



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2014-0023927  
(43) 공개일자 2014년02월27일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
*H01L 21/027* (2006.01) *G03F 7/20* (2006.01)
- (21) 출원번호 10-2013-7026780
- (22) 출원일자(국제) 2012년01월18일  
심사청구일자 없음
- (85) 번역문제출일자 2013년10월10일
- (86) 국제출원번호 PCT/EP2012/050727
- (87) 국제공개번호 WO 2012/123144  
국제공개일자 2012년09월20일
- (30) 우선권주장  
61/451,803 2011년03월11일 미국(US)

- (71) 출원인  
에이에스엠엘 네델란즈 비.브이.  
네덜란드, 앤엘-5504 디알 벨드호펜, 데 룬 6501
- (72) 발명자  
바니네, 바딤  
네덜란드 앤엘-5751 에스베 되르너 엔드라흐트 21  
루프스트라, 에릭  
네덜란드 앤엘-5613 에에스 아인트호벤 라커스트  
라트 32-34  
(뒷면에 계속)
- (74) 대리인  
특허법인화우

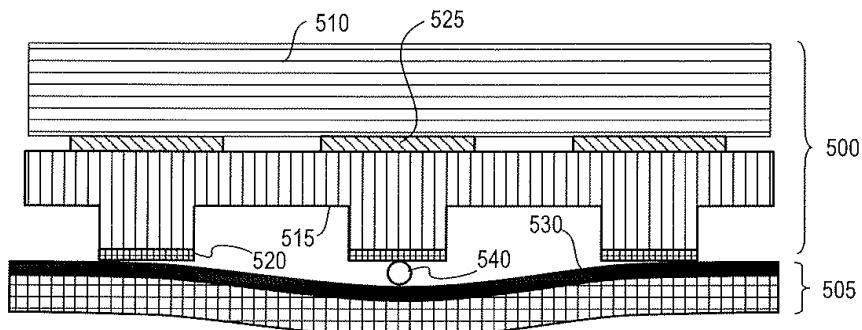
전체 청구항 수 : 총 24 항

(54) 발명의 명칭 정전기 클램프 장치 및 리소그래피 장치

### (57) 요 약

리소그래피 장치의 패터닝 디바이스(505)를 지지하도록 구성된 정전기 클램프 장치(500)가 개시되며, 상기 장치는 지지 구조체 - 상기 지지 구조체에 대하여 상기 패터닝 디바이스가 지지됨 -, 상기 지지 구조체와 패터닝 디바이스 사이에 클램핑력을 제공하는 클램핑 전극들(525); 및 상기 패터닝 디바이스의 형상을 측정하도록 작동 가능한 용량성 센서들의 어레이(660)를 포함한다.

**대 표 도** - 도5



(72) 발명자

카데, 테오도루스

네덜란드 엔엘-5756 베요트 블리어덴 부이스 발로  
트스트라트 14

아케르만스, 요한네스

네덜란드 엔엘-5658 애베 아인트호벤 그라스빈크 3

스카카바로찌, 루이지

네덜란드 엔엘-5554 캐데 발켄스바르트 데 뵈레 39  
발렌틴, 크리스티안 루이스

네덜란드 엔엘-5654 베페 아인트호벤 홀스트라트  
235

---

## 특허청구의 범위

### 청구항 1

리소그래피 장치의 패터닝 디바이스를 지지하도록 구성된 정전기 클램프 장치에 있어서,  
 지지 구조체 - 상기 지지 구조체에 대하여 상기 패터닝 디바이스가 지지됨 -;  
 상기 지지 구조체와 상기 패터닝 디바이스 사이에 클램핑력(clamping force)을 제공하는 클램핑 전극들; 및  
 상기 패터닝 디바이스의 형상을 측정하도록 작동가능한 용량성 센서들의 어레이(array of capacitive sensors)  
 를 포함하는 정전기 클램프 장치.

### 청구항 2

제 1 항에 있어서,  
 상기 용량성 센서들의 어레이는 상기 패터닝 디바이스의 표면적과 유사한 면적을 갖는 2-차원 어레이인 정전기  
 클램프 장치.

### 청구항 3

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,  
 상기 용량성 센서들의 어레이는 상기 지지 구조체 내에 포함되는 정전기 클램프 장치.

### 청구항 4

제 3 항에 있어서,  
 상기 지지 구조체는 복수의 돌출부들(protuberances)을 갖는 지지면에 제공되고, 상기 복수의 돌출부들에 대하여  
 상기 패터닝 디바이스가 클램핑되며, 상기 용량성 센서들의 어레이의 별도의 센서가 각각의 돌출부 부근에  
 제공되는 정전기 클램프 장치.

### 청구항 5

제 4 항에 있어서,  
 상기 센서들은 상기 지지면에 적용되어, 각각의 센서가 실질적으로 돌출부 주위에 적용되는 정전기 클램프  
 장치.

### 청구항 6

제 3 항 내지 제 5 항 중 어느 한 항에 있어서,  
 상기 용량성 센서들의 어레이는 상기 클램핑 전극들과 일체로 형성되는 정전기 클램프 장치.

### 청구항 7

제 6 항에 있어서,  
 상기 일체로 형성된 클램핑 전극들/용량성 센서들의 각각에는, 상기 클램핑력의 제공을 위한 DC 전력 공급부,  
 그리고 상기 용량성 센서들의 어레이로서의 작동을 위한 AC 전력 공급부가 제공되는 정전기 클램프 장치.

### 청구항 8

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,  
 상기 패터닝 디바이스는 상기 지지 구조체에 대하여 클램핑되도록 작동가능한 제 1 측, 및 제 2 측을 가지며,  
 상기 용량성 센서들의 어레이는 상기 제 2 측에 인접하게 위치되고, 상기 제 2 측의 변형을 측정하도록 작동가  
 능한 정전기 클램프 장치.

**청구항 9**

제 8 항에 있어서,

상기 용량성 센서들의 어레이는 레티클 핸들러 내에 포함되는 정전기 클램프 장치.

**청구항 10**

제 8 항 또는 제 9 항에 있어서,

상기 정전기 클램프 장치는 상기 패터닝 디바이스의 패터닝 표면의 평면에 법선인 방향으로 상기 패터닝 디바이스에 대해 상기 용량성 센서들의 어레이를 이동시키는 액추에이터를 포함하는 정전기 클램프 장치.

**청구항 11**

제 8 항 내지 제 10 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 정전기 클램프 장치는 상기 용량성 센서들의 어레이에 대한 상기 패터닝 디바이스의 상대 위치를 측정하도록 작동가능한 폐쇄-루프 제어 시스템을 포함하는 정전기 클램프 장치.

**청구항 12**

제 11 항에 있어서,

상기 정전기 클램프 장치는 상기 용량성 센서들의 어레이에 대한 상기 패터닝 디바이스의 상대 위치의 상기 측정을 위해 상기 용량성 센서 어레이를 사용하도록 작동가능한 정전기 클램프 장치.

**청구항 13**

제 8 항 내지 제 12 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 정전기 클램프 장치는 상기 용량성 센서 어레이가 절대 측정들(absolute measurements)을 수행하도록 작동 가능하며, 상기 용량성 센서 어레이는 사전설정된 기준에 대하여 상기 레티클의 형상을 측정하는 정전기 클램프 장치.

**청구항 14**

제 8 항 내지 제 12 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 정전기 클램프 장치는 상기 용량성 센서 어레이가 상대적인 측정들을 수행하도록 작동가능하고, 상기 클램핑 전극들이 제 1 클램핑력을 가하도록 작동될 때 취해지는 제 1 측정들, 그리고 상기 클램핑 전극들이 상기 제 1 클램핑력과 상이한 제 2 클램핑력을 가하도록 작동될 때 취해지는 제 2 측정들로부터 각각의 상대적인 측정이 얻어지는 정전기 클램프 장치.

**청구항 15**

제 14 항에 있어서,

상기 제 2 클램핑력은 상기 제 1 클램핑력보다 큰 정전기 클램프 장치.

**청구항 16**

제 15 항에 있어서,

상기 정전기 클램프 장치는 상기 용량성 센서 어레이가 차동 측정들(differential measurements)을 수행하도록 작동가능하며, 각각의 차동 측정은 상기 용량성 센서 어레이의 2 개의 센서들을 이용하여 수행되는 정전기 클램프 장치.

**청구항 17**

제 8 항 내지 제 16 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 지지 구조체는 복수의 돌출부들을 갖는 지지면에 제공되고, 상기 복수의 돌출부들에 대하여 상기 패터닝

디바이스가 클램핑되며, 별도의 센서가 각각의 돌출부 부근에 제공되는 정전기 클램프 장치.

### 청구항 18

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 용량성 센서들의 어레이는 패터닝 디바이스 교체 장치 내에 포함되고, 상기 패터닝 디바이스 교체 장치는 상기 리소그래피 장치의 일부분을 형성하며, 상기 패터닝 디바이스 교체 장치는 패터닝 디바이스를 이동시키고 교체하기 위한 장치인 정전기 클램프 장치.

### 청구항 19

제 18 항에 있어서,

상기 용량성 센서들의 어레이는 평행한 복수의 1D 용량성 센서들의 어레이들을 포함하는 정전기 클램프 장치.

### 청구항 20

제 19 항에 있어서,

2 개 내지 6 개의 상기 1D 용량성 센서들의 어레이들이 존재하는 정전기 클램프 장치.

### 청구항 21

제 18 항 내지 제 20 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 패터닝 디바이스 교체 장치는 측정되는 상기 패터닝 디바이스의 표면에 걸쳐 상기 용량성 센서들의 어레이를 스캐닝하도록 작동가능한 정전기 클램프 장치.

### 청구항 22

제 18 항 내지 제 21 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 정전기 클램프 장치는 상기 레티클에 대한 상기 패터닝 디바이스 교체 장치의 여하한의 의도하지 않은 이동과 레티클 프로파일 간의 차이를 구별하도록 작동가능한 정전기 클램프 장치.

### 청구항 23

제 22 항에 있어서,

상기 차이를 구별하는 것은 알고리즘으로(algorithmically) 수행되는 정전기 클램프 장치.

### 청구항 24

리소그래피 장치에 있어서,

방사선 빔을 컨디셔닝하도록 구성된 조명 시스템;

제 1 항 내지 제 23 항 중 어느 한 항에 따른 정전기 클램프 장치 - 패터닝 디바이스는 상기 방사선 빔의 단면에 패턴을 부여하여 패터닝된 방사선 빔을 형성할 수 있음 -;

기판을 유지하도록 구성된 기판 테이블; 및

상기 기판의 타겟부 상으로 패터닝된 방사선 빔을 투영하도록 구성된 투영 시스템을 포함하는 리소그래피 장치.

## 명세서

### 기술 분야

[0001] 본 출원은 2011년 3월 11일에 출원된 미국 가출원 61/451,803의 이익을 주장하며, 이는 본 명세서에서 전문이 인용 참조된다.

[0002] 본 발명은 리소그래피 장치에 관한 것이며, 구체적으로는 리소그래피 장치에서 사용하기 위한 정전기 클램프 장치에 관한 것이다.

## 배경기술

[0003]

리소그래피 장치는 기판 상으로, 통상적으로는 기판의 타겟부 상으로 원하는 패턴을 적용시키는 기계이다. 리소그래피 장치는, 예를 들어 집적 회로(IC)의 제조에 사용될 수 있다. 그 경우, 대안적으로 마스크 또는 레티클이라 칭하는 패터닝 디바이스가 IC의 개별층에 형성될 회로 패턴을 생성하기 위해 사용될 수 있다. 이 패턴은 기판(예컨대, 실리콘 웨이퍼)의 (예를 들어, 다이의 일부분, 한 개 또는 수 개의 다이를 포함하는) 타겟부 상으로 전사(transfer)될 수 있다. 패턴의 전사는 통상적으로 기판에 제공된 방사선-감응재(레지스트)층 상으로의 이미징(imaging)을 통해 수행된다. 일반적으로, 단일 기판은 연속하여 패터닝되는 인접한 타겟부들의 네트워크를 포함할 것이다.

[0004]

리소그래피는 IC 및 다른 디바이스들 및/또는 구조체들을 제조하는데 있어서 핵심 단계들 중 하나로서 널리 인식되어 있다. 하지만, 리소그래피를 이용하여 만들어진 피쳐들의 치수들이 더 작아짐에 따라, 리소그래피는 소형 IC 또는 다른 디바이스들 및/또는 구조체들이 제조될 수 있게 하는 더 결정적인 인자가 되고 있다. 패턴 프린팅의 한계들의 이론적 추정은 수학식 (1)로 나타낸 바와 같은 분해능(resolution)에 대한 레일리 기준(Rayleigh criterion)에 의해 설명될 수 있다:

$$CD = k_1 * \frac{\lambda}{NA} \quad (1)$$

[0005]

여기서,  $\lambda$ 는 사용되는 방사선의 파장이고, NA는 패턴을 프린트하는데 사용되는 투영 시스템의 개구수(numerical aperture)이며,  $k_1$ 은 레일리 상수라고도 칭하는 공정 의존성 조정 인자이고, CD는 프린트된 피쳐의 피쳐 크기(또는 임계 치수)이다. 수학식 (1)에 따르면, 피쳐들의 프린트 가능한 최소 크기의 감소는 세 가지 방식으로, 즉 노광 파장  $\lambda$ 를 단축시키거나, 개구수 NA를 증가시키거나,  $k_1$ 의 값을 감소시킴으로써 얻어질 수 있다.

[0006]

노광 파장을 단축시키고, 이에 따라 프린트 가능한 최소 크기를 감소시키기 위해, 극자외(EUV) 방사선 소스를 사용하는 것이 제안되었다. EUV 방사선은 5 내지 20 nm 범위, 예를 들어 13 내지 14 nm 범위 내의 파장을 갖는 전자기 방사선이다. 또한, 10 nm 미만의 파장을 갖는 EUV 방사선이, 예를 들어 5 내지 10 nm 범위, 예컨대 6.7 nm 또는 6.8 nm에서 사용될 수 있다는 것이 제안되었다. 이러한 방사선은 극자외 방사선 또는 소프트 x-레이 방사선(soft x-ray radiation)이라고 칭해진다. 가능한 소스들로는, 예를 들어 레이저-생성 플라즈마 소스(laser-produced plasma source), 방전 플라즈마 소스(discharge plasma source), 또는 전자 저장 링(electron storage ring)에 의해 제공된 싱크로트론 방사선(synchrotron radiation)에 기초한 소스들을 포함한다.

[0007]

EUV 방사선은 플라즈마를 이용하여 생성될 수 있다. EUV 방사선을 생성하는 방사선 시스템은 플라즈마를 제공하기 위해 연료를 여기(excite)시키는 레이저, 및 플라즈마를 수용하기 위한 소스 컬렉터 모듈을 포함할 수 있다. 플라즈마는, 예를 들어 적합한 재료(예를 들어, 주석)의 입자와 같은 연료, 또는 Xe 가스 또는 Li 증기와 같은 적합한 가스 또는 증기의 스트림에 레이저 빔을 지향시킴으로써 생성될 수 있다. 이로 인해 생성된 플라즈마는 출력 방사선, 예를 들어 EUV 방사선을 방출하며, 이는 방사선 컬렉터를 이용하여 수집된다. 방사선 컬렉터는 방사선을 수용하고 상기 방사선을 빔으로 포커스하는 거울 수직 입사 방사선 컬렉터(mirrored normal incidence radiation collector)일 수 있다. 소스 컬렉터 모듈은 플라즈마를 지지하기 위한 진공 환경을 제공하도록 배치된 인클로징 구조체(enclosing structure) 또는 캠버를 포함할 수 있다. 이러한 방사선 시스템은 통상적으로 레이저 생성 플라즈마(LPP) 소스라 칭해진다.

[0008]

EUV 마스크 또는 레티클들은 정전기 척(electrostatic chuck)에 고정(chuck)되어야 한다. 베얼(burls)과 레티클 뒷면 사이에 약  $\mu m$  크기의 입자들이 들어가게 되면 레티클의 [평면내(in-plane) 및 평면외(out-of-plane)] 변형을 일으킬 수 있으며, 이는 오버레이를 저하시킬 수 있다. 뒷면의  $\mu m$  크기의 입자들은 약 nm 높이로 앞면의 기형을 유발할 수 있으며, 이는 툴이 사양을 벗어나기에 충분한 오버레이 오차를 유도한다는 것을 계산들을 통해 알 수 있다.

[0009]

실제로, 뒷면에는 다수의 입자들이 존재할 수 있으나, 필연적으로 앞면에 문제가 될 만큼 큰 변형을 유발하는 것은 이들 중 일부에 불과할 수 있다(이들 중 어떤 것도 변형을 유발하지 않을 수도 있다[실제로, 입자들은 변형을 일으키는 대신 짓눌러지거나(squashed) 으깨질(crushed) 수 있다]). 또한, 다른 원인들, 예를 들어 온도에 기인한 앞면 변형(비평탄도)을 측정할 수 있는 것이 유익할 수 있다.

[0010]

지금까지는, 대체로 종래의 레벨 센서들이 평탄한 표면들에서 작동하는 동안, 앞면의 레티클 표면이 임의의 패

턴으로 패터닝된다는 점 때문에, 이러한 문제들에 적합한 해결방안이 강구되지 않았다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0012] 레티를 또는 마스크의 이러한 기형들을 식별 및/또는 측정하는데 사용될 수 있는 장치를 제공하는 것이 바람직하다.

### 과제의 해결 수단

[0013] 본 발명의 일 실시형태에 따르면, 리소그래피 장치의 패터닝 디바이스를 지지하도록 구성된 정전기 클램프 장치가 제공되며, 상기 장치는 지지 구조체 - 상기 지지 구조체에 대하여 상기 패터닝 디바이스가 지지됨 -; 상기 지지 구조체와 패터닝 디바이스 사이에 클램핑력(clamping force)을 제공하는 클램핑 전극들, 및 상기 패터닝 디바이스의 형상을 측정하도록 작동가능한 용량성 센서들의 어레이(array of capacitive sensors)를 포함한다.

### 도면의 간단한 설명

[0014] 이하, 대응하는 참조 부호들이 대응하는 부분들을 나타내는 첨부된 개략적인 도면들을 참조하여, 단지 예시의 방식으로만 본 발명의 실시예들을 설명할 것이다.

도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 리소그래피 장치를 도시한 도면;

도 2는 장치(100)의 상세도;

도 3은 도 1 및 도 2의 장치의 소스 컬렉터 모듈(SO)의 상세도;

도 4는 본 발명의 대안적인 실시예에 따른 리소그래피 장치;

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 정전기 클램프 구성의 측단면도;

도 6은 도 5의 구성의 용량성 센서 어레이의 평면도;

도 7은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 정전기 클램프 구성의 측단면도;

도 8은 도 7의 구성의 용량성 센서 어레이의 평면도;

도 9는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 정전기 클램프 구성의 측단면도;

도 10a 및 도 10b는 각각 클램프가 비가동중일 때와 가동중일 때의 도 9의 구성을 나타낸 도면;

도 11a 및 도 11b는 각각 본 발명의 주요한 제 3 실시예의 평면도 및 측면도;

도 12는  $y_{no}$ 와  $y_{n1}$  간의 레티를 프로파일을 측정하는 도 11a 및 도 11b의 실시예를 나타낸 도면; 및

도 13은 도 11a 및 도 11b의 실시예를 이용하는 단순화된 제 1 측정 시나리오를 나타낸 도면이다.

## 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0015] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 소스 컬렉터 모듈(SO)을 포함하는 리소그래피 장치(100)를 개략적으로 도시한다. 상기 장치는,

- 방사선 빔(B)(예를 들어, EUV 방사선)을 컨디셔닝하도록 구성된 조명 시스템(일루미네이터)(IL);

- 패터닝 디바이스(예를 들어, 마스크 또는 레티클)(MA)를 지지하도록 구성되고 패터닝 디바이스를 정확히 위치시키도록 구성된 제 1 위치설정기(PM)에 연결되는 지지 구조체(예를 들어, 마스크 테이블)(MT);

- 기판(예를 들어, 레지스트-코팅된 웨이퍼)(W)을 유지하도록 구성되고, 기판을 정확히 위치시키도록 구성된 제 2 위치설정기(PW)에 연결되는 기판 테이블(예를 들어, 웨이퍼 테이블)(WT); 및

- 패터닝 디바이스(MA)에 의해 방사선 빔(B)에 부여된 패턴을 기판(W)의 (예를 들어, 1 이상의 다이를 포함하는) 타겟부(C) 상으로 투영하도록 구성된 투영 시스템(예를 들어, 반사 투영 시스템)(PS)을 포함한다.

[0020] 조명 시스템은 방사선을 지향, 성형 또는 제어하기 위하여, 굴절, 반사, 자기, 전자기, 정전기 또는 다른 타입

의 광학 구성요소들, 또는 이의 여하한의 조합과 같은 다양한 타입의 광학 구성요소들을 포함할 수 있다.

[0021] 지지 구조체(MT)는 패터닝 디바이스의 방위, 리소그래피 장치의 디자인, 및 예를 들어 패터닝 디바이스가 진공 환경에서 유지되는지의 여부와 같은 다른 조건들에 의존하는 방식으로 패터닝 디바이스(MA)를 유지한다. 지지 구조체는 패터닝 디바이스를 유지하기 위해 기계적, 진공, 정전기, 또는 다른 클램핑 기술들을 이용할 수 있다. 지지 구조체는, 예를 들어 필요에 따라 고정되거나 이동가능할 수 있는 프레임 또는 테이블일 수 있다. 지지 구조체는, 패터닝 디바이스가, 예를 들어 투영 시스템에 대해 원하는 위치에 있도록 보장할 수 있다.

[0022] "패터닝 디바이스"라는 용어는, 기판의 타겟부에 패턴을 생성하기 위해서 방사선 빔의 단면에 패턴을 부여하는 데 사용될 수 있는 여하한의 디바이스를 언급하는 것으로 폭넓게 해석되어야 한다. 방사선 빔에 부여된 패턴은 집적 회로와 같이 타겟부에 생성될 디바이스의 특정 기능 층에 대응할 수 있다.

[0023] 패터닝 디바이스는 투과형 또는 반사형일 수 있다. 패터닝 디바이스의 예로는 마스크, 프로그램가능한 거울 어레이, 및 프로그램가능한 LCD 패널들을 포함한다. 마스크는 리소그래피에서 잘 알려져 있으며, 다양한 하이브리드(hybrid) 마스크 타입뿐만 아니라, 바이너리(binary)형, 교변 위상-시프트형, 및 감쇠 위상-시프트형과 같은 마스크 타입을 포함한다. 프로그램가능한 거울 어레이의 일 예시는 작은 거울들의 매트릭스 구성을 채택하며, 그 각각은 입사하는 방사선 빔을 상이한 방향으로 반사시키도록 개별적으로 기울어질 수 있다. 기울어진 거울들은 거울 매트릭스에 의해 반사되는 방사선 빔에 패턴을 부여한다.

[0024] 조명 시스템과 같이, 투영 시스템은 사용되는 노광 방사선에 대하여 또는 진공의 사용과 같은 다른 인자들에 대하여 적절하다면, 굴절, 반사, 자기, 전자기, 정전기 또는 다른 타입의 광학 구성요소들, 또는 이의 여하한의 조합과 같은 다양한 타입의 광학 구성요소들을 포함할 수 있다. 다른 가스들은 너무 많은 방사선을 흡수할 수 있기 때문에 EUV 방사선에 대해 진공을 이용하는 것이 바람직할 수 있다. 그러므로, 진공 벽 및 진공 펌프들의 도움으로 전체 빔 경로에 진공 환경이 제공될 수 있다.

[0025] 본 명세서에 도시된 바와 같이, 상기 장치는 (예를 들어, 반사 마스크를 이용하는) 반사형으로 구성된다.

[0026] 리소그래피 장치는 2 개(듀얼 스테이지) 이상의 기판 테이블(및/또는 2 이상의 마스크 테이블)을 갖는 형태로 구성될 수 있다. 이러한 "다수 스테이지" 기계에서는 추가 테이블이 병행하여 사용될 수 있으며, 또는 1 이상의 테이블이 노광에 사용되고 있는 동안 1 이상의 다른 테이블에서는 준비작업 단계가 수행될 수 있다.

[0027] 도 1을 참조하면, 일루미네이터(IL)는 소스 컬렉터 모듈(SO)로부터 극자와 방사선 빔을 수용한다. EUV 광을 생성하기 위한 방법들은 EUV 범위에서 1 이상의 방출 라인들을 갖는 적어도 하나의 원소, 예를 들어 크세논, 리튬 또는 주석을 갖는 플라즈마 상태로 재료를 전환시키는 단계를 포함한다(단, 이로 제한되지 않음). 흔히 레이저 생성 플라즈마("LPP")로 칭해지는 이러한 한 방법에서, 요구되는 플라즈마는 요구되는 라인-방출 요소를 갖는 재료의 액적(droplet), 스트립 또는 클러스터와 같은 연료를 레이저 빔으로 조사함으로써 생성될 수 있다. 소스 컬렉터 모듈(SO)은 연료를 여기시키는 레이저 빔을 제공하기 위해 도 1에는 도시되지 않은 레이저를 포함하는 EUV 방사선 시스템의 일부분일 수 있다. 이로 인해 생성된 플라즈마는 출력 방사선, 예를 들어 EUV 방사선을 방출하며, 이는 소스 컬렉터 모듈에 배치된 방사선 컬렉터를 이용하여 수집된다. 예를 들어, 연료 여기를 위해 레이저 빔을 제공하는데 CO<sub>2</sub> 레이저가 사용되는 경우, 레이저 및 소스 컬렉터 모듈은 별도의 개체들일 수 있다.

[0028] 이러한 경우, 레이저는 리소그래피 장치의 일부분을 형성하는 것으로 간주되지 않으며, 방사선 빔은 예를 들어 적절한 지향 거울 및/또는 빔 익스팬더(beam expander)를 포함하는 빔 전달 시스템의 도움으로 레이저로부터 소스 컬렉터 모듈로 통과된다. 다른 경우, 예를 들어 상기 소스가 방전 생성 플라즈마 EUV 생성기(흔히, DPP 소스라고도 함)인 경우, 상기 소스는 소스 컬렉터 모듈의 통합부일 수 있다.

[0029] 일루미네이터(IL)는 방사선 빔의 각도 세기 분포를 조정하는 조정기를 포함할 수 있다. 일반적으로, 일루미네이터의 퓨필 평면의 세기 분포의 적어도 외반경 및/또는 내반경 크기(통상적으로, 각각 외측- $\sigma$  및 내측- $\sigma$  라함)가 조정될 수 있다. 또한, 일루미네이터(IL)는 패싯 필드(facetted field) 및 퓨필 거울 디바이스(pupil mirror device)들과 같은 다양한 다른 구성요소들을 포함할 수 있다. 일루미네이터는 방사선 빔의 단면에 원하는 균일성 및 세기 분포를 갖기 위해, 방사선 빔을 컨디셔닝하는데 사용될 수 있다.

[0030] 방사선 빔(B)은 지지 구조체(예를 들어, 마스크 테이블)(MT)에 유지되어 있는 패터닝 디바이스(예를 들어, 마스크)(MA)에 입사되며, 패터닝 디바이스에 의해 패터닝된다. 패터닝 디바이스(예를 들어, 마스크)(MA)로부터 반사된 후, 방사선 빔(B)은 투영 시스템(PS)을 통과하며, 상기 투영 시스템은 기판(W)의 타겟부(C) 상으로 상기

빔을 포커스한다. 제 2 위치설정기(PW) 및 위치 센서(PS2)[예를 들어, 간섭계 디바이스(interferometric device), 라인어 인코더(linear encoder) 또는 용량성 센서(capacitive sensor)]의 도움으로, 기판 테이블(WT)은 예를 들어 방사선 빔(B)의 경로에 상이한 타겟부(C)들을 위치시키도록 정확하게 이동될 수 있다. 이와 유사하게, 제 1 위치설정기(PM) 및 또 다른 위치 센서(PS1)는 방사선 빔(B)의 경로에 대해 패터닝 디바이스(예를 들어, 마스크)(MA)를 정확히 위치시키는데 사용될 수 있다. 패터닝 디바이스(예를 들어, 마스크)(MA) 및 기판(W)은 마스크 정렬 마크들(M1 및 M2) 및 기판 정렬 마크들(P1 및 P2)을 이용하여 정렬될 수 있다.

[0031] 도시된 장치는 다음 모드들 중 적어도 하나에 사용될 수 있다:

[0032] 1. 스텝 모드에서, 지지 구조체(예를 들어, 마스크 테이블)(MT) 및 기판 테이블(WT)은 본질적으로 정지 상태로 유지되는 한편, 방사선 빔에 부여되는 전체 패턴은 한번에 타겟부(C) 상에 투영된다[즉, 단일 정적 노광(single static exposure)]. 그 후, 기판 테이블(WT)은 상이한 타겟부(C)가 노광될 수 있도록 X 및/또는 Y 방향으로 시프트된다.

[0033] 2. 스캔 모드에서, 지지 구조체(예를 들어, 마스크 테이블)(MT) 및 기판 테이블(WT)은 방사선 빔에 부여된 패턴이 타겟부(C) 상으로 투영되는 동안에 동기적으로 스캐닝된다[즉, 단일 동적 노광(single dynamic exposure)]. 지지 구조체(예를 들어, 마스크 테이블)(MT)에 대한 기판 테이블(WT)의 속도 및 방향은 투영 시스템(PS)의 확대(축소) 및 이미지 반전 특성에 의하여 결정될 수 있다.

[0034] 3. 또 다른 모드에서, 지지 구조체(예를 들어, 마스크 테이블)(MT)는 프로그램가능한 패터닝 디바이스를 유지하여 본질적으로 정지된 상태로 유지되며, 방사선 빔에 부여된 패턴이 타겟부(C) 상에 투영되는 동안 기판 테이블(WT)이 이동되거나 스캐닝된다. 이 모드에서는, 일반적으로 펄스화된 방사선 소스(pulsed radiation source)가 이용되며, 프로그램가능한 패터닝 디바이스는 기판 테이블(WT)이 각각 이동한 후, 또는 스캔 중에 계속되는 방사선 펄스 사이사이에 필요에 따라 업데이트된다. 이 작동 모드는 앞서 언급된 바와 같은 타입의 프로그램가능한 거울 어레이와 같은 프로그램가능한 패터닝 디바이스를 이용하는 마스크없는 리소그래피(maskless lithography)에 용이하게 적용될 수 있다.

[0035] 또한, 상술된 사용 모드들의 조합 및/또는 변형, 또는 완전히 다른 사용 모드들이 채택될 수도 있다.

[0036] 도 2는 소스 컬렉터 모듈(SO), 조명 시스템(IL) 및 투영 시스템(PS)을 포함하는 장치(100)를 더 상세히 도시한다. 소스 컬렉터 모듈(SO)은 소스 컬렉터 모듈(SO)의 인클로징 구조체(enclosing structure; 220)에 진공 환경이 유지될 수 있도록 구성되고 배치된다. EUV 방사선 방출 플라즈마(210)는 방전 생성 플라즈마 소스에 의해 형성될 수 있다. EUV 방사선은 전자기 스펙트럼의 EUV 범위의 방사선을 방출하기 위해 초고온 플라즈마(210)가 생성되는 가스 또는 증기, 예를 들어 Xe 가스, Li 증기 또는 Sn 증기에 의해 생성될 수 있다. 초고온 플라즈마(210)는, 예를 들어 적어도 부분적으로 이온화된 플라즈마를 유도하는 전기 방전에 의해 생성된다. 방사선의 효율적인 생성을 위하여 Xe, Li, Sn 증기 또는 여타의 적합한 가스 또는 증기의, 예를 들어 10 Pa의 부분압이 요구될 수 있다. 일 실시예에서는, EUV 방사선을 생성하기 위해 여기된 주석(Sn)의 플라즈마가 제공된다.

[0037] 초고온 플라즈마(210)에 의해 방출되는 방사선은 소스 챔버(211)의 개구부 안이나 뒤에 위치되는 선택적인 가스 방벽 또는 오염물 트랩(230)(몇몇 경우에는 오염물 방벽 또는 포일 트랩이라고도 함)을 통해 소스 챔버(211)로부터 컬렉터 챔버(212) 내로 전달된다. 오염물 트랩(230)은 채널 구조체를 포함할 수 있다. 또한, 오염물 트랩(230)은 가스 방벽, 또는 가스 방벽과 채널 구조체의 조합을 포함할 수 있다. 또한 본 명세서에 개시된 오염물 트랩 또는 오염물 방벽(230)은 적어도 해당 기술 분야에 알려진 바와 같은 채널 구조체를 포함한다.

[0038] 컬렉터 챔버(212)는 방사선 컬렉터(CO)를 포함할 수 있으며, 이는 소위 스침 입사 컬렉터(grazing incidence collector)일 수 있다. 방사선 컬렉터(CO)는 상류 방사선 컬렉터 층(251) 및 하류 방사선 컬렉터 층(252)을 갖는다. 컬렉터(CO)를 가로지르는(traverse) 방사선은 격자 스펙트럼 필터(240)에 의해 반사되어 가상 소스 지점(IF)에 포커스될 수 있다. 가상 소스 지점(IF)은 통상적으로 중간 포커스라 칭해지며, 상기 중간 포커스(IF)가 인클로징 구조체(220)의 개구부(221) 또는 그 부근에 위치되도록 소스 컬렉터 모듈(SO)이 배치된다. 가상 소스 지점(IF)은 방사선 방출 플라즈마(210)의 이미지이다.

[0039] 후속하여, 방사선은 조명 시스템(IL)을 가로지르며, 상기 조명 시스템은 패터닝 디바이스(MA)에 방사선 빔(21)의 원하는 각도 분포 그리고 패터닝 디바이스(MA)에 방사선 세기의 원하는 균일성을 제공하도록 배치된 패싯 퓨필 거울 디바이스(24) 및 패싯 필드 거울 디바이스(22)를 포함할 수 있다. 지지 구조체(MT)에 의해 유지되는 패터닝 디바이스(MA)에서의 방사선 빔(21)의 반사시, 패터닝된 빔(26)이 형성되며, 패터닝된 빔(26)은 투영 시스템(PS)에 의해 반사 요소들(28, 30)을 거쳐 웨이퍼 스테이지 또는 기판 테이블(WT)에 의해 유지되는 기판(W)

상으로 이미징된다.

[0040] 일반적으로, 조명 광학 유닛(IL) 및 투영 시스템(PS)에는 도시된 것보다 많은 요소들이 존재할 수 있다. 리소그래피 장치의 타입에 따라, 선택적으로 격자 스펙트럼 필터(240)가 존재할 수도 있다. 또한, 도면에 도시된 것보다 많은 거울들이 존재할 수 있으며, 예를 들어 투영 시스템(PS)에는 도 2에 도시된 것보다 1 내지 6 개의 추가 반사 요소들이 더 존재할 수 있다.

[0041] 도 2에 예시된 바와 같은 컬렉터 광학기(CO)는 컬렉터(또는 컬렉터 거울)의 예시로서, 스침 입사 반사기들(253, 254 및 255)을 갖는 네스티드 반사기(nested reflectors)로서 정의된다. 스침 입사 반사기들(253, 254 및 255)은 광축(0)을 중심으로 축방향 대칭으로 배치되며, 이러한 타입의 컬렉터 광학기(CO)는 흔히 DPP 소스라 칭해지는 방전 생성 플라즈마 소스와 조합하여 이용되는 것이 바람직하다.

[0042] 대안적으로, 소스 컬렉터 모듈(SO)은 도 3에 도시된 바와 같은 LPP 방사선 시스템의 일부분일 수 있다. 레이저(LA)는 크세논(Xe), 주석(Sn) 또는 리튬(Li)과 같은 연료에 레이저 에너지를 축적(deposit)하도록 배치되어, 수십 eV의 전자 온도를 갖는 고도로 이온화된 플라즈마(210)를 생성한다. 이러한 이온들의 탈-여기 및 재조합(de-excitation and recombination) 동안 생성된 활성 방사선(energetic radiation)은 플라즈마로부터 방출되고, 수직 근사형 입사 컬렉터 광학기(near normal incidence collector optic: CO)에 의해 수집되며, 인클로징 구조체(220)의 개구부(221) 상으로 포커스된다.

[0043] 도 4는 스펙트럼 퓨리티 필터(SPF)가 반사 격자가 아닌 투과형으로 구성된 EUV 리소그래피 장치에 대한 대안적인 구성을 나타낸다. 이 경우, 소스 컬렉터 모듈(SO)로부터의 방사선은 컬렉터로부터 중간 포커스(IF)(가상 소스 지점)로 직선 경로를 따른다. 도시되지 않은 대안적인 실시예들에서, 스펙트럼 퓨리티 필터(11)는 가상 소스 지점(12)에 또는 컬렉터(10)와 가상 소스 지점(12) 사이의 어느 한 지점에 위치될 수 있다. 상기 필터는 방사선 경로의 다른 위치들에, 예를 들어 가상 소스 지점(12)의 하류에 배치될 수 있다. 다수의 필터들이 배치될 수 있다. 이전의 예시들에서와 마찬가지로, 컬렉터(CO)는 스침 입사 타입(도 2) 또는 직반사 타입(direct reflector type: 도 3)으로 구성될 수 있다.

[0044] 진공 환경에서 EUV 리소그래피를 수행하기 위한 요건으로 인해, 지지체/척에 마스크/레티클을 클램핑하기 위해 진공 클램프들이 사용될 수 없다. 그 결과, 정전기 클램프들이 대신 사용된다. 이 정전기 클램프들은 척의 전극들을 이용하여 전기장을 생성함에 따라, 레티클 척과 레티클(또는 기판 척과 기판) 사이에 쿠лон 힘(coulomb force)을 생성한다. 이러한 정전기 클램프들은 잘 알려져 있다.

[0045] 클램핑된 레티클의 뒷면과 척 사이에 존재하는 입자 형태의 오염물은 오버레이 오차를 유도하기에 충분한 상당한 앞면 왜곡[기판의 연속한 층들 사이의 측면 오프셋(lateral offsets)]을 유도할 수 있으며, 이는 기판을 사용불가능하게 만들 수 있다.

[0046] 현재는, 이러한 오염을 측정해야 할 곳에 센서가 존재하지 않는다. 제안된 해결방안은 용량성 센서들의 어레이로 레티클 평탄도(및/또는 뒷면 오염)를 측정하는 것이다. 이 어레이에는 레티클의 형상을 측정할 수 있다. 벼얼 당 하나의 용량성 센서가 제공되는 것이 바람직하다. 주요한 두 가지 실시예들이 제안된다.

[0047] 제 1 실시예에서는, 레티클이 척에 고정(chuck)되어 있을 때 레티클 스테이지에 통합된 센서를 이용하여 뒷면 변형을 측정하는 방법이 제안된다. 이에 대한 몇몇 장점은 다음과 같다:

- 앞면을 측정하는 것에 비해 요구되는 분해능(Resolution)이 낮다;
- (앞면 센서에 비해) 정렬이 요구되지 않는다; 센서가 고유한 방식으로(intrinsically) 정렬된다;
- 패턴 문제가 없다: 평탄한 뒷면이 측정된다.

[0051] 하지만, 이러한 해결방안은 레티클 스테이지 제조의 복잡성이 증대됨을 의미한다. 그럼에도, 제시된 해결방안들 중 하나를 이용하면, 제조 공정이 사실상 영향을 받지 않는다. 또한, 이러한 실시예를 이용하면 다른 앞면 변형(온도, 재료-비균일성 등으로 인한 비평탄도)이 쉽게 검출되지 않을 것이다.

[0052] 제 2 실시예에서는, 외부의 용량성 센서들의 어레이를 이용하여 실제 앞면을 측정하는 방법이 제안된다. 센서들의 어레이가 EUV 내부 포드(inner pod)에 수용(fit)될 만큼 충분히 소형이어야, 이 어레이가 레티클 아래에서 로봇 아암에 의해 이동될 수 있다. 액추에이터들의 세트는 레티클에 매우 근접하게 센서를 위치시킨다. 용량성 어레이 자체에 의하여 피드백이 주어질 수 있다.

[0053] 이 실시예의 장점들은 다음과 같다:

- 서브 nm 범프들(sub nm bumps)을 검출하는 것에 대한 잠재력;

- 센서가 EUV 내부 포드에 수용될 수 있을 정도로 소형;

- 레티클 스테이지의 수정이 요구되지 않음;

- 이전 기계들과의 하위 호환성(Backward compatible).

[0058] 도 5 및 도 6은 척에 용량성 센서 어레이를 통합한 제 1 실시예를 예시한다. 이는 척(500) 및 레티클(505)을 나타낸다. 척(500)은 제 1 절연 층(510) 및 제 2 절연 층(515)(이 둘 모두는 유리 층들일 수 있음), 척(500)과 레티클(505) 사이의 오염물의 영향을 감소시키도록 돋는 베얼들(520), 그리고 클램핑 전극들(525)의 어레이(660)를 포함한다. 레티클(505)은 전도 층(530)을 포함한다. 정전기 클램프의 기본 작동은 잘 알려져 있으므로, 추후에 설명되지 않을 것이다.

[0059] 때때로 1 이상의 입자(540) 형태의 오염물이 베얼(520)과 레티클(505) 뒷면 사이에 끼게 된다. 이는 예시된 바와 같이 레티클의 변형을 일으킬 수 있다. 제 1 실시예에서는, 척(500)에 통합된 용량성 센서 어레이(660)를 이용하여 척(500)과 레티클(505) 사이의 거리를 측정함으로써 뒷면의 오염물(540)로 인한 레티클(505)의 형상변형을 측정하는 방법이 제안된다. 이 방식으로, 센서는 약 10 내지 100  $\mu\text{m}$ 의 이격 거리(stand-off distance)로 평면의 뒷면 변형을 측정할 수 있어야 한다.

[0060] 이 특정 실시예에서는, 용량성 센서 어레이(660)의 캐패시터 플레이트들(525)이 정전기 클램프(525)와 통합된다. 용량성 센서 어레이(660)가 전류 정전기 클램프(525)와 통합될 때, 클램프(525)는 DC 및 AC 전압 신호들이 모두 공급되는 더 작은 플레이트들[예를 들어, 베얼(520)당 하나]로 세부분할될 수 있다. DC 전압은 클램핑을 위해 사용되는 반면, AC 전압은 레티클(505)에 대한 플레이트(525)의 커페시턴스(capacitance)를 측정하기 위해 사용된다. 이러한 방식으로 어레이(660)를 이용하면, 어레이 플레이트들(525)의 공칭 커페시턴스(nominal capacitance)에 비해 하나의(또는 하나 이상의) 플레이트들(525)의 상당한 커페시턴스 차이를 알 수 있음에 따라 국부적인 변형들, 그리고 이러한 차이의 크기에 의한 이러한 변형들의 크기를 식별할 수 있다.

[0061] 도 7 및 도 8은 주요한 제 1 실시예의 변형을 나타낸다. 도 5 및 도 6과 유사한 요소들에 대해 동일한 참조번호들이 사용된다. 이 실시예에서는, 어레이(860)의 센서 캐패시터 플레이트들(755)이 척(500)의 상부에 놓인다/배치된다. 최근, 웨이퍼 테이블 상부에 놓이는 주석-막 가열기들(tin-film heaters)의 개발을 위해 이 해결방안의 요구되는 제조 단계들이 성공적으로 연구되었다. 각각의 베얼(520) 주위에는 코팅 층(750)이 도시되어 있으며, 각각의 베얼 주위에 센서 캐패시터 플레이트들(755)을 갖고, 각각의 센서 캐패시터 플레이트(755)를 절연시키는 절연부(745)를 갖는다. 종래의 (별도의) 클램핑 전극들(725)도 척(500)에 사용된다.

[0062] 이 구성에서는, 센서 캐패시터 플레이트들(755)이 레티클(505)에 근접해 있어, 측정의 분해능을 향상시킨다. 이전에 언급한 바와 같이, 이 구성에서는 캐패시터 플레이트들(755)과 조합하여 종래의 클램핑 전극들(725)이 사용된다. 하지만, 대안적인 구성에서는 베얼들(520) 사이의 캐패시터 플레이트들(755)이 도 5 및 도 6의 구성과 유사한 방식으로 클램프 전극들로서 기능할 수 있으며, 이 경우 클램프 전극들(725)이 요구되지 않는다.

[0063] 도 9는 레티클 앞면의 레티클(505) 평탄도를 측정하기 위해 별도의 용량성 센서 어레이가 사용되는 주요한 제 2 실시예를 나타낸다. 용량성 센서 어레이(960)와 레티클(505) 사이의 상대 이동을 가능하게 하는 통합된 단-행정 액추에이터들(980)을 통해 레티클 핸들러(970)에 장착된 개별 센서 캐패시터 플레이트들(985)로 구성된 용량성 센서 어레이(960)가 도시되어 있다.

[0064] 이 센서 어레이(960)는 레티클(505) 밑에 위치되며, 레티클 핸들러(970)의 액추에이터들(980)은 (이 예시에서) 약 10  $\mu\text{m}$ 의 이격 거리에 센서 어레이(960)를 위치시킨다(도 3 참조). 이 이격 거리는 용량성 센서 어레이(960) 및 단-행정 액추에이터들(980)의 폐쇄-루프 제어 시스템을 통해 제어되며, 이는 용량성 센서 어레이(960)에 대한 레티클(505)의 상대 위치를 측정한다. 일 실시예에서는, 이를 위하여 용량성 센서 어레이(960) 자체가 사용될 수 있다.

[0065] 용량성 센서 어레이(960)는 레티클(505)의 형상을 측정하기 위해 다시 사용된다. 하나의 작동 예시에서, 용량성 센서 어레이(960)는 절대 측정(absolute measurements)을 수행하는데 사용되고[이 용량성 센서 어레이(960)는 "신성(holy)" 기준에 대해 캘리브레이션됨], 이 기준에 대하여 레티클(505)의 형상을 측정한다. 이 실시예

에서, 용량성 센서 어레이(960)는 약 1 nm의 절대적 분해능을 가질 수 있다.

[0066] 또 다른 작동 예시에서, 용량성 센서 어레이(960)는 높은 클램핑 전압 및 낮은 클램핑 전압, 즉 500 내지 1000 V 및 2500 내지 3500 V로 레티클(505)의 형상을 측정한다. 이 측정들 간의 차이는 레티클(505)이 모든 지점들에서 벼얼들(520)에 대해 놓여 있는지 여부를 나타낼 수 있다. 레티클(505)과 벼얼(520) 사이에 오염물(540)이 존재하는 경우, 클램프가 가동될 때 레티클(505)이 약간 훨 것이다. 이 "동적 측정" 작동 예시에서, 용량성 센서 어레이(960) 센서는 약 0.1 nm의 동적 분해능을 가질 수 있다.

[0067] 도 10a 및 도 10b는 이 동적 측정 작동 예시를 나타낸다. 도 10a는 클램프가 작은 클램핑력에서 작동되는 도 9의 구성을 나타낸다. 도 10b는 클램프가 큰 클램핑력에서 작동되는 동일한 구성을 나타낸다. 여기서, 레티클(505) 형상이 입자(540) 부근의 영역에서 변형됨을 알 수 있다(이 형상 변형은 강조를 위해 도면들에 과장되어 있다). 이 형상 변형은 용량성 센서 어레이(960)에 의해 검출된다.

[0068] 레티클(505)이 접지되지(grounded) 않는 것이 바람직하다(또는 적어도 이는 본 구성에서 그러하며, 이를 변경하지 않는 것이 바람직하다). 일반적으로, 정확한 용량성 센서들은 측정 타겟이 접지될 것을 요구한다. 레티클(505)의 접지를 회피하기 위해, 차동 용량성 측정(differential capacitive measurement)이 사용될 수 있다. 이 차동 측정은 2 개의 캐패시터 플레이트들을 이용하여 접지되지 않은 레티클(505)을 감지한다. 이를 위하여, 이웃하는 캐패시터 플레이트들(985)이 사용될 수 있다.

[0069] 상기의 예시들에서, 용량성 센서 어레이는 레티클 스테이지에 통합되거나 외부에 존재하며, EUV 내부 포드에 수용된다. 이러한 두 해결방안 모두는 제조방식(manufacturability)이 복잡해지는 단점을 갖는다. 첫번째 해결방안은 레티클 클램프의 수정을 요구하는데, 이는 이미 이를 수행하기가 매우 어렵고, 후자의 해결방안은 매우 조밀한 부피(very tight volume)의 용량성 센서 어레이를 요구한다.

[0070] 그러므로, 추가 실시예에서는 RED(reticle exchange device: 레티클 교체 장치)에 용량성 센서들을 배치시키는 방법이 제안된다. 레티클 교체 장치들은 (예를 들어) WO2009/127391에 개시되어 있으며, 이는 본 명세서에서 인용 참조된다. RED는 레티클 밑에 센서 어레이를 위치시킬 수 있어, 레티클 스테이지가 센서에 걸쳐 스캐닝될 수 있다.

[0071] 이 센서에 대하여 RED에 충분히 이용가능한 영역이 존재한다. 예를 들어, 용량성 어레이는 RED의 캘리브레이션 처리 아암(calibration fiduciary arm)에 통합될 수 있다. RED에 이용가능한 영역은, 앞서 설명된 해결방안들에 비해 더 많은 양의 영역이 센서에 대해 이용가능하도록 되어 있다. 또한, 레티클과 비슷한(comparable) xy 치수를 갖는 전체(full) 2D 어레이 대신에, 수 개(예를 들어, 3 개)의 라인(1D) 어레이들만이 사용되도록 요구된다. 이는 센서 판독에 요구되는 전자기기의 양을 상당히 감소시킨다.

[0072] 도 11a 및 도 11b는 이 주요한 제 3 실시예의 평면도 및 측면도를 나타낸다. 이는 다수의 용량성 센서들(1120)이 장착된 RED(1100)를 도시하고 있다. 이 센서들(1120)은 여러 줄(1D 어레이)로 배치되며, 도면에는 3 개의 줄이 도시되어 있다. 레티클(1110) 표면(앞면)을 스캐닝하여 그 평탄도를 측정하도록, RED 및 레티클 스테이지들 모두는 제어기(도시되지 않음)에 의해 제어된다. 레티클(1110)은 정전기 클램프(1130)를 통해 척(1140)에 클램핑된다.

[0073] 이전의 센서 해결방안들에서는, 레티클 평탄도를 측정하기 위해 2 개의 측정들: 하나는 작은 클램핑력을 이용한 측정 그리고 다른 하나는 큰 클램핑력을 이용한 측정이 요구된다. 이 센서 토폴로지에서는, 클램핑력을 변화시킬 필요없이 단일 측정을 수행하는 방법이 제안된다.

[0074] RED에 센서를 배치함에 따른 단점은 RED가 베이스프레임에 연결된다는 점이다. 그러므로, 레티클 스테이지에 대해 센서가 흔들린다. 이 흔들림은 약 수  $\mu\text{m}$ 이며, 약 20 Hz 이하의 주파수 대역폭을 갖는다. 이 흔들림을 보정하기 위하여, 프로파일 재구성 알고리즘(profile reconstruction algorithm)이 제안된다. 이 알고리즘은 알려진 피치(pitch)에서 다수의 라인 어레이들의 사용을 이용한다. 이 알고리즘은 RED 흔들림과 레티클 프로파일 간의 차이를 구별할 수 있는 것으로 나타났다.

[0075] 도 12는 상기 알고리즘을 1D 문제로서 나타낸다. 이는 센서들(1120)이 장착된 RED(1100)의 일부분을 나타낸다. 또한, 이는 측정될 레티클(1110) 프로파일의 일부분도 나타낸다. RED가 흔들림에 따라, y, z 및 a가 시간에 따라 변동할 것이다[즉,  $y_n(t)$   $z_n(t)$   $a(t)$ ].  $y_{n0}$ 와  $y_{n1}$  간의 레티클 프로파일을 고려하면,  $s_{n,k}$ (시간 샘플 k에서의 센서의 출력 n)은 다음과 같다:

$$[0076] s_{n,k} = \frac{1}{2aT} \int_{t'=kT}^{(k+1)T} \int_{y'=y_{n0}}^{y_n} p(y' - vt') dy' dz_n dt'$$

[0077] 여기서,

$$y_{n0} \approx y_n - a \cos \alpha$$

$$y_{n1} \approx y_n + a \cos \alpha$$

[0079] 도 13은 샘플 시간  $T \rightarrow 0$ , 이상적인 센서 전자기기 그리고 강성의 평면 센서(rigid planar sensor)를 가정한 단순화된 시나리오를 나타낸다. (레터를 대신) 센서가  $y$ 로 이동하는 대응적 상황을 고려해야 할 문제가 있을 수 있다. 그러므로, 지점들  $z(k)$  및  $z(k+1)$ 을 고려하면:

$$z(k) + \sin(\alpha(k)) [d_0 + p_s] + s_2(k) = z(k+1) + \sin(\alpha(k+1)) [d_0] + s_1(k+1)$$

$$[0080] z(k) + \sin(\alpha(k)) [d_0 + 2p_s] + s_3(k) = z(k+1) + \sin(\alpha(k+1)) [d_0 + p_s] + s_2(k+1)$$

[0081] 따라서,

$$\sin(\alpha(k+1)) - \sin(\alpha(k)) = -\frac{1}{p_s} ([s_2(k+1) - s_1(k+1)] - [s_3(k) - s_2(k)])$$

$$[0082] z(k+1) - z(k) = \sin(\alpha(k)) [d_0 + p_s] + s_2(k) - \sin(\alpha(k+1)) [d_0] - s_1(k+1)$$

[0083] 이로부터, 프로파일은 다음과 같이 재구성될 수 있다:

[0084]  $\alpha$ 로 재구성하고:

$$\begin{aligned} \alpha_r(k) &\approx \alpha_r(0) + \sum_{q=0}^{k-1} [\sin(\alpha(q+1)) - \sin(\alpha(q))] \\ &= \alpha_r(0) - \frac{1}{p_s} \sum_{q=0}^{k-1} [(s_2(q+1) - s_1(q+1)) - ((s_3(q) - s_2(q)))] \end{aligned}$$

[0085]  $z$ 로 재구성하여:

$$\begin{aligned} z_r(k) &= z_r(0) + \sum_{q=0}^{k-1} [z(q+1) - z(q)] \\ &= z_r(0) + \sum_{q=0}^{k-1} [d_0 + p_s] \sin(\alpha_r(q)) + s_2(q) - [d_0] \sin(\alpha_r(q+1)) - s_1(q+1) \end{aligned}$$

[0086] 프로파일을 재구성한다(이는 이러한 가정들에 대해 스캔 속도와 독립적일 것이다):

$$[0087] p_{r,i}(k) = s_i(k) + z_r(k) + [d_0 + (i-1)p_s] \sin \alpha_r(k)$$

[0088] 그러므로, 프로파일을 나노미터 정확도로 재구성하면  $\mu\text{m}$  크기의 RED 흔들림이 달성될 수 있음을 알 수 있다. 이것이 부합되도록 하기 위해서는, 센서 피치(sensor pitch) 및 센서 치수가 정확히(예를 들어, 약 나노미터 크기 내로) 알려져야 한다.

[0089] 본 명세서에서는, IC 제조에 있어서 리소그래피 장치의 특정 사용예에 대하여 언급되지만, 본 명세서에 설명된 리소그래피 장치는 집적 광학 시스템, 자기 도메인 메모리용 안내 및 검출 패턴, 평판 디스플레이(flat-panel display), 액정 디스플레이(LCD), 박막 자기 헤드 등의 제조와 같이 다른 적용예들을 가질 수도 있음을 이해하여야 한다. 당업자라면, 이러한 대안적인 적용예와 관련하여, 본 명세서의 "웨이퍼" 또는 "다이"라는 용어의 어떠한 사용도 각각 "기판" 또는 "타겟부"라는 좀 더 일반적인 용어와 동의어로 간주될 수도 있음을 이해할 것이다. 본 명세서에서 언급되는 기판은 노광 전후에, 예를 들어 트랙(통상적으로, 기판에 레지스트 층을 도포하고 노광된 레지스트를 현상하는 틀), 메트롤로지 틀 및/또는 검사 틀에서 처리될 수 있다. 적용가능하다면, 이러한 기판 처리 틀과 다른 기판 처리 틀에 본 명세서의 기재 내용이 적용될 수 있다. 또한, 예를 들어 다층 IC를 생성하기 위하여 기판이 한번 이상 처리될 수 있으므로, 본 명세서에 사용되는 기판이라는 용어는 이미 여러 번 처리된 층들을 포함한 기판을 칭할 수도 있다.

[0092]

이상, 광학 리소그래피와 관련하여 본 발명의 실시예들의 특정 사용예를 언급하였지만, 본 발명은 다른 적용예들, 예를 들어 임프린트 리소그래피에 사용될 수 있으며, 본 명세서가 허용한다면 광학 리소그래피로 제한되지 않는다는 것을 이해할 것이다. 임프린트 리소그래피에서, 패터닝 디바이스의 토포그래피(topography)는 기판에 생성된 패턴을 정의한다. 패터닝 디바이스의 토포그래피는 전자기 방사선, 열, 압력 또는 그 조합을 인가함으로써 레지스트가 경화되는 기판에 공급된 레지스트 층으로 가압될 수 있다. 패터닝 디바이스는 레지스트로부터 이동되며, 레지스트가 경화된 후에는 그 안에 패턴이 남게 된다.

[0093]

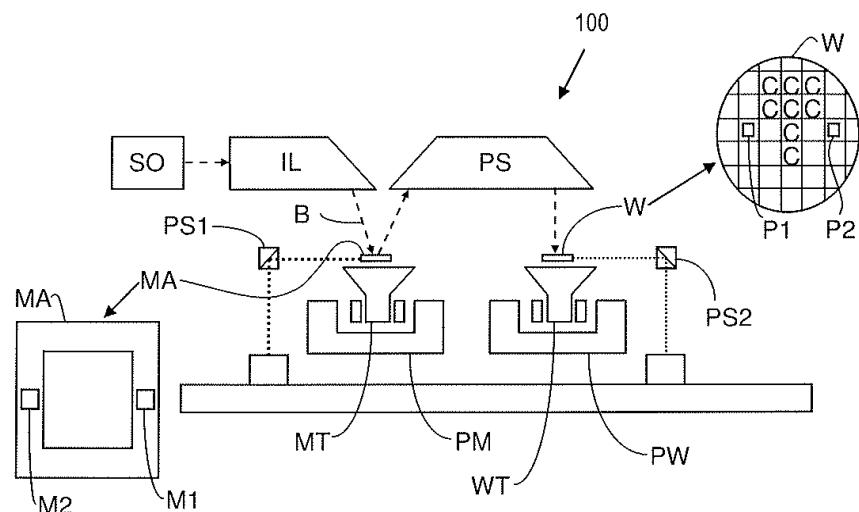
본 명세서가 허용하는 "렌즈"라는 용어는, 굴절, 반사, 자기, 전자기 및 정전기 광학 구성요소들을 포함하는 다양한 형태의 광학 구성요소들 중 어느 하나 또는 그 조합으로 언급될 수 있다.

[0094]

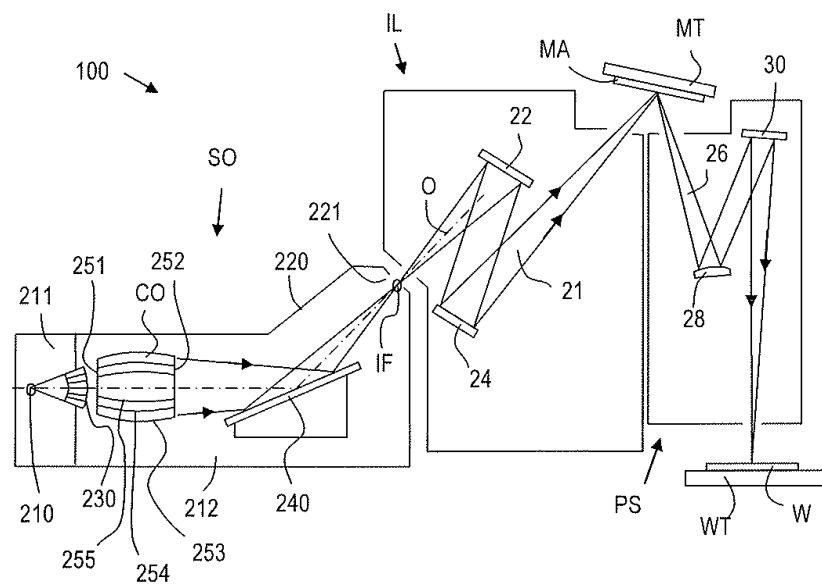
이상, 본 발명의 특정 실시예가 설명되었지만 본 발명은 설명된 것과 다르게 실시될 수 있다는 것을 이해하여야 한다. 예를 들어, 본 발명의 몇몇 작동 단계들 또는 실시형태들은 앞서 개시된 바와 같은 방법을 구현하는 기계-판독가능한 명령어의 1 이상의 시퀀스를 포함하는 컴퓨터 프로그램, 또는 이러한 컴퓨터 프로그램이 저장되는 데이터 저장 매체(예를 들어, 반도체 메모리, 자기 또는 광학 디스크)의 형태를 취할 수 있다. 상기 서술내용은 예시를 위한 것으로, 제한하려는 것이 아니다. 따라서, 당업자라면 아래에 설명되는 청구항들의 범위를 벗어나지 않고 서술된 바와 같은 본 발명에 대한 변형이 행해질 수 있다는 것을 이해할 것이다.

## 도면

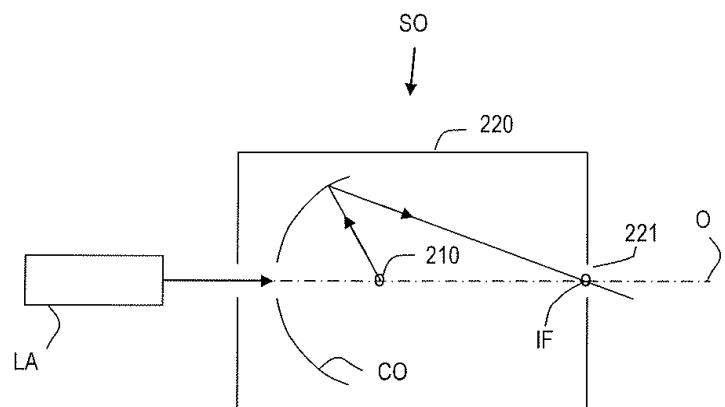
### 도면1



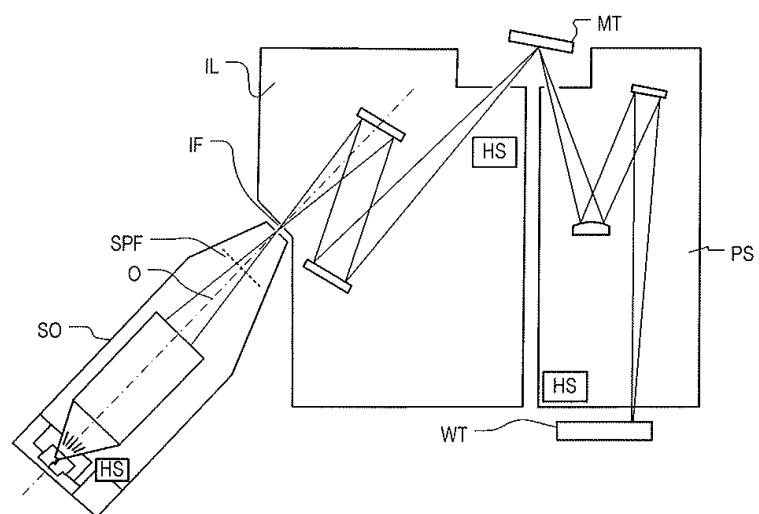
## 도면2



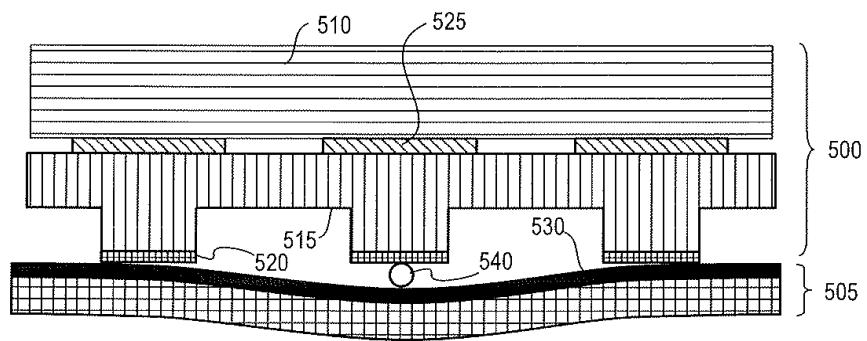
## 도면3



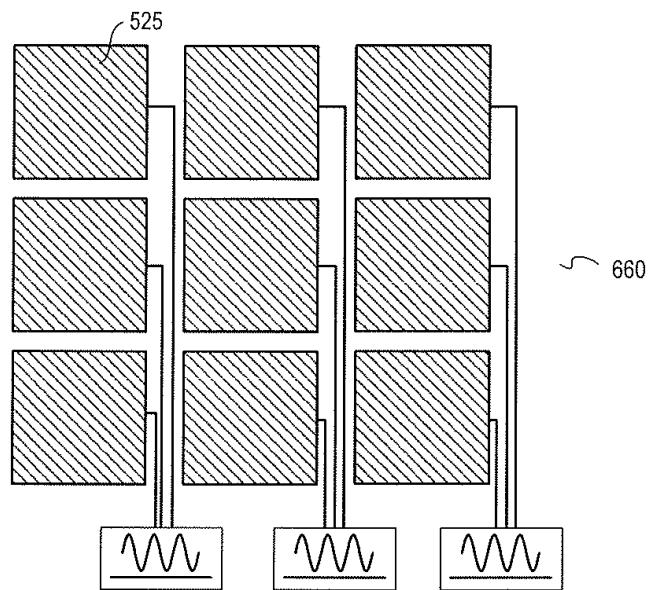
## 도면4



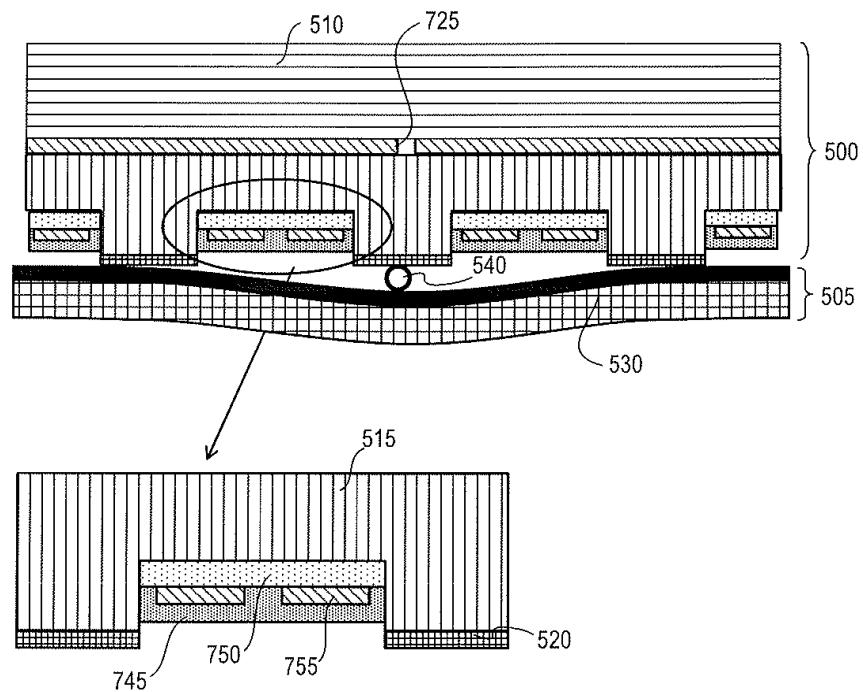
도면5



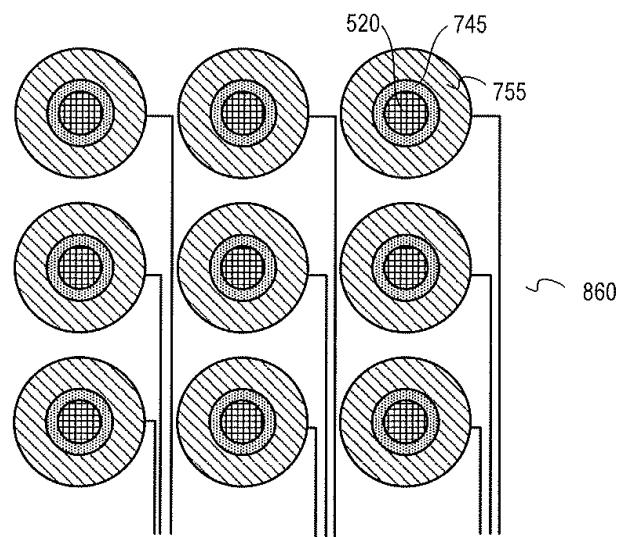
도면6



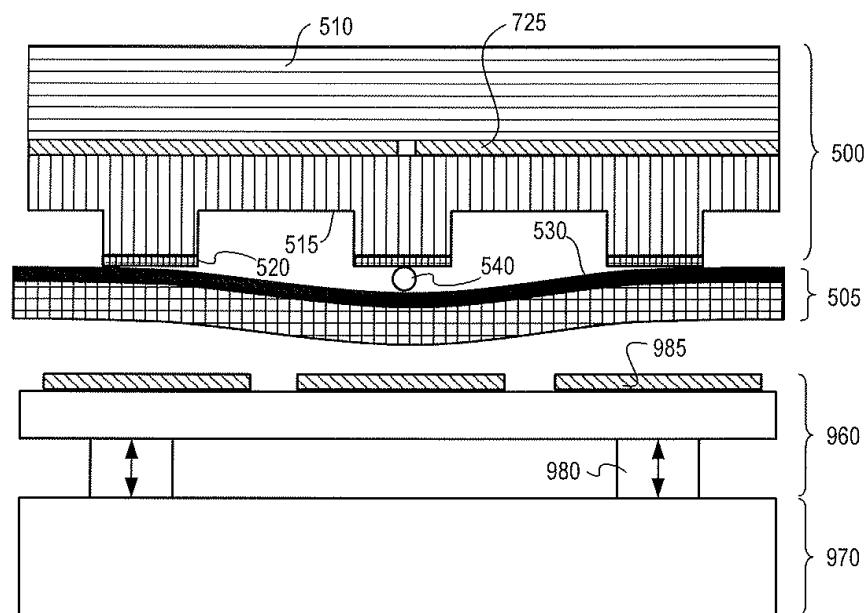
도면7



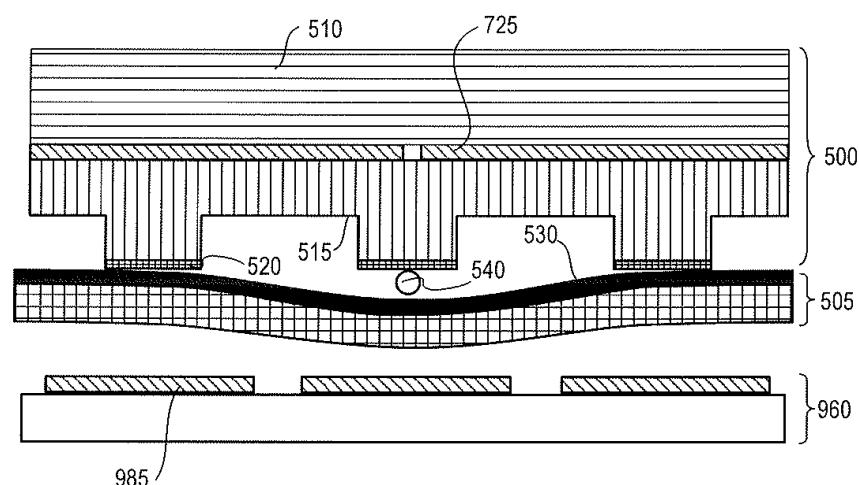
도면8



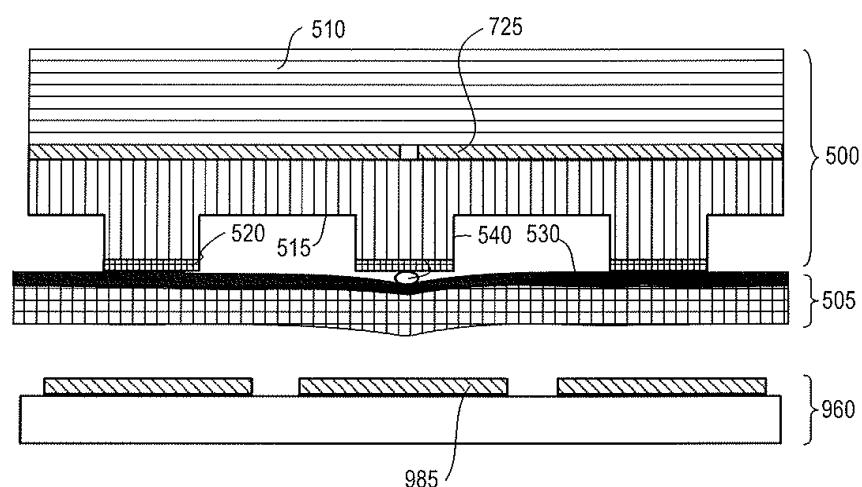
도면9



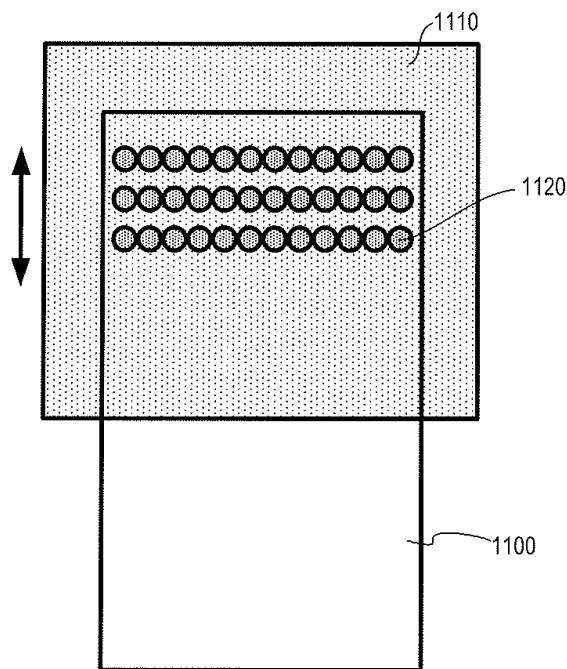
도면10a



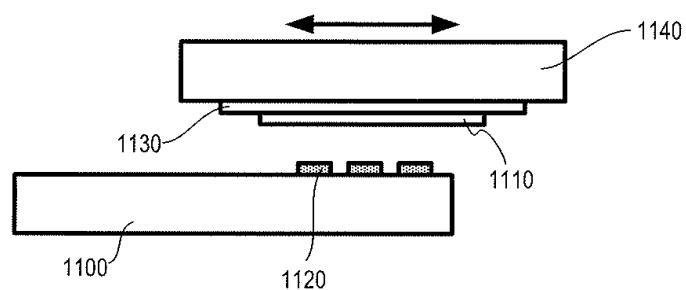
도면10b



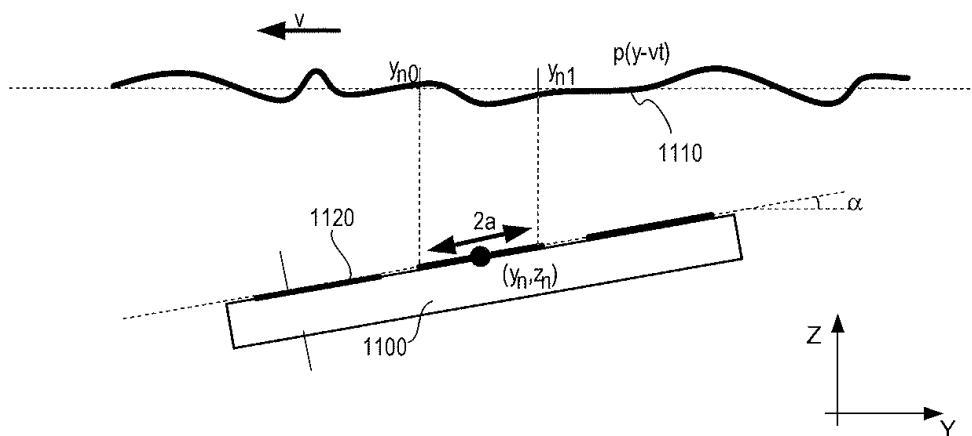
도면11a



도면11b



도면12



## 도면13

