 줄어들 정도로 레지스트가 돌출부를 따라 충분히 멀리 올라갈 기회를 갖지 않도록, 접성을 조정하고자 한다. 예컨대 재료 선택과 스템프 마모, 교체 및 표면 처리를 통하여 젖음각을 제어하는 것은, 다른 제어 변수를 제공하지만, 효과는 더 낮다. 젖음각은 스템프를 따라 액체가 이동하는 최대 거리 뿐만 아니라 이러한 이동의 속도에도 영향을 미친다.

[0053] 본원 명세서 전반에 걸쳐, 접성이란 용어는 레지스트의 유동을 특징짓는 데 사용되는 것으로 이해될 것이다. 레지스트는 뉴턴형 거동 또는 비(非)뉴턴형 거동을 나타낼 수 있다. 또한, 레지스트는 항복 응력을 가질 수 있다.

[0054] 레지스트 재료의 적어도 하나의 성분으로서 왁스를 사용하는 것이 특히 유익하다. 왁스에는, 용융물의 접성이

매우 낮고 비교적 용점이 낮다고 하는 일반적인 특성을 지닌 넓은 범위의 폴리머가 포함된다. 낮은 용점으로 인해 웨징 프로세스가 통상적으로 100°C 아래의 온도에서 행해질 수 있게 되므로, 왁스가 유익하다. 이로써 결국에는 레지스트와 스템프 사이의 화학적 상호 반응이 줄어들고 스템프의 재료 및 웨징 설비의 다른 양태의 선택에 대한 옵션이 확대된다. 또한, 비교적 낮은 온도가 가능하다는 것은, 웨징에 필요한 온도 사이클이 단기간에 이뤄질 수 있고, 높은 온도에서의 프로세스와 같이 큰 에너지 비용을 발생시키지 않을 수 있다는 것을 의미한다. 웨징은 연성을 지닌 틀-고무로 제조된 스템프로 행해질 수 있기 때문에, 왁스의 용융물의 점성이 낮은 것이 유익하다. 또한, 낮은 점성으로 인해, 스템프(그에 따라 웨이퍼)에 낮은 압력만이 인가됨에도 불구하고, 웨징은 신속하게 행해질 수 있게 된다. (이러한 맥락에서 200,000 cps 또는 500,000 cps 정도의 점성도 비교적 낮은 것으로 간주된다는 것은 거듭 강조되어야 하는데, 이는 폴리머 용융물의 약 1000만 cps의 점성과 비교되기 때문이다.)

[0055]

왁스는 왁스 용융물의 저점성 상태를 이용하여 처리된다. 예를 들어, 왁스는 일부 잉크젯 인쇄 장치에 있어서 소위 고체 잉크로서 사용된다. 그러나, 왁스와 연관된 저점성 용융물이 매우 이목을 끈다는 것은, 레지스트가 과도한 유동성을 가지면 그 결과 웨징 이후에 돌출부 사이의 영역에서의 레지스트 두께가 에칭에 대해 저항하기에는 불충분해진다는 체제 내에 있는 것이 매우 쉽다는 것을 의미한다. 본 발명의 일 양태는, 왁스 및 왁스 함유 혼합물이 소기의 점성 범위 내에서 제어 가능한 방식으로 사용될 수 있다는 것을 인정하는 것이다.

[0056]

왁스를 사용하고 접촉 기간 동안에 왁스를 소기의 점성 범위로 유지하기 위해서는, 몇 가지 사항을 주의하여야 한다. 왁스계 레지스트는, 점성이 상기한 소기의 범위 내에 있는 온도 범위보다 적어도 약 2°C, 바람직하게는 약 5°C 높은 온도 범위를 허용할 수 있어야 한다. 이로써, 흔한 왁스가 일부 배제된다. 예를 들어, 순수 파라핀 왁스는 부드러운 고체 상태로부터 저점성(통상적으로 100 cps 미만) 용융물 상태로 갑작스럽게 이동한다. 왁스계 레지스트는, 온도의 함수로서의 유동 특성이 각각 상이한 2 이상의 서로 다른 요소의 혼합물인 것이 특히 유익하다. 이와 같은 조합 조성, 예컨대 왁스, 레진 및 로진의 조합 조성은, 소기의 점성 범위가 충족될 수 있는 온도 범위보다 비교적 넓은 온도 범위를 제공한다. 접촉 시간 동안의 처리 온도는 공정 용융 온도 아래로 유지되어야 한다. 또한, 접촉 시간 동안에 웨이퍼에 걸쳐 온도를 매우 정확하게, 바람직하게는 +/- 1°C로 제어하는 것을 유지하는 것이 중요하다.

[0057]

도 9는 기판(704)으로부터 뒤로 빼내어진 스템프(710)를 보여준다. 피라미드형 돌출부(712)는 뾰족한 첨단(713)을 지닌 본래의 형상으로 복원되었다는 점을 주목해야 할 필요가 있다. 또한, 도 9는 레지스트를 관통하는 실질적으로 정사각형인 개구(921)와 이를 개구 둘레의 뾰족한 가장자리를 갖는 패터닝된 레지스트층(702)을 보여준다. 후속 단계에서, 기판(704)은 에칭제에 노출될 것이고, 이 에칭제는 노출된 실리콘을 에칭할 것이다. 패터닝된 구멍(921)은 실질적으로 정사각형인 것으로 도시되어 있지만, 피라미드형 돌출부의 변형에 의해 실제로는 코너에서 약간 부푼 부위(도시 생략)가 생긴다. 또한, 도 9는 구멍(921) 부근에서, 레지스트층(703)의 표면(702)이 용기부(972)를 갖고, 이 용기부에서 레지스트(833)(도 8 참조)는 돌출부(712)의 면(831)을 따라 당겨 올려져 있는 것을 보여준다. 이와 같이 용기된 형상으로 레지스트가 고화된다.

[0058]

앞에서는 4개의 면을 지닌 피라미드형 돌출부를 구비하는 스템프의 맥락에서 기술하고 있지만, 원뿔과 둥근 끝을 지닌 원기둥형 돌출부(두 형상 모두 레지스트에 둥근 구멍을 형성함)를 비롯한 다른 돌출부 형상도 가능하다. 돌출 특징부에 관한 다른 유익한 형상으로는 포물선의 회전에 의해 형성되는 것이 있다. 이러한 형상에서, 압입자는 스템프의 확장면과 만나는 기저부에서 최대 직경을 갖고, 압입자의 선단을 향해 갈수록 연속적으로 직경이 줄어든다. 스템프의 뒤에서 인가되는 압력이 증가되어 돌출부가 기판에 대해 압박됨에 따라, 선단이 둥글어져 레지스트를 밀어낸다. 또한, 돌출부의 (선단으로부터 기저부로 이동시) 점점 넓어지는 본체는 측방 안정성을 제공하여, 압입자가 압박되는 동안에 압입자의 좌굴이 일어날 가능성을 최소화한다.

[0059]

임프린팅 작업 동안에, 레지스트가 피복된 기판은 온도 제어형 척에 놓여질 수 있고, 전공을 인가함으로써 상기 척에 맞닿아 유지될 수 있다. 척의 온도는, 가열 및 냉각된 유체를 통과시킴으로써 제어될 수 있다. 이 경우, 패터닝 사이클은, 척에서 가열되는 레지스트가 피복된 기판과, 통상적으로는 스템프 뒤에서 압력을 인가함으로써, 척에 대해 밀어붙여진 스템프로 구성될 것이다. 그 후에, 기판과 레지스트는 스템프가 그 자리에 가만히 있는 상태로 냉각될 것이다. 끝으로, 통상적으로는 가요성 스템프를 벗겨냄으로써, 레지스트 피복 기판으로부터 스템프가 제거될 것이다. 접촉 시간은, 스템프가 레지스트 및 기판과 접촉해 있는 기간이다. 총 사이클은 수 초에 불과할 수 있다.

[0060]

유익하게는, 레지스트에서의 구멍의 크기는 돌출부(712)의 변형량에 의해 결정된다. 결국에는, 이는 개개의 돌출부에 작용하는 힘에 의해 결정된다. 상기 힘은 스템프의 뒤에 압력을 인가함으로써 제어될 수 있다. 스템프는

가요성을 갖기 때문에, 기판이 완전히 평평한 경우가 아니더라도, 돌출부의 유용한 국소 영역에 대한 평균 힘의 제어가 양호해진다.

[0061] 일반적으로, 각 돌출부에 작용하는 힘은, 각 측방향으로 스템프의 두께의 수배에 상당하는 거리에 걸쳐 있는 영역에서 대략 동일할 것이다. 정수압이 유체에 형성되지 않는 간극을 유지하는 방법의 장점은, 스템프에 인가되는 압력과, 돌출부의 압축에 의해 공지의 양으로 발생되는 스프링력만을 고려함으로써, 스템프에 작용하는 힘이 통상적으로 결정될 수 있다는 것이라고 볼 수 있다. 정수압이 유체에 형성되지 않는다면, 전술한 힘(압력과 스프링력)은 돌출부의 최대 변형 시점에서 상쇄된다. 따라서, 레지스트 재료의 두께, 또는 기판의 평평도, 또는 이들의 조합의 불규칙도의 측방 규모가, 스템프의 두께의 수배이거나 혹은 이보다 큰 경우에, 이러한 불규칙 영역 내에서 각 돌출부에 작용하는 힘은 거의 동일할 것이고, 해당 불규칙 영역 외부에 있는 충분히 큰 영역에서 각 돌출부에 작용하는 힘과도 또한 거의 동일할 것이다. 불규칙 영역에서부터 인접 영역으로의 전이부 부근에 있는 돌출부에 작용하는 힘은, 전술한 큰 영역에서와 같이 균일하지는 않을 것이다. 예를 들어, 스템프는 총 두께가 약 0.3 mm이고, 돌출부의 두께가 약 0.01 mm(10 미크론)(통상적으로는 약 2 미크론 내지 약 20 미크론의 범위)일 수 있다. 이러한 스템프는, 2개의 직교하는 방향 각각으로 적어도 약 0.7 mm에 걸쳐 있는 영역에서 돌출부에 작용하는 힘이 균일할 것이다. 이러한 넓은 영역보다 작은 불규칙 영역의 경우, 이러한 불규칙 영역에 있는 돌출부에 작용하는 힘은, 더 균일한 다른 영역에 있는 돌출부에 작용하는 힘에 그다지 가깝지 않을 것이다. 스템프의 총 두께는 약 0.05 mm 내지 약 1 mm의 범위일 수 있고, 바람직한 범위는 약 0.1 mm 내지 약 0.5 mm의 범위이다. 스템프가 얇을수록, 기판의 표면 불규칙도 및 거칠기에 보다 잘 순응할 수 있다. 얇고 그에 따라 매우 유연한 스템프를, 스템프의 뒤에서 인가되는 정수압과 함께 조합함으로써, 거칠고 울퉁불퉁한 표면에 고품위 패턴을 형성할 수 있는 시스템이 제공된다.

[0062] 인가된 힘과 각 돌출부의 탄성 또는 강성의 조합은, 변형된 돌출부(712)와 기판(704) 사이의 접촉 영역의 크기를 결정한다. 결국에는, 이는 레지스트에서의 개구(921)의 크기를 결정한다. 돌출부(712) 사이에 있는 스템프의 확장면(715)과 레지스트(702)와의 사이에 간극(711)이 항상 존재하므로, 공기가 이 간극 내에서 자유롭게 이동하여 스템프의 옆으로 빠져나갈 수 있다. 그 결과, 공기의 압력이 형성되지 않으므로, 스템프의 뒤에 인가되는 압력에 의해서만, 돌출부의 접합에 작용하는 정미력이 결정된다.

[0063] 스템프와 레지스트/기판 사이로부터 공기가 빠져나갈 수 있다는 것을 보장하기 위해, 기판의 가장자리에 대한 스템프의 밀봉은 방지되어야 한다.

[0064] 체적을 충전하고자 하는 방법에 비해, 레지스트층과 스템프 표면 사이에 간극을 제공하는 본원 명세서에 개시된 방법의 장점이 많다.

[0065] 레지스트층(702)의 절대 두께는 중요하지만, 운용 한계 내에 있는 한, 즉 전술한 바와 같이 레지스트가 너무 많지도 않고 너무 적지도 않은 한, 임계적인 것은 아니다.

[0066] 제공되는 레지스트의 양은, 예칭 이후에 기판에 형성되는 소기의 구멍 크기로부터 뒤로 작업함으로써 결정될 수 있다. 이러한 크기와, 프로세스 상황에 가장 좋은 예칭 기간을 알면, 설계자는 기판 상의 레지스트에 있는 개구에 대한 최적의 크기를 결정할 수 있다. 이러한 최적의 크기는, 기판과 접촉(예칭 시험에서 규정하는 접촉)하는 변형된 스템프 돌출부의 면적 규모에 의해 확보된다. 4면 피라미드를 예로 들면, 완전 신장 상태의 피라미드의 정점에서 1/3이 짜부러지도록 피라미드를 변형시킴으로써 소기의 개구가 얻어지고, 그 결과 피라미드의 정점으로부터의 거리의 1/3 지점, 즉 피라미드의 기저부로부터의 거리의 2/3 지점에서의 피라미드의 단면의 둘레에 의해 구멍이 규정된다. 레지스트의 깊이는, 돌출부의 최대 신장 길이의 2/3보다 훨씬 더 작아야 한다. 그렇지 않으면, 돌출부의 정점으로부터 1/3이 납작하게 짜부러지도록 스템프가 변형되었을 때, 스템프의 본체와 기판 사이의 체적을 완전히 채울 것이다. 이는, 전체 체적을 채우고자 하는 방법과 관련하여 전술한 모든 문제를 수반할 것이다. 따라서, 간극을 유지하는 방법의 경우, 스템프 접촉 시간의 기간 중에 소기의 구멍 크기를 확보하는데 필요한 정도로 돌출부가 변형될 때, 실질적으로 레지스트의 전체 표면에 걸쳐 간극을 남겨 두기에 충분한 언더필드가 있어야 한다. 전술한 바와 같이, 이러한 언더필드는 약 0.1 벤치마크 유닛(체적을 채운)과 약 0.7 벤치마크 유닛 사이 어딘가에 있는 충전도이다. 현재의 프로세스 제어 능력은, 0.7보다 큰 벤치마크 유닛의 문제를 야기하는 충전도를 확실히 회피할 수 있다.

[0067] 보다 구체적으로, 체적을 채우고자 하는 방법과 관련하여 전술한 예제 세트에 연이어서, 벤치마크 유닛의 수단으로서, 스템프가 돌출부간의 간격이 20 미크론이고 피라미드 기저부가 14 미크론이며 피라미드 높이가 9.9 미크론인 6각 배열의 피라미드형 돌출부로 구성된 통상의 경우를 고려해 볼 필요가 있다. 체적이 완전히 채워진 상태에서, 한 변의 길이가 4 미크론인 구멍을 레지스트에 형성하기 위해서는, 피라미드의 정점이 기단부를 향해

약 2.8 미크론만큼 옮겨져야 한다. 틀의 확장면과 웨이퍼 사이의 공간을 채우는 데 필요한 레지스트의 양은 (압입자가 변형된 경우) 약 7.1 미크론 두께의 층이 될 것이다. 따라서, 벤치마크 유닛 깊이는 7.1 미크론이 될 것이다. 따라서, 간극을 유지하는 본 발명의 방법의 경우, 충전도가 0.1 벤치마크 유닛 내지 0.7 벤치마크 유닛이고, 레지스트의 깊이로 환산하면 0.7 미크론 내지 5 미크론이다.

[0068] 최종 제품의 설계에 따라, 돌출부는 약 5 미크론 내지 약 100 미크론, 또는 그 이상의 간격을 두고 이격될 수 있다. 마찬가지로 최종 제품의 설계에 따라, 돌출부의 높이는 약 2 미크론 내지 약 100 미크론, 또는 그 이상일 수 있다. 통상적으로, 압입자는 그 크기가 작을수록 보다 밀접하게 간격을 두고 배치되지만, 반드시 그러한 것은 아니다.

[0069] 바로 앞에서 설명한 내용을 요약하면, 간극을 유지하는 방법을 제공하는 레지스트 재료의 적정량은, 스템프를 기판에 대해 누를 때, 변형된 돌출부의 적정량의 면적 규모가 기판과 접촉하는 정도로 변형되고, 그 결과 레지스트 재료에는 고화 및 스템프 분리 이후에 적정 크기의 구멍이 형성될 것이며, 레지스트의 표면과 스템프의 확장면 사이에, 전체 접촉 시간 동안 간극이 유지되는 양이다. 또한, 기판의 전체 영역은 접촉 시간 동안에 피복된 채로 남아 있는 것이 바람직하다. 또한, 레지스트 피복 영역 전체에는, 예칭 시험에 의거, 예칭에 저항하는 깊이로 레지스트가 존재해 있다. 유익하지만 절대적인 요건은 아닌 가이드는, 체적을 채우는 레지스트 재료의 약 0.1 벤치마크 유닛 내지 약 0.7 벤치마크 유닛, 바람직하게는 약 0.2 벤치마크 유닛 내지 약 0.4 벤치마크 유닛을 제공하는 것이다.

[0070] 돌출부에 작용하는 힘만이 스템프의 위에 가해지는 압력에 대항하므로, 레지스트층(702)에서의 구멍(921)의 크기는 정확하게 제어된다. 즉, 레지스트는 스템프의 대부분과, 예컨대 돌출부 사이의 확장면(715)에서 접촉하지 않으므로, 레지스트에 정수압은 형성되지 않는다.

[0071] 공기가 레지스트 피복 기판과 스템프 사이로부터 스템프의 주변 환경으로 빠져나가는 연속적인 채널이 있다.

[0072] 레지스트와 스템프 사이의 접촉 면적이, 체적을 채우고자 하는 방법의 경우보다 작아서, 스템프를 벗겨내기가 (스템프를 압입 위치로부터 뒤로 빼내기가) 용이해진다. 또한, 스템프를 벗겨낼 때, 스템프와 레지스트층 사이의 공간에 공기가 들어가는 통로가 존재하여, 흡인의 발생이 방지된다.

[0073] 간극을 유지하는 본 발명의 방법은 비교적 낮은 온도에서 행해진다. 이와 같이 비교적 낮은 온도는, 레지스트의 점성이 레지스트의 과잉 이동을 방지할 수 있을 정도로 충분히 높게 하는 데 사용된다. 따라서, 스템프가 노출되는 온도가 제한되어, 스템프의 수명이 길어지고, 다양한 재료가 스템프용으로 사용될 수 있게 된다.

[0074] 또한, 기판에 부여되어야 하는 온도 스윙의 규모가 제한되어, 온도를 상하로 요동시키는 데 필요한 시간 및 에너지를 만족스럽게 낮출 수 있게 되고, 구성 재료도 융통성 있게 선택할 수 있게 된다.

[0075] 따라서, 스템프의 본체와 레지스트 사이에 간극이 지속된 상태로 웨징 프로세스를 운용함으로써, 많은 문제가 해결되고, 재현 가능하며 경제적인 결과가 제공된다.

[0076] 웨이퍼 기판 상의 일부 영역에 레지스트가 채워진 경우라도, 간극을 남겨두는 방법의 이점의 대부분이 유지되는 점을 주목해야 할 필요가 있다. 다시 말하자면, 레지스트의 전체 표면에 걸쳐 간극이 연속적으로 존재하지 않더라도, 이점이 얻어질 수 있다. 예를 들어, 레지스트의 10%가 간극을 남길 수 없을 정도로 과도하게 큰 두께로, 즉 충전 조건을 초래하는 두께로, 증착되어 있는, 156 mm × 156 mm의 실리콘 웨이퍼 기판을 고려해 볼 필요가 있다. 예를 들어, 이와 같이 두꺼운 레지스트 영역은 웨이퍼에 걸쳐 분포되어 있는 직경 1 mm~5 mm의 스포트에 생길 수 있다. 웨이퍼의 나머지 부분은 간극을 가진 상태로 유지될 수 있는 반면에, 상기한 스포트에서는 충전 조건이 초래될 것이다. 또한, 충전되어 있는 스포트에서의 구멍 크기는, 간극 영역에서의 구멍 크기와 동일하거나 혹은 매우 비슷할 것이다. 이는, 각 충전 영역의 크기는, 레지스트 자체가 스템프에 상당한 압력을 가하고 있지 않을 때까지는, 레지스트가 측방으로 유동할 수 있을 정도로 충분히 작고, 스템프의 평형은, 스템프의 뒤에 인가되는 압력과 압입자의 변형 사이의 밸런스에 의해 결정되기 때문이다. 일반적으로, 간극이 적어도 틀의 표면 영역의 대부분에 걸쳐 존재한다면, 간극 방법의 이점은 입수 가능한 것으로 고려된다.

스템프 펠스 인가

[0077] 본원 명세서에 개시된 발명의 다른 그룹은, 각 돌출부의 위치에 있는 모든 레지스트를 제거하여, 잔류 스컴층이 존재하지 않게 하는 것과 관련하여 앞서 언급한 문제를 해결하는 것이다. 이미 언급한 바와 같이, 잔류하는 레지스트 스컴층이 없을 만큼은, 정규 예칭 작업 동안에 예칭을 방해하지 않는 양보다 많지 않은 양을 의미한다. 본원 발명은, 스컴층을 소거하기 위해 압입 돌출부를 반복적으로 변형시키는 것을 포함한다. 본원 발명은, 일반

적으로 펄스 인가 동작 또는 텁핑 동작을 수반하는 것으로서 언급되어 있다.

[0079] 일 실시형태에서는, 도 10의 (a), 도 10의 (b) 및 도 10의 (c)를 참조로 하여 개략적으로 도시된 바와 같이, 스템프(1010) 맴브레인의 뒤에 압력을 인가함으로써 레지스트의 초기 각인을 실시한 이후에, 상기 압력을 감소시키고, 그리고 나서 수회의 연속적인 펄스 사이클에서 상기 압력을 증대시킨다. 초기에는, 접촉 이전에, 돌출부(1012)가 뾰족한 선단(1013)을 갖고, 상기 돌출부는 레지스트층(1002)을 통해 기판 웨이퍼(1004)의 표면과 접촉하도록 압박된다. (돌출부의 선단이 기판에 완전히 접촉해 있는지, 또는 실제로는 사이에 매우 얇은 레지스트층이 개재되어 있는 채로 남아있는지는 알려져 있지 않다.) 압력이 증대됨에 따라, 스템프 돌출부(1012)는 도 10의 (b)에 도시된 바와 같은 실질적으로 납작해진 선단 형상(1022)에 이르기까지 변형된다. 돌출부가 변형됨에 따라, 돌출부는 변형된 부분 바로 아래에 있는 위치로부터 레지스트(1002)를 견어내고 밀어낸다. 이후에 압력을 낮추면, 돌출부는 뾰족한 형상으로 복원된다. 이후에 압력을 다시 인가하면, 돌출부는 다시 납작한 선단 형상을 취하게 된다. 상기한 변형된 상태로부터의 이완과 압력의 재인가는 펄스 인가 모드 동안에 적어도 1회, 선택적으로는 3회 이상(가능하다면 더 많은 회수로) 반복된다.

[0080] 따라서, 본원 명세서에서 사용되고 있는 바와 같이, 펄스 인가 사이클은, 돌출부가 양의 압력으로 그리고 선단(1022)이 거의 납작해진 채로 기판에 대해 압박되는 상태에서 시작되는 것으로 고려된다. 펄스는 제2 저압으로의 압력을 이완하는 것과, 압력을 재인가하는 것으로 이루어진다. 펄스를 인가하는 동안에, 압력은 제로까지 줄어드는 것이 아니라, 오히려 그 최대값의 몇 분의 1로 줄어든다. 증대된 압력의 재인가에서는, 제2 저압으로의 이완 이전에, 초기에 인가된 압력과 동일한 압력, 또는 다른 압력으로 되돌려질 수 있다. 높은 압력으로의 복귀가 제2 저압보다 큰 압력에 이르게 되는 것만을 필요로 한다.

[0081] 예를 들어, 스템프 위에 가해진 압력은 통상적으로 약 0.25 atm 게이지 내지 약 2 atm 게이지의 범위 내일 수 있다(즉 스템프 위에 가해진 절대 압력은 약 1.25 atm~약 3 atm이다). 스템프 위에 가해진 압력이 약 0.5 atm 게이지 압력인 경우를 살펴보면, 텁핑 사이클은 상기 압력을 약 0.1 atm 게이지까지 낮추는 것과, 이후에 압력을 약 0.5 atm 게이지까지 다시 올리는 것으로 이루어질 것이다. 텁핑 사이클은 약 0.1초 내지 약 1 또는 2초 걸릴 수 있고, 설비가 가스를 제거하고 받아들일 수 있는 속도에 따라서, 10초 정도까지 길어질 수도 있다. 짧게는 0.1초 길게는 10초의 접촉 기간이 유용한 것으로 간주된다. 설비를 가능한 높은 주파수로 작동시키면, 접촉 기간이 최소화되고, 이에 따라 전술한 바와 같이 돌출부의 면을 따라 올라가는 레지스트 재료의 이동이 최소화된다. 제2 저압은 약 0.1 atm 게이지 내지 1 atm 게이지의 범위 내에 있을 수 있다.

[0082] 이러한 방식에서, 돌출부(1012)는 기판 웨이퍼(1004)와 접촉한 채로 있고, 즉 스템프 뒤에서 인가되는 압력이 줄어들 때, 돌출부가 기판으로부터 완전히 들어올려지지는 않는다. 수 개의 돌출부가 들어 올려졌다면, 연속적으로 압력에 펄스를 가할 때, 모든 돌출부가 그 본래의 개구로 다시 들어갈 가능성이 낮을 것이다. (실질적으로 모든 돌출부가 그 본래의 구멍으로 되돌아가기 위해서는, 얼마나 많은 돌출부가 아무 문제 없이 들어 올려지는 것이 용납될 수 있는가는 알려져 있지 않다. 그러나, 이는 민감해지는 조건이라는 것이 알려져 있다.) 개개의 피라미드형 돌출부(1012)는 도시된 바와 같이 약간 뒤로 되튀게 된다. (도 10의 (c)에서는, 돌출부(1012)의 측면(1023)과 레지스트층(1002) 사이에 공간(1017)이 도시되어 있지만, 돌출부가 압축 및 이완됨에 따라, 이러한 공간이 실제로 존재하게 되는지의 여부, 또는 돌출부의 선단(1013) 부근에서 레지스트층이 얇아져 없어지는지의 여부, 또는 이들간의 일부 조합은 알려져 있지 않다.)

[0083] 그 후에 최대 압력을 다시 인가하고, 압력이 증대됨에 따라, 납작해지는 피라미드형 돌출부(1012)는 보다 많은 레지스트(1002)를 밀어낼 수 있는 것으로 고려된다. 이러한 사이클을 여러 회 반복할 수 있다. 예칭용 구멍의 98%를 치우는데 3회 반복이면 충분한 것으로 확인되었지만, 겨우 1회의 반복 또는 더 많은 회수의 반복이 이용될 수 있다. 소거한다 또는 벗겨낸다는, 표준 예칭제로 적정 길이의 시간동안 예칭하는 경우, 돌출부에 대응하는 위치의 전술한 98%가, 기판에 있어서 용납될 수 있을 정도로 예칭된 구멍이 되도록, 돌출부의 위치에 잔류해 있는 레지스트의 양을 줄이는 것을 일반적으로 의미한다.

[0084] 앞에서 언급되어 있는 바와 같이, 시각적으로는 모든 스컴층이 소거된 것으로 보이는 일부 영역에서, 구멍이 기판에 충분히 형성되지 않을 정도로 충분한 예칭에 대한 저항성이 나타나므로, 백색광 현미경에 의한 시각적 검사가 소거를 결정하기에 충분하지 않다는 것을 주목해야 할 필요가 있다.

[0085] 따라서, 레지스트층이 완전히 전부 제거되었는가는, 펄스 인가 동작에 의한 경우라도, 백색광 현미경보다 감도가 높은 기술에 의해 결정될 수 있는 것으로, 확실하게는 알려져 있지 않다. 펄스 인가를 이용한 것과 관련하여 알려진 것은, 레지스트를 통한 예칭에 적합한 구멍의 비율이 레지스트에 있어서 더 높아진다는 것이다. 펄스 인가를 이용하지 않은 것과 관련하여 알려진 것은, 경우에 따라, 시각 검사시에는 스컴층이 소거된 것으로 보이지

만, 예칭을 허용할 정도로 충분히 소거되지는 않은 구멍의 비율이 레지스트층에 있어서 상당하다는 것이다.

[0086] 또한, 최종 펄스 인가의 종료시에, 압력을 유지한 후, 레지스트에 영향을 미치는 환경의 온도를 낮춰, 레지스트를 그 자리에서 냉각시킨다는 것을 주목해야 할 필요가 있다. 그 후에, 압력을 줄이고, 스템프를 벗겨내면, 고화된 혹은 경화된 레지스트에 구멍이 남게 된다.

[0087] 이러한 방법의 펄스 인가 단계 동안에는 항상, 모든 돌출부(1012)의 사이에 있는 공간의 영역에서, 간극(1011)은 개방된 채로 유지된다.

[0088] 공기 등의 공기 압력 또는 앞서 개괄적으로 설명한 바와 같은 다른 유체를 이용하여 틀을 기판을 향해 전진시키는 것이 아니라, 틀을 기판을 향해 그리고 기판에 대해 압박하는 기계적인 장치를 이용하여 틀을 전진시킬 수 있다. 이는, 틀에 펄스를 인가하는 것에 관한 발명뿐만 아니라 레지스트 재료 부근에 간극을 유지하는 것에 관한 발명과도 상당히 연관되어 있다.

[0089] 본원 명세서는 하나 이상의 발명을 설명하고 개시한다. 본원 발명은 본원 명세서와, 본원 명세서에 기초한 임의의 특허 출원의 추진 과정에서 출원될 뿐만 아니라 개발될 수도 있는 관련 문헌의 청구범위에 기술되어 있다. 본원 발명의 발명자는, 이후에 결정되는 바대로, 모든 여러 발명을 종래 기술에 의해 허용되는 한계까지 청구하고자 한다. 본원 명세서에 기재된 비특징부가, 본원 명세에 개시된 각 발명에 필수적이다. 따라서, 본원 발명의 발명자는, 본원 명세서에 기초한 임의의 특허의 임의의 특정 청구항에 청구되지는 않았지만 본원에 기재된 비특징부가, 상기한 임의의 청구항에 포함되어야 하는 것으로 의도하고 있다.

[0090] 예를 들어, 웨징 프로세스 동안에 레지스트가 기판의 전체 영역을 충분히 덮는 것을 보증하고, 각인된 패턴이 레지스트에 형성되기 전에, 무괴복을 방지하는 것에 관한 문제를 해결하고 간극을 남기는 것에 관련된 발명은, 예칭제가 하위 기판 재료를 제거할 수 있도록 레지스트를 제거하는 것이 요망되는, 기판에 있어서 돌출부에 인접한 영역으로부터 레지스트를 충분히 제거하는 것에 관련된 발명과는 별개이다. 그러나, 간극 유지 방법과 펄스 인가 방법 모두가 동일한 기판에 함께 실시될 수도 있다. 또는, 어느 한 방법만이 다른 방법 없이 실시될 수 있다.

[0091] 또한, 각 그룹 내에서, 단독으로 또는 조합을 이루어 실시될 수 있는 본 발명의 독립적인 양태가 있다. 예를 들어, 간극 유지법의 경우, 레지스트가 돌출부에 올라가는 정도는, 재료 조합의 젓음각, 또는 레지스트 재료의 점성, 접촉 시간의 기간, (점성에 영향을 미치는) 온도 및 압박 정도 중의 임의의 어느 하나를 변경함으로써 제어될 수 있다. 점성은 레지스트 성분을 조정함으로써 조절될 수 있다. 돌출부의 크기 및 형상과, 돌출부의 연장된 부재의 경사도 또한 레지스트가 따라 이동하는 정도를 조정하도록 변경될 수 있다.

[0092] 일부 하드웨어의 어셈블리, 또는 단계의 그룹을 본원 명세서에서는 발명이라 한다. 그러나, 이러한 어셈블리 또는 그룹이 특허성이 분명한 발명, 특히 하나의 특허 출원, 또는 발명의 단일성과 관련하여 심사되는 발명의 수에 관한 법과 규정에서 보는 발명이라는 것을 인정하는 것은 아니다. 이는 발명의 실시형태를 나타내는 첨경으로 의도된 것이다.

[0093] 요약서가 본원 명세서와 함께 제출되어 있다. 이 요약서는, 심사관 및 다른 조사관이 기술적인 개시 내용의 주체를 빠르게 확인할 수 있게 하는, 요약서를 요구하는 규정에 부합하기 위해 제공된 것이라는 점을 강조한다. 특허청의 규정에 규약되어 있는 바와 같이, 청구범위의 범위 또는 의미를 해석 또는 제한하는 데 사용되지 않는다는 이해를 갖고서 제출된 것이다.

[0094] 전술한 설명은 예시적인 것으로 이해되어야 하며, 결코 제한적인 것으로 고려되어서는 안 된다. 본 발명의 바람직한 실시형태를 참조로 하여 본 발명을 구체적으로 보여주고 설명하였지만, 당업자라면, 청구범위에 의해 한정되는 본 발명의 정신 및 범위로부터 벗어나지 않으면서, 형태 및 세부 사항에 대해 다양하게 변형을 실시할 수 있다는 것을 이해할 것이다.

[0095] 이하의 청구범위의 기능 요소를 더한 모든 수단 또는 단계의 대응하는 구조, 재료, 행위 및 등가물은, 구체적으로 청구된 다른 청구 요소와 조합하여 기능을 수행하는 임의의 구조, 재료, 또는 행위를 포함하도록 되어 있다.

발명의 양태

[0097] 본 발명의 이하의 양태는 본원 명세서에 기재된 것으로 의도되어 있고, 본 섹션은 이들 양태가 언급되어 있음을 보장하기 위한 것이다. 이들 양태는 양태의 방식으로 되어 있고, 이들 양태는 청구범위와 유사하게 보이지만, 청구범위가 아니다. 그러나, 미래의 어느 시점에서, 출원인은 본 출원 및 임의의 관련 출원에서 이들 양태의 일

부 및 전부를 청구하는 권리를 보유한다.

[0098] 1. 재료의 패턴을 기판에 부여하는 방법으로서,

[0099] a. 기판 및 스템프를 제공하는 단계로서, 상기 스템프에는 변형 가능한 특징부가 간격을 두고 패터닝되어 있고, 상기 스템프의 확장면으로부터 돌출되어 있는 특징부인 돌출부가 소정 길이를 갖는 것인 기판 및 스템프 제공 단계,

[0100] b. 유동 온도까지 가열시에 유동성을 갖게 되는 재료를, 기판의 적어도 한 영역에 제공하는 단계로서, 상기 재료는 상기 특징부의 길이보다 짧은 깊이로 마련되는 것인 유동성 재료 제공 단계;

[0101] c. 상기 유동성 재료와 상기 돌출 특징부를 접촉시키는 단계;

[0102] d. 상기 돌출 특징부와는 반대편에 있는 스템프의 측에 제1 압력을,

[0103] i. 상기 돌출 특징부가 상기 유동성 재료에 침입하고;

[0104] ii. 기판과의 접촉시에, 상기 유동성 재료의 표면의 대부분에 걸쳐, 상기 유동성 재료와 상기 스템프의 확장면 사이에 간극이 존재하는 규모로, 상기 돌출 특징부가 변형되는 정도로 인가하는 단계;

[0105] e. 상기 유동성 재료가 유동할 수 있게 되기 전 충분한 온도로 상기 유동성 재료를 가열하는 단계; 및

[0106] g. 상기 기판에 있어서 패터닝 재료가 덮고 있는 영역을 드러내도록 스템프를 후퇴시키는 단계를 포함하는 방법.

[0107] 2. 재료의 패턴을 기판에 부여하는 방법으로서,

[0108] a. 기판 및 스템프를 제공하는 단계로서, 상기 스템프에는 변형 가능한 특징부가 간격을 두고 배치되어 있고, 상기 특징부는 스템프의 확장면으로부터 돌출되어 있으며 소정 길이를 갖는 것인 기판 및 스템프 제공 단계,

[0109] b. 유동 온도까지 가열시에 유동성을 갖게 되는 재료를, 기판의 적어도 한 영역에 제공하는 단계;

[0110] c. 상기 유동성 재료와 상기 돌출 특징부를 접촉시키는 단계;

[0111] d. 상기 돌출 특징부와는 반대편에 있는 스템프의 측에 제1 압력을,

[0112] i. 상기 돌출 특징부가 상기 유동성 재료에 침입하고;

[0113] ii. 상기 기판과의 접촉시에, 상기 돌출 특징부가 변형되는 정도로 인가하는 단계;

[0114] e. 상기 돌출 특징부의 변형이 감소되는 정도로 상기 제1 압력보다 낮은 제2 압력을 인가하는 단계;

[0115] f. 상기 돌출 특징부와는 반대편에 있는 스템프의 측에 상기 제2 압력보다 큰 압력을 인가하는 단계;

[0116] g. 단계 f 이전에 또는 도중에, 상기 유동성 재료가 유동할 수 있게 되기 전 충분한 온도로 상기 유동성 재료를 가열하는 단계; 및

[0117] h. 상기 기판에 있어서 패터닝 재료가 덮고 있는 영역을 드러내도록 스템프를 후퇴시키는 단계를 포함하는 방법.

[0118] 3. 양태 1 또는 양태 2에 있어서, 상기 유동성 재료를 냉각시키는 냉각 단계를 더 포함하는 방법.

[0119] 4. 양태 4에 있어서, 상기 유동성 재료가 비유동 상태가 되도록 상기 냉각 단계가 수행되는 것인 방법.

[0120] 5. 양태 1 내지 양태 4 중 어느 한 양태에 있어서, 상기 제1 압력을 인가하는 단계는, 상기 스템프의 특징부의 소정 면적 규모가 기판과 밀접하여 탄성적으로 변형되어 있도록, 압력을 인가하는 것을 포함하는 것인 방법.

[0121] 6. 양태 1 내지 양태 5 중 어느 한 양태에 있어서, 패터닝된 재료는, 이전에 유동성 재료로 덮여 있었지만, 유동성 재료에 의해 덮여 있지 않은 기판의 적어도 하나의 무피복 영역을 포함하는 것인 방법.

[0122] 7. 양태 6에 있어서, 상기 무피복 영역은 예정 시험에 의해 결정되는 바에 따라 피복되어 있지 않는 것인 방법.

[0123] 8. 양태 1 내지 양태 7 중 어느 한 양태에 있어서, 상기 무피복 영역은 스템프의 돌출 특징부에 대응하는 것인 방법.

[0124] 9. 양태 1 내지 양태 8 중 어느 한 양태에 있어서, 상기 스템프의 탄성 계수는 약 50 MPa 미만이고, 바람직하게

는 약 0.5 MPa 내지 약 35 MPa이며, 더 바람직하게는 약 2 MPa 내지 약 15 MPa인 것인 방법.

[0125] 10. 양태 1 내지 양태 9 중 어느 한 양태에 있어서, 패터닝된 기판을 후속 에칭 처리 단계를 받게 하는 것을 더 포함하는 방법.

[0126] 11. 양태 1 내지 양태 10 중 어느 한 양태에 있어서, 유동성을 갖게 되는 재료는 액스를 포함하는 것인 방법.

[0127] 12. 양태 1 내지 양태 11 중 어느 한 양태에 있어서, 유동성을 갖게 되는 재료는 수지를 포함하는 것인 방법.

[0128] 13. 양태 1 내지 양태 12 중 어느 한 양태에 있어서, 유동성을 갖게 되는 재료는 로진을 포함하는 것인 방법.

[0129] 14. 양태 1 내지 양태 13 중 어느 한 양태에 있어서, 상기 재료는 약 100°C 미만의 온도에서 유동성을 갖게 되는 것인 방법.

[0130] 15. 양태 1 내지 양태 14 중 어느 한 양태에 있어서, 상기 재료는, 상기 유동 온도에서 약 5,000 cps 내지 약 500,000 cps의 점성, 바람직하게는 약 20,000 cps 내지 약 200,000 cps의 점성을 갖는 유동성을 갖게 되는 것인 방법.

[0131] 16. 양태 15에 있어서, 상기 재료는, 적어도 약 2°C, 바람직하게는 적어도 약 5°C의 온도 범위에 걸쳐, 상기 특정한 범위 내의 점성을 갖는 유동성을 갖게 되는 것인 방법.

[0132] 17. 양태 1 내지 양태 16 중 어느 한 양태에 있어서, 유동성을 갖게 되는 재료는 2 이상의 성분을 포함하는 것인 방법.

[0133] 18. 양태 1 내지 양태 17 중 어느 한 양태에 있어서, 상기 스템프에 대해 관련 압력을 인가하는 단계는, 약 0.5 초 내지 약 10초의, 바람직하게는 약 1초 내지 약 5초의 접촉 시간 동안 행해지는 것인 방법.

[0134] 19. 양태 1 내지 양태 18 중 어느 한 양태에 있어서, 상기 돌출 특징부는 약 2 미크론 내지 약 20 미크론, 바람직하게는 약 10 미크론의 길이를 갖는 것인 방법.

[0135] 20. 양태 1 내지 양태 19 중 어느 한 양태에 있어서, 상기 유동성을 갖게 되는 재료를 제공하는 단계는, 약 5 미크론 미만의 깊이의 재료를 제공하는 것을 포함하는 것인 방법.

[0136] 21. 양태 1 내지 양태 19 중 어느 한 양태에 있어서, 상기 재료를 제공하는 단계는, 약 0.7 미크론 내지 약 5 미크론의, 바람직하게는 약 3.5 미크론 미만의 깊이의 유동성 재료를 제공하는 것을 포함하는 것인 방법.

[0137] 22. 양태 1 내지 양태 21 중 어느 한 양태에 있어서, 상기 돌출 특징부는 기저부와 선단을 갖는 특징부를 포함하고, 상기 선단은 라운딩되어 있으며, 상기 특징부는 상기 기저부로부터 상기 선단을 향해 갈수록 반경이 줄어드는 실질적으로 원형인 단면을 갖는 것인 방법.

[0138] 23. 양태 1 내지 양태 22 중 어느 한 양태에 있어서, 상기 돌출 특징부는 기저부와 선단을 갖는 특징부를 포함하고, 상기 선단은 적어도 한 양태에서 뾰족한 첨단을 갖는 것인 방법.

[0139] 24. 양태 1 내지 양태 23 중 어느 한 양태에 있어서, 상기 돌출 특징부는 적어도 한 양태에서 삼각형 단면을 갖는 것인 방법.

[0140] 25. 양태 1 내지 양태 23 중 어느 한 양태에 있어서, 상기 돌출 특징부는 적어도 한 양태에서 사다리꼴 단면을 갖는 것인 방법.

[0141] 26. 양태 1 내지 양태 26 중 어느 한 양태에 있어서, 상기 스템프는 피라미드형의 뾰족한 돌출 특징부를 포함하는 것인 방법.

[0142] 27. 양태 1 내지 양태 26 중 어느 한 양태에 있어서, 광전지를 형성하도록 상기 기판을 처리하는 것을 더 포함하는 방법.

[0143] 28. 양태 2 내지 양태 27 중 어느 한 양태에 있어서, 단계 (d), (e) 및 (f)가, 적어도 초당 1/2 펄스의 주파수로 수행되는 펄스 사이클을 형성하는 것인 방법.

[0144] 29. 양태 1 내지 양태 28 중 어느 한 양태에 있어서, 제1 압력을 인가하는 단계는 약 0.25 atm 게이지 내지 약 2 atm 게이지의 압력을 인가하는 것을 포함하고, 제2 압력을 인가하는 단계는 약 0.1 atm 게이지 내지 약 1 atm 게이지의 압력을 인가하는 것을 포함하는 것인 방법.

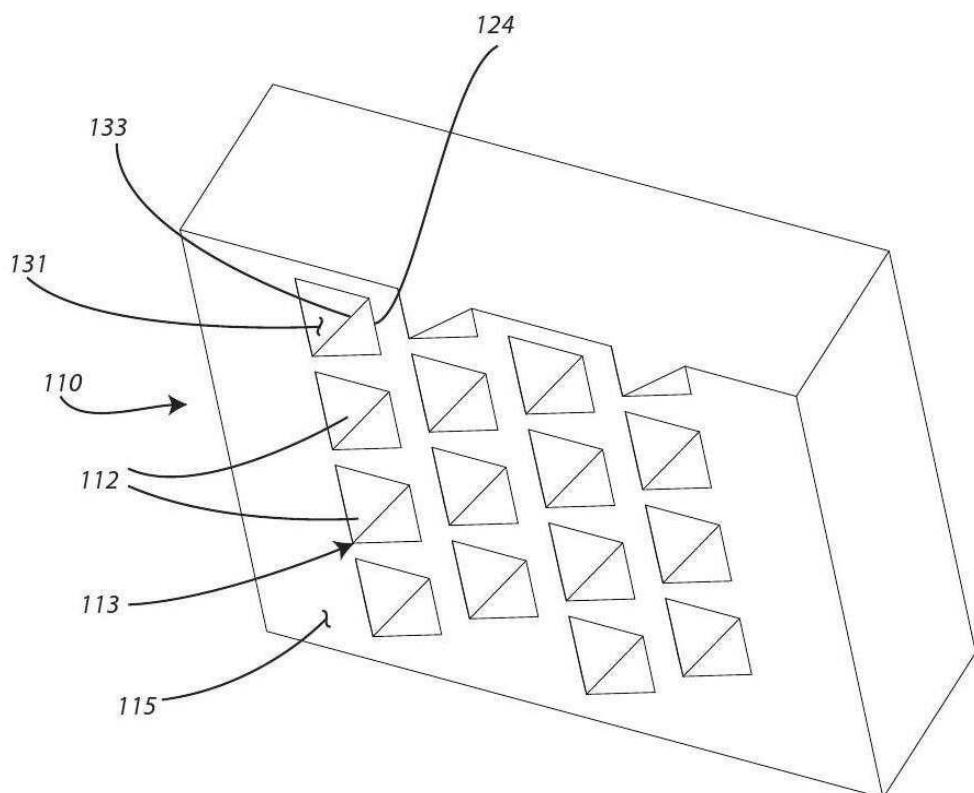
[0145] 30. 양태 2 내지 양태 29 중 어느 한 양태에 있어서, 단계 (e) 및 (f)를 적어도 2회 추가적으로 반복하는 것을

더 포함하는 방법.

- [0146] 31. 양태 5 내지 양태 30 중 어느 한 양태에 있어서, 재료의 벤치마크 유닛 깊이가, 유동성 재료와 확장면 사이에 간극이 존재하지 못하게 하며, 상기 재료를 제공하는 단계는, 상기 표면의 대부분에 걸쳐서의 간극이 0.9 벤치마크 유닛 내지 0.3 벤치마크 유닛의 규모를 갖도록 재료를 제공하는 것을 포함하는 것인 방법.
- [0147] 32. 양태 5 내지 양태 30 중 어느 한 양태에 있어서, 재료의 벤치마크 유닛 깊이가, 유동성 재료와 확장면 사이에 간극이 존재하지 못하게 하며, 상기 재료를 제공하는 단계는, 상기 표면의 대부분에 걸쳐서 0.1 벤치마크 유닛 내지 0.7 벤치마크 유닛의 깊이로 재료를 제공하는 것을 포함하는 것인 방법.
- [0148] 본원 명세서에 개시된 본원 발명을 설명하였으며, 청구하고자 하는 대상은 이하와 같다.

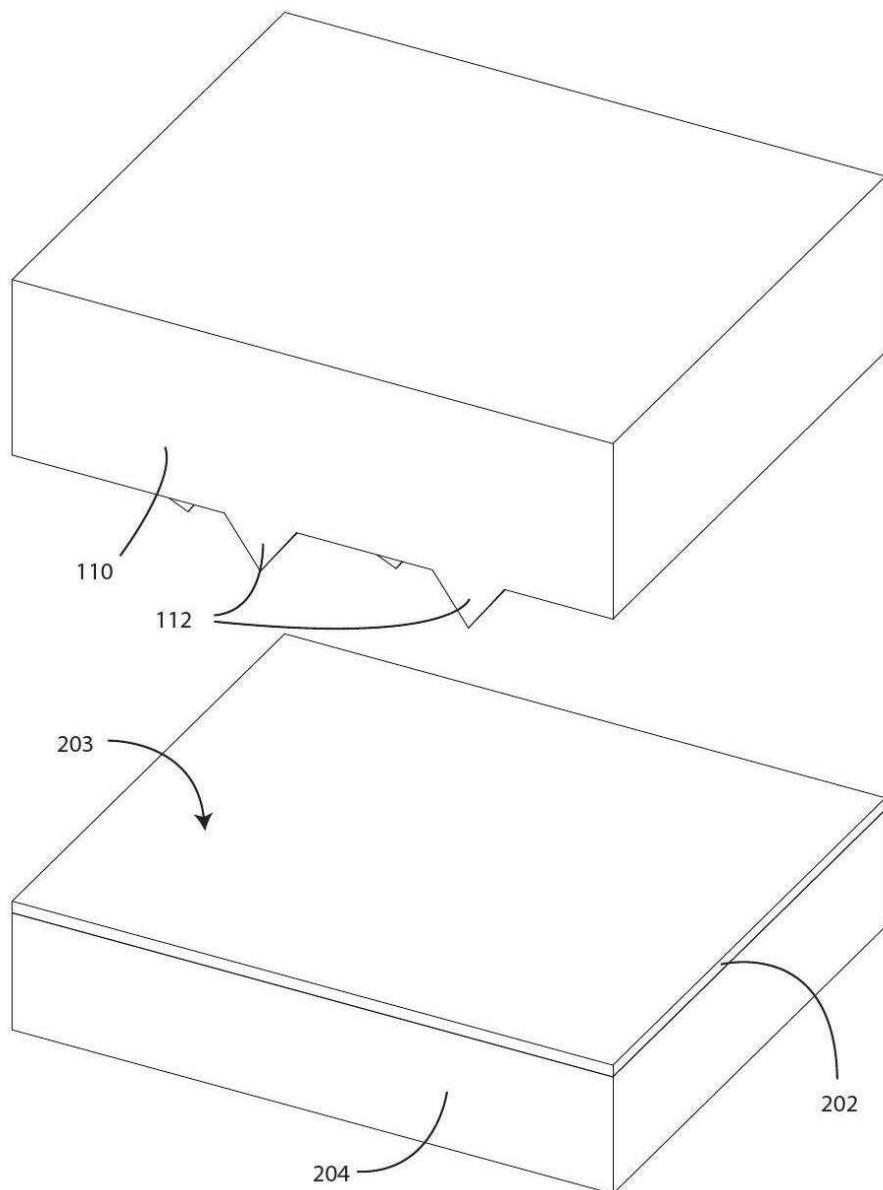
도면

도면1



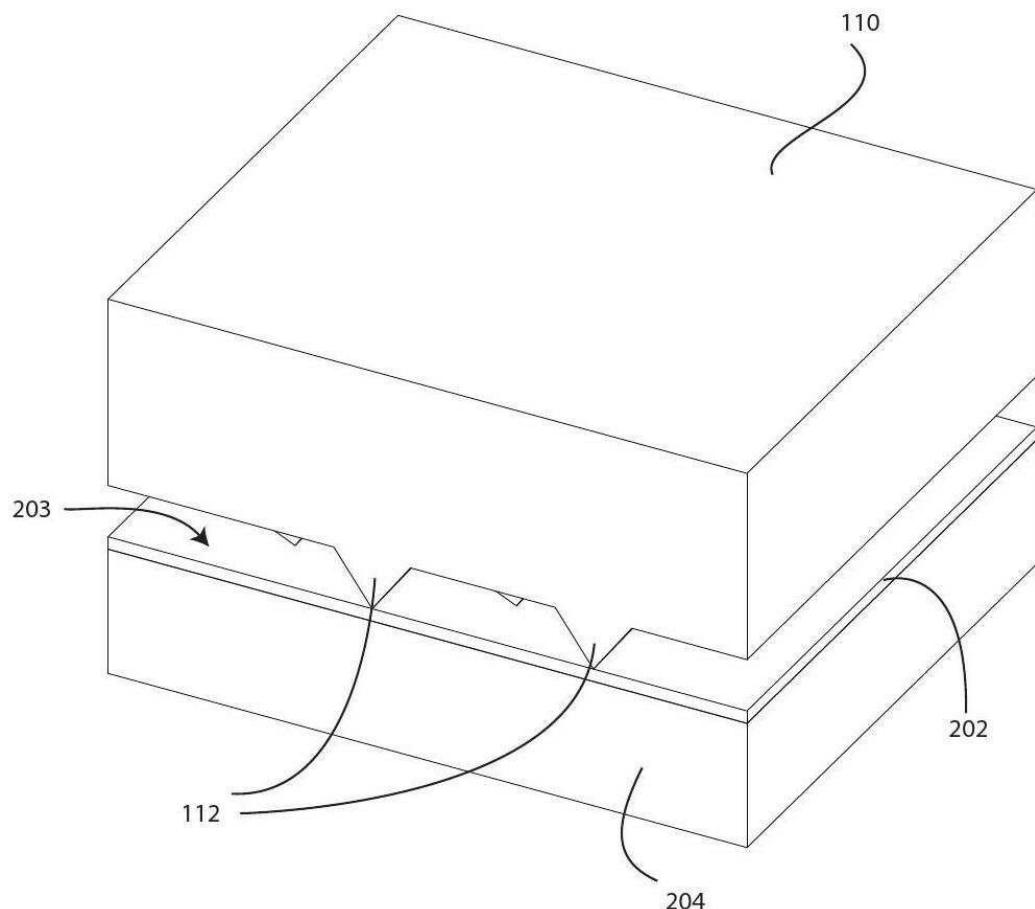
(종래 기술)

도면2



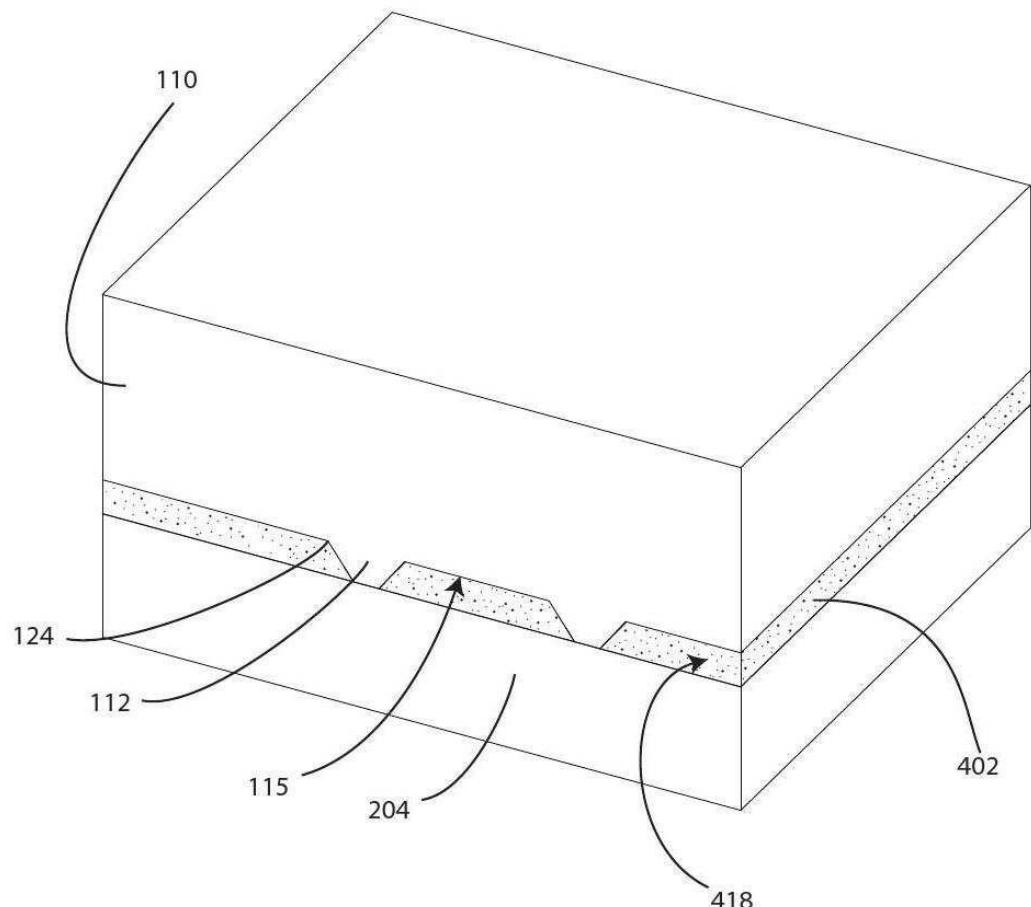
(종래 기술)

도면3



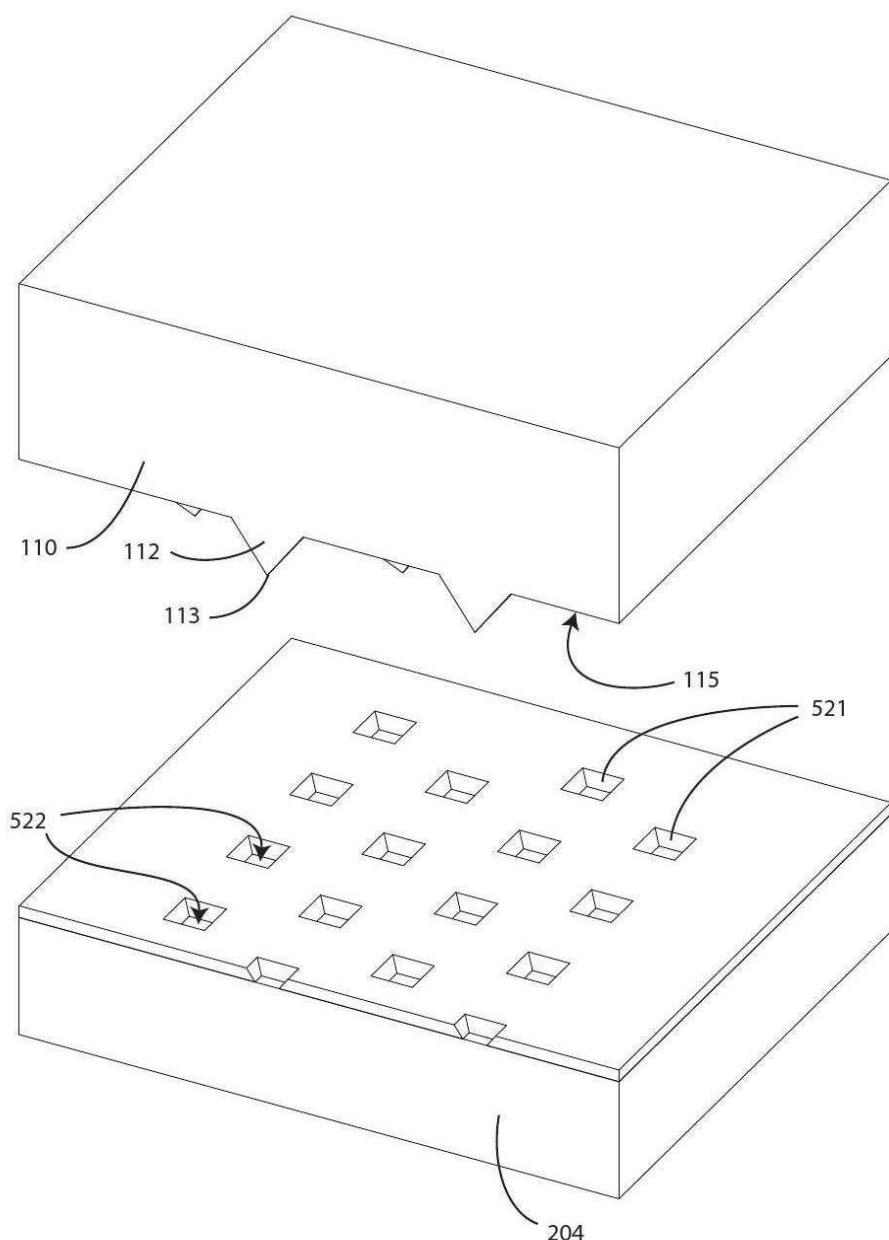
(종래 기술)

도면4



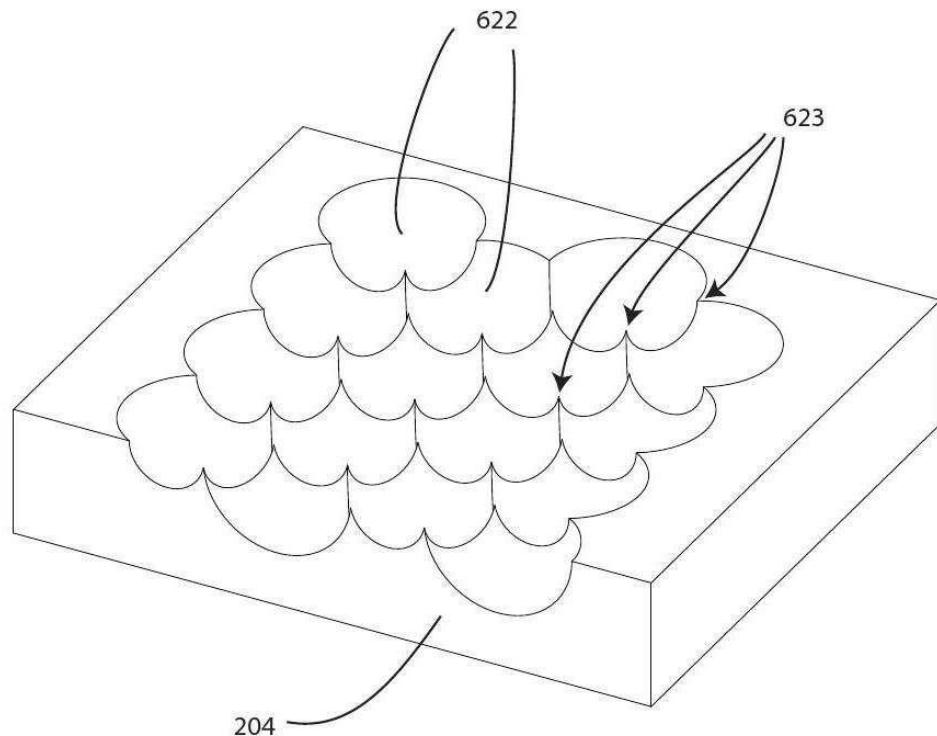
(종래 기술)

도면5



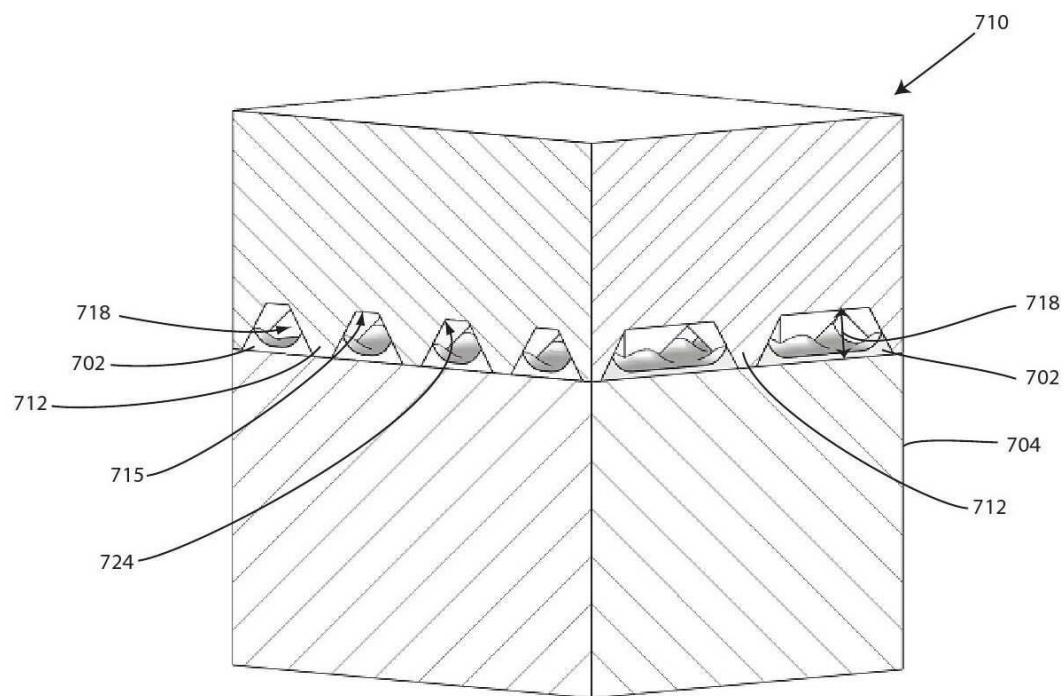
(종래 기술)

도면6

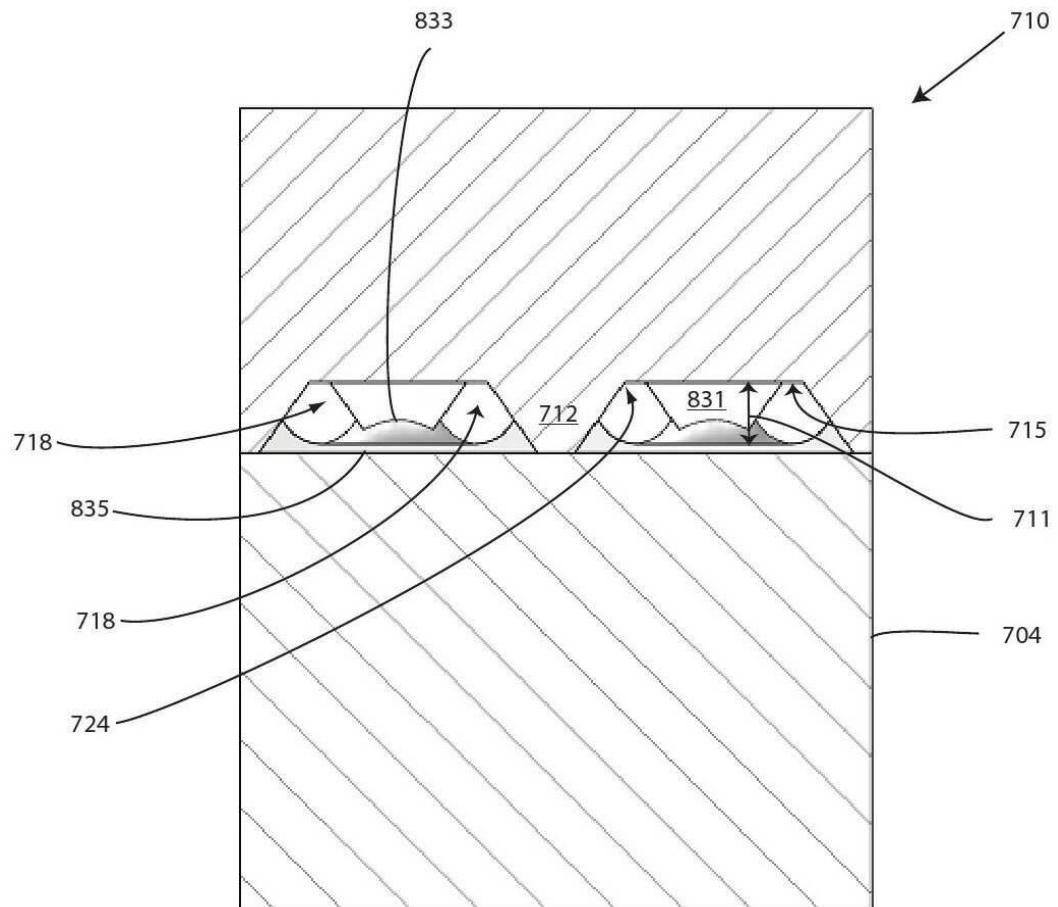


(종래 기술)

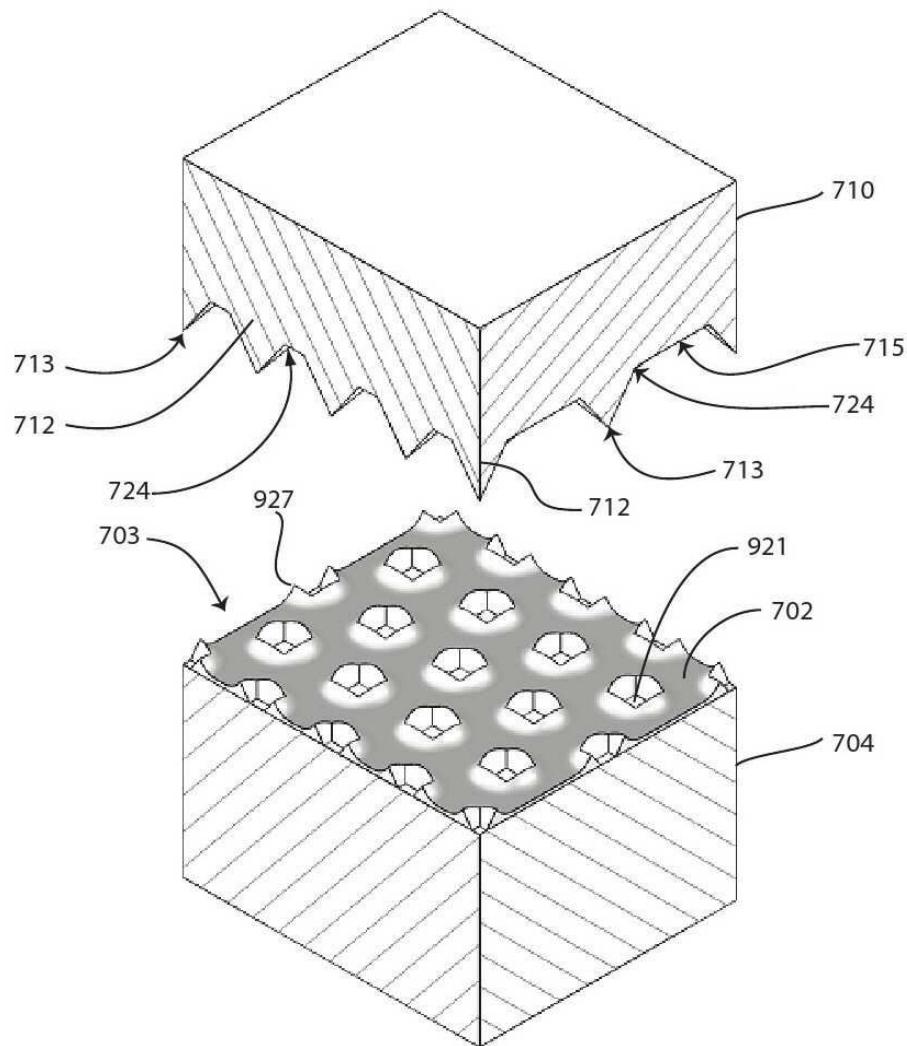
도면7



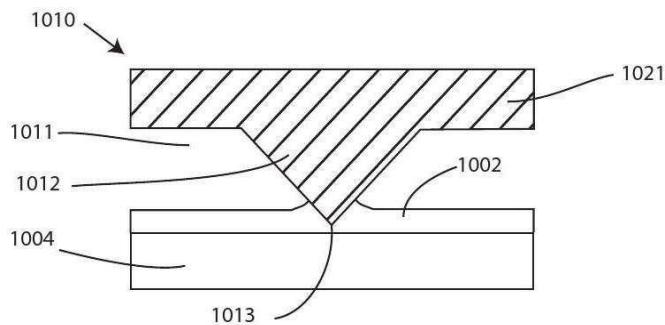
도면8



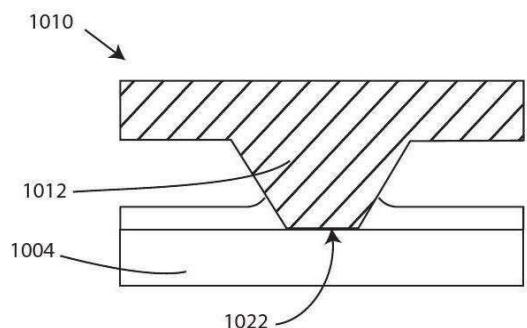
도면9



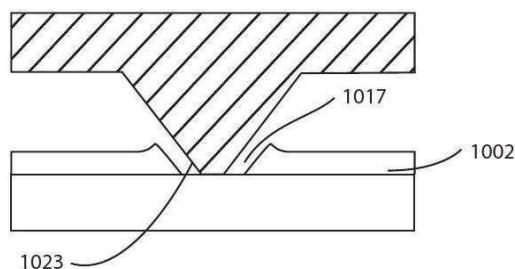
도면10



(a)



(B)



(C)