



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년09월10일
 (11) 등록번호 10-1885748
 (24) 등록일자 2018년07월31일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 H01S 3/10 (2006.01)
 (21) 출원번호 10-2013-7001480
 (22) 출원일자(국제) 2011년07월14일
 심사청구일자 2016년06월22일
 (85) 번역문제출일자 2013년01월18일
 (65) 공개번호 10-2013-0129351
 (43) 공개일자 2013년11월28일
 (86) 국제출원번호 PCT/US2011/044058
 (87) 국제공개번호 WO 2012/012267
 국제공개일자 2012년01월26일
 (30) 우선권주장
 12/841,728 2010년07월22일 미국(US)
 (56) 선행기술조사문헌
 US04695158 A*
 JP2010123942 A*
 KR1020070110890 A*
 US20090046273 A1
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
 에이에스엘 네델란드 비.브이.
 네델란드 5500 아하 벨트호벤 피.오.박스 324
 (72) 발명자
 그라함 매튜 알.
 미국 캘리포니아 92127 샌디에고 쏘민트 코트 17075
 파틀로 윌리엄 엔.
 미국 캘리포니아 92127 샌디에고 쏘민트 코트 17075
 (뒷면에 계속)
 (74) 대리인
 유미특허법인

전체 청구항 수 : 총 26 항

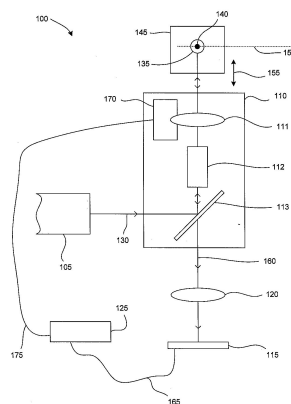
심사관 : 조성찬

(54) 발명의 명칭 **광원 초점의 정렬**

(57) 요약

극자외선 광시스템은 극자외선 광 챔버내의 타겟 위치 근방의 초점면으로 전파 방향을 따라 이동하는 증폭된 광선을 조종하고 초점 조절하는 조향, 챔버내의 타겟 재료의 적어도 일부로부터 반사된 레이저 빔의 이미지를 검출하도록 위치된 적어도 하나의 검출기, 상기 반사된 레이저 빔의 경로에 있고 상기 타겟 위치와 검출 시스템 사이에 있는 파면 수정 시스템 및 컨트롤러를 포함한다. 파장 수정 시스템은 전파 방향을 따른 타겟 초점면 위치의 함수로서, 반사된 레이저 빔의 파면을 수정하도록 구성되어 있다. 컨트롤러는 상기 반사된 레이저 빔의 검출된 이미지에 기초하여 타겟 재료에 상대적인 증폭된 광선의 초점면의 영역을 조정하기 위한 로직을 포함하고 있다.

대표도



(72) 발명자

창 스티븐

미국 캘리포니아 92127 샌디에고 슌민트 코트
17075

백스테트 로버트 에이.

미국 캘리포니아 92127 샌디에고 슌민트 코트
17075

명세서

청구범위

청구항 1

극자외선 광시스템으로서,

전파 방향을 따라 이동하는 증폭된 광빔을 생성하도록 구성된 광원;

상기 증폭된 광빔을 타겟 위치 근방의 초점면으로 조종하여 집속하도록 구성된 조향 시스템;

상기 타겟 위치를 포함하는 극자외선 광 챔버;

타겟 재료를 상기 극자외선 광 챔버의 내부로 전달하도록 구성된 타겟 재료 전달 시스템으로서, 상기 타겟 재료와 상기 증폭된 광빔 사이의 상호작용은 상기 타겟 재료의 적어도 일부를 소모하고 변환시켜 극자외선 광을 방출하는 플라즈마를 형성하고, 상기 상호작용은 상기 증폭된 광빔의 반사를 생성하는, 타겟 재료 전달 시스템;

상기 타겟 재료의 적어도 일부로부터 반사된 증폭된 광빔의 이미지를 검출하도록 위치된 적어도 하나의 검출기를 포함하는 검출 시스템;

상기 반사된 증폭된 광빔의 경로에 있고 상기 타겟 위치와 검출 시스템 사이에 있으며, 상기 전파 방향을 따른 타겟 초점면 위치의 함수로 상기 반사된 증폭된 광빔의 파면을 수정하도록 구성된 파면 수정 시스템; 및

상기 검출 시스템과 상기 조향 시스템에 결합되어 있고, 상기 반사된 증폭된 광빔의 검출된 이미지에 기초하여 상기 전파 방향에 따라 상기 타겟 재료에 대해 증폭된 광빔의 초점면의 위치를 조정하도록 구성된 로직을 포함하는 컨트롤러

를 포함하는 극자외선 광시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 파면 수정 시스템은 투과성 광학소자를 포함하는, 극자외선 광시스템.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 투과성 광학소자는 비점수차 렌즈인, 극자외선 광시스템.

청구항 4

제2항에 있어서,

상기 투과성 광학소자는 원통형 렌즈인, 극자외선 광시스템.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 파면 수정 시스템은 반사성 광학소자를 포함하는, 극자외선 광시스템.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 반사성 광학소자는 원통형 거울 또는 안장형 거울을 포함하는, 극자외선 광시스템.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 반사된 증폭된 광빔의 검출된 이미지의 크기 및 배향은 상기 타겟 위치에 대한 상기 타겟 초점면 위치에 따라 변하는, 극자외선 광시스템.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 파면 수정 시스템은 상기 광원의 출력창과 상기 검출 시스템 사이에 있는, 극자외선 광시스템.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 파면 수정 시스템은 상기 타겟 위치와 상기 광원의 출력창 사이에 있는, 극자외선 광시스템.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 극자외선 광 챔버는 상기 광원과 상기 타겟 위치 사이에 광집광기를 더 포함하고,

상기 검출 시스템에서 검출된 상기 증폭된 광빔의 반사는 상기 광집광기와 상호작용하지 않는, 극자외선 광시스템.

청구항 11

제1항에 있어서,

상기 타겟 초점면은 상기 증폭된 광빔의 초점면인, 극자외선 광시스템.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 극자외선 광시스템은 상기 증폭된 광빔과 정렬되는 가이드 레이저 빔을 생성하는 가이드 레이저를 더 포함하고, 상기 가이드 레이저 빔은 상기 증폭된 광빔의 파장과 다른 파장에서 동작하는, 극자외선 광시스템.

청구항 13

삭제

청구항 14

삭제

청구항 15

제1항에 있어서,

상기 광원은 적어도 전력 증폭기를 포함하는, 극자외선 광시스템.

청구항 16

제1항에 있어서,

상기 광원은 적어도 마스터 오실레이터를 포함하는, 극자외선 광시스템.

청구항 17

극자외선 광을 생성하는 방법으로서,

전파 방향을 따라 이동하는 증폭된 광빔으로 타겟 위치에서 타겟 재료를 조사하는 단계로서, 상기 타겟 재료와 상기 증폭된 광빔 사이의 상호작용은 상기 타겟 재료의 적어도 일부를 소모하고 변환시켜 극자외선 광을 방출하는 플라즈마를 형성하고, 상기 증폭된 광빔의 반사를 생성하는, 타겟 재료 조사 단계;

상기 타겟 재료로부터 반사된 증폭된 광빔의 파면을 수정하는 단계로서, 상기 전파 방향을 따라 타겟 초점면의 위치의 함수로 수정이 행해지는, 반사된 증폭된 광빔의 파면을 수정하는 단계;

수정된 반사된 증폭된 광빔의 이미지를 검출하는 단계; 및

검출된 이미지에 기초하여 상기 타겟 위치에 대한 상기 증폭된 광빔의 초점면의 위치를 결정하는 단계를 포함하는 극자외선 광 생성 방법.

청구항 18

삭제

청구항 19

제17항에 있어서,

상기 증폭된 광빔으로 타겟 재료를 조사하는 단계는 증폭된 광빔의 펄스를 생성하기 위하여 광원을 작동하는 단계를 포함하는, 극자외선 광 생성 방법.

청구항 20

제19항에 있어서,

상기 반사된 증폭된 광빔의 파면을 수정하는 단계는 펄스가 생성되는 동안만 파면을 수정하는 단계를 포함하는, 극자외선 광 생성 방법.

청구항 21

삭제

청구항 22

제17항에 있어서,

상기 파면을 수정하는 단계는 상기 전파 방향에 대하여 횡방향으로 각각 초점을 가진 초점면들 사이를 상기 전파 방향을 따라 분리하는 단계를 포함하는, 극자외선 광 생성 방법.

청구항 23

제17항에 있어서,

상기 파면을 수정하는 단계는 상기 반사된 증폭된 광빔의 파면의 곡률 및 형상 중 하나 이상을 수정하는 단계를 포함하는, 극자외선 광 생성 방법.

청구항 24

제17항에 있어서,

상기 파면을 수정하는 단계는 상기 반사된 증폭된 광빔의 파면에 비점수차(astigmatism)를 도입하는 단계를 포함하는, 극자외선 광 생성 방법.

청구항 25

제17항에 있어서,

상기 초점면의 위치를 결정하는 단계는 상기 검출된 이미지를 메트릭(metric)에 맞추고, 상기 메트릭에 기초하여 이미지 강도의 중심 및 검출된 이미지의 배향을 결정하는 단계를 포함하는, 극자외선 광 생성 방법.

청구항 26

제25항에 있어서,

상기 초점면의 위치를 결정하는 단계는 결정된 이미지 강도의 중심 및 배향을 사전결정된 이미지 강도의 중심

및 배향의 세트에 비교하는 단계를 포함하는, 극자외선 광 생성 방법.

청구항 27

제25항에 있어서,

상기 초점면의 위치를 결정하는 단계는:

상기 이미지 강도의 작은 관성 모멘트와 큰 관성 모멘트 사이의 비가 사전결정된 값보다 큰지 여부를 확인하는 단계; 및

상기 검출된 이미지의 배향이 사전결정된 각도보다 큰지 여부를 확인하는 단계를 포함하는, 극자외선 광 생성 방법.

청구항 28

제17항에 있어서,

상기 초점면의 위치를 결정하는 단계는 상기 검출된 이미지를 메트릭에 맞추고 상기 메트릭에 기초하여 타원율(ellipticity)을 결정하는 단계를 포함하는, 극자외선 광 생성 방법.

청구항 29

제28항에 있어서,

상기 초점면의 위치를 결정하는 단계는 결정된 타원율의 특성을 사전결정된 값의 세트와 비교하는 단계를 포함하는, 극자외선 광 생성 방법.

청구항 30

제17항에 있어서,

결정된 초점면 위치가 타겟 위치와 중첩되지 않으면, 상기 타겟 위치에 대한 상기 초점면의 위치를 조정하는 단계; 및

조정된 초점면 위치를 가진 증폭된 광빔으로 상기 타겟 재료를 조사하는 단계를 더 포함하는 극자외선 광 생성 방법.

발명의 설명

기술 분야

본 발명은 극자외선 광원에서의 타겟 재료와의 광원의 초점의 자동 정렬에 관한 것이다.

배경 기술

극자외선("EUV") 광, 예를 들어, 약 50nm 이하의 파장(때로 소프트 x-선으로 불린다)을 갖는 전자기파는, 약 13nm의 파장의 광을 포함하고, 예를 들어, 실리콘 웨이퍼의 기관에 극히 작은 특징(feature)을 산출하도록 포토 리소그래피 공정에서 사용될 수 있다.

EUV 광을 생성하는 방법은 예를 들어, EUV 범위에서 방사 라인을 갖는 크세논, 리튬, 또는 주석의 원소를 갖는 재료를 플라즈마 상태로 전환하는 단계를 포함하지만 이에 제한되는 것은 아니다. 이러한 방법에서, 자주 레이저 생성 플라즈마("LPP")로 불리는, 소량의 플라즈마가 예를 들어, 구동 레이저로 불릴 수 있는 증폭된 광선을, 재료의 방울, 스트림, 또는 클러스터의 형태의 타겟 재료에 조사함으로써 생성될 수 있다. 이러한 프로세서에서, 플라즈마는 보통 예를 들어, 진공 챔버와 같은 밀봉 용기에서 생성되고 다양한 타입의 계측 장비를 사용하여 모니터링된다.

약 10600nm의 파장에서, 증폭된 광선을 출력하는 CO₂ 증폭기 및 레이저는 LPP 프로세서에서 타겟 재료를 조사하는 구동 레이저로서 특정 장점을 제공할 수 있다. 이것은 특히 예를 들어, 주석을 함유하는 재료에 대한 특정 타겟 재료에서 사실일 수 있다. 예를 들어, 하나의 장점은 구동 레이저 입력 전력과 출력 EUV 전력 사이에 비교적 높은 전환 효율을 산출하는 능력이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

과제의 해결 수단

일부 일반적인 특징에서, 극자외선 광시스템은 광원, 조향 시스템, 극자외선 광 챔버, 검출 시스템, 파면 수정 시스템 및 이러한 검출 시스템 및 조향 시스템에 결합된 컨트롤러를 포함한다. 상기 광원은 전파 방향을 따라 이동하는 증폭된 광선을 생성하고, 조향 시스템은 상기 증폭된 광선을 타겟 영역 근방의 초점면(focal plane)으로 조종하고 초점 조절한다. 상기 극자외선 광 챔버는 상기 타겟 영역에 극자외선 집광기 및 타겟 재료를 포함한다. 상기 검출 시스템은 상기 타겟 재료의 적어도 일부로부터 반사된 레이저 빔의 이미지를 검출하도록 위치된 적어도 하나의 검출기를 포함한다. 상기 파면 수정 시스템은 상기 반사된 레이저 빔의 경로에 있고 상기 타겟 영역과 검출 시스템 사이에 있고, 상기 전파 방향을 따른 타겟 초점면 위치의 함수로서 상기 반사된 레이저 빔의 파면을 수정하도록 구성되어 있다. 상기 컨트롤러는 상기 반사된 레이저 빔의 검출된 이미지에 기초하여 상기 전파 방향에 따른 타겟 재료에 상대적인 증폭된 광선의 초점면의 영역을 조정하기 위한 로직을 포함한다.

실시예는 하나 이상의 다음의 특징을 포함할 수 있다. 예를 들어, 상기 파면 수정 시스템은 광전송 광학소자를 포함할 수 있다. 상기 광전송 광학소자는 비점수차 렌즈 또는 원통형 렌즈일 수 있다. 상기 파면 수정 시스템은 광반사 광학소자를 포함할 수 있다. 상기 광반사 광학소자는 원통형 거울 또는 안장형 거울을 포함할 수 있다.

상기 반사된 레이저 빔의 검출된 이미지의 크기 및 방위는 상기 타겟 영역에 상대적인 상기 타겟 초점면 위치에 따라 변할 수 있다.

상기 파면 수정 시스템은 상기 광원의 출력창과 상기 검출 시스템 사이에 있을 수 있다.

상기 파면 수정 시스템은 상기 타겟 영역과 상기 광원의 출력창 사이에 있을 수 있다.

상기 검출 시스템에 의해 검출된 상기 반사된 레이저 빔은 상기 타겟 재료로부터 반사된 증폭된 광선일 수 있다. 상기 타겟 초점면은 상기 증폭된 광선의 초점면일 수 있다. 상기 극자외선 광시스템은 또한 상기 증폭된 광선과 정렬되는 가이드 레이저 빔을 생성하는 가이드 레이저를 포함할 수 있고, 상기 가이드 레이저 빔은 상기 증폭된 광선의 파장과 다른 파장에서 동작한다. 상기 검출 시스템에 의해 검출된 상기 반사된 레이저 빔은 상기 타겟 재료로부터 반사된 가이드 레이저 빔일 수 있다. 상기 타겟 초점면은 상기 가이드 레이저 빔의 초점면일 수 있다.

상기 광원은 적어도 전력 증폭기를 포함할 수 있다. 상기 광원은 적어도 마스터 오실레이터를 포함할 수 있다.

또 다른 일반적인 특징에서, 극자외선 광은 증폭된 광선의 초점면에서 전파 방향을 따라 이동하는 상기 증폭된 광선에 의해 타겟 재료를 조사하는 단계; 상기 타겟 재료로부터 반사된 레이저 빔의 파면을 수정하는 단계로서, 상기 수정은 상기 전파 방향을 따른 타겟 초점면의 위치의 함수인 상기 수정하는 단계; 상기 수정된 반사된 레이저 빔의 이미지를 검출하는 단계; 상기 검출된 이미지에 기초하여 상기 증폭된 광선의 초점면의 영역을 결정하는 단계; 상기 결정된 초점면 영역이 타겟 영역과 중첩하지 않는다면 상기 타겟 재료에 대한 상기 초점면의 위치를 조정하는 단계; 및 상기 조정된 초점면 위치를 갖고 있는 상기 증폭된 광선에 의해 상기 타겟 재료를 조사하는 단계에 의해 생성된다.

실시예는 하나 이상의 다음의 특징을 포함할 수 있다. 예를 들어, 상기 반사된 레이저 빔은 상기 타겟 재료로부터 반사된, 증폭된 광선일 수 있다. 상기 타겟 재료는 증폭된 광선의 펄스를 생성하도록 광원을 동작시킴으로써 상기 증폭된 광선에 의해 조사될 수 있다.

상기 반사된 레이저 빔의 파면은 펄스가 생성되는 동안만 파면을 수정함으로써 수정될 수 있다.

상기 반사된 레이저 빔은 상기 타겟 재료로부터 반사된 가이드 레이저 빔일 수 있다.

상기 반사된 레이저 빔의 파면은 상기 전파 방향과 대한 각 횡방향으로 초점을 각각 갖고 있는 초점면들 사이를

상기 전과 방향을 따라 분리시킴으로써 수정될 수 있다.

상기 반사된 레이저 빔의 파면은 상기 반사된 레이저 빔의 파면의 곡률 및 형상중 하나 이상을 수정함으로써 수정될 수 있다.

상기 반사된 레이저 빔의 파면은 상기 반사된 레이저 빔의 파면에 비점수차(astigmatism)를 도입함으로써 수정될 수 있다.

상기 초점면의 영역은 상기 검출된 이미지를 메트릭(metric)에 맞추는 단계 및 상기 메트릭에 기초하여 상기 검출된 이미지의 방위 및 이미지 강도의 중심을 결정하는 단계에 의해 결정될 수 있다. 상기 초점면의 영역은 상기 방위 및 상기 이미지 강도의 결정된 중심을 사전결정된 세트의 방위 및 이미지 강도의 중심에 비교하는 단계에 의해 결정될 수 있다. 상기 초점면의 영역은 상기 이미지 강도의 작은 관성 모멘트와 큰 관성 모멘트 사이의 비가 사전결정된 값보다 큰 지 여부를 확인하는 단계; 및 상기 검출된 이미지의 방위가 사전결정된 각도보다 큰 지 여부를 확인하는 단계에 의해 결정될 수 있다.

상기 초점면의 영역은 상기 검출된 이미지를 상기 메트릭에 맞추는 단계 및 상기 메트릭에 기초하여 타원율(ellipticity)을 결정하는 단계에 의해 결정될 수 있다. 상기 초점면의 영역은 상기 결정된 타원율의 특성을 사전결정된 값의 세트와 비교하는 단계에 의해 결정될 수 있다.

도면의 간단한 설명

도 1은 LPP EUV 광 시스템에 대한 정렬 시스템의 블록도이다.

도 2는 도 1의 LPP EUV 광 시스템의 극자의 광 챔버의 블록도이다.

도 3은 도 1의 정렬 시스템의 실시예의 블록도이다.

도 4a 내지 도 4c는 도 1의 정렬 시스템에 사용될 수 있는 극광원의 블록도이다.

도 5는 도 1의 LPP EUV 광 시스템에 의해 실행되는 절차의 순서도이다.

도 6은 도 1의 LPP EUV 광 시스템에 의해 실행되는 절차의 순서도이다.

도 7a 내지 도 7c는 도 1 또는 도 3의 정렬 시스템을 통과하는 증폭된 광선을 나타내는 광학 도면이다.

도 8은 도 1 또는 도 2의 정렬 시스템의 컨트롤러에 의해 실행되는 절차의 순서도이다.

도 9는 증폭된 광선의 전파에 따른 증폭된 광선의 초점면의 위치에 대한 챔버내의 타겟 재료로부터 반사된 레이저 빔의 이미지의 작은 관성 모멘트와 큰 관성 모멘트 사이의 비의 그래프이다.

도 10은 초점면의 위치에 대한 테스트 축 방위의 그래프이다.

도 11은 도 1의 정렬 시스템의 실시예의 블록도이다.

도 12는 도 1의 정렬 시스템의 실시예의 블록도이다.

도 13a 내지 도 13c는 도 1 또는 도 3의 정렬 시스템을 통과하는 증폭된 광선을 나타내는 광학 블록도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

도 1에서, 극자외선 광 시스템(100)은 광원(105), 조향 시스템(110), 검출 시스템(115), 파면 수정 시스템(120), 및 컨트롤러(125)를 포함한다. 아래에 상세하게 설명되는 바와 같이, 조향 시스템(110), 검출 시스템(115), 파면 수정 시스템(120), 및 컨트롤러(125)로 구성된 정렬 시스템은 정상 상태에서 동작하면서 극자외선 광 챔버(145)내의 타겟 재료(140)에 대한 광원(105)의 초점을 자동 조정한다. 타겟 재료(140)에 대한 광원 초점의 정밀한 영역은 광원(105)으로부터 타겟 재료(140)으로 전달된 에너지량과 이에 따른 플라즈마에 의해 생성된 EUV 광량을 결정하기 때문에 중요하다.

광원(105)은 전과 방향을 따라 이동하는 증폭된 광선(130)을 생성한다. 타겟 재료(140)의 영역에서, 전과 방향은 도 1의 화살표(155)에 의해 표시되어 있다. 조향 시스템(110)은 예를 들어, 극자외선 광실(145)내의 타겟 재료(140) 근방의 초점 영역(135)에 증폭된 광선(130)을 조정하고 초점조절하는 하나 이상의 컴포넌트(111, 112, 113)를 포함한다. 초점 영역(135)은 허리(waist) 반경 및 초점면(150)에 의해 한정된다. 허리 반경은 초점면(150)을 따라 뻗어 있다. 초점면(150)은 광선(130)의 허리 반경이 최하인 전과 방향(155)에 수직인 평면이

다. 따라서, 허리 반경 역시 전파 방향(155)에 수직인 평면에서 뻗어 있다. 허리 반경의 설명은 여기에 전체가 언급되어 통합된, 2010년 3월 16일 출원된 미국 출원 번호 12/725,178('178 출원) "System, Method and Apparatus for Aligning and Synchronizing Target Material for Optimum Extreme Ultraviolet Light Output"에서 발견된다.

타겟 재료(140)는 예를 들어, 주석, 리튬, 크세논, 또는 플라즈마 상태로 전환될 때, EUV 범위에서 방사선을 갖는 임의의 재료를 포함할 수 있다. 예를 들어, 원소 주석은 순수한 주석(Sn)으로서, SnBr₄, SnBr₂, SnH₄와 같은 주석 화합물, 주석-갈륨 합금, 주석-인듐 합금, 주석-인듐-갈륨 합금, 또는 이러한 합금의 임의의 조합과 같은 주석 합금으로서 사용될 수 있다. 타겟 재료(140)는 주석과 같이, 상기 원소들중 하나로 도금된 와이어를 포함할 수 있다. 타겟 재료가 고체 상태라면, 링, 구, 또는 큐브와 같은 임의의 적합한 형상을 가질 수 있다. 타겟 재료(140)는 타겟 전달 시스템(도 1에 도시되지 않았지만, 그 예시가 도 2 및 도 3에 도시되어 있다)에 의해 챔버(145)의 내부로 그리고 타겟 영역으로 전달될 수 있다. 타겟 영역은 또한 타겟 재료(140)가 플라즈마를 생성을 위해, 증폭된 광선(130)에 의해 조사되는 장소인, 조사 사이트로서 불린다.

컴포넌트(113)는 타겟 재료(140)의 적어도 일부로부터 반사되어 다시 조향 시스템(110)으로 통과되는 레이저 빔(160)으로부터, 증폭된 광선(130)을 분리하도록 위치한 디바이스이다. 컴포넌트(113)는 (도 1에 도시된 바와 같은) 빔 스플리터와 같은 부분적으로 투명한 거울일 수 있거나 (도 3에 도시된 바와 같은) 광 소스(105)의 출력창일 수 있다. 부분적으로 투명한 거울로서, 컴포넌트(113)는 반사된 레이저 빔(160)이 검출기(115)로 통과하도록 하면서 증폭된 광선(130)을 컴포넌트(112)로 반사한다.

컴포넌트(112)는 광원(105)으로부터 증폭된 광선(130)을 수신하고, 증폭된 광선(130)을 컴포넌트(111)쪽으로 필요한 대로 조정하고 수정하는 (빔 트랜스포트 시스템과 같은) 광학소자의 집합체일 수 있다. 컴포넌트(112)는 또한 증폭된 광선을 확장시키는 빔 확장 시스템을 포함할 수 있다. 빔 트랜스포트 시스템의 예와 빔 확장 시스템의 예의 설명은 여기에 언급되어 통합된 2009년 12월 15일에 출원된 미국 출원 번호 12/638,092('092 출원) "Beam Transport System for Extreme Ultraviolet Light Source"에서 발견될 수 있다.

컴포넌트(111)는 수렴 렌즈와 같은 포커싱 광학부 또는 증폭된 광선(130)을 초점면(150)에 초점 조절하는 곡면 거울을 포함한다. 포커싱 광학부가 곡면 거울이라면, 증폭된 광선(130)의 파장에서 높은 반사도를 갖는 도금을 갖는 기관으로 구성될 수 있다. 예를 들어, 거울은 무산소 고전도(OFHC) 구리 기관 상에 펜실베이니아주의 I1-VI Infrared of Saxonburg에 의해 제조된 최대 금속 반사기(MMR) 코팅을 가질 수 있다. 거울에 사용될 수 있는 다른 코팅은 금 및 은을 포함하고, 이러한 코팅이 적용될 수 있는 다른 기관은 실리콘, 몰리브덴 및 알루미늄을 포함한다. 포커싱 광학부가 수렴 렌즈라면, 증폭된 광선(130)의 파장에서 투과될 수 있는 적합한 재료로 제조된다. 포커싱 광학부의 예는 '092 출원 및 '178 출원에 기술되어 있다.

검출 시스템(115)은 타겟 재료(140)의 적어도 일부로부터 반사되어 다시 조향 시스템(110)을 통과하는 레이저 빔(160)의 이미지를 검출하도록 위치한 적어도 하나의 검출기를 포함한다. 검출 시스템(115)은 검출된 이미지의 특정 특성이 타겟 재료(140)에 대한 초점면 위치에 따라 어떻게 변하는지를 결정하도록 이미지의 분석을 행하는 컨트롤러(125)에 이미지 신호를 출력한다. 검출 시스템(115)은 Ophir-Spiricon의 Pyrocam™ III 시리즈와 같은 초전형 고체상태 검출기 어레이일 수 있다. 이러한 특정 실시예에서, 검출 시스템(115)은 이미징 디바이스(고체 상태 어레이 카메라)뿐만 아니라 다른 특징 및 분석 기능을 위한 레이저 빔 분석 소프트웨어를 포함한다.

도 3에 도시된 바와 같이, 타겟 재료(340)로부터 반사된 레이저 빔(360)은 타겟 재료(340)로부터 반사된 증폭된 광선(330)일 수 있다. 이러한 경우에, 초점면(350)은 증폭된 광선(330)의 초점면이다.

도 11에 도시된 바와 같은 다른 실시예에서, 타겟 재료(1140)로부터 반사된 레이저 빔(1160)은 타겟 재료(1140)로부터 반사된 가이드 레이저 빔이다. 가이드 레이저 빔은 가이드 레이저로부터 생성되고 증폭된 광선(1130)과 정렬된다. 일부 실시예에서, 가이드 레이저 빔은 증폭된 광선(1130)의 파장과 다른 파장에서 동작하고, 다른 실시예에서, 가이드 레이저 빔은 증폭된 광선(1130)의 파장과 동일한 파장에서 동작한다. 가이드 레이저 빔이 증폭된 광선(1130)의 파장과 동일한 파장에서 동작한다면, 초점면(1150)은 가이드 레이저 빔 및 증폭된 광선(1130) 모두의 초점면이다. 한편, 가이드 레이저 빔이 증폭된 광선(1130)의 파장과 다른 파장에서 동작한다면, 가이드 레이저 빔의 초점면은 초점면(1150)으로부터 경미하게 오프셋될 수 있고 보정 광학부가 가이드 레이저 빔의 초점면이 초점면(115)과 정렬하도록 가이드 레이저 뒤에 삽입될 수 있다.

파면 수정 시스템(120)은 반사된 레이저 빔(160)의 경로에 있고 타겟 재료(140)와 검출 시스템(115) 사이에 있

다. 파면 수정 시스템(120)은 타겟 재료(140)에서의 전파 방향(155)을 따른 초점면(150)의 위치의 함수로서, 반사된 레이저 빔(160)의 파면을 수정하도록 구성되어 있다. 파면 수정 시스템(120)은 파면을 수정하는 목적만을 갖고 있는 컴포넌트일 수 있거나(따라서, 시스템(100)에 대한 부가 컴포넌트이다) 수정 이외의 목적, 예를 들어, 파면을 수정하도록 변경된 조향의 목적을 가진 컴포넌트일 수 있다.

예를 들어, 파면 수정 시스템(120)은 증폭된 광선(130)을 초점면(150)에 포커싱할 뿐만 아니라 반사된 빔(160)의 파면을 수정하는데 사용되는 조향 시스템(110)내의 포커싱 광학부(111)와 같은 광디바이스일 수 있다. 여기에 기술된 일부 실시예에서, 파면 수정 시스템(120)은 조향 시스템(110)의 외부의 광디바이스이어서, 증폭된 광선(130)을 초점면(150)에 초점 맞추는데 사용되지 않는다. 이러한 경우에, 도 1에 도시된 바와 같이, 파면 수정 시스템(120)은 아래에 보다 상세하게 설명되는 바와 같이, 파면 수정 시스템(120)을 포함함으로써 인한 EUV 생성 효율에 대한 잠재적인 부정적 영향을 가능한 많이 감소시키도록 검출 시스템(115)과 광원(105)의 출력창 사이에 있을 수 있다.

일부 실시예에서, 파면 수정 시스템(120)은 도 1에 도시된 바와 같은, 비점수차(astigmatic) 렌즈 또는 원통형 렌즈와 같은 광전송 광학소자를 포함한다. 이러한 형상의 광전송 광학소자는 증폭된 광선(130)의 파장에서 전송할 수 있는 재료로 구성될 수 있다. 예를 들어, 광전송 광학소자는 적외선 적용에 사용될 수 있는 재료인 ZnSe로 구성될 수 있다. 사용될 수 있는 다른 재료는 갈륨비소(GaAs) 및 다이아몬드를 포함할 수 있지만 이에 제한되는 것은 아니다.

다른 실시예에서, 파면 수정 시스템(120)은 도 3에 도시된 바와 같은, 원통형 거울 또는 바이코닉 거울과 같은 반사성 광학소자를 포함한다. 바이코닉 거울은 안장 또는 쌍곡선면 포물면 형상을 갖고 2개의 횡방향을 따라 반대로 곡면이 되는 표면을 갖고 있다. 이러한 바이코닉 거울은 거울의 중심에서 취해진 법선방향의 횡방향인 제1 방향을 따라 볼록하고 제1 방향의 횡방향인 제2 방향을 따라 오목하다. 일부 실시예에서, 반사성 광학소자는 평면 거울이 필요한 방식으로 곡면을 갖도록 (예를 들어, 제1 방향으로 볼록하고 제2 방향으로 오목하도록) 평면 거울의 전면 및/또는 후면을 따라 하나 이상의 포인트에 관련 힘을 가함으로써 제조된다. 다른 실시예에서, 반사성 광학소자는 바이코닉 또는 원통형 표면을 취득하도록 평면 거울을 연마하거나, 코팅함으로써 제조된다. 이러한 반사성 광학소자는 예를 들어, 증폭된 광선(130)의 파장에서 최대 광을 반사하기 위해, 증폭된 광선(130)을 반사하기에 적합한 임의의 기관 및 코팅으로 제조될 수 있다. 일부 실시예에서, 반사성 광학소자는 무산소 고전도성(OFHC) 구리 기관 위에, 펜실베니아주의 II-VI Infrared of Saxonburg에 의해 제조된 최대 금속 반사기(MMR) 코팅과 같은 고반사성 코팅으로 제조된다. 사용될 수 있는 다른 코팅은 금과 은을 포함하고, 코팅이 도포될 수 있는 다른 기관은 실리콘, 몰리브덴, 및 알루미늄을 포함한다.

보다 일반적으로, 파면 수정 시스템(120)은 전파 방향의 횡방향인 2개의 방향에 대해 2개의 경미하게 상이한 초점면을 생성한다는 점에서 반사된 레이저 빔(160)의 파면을 수정한다. 따라서, 타겟 재료로부터 반사된 레이저 빔(160)의 이미지의 비대칭은 전파 방향(155)을 따라 타겟 재료와 관련된 초점면의 영역에 따라 변한다. 이러한 비대칭은 초점면과 타겟 재료 사이의 상대 위치를 결정하기 위해 검출 시스템(115)에 의해 사용될 수 있다.

컨트롤러(125)는 통신 채널(165)을 통해 검출 시스템(115)에 결합되어 있고, 하나 이상의 통신 채널(175)을 통해 조향 시스템(110)의 (컴포넌트(111)의 영역을 제어하는 기동기(170)와 같은) 하나 이상의 컴포넌트에 결합되어 있다. 컨트롤러(125)는 검출 시스템(115)으로부터 수신된 반사된 레이저 빔(160)의 검출된 이미지 또는 이미지 데이터에 기초하여 (통신 채널(175)을 통해 신호를 전송함으로써) 전파 방향(155)을 따라 타겟 재료(140)와 관련하여, 증폭된 광선의 초점면(150)의 영역의 조절을 제어하도록 구성되어 있다. 컨트롤러(125)는 소프트웨어 및 메모리를 포함하는 범용 컴퓨터일 수 있고, 이러한 소프트웨어는 컨트롤러(125)에 접속된 하나 이상의 출력 디바이스가 특정 기능을 실행하도록 하는 로직(명령어)을 포함하고 있다.

기동기(170)는 마이크로미터 단위로 제어되는 스테퍼 모터 또는 압전 기동기, 또는 임의의 적합한 타입의 기동기일 수 있다.

도 2('178 출원에서 보다 상세하게 설명되어 있다)에서, 극자외선 광 챔버(145)는 증폭된 광선(130)이 타겟 재료(140)쪽으로 통과하고 타겟 영역에서 타겟 재료(140)을 조사하여 플라즈마(210)를 생성할 수 있도록 하는 에퍼처(205) 및 반사면을 갖고 있는 극자외선 광 컨트롤러(200)를 포함하고 있다. 증폭된 광선(130)에 의해 조사시에 타겟 재료로부터 방사된 EUV 광(215)은 콜렉터(200)로부터 중간 초점(220)으로 반사된다. 콜렉터(200)는 예를 들어, 타겟 영역에서 제1 초점을 갖고 있고 중간 초점(220)에서 제2 초점을 갖고 있는 타원형 거울일 수 있고, EUV 광(215)은 광 시스템(100)으로부터 출력될 수 있고, 예를 들어, 집적 회로 리소그래피 톨과 같은 하

류 디바이스(222)에 입력될 수 있다. 챔버(145)는 증폭된 광선(130)이 타겟 영역에 도달할 수 있도록 하면서, 조향 시스템(110)에 들어가는 플라즈마 생성 이물질의 양을 감소시키도록 콜렉터(200)로부터 타겟 영역으로 테이퍼된 개방단부의 증공 원추 슈라우드(225)(예를 들어, 가스 콘)를 또한 포함할 수 있다. 이러한 목적을 위해, 가스 흐름이 타겟 영역쪽으로 지향된 슈라우드에 제공될 수 있다.

광 시스템(100)은 또한, 액체 방울, 액체 스트림, 고체 입자 또는 클러스터, 또는 액체 방울내에 함유된 고체 입자 또는 액체 스트림내에 함유된 고체 입자의 형태로 타겟 재료(140)를 전달하는 타겟 재료 전달 시스템(230)을 포함하고 있다. 이러한 타겟 재료(140)는 챔버(145)의 내부로 그리고 타겟 영역으로 타겟 재료 전달 시스템(230)에 의해 전달될 수 있다. 이러한 타겟 재료 전달 시스템(230)은 (타겟 재료(140)의 영역에서) 전파 방향을 따라 그리고 전파 방향(155)에 수직인 (페이지의 밖으로의) 방향(245)을 따라 노즐(240)의 영역을 제어하는 기동 시스템(235)을 포함한다. 광 시스템(100)은 또한 방울쪽으로 그리고 검출기(255)쪽으로 지향된 제2 광원(250)을 포함할 수 있다. 또한, 광 시스템(100)은 펄스 에너지, 파장의 함수로서의 에너지 분포도, 특정 대역의 파장내의 에너지, 특정 대역외의 파장의 에너지, EUV 강도 및/또는 평균 전력의 각 분포도를 포함하고 이에 제한되지 않는 하나 이상의 EUV 광 파라미터를 측정하는 검출기(260)를 포함할 수 있다. 검출기(260)는 마스터 컨트롤러(125)에 의해 사용될 피드백 신호를 생성한다. 이러한 피드백 신호는 예를 들어, 효과적이고 효율적인 EUV 광 생성을 위해 바른 영역 및 시간에 방울을 적합하게 하기 위해, 증폭된 광선 펄스의 타이밍 및 초점과 같은 파라미터에서의 에러를 나타낼 수 있다.

도 3에서, 극자외선 광 시스템(300)의 또 다른 실시예가 도 1에 도시된 광 시스템(100)에 설명된 기본 엘리먼트를 포함하도록 설계되어 있다. 따라서, 광 시스템(300)은 또한 광원(305), 조향 시스템(310), 검출 시스템(315), 파면 수정 시스템(320) 및 컨트롤러(325)를 포함한다.

조향 시스템(310)은 이러한 경우에 렌즈인 포커싱 광학부(311)쪽으로 광원(305)으로부터 출력된 증폭된 광선(330)을 반사하는 2개 이상의 컴포넌트(312a, 312b)를 포함하고 있다. 컴포넌트(312a, 312b)는 각 통신 채널을 통해 컨트롤러(325)에 전기 접속된 각 기동기(322a)에 의해 제어된다. 조향 시스템(310)은 또한, 광원(305)의 출력창(313)을 포함하고, 출력창(313)은 (증폭된 광선(330)이 파면 수정 시스템(320)에 들어가지 않도록) 증폭된 광선(330)을 자유롭게 통과할 수 있도록 하면서 파면 수정 시스템(320)쪽으로 레이저 빔(360)을 반사한다. 조향 시스템(310)은 포커싱 광학부(311)의 영역을 감시하는 센서(321)를 포함한다.

광 시스템(300)은 또한 타겟 재료(340)를 챔버(345)의 내부로 그리고 타겟 영역으로 전달하는 타겟 재료 전달 시스템(341)을 포함한다. 타겟 재료 전달 시스템(341)은 (타겟 재료(340)의 영역에서) 전파 방향(355)을 따라 그리고 전파 방향(355)에 수직인 방향(356)(페이지의 밖으로)을 따라 노즐(343)의 위치를 제어하는 기동 시스템(342)을 포함한다. 광 시스템(300)은 또한 방울쪽으로 그리고 검출기(385)쪽으로 지향되는 제2 광원(380)을 포함할 수 있다. 또한, 광 시스템(300)은 펄스 에너지, 파장의 함수로서의 에너지 분포도, 특정 대역의 파장내의 에너지, 특정 대역외의 파장의 에너지, EUV 강도 및/또는 평균 전력의 각 분포도를 포함하지만 이에 제한되지 않는 하나 이상의 EUV 파라미터를 측정하는 검출기(390)를 포함할 수 있다. 검출기(390)는 마스터 컨트롤러(325)에 의해 사용되기 위한 피드백 신호를 생성한다. 이러한 피드백 신호는 예를 들어, 효과적이고 효율적인 EUV 광 생성을 위해 바른 영역 및 시간에서 타겟 재료를 적합하게 차단하도록, 증폭된 광선 펄스의 타이밍 및 초점과 같은 파라미터에서의 에러를 나타낼 수 있다.

광원(105, 305)은 하나 이상의 메인 펄스 및 일부 경우에, 하나 이상의 프리 펄스(pre-pulse)를 제공하기 위한 하나 이상의 광 증폭기, 레이저, 및/또는 램프를 포함한다. 각 광 증폭기는 소망의 파장을 높은 이득으로 광학 증폭할 수 있는 이득 매체, 여기 소스, 및 내부 광학부를 포함한다. 광 증폭기는 레이저 거울 또는, 레이저 캐비티를 형성하는 다른 피드백 디바이스를 갖거나 갖지 않을 수 있다. 따라서, 레이저 시스템은 아무런 레이저 캐비티가 존재하지 않는다 할지라도 레이저 증폭기의 이득 매체내의 팝플레이션 인버전으로 인해, 증폭된 광선을 생성한다. 또한, 레이저 시스템은 레이저 시스템에 충분한 피드백을 제공하는 레이저 캐비티가 존재한다면, 코히어런트 레이저 빔인 증폭된 광선을 생성할 수 있다. 용어 "증폭된 광선"은 단지 증폭되었을 뿐 반드시 코히어런트 레이저 오실레이션이 아닌 레이저 시스템으로부터의 광 및, 증폭되고 또한 코히어런트 레이저 오실레이션인 레이저 시스템으로부터의 광중 하나 이상을 포함한다.

레이저 시스템 내의 광 증폭기는 CO₂를 포함하는 충전 가스를 이득 매체로서 포함할 수 있고, 약 9100과 약 11000nm 사이의 파장에서 광을 증폭시킬 수 있고, 특히, 약 10600nm에서 1000 이상의 이득으로 증폭시킬 수 있다. 레이저 시스템에 사용되기 위한 적합한 증폭기 및 레이저는 예를 들어, 10kW 이상 및 예를 들어, 50kHz 이상의 고벨스 반복율에서 동작하는, DC 또는 RF 여기를 갖는 약 9300nm 또는 약 10600nm에서 방사선을 생성하는

펄싱된 가스-방전 CO₂ 레이저 디바이스와 같은 펄싱된 레이저 디바이스를 포함할 수 있다. 레이저 시스템내의 광 증폭기는 또한 보다 높은 전력에서 레이저 시스템을 동작시킬 때 사용될 수 있는 물과 같은 냉각 시스템을 포함할 수 있다.

도 4a에서, 일부 실시예에서, 구동 레이저 시스템은 타겟 재료(140, 340)가 광 캐비티의 하나의 거울로서 기능하는 소위 "셀프-타겟팅" 레이저 시스템(400)으로서 구성될 수 있다. 일부 "셀프-타겟팅" 배치에서, 마스터 오실레이션이 필요하지 않을 수 있다. 레이저 시스템(400)은 자체 이득 매체 및 여기 소스, 예를 들어, 펌핑 전극을 가질 수 있는 적어도 하나의 광 증폭기(405)를 포함한다. 광 증폭기는 예를 들어, 10600nm의 파장 λ의 광을 증폭시키기 위한 예를 들어, 10³-10⁶의 조합된 하나의 통과 이득을 갖고 있는 RF 펌핑된, 고속 축방향 플로우, CO₂ 증폭기일 수 있는 챔버를 갖고 있다. 이러한 증폭기 챔버는 레이저 캐비티(공진기) 없이 설계될 수 있어서 단독 설치될 때 한번 보다 많이 이득 매체를 통해, 증폭된 광선(410)을 통과시키는데 필요한 광 컴포넌트를 포함하지 않는다. 그럼에도 불구하고, 상술된 바와 같이, 레이저 캐비티는 다음과 같이 형성될 수 있다.

이러한 실시예에서, 레이저 캐비티는 레이저 시스템(400)에 후방 부분 반사 광학부(415)를 더함으로써 그리고 타겟 영역에 타겟 재료(140, 340)를 배치함으로써 형성될 수 있다. 광학부(415)는 예를 들어, 편평한 거울, 곡면 거울, 위상공액거울, 또는 예를 들어, 약 10600nm의 파장(CO₂ 증폭기 챔버가 사용되었다면 증폭된 광선(130, 330)의 파장)에 대해 약 90%의 반사도를 갖는 코너 반사기일 수 있다. 타겟 재료(140, 340) 및 후방 부분 반사 광학부(415)는 레이저 캐비티를 형성하기 위해 레이저 시스템(400)으로 증폭된 광선(410)의 일부를 되반사하도록 동작한다. 따라서, 타겟 영역에 타겟 재료(140, 340)이 존재하게 되면, 레이저 시스템(400)이 코히어런트 레이저 오실레이션을 생성하도록 하기에 충분한 피드백을 제공할 수 있다. 이러한 경우에, 증폭된 광선(410)은 레이저 빔으로서 간주될 수 있다. 타겟 재료(140, 340)가 타겟 영역에 존재하지 않을 때, 레이저 시스템(400)은 여전히, 증폭된 광선(410)을 산출하도록 펌핑될 수 있지만, 레이저 시스템(400)내의 일부 다른 컴포넌트가 충분한 피드백을 제공하지 않으면 코히어런트 레이저 오실레이션을 산출하지는 않는다. 특히, 타겟 재료(140, 340)와의 증폭된 광선(410)의 교차 동안, 타겟 재료(140, 340)는 빔 경로를 따라 광을 반사할 수 있고, 광 증폭기(405)를 통과하는 광 캐비티를 얻기 위해 광학부(415)와 협동할 수 있다. 이러한 배치는 광 증폭기(405)내의 이득 매체가 여기되어 타겟 재료(140, 340)를 조사하기 위한 레이저 빔을 생성하고, 플라즈마를 생성하고, 챔버(145, 345)내에 EUV 광 방사선을 산출할 때 타겟 재료(140, 340)의 반사도가 광 이득이 (광학부(415) 및 방울로부터 형성된) 캐비티 내의 광 손실을 초과하도록 하기에 충분하도록 구성되어 있다. 이러한 배치에서, 광학부(415), 광 증폭기(405) 및 타겟 재료(140, 340)는 타겟 재료(140, 340)가 광 캐비티의 하나의 거울(소위 플라즈마 거울 또는 기계적 q-스위치)로서 기능하는 소위 "셀프-타겟팅" 레이저 시스템을 형성하도록 조합된다. 셀프-타겟팅 레이저 시스템은 여기에 그 전체 내용이 언급되어 통합된 2006년 10월 13일 출원된 미국 특허 출원 11/580,414('414 출원) "Drive Laser Delivery Systems for EUV Light Source"에 개시되어 있다.

다른 실시예에서, 레이저 시스템(400)은 빔 경로를 따라 직렬로 배열된 (도 4c에 도시된 바와 같은) 일련의 광 증폭기를 포함한다.

도 4b에서, 또 다른 특정 실시예에서, 구동 레이저 시스템(420)은 마스터 오실레이터(425)에 의해 시작되고 단일 스테이지 광 증폭기(430)로 공급되는 시드 펄스를 갖는 마스터 오실레이터/전력 증폭기(MOPA)를 갖고 있다. 광 증폭기(430)는 예를 들어, 빔 경로를 따라 이동하는 증폭된 광선(435)을 생성하기 위해 RF 펌핑된, 고속 축방향 플로우, CO₂ 증폭기를 사용하여 마스터 오실레이터(425)로부터 펄스 출력을 증폭시킬 수 있다.

또한, 도 4c에서, MOPA 구성의 또 다른 실시예에서, 구동 레이저 시스템(440)은 빔 경로를 따라 이동하는 증폭된 광선(465)을 생성하기 위해 광 증폭기(450, 455, 460)의 세트에 공급하는 마스터 오실레이터(445)를 포함한다. 일부 실시예에서, 각 광 증폭기(450, 455, 460)는 내부 거울에 의해 접혀진 10 미터 증폭기 길이를 갖는 RF 펌핑된 축방향 플로우 CO₂ 레이저 큐브일 수 있다. 도시되지는 않았지만, 3개보다 적거나 많은 광 증폭기가 이러한 실시예에서 사용될 수도 있다.

적용에 따라, 다른 타입의 증폭기 또는 레이저, 예를 들어, 고전력 및 고펄스 반복율에서 동작하는 엑시머 또는 분자형 플루오르 레이저가 적합할 수 있다. 예로서, 미국 특허 6,625,191; 6,549,551 및 6,567,450에 나타난 바와 같은, 섬유 또는 디스크 형상의 이득 매체, MOPA 구성된 엑시머 레이저 시스템을 갖는 고체 레이저; 예를 들어, 오실레이터 챔버 및 (증폭 챔버를 병렬로 또는 직렬로 갖는) 하나 이상의 증폭 챔버의 하나 이상의 챔버를 갖고 있는 엑시머 레이저; 마스터 오실레이터/전력 오실레이터(MOPO) 어레이지먼트, 전력 오실레이터/전력 증폭기(POPA) 어레이지먼트; 또는 하나 이상의 엑시머 또는 분자형 플루오르 증폭기 또는 오실레이터 챔버를 시

당하는 고체 레이저가 적합할 수 있다. 다른 설계 역시 가능하다.

도 5에서, 절차(500)는 광 시스템(100 또는 300)을 동작시키도록 실행된다. 먼저, 광 시스템(100, 300)에 전력 공급되고(단계 505) 증폭된 광선(130, 330)의 초기 정렬이 실행된다(단계 510). 초기 정렬은 증폭된 광선(130, 330)이 챔버(145, 345)에 들어가고 일반적으로 타겟 영역쪽으로 지향되도록 광원(105, 305) 및 조향 시스템(110, 310)의 특징을 조정하는 단계를 포함한다. 특히, 이러한 정렬은 초점 영역(135, 335)(초점면(150, 350)에 있는 허리)이 타겟 재료(140, 340)의 사전결정된 거리내에 있는지 여부를 결정하는 단계(단계 515)를 포함한다. 이러한 초기 정렬 동안 조정될 수 있는 특징은 예를 들어, 컴포넌트(112, 312a,b), 컴포넌트(113, 313), 및 포커싱 광학부(111, 311)과 같은 조향 시스템(110, 310) 내의 컴포넌트의 영역 및 각도를 조정하는 단계를 포함한다. 초점 영역(135, 335)이 타겟 재료(140, 340)의 사전결정된 거리내에 있지 않다면, 광원(105, 305) 및 조향 시스템(110, 310)의 특징은 다시 조정된다(단계 510). 조정은 EUV 광(215)의 측정된 전력이 최대값에 도달할 때까지 또는 사전결정된 임계값을 초과할 때까지 전파 방향(155, 355)에 수직인 방향을 따라 그리고 전파 방향(155, 355)을 따라 초점 영역(135, 35)을 이동시키도록 (컴포넌트의 영역 및 각도를 조정하는 단계와 같은) 광원의 특징을 조정하는 단계를 포함할 수 있다. 조정은 대안으로 또는 추가적으로, EUV 광(215)의 측정된 전력이 최대값에 도달할 때까지 또는 사전결정된 임계값을 초과할 때까지 방향(355, 356)중 하나 이상의 방향을 따라 타겟 재료(140, 340)의 영역을 조정하는 단계를 포함할 수 있다. 초점 영역(135, 355)이 타겟 재료(140, 340)의 사전결정된 거리내에 있다면, 광 시스템(100, 300)은 정상 상태 동작으로 들어간다(단계 520).

도 6에서, 정상 상태 동작(420) 동안, 절차는 광 시스템(100, 300)에 의해 실행된다. 전파 방향(755)을 따라 이동하는 증폭된 광선(730) 및 광 시스템(100, 300)을 통해 지향될 수 있는 반사된 레이저 빔(760)을 나타내는 도 7a 내지 도 7c에 도시된 일반화된 광학도에 대해 설명될 것이다. 이러한 광학도에서, 검출 시스템(115, 315)은 부재번호 715로 표기되어 있고, 파면 수정 시스템(120, 320)은 부재번호 720로 표기되어 있고, 포커싱 광학부(111, 311)은 부재번호 711로 표기되어 있다. 도 7a 내지 도 7c에 도시된 엘리먼트에 관련하여 설명된 임의의 단계 역시 도 1 및 도 3에 도시된 상응하는 엘리먼트에 적용된다.

도 7a에서, 증폭된 광선(730)은 타겟 재료(740) 위에 또는 뒤에 있는 초점 영역(735)에 수렴된다. 따라서, 타겟 재료(740)는 중첩되지 않고 초점면(750)의 허리 내에 있지 않다.

도 7b에서, 증폭된 광선(730)은 타겟 재료(740)에 근방에 있고 중첩되는 초점 영역(735)에 수렴된다. 이것은 타겟 재료(740)가 허리 내에 있고 초점면(750)과 중첩되는 것을 의미한다. 타겟 재료(740)가 초점면(750)으로부터 사전결정된 거리(예를 들어, 전파 방향(755)을 따라 약 100 μ m) 내에 있다면 초점면(750)과 중첩된다. 이러한 사전결정된 거리는 포커싱 광학부(711)의 개구수가 클수록 사전결정된 거리가 작아진다는 점에서 포커싱 광학부(711)의 개구수에 종속되어 있다.

도 7c에서, 증폭된 광선(730)은 타겟 재료(740)의 전방에 있는 초점 영역(735)에 수렴된다. 따라서, 타겟 재료(740)는 중첩되지 않고 초점면(750)의 허리 내에 있지 않다.

증폭된 광선(730)은 타겟 재료(740)에 근방에 있는 초점 영역(735)에 수렴된다(단계 600). 이러한 초기 단계에서, 초점 영역(735)가 (상술된 바와 같이) 타겟 재료(740)와 기술적으로 중첩하지 않고 정상 상태 절차(520)가 시작될 수 있도록 충분히 가깝게 되는 것이 가능하다. 초점 영역(735)의 영역은 아래에 설명되는 바와 같이, 검출 시스템(715)로부터 출력된 이미지를 분석함으로써 정상 상태 동작 동안(단계 520) 타겟 재료(740)와 중첩되도록 조정된다.

타겟 재료(740)로부터 반사된 레이저 빔(760)은 예를 들어, (명료함을 위해 도 7a 내지 도 7c에 도시되지 않은) 컴포넌트(113) 또는 출력창(313)를 사용하여, 증폭된 광선(730)으로부터 분리되고(단계 605), 이러한 분리된 레이저 빔(760)은 파면 수정 시스템(720)을 통해 그리고 검출 시스템(715)쪽으로 지향된다. 예를 들어, 도 1에서, 레이저 빔(160)은 검출 시스템(115)쪽으로 부분 투명한 거울(113)을 통과하지만, 증폭된 광선(130)은 컴포넌트(113)에 의해 반사된다. 또 다른 예로서, 도 3에서, 레이저 빔(360)은 창(313)으로부터 파면 수정 시스템(320)쪽으로 반사되지만, 증폭된 광선(330)은 조향 시스템(310)쪽으로 창을 통하여 지향된다.

레이저 빔(760)의 파면은 파면 수정 시스템(720)에 의해 수정된다(단계 610). 따라서, 파면 수정 시스템(720)이 (도 1에 도시된 렌즈(120)와 같은) 비점수차 렌즈이거나 (도 3에 도시된 광반사 광학소자(320)와 같은) 바이코닉 거울이라면, 2개의 경미하게 상이한 초점면이 레이저 빔(760)의 (일반적으로 방향(755)로 라벨이 붙여진) 전파 방향에 횡방향인 2개의 방향에 대해 생성된다. 따라서, 파면 수정 시스템(720)은 레이저 빔(760)에 초점 어긋남을 도입한다.

레이저 빔(760)에 도입된 초점 어긋남량은 각각의 축에서의 곡률량 또는 곡면 수정 시스템(120, 320)의 2개의 축 사이의 곡률차에 종속된다. 따라서, 곡면 수정 시스템(120, 320)이 타겟 재료의 이미지에서 초점 어긋남을 유발함으로써 곡면을 왜곡시키기 때문에, 검출 시스템(115, 315)에 의해 취득된 이미지의 해상도는, 보다 적은 광이 이미지 콘트라스트를 취득하는데 사용되고 신호-노이즈 비가 감소되기 때문에, 초점 어긋남이 증가됨에 따라 떨어진다. 따라서, 시스템(120, 320)에 부여된 곡면 수정량은 초점면의 영역에 대한 결정이 가능하도록, 충분한 이미지 콘트라스트에 대한 필요에 대해 균형을 맞출 필요가 있다. 일부 실시예에서, 곡면 수정 시스템(120, 320)은 축들중 적어도 하나의 축을 따라, 예를 들어, 약 10-100 미터 사이의 곡률 반경을 갖는다. 곡률 반경의 수용가능한 범위의 값은 반사된 레이저 빔(160, 360)의 파장, 검출 시스템(115, 315)의 해상도, 및 반사된 레이저 빔이 이동하는 광 컴포넌트의 품질 및 설계에 적어도 일부 종속된다.

곡면 수정 시스템(720)에 의해 수정된 레이저 빔(760)은 검출 시스템(715)에서 검출된다(단계 615). 레이저 빔(760)의 광은 검출 시스템(715)에서 강도 프로파일을 생성하고, 이러한 강도 프로파일은 증폭된 광선(130)의 초점 영역(735)에 대한 타겟 재료(740)의 상대 위치를 나타낸다. 검출 시스템(715)은 그 디스플레이(719)에 이러한 강도 프로파일의 이미지(717)를 생성하고(단계 620) 이미지(717)는 화소 강도의 2차원 어레이일 수 있다.

컨트롤러(125, 325)는 검출 시스템(115, 315 또는 715)의 출력을 수신하고 이러한 출력을 분석하여 초점 영역(735)과 타겟 재료(740) 사이의 상대 위치에 대한 정보를 생성한다. 이러한 분석(단계 625)에 대한 상세는 도 8에서 설명된다. 다음으로, 컨트롤러(125, 325)는 예를 들어, 분석 동안 계산된 중심점(centroid)을 분석함으로써(단계 625) 초점 허리가 타겟 재료(740)를 중첩하는지 여부를 결정한다(단계 630). 초점 허리가 타겟 재료(740)를 중첩하는지 여부를 결정하는 중심점의 분석은 '178 출원에서 보다 상세하게 설명되어 있다. 기본적으로, 컨트롤러(125, 325)는 중심점이 이미지의 중심으로부터 (수직으로 뺀 평면을 따라) 얼마나 멀리 있는지, 어디에서 이미지의 중심이 증폭된 광선(730)의 (전과 방향과 평행한) 광축을 나타내는지 결정한다. 다음으로, 초점 허리가 광축으로부터 수직으로 뺀 평면을 따라 타겟 재료(740)와 중첩하고 있지 않다고 결정되면(단계 630), 컨트롤러(125, 325)는 조향 시스템(110, 310)내의 하나 이상의 기동기에 신호를 전송하여 조향 시스템(110, 310)내의 컴포넌트의 영역 및/또는 각도를 조정하고, 이로 인하여, 중심의 영역에 기초하여 초점 허리와 타겟 재료(740)의 상대 위치를 조정한다(단계 635). 이러한 조정 역시 '178 출원에 보다 상세하게 설명되어 있다.

컨트롤러(125, 325)는 플라즈마의 측정된 특징을 고려함으로써, 예를 들어, 챔버(145, 345)내의 별개의 카메라로부터 결정될 수 있는 측정된 플라즈마 위치를 고려함으로써 초점 허리가 타겟 재료(740)와 중첩하는지 여부에 대해 판단하는 것이 가능하다. 이러한 플라즈마 영역에 대한 정보는 타겟 재료에서 전과 방향에 수직인 축들중 적어도 하나를 따른 영역을 결정하는데 사용될 수 있다.

컨트롤러(125, 325)는 역시 단계 625에서 수행된 분석의 결과에 기초하여 광축을 따라 초점면이 타겟 재료와 중첩하는지 여부를 결정한다(단계 640). 단계 625에서의 분석이 (예를 들어, 도 7a 또는 도 7c에 도시된 바와 같이) 초점면(750)이 타겟 재료(740)와 중첩하지 않다는 것을 나타내면, 컨트롤러(125, 325)는 조향 시스템(110, 310)내의 하나 이상의 기동기에 신호를 전송하여 조향 시스템(110, 310)내의 컴포넌트의 영역 및/또는 각도를 조정하고, 이로 인해 초점면(750)과 타겟 재료(740) 사이의 상대 위치를 조정한다(단계 645).

검출 시스템(115, 315)은 단계 615 및 단계 620에서 데이터를 포착한다. 검출 시스템(115, 325)은 주기적으로 그리고, 시스템(115, 315)의 속도에 따라, 사전결정된 시간동안 데이터를 포착하고, 이러한 데이터 취득 시간 사이에는 아무런 데이터도 취득하지 않는 시간이 포함되어 있다. 단계(635, 645)에서의 조정은 (데이터 취득 시간과 데이터 비취득 시간을 합한) 데이터 취득의 하나의 사이클 후에 실행될 수 있다. 그러나, 데이터 수집의 복수의 사이클 및 측정값들의 평균화 단계 후에 단계 635, 645에서 조정을 행하는 것이, 광 시스템(100, 300)이 자체 보정하고 조향 시스템(110, 310)내의 엘리먼트의 너무 빠른 이동을 피할 수 있다는 점에서 보다 실제적일 수 있다.

도 8에서, 컨트롤러(125, 325)는 초점 영역(735)과 타겟 재료(740) 사이의 상대 위치에 대한 정보를 산출하기 위해 검출 시스템(115, 315)의 출력을 분석하기 위한 절차(625)의 예를 실행한다. 먼저, 컨트롤러(125, 325)는 이미지(예를 들어, 이미지(717))의 중심점을 계산한다(단계 800). 이러한 계산은 새로운 이미지 데이터로부터 배경 노이즈를 제거하는 단계, 이미지의 각 축을 따른 이미지 에너지를 계산하는 단계 및 중심점을 추정하기 위해 이미지 에너지를 전체 이미지 에너지로 나누는 단계 및 추정된 중심점 주변의 이미지를 센터링하는 단계를 포함할 수 있다. 다음으로, 컨트롤러(125, 325)는 추가 분석으로 순방향 이동을 지원하기 위해 임계(예를 들어, 배경)값보다 피크 강도가 큰지 여부를 결정한다. 피크 강도가 임계값보다 크지 않다면, 컨트롤러(125,

325)는 절차(625)를 나오고, 그 이후에 정상 상태 동작(520)이 단계(615)에서 반복된다(레이저 빔(760)이 검출 시스템(715)에서 검출된다)(단계 810).

피크 강도가 임계값보다 크다면, 컨트롤러(125, 325)는 결정된 중심점에 기초하여 어레이내의 각 축의 관성 모멘트를 계산하고(단계 815), 관성축의 모멘트의 크기를 계산하고(단계 820), 관성축의 모멘트의 방위를 계산한다(단계 825).

그다음, 컨트롤러(125, 325)는 단계 820, 825에서 계산된 크기 및 방위에 기초하여 작은 관성 모멘트와 큰 관성 모멘트 사이의 비를 계산한다(단계 830). 컨트롤러(125, 325)는 이러한 계산된 비가 사전결정된 임계값(예를 들어, 0.80)보다 큰지 여부를 판단한다(단계 835). 또한, 도 9에서, 그래프(900)는 광축을 따른 초점면의 이산 위치에서의 계산된 비의 예를 보여준다. 그래프(900)에서, 라인 905는 사전결정된 임계값을 나타낸다.

이러한 비가 사전결정된 임계값보다 크다면(단계 835), 컨트롤러(125, 325)는 도 7b에 도시된 광학도의 경우처럼, 초점면(750)과 타겟 재료(740)가 광축을 따라 충분히 중첩되었는지를 판단한다(단계 840). 이것은 비가 사전결정된 임계값보다 큰 경우에 작은 관성 모멘트가 큰 관성 모멘트보다 훨씬 더 작지 않고 이미지가 도 7b에 나타난 바와 같이, 보다 더 원형으로 나타나기 때문에 타당한 판단이다.

비가 사전결정된 임계값보다 크지 않다면(단계 835), 컨트롤러(125, 325)는 도 7a 및 도 7c의 광학도의 경우에서처럼, 초점면(750) 및 타겟 재료(740)가 충분히 중첩되지 않았는지 여부를 판단한다(단계 845). 이러한 경우에, 작은 관성 모멘트는 큰 관성 모멘트보다 훨씬 더 작고, 이것은 도 7a 또는 도 7c에 나타난 바와 같이, 타 원형으로 나타나는 것을 의미한다. 더욱이, 컨트롤러(125, 325)는 또한, (도 7a 및 도 7c에 나타난 바와 같이 큰 관성 모멘트와 연관된 축이 되도록 할당될 수 있는) 테스트 축의 방위가 수평축에 대하여 사전결정된 각도(예를 들어, 90° 보다 큰 지 여부를 판단한다(단계 850).

테스트 축의 방위는 수평축에 대한 테스트 축의 각도(765)일 수 있다. 그리고, 테스트 축 방위(765)는 파면 수정 시스템(120, 320)의 (전파 방향에 수직인 평면에서의) 방위에 의해 직접 영향을 받는다. 상술된 바와 같이, 파면 수정 시스템(120, 320)은 반사된 레이저 빔의 파면을 수정하여, 전파 방향에 횡방향인 2개의 방향에 대한 2개의 경미하게 상이한 초점면을 생성한다. 이러한 2개의 횡방향의 방위는 테스트 축 방위(765)를 결정하는 것이다(또한 테스트 축에 수직인 축의 방위이다). 따라서, 시스템(120, 320)의 2개의 횡방향인 전파 방향에 횡방향인 수평 방향 및 수직 방향이라면, 테스트 축 방위(765)는 (테스트 축 방위(765)가 어떻게 정의되는가에 따라) 수평 방향 또는 수평 방향중 하나를 따라야 한다. 초점면의 영역에 대한 테스트 축 방위(765)의 취해진 측정예의 그래프(1000)를 보여주는 도 10에서, 시스템(120, 320)의 2개의 횡방향인 전파 방향에 횡방향인 수평 방향과 수직 방향과 약 45° 이탈되어 있다면, 테스트 축 방위(765)는 초점면이 (도 7a에 도시된 바와 같이) 타겟 재료의 뒤에 있는 경우 수평 방향의 약 45° 위에 있고, 초점면이 (도 7c에 도시된 바와 같이) 초점면이 타겟 재료의 전방에 있는 경우에는 수평 방향의 약 45° 아래에 있다. 계산의 실행 목적을 위해, 사전결정된 각도가 테스트 축 방위(765)와 테스트 축에 수직인 축의 방위 사이에 있도록 설정되어 있다.

컨트롤러(125, 325)가 테스트 축 방위(765)가 사전결정된 각도(예를 들어, 90° 보다 크다고 결정하면(단계 850), 컨트롤러(125, 325)는 도 7c에 도시된 바와 같이, 초점면이 타겟 재료의 전방에 있다고 결정한다(단계 855). 컨트롤러(125, 325)가 테스트 축 방위(765)가 사전결정된 각도(예를 들어, 90°)보다 크지 않다고 결정하면(단계 850), 컨트롤러(125, 325)는 초점면이 도 7a에 도시된 바와 같이 타겟 재료의 후방에 있는 것으로 결정한다(단계 860). 그다음, 컨트롤러(125, 325)는 단계(840, 860, 865)에서 이루어진 결정을 출력하여 초점 허리가 타겟 재료와 중첩하는지 여부를 확인한다(단계 630).

도 11에서, 극자외선 광시스템(1100)의 또 다른 실시예는 광원(1105), 조향 시스템(1110), 검출 시스템(1115), 파면 수정 시스템(1120), 및 컨트롤러(1125)를 포함한다. 이해를 위해, 광 시스템(1100)에 있지 않은 도 1의 광 시스템(100)의 특징만을 아래에서 보다 상세하게 설명한다. 광 시스템(1100)은 광 시스템(100)에 도시된 엘리먼트에 더하여, 조향 시스템(1110)의 컴포넌트를 정렬하거나, 증폭된 광선(1130)을 타겟 재료로 조향하는 것을 돕도록 사용될 수 있는 가이드 레이저(1175)를 포함한다. 가이드 레이저(1175)는 조향 시스템(1110)내의 광 컴포넌트의 파장 범위내에 있는 가이드 파장을 갖고 있는 가이드 레이저 빔(1180)을 생성한다. 상술된 바와 같이, 가이드 파장은 광원(1105)의 작동 파장 (따라서, 증폭된 광선(1130)의 파장)과 구별될 수 있다. 가이드 레이저 빔(1180)은 부분적으로 투명한 거울(1185)(예를 들어, 빔 스플리터)를 통해 증폭된 광선(1130)의 경로내로 지향된다. 더욱이, 가이드 레이저(1175)의 가이드 레이저 빔은 증폭된 광선(1130) 보다 비교적 낮은 전력을 갖고 정렬될 필요가 있는 광 컴포넌트를 통과하도록 충분한 전력을 가져야 한다.

가이드 레이저(1175)는 광원(1105)이 증폭된 광선(1130)을 생성하고 있지 않은 동안에도 작동할 수 있다. 가이드 레이저(1175)는 예를 들어, 광원(1105)의 초기 설정동안 그리고 챔버(1145)내의 EUV 생성 이전에, 광원(1105)내의 컴포넌트를 정렬시키는데 사용될 수 있다. 또한, 이러한 실시예에서, 가이드 레이저(1175)는 증폭된 광선(1130)을 타겟 영역으로 조향하기 위해 조향 시스템(1110)내의 컴포넌트를 정렬시키는데 사용될 수도 있다. 다른 실시예에서, 가이드 레이저(1175)는 광원(1105)의 이득 매체가 반전되는 동안, 조향 시스템(1110)내의 광 컴포넌트를 정렬하고 증폭된 광선(1130)을 타겟 영역쪽으로 조향하는데 사용될 수 있지만, 코히어런트 레이저 오실레이션의 생성동안 또는 챔버(1145)내의 EUV 생성 동안은 아니며, 이러한 경우에 레이저 캐비티가 존재하고 레이저 시스템은 코히어런트 헤이저 오실레이션을 생성하고 있다.

가이드 레이저(1175)가 사용된다면, 정렬 시스템은, 반사된 레이저 빔(1160)과 같이, 광원(1105)이 (예를 들어, 펄스 사이에서) 증폭된 광선(1130)을 생성하고 있지 않은 동안 타겟 재료(1140)로부터 반사된 가이드 레이저 광을 사용할 수 있다. 이러한 방식으로, 정렬 시스템은 광원(1105)이 증폭된 광선(1130)을 생성하고 있지 않을 때조차 그래서 광 시스템(1100)이 챔버(1145)에서 EUV 광을 생성하고 있지 않을 때조차 작동할 수 있다.

도 12에서, 극자외선 광 시스템(1200)의 또 다른 실시예는 광원(1205), 조향 시스템(1210), 검출 시스템(1215), 파면 수정 시스템(1220), 및 컨트롤러(1225)를 포함하고 있다. 이해를 위해, 광 시스템(1200)에 없는 도 1의 광 시스템(100)의 특징만이 아래에 설명되었다. 광 시스템(1200)은 광 시스템(100)에 도시된 엘리먼트에 더하여, 타겟 재료(1240)로부터 반사된 레이저 빔(1260)의 다른 특징을 측정할 수 있는 광 모니터(1277)를 포함하고 있다.

도 7a 내지 도 7c에 도시된 실시예에서, 이미지 강도 프로파일은 타겟 재료(740)가 초점면(750)과 중첩할 때 대략 원형 형상을 갖고 있다. 그러나, 검출 시스템(715)에서의 이미지 강도 프로파일은 타겟 재료(740)가 도 13b에 도시된 바와 같이, 초점면(750)과 중첩할 때 타원형인 것도 가능하다. 적합하게 중첩되는 이미지 강도 프로파일은 예를 들어, 최대 EUV 전력(또는 일부 다른 적합한 메트릭)를 취득하기 위해 조향 시스템 및/또는 타겟 재료 전달 시스템의 특징을 조정함으로써 실험에 의해 결정된다. 따라서, 이러한 실험적 결정은 최대 EUV 전력이 비대칭 (또는 타원형) 이미지 강도 프로파일에 상응한다는 인식에 이르는 것이 가능하다.

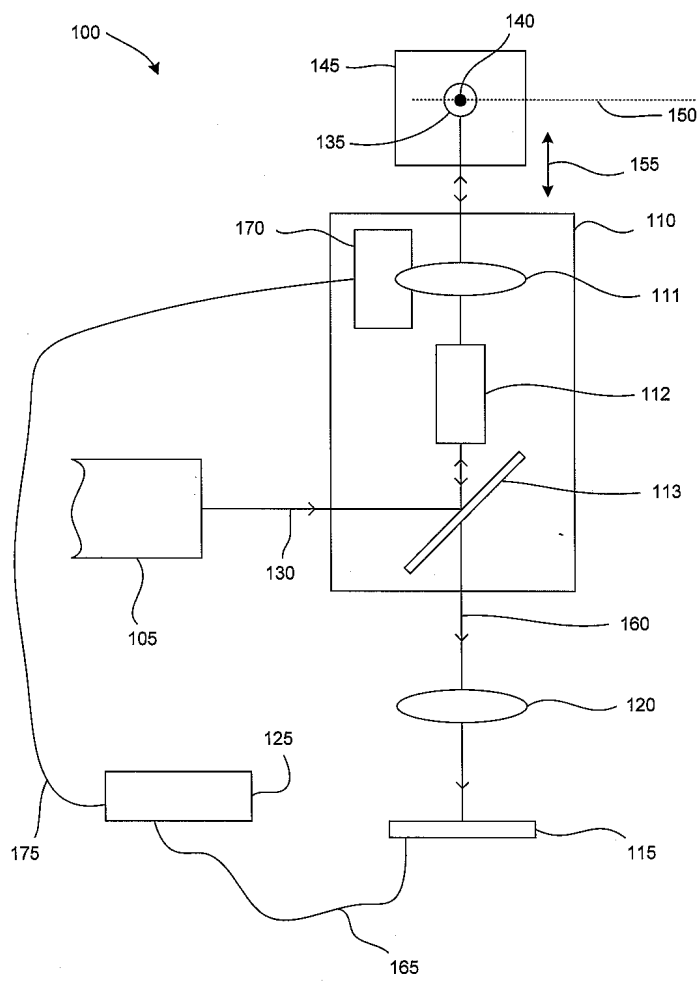
이러한 상황에서, 컨트롤러는 이러한 타원형(예를 들어, 도 13b에 도시된 형상)이 타겟 재료(740)가 초점면(750)과 적합하게 중첩하는 형상이라고 판단한다. 따라서, 작동 동안, 컨트롤러는 비가 사전결정된 최대값과 사전결정된 최소값 사이에 있고 테스트 축 방위(각도 765)가 사전결정된 각도 (도 13b에 도시되어 있다) 보다 작다면 충분히 중첩한다고 판단한다. 더욱이, 컨트롤러는 비가 사전결정된 최소 임계값 보다 작으면 초점면(750)이 타겟 재료(740)의 전방에 있고 사전결정된 최대 임계값(도 13c에 도시되어 있다) 보다 크다면 초점면(750)이 타겟 재료(740)와 중첩한다고 판단한다.

도 6에 상술된 실시예에서 설명된 바와 같이, 컨트롤러는 초점 영역(135)이 타겟 재료와 중첩하는지 여부를 결정할 때 각 축(단계 640 및 645에서의 광축 그리고 단계 630 및 635에서의 광축에 수직인 평면)을 별개로 분석하고 제어한다. 다른 실시예에서, 컨트롤러는 다변량 절차를 사용하여, 초점 허리 반경 및 초점면에 대한 별개의 단계(단계 630, 635 및 단계 640, 645)를 실행할 필요없이 초점 영역(135)(초점 허리 반경 및 초점면 모두)이 타겟 재료와 중첩하는지 여부를 결정한다. 이러한 방식으로, 컨트롤러는 양쪽 축을 동시에 분석하고 제어한다.

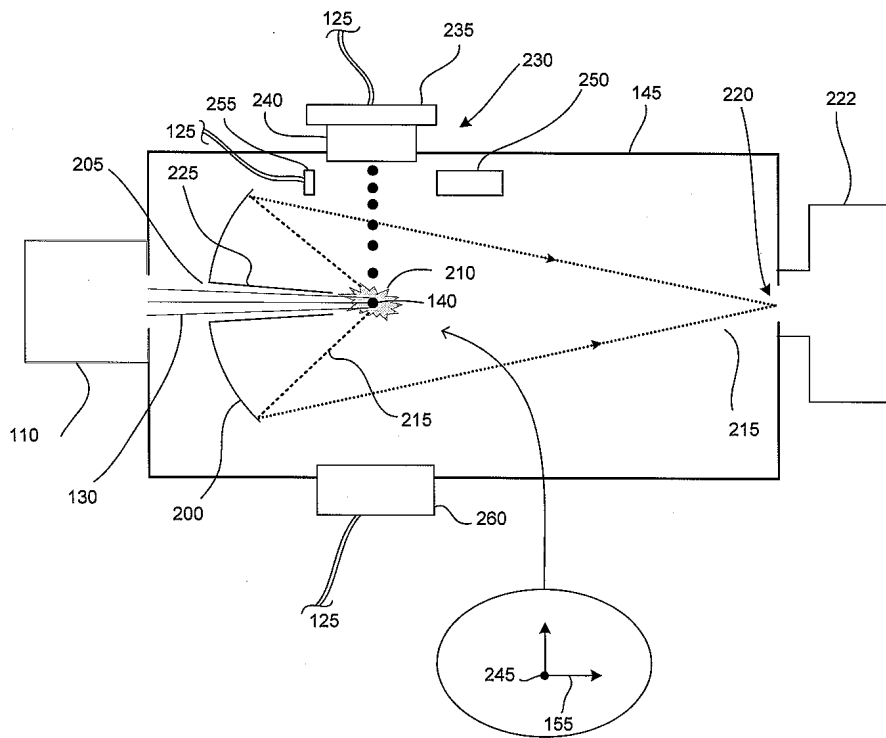
다른 실시예는 다음의 청구범위의 범위내에 포함된다.

도면

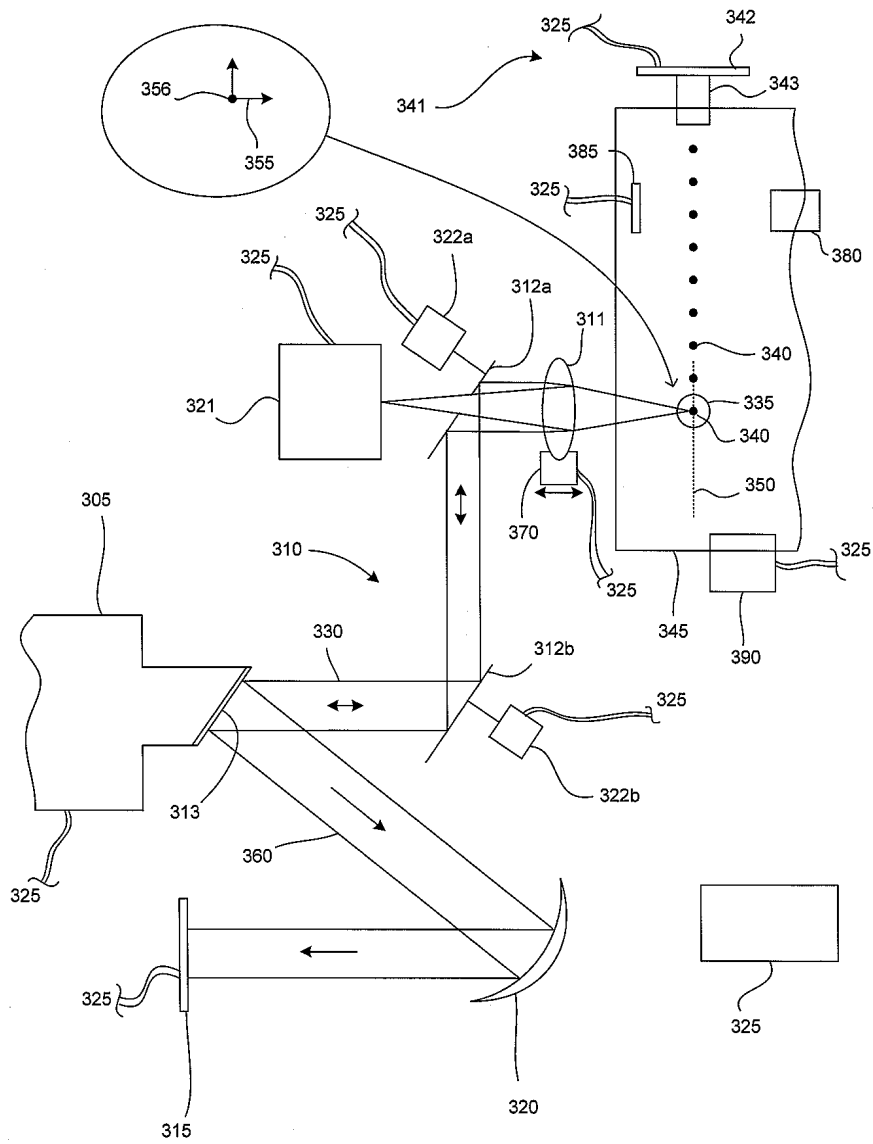
도면1



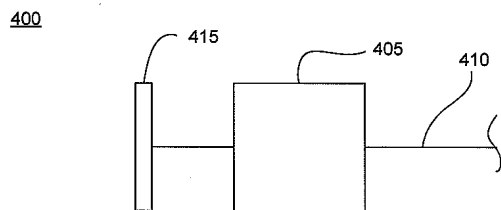
도면2



도면3

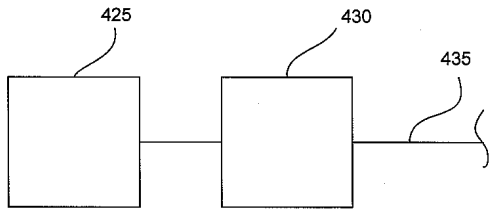


도면4a



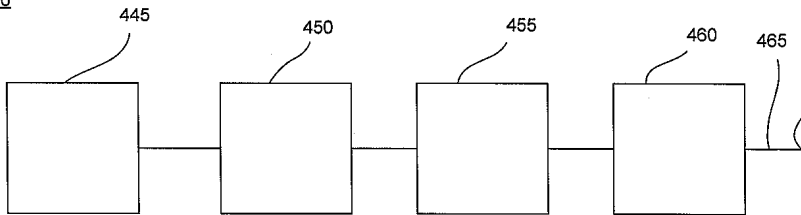
도면4b

420



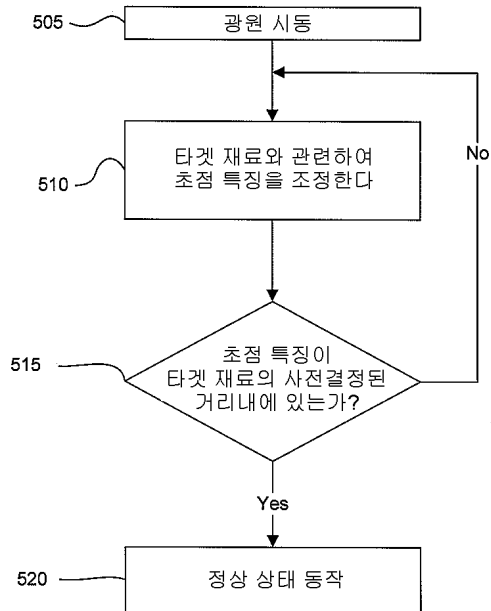
도면4c

440

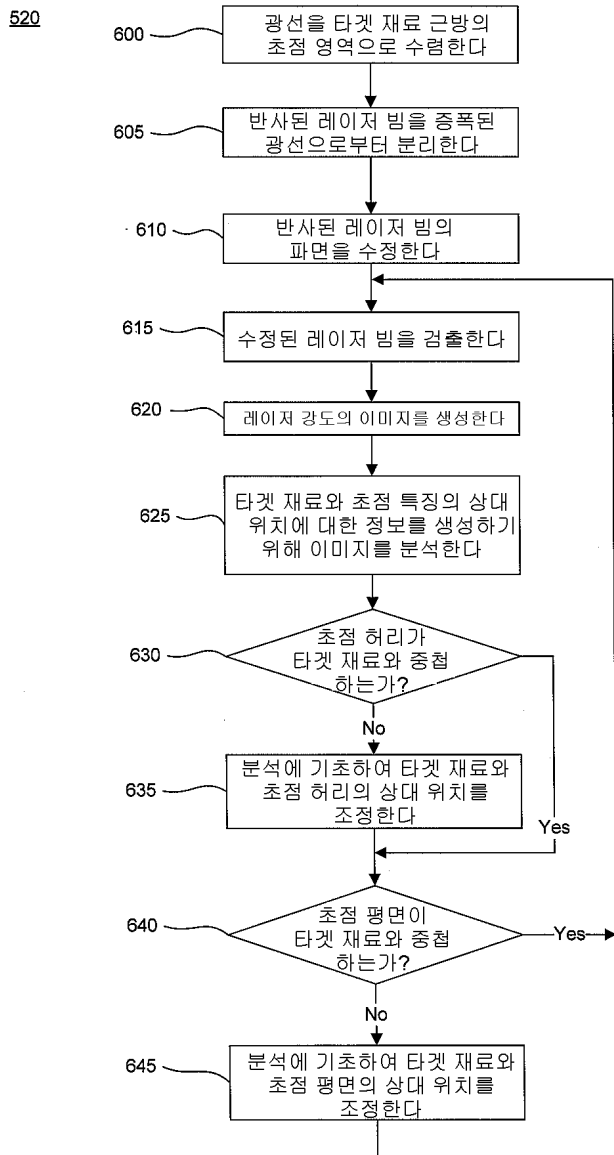


도면5

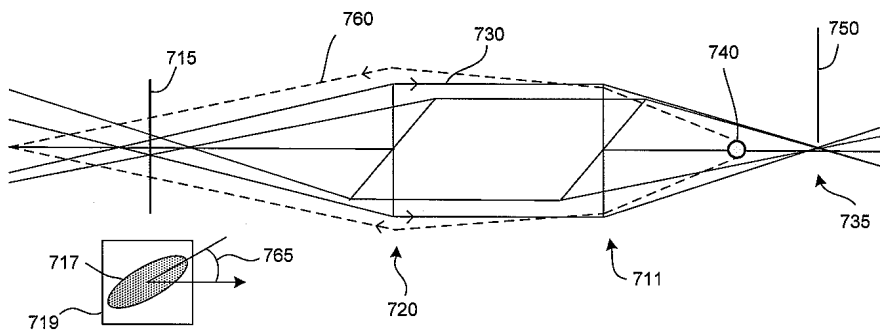
500



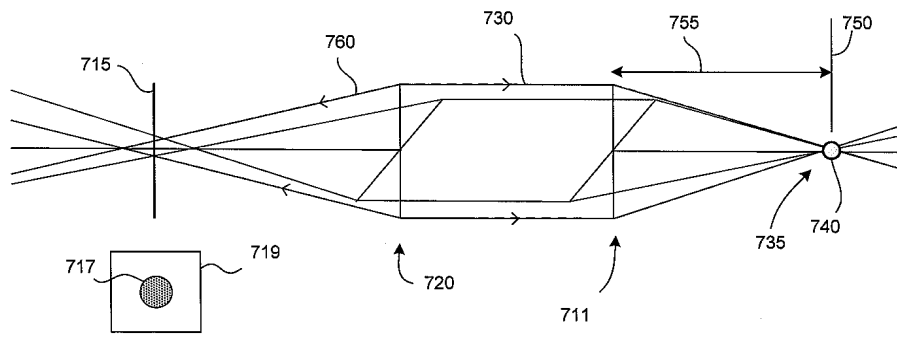
도면6



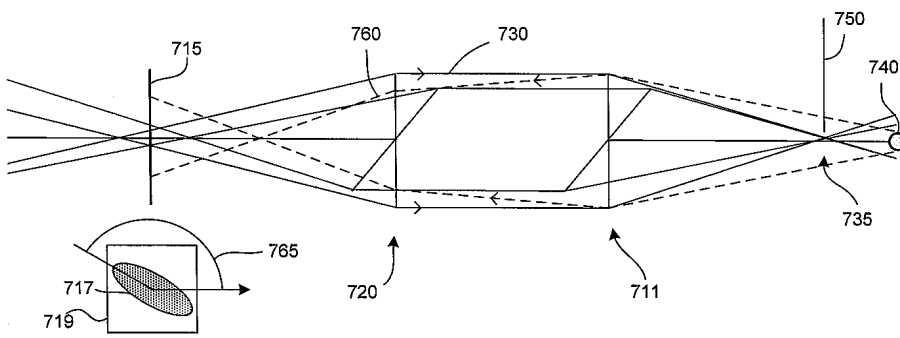
도면7a



도면7b

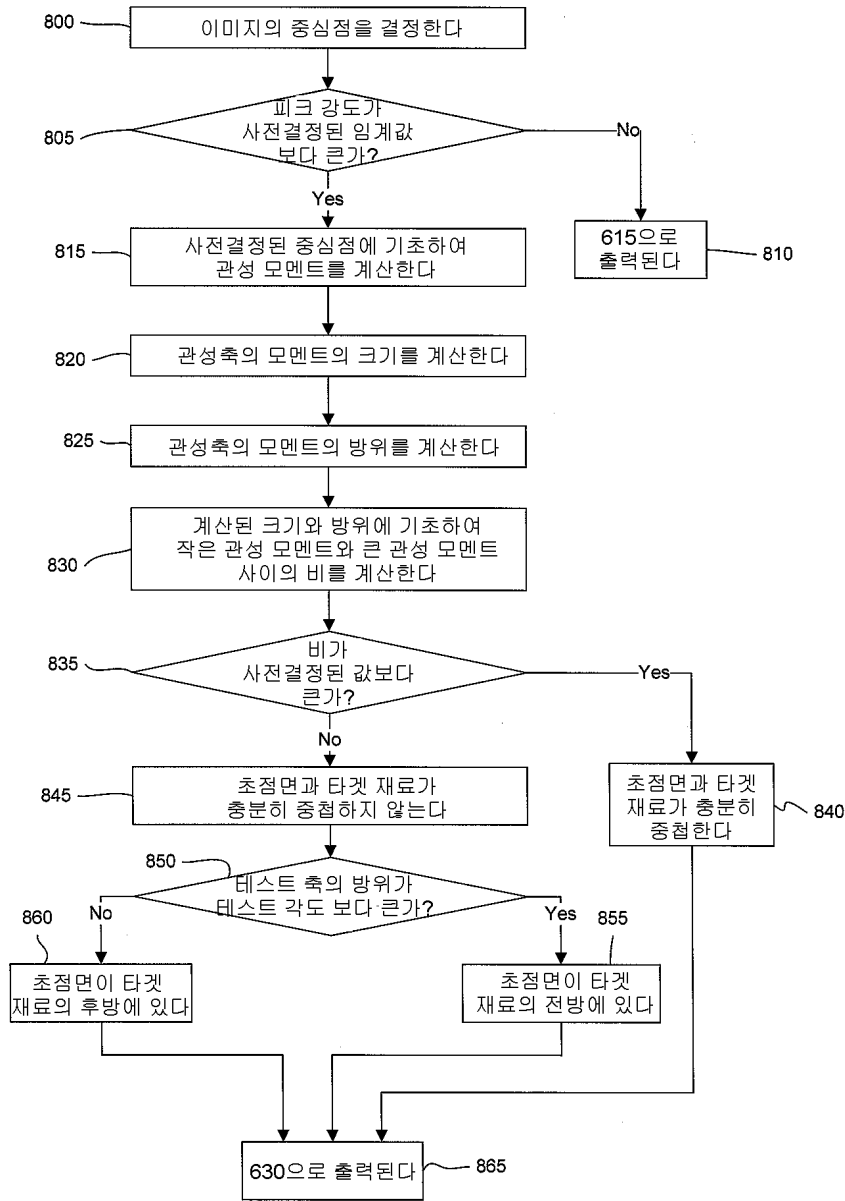


도면7c

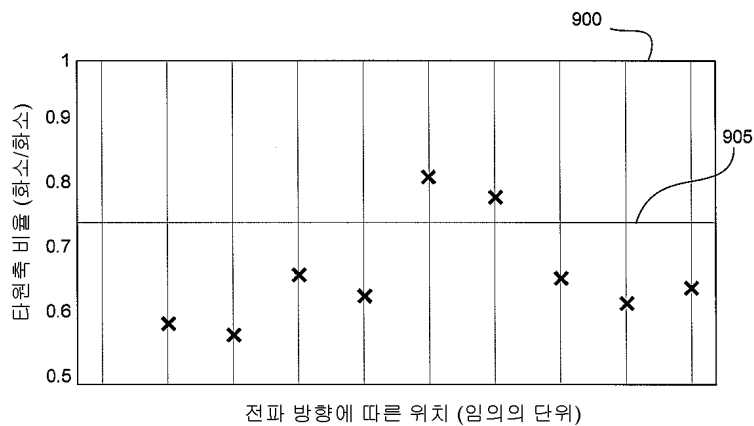


도면8

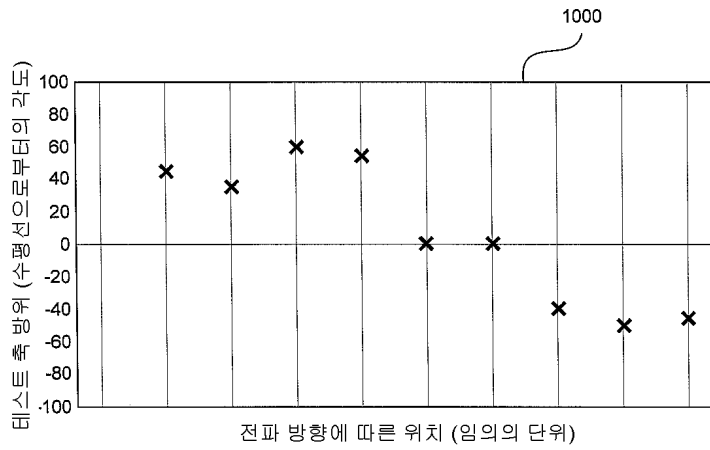
625



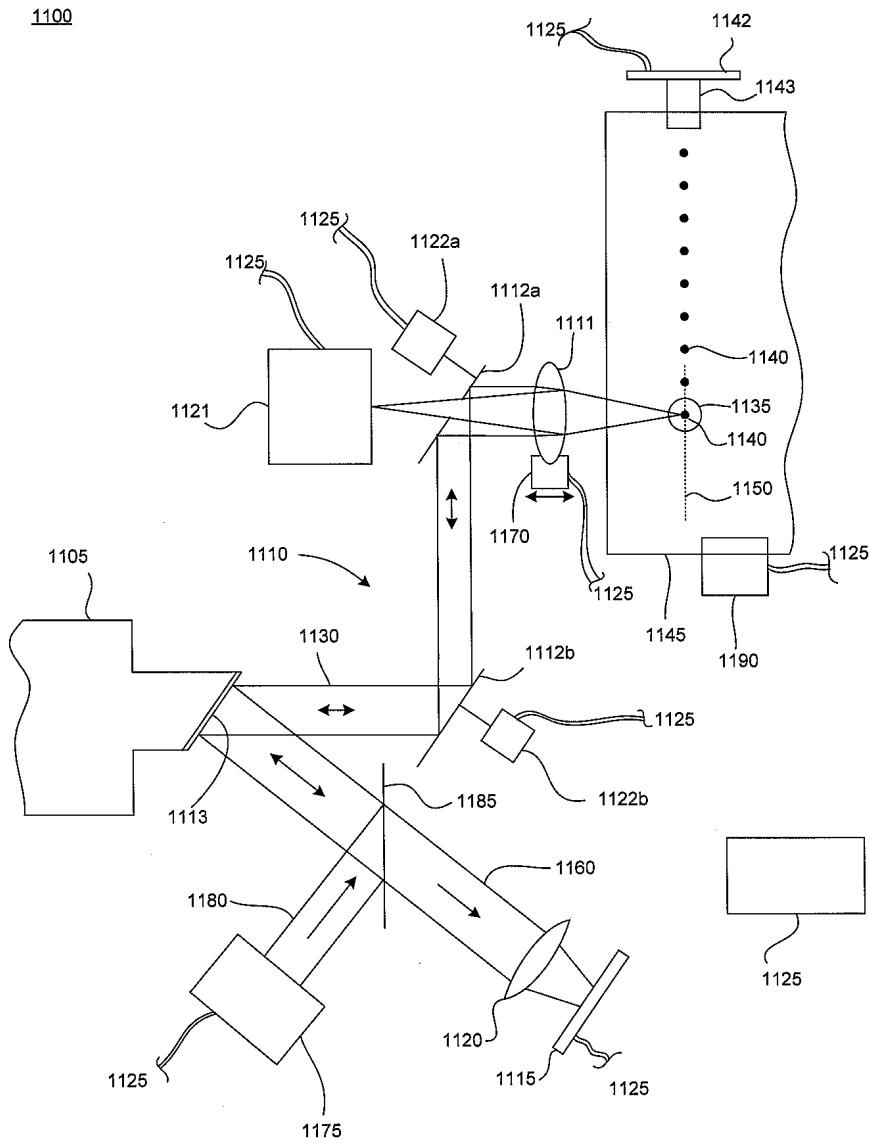
도면9



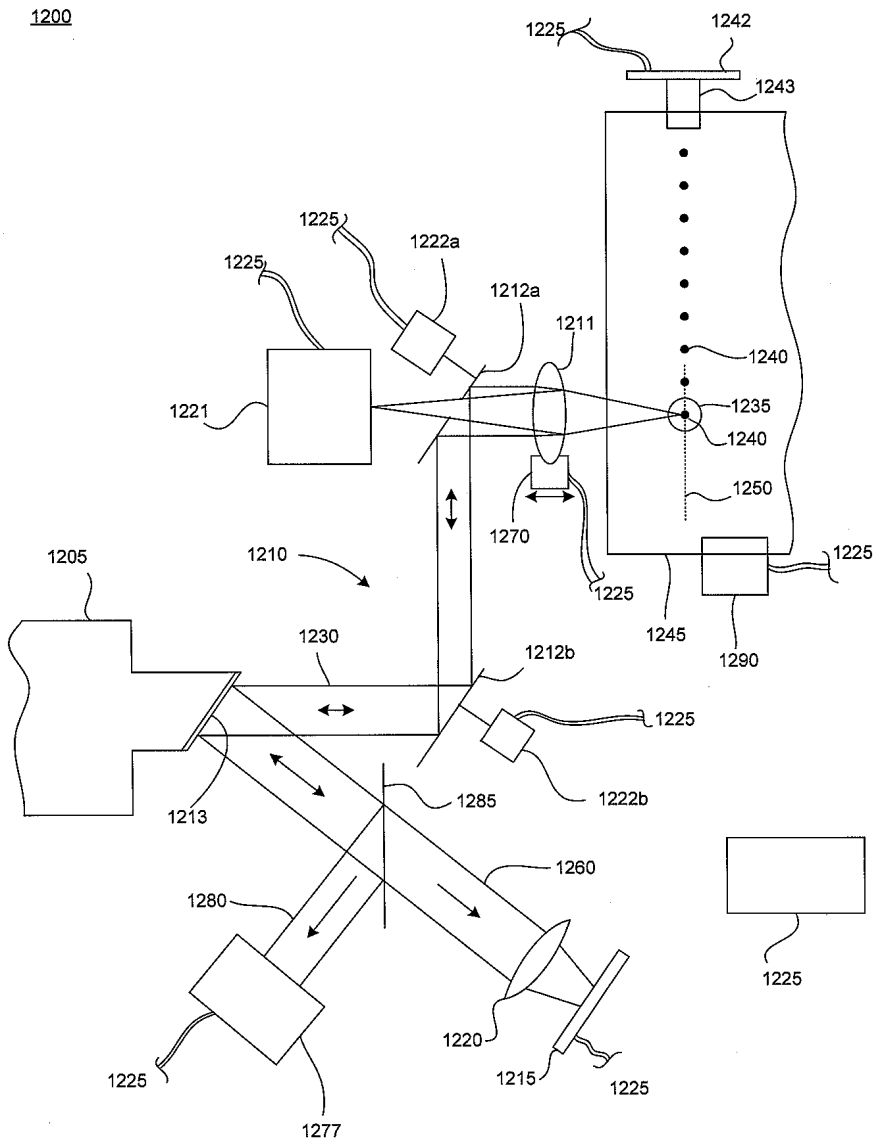
도면10



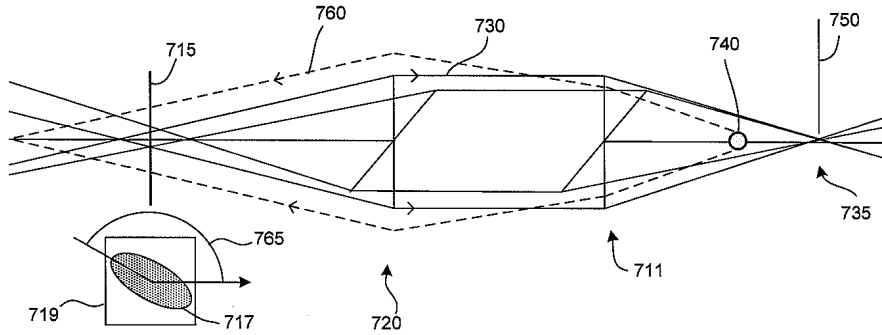
도면11



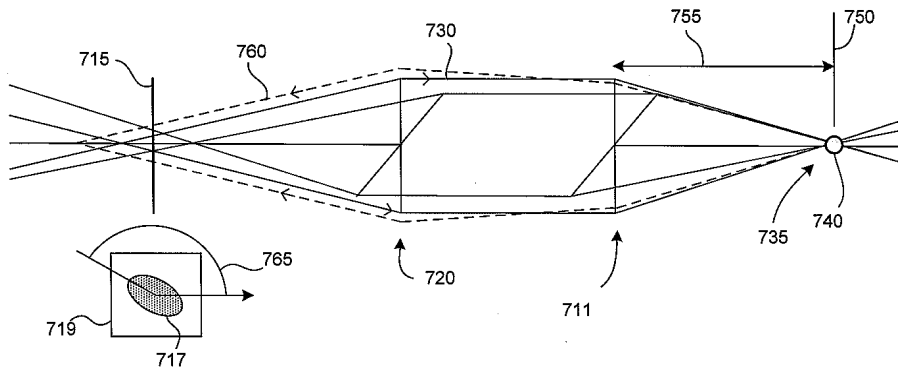
도면12



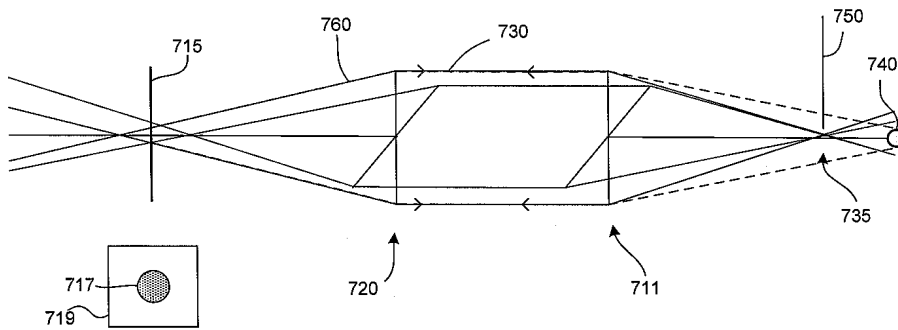
도면13a



도면13b



도면13c



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 10

【변경전】

상기 극자외선 챔버는

【변경후】

상기 극자외선 광 챔버는