



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년03월29일
(11) 등록번호 10-1963673
(24) 등록일자 2019년03월25일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H05G 2/00 (2006.01) *H01S 3/10* (2006.01)

H01S 3/223 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2013-7027303

(22) 출원일자(국제) 2012년02월28일

심사청구일자 2017년02월20일

(85) 번역문제출일자 2013년10월16일

(65) 공개번호 10-2014-0016338

(43) 공개일자 2014년02월07일

(86) 국제출원번호 PCT/US2012/027026

(87) 국제공개번호 WO 2012/125287

국제공개일자 2012년09월20일

(30) 우선권주장

13/050,198 2011년03월17일 미국(US)

(56) 선행기술조사문현

JP2008277529 A*

(뒷면에 계속)

전체 청구항 수 : 총 20 항

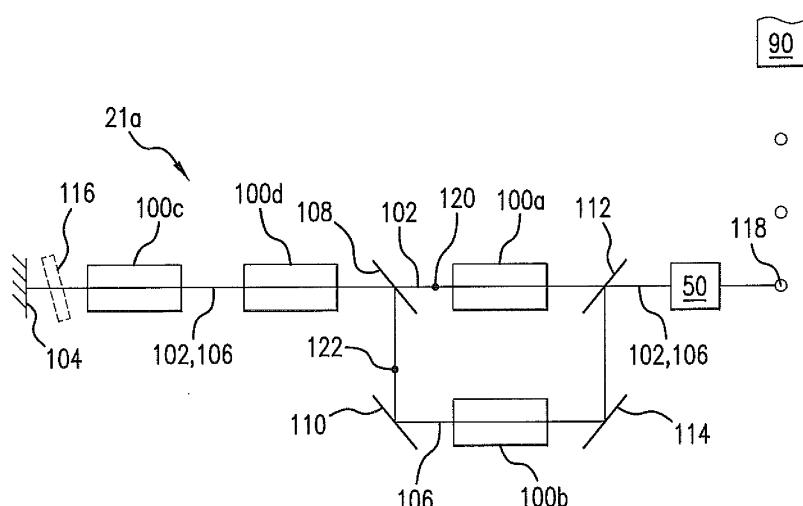
심사관 : 권영학

(54) 발명의 명칭 EUV 광원용 구동 레이저 전달 시스템

(57) 요 약

타겟 재료 액적의 스트림을 산출하는 액적 생성기, 시드 레이저가 제 1 빔 경로로의 시드 레이저 출력력을 제공하지 않고서도 상기 제 1 빔 경로 상의 광을 증폭시키는 제 1 광학 이득 매체, 시드 레이저가 제 2 빔 경로로의 시드 레이저 출력력을 제공하지 않고서도 상기 제 2 빔 경로 상의 광을 증폭시키는 제 2 광학 이득 매체, 및 EUV 광 방출 플라즈마를 산출하기 위해 타겟 재료 액적과 상호작용하기 위해 상기 제 1 빔 경로와 상기 제 2 빔 경로로부터의 광을 결합시키는 빔 결합기(combiner)를 포함하는 EUV 광원이 본문에 개시된다.

대 표 도 - 도4



(56) 선행기술조사문현

JP2010171375 A*

JP2010514214 A*

KR1020090085600 A*

KR1020100111676 A*

US20040184491 A1*

US20070263269 A1*

*는 심사관에 의하여 인용된 문현

명세서

청구범위

청구항 1

타겟 재료 액적의 스트림을 산출하는 액적 생성기;

시드 레이저가 제 1 빔 경로로의 시드 레이저 출력력을 제공하지 않고서도 상기 제 1 빔 경로 상의 광을 증폭시키는 제 1 광학 이득 매체 – 상기 제 1 빔 경로 상의 광은 제 1 선형 편광 방향을 가지며, 상기 제 1 빔 경로는 타겟 재료 조사 영역과 제 1 광학기기 사이에 배치되는 제 1 광학 캐비티의 일부임 –;

시드 레이저가 제 2 빔 경로로의 시드 레이저 출력력을 제공하지 않고서도 상기 제 2 빔 경로 상의 광을 증폭시키는 제 2 광학 이득 매체 – 상기 제 2 빔 경로 상의 광은 상기 제 1 선형 편광 방향에 수직인 제 2 선형 편광 방향을 가지며, 상기 제 2 빔 경로는 상기 타겟 재료 조사 영역과 상기 제 1 광학기기 사이에 배치되는 제 2 광학 캐비티의 일부임 –; 및

상기 제 1 빔 경로와 상기 제 2 빔 경로로부터의 광을 결합시키는 빔 결합기(combiner) – 결합 후 광은 EUV 광 방출 플라즈마를 산출하도록 상기 타겟 재료 조사 영역에서 타겟 재료 액적과 상호작용하게 됨 –

를 포함하는, EUV 광원.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 제 1 빔 경로와 상기 제 2 빔 경로 상에서의 광을 증폭시키는 제 3 광학 이득 매체를 더 포함하는, EUV 광원.

청구항 3

제 1 항에 있어서, 상기 제 1 광학 이득 매체는 상기 제 1 광학기기와 상기 빔 결합기 사이의 상기 제 1 빔 경로 상에 위치되는, EUV 광원.

청구항 4

제 3 항에 있어서, 상기 빔 결합기는 제 1 빔 결합기이며, 상기 EUV 광원은 제 2 광학기기와 제 2 빔 결합기를 더 포함하고, 상기 제 2 빔 결합기는 상기 제 1 광학기기와 상기 제 2 광학기기로부터 진행하는 광을 결합시키기 위해 상기 제 1 광학기기와 상기 제 1 광학 이득 매체 사이의 상기 제 1 빔 경로 상에 위치되는, EUV 광원.

청구항 5

제 3 항에 있어서, 상기 제 1 광학기기는 미러를 포함하는, EUV 광원.

청구항 6

제 3 항에 있어서, 상기 제 1 광학기기는 격자를 포함하는, EUV 광원.

청구항 7

제 6 항에 있어서, 상기 격자는 홈 방향을 정의하고, 상기 EUV 광원은 상기 제 1 빔 경로에 관해 상기 홈 방향을 회전시키도록 상기 격자와 결합되는 액추에이터를 더 포함하는, EUV 광원.

청구항 8

제 4 항에 있어서, 상기 제 1 광학기기는 격자를 포함하고, 상기 제 2 광학기기는 격자를 포함하는, EUV 광원.

청구항 9

제 1 항에 있어서, 상기 제 1 빔 경로 상의 광을 감쇠시키는 가변 감쇠기를 더 포함하는, EUV 광원.

청구항 10

제 9 항에 있어서, 상기 가변 감쇠기는 편광 보상 장치를 포함하는, EUV 광원.

청구항 11

제 1 항에 있어서, 상기 빔 결합기는 편광 빔 결합기를 포함하는, EUV 광원.

청구항 12

제 1 빔 경로 상의 광을 증폭시키는 제 1 광학 이득 매체 – 상기 제 1 빔 경로 상의 광은 제 1 선형 편광 방향을 가지며, 상기 제 1 빔 경로는 타겟 재료 조사 영역과 제 1 광학기기 사이에 배치되는 제 1 광학 캐비티의 일부임 –;

제 2 빔 경로 상의 광을 증폭시키는 제 2 광학 이득 매체 – 상기 제 2 빔 경로 상의 광은 제 2 편광 방향을 가지며, 상기 제 2 빔 경로는 상기 타겟 재료 조사 영역과 상기 제 1 광학기기 사이에 배치되는 제 2 광학 캐비티의 일부임 –;

광의 일부를 상기 제 1 빔 경로로부터 상기 제 2 빔 경로로 그리고 상기 제 2 광학 이득 매체를 통과시켜서 우회시키는 제 1 빔 결합기; 및

상기 제 1 빔 경로와 상기 제 2 빔 경로 상의 빔을 결합시켜, 결합 후 광으로 상기 타겟 재료 조사 영역에서 타겟 재료 액적을 조사하고 EUV 광 방출 플라즈마를 생성하는 제 2 빔 결합기

를 포함하는, EUV 광원.

청구항 13

제 12 항에 있어서, 상기 제 1 빔 경로와 상기 제 2 빔 경로 상에서의 광자를 증폭시키는 제 3 광학 이득 매체를 더 포함하는, EUV 광원.

청구항 14

제 12 항에 있어서, 상기 제 1 빔 경로상의 광을 감쇠시키는 가변 감쇠기를 더 포함하는, EUV 광원.

청구항 15

제 14 항에 있어서, 상기 가변 감쇠기는 편광 보상 장치를 포함하는, EUV 광원.

청구항 16

제 12 항에 있어서, 상기 빔 결합기는 편광 빔 결합기를 포함하는, EUV 광원.

청구항 17

EUV 광을 생성하는 방법으로서:

제 1 광학 이득 매체로 제 1 빔 경로 상의 광을 증폭시키는 단계 – 상기 제 1 빔 경로 상의 광은 제 1 선형 편광 방향을 가지며, 상기 제 1 빔 경로는 타겟 재료 조사 영역과 제 1 광학기기 사이에 배치되는 제 1 광학 캐비티의 일부임 –;

제 2 광학 이득 매체로 제 2 빔 경로 상의 광을 증폭시키는 단계 – 상기 제 2 빔 경로 상의 광은 제 2 편광 방향을 가지며, 상기 제 2 빔 경로는 상기 타겟 재료 조사 영역과 상기 제 1 광학기기 사이에 배치되는 제 2 광학 캐비티의 일부임 –;

상기 제 1 빔 경로로부터 제 2 빔 경로로, 그리고 상기 제 2 광학 이득 매체를 통과하여 광의 일부를 우회시키는 단계; 및

상기 제 1 빔 경로와 상기 제 2 빔 경로 상의 빔을 결합시켜, 결합 후 광으로 상기 타겟 재료 조사 영역에서 타겟 재료 액적을 조사하고 EUV 광 방출 플라즈마를 생성하는 단계

를 포함하는, EUV 광을 생성하는 방법.

청구항 18

제 17 항에 있어서, 제 3 광학 이득 매체를 가지고 상기 제 1 빔 경로와 상기 제 2 빔 경로 상의 광자를 증폭시키는 단계를 더 포함하는, EUV 광을 생성하는 방법.

청구항 19

제 17 항에 있어서, 가변 감쇠기로 상기 제 1 빔 경로 상의 광을 감쇠시키는 단계를 더 포함하는, EUV 광을 생성하는 방법.

청구항 20

제 17 항에 있어서, 상기 우회시키는 단계는 편광 빔 결합기에 의해 달성되는, EUV 광을 생성하는 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001]

본 출원서는 극 자외선 ("EUV") 광원 및 그를 동작시키는 방법에 관한 것이다. 이러한 광원은 소스 재료로부터 플라즈마를 생성함으로써 EUV 광을 제공한다. 하나의 애플리케이션에서, EUV 광은 반도체 집적회로를 산출하기 위해 포토리소그래피 프로세스에서 접속 및 사용될 수 있다.

배경기술

[0002]

EUV 광의 패터닝된 빔은, 실리콘 웨이퍼와 같은 기판에 극도로 작은 피쳐를 산출하도록 하는 저항 코팅된 기판을 노출시키는 데에 사용될 수 있다. 극 자외광(또한, 때때로 소프트 x-선이라고도 함)은 일반적으로 약 5-100nm의 범위에서의 파장을 가지는 전자기 복사선으로서 정의된다. 포토리소그래피를 위한 관심을 가질만한 하나의 특정한 파장은 13.5nm에서 발생하고, 현재 일반적으로 13.5nm 시스템에 대해 "대역내 EUV"라고하는 13.5nm +/- 2%의 범위에서의 광을 산출하기 위한 노력이 진행중이다.

[0003]

EUV 광을 산출하는 방법은, 소스 재료를 EUV 범위에서의 방출선을 가지는 화학 원소를 구비한 플라즈마 상태로 변환하는 단계를 포함하지만, 이에 반드시 한정되는 것은 아니다. 이들 원소는 크세논, 리튬 그리고 주석을 포함할 수 있지만, 그에 반드시 한정되는 것은 아니다.

[0004]

이러한 하나의 방법에서, 때때로 레이저 산출 플라즈마("LPP")라고 하는, 요구되는 플라즈마가 레이저 빔으로 예를 들면, 액적, 스트립 또는 와이어의 형태로, 소스 재료를 조사(irradiate)함으로써 산출될 수 있다. 또 다른 방법에서, 대개 방전 산출 플라즈마("DPP")라고 하는, 요구되는 플라즈마가 전극 쌍 사이에 EUV 방출선을 가지는 소스 재료를 배치하고 상기 전극들 사이에서 전기 방전이 발생하도록 함으로써 생성될 수 있다.

[0005]

상기 제시된 바와 같이, EUV 광을 산출하기 위한 하나의 기술은 소스 재료를 조사하는 것을 포함한다. 이러한 관점에서, 적외선 파장 즉, 약 $9\mu\text{m}$ ~ $11\mu\text{m}$ 의 범위의 파장에서 광을 출력하는 CO_2 레이저가 LPP 프로세스에서 소스 재료를 조사하는 소위 '구동' 레이저로서 특정한 이점을 제시할 수 있다. 이는 특히, 예를 들면 주석을 함유하는 소스 재료와 같은 특정한 소스 재료에 대해 부합할 수 있다. 하나의 이점은 구동 레이저 입력 파워와 출력 EUV 파워 사이에서의 상대적으로 높은 변환 효율을 산출하는 기능을 포함할 수 있다.

[0006]

일반적으로 LPP 광원에 대해, EUV 출력 파워는 구동 레이저 파워로 스케일링한다. LPP 프로세스에서 사용되는 상대적으로 높은 파워 레이저 펄스를 산출하기 위해 오실레이터-증폭기 배치를 채용하는 것이 제시되어왔다. 예를 들면, 일부 배치에서, 1×10^5 이상의 오더로 된 원 패스 작은 신호 이득을 가진 멀티-챔버 증폭기는 하나 이상의 상대적으로 민감한 광학기기를 포함할 수 있는 다소 취약한(fragile) 오실레이터(시드 레이저)의 출력으로 시딩될 수 있다. 사실, 일부 설정에 대해, 증폭기 이득은 너무 높아서 예를 들면 뒤로 진행하는(back-propagating) 광의 약 90-99 퍼센트를 차단할 수 있는 편광 식별 광학 절연체(isolator)는 오실레이터를 손상으로부터 보호하는 데에는 불충분할 수 있다. 오실레이터-증폭기 배치로 증가하는 EUV 출력에 대해 미래의 수요를 만족시키는 것은 취약한 오실레이터 광학기기를 더 위험하게 할 수도 있는 더 큰 증폭기를 필요로 할 것이다. 본 문에 사용된 바와 같이, "시드 레이저"라는 용어와 그의 파생어는 레이저를 의미하며, 그의 출력은 일부 증폭기 또는 다른 레이저로 주사된다.

[0007]

시드 레이저에 의해 시딩되지 않은 광학 증폭기에 의해 산출된 레이저 빔을 가지고 액적을 조사하는 것이 또한

미리 제시되었다. 도 1은 EUV 광원이 직렬로 배치된 증폭기 챕버(2a-c)의 체인을 가지는 광학 증폭기(2)를 구비하는 배치를 도시한다. 사용시, 타겟 재료(3)의 액적은 상기 증폭기를 통해 뻗어있는 빔 경로(4)를 통과하는 궤적에 배치된다. 액적이 빔 경로(4)에 도달할 때, 빔 경로 상의 일부 광자들이 액적과 광학기기(5) 사이에서 증폭기 체인을 통과하여 반사된다. 이는 그런 다음 액적을 조사하고 EUV 광 방출 플라즈마를 산출하는 증폭된 빔을 산출한다. 이러한 프로세스에 대해, 상대적으로 높은 이득을 가지는 광학 증폭기가 일반적으로 채용된다. 그러나, 이러한 고 이득은 일부 경우에 문제가 있다. 특히, 소위 '자가-레이징'이, 용기 벽, 이전에 조사된 액적으로부터의 찌꺼기, 증폭기 체인 또는 증폭기 체인과 조사 위치 사이의 광학기기에서의 광학 마운트, 다운스 트림 노출 툴로부터 EUV 광원을 분리시키는 게이트 밸브, 구동 레이저 포커싱 렌즈로부터의 챕버 및/또는 축을 중심으로하는 반사에서의 기타 구조물로부터의 반사 및/또는 회절에 기인하여, 액적이 빔 경로(4)에 도달하기 전에 발생할 수 있다.

[0008]

자가 레이징의 크기는 증폭기 이득에 비례하며, 바람직하지 않게도 타겟 조사 빔을 산출하기 위해 필요한 증폭기 이득을 격감시킬 수 있다. 도 1에 도시된 시딩되지 않은 증폭기 배치를 가지고 증가된 EUV 출력에 대해 미래 수요를 만족시키는 것은 증가된 자가 레이징을 일으킬 더 큰 이득을 가진 증폭기를 요구할 것이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009]

상기를 염두에 두고, 본 출원인은 EUV 광원용 구동 레이저 전달 시스템을 개시한다.

과제의 해결 수단

[0010]

본문에 개시된 바와 같이, 제 1 측면에서, EUV 광원은 타겟 재료 액적의 스트림을 산출하는 액적 생성기, 시드 레이저가 제 1 빔 경로로의 시드 레이저 출력력을 제공하지 않고서도 상기 제 1 빔 경로 상의 광을 증폭시키는 제 1 광학 이득 매체, 시드 레이저가 제 2 빔 경로로의 시드 레이저 출력력을 제공하지 않고서도 상기 제 2 빔 경로 상의 광을 증폭시키는 제 2 광학 이득 매체, 및 EUV 광 방출 플라즈마를 산출하기 위해 타겟 재료 액적과 상호 작용하도록 상기 제 1 빔 경로와 상기 제 2 빔 경로로부터의 광을 결합시키는 빔 결합기(combiner)를 포함할 수 있다.

[0011]

본 측면의 하나의 실시예에서, EUV 광원은 상기 제 1 빔 경로와 상기 제 2 빔 경로 상에서의 광을 증폭시키는 제 3 광학 이득 매체를 더 포함할 수 있다.

[0012]

본 측면의 특정한 실시예에서, EUV 광원은 광학기기를 더 포함할 수 있고, 여기서 상기 제 1 광학 이득 매체는 상기 광학기기와 상기 빔 결합기 사이의 제 1 빔 경로 상에 위치된다.

[0013]

본 측면의 하나의 구현에서, 상기 광학기기는 제 1 광학기기이고, 상기 빔 결합기는 제 1 빔 결합기이며, 상기 EUV 광원은 제 2 광학기기와 제 2 빔 결합기를 포함하고, 상기 제 2 빔 결합기는 상기 제 1 광학기기와 상기 제 2 광학기기로부터 진행하는 광을 결합시키기 위해 상기 제 1 광학기기와 상기 제 1 광학 이득 매체 사이의 상기 제 1 빔 경로 상에 위치된다.

[0014]

본 측면의 특정한 구현에서, 상기 제 1 광학기기는 미러를 포함한다.

[0015]

본 측면의 하나의 배치에서, 상기 제 1 광학기기는 격자를 포함한다.

[0016]

본 측면의 특정한 설정에서, 상기 격자는 흄의 방향을 정의하고, 상기 EUV 광원은 상기 제 1 빔 경로에 관해 상기 흄 방향을 회전시키도록 상기 격자와 결합되는 액추에이터를 더 포함한다.

[0017]

본 측면의 하나의 실시예에서, 상기 제 1 광학기기는 격자를 포함하고, 상기 제 2 광학기기는 격자를 포함한다.

[0018]

본 측면의 특정한 실시예에서, 상기 EUV 광원은 상기 제 1 빔 경로 상의 광을 감쇠시키는 가변 감쇠기를 더 포함한다.

[0019]

본 측면의 하나의 실시예에서, 상기 가변 감쇠기는 편광 보상 장치를 포함한다.

[0020]

본 측면의 하나의 실시예에서, 상기 빔 결합기는 편광 빔 결합기를 포함한다.

[0021]

또다른 측면에서, 본문에 개시된 바와 같이, EUV 광원은 제 1 빔 경로 상의 광을 증폭시키는 제 1 광학 이득 매체, 제 2 빔 경로 상의 광을 증폭시키는 제 2 광학 이득 매체, 광의 일부를 상기 제 1 빔 경로로부터 제 2 빔 경로로 그리고 상기 제 2 광학 이득 매체를 통과시켜서 우회시키는 제 1 빔 결합기, 및 타겟 재료를 조사하고

EUV 광 방출 플라즈마를 생성하기 위해 상기 제 1 빔 경로와 상기 제 2 빔 경로 상의 빔을 결합시키는 제 2 빔 결합기를 포함한다.

[0022] 본 측면의 하나의 실시예에서, EUV 광원은 상기 제 1 빔 경로와 상기 제 2 빔 경로 상에서의 광자를 증폭시키는 제 3 광학 이득 매체를 더 포함할 수 있다.

[0023] 본 측면의 특정한 실시예에서, 상기 EUV 광원은 상기 제 1 빔 경로 상의 광을 감쇠시키는 가변 감쇠기를 더 포함한다.

[0024] 본 측면의 특정한 구현에서, 상기 가변 감쇠기는 편광 보상 장치를 포함한다.

[0025] 본 측면의 하나의 구현에서, 상기 빔 결합기는 편광 빔 결합기를 포함한다.

[0026] 또한 본문에 개시된 또다른 측면에서, EUV 광을 생성하는 방법은: 제 1 광학 이득 매체로 제 1 빔 경로 상의 광을 증폭시키는 단계, 제 2 광학 이득 매체로 제 2 빔 경로 상의 광을 증폭시키는 단계, 상기 제 1 빔 경로로부터 제 2 빔 경로로, 그리고 상기 제 2 광학 이득 매체를 통과하여 광의 일부를 우회시키는 단계, 및 타겟 재료를 조사하고 EUV 광 방출 플라즈마를 생성하기 위해 상기 제 1 빔 경로와 상기 제 2 빔 경로 상의 광을 결합시키는 단계를 포함한다.

[0027] 본 측면의 특정한 구현에서, 상기 방법은 제 3 광학 이득 매체를 가지고 상기 제 1 빔 경로와 상기 제 2 빔 경로 상의 광자를 증폭시키는 단계를 더 포함한다.

[0028] 본 측면의 하나의 구현에서, 상기 방법은 가변 감쇠기로 상기 제 1 빔 경로 상의 광을 감쇠시키는 단계를 더 포함한다.

[0029] 본 측면의 특정한 구현에서, 상기 우회시키는 단계는 편광 빔 결합기로 달성될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0030] 도 1은 오실레이터에 의해 시팅되지 않은 광학 증폭기에 의해 산출된 레이저 빔을 가지고 액적을 조사하는 종래 기술의 장치의 개략도이다.

도 2는 노출 장치와 결합된 EUV 광원의 간략화된 개략도를 도시한다.

도 3은 LPP EUV 광 복사체(radiator)를 가진 EUV 광원을 포함하는 장치의 간략화된 개략도를 도시한다.

도 4는 도 3에 도시된 장치에서 사용하는 레이저 시스템의 실시예의 간략화된 개략적인 도를 도시한다.

도 5는 도 3에 도시된 장치에서 사용하는 레이저 시스템의 또다른 실시예의 간략화된 개략적인 도를 도시한다.

도 6은 도 3에 도시된 장치에서 사용하는 레이저 시스템의 또다른 실시예의 간략화된 개략적인 도를 도시한다.

도 7은 도 3에 도시된 장치에서 사용하는 레이저 시스템의 또다른 실시예의 간략화된 개략적인 도를 도시한다.

도 8은 도 1에 도시된 종래기술의 배치의 연산된 빔 파워에 대해 도 4에 도시된 실시예의 연산된 빔 파워를 비교하는 플롯이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0031] 먼저 도 2을 참조하면, 전체적으로 10"으로 지정된 EUV 포토리소그래피 장치의 하나의 예시의 선택된 부분의 간략화되고, 개략적인 부분도가 도시된다. 장치(10")는 예를 들면, EUV 광의 패터닝된 빔을 가지고 저항 코팅된 웨이퍼와 같은 기판(11)을 노출시키기 위해 사용될 수 있다. 장치(10")에 대해, 레티클과 같은 EUV 광의 빔을 가지고 패터닝 광학기기(13c)를 조광하고, 패터닝된 빔을 산출하는 하나 이상의 광학기기(13a, b), 및 패터닝된 빔을 기판(11)으로 투사하는 하나 이상의 감소 투사 광학기기(들)(13d, 13e)를 가지는 EUV 광을 활용하는 노출 장치(12")(예를 들면, 스텝퍼, 스캐너, 스텝 및 스캔 시스템, 직접 기록 시스템, 접촉 및/또는 근접 마스크 등을 이용하는 장치와 같은 접적회로 리소그래피 툴)가 제공된다. 기계적 어셈블리(도시되지 않음)가 기판(11)과 패터닝 수단(13c) 사이에서의 제어된 상대적 움직임을 생성하기 위해 제공된다. 도 2에 더 도시된 바와 같이, 장치(10")는 기판(11)을 조사(irradiate)하기 위해 경로를 따라서 노출 장치(12")로 광학기기(24)에 의해 반사되는 챔버(26")에서 EUV 광을 방출하는 EUV 광 복사체(22)를 포함하는 EUV 광원(20")을 포함할 수 있다.

[0032] 본문에 사용되는 바와 같이, "광학기기"라는 용어와 그의 파생어는 입사광을 반사 및/또는 통과(transmit)시키고 및/또는 그에 대해 작동하는 하나 이상의 컴포넌트를 포함(그러나 그에 반드시 한정되는 것은 아님)하도록

폭넓게 구속되는 것을 의미하며, 하나 이상의 렌즈, 창, 필터, 웨지, 프리즘, 그리즘(grism), 그레이딩(gradings), 전송 파이버, 에탈론, 디퓨저, 균질화기, 겸출기와 기타 설비 컴포넌트, 어퍼처, 액시콘(axicons) 및 다층 미러를 포함하는 미러, 근 수직 입사 미러, 그레이징 입사 미러, 반사체(specular reflector), 확산 반사체 및 그의 조합을 포함하지만, 그에 반드시 한정되는 것은 아니다. 또한, 달리 규정되지 않는다면, 본문에 사용된 바와 같은 "광학기기"와 그의 파생어는 어느 것도 EUV 출력 광 파장, 복사 레이저 파장, 측정에 적합한 파장 또는 기타 특정 파장과 같은 단독 또는 하나 이상의 특정한 파장 범위(들)에서 동작하거나 또는 그의 이첨을 취하는 컴포넌트로 한정되는 것을 의미하지 않는다.

[0033] 도 3은 LPP EUV 광 복사체를 가지는 EUV 광원(20)을 포함하는 장치(10)의 특정한 예시를 도시한다. 도시된 바와 같이, EUV 광원(20)은 광 펠스의 트레인을 생성하고, 상기 광 펠스를 광원 챔버(26)로 전달하는 시스템(21)을 포함한다. 장치(10)에 대해, 광 펠스는 시스템(21)으로부터 챔버(26)로 하나 이상의 빔 경로를 따라 진행하여, 노출 장치(12)에서 기판 노출을 위한 EUV 광 출력을 산출하기 위해 조사 영역(48)에서 소스 재료를 조사한다.

[0034] 도 3에 도시된 시스템(21)에서 사용하기에 적절한 레이저는 도 4-7에 도시되고 하기에 보다 상세히 기술되는 배치를 포함하지만, 그에 반드시 한정되는 것은 아니다.

[0035] 도 3은 또한 상기 장치(10)가 빔을 확장, 조정(steering)하고 및/또는 레이저 소스 시스템(21)과 조사위치(48) 사이에서 빔을 포커싱하는 것과 같은, 빔 컨디셔닝을 위한 하나 이상의 광학기기를 가지는 빔 컨디셔닝 유닛(50)을 포함한다는 것을 도시한다. 예를 들면, 하나 이상의 미러, 프리즘, 렌즈 등을 포함하는 조정 시스템은 레이저 초점을 챔버(26)에서의 상이한 위치들로 조정하도록 제공 및 배치될 수 있다. 예를 들면, 조정 시스템은 독립적으로 제 1 미러를 2 차원으로 이동시킬 수 있는 끝이 위로 올라간(tip-tilt) 액추에이터에 장착된 제 1 평판 미러, 및 독립적으로 제 2 미러를 2차원으로 이동시킬 수 있는 끝이 위로 올라간 액추에이터에 장착된 제 2 평판 미러를 포함할 수 있다. 이러한 배치로, 조정 시스템은 제어가능하게 초점을 빔 전파 방향(빔 축)에 대해 실질적으로 직교하는 방향으로 이동시킬 수 있다.

[0036] 빔 컨디셔닝 유닛(50)은 빔을 조사 위치(48)로 포커싱하고 빔 축을 따라 초점의 위치를 조정하기 위한 포커싱 어셈블리를 포함한다. 포커싱 어셈블리에 대해, 빔 축을 따라 초점을 이동시키기 위해 빔 축을 따라서 있는 방향으로 이동하도록 액추에이터에 결합되는 포커싱 렌즈 또는 미러와 같은 광학기기가 사용된다.

[0037] 빔 컨디셔닝 시스템에 관한 추가적인 상세 사항은 그의 각각의 내용이 참조에 의해 본문에 통합된, 2006년 8월 8일 발급된, 현재 미국특허번호 제7,087,914인, 고 반복 레이저 산출 플라즈마 EUV 광원이라는 제하의, 2004년 3월 17일 출원된 미국특허출원번호 제 10/803,526, Attorney Docket No. 2003-0125-01; 2007년 1월 16일 발급된, 현재 미국특허번호 제7,164,144인, EUV 광원이라는 제하의, 2004년 7월 27일 출원된 미국특허출원번호 제 10/900,839, Attorney Docket No. 2004-0044-01; 및 극 자외선 광원용 빔 전송 시스템이라는 제하의, 2009년 12월 15일 출원된 미국특허출원번호 제 12/638,092, Attorney Docket No. 2009-0029-01;에서 제공된다.

[0038] 도 3에 더 도시된 바와 같이, EUV 광원(20)은 또한 예를 들면 주석 액체와 같은 소스 재료를, 노출 장치(12)에서 저항 코팅된 웨이퍼와 같은 기판을 노출시키기 위해 궁극적으로 플라즈마를 산출하고 EUV 방출을 생성하기 위해, 액적이 시스템(21)으로부터의 광 펠스와 상호작용할 조사 위치(48)에 대해 챔버(26)의 내부로 전달하는 소스 재료 전달 시스템(90)을 포함한다. 다양한 액적 배출기 구성과 그의 상대적인 이첨에 관한 보다 상세 사항은, 그의 각각의 내용이 참조에 의해 본문에 통합된, US 2010-0294953-A1으로서, 2010년 11월 25일 공개된, 레이저 산출 플라즈마 EUV 광원이라는 제하의, 2010년 3월 10일 출원된 미국특허출원번호 제12/721,317, Attorney Docket No. 2008-0055-01; 2011년 1월 18일 발급된, 현재 미국특허번호 제7,872,245인, 레이저 산출 플라즈마 EUV 광원에서의 타겟 재료 전달용 시스템 및 방법이라는 제하의, 2008년 6월 19일 출원된 미국특허출원번호 제 12/214,736, Attorney Docket No. 2006-0067-02; 변조된 소란파를 이용하여 산출된 액적 스트림을 가진 레이저 산출 플라즈마 EUV 광원이라는 제하의, 2007년 7월 13일 출원된 미국특허출원번호 제 11/827,803, Attorney Docket No. 2007-0030-01; US 2006/0255298A-1으로서, 2006년 11월 16일 공개된, 프리펄스를 가진 레이저 산출 플라즈마 EUV 광원이라는 제하의, 2006년 2월 21일 출원된 미국특허출원번호 제 11/358,988, Attorney Docket No. 2005-0085-01; 2008년 7월 29일 발급된, 현재 미국특허번호 제7,405,416인, EUV 플라즈마 소스 타겟 전달용 방법 및 장치라는 제하의, 2005년 2월 25일 출원된 미국특허출원번호 제 11/067,124, Attorney Docket No. 2004-0008-01; 및 2008년 5월 13일 발급된, 현재 미국특허번호 제7,372,056인, LPP EUV 플라즈마 소스 재료 타겟 전달 시스템이라는 제하의, 2005년 6월 29일 출원된 미국특허출원번호 제 11/174,443, Attorney Docket No. 2005-0003-01;에서 볼 수 있다.

[0039] 기판 노출을 위해 출력된 EUV 광을 산출하는 소스 재료는 주석, 리튬, 크세논 또는 그의 조합을 포함하는 재료를 포함하지만, 그에 한정되는 것은 아니다. EUV의 방출 원소, 예를 들면, 주석, 리튬, 크세논 등은, 액체 액적 및/또는 액체 액적 내에 포함된 고체 입자의 형태가 될 수 있다. 예를 들면, 주석 원소는 순수한 주석, 예를 들면 SnBr_4 , SnBr_2 , SnH_4 와 같은 주석 화합물, 예를 들면 주석-갈륨 합금, 주석-인듐 합금, 주석-인듐-갈륨 합금과 같은 주석 합금, 또는 그의 조합으로서 사용될 수 있다. 사용된 재료에 따라, 소스 재료는 실온 또는 실온에 근접한 온도(예를 들면, 주석 합금, SnBr_4), 증가된 온도(예를 들면, 순수한 주석), 또는 실온 미만의 온도(예를 들면, SnH_4)를 포함하는 다양한 온도에서 조사 영역으로 제공될 수 있고, SnBr_4 와 같은 일부 경우에는 상대적으로 휘발성이 될 수 있다. LPP EUV 광원에서의 이러한 재료의 사용에 관한 보다 상세한 내용은 본문에 그 전체 내용이 참조에 의해 통합된 2008년 12월 16일 발급된, 현재는 미국특허번호 제 7,465,946인, 2006년 4월 17일 출원된 미국특허출원번호 제 11/406,216, EUV 광원용 대체 연료, Attorney Docket No. 2006-0003-01에서 제공된다.

[0040] 도 3을 계속 참조하면, 장치(10)는 또한 시스템(21)에서 장치들을 제어하여 챔버(26)로 전달하기 위한 광 펄스를 생성하고, 및/또는 빔 컨디셔닝 유닛(50)에서 광학기기의 움직임을 제어하는 구동 레이저 제어 시스템(65)을 구비할 수 있는 EUV 컨트롤러(60)를 포함할 수 있다. 장치(10)는 또한 예를 들면 조사 영역(48)에 대해 하나 이상의 액적의 위치를 나타내는 출력을 제공하는 하나 이상의 액적 이미저(70)를 포함할 수 있는 액적 위치 보호 시스템을 포함할 수 있다. 이미저(들)(70)는 이러한 출력을 액적 위치 검출 피드백 시스템(62)으로 제공할 수 있고, 이는 예를 들면 액적 위치 및 궤적을 연산할 수 있고, 이로부터 액적 오차가 예를 들면 액적-바이-액적 기준 또는 평균으로 연산될 수 있다. 액적 오차는 그런다음 입력으로서 컨트롤러(60)로 제공되고, 이는, 예를 들면 챔버(26)에서 조사 영역(28)으로 전달되는 광 펄스의 위치 및/또는 포커스 파워를 변경시키기 위해 레이저 동작을 제어하고 및/또는 빔 컨디셔닝 유닛(50)에서의 광학기기의 이동을 제어하도록 위치, 방향 및/또는 타이밍 신호를 시스템(21)으로 제공할 수 있다. 또한, EUV 광원(20)에 대해, 소스 재료 전달 시스템(90)은 예를 들면 해제(release) 포인트, 최초 액적 스트림 방향, 액적 해제 타이밍 및/또는 원하는 조사 영역(48)에 도달한 액적에서의 오차를 보정하기 위한 액적 조정을 변조하기 위해 컨트롤러(60)로부터의 신호(일부 구현에서 상술한 액적 오차 또는 일부 그로부터 유도된 양을 포함할 수 있는)에 응답하여 동작가능한 제어 시스템을 구비할 수 있다.

[0041] 도 3을 계속 참조하면, 장치(10)는 또한 예를 들면, 몰리브덴과 실리콘의 층, 및 일부 경우에 하나 이상의 고온 확산 배리어 층, 평탄화 층, 캡핑 층 및/또는 애칭 차단 층을 교대로 하면서 그레이드된 다층 코팅을 가진 절두형 타원체의 형태로 된(즉, 자신의 주축에 관해 회전된 타원체) 반사 표면을 가진 근-수직 입사 콜렉터 미러와 같은 광학기기(24")를 포함할 수 있다. 도 3은 광학기기(24")가 시스템(21)에 의해 생성된 광 펄스가 통과하여 조사 영역(48)에 도달하도록 허용하는 어퍼처를 가지고 형성될 수 있다는 것을 도시한다. 도시된 바와 같이, 광학 기기(24")는 예를 들면, 조사 영역(48) 내 또는 그에 인접한 제 1 초점, 및 소위 중간 영역(40)에서의 제 2 초점을 가지는 장형(長形) 회전타원체 미러가 될 수 있고, 여기서 EUV 광은 EUV 광원(20)으로부터 출력되어 예를 들면 집적회로 리소그래피 툴과 같은 EUV 광을 활용하는 노출 장치(12)로 입력될 수 있다. 다른 광학 기기가 EUV 광을 활용하는 장치로의 후속하는 전달을 위해 광을 수집하여 중간 위치로 지향시키는 장형 회전타원체 미러의 위치에서 사용될 수 있다는 것이 이해될 것이다. 예를 들면, 광학기기는 자신의 주축에 관해 회전된 포물선형이거나 또는 렇 형상 단면을 가진 빔을 중간 위치로 전달하도록 구성될 수 있다. 예를 들면, 그 내용이 참조에 의해 본문에 통합된 2010년 11월 30일 발급된, 현재는 미국특허번호 제 7,843,632인, 2006년 8월 16일 출원된 미국특허출원번호 제 11/505,177, EUV 광학기기, Attorney Docket 번호 2006-0027-01을 참조하라.

[0042] 수소, 헬륨, 아르곤 또는 그의 조합과 같은 베퍼 가스가 챔버(26)로 주입되고, 보충되고 및/또는 챔버(26)로부터 제거될 수 있다. 베퍼 가스는 플라즈마 방전동안 챔버(26)로 제공되고 광학기기 열화를 감소시키고 및/또는 플라즈마 효율을 증가시키기 위해 플라즈마 생성 이온을 늦추도록 동작한다. 대안으로, 자기장 및/또는 전기장(도시되지 않음)이 빠른 이온 손상을 감소시키기 위해 단독으로 또는 베퍼 가스와 조합하여 사용될 수 있다.

[0043] 도 4는 도 3에 도시된 장치(10)에서 사용하는 레이저 시스템(21a)의 실시예를 도시한다. 도시된 바와 같이, 레이저 시스템(21a)은 빔 경로(102) 상의 광자를 증폭시키는 광학 증폭 유닛(100a)을 포함한다. 도시된 바와 같이, 빔 경로(102)로부터 광학기기(104) 상에 입사하는 광을 빔 경로(102)로 다시 지향시키는 광학기기(104)가 빔 경로(102) 상에 배치된다. 예를 들면, 광학 기기(104)는 평판 미러, 곡선 미러, 위상 공액 미러(phase-conjugate mirror), 격자(또한 도 5, 6 및 대응하는 하기의 설명을 참조하라) 또는 코너 반사경이 될 수 있다.

[0044] 도 4는 또한 빔 경로(106) 상의 광자를 증폭시키는 광학 증폭 유닛(100b)이 제공되는 것을 도시한다. 도시된

바와 같이, 광학기기(104)를 향해 증폭 유닛(100a)으로부터 진행하고 제 1 선형 편광 방향을 가지는 광자를 전송하고 광학기기(104)를 향해 제 1 선형 편광 방향에 직교하는 선형 편광 방향을 가지는 증폭 유닛(100b)(미러(110)로부터의 반사후)으로부터의 광자를 반사시키도록 편광 빔 결합기(108)가 배치될 수 있다. 본문에 기술된 편광 빔 결합기는 또한 빔 분할기로서 기능한다는 것이 이해될 것이다. 예를 들면, 편광 빔 결합기(108)는 편광 빔 결합기(108) 상에 입사하는 제 1 선형 편광 방향을 가지는 광을 광학기기(104)으로부터 증폭 유닛(100a)을 향해 지향시키고 광학기기(104)로부터 진행하고 (미러(100)로부터의 반사후에) 제 1 선형 편광 방향에 직교하는 선형 편광 방향을 가지는 광자를 증폭 유닛(100b)을 통과하여 지향시킨다. 적절한 편광 빔 결합기는 펜실베니아 16056 색슨버그, 색슨버그 불바드 375의 II-VI Incorporated로부터 구입할 수 있다.

[0045] 도 4는 또한 증폭 유닛(100a)으로부터 진행하고 제 1 선형 편광 방향을 가지는 광자를 빔 컨디셔닝 유닛(50)을 향해 지향시키고, 증폭 유닛(100b)으로부터 진행하는(미러(114)로부터의 반사후에) 광자를 빔 컨디셔닝 유닛(50)으로 지향시키도록 편광 빔 결합기(112)가 배치되는 것을 도시한다. 추가적인 증폭 유닛(도시되지 않음)이 빔 결합기(108)와 빔 결합기(112) 사이의 빔 경로(102) 상과 및/또는 빔 결합기(108)와 빔 결합기(112) 사이의 빔 경로(106) 상에 배치될 수 있다. 예를 들면, 2개의 증폭 유닛(도시되지 않음)이 빔 결합기(108)와 빔 결합기(112) 사이의 빔 경로(102) 상에 배치되고 2개의 증폭 유닛(도시되지 않음)이 빔 결합기(108)와 빔 결합기(112) 사이의 빔 경로(106) 상에 배치될 수 있다.

[0046] 추가적인 증폭 유닛(100c, d)이 도시된 바와 같이 광학기기(104)와 빔 결합기(108) 사이의 빔 경로(102, 106) 상에 배치될 수 있다는 것이 더 도시될 수 있다. 광학기기(104)와 빔 결합기(108) 사이에서 2개의 증폭 유닛(100c, d)이 도시된다고 하더라도, 광학기기(104)와 빔 결합기(108) 사이에서 2개 이상의, 그리고 제로만큼 적은 수의 증폭 유닛(100c, d)이 채용될 수 있다는 것이 이해될 것이다.

[0047] 도 4는 또한 증폭 유닛(100a)과 증폭 유닛(100b) 사이에서의 파워 흐름을 균일하게 하기 위해(equalize) 작은 가변 손실을 선택된 빔 편광으로 도입시키기 위한 선택적인 가변 감쇠기(116)가 제공될 수 있다는 것을 도시한다. 예를 들면, 선택적인 가변 감쇠기(116)는 하나의 특정한 선형 편광 방향의 소수 비율(예를 들면 10%)을 반사하도록 코팅된 ZnSe 플레이트를 포함할 수 있다. 예를 들면, 플레이트는 제 1 선형 편광 방향의 90%를 통과시키고(transmit) 제 1 선형 편광 방향에 직교하는 선형 편광 방향의 100%를 통과시키도록 구성된다. 선형 편광 방향의 하나 또는 양측에서의 손실을 조정하기 위해 빔 경로(102, 106)와 동일 선상에 있는 광학 축에 관해 코팅된 ZnSe 플레이트를 회전시키는 액추에이터(도시되지 않음)가 제공될 수 있다. 예를 들면, 이러한 조정은 빔 경로(102)와 빔 경로(106) 사이의 파워 흐름을 균일하게 하도록 이루어진다.

[0048] 대안으로, 또는 선택적인 가변 감쇠기(116)에 추가하여, 가변 감쇠기는 예를 들면 위치(120)에서 빔 경로(102)에 배치되고 및/또는 가변 감쇠기는 빔 경로(102)와 빔 경로(106) 사이에서의 파워 흐름을 균일화하기 위해 예를 들면 위치(122)에서 빔 경로(106)에 배치된다. 이러한 가변 감쇠기는 감쇠기(116)와 유사한 설계일 수 있거나, 또는 광 빔을 감쇠시키기에 적절한 적합한 기술에서 공지된 기타 설계가 될 수 있다. 예를 들면, 상이한 레벨의 통과(transmission)를 제공하기 위해 코팅된 각각의 영역을 가진 복수의 영역을 구비한 ZnSe 플레이트가 채용될 수 있다. 상이한 레벨의 감쇠가 그런다음 빔에 대해 ZnSe 플레이트를 병진이동시키거나 또는 회전시킴으로써 달성되어, 빔이 선택된 영역을 통과하도록 한다. 일부 경우에, 가변 감쇠기는 필요하지 않을 수 있다.

[0049] 도 4에 도시된 레이저 시스템(21a)에 대해, 각각의 증폭 유닛(100a-d)은 CO₂가스를 포함하는 충전가스(filling gas)를 포함한다. 광학 이득 매체는 DC 또는 RF 여기를 이용하여 분포반전(population inversion)을 생성하도록 충전 가스를 펌핑함으로써 증폭 유닛에서 구축될 수 있다. 하나의 특정한 구현에서, 증폭 유닛은 축방향-흐름, RF 펌핑된(연속 또는 펄스 변조) CO₂ 증폭 유닛을 포함한다. 파이버, 로드, 슬랩 또는 디스크 형상의 이득 매체를 구비한 기타 유형의 증폭 유닛이 사용될 수 있다. 일부 경우에, 엑시머 또는 분자 플루오르 충전 가스 또는 고체 스테이트 재료와 같은 CO₂ 충전가스가 아닌 재료가 증폭 유닛에 채용될 수 있다. 하나의 특정한 구현에서, 각각의 빔 경로(102, 106)는 약 10-25 미터의 총 이득 길이를 가지고, 동시에 예를 들면 50kHz 이상의 고 펄스 반복률의 예를 들면 10kW 이상의 상대적으로 고 파워에서 동작하는 예를 들면 4개 또는 5개와 같은 복수의 축방향-흐름 RF 펌핑된(연속 또는 펄싱된) CO₂ 증폭 유닛을 포함한다.

[0050] 액적 스트립을 조사하기 위해 증폭된 광자 빔을 산출하는 레이저 시스템이, 그 전체 내용이 참조에 의해 본문에 통합된, 2009년 2월 17일 발급된 현재는 미국특허번호 제 7,491,954인, 2006년 10월 13일 출원된, EUV 광원용 구동 레이저 전달 시스템이라는 제하의 미국특허출원번호 제 11/580,414, Attorney Docket 번호 제 2006-0025-01에서 개시되고 청구된다.

- [0051] 일부 경우에, 증폭 유닛(100a-d)은 작은 신호 이득(g_0)이 액적 스트림을 향해 증폭 유닛 체인에서 감소하도록 상이한 충전 가스 압력 및/또는 조성을 가질 수 있다. 따라서, 증폭 유닛(100a)은 증폭 유닛(100c) 보다 더 작은 신호 이득(g_0)을 가질 수 있다. 보다 특히, 증폭 유닛(100c)은 포화 에너지(saturation energy)($E_s,_{100c}$)와 작은 신호 이득($g_0,_{100c}$)에 의해 특징지어지는 이득 매체를 포함하고; 증폭 유닛(100d)은 포화 에너지($E_s,_{100d}$)와 작은 신호 이득($g_0,_{100d}$)에 의해 특징지어지는 이득 매체를 포함하고; 증폭 유닛(100c)은 포화 에너지($E_s,_{100c}$)와 작은 신호 이득($g_0,_{100c}$)에 의해 특징지어지는 이득 매체를 포함하고; ($g_0,_{100a}$) < ($g_0,_{100d}$) < ($g_0,_{100c}$) 및 ($E_s,_{100a}$) > ($E_s,_{100d}$) > ($E_s,_{100c}$)이다. 일부 배치에서, 증폭 유닛(100a)이 증폭 유닛(100b)의 작은 신호 이득($g_0,_{100b}$)과 같거나 거의 같은 작은 신호 이득($g_0,_{100a}$)을 갖도록 레이저 시스템(21)이 구성될 수 있다. 대안으로, 증폭 유닛(100a, 100b)은 증폭 유닛(100a)의 작은 신호 이득(g_0)이 증폭 유닛(100b)의 작은 신호 이득($g_0,_{100b}$)과 상이한 작은 신호 이득($g_0,_{100a}$)을 갖도록 상이한 충전 가스 압력 및/또는 조성물을 가질 수 있다. 이는 예를 들면, 빔 경로(102)와 빔 경로(106) 사이에서의 파워 흐름을 균일하게 하기 위해 수행될 수 있다. 증폭기 체인의 최적화에 관한 보다 상세한 사항은 그의 전체 내용이 참조에 의해 본문에 통합된 2009년 4월 14일 발급되고, EUV 광원용 구동 레이저라는 제하의 미국특허번호 제 7,518,787인, Attorney Docket 번호 제 2006-0001-01에서 볼 수 있다.
- [0052] 사용시, 소스 재료 전달 시스템(90)으로부터의 타겟 재료 액적(118)은 빔 경로(102, 106)로부터의 액적(118)에 입사하는 광을 다시 빔 경로(102, 106)로 지향시키기 위해 빔 경로(102, 106)에 인접하거나 또는 그를 통과하는 궤적 상에 배치된다. 액적(118)이 빔 경로(102, 106)에 인접하거나 그 위에 있을 때, 제 1 선형 편광 방향을 가지는 광자가 빔 경로(102)를 따라 광학 캐비티를 구축하는 광학기기(104)와 액적(118) 사이에서 전후로 진행할 수 있다. 경로(102) 상에서, 제 1 선형 편광 방향을 가지는 광자는 시드 레이저가 빔 경로(102)로 출력 광자를 제공하지 않고서도 빔 경로(102) 상에서 증폭된 광자 빔을 산출하는 증폭 유닛(100a, 100c 및 100d)을 통과한다.
- [0053] 또한, 액적이 빔 경로(102, 106)에 인접하거나 그 위에 있을 때, 제 1 선형 편광 방향에 직교하는 편광을 가지는 광자가 빔 경로(106)를 따라 광학 캐비티를 구축하는 광학기기(104) 및 액적(118) 사이에서 전후로 진행할 수 있다. 경로(106) 상에서, 제 1 선형 편광 방향에 직교하는 편광을 가지는 광자는 시드 레이저가 빔 경로(106)로 출력 광자를 제공하지 않고서도 빔 경로(106) 상에서 증폭된 광자 빔을 산출하는 증폭 유닛(100b, 100c 및 100d)을 통과한다.
- [0054] 빔 경로(102) 상의 증폭된 광자 빔은 빔 결합기(112)에서의 빔 경로(106) 상의 증폭된 광자 빔과 결합되고, 결합된 빔은 빔이 EUV 광 방출 플라즈마를 산출하는 액적(118)으로 포커싱되는 빔 컨디셔닝 유닛(50)을 통해 지향된다.
- [0055] 일부 예시에서, 액적과 같은 소스 재료는 빔 경로(102, 106)에 도달하기 전에 프리펄스에 의해 조사된다. 프리펄스는 예를 들면 약한 플라즈마를 가열, 팽창, 기화, 증발, 이온화 및/또는 생성한다. 프리펄스 영향을 받은 재료의 일부 또는 전부가 그런다음 빔 경로(102, 106)에 도달하고, 빔 경로(102, 106) 상의 증폭된 광자 빔에 의해 조사되고(상술한 바와 같이) 그에 의해 EUV 광 방출을 산출한다.
- [0056] 도 5는 도 3에 도시된 장치(10)에서 사용하는 레이저 시스템(21a')의 또 다른 실시예를 도시한다. 도시된 바와 같이, 레이저 시스템(21a')은 빔 경로(102') 상의 광자를 증폭시키는 광학 증폭 유닛(100a')을 포함한다. 도시된 바와 같이, 빔 경로(102')로부터 광학기기(104') 상에 입사한 광을 다시 빔 경로(102')로 지향시키는 광학기기(104')가 빔 경로(102') 상에 배치된다.
- [0057] 도 5는 또한 빔 경로(106') 상에서 광자를 증폭시키는 광학 증폭 유닛(100b')(도 4를 참조하여 상술된 바와 같이)이 제공되고, 광학기기(104')로부터 진행하는 제 1 선형 편광 방향을 가지는 광자를 증폭 유닛(100a')을 통하여 지향시키고, 및 광학기기(104')로부터 진행하고 미러(110')로부터의 반사후에 제 1 선형 편광 방향에 대해 직교하는 선형 편광 방향을 가지는 광자를 증폭 유닛(100b')을 통하여 지향시키도록 편광 빔 결합기(108')(도 4를 참조하여 상술되는 바와 같이)가 배치되는 것을 도시한다.
- [0058] 도 5는 또한 편광 빔 결합기(112')(도 4를 참조하여 상술된 바와 같이)가 증폭 유닛(100a')으로부터 진행하고 제 1 선형 편광 방향을 가지는 광자를 빔 컨디셔닝 유닛(50)으로 지향시키고, 및 증폭 유닛(100b')으로부터 진행하는(미러(114')로부터의 반사후에) 광자를 빔 컨디셔닝 유닛(50)을 향해 지향시키도록 배치되는 것을 도시한다.

다. 추가적인 증폭 유닛(100c', 100d')이 도시된 바와 같이 광학기기(104')와 빔 결합기(108') 사이의 빔 경로(102', 106') 상에 배치되는 것이 도 5에 더 도시된다.

[0059] 도 5는 또한 증폭 유닛(100a')과 증폭 유닛(100b') 사이에서 파워 흐름을 균일하게 하기 위해 작은 가변 손실을 선택된 빔 편광으로 도입하도록 선택적인 가변 감쇠기(116')(도 4를 참조하여 상술한 바와 같이)가 제공될 수 있다는 것을 도시한다. 대안으로, 또는 선택적인 가변 감쇠기(116')에 추가하여, 가변 감쇠기(도 4를 참조하여 상술한 바와 같이)가 예를 들면 위치(120')에서의 빔 경로(102') 상에 배치되고, 및/또는 가변 감쇠기가 예를 들면 빔 경로(102')와 빔 경로(106') 사이에서의 파워 흐름을 균일하게 하기 위해 위치(122')에서의 빔 경로(106')에 배치될 수 있다. 일부 경우에, 가변 감쇠기는 필요하지 않다.

[0060] 레이저 시스템(21a')에 대해, 광학기기(104')는 빔 경로(102', 106')에 대해 리트로우 구성으로 배치된 블레이즈 에셀(blazed eschelle) 형 격자가 될 수 있다. 이러한 배치에 대해, 격자는 제 1 선형 편광 방향에 대해 직교하는 선형 편광 방향을 가지는 광보다 제 1 선형 편광 방향을 가지는 광에 대해 조금 상이한 반사 효율을 가진다. 또한, 액추에이터(150)가, 제 1 선형 편광 방향과 격자의 홈 사이의 각도를 조정하기 위해 빔 경로(102')와 빔 경로(106')(화살표(152)로 도시된 바와 같이)에 의해 정의된 축에 관해 격자를 회전시키도록 격자에 결합될 수 있다. 이러한 방식으로 격자를 회전시키는 것은 제 1 선형 편광 방향을 가지는 광과 제 1 선형 편광 방향에 직교하는 선형 편광 방향을 가지는 광에 대한 반사 효율을 변화시키기 위해 사용될 수 있다. 예를 들면, 이러한 조정은 빔 경로(102') 및 빔 경로(106') 사이의 파워 흐름을 균일하게 하기 위해 이루어질 수 있다.

[0061] 사용시, 소스 재료 전달 시스템(90)으로부터의 타겟 재료 액적(118')은 빔 경로(102', 106')로부터의 액적(118')에 입사하는 광을 다시 빔 경로(102', 106')로 지향시키기 위해 빔 경로(102', 106')에 인접하거나 또는 그를 통과하는 궤적 상에 배치된다. 액적이 빔 경로(102', 106')에 인접하거나 그 위에 있을 때, 제 1 선형 편광 방향을 가지는 광자가 빔 경로(102')를 따라 광학 캐비티를 구축하는 광학기기(104')와 액적(118') 사이에서 전후로 진행할 수 있다. 경로(102') 상에서, 제 1 선형 편광 방향을 가지는 광자는 시드 레이저가 빔 경로(102')로 출력 광자를 제공하지 않고서도 빔 경로(102') 상에서 증폭된 광자 빔을 산출하는 증폭 유닛(100a', 100c' 및 100d')을 통과한다.

[0062] 또한, 액적이 빔 경로(102', 106')에 인접하거나 그 위에 있을 때, 제 1 선형 편광 방향에 직교하는 편광을 가지는 광자가 빔 경로(106')를 따라 광학 캐비티를 구축하는 광학기기(104')와 액적(118') 사이에서 전후로 진행할 수 있다. 빔 경로(106') 상에서, 제 1 선형 편광 방향에 직교하는 편광을 가지는 광자는 시드 레이저가 빔 경로(106')로 출력 광자를 제공하지 않고서도 빔 경로(106') 상에서 증폭된 광자 빔을 산출하는 증폭 유닛(100b', 100c' 및 100d')을 통과한다.

[0063] 빔 경로(102') 상의 증폭된 광자 빔은 빔 결합기(112')에서의 빔 경로(106') 상의 증폭된 광자 빔과 결합되고, 결합된 빔은 빔이 EUV 광 방출 플라즈마를 산출하는 액적(118')으로 포커싱되는 빔 컨디셔닝 유닛(50)을 통해 지향된다.

[0064] 도 6은 도 3에 도시된 장치(10)에서 사용하는 레이저 시스템(21a")의 다른 실시예를 도시한다. 도시된 바와 같이, 레이저 시스템(21a")은 빔 경로(102") 상의 광자를 증폭시키는 광학 증폭 유닛(100a")을 포함한다.

[0065] 또한 도시된 바와 같이, 빔 경로(102")로부터의 광학기기(104a) 상에 입사한 광을 다시 빔 경로(102")로 지향시키는 광학기기(104)가 빔 경로(102") 상에 배치된다. 편광 빔 결합기(200)(도 4를 참조하여 상술된 바와 같은)가 광학기기(104a)로부터 진행하고 제 1 선형 편광 방향을 가지는 광자를 통과시키고 제 1 선형 편광에 대해 직교하는 선형 편광 방향을 가지는 광학기기(104b)로부터의 광자를 반사하도록 빔 경로(102") 상에 배치된다.

[0066] 도 6은 또한 빔 경로(106") 상에서 광자를 증폭시키는 광학 증폭 유닛(100b") (도 4를 참조하여 상술된 바와 같이)이 제공되고, 광학기기(104a)로부터 진행하고 제 1 선형 편광 방향을 가지는 광자를 증폭 유닛(100a")을 통하여 지향시키고, 및 광학기기(104b)로부터 진행하고 미러(110")로부터의 반사후에 제 1 선형 편광 방향에 대해 직교하는 선형 편광 방향을 가지는 광자를 증폭 유닛(100b")을 통하여 지향시키도록 편광 빔 결합기(108") (도 4를 참조하여 상술된 바와 같이) 배치되는 것을 도시한다.

[0067] 도 6은 또한 편광 빔 결합기(112") (도 4를 참조하여 상술된 바와 같이)가 증폭 유닛(100a")으로부터 진행하고 제 1 선형 편광 방향을 가지는 광자를 빔 컨디셔닝 유닛(50)으로 지향시키고, 및 증폭 유닛(100b")으로부터 진행하는 미러(114")로부터의 반사후에 광자를 빔 컨디셔닝 유닛(50)을 향해 지향시키도록 배치되는 것을 도시한다. 추가적인 증폭 유닛(100c", 100d")이 도시된 바와 같이 빔 결합기(200)와 빔 결합기(108") 사이의 빔 경로

(102", 106") 상에 배치되는 것이 도 6에 더 도시된다.

[0068] 도 6은 또한 증폭 유닛(100a")과 증폭 유닛(100b") 사이에서 파워 흐름을 균일하게 하기 위해 작은 가변 손실을 선택된 빔 편광으로 도입하도록 빔 결합기(200)와 광학기기(104a) 사이의 빔 경로(102")에 선택적인 가변 감쇠기(116a)(도 4를 참조하여 상술한 바와 같이)가 배치될 수 있다는 것을 도시한다. 대안으로, 또는 선택적인 가변 감쇠기(116a)에 추가하여, 선택적인 가변 감쇠기(116b)(도 4를 참조하여 상술한 바와 같이)가 증폭 유닛(100a")과 증폭 유닛(100b") 사이에서의 파워 흐름을 균일하게 하기 위해 작은 가변 손실을 선택된 빔 편광으로 도입하도록 빔 결합기(200)와 광학기기(104b) 사이의 빔 경로(106")에 배치될 수 있다. 대안으로, 또는 선택적인 가변 감쇠기(116a, 116b)에 추가하여, 가변 감쇠기(도 4를 참조하여 상술한 바와 같이)가 예를 들면 위치(120")에서의 빔 경로(102") 상에 배치되고, 및/또는 가변 감쇠기가 예를 들면 빔 경로(102")와 빔 경로(106") 사이에서의 파워 흐름을 균일하게 하기 위해 위치(122")에서의 빔 경로(106")에 배치될 수 있다. 일부 경우에, 가변 감쇠기는 필요하지 않다.

[0069] 레이저 시스템(21a")에 대해, 광학기기(104a)는 빔 경로(102")에 대해 리트로우 구성으로 배치되고 제 1 선형 편광 방향을 가지는 광의 최대 또는 근 최대 반사를 위해 방향이 이루어진 블레이즈 에셀(blazed eschelle) 형 격자가 될 수 있다. 또한, 광학기기(104b)는 빔 경로(106")에 대해 리트로우 구성으로 배치되고 제 1 선형 편광 방향에 대해 직교인 선형 편광 방향을 가지는 광의 최대 또는 근 최대 반사를 위해 방향이 이루어진 블레이즈 에셀 형 격자가 될 수 있다. 대안으로 또는 상술한 선택적인 가변 감쇠기에 부가하여, 일부 배치에 대해, 격자가 사용될 때, 액추에이터(들)은(도시되지 않음) 편광 방향과 광학기기(104a, 104b)의 반사효율을 변경시키기 위한 격자의 홈 사이의 각도를 조정하기 위해 격자(들)를(도 5를 참조하여 상술한 바와 같이) 회전시키도록 광학기기(104a, 104b) 중 하나 또는 양측 모두에 결합될 수 있다.

[0070] 사용시, 소스 재료 전달 시스템(90)으로부터의 타겟 재료 액적(118")은 빔 경로(102", 106")로부터의 액적(118")에 입사하는 광을 다시 빔 경로(102", 106")로 지향시키기 위해 빔 경로(102", 106")에 인접하거나 또는 그를 통과하는 궤적 상에 배치된다. 액적이 빔 경로(102", 106")에 인접하거나 그 위에 있을 때, 제 1 선형 편광 방향을 가지는 광자가 빔 경로(102")를 따라 광학 캐비티를 구축하는 광학기기(104a)와 액적(118") 사이에서 전후로 진행할 수 있다. 경로(102") 상에서, 제 1 선형 편광 방향을 가지는 광자는 시드 레이저가 빔 경로(102")로 출력 광자를 제공하지 않고서도 빔 경로(102") 상에서 증폭된 광자 빔을 산출하는 증폭 유닛(100a", 100c" 및 100d")을 통과한다.

[0071] 또한, 액적(118")이 빔 경로(102", 106")에 인접하거나 그 위에 있을 때, 제 1 선형 편광 방향에 직교하는 편광을 가지는 광자가 빔 경로(106")를 따라 광학 캐비티를 구축하는 광학기기(104b)와 액적(118") 사이에서 전후로 진행할 수 있다. 경로(106") 상에서, 제 1 선형 편광 방향에 직교하는 편광을 가지는 광자는 시드 레이저가 빔 경로(106")로 출력 광자를 제공하지 않고서도 빔 경로(106") 상에서 증폭된 광자 빔을 산출하는 증폭 유닛(100b", 100c" 및 100d")을 통과한다.

[0072] 빔 경로(102") 상의 증폭된 광자 빔은 빔 결합기(112")에서의 빔 경로(106") 상의 증폭된 광자 빔과 결합되고, 결합된 빔은 빔이 EUV 광 방출 플라즈마를 산출하는 액적(118")으로 포커싱되는 빔 컨디셔닝 유닛(50)을 통해 지향된다.

[0073] 도 7은 도 3에 도시된 장치(10)에서 사용하는 레이저 시스템(21a'')의 또 다른 실시예를 도시한다. 도시된 바와 같이, 레이저 시스템(21a'')은 빔 경로(102'') 상의 광자를 증폭시키는 광학 증폭 유닛(100a'', 100c'', 100d'')을 포함한다. 도시된 바와 같이, 빔 경로(102'')로부터 광학기기(104a') 상에 입사한 광을 다시 빔 경로(102'')로 지향시키는 광학기기(104a')가 빔 경로(102'') 상에 배치된다. 도 7은 또한 빔 경로(106'') 상에서 광자를 증폭시키는 광학 증폭 유닛(100b'', 100e'', 100f'') (도 4를 참조하여 상술된 바와 같이)이 제공되는 것을 도시한다. 또한 도시된 바와 같이, 빔 경로(106'')로부터의 광학기기(104b') 상에 입사하는 광을 빔 경로(106'')로 다시 지향시키는 광학기기(104b')가 빔 경로(106'') 상에 배치된다. 또한 편광 빔 결합기(112'') (도 4를 참조하여 상술된 바와 같이)가 광학기기(104a')로부터 진행하고 제 1 선형 편광 방향을 가지는 광자를 빔 컨디셔닝 유닛(50)을 통과하여(광학 증폭 유닛(100'', 100c'', 100d'')을 통과한 후에) 지향시키고, 광학기기(104b')로부터 진행하고 제 1 선형 편광 방향에 대해 직교인 선형 편광 방향을 가지는 광자를 빔 컨디셔닝 유닛(50)을 통과하여(광학 증폭 유닛(100a'', 100c'', 100d'')을 통과한 후에) 지향시키도록 배치된다. 광학기기(104a')와 빔 결합기(112'') 사이에 3개의 증폭 유닛(100a'', 100c'', 100d'')이 도시되었지만, 광학기기(104a')와 빔 결합기(112'') 사이에 3개 이상 및 하나만큼 적은 증폭 유닛(들)이 채용될 수 있다는 것이 이해될 것이다. 광학기기(104b')와 빔 결합기(112'') 사이에 3개의 증폭 유닛(100b'', 100e'', 100f'')이 도시되었지

만, 광학기기(104b')와 빔 결합기(112'') 사이에 3개 이상 및 하나만큼 적은 증폭 유닛(들)이 채용될 수 있다는 것이 이해될 것이다.

[0074] 도 7은 또한 증폭 유닛(100a'', 100c'', 100d'')과 증폭 유닛(100b'', 100e'', 100f'') 사이에서 파워 흐름을 균일하게 하기 위해 작은 가변 손실을 선택된 빔 편광으로 도입하도록 빔 결합기(112'')와 광학기기(104a') 사이에서의 빔 경로(102'') 상에 선택적인 가변 감쇠기(116')(도 4를 참조하여 상술한 바와 같이)가 배치될 수 있다는 것을 도시한다. 대안으로, 또는 선택적인 가변 감쇠기(116')에 추가하여, 선택적인 가변 감쇠기(116b')(도 4를 참조하여 상술한 바와 같이)가 증폭 유닛(100a'', 100c'', 100d'')과 증폭 유닛(100b'', 100e'', 100f'') 사이에서 파워 흐름을 균일하게 하기 위해 작은 가변 손실을 선택된 빔 편광으로 도입하도록 빔 결합기(112'')와 광학기기(104b') 사이에서의 빔 경로(106'') 상에 배치될 수 있다. 일부 경우에, 가변 감쇠기는 필요하지 않다.

[0075] 레이저 시스템(21a'')에 대해, 광학기기(104a')는 예를 들면 빔 경로(102'')에 대해 리트로우 구성으로 배치된 블레이즈 에셀 형 격자와 같은 격자, 평판 미러(도 4 참조), 곡선 미러, 위상 공액 미러, 코너 반사경이 될 수 있다(도 6 및 대응하는 상기 설명을 참조하라). 광학기기(104b')는 예를 들면 빔 경로(106'')에 대해 리트로우 구성으로 배치된 블레이즈 에셀 형 격자와 같은 격자, 평판 미러(도 4 참조), 곡선 미러, 위상 공액 미러, 코너 반사경이 될 수 있다(도 6 및 대응하는 상기 설명을 참조하라). 광학기기(104a')에 대해 사용되는 광학기기의 유형은 광학기기(104b')에 사용되는 광학기기의 유형과 동일하거나 상이할 수 있다. 격자가 사용될 때, 액추에 이터(들)(도시되지 않음)은 선형 편광 방향과 광학기기(104a', 104b')의 반사효율을 변경시키기 위한 격자의 홈 사이의 각도를 조정하기 위해 격자를(도 5를 참조하여 상술한 바와 같이) 회전시키도록 광학기기(104a', 104b') 중 하나 또는 양측 모두에 결합될 수 있다.

[0076] 사용시, 소스 재료 전달 시스템(90)으로부터의 타겟 재료 액적(118'')은 빔 경로(102'', 106'')로부터의 액적(118'')에 입사하는 광을 다시 빔 경로(102'', 106'')로 지향시키기 위해 빔 경로(102'', 106'')에 인접하거나 또는 그를 통과하는 궤적 상에 배치된다. 액적이 빔 경로(102'', 106'')에 인접하거나 그 위에 있을 때, 제 1 선형 편광 방향을 가지는 광자가 빔 경로(102'')를 따라 광학 캐비티를 구축하는 광학기기(104a') 및 액적(118'') 사이에서 전후로 진행할 수 있다. 경로(102'') 상에서, 제 1 선형 편광 방향을 가지는 광자는 시드 레이저가 빔 경로(102'')로 출력 광자를 제공하지 않고서도 빔 경로(102'') 상에서 증폭된 광자 빔을 산출하는 증폭 유닛(100a'', 100c'' 및 100d'')을 통과한다.

[0077] 또한, 액적(118'')이 빔 경로(102'', 106'')에 인접하거나 그 위에 있을 때, 제 1 선형 편광 방향에 직교하는 선형 편광을 가지는 광자가 빔 경로(106'')를 따라 광학 캐비티를 구축하는 광학기기(104b') 및 액적(118'') 사이에서 전후로 진행할 수 있다. 빔 경로(106'') 상에서, 제 1 선형 편광 방향에 직교하는 편광을 가지는 광자는 시드 레이저가 빔 경로(106'')로 출력 광자를 제공하지 않고서도 빔 경로(106'') 상에서 증폭된 광자 빔을 산출하는 증폭 유닛(100b'', 100e'' 및 100f'')을 통과한다.

[0078] 빔 경로(102'') 상의 증폭된 광자 빔은 빔 결합기(112'')에서의 빔 경로(106'') 상의 증폭된 광자 빔과 결합되고, 결합된 빔은 빔이 EUV 광 방출 플라즈마를 산출하는 액적(118'')으로 포커싱되는 빔 컨디셔닝 유닛(50)을 통해 지향된다.

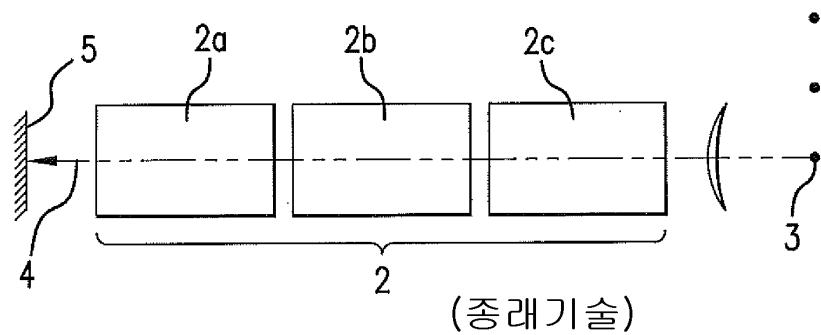
[0079] 도 8은 광학 증폭 유닛(100a, 100b) 각각이 약 0.5m^{-1} 의 작은 신호 이득을 가지고, 광학 증폭 유닛(100c)이 약 0.8m^{-1} 의 작은 신호 이득을 가지고, 광학 증폭 유닛(100d)이 약 1.1m^{-1} 의 작은 신호 이득을 가지는 도 4에 도시된 실시예에 대해 달성가능한 추정된 빔 파워의 플롯(곡선(302))을 도시한다. 도 8에 도시된 바와 같이, 이러한 배치는 약 462.0 mJ의 연산된 반치폭(FWHM) 펄스 에너지를 가져올 수 있다. 도 8은 또한 광학 증폭 유닛(2a)이 약 1.1m^{-1} 의 작은 신호 이득을 가지고, 광학 증폭 유닛(2b)이 약 0.8m^{-1} 의 작은 신호 이득을 가지고, 광학 증폭 유닛(2c)이 약 0.5m^{-1} 의 작은 신호 이득을 가지는 도 1에 도시된 종래기술의 배치에 대해 달성가능한 추정된 빔 파워의 플롯(곡선(300))을 도시한다. 도 8에 도시된 바와 같이, 이러한 배치는 약 324.3.0 mJ의 연산된 반치폭(FWHM) 펄스 에너지를 가져올 수 있다.

[0080] 상술한 실시예들은 단지 예시일 뿐이며 본 출원에 의해 폭넓게 고려되는 주제의 범위를 한정할 의도를 가지지 않았음을 당업자는 이해할 것이다. 당업자는 또한 본문에 개시된 주제의 범위 내에서 추가, 삭제 및 변형이 개시된 실시예들에 대해 이루어질 수 있다는 것을 이해할 것이다. 첨부된 청구범위들은 개시된 실시예들을 커버할 뿐만 아니라 당업자에게 자명한 이러한 등가물 및 기타 변형과 변경을 커버하는 범위와 의미 내에 있도록 의

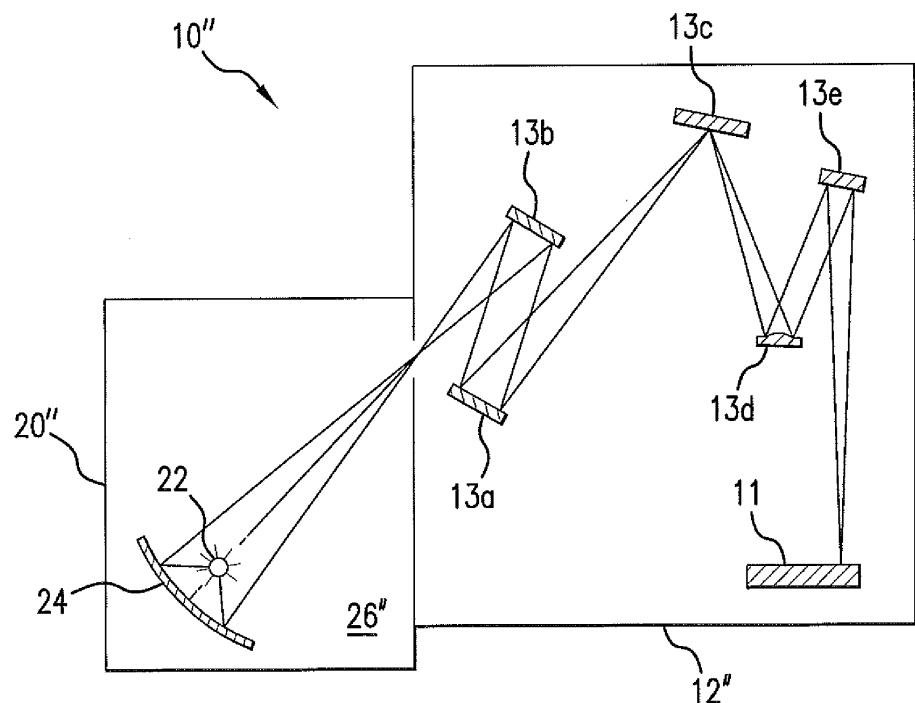
도된다. 명시적으로 기술되지 않는다면, 하기의 청구범위에서의 단수로 표시된 구성요소들에 대한 참조 및 문자 "a"가 전제된 구성요소에 대한 참조는 상기 구성요소(들)의 "하나 이상"을 의미하는 것으로 의도된다. 본문에 제공된 개시물은 어떠한 경우에도 상기 개시물이 청구범위에서 명시적으로 인용되는지 여부에 관계없이 공개되는 것을 의도하지 않는다.

도면

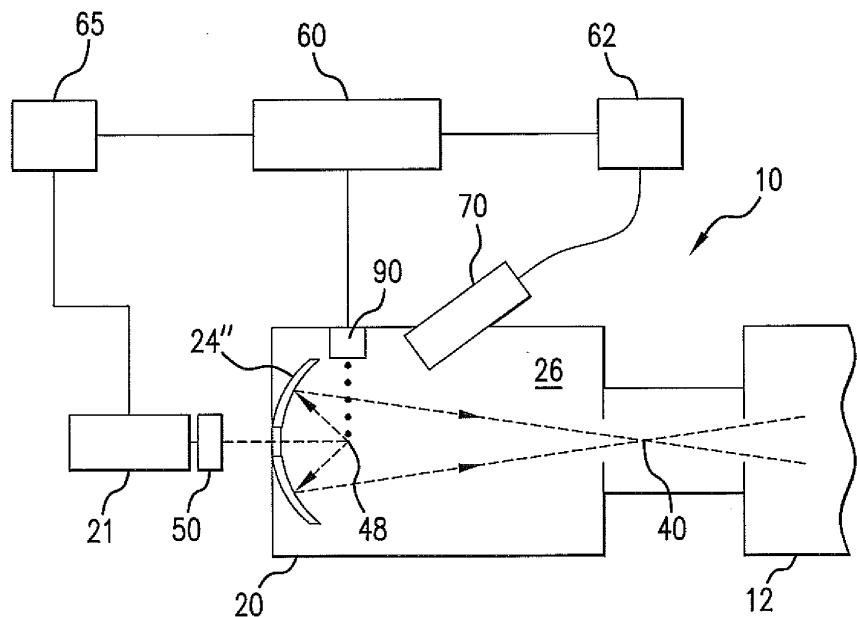
도면1



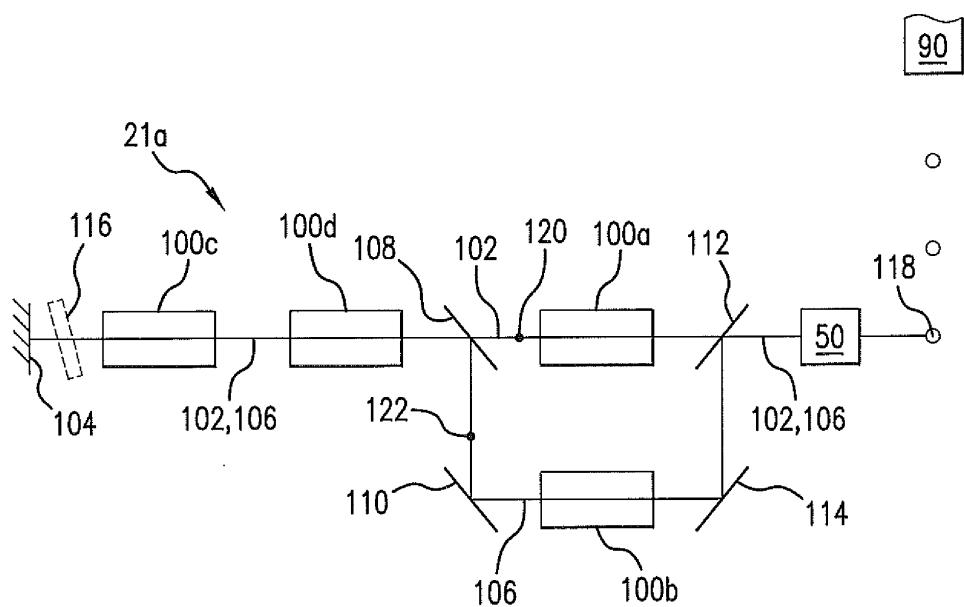
도면2



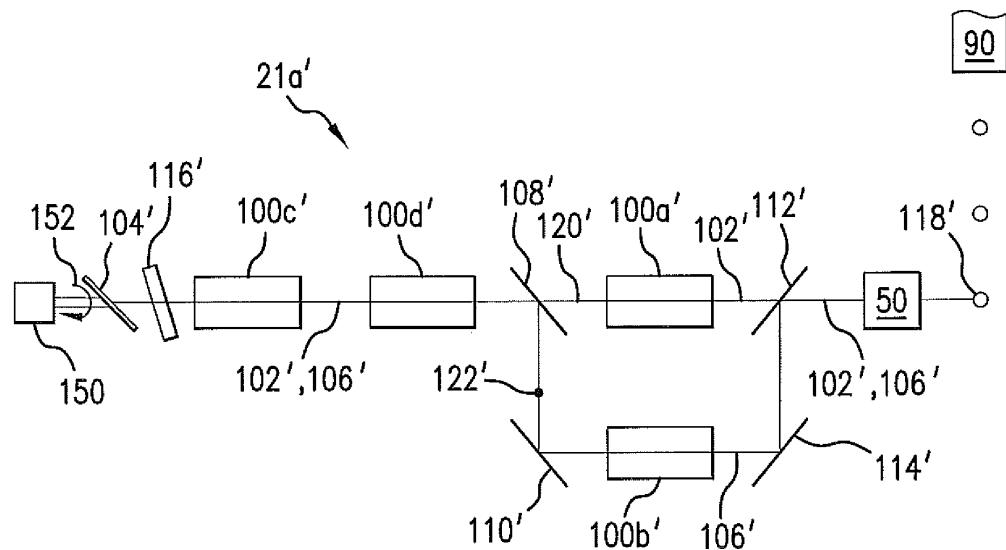
도면3



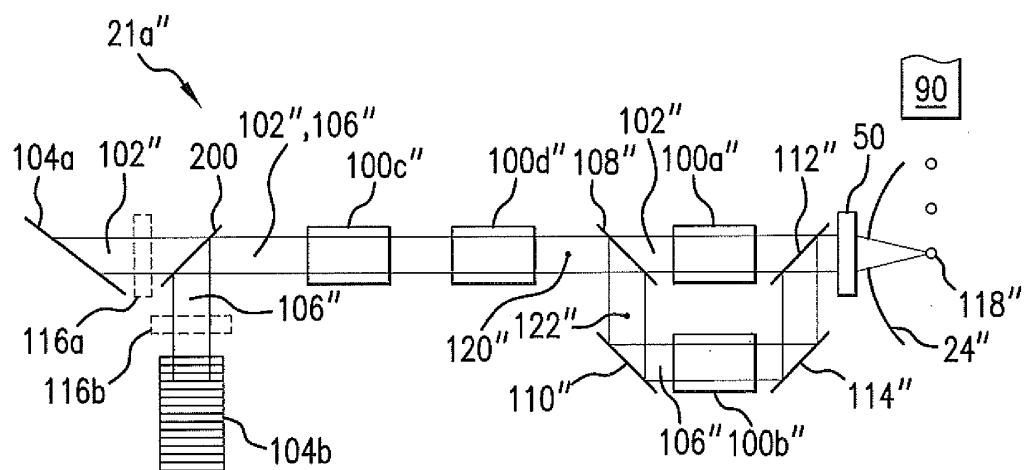
도면4



도면5

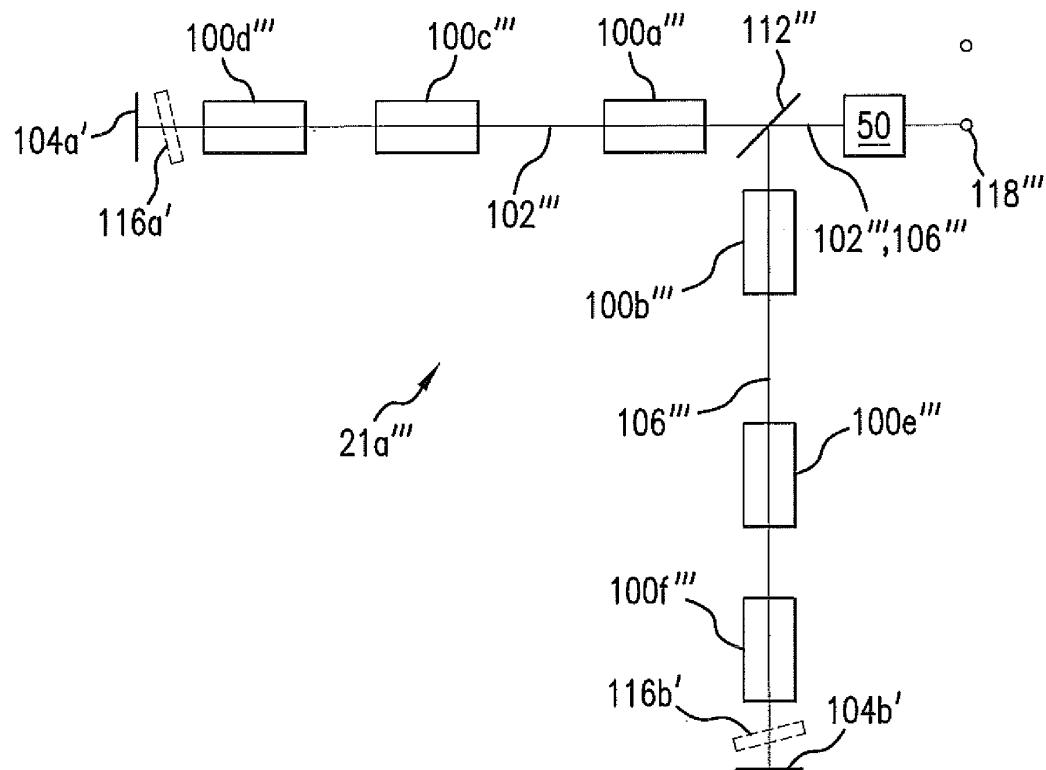


도면6



도면7

90



도면8

