



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2012년03월12일  
(11) 등록번호 10-1118995  
(24) 등록일자 2012년02월15일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
G01J 1/00 (2006.01) G03F 7/20 (2006.01)  
H01J 35/20 (2006.01) H01J 65/04 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2006-7019050

(22) 출원일자(국제) 2005년03월03일  
심사청구일자 2010년02월19일

(85) 번역문제출일자 2006년09월15일

(65) 공개번호 10-2006-0125903

(43) 공개일자 2006년12월06일

(86) 국제출원번호 PCT/US2005/007056

(87) 국제공개번호 WO 2005/089130

국제공개일자 2005년09월29일

(30) 우선권주장  
10/803,526 2004년03월17일 미국(US)

(56) 선행기술조사문현

JP2001052653 A

KR1020020033181 A

JP2003534631 A

DE10154287 A

전체 청구항 수 : 총 10 항

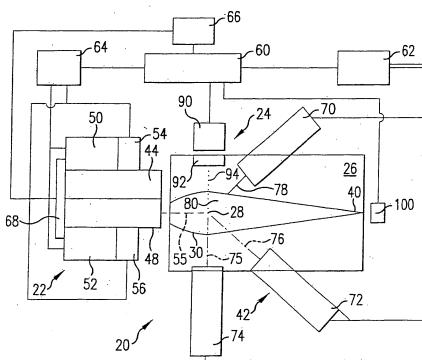
심사관 : 조성찬

(54) 발명의 명칭 고 반복율 레이저 발생 플라즈마 EUV 광원

### (57) 요약

선택된 펄스 반복율로 소망하는 타겟 점화 사이트(28)에 포커싱된 레이저 펄스(55)를 공급하는 펄스 레이저(22); 이산 타겟(94)을 제공하는 타겟 형성 시스템(92); 타겟 형성 시스템(92)과 점화 사이트(28) 사이에 있는 타겟 스티어링 시스템(350); 타겟 형성 시스템(92)과 타겟 스티어링 시스템(350) 사이에서의 타겟의 이동에 대한 정보를 제공하는 타겟 추적 시스템(42); 점화시 점화 사이트(28) 또는 그 근방에 전기 플라즈마 감금 필드(316)를 제공하는 정전 플라즈마 억제 장치(314); EUV광을 통과시키기 위한 중간벽(282)을 갖는 베셀(30); 및 점화 사이트 근방에 자기 필드(320)를 발생시키는 자기 플라즈마 한정 매커니즘(329)을 포함하는 EUV 광원 장치(20).

### 대 표 도



(72) 발명자

파르톨로 월리암 엔.

미국 캘리포니아 92064 포웨이 페드리자 드라이브  
12634

포렌코프 이고르 브이.

미국 캘리포니아 92129 샌디에고 자날웨이 14390  
스타이거 토마스 디.

미국 캘리포니아 92128 샌디에고 12080 트리볼리  
파크 로우 #8

알고츠 마틴 제이.

미국 캘리포니아 92131 샌디에고 스크립스 랜치 블  
러바드 1105

보워링 노버트 알

미국 캘리포니아 92127 샌디에고 아파트먼트 242  
마루린 드라이브 15393

자크스 로버트 엔.

미국 캘리포니아 92129 샌디에고 셔본 레인 7163  
팔렌샤트 프레데릭 에이.

미국 캘리포니아 91945 레몬 그로브 알톤 드라이브  
8177

송준

미국 캘리포니아 92128 샌디에고 폰스타넬레 플레이  
스 13822

## 특허청구의 범위

### 청구항 1

베셀;

EUV 생성 플라즈마 발생기;

생성된 EUV 광을 상기 베셀의 한 단부에 있는 중간 포커스로 포커싱하기 위한 콜렉터;

상기 플라즈마 발생기와 상기 중간 포커스 사이의 상기 베셀 내부에 있고, 중간 벽 내부에 EUV 광 통로를 갖고, 상기 베셀을 제1 압력 구역과 제2 압력 구역으로 구분하는 중간 벽; 및

포커싱된 EUV 광을 위한 통로를 포함한 저압 트랩을 개구 내부에 갖고, 제1 압력과 제2 압력간의 차이로 인해 저압 트랩에 걸친 압력 강하를 유지시키도록 구성된 EUV 개구를 포함하는 것을 특징으로 하는 EUV 광원.

### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 저압 트랩은 저압 트랩 내부에 형성된 포커싱된 미세한 광 통로를 갖춘 입체 구형부를 포함하는 것을 특징으로 하는 EUV 광원.

### 청구항 3

제 1 항에 있어서, 상기 EUV 생성 플라즈마 발생기는 불연속적 타겟을 조사 사이트로 운반하는 타겟 운반 메카니즘을 포함하는 것을 특징으로 하는 EUV 광원.

### 청구항 4

제 3 항에 있어서, 상기 조사 사이트는 상기 제1 압력 구역내에 있고, 상기 제1 압력은 상기 제2 압력보다 더 큰 것을 특징으로 하는 EUV 광원.

### 청구항 5

제 4 항에 있어서, 복수의 콜드 평거를 더 포함하고, 상기 콜드 평거는 상기 제1 압력 구역 내에 있는 것을 특징으로 하는 EUV 광원.

### 청구항 6

제 4 항에 있어서, 상기 제2 압력을 유지하는 진공 펌프를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 EUV 광원.

### 청구항 7

제 1 항에 있어서, 상기 EUV 생성 플라즈마 발생기는 드롭렛을 조사 사이트로 운반하는 타겟 운반 메카니즘을 포함하는 것을 특징으로 하는 EUV 광원.

### 청구항 8

제 1 항에 있어서, 상기 콜렉터는 타원형 미러인 것을 특징으로 하는 EUV 광원.

### 청구항 9

제 1 항에 있어서, 상기 콜렉터는 조사 사이트에 포커스를 가지는 것을 특징으로 하는 EUV 광원.

### 청구항 10

제 1 항에 있어서, 상기 베셀 내에 배치된 복수의 콜드 평거를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 EUV 광원.

### 청구항 11

삭제

청구항 12

삭제

청구항 13

삭제

청구항 14

삭제

청구항 15

삭제

청구항 16

삭제

청구항 17

삭제

청구항 18

삭제

청구항 19

삭제

청구항 20

삭제

청구항 21

삭제

청구항 22

삭제

청구항 23

삭제

청구항 24

삭제

청구항 25

삭제

청구항 26

삭제

청구항 27

삭제

청구항 28

삭제

청구항 29

삭제

청구항 30

삭제

청구항 31

삭제

청구항 32

삭제

청구항 33

삭제

청구항 34

삭제

청구항 35

삭제

청구항 36

삭제

청구항 37

삭제

청구항 38

삭제

청구항 39

삭제

청구항 40

삭제

청구항 41

삭제

청구항 42

삭제

청구항 43

삭제

청구항 44

삭제

청구항 45

삭제

청구항 46

삭제

청구항 47

삭제

청구항 48

삭제

청구항 49

삭제

청구항 50

삭제

청구항 51

삭제

청구항 52

삭제

청구항 53

삭제

청구항 54

삭제

청구항 55

삭제

청구항 56

삭제

청구항 57

삭제

청구항 58

삭제

청구항 59

삭제

청구항 60

삭제

청구항 61

삭제

청구항 62

삭제

청구항 63

삭제

청구항 64

삭제

청구항 65

삭제

청구항 66

삭제

청구항 67

삭제

청구항 68

삭제

청구항 69

삭제

청구항 70

삭제

청구항 71

삭제

청구항 72

삭제

청구항 73

삭제

청구항 74

삭제

청구항 75

삭제

청구항 76

삭제

청구항 77

삭제

청구항 78

삭제

청구항 79

삭제

청구항 80

삭제

청구항 81

삭제

청구항 82

삭제

청구항 83

삭제

청구항 84

삭제

청구항 85

삭제

청구항 86

삭제

청구항 87

삭제

청구항 88

삭제

청구항 89

삭제

청구항 90

삭제

청구항 91

삭제

청구항 92

삭제

## 명세서

### 기술 분야

[0001]

본 발명은 레이저 발생 플라즈마와, 펄싱된 레이저 빔에 의한 조사를 위해 운반되는 고체 입자 또는 드롭렛 또는 드롭렛에 매입된 고체 입자 형태의 이산 타겟을 사용하여 EUV 광을 발생시키기 위한 시스템에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002]

LPP EUV 소스는 오랫동안 논의되어 왔다. 더욱 작은 집적회로 임계치수 리소그래피를 위한 필요조건 및 수십 (예로서 10-30)나노미터 범위에서의 더욱 짧은 파장의 광원을 위한 필요조건으로서, 전력, 반복율, 도우즈 안정 성등을 위한 모든 필요조건 및 리소그래피 광원으로서의 사용을 위한 EUV 광원을 위한 필요조건을 충족시킬 수 있는 작동가능한 EUV 광원을 필요로 한다. 예로서, 어떠한 전력 필요조건들이 가능한 것인 지에 대한 몇몇 지시가 있다. 이를 살펴보기 위한 한 방법은 시스템 필요조건인 것으로 보이는 일정한 리소그래피 파라미터를 통합하는, 예로서 TRW/CEO 시스템과 같은 레이저 발생 플라즈마(LPP;laser produced plasma) 시스템의 보고된 성능과, 디프 플라즈마 포커스 시스템, 다양한 방전 발생 플라즈마(DPP) 시스템을 위한 제안을 비교하는 것이다. TRW/CEO 시스템을 위한 보고된 수치는 표 1에 나타내었다.

[0003]

표 1

[0004]

	<u>TWO/CEO LPP</u>
중간 포커스에서 수집된 EUV 파워("I.F.")	100W**
콜렉터 광 트랜스미션	55%*
콜렉터 내로의 EUV 파워	181W
지오메트릭 수집 효율	5 str/ $2\pi$ str
$2\pi$ str 내로의 EUV 파워	227W
레이저-EUV 변환	1.0%
베셀 내로의 "펌프" 파워	22,700W
전기-레이저 변환	3%
월 플리그 전력	756,666W

[0005] \* 2003 SPIE에 주어진 TRW/CEO 포스터 페이퍼에 따른 것임.

[0006] \* EUV 광원에 대한 잠재고객에 의해 요청되는 필요조건에 따른 것임.

[0007]

현재 사용되는 예로서 집적회로 제조 시설의 몇몇 시스템은 킬로와트 범위의 전력을 필요로 하는 반면에, 예로서 이온 임플란터 또는 고속 써멀 어닐링 시스템 보단 페브 당 EUV 광원을 사용하는 많은 스캐너를 필요로 하고, 또한 이러한 유형의 투사된 인입 전력을 필요로 하는 가능성이 있다. EUV 광원 효율에 관한 제안에 대한 개선 필요성이 명백히 존재한다.

[0008] 상기 EUV 광원의 전체 효율에 대한 매우 중요한 한 영역은 콜렉터이다. 요구되는 광 에너지를 중간 포커스에 전달하기 위한 능력과 간섭할 수 있고 시간에 따른 잔해물 증착을 제어하지 못하는 능력에 기인하여 잔해물이 콜렉터의 빈번한 교체를 필요로 한다면 광원의 경제적 효율을 감소시키는 것을 포함하는, 잔해물 관리를 포함하는, 콜렉터 효율에 관한 많은 이슈들이 설명될 필요가 있다. 콜렉터 시스템을 위한 제안들이, 그 내용이 본 명세서에 참조문헌으로 통합되고, 2004년 3월 10일 출원되고, 공동계류중인 발명의 명칭이 "COLLECTOR FOR EUV LIGHT SOURCE"에 설명되어 있다.

[0009] 예로서 10% 전기-레이저 변환 효율로 요구되는 벽 플러그 전력은 227,000W가 된다. 이 값은 본질적으로 방전 발생 플라즈마("DPP")와 동일하다. TRW/CEO도 레이저-EUV 효율을 두 배로 하는 그들의 목적을 달성할 수 있다면, 요구되는 벽 플러그 전력은 113,500W가 된다. 물론, 이 변환 효율을 증대시키는 방법은 DPP에 마찬가지로 적용되고 따라서 DPP 벽 플러그 필요조건도 반으로 떨어질 것이다.

[0010] EUV 리소그래피 광원의 디자인 이면의 구동력 예로서, 타겟 재료, 콜렉터 스트레터지, 방전 발생 플라즈마 ("DPP", 예로서 디프 플라즈마 포커스("DPF") 또는 레이저 발생 플라즈마("LPP")등에 대한 선택은 예로서 248nm 드라이브 레이저로 예로서 LPP 소스에 의해 발생된 대역외(out-of-band)방사선의 레벨에 관해 리소그래피 툴 제조자에 의한 필요조건이다. EUV 멀티층 미러는 UV 영역에 대해 고반사도를 나타내고 다수의 제안된 EUV 포토레지스트가 UV/DUV에 민감하므로, 소스가 예로서 130-400nm 범위의 대량의 방사선을 발생시키지 않는 것이 매우 중요하다. 248nm 드라이브 레이저로, 적외선 드라이브 레이저와 대조적으로, 소량의 산란된 레이저 광이 EUV 광원으로부터의 고 레벨의 UV 방사선이 되게한다.

[0011] 발생 EUV 소스를 위한 대역외 방사선에 관해 현재 의도된 완전한 명세규격이 예로서 13.5nm 에너지에서의 대역내(in-band) 허용비율과 관심있는 과장 범위가 하기에 리스트되어 있다.

[0012]	<u>범위</u>	<u>허용된 백분율(13.5nm 인-밴드에 대해)</u>
[0013]	10-40nm	100%
[0014]	40-130nm	100%
[0015]	130-400nm	1%
[0016]	400-800nm	100%
[0017]	>800nm	0.05%

[0018] 그러므로 모든 방사선, 예로서 130nm와 400nm 사이의 방사선은 인-밴드 13.5nm 방사선의 1% 미만이어야 한다. 따라서, 예로서 (한 방사선이) 인-밴드 EUV 내부로의 2% 기여를 가정하면 (그 방사선은) 130-400nm 대역내부로의 0.02% 변환효율을 가져야만 한다. 이것은 LPPs 및 DPPs 모두에게 믿을 수 없을 정도로 엄격한 필요조건이다.

[0019] 확장 레이저 발생 플라즈마의 작용 및 플라즈마상의 자계의 효과는 본원 명세서에 참조문헌으로서 통합된 예로서, H. Pant, "Behavior of Expanding Laser Produced Plasma in a Magnetic Field," Physica Scripta, Vol. T75(1998), pp. 104-111; Tillmack, Magnetic Confinement of LPP, UCSD Report and Abramova, "Tornado Trap,에 설명된 바와 같이 모델로되고 연구되어 왔다.

### 발명의 상세한 설명

[0020] 선택된 펄스 반복율로 소망하는 타겟 점화 사이트에 포커싱된 레이저 펄스를 공급하는 필성된 레이저; 이산 타겟을 레이저 펄스 반복율과 조화를 이룬 선택된 인터벌로 제공하는 타겟 형성 시스템; 타겟 형성 시스템과 소망하는 타겟 점화 사이트 중간에 있는 타겟 스티어링 시스템; 타겟 형성 시스템과 타겟 스티어링 시스템 사이에서의 타겟의 이동에 대한 정보를 제공하는 타겟 추적 시스템을 포함하고, 타겟 스티어링 시스템이 타겟을 소망하는 타겟 점화 사이트로 보낼 수 있게 하는, EUV 광원 장치 및 방법이 개시되었다. 타겟 추적 시스템은 레이저 발사(firing) 제어 신호의 생성을 인에이블시키는 정보를 제공하고, 타겟의 투사된 운반 경로 상의 한 지점에서 교차하도록 지향되고, 각각의 지점을 통하여 타겟의 통로를 검출하는 각각이 대향하여 배치된 광 검출기를 갖는 시준된(collimated) 광원을 포함하거나, 또는 좌표축을 따라 정렬된 복수개의 감광 엘리먼트의 선형 어레이를 포함하는 검출기를 포함하는 드롭렛 검출기를 포함하고, 광원으로부터의 광은 타겟의 투사된 운반 경로를 교차하고, 그것의 적어도 하는 플레인-인터셉션 검출 디바이스를 포함한다. 드롭렛 검출기는 각각이 상이한 광

주파수에서 동작하는 복수의 드롭렛 검출기를 포함할 수 있고, 또는 뷰필드를 이미징하는 2차원 픽셀 어레이 및 뷰필드를 갖는 카메라를 포함할 수 있다. 본 발명의 장치 및 방법은 점화시 타겟 점화 사이트 또는 그 근방에 전기 플라즈마 가둠 필드를 제공하는 정전 플라즈마 가둠 장치를 포함할 수 있고, 타겟 추적 시스템은 정전 플라즈마 가둠 장치의 제어를 인에이블시키는 신호를 제공한다. 본 발명의 장치 및 방법은 EUV광의 통과를 허용하고 저압 트랩에 걸리는 차동 압력을 유지시키는 저압 트랩을 갖춘 중간 벽을 갖는 베셀을 포함한다. 본 발명의 장치 및 방법은 타겟 추적 시스템으로부터의 출력을 사용하여 제어될 수 있고 펄싱될 수 있는, 플라즈마를 점화 사이트에 가두기 위해 타겟 점화 사이트 근바에서 자계를 발생시키는 자기 플라즈마 가둠 매커니즘을 포함한다.

### 실시 예

[0033]

도 1을 참조하면, 본발명의 일 태양에 따른 레이저 발생 EUV 광원(20)인 EUV 광원에 대한 전반적인 개념에 대한 개략도가 도시되어 있다. 광원(20)은 고전력 및 고 펄스 반복율로 동작하는 예로서 가스 방전 액시머 또는 분자 플루오르 레이저와 같은 펄스된 레이저 시스템(22)을 포함할 수 있고 예로서 미국특허 제 6,625,191호, 6,549,551호, 6,567,450호에 나타난 바와 같은, MOPA 구성 레이저 시스템일 수 있다. 광원(20)은 액체 드롭렛, 고체 입자 또는 액체 드롭렛 내부에 함유된 고체 입자 형태의 타겟을 운반하는 타겟 운반 시스템(24)을 포함할 수 있다. 타겟은 예로서 챔버(26)의 내부로 타겟 운반 시스템(24)에 의해 조사(irradiation) 사이트(28)에 그 렇지않으면 화이어 볼의 사이트 또는 점화 사이트로 알려진 사이트에 운반될 수 있다. 타겟 운반 시스템(24)의 실시예는 하기에 상세히 설명된다.

[0034]

레이저 펄스는 펄스된 레이저 시스템(22)으로부터 챔버(26)내의 원도우(도시되지 않음)를 통하여 레이저 광축(55)을 따라 조사 사이트에 운반되고, 타겟의 재료에 따라, 점화 후 또는 점화 동안 플라즈마로부터 나온 잔해물의 유형 및 양, 발생된 x-선 광의 과장등을 포함하는 일정한 특성을 갖는, x-선 발사 플라즈마를 형성하는 화이어 볼 및 점화를 일으키도록, 타겟 운반 시스템(24)에 의해 발생된 타겟의 도달과 연계하여 하기에 상세히 설명되는 바와 같이, 적절하게 포커싱된다.

[0035]

광원은, 레이저 광이 점화 사이트(28)에 입력될 수 있도록 하기 위한 애피어처를 구비한, 트런케이트된 타원형인 예로서 리플렉터인 콜렉터(30)도 포함할 수 있다. 콜렉터 시스템의 실시예가 하기에 상세히 설명된다. 콜렉터(30)는 예로서 점화 사이트(28)에서 제1 포커스를 갖고 EUV광이 광원으로부터 출력되고 예로서 (도시되지 않은) 집적회로 리소그래피 툴에 입력되는 소위 중간 지점(40)(중간 포커스(40)로도 칭함)에 제2 포커스를 갖는다. 시스템(20)은 타겟 위치 검출 시스템(42)을 포함할 수 있다. 펄스된 시스템(22)은 예로서 마스터 오실레이터-전력 증폭기("MOPA") 구성 듀얼 챔버로 된 가스 방전 레이저 시스템을 포함하고, 이는, 오실레이터 레이저 시스템(44) 및 증폭기 레이저 시스템(48)을 갖고, 오실레이터 레이저 시스템(44)을 위한 자기 리액터-스위칭된 펄스 압축 및 타이밍 회로(52)와 함께, 오실레이터 레이저 시스템(44)을 위한 펄스 파워 타이밍 모니터링 시스템(54)과 증폭기 레이저 시스템(48)을 위한 펄스 파워 타이밍 모니터링 시스템(56)을 구비하고 있다. 시스템(20)은 또한 EUV 광원 제어 시스템(60)을 포함하고, 이는 또한 예로서 레이저 빔 포지셔닝 시스템(66)과 함께 화이어링 제어 시스템(65)과 타겟 위치 검출 피드백 시스템(62)을 포함한다.

[0036]

타겟 위치 검출 시스템은 점화 사이트에 대한 타겟 드롭렛의 위치에 대한 입력을 제공하고 이들 입력을 타겟 에러가 연산될 수 있는 타겟 위치 및 궤적을 연산할 수 있는 타겟 위치 검출 피드백 시스템에, 제공하는 복수 개의 드롭렛 이미저(70,72,74)를 포함하고, 드롭렛 단위기준이 아니면 평균으로, 그것은 레이저 빔의 포커스 포인트를 상이한 점화 지점(28)으로 변경시키는 방향 변경기 및 레이저 위치의 방향 및 위치를 제어하기 위해 사용할 수 있는 레이저 빔 포지셔닝 시스템(66)에 레이저 위치 및 방향 보정 신호를 제공할 수 있는, 시스템 컨트롤러(60)로의 입력으로서 제공된다.

[0037]

이미저(72)는 타겟 운반 시스템(92)으로부터 소망하는 점화 사이트(28)로 타겟 드롭렛(94)의 소망하는 궤적 경로와 정렬된 이미징 라인(75)을 따라 조준되고 이미저(74, 76)는 소망하는 점화 사이트(28) 전의 경로를 따라 어떤 지점(80)에서의 소망하는 궤적 경로를 따라 교교차하는 교차 이미징 라인(76 및 78)을 따라서 조준된다.

[0038]

타겟 운반 제어 시스템(90)은 시스템 제어기(60)로부터의 신호에 응답하여 ,소망하는 점화 사이트(28)에 도달하는 타겟 드롭렛에서의 에러를 보정하기 위해 타겟 운반 매커니즘(92)에 의해 릴리징된 타겟 드롭렛(94)의 릴리즈 포인트를 수정할 수 있다.

[0039]

중간 포커스(40)에 또는 근방의 EUV 광원 검출기(100)는 효과적이고 효율적인 LPP EUV 광 발생을 위해 타겟 드

롭렛을 정확한 위치 및 시간에 적절하게 인터셉트하도록, 레이저 펄스의 포커스 및 타이밍등에서의 에러를 지시할 수 있는 피드백 을 시스템 컨트롤러(60)에 제공한다.

[0040] 도 1a를 참조하면, 도 1에 도시된 바와 같은 컨트롤러 시스템(60) 및 그와 연계된 모니터링 및 제어 시스템(62, 64, 66)에 대한 추가 상세사항이 개략적으로 도시되어 있다. 컨트롤러는 복수 개의 위치신호(134, 136)를 수신하고 타겟 위치 검출 피드백 시스템으로부터의 궤적 신호(136)는 시스템 클록(116)에 의해 클록 버스(115)를 통해 시스템 컴포넌트에 제공된 시스템 클록 신호와 상관된다. 컨트롤러(60)는 시스템 타임에서의 일정 포인트에서의 타겟의 실제 위치를 계산할 수 있는 선도달 추적 및 타이밍 시스템(110)과 일정한 시스템 타임에서의 타겟 강하의 실제 궤적을 연산할 수 있는 타겟 궤적 연산 시스템(112), 및 발생할 점화 시간 및 공간에서의 어떤 소망하는 포인트에 비교된 시간적 및 공간적 에러 신호를 계산할 수 있는 조사 사이트 시간적 및 공간적 에러 연산 시스템(114)을 갖는다.

[0041] 컨트롤러(60)는 시간 에러 신호(140)를 화이어링 제어 시스템(64)에 제공하고 공간 에러 신호(138)를 레이저 빔 포지셔닝 시스템(66)에 제공한다. 화이어링 제어 시스템은 공진 충전기 점화 신호(122)를 계산하여 오실레이터 레이저(44) 자기 리액터-스위칭된 펄스 압축 및 타이밍 회로(50)의 공진 충전기부(118)에 제공하고, 공진 충전기 점화 신호를 예로서 PA 자기 리액터-스위칭된 펄스 압축 및 타이밍 회로(52)의 공진 충전기부(120)에 제공하고, 상기 신호는 모두 동일한 신호일 수 있고, 트리거 신호(130)를 오실레이터 레이저(44) 자기 리액터-스위칭된 펄스 압축 및 타이밍 회로(50)의 압축 회로부(126)에 제공하고, 상기 트리거 신호와 동일하지 않을 수 있고 오실레이터 레이저 시스템과 증폭기 레이저 시스템을 위해 각각 광 출력 검출 장치(54, 56)로부터의 입력으로부터 및 시간 에러 신호(140)로부터 부분적으로 계산될 수 있는, 트리거 신호(132)를 증폭기 레이저 시스템(48) 자기 리액터-스위칭된 펄스 압축 및 타이밍 회로(52)의 압축 회로부(128)에 제공한다.

[0042] 공간 에러 신호는, 화이어링 포인트 신호 및 사이트(sight) 신호의 라인을, 화이어 시점에서의 레이저 시스템 증폭기 레이저(48)의 출력의 위치 및 레이저 출력 빔의 조준 방향 모두 또는 그중 하나를 변경시킴에 의해 점화 사이트(28)를 위한 포커스 포인트를 변경시키도록 레이저를 위치지정하는 레이저 빔 포지셔너에, 제공하는 레이저 빔 포지션 및 방향 제어 시스템(66)에 제공된다.

[0043] 도 2a 및 2b를 참조하면, 콜렉터 미러(150)를 들여다 보도록 향한 콜렉터(30)의 개략측면도와 도 2a의 라인 2B의 단면을 따른 회전방향으로 대칭인 콜렉터 미러(150) 배열의 단면도가 도시되어 있다(상기 단면도는 도 2a의 임의 방사상 축을 따른 것과 동일할 수 있다해도).

[0044] 도 2a에 도시된 바와 같이 타원형 콜렉션 미러(150)는 미러를 바라보는 단면이 원형이고, 이것은 포커스 포인트(28)에 있도록 디자인된 점화 사이트에 타겟 드롭렛(94)이 도달하는 것을 방지하도록 하기위해, 도 1a에 도시된 미러의 최대 확장부에 있는 단면일 수 있다. 그러나, 미러는, 타겟 드롭렛이 포커스 포인트로 통과할 수 있도록 하기 위한 미러내의 적절한 홀(도시되지 않은)을 구비하여, 미러는 중간 포커스를 통해 더욱 확장할 수 있음이 이해될 것이다. 타원형 미러는 또한 예로서 포커싱 옵틱을 통해 포커싱된 LPP 레이저 빔(154)이, 미러(150)를 통하여 타원형 미러의 포커스에 있을 것이 소망되는 점화 포이트(28)에 입력될 수 있도록 도 2a에 원형으로 도시된 애퍼어처(152)를 가질 수 있다. 애퍼어처(152)는, 채용된 제어 시스템 유형에 좌우되어, 점화 사이트상에 레이저 빔(154)의 포커스를 보정하기 위한 임의의 빔 광학 경로에 대한 임의의 수정이 있으면, 필요조건내에서 일반적으로 장방형인 빔 프로파일로 더욱 알맞게 맞춰지도록 될 수 있다.

[0045] 도 2a 및 2b에는 본발명의 실시예의 관점에 따른 잔해물 실드(180)가 도시되어 있다. 잔해물 실드(180)는, 소망하는 점화 사이트로부터 방사상 외방으로 뻗고 잔해물 실드(180)를 통하여 방사상으로 뻗는 좁은 편평형 채널(184)을 형성하는, 몰리브덴으로 된 얇은 포일로 이루어 진 복수 개의 얇은 플레이트(182)로 구성될 수 있다. 도 2a의 예시는 축척에 따르지 않은 개략적인 것이고, 실제로 이 채널은 가능한한 얇게 제조된다. 바람직하게 포일 플레이트(182)는 점화 사이트(28)에 포커싱된 레이저 빔(155)에 의해 타겟 드롭렛(94)의 점화에 의해 형성된 플라즈마로부터 방사된 x-선 광의 약간을 블록킹하기 위해, 채널(184) 보다 훨씬 얇도록 만들어 질 수 있다.

[0046] 도 2b에서 알 수 있는 바와 같이, 잔해물 실드(180)내에서의 채널(182)의 기능이 도시되어 있다. 단일 방사상 채널이 도 2b에 도시되어 있고 마찬가지가 잔해물 실드(180)의 채널내의 잔해물 실드(180) 및 콜렉터 미러(150)의 회전축과 회전방향으로 대칭인 회전축을 통해 콜렉터(30)의 임의의 섹션에서도 볼 수 있다. 점화 사이트(28)로부터 방사상 외방으로 주행하는 점화 사이트(28)로부터 방사된 EUV광(및 기타 광 에너지)의 각각의 광선(190)은 도 2b에 도시된 바와 같이, 잔해물 실드(180)내의 각각의 채널(182)을 통과할 것이고, 소망한다면, 항상 콜렉션 미러(150) 반사표면으로 뻗는다. 타원형 미러(150)의 표면을 충동하는 경우, 임의의 입사각도에서,

광선(190)은 도 1에 도시된 중간 포커스(40)에 포커싱된 반사 광선(192)으로서 동일 채널(180) 내부에서 되반사 되게 된다.

[0047] 도 3을 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 타겟 형성/운반 시스템(24)의 가능한 바람직한 실시예가 도시되어 있다. 타겟 운반 시스템(24)은 보디(202) 및 캡(204)을 가질 수 있는 예로서 타겟 형성/운반 장치(200)를 포함할 수 있고, 보디(202) 및 캡(204)으로 직경이 약  $20\mu\text{m}$ 인 상대적으로 균등한 직경의 펠럿인 고체 형태 또는 액체 형태로 비교적 순수한 상태의 리튬인 타겟 재료를 담을 수 있는 내부 캐비티(206)를 형성한다. 도 3에 예시된 바와 같이, 소스는 소스 입력부(도시되지 않음)를 통하여 액체 또는 고체 형태로, 캐비티(206)에 공급될 수 있는 액체 형태의 리튬이고, 아르곤일 수 있는 가스를 가압하기 위해 소스(21)를 통해, 주석과 리튬간의 질량과 점도의 차이에 기초하여, 리튬 보단 훨씬 못하지만, 타겟으로서 액체 주석을 위해 예로서 10-20psi의 압력하에 유지될 수 있다.

[0048] 타겟 형성/운반 장치(200)는 리튬에 대해 약  $500^{\circ}\text{C}$  이상에서 캐비티내에 재료를 유지시킴에 의해 액체 형태의 액체 리튬인 액체 타겟 재료를 유지시키는 보디를 가열하는 역할을 하고 보디(202)를 환형으로 둘러싸는 예로서 카트리지 히터(210)인 히터를 가질 수 있다.

[0049] 캐비티(206)는 그 하부 단부에서, 대안실시예에서 노즐(220)의 터미널 단부에서 노즐 개구(226) 이전에 하나의 타겟 펠럿의 사이즈로 점점 폭이 좁게하는 솔리드 타겟 펠럿 소스의 역할을 할 수 있고, 액체 타겟 재료를 사용하는 대안 실시예의 경우에, 타겟 드롭렛(94)으로 분리시키는 역할을 할 수 있는, 직경이  $20\mu\text{m}$ 인 스트립(220)을 정의하는 사이즈로 점점 폭이 좁아지게 하는, 내로우잉부(222)를 가질 수 있는 노즐(220) 내부로 개방될 수 있다.

[0050] 타겟 드롭렛(94)은 궁극적으로 스트립(224)으로부터의 실제 형성하는 타겟 드롭렛(94)의 사이즈 및 분배를 선택할 수 있는 액체 스트립(224) 내부로 요동하는 불연속을 가하기 위해 노즐을 스퀴징하는, 도 3에 개략적으로 지시된 바와 같은 정현파인 주기적인 신호인, 타겟 운반 시스템 컨트롤러(90)로부터의 신호의 영향하에 있는 퍼튜버(226)의 사용을 통하여 형성될 수 있다. 타겟 운반 컨트롤러는 전체 시스템 컨트롤러(60)으로부터 제어되게 된다.

[0051] 전체 시스템 컨트롤러(60)은 소망하는 점화 사이트에 대해 이전에 운반된 타겟 드롭렛 또는 드롭렛들의 위치에 에러에 관하여 전체 시스템 컨트롤러(60)에 공급되는 정보에 기초하여 타겟 운반 시스템 위치 컨트롤러(240)를 제어한다. 위치 컨트롤러(240)는 출력 스트립(224)의 축에 직교하는 플레인에 타겟 형성/운반 시스템을 병진이동 시켜서 그 플레인에 노즐 출력(226)의 위치를 조정한다. 이것은, 예로서 코어스(coarse) 및 파인(fine) 조준 제어와 같은, 또는 저속 조준(aiming) 제어 루프 및 고속 조준 제어 루프 모두의 조합 또는 서보 모터 또는 압전 액추에이터에 의해 행해질 수 있다.

[0052] 본원인은 예로서 약  $20\mu\text{m}$  직경의 드롭렛을 약  $50\mu\text{m}$ (플라즈마 및 그 잔해물로부터 노즐을 보호하기 위해 더 긴 거리가 필요로 될 수 도 있음)의 거리에 걸쳐 소망하는 타겟 시뮬레이팅된 점화 사이트에 운반하는 경우, 예로서 약  $.25\text{mm}$ 의 에러가 소망하는 타겟 점화 사이트와 마주하는 도착 지점에서 발생할 수 있다. 본원인은 이것이 정상적으로는 진정한 수직인(도 3에 예시적으로 도시된 바와 같이), 타겟 사이트로의 올바른 궤적 경로에 대해 일정한 각도로 타겟 형성 장치(200)의 노즐을 초기에 떠나는 드롭렛에 기인하는 것으로 알고 있다. 본원인은 또한 이것은 한번 형성되면 비교적 안정한 상태에 있을 수 있는, 노즐 개구에 걸쳐 온도등에서 측방향 차이와 같은 몇몇 결과에 기인할 수 있다고 믿는다. 이를 위해, 본원인은 예로서 마주하고 있는 타겟 점화 사이트인 타겟 도달 위치에서의 에러를 제거하기 위해 이와 같은 드롭렛 형성 축 경사(tilting) 에러의 결과를 측정하는 타겟 위치 에러 신호의 피드백에 기초하여, 드롭렛 형성 축 경사 에러로부터 반대방향으로 멀어지고 동일하게 노즐을 경사시키기 위해 타겟 형성 시스템(92) 위치 컨트롤러(240)에 통합된 경사 매커니즘(도시되지 않음)을 제안한다. 이것은 예로서, 타겟점화 사이트로의 올바른 비행 경로를 위해 노즐 출력부에서 드롭렛 형성 축 에러를 상쇄시키기 위해 노즐에서 예로서 5-10 스타라디안의 경사를 유도하기 위해서만 필요로 될 수 있는, 예로서 압전 소자로 행해질 수 있다.

[0053] 전체 시스템 컨트롤러(60)는 점화 사이트(28)로의 궁극적 운반을 위해, 하기에 상세히 설명되는 바와 같이, 바람직한 점화 사이트(28) 또는 타겟 추적 및 스티어링 시스템(350)으로의 드롭렛(94)의 운반/형성에 관한 궁극적 드롭렛(94)의 사이즈, 드롭렛(94)의 운반율, 드롭렛(94)의 간격 또는 기타 동작 파라미터를 조정하는 역할을 하는 아르곤 가압 가스의 압력을 제어하기 위해 신호(도시되지 않음)를 타겟 운반 시스템(92)에 또한 제공한다.

- [0054] 이제 도 4a 및 b를 참조하면 본 발명의 실시예의 한 태양에 따라 가능한 타겟 추적 시스템(42)의 실시예가 도시되어 있다. 타겟 추적 시스템(42)은 그것의 비교적 저렴한 것에 대해 선택된 헬륨-네온(HeNe) 레이저(250)를 포함한다. HeNe레이저는 632-38nm의 파장/주파수의 광의 빔(256)을 발생시키고, 레이저 광원(22) 빔(154)에 의해 충돌될 수 있고 빔(154)에 대해 완전히 투과성일 수 있고 소망하는 점화 스폿(28)에 포커싱된 빔(154)과 동일한 포커싱 광학기구(156)를 통하여 빔(256)의 일부를 반사시킨다.
- [0055] 타겟 추적 시스템(42)은 또한 점화 사이트(28)를 통과하는 광을 검출기(262)에 포커싱하는 다른 포커싱 광학기구(260)를 포함할 수 있다. 검출기(262)는 레이저(22)의 대역이 아닌 HeNe 레이저의 대역의 광에 센서티브하도록 선택된, 광다이오드 또는 광다이오드의 선형 어레이와 같은 광다이오드 어레이일 수 있다. 검출기(262)는 광에 선택적으로 센서티브한 HeNe 레이저(250)로부터의 광이 컷오프될 때 마다 출력신호, 하이 또는 로우를, 점화 사이트(28) 또는 근방에서 광의 경로 내부로의 드롭렛(94)의 통과에 의해, 검출기의 하나이상의 광다이오드에 공급할 수 있다.
- [0056] 검출기는 HeNe 레이저의 파장에 센서티브한 광다이오드의 선형 어레이를 포함할 수 있고, 점화 사이트(28)를 통해 (수평 평면이 종이의 평면에 수직으로 방향을 이룬 것으로 가정하면, 도 4a에 도시된 바와 같이 방향을 이룬) 수평면인 어떤 평면에서 진정한 점화 사이트(28)의 어느 한 측상에 또는 이를 통하여 타겟 드롭렛의 통로를 지시하는, 어레이의 측방향 축에서 어레이를 가로질러 또는 측방향으로부터 멀어지거나 향하는 방향에서 어레이에서의 어떤 변위를 결정하도록 분석될 수 있는 신호 또는 신호들을 위치 피드백 시스템(62)과 같은 어떤 피드백 시스템에 또는 컨트롤러(60)에 공급하는 것이 인식될 것이다.
- [0057] 또한 검출기(262)가 (도면에 도시된 바와 같이) 수직으로 방향을 이룬 광다이오드의 또다른 선형 어레이를 포함한다면 이 어레이로부터의 강도 신호의 어떤 배분은 도 4a의 위치 94a 및 94b에 예시적으로 도시된 바와 같이 점화 사이트로부터의 드롭렛의 측방향 변위를 결정하기 위해 사용될 수 있다.
- [0058] 강도 신호의 변동하는 강도 또는 변위로부터 그러한 어레이(수평 또는 수직 방향)내의 중앙 광다이오드 이외의 것으로 수평방향으로 또는 수직방향의 여러 변위를 판별하는 능력을 제외하곤, 예로서, 충분한 HeNe 광이, 위치 94a 및 94b에 의해 축척에 따르지 않고 개략적으로 도시된 바와 같이, 오류있게 위치된 드롭렛에 의해서도, 검출기로부터 차단되면, 단순히 드롭렛(94)이 타겟상에 있다는 오류 지시를 할 수 있다. 그러면 검출기(262)에서의 광다이오드의 출력 신호는 타겟 드롭렛(94)이 점화 사이트(28)에 있어야 함을 지시하는 상기 언급한 로우(또는 하이) 신호로 해석되어진다.
- [0059] 도 4b를 참조하면, 드롭렛(94)이 점화 사이트(28)를 교차하고 있다는 것을 지시하는 예로서 두 개 또는 세개인 복수 개의 교차된 신호를 필요로 함에 의해 추적 시스템(42) 동작에서의 이와 같은 가능한 여러를 경감시키는 역할을 하는 본 발명의 실시예의 한 태양에 따른 또다른 가능한 장치배열을 도시하고 있다. 도 4b의 실시예는 도 4a에 대해 설명된 바와 같이, 조사 레이저 빔(154) 포커싱 광학기구(156)를 통과하는 도 4a에 도시된 바와 같이 빔(256)을 다시 통합할 수 있다. 광학기구(156)를 통과하는 한 이점은 HeNe레이저가 소망하는 점화 스폿(28)에 언제나 포커싱된다는 것인데, 하기에 상세히 설명되는 바와 같이, 포커싱 광학기구(156)를 또는 레이저(22)를 이동시킴에 의해, 또는 상기에 상세히 설명되는 바와 같이, 포커싱 광학기구(156)를 사용하는 피드백 시스템(62)에 의해 드롭렛(94)이 운반되는 장소에 따라, 전부를 점화 사이트(28)에 포커싱하는 하기에 더욱 상세히 설명되는 바와 같은 빔 포인팅 장비를 사용함에 의해 포커싱 광학기구(156)를 사용하는 피드백이 있다고 가정한다.
- [0060] 도 4b의 실시예는 HeNe레이저(256a 및 256b)로부터, 각각의 다른 검출기(262a 및 262b)에 각각 포커싱된 다른 포커싱 광학기구(260a 및 260b)로 레이저 빔을 운반하는 적어도 하나의 추가 타겟 추적 시스템을 포함한다. 이러한 방식으로, 두 개 이상의 로우(또는 하이) 신호는, 드롭렛(94)이 점화 사이트(28)를 이미징하는 두 개의 추가 각도로부터 점화 사이트를 통과하였다는 것을 지시하기 위해, 피드백 시스템(62)에 의해 수신되어야만 한다. 상기 설명한 바와 같이, 각각의 검출기(262, 262a 및 262b)는 소망하는 점화 사이트에 대해 드롭렛(94)의 수평 방향으로, 수직방향으로, 또는 두 방향 모두에서 위치 에러를 결정하기 위해 사용될 수 있는 어레이의 광다이오드에서의 강도 데이터를 제공할 수 있는 광검출기의 선형 어레이 또는 직교 선형 어레이를 가질 수 있다. 이것은, 고정된 소망하는 점화 사이트 즉 콜렉터의 포커스상에 완전하게 타겟 드롭렛을 운반하는 데 있어서의 타겟 운반 시스템 에러에 기인하여 레이저(22)가 새로운 사이트에 포커싱된다면, 어떤 고정된 점화 사이트와는 상이한 (도시되지 않은) 점화 사이트(28')로부터 드롭렛의 위치 에러를 검출하는 데에 사용된다.
- [0061] 또한 HeNe레이저 빔(256a 및 256b)중의 하나는 점화 사이트(28)에 도달하기 전의 위치(도시되지 않음)를 통하여 타겟 드롭렛의 통과를 검출할 수 있도록 도 4b에 도시된 바와 같이 페이퍼의 플레인 위로 방향지워질 수 있음이

이해될 것이다. 이것은, 점화 사이트(28) 상부에서의 드롭렛 경로에서의 위치로부터 점화 사이트(28)로의, 3개 검출기(262, 262a, 262b)의 다른 두 개에 의해 검출된 바와 같은, 비행시간을 계산하기 위해 피드백 컨트롤러(62) 및/또는 주 컨트롤러(60)에 의해 사용될 수 있다.

[0062] 검출기(262, 262a, 262b)의 응답 감도, 응답시간의 제한등으로 인해, 상기 언급한 추적 시스템은, 적어도 드롭렛 바이 드롭렛 기준으로, 본 발명의 실시예의 태양에 따라 타겟 추적 시스템(42)의 몇몇 또는 전부의 소망하는 기능을 달성하기 위한 목적에 충분하도록 고속으로 처리될 수 있는 데이터를 충분히 제공하거나 충분하게 응답하지 못할 수 있다.

[0063] 이미징 디바이스 및 검출기(256, 256a, 256b, 262, 262a, 262b)중의 하나는 플레인을 통하여 드롭렛 타겟(94)의 통과를 검출하기 위하여 도 4a에 도시된 바와 같이, 점화 사이트의 플레인 위에 편평 검출 플레인을 형성하기 위해 신장된 실린더형 렌즈로 형성될 수 있다. 이러한 경우에, 도 5에 개략적으로 도시된 시스템은 도 4a 및 4b 와 관련하여 설명된 타겟 추적 시스템의 몇몇 또는 모든 태양을 보충 또는 대체하는 데에 사용될 수 있다.

[0064] 레이저 빔(256, 256a, 256b)은 검출기(262, 262a, 262b)의 코로스-조명을 제거하기 위해 특정 주파수에만 센서티브 한 광다이오드를 사용하여 검출된 이미지 광들간을 구별하기 위해 검출기(262, 262a, 262b)에 있을 수 있도록 하기 위해 고조파를 획득하기 하기 위해 추가되고 주파수 증배될 수 있는, HeNe 이외의 상이한 레이저에 의해 발생될 수 있다.

[0065] 도 5를 참조하면, 가능한 고 레졸루션 타겟 추적 시스템(42)이 개략적으로 도시되어 있다. 도 5는 모든 카메라 뷰 필드가 서로 교차하고 점화 사이트(28)에서 모두 교차할 수 있는 도 5에서의 수정사항을 제외하곤, 도 1에 도시된 바와 같이 점화 사이트 근방에서 3개의 이미징 카메라(70, 72, 74)의 뷰 필드(270a, 272a, 274a)의 교차를 개략적으로 도시하고 있다. 도 5에 도시된 예에서, 각각의 뷰 필드는 상호 직교할 수 있다. 도 5는, 각각이 디지털 카메라 기술분야에서 공지된 바와 같은 전하 결합 소자(CCD) 또는 CMOS 이미징 접적된 회로 또는 단일 칩 CCD 또는 CMOS 이미저등에 의해 형성된, 핵심의 정방형 어레이(270)를 채용하는, 디지털 카메라일 수 있는 이미징 카메라(72)에 검출기 핵심의 정방형 어레이(270)로 확장하는 뷰 필드중의 하나를 예시한다.

[0066] 이미징 카메라(70, 72 및 74)는 도 4a 및 4b 또는 도 9에 관해 상기 설명된 바와 같은 플레인 교차 검출기로 보충될 수 있거나, 또는 점화 사이트(28) 근방의 타겟 드롭렛의 궤적을 계산하기 위해 점화 사이트(28) 상부의 위치정보 및 비행 시간 정보를 얻기 위해 점화 사이트(28) 상부의 뷰 필드를 갖도록 조준된 다른 카메라로 보충될 수 있음이 이해될 것이다.

[0067] 이러한 장치로, 어레이를 교차하는 드롭렛의 "블로브" 이미지를 추적하는 적절한 이미지 처리 소프트웨어를 사용하여 그리고 어레이(270)로부터 일반적으로 원형인 핵심의 그룹에 의해 형성된 드롭렛(94)의 이미지를 형성할 수 있다. 이미지 처리 및 객체 추적분야에서 당업자는 세 개의 교차하는 뷰 필드(270a, 272a, 274a)를 교차하는 그러한 추적은 드롭렛(94)이 점화 사이트(28)에 도달하기 이전의 드롭렛(94)의 추적을 제공할 수 있고, 그리고 본원에 설명되는 바와 같이, 레이저 목적 시스템(68)으로의 피드백 컨트롤에 기인하여, 콜렉터 포커스인 어떤 미리선택된 소망하는 점화 포인트이거나 아닐 수 있는, 그리고 주어진 드롭렛에 대해 특정한 타겟 드롭렛(94)을 위한 레이저 빔(154)을 위한 목적 포인트에 기초로 될 수 있는, 타겟 점화 사이트(28)와 타겟 드롭렛의 실제 위치간의 위치 에러를 지시하는 피드백 컨트롤러(62)에 의해, 에러 신호가 발생되어질 수 있는 정보를 제공함을 이해하게 될 것이다.

[0068] 단지 두 개의 카메라만이 점화 포인트(28)에 조준될 수 있음이 인식될 것이다. 또한 카메라(70, 72, 74)의 센서티비티는 한번에 단 하나의 핵심이 타겟 드롭렛의 이미지에 의해 조명되고 및/또는 뷰필드(270a, 272a, 274a)가 타겟 드롭렛을 보기 위해 고 레졸루션(저 핵심 피치)으로 될 수 있도록 그리고, 뷰필드에서 비교적 작도록 될 수 있고, 이에따라 점화 사이트(28)의 근방에서 타겟 드롭렛의 비행을 추적하는 능력을 감소시키고, 타겟 추적 시스템(42)의 전체 기능에 매우 중요한 점화 사이트 상부에 타겟 드롭렛의 검출을 사용하게 한다.

[0069] 타겟 추적 시스템(42)의 출력은 특히 점화 사이트(28) 또는 그 근방인, 타겟 드롭렛(94)에 대한 정보인 것이 바람직하고, 이로부터 타겟 추적 피드백 시스템(62)은 점화 사이트(28)에 도달하기 이전의 일정 시간에서의 타겟 드롭렛의 위치 및 궤적과 점화 사이트(28)에서의 검출된 타겟 드롭렛(94)의 예상 도달 시간 및 레이저 빔(154)에 대한 현재 선택된 조준 포인트에 관 그 도달 시간에서의 위치를 지시하는 정보를 주 컨트롤러(60)에 제공할 수 있고, 따라서 현재 선택된 조준 포인트는 예상 포인트로 이동될 수 있다. 또한 필요로 되는 것은 점화 사이트에서의 타겟 드롭렛 도달에 관한 실제 관측 및 점화 사이트(28)에서 특정한 타겟 드롭렛(98)과 레이저 빔(154)의 교차, 및 아마도 점화 사이트(28)로부터 벗어나는 임의 잔해물의 이미징일 수 있다. 상기 사항 모두는

주 컨트롤러(60)에 피드백을 발생시키기 위해 시스템에 의해 사용될 수 있고, 이에따라 주 컨트롤러(60)는 타겟 형성/운반 시스템(24)에 의해 타겟 드롭렛 운반을 수정하고 및/또는 포커싱 광학기구(156)를 제어함에 의해 레이저 빔(154)의 조준 포인트의 위치지정을 수정하고, 또한 MO 및 PA 레이저 챔버를 위한 자기 리액터-스위칭된 펄스 압축 및 타이밍 회로(50,52)에서의 펄스 파워 시스템 공진 충전기의 초기 충전을 트리거링함에 의해, 그리고 타겟 드롭렛(94)의 도달에 대해 시간이 정해진 점화 사이트(28)에서 빔(154)의 레이저 광의 펄스를 운반하기 위해 MO 및 PA 챔버의 각각의 화이어링을 트리거링함에 의해, 조준(목적; aim) 포인트(28)에서의 레이저 빔(154)의 화이어링의 타이밍을 수정하기 위해 제어신호를 발생시키는 역할을 할 수 있다. 타겟 드롭렛(94) 및 레이저 광의 펄스(156)는 약 10μm 미만의 조합된 위치 에러로, 상기 드롭렛(94)과 빔(156)에 대해 특정하게 지정된 점화 사이트(28)에 반드시 도달해야 하고, 그결과 레이저 광의 포커싱된 펄스(156)는, EUV 광원 시스템(20)의 반사 표면을 페이게하거나 코팅하거나 광학적으로 열화 및/또는 손상시키게 될 금속 잔해물의 청크를 발지하기 위해, 어떤 선택된 강도 레벨 이하인 펄스(156)의 에너지의 공간적 분포 바깥에 있게되는 어떠한 드롭렛도 없는 전체 타겟 드롭렛(94)을 조사한다. 시스템(20)은, 그것이 MOPA 구성 예로서 KrF MOPA이면, 예로서 4KHz 펄스 반복율에서 매 250 마이크로초 마다 한번 및 10KHz 펄스 반복율에서 매 250 마이크로초 마다 한번, 약 1 마이크로초의 정확도로, 레이저(22)의 적절한 화이어링을 트리거링하기 위한 50 마이크로초 리드 시간을 제공할 필요가 있다. 드롭렛(94)은 초당 약 20 미터의 속도로 도달하게 될 것이고 6KHz 펄스 반복율에서 약 1 mm 만큼 분리된다.

[0070]

어떤 종류의 트리거링 신호의 어떤 발생으로부터 레이저 펄스 빔(154)을 발생시키기 위해 약간의 유한시간이 필요하고, 그 시간의 길이 및, 연산시간, 추적 디바이스 및 회로 시간등과 같은 기타 요인에 기인하여, 현재 기술은 특히 4KHz 이상에서의 고 반복율로, 드롭렛 기준으로 그러한 트리거링을 허용하지 못할 수 있다. 그러한 경우에, 검출 시스템(42)과 피드백 컨트롤러(60,62)은 예로서 드롭렛의 최종 수가 X인 경우인, 일련의 연속하는 드롭렛에 대한 드롭렛 위치지정 및 타이밍 정보를 평균화한 것에 기초하여 타이밍 및 위치 컨트롤에 의존해야만 할 수 도 있고, 연속하는 드롭렛이 상기와 같이 결정된 평균화된 위치로부터부터 비교적 저속으로 변동하는 편차내에 계속 속한다고 가정한다. 그러한 경우에, 시스템은 레이저 시스템(22)의 화이어링 제어를 위해 점화 사이트 위에 주어진 드롭렛에 대한 위치/타이밍 검출을 필요로 할 수 있다.

[0071]

도 6을 참조하면, 콜드 팽거(280), 압력 실드(290) 및 진공 펌프(300)를 포함하는 특징구조들을 포함하는, 본 발명의 실시예의 다수의 기타 태양들이 개략적으로 도시되어 있다. 콜드 팽거(280)는, 단지 그 일부만이 도시되어 있는 데, 도시된 바와 같이 커브형상으로 될 수 있고, 각각의 콜드 팽거(280)를 형성하기 위해 두 피스를 함께 본딩함으로써 헤해지 바와 같이, (도시되지 않은) 콜드 팽거(280)의 마이크로채널 내부 및 열 교환기 시스템(도시되지 않음)로 수냉될 수 있는 중간 포커스(40)를 향하여 큰 간격으로 이격될 수 있는 마그네슘 코팅된 구리 플레이트로 구성되는 데, 이는 그 개시된 기술내용이 본원에 참조문헌으로 통합되고, 본원의 공동 양수인에게 양도된, 2003년 7월 25일 출원되고 발명의 명칭이, "METHOD AND APPARATUS FOR COOLING MAGNETIC CIRCUIT ELEMENTS"인 미국특허출원 제 10/607,407호에 나타나 있다. 도 6에 부분적으로 개략적으로 예시된 이들 콜드 팽거는 베셀(26)내의 중간 벽(282)으로의 일부분 또는 모든 부분에서의 중간 포커스에 포커싱된 EUV 광의 콘 부분을 제외하고 베셀(26) 전체에서 뺄을 수 있다. 콜드 팽거들은 플라즈마가 베셀(26)에서 아르곤인 버퍼 가스로부터 팽창함에 따라 플라즈마에 의해 운반되거나 플라즈마에 형성된 소스 원자를 플레이트 아웃시키는 역할을 한다.

[0072]

도 6에 도시된 바와 같이, EUV 광의 흡수를 제한하기 위해 진공으로 유지될 수 있는, 중간 포커스의 외부에 있는 EUV 광원의 외부로의 인터페이스가 가능하다. 그러나, EUV 광이 발생될 수 있는 챔버의 기타 부분에서의 진공은 여러이유로 인해 더욱 고 진공으로 유지될 필요가 있다. 인터페이스는 가압하에 있는 중간 벽(282)의 한 측부상의 베셀(26)의 일부분으로부터, 예로서 진공 펌프(300)인 중간 포커스를 넘는 인클로우저의 진공 또는 진공근방으로 유지된 다른 측부로의 압력강하를 유지하면서 중간 포커스로의 EUV 빔의 투과를 허용하도록 디자인될 수 있는 차동 펌핑 트랩(290)인 압력 실드 및 중간 벽(282)을 포함할 수 있다. 차동 압력 트랩은 그 개시된 기술내용이 본원에 참조문헌으로 통합되고, 본원의 공동 양수인에게 양도된, 2003년 12월 18일 출원되고 발명의 명칭이, "DISCHARGE PRODUCED PLASMA EUV LIGHT SOURCE"인 미국특허출원 제 10/742,233호에 나타나 있다. 이것은 중간 포커스로의 포커싱된 EUV 광의 통로를 위한 채널을 갖도록 구성될 수 있지만, 차동 펌핑 트랩에 걸친 압력강하가 유지될 수 있도록, 각각의 채널은 충분히 작은 크기일 수 있다. 이를 위해, 차동 펌핑 트랩(290)은, 압력 강하를 유지하면서, 세라믹 재료인 재료의 구형의 한 섹션을 사용하여 그리고 EUV 광이 관통할 수 있도록 하기 위해 구형의 일부분을 통하는 포커싱된 패시지웨이를 뚫기 위해 렌즈 및 메시된 스크린을 통하여 레이저를 포커싱함에 의해 구성될 수 있고, 이것 또한 미국특허출원 제 10/742,233호에 개시되어 있다.

[0073]

삭제

[0074]

도 6을 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 피드백 및 제어 시스템의 더욱 상세한 태양이 도시되어 있다.

[0075]

전체  $2\pi$  스테라디안 멀티층 콜렉터로, 플라즈마를 생성하기 위해 레이저를 발생시키기 위해 필요로 되는 레이저로의 전기 입력 파워는 기하학적 콜렉션 영역이  $5\pi$  스테라디안으로부터  $2\pi$  스테라디안으로 증대됨에 의해 25% 만큼 감소될 수 있다. 예를 들어, KrF 액시머 기반 LPP 소스에 대해, 예를 들어 2.0% 레이저-EUV 변환(단파장에 의한 증배 효율에 기초하여), 4% 전기-레이저 변환,  $2\pi$  스테라디안 콜렉션 및 TRW/CEO 시스템과 동일한 EUV 전송을 가정하고, 최종 결과 전력은 227,272W이고, 방전 발생 플라즈마("DPP")를 사용하는 대안 연구법과 양호하게 비교된다. 예를 들어,  $(2.0\%/1.0\%)(4.0\%/3.0\%)(2\pi \text{ str}/5\text{str})=3.3$ 은 발표된 TRW/CEO LPP 결과에 도시된 값에 대해 개선된 값이 되게 한다.

[0076]

그러한 가능한 CE 결과로, 다음과 같은 중간 포커스에서 100W의 EUV 광 파워를 충족시키는 데에 필요로 되는 레이저 파워를 추정할 수 있다.

[0077]

단일 타원형	제2 구형	제2 구형
--------	-------	-------

[0078]

콜렉터	콜렉터	콜렉터
-----	-----	-----

[0079]

인-밴드 파워	100W	29W	60W
---------	------	-----	-----

[0080]

IF에서			
------	--	--	--

[0081]

버퍼 가스	0.90	.90	0.90
-------	------	-----	------

[0082]

투과			
----	--	--	--

[0083]

콜렉터로부터	111W	32W	67W
--------	------	-----	-----

[0084]

반사된 파워			
--------	--	--	--

[0085]

콜렉터의			
------	--	--	--

[0086] 평균 반사도 .50       $0.60*0.50=0.30^2$        $0.60*0.50=0.30^2$ 

[0087] 콜렉터에

[0088] 입사하는 파워 222W      107W      222W

[0089] 콜렉터(5sr 콜렉터)

[0090] 에 대해  $2\pi$  sr

[0091] 서브텐드된 비율 0.795      0.795      0.795

[0092]  $2\pi$  sr 내부로

[0093] 방사된 파워 279W      135W      279W

[0094] 리튬을 위한

[0095] 인-밴드 CE 0.031       $0.015^3$        $0.031^4$ 

[0096] 입력 레이저

[0097] 파워 9,017W      9,017W      9,017W

[0098] 주:

[0099] 1. 제2 구형 미러(컬럼 2 및 3)를 위한 계산은 입력 레이저 파워로 시작하고 제2 구형 미러가 추가되었다면 어떠한 추가 EUV 파워가 이용가능한지를 알기 위해 상향으로 작용한다.

[0100] 2. 제2 구형 미러에 의해 반사된 방사선이 주 타원형 미러를 바운싱 오프해야하기 때문에, 유효 반사도는 두 미

러의 곱이다. 제2 구형 미러는, 모든 방사선이 직교 입사에서 반사하므로, 60%의 높은 가정된 평균 반사도이었다.

[0101] 3. 이 컬럼은 입사 레이저 범을 향하는 방향에 비해 "백워드" 방향으로 방향으로 1/2만이 방사된다고 가정한다.

[0102] 4. 이 컬럼은 "백워드" 방향에서의 방사가 입사 레이저 범을 향하는 방향과 같다고 가정한다.

[0103] 제1 및 제2 컬럼을 합산하면 9,017W의 레이저 파워를 위해 IF에서 129W의 EUV를 얻는데, 이는 6,989W의 레이저 파워만을 필요로 하는 것을 의미한다. 컬럼 1 및 3에 대해 마찬가지를 행하면, IF에서 100W에 도달하기 위해 단지 5,636W의 레이저 파워가 필요하다는 결론에 이른다. 이것은 여전히 큰 레이저 파워이지만, 예를들어 TRW로부터의 결과에서 설명되는 바와 같은 20,000-40,000W 범위에 있지는 않다. 제2 구형 미러와 증가된 레이저 파워간에 경제적으로 가능한 대안이 제시되었다.

[0104] 본원인은 리튬 타겟/KrF 구동 LPP에 대한 상황을 고려하였고 초기에, 중간 포커스 포인트(광다이오드 검출기에 의한 실험에 의해 시뮬레이팅된)에 통과된 모든 방사선은 인-밴드 13.5nm 방사선 또는 UV-Vis 방사선이라고 결론지었다. 멀티층 미러("MLM") 콜렉터 장치(또한 플랫 MLM에 의해 시뮬레이팅된)의 사용에 기인하여, 어떠한 대역외(out-of-band) EUV도 없다. 또한, 40-130nm 사이의 영역에 어떠한 상당한 방사선도 없는 것으로 여겨진다. 또한, 인-밴드 13.5nm 방사선 내로의 변환효율은 UV-Vis 영역내로 보다 4.3배 높은 것으로 여겨진다. 그러나, 필요조건은 13.5nm의 인-밴드에서의 에너지에 비해 130-140nm 범위에서 1/100(1%) 더 많은 에너지를 필요로 하는 반면에, 본원인의 초기 실험 측정에 따라 UV-Vis 범위는 인-밴드 13.5nm 방사선 보다 22% 많은 에너지를 포함한다. 그러나, 이것의 대부분은 120nm-900nm 범위에서의 기타 광과 함께, 뉴트럴 리튬으로부터 670에 있는 강한 적색 라인으로 되는 UV-Vis 범위로 여겨진다. 또한, 본원인에 의해 측정된 것은 EUV 소스 포인트 근방의 모든 포인트로부터의 방사선이었던 반면에, 본원인에 의해 의도된 구성에서의 트루 소스는 타원형 이미징 미러 및 중간 포커스의 애피어처를 가질 수 있게 되고, 후자는 EUV 소스 포인트로부터 멀어지는 영역으로부터의 모든 방사선을 차단할 수 있다.

[0105] 예를들어 MLM 주 콜렉터를 갖춘, 모든 LPP 시스템에 대해, 10-40nm 범위는, 그레이징 입사 콜렉터를 갖춘 DPP 시스템과 달리 MLM의 협대역 반사도에 의해 취급될 수 있고, 이 경우 모든 EUV 방사선은 중간 포커스에 재이미징되고 따라서 이 범위는 특히 주석 및 제논 플라즈마 소스 방사 엘리먼트 재료 없이 시스템을 동작시키는 것보다 더욱 CE를 감소시킬 수 있는 스펙트럼 필터없이 대역외 방사선에 대해 문제를 일으킬 수 있다. 이것은 그러나 리튬에 대해 맞지 않을 수 있다. 마찬가지 사항이 40-130nm 범위에 대해 말해질 수 있는 데, 이는 LPP 시스템의 MLM 주 콜렉터 또한 이 영역에서 저반사도를 나타지만, DPP 시스템내의 그레이징 입사 콜렉터는 40-130nm 범위에서 비교적 고 반사도를 가질 수 있었다.

[0106] 310-400nm 사이에서, MLM 주 콜렉터는 인-밴드 13.5nm 방사선에 대해 반사하고, 따라서 소스는 이 광장 범위에서 인-밴드 에너지 보다 100배 덜 방출해야만 한다. 이 제한은 주로 대부분의 EUV 포토레지스트가 이 광장 범위 및 13.5nm에 대해 센시티브하기 때문이다. 노광 툴의 MLM's은 인-밴드 13.5nm 및 400-800nm 범위를 반사하고, 포토레지스트는 센시티브하지 않고 따라서 단지 미러 가열이 문제로 된다. 따라서, 시스템은 13.5nm의 인-밴드에서와 마찬가지로 이 범위에서 동량의 공차를 허용할 수 있다. MLM's은 800nm 이상의 광장에 대해 고 반사성이고 포토레지스트는 이를 광장에 센시티브하지 않으므로, 800nm 이상의 범위는 400-800nm 범위에서의 제한과 동일한 제한을 갖는다. YAG-기반 LPP 1064nm가 이 최종 범위에 포함되었다는 관점에서 볼 때, 그러므로 인-밴드 13.5nm 내로의 2% 변환 효율은, 그것이, 800nm 범위 이상에 대해 필요조건이라면 펌프 레이저의 단지 0.001% 스캐터링을 가짐에 의해 수행될 수 있다.

[0107] 상기 사항들로부터 CE 및 인-밴드 CE가 왜 그렇게 중요한지 명백할 것이다.

[0108] 본원인의 실험은 비교 목적으로 고체 주석 및 리튬 타겟에 대해 다음과 같은 결과를 나타내었다.

	<u>주석</u>	<u>리튬</u>
[0110] 레이저 입력 에너지	165mJ	165mJ
[0111] 입력 에너지의 백분율		
[0112] 로서 플라즈마로부터		
[0113] 전체 $4\pi$ 방사(모든 광장에서)	80-88%	15-20%

- [0114] 입력 에너지의 백분율
- [0115]로서 플라즈마로부터
- [0116]UV-비저블 4π 방사
- [0117](150nm 내지 9000nm) 3% 0.8%
- [0118] 입력 에너지의 백분율
- [0119]로서 플라즈마로부터
- [0120]EUV 4π 방사
- [0121](Zr 필터 밴드, 6.5nm 내지 17nm) 20-25% 5-7%
- [0122] 도 7A-C를 참조하면, 본발명의 실시예의 관점에 따라 레이저 발생 플라즈마인 플라즈마를 정전기적으로 가두기 위한 장치 및 방법이 도시되어 있다. 도 7A에 도시된 바와 같이, 얇은 니들(310)이 점화 사이트(28)의 근방으로 뻗도록 제공된다. 니들(310)은 도 7A-C에 도시된 바와 같이, 레이저 빔(154) 포커싱 광학기구(156)를 통과하는 레이저 광(154)의 유입 펄스의 방향과 반대 방향으로 뻗지만, 당업자는 이 특정한 방향이 예시적인 것이고 니들은 다른 방향으로부터도 마찬가지로 점화 사이트에 예시된 바와 같이 근접하게 뻗을 수 있음이 이해될 것이다.
- [0123] 니들(310)은 네거티브 고전압(312)인 고전압원이 구비될 수 있고, 타겟 드롭렛의 도달에 대한 네거티브 고전압의 공급과 점화 사이트(28)로의 레이저 펄스(154)를 조화시키기 위해(coordinate), 레이저 트리거링 컨트롤의 일부분으로서 또는 전체 시스템 컨트롤러(60)에 의해 제어될 수 있고, 따라서 레이저 빔(154)으로부터의 조사에 의해 점화 사이트에서의 타겟 드롭렛의 점화 후 또는 점화시에, 정전 필드(314)는 타겟 드롭렛의 조사에 의해 발생된 플라즈마(316)를 가두는 데에 조력하거나 가두도록 형성된다. 이것은, 콜렉터 광학기구에 도달로부터 플라즈 발생된 잔해물을 제한하거나 본질적으로 제거하고, 타겟 드롭렛의 재료의 이온화를 증가시키기에 충분히 작도록 플라즈마를 유지시키고 따라서 레이저 펄스(154)에 의한 조사 동안 플라즈마(316)의 플라즈마 밀도를 유지시키는 데에 조력 즉 향상시키는, 유익한 결과를 갖는다.
- [0124] 전압은, 플라즈마 이온의 범위에 있는, 약 1KeV까지의 에너지의 이온을 유지시킬 수 있는 전기장을 생성시키는데에 충분해야 하는 약 1000일 수 있다. 또한, 전기장이, 네거티브 전하를 지닌 전자를 니들(310) 내부로 도입함에 의해, 형성됨에 따라, 타겟 재료의 이온화에 기인하여 플라즈마의 포지티브 전하는 정전필드(314)가 정전 필드(314)를 비교적 고속으로 덮거나 형성하지 않도록 하기에 충분히 큰 정도로, 니들에 부착될 수 있다. 이에 대항하기 위해, 본원인은, 정전 필드가 점화시 또는 후에 플라즈마에 대한 의도된 가둠을 수행하는 것을 방지하기 위해 플라즈마에 포지티브하게 전하 이온을 형성하는 것을 방지하기 위해 충분한 네거티브 전하를 니들(310)에 고속으로 덤프하도록 하기 위해, 전압 서플라이(312)에, 커페시턴스를 조합하여 100μF가 되도록 또는 가능하면 더 크도록 병렬을 이룬 커페시터의 뱅크인 비교적 큰 커페시터를 제공할 것을 제안한다.
- [0125] 본 발명의 실시예의 태양에 대한 상기 설명은 단지 예시적이고 특허청구범위는 개시된 실시예를 제한하는 것으로 여겨져선 안된다. 다양한 변경 및 수정이 첨부된 특허청구범위의 의도 및 범위로부터 벗어나지 않고 개시된 실시예에 대해 행해질 수 있다. 도 8A는 점화 후 점화 사이트(28) 근방에서 플라즈마를 가두어 두기 위한 자기장치 및 방법을 개략적으로 도시한다. 도 8A는 한 쌍의 막대 자석(326, 328)에 의해 셋업된 자기장(320)을 도시한다. 도 8B는 타겟이 도 8C에 도시된 레이저 빔(154)에 의해 조사되는 경우 점화 사이트(28)에 형성된 플라즈마를 가두어 두는 역할을 하는, 링 자석(322)의 자기장을 개략적으로 예시하는 자력선(320)을 도시한다. 도 8B는 또한 물과 같은 흐르는 냉각 유체를 담고 있는 냉각 코일(324)을 사용하여 링 자석(322)의 형태로, Dexter Corporation사에 의해 Pemag type NdFeB40, 및 Pemag type SmCo22라는 이름으로 제조된, 네오디뮴 철 보론 자석 또는 사마리움 코밸트 자석인, 영구자석을 위한 냉각 사용을 도시한다.
- [0126] 이제 도 8A-G를 참조하면, 본 발명의 실시예의 태양에 대해 개략적으로 나타나 있다. 자기장(320)은 또한 도 8D-G의 실시예에 도시된 펄스된 전류에 의해 셋업될 수 있다. 도 8D는 331에서 페이퍼의 평면 외부로 그리고 330에서 페이퍼의 평면 내부로 흐르는 전류 흐름에 의해 지시된 와이어의 코일을 통해 흐르는 펄스된 전류에 의해 셋업된 자기장(320)으로, 도 8B의 링자석과 등가인 전기를 개략적으로 나타내고 있다. 마찬가지로, 도 8E

는 자기장 발생기의 길이를 따라 코일을 분배함에 의해 일반적으로 보틀형태 자장이 셋업되어 더 많은 권선이 한 단부에 있는 실시예를 도시한다. 마찬가지로, 도 8E에서, 이와 동일한 형태의 필드(320)가, 한 단부로부터 다른 단부로 코일에서의 전류의 흐름의 방향을 변경함으로써 즉, 전류 흐름이 한 단부에서 코일을 통하여 한 방향으로, 그리고 다른 단부에서 다른 방향으로 전파되게 함에 의해 달성될 수 있고, 유사한 목적을 위해, 도 8G에 개략적으로 도시된 바와 같이, 일반적으로 구형상의 형태로 된 코일 장치를 목적으로 한다.

[0127] 레이저 발생된 플라즈마의 영역에서 약 1텔사의 점화 사이트의 이웃에 자계를 인가함에 의해 플라즈마는 적어도 부분적으로 가두어질 수 있는 데, 이는 플라즈마 팽창이, 플라즈마의 각각의 근방에서 자계 형태 및 강도에 좌우되어, 적어도 몇몇 방향에서, 느려질 수 있기 때문이다. 가둠에 있어서 이와같은 조력은, 레이저 조사의 타겟을 이동시키기 위해, 여러 이점을 가질 수 있다. 예로서, 방사하는 이온은 더 많은 방사 사이클을 갖는 경향을 띠게되고, 그러므로 더 많은 방사선을 방사한다. 더 많은 레이저 에너지는 EUV 광 내부로 더욱 고 CE 입사 레이저 에너지로 되어지는 이온 팽창 에너지 보단 방사선으로 변환된다.

[0128] 자계 및 이를 생성하기 위해 사용된 매커니즘(318)은 점화 사이트를 자계의 적절한 부분내부에 봉함되도록 편리하게 배열될 수 있고 타겟 예로서 드롭렛과 조사 레이저 빔이 점화 사이트에 액세스할 수 있게 한다. 레이저 플라즈마 영역은 레이저 빔이 본 발명의 실시예에 따라 자계에 있게되는 타겟 드롭렛을 조사 및 점화시키는 경우 형성된다. 통상적으로 자계가 약 1텔사에 있는 동안 약 0.2 내지 10 텔사 사이의 범위가 본원인에 의해 의도되었다. 자계는 상기한 바와 같은 도전 코일을 통하여 고(킬로-암페어) 펄스된 전류를 사용하여 상기 설명된 펄스된 방식으로 또는 상기한 영구 자석을 사용하여 발생될 수 있다. 그러한 펄스 발생된 자계는 시간의 마이크로초 스케일로 발생될 수 있고 약 수십 ns 정도에서 유입하는 레이저 펄스에 의해 타겟 드롭렛의 조사 시간을 통틀어 일정하게 유지되어지게 된다. 이 시간 동안, 자계 라인에 걸친 플라즈마 팽창은 저속으로 되고 자계 라인을 따르는 움직임은 실질적으로 저속으로 되지 않고, 그 순 효과는 아마도 CE에서의 증가에 의해 지나치게 무거워 진 플라즈마 불안정성을 유도하는 것이다.

[0129] 플라즈마에서 충돌 빈도를 증가시키는, 고 자계 압력은 자계를 제외하곤 더욱 작은 볼륨의 더욱 고온의 플라즈마를 야기시킬 수 있다. 결과적으로 EUV에서의 더 많은 방사선이 타겟 재료 및 플라즈마 특성에 따라 방사된다. 한 가능한 실시예는 도 8A에 도시된 바와 같이 가로지르는 자계를 사용하는 것이다. 또다른 가능한 것은 점화 사이트(28) 근방에서 축방향 가둠이 이루어 질 수 있게하고 타겟 드롭렛 전파 경로를 따라 자계 라인을 발생시킬 수 있는 점화 사이트 근방 또는 둘레에 자기 코일 또는 강한 링 자석을 사용하는 것이다. 바람직한 실시예는, 도 8C,E,F 및 G에 도시된 바와 같은 구성이고, 여기서 (도 8C에 도시된 타겟 드롭렛 경로에 대해) 가로지르는 타겟 이온이 가두지는, 자기 트랩이 형성된다.

[0130] 본 발명의 실시예의 태양에 따라 자계 생성 매커니즘 예로서 영구자석의 극(326,328)은 극 사이가 약 10mm 갭으로, LPP에 매우 비교적 밀접하게 될 수 있다. 극들간의 긴 거리에서 완전하게 매우 충분한 자계 강도를 생성하기가 매우 곤란하다. 이것은, LPP의 가장 큰 이점, 전극 부식의 부존재 또는 이 경우 영구자석 부식중의 하나를 감소시킬 수 있는 가까이 근접하는 컴포넌트를 필요로 한다. 본원인은 약 50mm 정도로 나타나는 보장된 위치 안정성을 위한 노즐 간격을 검사하였다. 노즐 및 영구 자석과 같은 컴포넌트에 의한 부식 문제를 완화시키기 위해, 본원인은 몰리브데늄 또는 루테늄으로 모든 가까이-근접하는 엘리먼트를 코팅함에 의해, 부식을 허용할 수 있지만 그 부식이 수용가능한 재료가 될 수 있게 하도록 하는 것을 제안한다. 이 방식으로, 콜렉터 미리에 낙하할 수도 있는 이들 컴포넌트로부터 부식된 재료가 미리 반사도를 고속으로 열화시키지 않게 된다. 또한, 이들 두 재료는 리튬 이온에 의한 스퍼터링에 대해 고 레지스턴스를 가질 것이 예상된다.

[0131] 도 9를 참조하면 레이저를 스티어링하기 위한 3축 컨트롤 및 타겟 드롭렛을 스티어링하기 위한 3축 컨트롤인 컨트롤과 6 등급(six degrees)의 피드백을 제공하는, 컨트롤 및 피드백에 관한 본발명의 실시예의 태양이 블록도로 도시되어 있다. 공동 출원중인, 2003년 12월 17일 출원되고 특허출원 제10/739,961호인 GAS DISCHARGE LASER LIGHT SOURCE BEAM DELIVERY UNIT, 2003년 11월 12일 출원되고 특허출원 제10/712,688호인 LASER LITHOGRAPHY SOURCE WITH BEAM DELIVERY 2003년 4월 29일 출원되고 특허출원 제10/425,361호인 LITHOGRAPHY LASER WITH BEAM DELIVERY AND BEAM POINTING CONTROL에 설명된 바와 같이, 레이저 빔은 레이저 빔 운반 유닛에 사용되는, 빔 포인팅 및 포지셔닝 컨트롤을 이용하여 스티어링될 수 있음이 이해될 것이다. 도 9는 본발명의 실시예의 태양에 따라 채용된 다양한 컨트롤 루프를 개략적으로 및 블록도 형태로 도시하고 있다. 컨트롤 시스템 구성에 사용될 수 있는 본발명의 실시예의 태양에 따라 EUV 광원에 이용될 수 있는 여러 상이한 액추에이터가 있다. 반복율 10KHz에서, 드롭렛은 100 마이크로초마다 도달하게 되고 약 10-30m/s로 주행하고, 따라서 레이저 빔은 동일한 속도로 소망하는 타겟 점화 포인트를 조사하도록 시간이 정해져야 한다. 레이저 빔은 목적으로 하는 허용온도의 어느정도 예로서  $\pm 10\mu\text{m}$ 로, 직경이 약 10-50 $\mu\text{m}$ 인 드롭렛인 타겟 드롭렛 보다 약간 크게 포커싱될 수 있지

만, 빔 포커스 사이즈에 구현된 에러 허용오차의 정도가 클수록 제곱함수를 감소시키는, 드롭렛 타겟을 조사하는 파워를 작게한다. 드롭렛은, 조사 주기 동안 내내 움직이기를 계속하는 정도까지 단지 수십분의 나노미터만을 이동한다.

[0132] 한 셋트의 액추에이터는 타겟 예로서 리튬 드롭렛(94)을 레이저 빔으로 (소망하는 점화 포인트) 정확한 교차 포인트에 스티어링할 수 있는 자계를 생성하는 데에 사용되는 타겟 스티어링 및 가속 매커니즘(360)에 포함된, (도시되지 않은) 코일 또는 전극의 셋트에 의해 발생될 수 있는 x 및 y축 자계를 포함할 수 있다. 이것은 한 셋트의 전극으로 구현될 수 있지만, 기타 구현은 더욱 양호한 궤적 컨트롤을 부여하기 위해 복수의 이들의 셋트를 이용할 수 있다. 또한 z-축을 따라 리튬 드롭렛인 타겟을 가속시키는 데에 사용된 z-축 자계를 생성하는 (도시되지 않은) 한 셋트의 전극이 있을 수 있다. 이러한 목적 및 가속 기능은 코일의 길이를 따라 가속 및/또는 각각의 코일을 향하거나 이로부터 멀어지도록 드롭렛을 편향시키도록 드롭렛의 경로에 배열된 전기 코일로 구현될 수 있다. 가속 및 편향은 당업계에 공지된 바와 같이, 여기 또는 정전상태의 자기적일 수 있다. 타겟 스티어링은, 본원에 참조문헌으로서 통합된, M. Orme등에 의한 "Charged molten metal droplet deposition as a direct write technology," MRS Spring Meeting, San Francisco(2001) 및 Orme등에 의한 "Electrostatic charging and deflection of nonconventional droplet streams formed capillary stream breakup," Physics of Fluids, Vol.12, No.9(September 2000), pp. 2224-2235에 개시된 바와 같은, 기술을 채용할 수 있다.

[0133] 드롭렛은 타겟 운반 시스템(24)의 노즐(220) 주위에 전하 링을 위치시킴에 의해 충전될 수 있다. 드롭렛이 크기가 작으므로, 드롭렛에 걸리는 전하 분포는 비교적 균등하게 고려될 수 있지만, 전하는 더욱 큰 만곡능 갖는 포인트에서 축적시키는 경향이 있게되고, 따라서 드롭렛 왜곡은 전하분포를 변화시킬 수 있다. 이를 위해, 본발명의 실시예의 태양에 따라, 드롭렛은 반대방향으로 드롭렛을 편향시키는 한 쌍의 전극을 포함하는, 스티어링 및 가속 매커니즘(360)과 타겟 운반 시스템(24)의 중간의 (도시되지 않은) 차동 전하 분석기를 통과할 수 있고, 편향에 있어서의 차동은 전하 불균일성의 측정치일 수 있다. 변위에 있어서의 차동은 본원에 설명된 바와 같이 (도시되지 않은) 검출기를 사용하여 검출될 수 있다. 전하 불균일한 양은 스티어링 및 가속 매커니즘(360)에서의 드롭렛의 x 및 y축에서의 편향과 z-축 가속을 제어하기 위해 시스템에 의해 사용될 수 있다.

[0134] 본 발명의 실시예의 태양에 따라, 레이저 빔 시스템(22), MO(44) 및 PA(48)를 포함하는 두 개의 챔버 액시미 레이저 소스가, EUV 소스(20)로부터의 에너지를 조절하기 위해 액추에이터로서 작용하는 MO 및 PA에 전압 명령어를 제공할 수 있는 컨트롤 시스템(350) 컨트롤러(362)로, 전압 컨트롤 모드에서 동작될 수 있었다. 대안으로, MOPA(22)는 일정한 에너지 모드에서 동작될 수 있고, 이 경우 제어 시스템은 EUV 소스(20)로부터의 에너지를 조절하기 위해 사용되는 액추에이터일 수 있는 MOPA에 에너지 명령어를 제공할 수 있다. 제어 시스템은 소망하는 드롭렛 점화 사이트에서의 레이저 펄스의 도달시간을 제어하기 위해 레이저 펄스를 제공하는 액추에이터로서 작용하기 위해 레이저 시스템(22)에 레이저 트리거 신호를 제공할 수 있다. 추가의 대안으로서 레이저는, 예로서 XLA 레이저 모델인, 본원의 양수인에 의해 판매된 MOPA 레이저 제품의 레이저 타이밍 컨트롤 시스템에 이용된 MOPA TEM에 직접적으로 화이어링 제어 신호를 전송함에 의해 컨트롤러(362)로부터 제어될 수 있다. 전압 컨트롤 및 출력 에너지 컨트롤 신호들은 조합하여 또는 개별적으로 명령될 수 있다.

[0135] 상기한 위치 검출 센서를 추적하는 것에 더하여 및/또는 이와 함께, 본 발명의 실시예의 태양에 따라, 여러 상이한 센서가 예로서 컨트롤 구성에 사용되도록, 도 9에 예시된 EUV 소스(20) 컨트롤 시스템(350)에 이용가능하게 될 수 있다. 예로서, 제1 x축 포토셀 어레이(364) 및 제2 x축 포토셀 어레이(365) 및 제1 y축 포토셀 어레이(366) 및 제2 y축 포토셀 어레이(367)등인 포토셀의 어레이는 타겟 운반 시스템을 떠난 후에 x 및 y 포토셀 어레이(364,366)의 포인트에서 예측된 x 및 y 축 위치에 비해, 드롭렛의 x 및 y 위치를 결정함에 의해, 또는 대안으로 어레이(364,366) 및 어레이(365,367)에서의 드롭렛의 x 및 y 위치를 검출하고, 이들 두 개를 비교하고, 이들 두개간의 거리를 비교함에 의해, 드롭렛 궤적을 결정한다. x 및 y 포토셀 어레이(365,367)가 아닌 x 및 y 포토셀 어레이(364,366) 어느 것도 고평면일 필요는 없지만, 그것들은 편안하게 공평면일 수 있다. 다른 대안은 Z 평면 교차 지시로서 사용될 수 있는 센서(364,365,366 및/또는 367)에서의 드롭렛 도달 시간을 결정하기 위해 각각의 어레이를 사용하는 것이다. 이들 검출기(364-367)는 상기한 바와 같이 측부 이미징 미러에 의해 구현될 수 있다. 이것들은 드롭렛 통과마다 한번씩 판독될 수 있고 출력으로서, 광다이오드가 방향지위지는 축에서 드롭렛의 중앙의 위치를 지시하는, 길이면에서 단지 20개 정도의 광다이오드(핀셀들)일 수 있는, 광다이오드상의 위치를 지시하는 이를 조명강도의 인버스의 피크로, 선택된 시간 주기 동안 제공할 수 있다. 시간 영역에서의 이 피크는, 또는 광다이오드 어레이로부터 집적된 신호의 스펙트럼의 선단 또는 후미 예지도 z평면 영교차 시간을 지시할 수 있다.

[0136] 또한, 대안으로, 예로서 하나이상의 z축 레이저 예로서 상기한 바와 같은 HeNe 레이저는, 드롭렛이 타겟 분배

시스템(24)으로부터 점화 사이트(28)로, 예로서 리튬의 드롭렛인 타겟의 주행에 가로지르는 방향에서 즉 z-축 평면에 방향을 이룬 편평한 빔을 포함하는 예로서, 370, 372, 374 또는 376인 빔을 가로지르는 때의 시간을 측정하기 위해 사용될 수 있다. 본 발명의 실시예의 태양에 따라, 드롭렛 스티어링 및 가속 매커니즘(360)에 포함된 자계에 인가된 펄스의 타이밍을 제어하는 데에 사용된 예로서 부재번호 370, 372, 374 및 376로 나타낸 복수 개의 그러한 z-축 검출 평면이 있을 수 있다. 자계는 드롭렛이 예로서 부재번호 370, 372인 각각의 빔의 평면을 크로싱한 후 고정된 시간간격에서 펄스될 수 있다. 또한, 소망하는 점화 사이트에 더욱 가까이 위치된 빔(374,376)일 수 있다. 빔(374)을 크로싱하는 것은 레이저 시스템(22)이 빔 크로싱 후 프로그램된 간격 또는 간격들에서 트리거링되어지게 하는데에 사용될 수 있다. 복수 개의 z축 레이저 평면 예로서 370, 372 및 374의 크로싱은 드롭렛 속도를 측정하는 데에 사용될 수 있다. 검출기(364a,366a,365a,367a)가 스티어링 및 가속 매커니즘(360) 아래에서의 궤적 및/또는 속도 검출을 위해 사용될 수 있다. 단지 하나의 평면 크로싱이 레이저 트리거링을 위해 사용될 필요가 있고 레이저 제어 시스템(64) 자체는, MOPA 레이저 타이밍 컨트롤 시스템분야에서 잘 알 수 있는 바와 같이, 그러한 트리거 신호 후 어떤 정해진 시간 간격에서, 타겟(94)과 동시에 도달되도록 시간이 정해진 점화 사이트(28)에 레이저 펄스를 유효하게 운반하기 위해 MO와 PA간의 타이밍을 제어하는 데에 사용될 수 있다.

[0137] 본 발명의 실시예의 태양에 따라, 드롭렛이 x 또는 y축 포토셀 어레이(364,366)의 평면을 통하여 이동하는 경우, 전압 셀은 각각의 개별 포토셀(도시되지 않음)에서의 광 강도의 레벨을 지시하는 포토셀의 출력상에 전압 패턴을 산출하게되고 이 정보는 컨트롤러(362)에 제공될 수 있다. 한 알고리즘이, 이 정보를 상기한 바와 같이 x 및 y 평면에서 드롭렛 위치로 변경시키기 위해 컨트롤러(362)에 의해 사용될 수 있다. 가능한 비용 및 레졸루션을 갖는 최신기술의 포토셀 어레이가 주어지면, 상기 알고리즘은 레이저 파장 및 대역폭 검출 분야에서 그러한 광다이오드 어레이의 이용분야에서 이해되는 바와 같이, 어레이(364,366)에서 (도시되지 않은) 포토셀의 피치 보다 높은 측정 정밀도를 달성하게 될 것이다. 부가적으로, 본 발명의 실시예의 태양에 따라, 상기 알고리즘은 두 개 축에서 드롭렛을 검출하기 위해 x, y 검출기(364,366)의 출력을 이용함에 의해 드롭렛 사이즈 및 드롭렛 변형을 측정할 수 있다.

[0138] 본 발명의 실시예의 태양에 따라, 위치 제어에 관한 두 개의 가능한 스테이지가 있다. 제1 스테이지에서, x 및 y 포토셀 어레이(364,366,365,367)는 드롭렛 궤적을 따라, 드롭렛 스티어링 및 가속 매커니즘(362)의 x 및 y축 자계 전극에 입력하기 이전에 드롭렛의 z평면 위치를 결정하기 위해 사용될 수 있다. 이 정보는 현재 드롭렛 및 아마도 또한 다음 후속하는 드롭렛을 위해 전극에 인가된 자계의 사이즈를 조정하기 위해 컨트롤 시스템(362)에 의해 사용된다. 제2 스테이지에서, x 및 y 포토셀 어레이(364a,366a)는, 드롭렛이 소망하는 점화 사이트에서 레이저 빔과 교차하기 바로 이전에 그리고 드롭렛 스티어링 및 가속 매커니즘에서의 x 및 y축 자계를 통과한 후의 드롭렛의 위치를 결정하기 위해 사용된다. 이 정보는 점화 사이트에 이전에 도달하는 드롭렛에서의 임의의 위치 에러를 조절하기 위해 연속하는 솟을 위해 x 및 y축 자계를 조정하는 데에 사용된다.

[0139] z-축 레이저 평면 검출기(374,376) 또는 x 및 y축 포토셀 어레이(364a,366a, 및 365a,367a), 또는 이들의 조합도 드롭렛 스티어링 및 가속 매커니즘(362)의 z-축 자계를 떠난 후 드롭렛의 속도 및 궤적을 결정하는 데에 사용될 수 있다. 이것은 소망하는 점화 사이트에 도달하는 이전의 솟에 대해 검출된 타겟 위치/속도 에러에 기초하여 연속하는 타겟을 위한 z-축 자계를 조정하는데에 사용될 수 있다. 또한, 단지 하나의 광다이오드 엘리먼트를 포함하는 한 쌍의 검출기(도시되지 않음)는, 상기 두 개의 각각의 검출기를 봉쇄하는 드롭렛의 선단 에지에 의해 가능한한 소망하는 타겟 점화 사이트에 근접한 타겟 속도를 검출하기 위해, 하나는 소망하는 타겟 점화 사이트에서 또는 그 근방의 포인트를 통과하고 다른 하나는 바로 그 이상의 포인트를 통과하는 각각의 한 빔 쌍에 의해 조명될 수 있다. 이것은 이전의 드롭렛 타겟의 점화에 의한 플라즈마의 생성의 영향, 자계 영향등에 기인하여, 소망하는 점화 사이트에 또는 이에 매우 가깝게 타겟 드롭렛에서 발생하는 속도 변화를 지시하는 데에 사용된다.

[0140] 디더는 엑시머 타겟 조사 레이저를 위해 에너지 셋포인트에 인가될 수 있다. 디더 신호는 랜덤하거나 주기적일 수 있다. 디더는 플라즈마 형성 레이저의 에너지를 출력하기 위해 EUV 출력의 감도를 판정하기 위해 EUV 출력 에너지와 상관된다. 이 정보는 루프 이득을 일정하게 유지시키기 위해 플라즈마 형성 레이저 에너지 컨트롤 루프에서의 명령어를 스케일링하기 위해 사용될 수 있다.

[0141] 본 발명의 실시예의 태양에 따라, 두 개의 레이저 시스템(22)이 있는 데 각각은 동시에 도달할 시간, 소망하는 점화 사이트에 레이저 펄스를 제공하고, 이 경우 드롭렛 교차 바로 이전의 각각의 레이저 펄스의 도달 시간이 측정될 수 있다. 이 값은 최종 z-축 레이저 빔 평면을 크로싱하는 드롭렛에 대한 각각의 레이저의 트리거 시간을 조정하는데에 사용될 수 있다. 또한, 두 개의 레이저(22)를 사용하는 경우에, 독립적인 디더 신호는 엑시

며 레이저(22)의 각각의 트리거 타임에 인가될 수 있다. 이를 디더는 각각의 엑시머 레이저의 트리거 타임에 대한 EUV 에너지의 감도를 판정하기 위해 EUV 출력과 상관될 수 있다. 각각의 엑시머 레이저의 트리거 타임은 감도를 제로로 구동시켜서 EUV 효율을 최대로 하기 위해 독립적으로 조장될 수 있다.

[0142] 본 발명의 실시예의 태양에 따라, 상기한 센서는 타겟 위치 및 궤적을 판정하고 레이저 필스의 가능한 경로에서 소망하는 점화 사이트를 예측하는 데에 사용될 수 있고, 그리고 레이저 빔 필스에 의한 각각의 드롭렛의 교차 및 조사가, 수집된 EUV광으로부터 크게 벗어나지 않고 콜렉터(30)의 포커스로부터 수용가능한 거리내에 있는, 이전 점화 사이트로부터 상이할 수 있는 예측된 소망하는 교차 포인트(예측된 소망하는 점화 사이트)에서 야기되도록 할 목적으로, 상기한 바와 같은 레이저 포지셔닝 및 포커싱 광학기구(도시되지 않음)내부로의 레이저의 조준 또는 레이저 포지셔닝 및 포커싱 광학기구의 조준 또는 빔 포인팅의 이용중의 하나를 제어하기 위해 피드백을 제공한다. 이것은 타겟 점화 사이트에서의 위치 및 평균 도달 시간의 저속 드리프트에 관한 시스템 지시를 보정하기 위해, 솟 기준이 아닌 비교적 저속 피드백 루프로 행해질 수 있다. 따라서 예로서 버퍼 가스 압력과 같은 베셀 내부의 동작 환경에서의 변화에 기인하여, 시간에 대해, 소망하는 타겟 점화 사이트는 콜렉터(30)의 포커스로부터  $\pm 10\mu\text{m}$  위치 에러내에 유지되도록 약간 이동할 수 있고 수용가능한 레벨로 EUV광을 발생시킨다. 상기 설명된 시스템은 시간에 따른 이 변화를 검출하고 레이저의 포커스를 새로운 소망하는 타겟 점화 포인트에 재지향시키는 데에 사용될 수 있는데, 환경 변화에 기인하여 스티어링 매커니즘은 타겟 드롭렛을, 콜렉터(30)의 포커스에서 본래의 타겟 점화 포인트로 보내기 위해 평균적으로 가능하지 않다고 가정한다.

[0143] 타겟 운반은 본원에 참조문헌으로 통합되고, 공동 계류중이고 2003년 4월 8일자로 출원된 미국 특허출원 제 10/409,254호인 EXTREME ULTRAVIOLET LIGHT SOURCE에 개시된 바와 같은 기술을 이용하여서도 달성될 수 있다.

[0144] 도 10을 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른, 챔버 베셀(26)의 벽에 형성되고 레이저 빔(146)이 관통하여 점화 포인트(28)에 도달하기 위해 입력하는 입력 윈도우(380)를 포함한다. 윈도우(380)는 윈도우상에 씌어지는, 예로서 플라즈마로부터의 리튬, 주석 또는 크세논 원자와 같은 증기 잔해물 제거를 위해 가열될 수 있다. 윈도우(380)는, 미러(384)에 의해 윈도우(380)상에 반사되는 예로서 적외선 가열 램프인 가열 램프(382) 또는 윈도우(380) 장착 플랜지의 금속 몸체에 부착된 외부 가열 고정구의 사용에 의해 예로서 가열 엘리먼트에 의해 가열될 수 있다. 미러(384)는, 도 10에 도시된 바와 같이, 플라즈마를 바라보았을 때 그 시선상에 미러(384) 표면이 있게되는 것을 방지하기 위해 플라즈마로부터 대면하는 방향에서 멀어질 수 있다.

[0145] 당업자는 상기 설명된 본 발명의 실시예의 태양에 대해 다양한 수정 및 변경이 행해질 수 있음이 이해될 것이고 첨부된 청구범위는 개시된 실시예에 한정되어 이해되지 않아야 하며, 상기 실시예 및 그 등가물을 포함하여야 한다.

[0146]

### 도면의 간단한 설명

[0021] 도 1은 본발명의 일 태양에 따른 레이저 발생 플라즈마 EUV 광원에 관한 전반적인 개념을 도시하는 개략도.

[0022] 도 1a는 본발명의 일실시예의 일 태양에 따른 시스템의 동작을 개략적으로 나타낸 도.

[0023] 도 2a는 본발명의 일 실시예에 따라 조사 점화 지점으로부터 한 실시예의 콜렉터를 향하여 보았을 때 본발명의 일 태양에 따른 EUV광 콜렉터의 실시예의 측면도.

[0024] 도 2b는 도 2a의 선 2B를 따른 도 2a의 실시예의 단면도.

[0025] 도 3은 본발명의 일실시예의 일 태양에 따른 타겟 운반 시스템의 가능한 실시예를 형성하는 개략도.

[0026] 도 4a 및 4b는 본발명의 일실시예의 일 태양에 따른 타겟 추적 시스템의 가능한 실시예를 개략적으로 나타낸 도로서 도 4a는 일실시예의 일 태양의 개략측면도이고 도 4b는 일실시예의 일 태양의 평면도.

[0027] 도 5는 본발명의 일실시예의 일 태양에 따른 타겟 추적 시스템의 대안 실시예의 태양의 개략 사시도.

[0028] 도 6은 잔해물 수집을 위한 콜드 핑거를 포함하는 본발명의 일실시예의 일 태양에 따른 단면도.

[0029] 도 7a-7c는 본발명의 일실시예의 일 태양에 따른 예로서 레이저 발생 플라즈마와 같은 플라즈마를 정전기 방식

에 의해 가두기 위한 장치 및 방법을 도시하는 도.

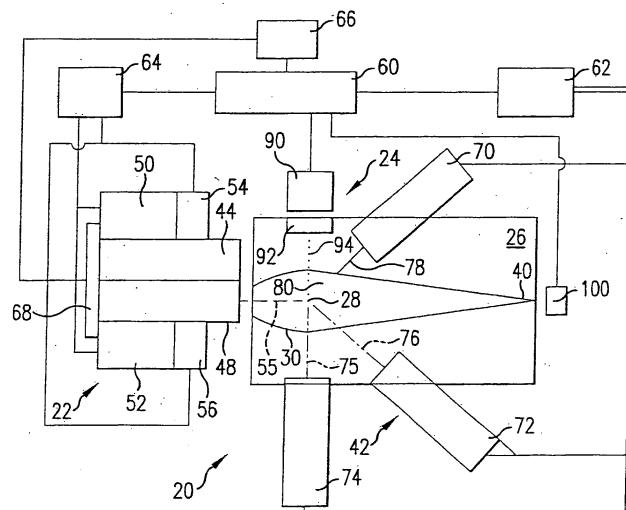
[0030] 도 8a-8g는 본발명의 일실시예의 태양을 개략적으로 도시하는 도.

[0031] 도 9는 피드백 및 제어에 관한 본발명의 일실시예의 태양을 블록으로 나타낸 블록도.

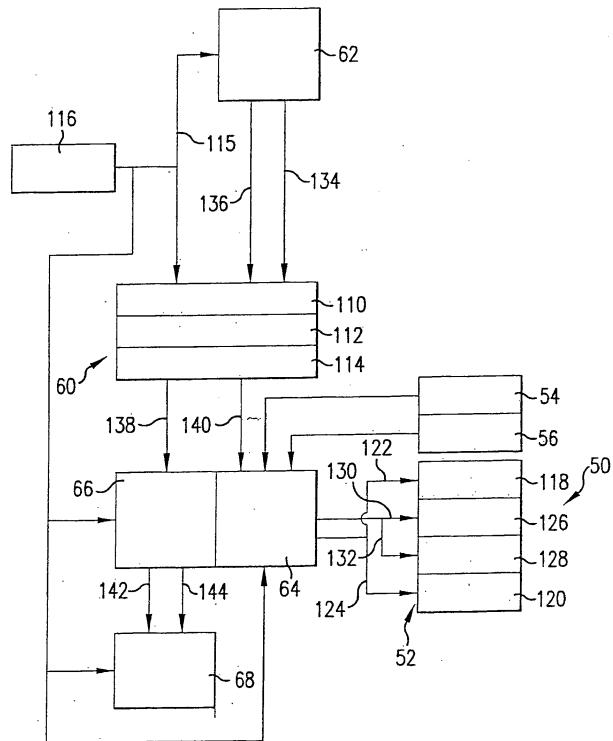
[0032] 도 10은 본발명의 일실시예의 태양을 도시한 도.

## 도면

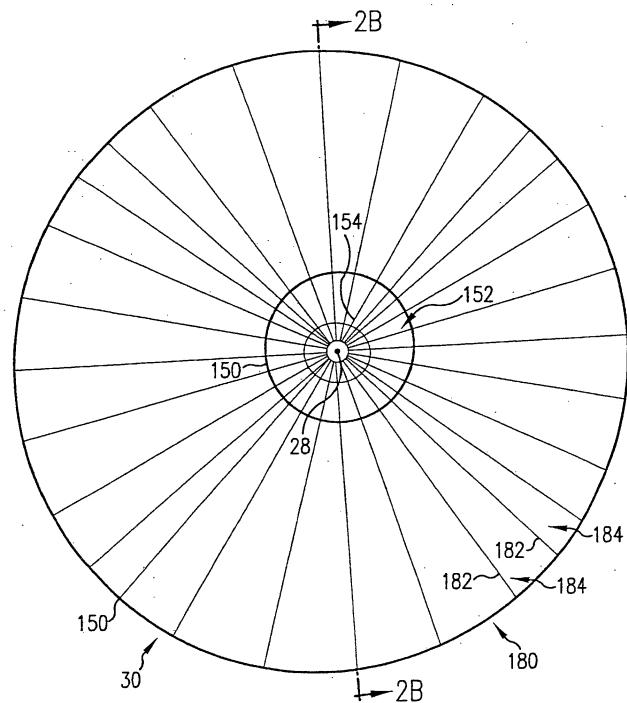
### 도면1



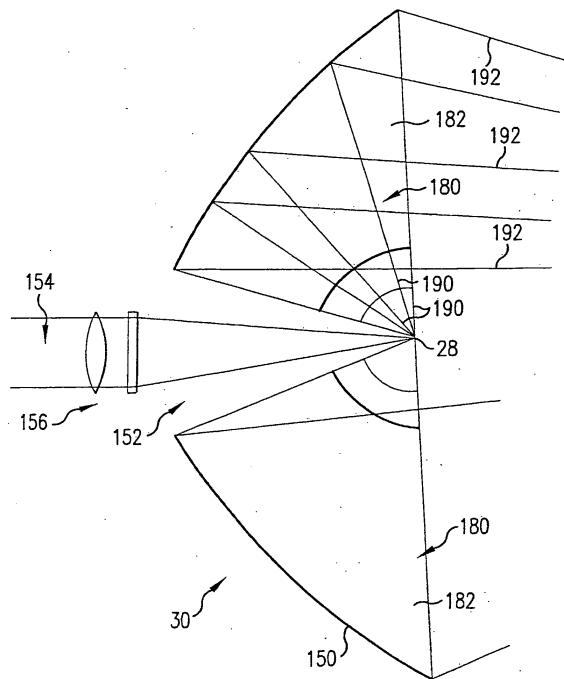
도면1A



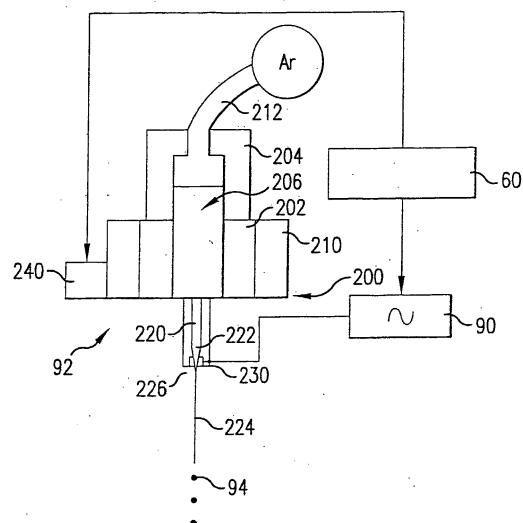
도면2A



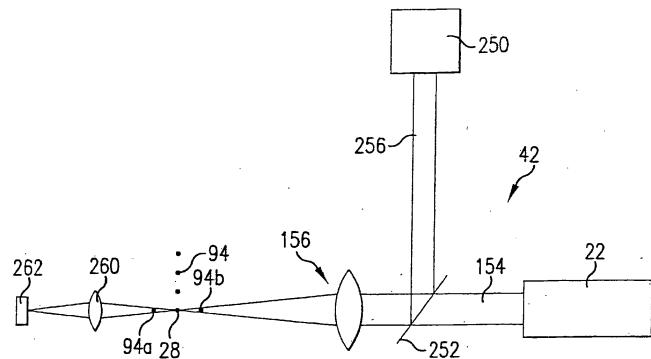
도면2B



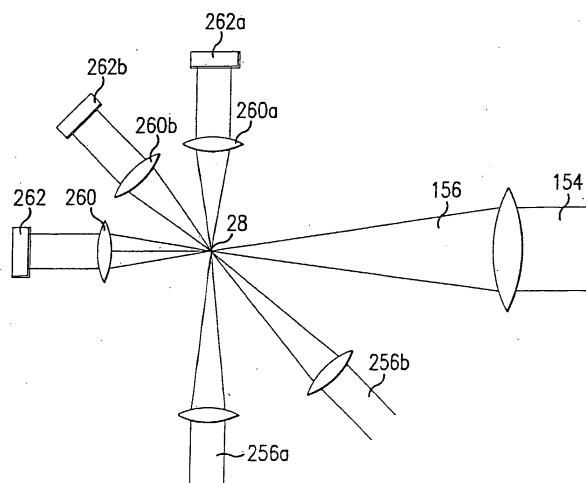
도면3



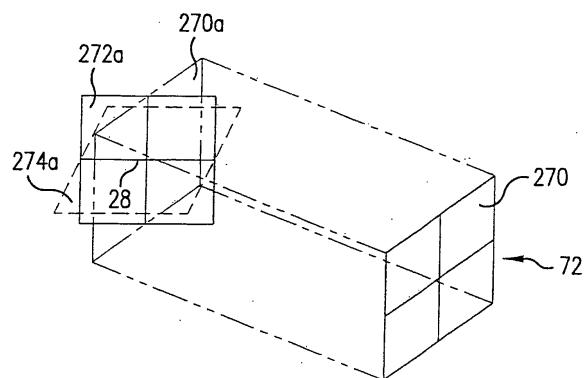
도면4A



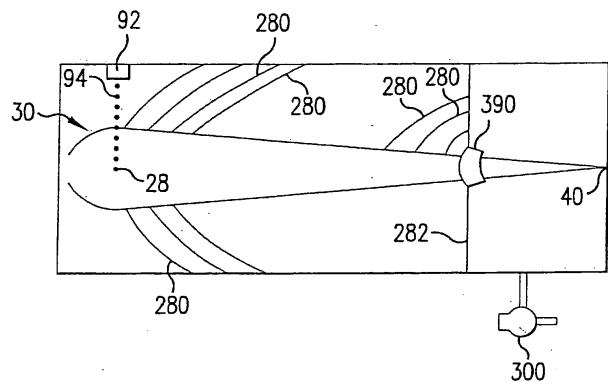
도면4B



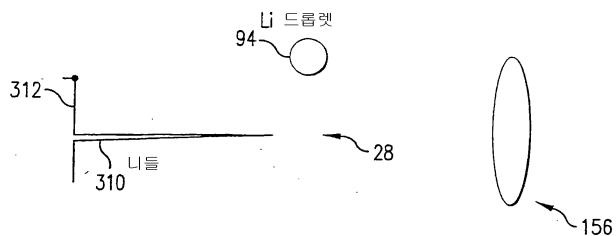
도면5



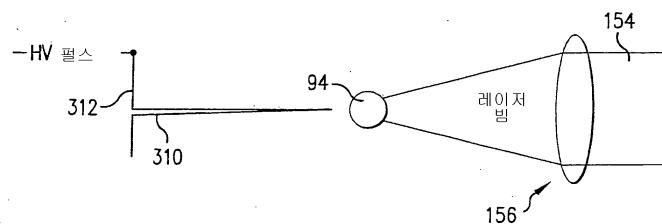
도면6



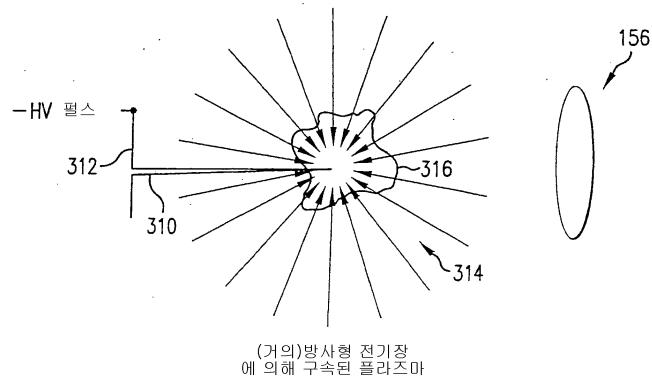
도면7A



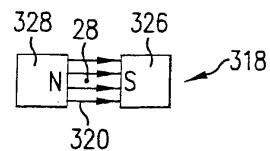
도면7B



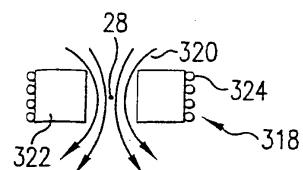
도면7C



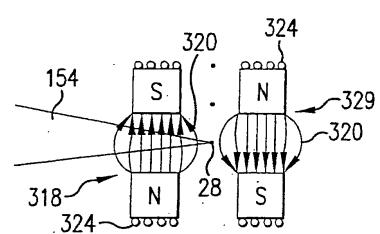
도면8A



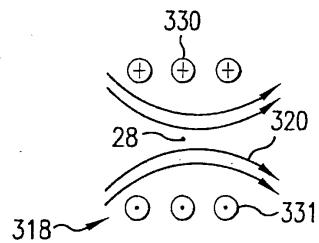
도면8B



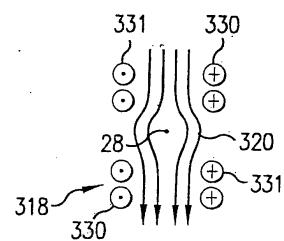
도면8C



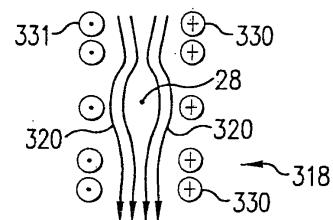
도면8D



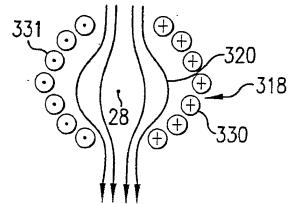
도면8E



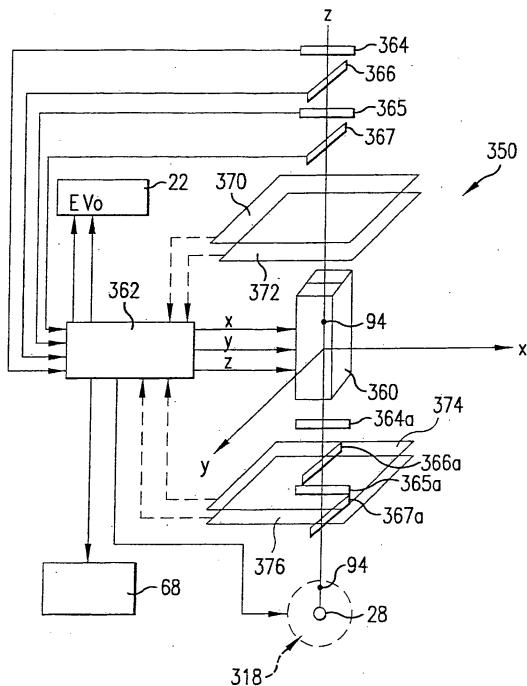
도면8F



도면8G



도면9



도면10

