



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년02월03일

(11) 등록번호 10-1702413

(24) 등록일자 2017년01월26일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H05G 2/00 (2006.01) **G03F 7/20** (2006.01)
G21K 5/00 (2006.01)
- (21) 출원번호 10-2011-7026713
- (22) 출원일자(국제) 2010년03월31일
 심사청구일자 2015년03월30일
- (85) 번역문제출일자 2011년11월09일
- (65) 공개번호 10-2012-0005506
- (43) 공개일자 2012년01월16일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2010/029447
- (87) 국제공개번호 WO 2010/117861
 국제공개일자 2010년10월14일
- (30) 우선권주장
 12/725,178 2010년03월16일 미국(US)
 (뒷면에 계속)
- (56) 선행기술조사문헌
 US05268554 A*
 US07087914 B2*
 US20070001130 A1*
 US20070265606 A1*
- *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

- (73) 특허권자
에이에스엠엘 네델란즈 비.브이.
네덜란드 5500 아하 벨트호벤 피.오.박스 324
- (72) 발명자
크로백 크리스토퍼 피.
미국 캘리포니아 92117 샌디에고 아이로쿼스 애비
뉴 4846
팔트로 윌리엄 엔.
미국 캘리포니아 92064 포웨이 페드리자 드라이브
12634
(뒷면에 계속)
- (74) 대리인
유미특허법인

전체 청구항 수 : 총 20 항

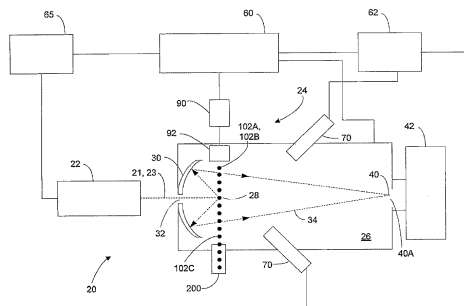
심사관 : 김창주

(54) 발명의 명칭 최적 극 자외광 출력을 위해 타겟 물질을 정렬 및 동기화하기 위한 시스템, 방법 및 장치

(57) 요약

극 자외광 시스템은 드라이브 레이저 시스템, 극 자외광 콜렉터 및 타겟 물질 경로를 따라 타겟 물질의 복수의 부분을 배출할 수 있는 타겟 물질 배출부를 포함하는 타겟 물질 배출기를 구비하는 극 자외광 챔버를 포함하고, 여기서 상기 타겟 물질 배출부는 조정가능하다. 극 자외광 시스템은 드라이브 레이저 조정 디바이스, 타겟 물질의 복수의 부분 중 제 1 부분으로부터 반사된 드라이브 레이저의 반사를 검출하도록 지향된 적어도 하나의 검출기, 타겟 물질 배출기, 검출 시스템, 및 드라이브 레이저 조정 디바이스에 결합된 컨트롤러를 포함하는 검출 시스템을 더 포함한다. 상기 컨트롤러는 제 1 타겟 물질로부터 반사된 제 1 광으로부터 타겟 물질의 복수의 부분 중 제 1 부분의 위치를 검출하는 로직을 포함한다.

대표도



(72) 발명자

포멘코프 이고르 브이.

미국 캘리포니아 92129 샌디에고 차날 웨이 14390

어쇼프 알렉산더 아이.

미국 캘리포니아 92025 에스컨디도 돈 롤란도 3026

크로우치 제임스 에이치.

미국 캘리포니아 92110 샌디에고 카우비 스트리트
3131 엔오. 58

(30) 우선권주장

61/168,000 2009년04월09일 미국(US)

61/168,012 2009년04월09일 미국(US)

61/168,033 2009년04월09일 미국(US)

명세서

청구범위

청구항 1

드라이브 레이저 시스템;

극 자외광 챔버로서,

어퍼처를 갖는 극 자외광 콜렉터, 및

타겟 물질 경로를 따라 타겟 물질의 복수의 부분을 배출할 수 있는 타겟 물질 배출부를 포함하는 타겟 물질 배출기,

를 구비하는 극 자외광 챔버;

상기 어퍼처를 통해 드라이브 레이저를 지향시키도록 배치된 드라이브 레이저 조정 디바이스;

타겟 물질의 복수의 부분 중 제 1 부분의 반사 표면으로부터 반사되는 제1 드라이브 레이저 펄스의 반사를 검출하도록 상기 드라이브 레이저 시스템의 출력 창을 향해 지향되는 적어도 하나의 검출기를 포함하는 검출 시스템으로서, 상기 타겟 물질의 복수의 부분 중 제 1 부분의 반사 표면은 상기 극 자외광 콜렉터와 대면하고, 반사된 제1 드라이브 레이저 펄스는 상기 극 자외광 콜렉터의 어퍼처를 통해 그리고 드라이브 레이저 포커싱 시스템을 통해 상기 드라이브 레이저 시스템의 출력 창으로 반사되고, 반사된 제1 드라이브 레이저 펄스는 상기 드라이브 레이저 시스템의 출력 창으로부터 상기 적어도 하나의 검출기로 반사되는, 검출 시스템; 및

상기 타겟 물질 배출기, 상기 검출 시스템, 및 상기 드라이브 레이저 조정 디바이스 중 적어도 하나에 결합되는 컨트롤러로서, 상기 컨트롤러는 상기 타겟 물질의 복수의 부분 중 제 1 부분의 위치를 판정하고, 및 포커싱된 드라이브 레이저의 허리의 위치에 대해 상기 타겟 물질의 복수의 부분 중 제 2 부분의 위치를 조정하기 위한 컴퓨터 판독가능 매체 상의 로직을 구비하는, 컨트롤러;

를 포함하고, 상기 타겟 물질 배출부는 조정가능한, 극 자외광 시스템.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 포커싱된 드라이브 레이저의 허리의 위치에 대해 타겟 물질의 복수의 부분 중 적어도 하나의 위치를 조정하기 위한 컴퓨터 판독 가능 매체 상의 로직은:

상기 타겟 물질의 복수의 부분 중 제 1 부분으로부터 반사된 제 1 드라이브 레이저 펄스로부터 상기 타겟 물질의 복수의 부분 중 제 1 부분의 위치를 검출하는 컴퓨터 판독 가능 매체 상의 로직; 및

타겟 물질의 복수의 부분 중 후속하는 하나의 부분을 상기 포커싱된 드라이브 레이저의 허리로 배출하기 위해 타겟 물질 배출기 배출부를 조정하는 컴퓨터 판독 가능 매체 상의 로직;

을 포함하는, 극 자외광 시스템.

청구항 3

제 1 항에 있어서, 상기 포커싱된 드라이브 레이저의 허리의 위치에 대해 타겟 물질의 복수의 부분 중 적어도 하나의 위치를 조정하기 위한 컴퓨터 판독 가능 매체 상의 로직은:

제 1 타겟 물질로부터 반사된 제 1 드라이브 레이저 펄스로부터 타겟 물질의 복수의 부분 중 제 1 부분의 위치를 검출하기 위한 컴퓨터 판독 가능 매체 상의 로직; 및

상기 포커싱된 드라이브 레이저의 허리의 위치를 병진이동시키기 위한 컴퓨터 판독 가능 매체 상의 로직;

을 포함하는, 극 자외광 시스템.

청구항 4

제 1 항에 있어서, 상기 드라이브 레이저는 상기 타겟 물질의 복수의 부분 중 제 1 부분과 상기 드라이브 레이

저 사이에서의 광 경로와 정렬되는, 극 자외광 시스템.

청구항 5

제 4 항에 있어서, 상기 검출 시스템은 광 경로와 정렬하고, 상기 타겟 물질의 복수의 부분 중 제 1 부분으로부터 반사된 드라이브 레이저의 반사가 상기 드라이브 레이저를 향해 상기 광 경로를 따라 반사되는, 극 자외광 시스템.

청구항 6

제 4 항에 있어서, 상기 검출 시스템은 상기 광 경로와 정렬되지 않고 상기 타겟 물질의 복수의 부분 중 제 1 부분으로부터 반사된 상기 드라이브 레이저의 반사는 드라이브 레이저 출력 창을 향해 상기 광 경로를 따라 반사되고, 상기 드라이브 레이저의 반사는 상기 출력 창으로부터 상기 검출 시스템을 향해 더 반사되는, 극 자외광 시스템.

청구항 7

제 1 항에 있어서, 상기 타겟 물질의 복수의 부분 중 제 2 부분을 상기 드라이브 레이저로 조광하는 컴퓨터 관독 가능 매체 상의 로직을 더 포함하는, 극 자외광 시스템.

청구항 8

제1 항에 있어서, 상기 드라이브 레이저 조정 디바이스는 적어도 하나의 반사 표면을 포함하고, 상기 드라이브 레이저 조정 디바이스는 상기 적어도 하나의 반사 표면에 결합되는 적어도 하나의 액추에이터를 더 포함하는, 극 자외광 시스템.

청구항 9

제 1 항에 있어서, 상기 제 1 타겟 물질로부터 반사된 광을 검출하기 위해 지향되는 검출기는 인접 필드 검출기를 포함하는, 극 자외광 시스템.

청구항 10

제 1 항에 있어서, 상기 제 1 타겟 물질로부터 반사된 광을 검출하기 위해 지향되는 검출기는 원거리 필드 검출기를 포함하는, 극 자외광 시스템.

청구항 11

제 1 항에 있어서, 상기 드라이브 레이저 시스템은 마스터 오실레이터 파워 증폭기 구성 레이저를 포함하는, 극 자외광 시스템.

청구항 12

제 1 항에 있어서, 상기 드라이브 레이저 시스템은 멀티 스테이지 증폭기를 포함하는, 극 자외광 시스템.

청구항 13

제 1 항에 있어서, 상기 드라이브 레이저 시스템은 ZnSe 출력 창을 포함하는, 극 자외광 시스템.

청구항 14

제 1 항에 있어서, 상기 드라이브 레이저 시스템은 다이아몬드 출력 창을 포함하는, 극 자외광 시스템.

청구항 15

제 1 항에 있어서, 상기 포커싱된 드라이브 레이저의 허리는 Z축을 따라서 있는 상기 드라이브 레이저의 광 경로에 직교하는 XY 평면에 있는, 극 자외광 시스템.

청구항 16

제 15 항에 있어서, 타겟 물질의 상기 복수의 부분은 타겟 물질 경로를 따라 배출되고, 상기 타겟 물질 경로는

XY 평면에 대해 각도를 형성하는, 극 자외광 시스템.

청구항 17

드라이브 레이저로 타겟 물질의 복수의 부분 중 제 1 부분을 조광하는 단계;

타겟 물질의 복수의 부분 중 제 1 부분의 반사 표면으로부터 반사되는 제1 드라이브 레이저 펄스의 반사를 검출하는 단계로서, 상기 타겟 물질의 복수의 부분 중 제 1 부분의 반사 표면은 극 자외광 콜렉터와 대면하고, 반사된 제1 드라이브 레이저 펄스는 상기 극 자외광 콜렉터의 어퍼처를 통해 그리고 드라이브 레이저 포커싱 시스템을 통해 드라이브 레이저 시스템의 출력 창으로 반사되고, 반사된 제1 드라이브 레이저 펄스는 상기 드라이브 레이저 시스템의 출력 창으로부터 적어도 하나의 검출기로 반사되는, 검출 단계;

상기 타겟 물질의 상기 제 1 부분의 위치를 판정하는 단계;

포커싱된 드라이브 레이저의 허리에 대해 상기 타겟 물질의 복수의 부분 중 제 2 부분의 위치를 조정하는 단계; 및

상기 드라이브 레이저로 상기 타겟 물질의 복수의 부분 중 제 2 부분을 조광하는 단계;

를 포함하는, 극 자외광 생성 방법

청구항 18

제 17 항에 있어서, 상기 타겟 물질의 제 1 부분으로부터 반사되는 제 1 드라이브 레이저 펄스를 검출하는 단계는 상기 타겟 물질의 제 1 부분의 인접 필드 프로파일을 판정하는 단계를 포함하는, 극 자외광 생성 방법.

청구항 19

제 17 항에 있어서, 상기 타겟 물질의 제 1 부분으로부터 반사되는 제 1 드라이브 레이저 펄스를 검출하는 단계는 상기 타겟 물질의 제 1 부분의 원거리 필드 프로파일을 판정하는 단계를 포함하는, 극 자외광 생성 방법.

청구항 20

제 17 항에 있어서, 포커싱된 드라이브 레이저의 허리에 대해 상기 타겟 물질의 복수의 부분 중 제 2 부분의 위치를 조정하는 단계는 상기 드라이브 레이저의 적어도 하나의 반사 표면의 위치를 조정하는 단계를 구비하는 상기 포커싱된 드라이브 레이저의 허리를 병진이동시키는 단계를 포함하는, 극 자외광 생성 방법.

청구항 21

삭제

청구항 22

삭제

청구항 23

삭제

청구항 24

삭제

청구항 25

삭제

청구항 26

삭제

발명의 설명

기술분야

[0001] 본 발명은 일반적으로 레이저 산출 플라즈마 극 자외선 시스템, 방법, 및 장치에 관한 것이고, 특히 레이저 산출 플라즈마 극 자외선 시스템에서의 액적 관리를 위한 시스템, 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 레이저 산출 플라즈마(LLP) 극 자외선(EUV) 시스템은 드라이브 레이저로 플라즈마 소스 물질(타겟 물질)을 조광함으로써 플라즈마를 산출한다. 결과인 플라즈마는, 원하는 파장의, 광, 본 예시에서, EUV(예를 들면, 약 50nm 미만의 파장)를 방출한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0003] 최적 파워 출력을 산출하기 위해, 드라이브 레이저는 이상적으로 타겟 물질을 조광한다. 드라이브 레이저는 부분적으로 또는 완전히 타겟 물질을 빗나갈 수 있다.

[0004] 상술한 관점에서, 드라이브 레이저를 타겟 물질을 최적으로 정렬하고 및/또는 타겟 물질을 드라이브 레이저로 정렬하기 위해 피드백을 제공할 필요가 있다.

과제의 해결 수단

[0005] 폭넓게 말하면, 본 발명은 최대 양의 방출된 EUV 광 및 수집한 방출된 EUV 광을 산출하기 위해 최적 위치에서 플라즈마 타겟 물질을 조광하기 위한 개선된 시스템 및 방법을 제공함으로써 이러한 요구를 만족시킨다. 본 발명은, 프로세스, 장치, 시스템, 컴퓨터 판독가능 매체, 또는 디바이스와 같은 것을 포함하는 다양한 방식으로 구현될 수 있다는 것이 이해되어야 한다. 본 발명의 다수의 발명의 실시예가 하기에 기술된다.

[0006] 하나의 실시예는 극 자외광 시스템을 제공한다. 시스템은 드라이브 레이저 시스템, 극 자외광 콜렉터 및 타겟 물질 경로를 따라서 타겟 물질의 다중 부분을 배출할 수 있는 타겟 물질 배출부를 포함하는 타겟 물질 배출기를 포함하는 극 자외광 챔버를 포함하고, 여기서 타겟 물질 배출부는 조정가능하다. 극 자외광 시스템은 드라이브 레이저 조정 디바이스 및 검출 시스템을 더 포함한다. 검출 시스템은 타겟 물질로부터 반사된 드라이브 레이저의 반사를 검출하기 위해 지향되는 적어도 하나의 검출기를 포함한다. 시스템은 타겟 물질 배출기, 검출기 시스템 및 드라이브 레이저 조정 디바이스에 결합된 컨트롤러를 더 포함한다. 컨트롤러는 제 1 타겟 물질로부터 반사된 제 1 광으로부터 제 1 타겟 물질의 위치를 검출하고 포커싱된 드라이브 레이저의 허리로 후속한 타겟 물질을 배출하도록 타겟 물질 배출기 배출부를 조정한다. 컨트롤러는 또한 타겟 물질로 드라이브 레이저의 허리를 병진이동시키도록 드라이브 레이저 조정 디바이스를 조정할 수 있다.

[0007] 드라이브 레이저는 드라이브 레이저와 타겟 물질의 부분들 중 제 1 부분 사이의 광 경로와 정렬될 수 있다. 검출 시스템은 실질적으로 광 경로와 정렬될 수 있고, 타겟 물질로부터 반사된 드라이브 레이저의 반사가 광 경로를 따라 드라이브 레이저로 반사될 수 있다.

[0008] 드라이브 레이저 시스템은 또한 출력 창을 포함하고, 검출 시스템은 광 경로와 정렬하지 않고 드라이브 레이저의 반사는 타겟 물질로부터 반사되어 광 경로를 따라서 드라이브 레이저 출력 창을 향해 반사될 수 있고, 드라이브 레이저의 반사는 출력 창으로부터 검출 시스템을 향해 더 반사될 수 있다.

[0009] 드라이브 레이저 조정 디바이스는 적어도 하나의 반사 표면을 포함할 수 있다. 액추에이터는 적어도 하나의 반사 표면으로 결합되어 액추에이터가 적어도 하나의 반사 표면의 위치를 조정할 수 있도록 한다. 타겟 물질로부터 반사된 광을 검출하기 위해 지향되는 검출기는 인접 필드 검출기 및/또는 원거리 필드 검출기를 포함할 수 있다.

[0010] 드라이브 레이저 시스템은 CO₂레이저를 포함할 수 있다. 드라이브 레이저 시스템은 마스터 오실레이터 파워 증폭기 구성 레이저를 포함할 수 있다. 드라이브 레이저 시스템은 멀티 스테이지 증폭기를 포함할 수 있다. 드라이브 레이저 시스템의 출력 창은 ZnSe 창 또는 다이아몬드 창을 포함한다.

[0011] 포커싱된 드라이브 레이저의 허리는 EUV 챔버에서의 Z축을 따라서 드라이브 레이저의 광 축에 대해 수직인 XY 평면에 있다. 타겟 물질의 다중 부분은 타겟 물질 경로를 따라 배출될 수 있고, 타겟 물질 경로는 XY 평면에

대한 각도를 형성한다.

[0012] 또다른 실시예는 극 자외광을 생성하는 방법을 제공한다. 방법은 드라이브 레이저로 타겟 물질의 다중 부분 중 제 1 부분을 조광하는 단계, 상기 타겟 물질의 제 1 부분으로부터 반사된 제 1 광 펄스를 검출하는 단계, 타겟 물질의 제 1 부분의 위치를 판정하는 단계, 포커싱된 드라이브 레이저의 허리에 대해 타겟 물질의 다중 부분 중 제 2 부분의 위치를 조정하는 단계, 드라이브 레이저로 타겟 물질의 제 2 부분을 조광하는 단계를 포함한다. 포커싱된 드라이브 레이저의 허리는 타겟 물질에 정렬될 수 있다.

[0013] 타겟 물질의 제 1 부분으로부터 반사된 제 1 광 펄스를 검출하는 단계는 드라이브 레이저의 출력 창으로부터 반사된 제 1 광 펄스를 검출하는 단계를 포함할 수 있다. 상기 타겟 물질의 제 1 부분으로부터 반사된 제 1 광 펄스를 검출하는 단계는 타겟 물질의 인접 필드 프로파일 및/또는 원거리 필드 프로파일 중 적어도 하나를 판정하는 단계를 포함할 수 있다. 포커싱된 드라이브 레이저의 허리를 조정하는 단계는 드라이브 레이저의 적어도 하나의 반사 표면의 위치를 조정하는 단계를 포함할 수 있다.

[0014] 또한, 또다른 실시예는 극 자외광 출력을 최적화하는 방법을 제공한다. 방법은 제 1 세트의 EUV 출력 펄스의 각각의 하나에 대해 포함하는 선택된 시간 간격동안 제 1 세트의 EUV 출력 펄스의 각각의 하나의 크기를 판정하는 단계로서: 포커싱된 드라이브 레이저의 허리에 타겟 물질의 제 1 세트의 부분 중 대응하는 부분을 배치하는 단계, 포커싱된 레이저 펄스를 타겟 물질의 대응하는 부분에 지향하는 단계, 대응하는 EUV 출력 펄스의 크기를 측정하는 단계 및 측정된 대응하는 EUV 출력 펄스 양을 기록하는 단계를 구비하는 단계를 포함한다. 제 1 세트의 EUV 출력 펄스 중 각각의 하나는 분석되고 타겟 물질 위치는 가장 큰 피크 EUV 크기가 제 1 복수의 EUV 출력 펄스의 제 1 발생 부분에서 발생할 때 포커싱된 레이저의 허리에 대해 +Z 방향으로 조정되고 타겟 물질 위치는 가장 큰 피크 EUV 크기가 제 1 복수의 EUV 출력 펄스의 마지막 발생 부분에서 발생할 때 상기 포커싱된 레이저의 허리에 대해 -Z 방향으로 조정된다. 선택된 시간 간격 동안 제 1 세트의 EUV 출력 펄스에 대해 적분이 연산된다. 드라이브 레이저 및/또는 타겟 물질의 타이밍은 Y 축이 Z축에 수직인 타겟 물질 경로의 컴포넌트와 대응하는 Y축에서의 포커싱된 드라이브 레이저의 허리와 타겟 물질을 정렬하도록 조정될 수 있다. 드라이브 레이저 및/또는 타겟 물질을 조정하는 단계는 X축에서 타겟 물질에 드라이브 레이저를 정렬하도록 드라이브 레이저 및/또는 타겟 물질을 조정하는 단계를 포함할 수 있고, 여기서 X축은 드라이브 레이저와 타겟 물질의 경로 모두에 대해 수직이다.

[0015] 본 발명의 다른 측면들과 이점은 본 발명의 원리를 예시의 방식으로 설명하면서, 첨부도면과 함께 취해진 하기의 상세한 설명으로부터 명확하게 될 것이다.

발명의 효과

[0016] 본 발명에 따르면, 드라이브 레이저를 타겟 물질을 최적으로 정렬하고 및/또는 타겟 물질을 드라이브 레이저로 정렬 하기위한 피드백을 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0017] 본 발명은 첨부도면과 함께 하기의 상세한 설명에 의해 용이하게 이해될 것이다.

도 1은 본 발명의 실시예에 따른, 레이저 산출 플라스마 EUV 광원의 개략도이다.

도 2a는 본 발명의 실시예에 따라 본 문에 기술된 실시예의 일부 또는 모두에서 사용될 수 있는 간략화된 타겟 물질 배출기의 컴포넌트의 개략도이다.

도 2b는 본 발명의 실시예에 따른 EUV 챔버에서의 컴포넌트 중 일부의 보다 상세한 개략도이다.

도 3a는 본 발명의 실시예에 따른, EUV 생성시 수행되는 방법 동작을 예시한 플로우 차트이다.

도 3b-e는 본 발명의 실시예에 따른, 타겟 물질의 일부를 조광의 간략화된 개략도이다.

도 4a는 및 4b는 본 발명의 실시예에 따른, 광원의 보다 상세한 개략도이다.

도 4c.1-4c.2는 본 발명의 실시예에 따른, 예비 액적(들)로부터 반사된 반사광의 이미지이다.

도 4d는 본 발명의 실시예에 따른, 타겟 물질의 간략화된 개략도이다.

도 5a는 본 발명의 실시예에 따른 EUV 생성시 수행된 방법 동작을 예시하는 플로우 차트이다.

도 5b는 본 발명의 실시예에 따른 타겟 물질에 대한 허리의 위치 조정시 수행된 방법 동작을 예시하는 플로우 차트이다.

도 6a, 7a, 및 8a는 본 발명의 실시예에 따른 조광 영역의 간략화된 상세한 도면이다.

도 6b, 7b, 및 8b는 본 발명의 실시예에 따른, 각각 도 6a, 7a, 및 8a에 대응하는 다중 포커싱된 광 펄스의 그래픽 표시이다.

도 6c, 7c, 및 8c는 본 발명의 실시예에 따른, 각각 도 6b, 7b, 및 8b에 다중 포커싱된 광 펄스에 대응하는 결과인 다중 EUV 펄스의 그래픽 표시이다.

도 6d, 7d, 및 8d는 본 발명의 실시예에 따른, 각각 도 6c, 7c, 및 8c에 대응하는 다중 결과 EUV 펄스의 대응하는 적분의 그래픽 표시이다.

도 9는 본 발명의 실시예에 따라 EUV 출력을 최적화하기 위해 타겟 물질에 대해 허리의 위치 조정시 수행된 방법 동작을 예시하는 플로우 차트이다.

도 10은 본 발명의 실시예에 따라 EUV 챔버를 포함하는 집적 시스템의 블록도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0018] 최대 크기의 방출 EUV 광 및 방출 EUV 광의 수집을 산출하기 위해 최적 위치에 플라즈마 타겟 물질을 조광하는 개선된 시스템 및 방법을 위한 다수의 예시적인 실시예가 기술된다. 당업자에게 본 발명이 본문에 설명된 특정한 상세의 일부 또는 모두가 없이도 실시될 수 있다는 것이 명료하다.

[0019] 플라즈마 타겟 물질의 최적 위치는 최대 EUV 광 출력을 제공한다. 플라즈마 타겟 물질의 최적 위치는 다수의 측면을 포함한다. 드라이브 레이저는 포커싱된 드라이브 레이저의 허리에서 타겟 물질을 조광함으로써 최대 에너지를 타겟 물질로 부여한다. 타겟 물질은 레이저의 경로에 직교하는 평면에서 포커싱된 레이저의 허리의 하나의 에지에 대해 미세하게 오프셋될 수 있고, 여기서 EUV 챔버로 그리고 그를 통한 드라이브 레이저의 경로는 Z축이고 Z축에 대해 직교하는 평면이 X-Y평면으로 지정된다. 오프셋에 대해 보정하기 위해, 타겟 물질은 포커싱된 드라이브 레이저의 허리를 향해 다시 지향될 수 있고 및/또는 드라이브 레이저는 타겟 물질 경로로 허리를 병진이동하도록 조정될 수 있다.

[0020] 하나의 LPP 기술은 플라즈마 타겟 물질의 스트림을 생성하는 단계 및 메인 조광 레이저 펄스에 의해 후속되는 레이저 펄스를 배치하면서 타겟 물질의 일부를 조광하는 단계를 포함한다. 보다 이론적인 측면에서, LPP 광원은 적어도 하나의 EUV 방출 엘리먼트(예를 들면, 크세논(Xe), 주석(Sn), 또는 리튬(Li))를 구비한 타겟 물질로 광 또는 레이저 에너지를 가하고, 수십 eV의 전자 온도(electron temperature)를 가진 고 이온화된 플라즈마를 생성함으로써 EUV 방사선을 생성한다. 이러한 이온들의 하방천이(de-excitation) 및 재조합동안 생성된 에너지 방사선이 모든 방향으로 플라즈마로부터 방출된다. 타겟 물질은 액체 액적, 또는 솔리드 펄릿, 또는 액체 또는 솔리드 타겟 물질에서 코팅되고 그를 전달하는 와이어, 또는 타겟 물질의 테이프 또는 스트림 또는 포커싱된 드라이브 레이저의 허리로 선택된 타겟 물질을 전달하는 기타 시스템 또는 방법의 형태가 될 수 있다. 플라즈마 타겟 물질 액적의 스트림은 예시적인 실시예로서만 본문에서 사용된다. 플라즈마 타겟 물질의 기타 형태는 본문에 기술된 바와 같은 유사한 방식으로 사용될 수 있다.

[0021] 현재 중간 포커스에서의 약 100W를 산출하는 목적을 가지고 개발중인 예시적인 배치에서, 펄싱되고 포커싱된 10-12kW CO₂ 드라이브 레이저(또는 엑시머 레이저와 같은 적절한 기타 레이저)가 초당 약 10,000-200,000 타겟 물질 액적을 순차적으로 조광하기 위해 타겟 물질 액적 생성기로 동기화된다. 이러한 배치는 상대적으로 높은 반복률(예를 들면 10-200kHz 이상)로 안정된 액적 스트림을 산출하고 액적을 상대적으로 긴 시간동안 타이밍과 위치의 측면에서 높은 정확도와 양호한 반복성을 가지고 콜렉터 미러의 제 1 초점에서 또는 그에 인접한 조광 위치로 액적을 전달한다.

[0022] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른, 레이저 산출 플라즈마 EUV 광원(20)의 개략도이다. LPP 광원(20)은 광 펄스의 트레인을 생성하고 광 펄스를 EUV 챔버(26)로 전달하기 위한 광 펄스 생성 시스템(22)을 포함한다. 각각의 광 펄스(23)는 광 펄스 생성 시스템(22)으로부터 빔 전달 시스템(25) 내부의 경로를 따라 이동한다. 광 펄스(23)는 조광 영역(28)에서 선택된 타겟 액적을 조명 및/조광하기 위해 EUV 챔버(26)로 포커싱된다.

[0023] 도 1에 도시된 광 펄스 생성 시스템(22)에서 사용하는 적절한 레이저는 예를 들면 DC 또는 RF 여기로 약 9.3 μ m 또는 약 10.6 μ m에서의 방사선을 산출하고, 약 10kW 이상의 상대적으로 고 파워와 약 10kHz 이상의 고 펄스 반복

물에서 동작하는 예를 들면 펄싱된 가스 방전 CO₂레이저 디바이스와 같은 펄싱된 레이저 디바이스를 포함한다. 하나의 특정한 실시예에서, 광 펄스 생성 시스템(22)에서의 레이저는 다중 스테이지 증폭을 가진 MOPA 구성을 구비하고 저 에너지 및 예를 들면 100kHz 동작을 할 수 있는 고 반복률을 가진 Q-스위칭 마스터 오실레이터(MO)에 의해 시작되는 시드 펄스를 구비한 축방향-흐름 RF-펌핑된 CO₂ 레이저가 될 수 있다. MO로부터, 레이저 펄스는 증폭되고, 형성되고, 조광 영역(28)에 도달하기 전에 포커싱된다.

[0024] 연속하여 펌핑된 CO₂ 증폭기가 광 펄스 생성 시스템(22)에 사용될 수 있다. 예를 들면, 오실레이터와 다수 증폭기(O-PA1-PA2... 구성)를 가진 적절한 CO₂ 레이저 디바이스가 본문에 그 전체가 참조에 의해 통합된 공동소유인 "LPP EUV 광원 드라이브 레이저 시스템"이라는 이름으로 2008년 10월 21일 발급된 미국특허 제 7,439,530에 개시된다.

[0025] 대안으로, 광펄스 생성 시스템(22)에서 레이저는 레이저 허리에서의 타겟 물질의 표면이 광 캐비티 중 하나의 미러로서 기능하는 소위 "셀프-타겟팅" 레이저 시스템으로서 구성될 수 있다. 일부 "셀프-타겟팅" 배치에서, 마스터 오실레이터는 필요하지 않을 수 있다. 셀프 타겟팅 레이저 시스템은 본문에 그 전체가 참조에 의해 통합된 공동소유인 "EUV 광원용 드라이브 레이저 전달 시스템"이라는 이름으로 2009년 2월 17일 발급된 미국특허 제 7,491,954에 개시 및 요구된다.

[0026] 애플리케이션에 따라, 다른 유형의 레이저가 또한 고 파워 및 고 펄스 반복률에서 동작하는 엑시머 또는 분자 플루오르 레이저와 같은, 광 펄스 생성 시스템(22)에서 사용하기에 적합할 수 있다. 다른 예시는, 예를 들면, 파이버, 로드 또는 디스크 형상의 액티브 미디어를 구비한, 솔리드 스테이트 레이저, 예를 들면 그 전체가 참조에 의해 본문에 통합된 미국특허 제 6,625,191 및 6,549,551, 및 6,567,450에 도시된 바와 같은, MOPA 구성 엑시머 레이저 시스템, 예를 들면 오실레이터 챔버 및 하나 이상의 증폭 챔버(병렬 또는 직렬로 된 증폭 챔버를 가진)와 같은 하나 이상의 챔버를 가진 엑시머 레이저, 마스터 오실레이터/파워 오실레이터(MOPO) 배치, 마스터 오실레이터/파워 링 증폭기(MOPRA) 배치, 마스터 오실레이터/파워 증폭기(POPA) 배치를 포함하고, 또는 하나 이상의 엑시머 또는 분자 플루오르 증폭기 또는 오실레이터 챔버를 시딩하는 솔리드 스테이트 레이저가 적합할 수 있다. 다른 설계들도 가능하다.

[0027] 도 1을 다시 참조하면, EUV 광원(20)은 또한 예를 들면 액적(102A, 102B)이 최종적으로 플라즈마를 산출하고 EUV 방출(34)을 생성하기 위해 예를 들면 하나 이상의 프리-펄스 및 그에 따른 하나 이상의 조광 펄스와 같은 하나 이상의 광 펄스(23)와 상호작용하는 조광 영역(28)에 대한 EUV 챔버(26) 내부로 타겟 물질의 일부(예를 들면, 액적)를 전달하는, 타겟 물질 전달 시스템(24)을 포함한다. 타겟 물질은 주석, 리튬, 크세논 등 또는 그의 조합을 포함하는 물질을 포함하지만 그에 한정되는 것은 아니다. 예를 들면, 주석, 리튬, 크세논 등과 같은 EUV 방출 원소는 액체 액적 및/또는 액체 액적(102A, 102B) 내에 함유된 고체 입자의 형태 또는 본문에 기술된 바와 같은 기타 형태일 수 있다.

[0028] 예를 들면, 주석 원소는 순수한 주석, 예를 들면 SnBr₄, SnBr₂, SnH₄와 같은 주석 화합물, 예를 들면 주석-갈륨 합금, 주석-인듐 합금, 주석-인듐-갈륨 합금과 같은 주석 합금 또는 그의 조합으로서 사용될 수 있다. 사용되는 물질에 따라, 타겟 물질이 실온 또는 실온에 가까운 온도(예를 들면 주석 합금, SnBr₄), 고온(elevated temperature)(예를 들면, 순수 주석), 또는 실온 이하의 온도(예를 들면, SnH₄)를 포함하는 다양한 온도에서 조광 영역(28)으로 제공되고, 일부 경우에, 예를 들면, SnBr₄의 경우 상대적으로 휘발성이 될 수 있다. LPP EUV 광원에서의 이들 물질의 사용에 관한 보다 상세사항은 본문에 그 전체가 참조에 의해 통합된 공동소유인 "EUV 광원용 대체 연료"라는 이름으로 2008년 12월 18일 발급된 미국특허 제 7,465,946에서 제공된다.

[0029] 도 1을 더 참조하면, EUV 광원(20)은 콜렉터 미러(30)를 포함한다. 콜렉터 미러(30)는 장축 타원체(즉, 자신의 주축에 관해 회전된 타원)의 형태인 반사 표면을 가진 거의-수직 입사 콜렉터 미러이다. 실제 형상과 지오메트리는 물론 챔버의 크기와 초점 위치에 따라 변할 수 있다. 콜렉터 미러(30)는 하나 이상의 실시예에서 그레이딩된 다층 코팅을 포함할 수 있다. 그레이딩된 다층 코팅은 몰리브덴 및 실리콘이 교차하는 층, 그리고 일부의 경우 하나 이상의 고온 확산 배리어층, 평활(smoothing) 층, 캡핑층 및/또는 예칭 조리개층을 포함할 수 있다.

[0030] 콜렉터 미러(30)는 또한 어퍼처(32)를 포함한다. 어퍼처(32)는 광 펄스 생성 시스템(22)에 의해 생성된 광 펄스(23)가 조광 영역(28)을 통과할 수 있도록 한다. 콜렉터 미러(30)는 조광 영역(28) 내에 또는 그에 인접하여 제 1 초점을 그리고 중간 초점(40)을 가지는 장축 타원체 미러가 될 수 있다. EUV 광(34)은 EUV 광원(20)으로부터 중간 초점에서 또는 그에 인접하여 출력되어 EUV 광(34)을 활용하는 디바이스(42)로 입력된다. 예시에 의

해, EUV 광(34)을 수신하는 디바이스(42)는 집적 회로 리소그래피 툴(예를 들면, 스캐너)이 될 수 있다.

- [0031] 다른 광학기기는 EUV 광을 활용하는 디바이스로의 후속 전달을 위해 EUV 광(34)을 중간 초점(40)으로 집속 및 지향시키는 장축 타원체 미러(30)의 위치에서 사용될 수 있다. 예시에 의해, 콜렉터 미러(30)는 자신의 주축에 대해 회전된 포물선형이 될 수 있다. 대안으로, 콜렉터 미러(30)는 링 형상 단면을 가진 빔을 중간 초점(40)의 위치로 전달하도록 구성될 수 있다(본문에 그 전체가 참조에 의해 통합된 공동계류중인 "EUV 광학기기"라는 이름으로 2006년 8월 16일 출원된 미국특허출원 제 11/505,177, Attorney Docket 제2006-0027-01).
- [0032] EUV 광원(20)은 또한 EUV 컨트롤러(60)를 포함할 수 있다. EUV 컨트롤러(60)는 광 펄스 생성 시스템(22)에서 하나 이상의 램프 및/또는 레이저 디바이스를 트리거하여 그에 의해 챔버(26)로 전달하기 위한 광 펄스(23)를 생성하기 위한 점화 제어 시스템(65)을 포함할 수 있다.
- [0033] EUV 광원(20)은 또한 하나 이상의 타겟 물질 이미지(70)를 포함하는 타겟 물질 위치 검출 시스템을 포함할 수 있다. 타겟 물질 이미지(70)는 CCD 또는 기타 이미징 기술 및/또는 조광 영역(28)에 대해 하나 이상의 타겟 물질 액적(102A, 102B)의 위치 및/또는 타이밍을 지시하는 출력을 제공하는 백라이트 스트로보스코픽 조명 및/또는 광 커튼을 이용하여 이미지를 캡처할 수 있다. 이미지(70)는 타겟 물질 위치 검출 피드백 시스템(62)에 결합되어 타겟 물질 위치 및 타이밍 데이터를 타겟 물질 위치 검출 피드백 시스템(62)에 출력한다. 타겟 물질 위치 검출 피드백 시스템(62)은 타겟 물질 위치 및 궤적을 연산할 수 있고, 이로부터 타겟 물질 위치 에러가 연산될 수 있다. 타겟 물질 위치 에러는 타겟 물질의 각 부분에 대해 또는 평균 베이스(예를 들면, 액적 베이스에 의한 액적 또는 평균 액적 데이터에 대해)에 대해 연산될 수 있다. 타겟 물질 위치 에러는 그런다음 EUV 컨트롤러(60)로의 입력으로서 제공된다. EUV 컨트롤러(60)는 소스 타이밍 회로를 제어하기 위해 및/또는 챔버(26)에서의 조광 영역(28)으로 전달되는 광 펄스(23)의 궤적 및/또는 포컬 파워 또는 초점을 변화시키기 위한 빔 위치 및 형성 시스템을 제어하기 위해 광 펄스 생성 시스템(22)으로 위치, 방향, 및/또는 타이밍 보정 신호를 제공할 수 있다.
- [0034] EUV 광원(20)은 또한 광원(20)에 의해 생성된 EUV 광의 다양한 속성을 측정하기 위해 하나 이상의 EUV 측정 기기를 포함할 수 있다. 이들 속성은 예를 들면 강도(예를 들면, 총 강도 또는 특정 스펙트럼 대역 내에서의 강도), 스펙트럼 대역폭, 편광, 빔 위치, 포인팅 등을 포함한다. EUV 광원(20)에 대해, 기기(들)는 예를 들면 포토리소그래피 스캐너와 같은 다운 스트림 툴이 예를 들면 픽오프 미러를 이용하여 EUV 출력의 일부를 샘플링하거나 또는 "보정되지 않은" EUV 광을 샘플링 함으로써 온라인이 되어있는 동안 동작하도록 구성될 수 있고 및/또는 포토리소그래피 스캐너와 같은 다운 스트림 툴이 예를 들면 EUV 광원(20)의 전체 EUV 출력을 측정함으로써 오프라인이 되는 동안 동작할 수 있다.
- [0035] EUV 광원(20)은 또한, EUV 컨트롤러(60)로부터의 신호(일부 실시예에서 상술한 타겟 물질 위치 오차, 또는 그로부터 도출된 일부 수량을 포함하는)에 응답하여 동작할 수 있는, 타겟 물질 배출기(92)로부터의 타겟 물질의 배출 포인트를 변형시키고 및/또는 타겟 물질 형성 타이밍을 변조시키고, 원하는 조광 영역(28)에 도달한 타겟 물질 액적(102A, 102B)에서의 위치 오차를 보정하고 및/또는 광 펄스 생성 시스템(22)으로 타겟 물질 액적(102A, 102B) 생성을 동기화하기 위한 타겟 물질 제어 시스템(90)을 포함할 수 있다.
- [0036] 도 2a는 본 발명의 실시예에 따라 본문에 기술된 실시예들 중 일부 또는 모두에서 사용되는 간략화된 타겟 물질 배출기(92)의 컴포넌트의 개략도이다. 타겟 물질 배출기(92)는 유체 형태의 타겟 물질(96)을 담고있는 도관 또는 저장통(reservoir)(94)을 포함한다. 유체 타겟 물질(96)은 압력(P)하에서의 용융 금속(예를 들면 용융 주석)과 같은 액체가 될 수 있다. 저장통(94)은 가압된 유체 타겟 물질(96)이 연속한 스트림(100)을 구축하는 오리피스(98)를 통해 흐르도록 허용하는 오리피스(98)를 포함한다. 연속한 스트림(100)은 그 결과로서 액적(102A, 102B) 스트림으로 분리된다. 타겟 물질 배출기(92)는 유체 타겟 물질(96) 및/또는 오리피스(98) 및 전기-작동 엘리먼트(104)를 가동시키는 신호 생성기(106)와 결합되는, 동작가능한 전기-작동 엘리먼트(104)를 구비한 유체에서 요란을 일으키는 서브 시스템을 더 포함한다.
- [0037] 다양한 타겟 물질 배출기(92) 구성 및 그의 상대적 이점에 관한 보다 상세사항은 (본문에 그 전체가 참조에 의해 통합된 공동계류중인, "레이저 산출 플라스마 EUV 광원에서의 타겟 물질 전달용 시스템 및 방법"이라는 이름으로 2008년 6월 19일 출원된 미국특허출원 제 12/214,736, Attorney Docket 제2006-0067-02; "변조된 요란파를 이용하여 산출된 액적 스트림을 구비한 레이저 산출 플라스마 EUV 광원"이라는 이름으로 2007년 7월 13일 출원된 미국특허출원 제 11/827,803, Attorney Docket 제2007-0030-01; "프리-펄스를 가진 레이저 산출 플라스마 EUV 광원"이라는 이름으로 2006년 2월 21일 출원된 미국특허출원 제 11/358,988, Attorney Docket 제2005-0085-01; 공동소유인 "EUV 플라스마 소스 타겟 전달용 방법 및 장치"라는 이름으로 2008년 7월 29일 발급된 미

국특허 제 7,405,416; 공동소유인 "LPP EUV 플라즈마 소스 물질 타겟 전달 시스템"이라는 이름으로 2008년 5월 13일 발급된 미국특허 제 7,372,056에서 볼 수 있다.

- [0038] 액적(102A, 102B)은 약 20 μ m 내지 100 μ m 사이의 직경이다. 액적(102A, 102B)은 오리피스(98)를 통해 타겟 물질(96)을 가압함으로써 산출된다. 예시에 의해, 오리피스(98)는 하나의 실시예에서 약 50 μ m 미만의 직경을 가질 수 있다. 액적(102A, 102B)은 약 20-70m/s의 속도로 발사된다. 액적(102A, 102B)의 고속에 의해, 액적은 거의 직선 타겟 물질(209)로 유지되고, 액적 스트림이 수평, 수직 또는 기타 방위로 산출될지라도, 콜렉터 미러(30) 상에 충돌하지 않는다.
- [0039] 연속 모드에서 타겟 물질 배출기(92)에 의해 산출된 액적(102A, 102B) 모두가 플라즈마 생성에 사용되는 것은 아니다. EUV 소스가 100% 미만의 듀티 사이클로 작동한다면, 액적(102C)의 일부가 조광 영역(28)을 통과하여 집속될 수 있다. 사용되지 않은 액적(102C)이 EUV 소스 챔버의 대향하는 벽에 충격을 가하도록 허용되면, 그것들은 넓은 공간 분포로 빠르게 이동하는 다량의 파편을 산출한다. 이들 파편(231) 중 대부분은 EUV 콜렉터 미러(30), 진단 포트 및 디바이스(70) 상에 증착되어 그것들의 성능에 영향을 준다.
- [0040] 찌꺼기의 또다른 소스는 조광 영역(28)이다. 강한 광 펄스로 조광될 때, 액적(102A, 102B)이 급속한 비대칭적 물질 팽창 및 EUV 광 방출(230)을 가져오는 한 측면 상에서 가열된다. 상술한 바와 같이, EUV 광 방출(230)은 콜렉터 미러(30)에서 집속된다. 팽창 결과로서, 다량의 액적 물질은 그것들이 타겟 물질 배출기(92)로부터 출력될 때 액적(102A, 102B)의 속도에 비견할수 있는 속도로 광 펄스(23)로부터 이격되는 방향으로 가속된다. 이러한 물질은 그것이 다양한 방향으로 반사 또는 백스플래시될 수 있는 포인트에서, 일부 표면에 부딪힐 때까지 조광 영역(28)으로부터 이격하여 이동한다. 백스플래시된 타겟 물질(231)은 콜렉터 미러(30) 상에 증착될 수 있다.
- [0041] 도 2b는 본 발명의 실시예에 따른 EUV 챔버(26)에서의 일부 컴포넌트의 보다 상세한 개략도이다. 상술한 바와 같이, 타겟 물질 배출기(92)는 액적(102A, 102B)의 스트림을 배출하지만, 모든 액적이 EUV(34)를 생성하도록 조광(즉, 사용)되는 것은 아니다. 예시에 의해, 사용되지 않은 액적(102C)은 인입 광 펄스(23)에 의해 조광되지 않는다.
- [0042] 도 3a는 본 발명의 실시예에 따른 EUV(34) 생성시 수행되는 방법 동작(300)을 예시하는 플로우 차트이다. 본문에 예시된 동작은 예를 들면 그것은 일부 동작이 서브 동작을 가지고, 다른 예시에서, 본 문에 기술된 특정 동작은 예시된 동작에 포함되지 않는다는 것이 이해되어야 한다. 이를 염두에 두고, 방법 및 동작(300)이 설명된다.
- [0043] 동작(302)에서, 액적(102A, 102B)의 스트림 중 선택되지 않은 액적(102C)은 조광 영역(28)으로 전달된다. 동작(304)에서, 광 펄스(23)는 선택된 액적(102B)이 조광 영역에 도달하는 것과 거의 동시에 EUV 챔버(26)에서의 조광 영역(28)으로 지향된다. EUV 광(34)은 동작(306)에서 조광된 액적(102B)으로부터 생성된다.
- [0044] 광 펄스(23)를 조광 영역(28)으로 지향하는 것은 광 펄스의 초점을 선택된 액적(102B)과 광 펄스(23)가 만나는 최적 위치로 조정하는 것을 포함한다. 광 펄스(23)의 포커싱을 최적화하는 것은 광 펄스(23)로부터의 최대 에너지를 선택된 액적으로 부여한다. 광 펄스와 선택된 액적(102B)의 교차를 최적화하기 위해 광 펄스(23)를 조정하는 것이 하기에 보다 상세히 기술된다.
- [0045] 동작(308)에서, 조광 영역(28)으로부터의 EUV는 콜렉터 미러(30)에 의해 집속된다. 콜렉터 미러(30)는 동작(310)에서 EUV(30)를 중간 위치(40)로 포커싱하고, EUV(34)는 EUV 챔버로부터 출력된다.
- [0046] **타겟 물질을 X-Y 평면에서 드라이브 레이저와 정렬**
- [0047] 액적 자체와 드라이브 레이저에 대한 선택된 액적(102B)의 조광의 정확한 위치는 그것이 드라이브 레이저(23)로부터 액적(102B)으로 부여된 에너지 양을 판정하고 콜렉터 미러가 집속된 EUV를 중간 초점(40)으로 집속 및 포커싱하는 것으로부터 생성된 EUV의 크기를 판정하기 때문에 중요하다. EUV(34)를 소비하는 EUV 챔버(26)의 다운 스트림 디바이스(42)(예를 들면 스캐너)가 중간 포인트(40)의 위치를 판정한다. 중간 포인트(40)는 예를 들면 다운 스트림 디바이스(42) 내의 워크피스를 제조, 설비, 및 변화 또는 이동을 포함하는 다수의 이유에 대해 미세하게 변할 수 있다.
- [0048] 선택된 타겟 물질 액적(102B)에 대한 허리(320)의 정확한 위치는 EUV 광(34)의 생성 및 집속을 최적화하기 위해

대응하여 조정 또는 조절된다.

[0049] 도 3b-e는 본 발명의 실시예에 따른 타겟 물질의 일부의 조광의 간략화된 개략도이다. 포커싱된 드라이브 레이저(23)는 드라이브 레이저가 가장 집중되는 허리(320)로 불리우는 협소한 단면 빔으로 포커싱된다. 선택된 액적(102a)의 최적 조광이 포커싱된 드라이브 레이저가 허리에 가장 집중될 때 허리(320)에서 발생한다. 도 3b에 도시된 바와 같이, 허리(320)는 거리(W) 만큼(예를 들면 허리(320)는 거리(W) 만큼 타겟 물질 경로(394)로부터 오프셋된다) 물질(즉, 액적(102B))의 선택된 타겟 부분으로부터 Z축을 따라서 오프셋된다. 오프셋 거리(W)는 크기조정하여 도시되지 않고 W는 약 $5\mu\text{m}$ 내지 약 $20\mu\text{m}$ 미만과 같은 상대적으로 작은 거리가 될 수 있다. 플라즈마(324A)는 포커싱된 드라이브 레이저(23)가 타겟 물질 액적(102B)을 조광할 때 생성되지만, 액적이 허리(320)와 정렬되지 않을 때 포커싱된 드라이브 레이저(23)의 제 1 부분(23A)만 액적 상에 충돌하고 그를 조광하는 반면, 포커싱된 드라이브 레이저(23)의 제 2 부분(23A')은 액적을 통과한다. 따라서, 포커싱된 드라이브 레이저(23)의 제 1 부분(23A)에서의 에너지의 크기만이 액적(102B)에 적용된다. 그 결과, 최적 에너지 이하가 포커싱된 드라이브 레이저(23)로부터 액적(102B)으로 부여되고 그 결과인 플라즈마(324A) 및 산출된 EUV가 대응하여 감소된다.

[0050] 도 3c는 타겟 물질 경로(394)가 도면을 전체를 가로지르도록 타겟 물질의 선택된 부분(즉, 액적(102B))의 조광의 측면도를 도시한다. 도 3c에 도시된 바와 같이, 허리(320)는 액적의 경로(394)(예를 들면 W는 제로와 거의 동일하다)에 정렬된다. 그러나, 도 3c에서, 액적(102B)은 Z축으로부터 거리(V) 만큼 오프셋된 것으로 도시된다. 액적(102B)은 타겟 물질 경로(394)를 따른다. 액적이 드라이브 레이저(23)와 정렬될 때 드라이브 레이저(23)가 광학 캐비티용 미러로서 액적(102B)을 사용하면, 드라이브 레이저(23)는 또한 거의 동시에 액적에 도달하여 액적을 조광할 것이다. 드라이브 레이저(23)가 광학 캐비티용 미러로서 액적(102B)을 사용하지 않는다면, 포커싱된 드라이브 레이저(23)의 제 1 부분(23B)만이 액적에 충돌하고 그를 조광하면서 포커싱된 드라이브 레이저(23)의 제 2 부분(23B')은 액적을 통과한다. 따라서, 포커싱된 드라이브 레이저(23)의 제 1 부분(23B)에서의 에너지 양만이 액적(102B)으로 인가된다. 그 결과, 최적 에너지 미만이 포커싱된 드라이브 레이저(23)로부터 액적(102B)으로 제공되고 그 결과인 산출된 플라즈마(324B)와 EUV는 따라서 감소된다. 드라이브 레이저(23)가 허리로 출력될 때 액적이 허리(320)에 도달하도록 드라이브 레이저(23)와 액적이 시간을 맞춘다면 드라이브 레이저(23)는 액적(102B)에 상기 드라이브 레이저를 조정시킴으로써 정렬될 수 있다.

[0051] 도 3d는 타겟 물질 경로(394)가 페이지에 수직하게(페이지속으로) 통과할 때 보이지 않게 되도록 타겟 물질의 선택된 부분(액적(102B))의 탑 뷰를 도시한다. 도 3d에 도시된 바와 같이, 액적(102B)은 Z축으로부터 거리(H)만큼 허리(320)로부터 거리(W')만큼 오프셋되어 도시된다. 액적(102B)이 타겟 물질 경로(394)를 따르지만, 그것은 허리(320)를 통과하지 않고 따라서 액적은 포커싱된 드라이브 레이저(23)의 제 1 부분(23C)만 액적(102B)에 충돌하고 그를 조광하면서 포커싱된 드라이브 레이저(23)의 제 2 부분(23C')이 액적을 통과하기 때문에 액적은 포커싱된 드라이브 레이저(23)에 의해 최적으로 조광되지 않는다. 따라서, 포커싱된 드라이브 레이저(23)의 제 1 부분(23C)에서의 에너지 양만이 액적(102B)에 인가된다. 그 결과, 최적 에너지 미만이 포커싱된 드라이브 레이저(23)로부터 액적(102B)으로 제공되고 그 결과인 산출된 플라즈마(324C)와 EUV는 따라서 감소된다.

[0052] 도 3e는 타겟 물질 경로(즉, 액적(102B))의 선택된 부분의 측면도를 도시한다. 도 3e에 도시된 바와 같이, 액적(102B)은 포커싱된 드라이브 레이저(23)의 허리(320)와 정렬되는 것으로 도시된다. 액적(102B)은 또한 Z축과 정렬된다. 포커싱된 드라이브 레이저(23)의 허리와 정렬된 액적(102B)의 탑 뷰가 또한 타겟 물질 경로(394)가 상기 도 3d에서 기술된 것과 같이 도시되지 않은 것을 제외하고는 도 3e에서 동일하게 도시된다. 액적(102B)이 허리(320)와 Z축 모두와 정렬되기 때문에, 실질적으로 전체 포커싱된 드라이브 레이저(23)가 액적(102B) 상에 충돌하고 실질적으로 포커싱된 레이저(23) 중 어떤 것도 액적(102B)을 통과하지 못한다(예를 들면, 부분(23D')은 실질적으로 존재하지 않는다). 따라서 액적(102B)은 포커싱된 드라이브 레이저(23)에 의해 최적으로 조광되고 실질적으로 포커싱된 드라이브 레이저(23)에서의 에너지 모두가 액적(102B)으로 인가된다. 그 결과, 결과인 산출된 플라즈마(324D) 및 EUV가 따라서 최적화된다.

[0053] 도 4a 및 4b는 본 발명의 실시예에 따른 광원(22)의 보다 상세한 개략도이다. 도 5a는 본 발명의 실시예에 따른 EUV(34) 생성시 수행되는 방법 동작(500)을 예시하는 플로우 차트이다. 본문에 예시된 동작은 예를 들면 그것은 일부 동작이 서브 동작을 가지고, 다른 예시에서, 본 문에 기술된 특정 동작은 예시된 동작에 포함되지 않는다는 것이 이해되어야 한다. 이를 염두에 두고, 방법 및 동작(500)이 설명된다.

[0054] 광원(22)은 레이저(415)를 포함한다. 레이저(415)는 출력 창(404)과 빔 반전기(reverser)(412) 사이에서 하나 이상의 레이저 생성 및 증폭 챔버(414, 416, 418)를 포함할 수 있다. 레이저(415)는 마스터 오실레이터 및 파

위 증폭기(MOPA) 구성 또는 노 마스터 오실레이터(NOMO) 구성이 될 수 있다. 동작(505)에서, 레이저(415)는 레이저 생성 및 증폭 챔버(414, 416, 418)에서 레이저 빔 펄스(405A)를 산출 및 증폭시킨다. 동작(510)에서, 레이저(415)는 출력 창(404)을 통해 레이저 빔 펄스(405B)를 출력한다.

[0055] 레이저 빔 펄스(405B)는 동작(530)에서 반사 표면 또는 평면(464B, 452, 454)에 의해 조광 영역(28)으로 지향된다. 예를 들면, 하나 이상의 반사 표면 또는 평면(464B, 452, 454)은 확장된 레이저 빔 펄스(405C)로 하여금 도 3b-e에 상기 도시된 바와 같이 허리(320)로 수렴하는 포커싱되는 광(23)을 수렴 및 형성하도록 하는 포커싱 수렴 표면이 될 수 있다. 도시되지 않은 선택적 동작에서, 레이저 빔 펄스를 조광 영역으로 지향시키는 것은 출력 레이저 빔 펄스(405B)를 빔 확장기(420)로 입력하는 단계를 포함할 수 있다. 빔 확장기(420)는 레이저 빔 펄스의 펄스 폭을 빔 확장기(420)로부터 출력되는 확장된 레이저 빔 펄스로 확장시킨다. 확장된 레이저 빔 펄스는 반사 표면 또는 평면(422, 464B, 452, 454)를 통해 빔경로 또는 빔 전송 시스템을 따라 조광 영역(28)을 향해 지향될 수 있다. 반사 표면 또는 평면(422, 464B, 452, 454)은 미러 또는 프리즘 또는 기타 적절한 반사 매체가 될 수 있다. 빔 경로(21)는 진공(예를 들면 약 1mTorr 미만)에서 유지되고 또한 출력 창(404)과 조광 영역(28) 사이에서 수소 가스를 포함할 수 있다.

[0056] 하나 이상의 반사 표면 또는 평면(464, 452, 44)은 조광 영역(28)에서 허리(320)의 위치를 조정하도록 이동될 수 있다. 예를 들면, 액추에이터(456)는 하나 이상의 방향(458A-D)으로 반사 표면 또는 평면(454)을 이동시킬 수 있다. 액추에이터(456)는 압전 액추에이터 또는 스텝퍼 모터 제어 마이크로 미터 또는 임의의 기타 적절한 유형의 액추에이터가 될 수 있다. 반사 표면(452)은 축에서 벗어난 포물선형 미러 또는 전송 광학기기(예를 들면 렌즈)가 될 수 있다. 이러한 렌즈는 포커싱된 레이저의 허리의 위치를 변경시키기 위해 광학 축을 따라서 병진이동될 수 있다. 반사 표면(454)은 EUV 챔버에서 Z-축을 따라서 있는 바람직한 광 경로를 따라 수렴 드라이브 레이저(23)를 지향시키는 평평한 미러가 될 수 있다. 반사 표면(464B)은 확장 펄스(405C)를 축에서 벗어난 포물선형 미러(452)로 반사하는 평평한 미러가 될 수 있다. 예를 들면, 미러(454)는 축에서 벗어난 포물선형 포커싱 미러(452)로부터의 레이저(405C) 빔을 수신하여 수렴 레이저(23)를 콜렉터 미러(30)의 제 1 초점(31)에서 허리(320)로 조정할 수 있다.

[0057] 하나 이상의 방향(458A-D)으로 반사 표면 또는 평면(454)을 이동시키는 것은 허리(320)가 보다 정확하게 타겟 물질과 정렬되도록 하기 위해 조광 영역(28)에서 허리(320)를 조정한다. 이는 선택된 액적(102B) 상에 포커싱된 광(23)에서의 최대 에너지를 부여한다. 하나 이상의 방향(458A-D)으로 반사 표면 또는 평면(454)을 이동시키는 것은 Z축이 EUV 챔버(26)로 그리고 그를 통해 포커싱된 드라이브 레이저(23)의 경로인 Z축에 수직인 X-Y 평면에서 허리(320)를 조정한다. 하나 이상의 방향(458A-D)으로 반사 표면 또는 평면(454)을 이동시키는 것은 콜렉터 미러(30)으로 근접하게 또는 그로부터 더 이격하도록 Z축(예를 들면, +Z 또는 -Z)을 따라서 허리(320)를 조정할 수 있다.

[0058] 출력 창(404)은 임의의 적절한 출력 창이 될 수 있다. 예를 들면, 출력 창(404)은 ZnSe 또는 다이아몬드 출력 창이 될 수 있다. 출력 창(404)은 선택적으로 출력 창(404)을 통과하면서 레이저(405B)를 포커싱하기 위한 광학 파워를 포함할 수 있다.

[0059] 도 5b는 본 발명의 실시예에 따라 타겟 물질에 대해 허리(320)의 위치를 조정할 때 수행되는 방법 동작(550)을 예시한 플로우 차트이다. 본문에 예시된 동작은 예를 들면 그것은 일부 동작이 서브 동작을 가지고, 다른 예시에서, 본 문에 기술된 특정 동작은 예시된 동작에 포함되지 않는다는 것이 이해되어야 한다. 이를 염두에 두고, 방법 및 동작(550)이 설명된다.

[0060] 도 4a를 참조하면, 포커싱된 레이저 빔(23)으로부터의 광의 일부(23A)가 동작(552)에서 타겟 물질 경로(394)를 따르는 액적 스트림에서의 적어도 하나의 예비 액적(102A)으로부터 반사된다. 반사된 광(23A)은 다시 광 컴포넌트(454, 452, 464B, 422, 420)를 통해 동작(554)에서 광원을 향해 반사된다.

[0061] 검출기 시스템(460)은 광 경로(21)와 일렬로 되어있다. 선택적으로, 검출기 시스템(460)은 광 경로(21)의 하나의 측면에 대해 이격되어있고, 반사된 광(23A)은 동작(556)에서 광(23B)과 같이 출력 창(404)으로부터 반사될 수 있다. 반사된 광(23A, 또는 23B)은 동작(560)에서 검출기 시스템(460)으로 지향된다.

[0062] 검출기 시스템(460)은 인접 필드 검출기(466) 및 원거리 필드 검출기(464)를 포함할 수 있다. 동작(564)에서 반사된 광(23B)은 원거리 필드 검출기(464)에서 그리고 선택적으로 인접 필드 검출기(466)에서 모니터링된다. 하나의 구성에서, 인접 필드 검출기(466) 및 원거리 필드 검출기(464) 중 하나만 검출기 시스템(460)에 포함될 수 있다. 예를 들면, 검출기 시스템(460)은 원거리 필드 검출기(464) 만을 또는 대안으로 인접 필드 검출기

(466) 만을 포함할 수 있다.

- [0063] 출력 창(404)으로부터 반사된 광(23B)이 인접 필드 검출기(466) 상에 인접-필드 프로파일을 생성한다. 출력 창(404)으로부터 반사된 광(23B)은 또한 또는 대안으로 원거리 필드 검출기(464) 상에 원거리-필드 프로파일을 생성하기 위해 사용될 수 있다. 인접-필드 및/또는 원거리-필드 프로파일은 드라이브 레이저(23)의 허리(320) 또는 Z축에 대해 적어도 하나의 예비 액적(102A)의 XY위치를 지시한다.
- [0064] 도 4c.1-4c.2는 본발명의 실시예에 따른 예비 액적(들)으로부터 반사된 반사 광(23A, 23B)의 원거리-필드 프로파일 이미지(480A, 480B)이다. 도 4c.1은 정렬된 예비 액적(102A)으로부터 반사된 반사광(23A, 23B)의 이미지(480A)이다. 정렬된 액적 이미지(102A')는 단면 영역에서 폴 액적이고, 실질적으로 이미지(480A)의 중심에 있다. 단면 영역에서의 폴 액적에 의해, 반사광(23A, 23B)의 크기가 최대값이 되고 그에 따라 포커싱된 드라이브 레이저(23)는 완전히 액적(102A) 상에 충돌한다.
- [0065] 도 4c.2는 오정렬된 예비 액적(102A)으로부터 반사된 반사광(23A, 23B)의 이미지(480B)이다. 오정렬된 액적 이미지(102A')는 단면 영역에서 폴 액적이 아니고, 실질적으로 이미지(480B)에서 우측으로(+X 방향) 오프셋되어 있다. 이미지(480B)에서 폴 액적 단면 이하가 나타난다면, 액적(102A)의 이미지는 중심에 있지 않고 액적은 최적이지 않게 포커싱된 드라이브 레이저(23)의 허리(320)와 정렬된다. 최적 위치로부터 액적 이미지 위치의 편차는 드라이브 레이저(23)를 조정하기 위해 사용되는 신호를 제공한다.
- [0066] 예비 액적(들)(102A)의 검출된 위치는 반사광(23A)의 크기에 기초하여 포커싱된 드라이브 레이저(23)의 허리(320) 및/또는 Z축의 위치에 비교될 수 있거나, 또는 반사된 이미지(102A')의 위치 및 그 결과인 차이값은 컨트롤러(60)에 의해 에러 신호로 변환된다. 에러 신호는 액추에이터(456)를 이용하여 미러(454)를 조정(예를 들면, 방향(458A-D) 중 적어도 하나로 틸/기울기)하기위해 사용된다. 예를 들면, 틸/기울기 조정은 다중 액적이 광(23)에 의해 조광될 때 오차 신호가 널리 될 때까지 이루어질 수 있다.
- [0067] 컨트롤러(60)는 동작(566)에서 반사광(23A 또는 23B)의 인접-필드 및 원거리-필드 이미지 중 하나 또는 모두를 검출한다. 동작(570)에서, 컨트롤러(60)는 미러(454)의 위치를 조정하도록 하여 포커싱된 드라이브 레이저(23)의 허리(320) 및/또는 Z축에 대해 허리(320)의 정확한 위치를 조절하도록 액추에이터(456)를 조정한다. 선택적 또는 대안의 동작(572)에서, 컨트롤러(60)는 액적 생성기(92)로부터의 적어도 하나의 후속 액적(들)의 해제를 조정하고 및/또는 드라이브 레이저 펄스(23)의 타이밍을 조정한다. 조정은 후속하는 액적의 해제의 타이밍을 조정하는 것으로 포함할 수 있고, 타겟 물질 경로(394)의 방향을 조정하는 것을 포함할 수 있다.
- [0068] 동작(574)에서, 적어도 하나의 후속 액적(102B)은 포커싱된 드라이브 레이저(23)의 허리에 도달하여 액적(102B)이 포커싱된 광(23)으로부터의 최대 양의 에너지를 액적(102B)으로 부여하도록 하여 액적(102B)을 조광하고 EUV 광(34)의 최적 양을 산출하도록 한다.
- [0069] 포커싱된 광(23)의 제 1 펄스는 포커싱된 광(23)의 제 1 펄스가 예비 액적(들)(120A)을 조광하여 예비 액적(들)(102A)의 위치를 판정하도록 하는 포커싱된 광(23)의 제 2 펄스보다 더 낮은 에너지를 가질 수 있다. 포커싱된 광(23)의 제 2 펄스는 후속 액적(들)에 지향되어 후속 액적(들)을 조광한다. 방법 및 동작(550)은 연속하여 후속 액적에 대해 반복할 수 있다.
- [0070] 광원(22)은 CO2 레이저가 될 수 있다. 광원(22)은 NOMO 구성(예를 들면 마스터 오실레이터가 사용되지 않는)이 될 수 있고, 액적이 EIV 챔버(26)에서의 Z축에 도달할 때 최적 캐비티는 빔 반전기(412)와 액적(102A, 102B) 사이에서 구축된다. 증폭기(415)는 연속한 증폭기 챔버(414, 416, 418)를 포함할 수 있고, 각각의 챔버는 캐비티에서 광을 증폭시키기 위해 자신의 이득 매체 및 여기 소스를 구비한다.
- [0071] 제 1 액적(102A)으로부터 반사된 광(23A)은 빔 반전기(412)로 지향되고 반사광(23B)으로서 출력 창(404)에 의해 적어도 부분적으로 반사된다. 출력 창(404)은 빔 경로(21)에 대해 일정한 각도로 배치될 수 있다. 창을 작은 각도(slight angle)로 배치하면 또한 빔 경로를 따라서 있는 광의 임의의 반사가 빔 경로 밖으로 지향될 때 드라이브 레이저 빔 경로를 따라서 있는 직선 반사를 방지할 수 있다. 예를 들면 출력 창(404)이 브루스터 각에 근접하게 배치될 수 있다. 레이저 경로에 대한 이상적인 브루스터 각에서, 출력 창(404)은 완전히 투명하며 광의 100%를 통과시킨다. 일반적으로 출력 창은 광의 약 2%까지를 흡수 또는 반사시키고 나머지 광(약 98%)을 통과시킨다.
- [0072] 출력 창(404)의 하나의 측면 상에, CO2 이득 매체가 있다. 창(404)의 대향하는 측면은 빔 베스(21)를 통해 조광 영역(28)과 유체가 통해있다. 빔 베스(21)는 진공으로 유지되고, 적어도 하나의 실시예에서 약 1mTorr 미만

의 압력으로 수소를 포함할 수 있다.

- [0073] 도 4d는 본 발명의 실시예에 따른 타겟 물질(394)의 간략화된 개략도이다. 본 발명의 실시예에 따라 타겟 물질 경로(394)는 Z축에 대해 직교하는 X-Y 평면에 대해 각도 θ 가 될 수 있다. θ 는 X-Y 평면에 대해 약 0° 내지 약 90° 사이의 각도가 될 수 있다. X-Y 평면은 Z축에 대해 직교한다. X 및 Y축은 타겟 물질 경로(394)의 각도 성분에 해당한다.
- [0074] **EUV Z 축 최적화**
- [0075] 상기 시스템 및 방법은 최적 EUV 출력을 위한 최적의 연산 결과를 위해 타겟 물질 및 드라이브 레이저에 대한 정렬을 기술한다. 그러나, 상술한 시스템 및 방법은 EUV 챔버(26)에서의 동적 변화, 특히 플라스마 및 그 결과인 EUV(34)의 산출 동안 콜렉터 미러(30)의 제 1 초점(31)에서 발생하는 동적 조건을 정확하게 보상하지 못한다.
- [0076] 상기 도 4b를 참조하면, 필터(484)는 대역 광(예를 들면, 가시광)으로부터 필터링하여 EUV를 검출기(483)로 통과시킨다. 검출기(483)는 검출된 EUV의 크기에 해당하는 신호를 컨트롤러(60)로 결합시킨다. 컨트롤러(60)는 검출된 EUV의 크기를 분석하여 보정 신호를 드라이브 레이저 포커싱 시스템(402)으로 전송한다. 검출된 EUV의 크기 분석은 이전의 EUV 신호 또는 바람직한 EUV 신호와 같은 또다른 EUV 신호 레벨에 대한 검출된 EUV 신호의 비교를 포함한다. 필터(484)는 박막이 가시광에 대해서는 불투명하지만 실질적으로 EUV를 완전히 투과시키기 때문에 약 0.2미크론의 두께를 가진 지르코늄의 박막과 같은 박막 필터가 될 수 있다. 검출기(485)는 임의의 적절한 EUV 검출기가 될 수 있다. 예를 들면, 검출기(485)는 넓은 스펙트럼의 광 다이오드가 될 수 있다. 검출기(485)는 상대적으로 큰 영역(예를 들면 약 50 제곱 밀리미터에서 약 100 제곱 밀리미터 이상의 영역)을 가진 넓은 스펙트럼 광 다이오드가 될 수 있다.
- [0077] 공통 스테이지(482)는 액추에이터를 포함하고 미러(452, 454)로 하여금 방향(458A, 458B)으로 단일 스테이지로서 이동되도록 한다. 이는 포커싱된 드라이브 레이저(23)의 허리(320)가 동일한 초점 길이를 가지는 Z축을 따라서 병진이동되도록 하고 또한 Z축을 따라서 콜렉터 미러(30)로부터의 허리(320)의 거리를 조정하도록 한다. 조합하여 사용시, 공통 스테이지(482)와 액추에이터(456)는 드라이브 레이저의 허리(320)가 X-Y평면에서의 값의 영역 내에서 그리고 Z축을 따라서 콜렉터 미러(30)로부터 상이한 거리에서 선택적으로 병진이동되도록 한다. 예를 들면, 공통 스테이지(482)와 액추에이터(456)는 허리(320)가 콜렉터 미러(30)의 제 1 초점(31)과 정렬되도록 한다.
- [0078] 도 6a, 7a, 및 8a는 본 발명의 실시예에 따른 조광 영역(28)의 간략화된 확대도이다. 도 6b, 7b 및 8b는 각각 본 발명의 실시예에 따른 도 6a, 7a, 및 8a에 대응하는 다중 포커싱된 광 펄스(23)의 그래픽 표시이다. 도 6c, 7c, 및 8c는 각각 본 발명의 실시예에 따른 도 6b, 7b, 및 8b에서의 다중 포커싱된 광 펄스에 대응하는 그 결과인 다중 EUV 펄스(34)의 그래픽 표시이다. 도 6d, 7d, 및 8d는 각각 본 발명의 실시예에 따른 도 6c, 7c, 및 8c에 대응하는 그 결과인 다중 EUV 펄스(34)의 대응하는 적분의 그래픽 표시이다.
- [0079] 도 9는 본 발명의 실시예에 따라 EUV 출력을 최적화시키기 위해 타겟 물질에 대해 허리(320)의 위치를 조정할 때 수행되는 방법 동작(900)을 예시한 플로우 차트이다. 본문에 예시된 동작은 예를 들면 그것은 일부 동작이 서브 동작을 가지고, 다른 예시에서, 본 문에 기술된 특정 동작은 예시된 동작에 포함되지 않는다는 것이 이해되어야 한다. 이를 염두에 두고, 방법 및 동작(900)이 설명된다.
- [0080] 동작(905)에서, 타겟 물질(102B)은 포커싱된 레이저(23)의 허리(320)에 배치된다. 포커싱된 레이저 펄스(23)는 동작(910)에서 타겟 물질(102B) 상에 지향된다.
- [0081] 동작(915)에서, 동작(910)에서의 포커싱된 레이저 펄스에 대응하는 EUV 출력 펄스가 측정된다(예를 들면, 검출기(483)에 의해 또는 다우 스트림 디바이스(42)로부터의 피드백 신호를 통해). 동작(920)에서, 동작(905-915)은 선택된 시간 간격이 만료될 때까지 허리(320)에 대해 Z 방향으로 타겟 물질의 후속한 부분의 위치를 증분시키면서 포커싱된 레이저 펄스 및 타겟 물질(102B)의 후속 부분을 다수 반복한 것이다. 예를 들면, 1ms 시간 간격이 선택될 수 있지만, 다수의 레이저 펄스 및 타겟 물질 부분(예를 들면, 하나의 실시예에서 액적)(102B)이 포커싱된 레이저 펄스의 허리(320)로 전달될 수 있다.
- [0082] 동작(925)에서, 선택된 시간 간격 동안의 다수 반복의 적분이 결정된다. 적분 곡선 아래 면적은 선택된 시간 간격 동안의 EUV 출력(34)에 대응한다.
- [0083] 동작(930)에서, 선택된 시간 간격 동안의 다수 반복 전체의 기록된 EUV 펄스가 어느 펄스 또는 펄스들이 가장

큰 피크 EUV를 가졌는지를 판정하기 위해 검사된다. 가장 큰 피크 EUV가 다수 반복 중에 제 1 회에 발생한다면, 동작은 동작(945)에서 계속된다. 동작(945)에서, 컨트롤러는 포커싱된 레이저(23)의 허리(320)에 대해 +Z방향으로 타겟 물질 위치를 조정한다.

[0084] 동작(930)에서, 가장 큰 피크(들) EUV가 다수 반복 중 제 1 회에서 발생하지 않는다면, 동작은 동작(935)으로 계속된다. 동작(935)에서, 선택된 시간 간격 동안의 다수 반복 전체의 기록된 EUV 펄스가 어느 펄스 또는 펄스들이 가장 큰 피크 EUV를 가졌는지를 판정하기 위해 검사된다. 가장 큰 피크 EUV가 다수 반복 중에 마지막 회에 발생한다면, 동작은 동작(950)에서 계속된다. 동작(950)에서, 컨트롤러는 포커싱된 레이저(23)의 허리(320)에 대해 -Z방향으로 타겟 물질 위치를 조정한다.

[0085] 동작(935)에서, 가장 큰 피크(들) EUV가 다수 반복 중 마지막 부분에서 발생하지 않는다면, 동작은 동작(940)으로 계속된다. 동작(940)에서, EUV(34)가 더 이상 필요없을 때까지 최적 레벨에서 EUV를 생성하기 위해 동작(905-935)을 반복하고 방법 동작이 종료할 수 있다.

[0086] 도 6a-6d를 참조하면, 액적은 포커싱된 드라이브 레이저(230의 허리(320)에 대해 +Z방향에 있다. 테이퍼링된 EUV 출력은 액적 위치가 포커싱된 레이저(23)의 허리(320)에 또는 그에 인접한 최적 위치로부터 -Z방향으로 조금 오프셋된다는 것으로 지시한다. 그 결과, 빠르게 하방으로 테이퍼되는 높은 최초 에너지를 가진 도 6c에 도시된 출력 EUV 펄스(34)는 최적 이하가 된다. 포커싱 광학기기는 액적을 -Z방향 또는 +Z 방향으로 이동시킨다.

[0087] 상대적 이동을 강조하기 위해 타겟 물질(102B)과 포커싱된 레이저(23)의 허리(320)의 상대적 위치는 도 6a-8a에서 다소 과장되어있다는 것을 이해해야 한다. 실제 위치 변화는 타겟 물질(102B)의 직경보다 더 작을 수 있다. 추가로, 최적 위치는 포커싱된 레이저(23)의 허리(320)의 중심으로부터 Z축 상에서 다소 오프셋될 수 있다. 허리(320)는 타겟 물질(102B) 보다 더 넓은 폭을 가질 수 있다.

[0088] 도 7a-7d를 참조하면, 액적은 포커싱된 드라이브 레이저(23)의 허리(320)에 대해 -Z위치가 된다. EUV 출력 증가는 액적 위치가 최적 초점을 벗어난 것을 지시한다. 그 결과, 급격하게 중단된 피크로 상방을 향해 빠르게 테이퍼된 낮은 최초 에너지를 가진 도 7c 및 7d에 도시된 출력 EUV 펄스(34)는 최적 이하가 된다. 광학기기를 +Z방향으로 또는 액적을 -Z방향으로 이동시킨다.

[0089] 도 8a-8d를 참조하면, 액적은 최적 위치(예를 들면 바람직한 초점)에 있다. 그 결과로서, 도 8c 및 8d에 도시된 출력 EUV 펄스(34)는 도 6c 및 6d 또는 도 7c 및 7d에 도시된 것들 중 어느 것에 비해서 펄스 전체에서 보다 일정한 에너지(예를 들면, 피크 또는 급격한 경사가 더 적은)를 가지는 것으로 최적화된다. 보다 일정한 에너지를 가진 다운 스트림 디바이스(42)에서 보다 일정한 결과를 제공한다.

[0090] 도 10은 본 발명의 실시예에 따른 EUV 챔버(26)를 포함하는 집적 시스템(1000)의 블록도이다. 집적 시스템(1000)은 EUV 챔버(26), 광펄스 생성 시스템(22), 출력 EUV 광(34)을 이용하는 디바이스(42), 및 EUV 챔버에 결합된 집적 시스템 컨트롤러(1010)를 포함하고, 상기 광 펄스 생성 시스템과 디바이스는 출력 EUV 광을 활용한다. 집적 시스템 컨트롤러(1010)는 사용자 인터페이스(1014)를 포함하거나 이에 결합된다(예를 들면 유선 또는 무선 네트워크(1012)를 통해). 사용자 인터페이스(1014)는 사용자 관독가능 출력과 지시를 제공하고 사용자 입력을 수신하여 집적 시스템 컨트롤러(1010)에 사용자 액세스를 제공한다.

[0091] 집적 시스템 컨트롤러(1010)는 전용 컴퓨터 또는 범용 컴퓨터를 포함할 수 있다. 집적 시스템 컨트롤러(1010)는 EUV 챔버(26), 광 펄스 생성 시스템(22) 및 디바이스(42)용 데이터(1018)(예를 들면 성능 히스토리, 성능 및 결합 분석, 오퍼레이터 로그, 및 히스토리 등)를 모니터링, 제어 및 수집, 저장하기 위한 컴퓨터 프로그램(1016)을 실행할 수 있다. 예를 들면, 집적 시스템 컨트롤러(810)는, 수집된 데이터가 그의 동작에 대한 조정을 지시하면, EUV 챔버(26), 광 펄스 생성 시스템(22) 및/또는 디바이스(42) 및/또는 그 안의 컴포넌트(예를 들면, 타겟 물질 배출기(92) 등)의 동작들을 조정할 수 있다.

[0092] 하나의 실시예는 드라이브 레이저, 극 자외광 챔버, 드라이브 조정 디바이스, 검출 시스템, 및 컨트롤러를 포함하는 극 자외광 시스템을 제공한다. 극 자외광 챔버는 극 자외광 콜렉터와 타겟 물질 경로를 따라 다수 부분의 타겟 물질을 배출할 수 있는 타겟 물질 배출부를 포함한 타겟 물질 배출기를 포함한다. 타겟 물질 배출기는 조정가능하다. 검출 시스템은 타겟 물질의 부분들 중 제 1 부분으로부터 반사된 드라이브 레이저의 반사를 검출하기 위해 진행되는 적어도 하나의 검출기를 포함한다. 컨트롤러는 타겟 물질 배출기, 검출기 시스템 및 드라이브 조정 디바이스에 결합된다. 컨트롤러는 제 1 타겟 물질로부터 반사된 제 1 광으로부터 타겟 물질의 제 1 부분의 위치를 검출하는 로직과 타겟 물질의 부분 중 후속하는 부분을 포커싱된 드라이브 레이저의 허리로 출력하기 위해 타겟 물질 배출기를 조정하는 로직을 포함한다.

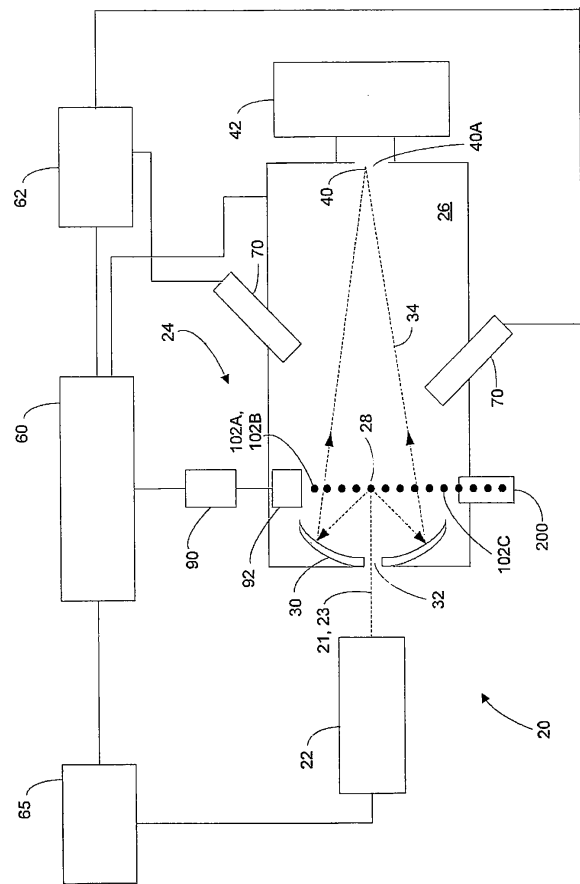
- [0093] 드라이브 레이저는 드라이브 레이저와 타겟 물질의 부분 중 제 1 부분 사이의 광 경로와 정렬될 수 있다. 검출 시스템은 광 경로와 정렬되고, 타겟 물질의 부분의 제 1 부분으로부터 반사된 드라이브 레이저의 반사가 드라이브 레이저를 향해 광 경로를 따라 반사된다. 드라이브 레이저 시스템은 출력 창을 포함할 수 있고, 검출 시스템은 광 경로와 정렬되지 않고, 및 타겟 물질의 부분 중 제 1 부분으로부터 반사된 드라이브 레이저의 반사가 드라이브 레이저 출력 창을 향해 광 경로를 따라 반사될 수 있고, 드라이브 레이저의 반사는 출력 창으로부터 그리고 검출 시스템을 향해 더 반사된다.
- [0094] 시스템은 또한 드라이브 레이저로 타겟 물질의 부분의 제 2 부분을 조광하기 위한 로직을 또한 포함할 수 있다. 드라이브 조정 디바이스는 적어도 하나의 반사 표면을 포함할 수 있다. 드라이브 레이저 조정 디바이스는 적어도 하나의 반사 표면에 결합된 적어도 하나의 액추에이터를 더 포함할 수 있다.
- [0095] 제 1 타겟 물질로부터 반사된 광을 검출하기 위해 지향되는 검출기는 인접 필드 검출기 및/또는 원거리 필드 검출기를 포함할 수 있다. 드라이브 레이저 시스템은 CO₂ 레이저가 될 수 있다. 드라이브 레이저 시스템은 마스터 오실레이터 파워 증폭기 구성 레이저를 포함할 수 있다. 드라이브 레이저 시스템은 멀티 스테이지 증폭기를 포함할 수 있다. 드라이브 레이저 시스템은 ZnSe 또는 다이아몬드 출력 창, 또는 기타 적절한 출력 창이 될 수 있다.
- [0096] 포커싱된 드라이브 레이저의 허리는 Z축을 따라서 있는 드라이브 레이저의 광 경로에 대해 직교하는 XY 평면에 있다. 타겟 물질의 부분들은 타겟 물질 경로를 따라 출력되고 타겟 물질 경로는 XY 평면에 대해 일정한 각도를 형성할 수 있다.
- [0097] 또다른 실시예는 극 자외광을 생성하는 방법을 제공한다. 방법은 타겟 물질의 다수 부분 중 제 1 부분을 드라이브 레이저로 조광하는 단계, 타겟 물질의 제 1 부분으로부터 반사된 제 1 광 펄스를 검출하는 단계, 타겟 물질의 제 1 부분을 판정하는 단계, 타겟 물질의 부분 중 제 2 부분의 위치를 포커싱된 드라이브 레이저의 허리에 대해 조정하는 단계, 타겟 물질의 부분 중 제 2 부분을 드라이브 레이저로 조광하는 단계를 포함한다.
- [0098] 타겟 물질의 제 1 부분으로부터 반사된 제 1 광 펄스를 검출하는 단계는 드라이브 레이저의 출력 창으로부터 반사된 제 1 광 펄스를 검출하는 단계를 포함할 수 있다. 타겟 물질의 제 1 부분으로부터 반사된 제 1 광 펄스를 검출하는 단계는 타겟 물질의 제 1 부분의 인접 필드 프로파일을 판정하는 단계를 포함할 수 있다. 타겟 물질의 제 1 부분으로부터 반사된 제 1 광 펄스를 검출하는 단계는 타겟 물질의 제 1 부분의 원거리 필드 프로파일을 판정하는 단계를 포함할 수 있다. 포커싱된 드라이브의 허리를 조정하는 단계는 드라이브 레이저의 적어도 하나의 표면의 위치를 조정하는 단계를 포함한다.
- [0099] 그러나, 또다른 실시예는 극 자외광 출력을 최적화하는 방법을 제공한다. 상기 방법은, 제 1 세트의 EUV 출력 펄스의 각각의 하나에 대해, 포커싱된 드라이브 레이저의 허리에 제 1 세트의 타겟 물질의 부분 중 대응하는 하나를 배치하는 단계, 포커싱된 드라이브 레이저 펄스를 상기 제 1 세트의 타겟 물질의 부분 중 대응하는 하나에 지향시키는 단계, 대응하는 EUV 출력 펄스의 크기를 측정하는 단계, 및 측정된 대응하는 EUV 출력 펄스 양을 기록하는 단계를 포함하는, 선택된 시간 간격동안 제 1 세트의 EUV 출력 펄스의 각각의 크기를 판정하는 단계를 포함한다. 제 1 세트의 EUV 출력 펄스 중 각각의 하나는 분석되고, 타겟 물질 위치는 가장 큰 피크 EUV 크기가 제 1 복수의 EUV 출력 펄스 중 제 1 회에서 발생한 것에서 발생할 때 포커싱된 레이저의 허리에 대해 +Z방향으로 조정되고, 타겟 물질 위치는 가장 큰 피크 EUV 크기가 제 1 복수의 EUV 출력 펄스 중 마지막으로 발생한 것에서 발생할 때 포커싱된 레이저의 허리에 대해 -Z방향으로 조정된다. 그 방법은 또한 선택된 시간 간격 동안 제 1 세트의 EUV 출력 펄스의 적분을 판정하는 것을 포함할 수 있다.
- [0100] 상기 실시예를 염두에 두고, 본 발명은 컴퓨터 시스템에 저장되는 데이터를 포함하는 다양한 컴퓨터-구현 동작들을 채용할 수 있다. 이들 동작은 물리량의 물리적 조작을 요구하는 것들이다. 대개, 필수적이지는 않아도, 이들 양은 저장, 전송, 조합, 비교, 및 조작될 수 있는 전기 또는 자기 신호의 형태를 취한다. 추가로, 수행되는 조작은 대개 산출, 식별, 판정, 또는 비교와 같은 용어로 칭해진다.
- [0101] 본 발명의 일부를 형성하는 본 문에 기술된 임의의 동작은 가용한 기계 동작이다. 본 발명은 또한 이러한 동작들을 수행하는 디바이스 또는 장치에 관한 것이다. 장치는 특히 전용 컴퓨터와 같이 필요한 목적을 위해 구축될 수 있다. 전용 컴퓨터로서 정의될 때, 컴퓨터는 또한 특정한 목적의 일부는 아닌 기타 처리, 프로그램 실행, 또는 루틴을 수행할 수 있지만, 여전히 특정한 목적의 동작을 수행할 수 있다. 대안으로, 동작은 컴퓨터 메모리, 캐시에 저장된 또는 네트워크를 통해 얻어진 하나 이상의 컴퓨터 프로그램에 의해 선택적으로 활성화되거나 구성되는 범용 컴퓨터에 의해 처리될 수 있다. 네트워크를 통해 데이터가 획득될 때, 데이터는 예를 들면

클라우드 컴퓨팅 리소스와 같이, 네트워크 상의 다른 컴퓨터에 의해 처리될 수 있다.

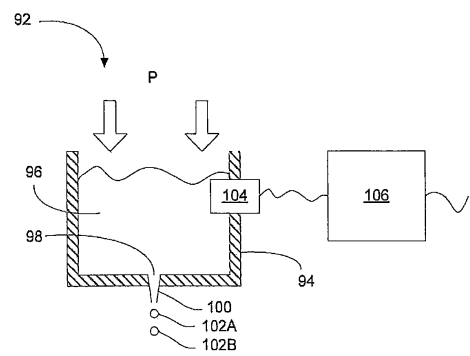
- [0102] 본 발명의 실시예는 또한 데이터를 하나의 상태에서 또다른 상태로 변환하는 기계로서 정의될 수 있다. 변환된 데이터는 스토리지에 저장되고 프로세서에 의해 조작될 수 있다. 프로세서는 따라서 데이터를 하나의 유형에서 또다른 유형으로 변환한다. 추가로, 방법은 네트워크를 통해 연결될 수 있는 하나 이상의 기계 또는 프로세서에 의해 처리될 수 있다. 각각의 기계는 데이터를 하나의 상태 또는 유형을 또다른 것으로 변환할 수 있고, 또한 데이터를 처리하고, 데이터를 스토리지에 저장하고, 네트워크를 통해 데이터를 전송하고, 결과를 디스플레이하거나, 또는 그 결과를 다른 기계로 통신할 수 있다.
- [0103] 본 발명은 핸드-헬드 디바이스, 마이크로프로세서 시스템, 마이크로프로세서-기반 또는 프로그래밍 가능한 소비자 전자기기, 미니컴퓨터, 메인프레임 컴퓨터, 등을 포함하는 다른 컴퓨터 시스템 구성으로 실시될 수 있다. 본 발명은 네트워크를 통해 링크된 원격 처리 디바이스에 의해 태스크가 수행되는 분산 컴퓨팅 환경에서 실시될 수 있다.
- [0104] 본 발명은 또한, 컴퓨터-판독가능 매체 상의 컴퓨터 판독가능 코드로서 구현될 수 있다. 컴퓨터 판독가능 매체는 데이터를 저장할 수 있는 임의의 데이터 스토리지 디바이스이고, 이는 그다음 컴퓨터 시스템에 의해 판독될 수 있다. 컴퓨터 판독가능 매체의 예로는 하드 드라이브, 네트워크 결합 스토리지(NAS), 판독전용 메모리, 랜덤 액세스 메모리, CD-ROMs, CD-Rs, CD-RWs, DVDs, 플래시, 자기 테이프, 및 기타 광학 및 비광학 데이터 스토리지 디바이스를 포함한다. 컴퓨터 판독가능 매체는 또한 컴퓨터 판독가능 코드가 분산형태로 저장 및 실행되도록 네트워크로 결합된 컴퓨터 시스템을 통해 분산될 수 있다.
- [0105] 상기 도면에서의 동작에 의해 표시된 명령어들은 도시된 순서로 수행될 필요가 없고 동작들에 의해 표시된 모든 처리는 본 발명을 실시하기 위해 필수적인 것이 아니라는 것이 더 이해될 것이다.
- [0106] 본 발명이 이해의 명료화를 목적으로 일부 상세하게 기술되었지만, 특정한 변형 및 변조가 첨부된 청구범위의 범위 내에서 실시될 수 있다는 것이 명확할 것이다. 따라서, 본 실시예는 예시로서 간주되어야지 한정적으로 간주되면 안되고, 본 발명의 본문에 주어진 상세에 한정되지 않으며, 첨부된 청구범위의 범위 및 등가물내에서 변조될 수 있다.

도면

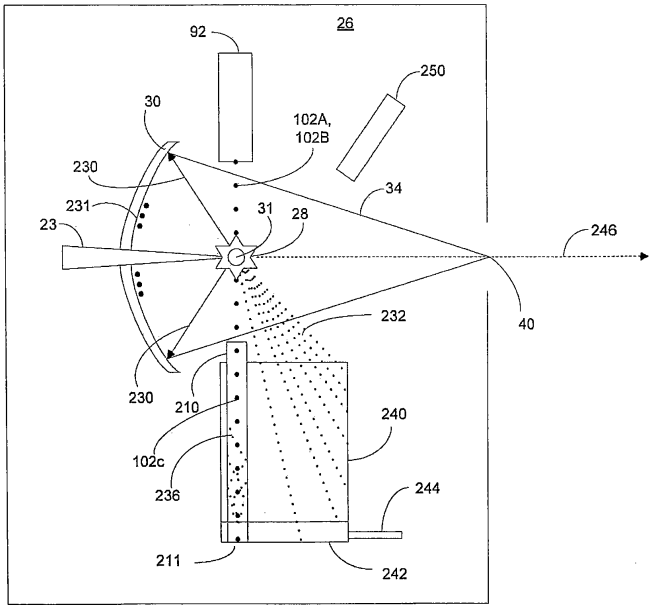
도면1



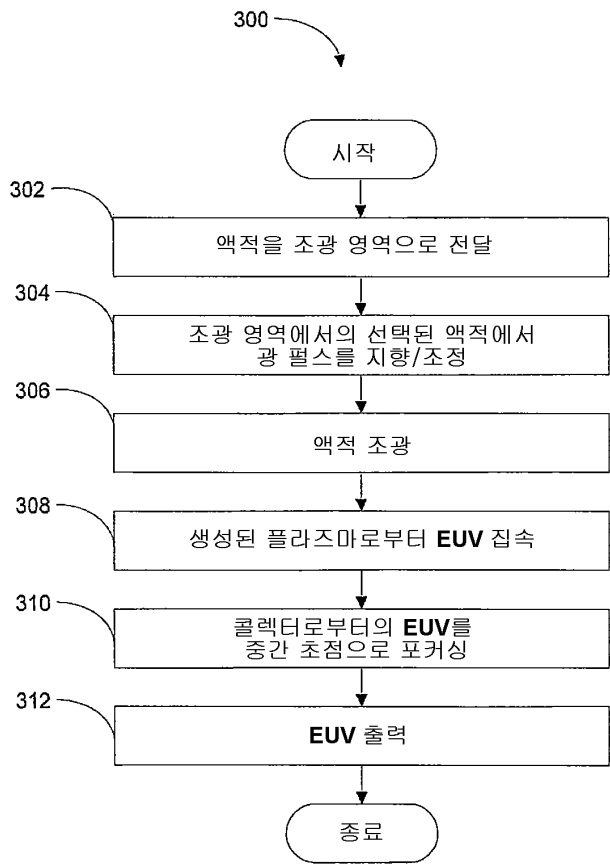
도면2a



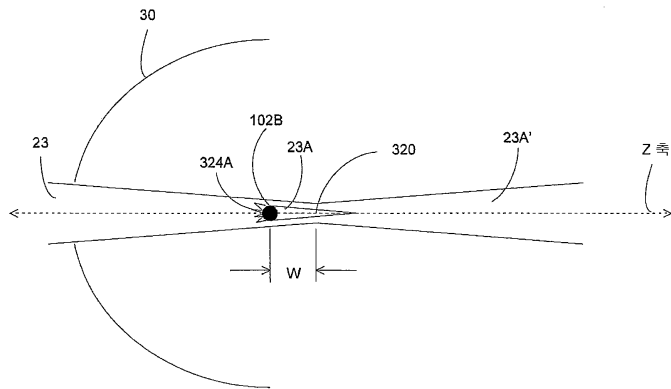
도면2b



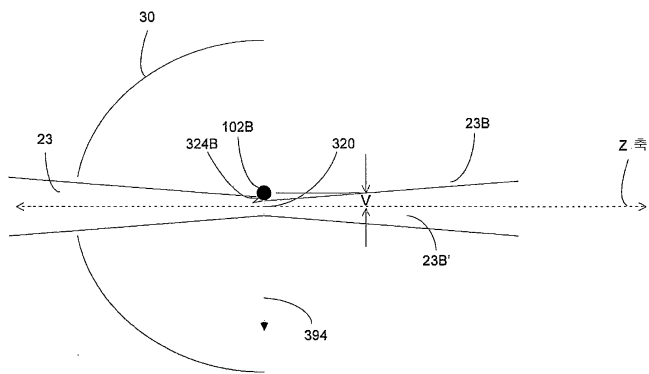
도면3a



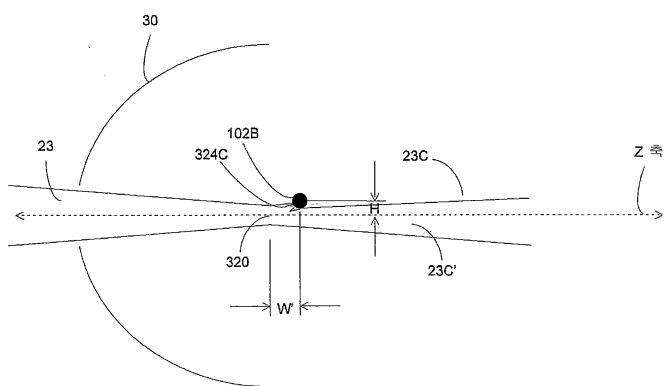
도면3b



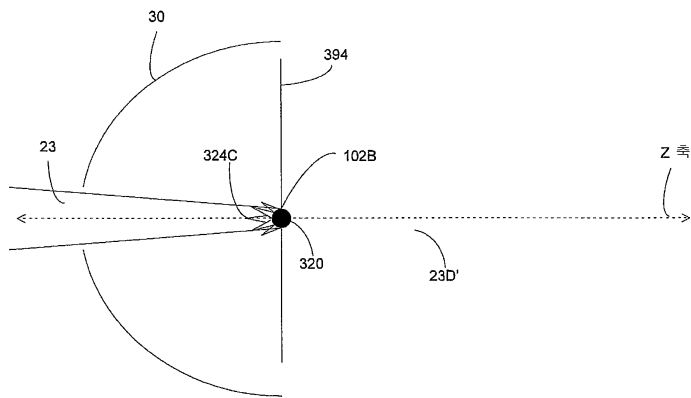
도면3c



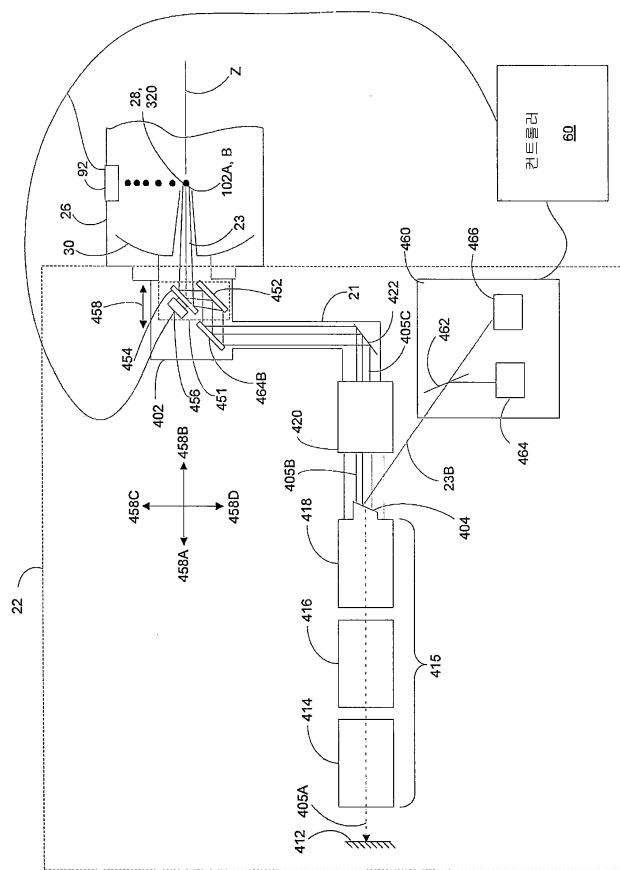
도면3d



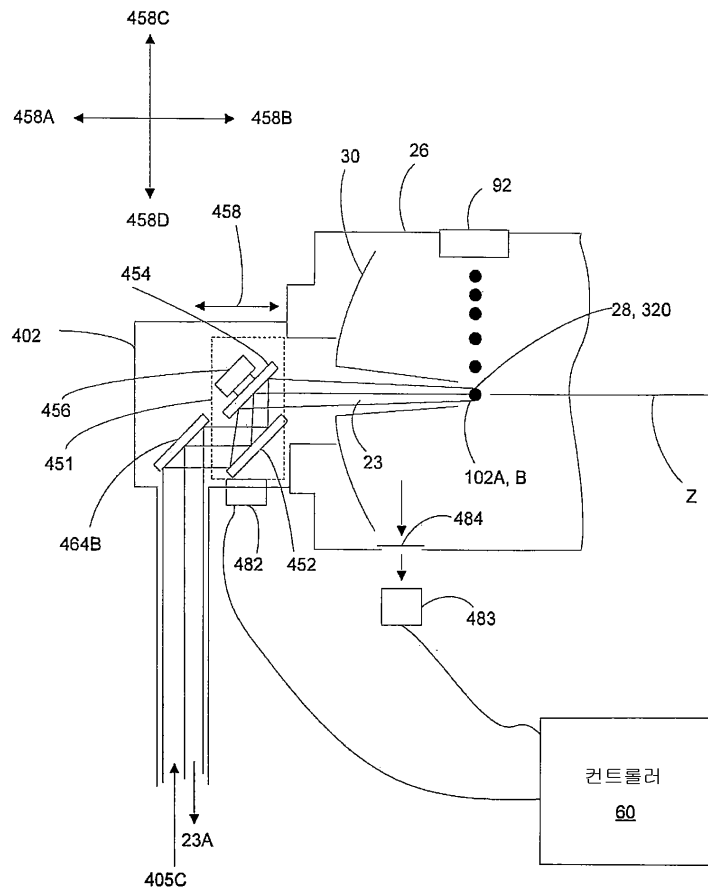
도면3e



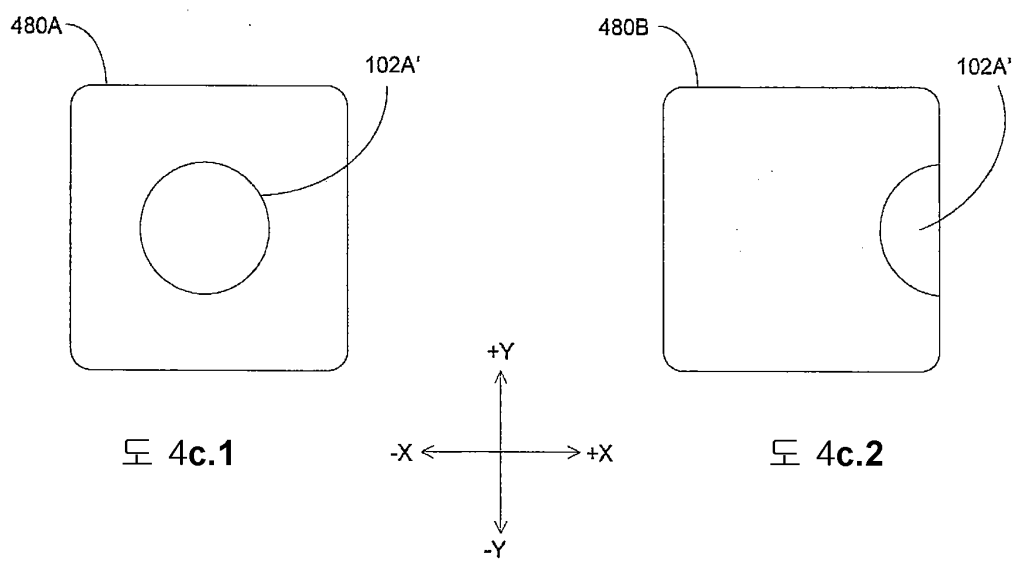
도면4a



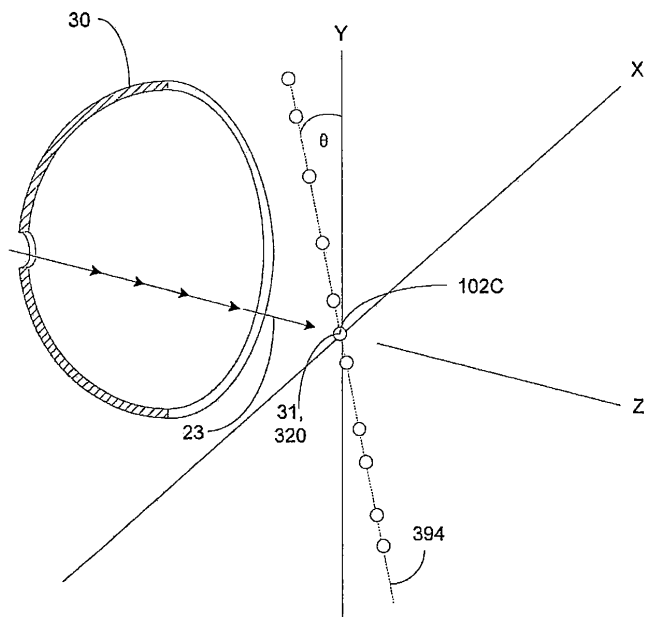
도면4b



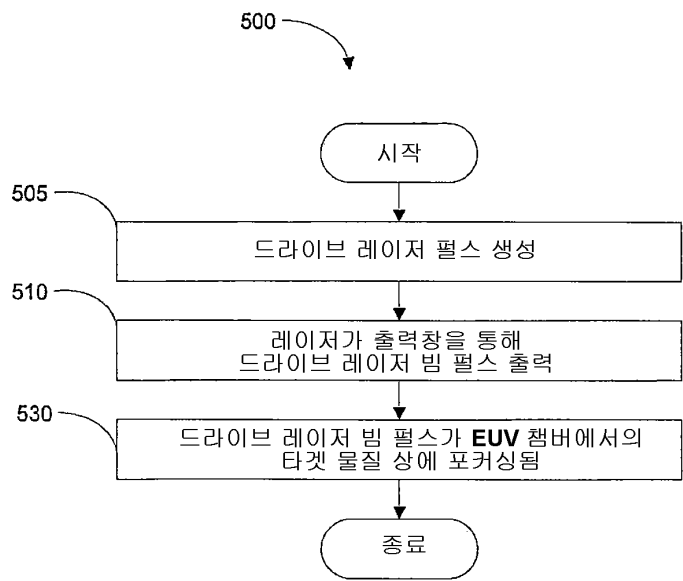
도면4c



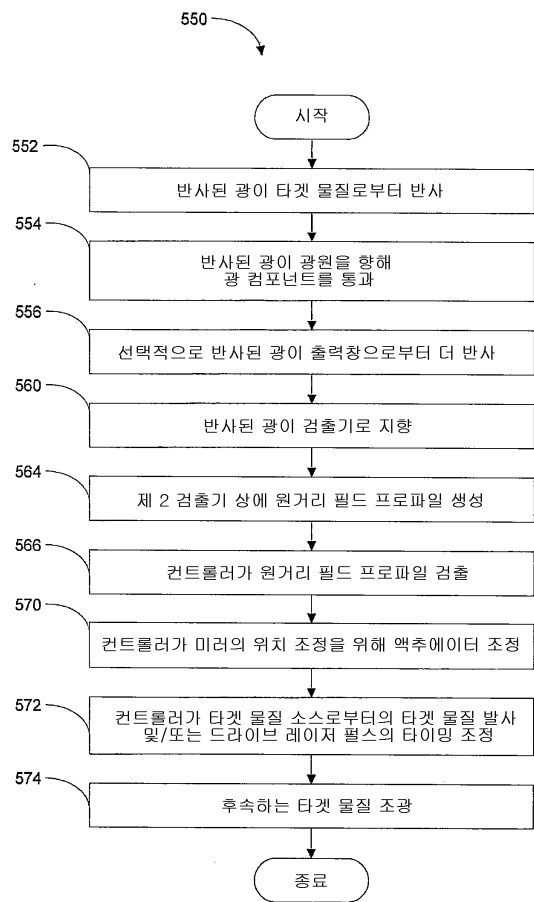
도면4d



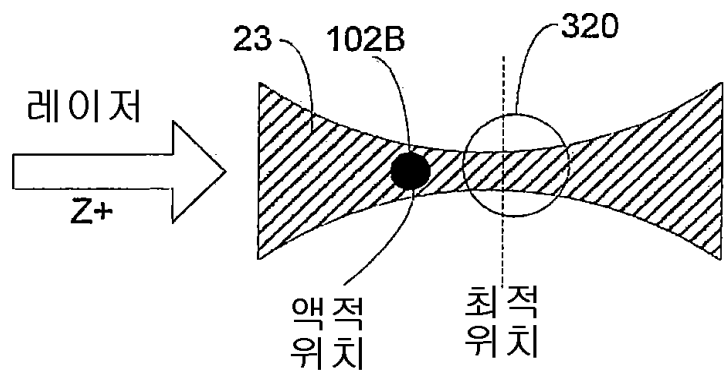
도면5a



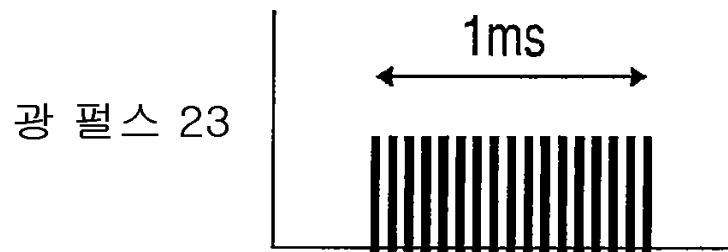
도면5b



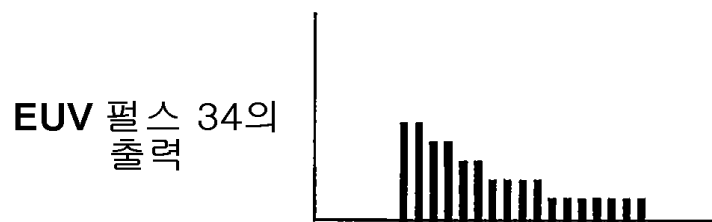
도면6a



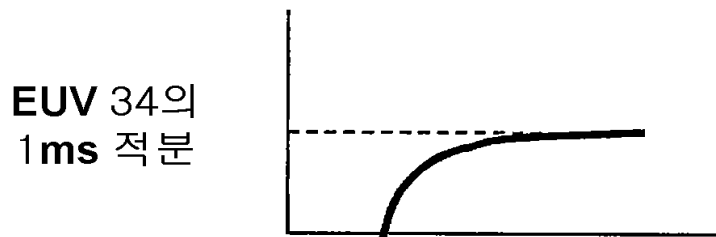
도면6b



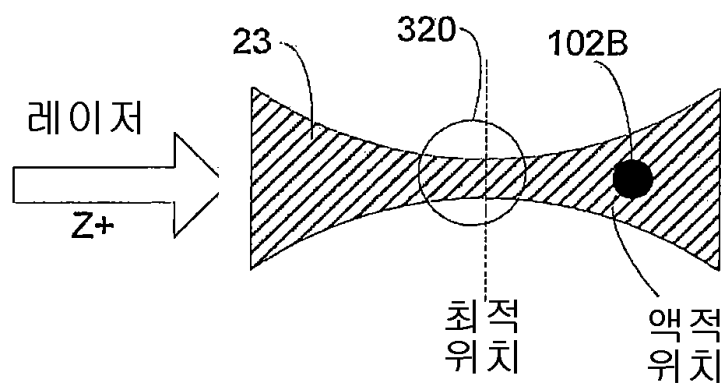
도면6c



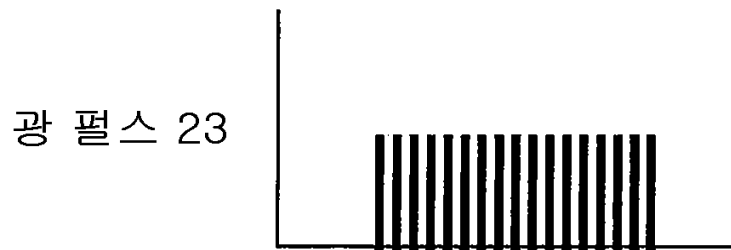
도면6d



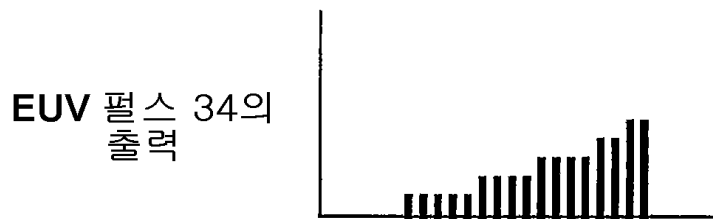
도면7a



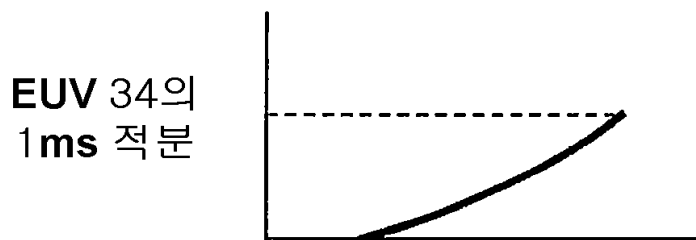
도면7b



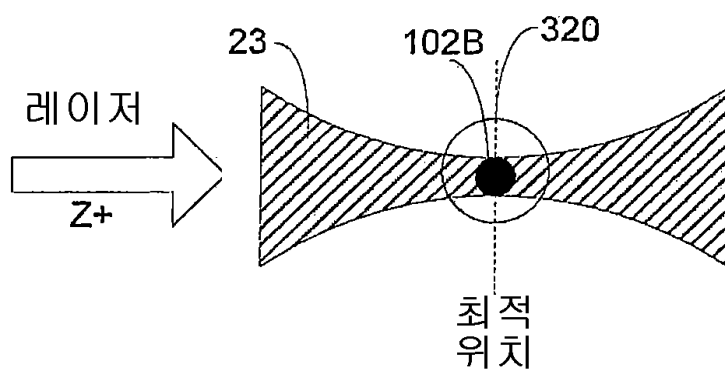
도면7c



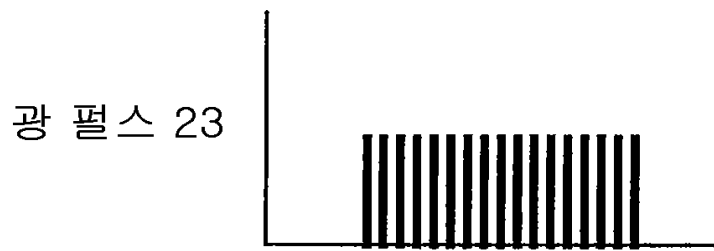
도면7d



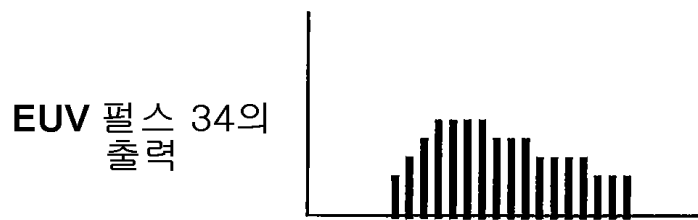
도면8a



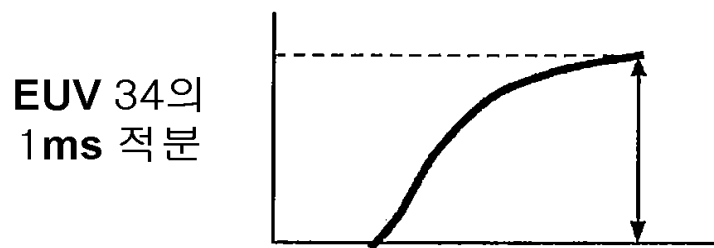
도면8b



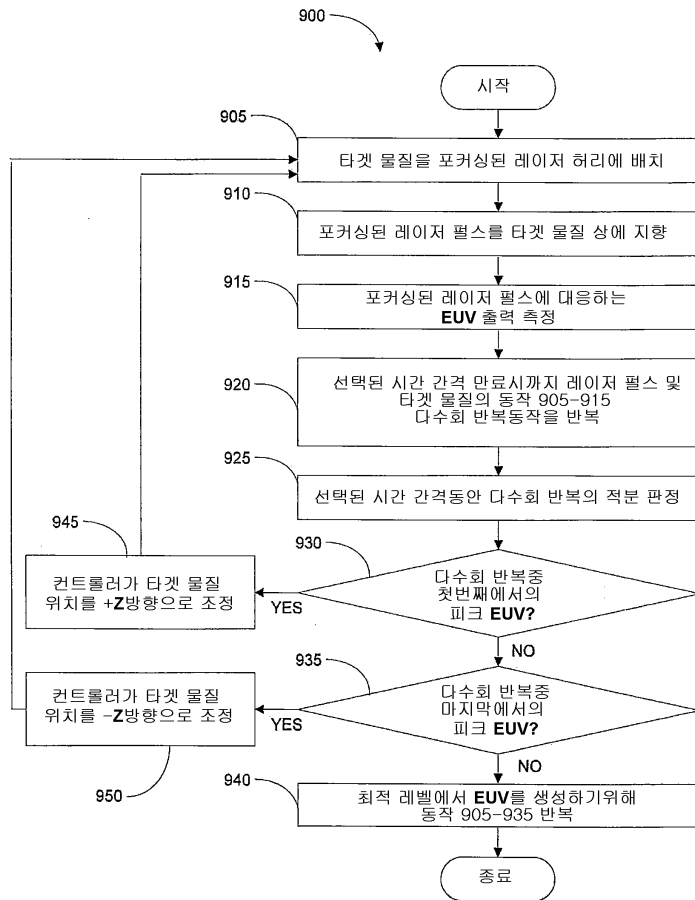
도면8c



도면8d



도면9



도면10

