



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2013년11월19일
(11) 등록번호 10-1331069
(24) 등록일자 2013년11월13일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H05G 2/00 (2006.01) H01L 21/027 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2010-7002713
(22) 출원일자(국제) 2008년08월05일
심사청구일자 2010년02월05일
(85) 번역문제출일자 2010년02월05일
(65) 공개번호 10-2010-0029849
(43) 공개일자 2010년03월17일
(86) 국제출원번호 PCT/NL2008/050536
(87) 국제공개번호 WO 2009/020390
국제공개일자 2009년02월12일
(30) 우선권주장
11/882,853 2007년08월06일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
KR1020040025632 A*
KR1020040101571 A*
KR1020070019736 A
KR1020010062437 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
에이에스엠엘 네델란즈 비.브이.
네덜란드, 엔엘-5504 디알 벨드호펜, 데 룬 6501
(72) 발명자
이바노프, 블라디미르 비탈에비치
러시아 119421 모스크바 노바토로프 스트리트
36-3-336
바니네, 바딤 예프겐에비치
네덜란드 엔엘-5704 엔케 헬몬트 니어스란 2
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인화우

전체 청구항 수 : 총 13 항

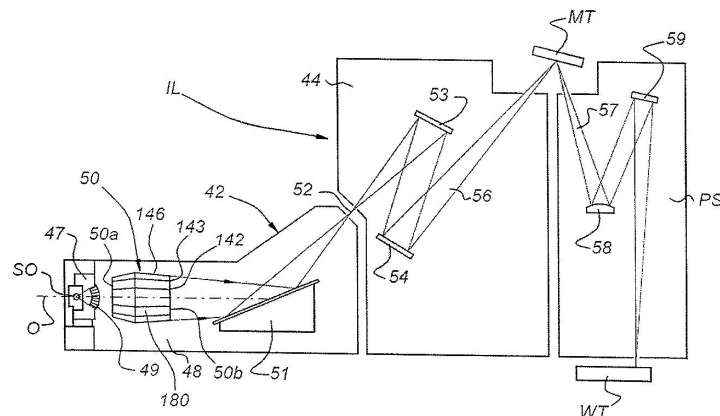
심사관 : 나선희

(54) 발명의 명칭 리소그래피 장치 및 디바이스 제조 방법

(57) 요약

리소그래피 시스템은 방사선을 발생시키도록 구성된 소스- 상기 소스는 음극 및 양극을 포함하고, 상기 음극 및 상기 양극은 플라스마를 발생시키기 위해 방전 공간 내에 위치한 연료 내에서 방전을 생성하도록 구성되며, 상기 방전 공간은 사용 중에 플라스마에 의해 정의된 부피를 제어하기 위해 플라스마에 의한 방사선 방출을 조정하도록 구성된 물질을 포함함 -; 패터닝 디바이스를 유지하도록 구성된 패턴 지지체- 상기 패터닝 디바이스는 패터닝된 방사선 빔을 형성하기 위해 방사선을 패터닝하도록 구성됨 -; 기판을 지지하도록 구성된 기판 지지체; 및 기판 상에 패터닝된 방사선 빔을 투영하도록 구성된 투영 시스템을 포함한다.

대표도



(72) 발명자

코셀레프, 콘스탄틴 니콜라예비치

러시아 142190 트로이츠크 슈콜나야 스트리트 4

크리브트선, 블라디미르 미하일로비치

러시아 142190 트로이츠크 오키야브르스키 피알.
23-85

특허청구의 범위

청구항 1

리소그래피 장치에서 사용되는 방사선을 발생시키는 방법에 있어서:

음극(cathod)과 양극(anode) 사이에 위치한 방전 공간에 EUV 대역 내 방사선을 제공하기 위한 연료(fuel)를 공급하는 단계;

플라즈마를 형성하기 위해, 상기 연료 내에서 상기 음극과 상기 양극 사이의 방전을 생성하는 단계; 및

상기 플라즈마에 의한 방사선 방출을 제어함으로써, 상기 플라즈마에 의해 정의된 부피(volume)를 조정하는 단계- 상기 조정하는 단계는 상기 방사선 방출을 제어하기 위해 상기 플라즈마에, EUV 대역 외 범위에서 방사선 방출을 생성하기에 적합한 물질을 공급하는 단계를 포함함 -;

를 포함하고,

상기 조정하는 단계는, 상기 플라즈마를 발생시키도록 구성된 방사선 소스의 에텐듀(etendue)가 상기 리소그래피 장치의 에텐듀와 실질적으로 일치하도록 상기 플라즈마에 의해 정의된 부피를 제어하는 단계를 포함하는 방사선을 발생시키는 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 물질은 Ga, In, Bi, Pb 또는 Al 중 적어도 1 이상을 포함하는 방사선을 발생시키는 방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 물질 및 상기 연료는 상기 방전 공간에 개별적으로 공급되는 방사선을 발생시키는 방법.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 물질은 상기 연료를 포함한 혼합물의 일부인 방사선을 발생시키는 방법.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 물질은 사전-설정된 파장 범위 내에서 방사선 방출을 증가시키도록 선택되는 방사선을 발생시키는 방법.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 플라즈마에 의해 정의된 부피를 조정하는 단계는 상기 플라즈마의 반경방향(radial) 크기를 감소시키는 단계를 포함하는 방사선을 발생시키는 방법.

청구항 7

삭제

청구항 8

리소그래피 장치에 대한 방사선을 발생시키도록 구성된 소스에 있어서:

음극 및 양극을 포함하고,

상기 음극 및 상기 양극은 플라즈마를 발생시키기 위해 방전 공간 내에 위치되고 EUV 대역 내 방사선을 제공하

기 위한 연료 내에서 방전을 생성하도록 구성되며, 상기 방전 공간은, 사용 중에, 상기 플라즈마에 의해 정의된 부피를 제어하기 위해 상기 플라즈마에 의한 방사선 방출을 조정하도록 구성된 물질 - 상기 물질은 EUV 대역 외 범위에서 방사선 방출을 생성하기에 적합함 - 을 포함하고,

상기 소스의 에텐듀는 상기 리소그래피 장치의 에텐듀와 실질적으로 일치하는 소스.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 물질은 Ga, In, Bi 또는 Al 중 적어도 1 이상을 포함하는 소스.

청구항 10

제 8 항에 있어서,

상기 물질은 상기 연료를 포함한 혼합물의 일부인 소스.

청구항 11

제 8 항에 있어서,

상기 물질은 사전-설정된 파장 범위 내에서 상기 방사선 방출을 증가시키도록 선택되는 소스.

청구항 12

제 8 항에 있어서,

상기 물질은 상기 플라즈마의 반경방향 크기를 감소시키도록 구성되는 소스.

청구항 13

제 8 항에 있어서,

상기 방전 공간 내에 상기 연료 및 상기 물질 모두를 공급하도록 구성된 공급기를 더 포함하는 소스.

청구항 14

삭제

청구항 15

리소그래피 시스템에 있어서:

제 8 항 내지 제 13 항 중 어느 한 항에 따른 소스;

패터닝 디바이스를 유지하도록 구성된 패턴 지지체- 상기 패터닝 디바이스는 패터닝된 방사선 빔을 형성하기 위해 상기 방사선을 패터닝하도록 구성됨 -;

기관을 지지하도록 구성된 기관 지지체; 및

상기 기관 상에 상기 패터닝된 방사선 빔을 투영하도록 구성된 투영 시스템;

을 포함하는 리소그래피 시스템.

청구항 16

삭제

청구항 17

삭제

청구항 18

삭제

청구항 19

삭제

청구항 20

삭제

청구항 21

삭제

청구항 22

삭제

청구항 23

삭제

청구항 24

삭제

청구항 25

삭제

청구항 26

삭제

청구항 27

삭제

청구항 28

삭제

청구항 29

삭제

청구항 30

삭제

청구항 31

삭제

청구항 32

삭제

청구항 33

삭제

청구항 34

삭제

청구항 35

삭제

청구항 36

삭제

청구항 37

삭제

청구항 38

삭제

청구항 39

삭제

청구항 40

삭제

청구항 41

삭제

청구항 42

삭제

청구항 43

삭제

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 리소그래피 장치 및 방법들에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 리소그래피 장치는 기판 상에, 통상적으로는 기판의 타겟부 상에 원하는 패턴을 적용시키는 기계이다. 리소그래피 장치는, 예를 들어 집적 회로(IC)의 제조시에 사용될 수 있다. 그 경우, 대안적으로 마스크 또는 레티클이라 칭하는 패턴링 디바이스가 IC의 개별층 상에 형성될 회로 패턴을 생성하기 위해 사용될 수 있다. 이 패턴은 기판(예컨대, 실리콘 웨이퍼) 상의 (예를 들어, 한 개 또는 수 개의 다이의 부분을 포함하는) 타겟부 상으로 전사(transfer)될 수 있다. 패턴의 전사는 통상적으로 기판 상에 제공된 방사선-감응재(레지스트)층 상으로의 이미징(imaging)을 통해 수행된다. 일반적으로, 단일 기판은 연속하여 패턴링되는 인접한 타겟부들의 네트워크를 포함할 것이다. 알려진 리소그래피 장치는, 한번에 타겟부 상으로 전체 패턴을 노광함으로써 각각의 타겟부가 조사(irradiate)되는 스테퍼들, 및 방사선 빔을 통해 주어진 방향("스캐닝" 방향)으로 패턴을 스캐닝하는 한편, 이 방향과 평행한 방향(같은 방향으로 평행한 방향) 또는 역-평행 방향(반대 방향으로 평행한 방향)으로 기판을 동기적으로 스캐닝함으로써 각각의 타겟부가 조사되는 스캐너들을 포함한다. 또한, 기판 상에 패턴을 임프린트(imprint)함으로써 패턴링 디바이스로부터 기판으로 패턴을 전사할 수도 있다.

[0003] 포토리소그래피는 IC 및 다른 디바이스들 및/또는 구조체들의 제조에 있어서 중요한 수단들 중 하나로서 널리 인식된다. 현재, 유사한 정확성, 속도 및 경제적 생산성으로 원하는 패턴 구조를 제공하는 것으로 보이는 대안적인 기술은 없다. 하지만, 포토리소그래피를 이용하여 구성된 피처들의 치수들이 더 작아짐에 따라, 포토리소그래피는 최고는 아니더라도 소형 IC 또는 다른 디바이스들 및/또는 구조체들이 정말이지 대규모로 제조될 수

있게 하는 가장 결정적인 게이팅 인자(critical gating factor)들 중 하나가 되고 있다.

[0004] 패턴 프린팅의 한계들의 이론적 추정치는 수학적식(1)에 나타난 바와 같은 분해능에 대한 레일리 기준(Rayleigh criterion)에 의해 설명될 수 있다:

수학적식 1

$$CD = k_1 * \frac{\lambda}{NA_{PS}}$$

[0005]

[0006] 이때, λ 는 사용되는 방사선의 파장이고, NA_{PS} 는 패턴을 프린트하는데 사용된 투영 시스템의 개구수(numerical aperture)이며, k_1 은 레일리 상수라고도 칭하는 공정 의존성 조정 인자(process dependent adjustment factor)이고, CD는 프린트된 피치의 피치 크기(또는 임계 치수)이다.

[0007] 수학적식(1)에 따르면, 피치들의 프린트가능한 최소 크기의 감소는 세 가지 방식으로: 즉, 노광 파장 λ 를 단축함으로써, 개구수 NA_{PS} 를 증가시킴으로써, 또는 k_1 의 값을 감소시킴으로써 얻어질 수 있다.

[0008] 노광 파장을 상당히 단축시키고, 이에 따라 프린트가능한 최소 피치를 감소시키기 위해, 극자외(EUV) 방사선 소스를 사용하는 것이 제안되었다. 약 193 nm보다 더 큰 방사선 파장을 출력하도록 구성되는 종래의 자외 방사선 소스들에 비해, EUV 방사선 소스들은 약 13 nm의 방사선 파장을 출력하도록 구성된다. 따라서, EUV 방사선 소스들은 작은 피치들의 프린팅을 달성하도록 다가가는데 상당히 기여할 수 있다. 이러한 방사선은 극자외선 또는 연질 x-선이라 칭하며, 가능한 소스들로는 예를 들어 레이저-생성 플라즈마 소스들, 방전 플라즈마 소스들, 또는 전자 저장 링들로부터의 싱크로트론 방사선(synchrotron radiation)을 포함한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] EUV 방사선 소스에 의해 방사된 파워는 방사선 크기에 의존한다. 일반적으로, 소스에 의해 방사된 파워를 가능한 한 많이 수집하는 것이 바람직하며, 이는 방사된 파워의 수집 효율성이 크면 소스에 제공되는 파워가 감소될 수 있고 이것이 소스의 수명에 유리할 것이기 때문이다. 수집 각도와 함께 소스 크기가 소스의 에텐듀(etendue)를 형성한다. 소스의 에텐듀 내에서 방출된 방사선만이 고려되고 패턴링 디바이스를 조명하는데 사용될 수 있다.

과제의 해결 수단

[0010] 본 발명의 일 실시형태에서, 리소그래피 장치에서 사용되는 방사선을 발생시키는 방법이 제공되고, 상기 방법은 음극(cathod)과 양극(anode) 사이에 위치한 방전 공간에 연료(fuel)를 공급하는 단계; 플라즈마를 형성하기 위해 연료 내에서 음극과 양극 사이의 방전을 생성하는 단계; 및 플라즈마에 의한 방사선 방출을 제어함으로써 플라즈마에 의해 정의된 부피(volume)를 조정하는 단계를 포함하며, 상기 조정하는 단계는 방사선 방출을 제어하기 위해 플라즈마에 물질을 공급하는 단계를 포함한다.

[0011] 예를 들어, 일 실시예에 따르면, 물질은 Ga, In, Bi, Pb 또는 Al 중 적어도 1 이상을 포함할 수 있다. 일 실시예에 따르면, 예를 들어 연료는 Sn, Xe 또는 Li 중 적어도 1 이상을 포함할 수 있다.

[0012] 일 실시예에 따르면, 물질 및 연료는 방전 공간에 개별적으로 공급될 수 있다.

[0013] 일 실시예에 따르면, 물질은 연료를 포함한 혼합물의 일부일 수 있다. 예를 들어, 제한적이지 않은 실시예에 따르면, 혼합물은 고체 또는 액체일 수 있다. 또한, 예를 들어 상기 방법은 방전을 생성하기 전에 음극에 혼합물을 공급하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0014] 일 실시예에 따르면, 물질은 사전-설정된 파장 범위 내에서 방사선 방출을 증가시키도록 선택될 수 있다.

[0015] 일 실시예에 따르면, 플라즈마에 의해 정의된 부피를 조정하는 단계는 플라즈마의 반경방향 크기(radial size)를 감소시키는 단계를 포함할 수 있다.

[0016] 일 실시예에 따르면, 조정하는 단계는 플라스마를 발생시키도록 구성된 방사선 소스의 에텐듀가 리소그래피 장치의 에텐듀와 실질적으로 일치하도록 플라스마에 의해 정의된 부피를 제어하는 단계를 포함할 수 있다.

[0017] 본 발명의 일 실시형태에서, 방사선 빔을 발생시키는 단계를 포함한 디바이스 제조 방법이 제공되고, 상기 단계는 음극과 양극 사이에 위치된 방전 공간에 연료를 공급하는 단계; 플라스마를 형성하기 위해 연료 내에서 음극과 양극 사이의 방전을 생성하는 단계; 및 플라스마에 의한 방사선 방출을 제어함으로써 플라스마에 의해 정의된 부피를 조정하는 단계- 상기 조정하는 단계는 방사선 방출을 제어하기 위해 플라스마에 물질을 공급하는 단계를 포함함 -; 패턴닝된 방사선 빔을 형성하기 위해 방사선 빔을 패턴닝하는 단계; 및 기판 상에 패턴닝된 방사선 빔을 투영하는 단계를 포함한다.

예를 들어, 일 실시예에 따르면 물질은 Ga, In, Bi, Pb 또는 Al 중 적어도 1 이상을 포함할 수 있다. 일 실시예에 따르면, 예를 들어 연료는 Sn, Xe 또는 Li 중 적어도 1 이상을 포함할 수 있다.

일 실시예에 따르면, 물질 및 연료는 방전 공간에 개별적으로 공급될 수 있다.

일 실시예에 따르면, 물질은 사전-설정된 파장 범위 내에서 방사선 방출을 증가시키도록 선택될 수 있다.

또 다른 실시예에 따르면, 조정하는 단계는 플라스마를 발생시키도록 구성된 방사선 소스의 에텐듀가 방사선 빔을 패턴닝하도록 구성된 리소그래피 장치의 에텐듀와 실질적으로 일치하도록 플라스마에 의해 정의된 부피를 감소시키는 단계를 포함한다.

[0018] 본 발명의 일 실시형태에서, 리소그래피 장치에 대한 방사선을 발생시키도록 구성된 소스가 제공되고, 상기 소스는 음극 및 양극을 포함하며, 상기 음극 및 양극은 플라스마를 발생시키기 위해 방전 공간 내에 위치한 연료 내에서 방전을 생성하도록 구성되고, 상기 방전 공간은 사용 중에 플라스마에 의해 정의된 부피를 제어하기 위해 플라스마에 의한 방사선 방출을 조정하도록 구성된 물질을 포함한다.

일 실시예에 따르면, 예를 들어 연료는 Sn, Xe 또는 Li 중 적어도 1 이상을 포함할 수 있다.

일 실시예에 따르면, 소스는 방전 공간에 연료를 공급하도록 구성된 연료 공급기를 더 포함할 수 있다.

추가적으로, 또는 대안적인 실시예에서, 소스는 방전 공간에 물질을 공급하도록 구성된 공급기를 더 포함할 수 있다.

일 실시예에 따르면, 물질 및 연료는 방전 공간에 개별적으로 공급될 수 있다.

일 실시예에 따르면, 물질은 연료를 포함한 혼합물의 일부일 수 있다. 예를 들어, 제한적이지 않는 실시예에 따르면, 혼합물은 고체 또는 액체일 수 있다. 혼합물은 음극 상에 위치될 수 있다. 패턴닝 디바이스는 프로그램 가능한 거울 어레이를 포함할 수 있다.

[0019] 본 발명의 일 실시형태에서, 방사선을 발생시키도록 구성된 소스- 상기 소스는 음극 및 양극을 포함하며, 상기 음극 및 양극은 플라스마를 발생시키기 위해 방전 공간 내에 위치한 연료 내에서 방전을 생성하도록 구성되고, 상기 방전 공간은 사용 중에 플라스마에 의해 정의된 부피를 제어하기 위해 플라스마에 의한 방사선 방출을 조정하도록 구성된 물질을 포함함 -; 패턴닝 디바이스를 유지하도록 구성된 패턴 지지체- 상기 패턴닝 디바이스는 패턴닝된 방사선 빔을 형성하기 위해 방사선을 패턴닝하도록 구성됨 -; 기판을 지지하도록 구성된 기판 지지체; 및 기판 상에 패턴닝된 방사선 빔을 투영하도록 구성된 투영 시스템을 포함한 리소그래피 시스템이 제공된다.

도면의 간단한 설명

[0020] 이하 대응하는 참조 부호들이 대응하는 부분들을 나타내는 첨부된 개략적인 도면들을 참조하여, 단지 예시의 방식으로 본 발명의 실시예들을 설명할 것이다:

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

도 2는 도 1에 따른 리소그래피 투영 장치의 투영 광학기 및 EUV 조명시스템의 개략적인 측면도;

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 EUV 소스를 개략적으로 나타내는 도면;

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 EUV 소스를 개략적으로 나타내는 도면; 및

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 EUV 소스를 개략적으로 나타내는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0021] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 리소그래피 장치(1)를 개략적으로 도시한다. 상기 장치(1)는 방사선을 발생시키도록 구성된 소스(S0), 소스(S0)로부터 수용된 방사선으로부터 방사선 빔(B)(예를 들어, EUV 방사선)을 컨디셔닝(condition)하도록 구성된 조명 시스템(일루미네이터)(IL)을 포함한다. 상기 소스(S0)는 개별 유닛으로서 제공될 수 있다. 지지체 또는 패턴 지지체(예를 들어, 마스크 테이블)(MT)는 패터닝 디바이스(예를 들어, 마스크)(MA)를 지지하도록 구성되고, 소정 파라미터들에 따라 패터닝 디바이스(MA)를 정확히 위치시키도록 구성된 제 1 위치설정 디바이스(PM)에 연결된다. 기판 테이블 또는 기판 지지체(예를 들어, 웨이퍼 테이블)(WT)는 기판(예를 들어, 레지스트-코팅된 웨이퍼)(W)을 유지하도록 구성되고, 소정 파라미터들에 따라 기판(W)을 정확히 위치시키도록 구성된 제 2 위치설정 디바이스(PW)에 연결된다. 투영 시스템(예를 들어, 굴절 투영 렌즈 시스템)(PS)은 기판(W)의 (예를 들어, 1 이상의 다이)를 포함하는) 타겟부(C) 상으로 패터닝 디바이스(MA)에 의해 방사선 빔(B)에 부여된 패턴을 투영하도록 구성된다.
- [0022] 조명 시스템은 방사선을 지향, 성형 또는 제어하기 위하여, 굴절, 반사, 자기, 전자기, 정전기 또는 다른 형태의 광학 구성요소들, 또는 여하한 그 조합과 같은 다양한 형태의 광학 구성요소들을 포함할 수 있다.
- [0023] 지지체는 패터닝 디바이스의 방위, 리소그래피 장치의 디자인, 및 예를 들어 패터닝 디바이스가 진공 환경에서 유지되는지의 여부와 같은 다른 조건들에 의존하는 방식으로 패터닝 디바이스를 유지한다. 지지체는 패터닝 디바이스를 유지하기 위해 기계적, 진공, 정전기, 또는 다른 클램핑 기술들을 이용할 수 있다. 지지체는, 예를 들어 필요에 따라 고정되거나 이동가능할 수 있는 프레임 또는 테이블일 수 있다. 지지체는, 패터닝 디바이스가 예를 들어 투영 시스템에 대해 원하는 위치에 있을 것을 보장할 수 있다. 본 명세서의 "레티클" 또는 "마스크"라는 용어의 어떠한 사용도 "패터닝 디바이스"라는 좀 더 일반적인 용어와 동의어로 간주될 수 있다.
- [0024] 본 명세서에서 사용되는 "패터닝 디바이스"라는 용어는, 기판의 타겟부에 패턴을 생성하기 위해서, 방사선 빔의 단면에 패턴을 부여하는데 사용될 수 있는 여하한 디바이스를 언급하는 것으로 폭넓게 해석되어야 한다. 방사선 빔에 부여된 패턴은, 예를 들어 상기 패턴이 위상-시프팅 피쳐(phase-shifting feature)들 또는 소위 어시스트 피쳐(assist feature)들을 포함하는 경우, 기판의 타겟부 내의 원하는 패턴과 정확히 일치하지 않을 수도 있다는 것을 유의하여야 한다. 일반적으로, 방사선 빔에 부여된 패턴은 집적 회로와 같이 타겟부에 생성될 디바이스 내의 특정 기능 층에 해당할 것이다.
- [0025] 패터닝 디바이스는 투과형 또는 반사형일 수 있다. 패터닝 디바이스의 예로는 마스크, 프로그램가능한 거울 어레이, 및 프로그램가능한 LCD 패널들을 포함한다. 마스크는 리소그래피 분야에서 잘 알려져 있으며, 바이너리(binary)형, 교번 위상-시프팅형 및 감쇠 위상-시프팅형과 같은 마스크 타입뿐만 아니라, 다양한 하이브리드(hybrid) 마스크 타입들을 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.
- [0026] 본 명세서에서 사용되는 "투영 시스템"이라는 용어는, 사용되는 노광 방사선에 대하여, 또는 침지 액체의 사용 또는 진공의 사용과 같은 다른 인자들에 대하여 적절하다면, 굴절, 반사, 카타디옵트릭(catadioptric), 자기, 전자기 및 정전기 광학 시스템, 또는 여하한 그 조합을 포함하는 여하한 타입의 투영 시스템을 내포하는 것으로서 폭넓게 해석되어야 한다. 본 명세서의 "투영 렌즈"라는 용어의 어떠한 사용도 "투영 시스템"이라는 좀 더 일반적인 용어와 동의어로 간주될 수 있다.
- [0027] 본 명세서에 도시된 바와 같이, 상기 장치는 (예를 들어, 반사 마스크를 채택하는) 반사형으로 구성된다. 대안적으로, 상기 장치는 (예를 들어, 투과 마스크를 채택하는) 투과형으로 구성될 수 있다.
- [0028] 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.
- [0029] 또한, 리소그래피 장치는 투영 시스템과 기판 사이의 공간을 채우기 위해서, 기판의 전체 또는 일부분이 비교적 높은 굴절률을 갖는 액체, 예컨대 물로 덮일 수 있는 형태로 구성될 수 있다. 또한, 침지 액체는 리소그래피 장치 내의 다른 공간들, 예를 들어 마스크와 투영 시스템 사이에도 적용될 수 있다. 침지 기술은 투영 시스템의 개구수를 증가시키는 기술로 당업계에 잘 알려져 있다. 본 명세서에서 사용되는 "침지"라는 용어는 기판과 같은 구조체가 액체 내에 담겨져야 함을 의미하는 것이라기보다는, 노광 시 액체가 예를 들어 투영 시스템과

기관 사이에 놓이기만 하면 된다는 것을 의미한다.

[0030] 도 1을 참조하면, 일루미네이터(IL)는 방사선 소스(S0)로부터 방사선을 수송한다. 예를 들어, 상기 소스가 엑시머 레이저(excimer laser)인 경우, 상기 소스 및 리소그래피 장치는 별도의 개체일 수 있다. 이러한 경우, 상기 소스는 리소그래피 장치의 일부분을 형성하는 것으로 간주되지 않으며, 상기 방사선 빔은 예를 들어 적절한 지향 거울 및/또는 빔 익스팬더(beam expander)를 포함하는 빔 전달 시스템의 도움으로, 소스(S0)로부터 일루미네이터(IL)로 통과된다. 다른 경우, 예를 들어 상기 소스가 수은 램프인 경우, 상기 소스는 리소그래피 장치의 통합부일 수 있다. 상기 소스(S0) 및 일루미네이터(IL)는, 필요에 따라 빔 전달 시스템(도 1에 도시되지 않음)과 함께 방사선 시스템이라고 칭해질 수 있다.

[0031] 상기 일루미네이터(IL)는 방사선 빔의 각도 세기 분포를 조정하도록 구성된 조정 디바이스를 포함할 수 있다. 일반적으로, 일루미네이터의 필드 평면 내의 세기 분포의 적어도 외반경 및/또는 내반경 크기(통상적으로, 각각 외측- σ 및 내측- σ 라 함)가 조정될 수 있다. 또한, 일루미네이터(IL)는 인티그레이터 및 콘텐서(도 1에 도시되지 않음)와 같이, 다양한 다른 구성요소들을 포함할 수도 있다. 일루미네이터는 방사선 빔의 단면에 원하는 균일성(uniformity) 및 세기 분포를 갖기 위해, 방사선 빔을 컨디셔닝하는데 사용될 수 있다.

[0032] 상기 방사선 빔(B)은 지지체(예를 들어, 마스크 테이블)(MT) 상에 유지되어 있는 패터닝 디바이스(예를 들어, 마스크)(MA) 상에 입사되며, 패터닝 디바이스에 의해 패터닝된다. 패터닝 디바이스(MA)에 의해 반사된 후, 상기 방사선 빔(B)은 투영 시스템(PS)을 통과하며, 이는 기관(W)의 타겟부(C) 상에 상기 빔을 투영한다. 제 2 위치설정 디바이스(PW) 및 위치 센서(IF2)(예를 들어, 간섭계 디바이스, 리니어 인코더, 또는 용량성 센서)의 도움으로, 기관 테이블(WT)은 예를 들어 방사선 빔(B)의 경로 내에 상이한 타겟부(C)들을 위치시키도록 정확하게 이동될 수 있다. 이와 유사하게, 제 1 위치설정 디바이스(PM) 및 또 다른 위치 센서(IF1)(예를 들어, 간섭계 디바이스, 리니어 인코더, 또는 용량성 센서)는, 예를 들어 마스크 라이브러리(mask library)로부터의 기계적인 회수 후에, 또는 스캔하는 동안, 방사선 빔(B)의 경로에 대해 패터닝 디바이스(MA)를 정확히 위치시키는데 사용될 수 있다. 일반적으로, 지지체(MT)의 이동은 장-행정 모듈(long-stroke module: 개략 위치설정) 및 단-행정 모듈(short-stroke module: 미세 위치설정)의 도움으로 실현될 수 있으며, 이는 제 1 위치설정 디바이스(PM)의 일부분을 형성한다. 이와 유사하게, 기관 테이블(WT)의 이동은 장-행정 모듈 및 단-행정 모듈을 이용하여 실현될 수 있으며, 이는 제 2 위치설정 디바이스(PW)의 일부분을 형성한다. 스캐너와는 대조적으로 스테퍼의 경우, 마스크 테이블(MT)은 단-행정 액추에이터에만 연결되거나 고정될 수 있다. 패터닝 디바이스(MA) 및 기관(W)은 패터닝 디바이스 정렬 마크들(M1 및 M2) 및 기관 정렬 마크들(P1 및 P2)을 이용하여 정렬될 수 있다. 비록, 예시된 기관 정렬 마크들은 지정된(dedicated) 타겟부들을 차지하고 있지만, 그들은 타겟부들 사이의 공간들 내에 위치될 수도 있다[이들은 스크라이브-레인 정렬 마크(scribe-lane alignment mark)들로 알려져 있다]. 이와 유사하게, 패터닝 디바이스(MA) 상에 1 이상의 다이가 제공되는 상황들에서, 마스크 정렬 마크들은 다이들 사이에 위치될 수 있다.

[0033] 도시된 장치는 다음 모드들 중 적어도 1 이상에서 사용될 수 있다:

[0034] 스텝 모드에서, 지지체(MT) 및 기관 테이블(WT)은 기본적으로 정지 상태로 유지되는 한편, 방사선 빔에 부여되는 전체 패턴은 한번에 타겟부(C) 상에 투영된다[즉, 단일 정적 노광(single static exposure)]. 그 후, 기관 테이블(WT)은 상이한 타겟부(C)가 노광될 수 있도록 X 및/또는 Y 방향으로 시프트된다. 스텝 모드에서, 노광 필드의 최대 크기는 단일 정적 노광시에 이미징되는 타겟부(C)의 크기를 제한한다.

[0035] 스캔 모드에서, 지지체(MT) 및 기관 테이블(WT)은 방사선 빔에 부여된 패턴이 타겟부(C) 상에 투영되는 동안에 동기적으로 스캐닝된다[즉, 단일 동적 노광(single dynamic exposure)]. 지지체(MT)에 대한 기관 테이블(WT)의 속도 및 방향은 투영 시스템(PS)의 확대(축소) 및 이미지 반전 특성에 의하여 결정될 수 있다. 스캔 모드에서, 노광 필드의 최대 크기는 단일 동적 노광시 타겟부의 (스캐닝 되지 않는 방향으로의) 폭을 제한하는 반면, 스캐닝 동작의 길이는 타겟부의 (스캐닝 방향으로의) 높이를 결정한다.

[0036] 또 다른 모드에서, 지지체(MT)는 프로그램가능한 패터닝 디바이스를 유지하여 기본적으로 정지된 상태로 유지되며, 방사선 빔에 부여된 패턴이 타겟부(C) 상에 투영되는 동안 기관 테이블(WT)이 이동되거나 스캐닝된다. 이 모드에서는, 일반적으로 펄스화된 방사선 소스(pulsed radiation source)가 채택되며, 프로그램가능한 패터닝 디바이스는 기관 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.

- [0037] 또한, 상술된 사용 모드들의 조합 및/또는 변형, 또는 완전히 다른 사용 모드들이 채택될 수도 있다.
- [0038] 도 2는 방사선 시스템(42), 조명 광학 유닛(44) 및 투영 시스템(PS)을 포함하는 투영 장치(1)를 더 상세하게 나타낸다. 방사선 시스템(42)은 방전 플라스마에 의해 형성될 수 있는 방사선 소스(SO)를 포함한다. EUV 방사선은, 전자기 스펙트럼의 EUV 범위 내의 방사선을 방출하도록 초고온 플라스마(very hot plasma)가 생성되는 가스 또는 증기, 예를 들어 Xe 가스, Li 증기 또는 Sn 증기에 의해 생성될 수 있다. 초고온 플라스마는, 예를 들어 전기적 방전에 의해 전체 또는 부분적으로 이온화된 플라스마를 야기함으로써 생성된다. 방사선의 효율적인 발생을 위해, Xe, Li, Sn 증기 또는 여하한 다른 적절한 가스 또는 증기의, 예를 들어 10 Pa의 분압(partial pressure)이 필요할 수 있다. 방사선 소스(SO)에 의해 방출된 방사선은, 소스 챔버(source chamber: 47) 내의 개구부(opening) 내에 또는 그 뒤에 위치되는 가스 방벽 또는 오염물 트랩(contaminant trap: 49)을 통해, 소스 챔버(47)로부터 컬렉터 챔버(collector chamber: 48) 내로 통과된다. 오염물 트랩(49)은 채널 구조체를 포함할 수 있다. 또한, 오염물 트랩(49)은 가스 방벽 또는 가스 방벽과 채널 구조체의 조합을 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 도 3에 설명되는 바와 같이 EUV 소스로서 Sn 소스가 적용된다.
- [0039] 컬렉터 챔버(48)는 그레이징 입사 컬렉터(grazing incidence collector)에 의해 형성될 수 있는 방사선 컬렉터(50)를 포함한다. 방사선 컬렉터(50)는 상류 방사선 컬렉터 측(50a) 및 하류 방사선 컬렉터 측(50b)을 갖는다. 방사선 컬렉터(50)는 도 2에 나타난 바와 같이 다양한 반사기들, 예를 들어 반사기들(142 및 143) 및 외측 반사기(146)를 포함한다. 컬렉터(50)에 의해 통과된 방사선은 격자 스펙트럼 필터(51)로부터 반사되어, 컬렉터 챔버(48) 내의 어퍼처(aperture)에서 가상 소스 지점(virtual source point: 52)에 포커스될 수 있다. 컬렉터 챔버(48)로부터, 방사선 빔(56)은 조명 광학 유닛(44) 내에서 수직 입사 반사기들(53 및 54)을 통해 지지체(MT) 상에 위치한 패터닝 디바이스(MA) 상으로 반사된다. 패터닝된 빔(57)이 형성되며, 이는 투영 시스템(PS)에서 반사 요소들(58 및 59)을 통해 웨이퍼 스테이지 또는 기판 테이블(WT) 상에 이미징된다. 일반적으로, 조명 광학 유닛(44) 및 투영 시스템(PS) 내에는 도 2에 도시된 것보다 더 많은 요소들이 존재할 수 있다. 격자 스펙트럼 필터(51)는 리소그래피 장치의 형태에 따라 선택적으로 존재할 수 있다. 또한, 도 2에 도시된 것보다 더 많은 거울들이 존재할 수 있으며, 예를 들어 58 및 59보다 1 내지 4 개 더 많은 반사 요소가 존재할 수 있다.
- [0040] 방사선 컬렉터(50)는 외측 반사기(146)의 외표면 상의 추가 특징부들 또는 외측 반사기(146) 주위의 추가 특징부들, 예를 들어 보호 홀더, 가열기 등을 가질 수 있다는 것을 이해하여야 한다. 참조 번호 180은 2 개의 반사기들 사이의, 예를 들어 반사기들 142와 143 사이의 공간을 나타낸다. 각각의 반사기(142, 143, 146)는 적어도 2 이상의 인접한 반사 표면들을 포함할 수 있으며, 소스(SO)로부터 더 먼 반사 표면들은 소스(SO)에 더 가까운 반사 표면보다 광학 축선(O)에 대해 더 작은 각도로 배치된다. 이 방식으로, 그레이징 입사 컬렉터(50)가 광학 축선(O)을 따라 전파되는 EUV 방사선 빔을 발생시키도록 구성된다.
- [0041] 컬렉터 거울(50)로서 그레이징 입사 거울을 이용하는 대신에, 수직 입사 컬렉터가 적용될 수 있다. 또한, 본 명세서의 일 실시예에서 반사기들(142, 143 및 146)을 갖는 네스티드 컬렉터(nested collector)로서 더 자세히 설명되고, 특히 도 2에 개략적으로 도시된 바와 같은 컬렉터 거울(50)이 본 명세서에서 컬렉터(또는 컬렉터 거울)의 일 예시로서 사용된다. 따라서, 적용가능하다면, 그레이징 입사 컬렉터인 컬렉터 거울(50)이 일반적인 컬렉터로서 해석될 수 있으며, 특정 실시예에서는 수직 입사 컬렉터로서 해석될 수도 있다.
- [0042] 또한, 도 2에 개략적으로 도시된 격자(51) 대신에, 투과 광학 필터가 적용될 수 있다. EUV에 대해 투과적이고, UV 방사선에 대해서는 덜 투과적이거나 오히려 실질적으로 이를 흡수하는 광학 필터들이 당업계에 알려져 있다. 따라서, 본 명세서에서 "격자 스펙트럼 퓨리티 필터(grating spectral purity filter)"는 격자들 또는 투과 필터들을 포함하는 "스펙트럼 퓨리티 필터"로도 언급된다. 도 2에 도시되지 않았지만, 선택적인 광학 요소로서, 예를 들어 컬렉터 거울(50)의 상류에 배치된 EUV 투과 광학 필터들, 또는 조명 유닛(44) 및/또는 투영 시스템(PS) 내의 광학 EUV 투과 필터들이 포함될 수 있다.
- [0043] 도 1 및 도 2의 실시예들에서, 리소그래피 장치(1)는 패터닝 디바이스(MA)가 프로그램가능한 거울 어레이인 마스크없는 리소그래피 장치이다. 이러한 어레이의 일 예시는 점탄성 제어 층 및 반사 표면을 갖는 매트릭스-어드레스블(matrix-addressable) 표면이다. 이러한 장치에 대한 기본 원리는, 예를 들어 반사 표면의 어드레스된 영역들이 입사하는 방사선을 회절된 방사선으로서 반사시키는 반면, 어드레스되지 않은 영역들은 입사하는 방사선을 회절되지 않은 방사선으로서 반사시킨다는 것이다. 적절한 필터를 이용하여, 회절되지 않은 방사선은 반사된 빔으로부터 필터링되어, 회절된 방사선만이 남게 될 수 있다. 이 방식으로, 매트릭스-어드레스블 표면의 어드레스 패턴에 따라 빔이 패터닝된다. 프로그램가능한 거울 어레이의 대안적인 실시예는 작은 거울들의 매트릭스 구성을 채택하며, 그 각각은 적절한 국부화된 전기장을 적용함으로써, 또는 압전 액추에이터

(piezoelectric actuator)들을 채택함으로써 축선에 대해 개별적으로 기울어질 수 있다. 한 번 더 말하면, 거울들은 매트릭스 어드레서블이므로, 어드레싱된 거울들이 입사하는 방사선 빔을 어드레싱되지 않은 거울들에 상이한 방향으로 반사할 것이다. 이 방식으로, 매트릭스-어드레서블 거울들의 어드레싱 패턴에 따라 반사된 빔이 패턴닝된다. 요구되는 매트릭스 어드레싱은 적절한 전자기기를 이용함으로써 수행될 수 있다. 앞서 설명된 상황들 모두, 패턴닝 디바이스가 1 이상의 프로그램가능한 거울 어레이들을 포함할 수 있다. 본 명세서에서 언급된 거울 어레이들에 대한 더 많은 정보는, 예를 들어 U.S. 특허 제 5,296,891호 및 제 5,523,193호, 및 PCT 공개공보 제 WO 98/38597호 및 제 WO 98/33096호로부터 알 수 있다. 프로그램가능한 거울 어레이의 경우, 지지 구조체는 예를 들어 필요에 따라 고정되거나 이동가능할 수 있는 프레임 또는 테이블로서 구현될 수 있다.

[0044] 프로그램가능한 거울 어레이 내의 거울들의 크기(들)는, 일반적으로 종래의 (반사 또는 투과) 마스크 상에 존재하는 패턴의 임계 치수보다 더 크다. 이러한 것으로서, 마스크없는 리소그래피 장치는 일반적으로 마스크가 존재하는(non-maskless) 리소그래피 장치의 축소(de-multiplication) 인자보다 더 높은 축소 인자를 갖는 투영 렌즈를 필요로 한다. 예를 들어, 마스크없는 리소그래피 장치의 축소 인자는 약 100인 반면, 마스크가 존재하는 리소그래피 장치의 축소 인자는 약 4이다. 그러므로, 투영 시스템의 주어진 개구수에 대해, 마스크없는 리소그래피 장치 내의 투영 시스템(PS)에 의해 수집되는 패턴닝된 방사선 빔이 종래의 (반사 또는 투과) 마스크를 이용하는 리소그래피 장치에 의한 것보다 훨씬 더 작다. 이는, 차례로 마스크없는 리소그래피 장치의 에텐듀를 제한한다.

[0045] 종래의 패턴닝 디바이스 적용들에 대해 개발되는 기존 EUV 소스들은 마스크없는 리소그래피 장치의 소스 에텐듀보다 상당히 더 큰 소스 에텐듀를 가질 수 있다. 소스의 에텐듀가 리소그래피 장치의 에텐듀보다 더 큰 경우, 방사선이 손실될 수 있다. 방사선의 손실을 보상하기 위해, 기관의 노광 시간이 증가될 수 있다. 하지만, 이는 기관 스루풋에 영향을 줄 수 있다.

[0046] 그러므로, 마스크없는 장치의 작은 에텐듀로 인하여, 방사선 손실을 제한하도록 방사선 소스(S0)에 의해 방출된 방사선들이 모두 리소그래피 장치(1)에 의해 수집되는 것이 바람직하다. 소스(S0)에 의해 방출된 방사선들이 실질적으로 모두 패턴닝 디바이스(MA)를 조명하고 투영 시스템(PS)에 의해 수집될 것을 보장하기 위해, 리소그래피 장치(1)의 에텐듀와 소스(S0)의 에텐듀를 일치시키는 것이 바람직하다. 예를 들어, 도 1 및 도 2의 실시예들에서 약 0.03 mrad 스테라디안(steradian)보다 더 작은 범위 내에 소스의 에텐듀를 제한하는 것이 바람직하다.

[0047] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 도 1 및 도 2의 리소그래피 장치에서 사용되는 플라즈마 소스(300)를 나타낸다. 플라즈마의 유효 반경방향 및/또는 축방향 크기가 소스의 에텐듀에 영향을 준다. 플라즈마 소스(300)의 에텐듀를 조정하여(예를 들어, 감소시켜), 소스의 에텐듀를 리소그래피 장치(1)의 에텐듀와 일치시키기 위해, 방전 시 플라즈마의 반경방향 및/또는 축방향 크기가 제어, 예를 들어 감소되도록 소스(300)가 구성되고 배치된다.

[0048] 도 3에 나타난 바와 같이, 플라즈마 소스(300)는 음극(305), 양극(310), 및 양극과 음극 사이에 위치한 방전 공간(315)을 포함한다. 음극(305) 및 양극(310)은 각각 공통 z-축선 상에 실질적으로 중심이 있는, 일반적으로 원통인 형상을 갖는다. 도 3에서, z-축선은 방전 축선으로 언급된다.

[0049] 작동 시, 음극(305)과 양극(310) 사이의 연료 내에 방전을 적용함으로써 고온 방전 플라즈마가 발생될 수 있다. 플라즈마를 발생시키는데 사용되는 연료는 방전 공간(315) 내에 위치된다. 연료는 고체, 액체 또는 기체일 수 있다. 예를 들어, 도 3의 구현에서, 연료는 음극(305)의 상부(307)에 위치한 얇은 주석(Sn) 층(306)으로 구성될 수 있다. 또 다른 구현에서, 연료는 Xe와 같은 가스를 포함할 수 있다. 또 다른 구현에서는, 리튬 또는 인듐과 같은 상이한 재료들이 연료 재료로서 사용될 수 있다. 플라즈마 방전의 점화는 도 3에 나타난 바와 같은 레이저 소스(325)로 수행될 수 있다. 레이저 소스(325)에 의해 출력된 방사선 빔(330)은 개구부(335)를 통해 음극(305)의 상부(307) 상에 포커스된다. 얇은 층(306) 내에서의 레이저 에너지의 흡수로 인해, Sn이 증발되고 부분적으로 이온화된다.

[0050] 음극(305)과 양극(310) 사이의 방전 시, 음극과 양극 사이에 존재하는 전기장 및 연료 재료에 의해 정의된 경로를 따라 플라즈마(320)가 팽창한다. 명확하게, 레이저 제거(ablation) 이후 약 30 내지 100 나노초 동안 연료 증기가 팽창하고 양극(310)의 예지에 도달하여 음극(305)과 양극(310) 사이에 전도 경로(conducting path)를 형성한다. 일단 전도 경로가 형성되면, 양극(305)과 음극(310) 사이의 방전이 촉발(trigger)되어, 플라즈마(320) 내에 추가 이온화 및 가열을 야기한다.

- [0051] 점화 이후, 플라즈마(320)는 음극(305)과 양극(310) 사이에 흐르는 전류에 의해 발생된 자기장으로 인해 플라즈마 내에 추가 이온화가 생성되는 통전 가열(Ohmic heating)에 의해 지속된다. 자기장은 플라즈마(320)의 입자들에 로렌츠 힘(Lorentz force)이 작용하게 하여, 입자들의 충돌 및 이온화를 생성한다. 플라즈마(320)의 크기는 2 개의 반대 힘들: 플라즈마 내의 열 압력 및 플라즈마에 작용하는 자기 압력에 의해 평형이 된다. 자기 압력은 I^2 에 비례하며, 이때 I 는 방전 전류이다. 방전 전류(I)가 증가함에 따라, 자기 압력이 열 압력에 대해 증가된다. 그리하여, 압력 균형이 깨지고 플라즈마(320)는 반경방향으로(즉, z -축선 또는 방전 축선에 수직인 방향으로) 압축되는 경향이 있다. 이 과정은 핀치 효과(pinch effect)라고 칭할 수 있으며, 이는 EUV 방사선을 방출하는 높은 밀도 및 온도의 플라즈마 기둥(column)의 형성을 초래한다. 불안정성으로 인해, 이 플라즈마 기둥은 통상적으로 복수의 단위 플라즈마(elementary plasma) 기둥들 또는 단위 EUV 소스들로 부서진다.
- [0052] 실제로, 이후 플라즈마 핀치라고도 칭하는 플라즈마(320)는 복수의 단위 소스들을 포함하며, 이는 방전 축선을 따라 위치된다. 또한, 이 단위 소스들은 핫 스팟(hot spot)들 또는 EUV 방사 지점(ERP)들이라고 칭할 수도 있다. 이 단위 소스들의 특성은, 예를 들어 플라즈마를 생성하는데 사용되는 연료(Sn, In, Xe,...), 소스의 지오메트리(예를 들어, 음극 및 양극의 크기, 음극 및 양극 간의 거리) 및 소스에 적용된 파워에 의존할 수 있다. EUV 방사 지점들의 반경방향 및 축방향 크기들은 서로 비례할 수 있다. 예를 들어, 플라즈마 연료가 주석(Sn)으로 구성되는 경우, EUV 방사 지점들의 반경방향 및 축방향 크기들은 각각 약 0.02 cm 및 0.05 cm일 수 있다.
- [0053] 이 EUV 소스들의 최종 반경방향 크기(r_p)는 플라즈마의 방사선 특성들에 의해 정의된다는 것을 이해할 것이다. 본질적으로, 투명(transparent) 플라즈마의 방사선 파워 및 통전 가열은 $1/r_p^2$ 에 비례하는 한편, 광학적으로 두꺼운(optically thick) 플라즈마의 방사선 파워는 r_p 에 비례하며, 이때 r_p 는 핀치 기둥의 반경이다. 방사선 파워는 라인 방사선으로 인한 플라즈마로부터의 에너지 손실들로서 정의될 수 있다. "투명 플라즈마"라는 용어는, 플라즈마 내에서 연소(burn)된 광자들의 평균 자유 경로가 플라즈마의 특성 크기보다 보다 훨씬 더 크다는 것을 의미한다(즉, 광자들이 플라즈마로부터 쉽게 이탈함). "광학적으로 두꺼운 플라즈마"라는 용어는, 플라즈마 내에서 연소된 광자들의 평균 자유 경로가 플라즈마의 특성 크기보다 훨씬 더 작은 상황을 칭한다.
- [0054] 몇몇 시점에 방사선 파워가 통전 가열에 의해 얻어진 파워보다 훨씬 더 큰 경우, 플라즈마는 방사선 파워와 통전 가열 간의 균형을 되돌리도록 수축할 것이다. 이 과정 동안, 플라즈마는 그 밀도($\sim 1/r_p^2$)가 그 반경보다 더 빠르게 증가하기 때문에 광학적으로 두꺼워진다. 광학적으로 두꺼운 플라즈마의 수축은 통전 가열에 의해 얻어진 파워가 증가하는 동안 방사선 파워의 감소를 초래한다. 이 두 파워들이 동일한 경우에 플라즈마의 수축이 중지된다. 이 과정은 z -핀치의 "방사선 붕괴"라고 칭할 수 있다.
- [0055] 플라즈마 핀치(300)의 반경방향 및/또는 축방향 크기의 감소는 리소그래피 장치에 의해 수집되는 방사선의 양을 증가시킬 수 있다. 예를 들어, 도 3에 나타난 바와 같이 플라즈마 핀치(300)의 반경방향 크기의 감소, 즉 플라즈마 핀치(300)의 z -축선에 실질적으로 수직인 방향으로의 감소는 양극(310)에 의해, 및/또는 z -축선 부근에 위치될 수 있는 여하한 다른 요소들에 의해 차단되는 방사선의 양을 감소시킬 수 있다. 양극(310)에 의해 차단되는 방사선이 더 적기 때문에, 소스에 제공되는 파워가 감소될 수 있으며, 이는 소스의 수명에 유리하다.
- [0056] 플라즈마(320)의 반경방향 및/또는 축방향 크기를 제어하기 위해, 예를 들어 감소시키기 위해, 플라즈마(320)에 의한 방사선 방출 또는 방사선 손실들을 증가시키도록(즉, 방사선 파워가 증가됨) 플라즈마 소스(300)가 구성되고 배치된다. 예를 들어, Sn 및 In 플라즈마는 상이한 파장들에서 방사된다. 결과로서, 투명 Sn 및 In 혼합물의 방사선 손실들은 투명 Sn 플라즈마에서 보다 더 크다. 이는, 차례로 플라즈마 기둥이 통전 가열과 방사선 파워 사이에 등가(equality)를 확립하기 위해 더 작은 반경들로 수축될 수 있다는 것을 의미한다.
- [0057] 도 3의 실시예에서, 방사선 손실들은 연료에 1 이상의 물질(들), 혼합물(들) 또는 요소(들)를 추가함으로써 플라즈마(320)에서 증가된다. 물질(들), 혼합물(들) 또는 요소(들)는, 그것/그것들의 적합성(aptitude)이 원하거나 사전-설정된 파장 범위 또는 스펙트럼 내에서 방사선 손실 또는 방출을 증가시키도록 연료에 추가된다. 본 명세서에서, "원하거나 사전-설정된 파장 범위 또는 스펙트럼"이라는 말은 EUV 리소그래피에 대해 사용된 범위-"방사선 대역 내(in band radiation)" 범위라고도 칭함 -보다 더 넓은 스펙트럼 범위- "EUV 방사선 대역 외(out of band EUV radiation)" 범위라고도 칭함 -를 의미한다. 13.5 nm에서의 EUV 플라즈마 소스의 최적 전자 온도(T_e)는 약 30 내지 50 eV이다. 이 전자 온도(T_e)에서, 플라즈마는 기본적으로 약 0.5 내지 5 kT_e 사이의 범위 내의 광자 에너지에서 효과적으로 방출하며, 이는 "EUV 대역 외" 파장 범위가 약 5 내지 100 nm임을 의미한다. 이 구역에서 효과적으로 방사될 수 있는 요소들을 추가하는 것은 플라즈마의 방사선 손실들을 증가시킬 수

있다. 예를 들어, 일 실시예에서 갈륨(Ga), 인듐(In), 비스무스(Bi), 알루미늄(Al) 또는 납(Pb)과 같은 저융해 점 요소들이 플라즈마 핀치(320) 내에서 방사선 손실들을 증가시키는데 사용될 수 있다.

[0058] 물질(들), 혼합물(들) 또는 요소(들)의 선택은 플라즈마(320)를 발생시키는데 사용되는 연료의 성질에 기초할 수 있다. 특히, 물질(들), 혼합물(들) 또는 요소(들)의 선택은, 방사선 손실들이 플라즈마의 방출 크기 또는 표면에 주로 영향을 주는 고려 중인 연료에 대한 파장 범위 또는 스펙트럼에 기초할 수 있다. 예를 들어, 주석(Sn)의 경우 (약 13.0 nm로부터 약 14.0 nm까지의) 스펙트럼의 작은 부분만이 방사선 손실들에 의해 좌우된다. 5 내지 100 nm 범위에 속하는 파장 범위 내에서 플라즈마 핀치의 방사선 손실들 또는 방사선 방출이 증가되는 경우, 평형이 깨지고 플라즈마 핀치의 반경방향 및/또는 축방향 크기가 제어, 예를 들어 감소될 수 있다.

[0059] 따라서, 본 발명의 일 실시예에서, 예를 들어 플라즈마 핀치의 반경방향 및/또는 축방향 크기의 제어, 예를 들어 감소는 다음 방법에 따라 수행될 수 있다. 먼저, 그 적합성이 EUV 대역 내 방사선들을 제공하도록 연료가 선택된다. 그 후, 상기 방법은 EUV 대역 외 범위에서 방사선 방출을 생성하기에 적합하게 되는 물질(들)이 선택되는 제 2 절차로 진행한다. 제 2 절차 이후, 플라즈마 핀치의 반경방향 및/또는 축방향 크기를 제어하도록, 예를 들어 감소시키도록 연료에 물질이 추가된다.

[0060] 플라즈마 핀치(320)의 반경방향 및/또는 축방향 크기의 제어, 예를 들어 감소에 추가하여, 물질(들), 혼합물(들) 또는 요소(들)는 플라즈마 소스의 작동 온도를 상당히 감소시킬 수 있으며, 이는 소스의 수명을 유리하게 연장할 수도 있다. 예를 들어, Sn 및 In의 연료 혼합물을 포함한 소스는 약 250 °C의 작동 온도를 갖는 반면, Sn만을 포함한 종래의 소스는 약 300 °C의 작동 온도를 가질 것이다. 이와 유사하게, Sn 및 Ga의 연료 혼합물을 포함한 소스는 약 20 °C 내지 25 °C(즉, 실온)의 작동 온도를 가질 것이다. 또 다른 예로서, Sn 및 Al의 연료 혼합물을 포함한 소스는 약 500 °C의 작동 온도를 가질 것이다.

[0061] 일 실시예에서, 물질(들), 혼합물(들) 또는 요소(들)는, 연료가 방전 공간(315) 내로 도입되기 전에 연료와 혼합될 수 있다. 예를 들어, 도 3의 실시예에서, 연료는 얇은 층(306)의 일부일 수 있다. 이 구성에서, 얇은 층(306)은 고체 또는 액체일 수 있다. 또 다른 예로서, 물질(들), 혼합물(들) 또는 요소(들)가 도 4에 도시된 바와 같이 액체 연료 공급기에 추가될 수 있다.

[0062] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 소스(400)를 나타낸다. 소스(400)는 음극(405), 양극(410), 및 음극(405)와 양극(410) 사이에 위치되는 방전 공간(415)을 포함한다. 음극(405) 및 양극(410)은 원통형을 가질 수 있으며, 각각의 샤프트(shaft)(420a, b) 상에 각각 회전가능하게 장착될 수 있다. 샤프트들(420a, b)은 음극(405) 및 양극(410)을 회전시키도록 구동 유닛(도 4에 도시되지 않음)에 의해 구동된다.

[0063] 또한, 도 4에 나타난 바와 같이, 소스(400)는 음극(405)에 연료(435)를 공급하도록 구성되고 배치된 연료 공급기(425)를 포함한다. 연료 공급기(425)는 연료(435)를 수용하고 있는 컨테이너(430)를 포함한다. 또한, 소스(400)는 방사선 빔(450)을 출력하도록 구성되는 레이저 소스(445)를 포함한다. 작동 시, 음극(405)의 회전으로 인해 음극(405)의 외표면 상에 연료(435)의 층 또는 코팅(440)이 형성된다. 또한, 음극(405) 및 양극(410) 상에 형성된 연료 코팅(440)은 음극(405) 및 양극(410)을 냉각 및/또는 보호하는 냉각 및/또는 보호 층을 유지하는 역할을 한다. 코팅(440)의 원하는 두께에 기초하여 음극(405) 및 양극(410)의 회전 속도가 조정될 수 있다.

[0064] 플라즈마 방전의 점화는 도 3의 실시예에서와 유사한 방식으로 레이저 소스(445)로 수행된다. 명확하게, 레이저 소스(445)에 의해 출력된 방사선 빔(445)이 코팅(440) 상에 포커스된다. 코팅 내에서의 레이저 에너지의 흡수로 인해, 연료(435)가 증발되고 부분적으로 이온화되며, 이는 플라즈마(455)를 형성한다. 음극(405)과 양극(410) 사이의 방전 시, 음극과 양극 사이의 전기장 및 연료 재료에 의해 정의된 경로를 따라 플라즈마(455)가 팽창한다.

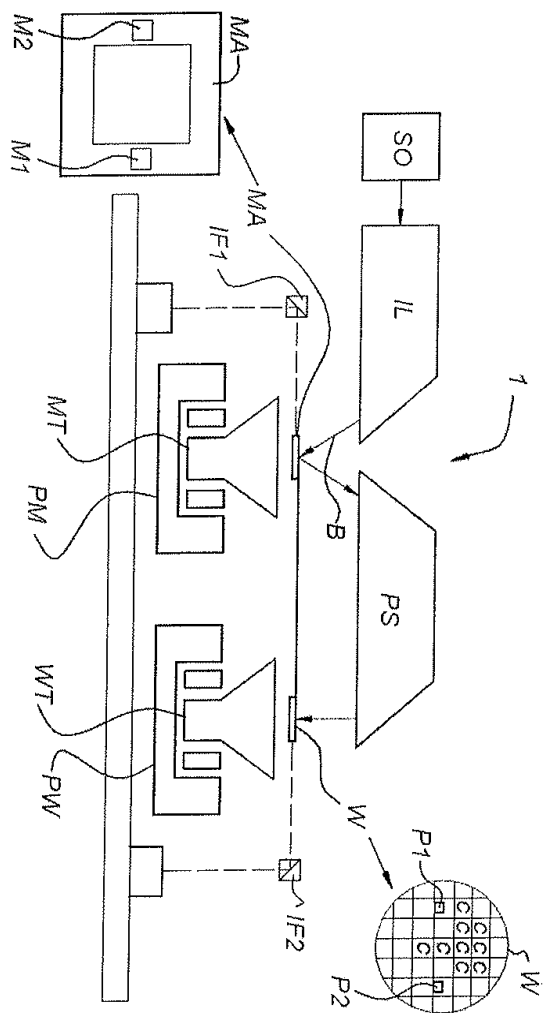
[0065] 플라즈마(455)의 크기 또는 부피의 제어는, 도 4의 실시예에서 방사선 빔(450)에 의해 이온화된 코팅(440)의 일 부분이 연료(435)와 물질(들), 혼합물(들) 또는 요소(들)의 실질적으로 균질한 혼합물을 포함하도록 연료 공급기(425)에 1 이상의 물질(들), 혼합물(들) 또는 요소(들)를 추가함으로써 초래된다. 연료(435)와 물질(들), 혼합물(들) 또는 요소(들)의 이온화된 균질한 혼합물은, 플라즈마 방전 시 플라즈마(455)의 크기 또는 부피가 실질적으로 제어되도록 음극(405)과 양극(410) 사이에서 퍼진다.

[0066] 대안적으로, 물질(들), 혼합물(들) 또는 요소(들)는 연료가 방전 공간(415) 내로 도입될 때, 또는 그 후에 연료에 추가될 수 있다. 또한, 물질(들), 혼합물(들) 또는 요소(들)는 플라즈마의 점화 이전 또는 이후에 연료 공급기에 추가될 수 있다. 또한, 연료 공급기 내의 혼합물의 농도를 조정함으로써 플라즈마에 의해 정의된 부피의 제어, 예를 들어 감소가 수행될 수 있다.

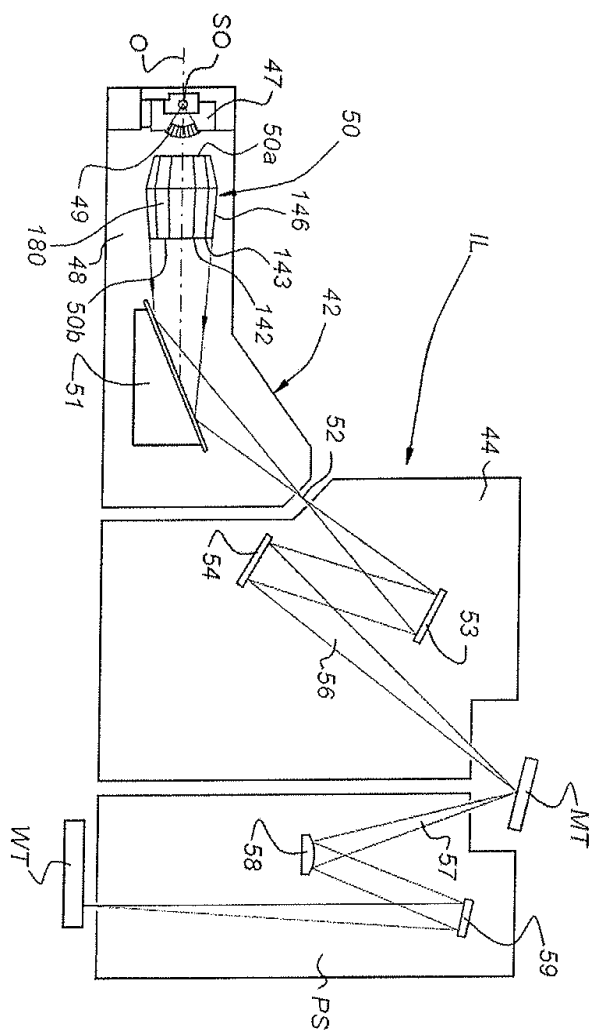
- [0067] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 도 1 및 도 2의 리소그래피 장치에서 사용되는 플라즈마 소스(500)를 나타낸다. 소스(500)는 음극(505), 양극(510), 및 양극과 음극 사이에 위치한 방전 공간(515)을 포함한다. 또한, 소스는 방사선 빔(530)을 출력하도록 구성된 레이저 소스(525)를 포함한다. 음극(505) 및 양극(510)은 각각 공통 z-축선 상에 실질적으로 중심이 있는, 일반적으로 원통인 형상을 갖는다. 도 5에서, z-축선은 방전 축선으로 언급된다. 도 3과 유사하게, 음극(505)의 최상부 상에 연료가 제공될 수 있다. 대안적으로, 연료는 공급 노즐(도 5에 도시되지 않음)을 통해 방전 공간(515) 내로 도입되는 가스일 수 있다.
- [0068] 또한, 소스(500)는 방전 공간(515) 내로 물질(들), 혼합물(들) 또는 요소(들)(535)를 공급하도록 구성된 공급 유닛(520)을 포함한다. 물질(들), 혼합물(들) 또는 요소(들)(535)는 다양한 형태, 예를 들어 가스, 액체 또는 고체로 방전 공간(515) 내에 도입될 수 있다.
- [0069] 도 3 내지 도 5의 실시예들에서, 플라즈마 핀치(545)의 원하는 반경방향 및/또는 축방향 크기에 기초하여, 물질(들), 혼합물(들) 또는 요소(들)의 농도 및/또는 압력이 결정되고 조정될 수 있다. 이 농도는, 당업자에 의해 이해되는 바와 같이 캘리브레이션(calibration)에 의해 결정될 수 있다. 대안적으로, 혼합물(들) 또는 요소(들)의 농도 및/또는 압력은 플라즈마 핀치의 반경방향 및/또는 축방향 크기를 조정하기 위해 동적으로 수정될 수 있다. 예를 들어, 일 실시예에서, 공급 유닛(520)은 혼합물(들) 또는 요소(들)의 농도 및/또는 압력을 조정하기 위해 제어기(550)와 통신할 수 있다. 제어기(550)는, 방전 시 플라즈마 핀치(545)를 모니터링하도록 구성된 모니터링 유닛(예를 들어, 카메라, 도 5에 도시되지 않음)에 연결되어 작동할 수 있다. 모니터링 유닛은 플라즈마 핀치의 크기(축방향 및/또는 반경방향)를 결정하는데 사용될 수 있다. 모니터링 유닛의 결과들에 기초하여, 플라즈마 핀치(545)의 반경방향 및/또는 축방향 크기를 수정하기 위해, 예를 들어 감소시키거나 증가시키기 위해, 물질(들), 혼합물(들) 또는 요소(들)의 초기 농도 및/또는 압력을 조정하도록 제어기(550)에 명령(555)이 입력될 수 있다.
- [0070] 본 명세서에서는, IC 제조에 있어서 리소그래피 장치의 특정 사용예에 대하여 언급되지만, 본 명세서에 서술된 리소그래피 장치는 집적 광학 시스템, 자기 도메인 메모리용 안내 및 검출 패턴, 평판 디스플레이(flat-panel display), 액정 디스플레이(LCD)를 포함한 평판 디스플레이, 박막 자기 헤드 등의 제조와 같이 다른 적용예들을 가질 수도 있음을 이해하여야 한다. 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 이해하여야 한다. 본 명세서에서 언급되는 기판은 노광 전후에, 예를 들어 트랙(전형적으로, 기판에 레지스트 층을 도포하고 노광된 레지스트를 현상하는 톨), 메트롤로지 톨 및/또는 검사 톨에서 처리될 수 있다. 적용가능하다면, 이러한 기판 처리 톨과 다른 기판 처리 톨에 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 여러번 처리된 층들을 포함한 기판을 칭할 수도 있다.
- [0071] 이상, 광학 리소그래피와 관련하여 본 발명의 실시예들의 특정 사용예를 언급하였지만, 본 발명은 다른 적용예들에 사용될 수 있으며, 본 명세서가 허용한다면 광학 리소그래피로 제한되지 않는다는 것을 이해할 것이다.
- [0072] 이상, 본 발명의 특정 실시예가 설명되었지만 본 발명의 실시예들은 설명된 것과 다르게 실시될 수 있다는 것을 이해하여야 한다. 예를 들어, 본 발명의 일 실시예는 앞서 개시된 바와 같은 방법을 구현하는 기계-판독가능한 명령어의 1 이상의 시퀀스를 포함하는 컴퓨터 프로그램, 또는 이러한 컴퓨터 프로그램이 저장되어 있는 데이터 저장 매체(예를 들어, 반도체 메모리, 자기 또는 광학 디스크)의 형태를 취할 수 있다.
- [0073] 상기 서술내용은 예시를 위한 것이지, 제한하려는 것이 아니다. 따라서, 당업자라면 아래에 설명되는 청구항들의 범위를 벗어나지 않고 서술된 본 발명에 대한 변형예가 행해질 수도 있음을 이해할 것이다.
- [0074] 본 발명의 실시예들은 리소그래피 장치의 적용 또는 리소그래피 장치에서의 사용에 제한되지 않는다. 또한, 도면들은 통상적으로 본 발명의 실시예들을 이해하는데 필요한 요소들 및 특징들만을 포함한다. 그밖에, 리소그래피 장치의 도면들은 개략적이며, 정확한 스케일이 아니다. 본 발명의 실시예들은, 개략적인 도면들 내에 나타난 그 요소들(예를 들어, 개략적인 도면들 내에 도시된 거울들의 개수)에 제한되지 않는다. 또한, 본 발명의 실시예들은 도 1 및 도 2에 관하여 설명된 리소그래피 장치에 한정되지 않는다.

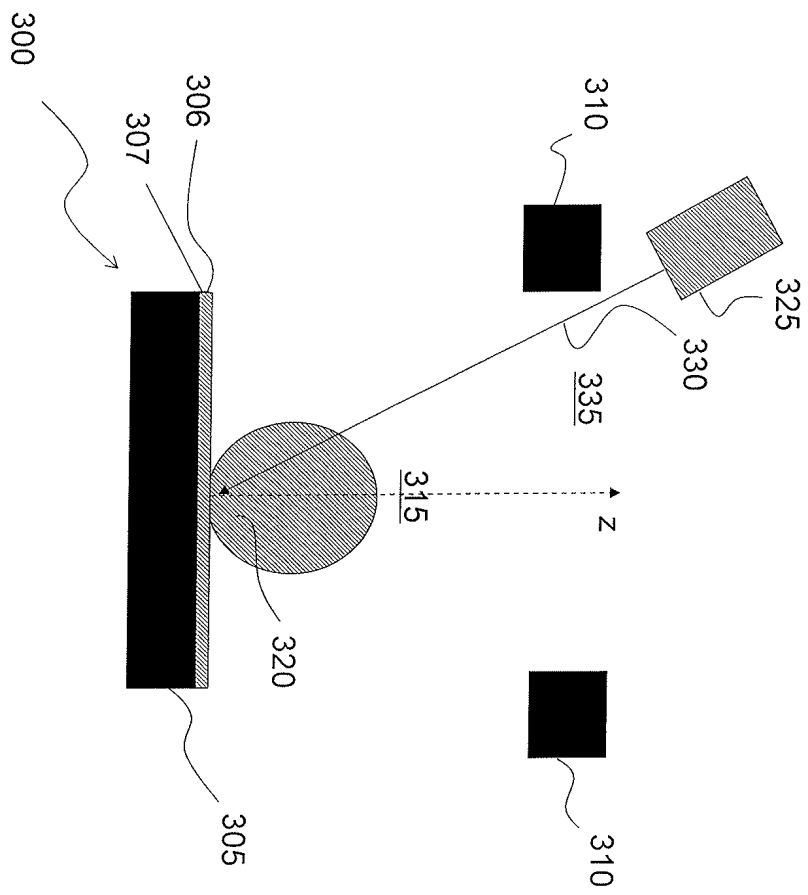
도면

도면1

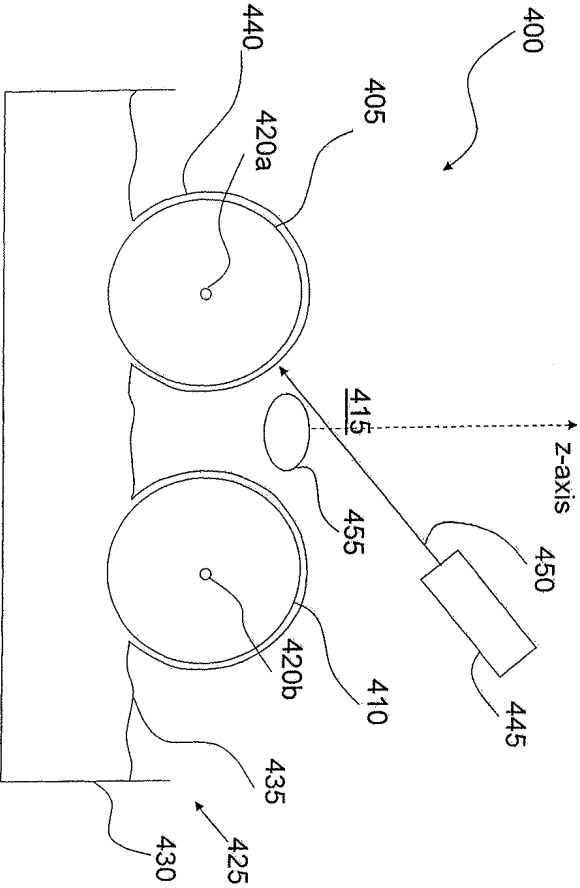


도면2





도면4



도면5

