



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2022년06월13일

(11) 등록번호 10-2408834

(24) 등록일자 2022년06월09일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01S 3/097 (2006.01) H01S 3/225 (2006.01)(52) CPC특허분류
H01S 3/097 (2013.01)
H01S 3/225 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2020-7011634

(22) 출원일자(국제) 2018년10월09일

심사청구일자 2020년04월22일

(85) 번역문제출일자 2020년04월22일

(65) 공개번호 10-2020-0051818

(43) 공개일자 2020년05월13일

(86) 국제출원번호 PCT/US2018/055078

(87) 국제공개번호 WO 2019/083722

국제공개일자 2019년05월02일

(30) 우선권주장
62/576,371 2017년10월24일 미국(US)

(56) 선행기술조사문헌

JP2012023172 A*

(뒷면에 계속)

전체 청구항 수 : 총 13 항

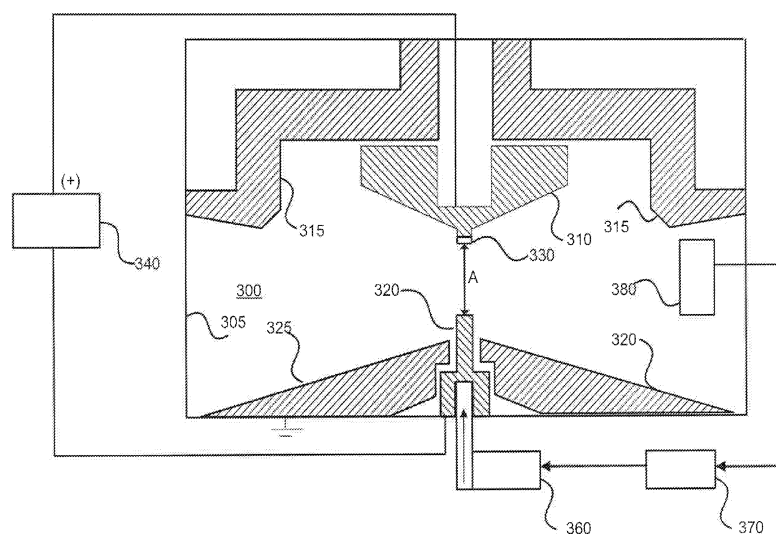
심사관 : 홍성의

(54) 발명의 명칭 레이저 챔버에서 전극 수명을 연장시키기 위한 장치 및 방법

(57) 요약

레이저 방전 챔버의 유효 수명을 연장시키기 위한 장치 및 방법이 개시되며, 챔버 내의 고정된 위치에 위치되는 전극의 극성은 제1 전극과 방전 간극을 규정하는 제2 전극의 극성에 대하여 양이 되며, 제1 전극은 이러한 제1 전극이 애노드로 사용될 때 내침식성 표면을 형성하는 재료로 만들어진다. 또한, 제1 전극이 제2 전극과 방전 간극을 규정하도록 제2 전극에 대해 위치설정될 수 있고 이러한 간극의 폭을 미리정해진 범위 내에서 유지하도록 제1 전극의 위치가 제어되는 구성이 개시된다.

대표도 - 도5



(56) 선행기술조사문헌

JP2014511036 A*

US06151346 A*

US06466602 B1*

US20070253459 A1*

US20160365696 A1*

W02014046186 A1*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

명세서

청구범위

청구항 1

레이저로서,

방전 챔버;

상기 방전 챔버 내에 적어도 부분적으로 위치된 제1 전극;

상기 방전 챔버 내에 적어도 부분적으로 위치된 제2 전극 - 상기 제1 전극은 제1 방전 표면을 가지고 상기 제2 전극은 제2 방전 표면을 가지며, 제1 방전 표면과 제2 방전 표면은 간극을 두고 서로 대면하도록 배치됨 -;

상기 간극의 폭을 제어하도록 상기 제2 방전 표면을 위치설정하기 위해 제2 전극에 기계적으로 결합된 모터; 및
상기 모터에 연결되고 상기 간극의 폭을 제어하기 위한 제어 신호를 상기 모터에 공급하는 제어기를 포함하되,
상기 제어 신호는 상기 제1 전극과 제2 전극에 걸친 구동 전압의 변동 또는 크기를 기반으로 하고,

상기 방전 챔버 내의 방전 동안 상기 제1 전극이 애노드로 작용하도록 상기 제1 전극의 극성은 상기 제2 전극의 극성에 대해 양(positive)인, 레이저.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 제1 전극의 위치는 상기 방전 챔버에 대해 고정되어 있는, 레이저.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 제1 전극은 상기 방전 챔버 내의 방전 동안 상기 제1 전극이 애노드로 작용할 때 내침식성 코팅을 형성하는 재료를 포함하는, 레이저.

청구항 4

제1항에 있어서, 제1 전극에 적용된 내침식성 코팅을 추가로 포함하는, 레이저.

청구항 5

삭제

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 제어기는 실질적으로 일정한 출력 파워를 유지하기 위해 요구되는, 방전 동안의 상기 제1 전극과 상기 제2 전극 사이의 전압차의 크기에 적어도 부분적으로 기초하여 상기 제어 신호를 발전(develop)시키는, 레이저.

청구항 7

제1항에 있어서, 상기 레이저는 상기 제1 전극 및 상기 제2 전극 중 적어도 하나에 복수의 펄스들을 공급하도록 상기 제1 전극 및 상기 제2 전극에 전기적으로 연결된 전원을 더 포함하고, 상기 전원은 정류자 모듈 및 압축 헤드 모듈을 포함하고, 상기 정류자 모듈 및 압축 헤드 모듈은, 상기 펄스들 동안에 상기 제1 전극이 애노드로 작용하도록 하기 위해 상기 제1 전극의 극성이 제2 전극의 극성에 대해 양이 되도록 수정되는, 레이저.

청구항 8

레이저로서,

방전 챔버;

상기 방전 챔버 내에 적어도 부분적으로 위치되고 방전 챔버에 대해 고정되어 있는 제1 전극;

상기 방전 챔버 내에 적어도 부분적으로 위치된 제2 전극 - 상기 제1 전극은 제1 방전 표면을 가지고 상기 제2 전극은 제2 방전 표면을 가지며, 제1 방전 표면과 제2 방전 표면은 간극을 두고 서로 대면하도록 배치되고, 상기 방전 챔버 내의 방전 동안 제1 전극이 애노드로 작용하도록 제1 전극의 극성은 제2 전극의 극성에 대해 양이고, 상기 제1 전극은 상기 방전 챔버 내의 방전 동안 제1 전극이 애노드로 작용할 때 내부식성 코팅을 형성하는 재료를 포함함 -;

상기 간극의 폭을 제어하도록 상기 제2 방전 표면을 위치설정하기 위해 제2 전극에 기계적으로 결합된 모터; 및 상기 모터에 연결된 제어기를 포함하되, 상기 제어기는 상기 간극의 폭을 미리정해진 범위 내에서 유지하기 위한 제어 신호를 상기 모터에 공급하고, 상기 제어 신호는 상기 제1 전극과 제2 전극에 걸친 구동 전압의 변동 또는 크기를 기반으로 하는, 레이저.

청구항 9

제8항에 있어서, 상기 제어기는 상기 방전 챔버에서 발생한 방전의 수에 적어도 부분적으로 기초하여 상기 제어 신호를 발전시키는, 레이저.

청구항 10

레이저로서,

방전 챔버;

상기 방전 챔버 내에 적어도 부분적으로 위치되고 방전 챔버에 대해 고정되어 있는 제1 전극;

상기 방전 챔버 내에 적어도 부분적으로 위치된 제2 전극 - 상기 제1 전극은 제1 방전 표면을 가지고 상기 제2 전극은 제2 방전 표면을 가지며, 제1 방전 표면과 제2 방전 표면은 간극을 두고 서로 대면하도록 배치됨 -; 및

상기 간극의 폭을 제어하기 위해 상기 제2 방전 표면을 위치설정하도록 맞추어진 제어기를 포함하되, 상기 제어 신호는 상기 제1 전극과 제2 전극에 걸친 구동 전압의 변동 또는 크기를 기반으로 하고,

상기 방전 챔버 내의 방전 동안 제1 전극이 애노드로 작용하도록 제1 전극의 극성은 제2 전극의 극성에 대해 양이고, 상기 제1 전극은 상기 방전 챔버 내의 방전 동안 제1 전극이 애노드로 작용할 때 내침식성 코팅을 형성하는 재료를 포함하는, 레이저.

청구항 11

삭제

청구항 12

삭제

청구항 13

제10항에 있어서, 제어기는 상기 방전 챔버에서 발생한 방전의 수에 적어도 부분적으로 기초하여 제어 신호를 발전시키는, 레이저.

청구항 14

레이저의 작동을 제어하는 방법으로서, 레이저는 방전 챔버 및 서로 간극을 두고 이격되어 있는 제1 전극과 제2 전극을 포함하고, 상기 제2 전극은 상기 간극의 폭을 구축하도록 위치설정될 수 있으며, 상기 방법은:

방전 챔버 내에서 상기 제1 전극과 제2 전극 사이에 방전이 발생하도록 하여 상기 레이저를 작동시키는 단계 - 상기 방전 챔버 내의 방전 동안 상기 제1 전극이 애노드로 작용하도록 상기 제1 전극의 극성은 제2 전극의 극성에 대해 양임 -;

상기 레이저의 작동 파라미터를 측정하는 단계; 및

측정된 작동 파라미터에 적어도 부분적으로 기초하여 제2 전극의 위치를 자동으로 제어하는 단계를 포함하되, 상기 측정된 작동 파라미터는 상기 제1 전극과 제2 전극에 걸친 구동 전압의 변동 또는 크기인, 레이저 작동 제

어 방법.

청구항 15

제14항에 있어서, 상기 측정된 작동 파라미터는, 미리정해진 출력 에너지를 달성 또는 유지하기 위해 요구되는, 방전 동안의 상기 제1 전극과 상기 제2 전극 사이의 전압차의 크기인, 레이저 작동 제어 방법.

청구항 16

제14항에 있어서, 상기 측정된 작동 파라미터는, 상기 방전 챔버에서 발생한 방전의 수인, 레이저 작동 제어 방법.

청구항 17

삭제

청구항 18

삭제

청구항 19

삭제

청구항 20

삭제

청구항 21

삭제

청구항 22

삭제

청구항 23

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 출원은 2017년 10월 24일자로 출원된 미국 임시 출원 제62/576,371호에 대해 우선권을 주장하며, 이러한 문헌의 내용은 원용에 의해 전체적으로 본 명세서에 포함된다.

[0002] 본 명세서의 주제는 집적 회로 포토리소그래피 제조 공정에 사용되는 것과 같은 레이저 생성 광원에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] ArF 파워 링 증폭기 엑시머 방전 챔버("PRA") 또는 KrF 엑시머 방전 챔버와 같은 레이저 방전 챔버에서, 전극 침식은 챔버 모듈의 유효 수명에 대해 상당한 제한을 부과한다. KrF 엑시머 방전 챔버 모듈의 유효 수명을 연장시키기 위한 한 가지 조치는 마모를 나타내지 않는 재료로 애노드를 만드는 것을 수반한다. 애노드 재료로 사용하기에 적합한 재료에 대한 정보는, 예를 들어 2007년 11월 27일에 발행된 미국 특허 제7,301,980호 및 2004년 2월 10일에 발행된 미국 특허 제6,690,706호에서 찾을 수 있으며, 이들 문헌 모두는 본 출원의 양수인에게 양도되어 있고 원용에 의해 전체로서 본원에 통합된다. 이들 재료 중 일부는 내부식성일 뿐만 아니라 실제로 애노드 표면을 원래 위치, 즉 전극이 새로운 상태일 때와 실질적으로 동일한 위치로 유지하는 내침식성 코팅("리프(ref)")을 성장시킨다.

[0004] 애노드 상에 형성되는 내침식성 코팅은 캐소드 상에 형성되지 않는다. 따라서, 내침식성 코팅을 형성하는 재료

를 애노드로서 사용하면 캐소드 재료로 사용될 때의 그러한 코팅을 형성하지 않을 것이고 레이저가 발사될 때 캐소드가 침식되는 것을 방지하지 못한다.

[0005] 현재의 챔버에서, 침식은 방전 간극의 폭의 증가 및 방전의 확대로 이어진다. 이러한 두 현상은 방전에서 에너지 밀도를 낮추어 결국 에너지 출력을 유지하는 데 필요한 전극 양단의 전압차를 증가시킬 필요가 생긴다. 또한, 방전 확대는 가스 흐름의 제거 비율(clearing ratio)을 감소시켜 하류의 아크를 증가시키게 되고, 이는 에너지 손실 및 결과적인 선량 오차를 초래하게 된다. 선량 오차 레이트가 미리정해진 임계치 이상으로 증가하면, 챔버는 그 유효 수명의 끝에 도달한 것으로 간주되어 교체되어야 한다.

[0006] 따라서, 특정 방전 챔버 설계에서 무한정 지속될 수 있는 애노드를 제공하는 것이 가능한 것으로 입증되었지만, 무한정 지속될 수 있는 캐소드를 제공하는 것이 가능한 것으로 입증되지 않아, 캐소드 수명이 여전히 전체 챔버 수명의 제한 요소가 된다. 따라서, 캐소드 수명을 크게 연장시키고 및/또는 캐소드 침식을 보상하는 구성이 필요하다.

발명의 내용

[0007] 다음은 본 발명의 기본적인 이해를 제공하기 위해 하나 이상의 실시예에 대한 간략화된 요약은 제시한다. 이러한 요약은 모든 예기된 실시예의 광범위한 개요가 아니며, 모든 실시예의 핵심 또는 중요 요소를 식별하거나 임의의 또는 모든 실시예의 범위를 한정하려는 것이 아니다. 그 유일한 목적은 하나 이상의 실시예의 일부 개념을 이후에 제시되는 보다 상세한 설명의 서두로서 단순화된 형태로 제시하려는 것이다.

[0008] 일 양태에 따르면, 본 발명의 주제는 방전의 극성을 반전시킴으로써 챔버 수명을 연장시키는 것이다. 따라서, 상부 전극은 애노드가 되고 침식을 방지하는 보호 층을 형성하는 재료로 만들어진다. 이러한 배열의 이점은 하부 전극에 부착된 메커니즘을 사용함으로써 증진되는데, 이러한 메커니즘은 침식에 더 취약하게 되는 하부 전극(이제 캐소드)을 상승시켜 챔버의 전체 수명에 걸쳐 점진적으로 일어나는 그러한 침식을 보상할 수 있는 것이다.

[0009] 일 양태에 따르면, 레이저를 포함하는 레이저가 개시되는데 레이저는, 방전 챔버, 상기 방전 챔버 내에 적어도 부분적으로 위치된 제1 전극, 상기 방전 챔버 내에 적어도 부분적으로 위치된 제2 전극 - 상기 제1 전극은 제1 방전 표면을 가지고 상기 제2 전극은 제2 방전 표면을 가지며, 제1 방전 표면과 제2 방전 표면은 간극을 두고 서로 대면하도록 배치됨 -, 및 상기 간극의 폭을 제어하도록 상기 제2 방전 표면을 위치설정하기 위해 제2 전극에 기계적으로 결합된 모터를 포함하고, 상기 방전 챔버 내의 방전 동안 상기 제1 전극이 애노드로 작용하도록 상기 제1 전극의 극성은 상기 제2 전극의 극성에 대해 양(positive)이 된다. 제1 전극의 위치는 방전 챔버에 대해 고정될 수 있다. 상기 제1 전극은 상기 방전 챔버 내의 방전 동안 상기 제1 전극이 애노드로 작용할 때 내침식성 코팅을 형성하는 재료를 포함할 수 있다. 제1 전극은 부가적으로 또는 대안적으로 적용된 내침식성 코팅을 포함할 수 있다. 레이저는 또한 상기 모터에 연결된 제어기를 포함할 수 있고, 상기 제어기는 상기 간극의 폭을 제어하도록 모터를 제어하기 위한 제어 신호를 공급한다. 상기 제어기는 상기 간극의 폭을 미리정해진 범위 내에서 유지하도록 상기 모터를 제어할 수 있다. 제어기는, 검출기에 의해 측정되거나 추론된 간극 폭에 적어도 부분적으로 기초하거나, 또는 방전 동안 실질적으로 일정한 출력 파워를 유지하기 위해 필요한 제1 전극과 제2 전극 사이의 전압차의 크기에 적어도 부분적으로 기초하여 제어 신호를 발전시킬 수 있다. 레이저는 상기 제1 전극 및 상기 제2 전극 중 적어도 하나에 복수의 펄스들을 공급하도록 상기 제1 전극 및 상기 제2 전극에 전기적으로 연결된 전원을 더 포함할 수 있고, 상기 전원은 정류자 모듈 및 압축 헤드 모듈을 포함하며, 상기 정류자 모듈 및 압축 헤드 모듈은, 상기 펄스들 동안에 상기 제1 전극이 애노드로 작용하도록 하기 위해 상기 제1 전극의 극성이 제2 전극의 극성에 대해 양이 되도록 수정된다.

[0010] 또 다른 양태에 따르면, 레이저를 포함하는 레이저가 개시되는데 레이저는, 방전 챔버, 상기 방전 챔버 내에 적어도 부분적으로 위치되고 방전 챔버에 대해 고정되어 있는 제1 전극, 및 상기 방전 챔버 내에 적어도 부분적으로 위치된 제2 전극을 포함하며, 상기 제1 전극은 제1 방전 표면을 가지고 상기 제2 전극은 제2 방전 표면을 가지며, 제1 방전 표면과 제2 방전 표면은 간극을 두고 서로 대면하도록 배치되고, 상기 방전 챔버 내의 방전 동안 상기 제1 전극이 애노드로 작용하도록 상기 제1 전극의 극성은 상기 제2 전극의 극성에 대해 양이고, 상기 제1 전극은 상기 방전 챔버 내의 방전 동안 상기 제1 전극이 애노드로 작용할 때 내침식성 코팅을 형성하는 재료를 포함한다. 레이저는 상기 간극의 폭을 제어하도록 상기 제2 방전 표면을 위치설정하기 위해 제2 전극에 기계적으로 결합된 모터, 및 상기 모터에 연결된 제어기를 더 포함할 수 있고, 상기 제어기는 상기 간극의 폭을 제어하도록 모터를 제어하기 위한 제어 신호를 공급한다. 상기 제어기는 상기 간극의 폭을 미리정해진 범위 내에서 유지하도록 상기 모터를 제어할 수 있다. 상기 제어기는 방전 동안 상기 제1 전극과 상기 제2 전극 사이

의 전압차의 크기에 적어도 부분적으로 기초하여 상기 제어 신호를 발전시킬 수 있다. 레이저는, 상기 간극의 폭을 측정하고 상기 간극 폭을 나타내는 신호를 제공하기 위해 상기 제어기에 연결된 검출기를 더 포함할 수 있고, 상기 제어기는 상기 검출기에 의해 측정된 간극 폭에 적어도 부분적으로 기초하여 상기 제어 신호를 발전시킨다.

[0011] 또 다른 양태에 따르면, 레이저의 작동을 제어하는 방법이 개시되는데, 레이저는 방전 챔버 및 서로 간극을 두고 이격되어 있는 제1 전극과 제2 전극을 포함하고, 상기 제2 전극은 상기 간극의 폭을 구축하도록 위치설정될 수 있으며, 상기 방법은: 방전 챔버 내에서 상기 제1 전극과 제2 전극 사이에 방전이 발생하도록 하여 상기 레이저를 작동시키는 단계 - 상기 방전 챔버 내의 방전 동안 상기 제1 전극이 애노드로 작용하도록 상기 제1 전극의 극성은 제2 전극의 극성에 대해 양임 -; 및 상기 간극의 폭을 미리정해진 범위 내에서 유지하도록 제2 전극의 위치를 제어하는 단계를 포함한다. 제2 전극의 위치는, 방전 동안 실질적으로 일정한 출력 파워를 유지하기 위해 요구되는 제1 전극과 제2 전극 사이의 전압차의 크기에 적어도 부분적으로 기초하거나, 또는 측정 단계에서 측정되는 간극 폭에 적어도 부분적으로 기초하거나, 또는 방전 챔버에서 발생한 방전의 수에 적어도 부분적으로 기초할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0012] 도 1은 개시된 주제의 일 양태에 따른 포토리소그래피 시스템의 전체적으로 넓은 개념의 (축척에 맞지 않는) 개략도이다.

도 2는 개시된 주제의 일 양태에 따른 조명 시스템의 전체적으로 넓은 개념의 (축척에 맞지 않는) 개략도이다.

도 3은 개시된 주제의 양태에 따른 엑시머 레이저용 방전 챔버의 (축척에 맞지 않는) 개략적인 단면도이다.

도 4은 개시된 주제의 양태에 따른 엑시머 레이저용 방전 챔버의 (축척에 맞지 않는) 개략적인 단면도이다.

도 5은 개시된 주제의 양태에 따른 엑시머 레이저용 방전 챔버의 (축척에 맞지 않는) 개략적인 단면도이다.

도 6은 개시된 주제의 양태에 따라 전극 침식의 영향을 제어하는 방법의 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0013] 다양한 실시예들에 관하여 이제 도면을 참조하여 설명하며, 유사한 참조 번호가 전체적으로 유사한 요소를 지칭하기 위해 사용된다. 다음의 내용에서는, 설명의 목적으로, 하나 이상의 실시예들에 대한 철저한 이해를 촉진하기 위해 수많은 특정 세부 사항들이 제시된다. 그러나, 일부 또는 모든 경우에, 아래에서 설명하는 특정 설계 세부사항을 채택하지 않고도 아래에서 설명하는 임의의 실시예가 실시될 수 있음이 명백할 것이다. 다른 경우에는, 하나 이상의 실시예의 설명을 용이하게 하기 위해 공지된 구조 및 디바이스가 블록도 형태로 도시되어 있다. 다음은 실시예에 대한 기본적인 이해를 제공하기 위해 하나 이상의 실시예에 대한 간략화된 요약물 제시한다. 이러한 요약은 모든 예기된 실시예의 광범위한 개요가 아니며, 모든 실시예의 핵심 또는 중요 요소를 식별하거나 임의의 또는 모든 실시예의 범위를 한정하려는 것이 아니다.

[0014] 도 1을 참조하면, 포토리소그래피 시스템(100)은 조명 시스템(105)을 포함한다. 아래에 더 상세히 설명되는 바와 같이, 조명 시스템(105)은 펄스형 광 빔(110)을 생성하는 광원을 포함하는데, 이러한 광원은 생성된 펄스형 광 빔을 웨이퍼(120) 상에 마이크로전자 피처를 패터닝하는 포토리소그래피 노광 장치 또는 스캐너(115)로 지향시킨다. 웨이퍼(120)는 웨이퍼 테이블(125) 상에 배치되며, 웨이퍼 테이블(125)은 웨이퍼(120)를 유지하도록 구성되고 특정 파라미터에 따라 웨이퍼(120)를 정확하게 위치설정하도록 구성된 위치설정기에 연결된다.

[0015] 포토리소그래피 시스템(100)은 예를 들어 248 나노미터(nm) 또는 193 nm의 파장을 갖는 심자외선(DUV) 범위의 파장을 갖는 광 빔(110)을 사용한다. 웨이퍼(120) 상에 패터닝될 수 있는 마이크로전자 피처의 최소 크기는 광 빔(110)의 파장에 의존하고, 파장이 더 짧아지면 최소 피처 크기가 더 작아진다. 광 빔(110)의 파장이 248 nm 또는 193 nm 인 경우, 마이크로전자 피처의 최소 크기는 예를 들어 50 nm 이하일 수 있다. 광 빔(110)의 대역폭은, 광 빔(110)의 광학 에너지가 다양한 파장에 걸쳐 어떻게 분포되는지에 대한 정보를 포함하는, 광학 스펙트럼(또는 방출 스펙트럼)의 실제의 순간적인 대역폭일 수 있다. 스캐너(115)는 예를 들어 하나 이상의 집광 렌즈, 마스크 및 대물 구성을 갖는 광학 구성을 포함한다. 마스크는, 예를 들면 광 빔(110)의 광축을 따라 또는 광축에 수직인 평면에서, 하나 이상의 방향을 따라 이동 가능하다. 대물 구성은 투영 렌즈를 포함하고, 마스크로부터 웨이퍼(120) 상의 포토레지스트로 이미지 전사가 일어나게 한다. 조명 시스템(105)은 마스크에 충돌하는 광 빔(110)의 각도 범위를 조절한다. 조명 시스템(105)은 또한 마스크에 걸친 광 빔(110)의 세기 분포

를 균질화한다(균일하게 함).

- [0016] 스캐너(115)는 다른 특징들 중에서도 리소그래피 제어기(130), 공조 디바이스 및 다양한 전기 컴포넌트들을 위한 전원을 포함할 수 있다. 리소그래피 제어기(130)는 웨이퍼(120) 상에 층이 인쇄되는 방식을 제어한다. 리소그래피 제어기(130)는 프로세스 레시피 등의 정보를 저장하는 메모리를 포함한다. 프로세스 프로그램 또는 레시피는 예를 들어 사용되는 마스크뿐만 아니라 노광에 영향을 미치는 기타 다른 요인들에 기초하여 웨이퍼(120) 상에서의 노광의 길이를 결정한다. 리소그래피 동안, 광 빔(110)의 복수 개의 펄스는 웨이퍼(120)의 동일한 영역을 조명하여 조명 선량을 구성한다.
- [0017] 포토리소그래피 시스템(100)은 또한 바람직하게는 제어 시스템(135)을 포함한다. 일반적으로, 제어 시스템(135)은 디지털 전자 회로, 컴퓨터 하드웨어, 펌웨어 및 소프트웨어 중 하나 이상을 포함한다. 제어 시스템(135)은 또한 판독 전용 메모리 및/또는 랜덤 액세스 메모리일 수 있는 메모리를 포함한다. 컴퓨터 프로그램 명령 및 데이터를 유형적으로 구현하기에 적합한 저장 디바이스는 예를 들어 EPROM, EEPROM, 및 플래시 메모리 장치와 같은 반도체 메모리 디바이스; 내장 하드 디스크 및 이동식 디스크와 같은 자기 디스크; 광 자기 디스크; 및 CD-ROM 디스크 등을 포함하는 모든 형태의 비 휘발성 메모리를 포함한다.
- [0018] 제어 시스템(135)은 또한 하나 이상의 입력 디바이스(예를 들어 키보드, 터치 스크린, 마이크, 마우스, 핸드헬드 입력 디바이스 등) 및 하나 이상의 출력 디바이스(스피커 또는 모니터 등)를 포함할 수 있다. 제어 시스템(135)은 또한 하나 이상의 프로그램가능 프로세서, 및 하나 이상의 프로그램 가능 프로세서에 의해 실행되도록 기계 판독가능 저장 디바이스에 유형적으로 구현된 하나 이상의 컴퓨터 프로그램 제품을 포함한다. 하나 이상의 프로그램가능 프로세서는 각각 입력 데이터에 대해 작용하여 적절한 출력을 생성함으로써 원하는 기능을 수행하기 위한 명령들의 프로그램을 실행할 수 있다. 일반적으로, 프로세서는 메모리로부터 명령 및 데이터를 수신한다. 전술한 임의의 것이 특별히 설계된 ASIC(주문형 집적 회로)에 의해 보완되거나 그에 통합될 수 있다. 제어 시스템(135)은 집중화되거나 포토리소그래피 시스템(100) 전체에 걸쳐 부분적으로 또는 전체적으로 분산될 수 있다.
- [0019] 도 2를 참조하면, 예시적인 조명 시스템(105)은 광 빔(110)으로서 펄스형 레이저 빔을 생성하는 펄스형 레이저 소스이다. 도 2는 개시된 주제의 특정 양태의 실시예에 따른 가스 방전 레이저 시스템을 예시적으로 그리고 블록도로 도시한다. 가스 방전 레이저 시스템은 예를 들어 고체 상태 또는 가스 방전 시드 레이저 시스템(140), 증폭 스테이지, 예를 들어, 파워 링 증폭기("PRA") 스테이지(145), 릴레이 광학계(150) 및 레이저 시스템 출력 서브시스템(160) 등을 포함할 수 있다. 시드 시스템(140)은 예를 들어 마스터 발진기("MO") 챔버(165)를 포함할 수 있다.
- [0020] 시드 레이저 시스템(140)은, 부분 반사 미러를 포함할 수 있는 마스터 발진기 출력 커플러("MO OC")(175)를 또한 포함할 수 있으며, 이는 선풍 협소화 모듈("LNM")(170) 내의 반사 격자(미도시)와 함께 발진기 공동을 형성하고, 그 안에서 시드 레이저(140)가 발진하여 시드 레이저 출력 펄스를 형성하게 된다(즉, 마스터 발진기("MO")가 형성됨). 시스템은 또한 라인 중심 분석 모듈("LAM")(180)을 포함할 수 있다. LAM(180)은 미세 파장 측정을 위한 에탈론 분광계 및 보다 개략적인 분해능 격자 분광계를 포함할 수 있다. MO 파면 엔지니어링 박스("WEB")(185)가 MO 시드 레이저 시스템(140)의 출력을 증폭 스테이지(145) 쪽으로 재지향시키는 역할을 할 수 있고, 예를 들어 멀티 프리즘 빔 확장기(미도시)를 이용한 빔 확장과, 예를 들어 광학 지연 경로(미도시)의 형태로 코히어런스 버스팅(coherence busting)을 포함할 수 있다.
- [0021] 증폭 스테이지(145)는 예를 들어 PRA 레이징 챔버(200)를 포함할 수 있으며, 이는 또한 예를 들어 시드 빔 주입 및 출력 결합 광학계(미도시)에 의해 형성되는 발진기일 수 있으며, 이러한 광학계는 PRA WEB(210)에 통합될 수 있고 빔 반전기(220)에 의해 챔버(200) 내의 이득 매질을 통해 다시 재지향될 수도 있다. PRA WEB(210)은 부분 반사 입력/출력 커플러(미도시) 및 공칭 작동 파장(예를 들어, ArF 시스템의 경우 약 193 nm)을 위한 최대 반사 미러 그리고 하나 이상의 프리즘을 통합할 수 있다.
- [0022] 증폭 스테이지(145)의 출력에서의 대역폭 분석 모듈("BAM")(230)은 증폭 스테이지로부터 펄스들의 출력 레이저 광 빔을 수광하고, 예를 들어 출력 대역폭 및 펄스 에너지를 측정하기 위해, 측정 목적을 위해 광 빔 중 일부를 선택할 수 있다. 그 다음에, 펄스들의 레이저 출력 광 빔은 광 펄스 신장기("OPuS")(240) 및 출력 조합 자동서터 측정 모듈("CASMM")(250)을 통과하며, 이는 또한 펄스 에너지 미터의 위치일 수도 있다. OPuS(240)의 한 가지 목적은 예를 들어 단일 출력 레이저 펄스를 펄스 트레인으로 변환하는 것일 수 있다. 원래의 단일 출력 펄스로부터 생성된 2차 펄스들은 서로에 대해 지연될 수도 있다. 원래의 레이저 펄스 에너지를 2차 펄스들의 트레인으로 분산시킴으로써, 레이저의 유효 펄스 길이가 확장될 수 있고 동시에 피크 펄스 세기가 감소될 수

있다. 따라서, OPuS(240)는 BAM(230)을 통해 PRA WEB(210)으로부터 레이저 빔을 수광하고 OPuS(240)의 출력을 CASMM(250)으로 지향시킬 수 있다.

[0023] PRA 레이징 챔버(200) 및 MO(165)는, 그 안에서 전극들 사이의 전기 방전으로 인하여 레이징 가스 내의 레이징 가스 방전이 예컨대 Ar, Kr 및/또는 Xe를 포함하는 고 에너지 분자의 반전된 모집단을 생성하여 비교적 넓은 대역의 방사선을 발생시킬 수 있는 챔버들로서 구성되고, 이러한 넓은 대역의 방사선은 본 기술 분야에 알려진 바와 같이, 선풍 협소화 모듈("LNM")(170)에서 선택된 비교적 매우 좁은 대역폭 및 중심 파장으로 선풍이 협소화될 수 있다. 이러한 챔버(300)의 구성이 도 3에 도시되어 있는데, 이는 방전 챔버의 고도로 양식화된 단면도이다. 챔버(300)는 캐소드로서 작용하는 상부 전극(310) 및 애노드로서 작용하는 하부 전극(320)을 포함한다. 하부 전극(300) 및 상부 전극(310) 중 하나 또는 양자 모두가 챔버 벽(305)에 의해 규정되는 챔버(300)의 압력 엔벨로프(pressure envelope)에 전적으로 포함될 수도 있고, 또는 전극 중 하나는 포함되지 않을 수도 있다. 폭 A를 갖는 간극으로 이들 두 전극 사이에서 레이징 가스 방전이 발생한다. 도 3에는 또한 상부 절연체(315) 및 하부 절연체(325)가 도시되어 있다. 하부 전극(320)은 챔버(300)의 벽(305)에 전기적으로 연결된다. 안전상의 이유로 챔버 벽(300) 및 하부 전극(320)을 접지 전위로 유지하는 것이 바람직하다. 도 3에 도시된 실시예에서, 상부 전극(310)은 하부 전극(320)에 대해 음의 전압에 있는 전압 공급부(340)에 의해 구동된다.

[0024] 도 3에 도시된 바와 같이 애노드로 작용할 때, 하부 전극(320)은 유리하게도 마모를 나타내지 않는 재료로 제조되지만, 이러한 재료는 사실상 부식 코팅(330)("리프(reef)"라고도 함)을 성장시키게 되고, 부식 코팅은 하부 전극(320)의 표면을 하부 전극(320)이 새로운 상태일 때와 실질적으로 동일한 위치로 유지하게 된다. 대안적으로, 전극은 내침식성 코팅으로 코팅될 수 있다. 코팅(330)의 크기는 설명의 목적으로 도 3에서 과장된 것이다. 캐소드로 작용할 때는 상부 전극(310) 상에 코팅(330)의 성장된 버전이 형성되지 않아 레이저가 발사될 때 상부 전극(310)이 침식된다. 현재의 챔버에서, 이러한 침식은 방전 간극의 크기(A)의 증가 및 방전의 확대에 이어진다. 또한 상부 전극에는 작은 범프(312)가 제공된다는 점에 주목해야 한다.

[0025] 언급한 바와 같이, 도 3에는 또한 캐소드(310) 및 애노드(320) 양단에 전압 구배를 구축하는 전압 공급부(340)가 도시되어 있다. 전압 공급부(340)의 출력의 극성에 대해 (-)의 표기로 도시되어 있지만, 이는 절대적인 극성이 아니라 상대적인 극성, 즉 하부 전극(320)(일반적으로 챔버(300)의 바닥과 전기적으로 접촉하게 되고 접지(0) 전위로 유지되어야 함)의 극성에 대해 상대적인 극성으로 이해될 것이다. 상부 전극(캐소드(310))은 큰(~20kV) 음의 전압으로 충전된다.

[0026] 개시된 주제의 일 양태에 따르면, KrF MO 및 PRA와 같은 "리프 애노드(reefing anode)" 챔버의 경우, 방전의 극성이 반전되어 상부 전극(310)이 애노드가 되고 보호 부식 층(330)을 형성하여 침식을 방지하게 된다. 이는 도 4에 도시되어 있다. 하부 전극(320)이 챔버 바닥과 전기적으로 접촉하고 접지 상태를 유지해야 하는 구성에서, 이는 상부 전극(310)이 큰(~20kV) 양의 전압으로 충전됨을 의미한다. 이것은 전압 공급부(340)의 변경을 통해 달성될 수 있다. 공급부(340)는 고전압 전원, 정류자 및 압축 헤드의 3개의 모듈로 나뉠 수 있다. 정류자 모듈은 승압 변압기를 포함할 수 있다. 공급부(340)의 변경은 정류자 모듈의 극성을 변화시키는 것을 포함할 수 있다. 이는 또한 공급 압축 헤드 자기의 변경을 포함할 수도 있다. 압축 헤드는 자기 펄스 압축을 이용하여 정류자로부터의 펄스를 압축한다. 압축 헤드 자기는 또한 극성의 변화에 적응하도록 변경되어야 할 수도 있다.

[0027] 전술한 시스템은 상부 전극(310)의 마모를 다루지만, 하부 전극(320)이 캐소드가 되기 때문에, 하부 전극(320)은 침식을 겪는 전극이 된다. 또한, 보호 부식 층을 형성하는 애노드 재료의 선택으로 인해 특히 높은 반복률에서 수용 불가능한 레이저 성능 저하를 초래하게 되는 방전 챔버, 예를 들어 ArF MO 가 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해, 하부 전극 애노드(320)는 바람직하게는, 챔버 수명 전체에 걸쳐 표면을 점진적으로 상승시켜 표면을 원래의(새로운 상태의) 위치로 유지하기 위해 사용될 수 있는 메커니즘에 연결된다. 하부 가동 전극이 애노드로서 유지되는 챔버에서는, 고정된 상부 캐소드의 침식이 여전히 발생하지만 애노드 침식의 속도보다 훨씬 느린 속도로 발생한다. 기계적으로 조절가능한 위치를 갖는 애노드는 예를 들어 2016년 1월 26일에 발행되고 본 출원의 양수인에게 양도된 미국 특허 제9,246,298호에 기재되어 있으며, 그 내용은 원용에 의해 전체로서 본 출원에 포함된다. 그러나, 조절가능한 전극을 사용하는 이점은, 캐소드로서 기능하고 있을 때 어떠한 내부식성 층도 그 위에 형성되지 않을 것으로 예상되는 하부 전극의 경우에서와 같이, 마모되기 더 쉬운 전극에 적용될 때 특히 두드러진다.

[0028] 상부 전극이 방전 챔버의 압력 엔벨로프의 일부분을 형성하도록 하는 것이 바람직하기 때문에 상부 전극보다 하부 전극을 이동가능하게 만드는 것이 일반적으로 바람직하고, 낮은 헤드 인덕턴스(양호한 효율을 위해 중요함)를 유지하기 위해서는 이러한 전극의 기하구조 및 체적 요구사항에 대해 강한 제약이 있다.

- [0029] 구체적으로 도 5에서는, 하부 전극(320)의 상단 표면의 위치 및 하부 전극(320)과 상부 전극(310) 사이의 간극의 폭(A)을 제어하도록 모터(360)가 하부 전극(320)에 기계적으로 결합된다. 본 명세서에서, "모터"는 운동을 생성할 수 있는 디바이스 또는 디바이스의 조합을 의미하도록 광범위하게 사용된다. 예를 들어, 모터(360)는 선형 전기 모터 또는 압전 디바이스에 결합된 스크류 구동, 마찰 구동, 또는 랙 및 피니언 구동일 수 있다. 모터(360)는 제어기(370)로부터 제어 신호를 수신하도록 구성된다. 제어기(370)는, 경과된 작동 시간의 흐름 또는 챔버에서 발생한 펄스의 수에 기초하여 모터(360)가 하부 전극(320)의 상단 표면을 상승시키도록 하는 제어 신호를 제공할 수 있다. 제어기(370)는 또한 구동 전압의 변동 또는 크기와 같은 일부 작동 파라미터에 기초하여 제어 신호를 제공할 수 있다. 예를 들어, 제어 신호는 고정된-목표 출력 에너지를 달성하기 위해 필요한 전압에 적어도 부분적으로 기초할 수 있다. 제어기(370)는 또한 계측 유닛(380)에 의해 측정되거나 특정한 다른 수단에 의해 추론되는 전극들 사이의 간극의 크기(A)에 기초하여 제어 신호를 제공할 수 있다.
- [0030] 도 5의 구성은, 침식을 보상하기 위해 상부 전극(310)을 이동시키기 위한 메커니즘의 제공이 실현될 수 없도록 상부 전극(310)이 필수적으로 챔버(300)의 압력 엔벨로프의 일부가 되는 챔버 설계에 유리하다. 하부 전극(320)만이 고정되는 챔버 설계에서, 상부 전극(310)은 위치설정 가능하게 구성될 수 있다. 전극이 고정되지 않고 챔버(300)의 압력 엔벨로프 내에 전적으로 위치하지 않는 챔버 설계에서는, 전극 중 하나 또는 양자 모두가 위치설정 가능하게 구성될 수 있다.
- [0031] 도 6은 도 5에 도시된 것과 같은 장치를 작동시키는 방법의 일례를 보여주는 흐름도이다. 단계 S10에서, 적어도 2개의 전극이 간극만큼 분리되어 있는 레이저가 제공된다. 캐소드로 작용하도록 전기적으로 연결된 전극들 중 하나는 제어 신호의 제어 하에서 이동가능하게 배열되어 전극들 사이의 간극의 폭이 자동으로 제어될 수 있다는 점이 이해될 것이다. 단계 S20에서 레이저가 작동되고, 단계 S30에서는 레이저의 하나 이상의 작동 파라미터가 측정된다. 작동 파라미터는, 위에서 언급된 임의의 파라미터, 예를 들면 챔버의 경과된 작동 시간의 크기, 챔버에서 발생한 펄스의 수, 고정된-목표 출력 에너지를 달성하기 위해 요구되는 구동 전압의 변동 또는 크기, 또는 계측 유닛(380)에 의해 측정되거나 특정한 다른 수단에 의해 추론되는 전극들 사이의 간극의 크기일 수 있다. 단계 S40에서는, 간극의 폭이 측정된 작동 파라미터에 기초하여 제어된다. 예를 들어, 가동 전극은 간극의 폭이 원래의 간극 폭과 같은 미리정해진 값과 실질적으로 동일하게 되도록 이동될 것이다. 도 6의 프로세스는 실질적으로 연속 수행될 수 있거나 또는 미리 결정된 간격으로 수행될 수 있음을 이해할 것이다.
- [0032] 상기 설명은 다수의 실시예에 대한 예시를 포함한다. 물론, 진술한 실시예를 설명하기 위해 컴포넌트 또는 방법의 모든 가능한 조합을 기술하는 것은 가능하지 않지만, 통상의 기술자라면 다양한 실시예의 수많은 추가 조합 및 치환이 가능하다는 점을 인식할 수 있을 것이다. 따라서, 기술된 실시예는 첨부된 청구 범위의 사상 및 범위 내에 있는 이러한 모든 변경, 수정 및 변형을 포함하도록 의도된다. 또한, "포함하는"이라는 용어가 상세한 설명 또는 청구 범위에서 사용되는 한, 그러한 용어는 "포함하는"이 청구항에서 전이 어구로 사용될 때 해석되는 경우와 유사한 방식으로 비배타적인 것으로 의도된다. 또한, 기술된 양태들 및/또는 실시예들의 요소들이 단수로 기술되거나 청구될 수 있지만, 단수로 제한된다고 명시적으로 언급되지 않는 한 복수가 예상된다. 또한, 달리 언급하지 않는 한, 임의의 양태 및/또는 실시예의 전부 또는 일부가 임의의 다른 양태 및/또는 실시예의 전부 또는 일부와 함께 이용될 수도 있다.
- [0033] 실시예는 다음의 조항을 사용하여 추가로 기술될 수 있다:
- [0034] 1. 레이저로서,
- [0035] 방전 챔버;
- [0036] 상기 방전 챔버 내에 적어도 부분적으로 위치된 제1 전극;
- [0037] 상기 방전 챔버 내에 적어도 부분적으로 위치된 제2 전극 - 상기 제1 전극은 제1 방전 표면을 가지고 상기 제2 전극은 제2 방전 표면을 가지며, 제1 방전 표면과 제2 방전 표면은 간극을 두고 서로 대면하도록 배치됨 -;
- [0038] 상기 간극의 폭을 제어하도록 상기 제2 방전 표면을 위치설정하기 위해 제2 전극에 기계적으로 결합된 모터를 포함하고,
- [0039] 상기 방전 챔버 내의 방전 동안 상기 제1 전극이 애노드로 작용하도록 상기 제1 전극의 극성은 상기 제2 전극의 극성에 대해 양(positive)인, 레이저.
- [0040] 2. 제1조항에 있어서, 상기 제1 전극의 위치는 상기 방전 챔버에 대해 고정되어 있는, 레이저.
- [0041] 3. 제1조항에 있어서, 상기 제1 전극은 상기 방전 챔버 내의 방전 동안 상기 제1 전극이 애노드로 작용할 때 내

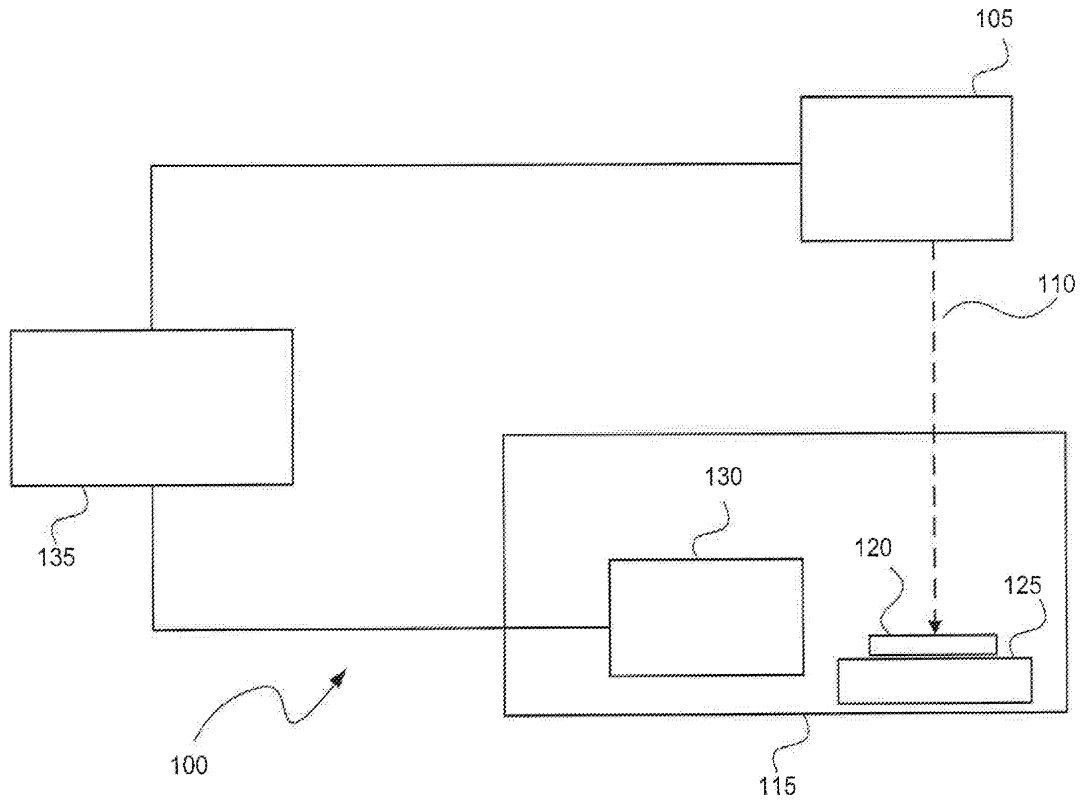
침식성 코팅을 형성하는 재료를 포함하는, 레이저.

- [0042] 4. 제1조항에 있어서, 제1 전극에 적용된 내침식성 코팅을 추가로 포함하는, 레이저.
- [0043] 5. 제1조항에 있어서, 상기 모터에 연결된 제어기를 더 포함하되, 상기 제어기는 상기 간극의 폭을 제어하기 위한 제어 신호를 상기 모터에 공급하는, 레이저.
- [0044] 6. 제5조항에 있어서, 상기 제어기는 상기 간극의 폭을 미리정해진 범위 내에서 유지하도록 상기 모터를 제어하는, 레이저.
- [0045] 7. 제5조항에 있어서, 상기 제어기는 실질적으로 일정한 출력 파워를 유지하기 위해 요구되는, 방전 동안의 상기 제1 전극과 상기 제2 전극 사이의 전압차의 크기에 적어도 부분적으로 기초하여 상기 제어 신호를 발전(develop)시키는, 레이저.
- [0046] 8. 제5조항에 있어서, 상기 간극의 폭을 측정하고 상기 폭을 나타내는 신호를 제공하기 위해 상기 제어기에 연결된 검출기를 더 포함하되, 상기 제어기는 상기 검출기에 의해 측정된 폭에 적어도 부분적으로 기초하여 상기 제어 신호를 발전시키는, 레이저.
- [0047] 9. 제1조항에 있어서, 상기 레이저는 상기 제1 전극 및 상기 제2 전극 중 적어도 하나에 복수의 펄스들을 공급하도록 상기 제1 전극 및 상기 제2 전극에 전기적으로 연결된 전원을 더 포함하고, 상기 전원은 정류자 모듈 및 압축 헤드 모듈을 포함하고, 상기 정류자 모듈 및 압축 헤드 모듈은, 상기 펄스들 동안에 상기 제1 전극이 애노드로 작용하도록 하기 위해 상기 제1 전극의 극성이 제2 전극의 극성에 대해 양이 되도록 수정되는, 레이저.
- [0048] 10. 제5조항에 있어서, 상기 제어기는 상기 방전 챔버에서 발생한 방전의 수에 적어도 부분적으로 기초하여 상기 제어 신호를 발전시키는, 레이저.
- [0049] 11. 레이저로서,
- [0050] 방전 챔버;
- [0051] 상기 방전 챔버 내에 적어도 부분적으로 위치되고 방전 챔버에 대해 고정되어 있는 제1 전극;
- [0052] 상기 방전 챔버 내에 적어도 부분적으로 위치된 제2 전극 - 상기 제1 전극은 제1 방전 표면을 가지고 상기 제2 전극은 제2 방전 표면을 가지며, 제1 방전 표면과 제2 방전 표면은 간극을 가로질러 서로 대면하도록 배치되고, 상기 방전 챔버 내의 방전 동안 제1 전극이 애노드로 작용하도록 제1 전극의 극성은 제2 전극의 극성에 대해 양이고, 상기 제1 전극은 상기 방전 챔버 내의 방전 동안 제1 전극이 애노드로 작용할 때 내부식성 코팅을 형성하는 재료를 포함함 -;
- [0053] 상기 간극의 폭을 제어하도록 상기 제2 방전 표면을 위치설정하기 위해 제2 전극에 기계적으로 결합된 모터; 및
- [0054] 상기 모터에 연결된 제어기를 포함하되, 상기 제어기는 상기 간극의 폭을 미리정해진 범위 내에서 유지하기 위한 제어 신호를 상기 모터에 공급하는, 레이저.
- [0055] 12. 제11조항에 있어서, 상기 제어기는 상기 방전 챔버에서 발생한 방전의 수에 적어도 부분적으로 기초하여 상기 제어 신호를 발전시키는, 레이저.
- [0056] 13. 레이저로서,
- [0057] 방전 챔버;
- [0058] 상기 방전 챔버 내에 적어도 부분적으로 위치되고 방전 챔버에 대해 고정되어 있는 제1 전극;
- [0059] 상기 방전 챔버 내에 적어도 부분적으로 위치된 제2 전극 - 상기 제1 전극은 제1 방전 표면을 가지고 상기 제2 전극은 제2 방전 표면을 가지며, 제1 방전 표면과 제2 방전 표면은 간극을 두고 서로 대면하도록 배치됨 -
- [0060] 을 포함하고,
- [0061] 상기 방전 챔버 내의 방전 동안 제1 전극이 애노드로 작용하도록 제1 전극의 극성은 제2 전극의 극성에 대해 양이고, 상기 제1 전극은 상기 방전 챔버 내의 방전 동안 제1 전극이 애노드로 작용할 때 내침식성 코팅을 형성하는 재료를 포함하는, 레이저.
- [0062] 14. 제13조항에 있어서, 상기 간극의 폭을 제어하도록 상기 제2 방전 표면을 위치설정하기 위해 제2 전극에 기계적으로 결합된 모터를 더 포함하는, 레이저.

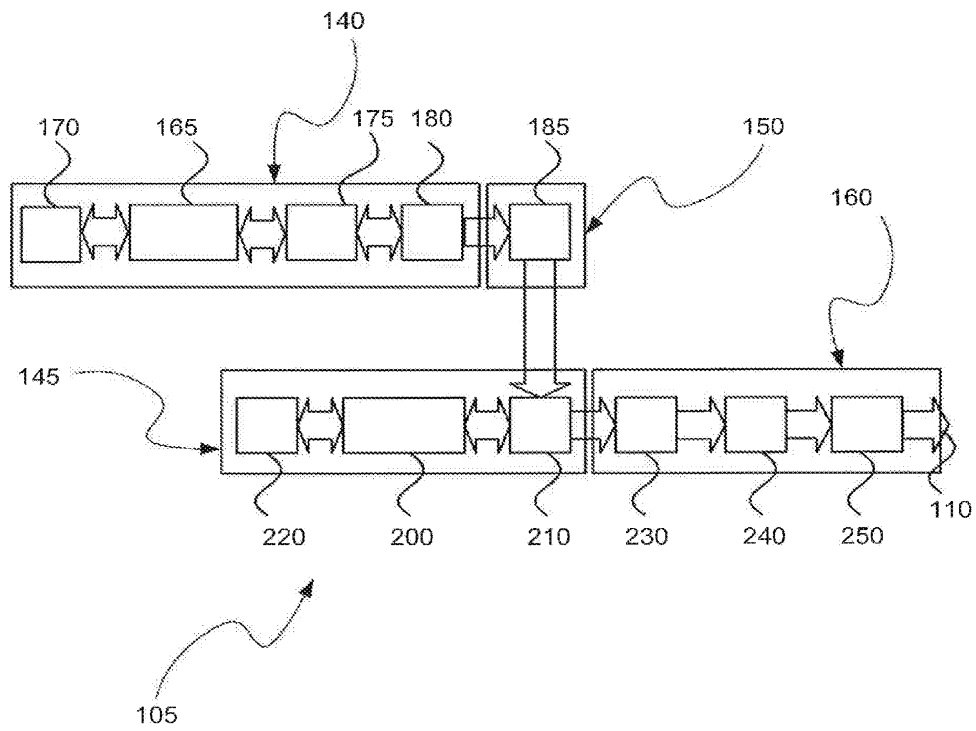
- [0063] 15. 제14조항에 있어서, 상기 모터에 연결된 제어기를 더 포함하되, 상기 제어기는 상기 간극의 폭을 제어하기 위한 제어 신호를 상기 모터에 공급하는, 레이저.
- [0064] 16. 제15조항에 있어서, 상기 제어기는 상기 간극의 폭을 미리정해진 범위 내에서 유지하도록 상기 모터를 제어하는, 레이저.
- [0065] 17. 제15조항에 있어서, 상기 제어기는 방전 동안 상기 제1 전극과 상기 제2 전극 사이의 전압차의 크기에 적어도 부분적으로 기초하여 상기 제어 신호를 발전시키는, 레이저.
- [0066] 18. 제15조항에 있어서, 상기 간극의 폭을 측정하고 상기 폭을 나타내는 신호를 제공하기 위해 상기 제어기에 연결된 검출기를 더 포함하되, 상기 제어기는 상기 검출기에 의해 측정된 폭에 적어도 부분적으로 기초하여 상기 제어 신호를 발전시키는, 레이저.
- [0067] 19. 제13조항에 있어서, 상기 제어기는 상기 방전 챔버에서 발생한 방전의 수에 적어도 부분적으로 기초하여 상기 제어 신호를 발전시키는, 레이저.
- [0068] 20. 레이저의 작동을 제어하는 방법으로서, 레이저는 방전 챔버 및 서로 간극을 두고 이격되어 있는 제1 전극과 제2 전극을 포함하고, 상기 제2 전극은 상기 간극의 폭을 구축하도록 위치설정될 수 있으며, 상기 방법은:
- [0069] 방전 챔버 내에서 상기 제1 전극과 제2 전극 사이에 방전이 발생하도록 하여 상기 레이저를 작동시키는 단계 - 상기 방전 챔버 내의 방전 동안 상기 제1 전극이 애노드로 작용하도록 상기 제1 전극의 극성은 제2 전극의 극성에 대해 양입 -;
- [0070] 상기 레이저의 작동 파라미터를 측정하는 단계; 및
- [0071] 측정된 작동 파라미터에 적어도 부분적으로 기초하여 제2 전극의 위치를 자동으로 제어하는 단계를 포함하는, 레이저 작동 제어 방법.
- [0072] 21. 제20조항에 있어서, 상기 측정된 작동 파라미터는, 미리정해진 출력 에너지를 달성 또는 유지하기 위해 요구되는, 방전 동안의 상기 제1 전극과 상기 제2 전극 사이의 전압차의 크기인, 레이저 작동 제어 방법.
- [0073] 22. 제20조항에 있어서, 상기 측정된 작동 파라미터는 상기 제1 전극과 제2 전극 사이의 간극의 폭의 크기인, 레이저 작동 제어 방법.
- [0074] 23. 제20조항에 있어서, 상기 측정된 작동 파라미터는, 상기 방전 챔버에서 발생한 방전의 수인, 레이저 작동 제어 방법.
- [0075] 다른 구현예들도 청구의 범위 내에 있다.

도면

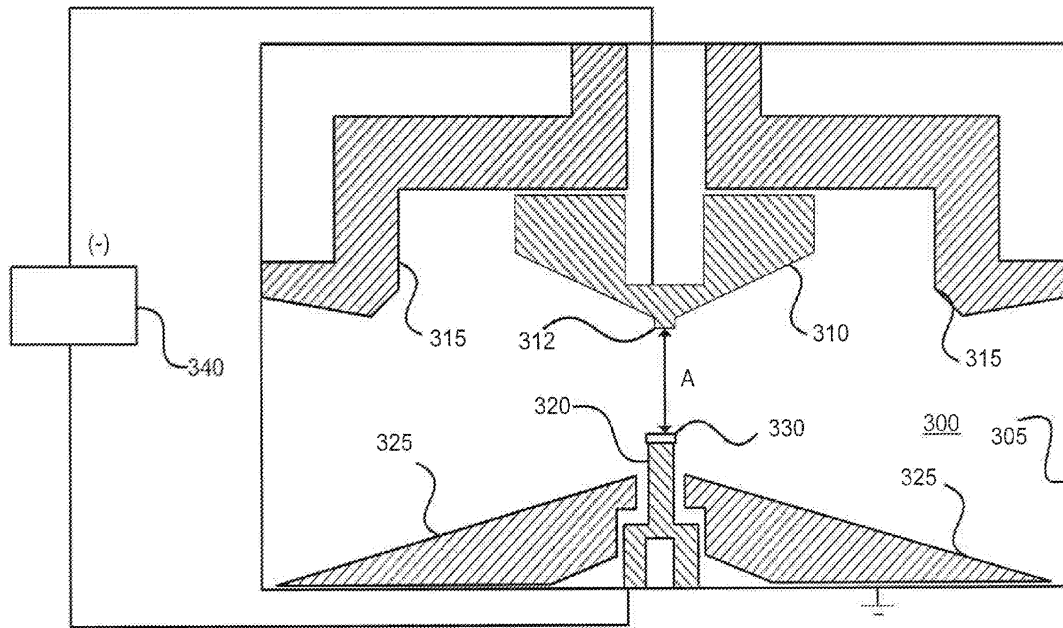
도면1



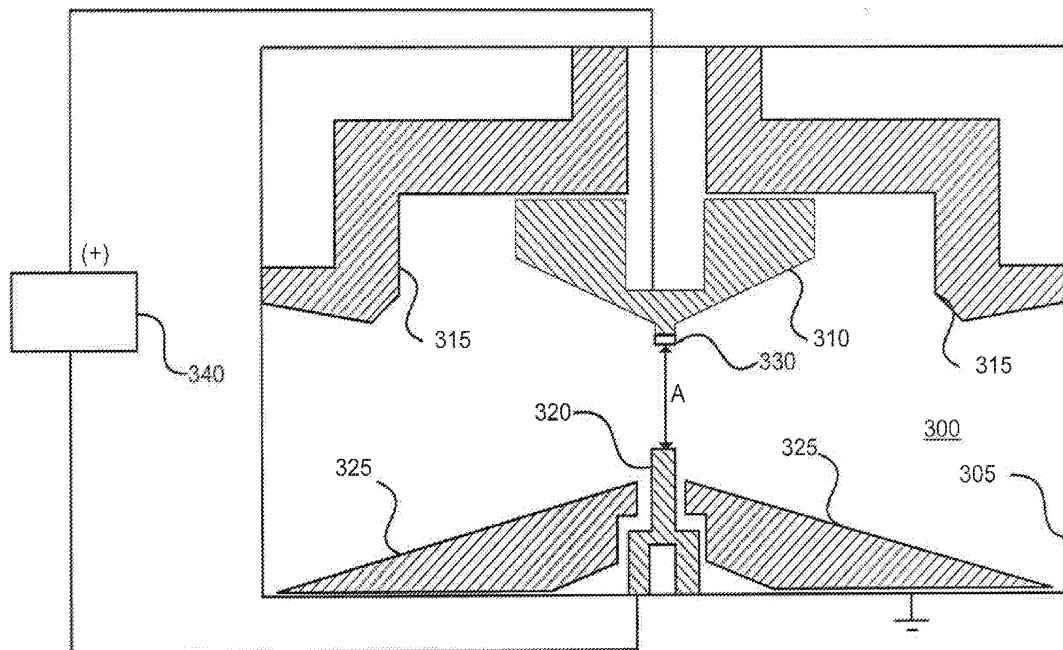
도면2



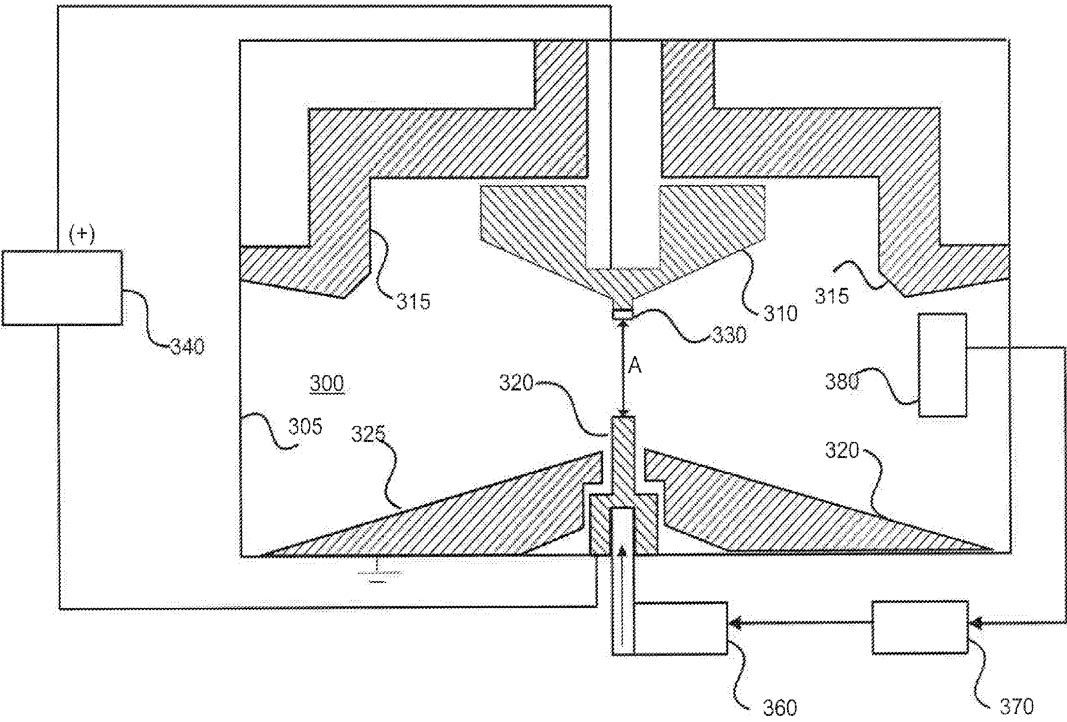
도면3



도면4



도면5



도면6

