(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2010-0102170
(43) 공개일자 2010년09월20일

(51) Int. Cl.
H05G 2/00 (2006.01) *G03F 7/20* (2006.01)
H01L 21/027 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2010-7016125
(22) 출원일자(국제출원일자) 2008년12월19일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2010년07월19일
(86) 국제출원번호 PCT/NL2008/050820
(87) 국제공개번호 WO 2009/078722
국제공개일자 2009년06월25일
(30) 우선권주장
61/006,117 2007년12월19일 미국(US)

(71) 출원인
에이에스엠엘 네덜란즈 비.브이.
네덜란드, 엔엘-5504 디알 벨드호펜, 데 룬 6501
(72) 발명자
바니네, 바딤 예프겐예비치
네덜란드 엔엘-5751 에스베 되르너 엔드라흐트 21
반 헤르펜, 마르텐 마리누스 요한네스 빌헬무스
네덜란드 엔엘-5384 하에스 헤쉬 데 직켈 32
소어, 보우터 안톤
네덜란드 엔엘-6546 파우파우 니예메겐 헤그담브로에크 1717
(74) 대리인
특허법인화우

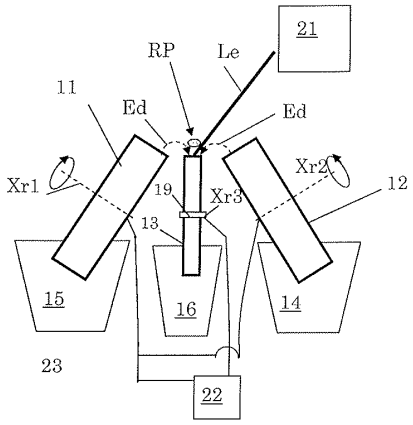
전체 청구항 수 : 총 32 항

(54) 방사선 소스, 리소그래피 장치 및 디바이스 제조방법

(57) 요 약

방사선 소스는 방사선을 생성하도록 구성된다. 방사선 소스는 플라즈마 연료로부터 방사선-방출 플라즈마를 생성하기 위해 이용하는 동안 방전을 일으키도록 구성되는 제 1 전극(11; 61) 및 제 2 전극(12; 62)을 포함한다. 또한, 방사선 소스는 제 1 전극(11; 61) 및 제 2 전극(12; 62)과 연관된 연료 방출 영역으로 플라즈마 연료를 공급하도록 구성되는 연료 공급부, 및 연료 방출 영역으로부터 연료 공급부에 의하여 공급되는 연료의 방출을 유도하도록 구성되는 연료 방출부를 포함한다. 연료 방출 영역은 제 1 전극(11; 61) 및 제 2 전극(12; 62)으로부터 이격되어 있다.

대 표 도 - 도4a



특허청구의 범위

청구항 1

방사선을 생성하도록 구성되는 방사선 소스에 있어서,

플라즈마 연료로부터 방사선-방출 플라즈마(RP)를 생성하기 위해 이용하는 동안 방전(Ed)을 일으키도록 구성되는 제 1 전극(11; 61) 및 제 2 전극(12; 62);

상기 제 1 전극(11; 61) 및 상기 제 2 전극(12; 62)과 연관된 연료 방출 영역으로 플라즈마 연료를 공급하도록 구성되는 연료 공급부(13; 63); 및

상기 연료 방출 영역으로부터 상기 연료 공급부에 의하여 공급되는 연료의 방출을 유도하도록 구성되는 연료 방출부(21)를 포함하며,

상기 연료 방출 영역은 상기 제 1 전극(11; 61) 및 상기 제 2 전극(12; 62)으로부터 이격되어 있는 방사선 소스.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 전극(11; 61) 또는 상기 제 2 전극(12; 62) 또는 상기 연료 공급부(13; 63), 또는 그들의 여하한의 조합을 회전시키도록 구성되는 드라이브(19)를 더 포함하는 방사선 소스.

청구항 3

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 연료 공급부(13; 63)는 연료 저장소(16; 66)로부터 상기 연료 방출 영역으로 연료를 이송하도록 구성되는 연료 이송 시스템을 포함하거나 상기 연료 이송 시스템의 일부인 방사선 소스.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 연료 이송 시스템(13; 63)은 상기 연료 저장소로부터 상기 연료 방출 영역으로 회전에 의해 연료를 이송하도록 구성되는 방사선 소스.

청구항 5

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 연료 공급부(13; 63)는 상기 제 1 전극(11) 또는 상기 제 2 전극(12)의 일부가 아니며,

상기 연료 공급부(13; 63)는 바람직하게 상기 제 1 전극(11; 61) 및 상기 제 2 전극(12; 62) 중 어떤 것의 일부도 아닌 방사선 소스.

청구항 6

제 1 항 내지 제 5 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 연료 공급부(13; 63)는 상기 제 1 전극(11) 및 상기 제 2 전극(12)의 상기 방전 영역(Ed)에 대하여 대칭의 관계로 상기 연료 방출 영역을 위치시키도록 구성되는 방사선 소스.

청구항 7

제 1 항 내지 제 6 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제 1 전극(11) 및 상기 제 2 전극(12)은 애노드들을 형성하며, 상기 연료 공급부(13)는 방전 캐소드인 방사선 소스.

청구항 8

제 1 항 내지 제 6 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제 1 전극(11) 및 상기 제 2 전극(12)은 캐소드들을 형성하며, 상기 연료 공급부(13)는 방전 애노드인 방사선 소스.

청구항 9

제 1 항 내지 제 6 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제 1 전극(61)은 방전 애노드이며, 상기 제 2 전극(62)은 방전 캐소드인 방사선 소스.

청구항 10

제 2 항에 있어서,

상기 드라이브(19)는 상기 제 1 전극(11) 및 상기 제 2 전극(12)을 회전시키도록 구성되는 방사선 소스.

청구항 11

제 1 항 내지 제 10 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제 1 전극 또는 상기 제 2 전극 또는 상기 연료 공급부, 또는 그들의 여하한의 조합을 냉각시키기 위하여 제 1 냉각 바스(14; 64)를 더 포함하는 방사선 소스.

청구항 12

제 1 항 내지 제 11 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 연료 공급부(13; 63)는 회전 휠이거나, 또는 회전 대칭이거나 원통형의 연료 공급 유닛이거나, 또는 고 전압 전력 소스에 연결되거나, 또는 그들의 여하한의 조합인 방사선 소스.

청구항 13

방사선을 생성하도록 구성되는 방사선 소스에 있어서,

증발되는 플라즈마 연료를 생성하도록 구성되는 연료 증발 시스템(21, 41);

제 1 회전가능 전극(11; 61) 및 제 2 회전가능 전극(12; 62) - 상기 증발되는 플라즈마 연료로부터 방사선-방출 플라즈마(Rp)를 생성하도록 이용시 그들 사이에서 방전(Ed)을 일으키도록 구성됨 - ; 및

상기 제 1 회전가능 전극(11; 61) 및 상기 제 2 회전가능 전극(12; 62)을 냉각시키도록 구성되는 냉각 매체를 포함하는 냉각 매체 저장소(14, 15; 64, 65)를 더 포함하는 방사선 소스.

청구항 14

제 13 항에 있어서,

상기 증발 시스템에는 연료 액적 생성기(41) 또는 연료 제트 생성기가 제공되는 방사선 소스.

청구항 15

제 13 항 또는 제 14 항에 있어서,

상기 연료 증발 시스템에는 연료 공급부(13; 63)가 제공되는 방사선 소스.

청구항 16

제 15 항에 있어서,

상기 방사선 소스는 상기 연료 공급부를 회전시키도록 구성되는 드라이브(19)를 포함하는 방사선 소스.

청구항 17

제 15 항 내지 제 16 항에 있어서,

상기 연료 공급부는 상기 연료 공급부의 회전의 방식으로 연료 저장소(16; 66)로부터 증발 영역으로 연료를 이송하도록 구성되고 배치되며,

상기 연료 증발 시스템은 상기 증발 영역에서 상기 플라즈마 연료를 증발시키도록 구성되는 방사선 소스.

청구항 18

제 13 항 내지 제 17 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제 1 회전가능 전극(11; 61) 및/또는 상기 제 2 회전가능 전극(12; 62)을 냉각시키도록 구성되는 냉각 바스(14, 15; 64, 65)를 더 포함하는 방사선 소스.

청구항 19

제 13 항 내지 제 18 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 소스는 제 1 회전가능 전극(11; 61) 및/또는 상기 제 2 회전가능 전극(12; 62)을 회전시키도록 구성되는 드라이브(19)를 포함하는 방사선 소스.

청구항 20

방사선 생성 방법에 있어서,

적어도 제 1 전극(11; 61) 및/또는 제 2 전극(12; 62)을 제공하는 단계;

연료 공급부(13; 63)를 이용하여 상기 제 1 전극(11; 61) 및 상기 제 2 전극(12; 62)으로부터 이격되는 연료 방출 영역으로 연료를 이송하는 단계;

상기 연료 방출 영역으로부터 상기 제 1 전극(11; 61) 및 상기 제 2 전극(12; 62)과 연관된 방전 경로를 향하여 상기 연료의 방출을 유도하는 단계; 및

상기 연료 방출 영역으로부터 방출된 연료로부터 방사선-방출 플라즈마를 생성하기 위하여 방전(Ed)을 일으키는 단계를 포함하는 방사선 생성 방법.

청구항 21

제 20 항에 있어서,

상기 연료 공급부는 제 3 전극(13; 63)이며,

한편으로는 각각의 상기 제 1 전극(11; 61)과 상기 제 2 전극(12; 62) 사이에서 그리고 다른 한편으로는 상기 제 3 전극(13; 63)과의 사이에서 방전이 개시되는 방사선 생성 방법.

청구항 22

제 20 항 또는 제 21 항에 있어서,

상기 방전은 상기 제 1 전극(11; 61)과 상기 제 2 전극(12; 62) 사이에서 일어나며, 상기 연료 공급부를 통해서는 일어나지 않는 방사선 생성 방법.

청구항 23

제 20 항 내지 제 22 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 방사선-방출 플라즈마를 압축하는 힘을 발생시키기 위해 이용시 상기 제 1 전극들 사이에서 연장되는 방전 경로들이 실질적으로 만곡되도록 상기 전극들을 서로에 대해 위치설정하는 단계를 포함하는 방사선 생성 방법.

청구항 24

제 20 항 내지 제 22 항 중 어느 한 항에 있어서,

이용시 상기 전극들 사이에서 연장되는 방전 경로들이 실질적으로 직선을 따르도록, 상기 전극들을 서로에 대해 위치설정하는 단계를 포함하는 방사선 생성 방법.

청구항 25

제 20 항 내지 제 24 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 전극들(11, 12; 61, 62) 중 적어도 하나의 적어도 일부는 열 제거 매체를 통해 회전하거나 또는 연속적으로 이동하는 방사선 생성 방법.

청구항 26

제 20 항 내지 제 25 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 연료 공급부(13; 63)는 열 제거 매체를 통해 회전하거나 또는 연속적으로 이동하는 방사선 생성 방법.

청구항 27

방사선 생성 방법에 있어서,

제 1 이동가능 또는 회전가능 전극(11; 61) 및 제 2 이동가능 또는 회전가능 전극(12; 62)을 제공하는 단계,

열 제거 매체를 통해 상기 전극들(11, 12; 61, 62) 각각을 회전시키거나 이동시키는 단계,

상기 전극들(11, 12; 61, 62) 부근에서 플라즈마 연료를 증발시키는 단계; 및

증발된 플라즈마 연료로부터 방사선-방출 플라즈마를 생성시키기 위하여 상기 전극들 사이에서 방전(Ed)을 일으키는 단계를 포함하는 방사선 생성 방법.

청구항 28

제 27 항에 있어서,

상기 증발시키는 단계는 연료 액적들 또는 연료 제트를 생성시키는 단계, 및

생성된 액적들 또는 연료 제트를 레이저 빔으로 조사하는 단계를 포함하는 방사선 생성 방법.

청구항 29

디바이스 제조방법에 있어서,

방사선 빔을 생성하는 단계 - 상기 방사선 빔을 생성하는 단계는, 적어도 제 1 전극(11; 61) 및 제 2 전극(12; 62)을 제공하는 단계,

연료 공급부를 이용하여 상기 제 1 전극(11; 61) 및 상기 제 2 전극(12; 62)으로부터 이격된 연료 방출 영역으로 연료를 이송하는 단계,

상기 연료 방출 영역으로부터 제 1 전극(11; 61) 및 상기 제 2 전극(12; 62)과 연관된 방전 경로를 향하여 상기 연료의 방출을 유도하는 단계, 및

상기 연료 방출 영역으로부터 방출된 연료로부터 방사선-방출 플라즈마를 생성하기 위하여 방전을 일으키는 단계를 포함함 - ;

패터닝된 방사선 빔을 형성하기 위하여 상기 방사선 빔을 패터닝하는 단계; 및

상기 패터닝된 방사선 빔을 기판 상으로 투영하는 단계를 포함하는 디바이스 제조방법.

청구항 30

디바이스 제조방법에 있어서,

방사선 빔을 생성하는 단계 - 상기 방사선 빔을 생성하는 단계는, 제 1 이동가능 또는 회전가능 전극 및 제 2 이동가능 또는 회전가능 전극을 제공하는 단계,

열 제거 매체를 통해 상기 전극들 각각을 회전시키거나 이동시키는 단계,

상기 전극들 부근에서 플라즈마 연료를 증발시키는 단계, 및

증발된 플라즈마 연료로부터 방사선-방출 플라즈마를 생성하기 위하여 상기 전극들 사이에서 방전을 일으키는 단계를 포함함 - ;

패터닝된 방사선 빔을 형성하기 위하여 상기 방사선 빔을 패터닝하는 단계; 및

상기 패터닝된 방사선 빔을 기판 상으로 투영하는 단계를 포함하는 디바이스 제조방법.

청구항 31

리소그래피 장치에 있어서,

방사선을 생성하도록 구성되는 방사선 소스 - 상기 방사선 소스는, 플라즈마 연료로부터 방사선-방출 플라즈마를 생성하기 위해 이용하는 동안 방전을 일으키도록 구성되는 제 1 전극(11; 61) 및 제 2 전극(12; 62),

상기 제 1 전극(11; 61) 및 상기 제 2 전극(12; 62)과 연관된 연료 방출 영역으로 상기 플라즈마 연료를 공급하도록 구성되는 연료 공급부, 및

상기 연료 방출 영역으로부터 상기 연료 공급부에 의하여 공급되는 연료의 방출을 유도하도록 구성되는 연료 방출부를 포함하며,

상기 연료 방출 영역은 상기 제 1 전극(11; 61) 및 상기 제 2 전극(12; 62)으로부터 이격되어 있음 - ;

상기 방사선을 패터닝하도록 구성되는 패터닝 디방스; 및

상기 패터닝된 방사선을 기판의 타겟부 상에 투영하도록 구성되는 투영 시스템을 포함하는 리소그래피 장치.

청구항 32

리소그래피 장치에 있어서,

방사선을 생성하도록 구성되는 방사선 소스 - 상기 방사선 소스는, 증발되는 플라즈마 연료를 생성하도록 구성되는 연료 증발 시스템,

제 1 회전가능 전극(11; 61) 및 제 2 회전가능 전극(12; 62) - 상기 증발되는 플라즈마 연료로부터 방사선-방출 플라즈마를 생성하기 위하여, 이용시 그들 사이에서 방전을 일으키도록 구성됨 - , 및

상기 제 1 회전가능 전극(11; 61) 및 상기 제 2 방전가능 전극(12; 62)을 냉각시키도록 구성되는 냉각 매체를 포함하는 냉각 매체 저장소를 포함함 - ;

상기 방사선을 패터닝하도록 구성되는 패터닝 디바이스; 및

상기 패터닝된 방사선을 기판의 타겟부 상에 투영하도록 구성되는 투영 시스템을 포함하는 리소그래피 장치.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 관련 출원들에 대한 원용

[0002] 본 출원은 2007년 12월 19일에 출원되었으며 그 전문이 본 명세서에 인용 참조되는 미국 가출원 61/006,117의 우선권을 주장한다.

[0003] 본 발명은 방사선 소스와 방법, 리소그래피 장치, 및 디바이스 제조방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0004] 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 패터닝 디바이스가 IC의 개별층 상에 형성될 회로 패턴을 생성하는데 사용될 수 있다. 이 패턴은

기판(예컨대, 실리콘 웨이퍼) 상의 (예를 들어, 1 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 패터닝되는 인접한 타겟부들의 네트워크를 포함할 것이다.

[0005] 리소그래피는 IC와 다른 디바이스 및/또는 구조체들의 제조에 있어서의 핵심 단계들 중 하나로서 널리 인식되고 있다. 하지만, 리소그래피를 이용하여 만들어지는 피처들의 크기는 더 작아지고 있기 때문에, 리소그래피는 세밀한 IC 또는 다른 디바이스 및/또는 구조체를 제조하는데 있어 보다 중요한 인자가 되어가고 있다.

[0006] 패턴 프린팅의 한계의 이론적 추정은 수학식 1에 나타낸 바와 같이 분해능에 대한 레일리 기준(Rayleigh criterion)에 의하여 주어질 수 있다.

수학식 1

[0007] $$CD = k_1 * \frac{\lambda}{NA_{PS}}$$

[0008] 여기서, λ는 이용되는 방사선의 파장이고, NA_{PS}는 패턴을 프린트하는 데 이용되는 투영시스템의 개구수이고, k_1은 프로세스 종속 조정 인자(process dependent adjustment factor)(레일리 상수로 불리기도 함)이며, CD는 프린트된 피처의 피처 크기[또는 임계 치수(critical dimension)]이다. 수학식 1로부터 피처들의 최소 프린트가능 크기의 축소가 3 가지 방식, 즉 노광 파장(λ)을 단축시키거나, 개구수(NA_{PS})를 증가시키거나 또는 k_1의 값을 감소시킴으로써 얻어질 수 있다.

[0009] 노광 파장을 단축시키며, 따라서 최소 프린트가능 크기를 축소시키기 위하여, 극자외(EUV) 방사선 소스의 이용이 제안되어 왔다. EUV 방사선 소스들은 대략 13 ㎚의 방사선 파장을 출력하도록 구성된다. 따라서, EUV 방사선 소스들은 작은 피처 프린팅의 달성을 목표로 하는 중요한 단계를 구성할 수 있다. 이러한 방사선은 극자외선 또는 연질 x-레이라 칭해지며, 가능한 소스들로는, 예를 들어 레이저-생성 플라스마 소스(laser-produced plasma source), 방전 플라즈마 소스 또는 전자 저장 링들로부터의 싱크로트론 방사선이 포함된다.

[0010] 특정 방사선 소스들에서, 전기 저장 전극이나 그 부근에 핀치(pinch)가 배치된다. 이는 데브리 경감 시스템들[예컨대 위치에 민감한(position-sensitive) 포일 트랩들] 및 셀프-셰이딩 전극(self-shading electrode)들에 대해 단점이 될 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0011] 본 발명의 목적은 바람직한 방사선 소스와 방법, 리소그래피 장치, 및 디바이스 제조방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0012] 방사선 소스를 개선시키는 것이 바람직하다. 예를 들어, EUV 리소그래피의 경우에 EUV 방사선 소스에 의하여 조사되는 파워는 소스의 크기에 영향을 받는다. 일반적으로, 조사되는 파워의 수집 효율성이 크다는 것은 소스로 제공되는 파워가 작아질 수 있음을 의미하기 때문에 소스에 의하여 조사되는 파워를 가능한 한 많이 수집하는 것이 바람직하며, 이는 소스의 수명에 있어 유리하다. 수집 각과 함께 소스의 크기는 소스의 에텐듀(etendue)를 형성한다. 소스의 에텐듀 내에서 방출되는 방사선만이 고려되며 패터닝 디바이스를 조명하는 데 사용될 수 있다.

[0013] 일 실시예에 따르면, 방사선을 생성하도록 구성되는 방사선 소스가 제공된다. 방사선 소스는 플라즈마 연료로부터 방사선-방출 플라즈마를 생성하기 위해 이용하는 동안 방전을 일으키도록 구성되는 제 1 전극 및 제 2 전극을 포함한다. 또한, 방사선 소스는 제 1 전극 및 제 2 전극과 연관된 연료 방출 영역으로 플라즈마 연료를 공급하도록 구성되는 연료 공급부를 포함한다. 방사선 소스는 연료 방출 영역으로부터 연료 공급부에 의하여 공급되는 연료의 방출을 유도하도록 구성되는 연료 방출부를 더 포함한다. 연료 방출 영역은 제 1 전극 및 제

2 전극으로부터 이격되어 있다.

[0014] 일 실시예에 따르면, 방사선 생성하도록 구성되는 방사선 소스가 제공된다. 방사선 소스는 증발 플라즈마 연료를 생성하도록 구성되는 연료 증발 시스템을 포함한다. 또한, 방사선 소스는 제 1 회전가능 전극 및 제 2 회전가능 전극을 포함하며, 이들은 증발되는 플라즈마 연료로부터 방사선-방출 플라즈마를 생성하도록 이용시 그들 사이에서 방전을 일으키도록 구성된다. 방사선 소스는 제 1 회전가능 전극 및 제 2 방전가능 전극을 냉각시키도록 구성되는 냉각 매체를 포함하는 냉각 매체 저장소를 더 포함한다.

[0015] 일 실시예에 따르면, 방사선을 생성시키기 위한 방법이 제공된다. 상기 방법은 적어도 제 1 전극 및 제 2 전극을 제공하는 단계, 및 연료 공급부를 이용하여 제 1 전극 및 제 2 전극으로부터 이격되는 연료 방출 영역으로 연료를 이송하는 단계를 포함한다. 또한, 상기 방법은 연료 방출 영역으로부터 제 1 전극 및 제 2 전극과 연관된 방전 경로를 향하여 연료의 방출을 유도하는 단계를 포함한다. 상기 방법은 연료 방출 영역으로부터 방출된 연료로부터 방사선-방출 플라즈마를 생성하기 위하여 방전을 일으키는 단계를 더 포함한다.

[0016] 일 실시예에 따르면, 방사선을 생성하기 위한 방법이 제공된다. 상기 방법은 제 1 이동가능 또는 회전가능 전극 및 제 2 이동가능 또는 회전가능 전극을 제공하는 단계, 열 제거 매체를 통해 각각의 전극을 회전시키거나 이동시키는 단계, 및 상기 전극들 부근에서 플라즈마 연료를 증발시키는 단계를 포함한다. 또한, 상기 방법은 증발된 플라즈마 연료로부터 방사선-방출 플라즈마를 생성시키기 위하여 전극들 사이에서 방전을 일으키는 단계를 포함한다.

[0017] 일 실시예에 따르면, 방사선 빔을 생성하는 단계, 상기 방사선 빔을 패터닝하여 패터닝된 방사선 빔을 형성하는 단계, 및 패터닝된 방사선 빔을 기판 상으로 투영하는 단계를 포함하는 디바이스 제조방법이 제공된다. 방사선 빔을 생성하는 단계는, 적어도 제 1 전극 및 제 2 전극을 제공하는 단계, 연료 공급부를 이용하여 상기 제 1 전극 및 상기 제 2 전극으로부터 이격된 연료 방출 영역으로 연료를 이송하는 단계, 상기 연료 방출 영역으로부터 상기 제 1 전극 및 상기 제 2 전극과 연관된 방전 경로를 향하여 연료의 방출을 유도하는 단계, 및 상기 연료 방출 영역으로부터 방출된 연료로부터 방사선-방출 플라즈마를 생성하기 위하여 방전을 일으키는 단계를 포함한다.

[0018] 일 실시예에 따르면, 방사선 빔을 생성하는 단계, 상기 방사선 빔을 패터닝하여 패터닝된 방사선 빔을 형성하는 단계, 및 패터닝된 방사선 빔을 기판 상으로 투영하는 단계를 포함하는 디바이스 제조방법이 제공된다. 방사선 빔을 생성하는 단계는, 적어도 제 1 이동가능 또는 회전가능 전극 및 제 2 이동가능 또는 회전가능 전극을 제공하는 단계, 열 제거 매체를 통하여 각각의 전극을 회전시키거나 이동시키는 단계, 상기 전극들 부근의 플라즈마 연료를 증발시키는 단계, 및 상기 전극들 사이에서 방전을 일으켜 증발된 플라즈마 연료로부터 방사선-방출 플라즈마를 생성하는 단계를 포함한다.

[0019] 일 실시예에 따르면, 방사선을 생성하도록 구성되는 방사선 소스를 포함하는 리소그래피 장치가 제공된다. 방사선 소스는 플라즈마 연료로부터 방사선-방출 플라즈마를 생성하기 위해 이용하는 동안 방전을 일으키도록 구성되는 제 1 전극 및 제 2 전극을 포함한다, 상기 제 1 전극 및 제 2 전극과 연관된 연료 방출 영역으로 플라즈마 연료를 공급하도록 구성되는 연료 공급부, 및 상기 연료 방출 영역으로부터 상기 연료 공급부에 의하여 공급되는 연료의 방출을 유도하도록 구성되는 연료 방출부를 포함한다. 연료 방출 영역은 제 1 전극 및 제 2 전극으로부터 이격되어 있다. 또한, 리소그래피 장치는 방사선을 패터닝하도록 구성되는 패터닝 디바이스, 및 패터닝된 방사선을 기판의 타겟부 상으로 투영하도록 구성되는 투영시스템을 포함한다.

[0020] 일 실시예에 따르면, 방사선을 생성하도록 구성되는 방사선 소스를 포함하는 리소그래피 장치가 제공된다. 방사선 소스는 증발되는 플라즈마 연료를 생성하도록 구성되는 방사선 소스, 증발된 플라즈마 연료로부터 방사선-방출 플라즈마를 생성하기 위해 이용하는 동안 그들 사이에서 방전을 일으키도록 구성되는 제 1 회전가능 전극 및 제 2 회전가능 전극, 및 제 1 회전가능 전극과 제 2 회전가능 전극을 냉각시키도록 구성되는 냉각 매체를 포함하는 냉각 매체 저장소를 포함한다. 또한, 리소그래피 장치는 방사선을 패터닝하도록 구성되는 패터닝 디바이스, 및 패터닝된 방사선을 기판의 타겟부 상으로 투영하도록 구성되는 투영시스템을 포함한다.

도면의 간단한 설명

[0021] 이하, 대응되는 참조 부호들이 대응되는 부분들을 나타내는 개략적인 첨부 도들을 참조하여 본 발명의 실시예들이 예시의 방법으로 설명될 것이다.

도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 리소그래피 장치를 나타낸 도;

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

도 3은 방사선 소스의 일 실시예를 개략적으로 나타낸 도;

도 4a는 방사선 소스의 일 실시예의 개략적인 정면도;

도 4b는 도 4a의 실시예의 일부의 평면도;

도 5a는 방사선 소스의 일 실시예의 개략적인 평면도;

도 5b는 도 5a의 실시예 일부의 개략적인 측면도;

도 6은 방사선 소스와 연관된 오염물 트랩의 기하학적 구조를 나타낸 도;

도 7은 방사선 소스의 일 실시예의 셀프-셰이딩을 개략적으로 나타낸 도;

도 8은 방사선 소스의 일 실시예의 셀프-셰이딩을 개략적으로 나타낸 도;

도 9는 연료 액적 생성기를 갖는 방사선 소스의 일 실시예를 개략적으로 나타낸 도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0022] 도 1은 본 발명의 비-제한적인 일 실시예에 따른 리소그래피 장치를 개략적으로 도시하고 있다. 상기 장치는 방사선 빔(B)(예를 들어, EUV 방사선)을 컨디셔닝(condition)하도록 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 연결된 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 연결된 기판 테이블(예를 들어, 웨이퍼 테이블)(WT); 및 기판(W)의 (예를 들어, 1 이상의 다이를 포함하는) 타겟부(C) 상으로 패터닝 디바이스(MA)에 의해 방사선 빔(B)에 부여된 패턴을 투영하도록 구성된 투영 시스템(예를 들어, 굴절 투영 렌즈 시스템)(PS)을 포함한다.

[0023] 조명 시스템은 방사선을 지향, 성형, 또는 제어하기 위하여, 굴절, 반사, 자기, 전자기, 정전기 또는 다른 타입의 광학 구성요소들, 또는 그들의 여하한의 조합과 같은 다양한 타입들의 광학 구성요소들을 포함할 수 있다.

[0024] 지지 구조체는 패터닝 디바이스의 방위, 리소그래피 장치의 디자인, 및 예를 들어 패터닝 디바이스가 진공 환경에서 유지되는지의 여부와 같은 다른 조건들에 의존하는 방식으로 패터닝 디바이스를 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.

[0025] 본 명세서에서 사용되는 "패터닝 디바이스"라는 용어는, 기판의 타겟부에 패턴을 생성하기 위해서, 방사선 빔의 단면에 패턴을 부여하는데 사용될 수 있는 여하한의 디바이스를 언급하는 것으로 폭넓게 해석되어야 한다. 방사선 빔에 부여된 패턴은 집적 회로와 같이 타겟부에 생성될 디바이스 내의 특정 기능 층에 해당할 것이다.

[0026] 패터닝 디바이스는 투과형 또는 반사형일 수 있다. 패터닝 디바이스들의 예로는 마스크, 프로그래밍가능한 거울 어레이 및 프로그래밍가능한 LCD 패널들을 포함한다. 마스크는 리소그래피 분야에서 잘 알려져 있으며, 바이너리(binary)형, 교번 위상-시프트형 및 감쇠 위상-시프트형과 같은 마스크 타입뿐만 아니라, 다양한 하이브리드(hybrid) 마스크 타입들을 포함한다. 프로그래밍가능한 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.

[0027] 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 그들의 여하한의 조합을 포함하는 여하한 타입의 투영 시스템을 포괄할 수 있다. 여타의 가스들은 너무 많은 방사선이나 전자들을 흡수할 수도 있기 때문에 EUV 또는 전자 빔 방사선을 위해서는 진공을 이용하는 것이 바람직할 수 있다. 그러므로, 진공 벽 및 진공 펌프들의 도움으로 전체 빔 경로에 진공 환경이 제공될 수 있다.

[0028] 본 명세서에 도시된 바와 같이, 상기 장치는 (예를 들어, 반사 마스크를 채택하는) 반사형으로 구성된다. 대안적으로, 상기 장치는 (예를 들어, 투과형 마스크를 채택하는) 투과형으로 구성될 수 있다.

[0029] 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 테이블들이 병행하여 사용될 수 있으며, 또는 1 이상의 테이블이 노광에 사용되고 있는 동안 1 이상의 다른 테이블에서는 준비작업 단계가 수행될 수 있다.

[0030] 도 1을 참조하면, 일루미네이터(IL)는 방사선 소스(SO)로부터 방사선 빔을 수용한다. 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 시스템(BD)의 도움으로, 소스(SO)로부터 일루미네이터(IL)로 통과된다. 다른 경우, 예를 들어 상기 소스가 수은 램프인 경우, 상기 소스는 리소그래피 장치의 통합부일 수 있다. 상기 소스(SO) 및 일루미네이터(IL)는, 필요에 따라 빔 전달 시스템(BD)과 함께 방사선 시스템이라고도 칭해질 수 있다.

[0031] 상기 일루미네이터(IL)는 방사선 빔의 각도 세기 분포를 조정하는 조정기(AD)를 포함할 수 있다. 일반적으로, 일루미네이터의 퓨필 평면 내의 세기 분포의 적어도 외반경 및/또는 내반경 크기(통상적으로, 각각 외측-σ 및 내측-σ라 함)가 조정될 수 있다. 또한, 일루미네이터(IL)는 인티그레이터 및 콘덴서와 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 지지 구조체(예를 들어, 마스크 테이블)(MT) 상에 유지되어 있는 패터닝 디바이스[예를 들어, 마스크(MA)] 상에 입사되며, 패터닝 디바이스에 의해 패터닝된다. 상기 패터닝 디바이스(예를 들어, 마스크)(MA)를 가로지른 후, 상기 방사선 빔(B)은 투영 시스템(PS)을 통과하며, 상기 투영 시스템은 기판(W)의 타겟부(C) 상에 상기 빔을 포커스한다. 제 2 위치설정기(PW) 및 위치 센서(IF2)(예를 들어, 간섭계 디바이스, 리니어 인코더 또는 용량성 센서)의 도움으로, 기판 테이블(WT)은 예를 들어 방사선 빔(B)의 경로 내에 상이한 타겟부(C)들을 위치시키도록 정확하게 이동될 수 있다. 이와 유사하게, 제 1 위치설정기(PM) 및 또 다른 위치 센서(IF1)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.

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

[0034] 1. 스텝 모드에서, 지지 구조체(예를 들어, 마스크 테이블)(MT) 및 기판 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, 기판 테이블(WT)은 상이한 타겟부(C)가 노광될 수 있도록 X 및/또는 Y 방향으로 시프트된다.

[0035] 2. 스캔 모드에서, 지지 구조체(예를 들어, 마스크 테이블)(MT) 및 기판 테이블(WT)은 방사선 빔에 부여된 패턴이 타겟부(C) 상에 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.

[0036] 3. 또 다른 모드에서, 지지 구조체(예를 들어, 마스크 테이블)(MT)은 프로그래밍가능한 패터닝 디바이스를 유지하여 기본적으로 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 채택되며, 프로그래밍가능한 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 프로그래밍가능한 거울 어레이와 같은 프로그래밍가능한 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 광학기 유닛(44) 및 투영 시스템(PS)을 포함하는 투영 장치를 보다 상세히 도시하고 있다. 방사선 시스템(42)은 방전 플라즈마에 의하여 형성될 수 있는 방사선 소스(SO)를 포함한다. EUV 방사선은 가스 또는 증기, 매우 고온의 플라즈마가 생성되어 전자기 스펙트럼의 EUV 범위 내에서 방사선을 방출하는, 예를 들어 Xe 가스, Li 증기 또는 Sn 증기에 의하여 생성될 수 있다. 매우 고온의 플라즈마는, 예를 들어 방전에 의하여 적어도 부분적으로 이온화된 플라즈마를 유도함으로써 생성된다. 방사선의 효율적인 생성을 위해서는, 예를 들어, Xe, Li, Sn 또는 여하한의 다른 적합한 가스나 증기의 부분압, 가령 10 Pa의 부분압을 필

요로 할 수 있다. 방사선 소스(SO)에 의하여 방출되는 방사선은 소스 챔버(47) 내 또는 뒤에 위치되는 가스 방벽 또는 오염물 트랩(예를 들어, 포일 트랩)(49)을 통해 소스 챔버(47)로부터 콜렉터 챔버(48)로 전달된다. 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 실시예에서는, 도 3에 기술된 바와 같이 주석(Sn) 소스가 EUV 소스로서 적용된다.

[0039] 콜렉터 챔버(48)는 스침각 입사 콜렉터(grazing incidence collector)에 의하여 형성될 수 있는 방사선 콜렉터(50)를 포함한다. 방사선 콜렉터(50)는 상류 방사선 콜렉터 측(50a) 및 하류 방사선 콜렉터 측(50b)을 갖는다. 방사선 콜렉터(50)는 도 2에 도시된 바와 같이 리플렉터들(142, 143) 및 외측 리플렉터(146)를 포함한다. 콜렉터(50)를 지난 방사선은 스펙트럼 필터(51)에서 반사되어 콜렉터 챔버(48)의 어퍼처에 있는 버츄얼 소스 포인트(52)에 포커스될 수 있다. 콜렉터 챔버(48)로부터, 방사선 빔(56)은 조명 광학기 유닛(44) 내에서 수직 입사 반사기들(53, 54)을 통해 지지체(MT) 상에 위치된 패터닝 디바이스(MA) 상으로 반사된다. 투영 시스템(PS) 내에서 반사 요소들(58, 59)을 통해 기판 테이블(WT) 상으로 이미징되는 패터닝된 빔(57)이 형성된다. 일반적으로 조명 광학기 유닛(44) 및 투영 시스템(PS) 내에는 도시된 것보다 많은 수의 요소들이 존재할 수 있다. 선택적으로는, 리소그래피 장치의 타입에 따라 격자 스펙트럼 필터(51)가 존재할 수 있다. 또한, 도 2에 도시된 것보다 많은 거울들이 존재할 수 있는데, 예를 들면 반사 요소들(58, 59)보다 1 내지 4 개 더 많은 반사 요소들이 존재할 수 있다.

[0040] 방사선 콜렉터(50)는 외측 리플렉터(146)의 외측 표면 상의 추가 피처들 또는 외측 리플렉터(146) 주위의 추가 피처들, 예를 들어 보호 홀더, 히터 등을 가질 수 있다는 것을 이해하여야 한다. 참조 부호 180은 2 개의 리플렉터, 예를 들어 리플렉터 142와 143 사이의 공간을 나타내고 있다. 각각의 리플렉터(142, 143, 146)는 적어도 2 개의 인접한 반사면들을 포함할 수 있으며, 소스(SO)로부터 먼 반사면들이 소스(SO)에 대해 보다 근접해 있는 반사면보다 광학 축(O)에 대해 보다 작은 각으로 배치된다. 이러한 방식으로, 스침각 입사 콜렉터(50)는 광학 축(O)을 따라 전파되는 (E)UV 방사선의 빔을 생성하도록 구성된다.

[0041] 콜렉터 거울(50)인 스침각 입사 거울을 이용하는 대신에, 수직 입사 콜렉터가 적용될 수도 있다. 본 명세서의 일 실시예인 반사기들(143, 143, 146)을 갖는 네스트(nested) 콜렉터로서 보다 상세히 기술되며 그 중에서도 도 2에 개략적으로 도시된 바와 같이 콜렉터 거울(50)은 또한 콜렉터(또는 콜렉터 거울)의 일 예시로서 이용된다. 따라서, 적용가능할 경우, 스침각 입사 콜렉터인 콜렉터 거울(50)이 일반적인 콜렉터로서 해석되며 특정 실시예에서는 수직 입사 콜렉터로서도 해석될 수 있다.

[0042] 또한, 격자(51) 대신에 도 2에 개략적으로 나타낸 바와 같이 투과형 광학 필터가 적용될 수도 있다. EUV에 대해 투과적이며 UV 방사선에 대해 덜 투과적이거나 UV 방사선을 실질적으로 흡수하는 광학 필터들이 당업계에서 알려져 있다. 따라서, "격자 스펙트럼 정화 필터"는 본 명세서에서 "스펙트럼 정화 필터"로서 나타나 있으며, 이는 격자들 또는 투과형 필터들을 포함한다. 예를 들어, 콜렉터 거울(50)의 상류에 배치되는 EUV 투과형 광학 필터, 또는 조명 유닛(44) 및/또는 투영 시스템(PS) 내의 광학 EUV 투과 필터들이 도 2에는 도시되지 않았으나 포함될 수 있다.

[0043] 이해할 수 있듯이, 오염물 트랩(49) 및/또는 방사선 콜렉터(50) 및/또는 스펙트럼 정화 필터(51)는 조명 광학기(44)의 일부일 수 있다. 이와 유사하게, 반사형 요소들(53 및 54)은 방사선 시스템(42)의 일부일 수 있다.

[0044] 도 1 및 2의 실시예에서, 리소그래피 장치(1)는 패터닝 디바이스(MA)가 프로그램가능한 거울 어레이인 마스크없는 장치이다. 이러한 어레이의 일 예시로는 점탄성 제어층과 반사면을 갖는 매트릭스-어드레서블 표면이 있다. 이러한 장치의 기본 원리는, 예를 들어 반사면의 어드레스된 영역들이 입사 방사선을 회절된 방사선으로 반사시키는 반면, 어드레스되지 않은 영역들은 방사선을 회절되지 않은 방사선으로 반사시키는 것이다. 적절한 필터를 이용하면, 어드레스되지 않은 방사선을 반사된 빔으로부터 필터링하여 회절된 방사선 빔만을 남게 할 수 있다. 이러한 방식으로, 빔은 매트릭스 어드레서블 표면의 어드레싱 패턴에 따라 패터닝된다. 프로그램가능한 거울 어레이의 대안적인 실시예는 작은 거울들의 매트릭스 구성을 채택할 수 있으며, 상기 작은 거울들 각각은 적절히 국부화된 전기장을 적용하거나 압전 액추에이터들을 채용함으로써 축에 대해 개별적으로 기울어질 수 있다. 한 번 더 말해, 거울들은 매트릭스 어드레서블하여 어드레스된 거울들이 입사하는 방사선 빔을 상이한 방향으로 어드레스되지 않은 거울들에 반사시킨다. 이러한 방식으로, 반사된 빔은 매트릭스-어드레서블 거울들의 어드레싱 패턴에 따라 패터닝된다. 적합한 전자기기를 이용하여 필요한 매트릭스 어드레싱이 수행될 수 있다. 상술된 상황들 모두에서는, 패터닝 디바이스가 1 이상의 프로그램가능한 거울 어레이를 포함할 수 있다. 본 명세서에 언급된 바와 같은 거울 어레이들에 관한 보다 많은 정보는, 예를 들어 미국특허 제 5,296,891 호와 제

5,523,193 호 및 PCT 공개공보 WO 98/38597 및 WO 98/33096에서 찾을 수 있다. 프로그램가능한 거울 어레이의 경우에, 지지 구조체는 예를 들어 필요에 따라 고정되거나 이동가능한 프레임 또는 테이블일 수 있다.

[0045] 프로그램가능한 거울 어레이 내의 거울들의 크기(들)은 일반적으로 통상적인(반사형 또는 투과형) 마스크 상에 존재하는 패턴의 임계 치수보다 크다. 이와 같이, 마스크없는 리소그래피 장치는 일반적으로 마스크-없는 장치가 아닌 장치(non-maskless apparatus)보다 큰 증감 인자(de-multiplication factor)를 갖는 투영 렌즈를 필요로 한다. 예를 들어, 마스크없는 리소그래피 장치의 증감 인자는 대략 100인 반면, 마스크없는 장치가 아닌 장치의 증감 인자는 대략 4이다. 그러므로, 투영시스템의 주어진 개구수에 대하여, 마스크없는 장치에서 투영 시스템(PS)에 의해 수집되는 패터닝된 방사선 빔은 통상적인(반사형 또는 투과형) 마스크를 이용하는 리소그래피 장치의 것보다 훨씬 더 작다. 이는, 나아가 마스크없는 장치의 에텐듀를 제한한다.

[0046] 통상적인 패터닝 디바이스 적용례에 대해 현상되는 기존 EUV 소스(SO)는 마스크없는 리소그래피 장치의 것보다 현저히 더 큰 소스 에텐듀를 가질 수 있다. 소스의 에텐듀가 리소그래피 장치의 에텐듀보다 큰 경우, 방사선은 소실될 수 있다. 결과적으로, 각각의 기판의 노광 시간이 더 길어질 수 있다. 이는 기판의 스루풋에 영향을 미칠 수 있다.

[0047] 마스크없는 장치의 작은 에텐듀로 인하여, 플라즈마 방사선 소스(SO)에 의하여 방출되는 모든 방사선들은 리소그래피 장치(1)에 의해 수집되어 방사선의 소실을 제한하는 것이 바람직하다. 소스(SO)에 의하여 방출되는 실질적으로 모든 방사선이 패터닝 디바이스(MA)를 조명하고 투영 시스템(PS)에 의하여 수집될 수 있도록 하기 위해서는, 소스(SO)의 에텐듀와 리소그래피 장치(1)의 에텐듀를 매치시키는 것이 바람직하다. 예를 들어, 도 1 및 2에서는, 대략 0.03 mm^2 스테라디안(steradian)보다 작은 범위 내로 소스의 에텐듀를 제한하는 것이 바람직하다.

[0048] 도 3은 방사선을 생성하도록 구성되는 방사선 소스를 개략적으로 도시하고 있다. 예를 들어, 상기 소스는 리소그래피 장치의 상술된 소스(SO)로서 사용될 수 있다. 또한, 상기 소스는 리소그래피와는 상이한 필드에서 사용될 수도 있다. 도 3의 실시예에서, 소스는 제 1 회전 전극(111) 및 제 2 회전 전극(112)을 갖는다. 상기 전극들(111, 112)의 회전 축선은 점선 Xr1, Xr2로 각각 표시되어 있다. 전극들(111, 112)의 아래의 부분들은 냉각 바스들(14, 15) 내로 연장되어 상기 냉각 바스들(14, 15) 내에 포함되는 냉각 매체에 의하여 냉각된다. 또한, 바스들(111) 중 하나는 플라즈마 연료 저장소로서 기능한다(즉, 각각의 냉각 매체는 또한 플라즈마 연료로서의 역할을 한다). 예를 들어, 플라즈마 연료 저장소(14)는 액체 상태의 플라즈마 연료, 예를 들어 액체 주석(Sn)을 포함할 수 있다. 예를 들어, 본 적용례에서 플라즈마 연료는 주석(Sn), 크세논(xe), 리튬(Li), 가돌리늄(Gd), 테르븀(Tb) 또는 이러한 요소들의 여하한의 적합한 화합물 또는 조합이나, 다른 적합한 연료들일 수 있다. 작업 중에, 각각의 바스(14) 내의 플라즈마 연료는 각각의 회전 전극(111)을 적실(wet) 수 있다[즉, 연료의 층이 회전 전극(111)의 외측 표면에 들러붙는다]. 다른 바스(15)는 연료 바스(14)와 동일한 재료 또는 상이한 재료(특히, 액체)를 포함할 수 있다. 또한, 소스에는 적합한 큰 인장의 연결선(23)을 통해 전극들(111, 112)에 연결되는 고전압 전력 소스(22)가 제공되어 전극들(111, 112) 사이에서 방전(Ed)을 유도한다. 예를 들어, 연결선(23)은 도 3 내지 4에서와 같이 (예를 들어, 각각의 회전 축 또는 적합한 저마찰 콘택트들을 통해) 전극들(111, 112)과 직접 연결될 수 있다. 대안적으로, 연결선(23)은, 예를 들어 바스들(14, 15)을 통해, 특히 매체가 도전성인 경우에 이들 바스(14, 15)(도 5a 참조) 내에 포함되는 (냉각) 매체를 통해 전극들(111, 112)과 간접적으로 접촉할 수 있다.

[0049] 연료 방출부(21) 또는 연료 방출 인듀서(inducer)가 제공된다. 연료 방출부(21)는 연료 방출 영역으로부터 연료 공급 전극(111)에 의하여 공급되는 연료의 증발을 유도하여 방사선-방출 플라즈마(RP)를 생성하도록 구성된다. 본 실시예에서, 연료 방출 영역은 회전 플라즈마 연료 공급 전극(111)의 젖은 표면의 부분 또는 섹션이며, 상기 부분은 연료 방출부(21)에 의하여 형성된다. 특히, 연료 방출부는 전극(111)의 젖은 표면으로 레이저 빔(Le)을 방출하여(이에 의하여 연료 방출 영역을 형성함) 연료 방출 영역으로부터 연료의 방출을 실현하는 레이저 소스일 수 있다. 예를 들어, 레이저 빔(Le)은 전극(111)으로부터의 연료의 적어도 일부를 열적으로 소실시키기에 충분히 강력할 수 있다. 이 실시예에서, 레이저 빔으로 조명되는 연료 방출 영역은 전극들 중 하나(111)의 일부이다. 작업 동안, 전극들(111, 112)은 저압 환경, 예를 들어 진공 환경에 배치되어 방출되는 연료가 연료 방출 영역으로부터 신속하게 증발될 수 있도록 하고 방출 연료를 이용하여 전극들 사이에서 방전이 일어날 수 있도록 한다. 도 4a, 4b에 따른 소스의 작업 동안, 상기 영역으로부터 방출되는 연료는 대향되는 회전 전극(112)에 도달하여 전극들 간의 전류 경로를 제공한다. 전력 소스(22)에 의하여 제공되는 전극들(111, 112) 간의 큰 인장은 전류 경로를 통해 전극들(111, 112) 간의 방전(Ed)(점선으로 도시됨)을 개시하며, 상기 방전

(Ed)은 방사선(연료가 주석이거나 EUV 방사선을 방출하기에 적합한 다른 연료인 경우에는 EUV 방사선)을 방출시키는 방사선-방출 플라즈마(RP)를 생성시킨다. 도 3에 도시된 바와 같이, 이 실시예에서는 플라즈마(RP)가 상대적으로 큰 에텐듀를 유도하는 타원의 형상을 갖는다. 도 3의 실시예에서 플라즈마의 밀도는 방전 동안 전극들에 대해 대칭을 이루지 않는다[즉, 플라즈마 밀도는 다른 전극(112) 부근의 플라즈마 밀도와 비교하여 연료 증발 전극(111) 부근에서 더 높다].

[0050] 도 7은 도 3의 실시예와 유사하고 2 개의 회전 전극(111', 112') 및 각각의 바스(14', 15')를 포함하는 실시예를 도시하고 있으며, 이 경우에 각각의 전극(111', 112')은 급격하게 경사진 에지를 가지며, 각각의 전극(111', 112')은 수직방향으로 위치되고 상호 정렬된다. 도 7의 실시예에서, 전극들(111', 112')은 (원하는 방사선 방출 경로의 하류의 부분에 대하여) 전극 표면으로부터의 탄도 데브리(ballistic debris)의 방출에 대해 "셀프-셰이딩"하다. 다시 말해, 전극들(111', 112')은 (광학 축선을 따라) 일반적으로 원하는 방사선 방출 방향(RD)으로 데브리 방출 경로의 일부를 물리적으로 차단하도록 배치된다.

[0051] 특히, 회전 디스크 전극들(예를 들어, 도 5, 7 참조)을 갖는 소스 디자인에서는, 전극들 중 하나(예를 들어, 캐소드)로부터의 액체 연료(예를 들어, 주석)의 레이저 증발에 의해 방전이 촉발된다. 이는, 방전의 순간에 연료 플라즈마의 비대칭 분포를 야기한다 - 즉, 플라즈마 밀도는 증발이 일어나는 곳의 전극(111, 111') 부근에서 최대가 된다 - . 결과적으로, (예를 들어, EUV) 핀치는 전극들 사이의 중간 부근에서는 조성되지 않고, 캐소드에 매우 근접하게 조성된다. 이 짧은 거리는 핀치 및 캐소드를 해소하기 위하여 선택적으로 하류의 오염물 경감 디바이스(49)의 포일들의 매우 근접한 간격을 필요로 한다. 캐소드(111, 111')로부터의 레이저 증발이 최적이 아닌 경우의 또 다른 적용은 상술된 셀프-셰이딩 전극들이다. 이는 플라즈마가 전극 표면에 대해 수직한 방향으로 팽창하기 때문이며, 이 방향은 셀프-셰이딩 전극들의 경우에 방전 방향과 평행하지 않다. 이는 셀프-예이딩 전극들의 보호 각을 제한한다.

[0052] 도 4a, 4b는 상대적으로 작은 에텐듀를 제공할 수 있는 개선된 방사선 소스 실시예를 개략적으로 도시하고 있다. 또한, 도 4a, 4b에 따른 실시예는 보다 균질한 플라즈마 또는 적어도 보다 대칭적으로 분포되는 밀도를 갖는 플라즈마를 제공할 수 있다. 도 4a, 4b의 실시예는 연료 방출 영역이 제 1 및 제 2 회전 전극(14, 15) 각각으로부터 이격되어 있다는 점에서 도 3의 실시예와는 상이하다.

[0053] 도 4a, 4b의 실시예는 소스의 EUV 방출 영역(즉, 플라즈마 RP)의 감소된 축방향 크기를 제공함으로써 감소된 소스 에텐듀를 제공할 수 있다. 플라즈마 소스의 조정된(예를 들어, 저감된) 에텐듀는 소스의 에텐듀와 리소그래피 장치(1)의 에텐듀의 매칭을 가져올 수 있다.

[0054] 추가 실시예에서, 연료 공급부(14)는 연료 저장소로부터 연료 방출 영역까지 연료를 이송하도록 구성되는 연료 이송 시스템을 포함하거나 그 일부이다. 또한, 일 실시예에 따르면, 방사선 소스는 연료 공급부(13)를 회전시키도록 구성되는 1 이상의 드라이브 기구(19)를 포함한다. 도 4a, 4b의 실시예에서, 특히 연료 공급 전극(13)은 적어도 제 1 및 제 2 방전 전극(11, 12)의 일부가 아니다.

[0055] 특히, 도 4a, 4b의 실시예는 방사선을 생성하기 위하여 이용시 방전(Ed)을 일으키도록 구성되는 적어도 3 개의 회전 전극(11, 12, 13)(본 실시예에서는 3 개)이 제공된다. 이 경우에, 3 개의 외측 전극(11, 12)이 제공되며, 1 개의 제 3 전극(13)이 외측 전극들(11, 12) 사이에서 연장되어 배치된다. 전극들(11, 12, 13) 각각은 작업 동안 각각의 회전 축(Xr1, Xr2, Xr3)을 중심으로 회전되는 회전 전극이다. 전극들(11, 12, 13)을 구동하기 위한 드라이브 수단은 도시되지 않았다. 이러한 드라이브 수단들은 다양한 방식으로 구성될 수 있으며, 당업자라면 이해할 수 있듯이 적합한 베어링, 전극들(11, 12, 13)에 직접 또는 간접적으로 연결되는 모터, 트랜스미션, 전극 캐리어, 및/또는 다른 적합한 전극 회전 인듀서를 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 전극들(11, 12, 13)은 단일 드라이브 유닛이 전극들(11, 12, 13)을 동시에 구동할 수 있도록 서로 상호연결될 수 있다. 전극들(11, 12, 13)은 서로 독립적으로 구동될 수 있다. 일 실시예에서, 전극들(11, 12, 13)은 작업 동안 동일한 회전 속도를 가질 수 있다. 일 실시예에서는, 예를 들어 제 3 전극의 회전 속도가 외측 전극들(11, 12)의 회전 속도보다 빠르거나 느릴 수 있다.

[0056] 전극들(11, 12, 13) 각각은 다양한 방식으로 구성되고 성형될 수 있다. 예를 들어, 전극들(11, 12, 13) 각각은 회전 휠일 수 있다. 전극들(11, 12, 13) 각각은 회전 대칭이거나 원통형 유닛일 수 있다. 각각의 전극(11, 12, 13)은 도전성 재료, 예를 들어 1 이상의 금속으로 이루어지거나 그를 포함할 수 있다. 각각의 전극(11, 12, 13)은 높은 열적 부하와 전기적 부하 하에서 작동할 수 있는 재료로 만들어지는 것이 바람직하다. 외측 전극들(11, 12)은 서로에 대해 유사하거나 상이하게 구성되고 성형될 수 있다. 또한, 제 3(또는 내측) 회전 전극(13)은 외측 전극들(11, 12) 중 하나 또는 그들 각각에 대해 유사하거나 상이하게 구성되고 성형될 수 있다.

본 실시예에서, 예를 들어 내측 전극(13)은 외측 전극(11, 12)의 직경보다 작은 직경을 갖는다. 대안적으로 내측 전극(13)의 직경은 외측 전극들(11, 12)의 직경과 같거나 그 보다 큰 직경을 가질 수 있다.

[0057] 일 실시예에서, 예를 들어 전극들의 회전 축들은 서로에 대해 평행할 수 있다. 하지만, 본 실시예에서는 회전 축들(Xr1, Xr2, Xr3)이 상이한 방향들로 연장된다. 또한, 예를 들어 회전 축들(Xr1, Xr2, Xr3) 모두는 (본 실시예에서와 같이) 동일한 버츄얼 수직방향 평면 또는 상이한 수직방향 평면에서 연장될 수 있다. 본 실시예에서, 전극들의 하단부들 사이의 거리가 전극들(11, 12, 13)의 대향되는 (상부의) 방전 단부들 간의 거리보다 길도록 외측 전극들(11, 12)이 제 3 전극(13)에 대해 기울어져 있다. 본 실시예에서, 제 3 전극은 적어도 제 1 및 제 2 전극(11, 12)의 방전 영역에 대하여 대칭의 관계로 각각의 연료 방출 영역(이후 참조)을 위치시키도록 배치된다. 특히, 이를 위하여, (연료 방출 작업 동안) 제 3 전극(13)의 최상부는 외측 전극들(11, 12) 각각의 최상부 부근으로부터 같은 거리(L1)만큼 이격된다(도 4b 참조).

[0058] 본 실시예에서, 전극들(11, 12, 13)의 (아래) 부분들은 제 1 바스들(14, 15) 및 제 2 바스(16) 내에 포함되는 액체 내로 연장된다[즉, 상기 액체 내에 살짝 담그어지거나(dip) 상기 액체와 접촉한다]. 제 3 전극(13)과 관련된 제 2 바스(16)는 플라즈마 연료 저장소로서 작용한다 - 즉, 또한 바스(16) 내에 포함되는 액체는 플라즈마 연료로서의 역할을 한다 - . 예를 들어, 플라즈마 연료 저장 바스(16)는 액체 상태의 플라즈마 연료, 예를 들어 액체 주석이나 다른 적합한 연료를 포함할 수 있다. 예를 들어, 레이저(21)와 제 3 전극(13) 및 연료 저장소(16)를 조합하여 증발되는 플라즈마 연료를 생성하도록 구성되는 "연료 증발 시스템(13, 16, 21)"이라 칭할 수 있다. 일 실시예에서는, 증발 시스템에 연료 액적 생성기 또는 연료 제트 생성기(그 예들이 후술되며, 도 9 참조)가 제공되는 경우에 연료 전달 유닛(13)이 그를 통해 이동하거나 회전되는 연료 바스를 포함하지 않는 연료 증발 시스템이 제공될 수 있다.

[0059] 작업 동안, 플라즈마 연료(16)는 각각의 회전하는 제 3 전극(13)을 적실 수 있다[즉, 연료의 층이 회전하는 전극(13)의 외측 표면에 들러붙는다]. 다른(제 1) 바스들(14, 15)은 연료 바스(16)와 같은 재료 또는 상이한 재료(특히 액체)를 포함할 수 있다. 본 실시예에서, 상이한 바스들(14, 15, 16)은 3 개의 회전 전극(11, 12, 13)과 연관된다. 대안적으로, 예를 들어 보다 적은 수의 바스들, 가령 매체를 포함하는 단일 바스가 제공될 수 있으며, 전극들(11, 12, 13) 각각은 상기 매체 내로 부분적으로 연장되거나, 또는 1 개의 연료 저장소(15)는 제 3 전극(13)으로 연료를 제공하고 1 개의 제 2 저장소는 외측 전극들(11, 12)과 접촉하는 매체를 포함한다. 본 실시예에서, 각각의 바스(14, 15, 16) 내에 포함되는 액체는 각각의 회전 전극(11, 12, 13)을 위한 냉각 매체로서 작용한다. 또한, 당업자라면 이해할 수 있듯이 바스(14, 15, 16)에는 냉각 매체 온도 컨디셔닝 시스템(도시 안됨), 예를 들어 냉장 시스템 및/또는 냉각 매체 순환 시스템이 제공되어 바스들 내에 포함되는 냉각 매체의 온도를 컨디셔닝할 수 있다.

[0060] 또한, 도 4a, 4b의 실시예에는 적합한 고 인장 연결선들(23)을 통해 전극들(11, 12)에 연결되는 고전압 전력 소스(22)가 제공되어 외측 전극들(11, 12)과 제 3 전극 간의 방전들(Ed)을 각각 유도한다. 예를 들어, 제 1 및 제 2 전극(11, 12)은 애노드로서 작용하고, 제 3 전극은 캐소드로서 작용할 수 있으며, 그 역의 관계도 가능하다.

[0061] 연료 방출부(21), 또는 연료 방출 인듀서, 예컨대 레이저 디바이스가 제공될 수 있다. 연료 방출부(21)는 제 3 전극(13)의 젖은 표면에 레이저 빔(Le)을 방출하여[이에 의하여 전극(13)의 각각의 연료로 젖은 외측 표면으로부터 연료 방출 영역을 형성함] 연료 방출 영역으로부터 연료의 방출을 실현하도록 구성될 수 있다. 작업 동안, 전극들(111, 112)은 저압 환경, 예를 들어 진공 환경에 배치되어 방출되는 연료가 연료 방출 영역으로부터 신속하게 증발될 수 있도록 하고 방출 연료를 이용하여 전극들 사이에서 방전이 일어날 수 있도록 한다.

[0062] 도 4a, 4b의 소스의 작업은 리소그래피 디바이스 제조방법의 일부를 구성하지만 필수적인 것은 아니다. 소스의 작업은 방사선을 생성하기 위한 방법이며, 회전 연료 공급 전극(13)이 제 1 및 제 2 전극(11, 12)으로부터 이격된 각각의 연료 방출 영역으로 [저장소(16)로부터의] 연료를 공급한다. 레이저 유닛(21)은 연료 방출 영역으로부터 다른 전극들(11, 12)과 연관된 방전 경로를 향한 연료의 방출을 유도한다. 그 다음, 전극들(11, 12, 13) 간의 방전(Ed)이 방출된 연료로부터 방사선-방출 플라즈마(RP)를 생성한다. 특히, 한편으로는 각각의 제 1 전극(11)과 제 2 전극(12) 사이에서 그리고 다른 한편으로는 제 3 전극(13)과의 사이에서 방전이 개시된다. 또한, 이용 동안에 전극들(11, 12, 13)은 서로에 대해 상대적으로 위치되어 이용시 전극들 사이에서 연장되는 방전 경로들이 실질적으로 만곡되어 방사선-방출 플라즈마(RP)를 압축하는 힘을 발생시키도록 구성된다. 일 실시예에서, 전극들(11, 12, 13) 각각의 적어도 일부는 각각의 바스(13, 14, 15)에 의하여 유지되는 열 제거 매체를 통해 회전하거나 연속적으로 이동한다.

[0063] 예를 들어, 도 4a, 4b에 따른 소스의 작업 동안에는 모든 전극들(11, 12, 13)이 회전하며 냉각 연료[냉각 바스(14, 15, 16)를 통해 전극들을 적심]에 의하여 냉각된다. 제 3 전극(13)은 각각의 바스(16)로부터 레이저(21)에 의해 조명될 수 있는 영역(즉, 본 실시예에서는 전극의 최상부 부분)으로 연료를 이송하기 위하여 연료 이송 디바이스로서 작용할 수 있다. 레이저 조명시, 연료는 제 3 회전 전극(13)으로부터 방출된다. 제 3 전극(13)에 의하여/으로부터 방출되는 연료는 외측 전극(11, 12)의 부분들 부근의 표면에 도달하여 그들 사이에 복수의 전류 경로(Ed)를 제공할 수 있다. 전력 소스(22)에 의하여 제공되는 전극들(11, 12, 13) 간의 큰 인장은 전류 경로를 통해 전극들(11, 12, 13) 간의 방전(Ed)(점선으로 도시됨)을 개시하며, 상기 방전(Ed)은 방사선(연료가 주석이거나 EUV 방사선을 방출하기에 적합한 다른 연료인 경우에는 EUV 방사선)을 방출시키는 방사선-방출 플라즈마(RP)를 생성시킨다. 방사선 방출의 제어는, 예를 들어 레이저(21) 및/또는 전력 소스(22)를 제어함으로써 달성될 수 있다. 예를 들어, 상기 소스는 당업자라면 이해할 수 있듯이 방사선을 연속적으로, 반-연속적으로, 간헐적으로, 펄스와 같은(pulse-like) 방식으로 (펄스화된 소스를) 주기적으로, 그리고 또는 상이한 방식으로 작동될 수 있다.

[0064] 도 4a에 나타낸 바와 같이, 플라즈마(RP)는 도 3에 도시된 형상에 비해 축소된 축방향 형상을 갖는다. 도 4a, 4b의 실시예는 만곡된 방전(Ed)(도 4a 참조)을 위한 만곡된 전기적 경로를 제공하여 전자기적 상호작용을 통해 방사선-방출 플라즈마(RP)를 축방향으로 한정시킬 수 있다고 여겨진다. 따라서, 바람직하며 상대적으로 작은 소스 에텐듀가 얻어질 수 있다.

[0065] 따라서, 본 실시예는 일 전극으로부터 다른 전극으로의 핀치 전파를 방지하는 필드 구조를 제공할 수 있다. 또한, 추가 실시예에 따르면, 유용한 방사선 파워의 상대적으로 많은 양이 동일한 입력(전기적) 파워에 대해 전달되어 스루풋을 증가시키고 열적 부하 및 기반구조의 요건들을 저감시킬 수 있도록 에텐듀가 매칭될 수 있다.

[0066] 도 5a, 5b는 방사선 소스의 일 실시예의 또 다른 비-제한적인 예시를 도시하고 있다. 도 5a, 5b의 소스 구조는 도 4a, 4b의 구조와 실질적으로 동일하다. 차이점은, 제 3 회전 요소(즉, 연료 공급부)(63)가 전극이 아니거나 또는 방사선 방출 작업 동안 고 인장 전력 소스(22)에 전기적으로 연결되지 않는다는 점이다. 도 5a, 5b의 실시예에서, 공급 유닛(63)에 의하여 제공되는 각각의 연료 방출 영역은 또한 회전하는 제 1 및 제 2 전극(61, 62) 각각으로부터 이격되어 있다. 특히, 이 경우에, 연료 공급부(63)는 제 1 및 제 2 방전 전극들(61, 62)의 부분이 아니다.

[0067] 도 5의 실시예는 전극들(61, 62)(도 8, 9 참조)과 관련된 상대적으로 큰 보호 각과, 전극들(61, 62)에 대한 플라즈마의 상대적으로 대칭적인 분포를 제공할 수 있는 개선된 방사선 소스 실시예를 제공할 수 있다.

[0068] 도 5a, 5b의 실시예는 적어도 3 개의 회전 유닛(61, 62, 63)(본 실시예에서는 3 개)이 제공되며, 외측 유닛들(61, 62)은 이용 동안 그들 사이에서 방전들(Ed)을 일으켜 방사선을 생성하도록 구성된다. 전극들(61, 62)을 구동(즉, 회전)시키기 위한 드라이브 수단들 참조 부호 19'로 개략적으로 도시되어 있다. 이러한 드라이브 수단은 다양한 방식으로 구성될 수 있으며, 당업자라면 이해할 수 있듯이 베어링, 상기 유닛들에 직접 또는 간접적으로 연결되는 모터를 포함할 수 있다.

[0069] 도 5a, 5b에 예시된 실시예에서, (2 개의) 전극들(61, 62)의 (아래) 부분들은 각각의 제 1 바스들(64, 65) 내에 포함되는 냉각 액체 내로 연장된다[즉, 상기 액체 내에 살짝 담그어지거나 상기 액체와 접촉한다]. 제 3 회전 유닛(63)과 관련된 제 2 바스(66)는 플라즈마 연료 저장소로서 작용한다 - 즉, 바스(66) 내에 포함되는 액체가 플라즈마 연료로서의 역할을 한다 - . 작업 동안, 플라즈마 연료(66)는 각각의 제 3 회전 유닛(63)을 적실 수 있다. 다른 (제 1) 바스들(64, 65)은 연료 바스(66)와 같은 재료나 상이한 재료(특히 액체)를 포함할 수 있다. 본 실시예에서, 상이한 바스들(64, 65, 66)은 3 개의 회전 유닛들(61, 62, 63)과 연관된다. 일 실시예에서는, (위에서 언급된 바와 같이) 보다 적은 수의 바스가 제공될 수 있다. 본 실시예에서, 각각의 바스(64, 65) 내에 포함되는 액체는 각각의 회전 전극(61, 62)에 대한 냉각 매체로서 작용한다. 상술된 바와 같이, 예를 들어 냉각 바스(64, 65)에는 당업자라면 이해할 수 있듯이 냉각 매체 온도 컨디셔닝 시스템(도시 안됨), 예를 들어 냉장 시스템 및/또는 냉각 매체 순환 시스템이 제공되어 바스들 내에 포함되는 냉각 매체의 온도를 컨디셔닝할 수 있다. 회전 연료 공급 유닛(63)과 연관된 연료 바스(66)는 상기 유닛을 냉각시키기 위한 냉각 바스로서 작용하지 않거나 다른 바스(들)(64, 65)에 의하여 제공되는 냉각 능력보다 작은 냉각 능력을 가질 수 있다.

[0070] 도 5a, 5b의 실시예에는 적합한 고 인장 연결선들(23)을 통해 전극들(61, 62)에 연결되는 고전압 전력 소스(22)가 제공되어 전극들(61, 62) 간의 방전들(Ed)을 유도한다. 이 실시예에서는, 예를 들어 연결선들(23)이 바스(64, 65)를 통해, 특히 이들 바스(64, 65) 내에 포함되는 도전성 냉각 매체(예를 들어, 액체 금속, 가령 주석)

을 통해 전극들(61, 62)에 간접적인 방식으로 전기적으로 커플링된다.

[0071] 다시 말해, 연료 방출부(21), 또는 연료 방출 인듀서, 예컨대 레이저 디바이스가 제공되며, 이는 회전 연료 공급부(63)의 젖은 표면에 레이저 빔(Le)을 방출하여 연료 방출 영역으로부터 연료의 방출을 실현하도록 구성된다.

[0072] 회전 유닛들(61, 62, 63) 각각은 다양한 방식으로 구성되고 성형될 수 있다. 예를 들어, 각각의 전극(61, 62)은 회전 휠일 수 있다. 전극들(61, 62) 각각은 회전 대칭이거나 원통형 유닛일 수 있다. 각각의 전극(61, 62)은 도전성 재료, 예를 들어 1 이상의 금속으로 이루어지거나 그를 포함할 수 있다. 각각의 전극(61, 62)은 서로에 대해 유사하거나 상이하게 구성되고 성형될 수 있다. 본 실시예에서, 제 3(또는 내측) 회전 유닛(63)은 전극들(61, 62)의 직경보다 작은 직경을 갖는다. 도 5b에 예시된 바와 같이, 제 3 유닛(63)의 최상부는 전극들(61, 62)의 최상부 아래의 레벨에 배치된다. 제 3 유닛(63)의 최상부는 전극들(61, 62)의 회전 축의 레벨 아래에 배치될 수 있다. 또한, 제 3 유닛(63)에 의하여 제공되는 연료 공급 영역은 전극들(61, 62)의 회전 축들의 레벨 아래에 배치된다.

[0073] 도 5a에 예시된 바와 같이, 2 개의 전극(61, 62)의 회전 축은 상이한 방향으로 연장되며, 전극들(61, 62)은 그들의 전방의 (방전) 부분들 간의 거리가 그들의 대향되는 (후방) 부분들 간의 거리보다 길도록 연료 공급부(63)의 대향되는 표면들에 대해 경사져 있을 수 있다. 연료 공급부(63)는 적어도 제 1 및 제 2 전극(61, 62)의 방전 영역들에 대하여 대칭의 관계로 각각의 연료 방출 영역을 위치시키도록 배치될 수 있다. 특히, 이를 위하여, 연료 공급부(63)의 (작업 동안의) (연료 방출) 표면은 (도면에서와 같이) 전극들(61, 62) 각각의 에지들 부근에서 같은 거리만큼 이격될 수 있다.

[0074] 소스에는 1 이상의 쉴드(shield; 80)(도 5a에 직사각형의 점선으로 도시됨), 예를 들어 플레이트 또는 다른 요소들이 제공되어 하류의 방사선 수집 필드(도 5b에 각 β로 표시됨)로부터 연료 증발 위치[즉, 레이저 빔(Le)에 의하여 조명되는 연료 방출 영역]를 적어도 부분적으로 쉴딩할 수 있다. 방사선 수집 필드(원뿔 형상의 수집 필드이거나 상이한 구성이나 형상을 갖는 필드일 수 있음)의 최상부는 방사선 방출 플라즈마(RP)의 중심과 일치할 수 있다. 쉴드는 특정 적용례들, 예를 들어 위치에 민감한 오염물 트랩(49) 및 셀프-셰이딩 전극들(후술됨)에 대해서 장점을 가질 수 있음이 판명되었다. 이러한 쉴딩은 레이저 증발에 의하여 발생되는 미소입자들이 수집 각/필드(β) 내로 이동하는 것을 방지할 수 있다.

[0075] 예를 들어, 비-제한적인 실시예에 따르면, 소스 시스템은 작업 동안 각각의 주석(Sn) 바스들(64, 65)을 통해 회전하는 디스크-형상 전극들(61, 62), 또 다른 Sn 바스(66)를 통해 회전하는 디스크-형상 타겟(63), 및 레이저 빔(Le)을 포함할 수 있다. 타겟(63) 및 바스(66)는 전극들(61, 62) 및 그들의 바스들(64, 65)로부터 전기적으로 고립되는 것이 바람직하다. 제거된 연료가 원하는 방전 위치에서 전극들(61, 62) 모두에 도달되는 방식으로 타겟(63) 및 레이저 빔(Le)이 구성될 수 있다. 이는 증기가 전극들(61, 62) 모두에 동시에 도달되고 상기 전극들(61, 62) 사이의 중간부근에 '핀치(RP)'가 조성될 수 있도록 대칭으로 수행될 수 있다. 또한, 타겟 유닛(63)은 수집가능한 방사선을 막지 않도록 수집 각(β) 외측에 위치되는 것이 바람직하다. 상술된 바와 같이, [전극들(61, 62)을 보호하고 냉각시키는 데 사용되는] 연료 바스들(64, 65) 내의 액체들은 (상기 소스를 위한 연료로서 사용되는) 연료 바스(66) 내의 액체와 같은 액체이어야 할 필요는 없다. 예를 들어, 일 실시예에서 전극 바스들(64, 65) 내의 액체는 또 다른 저-용융점 금속, 예를 들어, Ga, In, Sn, Bi, Zn 또는 이들 금속의 합금일 수 있다.

[0076] 도 5a, 5b의 실시예의 작업은 방사선을 생성하기 위한 방법이며, 회전 연료 공급부(63)가 제 1 및 제 2 전극(61, 62)으로부터 이격된 각각의 연료 방출 영역으로 [저장소(66)로부터의] 연료를 공급한다. 레이저 빔(Le)은 2 개의 회전 전극들(61, 62) 사이에서 (실질적으로 직선으로) 연장되는 방전 경로를 향하여 연료를 증발시키기 위하여 회전 연료 공급 유닛(63)의 연료 막을 포함하는 표면 상에 연료 방출 역역을 형성한다. 그 다음, 전극들(61, 62) 간의 방전(Ed)은 방전 경로에 도달되는 증발된 연료의 일부로부터 방사선-방출 플라즈마(RP)를 생성시킨다. 각각의 전극(61, 62)은 각각의 바스(64, 65)에 의하여 유지되는 열 제거 매체를 통해 회전될 수 있다(또는 연속적으로 이동할 수 있다).

[0077] 전력 소스(22)에 의하여 제공되는 전극들(61, 62) 사이의 큰 인장은 전류 경로를 통해 전극들(61, 62) 사이에서 방전(Ed)(점선들로 도시됨)을 촉발시키며, 상기 방전(Ed)은 방사선을 방출시키는 방사선-방출 플라즈마(RP)를 생성한다. 최종생성 플라즈마는 전극들(61, 62)에 대해 양호한 대칭성의 밀도 분포를 갖는다.

[0078] 따라서, 도 5a, 5b의 실시예는 전극들(61, 62) 중 하나로부터가 아닌 전용 타겟(63)으로부터의 플라즈마 연료의

증발을 제공할 수 있다. 예를 들어, 전용 타겟(63)은 별도의 액체 주석(Sn) 바스를 통해 회전하는 제 3 디스크(63)일 수 있다.

[0079] 도 9에 도시된 바와 같이, 타겟은 회전 전극들(61, 62) 사이에 배치되는[그리고 전극들(61, 62) 각각으로부터 이격되는] 증발 영역에 도달되도록 주입되는 주석(Sn) 액적 또는 제트이다. 후자의 경우에, 예를 들어 시스템에는 증발된 플라즈마 연료를 생성하도록 구성되는 연료 증발 시스템(21, 41)이 제공될 수 있으며, 상기 증발 시스템은 연료 액적 또는 연료 제트 생성기(41)(또는 분배기) 및 레이저(21)를 포함하여 연료 액적 또는 연료 제트 생성기(41)에 의하여 분배되고 증발 영역에 도달된 연료를 적어도 부분적으로 증발시킨다. 예를 들어, 액적들(45)이 [방사선-방출 플라즈마(RP)를 생성하기 위하여 회전 전극들(61, 62) 사이의] 원하는 장소에서 증발되도록 레이저(21)와 동기화되는 액적 생성기(41)에 의하여 (바람직하게는 질량-제한되어) 생성되는 Sn 액적들(45)을 포함할 수 있다. 또 다른 실시예에서, 타겟은 Sn의 연속적인 제트로 이루어질 수 있다.

[0080] 도 5a, 5b의 실시예는 하류의 오염물 경감 시스템(49)(도 1, 2 참조), 예를 들어 포일 트랩과 조합되어 이용될 수 있다. 예를 들어, 오염물 트랩(49)이 포일 트랩인 경우에는, 특정 포일 간격 요건들이 완화되어 연료의 취급이 개선되고 광학 투과율이 크게(통상적으로 60 내지 90 %) 증가될 수 있다.

[0081] 소위 보호 각(도 8에서 φ로 표시됨)은 전체 수집 각(β)을 커버하도록 확장될 수 있으며, 전극들(61, 62)은 부식에 덜 취약해질 수 있다. 상술된 보호 각(φ)은 (셀프-셰이딩) 전극들(61, 62)과 연관되며, 소정 데브리가 생성되는 전극 표면들의 방위에 의하여 정의된다. 소정 시스템들(예컨대 도 7에 따른 시스템)에서는, 하나의 전극(111')으로부터 증발되는 연료의 증기가 다른 하나의 전극(112')을 향하여 지향되어야 하기 때문에 보호 각이 상당히 작은 값(예를 들어, <45°)으로 제한될 수 있다. 그러므로, 원하는 큰 보호 각(φ)은 가능하지 않을 수 있다. 도 5a, 5b의 본 실시예(도 8 참조)는 전극들(61, 62)의 경사진 에지들로부터 보았을 때 같은 플라즈마 연료 분포를 제공하여, 상당히 더 큰 보호 각(φ)을 유도할 수 있다.

[0082] 소스 시스템은 (위치에 민감한) 오염물 저감기(49), 예를 들어 포일 트랩과 조합되어 사용될 수 있다. 그 경우에, 소스 핀치(RP)는 전극들 중 하나에 근접한 곳 보다는 도 6에 예시된 바와 같이 [전극들(61, 62)의 최근접 에지들 또는 부분들 사이에서 연장되는] 전극 갭의 중심 내 또는 그 부근에, 예를 들어 원하는 광학 경로(OP) 상의 중심에 배치될 수 있다. 따라서, 핀치(RP)와 전극들(61, 62)의 데브리 방출 표면들 사이의 간격이 증대될 수 있다. 이는 [광학 경로(OP)에 대하여 동심으로 배치되는] 하류의 포일 트랩(49)의 오염물 경감 포일들의 간격을 더 커지게 하여, 개선된 광학적 투과 및 개선된 소스 연료의 취급을 가능하게 한다. 예를 들어, 비-제한적인 실시예에 따르면, 통상적으로 필터 폭(도 6에서는 s)은 상대적으로 큰 값(예를 들어 1 ㎜보다 큰 값)까지 증대될 수 있다. 필터 폭(s)은 다음과 같이 포일 트랩 크기 및 소스 구성과 관련될 수 있으며,

[0083] $$s = \frac{2r_2}{r_2 - r_1} d$$

[0084] 여기서, r1은 광학 축을 따라 핀치(RP)와 상류 포일 트랩 단부 사이에서 측정된 거리이고, r2는 광학 축을 따라 핀치(RP)와 하류 포일 트랩 단부 사이에서 측정된 거리이며, d는 상류 포일 트랩 단부에서의 포일 간격(광학 축에 대하여 수직한 방향으로 측정됨)이다. 따라서, 포일들의 간격은 필터의 폭에 비례한다. 그러므로, 필터 폭이 4 배만큼 증가되는 경우에는, 포일의 간격도 그 만큼 증가되며, 따라서 포일들의 전방부 상의 광학적 손실들도 4 배만큼 저감된다. 예를 들어, 통상적인 구성에서 광학적 투과율은 대략 60 % 에서 90 % 이상까지 증가될 수 있다.

[0085] 도 8은 도 5a, 5b의 실시예와 유사한 실시예를 도시하고 있다. 도 8에는 2 개의 회전 전극(61', 62') 및 각각의 바스(64', 65')가 제공된다. 이 경우에, 각각의 전극(61', 62')은 급격한 경사의 에지를 갖는데, 예를 들면 각각의 전극은 수직방향으로 위치되고 (서로의 다음에) 상호 정렬된다. 또한, 도 8의 실시예에서, 소스는 각각의 연료 바스(66')를 갖는 전용 회전 타겟 유닛(63')을 포함한다. 상기 타겟 유닛(63')으로부터 나오는 연료 증기는 작동 동안 두 전극(61', 62') 모두에 도달된다. 도 8의 실시예에서, 보호 각(φ)은 전체 수집 각(β)에 걸쳐 있도록 클 수 있다. 이 구성의 추가적인 장점은 부식에 덜 취약한 셀프-셰이딩 전극들(61', 62')을 만든다는 점이다. 예를 들어, 도 7의 실시예에서는, 작은 전극 갭과 큰 전기장으로 인해 전극들(14', 15')의 첨예한 코너 부근에서 방전이 일어난다. 결과적으로, 시간이 경과하면 코너가 뭉툭해져, 데브리 억제의 관점에서 전극들(14', 15')의 성능을 떨어뜨릴 수 있다. 도 8의 실시예에서는, 전극 표면 상의 방전의 위치가 보다 잘 제어될 수 있으며, 따라서 첨예한 코너로부터 더 먼 쪽에 배치될 수 있다.

[0086] 따라서, 본 발명의 실시예들은 특히 액체 연료 바스를 통해 회전하는 회전 디스크 전극들에 특정한(바람직하게는 대칭의) 플라즈마 밀도 분포를 제공할 수 있다. 본 발명은 위치에 민감한 데브리 경감 디바이스(49)를 적용하는 경우에는 "완화된" 필터 거리 요건을 유도할 수 있으며, 셀프-세이딩 전극들을 적용하는 경우에는 보호 각을 증대시킬 수 있다.

[0087] 본 명세서에서는, IC 제조에 있어서 리소그래피 장치의 특정 사용예에 대하여 언급되었으나, 본 명세서에 기술된 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.

[0088] 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 이해하여야 한다.

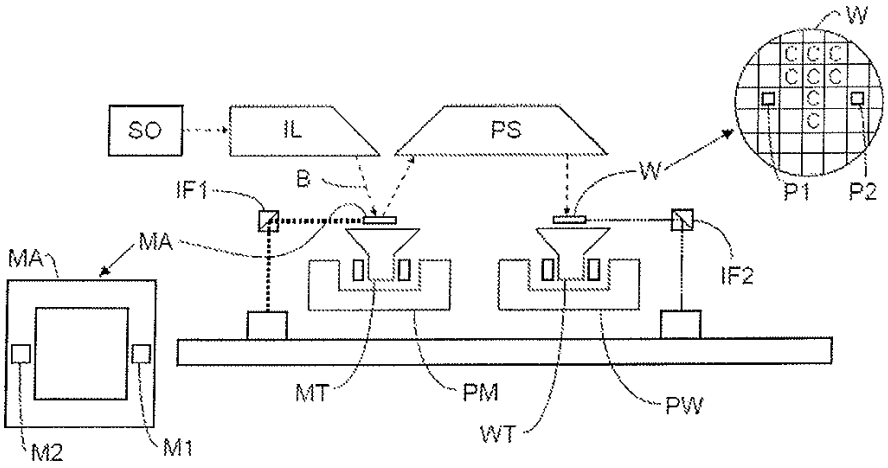
[0089] 본 명세서에서 사용된 "방사선" 및 "빔"이라는 용어는 (예를 들어, 365, 355 248, 193, 157 또는 126 nm, 또는 그 정도의 파장을 갖는) 자외(UV)방사선 및 (예를 들어, 5 내지 20 nm 범위 내의 파장을 갖는) 극자외(EUV)방사선뿐만 아니라, 이온 빔 또는 전자 빔과 같은 입자 빔을 포함하는 모든 형태의 전자기 방사선을 포괄한다.

[0090] 이상, 본 발명의 특정 실시예가 설명되었지만 본 발명은 설명된 것과 다르게 실시될 수 있다는 것을 이해할 것이다. 예를 들어, 본 발명은 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.

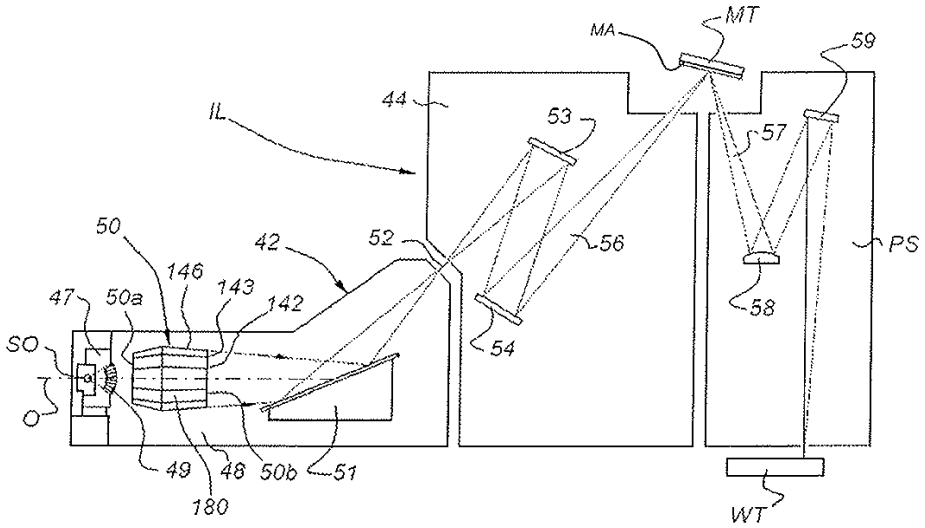
[0091] 상술된 설명은 예시에 지나지 않으며, 제한의 의도는 없다. 따라서, 당업자라면 후속 청구항들의 범위를 벗어나지 않고 기술된 바와 같은 본 발명에 대해 수정들이 가해질 수도 있음을 이해하여야 한다.

도면

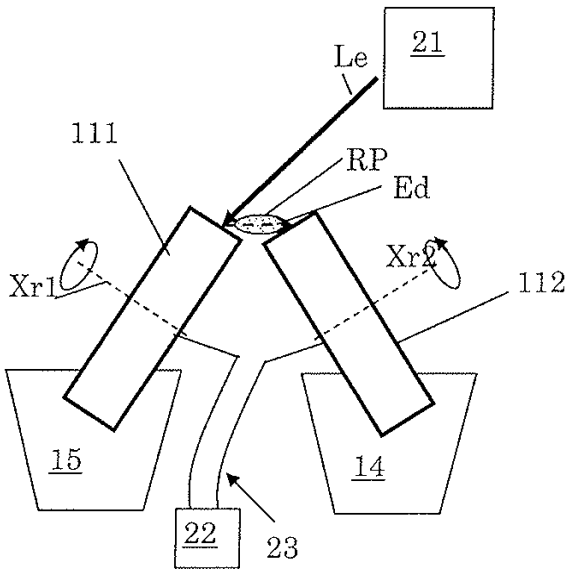
도면1



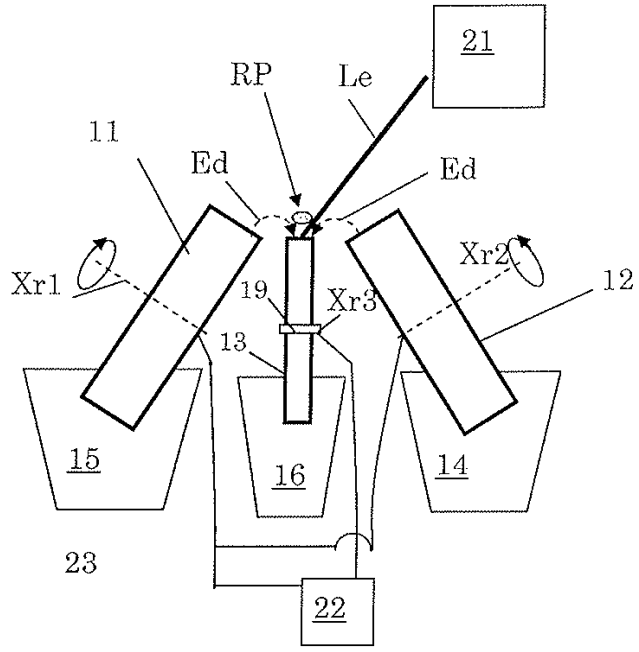
도면2


MA
MT
59
IL
44
53
57
50
42
52
56
PS
146
143
47
50a
142
58
SO
54
49
48
50b
51
180
WT

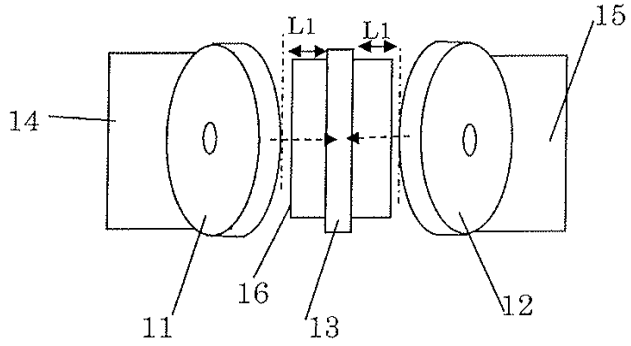
도면3


Le
21
111
RP
Ed
Xr1
Xr2
112
15
14
22
23

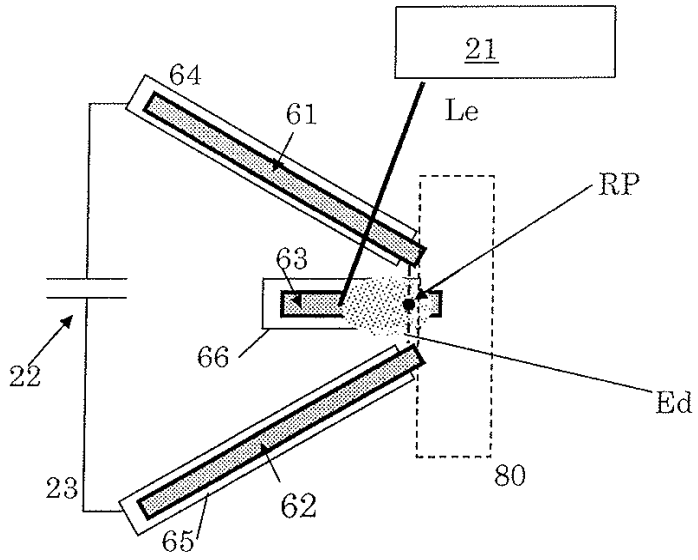
도면4a


21
RP
Le
11
Ed
Ed
Xr1
Xr2
12
19
Xr3
13
15
16
14
23
22

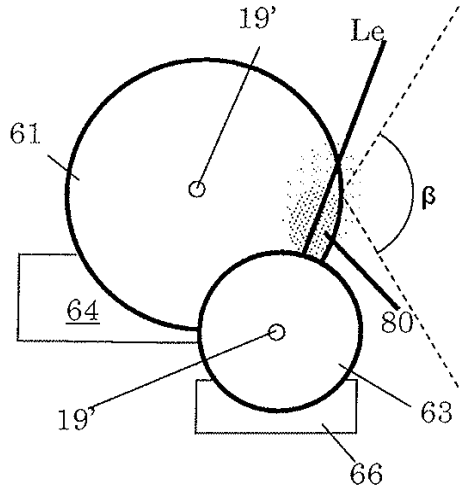
도면4b


L1
L1
15
14
11
16
13
12

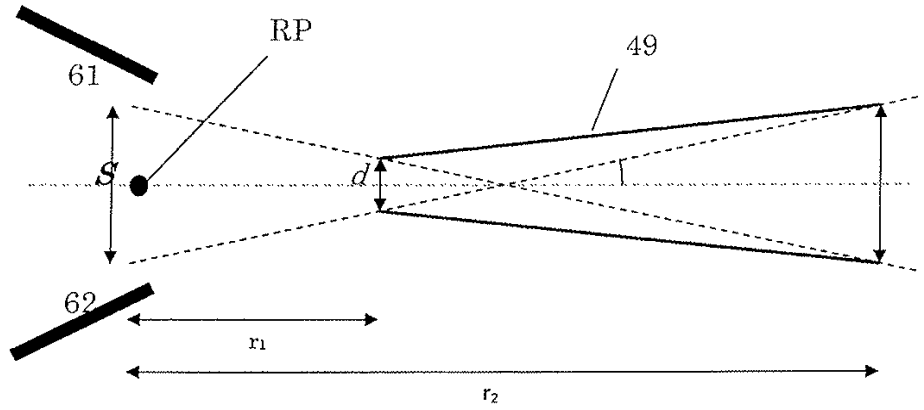
도면5a



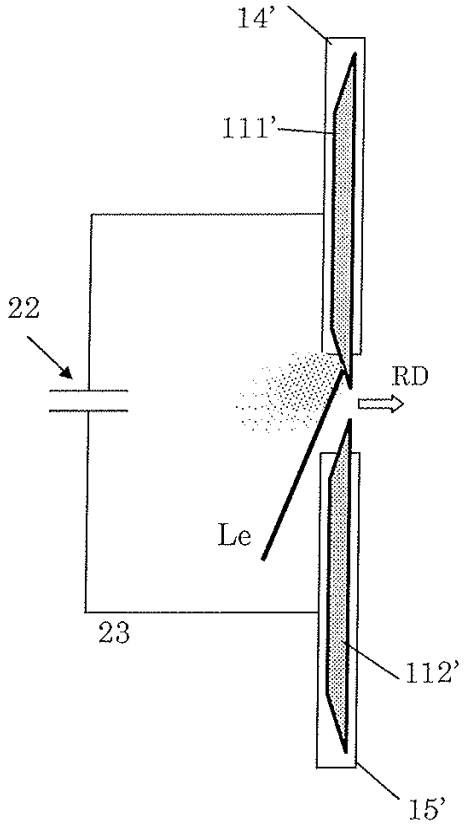
도면5b



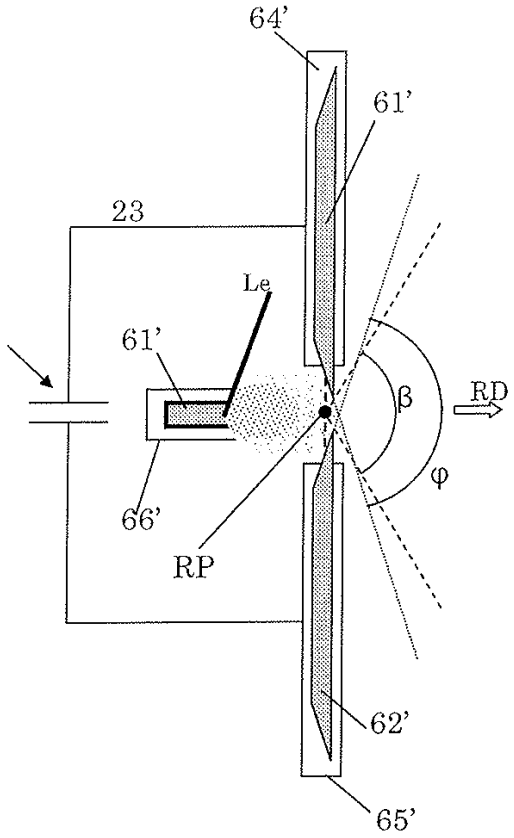
도면6



도면7



도면8



도면9

