(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2012-0092706
(43) 공개일자 2012년08월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01S 3/10 (2006.01) *H01L 21/027* (2006.01)
G03F 7/20 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2012-7018249
(22) 출원일자(국제) 2010년12월07일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2012년07월13일
(86) 국제출원번호 PCT/US2010/059280
(87) 국제공개번호 WO 2011/075346
국제공개일자 2011년06월23일
(30) 우선권주장
12/638,092 2009년12월15일 미국(US)

(71) 출원인
사이머 인코포레이티드
미국 캘리포니아 92127-2413 샌디에고 쏜민트 코트 17075
(72) 발명자
버그스텟 로버트 엔.
미국 캘리포니아 92008 칼스바드 엘 카피탄 코트 4348
파틀로 윌리엄 엔.
미국 캘리포니아 92064 포웨이 페드리자 드라이브 12634
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
송봉식, 정삼영

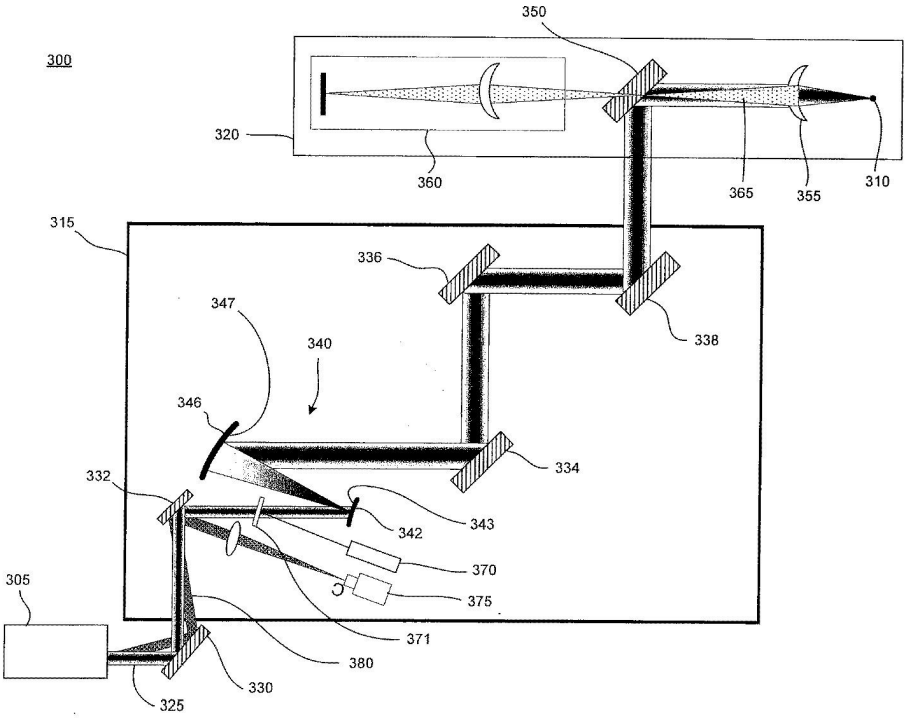
전체 청구항 수 : 총 32 항

(54) 발명의 명칭 **극자외선 광원용 빔 트랜스포트 시스템**

(57) 요 약

극자외선 광 시스템은 증폭된 광 빔을 산출하는 구동 레이저 시스템; 타겟 위치에 타겟 재료를 산출하도록 구성된 타겟 재료 운반 시스템; 극자외선 광 수집기 및 타겟 위치를 하우징하는 내부 진공 공간을 형성하는 극자외선 광 진공 챔버; 및 구동 레이저 시스템으로부터 방출된 증폭된 광 빔을 수신하고, 증폭된 광 빔을 타겟 위치를 향하게 방향조절하도록 구성된 빔 전달 시스템을 포함한다. 빔 전달 시스템은 증폭된 광 빔의 크기를 확대시키는 빔 확대 시스템, 및 증폭된 광 빔을 타겟 위치에 포커싱하도록 구성되고 배열된 포커싱 엘리먼트를 포함한다.

대 표 도



(72) 발명자

포멘코프 아이고르 브이.

미국 캘리포니아 92129 샌 디에고 저널 웨이 14390

김 남 형

미국 캘리포니아 92129 샌 디에고 칼레 데 라스 로사스 12989

특허청구의 범위

청구항 1

극자외선 광 시스템으로서,

증폭된 광 빔을 산출하는 구동 레이저 시스템;

타겟 위치에 타겟 재료를 산출하도록 구성된 타겟 재료 운반 시스템; 및

상기 구동 레이저 시스템으로부터 방출된 상기 증폭된 광 빔을 수신하고, 상기 증폭된 광 빔을 상기 타겟 위치를 향하게 방향조절하도록 구성된 빔 전달 시스템을 포함하고,

상기 빔 전달 시스템은 타원 포물면의 비축상(off-axis) 세그먼트인 반사면을 가진 곡면형 미러를 구비한 빔 확대 시스템을 포함하는 것을 특징으로 하는 극자외선 광 시스템.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 타겟 재료 운반 시스템은 상기 타겟 위치를 가로지르는 타겟 재료 경로를 따라 상기 타겟 재료를 출력할 수 있는 타겟 재료 배출구를 포함하는 것을 특징으로 하는 극자외선 광 시스템.

청구항 3

제 1 항에 있어서, 상기 곡면형 미러는 발산 곡면형 미러인 것을 특징으로 하는 극자외선 광 시스템.

청구항 4

제 3 항에 있어서, 수렴 렌즈를 더 포함하고,

상기 곡면형 미러는 상기 구동 레이저 시스템으로부터 상기 증폭된 광 빔을 수신하고, 상기 수렴 렌즈는 상기 곡면형 미러로부터 반사된 발산하는 광 빔을 수신하고, 상기 광 빔을 상기 곡면형 미러에 도달한 상기 증폭된 광 빔의 단면보다 큰 단면을 가진 시준된 증폭된 광 빔으로 실질적으로 시준하는 것을 특징으로 하는 극자외선 광 시스템.

청구항 5

제 1 항에 있어서, 상기 곡면형 미러는 수렴 곡면형 미러인 것을 특징으로 하는 극자외선 광 시스템.

청구항 6

제 5 항에 있어서, 발산 렌즈를 더 포함하고,

상기 발산 렌즈는 상기 구동 레이저 시스템으로부터 상기 증폭된 광 빔을 수신하고, 상기 수렴 렌즈는 상기 발산 렌즈를 통해 투과된 상기 발산하는 광 빔을 수신하고, 상기 발산 렌즈에 도달한 상기 증폭된 광 빔의 단면보다 더 큰 단면을 가진 실질적으로 시준된 증폭된 광 빔을 반사하는 것을 특징으로 하는 극자외선 광 시스템.

청구항 7

제 1 항에 있어서, 타원 포물면의 비축상 세그먼트인 반사면을 구비한 다른 곡면형 미러를 더 포함하고,

상기 곡면형 미러는 상기 구동 레이저 시스템으로부터 상기 증폭된 광 빔을 수신하는 발산 곡면형 미러이고,

상기 다른 곡면형 미러는 상기 곡면형 미러로부터 반사된 상기 발산하는 광 빔을 수신하고, 상기 광 빔을 상기 곡면형 미러에 도달한 상기 증폭된 광 빔의 단면보다 큰 단면을 가진 시준된 증폭된 광 빔으로 실질적으로 시준하도록 설치된 수렴 곡면형 미러인 것을 특징으로 하는 극자외선 광 시스템.

청구항 8

극자외선 광 시스템으로서,

증폭된 광 빔을 산출하는 구동 레이저 시스템;

타겟 위치에 타겟 재료를 산출하도록 구성된 타겟 재료 운반 시스템; 및

상기 구동 레이저 시스템으로부터 방출된 상기 증폭된 광 빔을 수신하고, 상기 증폭된 광 빔을 상기 타겟 위치를 향하게 방향조절하도록 구성되어 있는 빔 전달 시스템을 포함하고,

상기 빔 전달 시스템은

상기 증폭된 광 빔의 크기를 확대하는 적어도 하나의 곡면형 미러를 구비한 빔 확대 시스템, 및

상기 증폭된 광 빔을 상기 타겟 위치로 포커싱하도록 구성되고 배열된 수렴 렌즈를 구비한 포커싱 엘리먼트를 포함하는 것을 특징으로 하는 극자외선 광 시스템.

청구항 9

제 8 항에 있어서, 상기 수렴 렌즈는 비구면 렌즈인 것을 특징으로 하는 극자외선 광 시스템.

청구항 10

제 8 항에 있어서, 상기 수렴 렌즈는 셀렌화 아연으로 이루어진 것을 특징으로 하는 극자외선 광 시스템.

청구항 11

제 8 항에 있어서, 상기 수렴 렌즈는 그 내부에 상기 타겟 위치가 있는 극자외선 광 진공 챔버 내부에 있고, 상기 챔버는 상기 증폭된 광 빔이 상기 타겟 위치를 가로질러 상기 타겟 재료를 타격할 때 상기 타겟 재료로부터 방출된 극자외선 광을 모으도록 구성된 극자외선 광 수집기를 하우징하는 것을 특징으로 하는 극자외선 광 시스템.

청구항 12

제 8 항에 있어서, 상기 수렴 렌즈는 상기 광 챔버 내의 진공과 외부 환경 사이에 누수방지 방벽을 제공하는 극자외선 광 챔버의 윈도우인 것을 특징으로 하는 극자외선 광 시스템.

청구항 13

제 8 항에 있어서, 상기 빔 전달 시스템은 상기 수렴 렌즈에 기계적으로 연결되어 있는 액츄에이션 시스템을 포함하고, 상기 증폭된 광 빔을 상기 타겟 위치로 포커싱하도록 상기 수렴 렌즈를 이동시키도록 구성되어 있는 것을 특징으로 하는 극자외선 광 시스템.

청구항 14

제 8 항에 있어서, 상기 빔 전달 시스템은 상기 수렴 렌즈에서 반사된 상기 증폭된 광 빔을 탐지하는 계측 시스템을 포함하는 것을 특징으로 하는 극자외선 광 시스템.

청구항 15

제 14 항에서, 상기 계측 시스템에 연결되어 있고, 상기 수렴 렌즈에 연결된 액츄에이션 시스템에 연결되어 있는 컨트롤러를 더 포함하고, 상기 컨트롤러는 상기 계측 시스템으로부터의 출력을 기초로 상기 수렴 렌즈를 이동시키도록 구성되어 있는 것을 특징으로 하는 극자외선 광 시스템.

청구항 16

제 15 항에 있어서, 상기 빔 전달 시스템은 상기 증폭된 광 빔을 상기 확대 시스템으로부터 상기 수렴 렌즈를 향하도록 다시 방향조절하는 렌즈앞 미러를 포함하는 것을 특징으로 하는 극자외선 광 시스템.

청구항 17

제 16 항에 있어서, 상기 렌즈앞 미러는 상기 계측 시스템으로부터의 출력을 기초로 상기 미러의 이동을 허용하기 위해 상기 컨트롤러에 연결되어 있는 미러 액츄에이션 시스템에 연결되어 있는 것을 특징으로 하는 극자외선 광 시스템.

청구항 18

극자외선 광 산출 방법으로서,

타겟 위치에 타겟 재료를 산출하는 단계;

증폭된 광 빔을 산출하기 위해 구동 레이저 시스템 내의 적어도 하나의 광 증폭기의 이득 매체에 펌프 에너지를 공급하는 단계;

상기 증폭된 광 빔의 가로방향의 단면을 확대하는 단계; 및

상기 확대된 증폭된 광 빔을 수렴 렌즈를 통해 방향조절함으로써 상기 확대된 증폭된 광 빔을 상기 타겟 위치상에 포커싱하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 극자외선 광 산출 방법.

청구항 19

제 18 항에 있어서, 상기 증폭된 광 빔이 상기 타겟 위치를 가로질러 상기 타겟 재료를 타격할 때 상기 타겟 재료로부터 방출되는 극자외선 광을 수집하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 극자외선 광 산출 방법.

청구항 20

제 18 항에 있어서, 상기 수렴 렌즈로부터 반사된 광의 분석을 기초로 상기 증폭된 광 빔을 상기 타겟 위치로 포커싱하기 위해 상기 수렴 렌즈를 이동시키는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 극자외선 광 산출 방법.

청구항 21

제 18 항에 있어서, 상기 확대된 증폭된 광을 상기 수렴 렌즈를 향하게 다시 방향조절하는 렌즈앞 미러로부터 상기 확대된 증폭된 광을 반사시키는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 극자외선 광 산출 방법.

청구항 22

제 21 항에 있어서, 상기 수렴 렌즈로부터 반사된 광의 분석을 기초로 상기 렌즈앞 미러를 이동시키는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 극자외선 광 산출 방법.

청구항 23

극자외선 광 시스템으로서,

증폭된 광 빔을 산출하는 구동 레이저 시스템;

타겟 위치에 타겟 재료를 산출하도록 구성된 타겟 재료 운반 시스템;

대기압보다 낮은 압력으로 진공화되도록 구성된 내부 공간을 형성하는 극자외선 광 진공 챔버; 및

상기 구동 레이저 시스템으로부터 방출된 상기 증폭된 광 빔을 수신하고, 상기 증폭된 광 빔을 상기 타겟 위치를 향하게 방향조절하도록 구성된 빔 전달 시스템을 포함하고,

상기 진공 챔버는 상기 증폭된 광 빔이 상기 타겟 위치를 가로질러 상기 타겟 재료를 타격할 때 상기 타겟 재료로부터 방출되는 극자외선 광을 수집하도록 구성된 극자외선 광 수집기를 상기 내부 공간 내에 하우징하고, 상기 타겟 위치는 상기 진공 챔버의 상기 내부 공간 내에 있고,

상기 빔 전달 시스템은 상기 증폭된 광 빔의 크기를 확대시키는 빔 확대 시스템, 및 상기 증폭된 광 빔을 상기 타겟 위치에 포커싱하도록 구성되고 배열된 수렴 렌즈를 구비한 포커싱 엘리먼트를 포함하고, 상기 포커싱 엘리먼트는 상기 내부 공간을 외부 공간과 분리시키기 위한 상기 진공 챔버의 내압 윈도우를 형성하는 것을 특징으로 하는 극자외선 광 시스템.

청구항 24

극 자외선 광 시스템으로서,

증폭된 광 빔을 산출하는 구동 레이저 시스템;

타겟 위치에 타겟 재료를 산출하도록 구성된 타겟 재료 전달 시스템;

상기 증폭된 광 빔을 수신하고 상기 증폭된 광 빔을 다시 방향조절하는 미러; 및

상기 다시 방향조절된 증폭된 광 빔을 상기 타겟 위치로 포커싱하도록 구성되고 배열된 수렴 렌즈를 구비한 포커싱 엘리먼트를 포함하고,

상기 미러는 상기 증폭된 광 빔으로부터 상기 수렴 렌즈의 표면으로부터 반사된 광의 진단용 부분을 분리시키고, 상기 분리된 진단용 광 부분을 상기 수집되고 분리된 진단용 광 부분을 기초로 상기 증폭된 광 빔의 특성을 분석하도록 구성되어 있는 계측 시스템으로 보내는 특징부를 포함하는 것을 특징으로 하는 극자외선 광 시스템.

청구항 25

제 24 항에 있어서, 상기 미러 및 상기 포커싱 엘리먼트는 상기 구동 레이저 시스템으로부터 상기 증폭된 광 빔을 수신하고 상기 증폭된 광 빔을 상기 타겟 위치를 향하게 방향조절하도록 구성된 빔 전달 시스템의 일부인 것을 특징으로 하는 극자외선 광 시스템.

청구항 26

제 25 항에 있어서, 상기 빔 전달 시스템은 상기 증폭된 광 빔을 상기 미러를 향하게 방향조절하기 전에 상기 증폭된 광 빔의 방향 및 파면 중 하나 이상을 변경하는 하나의 세트의 광학 컴포넌트를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 극자외선 광 시스템.

청구항 27

제 25 항에 있어서, 상기 미러의 특징부는 상기 미러의 중앙 영역 내에 형성된 개구인 것을 특징으로 하는 극자외선 광 시스템.

청구항 28

제 25 항에 있어서, 상기 미러의 특징부는 상기 미러의 중앙 영역에 형성된 파셋인 것을 특징으로 하는 극자외선 광 시스템.

청구항 29

극자외선 광 산출 방법으로서,

레이저 시스템으로부터 증폭된 광 빔이 타겟 재료를 타격할 때 타겟 위치에 있는 상기 타겟 재료로부터 방출되는 극자외선 광과 연관된 측정된 광 파라미터를 수신하는 단계;

상기 타겟 위치에서 상기 타겟 재료로부터 반사된 진단용 극자외선 광 부분의 이미지를 수신하는 단계;

상기 타겟 재료를 때리기 위해 상기 증폭된 광 빔을 상기 타겟 위치로 포커싱하는 수렴 렌즈로부터 반사된 진단용 증폭된 광 부분의 이미지를 수신하는 단계;

상기 수신된 측정된 광 파라미터, 상기 수신된 진단용 극자외선 광 부분 이미지, 및 상기 수신된 진단용 증폭된 광 부분 이미지를 분석하는 단계; 및

상기 증폭된 광 빔과 상기 타겟 위치 사이의 상대적 위치를 조절하여, 상기 분석을 기초로 상기 증폭된 광 빔이 상기 타겟 재료를 타격할 때 산출되는 극자외선 광의 양을 증가시키기 위해 상기 레이저 시스템과 상기 타겟 위치 사이에 위치하는 빔 트랜스포트 시스템 내의 하나 이상의 컴포넌트를 컨트롤하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 극자외선 광 산출 방법.

청구항 30

제 29 항에 있어서, 상기 빔 트랜스포트 시스템 내의 하나 이상의 컴포넌트를 컨트롤하는 단계는 상기 빔 트랜스포트 시스템 내의 하나 이상의 미러의 위치 및 상기 수렴 렌즈의 위치 중 하나 이상을 조절하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 극자외선 광 산출 방법.

청구항 31

제 30 항에 있어서, 상기 빔 트랜스포트 시스템 내의 하나 이상의 미러의 위치를 조절하는 단계는 상기 증폭된 광 빔으로부터 상기 진단용 증폭된 광 부분을 분리시키는 특징부를 구비한 미러를 조절하는 단계를 포함하는 것

을 특징으로 하는 극자외선 광 산출 방법.

청구항 32

제 31 항에 있어서, 상기 타겟 위치로 보내진 가이드 레이저 빔의 진단용 부분의 이미지를 수신하는 단계를 더 포함하고,

상기 수신된 진단용 증폭된 광 부분 이미지를 분석하는 단계는 상기 진단용 가이드 레이저 빔 부분 이미지를 분석하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 극자외선 광 산출 방법

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 개시된 본 발명은 고출력 레이저 시스템의 증폭된 광을 위한 빔 트랜스포트 시스템에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 극자외선("EUV") 광, 예컨대, 대략 50nm 이하의 파장을 가지고, 대략 13nm의 파장의 광을 포함하는 전자기 방사선(때때로 소프트 X-선이라도고 함)은 기판, 예컨대, 실리콘 웨이퍼에 매우 작은 피처(feature)를 만들기 위해 포토리소그래피 공정에서 사용될 수 있다.

[0003] EUV 광을 산출하는 방법은 재료를 EUV 범위 내의 방출선을 가지는 원소, 예컨대, 크세논, 리튬, 또는 주석을 포함하는 플라즈마 상태로 변환하는 것을 포함하지만, 이에 제한되지는 않는다. 종종, 레이저 산출 플라즈마("LPP")라 불리는, 하나의 이러한 방법에서, 요구되는 플라즈마는 구동 레이저라 불릴 수 있는 증폭된 광 빔으로, 예컨대, 재료의 방울, 스트림 또는 클러스터 형태인 타겟 재료를 조사함으로써 만들어질 수 있다. 이러한 프로세스 동안, 플라즈마는 전형적으로 밀봉된 용기, 예컨대, 진공 챔버 내에서 만들어지고, 다양한 타입의 계측 장비를 사용하여 모니터링된다.

[0004] 대략 10600 nm의 파장의 증폭된 광 빔을 출력하는 CO_2 증폭기 및 레이저는 LPP 프로세스에서 타겟 재료를 조사하는 구동 레이저로서 특정한 장점들을 나타낼 수 있다. 이는 특정한 타겟 재료에 대하여, 예컨대, 주석을 함유한 재료에 대하여 특히 그러하다. 예컨대, 한가지 장점은 구동 레이저 입력 파워와 출력 EUV 파워 사이에 비교적 높은 변환 효율을 산출할 수 있다는 점이다. CO_2 구동 증폭기 및 레이저의 다른 장점은 주석 찌꺼기(debris)로 덥혀진 반사 광학부재와 같은 비교적 거친 면으로부터 (예컨대, 198nm의 심자외선(deep UV)과 비교하여) 비교적 긴 파장의 광이 반사될 수 있다는 점이다. 10600 nm 방사선의 이러한 특성은 증폭된 광 빔의 초점 파워를, 예컨대, 스티어링, 포커싱, 및/또는 조절하기 위해 플라즈마 부근에 반사 미러가 사용되는 것을 가능하게 한다.

발명의 내용

과제의 해결 수단

[0005] 몇몇 일반적인 형태로서, 극자외선(EUV) 광 시스템은 증폭된 광 빔을 산출하는 구동 레이저 시스템; 타겟 위치에 타겟 재료를 산출하도록 구성된 타겟 재료 운반 시스템; 및 구동 레이저 시스템으로부터 증폭된 광 빔을 수신하고 증폭된 광 빔을 타겟 위치를 향하게 방향조절하도록 구성된 빔 전달 시스템을 포함한다. 빔 전달 시스템은 타원 포물면의 비축상(off-axis) 세그먼트인 반사면을 가진 곡면형 미러를 구비한 빔 확대 시스템을 포함한다.

[0006] 구현은 아래의 특징 중 하나 이상을 포함할 수 있다. 예컨대, EUV 광 시스템은 그 내에 타겟 위치가 있는 극자외선 광 진공 챔버를 포함할 수 있고, 이 챔버는 증폭된 광 빔이 타겟 위치를 가로질러 타겟 재료를 타격할 때 타겟 재료로부터 방출되는 극자외선 광을 모으도록 구성된 극자외선 광 수집기를 하우징한다.

[0007] 타겟 재료 운반 시스템은 타겟 위치를 가로지르는 타겟 재료 경로를 따라 타겟 재료를 출력할 수 있는 타겟 재료 배출구를 포함할 수 있다.

[0008] 곡면형 미러는 발산 곡면형 미러일 수 있다. 이러한 경우에, EUV 광 시스템은 또한 수렴 렌즈를 포함할 수 있다. 곡면형 미러는 구동 레이저 시스템으로부터 증폭된 광 빔을 수신할 수 있고, 수렴 렌즈는 곡면형 미러로부

터 반사된 발산하는 광 빔을 수신하고, 그 광 빔을 곡면형 미러에 도달하는 증폭된 광 빔의 단면보다 큰 단면을 가진 시준된 증폭된 광 빔으로 실질적으로 시준할 수 있다. 수렴 렌즈는 다이아몬드로 이루어질 수 있다.

[0009] 곡면형 미러는 수렴 곡면형 미러일 수 있다. 이러한 경우에, EUV 광 시스템은 또한 발산 렌즈를 포함할 수 있다. 발산 렌즈는 구동 레이저 시스템으로부터 증폭된 광 빔을 수신할 수 있다. 수렴 미러는 발산 렌즈를 통해 투과된 발산하는 광을 수신하고, 발산 렌즈에 도달하는 증폭된 광 빔의 단면보다 더 큰 단면을 가진 실질적으로 시준된 증폭된 광 빔을 반사할 수 있다. 발산 렌즈는 다이아몬드로 이루어질 수 있다.

[0010] EUV 광 시스템은 타원 포물면의 비축상 세그먼트인 반사면을 가진 다른 곡면형 미러를 포함할 수 있다. 곡면형 미러는 구동 레이저 시스템으로부터 증폭된 광 빔을 수신하는 발산 곡면형 미러일 수 있고, 다른 곡면형 미러는 곡면형 미러로부터 반사된 발산하는 광 빔을 수신하고, 그 광 빔을 곡면형 미러에 도달하는 증폭된 광 빔의 단면보다 큰 단면을가진 시준된 증폭된 광으로 실질적으로 시준하기 위해 설치된 수렴 곡면형 미러일 수 있다.

[0011] 곡면형 미러는 구리 기판을 포함할 수 있고, 반사면은 구리 기판에 적용된 높은 반사율의 코팅을 포함할 수 있다. 이 코팅은 증폭된 광 빔의 파장의 광을 반사할 수 있다.

[0012] 다른 일반적인 형태로서, 극자외선 광 시스템은 증폭된 광 빔을 산출하는 구동 레이저 시스템; 타겟 위치에 타겟 재료를 산출하도록 구성된 타겟 재료 운반 시스템; 및 구동 레이저 시스템으로부터 방출된 증폭된 광 빔을 수신하고, 증폭된 광 빔을 타겟 위치를 향하게 방향조절하도록 구성된 빔 전달 시스템을 포함한다. 빔 전달 시스템은 증폭된 광 빔의 크기를 확대시키는 적어도 하나의 곡면형 미러, 및 증폭된 광 빔을 타겟 위치로 포커싱하도록 구성되고 배열된 수렴 렌즈를 포함하는 포커싱 엘리먼트를 포함한다.

[0013] 구현은 아래의 특징 중 하나 이상을 포함할 수 있다. 예컨대, 수렴 렌즈는 하나 이상의 비구면을 포함할 수 있다. 수렴 렌즈는 메니스컬(meniscal) 렌즈일 수 있다. 수렴 렌즈는 셀렌화 아연으로 이루어질 수 있다. 수렴 렌즈는 반사방지 코팅을 포함할 수 있고, 증폭된 광 빔의 파장의 광의 적어도 95%를 투과할 수 있다.

[0014] EUV 광 시스템은 그 내부에 타겟 위치가 있는 극자외선 광 진공 챔버를 포함할 수 있고, 이 챔버는 증폭된 광 빔이 타겟 위치를 가로질러 타겟 재료를 타격할 때 타겟 재료로부터 방출된 극자외선 광을 모으도록 구성된 극자외선 광 수집기를 하우징한다. 수렴 렌즈는 광 챔버 내부에 있을 수 있다. 수렴 렌즈는 광 챔버 내부의 진공과 외부 환경 사이에 누수방지 방벽을 제공하는 광 챔버의 윈도우일 수 있다. 수렴 렌즈는 적어도 0.1의 개구수(numerical aperture)를 가질 수 있다.

[0015] 빔 전달 시스템은 수렴 렌즈에 기계적으로 연결되어 있고 증폭된 광 빔을 타겟 위치로 포커싱하기 위해 수렴 렌즈를 이동시키도록 구성된 액츄에이션 시스템을 포함할 수 있다.

[0016] 빔 전달 시스템은 수렴 렌즈에서 반사된 증폭된 광 빔을 탐지하는 계측 시스템을 포함할 수 있다. EUV 광 시스템은 계측 시스템에 연결되어 있고, 수렴 렌즈에 연결된 액츄에이션 시스템에 연결된 컨트롤러를 포함할 수 있다. 컨트롤러는 계측 시스템으로부터의 출력을 기초로 수렴 렌즈를 이동시키도록 구성될 수 있다. 빔 전달 시스템은 확대 시스템으로부터의 증폭된 광 빔을 수렴 렌즈를 향하게 다시 방향조절하는 렌즈앞(pre-lens) 미러를 포함할 수 있다. 렌즈앞 미러는 계측 시스템의 출력을 기초로 한 미러의 이동을 허용하기 위해 컨트롤러에 연결되어 있는 미러 액츄에이션 시스템에 연결될 수 있다.

[0017] 타겟 재료 운반 시스템은 타겟 위치를 가로지르는 타겟 재료 경로를 따라 타겟 재료를 출력할 수 있는 타겟 재료 배출구를 포함할 수 있다.

[0018] 다른 일반적인 형태로서, 극자외선 광은 타겟 위치에서 타겟 재료를 산출하는 단계; 증폭된 광 빔을 산출하기 위해 구동 레이저 시스템 내의 적어도 하나의 광 증폭기의 이득 매체에 펌프 에너지를 공급하는 단계; 증폭된 광 빔의 가로방향 단면을 확대하는 단계; 및 확대된 증폭된 광 빔을 수렴 렌즈를 통해 방향조절하여 확대된 증폭된 광 빔을 타겟 위치상에 포커싱하는 단계에 의해 산출된다.

[0019] 구현은 아래의 특징 중 하나 이상을 포함할 수 있다. 예를 들어, 증폭된 광 빔이 타겟 위치를 가로질러 타겟 재료를 타격할 때 타겟 재료로부터 방출된 극자외선 광은 수집될 수 있다.

[0020] 수렴 렌즈는 수렴 렌즈로부터 반사된 광의 분석을 기초로 증폭된 광 빔을 타겟 위치로 포커싱하도록 이동될 수 있다.

[0021] 확대된 증폭된 광 빔은 확대된 증폭된 광 빔을 수렴 렌즈를 향하게 다시 방향조절하는 렌즈앞 미러로부터 반사될 수 있다. 렌즈앞 미러는 수렴 렌즈로부터 반사된 광의 분석을 기초로 이동될 수 있다.

[0022] 다른 일반적인 형태로서, 극자외선 광 시스템은 증폭된 광 빔을 산출하는 구동 레이저 시스템; 타겟 위치에 타겟 재료를 산출하도록 구성된 타겟 재료 운반 시스템; 대기압보다 낮은 압력으로 진공화되도록 구성되어 있는 내부 공간을 형성하는 극자외선 광 진공 챔버; 구동 레이저 시스템으로부터 방출된 증폭된 광 빔을 수신하고, 증폭된 광 빔을 타겟 위치를 향하게 방향조절하도록 구성된 빔 전달 시스템을 포함한다. 진공 챔버는 증폭된 광 빔이 타겟 위치를 가로질러 타겟 재료를 타격할 때 타겟 재료로부터 방출된 극자외선 광을 모으도록 구성된 극자외선 광 수집기를 그 내부 공간 내에 하우징한다. 타겟 위치는 진공 챔버의 내부 공간 내에 있다. 빔 전달 시스템은 증폭된 광 빔의 크기를 확대하는 빔 확대 시스템, 및 증폭된 광 빔을 타겟 위치에 포커싱하도록 구성되고 배열된 수렴 렌즈를 구비한 포커싱 엘리먼트를 포함한다. 포커싱 엘리먼트는 외부 공간으로부터 내부 공간을 분리시키기 위한 진공 챔버의 내압 윈도우를 형성한다.

[0023] 다른 일반적인 형태로서, 극자외선 광 시스템은 증폭된 광 빔을 산출하는 구동 레이저 시스템; 타겟 위치에 타겟 재료를 산출하도록 구성된 타겟 재료 운반 시스템; 증폭된 광 빔을 수신하고 증폭된 광 빔을 다시 방향조절하는 미러, 및 상기 다시 방향조절된 증폭된 광 빔을 타겟 위치로 포커싱하도록 구성되고 배열된 수렴 렌즈를 구비한 포커싱 엘리먼트를 포함한다. 미러는 증폭된 광 빔으로부터 수렴 렌즈의 표면으로부터 반사된 광의 진단용 부분을 분리시키고, 분리된 진단용 부분을 수집되고 분리된 진단용 광 부분을 기초로 증폭된 광 빔의 특성을 분석하도록 구성된 계측 시스템으로 보내는 특징부를 포함한다.

[0024] 구현은 아래의 특징 중 하나 이상을 포함할 수 있다. 예를 들어, 미러 및 포커싱 엘리먼트는 구동 레이저 시스템으로부터 방출된 증폭된 광 빔을 수신하고, 증폭된 광 빔을 타겟 위치를 향하게 방향조절하도록 구성된 빔 전달 시스템의 일부일 수 있다. 빔 전달 시스템은 증폭된 광 빔을 미러를 미러를 향하게 방향조절하기 전에 증폭된 광 빔의 하나 이상의 방향 및 파면을 변경하는 하나의 세트의 광학 컴포넌트를 포함할 수 있다.

[0025] 미러의 특징부는 미러의 중앙 영역 내에 형성된 개구일 수 있다. 미러의 특징부는 미러의 중앙 영역에서 형성된 파셋(facet)일 수 있다.

[0026] 다른 일반적인 형태로서, 극자외선 광은 레이저 시스템으로부터의 증폭된 광 빔이 타겟 재료를 타격할 때 타겟 위치에서 타겟 재료로부터 방출되는 극자외선 광과 연관된 측정된 광 파라미터를 수신하는 단계; 타겟 위치에서 타겟 재료로부터 반사된 진단용 극자외선 광 부분의 이미지를 수신하는 단계; 타겟 재료를 때리기 위해 증폭된 광 빔을 타겟 위치로 포커싱하는 수렴 렌즈로부터 반사된 진단용 증폭된 광 빔 부분의 이미지를 수신하는 단계; 수신된 측정된 광 파라미터, 수신된 진단용 극자외선 광 부분 이미지, 및 수신된 진단용 증폭된 광 부분 이미지를 분석하는 단계; 및 증폭된 광 빔과 타겟 위치 사이에 상대적인 위치를 조절하여, 분석을 기초로 증폭된 광 빔이 타겟 재료를 타격할 때 산출되는 극자외선 광의 양을 증가시키기 위해, 레이저 시스템과 타겟 위치 사이에 놓여진 빔 트랜스포트 시스템 내의 하나 이상의 컴포넌트를 컨트롤하는 단계에 의해 산출된다.

[0027] 구현은 아래의 특징 중 하나 이상을 포함할 수 있다. 예를 들어, 빔 트랜스포트 시스템 내의 하나 이상의 컴포넌트는 수렴 렌즈의 하나 이상의 위치, 및 빔 트랜스포트 시스템 내의 하나 이상의 미러의 위치를 조절함으로써 컨트롤될 수 있다. 빔 트랜스포트 시스템 내의 하나 이상의 미러의 위치는 증폭된 광 빔으로부터 진단용 증폭된 광 빔 부분을 분리시키는 특징부를 포함하는 미러를 조절함으로써 조절될 수 있다. 타겟 위치로 향하는 가이드 레이저 빔의 진단용 부분의 이미지는 수신될 수 있고, 수신된 진단용 증폭된 광 빔 부분 이미지는 진단용 가이드 레이저 빔 부분 이미지를 분석함으로써 분석될 수 있다.

[0028] 다른 일반적인 형태로서, 극자외선 광은 타겟 위치에 타겟 재료를 산출하는 단계; 증폭된 광 빔을 산출하기 위해 구동 레이저 시스템 내의 적어도 하나의 광 증폭기의 이득 매체에 펌프 에너지를 공급하는 단계; 타원 포물면의 비축상 세그먼트인 반사면을 가진 곡면형 미러에 증폭된 광 빔을 충돌시키는 것을 포함하여, 빔 확대 시스템을 통해 증폭된 광 빔을 방향조절함으로써, 증폭된 광 빔의 가로방향 단면을 확대시키는 단계; 및 확대되고 증폭된 광 빔을 타겟 위치로 전달하는 단계에 의해 산출된다.

[0029] 구현은 아래의 특징 중 하나 이상을 포함할 수 있다. 예를 들어, 타겟 위치에서 타겟 재료로부터 방출된 극자외선 광은 증폭된 광 빔이 타겟 재료를 가로질러 타겟 재료를 타격할 때 수집될 수 있다. 타겟 재료는 타겟 위치를 가로지르는 타겟 재료 경로를 따라 출력될 수 있다.

[0030] 곡면형 미러는 발산 곡면형 미러일 수 있고, 증폭된 광 빔은 증폭된 광 빔을 발산 곡면형 미러로부터의 반사에 의해 발산하게 함으로써, 그리고 타원 포물면의 비축상 세그먼트인 반사면을 가진 다른 곡면형 미러를 통해 발산하는 증폭된 광 빔을 시준시킴으로써, 빔 확대 시스템을 통해 방향조절될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0031] 도 1은 레이저 생성 플라즈마 극자외선 광원의 블록 다이어그램이다.

도 2a는 도 1의 광원에 사용될 수 있는 하나의 예시적인 구동 레이저 시스템의 블록 다이어그램이다.

도 2b는 도 1의 광원에 사용될 수 있는 하나의 예시적인 구동 레이저 시스템의 블록 다이어그램이다.

도 3은 도 1의 광원의 타겟 위치와 구동 레이저 시스템 사이에 위치하는 하나의 예시적인 빔 전달 시스템의 블록 다이어그램이다.

도 4a는 도 3의 빔 전달 시스템의 빔 확대 시스템에 사용된 제1 곡면형 미러의 도면이다.

도 4b는 라인 4A-4A를 따라 취해진 도 4a의 제1의 곡면형 미러의 평면도이다.

도 4c는 라인 4B-4B를 따라 취해진 도 4b의 제1의 곡면형 미러의 측단면도이다.

도 5a는 도 3의 빔 전달 시스템의 빔 확대 시스템에 사용된 제1의 곡면형 미러의 도면이다.

도 5b는 라인 5A-5A를 따라 취해진 도 5a의 제1의 곡면형 미러의 평면도이다.

도 5c는 라인 5B-5B를 따라 취해진 도 5b의 제1의 곡면형 미러의 측단면도이다.

도 6은 도 1의 광원의 타겟 위치와 구동 레이저 시스템 사이에 위치한 하나의 예시적인 빔 전달 시스템의 블록 다이어그램이다.

도 7은 빔 전달 시스템으로부터 타겟 위치까지 광을 포커싱하는 하나의 예시적인 수렴 렌즈의 블록 다이어그램이다.

도 8은 빔 전달 시스템으로부터 타겟 위치까지 광을 포커싱하는 하나의 예시적인 수렴 렌즈의 블록 다이어그램이다.

도 9는 빔 전달 시스템으로부터 타겟 위치까지 광을 포커싱하는 하나의 예시적인 수렴 렌즈의 블록 다이어그램이다.

도 10은 진공 챔버에 설치된 하우징에 설치된 하나의 예시적인 수렴 렌즈의 단면도이고, 이 수렴 렌즈는 도 2 및 3의 빔 전달 시스템에서 사용된다.

도 11a-11c는 도 3-9의 빔 전달 시스템에 사용될 수 있는 예시적인 렌즈앞 미러의 측단면도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0032] 도 1을 참조하면, LPP EUV 광원(100)은 타겟 재료를 EUV 범위 내의 방출선을 가진 원소를 포함하는 플라즈마 상태로 변환하기 위해, 증폭된 광 빔(110)으로 진공 챔버(130) 내의 타겟 위치(105)에 있는 타겟 재료(114)를 조사함으로써 형성된다. 광원(100)은 구동 레이저 시스템(115)의 이득 매체(들) 내의 분포 반전(population inversion)으로 인해 증폭된 광 빔을 산출하는 구동 레이저 시스템(115)을 포함한다.

[0033] 광원(100)은 또한 레이저 시스템(115)과 타겟 위치(105) 사이에 빔 전달 시스템을 포함하고, 빔 전달 시스템은 빔 트랜스포트 시스템(120) 및 포커스 어셈블리(122)를 포함한다. 빔 트랜스포트 시스템(120)은 레이저 시스템(115)으로부터 증폭된 광 빔(110)을 수신하고, 필요에 따라 증폭된 광 빔(110)을 스티어링하고 변경하고, 증폭된 광 빔(110)을 포커스 어셈블리(122)로 출력한다. 포커스 어셈블리(122)는 증폭된 광 빔(110)을 수신하고, 그 빔(110)을 타겟 위치(105)로 포커싱한다.

[0034] 아래에 서술된 바와 같이, 빔 트랜스포트 시스템(120)은, 다른 컴포넌트 중에서도 특히, 회전포물면(paraboloid of revolution)의 비축상 세그먼트인 반사면 형상을 가진 적어도 하나의 미러를 포함한다. 이러한 디자인은 빔(110)이 레이저 시스템(115)과 포커스 어셈블리(122) 사이에서 확대하는 것이 가능하다. 또한 아래에 서술된 바와 같이, 포커스 어셈블리(122)는, 다른 컴포넌트 중에서도 특히, 빔(110)을 타겟 위치(105)상으로 포커싱하는 렌즈 또는 미러를 포함한다. 빔 트랜스포트 시스템(120) 및 포커스 어셈블리(122)에 대한 세부내용을 제공하기에 앞서, 광원(100)의 일반적인 설명이 도 1을 참조하여 제공된다.

[0035] 광원(100)은, 예컨대, 액체 방울, 액체 스트림, 고체 입자 또는 클러스터, 액체 방울 속에 포함된 고체 입자 또는 액체 스트림 내에 포함된 고체 입자 형태로 타겟 재료(114)를 운반하는 타겟 재료 운반 시스템(125)을 포함

한다. 타겟 재료(114)는, 예컨대, 물, 주석, 리튬, 크세논, 또는 플라즈마 상태로 변환된 때, EUV 범위 내의 방출선을 가지는 임의의 재료를 포함할 수 있다. 예를 들어, 원소 주석은 순수한 주석(Sn)으로, 주석 컴파운드, 예컨대, $SnBr_4$, $SnBr_2$, SnH_4로, 주석 합금, 예컨대, 주석-갈륨 합금, 주석-인듐 합금, 주석-인듐-갈륨 합금, 또는 이러한 합금의 임의의 조합으로 사용될 수 있다. 타겟 재료(114)는 주석과 같은, 상기 원소 중 하나로 코팅된 와이어를 포함할 수 있다. 타겟 재료가 고체 상태이면, 링, 구, 또는 육면체와 같은 임의의 적합한 형상을 가질 수 있다. 타겟 재료(114)는 타겟 재료 운반 시스템(125)에 의해 진공 챔버(130)의 내부로 그리고 타겟 위치(105)로 운반될 수 있다. 타겟 위치(105)는 플라즈마를 생성하기 위해 타겟 재료(114)가 증폭된 광 빔(110)에 의해 조사되는 위치, 즉 조사 위치라고도 한다.

[0036] 몇몇 구현에서, 레이저 시스템(115)은 하나 이상의 메인 펄스, 및 몇몇 경우에 하나 이상의 프리-펄스(pre-pulses)를 제공하기 위한 하나 이상의 광 증폭기, 레이저, 및/또는 램프를 포함할 수 있다. 각각의 광 증폭기는 높은 이득으로 원하는 파장을 광학적으로 증폭시킬 수 있는 이득 매체, 여기 소스, 및 내부 광학부재를 포함한다. 광 증폭기는 레이저 미러 또는 레이저 캐비티를 형성하는 다른 피드백 디바이스를 포함할 수도 있고, 포함하지 않을 수도 있다. 그러므로, 레이저 시스템(115)은 레이저 캐비티가 존재하지 않을 때에도 레이저의 이득 매체에 내에 분포 반전으로 인한 증폭된 광 빔(110)을 산출한다. 또한, 레이저 시스템(115)은 레이저 시스템(115)에 충분한 피드백을 제공하기 위해 레이저 캐비티가 존재한다면 코히어런트 레이저 빔인 증폭된 광 빔(110)을 산출할 수 있다. 용어 "증폭된 광 빔"은 반드시 코히어런트 레이저 오실레이션은 아니며 단지 증폭된 레이저 시스템(115)으로부터의 광, 및 증폭되고 또한 코히어런트 레이저 오실레이션인 레이저 시스템(115)으로부터의 광 중 하나 이상을 포함한다.

[0037] 레이저 시스템(115) 내의 광 증폭기는 CO_2를 포함한 충진(filling) 가스를 이득 매체로서 포함할 수 있고, 대략 9100 내지 대략 11000nm의, 특히 대략 10600nm의 파장의 광을 1000 이상의 이득으로 증폭할 수 있다. 레이저 시스템(115)에 사용하기에 적합한 증폭기 및 레이저는 펄스식 레이저 디바이스, 예컨대, 대략 9300nm 또는 대략 10600nm의 방사선을 산출하고, 예컨대, DC 또는 RF 여기를 통해, 예컨대, 10kW 이상의 비교적 높은 파워에서 동작하고, 예컨대, 50kHz 이상의 높은 펄스 반복율의 펄스식 가스방전 CO2 레이저 디바이스를 포함할 수 있다. 레이저 시스템(115) 내의 광 증폭기는 또한 높은 파워로 레이저 시스템(115)을 동작할 때 사용될 수 있는 물과 같은 냉각 시스템을 포함할 수 있다.

[0038] 도 2a를 참조하면, 하나의 특정한 구현으로서, 레이저 시스템(115)은 복수의 증폭 단계를 가진 마스터 오실레이터/파워 증폭기(MOPA)을 가지고, 예컨대, 100 kHz 오퍼레이션이 가능한, 높은 반복율 및 낮은 에너지를 가진 Q-스위칭식 마스터 오실레이터(MO)(200)에 의해 개시되는 시드 펄스를 가진다. MO(200)로부터, 레이저 펄스는 빔 경로(212)를 따라 진행하는 증폭된 광 빔(210)을 산출하기 위해, 예컨대, RF 펌핑된, 고속의 축방향의 플로우, CO_2 증폭기(202, 204, 206)를 사용하여 증폭될 수 있다.

[0039] 3개의 광 증폭기(202, 204, 206)가 도시되어 있으나, 더 적은 증폭기 및 3개 이상의 증폭기가 이러한 구현에 사용될 수 있다. 몇몇 구현에서, 각각의 CO_2 증폭기(202, 204, 206)는 내부 미러에 의해 접혀진 10 미터 증폭기 길이를 가진 RF 펌프식 축방향 플로우 CO_2 레이저 큐브일 수 있다.

[0040] 대안으로서, 도 2b를 참조하면, 구동 레이저 시스템(115)은 타겟 재료(114)가 광 캐비티의 하나의 미러로 역할하는 소위 "셀프-타겟팅" 레이저 시스템으로 구성될 수 있다. 몇몇 "셀프-타겟팅" 배열에서, 마스터 오실레이터는 필요하지 않을 수 있다. 레이저 시스템(115)은 빔 경로(262)를 따라 일렬로 배열된 증폭기 챔버(250, 252, 254) 체인을 포함하는데, 각각의 챔버는 자신의 이득 매체 및 여기 소스, 예컨대, 펌핑 전극을 가진다. 각각의 증폭기 챔버(250, 252, 254)는, 예컨대, 10600nm의 파장 λ의 광을 증폭시키기 위한, 예컨대, 1,000-10,000의 결합된 하나의 통과 이득을 가진 RF 펌프식, 고속 축방향 플로우, CO_2 증폭기 챔버일 수 있다. 각각의 증폭기 챔버(250, 252, 254)는 단독으로 셋업된 때, 그들이 증폭된 광 빔이 한번 이상 이득 매체를 통과하기 위해 필요한 광학 컴포넌트를 포함하지 않도록, 레이저 캐비티(공진기) 없이 설계될 수 있다. 그럼에도 불구하고, 앞서 언급한 바와 같이, 레이저 캐비티는 아래와 같이 형성될 수 있다.

[0041] 이러한 구현에서, 레이저 캐비티는 레이저 시스템(115)에 후방 부분 반사 광학부재(264)를 추가하고 타겟 위치(105)에 타겟 재료(114)를 놓음으로써 형성될 수 있다. 광학부재(264)는 대략 10600nm의 파장(CO_2 증폭기 챔버가 사용되었을 때 증폭된 광 빔(110)의 파장)에 대하여 대략 95%의 반사율을 가진 평면 미러, 곡면형 미러, 위상 공액(phase-conjugate) 미러, 또는 코너 반사기일 수 있다.

[0042] 타겟 재료(114) 및 후방 부분 반사 광학부재(264)는 증폭된 광 빔(110)의 일부를 레이저 캐비티로부터 레이저 시스템(115)으로 다시 반사하는 역할을 한다. 그러므로, 타겟 위치(105)에 타겟 재료(114)의 존재는 레이저 시스템(115)이 코히어런트 레이저 오실레이션을 만들게 하기 위해 충분한 피드백을 제공하고, 이러한 경우, 증폭된 광 빔(110)은 레이저 빔으로 고려될 수 있다. 타겟 재료(114)가 타겟 위치(105)에 존재하지 않을 때, 레이저 시스템(115)은 여전히 증폭된 광 빔(110)을 산출하기 위해 펌핑될 수 있으나, 광원(100) 내의 일부 다른 컴포넌트가 충분한 피드백을 제공하지 않는다면 코히어런트 레이저 오실레이션을 만들지는 못한다. 특히, 증폭된 광 빔(110)과 타겟 재료(114)의 교차 동안, 타겟 재료(114)는 빔 경로(262)를 따라 광을 반사시킬 수 있고, 증폭기 챔버(250, 252, 254)를 통과하는 광 캐비티를 형성하기 위해 광학부재(264)와 협력한다. 이러한 배열은 타겟 재료(114)의 반사율이 광 이득이 캐비티 내의 광 손실을 초과하지 않을 만큼 충분하게 구성되어, 각각의 증폭기 챔버(250, 252, 254) 내의 이득 매체가 여기된 때, 타겟 재료(114)를 조사하는 동안 레이저 빔을 발생시키고, 플라즈마를 생성하고, 챔버(130) 내의 EUV 광 방출선을 산출한다. 이러한 배열을 통해, 광학부재(264), 증폭기(250, 252, 254), 및 타겟 재료(114)는 타겟 재료(114)가 광 캐비티의 하나의 미러(소위 플라즈마 미러 또는 기계식 q-스위치)로서 역할하는 소위 "셀프 타겟팅" 레이저 시스템을 형성하도록 결합한다. 셀프 타겟팅 레이저 시스템은 "EUV 광원용 구동 레이저 전달 시스템"란 제목의 2006년 10월 13일에 출원된 미국출원번호 제11/580,414호에 개시되어 있다.

[0043] 애플리케이션에 따라, 다른 타입의 증폭기 또는 레이저, 예컨대, 고출력 및 높은 펄스 반복률로 동작하는 엑시머 또는 분자 플루오르 레이저가 적합할 수 있다. 예는, 예컨대, 섬유 또는 디스크 형태의 이득 매체를 가진 솔리드 스테이트 레이저, 예컨대, 미국특허번호 제6,625,191호; 제6,549,551호; 및 제6,567,450호에서 볼 수 있는 MOPA 구성의 엑시머 레이저 시스템, 하나 이상의 챔버, 예컨대, 하나의 오실레이터 챔버와 하나 이상의 증폭 챔버(증폭 챔버들은 병렬 또는 직렬일 수 있다)를 구비한 엑시머 레이저, 마스터 오실레이터/파워 오실레이터(MOPO) 배열, 파워 오실레이터/파워 증폭기(POPA) 배열; 또는 하나 이상의 엑시머 또는 분자 플루오르 증폭기 또는 오실레이터 챔버를 시딩(seed)하는 솔리드 스테리트 레이저가 적합할 수 있다. 다른 설계도 가능하다.

[0044] 조사 위치에서, 포커스 어셈블리(122)에 의해 적절하게 포커싱된 증폭된 광 빔(110)은 타겟 재료(114)의 구성에 의존하는 일정한 특성을 가진 플라즈마를 생성하기 위해 사용된다. 이러한 특성은 플라즈마에 의해 생성된 EUV 광의 파장 및 플라즈마로부터 떨어진 찌꺼기의 양을 포함할 수 있다.

[0045] 광원(100)은 증폭된 광 빔(110)이 통과하여 타겟 위치(105)에 도달할 수 있게 하기 위한 애퍼어처(140)를 구비한 수집 미러(135)를 포함한다. 수집 미러(135)는, 예컨대, 타겟 위치(105)에 제1 초점, 중간 위치(145)에 제2 초점(중간 초점이라고도 함)을 구비한 타원형 미러일 수 있는데, EUV 광은 광원(100)으로부터 출력될 수 있고, 예컨대, (도시되지 않은) 집적회로 리소그래피 툴로 입력될 수 있다. 광원(100)은 또한 증폭된 광 빔(110)이 타겟 위치(105)에 도달할 수 있게 하면서, 포커스 어셈블리(122) 및/또는 빔 전달 시스템(120)로 들어가는 플라즈마 발생된 찌꺼기의 양을 줄이기 위해, 수집 미러(135)로부터 타겟 위치(105)를 향해 점점 가늘어지는(taper) 개방형(open-ended)의 속이 빈 원뿔형 슈라우드(150)를 포함할 수 있다. 이러한 목적으로, 타겟 위치(105)를 향해 지향된 슈라우드 내에 가스 흐름이 제공될 수 있다.

[0046] 광원(100)은 또한 방울 위치 탐지 피드백 시스템(156), 레이저 컨트롤 시스템(157), 및 빔 컨트롤 시스템(158)에 연결되어 있는 마스터 컨트롤러(155)를 포함할 수 있다. 광원(100)은, 예컨대, 타겟 위치(105)에 상대적인, 방울의 위치를 나타내는 출력을 제공하고, 그로부터 방울 위치 오차가 방울대방울 기준으로 또는 평균적으로 계산될 수 있는, 예컨대, 방울 위치 및 궤적을 계산할 수 있는, 방울 위치 탐지 피드백 시스템(156)에 이러한 출력을 제공하는 하나 이상의 타겟 또는 방울 이미저(160)를 포함할 수 있다. 그러므로, 방울 위치 탐지 피드백 시스템(156)은 마스터 컨트롤러(155)에 대한 입력으로서 방울 위치 오차를 제공한다. 그러므로, 마스터 컨트롤러(155)는, 예컨대, 레이저 타이밍 회로를 컨트롤하기 위해, 사용될 수 있는 레이저 컨트롤 시스템(157)에, 그리고/또는 챔버(130) 내의 빔 초점 스폿의 위치 및/또는 초점 파워를 변경하기 위해 빔 트랜스포트 시스템(120)의 증폭된 광 빔 위치 및 형상을 컨트롤하기 위해 빔 컨트롤 시스템(158)에, 레이저 위치, 방향, 및 타이밍 보정 신호를 제공할 수 있다.

[0047] 타겟 재료 운반 시스템(125)은, 예컨대, 바람직한 타겟 위치(105)에 도달한 방울의 오차를 보정하기 위해 운반 메카니즘(127)에 의해 방출되는 방울의 방출 포인트를 수정하기 위해, 마스터 컨트롤러(155)로부터의 신호에 응답하여 동작가능한 타겟 재료 운반 컨트롤 시스템(126)을 포함한다.

[0048] 또한, 광원(100)은 하나 이상의 EUV 광 파라미터를 측정하는 광원 탐지기(165)를 포함할 수 있는데, 이러한 파라미터들은 펄스 에너지, 파장의 함수인 에너지 분포, 특정한 파장 대역 내의 에너지, 특정한 파장 대역을 벗어

난 에너지, 및 EUV 강도 및/또는 평균 파워의 각도 분포를 포함하지만, 이에 제한되지는 않는다. 광원 탐지기(165)는 마스터 컨트롤러(155)에 의해 사용하기 위한 피드백 신호를 생성한다. 이러한 피드백 신호는, 예컨대, 효과적이고 효율적인 EUV 광 발생을 위해 올바른 위치 및 시간에 방울들을 적절하게 인터셉트하기 위해, 레이저 펄스의 타이밍 및 초점과 같은 파라미터 내의 오차를 나타낼 수 있다.

[0049] 광원(100)은 또한 광원(100)의 다양한 섹션들을 정렬시키기 위해, 또는 증폭된 광 빔(110)을 타겟 위치(105)로 스티어링하는 것을 돕기 위해 사용될 수 있는 가이드 레이저(175)를 포함한다. 가이드 레이저(175)와 관련하여, 광원(100)은 가이드 레이저(175)로부터의 광 및 증폭된 광 빔(110)의 일부분을 샘플링하기 위해 포커스 어셈블리(122) 내에 놓여진 계측 시스템(124)을 포함한다. 다른 구현으로서, 계측 시스템(124)은 빔 트랜스포트 시스템(120) 내에 놓여진다.

[0050] 계측 시스템(124)은 광의 서브셋을 샘플링하거나 다시 방향조절하는 광학 엘리먼트를 포함할 수 있고, 이러한 광학 엘리먼트는 가이드 레이저 빔 및 증폭된 광 빔(110)의 파워를 견딜 수 있는 임의의 재료로 만들어진다. 예를 들어, 계측 시스템(124)내의 샘플 광학 엘리먼트는 반사방지 코팅으로 코팅된 셀렌화 아연(ZnSe)으로 이루어진 기판을 포함할 수 있다. 계측 시스템(124) 내의 샘플 광학 엘리먼트는 진단 목적으로 가이드 레이저(175)로부터 그리고 증폭된 광 빔(110)으로부터 일부의 광을 분리하기 위해, 증폭된 광 빔(110)의 세로방향에 상대적인 각도로 놓여진 회절 격자일 수 있다. 증폭된 광 빔(110)과 가이드 레이저(175)의 빔의 파장이 서로 구별되기 때문에, 그들은 빔의 분리를 가능하게 하기 위해 회절 격자로부터 분리된 각도로 나오도록 방향조절될 수 있다. 빔 분석 시스템은 마스터 컨트롤러(155)가 가이드 레이저(175)로부터의 샘플링된 광을 분석하고, 이러한 정보를 빔 컨트롤 시스템(158)을 통해 포커스 어셈블리(122) 내의 컴포넌트들을 조절하기 위해 사용하므로, 계측 시스템(124) 및 마스터 컨트롤러(155)로 형성될 수 있다. 다른 구현으로서, 계측 시스템(124)은 가이드 레이저(175)로부터 증폭된 광 빔(110)을 분리하고, 개별적인 분석을 위해 제공하기 위해, 포커스 어셈블리(122) 내에 놓여진 하나 이상의 이색성 미러를 포함한다. 이러한 계측 시스템은 사건번호 002-017001/2009-0027-01가 할당된 본 출원과 동시에 출원된 "극자외선 광원용 계측 시스템"에 서술되어 있다.

[0051] 그러므로, 요약하자면 광원(100)은 타겟 재료를 EUV 범위의 광을 방출하는 플라즈마로 변환하기 위해 타겟 위치(105)에 있는 타겟 재료로 지향되는 증폭된 광 빔(110)을 산출한다. 증폭된 광 빔(110)은 아래에 더욱 상세하게 서술된 바와 같이, 레이저 시스템(115)의 설계 및 특성을 기초로 결정된 특정한 파장에서 동작한다. 또한, 증폭된 광 빔(110)은 타겟 재료가 코히어런트 레이저 광을 산출하기 위해 레이저 시스템(115)으로 충분한 피드백을 제공할 때, 또는 구동 레이저 시스템(115)이 레이저 캐비티를 형성하기 위해 적합한 광 피드백을 포함한다면, 레이저 빔이 될 수 있다.

[0052] 앞서 서술한 바와 같이, 구동 레이저 시스템(115)은 적어도 하나의 증폭기, 및 수개의 광학 컴포넌트(예컨대, 대략 20 내지 50개의 미러)를 포함하는데, 빔 전달 시스템(120) 및 포커스 어셈블리(122)는, 예컨대, 미러, 렌즈, 및 프리즘과 같은 수개의 광학 컴포넌트를 포함한다. 이러한 광학 컴포넌트들은 모두 증폭된 광 빔(110)의 효율적인 형성 및 타겟 위치(105)로의 증폭된 광 빔(110)의 출력을 허용하기 위해, 증폭된 광 빔(110)의 파장을 포함하는 파장 범위를 가진다. 또한, 하나 이상의 광학 컴포넌트들은 기판상의 다층 유전체 반사방지 간섭 코팅과 함께 형성될 수 있다.

[0053] 도 3을 참조하면, 하나의 예시적인 빔 전달 시스템(300)은 구동 레이저 시스템(305)과 타겟 위치(310) 사이에 놓여지고, 빔 전달 시스템은 빔 트랜스포트 시스템(315) 및 포커스 어셈블리(320)를 포함한다. 빔 트랜스포트 시스템(315)은 구동 레이저 시스템(305)에 의해 산출된 증폭된 광 빔(325)을 수신하고, 증폭된 광 빔(325)을 재방향조절하고 확대한 후, 확대되고 재방향조절된 증폭된 광 빔(325)을 포커스 어셈블리(320)로 보낸다. 포커스 어셈블리(320)는 증폭된 광 빔(325)을 타겟 위치(310)로 모은다.

[0054] 빔 트랜스포트 시스템(315)은 증폭된 광 빔(325)의 방향을 변경하는 (때때로 폴드 미러라고도 하는) 하나의 세트의 미러(330, 332, 334, 336, 및 338)를 포함한다. 폴드 미러(330, 332, 334, 336, 338)는 증폭된 광 빔(325)을 반사하는데 적합한 임의의 기판 및 코팅으로 이루어질 수 있다. 그러므로, 폴드 미러는 증폭된 광 빔(325)의 파장의 대부분의 광을 반사하도록 선택된 기판 및 코팅으로 이루어질 수 있다. 몇몇 구현에서, 하나 이상의 폴드 미러(330, 332, 334, 336, 338)는 무산소 고전도율(OFHC) 구리 기판 위에 펜실베니아 색슨버그의 II-VI 인프러레드에 의해 제조되는 최대 금속 반사(MMR) 코팅과 같은 높은 반사율의 코팅으로 이루어진다. 폴드 미러(330, 332, 334, 336, 338)용으로 사용될 수 있는 다른 코팅은 금 및 은을 포함하고, 코팅이 적용될 수 있는 다른 기판은 실리콘, 몰리브덴, 및 알루미늄을 포함한다. 하나 이상의 폴드 미러(330, 332, 334, 336, 338)는, 예컨대, 기판을 통해 물 또는 몇몇 다른 적합한 냉각제를 흐르게 함으로써, 수냉각될 수 있다.

[0055] 빔 트랜스포트 시스템(315)은 또한 빔 확대 시스템(340)을 빠져나오는 증폭된 광 빔(325)의 가로 크기가 빔 확대 시스템(340)으로 들어가는 증폭된 광 빔(325)의 가로 크기보다 더 크도록, 증폭된 광 빔(325)을 확대하는 빔 확대 시스템(340)을 포함한다. 빔 확대 시스템(340)은 타원 포물면의 비축상 세그먼트인 반사면을 가진 적어도 하나의 곡면형 미러를 포함한다(이러한 미러를 비축상 포물면 미러라고도 한다). 빔 확대 시스템(340)은 증폭된 광 빔(325)을 재방향조절하고 확대하거나 시준(collimate)하도록 선택된 다른 광학 컴포넌트를 포함할 수 있다. 빔 확대 시스템(340)에 대한 다양한 설계는 도 3, 4a-c, 5a-c, 및 6을 참조하여 아래에 설명된다.

[0056] 도 3에 도시된 바와 같이, 빔 확대 시스템(340)은 타원 포물면의 비축상 세그먼트인 반사면(343)을 가진 제1 곡면형 미러(342), 및 타원 포물면의 비축상 세그먼트인 반사면(347)을 가진 제2 곡면형 미러(346)를 포함한다. 곡면형 미러(342, 346)의 형상은 서로 상보적(complementary)이 되도록 선택되고, 곡면형 미러(342, 346)의 상대적 위치는 증폭된 광 빔(325)의 수집 효율을 증가시키도록 조절된다. 곡면형 미러(342, 346)에 대한 더욱 세부적인 내용은 각각 도 4a-c 및 5a-c를 설명할 때 아래에 제공된다.

[0057] 또한 도 3에 도시된 바와 같이, 포커스 어셈블리(320)는 최종 폴드 미러(350), 및 미러(350)로부터 반사된 증폭된 광 빔(325)을 타겟 위치(310)로 포커싱하도록 구성되고 배열된 수렴 렌즈(355)를 구비한 포커싱 엘리먼트를 포함한다. 최종 폴드 미러(350)는 증폭된 광 빔(325)의 파장에서 반사율이 높은 코팅을 가진 기판으로 이루어질 수 있다. 예컨대, 미러(350)는 무산소 고전도율(OFHC) 구리 기판 위에 펜실베니아 색슨버그의 II-VI 인프러레드에 의해 제조되는 최대 금속 반사(MMR) 코팅을 가질 수 있다. 미러(350)용으로 사용될 수 있는 다른 코팅은 금 및 은을 포함하고, 코팅이 적용될 수 있는 다른 기판은 실리콘, 몰리브덴, 및 알루미늄을 포함한다. 렌즈(355)는 증폭된 광 빔(325)의 파장을 투과할 수 있는 재료로 이루어진다. 몇몇 구현에서, 렌즈(355)는 ZnSe로 이루어진다. 수렴 렌즈(355)의 세부사항은 도 7-9를 설명할 때 제공된다.

[0058] 포커스 어셈블리(320)는 또한 렌즈(355)로부터 반사된 광(365)을 캡처하는 계측 시스템(360)을 포함할 수 있다. 이러한 캡처된 광은, 예컨대, 증폭된 광 빔(325)의 위치를 판정하기 위해, 그리고 증폭된 광 빔(325)의 초점 길이의 변화를 모니터링하기 위해 가이드 레이저(175)로부터의 광 및 증폭된 광 빔(325)의 특성을 분석하기 위해 사용될 수 있다. 구체적으로, 캡처된 광은 렌즈(355) 상의 증폭된 광 빔(325)의 위치에 관한 정보를 제공하기 위해, 그리고 렌즈(355)의 온도 변화(예컨대, 가열)로 인한 렌즈(355)의 초점 길이 변화를 모니터하기 위해 사용될 수 있다.

[0059] 렌즈(355)는 미러(350)에서 타겟 위치(310)의 바람직한 위치까지 반사된 증폭된 광 빔(325)의 포커싱을 가능하게 하거나 용이하게 하기 위한 메니스커스 렌즈(meniscus lens)일 수 있다. 또한, 렌즈(355)는 렌즈(355)로부터 반사된 타이트하게 포커싱된 투과된 증폭된 광 빔(325) 및 타이트하게 포커싱된 광(365)을 동시에 제공하기 위해, 그 각각의 면에 대한 비구면 보정을 포함할 수 있다. 렌즈(355)는 포물면의 온축(on-axis) 세그먼트인 적어도 하나의 면을 가지도록 설계될 수 있다.

[0060] 각각의 폴드 미러(330, 332, 334, 336, 338)는 증폭된 광 빔(325)을 임의의 적합한 각도만큼, 예컨대, 대략 90도로 재방향조절할 수 있다. 또한, 적어도 2개의 폴드 미러(330, 332, 334, 336, 338)는 타겟 위치(310)로의 증폭된 광 빔(325)의 액티브 포인팅 컨트롤을 제공하기 위해 마스터 컨트롤러(155)에 의해 컨트롤될 수 있는 모터에 의해 구동되는 이동가능한 마운트의 사용을 통하여 이동가능할 수 있다. 이동가능한 폴드 미러는 렌즈(355) 상의 증폭된 광 빔(325)의 위치 및 타겟 재료에 있는 증폭된 광 빔(325)의 초점을 유지하기 위해 조절될 수 있다.

[0061] 빔 전달 시스템(300)은 또한 빔 전달 시스템(300)의 (폴드 미러(330, 332, 332, 334, 336, 338), 곡면형 미러(342, 346), 및 최종 폴드 미러(350)와 같은) 하나 이상의 컴포넌트의 위치 및 각도 또는 포지션을 정렬하기 위해 셋업시 사용되는 정렬 레이저(370)를 포함할 수 있다. 정렬 레이저(370)는 컴포넌트의 시각적 정렬을 돕기 위해 가시광 스펙트럼 내에서 동작하는 다이오드 레이저일 수 있다. 정렬 레이저(370)는 가시광을 반사하고 적외선 광을 투과하는 이색성 빔 결합기(371)로부터 반사된다. 이는 정렬 빔이 증폭된 레이저 빔과 동시에 진행하는 것을 허용한다.

[0062] 빔 전달 시스템(300)은 또한 탐지 디바이스(375)에서 탐지될 수 있는 진단 빔(380)을 형성하기 위해 구동 레이저 시스템(305)의 전면에서 반사되는 광과 같은, 타겟 위치(310)에서 타겟 재료(114)로부터 반사되는 광을 모니터하는 카메라와 같은 탐지 디바이스(375)를 포함할 수 있다. 탐지 디바이스(375)는 (타겟 재료(예컨대, 방울)의 흐름 방향인) x축 방향을 따른 플라즈마의 위치에 대한 피드백을 제공하기 위해 마스터 컨트롤러(155)에 연결될 수 있다. 그로 인해, 마스터 컨트롤러(155)는 증폭된 광 빔(325)의 위치를 타겟 재료(114)와 더 잘 일치하거나 오버랩하도록 조절하기 위해 빔 전달 시스템(300) 내의 하나 이상의 컴포넌트(예컨대, 미러(350) 및/

또는 렌즈(355))의 위치를 조절할 수 있다.

[0063] 또한 도 4a-c를 참조하면, 제1 곡면형 미러(342)는 타원 포물면(410)의 세그먼트(405)로부터 형성된 반사면(343)을 가진 발산 미러이다. 반사면(343)은 포물면 세그먼트(405)의 내측면으로부터 형성된다. 타원 포물면(410)은 회전축(415)을 가진 회전 포물면이고, 세그먼트(405) 내의 "비축상 세그먼트"이고, 반사면(400)은 포물면(410)의 회전축을 제외한 포물면(410)의 영역으로부터 형성된다. 미러(342)(더욱 상세하게는, 반사면(343))는 미러(342)로부터 반사되는 증폭된 광 빔(325)의 빔 반경이 빔이 미러(342)로부터 멀어지도록 진행할 때 증가하도록, 증폭된 광 빔(325)의 시준된 파면을 발산하게 한다는 점에서 발산형이다.

[0064] 제1 곡면형 미러(342)는 증폭된 광 빔(325)을 반사하기에 적합한 임의의 기판 및 코팅으로 이루어질 수 있다. 그러므로, 이 미러는 증폭된 광 빔(325)의 파장의 광을 반사하도록 선택된 기판 및 코팅으로 이루어질 수 있다. 제1 곡면형 미러(342)는 미러(342)의 기판을 통해 흐를 수 있는 물과 같은 유체 냉각제를 통해 냉각될 수 있다. 제1 곡면형 미러(342)의 반사면(343)은 무산소 고전도율(OFHC) 구리 기판 위에 펜실베니아 색슨버그의 II-VI 인프러레드에 의해 제조되는 최대 금속 반사(MMR) 코팅으로 형성될 수 있다.

[0065] 또한, 도 5a-c를 참조하면, 제2 곡면형 미러(346)는 타원 포물면(510)의 세그먼트(505)로부터 형성된 반사면(347)을 가진 수렴 미러이다. 반사면(347)은 포물면 세그먼트(505)의 외측면으로부터 형성된다. 타원 포물면(510)은 회전축(515)을 가진 회전 포물면일 수 있고, 그러므로 세그먼트(505)는 세그먼트(505) 및 반사면(500)이 포물면(510)의 회전축(515)을 제외한 포물면(510)의 영역으로 형성된다는 점에서 "비축상 세그먼트"이다. 미러(346)(더욱 상세하게는, 반사면(347))는 미러가 증폭된 광 빔(325)의 빔 반경이 빔이 미러(346)로부터 멀어지도록 진행할 때 감소하도록 증폭된 광 빔(325)의 시준된 파면이 수렴하게 한다는 점에서 수렴형이다. 수렴 미러(346)는 또한 증폭된 광 빔(325)의 발산하는 파면이 미러(346)로부터 반사할 때 시준되게 하여, 미러(346)로부터 반사된 발산하는 증폭된 광 빔(325)의 빔 반경이 빔이 미러(346)로부터 멀어지게 진행할 때 동일하게 유지되게 한다.

[0066] 제2 곡면형 미러(346)는 증폭된 광 빔(325)을 반사하기에 적합한 임의의 기판 및 코팅으로 이루어질 수 있다. 그러므로, 미러는 증폭된 광 빔(325)의 파장의 광을 반사하도록 선택된 기판 및 코팅으로 이루어질 수 있다. 제2 곡면형 미러(346)의 반사면(347)은 무산소 고전도율(OFHC) 구리 기판 위에 펜실베니아 색슨버그의 II-VI 인프러레드에 의해 제조되는 최대 금속 반사(MMR)일 수 있다. 제2 곡면형 미러(346)는 미러(346)의 기판을 통해 흐를 수 있는 물과 같은 유체 냉각제로 냉각될 수 있다.

[0067] 제1 곡면형 미러(342) 및 제2 곡면형 미러(346)의 조합은, 예컨대, 대략 3.6배의 증폭된 광 빔(325)의 확대를 제공하고, 이러한 확대는 예컨대, 3.6배의 빔의 발산을 줄인다. 적어도 하나의 비축상 포물면 미러를 구비한 빔 확대 시스템(340)의 설계는 빔 확대를 위해 구형 미러를 사용한 종래의 배열과 비교할 때 빔 트랜스포트 시스템(315) 내에 더욱 작은 배열을 가능하게 한다. 증폭된 광 빔(325)은, 빔 확대 시스템(340)이 적어도 하나의 비축상 포물면 미러(예컨대, 제1 곡면형 미러(342), 제2 곡면형 미러(346), 두 미러(342, 346)의 조합, 또는 곡면형 미러(342, 346) 중 하나와 렌즈의 조합)를 포함하기 때문에, 구형 미러를 사용한 종래의 빔 확대기에서 가능했던 것보다 더 먼 거리를 더 적은 발산을 가지고 트랜스포트될 수 있다. 또한, 비축상 포물면 미러는 종래의 빔 확대기에 사용된 구형 미러와 비교할 때 증폭된 광 빔(325)의 향상된 품질의 파면(예컨대, 파면이 평면 파면과 더 근접하도록 감소된 수차)을 제공한다.

[0068] 도 6을 참조하면, 다른 구현으로서, 빔 전달 시스템(600)은 구동 레이저 시스템(605)과 타겟 위치(610) 사이에 위치한다. 빔 전달 시스템(600)은 빔 트랜스포트 시스템(615) 및 포커스 어셈블리(620)를 포함한다. 빔 트랜스포트 시스템(615)은 구동 레이저 시스템(605)에 의해 증폭된 광 빔(625)을 수신하고, 증폭된 광 빔(625)을 다시 방향조절하고 확대한 후, 확대되고 다시 방향조절된 증폭된 광 빔(625)을, 증폭된 광 빔(625)을 타겟 위치(610)로 포커싱하는 포커스 어셈블리(620)로 향하게 한다. 포커스 어셈블리(620)는 증폭된 광 빔(625)을 타겟 위치(610)로 포커싱하는 수렴 렌즈를 포함할 수 있다. 이러한 수렴 렌즈는 2009년 12월 15일에 출원된 "극자외선 광원을 위한 계측법"이란 제목의 미국특허 출원번호 제12/637,961호에 서술되어 있다.

[0069] 빔 트랜스포트 시스템(615)은 증폭된 광 빔(625)를 확대시키는 빔 확대 시스템(640), 및 앞서 서술한 폴드 미러와 같은 하나의 세트의 추가적인 방향조절 광학 컴포넌트(645)를 포함한다. 빔 확대 시스템(640)은 타원 포물면의 비축상 세그먼트인 반사면을 가진 곡면형 미러(642) 및 구동 레이저 시스템(605)의 출력부에 위치한 발산 렌즈(646)를 포함한다. 발산 렌즈(646)는 증폭된 광 빔(110)의 파장의 광을 투과시키고 증폭된 광 빔(110)의 강도로 인해 누적될 수 있는 열에 견질 수 있는 임의의 재료로 이루어질 수 있다. 몇몇 구현에서, 발산 렌즈(646)는 다이아몬드로 이루어지고, 2개의 오목면을 형성하도록 연마된다. 발산 렌즈(646)는 구동 레이저 시스

템(605)의 출력 윈두오로서 구성될 수 있다.

[0070] 도 7을 참조하면, 하나의 예시적인 포커스 어셈블리(670)는 최종 폴드 미러(750) 및 미러(750)로부터 반사된 증폭된 광 빔(325)을 챔버(730) 내의 타겟 위치(710)로 포커싱하도록 구성되고 배열된 수렴 렌즈(755)를 구비한 포커싱 엘리먼트를 포함한다. 본 예에서, 수렴 렌즈(755)는 양볼록 렌즈(double convex or biconvex lens)이지만, 대안으로서 볼록-오목 렌즈일 수도 있다. 렌즈(755)는 렌즈 하우징(794)의 개구가 챔버 벽(790)의 개구와 나란하도록 챔버(730)의 벽(790)에 설치되어 있는 렌즈 하우징(794) 내에 설치되고, 렌즈(755)는 챔버(730) 내부에 유지된 진공과 챔버(730) 외부의 정화된 환경 사이에 윈도우로서 역할한다. 벨로우(792)는 광 빔(325)의 방향에 상대적인 3 방향(광 빔(325)의 방향을 따라 뻗어 있는 축방향 또는 세로 방향, 및 축방향에 대하여 가로방향인 2개의 방향) 중 하나 이상의 방향을 따른 렌즈(755)의 이동을 용이하게 하기 위해 진공 챔버 벽(790)과 하우징(794) 사이에 놓여질 수 있다.

[0071] 포커스 어셈블리(720)는 렌즈(755)로부터 반사된 광(765)을 캡처하고 미러(750)의 중앙영역 내의 개구를 통해 투과시키는 계측 시스템(760)을 포함할 수 있다.

[0072] 극자외선 광 챔버(730)는 증폭된 광 빔(325)이 타겟 위치(710)를 가로질러 타겟 재료를 타격할 때 타겟 위치(710)에 있는 타겟 재료로부터 방출되는 극자외선 광을 수집하도록 구성된 극자외선 광 수집기(735)를 하우징한다.

[0073] 도 8을 참조하면, 다른 구현으로서, 포커스 어셈블리(820)는 최종 폴드 미러(850) 및 최종 폴드 미러(850) 및 미러(850)로부터 반사된 증폭된 광 빔(325)을 챔버(830) 내의 타겟 위치(810)로 포커싱하도록 구성되고 배열된 수렴 렌즈(855)를 구비한 포커싱 엘리먼트를 포함한다. 포커스 어셈블리(820)는 또한 렌즈(855)로부터 포커싱된 광을 타겟 위치(810)로 다시 방향조절하기 위해 설치된 이동가능한 미러(88)를 포함한다. 본 구현에서, 수렴 렌즈(855)는 챔버(830) 내에 놓여진 메니커스 렌즈이지만, 수렴 렌즈는 평철(plano-convex) 렌즈일 수 있다. 포커스 어셈블리(820)는 또한 렌즈 (855)로부터 반사된 후, 증폭된 광 빔(325)의 방향과 상이한 방향을 따라 미러(850)의 중앙 영역 내의 오프셋 파셋(facet)으로부터 반사된 광(865)을 캡처하는 계측 시스템(860)을 포함할 수 있다.

[0074] 극자외선 광 진공 챔버(830)는 증폭된 광 빔(325)이 타겟 위치(810)를 가로질러 타겟 재료를 타격할 때 타겟 위치(810)에 있는 타겟 재료로부터 방출되는 극자외선 광을 수집하도록 구성된 극자외선 광 수집기(835)를 하우징한다.

[0075] 도 9를 참조하면, 다른 구현으로서, 포커스 어셈블리(920)는 최종 폴드 미러(950) 및 미러(950)로부터 그리고 다른 중간 미러(985)로부터 반사된 증폭된 광 빔(325)을 챔버(930) 내의 타겟 위치(910)로 포커싱하도록 구성되고 배열된 수렴 렌즈(955)를 구비한 포커싱 엘리먼트를 포함한다. 본 구현에서, 수렴 렌즈(955)는 렌즈(955)가 챔버(930) 내부에 유지된 진공과 챔버(930) 외부의 정화된 환경 사이의 윈도우로 역할하도록 챔버(930)의 벽(990) 내에 위치하는 평철 렌즈이다. (도시되지 않은) 벨로우는 광 빔(325)에 상대적인 3 방향(광 빔(325)의 방향을 따라 뻗은 축방향, 및 축방향에 대하여 가로방향인 2 방향) 중 하나 이상의 방향을 따른 렌즈(955)의 이동을 용이하게 하기 위해 진공 챔버 벽(990)과 렌즈(955) 사이에 놓여질 수 있다. 포커스 어셈블리(920)는 또한 렌즈(955)로부터 반사되고, 미러(950) 내의 중앙 개구를 통해 방향조절된 광(965)을 캡처하는 계측 시스템(960)을 포함할 수 있다.

[0076] 극자외선 광 진공 챔버(930)는 증폭된 광 빔(325)이 타겟 위치(910)를 가로질러 타겟 재료를 타격할 때 타겟 위치(910)에 있는 타겟 재료로부터 방출되는 극자외선 광을 수집하도록 구성된 극자외선 광 수집기(935)를 하우징한다.

[0077] 도 7-9의 구현에서, 계측 시스템(760, 860, 960)은 광(765, 865, 965)을 이들 빔 각각의 개별적인 분석을 허용하기 위해 2개의 빔(증폭된 광 빔(325)의 파장에 있는 빔인 제1 빔(762, 862, 962)과 가이드 레이저(175)의 파장에 있는 빔인 제2 빔(763, 863, 963))으로 분리시키는 광학 컴포넌트(761, 861, 961)를 포함한다. 도 7-9에 도시된 구현에서, 광학 컴포넌트(761, 861, 961)는 증폭된 광 빔(325)의 파장(예컨대, 대략 10600 ㎚)의 광을 반사하고, 가이드 레이저(175)에 의해 생성된 광의 파장(예컨대, 대략 11150 ㎚)의 광을 투과시키는 이색성 미러이다. 계측 시스템(760, 860, 960)은 또한 분리된 광 빔을 수신하고 빔의 특성을 분석하는 탐지기(764, 864, 964)(예컨대, 초전 솔리드 스테이트 탐지기 어레이)를 포함한다. 탐지기(764, 864, 964)는 분석된 빔 특징의 신호를 출력하고, 이 출력 신호는 출력 신호는 렌즈(755, 855, 955)에 그리고/또는 빔 전달 시스템(700, 800, 900)의 하나 이상의 이동가능한 미러(예컨대, 미러(750, 850, 950))에 적용하기 위한 위치 조절의 크기를 결정

하여, 증폭된 광 빔(325)과 타겟 재료(114)의 오버랩을 증가시키고, 그로 인해 EUV 산출량을 증가시키기 위해, 출력 신호를 사용하는 마스터 컨트롤러(155)로 전송된다. 계측 시스템(760, 860, 960)은 탐지기(764, 864, 964)에 도달하기 전에 다른 방식으로 광을 조절하기 위해 필터, 렌즈, 빔 스플리터, 및 미러와 같은 다른 광학 컴포넌트를 포함할 수 있다. 계측 시스템(760, 860, 960)은 2009년 12월 15일에 출원된 "극자외선 광원을 위한 계측법"이란 제목의 미국특허 출원번호 제12/637,961호에 상세하게 도시되고 서술되어 있다.

[0078] 일반적으로, 수렴 렌즈(355, 755, 855, 955)는 구면 수차 및 구형 렌즈에서 발생할 수 있는 다른 광 수차를 줄이기 위해 비구면 렌즈일 수 있다.

[0079] 앞서 보여진 구현에서, 수렴 렌즈(755, 855, 955)는 챔버 외부에 위치하지만 챔버 벽에 설치된 하우징 내에 렌즈를 설치함으로써, 챔버(730, 830, 930)의 벽(790, 890, 990) 상에 윈도우로서 설치된다. 도 8에 도시된 구현에서, 수렴 렌즈(855)는 챔버(830) 내부에 설치된다. 다른 구현에서, 수렴 렌즈(355)는 방사방지 윈도우를 형성하기 않기 위해 챔버(130)의 외부에 설치될 수 있다.

[0080] 렌즈(355)는 이동가능하게 구성될 수 있는데, 이러한 경우, 렌즈(355)는 시스템의 동작 동안 액티브 초점 컨트롤을 위한 메커니즘을 제공하기 위해 하나 이상의 액츄에이터에 설치될 수 있다. 이러한 방식으로, 렌즈(355, 755, 855, 955)는 EUV 산출량을 증가시키거나 최대화하기 위해, 증폭된 광 빔(325)을 더욱 효과적으로 수집하고 증폭된 광 빔(325)을 타겟 위치로 향하게 하기 위해, 이동될 수 있다. 렌즈(355, 755, 855, 955)의 변위 크기 및 방향은 앞서 언급한 애플리케이션에 서술된 바와 같이, 계측 시스템(760, 860, 960)에 의해 제공되는 피드백을 기초로 결정된다.

[0081] 수렴 렌즈(355, 755, 855, 955)는 증폭된 광 빔(325)의 대부분을 캡처할 만큼 크면서도 증폭된 광 빔(325)을 타겟 위치로 포커싱하기에 충분한 곡률을 제공하는 직경을 가진다. 몇몇 구현에서, 수렴 렌즈(355, 755, 855, 955)는 적어도 대략 0.1, 특히 적어도 대략 0.2의 개구수를 가질 수 있다.

[0082] 몇몇 구현에서, 수렴 렌즈(355, 755, 855, 955)는 적외선 애플리케이션용으로 사용될 수 있는 재료인 ZnSe로 이루어진다. ZnSe는 0.6 내지 20㎛를 커버하는 투과 범위를 가지고, 고출력 증폭기로부터 산출되는 고출력 광 빔용으로 사용될 수 있다. ZnSe는 전자기 스펙트럼의 적색단(더욱 상세하게는, 적외선)에서 낮은 열 흡수율을 가진다. 수렴 렌즈용으로 사용될 수 있는 다른 재료는 비소화 갈륨(GaAs), 게르마늄, 실리콘, 적외선을 투과하는 비결정질 재료(AMTIR), 및 다이아몬드를 포함하지만 이에 제한되지는 않는다.

[0083] 또한, 수렴 렌즈(355, 755, 855, 955)는 반사방지 코팅을 포함할 수 있고, 증폭된 광 빔(325)의 파장에서 증폭된 광 빔(325)의 적어도 95%를 투과할 수 있다.

[0084] 또한 도 10a 및 10b를 참조하면, 렌즈 하우징(1094)의 개구가 챔버 벽(1090)의 개구와 나란하도록 진공 챔버(1030)의 벽(1090)에 설치되어 있는 하우징(1094) 내에 수렴 렌즈(1055)를 설치한 예시적인 마운팅 시스템이 도시되어 있다. 렌즈(1055)는 플렉시블 O-링(1058, 1059)으로 렌즈 하우징(1094) 내에 측방향으로(방향(1105 및 1110)을 따라), 그리고 축방향으로(방향(1115)을 따라) 설치되고 밀봉된다. 또한, (예컨대, 금속 또는 금속 합금으로 이루어진)유연한 유지 링(1057)은 축방향으로(방향(1115)을 따라) 렌즈를 고정시키기 위해 하우징(1094)에 볼트결합될 수 있다. 유리 링(1057)과 렌즈(1055) 사이에 압축된 O-링(1058)은 유지 링(!057)이 렌즈를 제위치에 고정시키기 위해 렌즈(1055)에 대한 힘을 유지하면서 렌즈(1055)를 스크래치하거나 손상하는 것을 방지한다. 또한, 압축된 O-링(1058)은 챔버(1030) 내부의 진공 환경(1150)과 챔버 외부의 정화된 환경(예컨대, 질소 가스를 포함하는 환경) 사이에 진공 시일을 제공한다. 렌즈(1055)의 방사상 가장자리와 하우징(1094) 사이의 압출된 O-링(1059)은 (측방향(1105, 1110)을 따른) 방사상으로 렌즈를 중심에 맞춘다.

[0085] 또한 도 11a, 11b, 및 11c를 참조하면, 미러(350)는 증폭된 광 빔(325)으로부터 반사된 광(365)을 분리시키기 위한 특징부를 가지도록 형성된다. 도 11a에 도시된 바와 같이, 이러한 특징부는 중앙 개구(1100)일 수 있다. 이러한 설계는 각각 도 7 및 9에 도시된 미러(750, 950)에서 찾을 수 있다. 중앙 개구(1100)는 광(365)이 개구(1100) 내의 초점 영역으로 집중되기 때문에, 광(365)이 미러(350)를 통과하는 것을 허용하고, 중앙 개구(1100)는 미러(350)를 통해 방향조절되는 증폭된 광 빔(325)의 소량이 계측 시스템(360)을 향하는 것을 제외하면, 실질적으로 모든 증폭된 광 빔(325)을 렌즈(355)를 향하도록 반사한다.

[0086] 도 11b에 도시된 바와 같이, 이러한 특징부는 내부 오프셋 파셋(1125)일 수 있고, 또는 도 11c에 도시된 바와 같이, 이러한 특징부는 외부 오프셋 파셋(1150)일 수 있다. 이러한 설계 중 하나는 도 8에 도시된 미러(850)에 사용될 수 있다. 오프셋 파셋(1125 또는 1150)은 증폭된 광 빔(325)의 방향과 상이한 방향으로 광(365)을 반사한다. 특히, 렌즈(355)로부터 반사된 광(365)은 반사된 광(365)을 진단 목적으로 계측 시스템(360)으로 들어가

게 하고, 증폭된 광 빔(325) 및 다른 방향을 따라 타겟 재료로부터 방출된 임의의 레이저 광을 계측 시스템(360)으로 들어가지 않도록 반사하는 특징부를 가지도록 설계된 미러(350)를 향하도록 방향조절된다.

[0087] 다른 구현들도 아래의 청구항의 범위에 속한다.

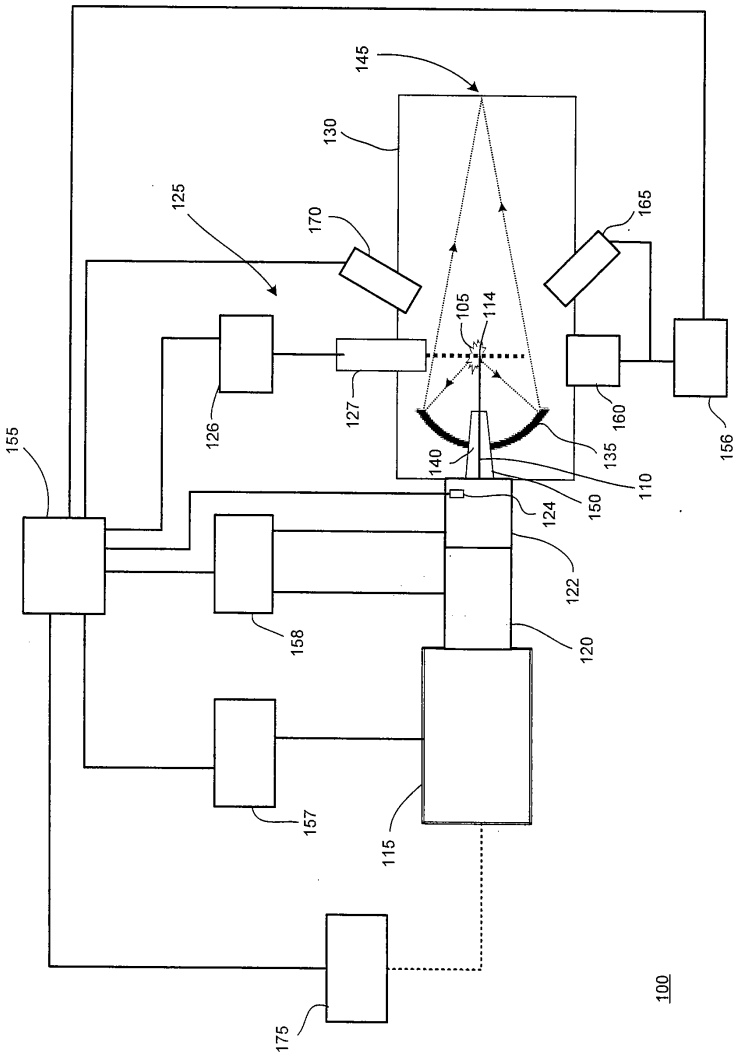
[0088] 타겟 위치(105)로부터 직접적으로 광을 수신하도록 설치된 탐지기(165)가 도 1에 도시되어 있으나, 탐지기(165)는 대안으로서 중간 초점(145)에 또는 그 다운스트림에서 또는 몇몇 다른 위치에서 광을 샘플링하도록 위치할 수 있다.

[0089] 일반적으로, 타겟 재료(114)의 조사는 또한 타겟 위치(105)에 찌꺼기를 발생시킬 수 있고, 이러한 찌꺼기는 제한하지 않는 예로서 수집 미러(135)를 포함하는 광학 엘리먼트의 표면을 오염시킬 수 있다. 그러므로, 타겟 재료(114)의 구성성분과 반응할 수 있는 가스형 에천트의 소스가 미국특허번호 제7,491,954호에 서술된 바와 같이 광학 엘리먼트의 표면상에 증착된 오염물을 세척하기 위해 챔버(130)에 도입될 수 있다. 예컨대, 하나의 애플리케이션에서, 타겟 재료는 Sn을 포함할 수 있고, 에천트는 HBr, Br_2, Cl_2, HCl, H_2, HCF_3, 또는 이러한 컴파운드의 조합일 수 있다.

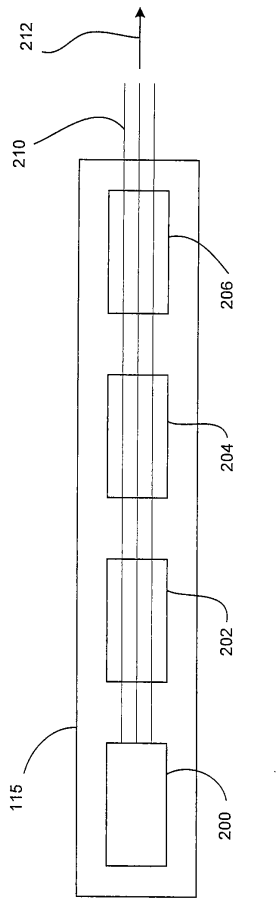
[0090] 광원(100)은 또한 증착된 타겟 재료와 광학 엘리먼트의 표면상에 에천트 사이의 화학적 반응을 개시하고 그리고/또는 그 속도를 증가시키는 하나 이상의 히터(170)를 포함할 수 있다. Li를 포함하는 플라즈마 타겟 재료에 대하여, 히터(170)는 표면으로부터 Li를 증발시키기 위해 대략 400 내지 550℃ 범위의 온도로 하나 이상의 광학 엘리먼트의 표면을 가열하도록 설계될 수 있고, 반드시 에천트를 사용할 필요는 없다. 적합한 히터의 타입은 라디에이터형 히터, 마이크로파 히터, RF 히터, 저항성 히터, 또는 이러한 히터의 조합을 포함한다. 이러한 히터는 특정한 광학 엘리먼트 표면을 향할 수 있고, 그러므로 방향성일 수 있고, 또는 비방향성일 수 있고, 전체 챔버(130) 또는 챔버(130)의 상당한 부분을 가열한다.

도면

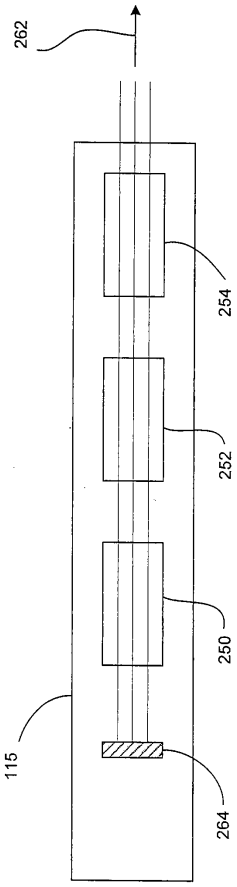
도면1


145
130
125
170
165
105
114
126
127
160
156
155
135
140
110
150
124
122
158
120
157
115
175
100

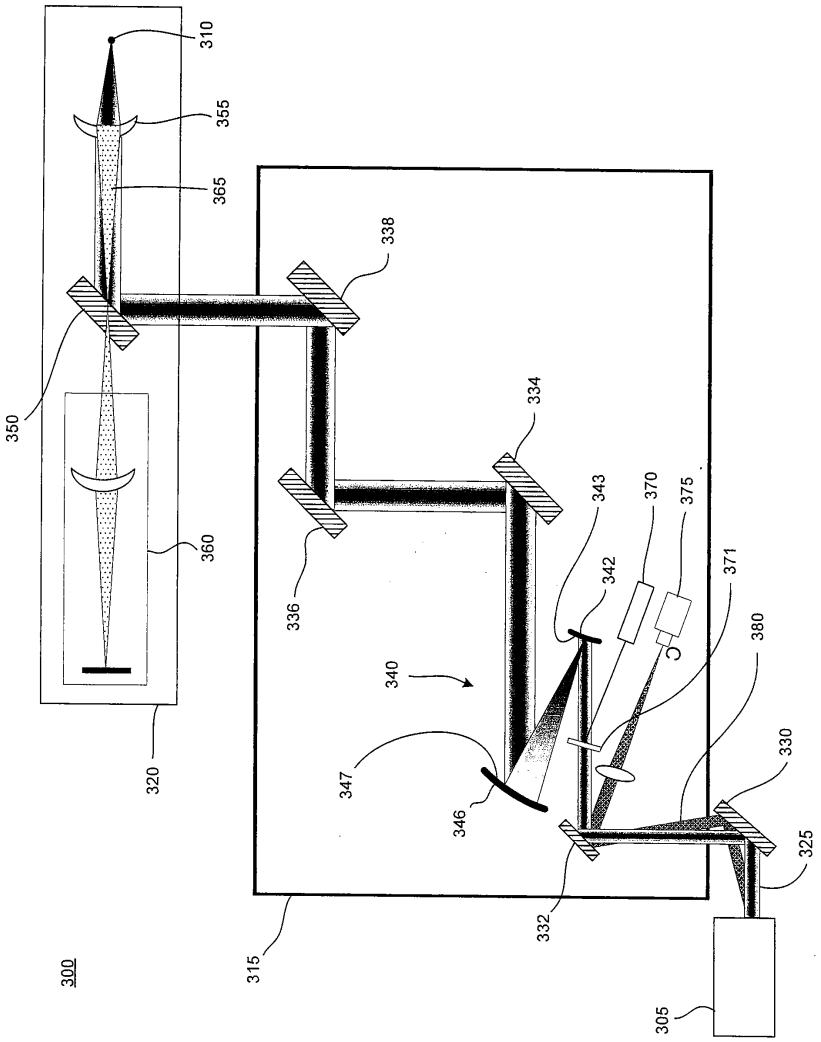
도면2a



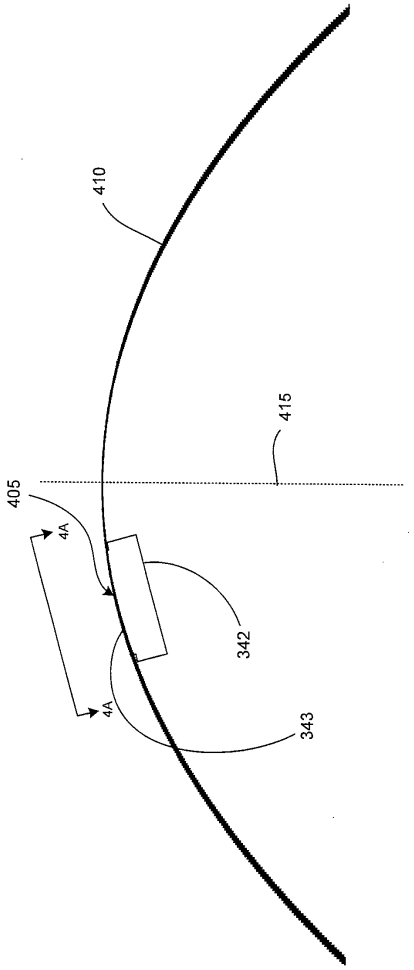
도면2b



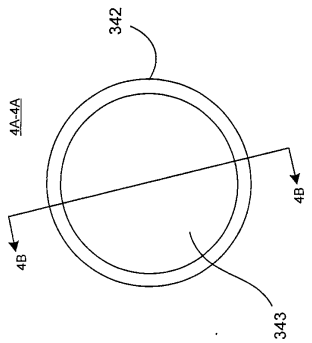
도면3


310
355
365
338
350
334
343
370
375
360
342
371
336
340
380
347
330
346
325
320
332
315
305
300

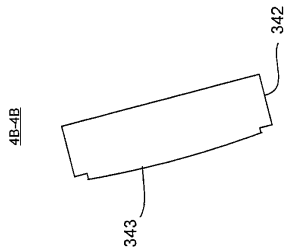
도면4a



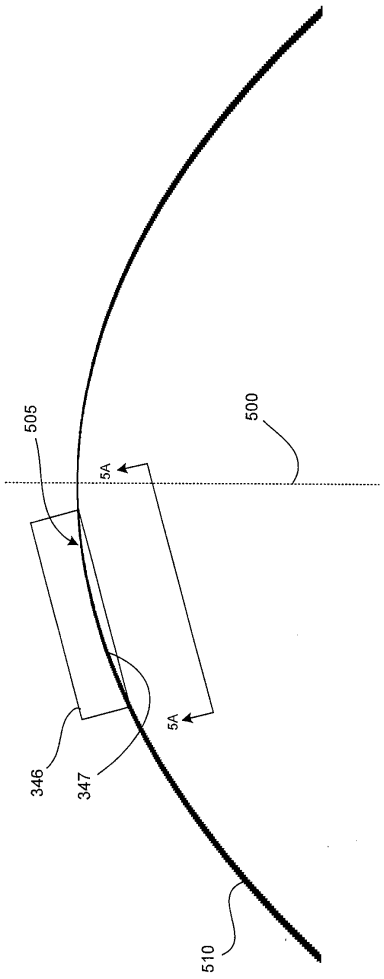
도면4b



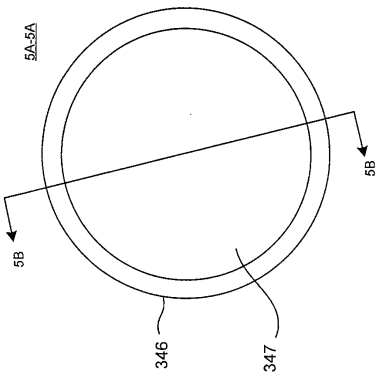
도면4c



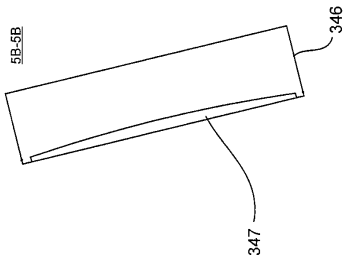
도면5a



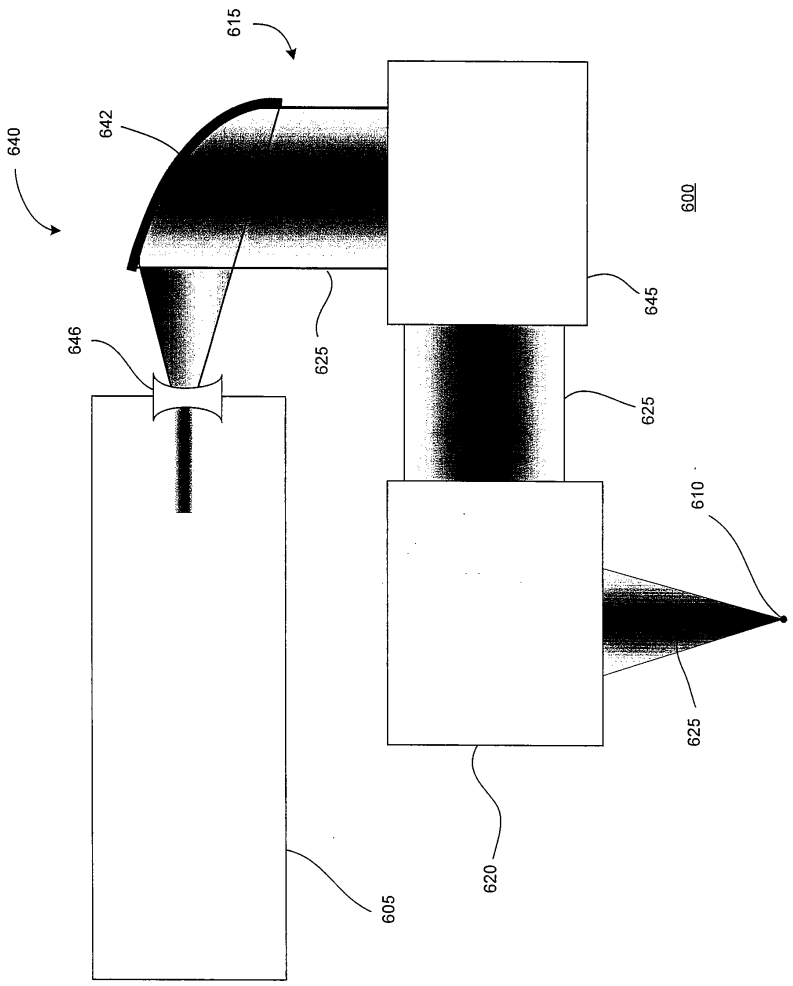
도면5b



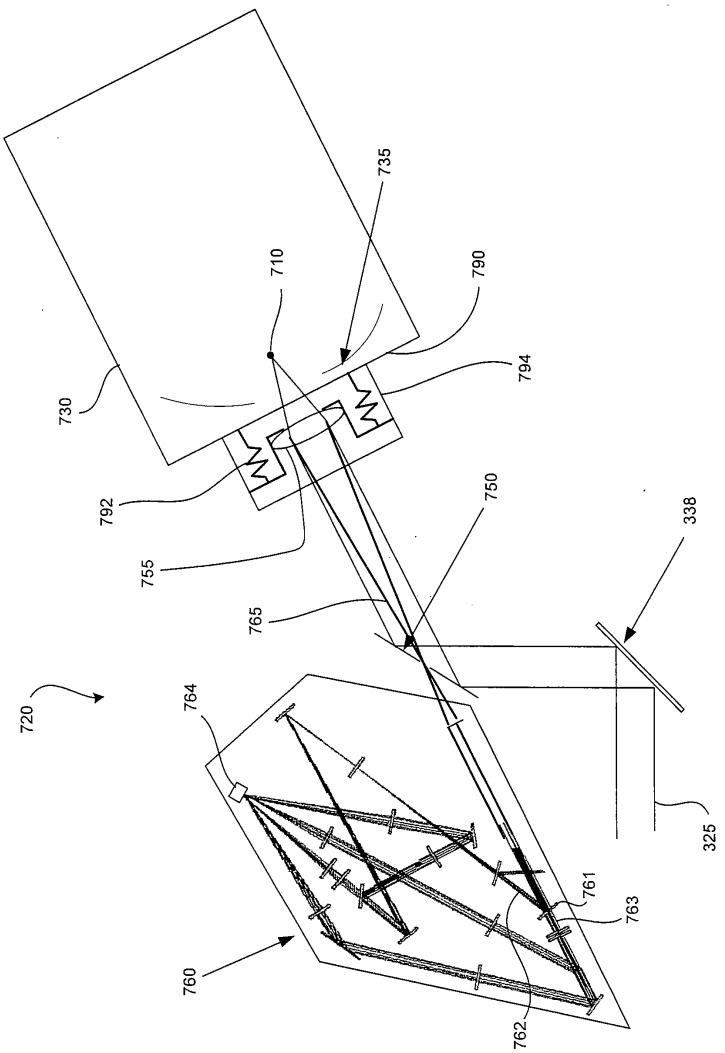
도면5c



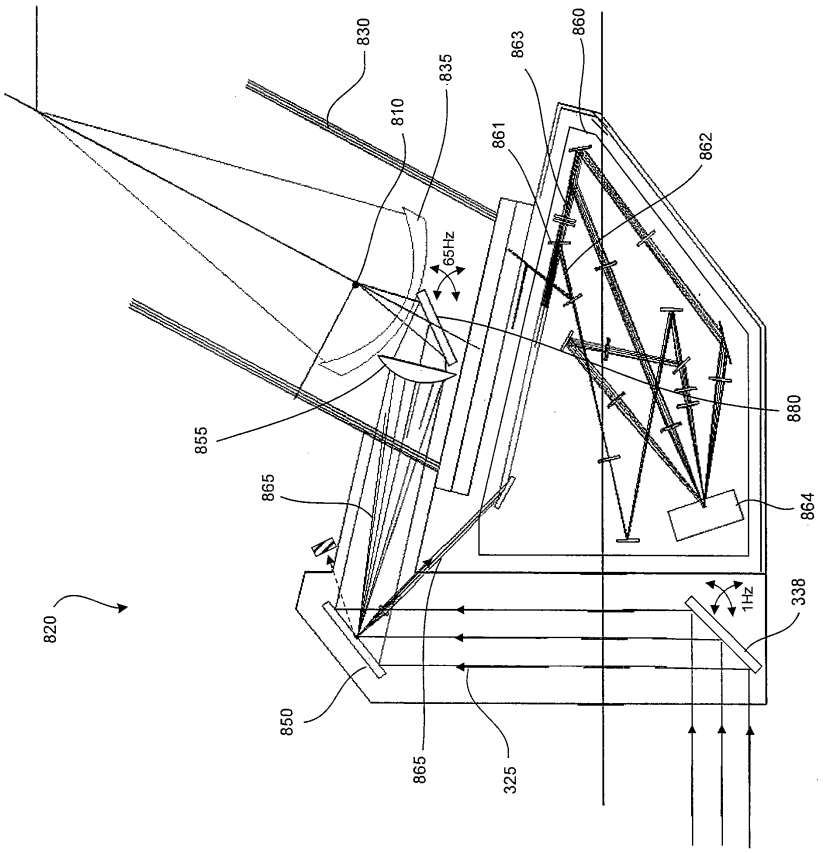
도면6



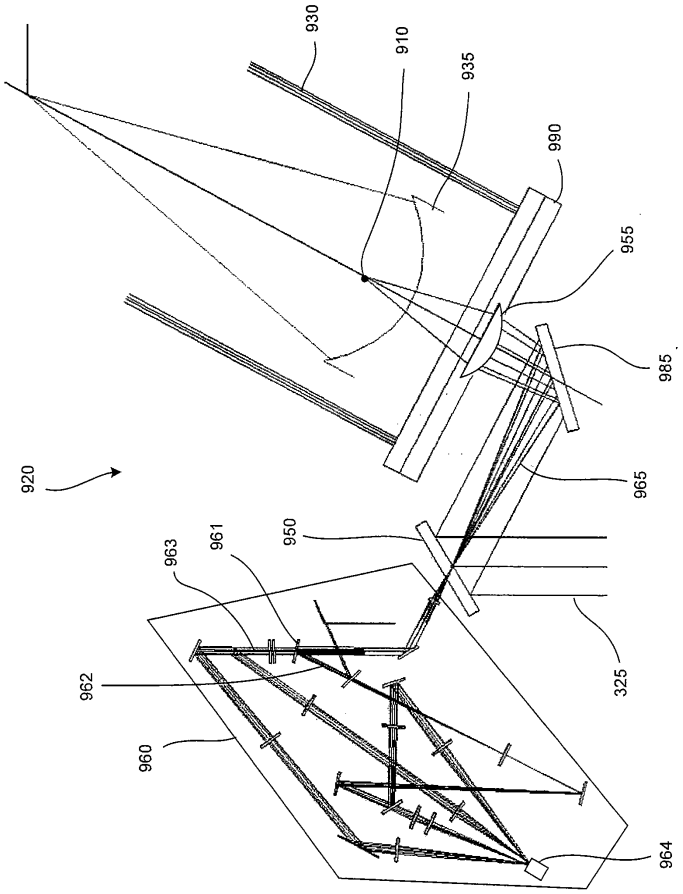
도면7


735
710
790
730
794
792
750
338
755
765
720
764
325
761
763
760
762

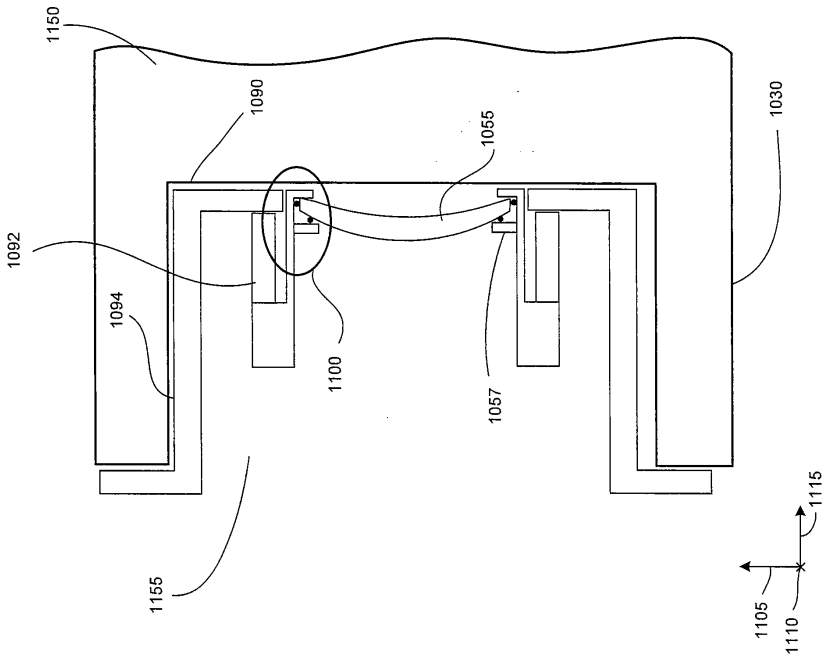
도면8


830
835
810
863
860
861
862
65Hz
855
880
865
864
820
1Hz
338
850
865
325

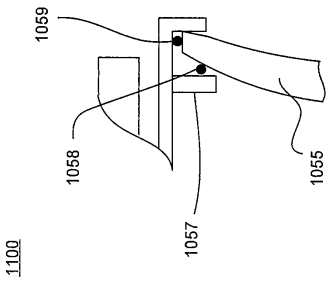
도면9


930
910
935
990
955
985
965
920
950
963
961
962
960
325
964

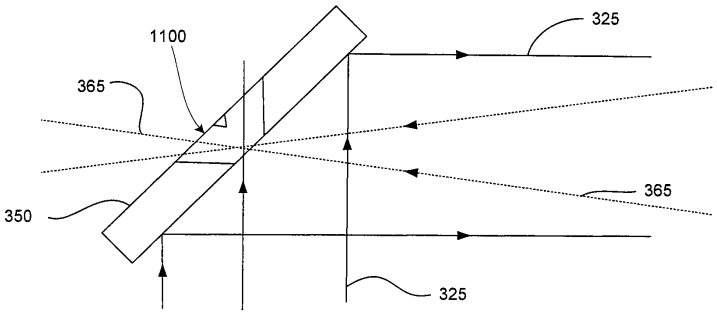
도면10a


1150
1090
1055
1030
1092
1094
1100
1057
1155
1115
1105
1110

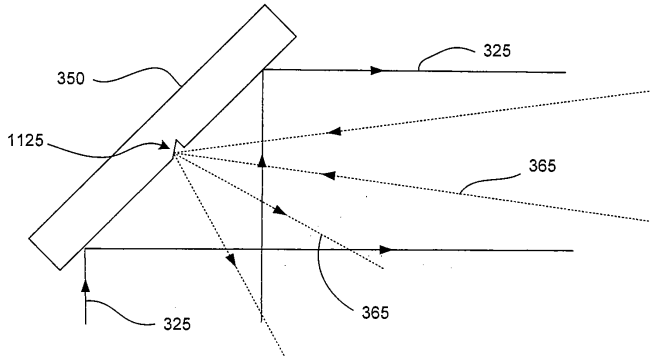
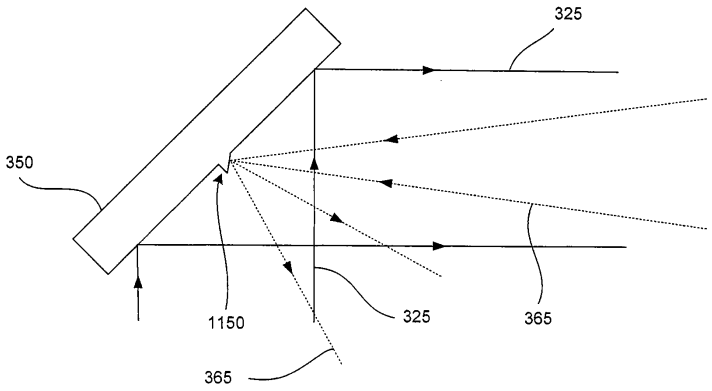
도면10b



도면11a



도면11b



도면11c