



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년08월30일

(11) 등록번호 10-1884706

(24) 등록일자 2018년07월27일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01S 3/10 (2006.01) **H01S 3/02** (2006.01)
- (21) 출원번호 10-2013-7007185
- (22) 출원일자(국제) 2011년09월06일
 심사청구일자 2016년08월29일
- (85) 번역문제출일자 2013년03월21일
- (65) 공개번호 10-2013-0139879
- (43) 공개일자 2013년12월23일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2011/050565
- (87) 국제공개번호 WO 2012/050685
 국제공개일자 2012년04월19일
- (30) 우선권주장
 13/157,233 2011년06월09일 미국(US)
 61/404,564 2010년10월04일 미국(US)
- (56) 선행기술조사문헌
 US20080149862 A1*
- *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

- (73) 특허권자
에이에스엠엘 네델란즈 비.브이.
네덜란드 5500 아하 벨트호벤 피.오.박스 324
- (72) 발명자
파들로 윌리엄 엔.
미국 캘리포니아 92127 샌디에고 쏘민트 코트 17075
샌드스트롬 리차드 엘.
미국 캘리포니아 92127 샌디에고 쏘민트 코트 17075
(뒷면에 계속)
- (74) 대리인
유미특허법인

전체 청구항 수 : 총 9 항

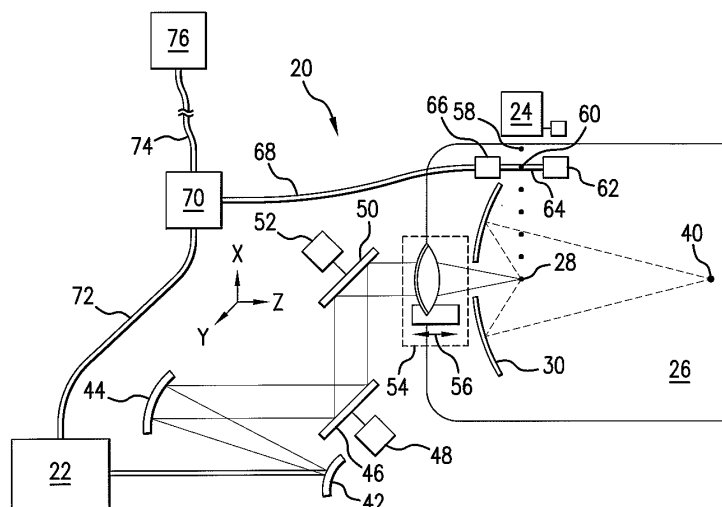
심사관 : 조성찬

(54) 발명의 명칭 EUV 비출력 기간에서의 LPP 구동 레이저 출력 방법

(57) 요약

타겟 재료의 방울을 생성하는 방울 생성기; 방울이 사전선택된 영역에 도달할 때 차단 시간 신호를 제공하는 센서; 상기 센서와 결합되어 있고, 상기 차단 시간 신호로부터 지연된 트리거 신호를 생성하는 지연 회로; 트리거 신호에 응답하여 레이저 펄스를 생산하는 레이저 소스; 및 방울에 포커싱되는 광 펄스를 생성하도록 제1 지연 시간 만큼 상기 차단 시간으로부터 지연된 트리거 신호 및 방울에 포커싱되지 않는 광 펄스를 생성하도록 제2 지연 시간 만큼 상기 차단 시간으로부터 지연된 트리거 신호를 제공하도록 상기 지연 회로를 제어하는 시스템을 포함하는 디바이스가 개시되어 있다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

브라운 다니엘 제이.더블유.

미국 캘리포니아 92127 샌디에고 쏘민트 코트
17075

포멘코프 이고르 브이.

미국 캘리포니아 92127 샌디에고 쏘민트 코트
17075

명세서

청구범위

청구항 1

타겟 재료의 방울을 생성하는 방울 생성기;

방울이 사전선택된 영역에 도달할 때 차단 시간 신호를 제공하는 센서;

상기 센서와 결합되어 있는 지연 회로로서, 적어도 노광 톨 제어 시스템으로부터의 버스트 타이밍 입력에 응답하여, 상기 차단 시간 신호로부터 지연된 트리거 신호를 생성하는 지연 회로;

트리거 신호에 응답하여 레이저 펄스를 생산하는 레이저 소스; 및

방울에 포커싱되는 광 펄스를 생성하도록 제1 지연 시간 만큼 상기 차단 시간 신호의 차단 시간으로부터 지연된 트리거 신호를 제공하고 방울에 충돌하지 않는 광 펄스를 생성하도록 제2 지연 시간 만큼 상기 차단 시간 신호의 차단 시간으로부터 지연된 트리거 신호를 제공하도록 상기 지연 회로를 제어하는 시스템을 포함하는 디바이스.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 제1 지연 시간은 상기 제2 지연 시간 보다 긴 디바이스.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 제1 지연 시간은 상기 제2 지연 시간 보다 짧은 디바이스.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 센서는 레이저 소스 및 검출기를 포함하는 디바이스.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 지연 회로는 디지털 시프트 레지스터를 포함하는 디바이스.

청구항 6

삽입 기간에 의해 분리된 적어도 2개의 버스트 기간에서 EUV 펄스를 생산하기 위한 방법으로서,

각 버스트 기간 동안 그리고 삽입 기간 동안 타겟 재료 방울을 생성하는 단계;

각 버스트 기간 동안 그리고 삽입 기간 동안 레이저 펄스를 생성하는 단계;

버스트 기간 동안 EUV 출력을 생성하도록 각 방울에 레이저 펄스를 포커싱하는 단계; 및

삽입 기간 동안 레이저 초점과 방울 사이에 거리를 두는 단계를 포함하고,

상기 삽입 기간 동안 생성된 적어도 하나의 레이저 펄스는, 상기 적어도 하나의 레이저 펄스가 상기 삽입 기간 동안 상기 방울에 충돌하지 않도록 적어도 노광 톨 제어 시스템으로부터의 버스트 타이밍 입력에 응답하여 생성되는, EUV 펄스 생산 방법.

청구항 7

제6항에 있어서, 상기 거리를 두는 단계는, 버스트 기간 동안 방울 위치에 관하여 삽입 시간과는 상이한 레이저 트리거 타이밍을 제공하는 단계에 의해 달성되는, EUV 펄스 생산 방법.

청구항 8

제6항에 있어서, 방울은 버스트 기간 동안 조사 사이트쪽으로 제1 경로를 따라 이동하고 상기 거리를 두는 단계는 삽입 기간 동안 상기 조사 사이트와 교차하지 않는 제2 경로에 방울을 재지향시키는 단계에 의해 달성되는,

EUV 펄스 생산 방법.

청구항 9

제6항에 있어서, 상기 레이저 펄스는 버스트 기간 동안 조사 사이트에서 초점에 포커싱되고 상기 거리를 두는 단계는 상기 삽입 기간 동안 상기 조사 사이트로부터 이격된 위치로 상기 초점을 이동시키는 단계에 의해 달성되는, EUV 펄스 생산 방법.

발명의 설명

기술 분야

- [0001] 본 출원은 예를 들어, 약 100m 이하의 파장에서, 예를 들어, 반도체 집적 회로 제조 포토리소그래피를 위한, 소스 재료로부터 생성되고 EUV 광원 챔버의 외측 사용을 위해 중간 영역으로 수집되고 지향되는 플라즈마로부터 EUV 광을 제공하는 극자외선("EUV") 광원에 관한 것이다.
- [0002] 본 출원은 표제 MASTER OSCILLATOR - POWER AMPLIFIER DRIVE LASER WITH PRE-PULSE FOR EUV LIGHT SOURCE, 대리인 사건 번호 2009-0038-01이고, 2010년 6월 24일 출원된 미국 특허 출원 번호 61/398,452; 표제 DRIVE LASER FOR EUV LIGHT SOURCE, 대리인 사건 번호 2006-0065-01이고, 2011년 3월 29일 발행된 미국 특허 번호 7,916,388의, 2007년 12월 20일 출원된 미국 특허 출원 번호 12/004,905; 표제 LASER PRODUCED PLASMA EUV LIGHT SOURCE, 대리인 사건 번호 2007-0010-02이고, 2010년 3월 2일 발행된 미국 특허 번호 7,671,349의, 2007년 4월 10일 출원된 미국 특허 출원 번호 11/786,145; 표제 LASER PRODUCED PLASMA EUV LIGHT SOURCE HAVING A DROPLET STREAM PRODUCED USING A MODULATED DISTURBANCE WAVE, 대리인 사건 번호 2007-0030-1이고, 2011년 3월 1일 발행된 미국 특허 번호 7,897,947의, 2007년 7월 13일 출원된 미국 특허 출원 번호 11/827,803; 표제 LASER PRODUCED PLASMA EUV LIGHT SOURCE WITH PRE-PULSE, 대리인 사건 번호 2005-0085-01이고, U.S. 2006/0255298-A1로서 2006년 11월 16일 공개되고, 2006년 21일 출원된 미국 특허 출원 번호 11/358,988; 표제 METHOD AND APPARATUS FOR EUV PLASMA SOURCE TARGET DELIVERY, 대리인 사건 번호 2004-0008-01 이고, 2008년 7월 29일 발행된 7,405,416의, 2005년 2월 25일 출원된 미국 특허 출원 번호 11/067,124; 표제 LPP EUV PLASMA SOURCE MATERIAL TARGET DELIVERY SYSTEM. 대리인 사건 번호 2005-0003-01이고, 2008년 5월 13일 발행된 미국 특허 번호 7,372,056의, 2005년 6월 29일 출원된 미국 특허 출원 번호 11/174,443; 표제 SOURCE MATERIAL DISPENSER FOR EUV LIGHT SOURCE, 대리인 사건 번호 2005-0102-01 이고, 2008년 5월 27일 발행된 미국 특허 번호 7,378,673의, 2006년 2월 21일 출원된 미국 특허 출원 번호 11/358,983; 표제 LASER PRODUCED PLASMA EUV LIGHT SOURCE, 대리인 사건 번호 2005-0081-01 이고, 2009년 10월 6일 발행된 미국 특허 번호 7,598,509의, 2006년 2월 21일 출원된 미국 특허 출원 번호 11/358,992; 표제 LPP EUV LIGHT-SOURCE DRIVE LASER SYSTEM, 대리인 사건 번호 2005-0044-01이고, 2008년 10월 21일 발행된 미국 특허 번호 7,439,530의, 2005년 6월 29일 출원된 미국 특허 출원 번호 11/174,299; 표제 ALTERNATIVE FUELS FOR EUV LIGHT SOURCE, 대리인 사건 번호 2006-0003-01 이고, 2008년 12월 16일 발행된 미국 특허 번호 7,465,946의, 2006년 4월 17일 출원된 미국 특허 출원 번호 11/406,216; 표제 DRIVE LASER DELIVERY SYSTEMS FOR EUV LIGHT SOURCE, 대리인 사건 번호 2006-0025-01이고, 2009년 2월 17일 발행된 미국 특허 번호 7,491,954의, 2006년 10월 13일 출원된 미국 특허 출원 번호 11/580,414; 표제 LASER PRODUCED PLASMA EUV LIGHT SOURCE, 대리인 사건 번호 2006-0006-01이고, U.S. 2008/0149862-A1으로서 2008년 6월 26일 공개되고, 2006년 12월 22일 출원된 미국 특허 출원 번호 11/644,153; 표제 EUV OPTICS, 대리인 사건 번호 2006-0027-01 이고, 2010년 11월 30일 발행된 미국 특허 번호 7,843,632의, 2006년 8월 16일 출원된 미국 특허 출원 번호 11/505,177; 표제 DRIVE LASER FOR EUV LIGHT SOURCE, 대리인 사건 번호 2006-0001-01 이고, 2009년 8월 14일 발행된 미국 특허 번호 7,518,787의, 2006년 6월 14일 출원된 미국 특허 출원 번호 11/452,558; 표제 LONG DELAY AND HIGH TIS PULSE STRETCHER이고, 2005년 8월 9일 Webb 등에게 허여된 미국 특허 번호 6,928,093; 표제 CONFOCAL PULSE STRETCHER, 대리인 사건 번호 2004-0144-01이고, 2008년 8월 1일 발행된 미국 특허 번호 7,415,056의, 2006년 3월 31일 출원된 미국 특허 출원 번호 11/394,512; 표제 SYSTEMS AND METHODS FOR IMPLEMENTING AN INTERACTION BETWEEN A LASER SHAPED AS A LINE BEAM AND A FILM DEPOSITED ON A SUBSTRATE, 대리인 사건 번호 2004-0128-01이고, U.S. 2005/0259709-A1으로서, 2005년 11월 24일 공개되고, 2005년 5월 26일 출원된 미국 특허 출원 번호 11/138,001; 표제 LASER LITHOGRAPHY LIGHT SOURCE WITH BEAM DELIVERY이고, 2004년 2월 17일 발행된 미국 특허 번호 6,693,939의, 2002년 5월 7일 출원된 미국 특허 출원 번호 10/141,216; 표제 VERY NARROW BAND, TWO CHAMBER, HIGH REP RATE GAS DISCHARGE LASER SYSTEM이고, 2003년 9월 23일에 Knowles 등에게 허여된 미국 특허

허 번호 6,625,191; 대리인 사건 번호 2001-0090-01이고, 2003년 9월 23일 발행된 미국 특허 번호 6,625,191의, 2001년 11월 30일 출원된 미국 특허 출원 번호 10/012,002; 표제 INJECTION SEEDED LASER WITH PRECISE TIMING CONTROL, 미국 특허 출원 번호 09/848,043, 대리인 사건 번호 2001-0020-01이고, 2003년 4월 15일에 Ness 등에게 허여된 미국 특허 번호 6,549,551; 표제 VERY NARROW BAND, TWO CHAMBER, HIGH REP RATE GAS DISCHARGE LASER SYSTEM, 미국 특허 출원 번호 09/943,343, 대리인 사건 번호 2001-0084-01이고, 2003년 5월 20일 Myers 등에게 허여된 미국 특허 번호 No. 6,567,450; 표제 SOURCE MATERIAL COLLECTIO UNIT FOR A LASER PRODUCED PLASMA EUV LIGHT SOURCE, 대리인 사건 번호 2005-0086-01 이고, 2009년 1월 13일 발행된 미국 특허 번호 7,476,886의, 2006년 8월 25일 출원된 미국 특허 출원 번호 11/509,925와 관련되어 있고, 각각의 전체 내용은 여기에 언급되어 통합되어 있다.

배경 기술

- [0003] 극자외선("EUV") 광, 예를 들어, 약 5-100 nm 이하의 파장을 갖고(때로 소프트 x-선으로 불린다) 약 13nm의 파장에서 광을 포함하는 전자기파는 기관, 예를 들어, 실리콘 웨이퍼에서 사용될 수 있다.
- [0004] EUV 광을 생성하는 방법은 예를 들어, EUV 범위에서 방사 라인을 갖는 크세논, 리튬, 또는 주석의 원소를 갖는 재료를 플라즈마 상태로 전환하는 단계를 포함하지만 이에 제한되는 것은 아니다. 이러한 방법에서, 자주 레이저 생성 플라즈마("LPP")로 불리는, 소량의 플라즈마가 예를 들어, 레이저 광선을, 재료의 방울, 스트림, 또는 클러스터의 형태의 타겟 재료에 조사함으로써 생성될 수 있다.
- [0005] 지금까지는, 방울 스트림의 방울이 조사 사이트에서 각 방울로부터 플라즈마를 형성하도록 레이저 펄스에 의해 조사되는 LPP 시스템이 알려져 있다. 또한, 각 방울은 하나 보다 많은 광 펄스에 의해 연속 조명되는 시스템이 알려져 있다. 일부 경우에, 각 방울은 소위 "프리 펄스"(pre-pulse)에 노출되어 가열되고, 팽창되고, 기화되고, 증발되고, 이온화되고 및/또는 약한 플라즈마를 생성하고 소위 "메인 펄스"에 노출되어 프리 펄스 영향을 받은 재료의 대부분 또는 모두를 플라즈마로 전환하고, 따라서 EUV 광선을 생성할 수 있다.
- [0006] 상술된 바와 같이 EUV 광을 생산하는 기술은 타겟 재료를 조사하는 단계를 포함한다. 이러한 관점에서, 예를 들어, 약 9.2 μ m 내지 10.6 μ m의 범위의 적외선 파장에서 광을 출력하는 CO₂ 레이저는 LPP 프로세스에서 타겟 재료를 조사하는 구동 레이저로서 특정 장점을 제공할 수 있다. 이것은 특정 타겟 재료, 예를 들어, 주석을 포함하는 재료에서 특별히 사실일 수 있다. 예를 들어, 하나의 장점은 구동 레이저 입력 전력과 출력 EUV 전력 사이의 비교적 높은 전환 효율을 얻을 수 있는 능력을 포함할 수 있다.
- [0007] 일부 경우에, LPP 프로세스에 사용되는 비교적 높은 전력 메인 펄스를 생성하기 위해 오실레이터 - 증폭기 배치를 채용하는 것이 바람직할 수 있다. 일반적으로, LPP 광원에 대해, EUV 출력 전력은 구동 레이저 전력을 따라 증감될 수 있고, 따라서, 비교적 큰 증폭기가 채용될 수 있다. 예를 들어, 일부 배치에서, 10⁵ 이상 정도의 원-패스 작은 신호 이득을 갖고 필싱된 오실레이터 출력이 제공되는 멀티 챔버 증폭기가 채용될 수 있다.
- [0008] 16 - 20 미터 이상의 접힌 길이를 갖는 이득 매체를 통해 광을 통과시키도록 다수의 미러를 포함할 수 있는 증폭기에 더하여, 렌즈, 미러등과 같은 다른 광학부가 증폭기와 조사 사이트 사이에서 빔을 확장하고, 조종하고, 및/또는 포커싱하기 위해 채용될 수 있다. 이러한 광학부 모두는 필싱된 빔에 노출되는 동안 가열되고 이러한 열은 각 광학부가 확장 및/또는 왜곡되도록 할 수 있다. 한편, 비노출 기간 동안 광학부는 냉각될 수 있고 상승 온도에서와 다르게 동작할 수 있다. 온도 변화는 소요시간 및/또는 크기로 인해 보정하기 어려운 열 전도율을 유발할 수 있고, 보정되지 않은 열전도율은 빔 품질 및 초점성에 악영향을 줄 수 있다. 냉각 시스템이 광학부의 최대 온도를 감소시키기 위해 채용될 수 있지만, 이들은 광학부가 일정 기간 동안 펄스 빔에 노출되고, 이어서, 비노출 기간이 이어지고, 노출등이 이어지는 조사 사이클과 연관된 열 전도율을 항상 감소시키지 않는다.
- [0009] 동작 동안, EUV 광원의 출력은 스테퍼 또는 스캐너와 같은 리소그래피 노광 툴에 의해 사용될 수 있다. 이러한 노광 툴은 우선 광원으로부터 빔을 균질화한 후에 이러한 빔에 예를 들어, 반사 마스크를 사용하여 빔의 단면에 패턴을 부여할 수 있다. 패턴화된 빔은 그다음 레지스트-코팅된(resist-coated) 웨이퍼의 일부로 돌출된다. 일단 레지스트-코팅된 웨이퍼의 제1 부분(때로 노광 필드로 불린다)은 조명되고, 웨이퍼, 마스크 또는 양측은 레지스트-코팅된 웨이퍼의 조사가 완료될 때까지, 계속, 제2 노광 필드등을 조사하기 위해 이동될 수 있다. 이러한 프로세스 동안, 스캐너는 보통 각 노광 필드에 대해 광원으로부터 소위 펄스의 버스트를 필요로 한다. 예를 들어, 전형적인 버스트는 약 0.5 초의 기간 동안 지속될 수 있고 약 40kHz의 반복율에서 약 20,000 광 펄스

를 포함할 수 있다. 이러한 프로세스에서, 후속 버스트가 삽입 시간 만큼 시간상 분리될 수 있다. 대략 1초가 안되는 시간 동안 지속될 수 있는 일부 삽입 시간 동안, 노광 톨은 그 다음 노광 필드를 조사하기 위해 준비되고 광원으로부터 광을 필요로 하지 않는다. 보다 긴 삽입 시간은 노광 톨이 웨이퍼를 변경하거나 측량을 행할 때, 하나 이상의 유지관리 기능, 또는 광원으로부터 광을 필요로 하지 않는 일부 다른 프로세스에서 발생할 수 있다.

[0010] 이러한 것들을 염두에 두고, 발명자는 EUV 비출력 기간 동안 LPP 구동 레이저 출력을 유지하기 위한 서브시스템을 갖는 EUV 광원을 개발하였다.

발명의 내용

해결하려는 과제

과제의 해결 수단

[0011] 여기에 개시된 바와 같이, 제1 특징에서, 디바이스는 타겟 재료의 방울을 생성하는 방울 생성기; 방울이 사전선택된 영역에 도달할 때 차단 시간 신호를 제공하는 센서; 상기 센서와 결합되어 있고, 상기 차단 시간 신호로부터 지연된 트리거 신호를 생성하는 지연 회로; 트리거 신호에 응답하여 레이저 펄스를 생산하는 레이저 소스; 및 방울에 포커싱되는 광 펄스를 생성하도록 제1 지연 시간 만큼 상기 차단 시간으로부터 지연된 트리거 신호 및 방울에 포커싱되지 않는 광 펄스를 생성하도록 제2 지연 시간 만큼 상기 차단 시간으로부터 지연된 트리거 신호를 제공하도록 상기 지연 회로를 제어하는 시스템을 포함할 수 있다.

[0012] 이러한 특징의 하나의 실시예에서, 상기 제1 지연 시간은 상기 제2 지연 시간 보다 길다.

[0013] 이러한 특징의 다른 실시예에서, 상기 제1 지연 시간은 상기 제2 지연 시간 보다 짧다.

[0014] 이러한 특징의 하나의 구현예에서, 상기 센서는 레이저 소스 및 검출기를 포함한다.

[0015] 이러한 특징의 특정 구현예에서, 상기 지연 회로는 디지털 시프트 레지스터를 포함할 수 있다.

[0016] 다른 특징에서, 여기에 개시된 바와 같이, 삽입 기간에 의해 분리된 적어도 2개의 버스트 기간에서 EUV 펄스를 생산하기 위한 방법은 각 버스트 기간 동안 그리고 삽입 기간 동안 타겟 재료 방울을 생성하는 단계; 각 버스트 기간 동안 그리고 삽입 기간 동안 레이저 펄스를 생성하는 단계; 버스트 기간 동안 EUV 출력을 생성하도록 각 방울에 레이저 펄스를 포커싱하는 단계; 및 삽입 기간 동안 레이저 초점과 방울 사이에 거리를 두는 단계를 포함할 수 있다.

[0017] 이러한 특징의 특정 구현예에서, 상기 거리를 두는 단계는 삽입 시간과, 버스트 기간 동안 방울 위치에 관하여 상이한 레이저 트리거 타이밍을 제공하는 단계에 의해 달성된다.

[0018] 이러한 특징의 하나의 구현예에서, 방울은 버스트 기간 동안 조사 사이트쪽으로 제1 경로를 따라 이동하고 상기 거리를 두는 단계는 삽입 기간 동안 상기 조사 사이트와 교차하지 않는 제2 경로에 방울을 재지향하는 단계에 의해 달성될 수 있다.

[0019] 이러한 특징의 특정 구현예에서, 상기 레이저 펄스는 버스트 기간 동안 조사 사이트에서 초점에 포커싱되고 상기 거리를 두는 단계는 상기 삽입 기간 동안 상기 조사 사이트로부터 이격된 영역으로 상기 초점을 이동시키는 단계에 의해 달성될 수 있다.

[0020] 다른 특징에서, 여기에 개시된 바와 같이, 삽입 기간에 의해 분리된 적어도 2개의 버스트 기간에 EUV 펄스를 생성하는 극자외선(EUV) 광원은 각 버스트 기간 동안 그리고 삽입 시간 동안 타겟 재료의 방울을 생성하는 방울 생성기, 각 버스트 기간 동안 그리고 삽입 시간 동안 레이저 펄스를 생성하는 레이저 소스, 및 레이저 펄스가 EUV 출력을 생성하도록 타겟 재료와 상호작용하는 버스트 기간 구성 및 광 펄스가 EUV 출력을 생성하도록 타겟 재료와 상호작용하지 않는 삽입 기간 구성으로부터 EUV 광원을 재구성하도록 동작가능한 시스템을 포함할 수 있다.

[0021] 이러한 특징의 하나의 실시예에서, 상기 시스템은 삽입 기간과, 버스트 기간 동안 방울 위치와 관하여 상이한 레이저 트리거 타이밍을 제공한다.

- [0022] 이러한 특징의 특정 실시예에서, 트리거 타이밍은 버스트 기간에 관하여 삽입 기간에 지연된다.
- [0023] 이러한 특징의 특정 구현예에서, 트리거 타이밍은 버스트 기간과 비교하여 삽입 시간에서 앞서 있다.
- [0024] 이러한 특징의 하나의 구현예에서, 방울은 버스트 기간 동안 조사 사이트쪽으로 제1 경로를 따라 이동하고, 상기 시스템은 삽입 기간 동안 조사 사이트와 교차하지 않는 제2 경로로 방울을 재지향시킨다.
- [0025] 이러한 특징의 하나의 실시예에서, 상기 시스템은 삽입 기간 동안 방울을 충전하고 전개, 자계 또는 그 조합으로 구성된 필드의 그룹으로부터 선택된 필드를 사용하여 제1 경로로부터 방울을 편향시킨다.
- [0026] 이러한 특징의 특정 구현예에서, 방울 생성기는 노즐을 포함하고, 상기 시스템은 노즐을 이동시키는 기동기를 포함한다.
- [0027] 이러한 특징의 하나의 구현예에서, 상기 시스템은 방울을 재지향시키기 위해 가스 플로우를 포함한다.
- [0028] 이러한 특징의 특정 구현예에서, 레이저 펄스는 버스트 기간 동안 조사 사이트에서 초점으로 포커싱되고, 상기 시스템은 삽입 기간 동안 조사 사이트로부터 이격된 영역으로 이러한 초점을 이동시킨다.
- [0029] 이러한 특징의 하나의 배치에서, 레이저 펄스는 적어도 하나의 포커싱 광학부를 사용하여 포커싱되고, 상기 시스템은 초점 영역을 바꾸기 위해 적어도 하나의 포커싱 광학부를 이동시킨다.
- [0030] 이러한 특징의 특정 구성에서, 레이저 펄스는 적어도 하나의 조향 광학부를 사용하여 조종되고, 상기 시스템은 초점 영역을 바꾸기 위해 적어도 하나의 조향 광학부를 이동시킨다.
- [0031] 이러한 특징의 하나의 실시예에서, 상기 시스템은 삽입 기간과, 버스트 기간 동안 방울 위치에 관하여 상이한 레이저 트리거 타이밍을 제공하고, 레이저 펄스는 버스트 기간 동안 조사 사이트에서 초점으로 포커싱되고, 상기 시스템은 삽입 기간 동안 조사 사이트로부터 이격된 영역으로 초점을 이동시킨다.

도면의 간단한 설명

- [0032] 도 1은 레이저 생성 플라즈마 EUV 광원의 예의 단순 개략도이다.
- 도 2는 방울 차단 시간 신호를 수신시에 레이저 트리거를 생성하기 위한 제어 회로의 예를 도시한다.
- 도 3은 시드 레이저 및 증폭기를 갖는 레이저 소스의 예의 단순화된 개략도이다.
- 도 4는 시드 레이저 및 멀티 챔버 증폭기를 갖는 레이저 소스의 다른 실시예의 단순화된 개략도이다.
- 도 5는 프리 펄스 시드 레이저, 메인 펄스 시드 레이저 및 공통 증폭기를 갖는 레이저 소스의 다른 실시예의 단순화된 개략도이다.
- 도 6은 포토리소그래피에 사용되는 광원에 대한 전형적인 광 출력 시퀀스를 도시하는 도면이다.
- 도 7은 포커싱 광학부에 의해 생성된 초점이, 레이저 펄스가 EUV 발광 플라즈마를 생성하도록 방울 스트림의 방울에 포커싱되는 제1 초점 위치(실선)로부터, 초점이 방울 스트림의 방울로부터 이격된 제2 초점 위치(점선)로 이동되는 배치를 도시하는 도면이다.
- 도 8은 포커싱 광학부에 의해 생성된 초점이, 레이저 펄스가 EUV 발광 플라즈마를 생성하기 위해 방울 스트림의 방울에 포커싱되는 제1 초점 위치(실선)로부터, 초점이 방울 스트림의 방울로부터 이격된 제2 초점 위치(점선)로 이동되는 배치를 도시하는 도면이다.
- 도 9는 방울 생성기 릴리스 포인트를 이동시킴으로써 충전하고 이러한 충전된 방울을 편향시킴으로써 방울 스트림이 EUV를 생성하기 위한 조사 사이트를 교차하는 제1 방울 스트림으로부터 이러한 조사 사이트를 교차하지 않는 제2 방울 스트림으로 재지향되는 배치를 도시하는 도면이다.
- 도 10은 방울을 충전하고 이러한 충전된 방울을 편향시킴으로써 방울 스트림이 EUV를 생성하기 위한 조사 사이트를 교차하는 제1 방울 스트림으로부터 이러한 조사 사이트를 교차하지 않는 제2 방울 스트림으로 재지향되는 배치를 도시하는 도면이다.
- 도 11은 EUV를 생성하기 위한 조사 사이트를 교차하는 제1 방울 스트림 경로로부터 가스 플로우에 의해 조사 사이트와 교차하지 않는 제2 방울 스트림 경로로 재지향되는 배치를 도시하는 도면이다.
- 도 12는 방울 스트림이 펄스의 버스트 동안 EUV를 생성하기 위한 조사 사이트로 이동되는 것이 허용되고 간섭

시간 동안 조사 사이트로 이동하는 것이 차단되는 배치를 도시하는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0033] 먼저 도 1에는 EUV 광원, 예를 들어, 레이저 생성 플라즈마 EUV 광원(20)의 실시예의 단순 개략도가 도시되어 있다. 도 1에 도시된 바와 같이, LPP 광원(20)은 광을 생성하고 이러한 광을 챔버(26)로 전달하기 위한 시스템(22)을 포함할 수 있다. LPP 광원(20)에 대하여, 광은 조사 영역(28)에서 각 타겟 방울을 조명하기 위해 시스템(22)으로부터 챔버(26)으로 하나 이상의 빔을 따라 이동할 수 있다. 도 1에 도시된 시스템(22)에 사용되기에 적합할 수 있는 레이저 배치의 예는 아래에 보다 상세하게 설명되어 있다.
- [0034] 도 1에 도시된 바와 같이, EUV 광원(20)은 또한 예를 들어, 챔버(26)의 내부로 조사 영역(28)으로 타겟 재료의 방울을 전달하는 타겟 재료 전달 시스템(24)을 포함할 수 있는데, 조사 영역(28)에서 방울은 하나 이상의 광 펄스, 예를 들어, 제로, 하나 이상의 프리펄스, 그래서 하나 이상의 메인 펄스와 상호작용하여 궁극적으로 플라즈마를 생성하고 EUV를 방출할 것이다. 다양한 방울 디스펜서 구성 및 이들의 관련 장점에 대해서는 표제 LASER PRODUCED PLASMA EUV LIGHT SOURCE, 대리인 사건 번호 2008-0055-01이고, U.S. 2010/0294953-A1로서 2010년 11월 25일 공개되고 2010년 3월 10일 출원된 미국 특허 출원 번호 12/721,317; 표제 SYSTEMS AND METHODS FOR TARGET MATERIAL DELIVERY IN A LASER PRODUCED PLASMA EUV LIGHT SOURCE, 대리인 사건 번호 2006-0067-02이고, 2011년 1월 18일에 발행된 미국 특허 번호 7,872,245의 2008년 6월 19일 출원된 미국 특허 출원 번호 12/214,736; 표제 LASER PRODUCED PLASMA EUV LIGHT SOURCE HAVING A DROPLET STREAM PRODUCED USING A MODULATED DISTURBANCE WAVE, 대리인 사건 번호 2007-0030-01이고, 2011년 3월 1일 발행된 미국 특허 번호 7,897,947의, 2007년 7월 23일 출원된 미국 특허 출원 번호 11/827,803; 표제 LASER PRODUCED PLASMA EUV LIGHT SOURCE WITH PRE-PULSE, 대리인 사건 번호 2005-0085-01이고, U.S. 2006/0255298A-1로서 2006년 11월 16일에 공개되고 2006년 2월 21일에 출원된 미국 특허 출원 번호 11/358,988; 표제 METHOD AND APPARATUS FOR EUV PLASMA SOURCE TARGET DELIVERY, 대리인 사건 번호 2004-0008-01이고, 2005년 2월 25일에 출원된 미국 특허 출원 번호 11/067,124; 2008년 7월 29일에 발행된 미국 특허 번호 7,405,416; 2008년 5월 13일 발행된 미국 특허 번호 7,372,056이고, 표제 LPP EU PLASMA SOURCE MATERIAL TARGET DELIVERY SYSTEM, 대리인 사건 번호 2005-0003-01이고, 2005년 6월 29일 출원된 미국 특허 출원 번호 11/174,443에 보다 상세하게 설명되어 있고, 각각의 내용은 여기에 언급되어 통합되어 있다.
- [0035] 타겟 재료는 주석, 리튬, 크세논 또는 그 조합을 포함하는 재료를 포함하지만 이에 제한되는 것은 아니다. EUV 방출 원소, 예를 들어, 주석, 리튬, 크세논 등은 액체 방울 및/또는 액체 방울내에 포함된 고체 입자의 형태를 가질 수 있다. 예를 들어, 원소 주석은 순수한 주석으로서, 주석 화합물로서, 예를 들어, SnBr_4 , SnBr_2 , SnH_4 로서, 주석 합금으로서, 예를 들어, 주석-갈륨 합금, 주석-인듐 합금, 주석-인듐-갈륨 합금, 또는 그 조합으로서 사용될 수 있다. 사용된 재료에 따라, 타겟 재료는 실온 또는 근실온(예를 들어, 주석 합금, SnBr_4), 고온(예를 들어, 순수한 주석) 또는 실온 아래의 온도(예를 들어, SnH_4)를 포함하는 다양한 온도에서 조사 영역(28)으로 제공될 수 있고, 일부 경우에, 예를 들어, SnBr_4 의 경우에 비교적 휘발성이 클 수 있다. LPP EUV 광원내의 이러한 재료의 사용에 관해서는 2008년 12월 16일에 발행된 미국 특허 7,465,946인, 대리인 사건번호 2006-0003-01, ALTERNATIVE FUELS FOR EUV LIGHT SOURCE 표제의 2006년 4월 17일에 출원된 미국 특허 출원 번호 11/406,216에 제공되어 있고, 그 내용은 여기에 언급되어 통합되어 있다.
- [0036] 계속 도 1에서, EUV 광원(20)은 또한 예를 들어, 몰리브덴 및 실리콘의 대안층을 갖는 그레이디드 다층 코팅, 그리고 일부 경우에, 하나 이상의 고온 확산 배리어층, 스무딩층, 캡핑층 및/또는 에치정지층을 갖는 장구(長球)의 형태(즉, 그 주축을 중심으로 회전되는 타원형)로 반사면을 갖는 정상에 가까운 입사 콜렉터 미러와 같은 광학부(30)를 포함할 수 있다. 도 1은 시스템(22)에 의해 생성된 광 펄스가 조사 영역(28)을 통과하고 도달할 수 있도록 하는 개구를 갖도록 형성될 수 있음을 보여준다. 도시된 바와 같이, 광학부(30)는 예를 들어, 조사 영역(28) 내에 또는 근방에 제1 초점을 갖고 있고 소위 중간 영역(40)에서 제2 초점을 갖고 있는 장구의 미러일 수 있고, EUV 광은 EUV 광원(20)으로부터 출력되고 EUV 광을 사용하는 장치, 예를 들어, 집적 회로 리소그래피 툴(도시되지 않음)로 입력될 수 있다. 다른 광학부는 EUV 광을 사용하는 장치로 연속 전달하기 위한 순시 위치로 광을 수광 및 지향시키기 위해 장구 미러 대신에 사용될 수 있다는 것을 이해해야 한다. 예를 들어, 광학부는 그 주축을 따라 회전되는 포물선형일 수 있거나 순시 위치로 링 형상 단면을 갖는 빔을 전달하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 대리인 사건 번호 2006-0027-01의 EUV OPTICS 표제의 2010년 11월 30일에 발행된 미국 특허 번호 7,843,632인 2006년 8월 16일에 출원된 미국 특허 출원 번호 11/505,177을 참조할 수 있

다.

- [0037] 도 1은 또한 레이저 소스 시스템(22)과 조사 사이트(28) 사이에 빔을 확장하고, 조절하고 및/또는 초점 맞추는 것과 같은 빔 조절을 위한 하나 이상의 광학부를 포함할 수 있다. 보다 상세하게, 예를 들어, 빔의 전파 방향에 횡방향인 하나 이상의 디멘션에서 시스템(22)으로부터 출력 빔을 확장하도록 채용될 수 있는 비축 포물선 미러인 2개의 미러(42, 44)로 구성된 빔 확장기가 도 1에 도시되어 있다. 렌즈, 프리즘등을 포함하는 다른 광학 배치가 빔을 확장하기 위해 채용될 수 있거나 공통 광학부가 빔을 확장하고 조종하기 위해 사용될 수 있음을 이해해야 한다. 광학부는 예를 들어, 미러 및/또는 표면 가스 플로의 경우에 백사이드 물 채널을 사용하여 냉각될 수 있다.
- [0038] 계속 도 1에서, 하나 이상의 미러, 프리즘, 렌즈등을 포함할 수 있는 조향 시스템이 제공되고 배치되어 x 및/또는 y 방향으로 초점 조종할 수 있다는 것을 볼 수 있다. 광학부는 예를 들어, 미러 및/또는 표면 가스 플로의 경우에 백사이드 물 채널을 사용하여 냉각될 수 있다. 도시된 배치에 대하여, 2개의 디멘션으로 독립적으로 미러(46)를 이동시킬 수 있는 틸-틸트 기동기(48)에 장착된 제1 평면 미러(46) 및 2개의 디멘션으로 독립적으로 미러(50)를 이동시킬 수 있는 틸-틸트 기동기(52)에 장착된 제2 평면 미러(50)를 포함하고 있다. 그러나, 다른 시스템이 채용될 수 있는데, 예를 들어, 틸-틸트 기동기를 갖는 단일 미러가 조향을 제공하기 위해 채용될 수 있거나, 하나의 미러가 틸트 조정만을 제공하고 제2 미러가 틸 조정만을 제공할 수 있다.
- [0039] 도 1은 포커싱 어셈블리(54)는 조사 사이트(28)에 빔을 초점 맞추고 초점의 위치를 z 축을 따라 조정하도록 제공될 수 있다. 포커싱 어셈블리(54)에 대해, z 축을 따라 초점을 이동시키도록 화살표(56)의 방향으로 이동을 위해 기동기에 결합되는 포커싱 렌즈가 사용될 수 있다. 단일 렌즈가 도시되어 있지만, 하나 이상의 렌즈, 미러등을 갖는 다른 포커싱 배치가 사용될 수 있음을 이해해야 한다.
- [0040] 여기에 사용된 바와 같이, 용어 "광학부" 및 그 파생어는 입사광을 반사하고 및/또는 전송하고 및/또는 동작하는 하나 이상의 부품을 포함하지만 이에 제한되는 것은 아니다. 또한, 하나 이상의 렌즈, 윈도우, 필터, 웨지, 프리즘, 그리즘, 그레이딩, 전송 섬유, 에탈론, 확산기, 호모제나이저, 검출기 및 다른 기기 부품, 개구, 액시콘 및, 다층 미러, 니어-노멀 입사 미러, 그레이징 입사 미러, 스펙큘러 반사기, 확산 반사기 및 그 조합을 포함하는 미러를 포함하지만 이에 제한되는 것은 아니다. 또한, 달리 특정되지 않으면, 여기에 사용되는 용어 "광학부" 및 그 파생어는 EUV 출력 광파자, 조사 레이저 파장, 측정에 적합한 파장 또는 일부 다른 파장과 같은 하나 이상의 특정 파장 범위에서만 동작하는 또는 장점을 갖는 부품에 제한되는 것은 아니다.
- [0041] 빔 컨디셔닝 시스템에 관해서는 표제 A HIGH REPETITION RATE LASER PRODUCED PLASMA EUV LIGHT SOURCE, 대리인 사건 번호 2003-0125-01이고, 2006년 8월 8일에 발행된 미국 특허 번호 7,087,914의, 2004년 3월 17일 출원된 미국 특허 출원 번호 10/803,526; 2007년 1월 16일 발행된 미국 특허 번호 7,164,144이고, 표제 EUV LIGHT SOURCE, 대리인 사건 번호 2004-0044-01이고, 2004년 7월 27일 출원된 미국 특허 출원 번호 10/900,839, 표제 BEAM TRANSPORT SYSTEM FOR EXTREME ULTRAVIOLET LIGHT SOURCE, 대리인 사건 번호 2009-0029-01 이고, 2009년 12월 15일 출원된 미국 특허 출원 번호 12/638,092에서 상세하게 설명되어 있고, 각각의 내용은 여기에 언급되어 통합되어 있다.
- [0042] 계속 도 1에서, 방울(58)이 조사 사이트(28)의 사전선택된 위치(60) 업스트림에 도달할 때 차단 시간 신호를 제공하도록 센서가 채용될 수 있다는 것을 볼 수 있다. 예를 들어, 사전 선택된 영역은 조사 사이트로부터 수 밀리미터 떨어져 위치될 수 있어서 사전선택된 로케이션에서의 방울 차단이 플라즈마가 조사 사이트에 제공될 때 일어난다. 소스(20)에 대하여, 도시된 바와 같이 레이저 소스와 같은 광원(62)을 포함하여 빔(64)을 사전선택된 로케이션(60)을 통해 지향시킬 수 있다. 예를 들어, 레이저는 반도체 레이저일 수 있다. 광검출기 어레이, 아발란체 광다이오드 또는 광멀티플라이어와 같은 검출기(66)는 방울(58)이 사전선택된 로케이션(60)을 통과할 때 빔(64)을 감시하고 통신 채널(68), 예를 들어, 와이어, 무선 링크등에 아날로그 신호 출력을 생성하도록 방위 지정될 수 있다. 다음으로, 이러한 아날로그 신호는 레이저 소스(22)의 점화를 시작하기 위해 레이저 트리거 신호를 생성하는 제어 회로(70)에 의해 처리될 수 있다. 또한 도시된 바와 같이, 제어 회로(70)는 통신 채널(72)을 통해 트리거 신호를 출력할 수 있다. 통신 채널(74)은 제어 회로(70)를 노광 톨 제어 시스템(76)에 통신 접속하도록 제공될 수 있다. 더 아래에 설명되는 바와 같이, 이러한 링크를 통해, 지연 회로는 버스트 스트리트 및 버스트 스톱 커맨드를 노광 톨로부터 처리할 수 있다.
- [0043] 도 2는 적합한 제어 회로(70)의 예를 보다 상세하게 보여주고 있다. 여기에 도시된 바와 같이, 검출기(66)(도 1 참조)로부터 통신 채널(68) 상의 아날로그 출력은 아날로그-디지털 컨버터(80)로 입력될 수 있어서 통신 채널(82)에 디지털 출력을 생성할 수 있다. 통신 채널(82) 상의 디지털 출력은 그다음, 예를 들어, 디지털 시프트

레지스터를 포함할 수 있는 딜레이 회로부(84)에 입력될 수 있다. 딜레이 회로부(84)는 차단 로케이션(60)(도 1 참조)으로부터 조사 사이트(28)에 방울의 비행 시간과 연관된 시간에 의해 입력 신호로부터 지연되는 통신 채널(86) 상의 신호를 출력할 수 있다. 도시된 바와 같이, 통신 채널(86) 상의 출력은 그다음, 예를 들어, 디지털 마이크로프로세서를 포함할 수 있는 로직 회로(88)에 입력될 수 있다.

[0044] 계속 도 2에서, 로직 회로(88)가 노광 톨 제어 시스템(76)으로부터 입력을 수신하기 위한 통신 채널(74)을 포함할 수 있다는 것을 알 수 있다. 구체적으로, 이러한 입력은 노광 톨로부터 버스트 스타트 및 버스트 스톱 커맨드를 포함할 수 있다. 이러한 입력으로, 로직 회로(88)는 다음의 명령어 시퀀스를 실행할 수 있다. 버스트 스타트 커맨드를 노광 톨로부터 수신시, 로직 회로(88)는 통신 채널(86)을 통신 채널(72)로 출력하여, 버스트 스톱 커맨드가 수신될 때까지 차단된 방울 및 후속 방울을 조사하기 위해 레이저 소스(22)(도 1 참조)를 트리거한다.

[0045] 노광 톨로부터 버스트 스톱 커맨드를 수신시에, 로직 회로(88)는 로직 회로가 버스트 스타트 커맨드를 수신할 때까지 통신 채널(86)로부터 통신 채널(92)로 입력을 전달한다. 그다음 통신 채널(92)상의 신호가 예를 들어, 디지털 시프트 레지스터를 포함할 수 있는 지연 회로부(94)에 의해 수신된다. 지연 회로부(94)는 그다음, 레이저 빔이 조사 사이트에 늦게 도달하고 방울을 놓치도록 하기에 충분한 시간 만큼 통신 채널(92) 입력 신호로부터 지연되는 출력을 통신 채널(72)에 출력할 수 있다. 예를 들어, 40kHz의 레이저 펄스 반복율을 가정하면, 방울 사이의 이격 시간은 약 $25\mu\text{s}$ 이고 지연 회로부(94)에 대해 적합한 지연은 이러한 방울 이격 시간의 절반, 즉, 약 $12.5\mu\text{s}$ 일 수 있다.

[0046] 상술된 배치에 의해, 레이저 소스(22)는 버스트 스톱 커맨드와 버스트 스타트 커맨드 사이의 삽입 시간, t 동안 광 펄스를 계속 출력한다. 이러한 출력 펄스는 하나 이상의 광학부를 조사하지만 방울로부터 플라즈마를 생성하지는 않는다. 따라서, 이러한 광학부의 온도는 (도 1에 도시된) 콜렉터 미러(30)와 같은 근방 광학부를 오염시키거나 해할 수 있는 플라즈마-발생 찌꺼기를 생성하지 않고 열전도율을 감소시키도록 유지될 수 있다. 또한, 이러한 배치에 대해, 방울 생성기는 방울 생성기를 정지시키고 재기동시키는 것과 연관된 복잡도를 감소시키도록 삽입 시간동안 간섭되지 않고 방울을 계속 생성할 수 있다.

[0047] 상술된 바와 같이, 통신 채널(72)에서의 트리거 신호 출력은 도 1에 도시된 레이저 소스(22)의 점화를 시작하기 위해 사용될 수 있다. 도 3은 레이저 소스(22)의 예를 보다 상세하게 도시하고 있다. 도 3에 도시된 바와 같이, 레이저 소스(22)는 빔 경로(102)로 증폭기(104)를 통해 지향되는 출력을 생성하는 시드 레이저(100)를 포함할 수 있다.

[0048] 하나의 구성에서, 시드 레이저(100)는 무선 주파수(RF) 방전에 의해 펌핑되는, 부압, 예를 들어, 0.05 - 0.2atm에서 CO₂를 포함하는 밀봉된 가스를 갖는 CO₂ 레이저일 수 있다. 이러한 배치에서, 시드 레이저는 10.5910352 μm 의 파장을 갖는 10P(20) 라인과 같은 주요 라인중 하나로 자체 튜닝될 수 있다. 통신 채널(72)에서 트리거 신호를 수신시에, 이득 매체의 펌핑이 시작될 수 있어 펄싱된 레이저 출력을 산출할 수 있다. 대안으로, 음향 광학 변조(AOM) 스위치가 시드 레이저 광 캐비티의 품질, Q를 제어하기 위해 제공될 수 있다. 이러한 경우에, 이득 매체는 예를 들어, 연속 RF 펌핑으로 인해, 시드 레이저가 트리거 신호를 수신하기 이전에 펌핑된 상태일 수 있고, 통신 라인(72)상의 트리거 신호는 Q-스위치를 활성화하는데 사용될 수 있다. 대안으로, 트리거 신호는 이득 매체 펌핑을 초기화할 수 있고 사전결정된 지연 후에 활성화된 Q-스위치를 초기화할 수 있다. 이러한 배치에서, 증폭기 챔버(104)내의 이득 매체는 트리거 신호가 시드 레이저(100)에 의해 수신시에 (연속 또는 펄싱된 펌핑을 사용하여) 펌핑된 상태가 될 수 있다.

[0049] 도 3에 도시된 레이저 소스(22)에 대하여, 상술된 CO₂를 포함하는 이득 매체를 갖는 시드 레이저에 사용되기 위한 적합한 증폭기(104)는 DC 또는 RF 여기에 의해 펌핑되는 CO₂ 가스를 포함하는 이득 매체를 포함할 수 있다. 하나의 특정 구현예에서, 증폭기는 축상 흐름, RF-펌핑된 (연속 또는 펄스 변조된) CO₂ 증폭 유닛을 포함할 수 있다. 섬유, 로드(rod), 슬래브 또는 디스크 형상의 액티브 매체를 갖는 다른 타입의 증폭 유닛이 사용될 수 있다. 일부 경우에, 솔리드 액티브 매체가 채용될 수 있다.

[0050] 도 4는 도 1에 도시된 광원(20)에 사용되기 위한 레이저 소스(22')의 다른 예를 도시한다. 도 4에 도시된 바와 같이, 레이저 소스(22')는 빔 경로(102')로 그리고 증폭기(104')를 통해 지향되는 출력을 산출하는 시드 레이저(100)를 포함할 수 있다. 또한 도시된 바와 같이, 증폭기(104')는 자체 챔버, 액티브 매체 및 여기 소스, 예를 들어, 펌핑 전극을 갖고 있는 2개의 (또는 보다 많은) 증폭 유닛(106, 108)을 가질 수 있다. 예를 들어, 시드 레이저(100)가 상술된 CO₂를 포함하는 이득 매체를 포함하는 경우에, 증폭 유닛(106, 108)으로서 사용되기 위한

적합한 레이저는 DC 또는 RF 여기에 의해 펌핑되는 CO₂를 포함하는 액티브 매체를 포함할 수 있다. 하나의 특정 구현예에서, 증폭기는 약 10-25 미터의 전체 이득 길이를 갖고 있고, 비교적 높은 전력, 예를 들어, 10kW 이상에서 일체화, 동작하는 4개 또는 5개와 같은 복수의 축상-흐름, RF-펌핑된 (연속 또는 펄싱된) CO₂ 증폭 유닛을 포함할 수 있다. 섬유, 슬랩 또는 디스크 형상의 액티브 매체를 갖는 다른 타입의 증폭 유닛이 사용될 수 있다. 일부 경우에, 솔리드 액티브 매체가 채용될 수 있다.

[0051] 도 4에 도시된 실시예에서, 통신 채널(72)로부터의 트리거 신호는 이득 매체의 펌핑을 시작하도록 하여, 펄싱된 레이저 출력을 산출할 수 있다. 대안으로, 음향 광학 변조(AOM) 스위치가 시드 레이저 광 캐비티의 품질, Q를 제어하기 위해 제공될 수 있다. 이러한 경우에, 연속 RF 펌핑으로 인해, 시드 레이저가 트리거 신호를 수신하기 이전에 펌핑된 상태로 될 수 있고 통신 라인(72)상의 트리거 신호는 Q-스위치를 활성화하는데 사용될 수 있다. 대안으로, 트리거 신호는 이득 매체 펌핑 및 사전 결정된 지연 후에 활성화된 Q-스위치를 시작시킬 수 있다. 이러한 배치에서, 증폭기 챔버(106, 108)내의 이득 매체는 트리거 신호가 시드 레이저(100)에 의해 수신되는 때에 (연속 또는 펄싱된 펌핑을 사용하여) 펌핑된 상태로 될 수 있다.

[0052] 도 5는 도 1에 도시된 광원(20)에 사용되기 위한 레이저 소스(22')의 다른 예를 도시하고 있다. 도 5에 도시된 바와 같이, 레이저 소스(22')는 공통 빔 경로(122)로 광학부(124)를 통해 그리고 (증폭기(104, 104')에 대해 상술도니 바와 같이) 공통 증폭기(104")를 통해 지향되는 출력을 생성하는 프리 펄스(pre-pulse) 시드 레이저(120)를 포함할 수 있다. 레이저 소스(22')는 또한 광학부(124)에 의해 반사되고 공통 빔 경로(122)로 그리고 공통 증폭기(126)를 통과하는 빔 경로(130)상의 출력을 생성하는 메인 펄스 시드 레이저(128)를 포함할 수 있다. 도 5에 도시된 배치에서, 이색성 빔 컴바이너, 편광 판단 빔 컴바이너 또는 부분 반사 빔 컴바이너일 수 있다. 이러한 배치는 프리 펄스 시드 레이저 출력이 광학부(124)를 통해 전송되고, 메인 펄스 시드 레이저 출력이 광학부(124)에 의해 반사되도록 수정될 수 있음을 이해해야 한다.

[0053] 도 5에 도시된 배치에서, 무선 주파수 방전에 의해 펌핑되는, 예를 들어, 0.05 - 0.2 atm의 부압에서 CO₂를 포함하고 있는 밀봉된 가스를 갖고 있는 CO₂ 레이저와 같은, 튜닝가능한 프리 펄스 시드 레이저(120)가 사용될 수 있다. 예를 들어, 이동가능한 격자가 프리 펄스 레이저의 광 캐비티를 형성하기 위해 출력 커플러와 함께 사용될 수 있다. 스테퍼 모터, 압전 소자/스택 또는 콤비네이션 스테퍼 모터/압전을 포함할 수 있는 기동기가 중심 파장 측정 신호에 응답하여 격자를 이동시키도록 사용될 수 있다. 하나의 구성에서, 메인 펄스 시드 레이저(128)는 무선 주파수 방전에 의해 펌핑되는, 예를 들어, 0.05 - 0.2 atm의 부압에서 CO₂를 포함하는 밀봉된 가스를 갖는 CO₂ 레이저일 수 있다. 이러한 배치에 의해, 메인 펄스 시드 레이저는 10.5910352 μ m의 파장을 갖는 10P(20) 라인과 같은 주요 라인중 하나로 자체 튜닝될 수 있다. 보통, 프리 펄스 히드 레이저(120)는 통신 채널(72) 상의 트리거 신호에 응답하여 점화된 후, 사전결정된 지연 후에, 메인 펄스 시드 레이저(128)가 점화된다. 프리 펄스 시드 레이저(120)와 메인 펄스 시드 레이저(128) 사이의 지연은 약 1000ns일 수 있고 보통 EUV 출력 에너지 또는 효율을 최적화하도록 설정된다.

[0054] 도 5에 도시된 실시예에서, 통신 채널(72)로부터의 트리거 신호는 프리 펄스 히드 레이저(120)내의 이득 매체의 펌핑을 시작하도록 하여 펄싱된 레이저 출력을 얻을 수 있다. 대안으로, 음향 광학 변조(AOM) 스위치가 프리 펄스 히드 레이저(120) 광 캐비티의 품질, Q를 제어하기 위해 제공될 수 있다. 이러한 경우에, 예를 들어, 연속 RF 펌핑으로 인해, 시드 레이저가 트리거 신호를 수신하기 이전에 펌핑된 상태로 될 수 있고 통신 채널(72) 상의 트리거 신호는 Q-스위치를 활성화하기 위해 사용될 수 있다. 대안으로, 트리거 신호는 이득 매체 펌핑 및 사전 결정된 지연 후에 활성화된 Q-스위치를 시작하도록 할 수 있다. 이러한 배치에서, 증폭기 챔버(104") 내의 이득 매체는 트리거 신호가 프리 펄스 시드 레이저(120)에 의해 트리거 신호가 수신되는 때에 (연속 또는 펄싱된 펌핑을 사용하여) 펌핑된 상태로 될 수 있다.

[0055] 도 6은 도 1에 도시된 광원(200)의 전형적인 광 제어를 설명하고 있다. 도시된 바와 같이, 시퀀스는 노광 톨(도시되지 않음)로부터 버스트 스타트 커맨드(150)로 시작될 수 있고, 이러한 시점에서, 버스트 스톱 커맨드(154)가 나타날 때까지 광원(20)은 펄스의 버스트(152)를 노광 톨에 고정된 반복율로 출력할 수 있다. 예를 들어, 전형적인 버스트는 약 0.5초의 기간 동안 지속될 수 있고 약 40kHz의 펄스 반복율로 약 20,000 광 펄스를 포함할 수 있다. 노광 톨은 정렬, 측정등과 같은 설정 동작을 위해 버스트의 제1 부분을 사용할 수 있고, 레지스트-코팅된 웨이퍼상의 노광 필드를 조명하기 위해 버스트의 뒷 부분을 사용할 수 있다. 일단 레지스트-코팅된 웨이퍼의 제1 부분이 조명되면, 삽입 시간, t₁이 웨이퍼, 마스크, 또는 양측이 제2 노광 필드를 조사하기 위한 위치로 이동되는 동안 나타날 수 있다. 보통, 동일한 웨이퍼상의 노광 필드 사이의 삽입 시간은 대략 1초의 일부 동안 지속될 수 있다. 삽입 시간 동안, 노광 톨은 광원으로부터의 광을 필요로 하지 않는다. 도 6에서 삽입

시간 t_1 은 노광 톨(도시되지 않음)로부터 또 다른 버스트 스타트 커맨드(156)의 발행시에 중단되고 이러한 시점에서 광원(20)은 버스트 스톱 커맨드(160)가 발행될 때까지 제2 노광 필드를 조명하기 위해 펄스의 버스트(158)를 노광 톨에 고정된 반복율에서 출력할 수 있다. 그다음, 버스트(158) 후에는 웨이퍼, 마스크, 또는 양측이 제3 노광 필드를 조사하기 위한 위치로 이동되는 또 다른 삽입 시간, t_2 가 이어진다.

[0056] 계속 도 6에서, 삽입 시간, t_2 는 노광 톨(도시되지 않음)로부터 또 다른 버스트 스타트 커맨드(162)의 발행시에 중단될 수 있고 이러한 시점에서 광원(200)은 버스트 스톱 커맨드(166)가 발행될 때까지 제3 노광 필드를 조명하기 위해 펄스의 버스트(164)를 노광 톨로 고정된 반복율로 출력할 수 있다. 그다음, 버스트(164) 후에는 또 다른 삽입 시간, t_3 가 따르고, 이것은 삽입 시간 t_1 , t_2 보다 길 수 있고 웨이퍼를 변경하거나 다양한 측정 기능, 하나 이상의 관리 기능, 또는 광원으로부터 광을 필요로 하지 않는 일부 다른 프로세스를 실행하는 노광 톨과 연관된 시간에 상응할 수 있다.

[0057] 또한, 도시된 바와 같이, 삽입 시간, t_3 은 노광 톨(도시되지 않음)로부터 또 다른 버스트 스타트 커맨드(168)의 발행 시에 중단할 수 있고, 이러한 시점에서 광원(20)은 버스트 스톱 커맨드(172)가 발행될 때까지 제3 노광 필드를 조명하기 위해 펄스의 버스트(170)를 노광 톨에 고정된 반복율로 출력할 수 있다.

[0058] EUV 출력 펄스 에너지는 특정 집약된 에너지 또는 선량이 제공되도록 버스트에서 변환될 수 있다. 일부 실시예에서, 이동하는, 500 펄스, 윈도우가 선량을 버스트에서 실질상 일정하게 유지하기 위해 사용된다. 예를 들어, 500 펄스 윈도우내의 전체 에너지는 측정될 수 있고, 그 결과는 그 다음 펄스를 위한 에너지 타겟을 생성하는데 사용될 수 있다. 그 다음 펄스 후에, 프로세스가 반복된다. 펄스 에너지는, 증폭기 이득 매체를 펌핑하는데 사용되는 RF 펄스를 변조하는 단계 또는 프리 펄스와 메인 펄스 시드 출력 사이의 지연을 조정하는 단계를 포함하는 다양한 방법으로 조정될 수 있다. 선량 제어에 대한 보다 상세한 정보는 여기에 언급되어 통합된, 대리인 사건 번호 2006-0006-01의, LASER PRODUCED PLASMA EUV LIGHT SOURCE 표제의, U.S. 2008/0149862-A1으로서 2008년 6월 26일에 발행되고 2006년 12월 22일 출원된 미국 특허 출원 번호 11/644,153에 발견될 수 있다.

[0059] 도 7 내지 도 12는 광온도 변화로 인한 열전도율을 감소시키기 위해 삽입 시간, t 동안 구동 레이저 소스가 계속 광 펄스를 출력하는 대안의 장치 및 방법을 설명하고 있다. 이러한 장치 및 방법에서, 방울 생성기는 삽입 시간 동안 교차되지 않은 방울을 계속 생성할 수 있어서 방울 생성기의 정지 및 재시작과 연관된 복잡도를 감소시킬 수 있다. 또한, 이러한 장치 및 방법에서, 실질적인 양의 플라즈마가 삽입 시간, t 동안 생성되지 않아, 콜렉터 미러(30)(도 1에 도시됨)와 같은 근방의 광학부를 손상시킬 수 있는 플라즈마-생성되는 찌꺼기 및 이온의 양을 감소시킬 수 있다. 보다 상세하게, 도 7 내지 도 12에 도시된 실시예에서, 버스트 기간 동안 EUV 출력을 생성하도록 각 방울에 초점을 맞추어지고, 레이저 초점과 방울 사이의 거리는 삽입 기간 동안 제공된다. 도 7 내지 도 12에 도시된 배치는 도 1에 도시된 제어 회로(70)에 대하여 설명된 바와 같이, 삽입 시간에서의 타이밍과 버스트 기간에서의 상이한 레이저 타이밍을 반드시 필요로 하는 것은 아니라는 것을 이해해야 한다. 하술되는 배치에서, 이러한 장치 및 방법은 예를 들어, 방울 차단이 레이저 소스를 트리거하는데 사용되지 않는 '개방 루프' 배치에서, 또는 방울 차단 제어 루프가 삽입 기간 동안 비활성화되는 시스템에서 사용될 수 있다. 일부 경우에, 방출 차단 제어 루프는 방출이 차단 위치에 도달하지 못하도록 편향시키거나 막음으로써 삽입 시간 동안 비활성화될 수 있다.

[0060] 먼저, 도 7에서, 포커싱 광학부(202), 예를 들어, 렌즈에 의해 생성된 초점이, EUV 방출 플라즈마를 생성하도록 방울 스트림(206)의 방울에 포커싱된 제1 초점 위치(204)(실선)로부터 제2 초점 위치(208)(점선)로 이동되는 배치(200)가 도시되어 있는데, 이러한 이동은 포커싱 광학부(202)를 화살표(210)의 방향으로 이동시킴으로써 달성되고, 초점은 방울 스트림에서의 방울로부터 이격되어 있다. 스테퍼 모터, 압전 소자/스택 또는 스테퍼 모터/압전 조합을 포함할 수 있는 기동기(도시되지 않음)는 광학부(202)를 이동시키도록 사용될 수 있다. 이러한 배치에서, 기동기는 광학부(202)를 이동시킬 수 있어서, 제1 초점 위치(204)와 제2 초점 위치(208) 사이의 거리는 레이저 펄스와 방울 사이의 상호작용으로 인한 실질적인 플라즈마 형성을 방지하기 위해 삽입 시간 동안 방울에 대한 강도를 낮추는데 충분하다. 광학부(202)의 이동은 삽입 기간 동안 레이저 방출 상호작용을 방지하기 위해 단독으로 실행될 수 있거나 상술된 바와 같이, 삽입 시간과 버스트 기간 동안 방울 위치에 관하여 상이한 레이저 트리거 타이밍을 생성하는 시스템과 함께 사용될 수 있다. 예를 들어, 2개의 기술이 하나의 기술로 얻을 수 있는 것보다 보다 큰 초점과 방울 사이의 분리를 생성하도록 함께 사용될 수 있다.

[0061] 도 8은 포커싱 광학부(252), 예를 들어, 렌즈에 의해 생성된 초점이, EUV 방출 플라즈마를 생성하기 위해 방울 스트림의 방울에 레이저 펄스가 포커싱되는 제1 초점 위치(254)(실선)로부터, 제2 초점 위치(258)(점선)로 조종

되는 배치(250)를 도시하고 있다. 이러한 조종은 레이저 펄스가 초점에 도달하는 시각에 방울 스트림의 방울로부터 초점이 이격된 위치로, 빔을 X 및/또는 Y 방향으로 조종하도록, 도 1에 도시된 광학부(46) 및/또는 조향 광학부(50)를 조종하는 것과 같이, 조향 광학부를 이동시킴으로서 달성될 수 있다. 이러한 배치에서, 레이저 펄스와 방울 사이의 상호작용으로 인한 실질적 플라즈마 형성을 방지하기 위해 삽입 시간 동안 방울에 대한 강도를 낮추는데 제1 초점 위치(254)와 제2 초점 위치(258) 사이의 거리가 충분하도록 빔이 조종될 수 있다. 조종 광학부의 이동은 삽입 기간 동안 레이저 방울 상호작용을 방지하기 위해 단독으로 실행될 수 있거나, 상술된 바와 같이, 삽입 기간 보다 큰, 버스트 기간 동안의 방울 위치에 관하여 상이한 보다 큰 트리거 타이밍을 생성하는 시스템 및/또는 포커싱 광학 이동(도 7 및 상술된 설명 참조)과 함께 사용될 수 있다. 예를 들어, 다수의 기술이 하나의 기술로 얻을 수 있는 것 보다 큰 초점과 방울 사이의 분리를 생성하기 위해 함께 사용될 수 있다.

[0062] 도 9는 펄스의 버스트 동안 EUV를 생성하기 위한 조사 사이트(306)를 교차하는 제1 방울 스트림 경로(304)로부터 삽입 시간 동안 조사 사이트(306)와 교차하지 않는 제1 방울 스트림 경로(308)로 방울 스트림(302)이 재지향되는 배치(300)를 설명하고 있다. 보다 상세하게, 노즐 출력 팁과 같은, 릴리스 포인트(310)를 갖는 방울 생성기는 도시된 바와 같이, 방울 스트림을 생성하는데 사용될 수 있다. 버스트 기간 동안, 릴리스 포인트(310)는 제1 위치에 유지될 수 있어서, 펄싱된 레이저 빔이 포커싱되는 조사 사이트(306)쪽으로 이동하는 방울의 스트림을 얻을 수 있다. 삽입 기간의 시작시에, 예를 들어, 노즐 톨로부터 버스트 스톱 커맨드를 수신시에, 릴리스 포인트(310)는 예를 들어, 방울이 조사 사이트(306)에서 초점을 통과하지 않도록, 제1 영역(실선)으로부터 이격된, 제2 영역(점선)으로 화살표(312)의 방향으로 이동될 수 있다. 대신에, 레이저 펄스가 초점에 도달할 때에 초점으로서의 가장 가까운 접근은 레이저 펄스와 방울 사이의 상호작용으로 인한 실질적인 플라즈마 형성을 방지하기 위해 삽입 기간 동안 방울에 대한 강도를 낮추는데 충분한 거리만큼 초점으로부터 이격되어 있다.

[0063] 릴리스 포인트의 이동은 예를 들어, 나머지 방울 생성기에 상대적으로 노즐 팁을 이동시킴으로써 달성될 수 있고, 및/또는 방울 생성기의 일부 또는 모두가 이동될 수 있다. 예를 들어, 스테퍼 모터, 압전 소자/스택 또는 스테퍼 모터/압전 조합을 포함할 수 있는 기동기(도시되지 않음)가 조사 사이트(306)에 상대적으로 릴리스 포인트(310)를 이동시키는데 사용될 수 있다.

[0064] 대안의 실시예(도시되지 않음)에서, 릴리스 포인트(310)는 방울 스트림 이동의 방향으로 이동될 수 있다. 구체적으로, 버스트 기간 동안, 릴리스 포인트(310)는 제1 위치에 유지될 수 있어서, 포커싱된 레이저 빔 펄스와 동일한 시간에 조사 사이트(306)에 도달하는 방울의 스트림을 얻을 수 있다. 삽입 기간의 시작시에, 예를 들어, 노즐 톨로부터 버스트 스톱 커맨드를 수신시에, 릴리스 포인트(310)는 제2 영역으로 방울 전과 방향으로 이동될 수 있어서, 방울은 포커싱된 레이저 빔 펄스 이전 또는 이후에 조사 사이트(306)에 도달하여서 실질적인 플라즈마를 생성하지 않는다.

[0065] 대안의 배치(도시되지 않음)에서, 방울 형성의 타이밍은 버스트 기간에 상대적으로 삽입 기간 동안 앞서거나 지연될 수 있다. 보다 구체적으로, 도 1에 도시된 타겟 재료 전달 시스템(24)에 대하여 위에 언급되어 통합된 출원에서 보다 상세하게 설명된 바와 같이, 제어된 스트림의 방울을 생성하도록 디스터번스가 타겟 재료에 적용될 수 있다. 예를 들어, 압전 재료와 같은 기동기가 액체 소스 재료를 주기적으로 교란하여 이러한 재료가 제어된 스트림의 방울을 형성하도록 하는데 사용될 수 있다. 이러한 주기적 교란은 예를 들어, 진폭 또는 주파수 변조된 사인파형의 펄싱된, 신호이거나, 제어된 스트림의 방울을 생성하는 임의의 다른 신호일 수 있다. 버스트 기간 동안, 주기적 교란은 포커싱된 레이저 빔 펄스와 동일한 시간에 조사 사이트에 도달하는 제어된 스트림의 방울을 생성하도록 타겟 재료에 적용될 수 있다. 삽입 기간의 시작시에, 예를 들어, 노즐 톨로부터 버스트 스톱 커맨드를 수신시에, 주기적 교란은 수정될 수 있어서, 예를 들어, 지연되거나 앞설 수 있어서 방울은 포커싱된 레이저 빔 펄스 이전 또는 이후에 조사 사이트(306)에 도달하고, 따라서, 실질적인 플라즈마를 형성하지 않는다. 이러한 시스템은 예를 들어, 방울 차단이 레이저 소스를 트리거하는데 사용되지 않는 "개방 루프" 배치에서, 또는 방울 차단 제어 루프가 삽입 기간 동안 비활성화되는 시스템에서 사용될 수 있다.

[0066] 상술되고 하술된 방울 스트림을 수정하기 위한 상이한 기술이 삽입 기간 동안 레이저 방울 상호작용을 방지하기 위해 단독으로 또는 조합되어 실행될 수 있거나 포커싱 광학 이동(도 7 및 상술된 설명 참조), 조향 광학부(도 8 및 상술된 설명 참조)의 이동 및/또는 삽입 기간과, 버스트 기간 동안 방울 위치에 관하여 상이한 레이저 트리거 타이밍을 산출하는 시스템과 함께 사용될 수 있다. 예를 들어, 다수의 기술이 하나의 기술로 얻을 수 있는 것 보다 큰 초점과 방울 사이의 분리를 생성하도록 함께 사용될 수 있다.

[0067] 도 10은 펄스의 버스트 동안 EUV를 생성하기 위한 조사 사이트(326)를 교차하는 제1 방울 스트림 경로(324)로부터

터 삽입 시간 동안 조사 사이트(326)과 교차하지 않는 제2 방울 스트림 경로(328)로 방울 스트림(322)이 재지향된 배치(320)를 도시하고 있다. 도시된 바와 같이, 배치(320)는 충전된 방울을 생성하기 위한 시스템(330) 및 충전된 방울을 이들의 초기 경로로부터 재지향시키기 위해, 충전된 방울에 동작하기 위한 편향기(332)를 포함할 수 있다. 충전된 방울을 생성하기 위한 시스템(330)은 방울 형성 이전 또는 이후에 방울을 충전할 수 있고, 방울 생성기로부터 이격되거나 일체가 될 수 있다. 하나의 구성에서, 충전 링이 방울 생성기 릴리스 포인트 인접하여 위치되어 있다. 편향기(332)는 하나 이상의 자석, 전자석, 충전된 소자 또는 그리드, 한 쌍의 이격된 충전 플레이트, 또는 그 조합을 포함할 수 있다. 편향기는 전계, 자계 또는 그 조합으로 구성된 필드의 그룹으로부터 선택된 필드에서 생성된 인력 또는 척력을 통해 방울을 편향시키도록 동작할 수 있다. 대안의 배치(도시되지 않음)에서, 충전된 방울은 조사 사이트를 교차하지 않는 제1 방울 스트림 경로(삽입 시간 동안 사용된 경로)로부터 펄스의 버스트 동안 EUV를 생성하기 위한 조사 사이트와 교차하는 제2 방울 스트림 경로로 재지향될 수 있다.

[0068] 대안의 배치(도시되지 않음)에서, 충전된 방울은 하나 이상의 자석, 전자석, 충전된 소자 또는 그리드, 한 쌍의 이격된 충전 플레이트 또는 그 조합에 의해 생성된 필드를 변화시킴으로써 방울 스트림 이동 방향으로 가속화되거나 감속화될 수 있다. 구체적으로, 버스트 기간 동안, 충전되지 않은 방울은 포커싱된 레이저 빔 펄스와 동일한 시간에 조사 사이트(306)에 도달한다. 삽입 시간의 시작시에, 예를 들어, 노광 톨로부터 버스트 스톱 커맨드의 수신시에, 방울은 충전된 후에 가속화되거나 감속화되어 방울은 포커싱된 레이저 빔 펄스 이전 또는 이후에 조사 사이트(306)에 도달하고, 그래서 실질적인 플라즈마를 생성하지 않는다.

[0069] 도 11은 방울 스트림(342)이 펄스의 버스트 동안 EUV를 생성하기 위한 조사 사이트(346)를 교차하는 제1 방울 스트림 경로(344)로부터 삽입 시간 동안 조사 사이트(346)와 교차하지 않는 제2 방울 스트림 경로(348)로 재지향되는 배치(340)를 설명하고 있다. 도시된 바와 같이, 배치(340)는 방울을 이들의 초기 경로로부터 재지향시키기 위해 화살표(352) 방향으로 가스 플로우(350)를 생성하는 시스템을 포함할 수 있다. 예를 들어, 이러한 시스템은 지향된 가스 플로우를 생성하기 위해 튜브와 같은, 펌프 및 지향 장치를 포함할 수 있다. 이러한 가스는 예를 들어, 챔버내에 친화적인 가스 및/또는 할로겐의 세정 가스와 같은 챔버에 유용하고 및/또는 제공되는 수소, 헬륨 또는 일부 다른 가스와 같은 버퍼 가스일 수 있다. 대안으로, 방울을 재지향시키기 위해 기존의 버퍼/세정 가스로부터 가스 플로우를 생성하도록 흡입기(도시되지 않음)가 제공될 수 있다. 또 다른 대안으로, 조사 사이트를 교차하지 않는 제1 방울 스트림 경로(즉, 삽입 시간 동안 사용되는 경로)로부터 펄스의 버스트 동안 EUV를 생성하기 위한 조사 사이트와 교차하는 제2 방울 방울 스트림 경로로 방향을 지향시키기 위해 가스의 플로우(도시되지 않음)가 사용될 수 있다.

[0070] 또 다른 대안의 배치(도시되지 않음), 가스 플로우는 방울 스트림 이동 방향으로 방울을 가속시키거나 감속시키도록 사용될 수 있다. 예를 들어, 방울 스트림의 일부는 가스가 튜브에서 그리고 방울 스트림을 따라 지향될 수 있도록 긴 튜브를 통해 이동할 수 있다. 버스트 기간 동안, 가스 플로우는 정지되고 방울은 포커싱된 레이저 빔 펄스와 동일한 시간에 조사 사이트(306)에 도달한다. 삽입 시간의 시작시에, 예를 들어, 노광 톨로부터 버스트 스톱 커맨드를 수신시에, 방울은 가스 플로우를 사용하여 가속되거나 감속될 수 있어서, 방울은 포커싱된 레이저 빔 펄스 이전 또는 이후에 조사 사이트(306)에 도달하고, 따라서, 실질적인 플라즈마를 생성하지 않는다.

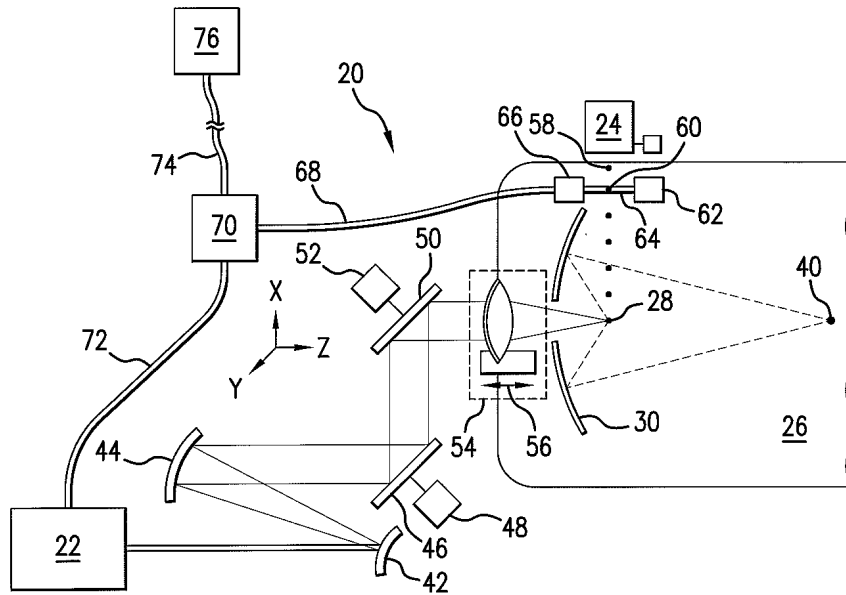
[0071] 도 12는 방울 스트림(352)이 펄스의 버스트 동안 EUV를 생성하기 위한 조사 사이트(356)를 교차하는 제1 방울 스트림 경로(354)를 따라 이동되도록 허용되고, 삽입 시간 동안 경로(354)를 따라 이동되는 것이 차단되는 배치(350)를 설명하고 있다. 도시된 바와 같이, 배치(340)는 방울이 방울 경로(354)를 따라 방해되지 않고 이동할 수 있도록 하는 제1 위치로부터, 방울이 블록에 의해 충돌하고 모아지거나 편향되는 제2 위치로 화살표(360)의 방향으로 이동가능한 플레이트 또는 팬과 같은 블록(358)을 갖는 차단 시스템을 포함할 수 있다. 사용에서, 방울은 EUV 방출 플라즈마를 생성하도록, 포커싱된 레이저 빔 펄스에 의해 조사되는 버스트 기간 동안 조사 사이트(306)에 도달한다. 삽입 시간의 시작시에, 예를 들어, 노광 톨로부터 버스트 스톱 커맨드를 수신시에, 블록은 방울을 차단하도록 이동되어 방울은 조사 사이트(306)에 도달하고, 따라서, 실질적인 플라즈마를 생성하지 않는다.

[0072] 35 U.S.C. § 112를 충족시키도록 상세하게 이러한 특허 출원에 설명되고 설명된 특정 실시예는 상술된 문제를 해결하고 상술된 실시예의 목적을 달성할 수 있지만, 상술된 실시예는 단지 예일 뿐이라는 것을 당업자는 이해해야 한다. 당업자에 의해 알게되는 상술된 실시예의 모든 구조적이고 기능적인 수정은 본 발명에 포함되는 것으로 이해되어야 한다. 본 명세서에 설명된 장치 및 방법이 여기에 기술된 모든 문제를 해결하도록 의도된 것은 아니고, 이러한 것들은 청구범위내에 포함되어 있다. 본 발명의 구성요소 또는 방법들은 한정을 위한 것이

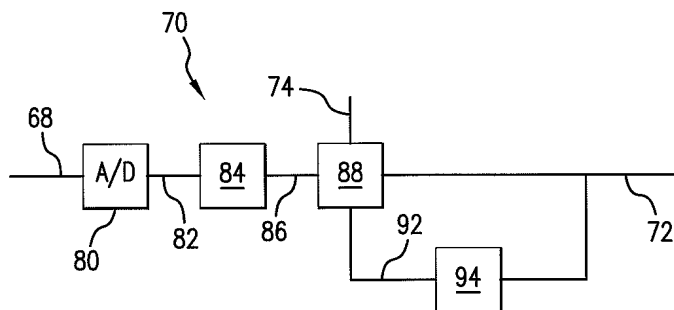
아니고, 본 발명의 범위는 청구범위에 의해 한정된다.

도면

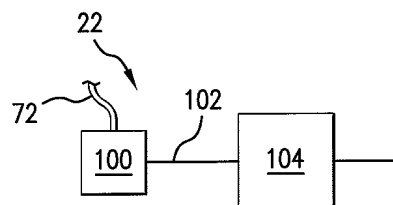
도면1



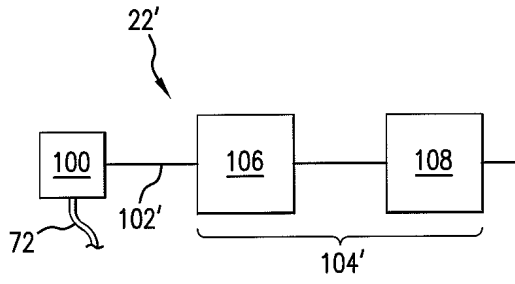
도면2



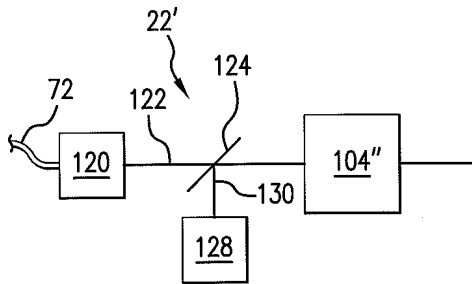
도면3



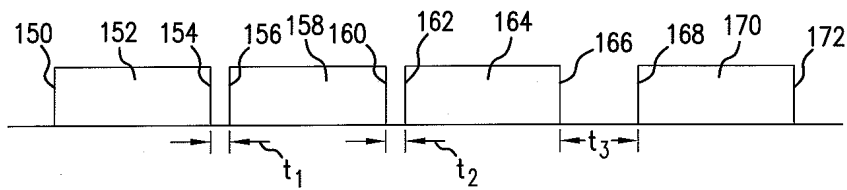
도면4



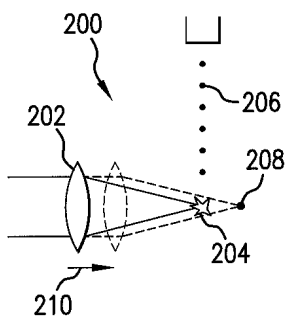
도면5



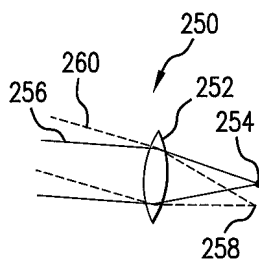
도면6



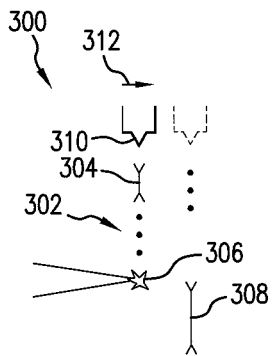
도면7



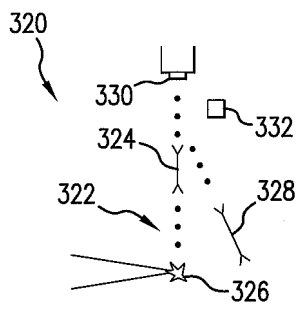
도면8



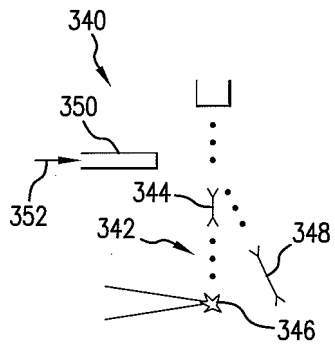
도면9



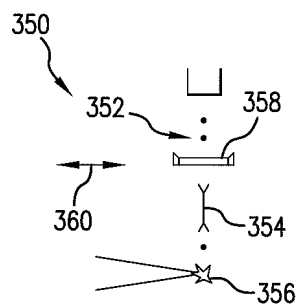
도면10



도면11



도면12



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 1

【변경전】

상기 차단 시간으로부터

【변경후】

상기 차단 시간 신호의 차단 시간으로부터