



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0039849
(43) 공개일자 2020년04월16일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G03F 7/20 (2006.01) H01L 21/033 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G03F 7/70925 (2013.01)
G03F 7/70033 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2020-7010352
(22) 출원일자(국제) 2018년09월10일
심사청구일자 2020년04월09일
(85) 번역문제출일자 2020년04월09일
(86) 국제출원번호 PCT/US2018/050152
(87) 국제공개번호 WO 2019/051348
국제공개일자 2019년03월14일
(30) 우선권주장
62/556,736 2017년09월11일 미국(US)

(71) 출원인
어플라이드 머티어리얼스, 인코포레이티드
미국 95054 캘리포니아 산타 클라라 바우어스 애
브뉴 3050
(72) 발명자
펜더, 브루스
미국 59901 몬타나 칼리스펠 러디 덕 드라이브
2212
레온하르트, 제리 디.
미국 59901 몬타나 칼리스펠 파노라믹 드라이브
33
(74) 대리인
특허법인 남앤남

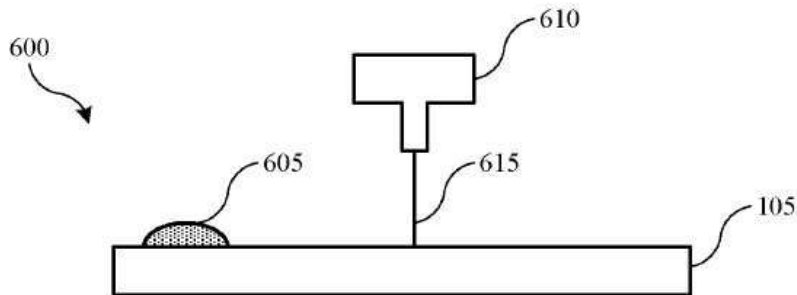
전체 청구항 수 : 총 15 항

(54) 발명의 명칭 포토마스크 세정 프로세스들

(57) 요약

포토마스크를 세정하는 방법들은 포토마스크의 표면 상의 잔류 커플링 재료를 가열하는 단계를 포함할 수 있다. 포토마스크는 활성 구역들 및 에지 구역들을 특징으로 할 수 있다. 잔류 커플링 재료는 포토마스크의 에지 구역들의 부분들 상에 위치될 수 있다. 방법들은 잔류 커플링 재료에 에천트를 적용하는 단계를 포함할 수 있다. 방법들은 또한, 포토마스크로부터 에천트를 린싱하는 단계를 포함할 수 있다. 포토마스크의 활성 구역들의 일부는 방법 동안 에천트가 실질적으로 없는 상태로 유지될 수 있다.

대표도 - 도6



(52) CPC특허분류

G03F 7/70866 (2013.01)

G03F 7/70916 (2013.01)

H01L 21/0337 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

포토마스크를 세정하는 방법으로서,

상기 포토마스크의 표면 상의 잔류 커플링 재료(residual coupling material)를 가열하는 단계 - 상기 포토마스크는 활성 구역들 및 에지 구역들을 특징으로 하고, 상기 잔류 커플링 재료는 상기 에지 구역들 위에 놓인 상기 포토마스크의 부분들 상에 위치됨 -;

상기 잔류 커플링 재료에 에천트를 적용(apply)하는 단계; 및

상기 포토마스크로부터 상기 에천트를 린싱(rinse)하는 단계

를 포함하며,

상기 포토마스크의 활성 구역들의 일부는 상기 방법 동안 상기 에천트가 실질적으로 없는 상태로 유지되는,

포토마스크를 세정하는 방법.

청구항 2

제1 항에 있어서,

상기 가열은, 상기 포토마스크를 약 150 °C 미만의 온도로 유지하면서, 상기 잔류 커플링 재료의 온도를 약 200 °C 초과로 상승시키는,

포토마스크를 세정하는 방법.

청구항 3

제1 항에 있어서,

상기 가열은 상기 잔류 커플링 재료 근처에 적용되는 국부화된 가열을 포함하며,

상기 가열은, 상기 잔류 커플링 재료의 직경보다 500% 미만만큼 더 큰 직경을 특징으로 하는, 상기 포토마스크의 구역 내에 억제(contain)되는,

포토마스크를 세정하는 방법.

청구항 4

제1 항에 있어서,

상기 에천트는 황산 및 과산화 수소를 포함하는,

포토마스크를 세정하는 방법.

청구항 5

제4 항에 있어서,

상기 에천트를 적용하는 단계는, 상기 황산 및 상기 과산화 수소를 순차적으로 적용하는 단계를 포함하는,

포토마스크를 세정하는 방법.

청구항 6

제5 항에 있어서,

상기 황산은 상기 과산화 수소 전에 적용되며,

상기 과산화 수소는 적어도 약 2초의 지연 후에 상기 황산에 적용되는,
포토마스크를 세정하는 방법.

청구항 7

제4 항에 있어서,
상기 에천트는 각각 약 5 mL 미만의 상기 황산 및 상기 과산화 수소를 포함하는,
포토마스크를 세정하는 방법.

청구항 8

제1 항에 있어서,
상기 린싱하는 단계는, 상기 에천트를 제거하기 위해 상기 포토마스크에 탈이온수를 전달하는 단계를 포함하는,
포토마스크를 세정하는 방법.

청구항 9

제8 항에 있어서,
상기 탈이온수는, 상기 포토마스크의 활성 구역들에서 에천트 접촉을 제한하기 위해, 상기 포토마스크 상의 중앙 위치에 적용되고, 상기 에천트를 향해 측방향 외측으로 유동하게 되는,
포토마스크를 세정하는 방법.

청구항 10

제9 항에 있어서,
상기 포토마스크는 상기 린싱 동안 회전되는,
포토마스크를 세정하는 방법.

청구항 11

포토마스크를 세정하는 방법으로서,
상기 포토마스크의 표면 상의 잔류 커플링 재료를 가열하는 단계 — 상기 포토마스크는 활성 구역들 및 에지 구역들을 특징으로 하고, 상기 잔류 커플링 재료는 상기 포토마스크의 에지 구역들 상에 위치됨 —;
상기 잔류 커플링 재료에 액체 에천트를 전달하는 단계 — 상기 전달은, 상기 가열된 잔류 커플링 재료가 내부에 있는, 약 10 cm^2 미만의 상기 포토마스크의 표면 영역 내에 억제됨 —;
상기 포토마스크로부터 상기 에천트를 린싱하는 단계 — 상기 포토마스크의 활성 구역들의 일부는, 상기 액체 에천트의 전달 및 상기 린싱 동작들 동안, 상기 에천트가 실질적으로 없는 상태로 유지됨 —; 및
상기 포토마스크를 건조시키는 단계
를 포함하는,
포토마스크를 세정하는 방법.

청구항 12

제11 항에 있어서,
상기 방법은 약 20분 이하 내에 수행되며,
상기 린싱은 상기 액체 에천트를 전달하고 5분 미만 후에 수행되는,
포토마스크를 세정하는 방법.

청구항 13

제11 항에 있어서,

상기 액체 에천트를 전달하는 단계는, 상기 가열된 커플링 재료에 황산 및 과산화 수소를 순차적으로 적용하는 단계를 포함하는,

포토마스크를 세정하는 방법.

청구항 14

제11 항에 있어서,

상기 가열은, 열 램프에 의해, 약 2분 이하의 시간 기간 동안 그리고 약 200 ℃ 이상의 온도까지 수행되는,

포토마스크를 세정하는 방법.

청구항 15

제11 항에 있어서,

상기 린싱하는 단계는, 상기 에천트가 상부에 위치된, 상기 포토마스크 상의 위치의 반경방향 내측에서 상기 포토마스크에 린스제를 전달하는 단계를 포함하는,

포토마스크를 세정하는 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 출원은 2017년 9월 11일자로 출원된 미국 가출원 번호 제62/556,736호의 우선권을 주장하며, 이로써, 그 미국 가출원은 모든 목적들에 대해 그 전체가 인용에 의해 포함된다.

[0002] 본 기술은 포토마스크들을 세정하는 것에 관한 것이다. 더 구체적으로, 본 기술은 포토마스크의 표면으로부터 잔류 커플링 재료(residual coupling material)를 제거하는 것에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 반도체 디바이스들은 일반적으로, 기판 또는 워크피스(workpiece) 상에 복잡한 구조들을 생성함으로써 형성된다. 제작은 대개, 리소그래피 프로세스를 이용하여 기판을 패터닝하는 것을 포함한다. 리소그래피 기법들의 개발은 EUV(extreme ultraviolet lithography)를 포함하며, EUV에서, 마스크 패턴이 반도체 기판 상의 포토레지스트 상에 반영된다. EUV 마스크는 스캐너와 연결될 수 있고, 그리고 이어서, 광학 시스템은 마스크로부터의 광을 웨이퍼 상으로 반사시킬 수 있다. EUV 프로세스는 포토마스크에 직접적으로 또는 간접적으로 커플링될 수 있는 부가적인 하드웨어, 이를테면 펠리클(pellicle)을 요구할 수 있다.

발명의 내용

[0004] 포토마스크를 세정하는 시스템들 및 방법들은 포토마스크의 표면 상의 잔류 커플링 재료를 가열하는 것을 포함할 수 있다. 포토마스크는 활성 구역들 및 에지 구역들을 특징으로 할 수 있다. 잔류 커플링 재료는 포토마스크의 에지 구역들의 부분들 상에 위치될 수 있다. 방법들은 잔류 커플링 재료에 에천트를 적용(apply)하는 단계를 포함할 수 있다. 방법들은 또한, 포토마스크로부터 에천트를 린싱하는 단계를 포함할 수 있다. 포토마스크의 활성 구역들의 일부는 방법 동안 에천트가 실질적으로 없는 상태로 유지될 수 있다.

[0005] 일부 실시예들에서, 가열은, 포토마스크를 약 150 ℃ 미만의 온도로 유지하면서, 잔류 커플링 재료의 온도를 약 200 ℃ 초과로 상승시킬 수 있다. 가열은 잔류 커플링 재료 근처에 적용되는 국부화된 가열을 포함할 수 있다. 가열은 잔류 커플링 재료의 직경보다 500% 미만만큼 더 큰 직경을 특징으로 하는 포토마스크의 구역 내에 억제될 수 있다. 가열은 약 5분 이하 동안 수행될 수 있다. 에천트는 황산 및 과산화 수소를 포함할 수 있다. 에천트를 적용하는 단계는 황산 및 과산화 수소를 순차적으로 적용하는 단계를 포함할 수 있다. 황산은 과산화 수소 전에 적용될 수 있으며, 과산화 수소는 적어도 약 2초의 지연 후에 황산에 적용될 수 있다. 에천트는 각각 약 5 mL 미만의 황산 및 과산화 수소를 포함할 수 있다. 린싱하는 단계는 에천트를 제거하기 위해

포토마스크에 탈이온수를 전달하는 단계를 포함할 수 있다. 탈이온수는 포토마스크 상의 중앙 위치에 적용되어, 에천트를 향해 측방향 외측으로 유동하게 될 수 있으며, 이는 포토마스크의 활성 구역들에서 에천트 접촉을 제한할 수 있다. 포토마스크는 린싱 동안 회전될 수 있다.

[0006] 본 기술의 실시예들은 포토마스크를 세정하는 방법들을 더 포함할 수 있다. 방법들은 포토마스크의 표면 상의 커플링 재료를 가열하는 단계를 포함할 수 있다. 포토마스크는 활성 구역들 및 에지 구역들을 특징으로 할 수 있다. 잔류 커플링 재료는 포토마스크의 에지 구역들의 부분들 상에 위치될 수 있다. 방법들은 또한, 잔류 커플링 재료에 액체 에천트를 전달하는 단계를 포함할 수 있다. 전달은, 가열된 잔류 커플링 재료가 내부에 있는, 약 10 cm^2 미만의 포토마스크의 표면 영역 내에 억제될 수 있다. 방법들은 포토마스크로부터 에천트를 린싱하는 단계를 포함할 수 있다. 포토마스크의 활성 구역들의 일부는, 액체 에천트의 전달 및 린싱 동작들 동안, 에천트가 실질적으로 없는 상태로 유지될 수 있다. 방법들은 또한, 포토마스크를 건조시키는 단계를 포함할 수 있다.

[0007] 일부 실시예들에서, 방법은 약 20분 이하 내에 수행될 수 있다. 건조는 제어되는 환경에서 수행될 수 있다. 액체 에천트를 전달하는 단계는, 가열된 커플링 재료에 황산 및 과산화 수소를 순차적으로 적용하는 단계를 포함할 수 있다. 가열은 열 램프에 의해 약 2분 이하의 시간 기간 동안 수행될 수 있다. 린싱하는 단계는, 에천트가 상부에 위치된, 포토마스크 상의 위치의 반경방향 내측에서 포토마스크에 린스제를 전달하는 단계를 포함할 수 있다. 린싱은 액체 에천트를 전달하고 5분 미만 후에 수행될 수 있다.

[0008] 본 기술의 실시예들은 포토마스크를 세정하는 방법들을 더 포함할 수 있다. 방법들은 포토마스크의 표면 상의 제1 위치에서 약 $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ 초과 온도까지 커플링 재료를 가열하는 단계를 포함할 수 있다. 포토마스크는 활성 구역들 및 에지 구역들을 포함할 수 있으며, 잔류 커플링 재료는 포토마스크의 에지 구역들의 부분들 상에 위치될 수 있다. 방법들은 잔류 커플링 재료에 2-파트 액체 에천트를 전달하는 단계를 포함할 수 있다. 전달은 일정 볼륨(volume)의 황산을 초기에 제공한 후에, 일정 볼륨의 과산화 수소를 제공하는 것을 포함할 수 있다. 방법들은, 포토마스크에 린스제를 적용하면서, 포토마스크를 회전시키는 단계를 포함할 수 있다. 린스제는 포토마스크 상의 중앙 위치에 전달될 수 있다. 방법들은 또한, 포토마스크를 건조시키는 단계를 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 방법은, 부가적인 커플링 재료가 상부에 위치될 수 있는, 포토마스크의 표면 상의 제2 위치에서 반복될 수 있다.

[0009] 그러한 기술은 종래의 기술에 비해 다수의 이익들을 제공할 수 있다. 예컨대, 본 방법들은 마스크의 활성 구역들에 걸쳐 에천트 접촉을 제한함으로써 마스크 무결성을 개선할 수 있다. 부가적으로, 개선된 방법은, 배스(bath) 프로세스 대신에 다수의 타겟팅된 제거들을 수행함으로써, 큐 시간(queue time)들을 감소시킬 수 있다. 이들 및 다른 실시예들은, 이들의 이점들 및 특징들 중 다수와 함께, 아래의 설명 및 첨부 도면들과 함께 상세히 설명된다.

도면의 간단한 설명

[0010] 개시되는 실시예들의 성질 및 이점들의 추가적인 이해는 본 명세서의 나머지 부분들 및 도면들을 참조함으로써 실현될 수 있다.

[0011] 도 1은 본 기술의 일부 실시예들에 따른 예시적인 포토마스크의 개략적인 입면도를 도시한다.

[0012] 도 2는 본 기술의 일부 실시예들에 따른 예시적인 포토마스크의 개략적인 평면도를 도시한다.

[0013] 도 3은 본 기술의 일부 실시예들에 따른, 포토마스크를 세정하는 방법의 예시적인 동작들을 도시한다.

[0014] 도 4는 본 기술의 일부 실시예들에 따른 가열 동작의 개략적인 입면도를 도시한다.

[0015] 도 5는 본 기술의 일부 실시예들에 따른 에칭 동작의 개략적인 입면도를 도시한다.

[0016] 도 6은 본 기술의 일부 실시예들에 따른 린싱 동작의 개략적인 입면도를 도시한다.

[0017] 도면들 중 몇몇 도면들은 개략도들로서 포함된다. 도면들은 예시적인 목적들을 위한 것이며, 스케일링된 것으로 구체적으로 명시되지 않는 한, 스케일링된 것으로 간주되지 않아야 한다는 것이 이해되어야 한다. 부가적으로, 개략도들로서, 도면들은 이해를 돕기 위해 제공되며, 현실적인 표현들과 비교하여 모든 양상들 또는 정보를 포함하지 않을 수 있고, 예시적인 목적들을 위해 과장된 자료를 포함할 수 있다.

[0018] 도면들에서, 유사한 컴포넌트들 및/또는 피쳐들은 동일한 수치 참조 라벨을 가질 수 있다. 추가로, 동

일한 타입의 다양한 컴포넌트들은, 유사한 컴포넌트들 및/또는 피쳐들을 구별하는 문자를 참조 라벨에 뒤따르게 함으로써 구별될 수 있다. 본 명세서에서 제1 수치 참조 라벨만이 사용되는 경우, 설명은 문자 접미사와 무관하게, 동일한 제1 수치 참조 라벨을 갖는 유사한 컴포넌트들 및/또는 피쳐들 중 어떠한 컴포넌트에도 적용가능하다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0011] [0019] EUV 리소그래피 프로세스들은 때때로, 프로세싱 동안 결함들을 야기할 수 있는 입자들에 대한 포토마스크의 노출을 제한하기 위해 펠리클을 사용한다. 펠리클은 전형적으로, 포토마스크에 연결되어, 스캐닝 프로세스로부터의 열을 소산시킬 수 있는 광학 마스크 뿐만 아니라 더스트 커버(dust cover)로서 동작하는 멤브레인(membrane)이다. 이어서, 마스크 패턴은, 광학 시스템을 통해, 프로세싱될 웨이퍼 상으로 반영될 수 있다. 포토마스크는 전형적으로, 웨이퍼에 전사될 정의된 패턴들을 갖는 활성 구역들 뿐만 아니라, 비-활성 영역들만을 포함할 수 있는, 활성 구역들 외부의 포토마스크의 에지 구역들, 이를테면, 포토마스크 활성 구역들 주위로 연장되는 윈도우 프레임을 포함한다.
- [0012] [0020] 펠리클은 스탠드오프(standoff)들에 의해 포토마스크에 부착될 수 있으며, 그 스탠드오프들은 펠리클이 노출을 위해 마스크 위에 놓일 수 있게 한다. 도 1은 본 기술의 일부 실시예들에 따른 예시적인 포토마스크(105)의 개략적인 단면도를 포함한다. 포토마스크(105)는 임의의 알려진 포토마스크 재료들일 수 있거나, 또는 다수의 재료들 및 금속들로 생성된 트랜스페어런시(transparency)들일 수 있다. 예시된 바와 같이, 펠리클(110)이 한 세트의 스탠드오프들(115)에 의해 포토마스크(105)에 부착되었다. 스탠드오프들은 다양한 형상들 및 사이즈들의 금속 또는 비-금속 컴포넌트들일 수 있다. 본 기술을 제한하려는 어떠한 의도도 없이 견해만을 제공하기 위해, 스탠드오프들(115)은 약 10 mm 이하의 직경을 특징으로 할 수 있고, 그리고 약 5 mm 이하, 약 3 mm 이하, 약 1 mm 이하, 또는 그 미만의 직경을 특징으로 할 수 있다. 직경은 단지 스탠드오프를 가로지르는 선형 거리로 의도되며, 반드시 만곡된 형상의 스탠드오프를 제안하는 것으로 의도되는 것은 아니다.
- [0013] [0021] 임의의 수의 스탠드오프들(115)이 포토마스크 주위에 배치될 수 있고, 예컨대, 포토마스크의 사이즈에 따라 2개, 3개, 4개, 5개, 6개, 또는 그 초과를 포함할 수 있다. 스탠드오프들은, 글루 또는 접착제 재료, 또는 더 일반적으로는 본딩을 포함할 수 있는 일부 타입의 커플링 재료로 포토마스크(105)에 접착될 수 있다. 접착제는 임의의 알려진 접착제들을 포함할 수 있고, 그리고 실시예들에서는, 폴리머 접착제들을 포함할 수 있으며, 폴리머 접착제들은 에폭시, 아크릴, 또는 폴리머 접착제들, 이를테면, 폴리우레탄들, 또는 접착제로서 유용할 수 있는 임의의 다른 폴리머들을 포함한다.
- [0014] [0022] 프로세싱 후에, 스탠드오프들로부터 펠리클이 제거될 수 있고, 그리고 포토마스크를 가열하고 스탠드오프들을 당기는 것에 의해, 또는 임의의 다른 제거 방법에 의해, 포토마스크로부터 스탠드오프들이 제거될 수 있다. 제거되면, 일정 양의 커플링 재료가 포토마스크 상에 남아 있을 수 있다. 도 2로 넘어가면, 본 기술의 일부 실시예들에 따른 예시적인 포토마스크(105)의 개략적인 평면도가 도시된다. 예시된 바와 같이, 펠리클(110) 및 스탠드오프들(115)은 제거되었다. 포토마스크는 중앙 활성 구역(106) 뿐만 아니라 외부 에지 구역(108)을 가질 수 있다. 예시된 구역들은 단지 설명을 위한 것일 뿐이고, 본 기술을 제한하는 것으로 의도되는 것은 아니다. 포토마스크의 활성 및 에지 구역들은 임의의 특정 기하형상 또는 사이즈로 이루어질 수 있고, 잔류 커플링 재료는 포토마스크 에지 구역들 주위의 임의의 포지션에 위치될 수 있다는 것이 이해되어야 한다. 예시적인 포토마스크(105)는 4개의 스탠드오프들이 제거된 것을 예시하지만, 이전에 언급된 바와 같이, 포토마스크에 펠리클을 부착 및 고정시키기 위해 임의의 수의 스탠드오프들이 사용되었을 수 있다. 잔류 커플링 재료(210)는 포토마스크에 스탠드오프가 부착되었던 임의의 위치에 남아 있을 수 있으며, 에지 구역들(108) 내의 영역들 또는 위치들로 제한되지 않을 수 있다. 일부 실시예들에서, 잔류 커플링 재료는 1 센티미터 이하의 직경들을 특징으로 할 수 있지만, 도면에 예시된 바와 같이 포토마스크에 걸친 다수의 위치들에서 잔류 커플링 재료를 포함할 수 있다.
- [0015] [0023] 스탠드오프 부착에 사용되는 접착제들의 내구성 및 조성으로 인해, 잔류 커플링 재료의 제거는 어려울 수 있다. 종래의 기술들은 베스에 포토마스크(105)를 침지시킴으로써 그러한 잔류 재료를 처리하였을 수 있다. 베스는 잔류 접착제를 제거하도록 구성된 가열된 에chant 포뮬러(etchant formula)를 포함하였을 수 있다. 전체 포토마스크가 베스에 침지될 수 있기 때문에, 전체 포토마스크가 에chant에 노출될 수 있다. 에chant는 100 °C를 초과하였을 수 있는 온도들까지 가열될 수 있지만, 온도들은 포토마스크의 특성들에 의해 제한되었을 수 있다. 제거 온도들이 약 120 °C 내지 약 140 °C로 제한될 수 있기 때문에, 제거 프로세스는 1시간 초과 내지 1시간 반 이상의 시간 기간들 동안 에chant 베스 내의 침지를 요구할 수 있다.

- [0016] [0024] 에천트 포플러 및 베스의 온도는 마스크의 다양한 양상들에 영향을 미칠 수 있다. 에컨대, 상승된 온도들로 인해, 마스크 무결성이 손상될 수 있다. 긴 시간 기간, 이를테면 30분 이상을 넘는 시간 기간 동안 베스 온도들로 유지되는 경우, 마스크는 또한 왜곡(distort)될 수 있다. 침지 시간의 길이로 인해, 에천트는 과다 에칭을 통해 마스크의 임계 치수들에 영향을 미칠 수 있다. 부가적으로, 에천트는 마스크의 반사율 변화 및 위상 시프트를 야기할 수 있고, 이는 이미지 품질을 감소시킬 수 있다. 마지막으로, 커플링 재료 제거 후에, 에천트로부터의 잔류 이온들이 마스크 구조에 남아 있을 수 있다.
- [0017] [0025] 본 기술은, 포토마스크 상에 접착제 재료가 남아 있는 구역들로의 제한된 화학물 전달을 제공함으로써, 이들 문제들을 극복할 수 있다. 잔류 커플링 재료의 국부화된 가열 및 에칭을 수행함으로써, 더 높은 온도들 및 개선된 에천트 포플러들이 활용될 수 있으며, 이는 포토마스크의 활성 구역들이 에천트 재료들에 노출되는 것을 감소, 제한, 또는 방지할 수 있다. 이는 종래의 방법들에 비해 마스크 무결성 및 품질을 증가시킬 수 있다.
- [0018] [0026] 도 3은 본 기술의 일부 실시예들에 따른, 포토마스크를 세정하는 방법(300)의 예시적인 동작들을 도시한다. 포토마스크는 활성 구역들, 및 에지 또는 비-활성 구역들을 포함할 수 있다. 포토마스크의 에지 구역들을 따라 포토마스크의 하나 이상의 위치들 위에 잔류 커플링 재료가 남아 있을 수 있다. 방법(300)은, 동작(310)에서, 포토마스크의 표면 상의 잔류 커플링 재료를 가열하는 단계를 포함할 수 있다. 가열되면, 방법(300)은, 동작(320)에서, 잔류 커플링 재료에 에천트를 적용하는 단계를 포함할 수 있으며, 이는 포토마스크의 표면으로부터 잔류 커플링 재료를 제거할 수 있다. 동작(330)에서, 포토마스크의 표면으로부터 에천트가 린싱될 수 있다. 방법(300)은, 포토마스크의 후속 프로세싱 전에, 선택적인 동작(340)에서, 포토마스크를 건조시키는 단계를 포함할 수 있다. 방법(300)에 따른 동작들을 수행함으로써, 일부 실시예들에서, 방법의 수행 동안, 포토마스크의 활성 구역들의 일부는 에천트가 실질적으로 없는 상태로 유지될 수 있다.
- [0019] [0027] 방법(300)의 가열 동작은 잔류 재료 근처의 집중된 가열에 의해 수행될 수 있다. 에컨대, 레이저 가열, 열 램프, 또는 복사 가열이 잔류 커플링 재료 근방에서 수행될 수 있다. 이 가열은 잔류 커플링 재료의 온도를 약 100 °C 이상까지 증가시킬 수 있고, 그리고 실시예들에서는, 잔류 커플링 재료의 온도를 약 150 °C 이상, 약 200 °C 이상, 약 250 °C 이상, 약 300 °C 이상, 약 350 °C 이상, 약 400 °C 이상, 약 450 °C 이상, 약 500 °C 이상, 또는 그 초과까지 증가시킬 수 있다. 이전에 논의된 바와 같이, 포토마스크 재료들은, 상승된 온도들에 포토마스크 재료들이 노출되는 시간에 따라, 약 120 °C 이상의 온도들에서 변형되기 시작할 수 있다. 이는 부분적으로, 에천트 베스들이 이 온도 범위 내에서 유지되는 이유이다. 그러나, 집중된 열 램프를 활용함으로써, 본 기술은 더 짧은 시간 기간들 동안 더 높은 온도들을 활용할 수 있다.
- [0020] [0028] 외부 가열이 잔류 커플링 재료의 온도를 수백 도까지 증가시킬 수 있는 한편, 포토마스크의 표면은 250 °C를 초과하지 않을 수 있고, 그리고 일부 실시예들에서는, 약 200 °C 이상, 약 180 °C 이상, 약 160 °C 이상, 약 140 °C 이상, 또는 그 미만의 온도들을 초과하지 않을 수 있다. 더욱이, 포토마스크의 벌크 내부 및 제어되는 가열 영역 외부의 온도는 실질적으로 120 °C 미만으로 유지될 수 있다. 이는 부분적으로, 열 노출 시간으로 인한 것일 수 있다. 위에서 언급된 바와 같은 가열 디바이스들을 활용함으로써, 가열 시간은 약 10분 이하일 수 있고, 그리고 약 8분 이하, 약 6분 이하, 약 5분 이하, 약 4분 이하, 약 3분 이하, 약 2분 이하, 약 1.5분 이하, 약 1분 이하, 또는 그 미만 동안 수행될 수 있다. 부가적으로, 열에 대한 노출 영역은 잔류 커플링 재료를 포함하는 영역으로 제한될 수 있다.
- [0021] [0029] 이전에 언급된 바와 같이, 일부 실시예들에서, 잔류 커플링 재료는 수 제곱 밀리미터 이하의 영역으로 제한될 수 있지만, 다른 실시예들에서, 영역은 스탠드오프들의 사이즈에 따라 더 넓을 수 있다. 또한, 잔류 커플링 재료는 포토마스크의 에지 구역들 내에 실질적으로 또는 완전히 위치될 수 있다. 국부화된 가열은 일반적으로, 잔류 커플링 재료에 집중되고, 그리고 가열의 영역 또는 콘(cone)은 잔류 커플링 재료의 영역, 및 이 영역 주위 또는 잔류 커플링 재료 근처의 억제 영역(contained area)으로 제한될 수 있다. 에컨대, 노출의 억제 영역은 잔류 커플링 재료의 직경보다 약 500% 이하만큼 더 큰 직경을 특징으로 하는, 포토마스크의 구역을 포함할 수 있다. 부가적으로, 가열 디바이스의 구성 및 노출 환경에 따라, 직경은 잔류 커플링 재료의 직경보다 약 400% 이하만큼 더 클 수 있고, 그리고 약 300% 이하만큼 더 클 수 있거나, 약 200% 이하만큼 더 클 수 있거나, 약 100% 이하만큼 더 클 수 있거나, 약 50% 이하만큼 더 클 수 있거나, 또는 잔류 커플링 재료가 차지하는 직경과 실질적으로 유사할 수 있다.
- [0022] [0030] 이 대응 영역은 포토마스크의 사이즈, 스탠드오프들의 사이즈, 및 잔류 커플링 재료가 차지하는 영역에 따라 좌우될 수 있다. 그러나, 일부 실시예들에서, 노출 영역은 약 10 cm² 이하일 수 있고, 실시예들에서, 약

8 cm² 이하, 약 6 cm² 이하, 약 5 cm² 이하, 약 4 cm² 이하, 약 3 cm² 이하, 약 2 cm² 이하, 약 1 cm² 이하, 또는 그 미만일 수 있다. 일부 실시예들에서, 가열에 노출되는 전체 영역은 포토마스크의 비-디바이스 구역들 또는 에지 구역들에서 유지될 수 있다. 이러한 방식으로, 포토마스크의 활성 구역들은 가열되지 않을 수 있거나, 또는 제한된 가열이 발생될 수 있으며, 그 제한된 가열은 포토마스크에 대한 손상 또는 변형에 대한 임계치 미만일 수 있다.

[0023] [0031] 본 기술에서 사용되는 에천트는 커플링 재료에 대해 사용되는 재료에 따라 좌우될 수 있다. 접착제에 따라, 잔류 커플링 재료와 반응하거나 또는 잔류 커플링 재료를 제거하는 데 사용될 수 있는, 임의의 할로젠-함유 에천트, 황-함유 에천트, 인-함유 에천트, 탄소-함유 에천트, 붕소-함유 에천트, 또는 다른 에천트 또는 에천트들의 조합을 포함하는 임의의 수의 산-기반 에천트들이 사용될 수 있다. 일부 실시예들에서, 에천트는 잔류 커플링 재료를 제거하도록 구성된 다-성분 에천트를 포함할 수 있다. 예시적인 다-성분 에천트는 일정 양의 황산과 일정 양의 과산화 수소를 포함할 수 있는 피라냐 용액(piranha solution)일 수 있지만, 일부 실시예들에서는, 수산화 암모늄과 같은 다른 재료들을 포함하는 다른 피라냐 용액들이 사용될 수 있다.

[0024] [0032] 에천트는 가열된 커플링 재료에 임의의 수의 방식으로 투여(administer)될 수 있고, 그리고 커플링 재료의 부위로의 타겟팅된 전달을 포함할 수 있다. 예컨대, 실시예들에서, 가열된 잔류 커플링 재료들에 실시예들에서는 액체 에천트일 수 있는 일정 양의 에천트가 직접적으로 적용될 수 있다. 그러한 적용은 에천트 재료에 대한 포토마스크의 다른 영역들의 노출을 제한할 수 있다. 예컨대, 황산과 과산화 수소의 조합과 같은 다-성분 에천트들이 활용되는 경우, 에천트 성분들은 순차적으로 적용될 수 있거나, 또는 사전-혼합된 조합 형태로 적용될 수 있다.

[0025] [0033] 일부 실시예들에서, 성분들은 수행되는 동작들을 향상시키기 위해 순차적으로 제공될 수 있다. 예컨대, 일부 실시예들에서, 가열된 잔류 커플링 재료에 황산이 전달된 후에, 과산화 수소가 전달될 수 있다. 다른 실시예들에서, 재료들이 역순으로 전달될 수 있거나, 성분들이 동시에 전달될 수 있거나, 또는 사전-혼합된 용액이 전달될 수 있다. 언급된 바와 같이, 일부 실시예들에서, 과산화 수소 전에 황산이 투여될 수 있으며, 과산화 수소는 후속하여 전달될 수 있고, 지연 후에 전달되는 것을 포함할 수 있다. 황산은 초기에 잔류 커플링 재료를 탈수시켜서 탄소 잔류물을 남길 수 있다. 과산화 수소의 후속 전달은 일시적으로 원자 산소를 생성할 수 있으며, 이는 탄소 잔류물을 쉽게 제거할 수 있다. 따라서, 일부 실시예들에서, 과산화 수소는 황산이 전달되고 약 0.5초 이상 후에 잔류 커플링 재료에 전달될 수 있고, 그리고 일부 실시예들에서, 과산화 수소는 황산이 전달되고 약 1초 이상 후, 황산이 전달되고 약 2초 이상 후, 황산이 전달되고 약 3초 이상 후, 황산이 전달되고 약 4초 이상 후, 황산이 전달되고 약 5초 이상 후, 또는 그 초과 후에 전달될 수 있다. 성분들을 순차적으로 투여함으로써, 황산이 접착제를 추가로 탈수시켜서, 더 쉽게 제거되는 탄소-계 백본이 남게 할 수 있다. 부가적으로, 순차적인 투여는, 즉시 활용되지 않을 때, 사전-혼합된 용액들에서 발생할 수 있는 과산화 수소의 자기-분해를 제한할 수 있다.

[0026] [0034] 전달 후에, 에천트는, 포토마스크의 표면으로부터 잔류 커플링 재료를 용해시키거나 또는 다른 방식으로 제거하기에 충분한 시간 기간 동안, 포토마스크 상에 유지될 수 있다. 예컨대, 에천트는 포토마스크 상에 놓여 있는 동안 교반될 수 있거나 또는 교반되지 않을 수 있고, 그리고 제거될 잔류 커플링 재료의 양에 따라, 약 5분 이하 동안 포토마스크 상에 남아 있을 수 있다. 일부 실시예들에서, 에천트는, 약 4분 이하, 약 3분 이하, 약 2분 이하, 약 1분 이하, 약 45초 이하, 약 30초 이하, 약 15초 이하, 또는 그 미만 동안, 포토마스크 상에 유지될 수 있다. 잔류 커플링 재료가 수백 도까지 가열될 수 있기 때문에, 모든 잔류 재료를 제거하기 위한 시간은, 1시간을 훨씬 넘는 시간 동안 포토마스크가 베스에서 유지될 수 있는 종래 기술들에서보다 훨씬 더 짧을 수 있다.

[0027] [0035] 에천트 재료들의 타겟팅된 전달을 수행함으로써, 본 기술의 일부 실시예들에서, 더 적은 에천트가 사용될 수 있다. 예컨대, 본 기술은 각각 약 10 mL 이하의 에천트 성분들을 사용할 수 있다. 일부 실시예들에서, 본 기술은, 제거될 잔류 커플링 재료의 양에 따라, 약 5 mL 이하, 약 4 mL 이하, 약 3 mL 이하, 약 2 mL 이하, 약 1 mL 이하, 약 0.8 mL 이하, 약 0.6 mL 이하, 약 0.5 mL 이하, 약 0.4 mL 이하, 약 0.3 mL 이하, 약 0.2 mL 이하, 약 0.1 mL 이하, 또는 그 미만을 사용할 수 있다. 이번에도, 이는, 가열 영역과 동일할 수 있거나 가열 영역을 초과할 수 있거나 가열 영역 미만일 수 있는, 위에서 열거된 영역들 중 임의의 영역에서 에천트에 대한 포토마스크 노출을 제한할 수 있다. 따라서, 일부 실시예들에서, 포토마스크의 에지 구역들 또는 에지 구역들의 부분들만이 에천트 용액에 노출될 수 있으며, 포토마스크의 활성 구역들은 에천트에 노출되지 않을 수 있거나, 또는 노출이 제한될 수 있다.

- [0028] [0036] 린싱 동작은 에천트에 대한 임의의 중화제를 포함할 수 있거나, 또는 포토마스크로부터 에천트를 단순히 제거할 수 있다. 예컨대, 일부 실시예들에서, 포토마스크의 표면으로부터 에천트를 린싱하기 위해, 탈이온수가 포토마스크에 전달될 수 있다. 탈이온수의 볼륨은 크지 않을 수 있으며, 에천트의 완전한 제거를 보장하기 위해 포토마스크의 표면을 침수시키기에 충분할 수 있다. 그러나, 탈이온수가 전달되는 방식은 포토마스크의 활성 구역들이 에천트에 노출되지 않을 수 있는 것을 추가로 보장할 수 있다. 예컨대, 포토마스크가 에천트를 배출하기 위해 기울어진 것을 가정하면, 에천트는 활성 구역들이 위치될 수 있는 중앙 구역들을 통해 포토마스크를 가로질러 흘러서 활성 구역들과 상호작용할 수 있다. 유사하게, 수행되는 린싱 동작에 따라, 에천트는, 희석된 형태일지라도, 포토마스크의 다른 구역들과 접촉하여, 잠재적으로, 포토마스크의 활성 구역들에 대한 손상 또는 위에서 설명된 문제들 중 임의의 문제를 야기할 수 있다.
- [0029] [0037] 따라서, 일부 실시예들에서, 린스제가 포토마스크의 중앙 위치에서 또는 중앙 위치 근처에서 포토마스크에 전달될 수 있다. 이어서, 린스제는 에천트를 향해 반경방향 또는 측방향 외측으로 유동하거나 또는 유동하게 되어, 포토마스크로부터 완전히 벗어나게 에천트를 전달하기 전에, 에천트 용액을 포토마스크의 에지 구역들의 더 내측으로 보낼 수 있다(express). 일부 실시예들에서, 포토마스크는, 관성력들로부터 외향 유동을 가능하게 하기 위해, 린스제의 전달 동안 회전 또는 스피닝될 수 있다. 이는 또한, 에천트를 포토마스크로부터 벗어나게 할 수 있고, 그리고 포토마스크의 활성 구역들이 위치된, 포토마스크의 구역들로부터 멀어지게 할 수 있다. 포토마스크의 표면으로부터 에천트를 제거하기 위해 린스제가 유동된 후에, 부가적인 린스제의 전달 없이 포토마스크를 추가로 스피닝함으로써, 또는 포토마스크를 건조시키는 데 적합한 환경에서 포토마스크를 유지함으로써, 포토마스크가 건조될 수 있다. 예컨대, 일부 실시예들에서, 포토마스크는 제어되는 환경에서 유지될 수 있으며, 그 제어되는 환경은 가열된 환경, 불활성 환경, 이를테면 질소 환경을 포함할 수 있고, HEPA 또는 ULPA-필터링된 환경을 포함하는 필터링된 환경을 포함할 수 있다.
- [0030] [0038] 포토마스크를 건조시키기 위한 시간에 따라, 잔류 커플링 재료 제거 내지 포토마스크 건조의 프로세스는 약 20분 이하가 걸릴 수 있다. 일부 실시예들에서, 프로세스는 약 15분 이하, 약 10분 이하, 약 9분 이하, 약 8분 이하, 약 7분 이하, 약 6분 이하, 약 5분 이하, 또는 그 미만 내에 수행될 수 있다. 이어서, 프로세스는, 포토마스크 상의 별개의 위치, 이를테면, 스탠드오프가 제거되어 부가적인 에지 구역 위치에서 포토마스크 상에 잔류 커플링 재료가 남아 있는 제2 위치에서 반복될 수 있다. 기계적 셋업에 따라, 각각의 위치는, 이를테면, 오버래핑(overlapping) 동작들 뿐만 아니라 다수의 램프들 및 전달 시스템들을 이용하여, 동시에 제거될 수 있거나, 또는 순차적으로 제거될 수 있다. 순차적으로 수행되는 경우, 잔류 커플링 재료의 4개의 위치들을 갖는 포토마스크는, 약 2시간 이하의 총 시간 기간 내에 재료의 각각의 구역을 제거하기 위해 프로세싱될 수 있고, 그리고 약 1.5시간 이하, 약 1시간 이하, 약 45분 이하, 약 30분 이하, 약 20분 이하, 또는 그 미만 내에 프로세싱될 수 있다. 따라서, 본 기술은, 포토마스크의 활성 구역들을 에천트 재료들과 실질적으로, 본질적으로, 또는 완전히 접촉하지 않은 상태로 유지하면서, 종래의 기법들보다 더 적은 시간 내에 포토마스크들을 프로세싱할 수 있다.
- [0031] [0039] 도 4는 본 기술의 일부 실시예들에 따른 가열 동작(400)의 개략적인 입면도를 도시한다. 예시되고 이전에 설명된 바와 같이, 포토마스크(105)는, 이를테면, 이전에 논의된 바와 같은 하나 이상의 에지 위치들에서 포토마스크 위에 놓인 잔류 커플링 재료(210)를 포함할 수 있다. 도면에 예시된 바와 같이, 가열 디바이스, 이를테면 열 램프(410) 또는 레이저는, 포토마스크를 적어도 100 °C 미만의 온도들, 또는 이전에 언급된 온도들 중 임의의 온도로 유지하면서, 잔류 커플링 재료를 400 °C 이상을 넘는 온도까지 가열할 수 있다.
- [0032] [0040] 도 5는 본 기술의 일부 실시예들에 따른 에칭 동작(500)의 개략적인 입면도를 도시한다. 가열된 커플링 재료(505)에 의해 예시된 바와 같이, 잔류 커플링 재료가 가열된 후에, 화학물 전달 시스템(510)은, 잔류 커플링 재료와 반응하거나 또는 다른 방식으로 잔류 커플링 재료를 제거하도록, 하나 이상의 에천트 화학물들(515)을 가열된 잔류 커플링 재료(505)에 전달할 수 있다. 임의의 화학물 전달 시스템(510)이 본 기술의 실시예들에서 활용될 수 있다. 예시된 바와 같은 일부 실시예들에서, 화학물 전달 시스템(510)은, 에천트의 성분들을 개별적으로 전달하기 위해, 이를테면, 이전에 설명된 바와 같이 황산 및 과산화 수소를 개별적으로 전달하기 위해, 다수의 전달 노즐들(512, 514)을 포함할 수 있다. 예시된 바와 같이, 에천트 액체들은 포토마스크의 에지 구역들 내에만 전달될 수 있고, 동작들 또는 제거 동안 포토마스크의 활성 구역들과 접촉하지 않을 수 있다.
- [0033] [0041] 도 6은 본 기술의 일부 실시예들에 따른 린싱 동작(600)의 개략적인 입면도를 도시한다. 에천트는 잔류 에천트 재료를 완전히 용해 및 제거할 수 있으며, 그 잔류 에천트 재료는 예시된 바와 같이 용액(605) 내에 용해될 수 있다. 이어서, 린싱 시스템(610)에 의해 린싱 동작이 수행될 수 있다. 린싱 시스템(610)은, 표면을 침수시켜서 에천트 용액(605)을 제거하도록, 린스제(615), 이를테면 탈이온수를 포토마스크에 전달할 수 있다.

예시된 바와 같이, 린스제는 포토마스크 상에서 반경방향 내측에, 이를테면, 포토마스크의 중심 축 또는 중앙 구역 근처에 전달될 수 있고, 포토마스크의 활성 구역 위에 전달될 수 있다. 이어서, 린스제는 포토마스크로부터 용액(605)을 밀어내기 위해 외측으로 유동할 수 있으며, 이는 더 많은 중앙 구역들이 에천트에 노출되는 것을 제한 또는 방지할 수 있고, 에천트가 포토마스크의 활성 구역들과 접촉하는 것을 방지할 수 있다. 린스제의 전달 동안 또는 린스제의 전달 후에 포토마스크를 회전 또는 스피닝함으로써, 유동이 더 용이하게 될 수 있다. 일부 실시예들에서, 이어서, 포토마스크는 건조될 수 있고, 그 후에, 프로세스는 잔류 커플링 재료가 위치될 수 있는 임의의 다른 위치들에서 반복될 수 있다. 그 후에, 이들 동작들은 잔류 커플링 재료가 없는 포토마스크를 제공할 수 있고, 그리고 포토마스크의 활성 구역들에 걸쳐 에천트 재료에 대한 노출로부터 포토마스크의 무결성을 유지할 수 있다.

[0034] [0042] 이전의 설명에서, 설명의 목적들로, 본 기술의 다양한 실시예들의 이해를 제공하기 위해 다수의 세부사항들이 제시되었다. 그러나, 이들 세부사항 중 일부가 없이, 또는 부가적인 세부사항들과 함께, 특정 실시예들이 실시될 수 있다는 것이 당업자에게 자명할 것이다.

[0035] [0043] 여러 실시예들을 개시하였지만, 실시예들의 사상으로부터 벗어나지 않으면서, 다양한 변형들, 대안적인 구성들, 및 등가물들이 사용될 수 있다는 것이 당업자에 의해 인식될 것이다. 부가적으로, 본 기술을 불필요하게 모호하게 하는 것을 방지하기 위해, 다수의 잘-알려진 프로세스들 및 엘리먼트들이 설명되지 않았다. 따라서, 위의 설명은 본 기술의 범위를 제한하는 것으로 이해되지 않아야 한다.

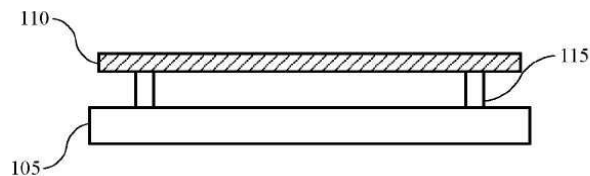
[0036] [0044] 수치 범위가 주어진 경우, 그러한 수치 범위의 상한들과 하한들 사이에 존재하는 각각의 값은, 달리 명백히 표시되어 있지 않는 한, 하한의 단위의 최소 프랙션(fraction)까지 또한 구체적으로 기재된 것으로 해석된다. 명시된 범위 내의 임의의 명시된 값 또는 그 범위에 속하는 명시되지 않은 값과 그러한 명시된 범위내의 임의의 다른 명시된 값 또는 그 범위에 속하는 다른 값 사이에 존재하는 임의의 더 좁은 범위가 포함된다. 이러한 소범위의 상한들과 하한들은 독립적으로 그러한 범위에 포함되거나 그러한 범위에서 제외될 수 있고, 각각의 범위는, 상한과 하한 중 하나 또는 둘 모두가 그러한 소범위에 포함되든지 그러한 소범위에서 제외되든지 간에, 임의의 한계값이 명시된 범위에서 구체적으로 제외된 것이 아닌 한, 또한 본 기술에 포함된다. 명시된 범위가 한계값들 중 하나 또는 둘 모두를 포함하는 경우, 그렇게 포함된 한계값들 중 하나 또는 둘 모두를 제외한 범위들이 또한 포함된다. 다수의 값들이 리스트에 제공되는 경우, 이들 값들 중 임의의 값을 포함하거나 또는 이들 값들 중 임의의 값에 기초하는 임의의 범위가 유사하게 구체적으로 개시된다.

[0037] [0045] 본원 및 첨부 청구항들에서 사용되는 바와 같이, 단수 형태들("a", "an", 및 "the")은 문맥상 명확히 다르게 지시되지 않는 한 복수의 지시대상들을 포함한다. 따라서, 예컨대, "재료"에 대한 지칭은 복수의 그러한 재료들을 포함하고, "제제"에 대한 지칭은 하나 이상의 제제들, 및 당업자에게 알려져 있는 그 제제들의 등가물들에 대한 지칭을 포함하는 등이다.

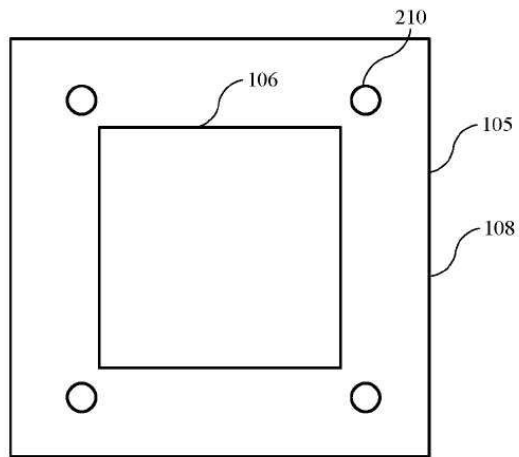
[0038] [0046] 또한, "포함하다", "포함하는", "함유하다", "함유하는", "구비하다", 및 "구비하는"이라는 단어들은, 본 명세서 및 후속 청구항들에서 사용되는 경우, 명시된 특징들, 인티저(integer)들, 컴포넌트들, 또는 동작들의 존재를 특정하도록 의도되지만, 이들은 하나 이상의 다른 특징들, 인티저들, 컴포넌트들, 동작들, 액트(act)들, 또는 그룹들의 존재 또는 부가를 배제하지 않는다.

도면

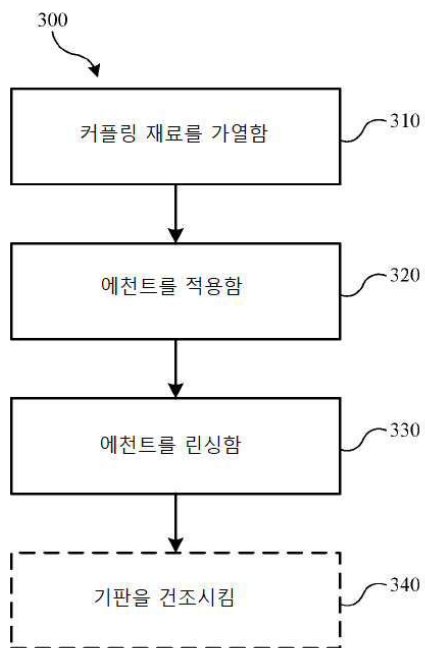
도면1



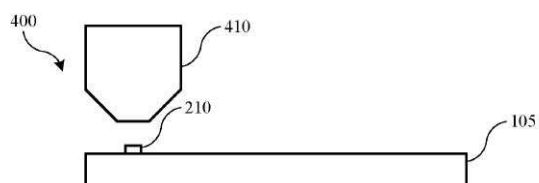
도면2



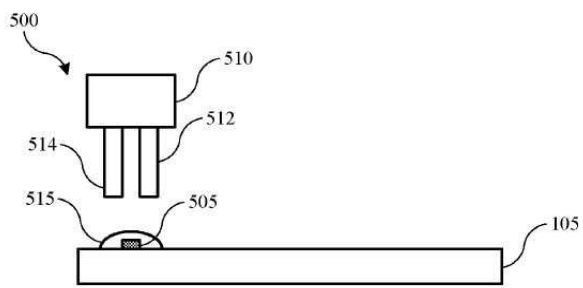
도면3



도면4



도면5



도면6

