



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0141741
(43) 공개일자 2017년12월26일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G03F 7/20 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
G03F 7/70875 (2013.01)
G03F 7/70783 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2017-7033567
- (22) 출원일자(국제) 2016년04월04일
심사청구일자 없음
- (85) 번역문제출일자 2017년11월20일
- (86) 국제출원번호 PCT/EP2016/057349
- (87) 국제공개번호 WO 2016/169758
국제공개일자 2016년10월27일
- (30) 우선권주장
15164362.4 2015년04월21일
유럽특허청(EPO)(EP)
(뒷면에 계속)

- (71) 출원인
에이에스엠엘 네델란드 비.브이.
네덜란드 5500 아하 벨트호벤 피.오.박스 324
- (72) 발명자
코에보에츠, 아드리아누스, 헨드릭
네덜란드, 5500 아하 벨트호벤, 피.오.박스 324
알레마크, 에릭, 요한
네덜란드, 5500 아하 벨트호벤, 피.오.박스 324
(뒷면에 계속)
- (74) 대리인
특허법인(유)화우

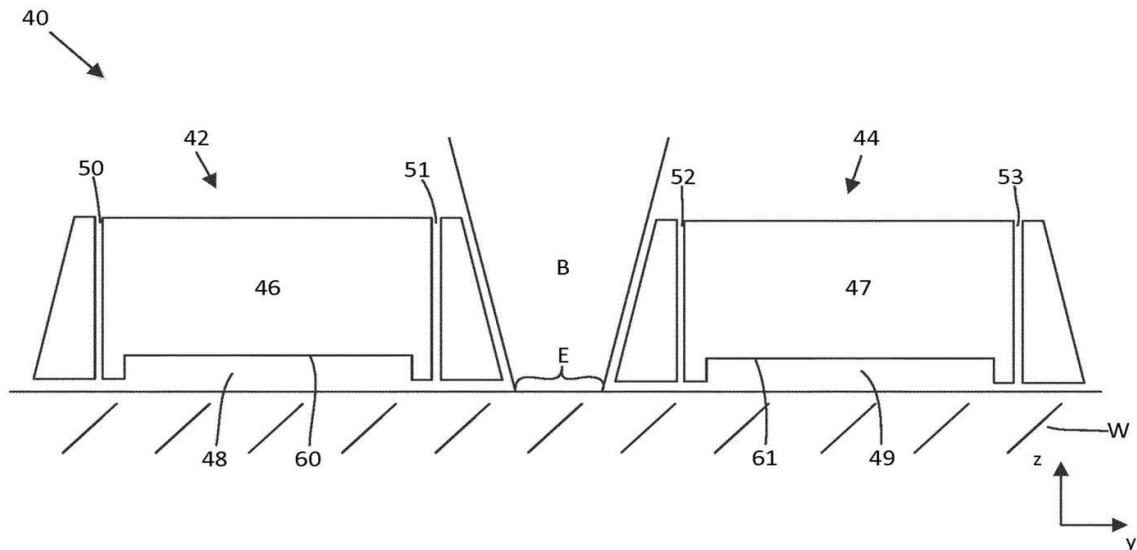
전체 청구항 수 : 총 90 항

(54) 발명의 명칭 리소그래피 장치

(57) 요약

기판 테이블 상에 유지된 기관에 노광 영역을 형성하기 위해 패터닝된 방사선 빔을 투영하도록 구성되는 투영 시스템을 포함한 리소그래피 장치가 개시되고, 리소그래피 장치는 기관을 냉각하는 냉각 장치(40)를 더 포함하며, 냉각 장치는 노광 영역에 인접하고 기관 테이블 위에 위치되는 냉각 요소(42, 44)를 포함하며, 냉각 요소는 기관 으로부터 열을 제거하도록 구성된다.

대표도 - 도3a



(72) 발명자

덕스, 샌더, 카타리나, 레이니르

네덜란드, 5500 아하 벨트호벤, 피.오.박스 324

돈더스, 수어드, 니콜라스, 람베르토

네덜란드, 5500 아하 벨트호벤, 피.오.박스 324

엔텐디크, 윌프레드, 에드워드

네덜란드, 5500 아하 벨트호벤, 피.오.박스 324

안센, 프란치스코, 요하네스, 요셉

네덜란드, 5500 아하 벨트호벤, 피.오.박스 324

라파레, 레이몬드, 빌헬무스, 루이스

네덜란드, 5500 아하 벨트호벤, 피.오.박스 324

레바시에르, 레옹, 마틴

네덜란드, 5500 아하 벨트호벤, 피.오.박스 324

오버캠프, 짐, 빈센트

네덜란드, 5500 아하 벨트호벤, 피.오.박스 324

텐 케이트, 니콜라스

네덜란드, 5500 아하 벨트호벤, 피.오.박스 324

반 데르 산텐, 야코버스, 코르넬리스, 헤라르뒤스

네덜란드, 5500 아하 벨트호벤, 피.오.박스 324

(30) 우선권주장

15169023.7 2015년05월22일
유럽특허청(EPO)(EP)

15192297.8 2015년10월30일
유럽특허청(EPO)(EP)

15201030.2 2015년12월18일
유럽특허청(EPO)(EP)

명세서

청구범위

청구항 1

기관 테이블 상에 유지된 기관에 노광 영역을 형성하기 위해 패터닝된 방사선 빔을 투영하도록 구성되는 투영 시스템을 포함한 리소그래피 장치에 있어서,

상기 리소그래피 장치는 상기 기관을 냉각하는 냉각 장치를 더 포함하고,

상기 냉각 장치는 상기 노광 영역에 인접하고 상기 기관 테이블 위에 위치되는 냉각 요소를 포함하며, 상기 냉각 요소는 상기 기관 테이블 상에 유지된 기관으로부터 열을 제거하도록 구성되는 리소그래피 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 냉각 요소는 상기 노광 영역을 2등분하는 라인(line)으로부터 3 cm 이하 내에 놓이는 영역을 냉각하도록 구성되는 리소그래피 장치.

청구항 3

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 냉각 요소는 상기 노광 영역의 에지로부터 2 cm 이하 내에 놓이는 영역을 냉각하도록 구성되는 리소그래피 장치.

청구항 4

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 냉각 요소는 상기 리소그래피 장치의 스캐닝 방향과 실질적으로 대응하는 방향에서 상기 노광 영역으로부터 분리되는 리소그래피 장치.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 냉각 요소는 상기 노광 영역의 양측에 제공되는 한 쌍의 냉각 요소들 중 하나인 리소그래피 장치.

청구항 6

제 1 항 내지 제 5 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 냉각 요소는 몸체(body), 상기 몸체의 최저면(lowermost surface)에 제공되는 개방된 캐비티(open cavity)를 포함하고, 상기 캐비티에 가스를 전달하도록 구성되는 가스 전달 도관(gas delivery conduit)을 더 포함하는 리소그래피 장치.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 캐비티는 상기 기관의 상부면과 함께, 상기 가스 전달 도관에 의해 전달되는 가스를 수용하는 볼륨(volume)을 형성하도록 구성되는 리소그래피 장치.

청구항 8

제 6 항 또는 제 7 항에 있어서,

상기 리소그래피 장치의 비-스캐닝 방향에서의 상기 냉각 요소의 캐비티의 크기는 상기 비-스캐닝 방향에서의

리소그래피 장치의 최대 노광 영역 길이보다 크거나 같은 리소그래피 장치.

청구항 9

제 6 항 내지 제 8 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 캐비티는 사용 시 상기 기관의 상부면으로부터 1 mm 미만에 있는 루프(roof)를 갖는 리소그래피 장치.

청구항 10

제 6 항 내지 제 9 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 캐비티의 루프는 상기 기관 테이블의 평면에 실질적으로 평행한 리소그래피 장치.

청구항 11

제 9 항 또는 제 10 항에 있어서,

상기 캐비티 루프와 상기 기관 표면 간의 간격 및 상기 캐비티에 전달되는 가스 압력의 조합은, 상기 기관의 적응 계수(accommodation coefficient)가 상기 기관으로부터 상기 냉각 요소 몸체로의 열 전달에 중대한 영향을 미치지 않도록 이루어지는 리소그래피 장치.

청구항 12

제 6 항 내지 제 9 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 캐비티의 루프는 경사질 수 있고, 상기 루프는 상기 리소그래피 장치의 스캐닝 방향에 가로질러 진행되는 축선을 중심으로 기울어지는 리소그래피 장치.

청구항 13

제 1 항 내지 제 5 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 냉각 요소는 가스 전달 도관에 연결되는 챔버를 포함한 물체를 포함하고, 상기 챔버의 바닥부(floor)에는 개구부(opening)들이 제공되는 리소그래피 장치.

청구항 14

제 13 항에 있어서,

상기 챔버의 바닥부 내의 개구부들은 홀들의 어레이를 포함하는 리소그래피 장치.

청구항 15

제 13 항에 있어서,

상기 챔버의 바닥부는 다공성 재료로부터 형성되고, 상기 개구부들은 상기 다공성 재료의 포어(pore)들인 리소그래피 장치.

청구항 16

제 13 항 내지 제 15 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 냉각 요소는 회수 위치(retracted position)로부터 전개 위치(deployed position)로 이동가능한 적어도 하나의 셔터(shutter)를 더 포함하고, 상기 회수 위치로부터 상기 전개 위치로 상기 셔터를 이동시키는 것은 상기 냉각 요소의 바닥부 내의 몇몇 개구부들을 폐쇄하는 리소그래피 장치.

청구항 17

제 16 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 셔터는 상기 셔터가 상기 회수 위치에 있는 경우에 개구부들이 상기 셔터에 의해 폐쇄되지 않도록 구성되는 리소그래피 장치.

청구항 18

제 16 항 또는 제 17 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 셔터는 상기 회수 위치와 상기 전개 위치 사이에 있는 중간 위치로 이동가능한 리소그래피 장치.

청구항 19

제 13 항 내지 제 15 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 냉각 요소는 상기 챔버의 양측에 제공되는 추가 챔버들을 포함하고, 상기 추가 챔버들은 상이한 가스 전달 도관 또는 도관들에 연결되는 리소그래피 장치.

청구항 20

제 19 항에 있어서,

상기 챔버로의 가스의 전달을 제어하도록 구성되는 밸브, 및 상기 추가 챔버들로의 가스의 전달을 개별적으로 제어하도록 구성되는 1 이상의 밸브를 더 포함하는 리소그래피 장치.

청구항 21

제 13 항 내지 제 20 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 냉각 요소의 몸체는 3 mm 이하의 두께를 갖는 리소그래피 장치.

청구항 22

제 13 항 내지 제 21 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 냉각 요소의 몸체는 상기 노광 영역의 에지로부터 3 mm 이하에 위치되는 리소그래피 장치.

청구항 23

제 13 항 내지 제 21 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 냉각 요소의 몸체는 상기 리소그래피 장치의 스캐닝 방향에서 5 mm 미만으로 측정되는 최저면을 갖는 리소그래피 장치.

청구항 24

제 13 항 내지 제 23 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 냉각 요소의 몸체는 상기 방사선 빔을 향해 마주하는 기울어진 내표면을 갖는 리소그래피 장치.

청구항 25

제 1 항 내지 제 24 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 냉각 요소는 상기 냉각 요소로부터 열을 제거하도록 구성되는 열 제거 시스템을 포함하는 리소그래피 장치.

청구항 26

제 25 항에 있어서,

상기 열 제거 시스템은 유체 냉각 시스템인 리소그래피 장치.

청구항 27

제 25 항 또는 제 26 항에 있어서,

상기 열 제거 시스템은 펠티에 냉각기(Peltier cooler)를 포함하는 리소그래피 장치.

청구항 28

제 26 항에 있어서,

상기 유체 냉각 시스템은 가스를 냉각하도록 구성되는 냉각기 -상기 냉각기는 상기 냉각 요소로부터 멀리 위치됨-, 상기 냉각 요소를 냉각하기 위해 상기 냉각 요소에 냉각된 가스를 전달하도록 구성되는 유입 도관, 및 상기 냉각 요소로부터 상기 가스를 제거하도록 구성되는 유출 도관을 포함하는 리소그래피 장치.

청구항 29

제 28 항에 있어서,

상기 유입 도관 및 상기 유출 도관은 둘 다 상기 냉각 요소의 이동을 수용하는 유연한 부분을 포함하는 리소그래피 장치.

청구항 30

제 28 항 또는 제 29 항에 있어서,

온도 센서가 상기 유입 도관에 제공되고, 온도 센서가 상기 유출 도관에 제공되는 리소그래피 장치.

청구항 31

제 28 항 내지 제 30 항 중 어느 한 항에 있어서,

10 l/min보다 큰 속도로 상기 가스를 제공하도록 구성되는 가스 소스를 더 포함하는 리소그래피 장치.

청구항 32

제 28 항 내지 제 30 항 중 어느 한 항에 있어서,

2 l/min보다 작은 속도로 상기 가스를 제공하도록 구성되는 가스 소스를 더 포함하는 리소그래피 장치.

청구항 33

제 25 항에 있어서,

상기 열 제거 시스템은 냉각기에 연결되는 열 파이프를 포함하는 리소그래피 장치.

청구항 34

제 33 항에 있어서,

상기 열 파이프는 수직 방향보다 수평 방향에서 더 큰 단면 형상을 갖는 리소그래피 장치.

청구항 35

제 33 항 또는 제 34 항에 있어서,

상기 열 파이프는 상기 냉각 요소의 이동을 수용하는 유연한 부분을 포함하는 리소그래피 장치.

청구항 36

제 33 항 내지 제 35 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 열 파이프는 마이크로 열 파이프인 리소그래피 장치.

청구항 37

제 26 항에 있어서,

상기 유체 냉각 시스템은 펌프, 콘덴서(condenser) 및 어큐뮬레이터(accumulator)를 포함하는 2-상 냉각 시스템인 리소그래피 장치.

청구항 38

제 37 항에 있어서,

상기 2-상 냉각 시스템은 상기 냉각 요소에 제공되는 온도 센서를 더 포함하는 리소그래피 장치.

청구항 39

제 26 항에 있어서,

상기 유체 냉각 시스템은 열 교환기에 제공되는 수축부(constriction)를 포함하고, 상기 수축부는 상기 냉각 요소를 냉각하는 데 사용되는 가스를 냉각하도록 구성되는 리소그래피 장치.

청구항 40

제 1 항 내지 제 39 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 냉각 요소에는 가열기가 제공되는 리소그래피 장치.

청구항 41

제 6 항 내지 제 40 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 리소그래피 장치는 200 파스칼 이상의 압력으로 상기 냉각 요소에 가스를 전달하도록 구성되는 가스 공급기를 더 포함하는 리소그래피 장치.

청구항 42

제 6 항 내지 제 41 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 냉각 요소는 사용 시 상기 기관으로부터 20 마이크론 이상의 간격을 갖도록 구성되는 리소그래피 장치.

청구항 43

제 6 항 내지 제 42 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 냉각 요소는 사용 시 상기 기관으로부터 200 마이크론 이하의 간격을 갖도록 구성되는 리소그래피 장치.

청구항 44

제 6 항 내지 제 43 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 냉각 요소는 상기 기관과 상기 냉각 요소 사이에 발생하는 접촉을 방지하거나 억제하는 쿠션(cushion)으로서 작용하는 상기 냉각 요소 밑으로부터의 가스의 바깥쪽 흐름을 제공하도록 구성되는 리소그래피 장치.

청구항 45

제 6 항 내지 제 44 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 냉각 요소는 예상되지 않은 이동들이 검출되는 경우에 상기 기관으로부터 상기 냉각 요소를 끌어내도록 구성되는 회수 메카니즘(retraction mechanism)을 포함하는 지지체 상에 제공되는 리소그래피 장치.

청구항 46

제 1 항 내지 제 5 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 냉각 요소는 상기 기관 상으로 액체의 액적(droplet)들을 지향하도록 배치되는 노즐들의 어레이를 포함하는 리소그래피 장치.

청구항 47

제 46 항에 있어서,

상기 냉각 요소는 사용 시 상기 기관으로부터 50 마이크론 이상의 간격을 갖도록 구성되는 리소그래피 장치.

청구항 48

제 46 항 또는 제 47 항에 있어서,

상기 냉각 요소는 사용 시 상기 기관으로부터 1 밀리미터 이상의 간격을 갖도록 구성되는 리소그래피 장치.

청구항 49

제 46 항 내지 제 48 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 리소그래피 장치의 비-스캐닝 방향에서의 상기 냉각 요소의 노즐들의 어레이의 크기는 상기 비-스캐닝 방향에서의 리소그래피 장치의 최대 노광 영역 길이보다 크거나 같은 리소그래피 장치.

청구항 50

제 46 항 내지 제 49 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 노즐들의 어레이는 상기 냉각 요소의 저면에 걸쳐 상기 노즐들이 균등하게 분포되는 2 차원 어레이인 리소그래피 장치.

청구항 51

제 46 항 내지 제 50 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 노즐들은 약 수십 마이크로미터 이하의 직경을 갖는 액체 액적들을 제공하도록 구성되는 리소그래피 장치.

청구항 52

기관 테이블 상에 유지된 기관에 노광 영역을 형성하기 위해 패터닝된 방사선 빔을 투영하는 단계, 및 상기 기관을 냉각하도록 냉각 장치를 이용하는 단계를 포함한 리소그래피 방법에 있어서,

상기 냉각 장치는 상기 노광 영역에 인접하고 상기 기관 테이블 위에 위치되는 냉각 요소를 포함하고, 상기 냉각 요소는 상기 기관으로부터 열을 제거하도록 작용하는 리소그래피 방법.

청구항 53

제 52 항에 있어서,

상기 냉각 요소는 상기 노광 영역을 2등분하는 라인으로부터 3 cm 이하 내에 놓이는 영역을 냉각하도록 구성되는 리소그래피 방법.

청구항 54

제 52 항 또는 제 53 항에 있어서,

상기 냉각 요소는 상기 노광 영역의 에지로부터 2 cm 이하 내에 놓이는 영역을 냉각하도록 구성되는 리소그래피 방법.

청구항 55

제 52 항 내지 제 54 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 냉각 요소는:

몸체;

상기 몸체의 최저면에 제공되는 개방된 캐비티 -상기 개방된 캐비티 및 상기 기관의 상부면은 볼륨을 형성함- ; 및

상기 볼륨에 가스를 전달하도록 구성되는 가스 전달 도관을 포함하는 리소그래피 방법.

청구항 56

제 55 항에 있어서,

상기 캐비티는 상기 기관의 상부면으로부터 1 mm 미만인 루프를 갖는 리소그래피 방법.

청구항 57

제 52 항 내지 제 54 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 냉각 요소는 가스 전달 도관에 연결되는 챔버를 포함한 몸체를 포함하고, 상기 챔버의 바닥부에는 개구부들이 제공되는 리소그래피 방법.

청구항 58

제 55 항 내지 제 57 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 가스는 20 파스칼 이상의 압력으로 상기 볼륨에 전달되는 리소그래피 방법.

청구항 59

제 55 항 내지 제 58 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 냉각 요소는 상기 기관으로부터 20 마이크로 이상만큼 분리되는 리소그래피 방법.

청구항 60

제 55 항 내지 제 59 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 냉각 요소는 상기 기관으로부터 200 마이크로 이하만큼 분리되는 리소그래피 방법.

청구항 61

제 52 항 내지 제 54 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 냉각 요소는 상기 기관 상으로 액체의 액적들을 지향하는 노즐들의 어레이를 포함하는 리소그래피 방법.

청구항 62

제 60 항에 있어서,

상기 냉각 요소는 상기 기관으로부터 50 마이크로 이상만큼 분리되는 리소그래피 방법.

청구항 63

제 60 항 또는 제 61 항에 있어서,

상기 냉각 요소는 상기 기관으로부터 1 밀리미터 이상만큼 분리되는 리소그래피 방법.

청구항 64

제 61 항 내지 제 63 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 리소그래피 장치의 비-스캐닝 방향에서의 상기 냉각 요소의 노즐들의 어레이의 크기는 상기 비-스캐닝 방향에서의 리소그래피 장치의 최대 노광 영역 길이보다 크거나 같은 리소그래피 방법.

청구항 65

제 61 항 내지 제 64 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 노즐들의 어레이는 상기 기관 상에 액체 액적들의 균등한 분포를 제공하도록 배치되는 리소그래피 방법.

청구항 66

제 61 항 내지 제 65 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 액체는 물인 리소그래피 방법.

청구항 67

기관 테이블 상에 유지된 기관 상으로 패터닝된 방사선 빔을 투영하도록 구성되는 투영 시스템을 포함한 리소그래피 장치에 있어서,

상기 리소그래피 장치는 상기 기관이 상기 기관 테이블 상에 배치되기 전에 상기 기관 테이블의 온도 이상의 온도로 상기 기관의 온도를 조정하도록 구성되는 기관 온도 조정 유닛을 더 포함하는 리소그래피 장치.

청구항 68

제 67 항에 있어서,

상기 기관 온도 조정 유닛은 상기 기관 테이블의 온도보다 최대 약 0.5 °C 높은 온도로 상기 기관의 온도를 조정하도록 구성되는 리소그래피 장치.

청구항 69

리소그래피 장치에서 기관의 노광에 앞서 상기 기관을 컨디셔닝(condition)하는 방법에 있어서,

상기 방법은:

상기 리소그래피 장치의 기관 테이블의 온도 이상인 온도로 상기 기관의 온도를 조정하도록 온도 조정 유닛을 이용하는 단계;

상기 기관 테이블로 상기 기관을 옮기고, 상기 기관 테이블에 상기 기관을 클램핑하는 클램프를 활성화하는 단계; 및

상기 기관 테이블의 온도로 상기 기관을 냉각하여, 상기 기관으로 응력을 유도하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 70

기관 테이블 상에 유지된 기관에 노광 영역을 형성하기 위해 패터닝된 방사선 빔을 투영하도록 구성되는 투영 시스템을 포함한 스캐닝 리소그래피 장치에 있어서,

상기 리소그래피 장치는 상기 기관을 가열하는 가열 장치를 더 포함하고, 상기 가열 장치는 상기 리소그래피 장치의 비-스캐닝 방향에서 상기 노광 영역의 양쪽 단부에 위치한 기관 영역들을 가열하도록 구성되는 제 1 및 제 2 가열 요소들을 포함하는 스캐닝 리소그래피 장치.

청구항 71

제 70 항에 있어서,

상기 제 1 및 제 2 가열 요소들은 상기 리소그래피 장치의 비-스캐닝 방향에서 상기 노광 영역의 양쪽 단부에 위치되고 상기 기관 테이블 위에 위치되는 스캐닝 리소그래피 장치.

청구항 72

제 71 항에 있어서,

상기 제 1 및 제 2 가열 요소들은 상기 비-스캐닝 방향에서 상기 노광 영역에 인접하는 스캐닝 리소그래피 장치.

청구항 73

제 70 항 내지 제 72 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제 1 및 제 2 가열 요소들은 열을 수용하는 영역들이 상기 가열 요소들의 풋프린트(footprint)들을 넘어 연장되도록 바깥쪽으로 약간 발산하여 열을 방출하도록 구성되는 스캐닝 리소그래피 장치.

청구항 74

제 70 항 내지 제 73 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 가열 요소들은 LED들의 어레이들을 포함하는 스캐닝 리소그래피 장치.

청구항 75

제 74 항에 있어서,

상기 LED들은 적외 방사선을 방출하도록 구성되는 스캐닝 리소그래피 장치.

청구항 76

제 74 항 또는 제 75 항에 있어서,

상기 LED들 중 적어도 일부는 상기 패터닝된 방사선 빔이 상기 기관 상에 입사하기 전에 상기 패터닝된 방사선 빔과 오버랩되도록 발산하는 방사선 빔들을 방출하도록 구성되는 스캐닝 리소그래피 장치.

청구항 77

제 70 항에 있어서,

상기 제 1 및 제 2 가열 요소들은 상기 리소그래피 장치의 비-스캐닝 방향에서의 상기 노광 영역의 양쪽 단부에 위치되는 기관 영역들을 가열하는 레이저 빔들을 제공하도록 구성되는 1 이상의 레이저를 포함하는 스캐닝 리소그래피 장치.

청구항 78

제 77 항에 있어서,

상기 1 이상의 레이저 및 연계된 광학기는 상기 레이저 빔들이 상기 기관 상에 입사하기 전에 상기 리소그래피 장치의 투영 시스템하우징의 바닥부에 위치되는 개구부 밖으로 지나가도록 구성되는 스캐닝 리소그래피 장치.

청구항 79

제 77 항 또는 제 78 항에 있어서,

상기 1 이상의 레이저는 상기 리소그래피 장치의 투영 시스템 하우징 외부에 위치되는 스캐닝 리소그래피 장치.

청구항 80

제 79 항에 있어서,

상기 투영 시스템 하우징에는 상기 레이저 빔들로 하여금 상기 투영 시스템 하우징으로 넘어가게 하는 윈도우가 제공되는 스캐닝 리소그래피 장치.

청구항 81

제 77 항 내지 제 80 항 중 어느 한 항에 있어서,

투영 시스템 하우징 내의 액추에이터들에 장착되는 거울들을 더 포함하고, 상기 거울들은 상기 레이저 빔들의 방향들을 변화시켜 상기 레이저 빔들에 의해 가열되는 기관 영역들을 상이한 위치들로 이동시키도록 작동가능한 스캐닝 리소그래피 장치.

청구항 82

제 70 항 내지 제 81 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제 1 및 제 2 가열 요소들은 상기 비-스캐닝 방향에서 상기 노광 영역과 오버랩되는 영역들을 가열하도록 구성되는 스캐닝 리소그래피 장치.

청구항 83

제 70 항 내지 제 82 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제 1 및 제 2 가열 요소들은 일반적으로 상기 노광 영역의 스캐닝 방향에서의 크기와 대응하는 상기 스캐

닝 방향에서의 크기를 갖는 영역들을 가열하도록 구성되는 스캐닝 리소그래피 장치.

청구항 84

제 70 항 내지 제 83 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제 1 및 제 2 가열 요소들은 각각 상기 노광 영역의 비-스캐닝 방향에서의 크기보다 작은 상기 비-스캐닝 방향에서의 크기를 갖는 영역들을 가열하도록 구성되는 스캐닝 리소그래피 장치.

청구항 85

제 84 항에 있어서,

상기 제 1 및 제 2 가열 요소들은 상기 노광 영역의 비-스캐닝 방향에서의 크기의 절반보다 작은 상기 비-스캐닝 방향에서의 크기를 갖는 영역들을 가열하도록 구성되는 스캐닝 리소그래피 장치.

청구항 86

제 70 항 내지 제 85 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 스캐닝 리소그래피 장치는 상기 리소그래피 장치의 스캐닝 방향에서 상기 노광 영역의 한 측에 위치되고 상기 기관 테이블 위에 위치되는 냉각 요소를 더 포함하는 스캐닝 리소그래피 장치.

청구항 87

제 86 항에 있어서,

상기 스캐닝 리소그래피 장치는 상기 리소그래피 장치의 스캐닝 방향에서 상기 노광 영역의 양측에 위치되고 상기 기관 테이블 위에 위치되는 추가 냉각 요소를 더 포함하는 스캐닝 리소그래피 장치.

청구항 88

스캐닝 리소그래피 장치를 이용하여 기관을 노광하는 방법에 있어서,

상기 방법은:

기관 테이블 상에 유지된 기관에 노광 영역을 형성하기 위해 패터닝된 방사선 빔을 투영하는 단계;

상기 리소그래피 장치의 비-스캐닝 방향에서 상기 노광 영역의 양쪽 단부에 위치되는 상기 기관 상의 영역들을 가열하도록 가열 장치를 이용하는 단계; 및

상기 패터닝된 방사선 빔을 이용하여 상기 기관의 타겟부를 노광하기 위해 스캐닝 이동으로 상기 노광 영역 및 가열된 영역들에 대해 상기 기관을 이동시키는 단계

를 포함하는 방법.

청구항 89

제 8 항에 있어서,

노광되는 다음 타겟부는 상기 비-스캐닝 방향에서 노광된 타겟부에 인접하지 않고, 그 대신 적어도 하나의 개재된 타겟부에 의해 상기 비-스캐닝 방향에서 노광된 타겟부로부터 분리되는 방법.

청구항 90

제 88 항 또는 제 89 항에 있어서,

상기 방법은 상기 리소그래피 장치의 스캐닝 방향에서 상기 노광 영역의 적어도 한 측에 인접하여 위치되는 상기 기관 상의 영역을 냉각하도록 냉각 장치를 이용하는 단계를 더 포함하는 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 출원은 2015년 4월 21일 출원된 EP 출원 15164362.4 및 2015년 5월 22일 출원된 EP 출원 15169023.7 및 2015년 10월 30일 출원된 EP 출원 15192297.8 및 2015년 12월 18일 출원된 EP 출원 15201030.2의 우선권을 주장하며, 이들은 본 명세서에서 그 전문이 인용참조된다.

[0002] 본 발명은 리소그래피 장치 및 리소그래피 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 리소그래피 장치는 기판 상에 원하는 패턴을 적용시키도록 구성되는 기계이다. 리소그래피 장치는, 예를 들어 집적 회로(IC)의 제조 시에 사용될 수 있다. 리소그래피 장치는, 예를 들어 기판 상에 제공된 방사선-감응재(레지스트)층 상으로 패턴닝 디바이스(예를 들어, 마스크)로부터의 패턴을 투영할 수 있다.

[0004] 기판 상으로 패턴을 투영하도록 리소그래피 장치에 의해 사용되는 방사선의 파장은 그 기판 상에 형성될 수 있는 피쳐들의 최소 크기를 결정한다. 4 내지 20 nm 범위 내의 파장을 갖는 전자기 방사선인 EUV 방사선을 사용하는 리소그래피 장치가(예를 들어, 193 nm의 파장을 갖는 전자기 방사선을 사용할 수 있는) 종래의 리소그래피 장치보다 기판 상에 더 작은 피쳐들을 형성하는 데 사용될 수 있다.

[0005] 기판 상으로 패턴을 투영하는 데 사용되는 방사선 빔은 그 기판에 상당한 양의 열을 전달할 것이고, 기판의 국부적인 가열을 야기할 것이다. 가열에 의해 야기되는 기판의 국부적인 팽창은 투영된 패턴이 기판 상에 이미 존재하는 패턴들 위에 놓이는 정확성을 감소시킬 것이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 앞서 식별된 문제 또는 종래 기술과 연계된 몇몇 다른 문제에 대처하는 리소그래피 장치를 제공하는 것이 바람직할 수 있다.

과제의 해결 수단

[0007] 본 발명의 제 1 실시형태에 따르면, 기판 테이블 상에 유지된 기판에 노광 영역을 형성하기 위해 패턴닝된 방사선 빔을 투영하도록 구성되는 투영 시스템을 포함한 리소그래피 장치가 제공되고, 리소그래피 장치는 기판을 냉각하는 냉각 장치를 더 포함하며, 냉각 장치는 노광 영역에 인접하고 기판 테이블 위에 위치되는 냉각 요소를 포함하고, 냉각 요소는 기판 테이블 상에 유지된 기판으로부터 열을 제거하도록 구성된다.

[0008] 냉각 요소는 기판 테이블 상에 유지된 기판과 열적 연통(in thermal communication)할 수 있다.

[0009] 냉각 요소에 의해 제공되는 냉각은 국부적으로 노광 영역에 근접한 기판 영역에서 가열을 억제한다. 이는, 그 영역에서의 가열이 기판 테이블의 버열(bur1)들 위에서의 기판의 미끄러짐(slippage)을 초래하는 기판 팽창을 야기하기 쉬울 수 있고, 이는 차례로 패턴들이 기판 상으로 투영되는 정확성을 감소시킬 것이기 때문에 유리하다.

[0010] 냉각 요소는 노광 영역을 2등분하는 라인으로부터 3 cm 이하 내에 놓이는 영역을 냉각하도록 구성될 수 있다.

[0011] 냉각 요소는 노광 영역의 에지로부터 2 cm 이하 내에 놓이는 영역을 냉각하도록 구성될 수 있다.

[0012] 냉각 요소는 리소그래피 장치의 스캐닝 방향과 실질적으로 대응하는 방향에서 노광 영역으로부터 분리될 수 있다.

[0013] 냉각 요소는 노광 영역의 양측에 제공되는 한 쌍의 냉각 요소들 중 하나일 수 있다.

[0014] 냉각 요소는 몸체, 몸체의 최저면(lowermost surface)에 제공되는 개방된 캐비티(open cavity)를 포함할 수 있고, 캐비티에 가스를 전달하도록 구성되는 가스 전달 도관(gas delivery conduit)을 더 포함한다. 가스 도관은 냉각 요소의 캐비티 내의 압력을 제어하는 것을 허용한다.

[0015] 캐비티는 기판의 상부면과 함께 가스 전달 도관에 의해 전달되는 가스를 수용하는 볼륨(volume)을 형성하도록 구성될 수 있다.

[0016] 리소그래피 장치의 비-스캐닝 방향에서의 냉각 요소의 캐비티의 크기는 비-스캐닝 방향에서의 리소그래피 장치의 최대 노광 영역 길이와 같거나 이보다 클 수 있다.

- [0017] 캐비티는 사용 시 기관의 상부면으로부터 1 mm 미만인 루프(roof)를 가질 수 있다.
- [0018] 캐비티의 루프는 기관 테이블의 평면에 실질적으로 평행할 수 있다.
- [0019] 캐비티 루프와 기관 표면 간의 간격 및 캐비티에 전달되는 가스 압력의 조합은, 기관의 적응 계수 (accommodation coefficient)가 기관으로부터 냉각 요소 몸체로의 열 전달에 큰 영향을 미치지 않도록 이루어질 수 있다.
- [0020] 캐비티의 루프는 경사질 수 있고, 루프는 리소그래피 장치의 스캐닝 방향에 가로질러 진행되는 축선을 중심으로 기울어진다.
- [0021] 냉각 요소는 가스 전달 도관에 연결되는 챔버를 포함한 몸체를 포함할 수 있고, 챔버의 바닥부(floor)에는 개구 부들이 제공된다.
- [0022] 챔버의 바닥부 내의 개구부들은 홀들의 어레이를 포함할 수 있다.
- [0023] 챔버의 바닥부는 다공성 재료로부터 형성될 수 있고, 개구부들은 다공성 재료의 포어(pore)들일 수 있다.
- [0024] 냉각 요소는 회수 위치(retracted position)로부터 전개 위치(deployed position)로 이동가능한 적어도 하나의 셔터(shutter)를 더 포함할 수 있고, 회수 위치로부터 전개 위치로 셔터를 이동시키는 것은 냉각 요소의 바닥부 내의 몇몇 개구부들을 폐쇄한다.
- [0025] 적어도 하나의 셔터는 셔터가 회수 위치에 있는 경우에 개구부들이 셔터에 의해 폐쇄되지 않도록 구성될 수 있다.
- [0026] 적어도 하나의 셔터는 회수 위치와 전개 위치 사이에 있는 중간 위치로 이동가능할 수 있다.
- [0027] 냉각 요소는 챔버의 양측에 제공되는 추가 챔버들을 포함할 수 있고, 추가 챔버들은 상이한 가스 전달 도관 또는 도관들에 연결된다.
- [0028] 리소그래피 장치는 챔버로의 가스의 전달을 제어하도록 구성되는 밸브, 및 추가 챔버들로의 가스의 전달을 개별 적으로 제어하도록 구성되는 1 이상의 밸브를 더 포함할 수 있다.
- [0029] 냉각 요소의 몸체는 3 mm 이하의 두께를 가질 수 있다.
- [0030] 냉각 요소의 몸체는 노광 영역의 에지로부터 3 mm 이하에 위치될 수 있다.
- [0031] 냉각 요소의 몸체는 리소그래피 장치의 스캐닝 방향에서 5 mm 미만으로 측정되는 최저면을 가질 수 있다.
- [0032] 냉각 요소의 몸체는 방사선 빔을 향해 마주하는 기울어진 내표면을 가질 수 있다.
- [0033] 냉각 요소는 냉각 요소로부터 열을 제거하도록 구성되는 열 제거 시스템을 포함할 수 있다.
- [0034] 열 제거 시스템은 유체 냉각 시스템일 수 있다.
- [0035] 열 제거 시스템은 펠티에 냉각기(Peltier cooler)를 포함할 수 있다. 펠티에 냉각기는 유체 냉각 시스템과 캐비티 사이에 위치될 수 있다.
- [0036] 유체 냉각 시스템은 가스를 냉각하도록 구성되는 냉각기 -냉각기는 냉각 요소로부터 멀리 위치됨-, 냉각 요소를 냉각하기 위해 냉각 요소에 냉각된 가스를 전달하도록 구성되는 유입 도관, 및 냉각 요소로부터 가스를 제거하도록 구성되는 유출 도관을 포함할 수 있다.
- [0037] 유입 도관 및 유출 도관은 둘 다 냉각 요소의 이동을 수용하는 유연한 부분을 포함할 수 있다.
- [0038] 온도 센서가 유입 도관에 제공될 수 있고, 온도 센서가 유출 도관에 제공될 수 있다.
- [0039] 상기 장치는 10 l/min보다 큰 속도로 가스를 제공하도록 구성되는 가스 소스를 더 포함할 수 있다.
- [0040] 상기 장치는 2 l/min보다 작은 속도로 가스를 제공하도록 구성되는 가스 소스를 더 포함할 수 있다.
- [0041] 열 제거 시스템은 냉각기에 연결된 열 파이프를 포함할 수 있다.
- [0042] 열 파이프는 수직 방향보다 수평 방향에서 더 큰 단면 형상을 가질 수 있다.
- [0043] 열 파이프는 냉각 요소의 이동을 수용하는 유연한 부분을 포함할 수 있다.

- [0044] 열 파이프는 마이크로 열 파이프일 수 있다.
- [0045] 유체 냉각 시스템은 펌프, 콘덴서(condenser) 및 어큐뮬레이터(accumulator)를 포함하는 2-상 냉각 시스템일 수 있다.
- [0046] 2-상 냉각 시스템은 냉각 요소에 제공되는 온도 센서를 더 포함할 수 있다.
- [0047] 유체 냉각 시스템은 열 교환기에 제공되는 수축부(constriction)를 포함할 수 있고, 수축부는 냉각 요소를 냉각하는 데 사용되는 가스를 냉각하도록 구성된다.
- [0048] 냉각 요소에는 가열기가 제공될 수 있다.
- [0049] 펠티에 냉각기가 유체 냉각 시스템과 캐비티 사이에 위치될 수 있다.
- [0050] 리소그래피 장치는 200 파스칼 이상의 압력으로 가스를 전달하도록 구성되는 가스 공급기를 더 포함할 수 있다. 가스 공급기는 100 kPa 이상의 압력으로 가스를 전달하도록 구성될 수 있다. 가스 공급기는 약 500 kPa 이상의 압력으로 가스를 전달하도록 구성될 수 있다. 여하한 압력이 열 제거에 적절할 수 있지만, 가스 압력을 증가 시킴으로써 가스 밀도가 이에 따라 증가될 것이며, 더 높은 가스 밀도에서 열이 더 효율적으로 제거될 수 있다.
- [0051] 냉각 요소는 사용 시 기관으로부터 20 마이크론 이상의 간격을 갖도록 구성될 수 있다.
- [0052] 냉각 요소는 사용 시 기관으로부터 200 마이크론 이하의 간격을 갖도록 구성될 수 있다.
- [0053] 냉각 요소는 기관과 냉각 요소 사이에 발생하는 접촉을 방지하거나 억제하는 쿠션(cushion)으로서 작용하는 냉각 요소 밑으로부터의 가스의 바깥쪽 흐름을 제공하도록 구성될 수 있다.
- [0054] 냉각 요소는 예상되지 않은 이동들이 검출되는 경우에 기관으로부터 냉각 요소를 끌어내도록 구성되는 회수 메카니즘(retraction mechanism)을 포함하는 지지체 상에 제공될 수 있다.
- [0055] 냉각 요소는 기관 상으로 액체의 액적(droplet)들을 지향하도록 배치되는 노즐들의 어레이를 포함할 수 있다.
- [0056] 냉각 요소는 사용 시 기관으로부터 50 마이크론 이상의 간격을 갖도록 구성될 수 있다.
- [0057] 냉각 요소는 사용 시 기관으로부터 1 밀리미터 이상의 간격을 갖도록 구성될 수 있다.
- [0058] 리소그래피 장치의 비-스캐닝 방향에서의 냉각 요소의 노즐들의 어레이의 크기는 비-스캐닝 방향에서의 리소그래피 장치의 최대 노광 영역 길이와 같거나 이보다 클 수 있다.
- [0059] 노즐들의 어레이는 냉각 요소의 저면에 걸쳐 노즐들이 균등하게 분포되는 2 차원 어레이일 수 있다.
- [0060] 노즐들은 약 수십 마이크론 이하의 직경을 갖는 액체 액적들을 제공하도록 구성될 수 있다.
- [0061] 본 발명의 제 2 실시형태에 따르면, 기관 테이블 상에 유지된 기관에 노광 영역을 형성하기 위해 패터닝된 방사선 빔을 투영하는 단계 및 기관을 냉각하도록 냉각 장치를 이용하는 단계를 포함한 리소그래피 방법이 제공되고, 냉각 장치는 노광 영역에 인접하고 기관 테이블 위에 위치되는 냉각 요소를 포함하며, 냉각 요소는 기관으로부터 열을 제거하도록 작용한다.
- [0062] 냉각 요소는 기관 테이블 상에 유지된 기관과 열적 연통할 수 있다.
- [0063] 냉각 요소는 노광 영역을 2등분하는 라인으로부터 3 cm 이하 내에 놓이는 영역을 냉각하도록 구성될 수 있다.
- [0064] 냉각 요소는 노광 영역의 에지로부터 2 cm 이하 내에 놓이는 영역을 냉각하도록 구성될 수 있다.
- [0065] 냉각 요소는 몸체, 몸체의 최저면에 제공되는 개방된 캐비티 -개방된 캐비티 및 기관의 상부면은 볼륨을 형성함 -, 및 볼륨에 가스를 전달하도록 구성되는 가스 전달 도관을 포함할 수 있다.
- [0066] 캐비티는 기관의 상부면으로부터 1 mm 미만인 루프를 가질 수 있다.
- [0067] 냉각 요소는 가스 전달 도관에 연결되는 챔버를 포함한 몸체를 포함할 수 있고, 챔버의 바닥부에는 개구부들이 제공된다.
- [0068] 가스는 200 파스칼 이상의 압력으로 볼륨에 전달될 수 있다. 가스는 100 kPa 이상의 압력으로 볼륨에 전달될 수 있다. 가스는 약 500 kPa 이상의 압력으로 볼륨에 전달될 수 있다.
- [0069] 냉각 요소는 기관으로부터 20 마이크론 이상만큼 분리될 수 있다.

- [0070] 냉각 요소는 기관으로부터 200 마이크로 이하만큼 분리될 수 있다.
- [0071] 냉각 요소는 기관 상으로 액체의 액적들을 지향하는 노즐들의 어레이를 포함할 수 있다.
- [0072] 냉각 요소는 기관으로부터 50 마이크로 이상만큼 분리될 수 있다.
- [0073] 냉각 요소는 기관으로부터 1 밀리미터 이상만큼 분리될 수 있다.
- [0074] 리소그래피 장치의 비-스캐닝 방향에서의 냉각 요소의 노즐들의 어레이의 크기는 비-스캐닝 방향에서의 리소그래피 장치의 최대 노광 영역 길이와 같거나 이보다 클 수 있다.
- [0075] 노즐들의 어레이는 기관 상에 액체 액적들의 균등한 분포를 제공하도록 배치될 수 있다.
- [0076] 액체는 물일 수 있다.
- [0077] 본 발명의 제 3 실시형태에 따르면, 기관 테이블 상에 유지된 기관 상으로 패터닝된 방사선 빔을 투영하도록 구성되는 투영 시스템을 포함한 리소그래피 장치가 제공되고, 리소그래피 장치는 기관이 기관 테이블 상에 배치되기 전에 기관 테이블의 온도 이상의 온도로 기관의 온도를 조정하도록 구성되는 기관 온도 조정 유닛을 더 포함한다.
- [0078] 이는 기관이 기관 테이블 위에 배치되는 경우에 기관 테이블의 온도로 냉각되어, 기관으로 응력이 도입되기 때문에 유리하다. 기관으로 도입되는 응력은 기관의 중심을 향해 안쪽으로 기관의 외측 에지를 당기는 경향이 있다. 기관이 방사선 빔을 이용하여 패터닝되는 경우, 이는 기관을 가열하고 기관의 중심으로부터 멀리 바깥쪽으로 기관의 외측 에지를 밀어내는 경향이 있는 응력을 도입한다. 기관의 냉각 동안 이미 도입된 응력은 기관의 가열에 의해 야기되는 응력을 적어도 부분적으로 상쇄하여, 기관이 겪는 누적 응력을 감소시킬 것이다.
- [0079] 기관 온도 조정 유닛은 기관 테이블의 온도보다 최대 약 0.5 °C 높은 온도로 기관의 온도를 조정하도록 구성될 수 있다.
- [0080] 본 발명의 제 4 실시형태에 따르면, 리소그래피 장치에서 기관의 노광에 앞서 그 기관을 컨디셔닝(condition)하는 방법이 제공되고, 상기 방법은 리소그래피 장치의 기관 테이블의 온도 이상인 온도로 기관의 온도를 조정하도록 온도 조정 유닛을 이용하는 단계, 기관 테이블에 기관을 옮기고 기관 테이블에 기관을 클램핑하는 클램프를 활성화하는 단계, 및 기관 테이블의 온도로 기관을 냉각하여 기관으로 응력을 유도하는 단계를 포함한다.
- [0081] 본 발명의 제 5 실시형태에 따르면, 기관 테이블 상에 유지된 기관에 노광 영역을 형성하기 위해 패터닝된 방사선 빔을 투영하도록 구성되는 투영 시스템을 포함한 스캐닝 리소그래피 장치가 제공되고, 리소그래피 장치는 기관을 가열하는 가열 장치를 더 포함하며, 가열 장치는 리소그래피 장치의 비-스캐닝 방향에서 노광 영역의 양쪽 단부에 위치한 기관 영역들을 가열하도록 구성되는 제 1 및 제 2 가열 요소들을 포함한다.
- [0082] 가열 장치는 비-스캐닝 방향에서의 노광 영역의 단부들에서 기관의 왜곡을 방지하거나 감소시키기 때문에 유리하다. 이는 리소그래피 장치의 오버레이 성능으로 하여금 개선되게 한다.
- [0083] 제 1 및 제 2 가열 요소들은 리소그래피 장치의 비-스캐닝 방향에서 노광 영역의 양쪽 단부에 위치되고 기관 테이블 위에 위치될 수 있다.
- [0084] 제 1 및 제 2 가열 요소들은 비-스캐닝 방향에서 노광 영역에 인접할 수 있다.
- [0085] 제 1 및 제 2 가열 요소들은 비-스캐닝 방향에서 노광 영역과 오버랩되는 영역들을 가열하도록 구성될 수 있다.
- [0086] 제 1 및 제 2 가열 요소들은 열을 수용하는 영역들이 가열 요소들의 풋프린트(footprint)들을 넘어 연장되도록 바깥쪽으로 약간 발산하여 열을 방출하도록 구성될 수 있다.
- [0087] 제 1 및 제 2 가열 요소들은 일반적으로 노광 영역의 스캐닝 방향에서의 크기와 대응하는 스캐닝 방향에서의 크기를 갖는 영역들을 가열하도록 구성될 수 있다.
- [0088] 제 1 및 제 2 가열 요소들은 각각 노광 영역의 비-스캐닝 방향에서의 크기보다 작은 비-스캐닝 방향에서의 크기를 갖는 영역들을 가열하도록 구성될 수 있다.
- [0089] 제 1 및 제 2 가열 요소들은 노광 영역의 비-스캐닝 방향에서의 크기의 절반보다 작은 비-스캐닝 방향에서의 크기를 갖는 영역들을 가열하도록 구성될 수 있다.
- [0090] 또한, 가열 영역은 노광 영역의 크기보다 큰 스캐닝 방향에서의 크기를 가질 수 있다. 가열 영역에서의 가열은

균일할 필요는 없다.

- [0091] 가열 요소들은 각각 LED들의 어레이를 포함할 수 있다.
- [0092] LED들은 적외 방사선을 방출하도록 구성될 수 있다.
- [0093] LED들 중 적어도 일부는 패터닝된 방사선 빔이 기관 상에 입사하기 전에 이와 오버랩되도록 발산하는 방사선 빔들을 방출하도록 구성될 수 있다.
- [0094] 제 1 및 제 2 가열 요소들은 리소그래피 장치의 비-스캐닝 방향에서의 노광 영역의 양쪽 단부에 위치되는 기관 영역들을 가열하는 레이저 빔들을 제공하도록 구성되는 1 이상의 레이저를 포함할 수 있다.
- [0095] 1 이상의 레이저 및 연계된 광학기는 레이저 빔들이 기관 상에 입사하기 전에 리소그래피 장치의 투영 시스템하우징의 바닥부에 위치되는 개구부 밖으로 지나가도록 구성될 수 있다.
- [0096] 1 이상의 레이저는 리소그래피 장치의 투영 시스템 하우징 외부에 위치될 수 있다.
- [0097] 투영 시스템 하우징에는 레이저 빔들로 하여금 투영 시스템 하우징으로 넘어가게 하는 윈도우가 제공될 수 있다.
- [0098] 스캐닝 리소그래피 장치는 투영 시스템 하우징 내의 액추에이터들에 장착되는 거울들을 더 포함할 수 있고, 거울들은 레이저 빔들의 방향들을 변화시키도록 작동가능하여, 레이저 빔들에 의해 가열되는 기관 영역들을 상이한 위치들로 이동시킨다.
- [0099] 스캐닝 리소그래피 장치는 리소그래피 장치의 스캐닝 방향에서 노광 영역의 한 측에 위치되고 기관 테이블 위에 위치되는 냉각 요소를 더 포함할 수 있다.
- [0100] 스캐닝 리소그래피 장치는 리소그래피 장치의 스캐닝 방향에서 노광 영역의 양측에 위치되고 기관 테이블 위에 위치되는 추가 냉각 요소를 더 포함할 수 있다.
- [0101] 본 발명의 제 6 실시형태에 따르면, 스캐닝 리소그래피 장치를 이용하여 기관을 노광하는 방법이 제공되고, 상기 방법은 기관 테이블 상에 유지된 기관에 노광 영역을 형성하기 위해 패터닝된 방사선 빔을 투영하는 단계, 리소그래피 장치의 비-스캐닝 방향에서 노광 영역의 양쪽 단부에 위치되는 기관 상의 영역들을 가열하도록 가열 장치를 이용하는 단계, 및 패터닝된 방사선 빔을 이용하여 기관의 타겟부를 노광하기 위해 스캐닝 이동으로 노광 영역 및 가열된 영역들에 대해 기관을 이동시키는 단계를 포함한다. 또한, 노광될 연속부는 스캐닝 방향에서 노광된 부분에 인접할 수 있다.
- [0102] 노광되는 다음 타겟부는 비-스캐닝 방향에서 노광된 타겟부에 인접하지 않고, 그 대신 적어도 하나의 개재된 타겟부에 의해 비-스캐닝 방향에서 노광된 타겟부로부터 분리될 수 있다.
- [0103] 상기 방법은 리소그래피 장치의 스캐닝 방향에서 노광 영역의 적어도 한 측에 인접하여 위치되는 기관 상의 영역을 냉각하도록 냉각 장치를 이용하는 단계를 더 포함할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0104] 이제 첨부된 개략적인 도면들을 참조하여, 단지 예시의 방식으로만 본 발명의 실시예들을 설명할 것이다:
 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 방사선 소스 및 리소그래피 장치를 포함한 리소그래피 시스템을 개략적으로 도시하는 도면;
 도 2는 리소그래피 장치의 방사선 소스를 개략적으로 도시하는 도면;
 도 3은 한 측면 및 아래에서 바라본 단면도로 리소그래피 장치의 냉각 장치를 개략적으로 도시하는 도면;
 도 4는 냉각 장치를 더 상세하게 개략적으로 도시하는 도면;
 도 5는 냉각 장치의 대안적인 실시예를 개략적으로 도시하는 도면;
 도 6은 본 발명의 실시예들에 대한 적응 계수의 영향을 예시하는 그래프;
 도 7은 대안적인 열 제거 시스템이 제공된 본 발명의 일 실시예를 개략적으로 도시하는 도면;
 도 8은 또 다른 대안적인 열 제거 시스템이 제공된 본 발명의 일 실시예를 개략적으로 도시하는 도면;

- 도 9는 또 다른 대안적인 열 제거 시스템이 제공된 본 발명의 일 실시예를 개략적으로 도시하는 도면;
- 도 10은 본 발명의 일 실시예의 일부를 형성할 수 있는 또 다른 대안적인 열 제거 시스템을 개략적으로 도시하는 도면;
- 도 11은 본 발명의 일 실시예에 따른 냉각 요소의 단면을 개략적으로 도시하는 도면;
- 도 12는 아래에서 바라본 도 11의 실시예를 개략적으로 도시하는 도면;
- 도 13은 본 발명의 대안적인 실시예에 따른 냉각 요소의 단면을 개략적으로 도시하는 도면;
- 도 14는 아래에서 바라본 도 13의 실시예를 개략적으로 도시하는 도면;
- 도 15는 본 발명의 대안적인 실시예에 따른 냉각 요소의 단면을 개략적으로 도시하는 도면;
- 도 16은 아래에서 바라본 도 15의 실시예의 냉각 요소를 포함하는 냉각 장치를 개략적으로 도시하는 도면;
- 도 17은 본 발명의 대안적인 실시예에 따른 리소그래피 장치의 냉각 장치를 개략적으로 도시하는 도면;
- 도 18은 본 발명의 일 실시예에 따른 리소그래피 장치의 가열 장치를 개략적으로 도시하는 도면;
- 도 19는 도 18에 나타난 가열 장치의 효과를 개략적으로 도시하는 도면;
- 도 20은 본 발명의 대안적인 실시예에 따른 리소그래피 장치의 가열 장치를 개략적으로 도시하는 도면;
- 도 21은 본 발명의 또 다른 대안적인 실시예에 따른 리소그래피 장치의 가열 장치를 개략적으로 도시하는 도면; 및
- 도 22는 도 18 내지 도 21에 도시된 실시예를 이용하는 기관의 스캐닝 노광을 개략적으로 도시하는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0105] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 냉각 장치를 포함하는 리소그래피 시스템을 나타낸다. 리소그래피 시스템은 방사선 소스(SO) 및 리소그래피 장치(LA)를 포함한다. 방사선 소스(SO)는 극자외(EUV) 방사선 빔(B)을 발생시키도록 구성된다. 리소그래피 장치(LA)는 조명 시스템(IL), 패터닝 디바이스(MA)(예를 들어, 마스크)를 지지하도록 구성되는 지지 구조체(MT), 투영 시스템(PS), 및 기관(W)을 지지하도록 구성되는 기관 테이블(WT)을 포함한다. 조명 시스템(IL)은 패터닝 디바이스(MA)에 입사하기 전에 방사선 빔(B)을 컨디셔닝하도록 구성된다. 투영 시스템은 기관(W) 상으로 [이제 마스크(MA)에 의해 패터닝된] 방사선 빔(B)을 투영하도록 구성된다. 기관(W)은 앞서 형성된 패턴들을 포함할 수 있다. 이러한 경우, 리소그래피 장치는 앞서 기관(W) 상에 형성된 패턴과 패터닝된 방사선 빔(B)을 정렬한다.
- [0106] 방사선 소스(SO), 조명 시스템(IL), 및 투영 시스템(PS)은 모두 외부 환경으로부터 격리될 수 있도록 구성되고 배치될 수 있다. 대기압보다 낮은 압력에서의 가스(예를 들어, 수소)가 방사선 소스(SO)에서 제공될 수 있다. 조명 시스템(IL) 및/또는 투영 시스템(PS)에는 진공이 제공될 수 있다. 대기압보다 훨씬 낮은 압력에서의 소량의 가스(예를 들어, 수소)가 조명 시스템(IL) 및/또는 투영 시스템(PS)에서 제공될 수 있다.
- [0107] 도 1에 나타난 방사선 소스(SO)는 레이저 생성 플라즈마(laser produced plasma: LPP) 소스라고 칭해질 수 있는 타입으로 이루어진다. 예를 들어, CO₂ 레이저일 수 있는 레이저(1)가 레이저 빔(2)을 통해 연료, 예컨대 연료 방출기(fuel emitter: 3)로부터 제공되는 주석(Sn)으로 에너지를 축적(deposit)하도록 배치된다. 다음 설명에서는 주석이 언급되지만, 여하한 적절한 연료가 사용될 수 있다. 연료는, 예를 들어 액체 형태일 수 있고, 예를 들어 금속 또는 합금일 수 있다. 연료 방출기(3)는 플라즈마 형성 구역(4)을 향해 궤적을 따라, 예를 들어 액적들의 형태로 주석을 지향하도록 구성되는 노즐을 포함할 수 있다. 레이저 빔(2)은 플라즈마 형성 구역(4)에서 주석에 입사한다. 주석으로의 레이저 에너지의 축적은 플라즈마 형성 구역(4)에서 플라즈마(7)를 생성한다. EUV 방사선을 포함한 방사선이 플라즈마의 이온들의 탈-여기(de-excitation) 및 재조합(recombination) 동안 플라즈마(7)로부터 방출된다.
- [0108] EUV 방사선은 근 수직 입사 방사선 컬렉터(near normal incidence radiation collector: 5)(때로는 더 일반적으로 수직 입사 방사선 컬렉터라고 함)에 의해 수집되고 포커스된다. 컬렉터(5)는 EUV 방사선(예를 들어, 13.5 nm와 같은 원하는 파장을 갖는 EUV 방사선)을 반사시키도록 배치되는 다층 구조체를 가질 수 있다. 컬렉터(5)는 2 개의 타원 초점을 갖는 타원형 구성을 가질 수 있다. 아래에서 설명되는 바와 같이, 제 1 초점은 플라스

마 형성 구역(4)에 있을 수 있고, 제 2 초점은 중간 포커스(6)에 있을 수 있다.

- [0109] 레이저(1)는 방사선 소스(S0)로부터 분리될 수 있다. 이러한 경우, 레이저 빔(2)은 예를 들어 적절한 지향 거울들 및/또는 빔 익스팬더(beam expander), 및/또는 다른 광학기를 포함한 빔 전달 시스템(도시되지 않음)의 도움으로 레이저(1)로부터 방사선 소스(S0)로 통과될 수 있다. 레이저(1) 및 방사선 소스(S0)는 함께 방사선 시스템인 것으로 간주될 수 있다.
- [0110] 컬렉터(5)에 의해 반사되는 방사선이 방사선 빔(B)을 형성한다. 방사선 빔(B)은 플라즈마 형성 구역(4)의 이미지를 형성하기 위해 지점(6)에 포커스되고, 이는 조명 시스템(IL)에 대한 가상 방사선 소스로서 작용한다. 방사선 빔(B)이 포커스되는 지점(6)은 중간 포커스라고 칭해질 수 있다. 방사선 소스(S0)는 중간 포커스(6)가 방사선 소스의 포위 구조체(enclosing structure: 9)에서의 개구부(8)에, 또는 그 부근에 위치되도록 배치된다.
- [0111] 방사선 빔(B)은 방사선 소스(S0)로부터, 방사선 빔을 컨디셔닝하도록 구성되는 조명 시스템(IL)으로 통과한다. 조명 시스템(IL)은 패킷 필드 거울 디바이스(facetted field mirror device: 10) 및 패킷 피플 거울 디바이스(facetted pupil mirror device: 11)를 포함할 수 있다. 패킷 필드 거울 디바이스(10) 및 패킷 피플 거울 디바이스(11)는 함께 방사선 빔(B)에 원하는 단면 형상 및 원하는 각도 분포를 제공한다. 방사선 빔(B)은 조명 시스템(IL)으로부터 통과하고, 지지 구조체(MT)에 의해 유지된 패터닝 디바이스(MA) 상에 입사한다. 패터닝 디바이스(MA)는 방사선 빔(B)을 반사시키고 패터닝한다. 조명 시스템(IL)은 패킷 필드 거울 디바이스(10) 및 패킷 피플 거울 디바이스(11) 대신에, 또는 이에 추가하여 다른 거울들 또는 디바이스들을 포함할 수 있다.
- [0112] 패터닝 디바이스(MA)로부터의 반사 후, 패터닝된 방사선 빔(B)은 투영 시스템(PS)에 들어간다. 투영 시스템은 기관 테이블(WT)에 의해 유지된 기관(W) 상으로 방사선 빔(B)을 투영하도록 구성되는 복수의 거울들을 포함한다. 투영 시스템(PS)은 방사선 빔에 축소 인자(reduction factor)를 적용하여, 패터닝 디바이스(MA)의 대응하는 피처들보다 작은 피처들을 갖는 이미지를 형성할 수 있다. 예를 들어, 4의 축소 인자가 적용될 수 있다. 투영 시스템(PS)은 도 1에서 2 개의 거울들을 갖지만, 투영 시스템은 여하한 수의 거울들(예를 들어, 6 개의 거울)을 포함할 수 있다.
- [0113] 기관(W) 위에는 냉각 장치(40)가 위치된다. 냉각 장치(40)는 방사선 빔(B)의 부근에서 기관의 국부적인 냉각을 제공한다. 냉각 장치(40)는 아래에서 더 상세히 설명된다. 또한, 기관(W)을 가열하도록 구성되는 기관 온도 조정 유닛(AU)이 도 1에 도시된다. 온도 조정 유닛(AU)은 아래에서 더 상세히 설명된다. 리소그래피 장치(LA)는 아래에서 더 설명되는 가열 장치(도시되지 않음)를 더 포함할 수 있다.
- [0114] 도 2는 도 1에 나타난 방사선 소스에 대한 대안적인 구성을 갖는 레이저 생성 플라즈마(LPP) 방사선 소스(S0)를 나타낸다. 방사선 소스(S0)는 플라즈마 형성 구역(4)에 연료를 전달하도록 구성되는 연료 방출기(3)를 포함한다. 연료는 예를 들어 주석일 수 있지만, 여하한 적절한 연료가 사용될 수 있다. 사전-펄스 레이저(pre-pulse laser: 16)가 연료에 입사하는 사전-펄스 레이저 빔(17)을 방출한다. 사전-펄스 레이저 빔(17)은 연료를 예열하도록 작용하고, 이로 인해 그 크기 및/또는 형상과 같은 연료의 속성이 변화된다. 주 레이저(main laser: 18)가 주 레이저 빔(19)을 방출하고, 이는 사전-펄스 레이저 빔(17) 후에 연료에 입사한다. 주 레이저 빔은 연료에 에너지를 전달하고, 이에 의해 연료를 EUV 방사선 방출 플라즈마(7)로 전환한다.
- [0115] 소위 스침 입사 컬렉터(grazing incidence collector)일 수 있는 방사선 컬렉터(20)가 EUV 방사선을 수집하고 중간 포커스라고 칭해질 수 있는 지점(6)에 EUV 방사선을 포커스하도록 구성된다. 따라서, 방사선 방출 플라즈마(7)의 이미지가 중간 포커스(6)에 형성된다. 방사선 소스(S0)의 포위 구조체(21)가 중간 포커스(6) 또는 그 부근에 있는 개구부(22)를 포함한다. EUV 방사선은 개구부(22)를 통해 (예를 들어, 도 1에 개략적으로 나타난 형태의) 리소그래피 장치의 조명 시스템으로 넘어간다.
- [0116] 방사선 컬렉터(20)는 (예를 들어, 개략적으로 도시된 바와 같은) 복수의 스침 입사 반사기들(23, 24 및 25)을 갖는 네스티드 컬렉터(nested collector)일 수 있다. 스침 입사 반사기들(23, 24 및 25)은 광학 축선(0)을 중심으로 축대칭으로 배치될 수 있다. 예시된 방사선 컬렉터(20)는 단지 일 예시로서 나타난 것이며, 다른 방사선 컬렉터들이 사용될 수 있다.
- [0117] 플라즈마 형성 구역(4)과 방사선 컬렉터(20) 사이에는 오염물 트랩(contamination trap: 26)이 위치된다. 오염물 트랩(26)은 예를 들어 회전 포일 트랩일 수 있으며, 또는 여하한 다른 적절한 형태의 오염물 트랩일 수 있다. 몇몇 실시예들에서, 오염물 트랩(26)은 생략될 수 있다.
- [0118] 방사선 소스(S0)의 포위부(21)는 사전-펄스 레이저 빔(17)이 플라즈마 형성 구역(4)으로 넘어갈 수 있는 윈도우(27), 및 주 레이저 빔(19)이 플라즈마 형성 구역으로 넘어갈 수 있는 윈도우(28)를 포함한다. 오염물 트랩

(26)에서의 개구부를 통해 플라즈마 형성 구역(4)으로 주 레이저 빔(19)을 지향하기 위해 거울(29)이 사용된다.

- [0119] 도 1 및 도 2에 나타난 방사선 소스(S0)는 예시되지 않은 구성요소들을 포함할 수 있다. 예를 들어, 스펙트럼 필터(spectral filter)가 방사선 소스에 제공될 수 있다. 스펙트럼 필터는 EUV 방사선에 대해 실질적으로 투과성이지만, 적외 방사선과 같은 방사선의 다른 파장들에 대해서는 실질적으로 차단성일 수 있다.
- [0120] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 냉각 장치(40)를 개략적으로 도시한다. 도 3a는 아래에서 바라본 냉각 장치(40)의 개략적인 도면이며, 도 3b는 한 측면에서 바라본 냉각 장치의 개략적인 단면도이다. 리소그래피 장치에 의해 투영되는 방사선 빔(B)은 도 3a 및 도 3b에 나타내어진다. 방사선 빔은 (도 3b에 도시된 바와 같이) 방사선 빔에 의해 노광되고 있는 기관(W) 상의 노광 영역(E)을 조명한다. 데카르트 좌표가 도 3에 나타내어지고, 리소그래피 장치에 대해 통상적으로 사용되는 표기법을 사용하며, 즉 Y-방향은 노광 시 기관(W)의 스캐닝 이동의 방향이고, X-방향은 Y-방향을 가로지르고 기관의 평면에 놓이며, Z-방향은 일반적으로 방사선 빔(B)의 광학 축선과 대응한다.
- [0121] 냉각 장치(40)는 제 1 냉각 요소(42) 및 제 2 냉각 요소(44)를 포함한다. 도 3에 도시된 바와 같이, 제 1 및 제 2 냉각 요소들은 동일한 전체 구성을 가질 수 있다. 냉각 요소들(42, 44)은 스캐닝-방향(즉, Y-방향)에서 방사선 빔(B)의 양쪽에 위치된다. 냉각 요소들(42, 44)은 노광 영역(E)[즉, 방사선 빔(B)이 입사하는 영역]에 인접한다. 이와 관련하여, "인접한"이라는 용어는 노광 영역(E)의 에지로부터 1 cm 미만을 의미하는 것으로 해석될 수 있다. 냉각 요소들(42, 44)은 노광 영역(E)의 에지로부터 0.5 cm 미만에 있을 수 있고, 노광 영역의 에지로부터 약 0.1 cm에 있을 수 있다. 각각의 냉각 요소(42, 44)는 노광 영역(E)을 2등분하는 라인으로부터 3 cm 이하 내에 놓이는 영역을 냉각하도록 구성될 수 있다. 각각의 냉각 요소(42, 44)는 노광 영역의 에지로부터 2 cm 이하 내에 놓이는 영역을 냉각하도록 구성될 수 있다.
- [0122] 냉각 요소들(42, 44)은 냉각 요소들 밑에 놓이는 영역들에서의 기관(W)의 국부적인 냉각을 제공한다. 따라서, 기관이 양의 Y-방향으로(도 3에서 왼쪽에서 오른쪽으로) 이동하고 있는 기관의 스캐닝 노광 동안, 제 1 냉각 요소(42)는 방사선 빔(B)에 의해 막 노광되려는 기관의 부분을 냉각하고, 제 2 냉각 요소(44)는 방사선 빔(B)에 의해 방금 노광된 기관의 부분을 냉각한다. 스캐닝 노광이 음의 Y-방향으로(도 3에서 오른쪽에서 왼쪽으로) 기관을 이동시키는 경우, 제 2 냉각 요소(44)는 방사선 빔(B)에 의해 막 노광되려는 기관의 부분의 냉각을 제공하고, 제 1 냉각 요소(42)는 방사선 빔에 의해 방금 노광된 기관의 부분의 냉각을 제공한다.
- [0123] 각각의 냉각 요소(42, 44)는, 예를 들어 냉각 유체(예를 들어, 물)를 이용하여, 기관(W)으로부터 열을 수송하고 그 열을 몇몇 다른 위치로 전달하도록 구성된다. 이와 관련하여, "냉각 유체"라는 용어는 유체가 특정 온도를 가져야 함을 내포하도록 의도되지 않으며, 그 대신 유체가 냉각 요소(42, 44)로부터 멀리 열을 수송함을 나타낸다. 각각의 냉각 요소(42, 44)는 캐비티(48, 49)가 루프(60, 61)로 형성되는 몸체(46, 47)를 포함한다. 캐비티(48, 49)는 냉각 요소 몸체(46, 47)의 최저면에 형성되고, 사용 시 기관(W) 위에 위치된다. 각각의 냉각 요소(42, 44)는 냉각 요소 몸체들(46, 47)의 최저면에 가스를 전달하도록 구성되는 가스 전달 도관들(50 내지 53)을 더 포함한다. 가스 전달 도관들(50 내지 53)을 나가는 가스가 캐비티들(48, 49)로 통과하고 캐비티들을 채운다. 또한, 가스가 바깥쪽으로 이동하고, 냉각 요소 몸체들(46, 47) 밑으로부터 주변 환경으로 나간다.
- [0124] 가스는 기관(W)으로부터 냉각 요소 몸체들(46, 47)로 상당한 양의 열을 수송하도록 충분히 높은 압력에서 전달된다. 가스의 압력은 가스가 기관(W)에 손상을 야기하지 않도록 충분히 낮게 유지될 수 있다. 또한, 가스의 압력은 기관(W)이 기관 테이블(WT) 상의 버얼 위에서 미끄러지게 하는 충분히 강한 접선력(tangential force)을 발생시키지 않도록(예를 들어, 약 10 mN보다 큰 접선력을 발생시키지 않도록) 충분히 낮게 유지될 수 있다. 가스의 압력은 기관(W)의 상당한 변형이 기관 테이블(WT)의 버얼들에 의해 기관이 지지되는 위치들에서 발생하지 않도록 충분히 낮게 유지될 수 있다. 기관은 기관 테이블(WT)의 버얼들에 의해 지지되지 않는, 예를 들어 1 내지 3 mm의 외측 에지를 가질 수 있다. 가스의 압력은 외측 에지에서의 기관의 하향(downward) 변형이 리소그래피 장치에 의해 보상될 수 있는 양(예를 들어, 10 nm 미만의 변형)에 제한되도록 충분히 낮을 수 있다. 캐비티들(48, 49)에서의 가스의 압력은, 예를 들어 100 파스칼보다 클 수 있다. 캐비티들(48, 49)에서의 가스의 압력은, 예를 들어 200 파스칼보다 클 수 있다. 캐비티들에서의 가스의 압력은, 예를 들어 약 1000 파스칼까지일 수 있고, 약 2000 파스칼까지일 수 있으며, 약 5000 파스칼까지일 수 있다. 캐비티들에서의 가스의 압력은, 예를 들어 100 kPa 이상일 수 있다. 캐비티들에서의 가스의 압력은, 예를 들어 약 500 kPa 이상일 수 있다. 캐비티들(48, 49)에서의 가스의 압력은 몸체(46, 47)의 최저면과 기관(W) 사이의 갭에 의해 영향을 받을 것이다(갭을 증가시키는 것이 높은 압력을 유지하는 것을 더 어렵게 만들 것이다). 본 명세서의 다른 곳에서 설명된 바와 같이, 간격은 예를 들어 약 20 마이크로 이상일 수 있고, 약 50 마이크로 이상일 수 있다. 간격은 약 200 미

크론 이하일 수 있다.

- [0125] 기관(W)으로부터 냉각 요소 몸체들(46, 47)로의 열의 수송을 용이하게 하는 것에 추가하여, 가스는 기관(W)과 냉각 요소 몸체들 사이에 발생하는 접촉을 방지하거나 억제하는 쿠션으로서 작용할 수도 있다. 일 실시예에서, 냉각 요소 몸체들(46, 47)의 최저면과 기관(W) 사이의 간격은 20 마이크로보다 클 수 있고, 예를 들어 50 마이크로 이상일 수 있다. 간격이 너무 작은 경우, 냉각 요소 몸체(46, 47)가 기관(W)과 접촉할 위험이 상당할 것이다. 이는 리소그래피 장치에 손상을 야기할 수 있기 때문에 바람직하지 않다. 20 마이크로미터의 간격이 적절한 레벨까지 접촉의 위험을 감소시키는 데 충분할 수 있다. 50 마이크로미터의 간격이 접촉의 위험을 실질적으로 제거하는 데 충분할 수 있다. 간격은, 예를 들어 100 마이크로미터까지일 수 있고, 예를 들어 200 마이크로미터까지일 수 있다. 200 마이크로미터보다 큰 간격은 냉각 요소 몸체들(46, 47) 밑으로부터 너무 많은 가스가 누출되게 할 수 있기 때문에 바람직하지 않을 수 있다.
- [0126] 도 4는 제 2 냉각 요소(44)를 더 상세히 도시한다. 냉각 요소 몸체(47)에서의 캐비티(49)는 가스 전달 도관들(52, 53)과 같이 보일 수 있다. 도 4에서 화살표들로 도시된 바와 같이, 가스 전달 도관들(52, 53)에 의해 전달되는 가스는 캐비티(49)로 흐르고, 또한 냉각 요소 몸체(47) 밑으로부터 흘러 나온다. 가스는 곡선들에 의해 개략적으로 도시되는 가스 공급기들로부터 제공된다. 가스는 예를 들어 수소일 수 있다. 대안적으로, 여하한 다른 적절한 가스(예를 들어, 헬륨 또는 질소와 같은 또 다른 불활성 가스)가 사용될 수 있다.
- [0127] 제 2 냉각 요소(44)는 두 부분으로 제공되는 열 전달 시스템을 포함한다. 제 1 부분은 캐비티(49) 위에 위치한 냉각 요소 몸체(47)의 부분과 열적 접촉하는 펠티에 냉각기(55)이다. 펠티에 냉각기(55)와 제 2 냉각 요소 몸체(47) 간의 열적 접촉은 열전 요소(thermoelectric element: 56)들의 어레이에 의해 제공된다. 열전 요소(56)들은 알려진 방식으로 직렬로 전기적 연결될 수 있다. 열 전달 시스템의 제 2 부분은 펠티에 냉각기(55)와 열적 접촉하는 냉각 유체 시스템(57)이다. 냉각 유체 시스템(57)은 열 제거 시스템의 일 예시이다. 냉각 유체 시스템(57)은 냉각 유체가 펌핑되는 도관(또는 도관들)을 포함한다. 냉각 유체는, 예를 들어 물(또는 몇몇 다른 적절한 유체)일 수 있다. 냉각 유체는 시스템(57)의 몸체로부터 열을 수송하고, 제 2 냉각 요소(44)로부터 멀리 그 열을 내보낸다. 펠티에 냉각기의 차가운 측[즉, 열전 요소(56)들의 말단부들]은, 예를 들어 약 -18 °C 내지 2 °C의 온도를 가질 수 있다. 펠티에 냉각기의 차가운 측은, 예를 들어 -50 °C의 온도를 갖거나, -100 °C 만큼 낮을 수 있다.
- [0128] 가스 전달 도관들(50 내지 53)로부터 도입될 때 가스의 온도는 가스 전달 도관들의 벽들의 온도, 예를 들어 약 22 °C에 맞춰질 수 있다. 가스가 캐비티들 내에 있는 경우, 이는 기관 및 펠티에 냉각기(55)의 온도들에 맞춰질 것이다. 따라서, 예를 들어 가스는 약 22 °C [기관(W)의 온도] 내지 약 -50 °C의 온도를 가질 수 있다. 일반적으로, 가스는 예를 들어 약 -100 °C로 내려간 온도를 가질 수 있다. 일반적으로, 가스는 예를 들어 약 100 °C까지의 온도를 가질 수 있다.
- [0129] 일 실시예에서, 냉각 요소 몸체(47)의 캐비티(49)의 X-방향 크기는 리소그래피 장치의 방사선 빔(B)에 의해 형성되는 노광 영역(E)의 최대 X-방향 크기와 대응할 수 있다. 이는, 예를 들어 26 mm일 수 있다. 따라서, 캐비티(49)는 약 26 mm의 X-방향 크기를 가질 수 있다. 노광 영역(E)의 X-방향 크기와 같은 X-방향 크기를 캐비티(49)에 제공함으로써, 캐비티(49)는 [기관(W) 진행의 스캐닝 방향에 의존하여] 방사선 빔에 의해 방금 노광되었거나 방사선 빔에 의해 막 노광되려는 기관 영역 전체에 걸쳐 냉각을 제공할 수 있다. 또한, 노광될 연속 부분은 스캐닝 방향에서 노광된 부분에 인접할 수 있다.
- [0130] 캐비티(49)의 X-방향 크기는 방사선 빔(B)에 의해 형성되는 노광 영역(E)의 최대 X-방향 크기보다 클 수 있다. 따라서, 캐비티(49)는 약 26 mm 이상의 X-방향 크기를 가질 수 있다. 하지만, 캐비티(49)의 X-방향 크기가 노광 영역(E)을 훨씬 넘어서 연장되는 경우, 캐비티는 노광되고 있는 타겟부를 냉각시키는 것 이외에 기관(W)의 인접한 타겟부의 일부를 냉각시킬 것이다. 이는 부분적으로 냉각되는 인접한 타겟부의 왜곡을 야기할 수 있다. 이 왜곡에 의해 야기될 수 있는 오버레이 정확성의 잠재적 감소는, (예를 들어, 도 22를 참조하여 아래에서 더 설명되는 바와 같이) 노광되는 다음 타겟부가 비-스캐닝 방향에서 노광된 타겟부에 인접하지 않고 대신에 적어도 하나의 개재된 타겟부에 의해 비-스캐닝 방향에서 노광된 타겟부로부터 분리되는 사행 스캔(meander scan)을 이용하여 기관을 노광함으로써 회피될 수 있다.
- [0131] 일 실시예에서, 제 2 냉각 요소 몸체(47)는 예를 들어 약 1 cm 내지 약 3 cm(예를 들어, 약 2 cm)의 Y-방향으로의 폭을 가질 수 있다. 제 2 냉각 요소 몸체(47)는, 예를 들어 약 2 mm 내지 약 7 mm의 높이(Z-방향 치수)를 가질 수 있다.

- [0132] 제 2 냉각 요소는 노광 영역(E)을 2등분하는 라인으로부터(예를 들어, 노광 영역의 중심으로부터) 3 cm 이하 내에 놓이는 영역을 냉각하도록 구성될 수 있다. 제 2 냉각 요소는 노광 영역(E)의 에지로부터 2 cm 이하 내에 놓이는 영역을 냉각하도록 구성될 수 있다. 노광 영역에 전달되는 방사선에 의한 기관의 가열은 노광 영역의 에지로부터의 거리의 함수로서 감소한다. 노광 영역의 에지로부터 약 2 cm 넘어서는, 기관의 가열이 무시될 수 있다. 따라서, 노광 영역의 에지로부터 약 2 cm 내에 놓이는 영역을 냉각시키는 것이 기관 온도의 감소를 제공할 것이다(이로 인해 기관의 왜곡이 감소함). 이를 훨씬 넘어 연장되는 영역을 냉각시키는 것은 무시해도 좋을 정도의 이익을 제공할 것이다(또한 더 큰 부피의 가스가 필요할 것이기 때문에 달성하는 데 더 어려울 것이다).
- [0133] 본 발명의 실시예들은 종래 기술에 의해 고려되지 않은 방식으로 기관(W)의 국부적인 냉각을 제공한다. 본 발명의 실시예들은 기관 테이블의 버얼들 위에서 기관의 상당한 미끄러짐이 발생하는 정도로 기관의 국부적인 가열이 발생하는 것을 방지할 수 있다. 기관(W)으로부터의 개선된 열 제거(및 이에 따른 버얼-미끄럼 회피)는 기관에 전달되는 에너지의 도즈가 종래 전달된 도즈에 비해 증가되는 경우에 특히 중요할 수 있다. 예를 들어, 투영되는 패턴의 분해능[예를 들어, 하프 피치(half pitch)]을, 예를 들어 7 나노미터까지 개선하는 것이 (15 나노미터의 분해능에 대해 사용된 방사선에 비해) 기관에 전달되는 방사선 도즈의 증가를 필요로 할 수 있다.
- [0134] 각각의 캐비티(48, 49)의 루프(60, 61)와 기관 표면 사이의 간격은 캐비티에서의 가스의 압력과 조합하여, 기관(W)으로부터 냉각 요소 몸체(46, 47)로의 열 전달이 기관의 표면(이는 실제로는 기관 상에 제공된 레지스트의 표면일 것임)의 적응 계수에 의해 크게 영향을 받지 않도록 선택될 수 있다. 적응 계수가 열 전달에 큰 영향을 주도록 가스 압력 및 캐비티 루프(60, 61)의 높이가 조합되어 이루어지는 경우, 냉각 요소들(42, 44)에 의해 제공되는 냉각은 알려지지 않을 수 있는 기관(W) 상의 레지스트의 속성들에 따라 변할 것이다. 이는 냉각 요소들(42, 44)에 의해 제공되는 냉각이 알려지지 않을 것이기 때문에 바람직하지 않다. 결과로서, 원하는 정확성으로 기관(W)의 온도를 제어하거나, 원하는 정확성으로 기관에 적용되는 열부하를 제어하는 것이 가능하지 않을 수 있다.
- [0135] 재료의 적응 계수가 그 재료의 표면으로부터 또 다른 몸체까지의 열 전달에 영향을 미치는 정도는 열 교환이 일어날 수 있는 재료 표면과 몸체 사이의 간격 및 가스의 압력에 의존한다. 간격이 충분히 작고 가스 압력이 충분히 낮은 경우, 적응 계수는 열 전달에 큰 영향을 미칠 것이다. 이는 주어진 가스 분자가 그 재료의 표면에 입사하고 이로부터 반사되는 경우에 재료의 온도에 즉시 적응하지 않을 것이기 때문이다. 통상적으로, 약 30 %의 가스 분자가 재료의 온도에 적응할 것이다. 하지만, 이는 적응 계수에 따라 상이한 재료들에 대해 다양할 것이다. 몸체가 재료의 표면에 충분히 근접하고 가스 압력이 충분히 낮은 경우, 가스 분자가 재료의 표면에 입사한 후 여하한 추가 상호작용 없이(즉, 재료 표면에 다시 입사하지 않고, 다른 가스 분자들과 충돌하지 않고) 몸체에 입사할 가능성이 크다. 이러한 상황에서, 발생하는 열 전달은 재료 표면의 적응 계수에 의존할 것이다. 가스의 압력을 증가시키는 것은 가스 분자가 몸체에 입사하기 전에 가스 분자들 간의 더 많은 상호작용을 일어나게 할 것이고, 이 결과로서 재료 표면 부근에서의 가스 분자들이 재료 표면의 온도에 적응할 가능성이 더 높다. 이와 유사하게, 재료 표면으로부터 더 멀리 몸체를 이동시키는 것도 가스 분자가 몸체에 입사하기 전에 일어나는 분자-분자 상호작용의 수를 증가시킬 것이다. 다시, 이는 분자들이 몸체에 입사하기 전에 재료 표면의 온도에 적응할 것을 보장하도록 돕는다. 따라서, 적응 계수의 영향은 가스 압력이 증가됨에 따라, 또한 재료 표면과 몸체 사이의 간격이 증가됨에 따라 감소한다. 압력과 간격이 (조합되어) 충분히 큰 경우, 적응 계수는 열 전달에 큰 영향을 미치지 않을 것이다. 이는 (도 6과 관련하여 아래에서 더 설명되는 바와 같이) 정상-압력 체제(normal-pressure regime)라고 칭해질 수 있다.
- [0136] 본 발명의 경우, 캐비티에서의 가스의 압력과 조합하여 캐비티(48, 49)의 루프(60, 61)와 기관 표면 간의 간격은 적응 계수가 열 전달에 큰 영향을 미치지 않도록 이루어질 수 있다. 즉, 냉각 요소(42, 44)는 정상-압력 체제에서 작동한다. 약 1,000 파스칼의 압력에서의 가스 및 0.5 mm의 기관(W)(즉, 레지스트 상부면)과 캐비티 루프(60) 간의 간격을 제공하는 것이, 레지스트의 적응 계수가 레지스트로부터 냉각 요소(42)로의 열 전달에 큰 영향을 미치지 않을 것을 보장할 것이다. 또 다른 예시에서, 1 mm의 기관(W)과 캐비티 루프(60) 간의 간격 및 500 파스칼의 압력에서의 가스를 제공하는 것이, 레지스트의 적응 계수가 레지스트로부터 냉각 요소(42)로의 열 전달에 큰 영향을 미치지 않을 것을 보장할 것이다. 또 다른 예시에서, 2 mm의 기관(W)과 캐비티 루프(60) 간의 간격 및 250 파스칼의 압력에서의 가스를 제공하는 것이, 레지스트의 적응 계수가 레지스트로부터 냉각 요소(42)로의 열 전달에 큰 영향을 미치지 않을 것을 보장할 것이다.
- [0137] 도 6은 두 표면들 사이의 가스에 의한 열 전달의 계수가 상이한 가스 압력들에서 그 표면들 간의 거리의 함수로서 어떻게 변하는지를 예시하는 그래프이다. 2 세트의 곡선들, 즉 실선들을 갖는 세트 및 점선들을 갖는 세트가 나타내어진다. 실선들은 표면들 중 하나가 0.3의 적응 계수를 갖는 경우의 열 전달 계수를 나타낸다. 점선

들은 표면들 중 하나가 0.6의 적응 계수를 갖는 경우의 열 전달 계수를 나타낸다. 최하위 곡선들은 10 파스칼의 가스 압력을 나타내고, 최상위 곡선들은 1000 파스칼의 가스 압력을 나타내며, 그 두 압력 값들 사이에서 가스 압력들이 증가한다. 화살표가 0.5 mm의 표면들 간의 간격 및 1000 파스칼의 가스 압력에서 발생할 열 전달 계수(약 300 W/m²K)를 나타낸다. 알 수 있는 바와 같이, 이 간격 및 압력에서 0.3의 적응 계수(실선)와 0.6의 적응 계수(점선) 사이의 전환이 열 전달 계수에 큰 영향을 미치지 않는다(예를 들어, 열 전달 계수를 10 % 미만, 예를 들어 5 % 미만 변화시킴). 표면들 간의 간격이(예를 들어, 0.1 mm로) 감소함에 따라, 적응 계수는 열 전달 계수에 큰 영향을 미치는 것으로 보일 수 있다. 그래프로부터 알 수 있는 바와 같이, 더 낮은 압력(예를 들어, 500 파스칼)의 가스에 대해서는 더 큰 간격(예를 들어, 1 mm)이 적응 계수에 의해 크게 영향을 받지 않는 열 전달 계수를 유사하게 제공할 수 있다.

[0138] 수소 가스가 약 1,000 파스칼의 압력에서 제공되고 레지스트 표면과 캐비티 루프(60) 간의 간격이 약 0.5 mm인 일 실시예에서, 레지스트 표면과 캐비티 루프(60) 간의 열 전달 적응 계수는 약 300 W/m²K이다.

[0139] 기관(W)으로부터 냉각 요소(44)로 전달되는 열의 양은 적응 계수 및 기관과 냉각 요소 간의 온도 차에 의존한다. 기관(W) 및 기관 테이블(WT)은 일반적으로 약 22 °C의 온도를 가질 수 있다. 냉각 요소(44)는, 예를 들어 기관(W) 및 기관 테이블(WT)의 온도보다 약 20 °C 내지 40 °C 아래인 온도에 유지될 수 있다. 예를 들어, 냉각 요소(44)는 예를 들어 -18 °C 내지 2 °C의 온도에 유지될 수 있다. 이는 약 6000 내지 12000 W/m²K의 냉각을 제공한다. 냉각 요소(44)에 의해 제공되는 냉각 영역은 일 실시예에서 26 mm×10 mm로 측정될 수 있다. 이러한 경우, 제 2 냉각 요소(44)는 기관으로부터 약 1.5 내지 3 W를 제거할 것이다. 제 1 및 제 2 냉각 요소들은 함께 기관으로부터 3 내지 6 W를 제거할 것이다.

[0140] 펠티에 냉각기(55)는 냉각 요소 몸체(47)의 저부로부터 액체 냉각 시스템으로 열을 전달한다. 액체 냉각 시스템(57)은 냉각 요소로부터, 멀리 있는 열 전달 시스템으로 열을 내보낸다.

[0141] 캐비티(48, 49)는 XY 평면에 놓이는 루프를 갖는 것으로 예시되지만, 일 실시예에서 루프는 X-방향을 중심으로 기울어질 수 있다. 이러한 실시예의 일 예시가 도 5에 나타나어진다. 도 4의 실시예와 대응하는 실시예의 세부사항들(예를 들어, 펠티에 냉각기)은 간명함을 위해 생략된다. 도 5의 실시예에서, 캐비티 루프(60)는 일 단부에서 약 0.5 mm의 높이를 갖고, 맞은편 단부에서 0의 높이(또는 0에 가까운 높이)로 기울어진다. 기울어진 캐비티 루프(60)를 갖는 일 실시예에서, 적응 계수는 루프 높이가 감소함에 따라 더 중요해질 것이다. 따라서, 적응 계수는 도 5에 도시된 실시예에 의해 제공되는 열 전달에 큰 영향을 미칠 것이다. 앞서 설명된 단점이 생길 것이지만, 루프와 기관 표면 간의 감소되는 갭이 더 효율적인 열 전달로 하여금 일어나게 한다는 것이 기울어진 캐비티 루프(60)의 장점이다. 기울어진 루프를 갖는 캐비티는, 예를 들어 냉각이 충분히 정확하게 제어될 수 있도록 기관(W)들 간의 적응 계수의 예상 변동들이 충분히 작은 경우에 사용될 수 있다. 반대로, 상이한 기관(W)들의 적응 계수의 큰 변동이 예상되는 경우에는, 캐비티 루프(60)가 기울어지지 않은 도 4에 나타난 실시예가 바람직할 수 있다.

[0142] 오염 분자들이 규칙적으로 기관(W) 상의 레지스트의 표면을 떠날 것이며, 투영 시스템(PS)(도 1 참조) 내의 광학기의 잠재적 오염의 중요한 원인이다. 투영 시스템(PS)으로의 오염의 진입을 방지하거나 감소시키기 위해, 투영 시스템으로부터 기관(W)을 향해 가스의 흐름이 제공될 수 있다. 냉각 요소들(42, 44)은 투영 시스템으로 오염물을 밀어넣을 가능성이 있는 가스 분출(a jet of gas)을 발생시키지 않도록 구성될 수 있다. 다시 말하면, 냉각 요소들(42, 44)은 투영 시스템(PS) 밖으로, 및 Z-방향에서 아래로 진행되는 가스의 흐름을 극복하도록 충분히 강한 Z-방향에서 위로 진행되는 가스 분출을 발생시키지 않도록 구성될 수 있다. 냉각 요소들(42, 44)의 최저면과 기관(W) 사이의 좁은 갭(예를 들어, 20 미크론 내지 200 미크론)은 투영 시스템(PS)으로 오염물을 운반할 수 있는 가스 분출의 발생을 방지할 수 있다.

[0143] 냉각 요소들(42, 44)과 기관 사이의 갭을 유지하고, 특히 냉각 요소들과 기관 사이에 발생하는 접촉을 방지하는 것이 바람직할 수 있다. 일 실시예에서, 냉각 요소 몸체들(46, 47) 밑으로부터의 가스의 바깥쪽 흐름이 기관과 냉각 요소들 사이에 발생하는 접촉을 방지하거나 억제하는 쿠션을 제공할 수 있다. 이 가스 쿠션은 가스 베어링 풋(gas bearing foot)이라고 칭해질 수 있다.

[0144] 대안적인 구성에서, 냉각 요소들(42, 44)은 리소그래피 장치(LA)의 투영 시스템(PS)에 장착될 수 있다. 냉각 요소들은 냉각 요소들을 기관 테이블(WT) 위의 원하는 높이로 이동시키는 메카니즘을 포함하는 지지체에 의해 유지될 수 있다. 지지체는 예상되지 않은 이동들이 검출되는 경우에 기관으로부터 멀어지도록 냉각 요소들을 당기도록 구성되는 회수 메카니즘을 포함할 수 있다. 이 메카니즘은 예상되지 않은 이동들이 리소그래피 장치 내에서 발생하는 경우에(예를 들어, 약한 지진의 경우) 유발(trigger)되는 보다 일반적인 안전 메카니즘의 일부

를 형성할 수 있다. 또한, 회수 메카니즘은 기관 테이블(WT)에 제공되는 센서들을 지나기 전에 냉각 요소들을 들어올리는 데 사용될 수 있다.

- [0145] 기관의 표면(실제로는 기관 상에 제공된 레지스트의 표면)은 높이 변동들이 1 마이크로보다 작도록 이루어진다. 냉각 요소들(42, 44)과 기관 간의 갭은 20 마이크로 이상, 예를 들어 50 마이크로 이상일 수 있다. 결과로서, 기관(W)의 토폴로지(topology)에 대해 수용되도록 위아래로 냉각 요소들(42, 44)을 이동시키는 메카니즘이 필요하지 않다.
- [0146] 기관의 스캐닝 노광 시, 기관(W) 상의 주어진 타겟부(예를 들어, 다이)의 노광과 다음 타겟부(예를 들어, 다이)의 노광 사이에 상당한 시간 주기가 경과한다. 이 시간 동안, 방사선 빔(B)은 기관(W)에 입사하지 않고, 이에 따라 방사선 빔에 의한 기관의 가열이 일어나지 않는다. 가열이 일어나고 있지 않지만, 이 시간 동안 펠티에 냉각기(55) 및 유체 냉각 시스템(57)은 계속해서 작동한다. 노광들 사이에 펠티에 냉각기(55)를 끄려고 하는 것은, 펠티에 냉각기(55)의 응답 속력이 충분히 빠르지 않을 수 있기 때문에 바람직하지 않다. 또한, 펠티에 냉각기를 켜고 끄는 것은 펠티에 냉각기의 수명을 단축시키는 경향이 있다. 타겟부들 사이에서 이동시키는 경우에 캐비티들(48, 49)로의 가스의 공급을 끄고, 타겟부가 노광되려는 경우에 가스의 공급을 켜기 위해 밸브가 사용될 수 있다. 밸브는 약 5 ms 미만의 시간 상수(time constant)로 작동할 수 있다.
- [0147] 냉각 요소들(42, 44)은 각각 펠티에 냉각기(55) 및 유체 냉각 시스템(57)을 포함하지만, 여하한의 적절한 열 제거 시스템이 냉각 요소들로부터 열을 제거하는 데 사용될 수 있다. 예를 들어, 더 낮은 온도에서 유체를 사용하는 유체 냉각 시스템이 펠티에 냉각기 없이 사용될 수 있다. 예를 들어, 물 대신에 0 °C 아래에서 액체를 유지하는 글리콜과 같은 유체가 사용될 수 있다.
- [0148] 대안적인 열 제거 시스템이 도 7에 개략적으로 도시된다. 도 7시에서, 캐비티(48)를 갖는 냉각 요소(44)가 나타내어진다. 가스 전달 도관(97)에 의해 캐비티로 가스가 전달된다. 캐비티(48)에서의 가스의 압력은 (다른 실시예들에 대한 경우와 같이) 가스 전달 도관(97)을 통해 전달되는 가스의 압력을 제어함으로써 제어될 수 있다. 냉각 요소(44)는, 예를 들어 펠티에 냉각기 및 유체 냉각 시스템을 포함하지 않는다는 것을 제외하고는, 앞서 설명된 냉각 요소들과 동일한 구성을 가질 수 있다. 그 대신, 냉각 요소 안과 밖으로 질소 가스(또는 몇몇 다른 적절한 가스)를 펌핑함으로써 냉각 요소(44)로부터의 열 제거가 수행된다. 가스는 냉각 요소(44)로 전달되는 경우에 차가울 수 있고(즉, 냉각 요소보다 더 차가움), 이에 따라 냉각 요소로부터 열을 수용한다.
- [0149] 가스는 가스 소스(94)로부터 제 1 유입 도관 부분(102a)을 통해 열 교환기(98)로 전달된다. 가스는 열 교환기(98)에 의해 사전-냉각된 후, 제 2 유입 도관 부분(102b)을 통해 펠티에 냉각기(100)로 통과한다. 가스는 펠티에 냉각기(100)에 의해 냉각된 후, 제 3 유입 도관 부분(102c) 및 제 4 유입 도관 부분(102d)을 통해 냉각 요소(44)로 진행한다.
- [0150] 가스는 냉각 요소(44)로부터 열을 수용하고, 그 후 가열된 가스는 냉각 요소 밖으로 제 1 유출 도관 부분(104a)을 따라 나아간다. 가열된 가스는 제 2 유출 도관 부분(104b)을 통해 열 교환기(98)로 진행한다. 그 후, 가스는 열 교환기로부터 제 3 유출 도관 부분(104c)을 따라 외부 위치로 진행한다. 이러한 방식으로, 열이 냉각 요소(44)로부터 제거되고, 냉각 요소로부터 멀리 운반된다.
- [0151] 가스는, 예를 들어 가스 소스(94)에 의해 10 l/min보다 높은 속도로 제공될 수 있다. 가스는, 예를 들어 20 l/min 이상(예를 들어, 최대 50 l/min)의 속도로 제공될 수 있다. 가스는 냉각 요소(44)에 들어가기 전에 펠티에 냉각기(100)에 의해, 예를 들어 -30 °C의 온도로 냉각될 수 있다. 가스는 냉각 요소(44)에서 몇 도만큼 가열되고(예를 들어, 5 °C 미만 가열되고), 예를 들어 냉각 요소를 떠날 때 -26 °C의 온도를 가질 수 있다. 가스 온도의 이러한 증가는 냉각 요소(44)로부터의 열의 제거와 대응한다. 가스는 유출 도관(104)을 따라, 가스 소스(94)로부터의 가스와 열을 교환하는 열 교환기로 진행한다. 가스 소스(94)로부터의 가스는 -26 °C보다 상당히 높은 온도를 가질 수 있고, 이에 따라 유출 가스에 의해 냉각된다. 유출 가스는 대응하여 가스 소스(94)로부터의 가스에 의해 따뜻해진다.
- [0152] 높은 가스 흐름(즉, 10 l/min 이상)은 유리하게는 냉각 요소(44) 내의 열 구배(thermal gradient)를 제한한다. 냉각 요소 내의 열 구배는, 예를 들어 1 °C 미만으로 제한될 수 있다.
- [0153] 펠티에 냉각기(100) 및 열 교환기(98)는 멀리 떨어져 위치되고, 리소그래피 장치(LA)(도 1 참조)의 투영 시스템(PS) 밑에 위치되지 않는다. 펠티에 냉각기(100) 및 열 교환기(98)는 리소그래피 장치(LA) 내의 고정된 위치들을 가질 수 있다. 펠티에 냉각기(100)는 리소그래피 장치의 진공 영역 내에 위치될 수 있거나, 리소그래피 장치의 비-진공 영역 내에 위치될 수 있다. 유사하게, 열 교환기(98)는 리소그래피 장치의 진공 영역에 위치될

수 있거나, 리소그래피 장치의 비-진공 영역에 위치될 수 있다.

- [0154] 펠티에 냉각기는, 예를 들어 냉각 요소(44)로부터 0.5 m 이상 멀리 위치될 수 있다. 펠티에 냉각기(100)를 냉각 요소(44)로부터 멀리 떨어져 제공하는 것의 장점은, 펠티에 냉각기를 수용하기 위해 더 많은 공간이 이용가능하다는 것이다[냉각 요소(44)가 수용될 수 있는 투영 시스템(PS) 밑의 공간은 매우 제한적임]. 따라서, 더 큰 펠티에 냉각기(100)가 사용될 수 있다. 펠티에 냉각기(100)는, 예를 들어 2-스테이지 또는 3-스테이지(또는 그 이상) 펠티에 냉각기일 수 있다. 이는 (예를 들어, 도 4에 도시된 바와 같이) 냉각 요소(44)에 위치한 더 작은 펠티에 냉각기를 이용하여 가능한 것보다 더 큰 온도 감소가 달성되게 한다.
- [0155] 냉각 요소(44)는 (본 명세서의 다른 곳에 설명된 바와 같이) z-방향으로 이동가능할 수 있다. 펠티에 냉각기(100) 및 열 교환기(98)는 고정될 수 있다(즉, 이동가능하지 않음). 제 4 유입 도관 부분(102d)은 펠티에 냉각기(100)에 대한 냉각 요소(44)의 이동을 허용하기 위해 유연하다. 점선(107)이, 유입 도관의 유연하지 않은 부분(102c)이 유입 도관의 유연한 부분(102d)에 연결되는 지점을 개략적으로 도시한다. 동일한 이유로, 제 1 유출 도관 부분(104a)도 유연하다. 점선(107)은 유출 도관의 유연한 부분(104a)이 유출 도관의 유연하지 않은 부분(104b)에 연결되는 지점을 개략적으로 도시한다.
- [0156] 온도 센서(110)가, 예를 들어 냉각 요소(44)의 부근에서 유입 도관(102d)에 제공된다. 온도 센서(112)가, 예를 들어 냉각 요소(44)의 부근에서 유출 도관(104)에 제공된다. 이 온도 센서들(110, 112)은 냉각 요소(44)에 들어가고 냉각 요소를 떠나는 가스의 온도를 모니터링하는 데 사용될 수 있다. 이는 차례로 냉각 요소(44)에 의해 기관(W)으로부터 제거되고 있는 열의 양의 계산을 허용하고, 이에 따라 기관 온도의 표시를 제공할 수 있다. 기관(W)에 적용되는 냉각의 양을 조정하기 위해 가스의 유속(flow rate)을 조정하고, 및/또는 냉각 요소(44)에 전달되는 가스의 온도를 조정하도록 피드백 및/또는 피드포워드 보정이 사용될 수 있다.
- [0157] 예시된 실시예는 펠티에 냉각기(100)를 사용하지만, 여하한 적절한 냉각기가 사용될 수 있다. 예를 들어, 줄 톰슨 냉각기(Joule Thompson cooler)가 사용될 수 있거나, 액체 질소 냉각이 사용될 수 있다.
- [0158] 멀리 위치한 냉각기(100)(예를 들어, 펠티에 냉각기)가 사용되기 때문에, 이는 유입 도관(102)에 의해 전달되는 가스로 하여금, 펠티에 냉각기가 냉각 요소(44)에 위치한 경우에 가능한 것보다 낮은 온도로 냉각되게 한다. 이는 차례로 냉각 요소(44)의 온도와 기관(W)의 온도 사이에 더 큰 차이가 달성되게 한다. 이는 차례로 냉각 요소(44)에 대해 더 많은 디자인 자유를 제공하여, 예를 들어 냉각 요소로 하여금 더 작은 풋프린트(footprint)를 갖게 한다. 냉각 요소에 더 작은 풋프린트를 제공하는 것은, 캐비티(48)에서의 가스에 의해 기관에 적용되는 힘을 증가시키지 않고 캐비티(48)에서의 가스의 더 높은 압력이 사용되게 한다. 이는 차례로 정상-압력 체제의, 또는 정상-압력 체제에 가까운 작동을 허용한다(압력 체제들은 도 6과 관련하여 앞서 설명됨). 이는 냉각 요소(44)에 의해 제공되는 냉각이 기관(W) 상의 레지스트의 적용 계수에 덜 의존하게 만들어, 상이한 레지스트들을 갖는 기관들에 대해 더 일관된 성능을 제공하는 냉각 요소를 초래한다.
- [0159] 도 4의 실시예보다 나은 도 7에 도시된 실시예의 추가 장점들은, 기관 위의 구성요소에 물이 제공되지 않고, 이로 인해 기관 상에 물이 누출될 가능성을 회피하고 물을 펌핑함으로써 야기될 수 있는 진동들을 회피한다는 것이다.
- [0160] 또 다른 장점은 도 4의 실시예에서 펠티에의 뜨거운 측의 존재로 인해 필요한 상당한 양의 열 방산이 회피된다는 것이다. 도 7에 도시된 실시예의 환경에 대한 차가운 부하는 매우 제한될 수 있다(예를 들어, 50 mW 미만). 또한, 이는 냉각 요소(44)에 전달되는 가스의 온도-냉각 요소를 떠나는 가스의 온도-를 측정하고 가스의 흐름을 측정함으로써 기관으로부터 제거되고 있는 열을 쉽게 측정할 수 있게 만든다.
- [0161] 또한, 냉각 요소(44)에서 더 적은 구성요소들이 필요하여, 냉각 요소의 디자인을 간소화하고 리소그래피 장치(LA)의 작동 동안 고장날 수 있는 요소들의 수를 감소시킨다.
- [0162] 도 7의 실시예 또는 본 발명의 다른 실시예들에서, 냉각 요소(44)는 원하는 시간 주기 동안 냉각 요소(44)에 의해 제공되는 냉각을 효과적으로 무효화하는 데 사용될 수 있는 가열기(114)를 포함할 수 있다. 가열기(114)는 (예를 들어, 냉각 요소가 리소그래피 장치의 센서 위를 지나가고 있는 경우) 예를 들어 냉각 요소(44)를 이용한 냉각을 제공하도록 요구되지 않을 때 사용될 수 있다. 냉각 요소의 작동을 중단시키는 대신에, 냉각 요소(44)의 효과를 무효화하는 데 가열기를 이용하는 것이 냉각 요소(44)의 작동을 중단시킴으로써 야기될 수 있는 문제들을 회피한다. 예를 들어, 도 7에 도시된 실시예에서 냉각 요소(44)로의, 및 이로부터의 가스 흐름을 정지시키는 것은 유입 도관(102) 및 유출 도관(104)에서의 가스의 온도를 변화시킬 것이다. 가스 온도의 이러한 변화들의 결과는, 냉각 요소(44)가 작동을 재개하는 경우, 가스의 온도가 안정될 때까지 앞선 경우와 상이한 온도로

기관을 냉각할 것이라는 것이다.

- [0163] 냉각 요소(44)에 대한 냉각 시스템의 또 다른 대안적인 실시예는 도 7에 도시된 것과 대응하는 구성을 갖지만, 가스 소스(94)로부터 상당히 더 작은 흐름의 가스를 이용한다. 예를 들어, 가스의 흐름은 5 l/min 미만일 수 있고, 약 2 l/min 이하일 수 있다. 가스가 더 느린 속도로 냉각 요소(44)에 공급되고 냉각 요소(44)로부터 제거되기 때문에, 가스의 온도는 냉각 요소를 떠날 때 (앞서 설명된 방식으로 가스가 더 높은 유속으로 공급되는 경우의 가스 온도와 비교하여) 더 높다. 예를 들어, 약 4 °C의 온도 증가를 겪는 대신에, 가스는 약 50 °C의 온도 증가를 겪을 수 있다. 냉각 요소(44)에 들어갈 때 가스의 온도는 약 -30 °C일 수 있고, 냉각 요소를 떠날 때 온도는 예를 들어 약 22 °C일 수 있다. 냉각 요소를 떠날 때 가스의 온도는 냉각되고 있는 기관의 원하는 온도와 대응할 수 있다. 이 방식으로 냉각 요소(44)에 더 작은 흐름의 가스를 제공하는 것은, 이것이 기관으로부터 제거할 필요가 있는 열의 양과 같은 차가운 부하를 공급하기 때문에 유리하다.
- [0164] 또 다른 대안적인 냉각 시스템이 도 8에 개략적으로 도시된다. 도 7에 도시된 실시예와 마찬가지로, 냉각 요소(44)는 캐비티(48) 및 캐비티에 가스를 전달하도록 구성되는 가스 전달 도관(97)을 포함한다. 이 냉각 시스템에서는, 열 파이프(120)가 일 단부에서 냉각 요소(44)에 연결되고, 맞은편 단부에서 펠티에 냉각기(100) 또는 다른 냉각기에 연결된다. 열 파이프는 단단한 부분(rigid portion: 120a) 및 유연한 부분(120b)을 포함할 수 있다. 유연한 부분(120b)이 단단한 부분(120a)에 연결되는 위치는 점선(122)으로 개략적으로 나타내어진다. 열 파이프의 유연한 부분(120b)은 펠티에 냉각기(100)에 대한 냉각 요소(44)의 약간의 이동을 허용한다.
- [0165] 열 파이프는, 예를 들어 수직 방향(즉, z-방향)보다 수평 방향(예를 들어, x-y 평면)에서 더 큰 단면 형상을 가질 수 있다. 수직 방향보다 수평 방향에서 더 큰 열 파이프(120)의 장점은, 이것이 열 파이프로 하여금 투영 시스템(PS) 밑에 더 쉽게 수용되게 한다는 것이다[투영 시스템(PS)과 기관(W) 사이의 공간은 매우 제한적일 수 있음]. 일 실시예에서, 열 파이프의 단단한 부분(120a)은 열 파이프의 유연한 부분(120b)보다 수직 방향에서 더 클 수 있다.
- [0166] 열 파이프는, 예를 들어 워(wick)이 필요하지 않도록 모세관 작용(capillary action)을 통해 유체를 전달하도록 작용하는 뾰족한 에지(sharp edge)들을 갖도록 구성되는 마이크로 열 파이프일 수 있다.
- [0167] 도 7과 관련하여 앞서 설명된 실시예와 마찬가지로, 펠티에 냉각기(100)는 단지 냉각기의 일 예시이며, 여하한 다른 형태의 냉각기가 사용될 수 있다. 냉각기는 리소그래피 장치(LA)(도 1 참조)의 투영 시스템(PS)으로부터 멀리, 예를 들어 투영 시스템으로부터 0.5 미터 이상 멀리 위치될 수 있다.
- [0168] 도 8의 실시예의 다른 장점들은 일반적으로, 도 7과 관련하여 앞서 더 설명된 것들과 대응한다. 멀리 위치된 펠티에 냉각기(100)는 냉각 요소(44)로 하여금 더 낮은 온도로 냉각되게 한다. 이는 냉각 요소가 더 작은 풋프린트를 갖게 하고, 이는 캐비티(48)에서의 가스의 더 높은 압력을 허용한다. 기관 위의 구성요소에 물이 제공되지 않는다. 펠티에 냉각기의 뜨거운 측은 냉각되고 있는 기관의 부근에 위치되지 않는다. 더 적은 구성요소들이 냉각 요소(44)에 필요하여, 냉각 요소의 디자인을 간소화한다.
- [0169] 냉각 시스템의 또 다른 대안적인 실시예가 도 9에 개략적으로 도시된다. 이는 냉각제 루프(coolant loop: 142)를 돌아서 냉각제가 펌핑되는 2-상 냉각 시스템(140)을 포함한다. 냉각제는 액체 형태로부터 증기 형태로의 증발을 통해 냉각 요소(44)로부터 열을 제거한다. 2-상 냉각 시스템은 펌프(144), 예열기(146), 및 콘덴서(148)를 포함한다. 추가적으로, 냉각 시스템은 온도 센서(150) 및 가압된 냉각 유체를 저장하고 루프(142)에 전달되는 냉각제의 압력을 조정하는 어큐뮬레이터(152)를 포함한다.
- [0170] 작동 시, 액체 형태로 있는 냉각제는 펌프(144)에 의해 펌핑되어 예열기(146)를 통한다. 이는 냉각제의 온도를 원하는 온도로 설정한다. 그 후, 냉각제는 냉각 요소(44)에 들어가고 냉각 요소에 걸쳐 진행한다. 냉각제는 냉각 요소(44)로부터 열을 수용하고 증기 형태로 증발한다. 이는 냉각 요소(44)로부터 열을 제거한다. 냉각제 유체는 (예를 들어, 물 또는 몇몇 다른 냉각제를 이용하는 열 교환기를 이용하여) 냉각제로부터 열을 제거하는 콘덴서(148)로 넘어간다. 냉각제는 콘덴서(148)를 통해 진행되는 동안 액체 형태로 응축된다. 그 후, 이제 액체 형태인 응축된 냉각제는 다시 펌프(144)로 넘어가고, 이로부터 다시 한번 루프(142)로 펌핑된다.
- [0171] 루프(142) 내의 냉각제의 상태들은 루프의 라인의 형태에 의해 개략적으로 나타내어진다. 실선은 냉각제가 액체 형태로 있음을 나타낸다. 점선은 냉각제가 적어도 부분적으로 증기 형태로 있음을 나타낸다.
- [0172] 냉각 요소(44)의 온도는 온도 센서에 의해 측정된다. 어큐뮬레이터(152)는 온도 센서(150)에 의해 측정되는 온도에 응답하여 루프(142) 내의 냉각제의 압력을 조정하도록 제어된다. 따라서, 측정된 온도가 너무 높은 경우, 루프(142) 내의 냉각제의 압력은 증가되어, 냉각제가 냉각 요소(44)로부터 더 많은 열을 제거할 것이다. 유사

하게, 온도 센서(150)에 의해 측정된 온도가 너무 낮은 경우, 어큐플레이터(152)는 냉각재의 압력을 감소시키도록 사용되어, 냉각재에 의해 냉각 요소(44)로부터 제거되는 열의 양을 감소시킨다.

- [0173] 2-상 냉각을 제공할 여하한의 적절한 냉각재가 사용될 수 있다. 예를 들어, 냉각재는 CO₂, R134a 또는 R1234ze 일 수 있다.
- [0174] 도 9에 도시된 실시예의 장점은, 냉각 요소(44)에 제공되는 냉각의 양에 신속한 조정을 적용하기 위해 추가 가열기를 필요로 하지 않는다는 것이다[조정은 어큐플레이터(152)를 통해 얻어짐].
- [0175] 도 9의 실시예의 다른 장점들은 일반적으로, 도 7 및 도 8의 실시예들과 관련하여 앞서 더 설명된 것들과 대응한다. 2-상 냉각 시스템(140)은 냉각 요소(44)로 하여금 더 낮은 온도로 냉각되게 한다. 이는 냉각 요소가 더 작은 풋프린트를 갖게 하고, 이는 캐비티(48)에서의 가스의 더 높은 압력을 허용한다. 기관의 부근에 펠티에 냉각기의 뜨거운 측을 갖는 것이 회피된다. 더 적은 구성요소들이 냉각 요소(44)에 필요하여, 냉각 요소의 디자인을 간소화한다.
- [0176] 도 10은 도 7 및 도 8에 도시된 펠티에 냉각기(100) 대신에 냉각 요소(44)로 냉각된 가스를 전달하는 데 사용될 수 있는 냉각기(158)를 개략적으로 도시한다. 냉각기(158)는 가스의 유속을 증가시키는 수축부(162)를 포함한다. 수축부는 가스를 팽창시키고, 이 결과로서 가스의 질량 흐름(mass flow)은 동일하게 유지되지만 부피 흐름(volume flow)은 증가하여, 가스의 온도를 낮춘다.
- [0177] 냉각기(158)의 유입 도관(160)을 통해 진행되는 가스는 거의 실온(예를 들어, 22 °C)에 있을 수 있다. 가스는 수축부(162)를 통과하고, 이는 가스의 유속을 증가시키도록 작용하여 가스의 온도를 낮춘다. 가스가 수축부에 들어가기 전보다 수축부(162) 내에서의 가스 속도가 상당히 더 높기 때문에, 가스 온도는 상당히 더 낮고, 예를 들어 약 2 °C일 수 있다. 수축부는 제 1 열 교환기(164) 내부에 위치된다. 수축부(162) 내부의 가스의 온도가 낮기 때문에, 가스는 제 1 열 교환기(164)로부터 열을 흡수한다. 열 교환기의 온도는, 예를 들어 약 12 °C일 수 있다.
- [0178] 수축부(162)를 떠날 때, 가스는 수축부보다 큰 직경[예를 들어, 제 1 가스 도관(160)과 동일한 직경]을 갖는 제 2 가스 도관(166)에 들어간다. 따라서, 가스는 더 낮은 가스 속도로 감속한다. 가스가 열 교환기(164)로부터 열을 수용했기 때문에, 가스는 이제 그 초기 온도보다 높은 온도를 갖는다. 가스는, 예를 들어 약 32 °C의 온도를 가질 수 있다.
- [0179] 가스는 제 2 가스 도관(166)을 따라 제 2 열 교환기(168)로 진행하고, 여기에서 열이 가스로부터 제거되고 물 [또는 도관(170)에 의해 전달되는 몇몇 다른 유체]로 전달된다. 이는, 예를 들어 약 22 °C의 온도로 가스를 냉각할 수 있다. 그 후, 가스는 제 3 가스 도관(172)을 따라, 다시 열 교환기(164)를 통해 진행한다. 이는 상당한 양만큼, 예를 들어 몇 °C만큼 가스를 냉각한다. 그 후, 예를 들어 약 12 °C의 온도를 가질 수 있는 냉각된 가스는 제 4 가스 도관(174)을 통해 전달된다. 제 4 가스 도관(174)은 냉각 요소(44)에 연결될 수 있다.
- [0180] 대안적인 구성에서, 제 1 열 교환기(164)는 냉각 요소일 수 있다.
- [0181] 수축부(162)의 직경은 높은 유속을 제공하도록 조절될 수 있다. 속도가 음속인 경우, 약 9 °C의 온도 강하가 달성가능할 수 있다. 10 cm 길이 및 5 x 0.5 mm 단면을 갖는 평탄한 튜브(flat tube), 및 180 mbar의 상류 압력 및 20 mbar의 하류 압력이 100 mbar l/s의 수소 유속에서, 처음 9 센티미터에서는 약 300 m/s 및 마지막 센티미터에서는 약 1000 m/s 가스 속도를 달성할 것이다.
- [0182] 도 10에 도시된 실시예의 장점들은 일반적으로, 도 7 내지 도 9와 관련하여 앞서 설명된 장점들과 대응한다. 실시예는 냉각 요소(44)로 하여금 더 낮은 온도로 냉각되게 한다. 이는 냉각 요소가 더 작은 풋프린트를 갖게 하고, 이는 캐비티(48)에서의 가스의 더 높은 압력을 허용한다. 기관의 부근에 펠티에 냉각기의 뜨거운 측을 갖는 것이 회피된다. 더 적은 구성요소들이 냉각 요소(44)에 필요하여, 냉각 요소의 디자인을 간소화한다.
- [0183] 본 발명의 일 실시예에 따른 냉각 요소(202)가 도 11에 단면도로 개략적으로 도시된다. 냉각 요소(202)는 리소 그래피 장치(도 1 참조)의 냉각 장치(40)의 일부를 형성할 수 있다. 도 11에서 데카르트 좌표로 나타낸 바와 같이, 단면은 (Y-방향에서 단면을 나타낸 앞선 도면들과 대조적으로) X-방향을 따라 있다. 냉각 요소(202)는 다른 실시예들과 관련하여 앞서 설명된 특징들을 포함할 수 있다. 간결함을 위해, 이들은 이 실시예의 설명에 포함되지 않는다. 따라서, 예를 들어 실시예는 펠티에 냉각기 및 유체 냉각 시스템과 같은 열 제거 시스템을 포함할 수 있다. 유사하게, 예를 들어 실시예는 회수 메카니즘을 포함할 수 있다. 냉각 요소(202)와 기관 사이의 간격 및 가스 압력에 관하여 앞서 더 설명된 고려사항들이 이 실시예와 관련하여(및 다른 실시예들과 관련

하여) 적용될 수 있다.

- [0184] 냉각 요소(202)는 밸브(208)를 통해 가스를 수용하는 가스 전달 도관(206)에 연결되는 몸체(204)를 포함한다. 몸체(204) 내의 챔버(210)가 가스 전달 도관(206)으로부터 가스를 수용한다. 몸체(204)는 챔버(210)의 최저면을 형성하는 바닥부(212)를 갖는다. 바닥부(212)에는 홀(214)들이 제공되고, 이를 통해 가스가 챔버(210)로부터 흐를 수 있다. 냉각 요소(202)는 기관(W) 위에 위치되고, 홀(214)들 밖으로 나가는 가스는 (화살표로 개략적으로 도시된 바와 같이) 냉각 요소 밑으로부터 흘러나올 때까지 냉각 요소(202)와 기관(W) 사이의 공간을 채운다. 가스는 기관(W)보다 낮은 온도를 갖는다. 가스는 기관(W)으로부터 (기관보다 낮은 온도를 갖는) 냉각 요소(202)로의 열 전달을 촉진한다. 따라서, 가스는 기관을 냉각하도록 작용한다. 냉각 가스라고 칭해질 수 있는 가스는, 예를 들어 수소(또는 불활성 가스)일 수 있다. 냉각 가스[및 냉각 요소(202)]에 사용될 수 있는 적절한 온도가 다른 실시예들과 관련하여 본 명세서의 다른 곳에서 설명된다.
- [0185] 홀(214)들은 바닥부(212) 전체에 걸쳐 분포될 수 있다. 홀(214)은, 예를 들어 직경이 적어도 10 미크론일 수 있다. 홀(214)들은, 예를 들어 직경이 최대 50 미크론일 수 있다. 홀(214)들은 2-차원 어레이로서 제공될 수 있다. 적어도 100 미크론의 간격이 인접한 홀(214)들 사이에 제공될 수 있다. 최대 1 mm의 간격이 인접한 홀(214)들 사이에 제공될 수 있다. X-방향으로의 인접한 홀들 간의 간격은 Y-방향으로의 인접한 홀들 간의 간격과 상이할 수 있다. 홀(214)들은, 예를 들어 레이저 드릴링을 이용하여 형성될 수 있다. 도 11a에는 9 개의 홀들(및 도 12에는 45 개의 홀들)이 도시되지만, 이는 단지 개략적인 예시이며, 여하한 적절한 수의 홀들이 사용될 수 있다.
- [0186] 냉각 요소(202)는 셔터(216)들을 더 포함한다. 셔터(216)들은 X-방향(비-스캐닝 방향)으로 이동가능하고, 챔버(210)의 바닥부(212) 내의 홀(214)들 중 일부를 폐쇄하도록 작용한다. 도 11a에서, 셔터(216)들은 바닥부(212) 내의 홀(214)들을 폐쇄하지 않는 제 1 위치에 있다. 이 위치는 회수 위치라고 칭해질 수 있다. 도 11b에서, 셔터(216)들은 챔버(210)의 바닥부(212) 내의 홀(214)들 중 일부를 폐쇄하는 위치로 이동되었다. 이 위치는 전개 위치라고 칭해질 수 있다. 도 11a와 도 11b를 비교하여 알 수 있는 바와 같이, 냉각 가스가 입사하는 기관 영역의 X-방향 치수는 셔터(216)들이 회수 위치로부터 전개 위치로 이동되는 경우에 감소된다. 이는 도 12와 관련하여 아래에서 설명되는 이유들로 유리하다.
- [0187] 도 12는 아래에서 바라본 냉각 요소(202)를 개략적으로 도시한다. 또한, 도 12에는 리소그래피 장치(LA)(도 1 참조)의 방사선 빔(B)에 의해 조명되는 노광 영역(E)이 도시된다. 냉각 요소(202)의 몸체(204)는 냉각 요소의 바닥부(212)를 둘러싸는 외측 둘레(outer perimeter)를 형성한다. 바닥부(212)에는 냉각 요소(202)의 작동 동안 가스가 흘러나가는 홀(214)들이 제공된다. 냉각 요소(202)의 셔터(216)들은 냉각 요소를 아래에서 바라본 경우에 보이지 않을 것이지만, 여기에서는 도시되어 본 발명의 이해를 용이하게 한다. 셔터들은 (파선으로 도시된) 회수 위치(216a)로부터 (점선으로 도시된) 전개 위치(216b)로 이동가능하다.
- [0188] 리소그래피 장치(LA)(도 1 참조)의 작동 동안, X-방향(비-스캐닝 방향)에서 방사선 빔(B)에 의해 조명되는 노광 영역(E)의 크기는 리소그래피 장치의 조작자에 의해 선택될 수 있다. 이 선택은 리소그래피 장치에 의해 기관(W) 상에서 노광되어야 하는 다이들의 크기에 의해 결정될 수 있다. 노광 영역(E)의 최대 X-방향 치수는, 예를 들어 26 mm일 수 있다(하지만, 다른 최대 X-방향 치수들이 가능함). 최대 X-방향 치수는 도 12에서 X_{max} 로 표시된다. 노광 영역(E)의 최소 X-방향 치수는, 예를 들어 16.5 mm일 수 있다(하지만, 다른 최소 크기들이 가능함). 노광 영역의 최소 크기는 도 12에서 X_{min} 으로 표시된다. 노광 영역(E)의 X-방향 치수는, 예를 들어 알려진 방식으로 마스크 블레이드들(도시되지 않음)을 이용하여 리소그래피 장치(LA)(도 1 참조)의 일루미네이터(IL)에 의해 조정될 수 있다.
- [0189] 냉각 요소(202)의 셔터(216)들은 냉각 가스가 지향되는 영역의 X-방향 치수로 하여금 노광 영역(E)의 X-방향 치수와 대응하도록 조정되게 한다. 따라서, 노광 영역(E)이 최대 크기(X_{max})를 갖는 경우, 셔터(216)들은 회수 위치(216a)에 있다. 기관에 가스를 전달하는 바닥부(212) 내의 홀들의 X-방향 치수는 그때 실질적으로 X_{max} 와 대응한다. 노광 영역(E)이 최소 X-방향 크기(X_{min})를 갖는 경우, 셔터(216)들은 전개 위치(216b)에 있다. 기관 상에 가스를 전달하는 바닥부 내의 홀들의 X-방향 치수는 그때 실질적으로 X_{min} 과 대응한다.
- [0190] X_{max} 와 X_{min} 사이에서 노광 영역(E)의 다른 X-방향 치수들이 가능하다. 셔터(216)들은 이에 따라 회수 위치와 전개 위치 사이의 중간 위치에 배치될 수 있다. 따라서, 셔터(216)들은 냉각 요소(202)가 노광 영역(E)의 X-방향 치수와 대응하는 X-방향 치수를 갖는 영역 상에 냉각 가스를 지향하도록 위치설정가능하다. 냉각 가스가 전달

되는 영역의 X-방향 치수를 노광 영역(E)의 X-방향 치수와 매칭함으로써, 실시예는 노광 영역의 X-방향 에지들을 넘어 연장되는 영역 상으로 냉각 가스를 지향하는 것을 회피한다. 냉각 가스가 노광 영역(E)의 X-방향 에지들을 넘어 연장되는 영역 상에 전달되는 경우, 이는 기관의 원치 않는 왜곡을 야기할 수 있다. 이는 차례로 리소그래피 장치가 기관 상으로 패턴을 투영할 수 있는 정확성을 감소시킬 수 있다. 예를 들어, 냉각 가스는 현재 노광되고 있는 다이에 인접한 다이의 일부분의 냉각을 야기하고, 이에 의해 그 인접한 다이 상으로 후속하여 패턴이 투영되는 경우에 오버레이 정확성을 감소시킬 수 있다. 이 문제는 냉각 가스가 입사하는 영역의 X-방향 치수가 노광 영역(E)의 X-방향 치수와 대응하기 때문에 본 발명의 실시예에 의해 회피된다.

[0191] 본 발명의 예시된 실시예에서, 서터(216)들이 회수 위치(216a)에 있는 경우, 이들은 냉각 요소(202)의 바닥부(212) 내의 홀(214)들 중 어느 것도 폐쇄하지 않는다. 하지만, 반드시 이러한 경우일 필요는 없다. 따라서, 예를 들어 서터(216)들은 회수 위치에 있는 경우에 바닥부(212)의 몇몇 홀(214)들을 폐쇄할 수 있다. 이러한 경우의 여부는 서터들 및 바닥부의 특정한 구성에 의존할 것이다. 여하한 경우, 회수 위치(216a)로부터 전개 위치(216b)로 서터들을 이동시키는 것이 냉각 요소(202)의 바닥부(212) 내의 몇몇 홀(214)들을 폐쇄한다.

[0192] 대안적인 구성에서, 바닥부(212)에 홀들을 제공하는 대신에, 바닥부는 다공성 재료로부터 형성될 수 있다. 이러한 경우, 재료 내의 포어들의 네트워크가 가스로 하여금 바닥부(212) 밖으로 흐르게 한다. 사용될 수 있는 다공성 재료의 예시들은 그래파이트(예를 들어, 네덜란드, 헬몬트의 Xycarb Ceramics에 의해 판매됨) 및 소결 세라믹(예를 들어, 네덜란드, 겔더말스의 Gimex에 의해 판매됨)이다. 다공성 재료의 공극률은 다공성 재료의 표면에 용매와 함께 에폭시 층을 적용함으로써 필요에 따라 감소될 수 있다. 사용되는 용매의 양은 층의 원하는 투과성(permeability)이 달성되도록 선택될 수 있다.

[0193] 다공성 재료의 포어들 및 홀(214)들은 둘 다 가스로 하여금 바닥부(212)를 통과하게 하는 개구부의 예시들인 것으로 간주될 수 있다. 서터(216)들은 개구부들이 홀(214)이든 다공성 재료의 포어들이든 관계없이 동일한 방식으로 동작한다. 따라서, 회수 위치(216a)로부터 전개 위치(216b)로 서터(216)들을 이동시키는 것이 냉각 요소(202)의 바닥부(212) 내의 몇몇 개구부들을 폐쇄한다.

[0194] 도 11 및 도 12에는 단 하나의 냉각 요소(202)만이 도시되지만, 이 실시예에 따른 냉각 요소들은 (예를 들어, 도 3에 도시된 구성과 대응하는 구성으로) 리소그래피 장치의 노광 영역(E)의 양쪽에 제공될 수 있음을 이해할 것이다.

[0195] 예시된 실시예는 2 개의 서터를 갖지만, 어떤 다른 수의 서터들이 사용될 수 있다. 예를 들어, 단일 서터가 사용될 수 있다. 이러한 경우, 서터의 이동과 조합하여 냉각 요소(202)의 약간의 X-방향 이동이 필요할 수 있다. 이는 서터에 의해 폐쇄되지 않은 개구부들이 X-방향에서 노광 영역(E)과 정렬된 채로 있을 것을 보장할 것이다.

[0196] 또 다른 실시예에서(예시되지 않음), 냉각 요소는 일반적으로 도 11 및 도 12에 도시된 바와 같을 수 있지만, 서터(216)들이 존재하지 않는다. 따라서, 냉각 요소는 기관 상으로 가스가 전달되는 개구부들이 제공되는 바닥부를 포함할 수 있다. 개구부들은, 예를 들어 다공성 재료의 포어들 또는 홀들의 어레이일 수 있다.

[0197] 도 13은 도 11 및 도 12에 도시된 실시예와 유사한 기능을 제공하지만 상이한 방식으로 작동하는 본 발명의 대안적인 실시예를 개략적으로 도시한다. 도 13은 본 발명의 일 실시예에 따른 냉각 요소(302)의 개략적인 단면도이다. 도 11과 같이, 단면은 냉각 요소의 X-방향을 따라 있다. 냉각 요소(302)는 3 개의 챔버(306 내지 308)가 제공되는 몸체(304)를 포함한다. 챔버들은 벽(310)들에 의해 서로 분리된다. 챔버들은 외측 챔버들(306, 308) 및 내측 챔버(307)라고 칭해질 수 있다. 각각의 챔버는 연계된 밸브들(도 13에 도시되지 않음)과 함께 상이한 가스 도관에 연결된다. 몸체(304)는 챔버들(306 내지 308)의 최저면을 형성하는 바닥부(312)를 갖는다. 바닥부(312)에는 홀(314)들이 제공되고, 이를 통해 가스가 챔버들(306 내지 308)로부터 흐를 수 있다. 냉각 요소(302)는 기관(W) 위에 위치되고, 홀(314)들 밖으로 나가는 가스는 (화살표로 개략적으로 도시된 바와 같이) 냉각 요소 밑으로부터 흘러나올 때까지 냉각 요소(302)와 기관(W) 사이의 공간을 채운다. 가스는 기관(W)보다 낮은 온도를 갖고, 이에 따라 기관을 냉각하도록 작용한다. 가스는 냉각 가스라고 칭해질 수 있다. 냉각 가스에 사용될 수 있는 적절한 온도가 다른 실시예들과 관련하여 본 명세서의 다른 곳에서 설명된다. 또한, 다른 실시예들과 관련하여 설명된 특징들 및 고려사항들이 이 실시예와 관련하여 사용될 수 있다.

[0198] 도 13a를 참조하면, 챔버들(306 내지 308) 모두에 가스가 전달되도록 가스 도관들 모두에 연결된 밸브들이 개방되어 있을 수 있다. 가스가 챔버들(306 내지 308) 모두에 전달되고 있기 때문에, 가스는 바닥부(312)의 전체 X-방향 치수에 걸쳐 분포된 홀(314)들 밖으로 나간다. 이는 리소그래피 장치의 노광 영역(E)의 최대 X-방향 치수(X_{max})와 대응할 수 있다(도 12의 왼쪽 참조).

- [0199] 도 13b를 참조하면, 외측 챔버들(306, 308)로 통과하는 가스 도관들에 연결된 밸브들이 폐쇄되고, 내측 챔버(307)로 통과하는 가스 도관에 연결된 밸브는 개방될 수 있다. 가스가 외측 챔버들(306, 308)에 전달되지 않기 때문에, 그 외측 챔버들 밑에 위치한 바닥부(312) 내의 홀(314)들을 통한 가스의 흐름은 존재하지 않는다. 내측 챔버(307)의 바닥부(312) 내의 홀(314)들로부터는 가스가 계속해서 흐른다. 따라서, 가스가 전달되는 기관 영역의 X-방향 치수는 도 13a와 비교하는 경우에 도 13b에서 감소된다. 벽(310)들은 내측 챔버(307)로부터 가스가 전달되는 X-방향 치수가 리소그래피 장치의 노광 영역(E)의 최소 X-방향 치수(X_{min})와 대응하도록 위치될 수 있다(도 12의 왼쪽 참조).
- [0200] 벽(310)들은 바닥부(312)로부터 냉각 가스를 수용하지 않는 X-방향 치수 부분을 최소화하기 위해 얇을 수 있다 (예를 들어, 1 mm 두께 미만)[벽(310)들 바로 밑에 있는 바닥부의 부분은 벽들에 의해 냉각 가스의 방출이 차단될 수 있다].
- [0201] 도 13의 냉각 요소(302)는 도 11 및 도 12의 냉각 요소와 관련하여 앞서 설명된 특징들을 통합할 수 있다. 예를 들어, 홀(314)들은 도 11 및 도 12와 관련하여 앞서 설명된 속성들을 가질 수 있다. 바닥부(312)는 다공성 재료로부터 형성될 수 있다. 홀(314)들 및 다공성 재료의 포어들은 냉각 가스가 흐를 수 있는 개구부의 예시들이다.
- [0202] 도 14는 도 13에 예시된 형태의 2 개의 냉각 요소들(302, 303)을 포함하는 냉각 장치(40) 위에서 바라본 단면을 개략적으로 도시한다. 또한, 도 14는 리소그래피 장치의 노광 영역(E) 및 냉각 장치의 가스 도관들을 개략적으로 도시한다. 도 13과 관련하여 앞서 설명된 바와 같이, 냉각 요소들(302, 303)은 각각 내측 챔버(307), 제 1 외측 챔버(306) 및 제 2 외측 챔버(308)를 포함한다. 챔버들(306 내지 308)은 벽(310)들에 의해 서로 분리된다. 제 1 밸브(316)가 2 개의 부분(318a, 318b)으로 분기(branch)하는 제 1 가스 도관(318)에 연결된다. 가스 도관 브랜치들(318a, 318b)은 각각 제 1 냉각 요소(302)의 제 1 외측 챔버(306) 및 제 2 냉각 요소(303)의 제 1 외측 챔버(306)에 연결된다. 제 2 밸브(320)가 제 2 가스 도관(322)에 연결된다. 제 2 가스 도관(322)은 2 개의 브랜치(322a, 322b)로 분할되고, 이들은 각각 제 1 냉각 요소(302)의 제 2 외측 챔버(308) 및 제 2 냉각 요소(303)의 제 2 외측 챔버(308)에 연결된다. 제 3 밸브(324)가 제 3 가스 도관(326)에 연결된다. 제 3 가스 도관(326)은 2 개의 브랜치(326a, 326b)로 분할되고, 이들은 각각 제 1 냉각 요소(302)의 내측 챔버(307) 및 제 2 냉각 요소(303)의 내측 챔버(307)에 연결된다.
- [0203] 도 14a에 개략적으로 도시된 바와 같이, 밸브들(316, 320, 324) 모두가 개방되는 경우, 가스는 냉각 요소(302, 303)의 챔버들(306 내지 308) 모두에 전달된다. 결과로서, 냉각 요소들(302, 303)에 의해 가스가 전달되는 기관의 X-방향 치수는 리소그래피 장치의 노광 영역(E)의 최대 X-방향 치수(X_{max})와 대응한다.
- [0204] 도 14b에서, 제 1 및 제 2 밸브들(316, 320)은 폐쇄되고, 결과로서 가스는 냉각 요소들(302, 303)의 외측 챔버들(306, 308)로 흐르지 않는다. 제 3 밸브(324)는 개방되고, 이에 따라 가스는 냉각 요소들(302, 303)의 내측 챔버(307)로 흐른다. 결과로서, 가스는 외측 챔버들(306, 308) 밖으로 흐르지 않지만, 냉각 요소들(302, 303)의 내측 챔버들(307) 밖으로 흐른다. 따라서, 냉각 가스는 리소그래피 장치에 의해 노광되고 있는 기관의 더 작은 X-방향 치수에 걸쳐 전달된다. 냉각 가스가 전달되는 X-방향 치수는 리소그래피 장치에 의해 조명되는 노광 영역(E)의 X-방향 치수와 대응할 수 있다. 이는 리소그래피 장치의 노광 영역(E)의 최소 X-방향 치수(X_{min})일 수 있다.
- [0205] 따라서, 제 1 및 제 2 밸브들(316, 320)을 개방하고 폐쇄함으로써, 냉각 가스가 전달되는 X-방향 치수가 최대 값과 최소 값 사이에서 전환될 수 있다. 대안적인 구성에서(도시되지 않음), 단일 밸브가 예를 들어 4 개의 도관으로 분할되는 단일 도관을 통해 외측 챔버들(306, 308) 모두에 대한 가스의 흐름을 제어하도록 배치될 수 있다.
- [0206] 도 11 및 도 12의 실시예와 비교하여 도 13 및 도 14의 실시예의 단점은, 냉각 가스가 전달되는 X-방향 치수가 최소 값과 최대 값 사이에 있는 값들로 제어가능하지 않다는 것이다. 따라서, 리소그래피 장치에 의해 사용되는 노광 영역(E)이 최소 치수(X_{min})와 최대 치수(X_{max}) 사이에 있는 X-방향 치수를 갖는 경우, 냉각 요소들(302, 303)에 의해 냉각 가스가 전달되는 기관의 X-방향 치수는 노광 영역(E)과 대응하지 않을 것이다.
- [0207] 도 13 및 도 14의 실시예의 장점은, 냉각 요소들(302, 303)로부터의 가스의 전달을 제어하는 이동가능한 요소들 [즉, 밸브들(316, 320, 324)]이 냉각 요소들 자체로부터 멀리 떨어져 위치된다는 것이다. 대조적으로, 도 11 및 도 12의 실시예에서, 셔터(216)들은 냉각 요소(302) 내부에 위치된다. 도 1로부터 이해하는 바와 같이, 냉

각 요소들(202, 302, 303)은 리소그래피 장치의 기관 테이블(WT) 위에, 및 리소그래피 장치의 투영 시스템(PS) 밑에 위치되는 냉각 장치(40)의 일부분을 형성한다. 이는 비교적 접근하기 어려운 위치이다. 따라서, 도 13 및 도 14의 실시예의 밸브들(316, 320, 324)의 유지보수 및 수리가 도 11 및 도 12의 실시예의 서터들의 유지보수 및 수리보다 상당히 더 쉬울 수 있다.

[0208] 도 15는 본 발명의 대안적인 실시예에 따른 냉각 요소(402)를 개략적으로 도시한다. 본 발명의 다른 실시예들과 마찬가지로, 냉각 요소(402)는 리소그래피 장치의 작동 동안 방사선 빔(B)에 의해 조명되는 노광 영역(E)에 인접하는 위치에서 기관(W) 상으로 냉각 가스를 지향하도록 구성된다. 냉각 요소(402)는 도 15에서 단면도로 개략적으로 도시되고, 도 16에서 아래에서 바라본 도면으로 개략적으로 도시된다. 도 15는 도 16에 비해 확대된다. 몇몇 다른 실시예들과 마찬가지로, 도 15 및 도 16에는 가스 전달 도관이 도시되지 않지만, 실제로 실시예에는 가스 전달 도관을 포함할 것이다. 또한, 다른 실시예들과 관련하여 설명된 특징들 및 고려사항들이 이 실시예와 관련하여 사용될 수 있다.

[0209] 냉각 요소(402)는 챔버(406)가 제공되는 몸체(404)를 포함한다. 챔버(406)는 다공성 재료로부터 형성된 바닥부(408)를 갖는다(적절한 다공성 재료의 예시들이 앞서 더 설명됨). 몸체(404)는 기관(W)을 향해 마주하는 최저면(410)을 갖는다. 최저면(410)의 일부분이 다공성 재료의 바닥부(408)에 의해 형성된다. 실질적으로 평면일 수 있는 몸체(404)의 최저면(410)은, 예를 들어 약 80 미크론일 수 있는 갭(G)만큼 기관(W)으로부터 분리된다. 갭(G)은 예를 들어 200 미크론 미만일 수 있고, 예를 들어 100 미크론 미만일 수 있다. 갭(G)은, 예를 들어 20 미크론보다 클 수 있다.

[0210] 다공성 재료의 바닥부(408)를 통해 전달된 냉각 가스가 기관(W)과 몸체(404)의 최저면(410) 사이의 갭(G)을 채운다. 갭(G)에서의 냉각 가스는 음영 영역(412)에 의해 개략적으로 도시된다. 냉각 가스(412)는, 예를 들어 수소일 수 있다(또는 몇몇 다른 가스일 수 있다). 냉각 가스(412)는 기관의 온도보다 낮은 온도를 갖는다. 냉각 가스(412)는 기관(W)으로부터, 기관의 온도보다 낮은 온도를 갖는 냉각 요소 몸체(404)로의 열 전달을 촉진한다. 따라서, 냉각 가스(412)는 기관(W)을 냉각하도록 작용한다.

[0211] 또한, 도 15의 냉각 요소(402)는 제 1 및 제 2 냉각 유체 채널들(414, 416)을 포함한다. 냉각 유체는 냉각 유체 채널들(414, 416)을 통해 펌핑되어, 냉각 요소(402)로부터 멀리 열을 내보낸다. 냉각 유체는 예를 들어 질소 가스(또는 몇몇 다른 가스)일 수 있고, 예를 들어 약 -100 °C의 온도로 냉각될 수 있다. 질소 가스는, 예를 들어 대기압 이상인(예를 들어, 4 bar보다 큰, 예를 들어 약 8 bar, 예를 들어 12 bar 이하인) 압력에서 유지될 수 있다. 질소(또는 다른 가스)는 0 °C 이하인 온도로 냉각 요소(402)를 냉각하도록 작용한다. 질소(또는 다른 가스)는 -50 °C 이하인 온도로 냉각 요소(402)를 냉각하도록 작용할 수 있고, -70 °C 이하(예를 들어, 약 -100 °C)인 온도로 냉각 요소를 냉각하도록 작용할 수 있다. 냉각 요소(402)가 0 °C 이하, 예를 들어 약 -100 °C인 온도에 유지되기 때문에, 챔버(406) 내의 냉각 가스도 그 온도로 냉각된다. 결과적으로, 다공성 바닥부(408)를 통해 전달되는 냉각 가스(412)가 냉각 요소(402)의 온도와 동일한 온도를 갖는다.

[0212] 냉각 가스는 대기압보다 큰 기관(W)과 냉각 요소(402) 사이의 냉각 가스(412)의 압력을 제공할 속도로 전달된다. 압력은 예를 들어 500 파스칼을 초과할 수 있고, 예를 들어 약 700 파스칼일 수 있다. 압력은, 예를 들어 1000 파스칼 미만일 수 있다. 냉각 가스(412)는, 예를 들어 300 W/m²K보다 큰 열 전달 계수를 제공할 수 있다. 냉각 가스(412)는, 예를 들어 600 W/m²K보다 작은 열 전달 계수를 제공할 수 있다. 냉각 가스(412)는, 예를 들어 약 450 W/m²K의 열 전달 계수를 제공할 수 있다.

[0213] 냉각 요소(402)는 노광 영역(E)의 에지에 인접하여 위치된다. 이 맥락에서, '인접한'이라는 용어는 노광 영역(E)의 에지로부터 1 cm 미만을 의미하는 것으로 해석될 수 있다. 냉각 요소(402)는 노광 영역(E)의 에지로부터 0.5 cm 미만에 있을 수 있고, 노광 영역의 에지로부터 약 1 mm에 있을 수 있다. 냉각 요소(402)는 노광 영역(E)의 에지로부터 1 mm 내지 1 cm 범위 내에 있을 수 있다. 냉각 요소와 노광 영역 간의 간격이 작을수록, 기관 가열에 의해 야기되는 기관의 몇몇 바람직하지 않은 왜곡들이 회피되는 정도가 더 크다.

[0214] 냉각 요소(402)가 노광 영역(E)에 가능한 한 근접하여 위치되기 위해, 냉각 요소는 노광 영역(E)으로부터 원하는 거리에 있는 경우에 방사선 빔(B)과 교차하지 않도록 형상화될 수 있다. 따라서, 예를 들어 이 실시예의 냉각 요소에는 방사선 빔(B)을 향해 마주하는 기울어진 내표면(418)이 제공된다. 기울어진 표면(418)은, 예를 들어 수직에 대한 방사선 빔(B)이 대하는(subtend) 각도와 실질적으로 대응하는 각도로 수직에 대할 수 있다. 이 형상은 냉각 요소(402)가 방사선 빔(B)으로 돌출하는 가장 안쪽 모서리를 갖는 것을 회피한다. 대응하는 형상이 본 발명의 다른 실시예들에 따른 냉각 요소들에 사용될 수 있다.

- [0215] 냉각 요소(402)는 (수직 방향에서 측정되는 경우에) 얇은데, 이는 이것이 냉각 요소로 하여금 방사선 빔과 교차하지 않고 방사선 빔(B)에 더 가까이 위치되게 하기 때문이다. 따라서, 예를 들어 냉각 요소는 3 mm 이하인 수직 방향(z-방향)에서의 두께를 가질 수 있다. 냉각 요소(402)의 두께는, 예를 들어 2 mm 이하일 수 있다. 냉각 요소(402)는 냉각 가스를 수용하는 챔버(406)에 대한 공간을 허용하고, 또한 냉각 유체 채널들(414, 416)에 대한 공간을 허용하도록 충분히 두껍다. 따라서, 냉각 요소(402)에 대한 최소 두께는 예를 들어 약 1 mm일 수 있다.
- [0216] 냉각 요소(402)가 노광 영역(E)에 가까울수록, 기관 가열에 의해 야기되는 기관의 몇몇 바람직하지 않은 왜곡들이 회피되는 정도가 더 크다. 따라서, 예를 들어 냉각 요소(402)와 노광 영역(E)의 에지 간의 3 mm 미만의 간격이 바람직할 수 있다. 2 mm 이하의 간격이 바람직할 수 있는데, 이는 이것이 훨씬 더 효과적인 냉각을 제공하기 때문이다. 1 mm 이하의 간격이 가장 바람직할 수 있지만, 이는 실제로 구현하기가 어려울 수 있다. 예를 들어, 노광 영역(E)의 에지의 위치의 약 0.3 mm의 공차(tolerance)가 존재할 수 있다. 냉각 요소들(402)이 노광 영역(E)에 대해 위치될 수 있는 정확성의, 예를 들어 약 0.3 mm의 공차가 존재할 수 있다. 앞서 언급된 값들은 이를 고려할 수 있다. 따라서, 앞서 언급된 값들은 예를 들어 +/-0.6 mm의 정확성을 가질 수 있다.
- [0217] 냉각 요소(402)의 최저면(410)은, 예를 들어 Y-방향에서 1 mm 내지 3 mm(예를 들어, 1.5 mm 내지 2 mm)로 측정될 수 있다. 냉각 요소(402)의 최저면(410)은, 예를 들어 Y-방향에서 5 mm 미만으로 측정될 수 있다. Y-방향에서의 최저면(410)의 길이는 이것이 기관(W)과 냉각 요소(402) 사이에 위치되는 냉각 가스(412)의 영역을 결정하기 때문에, 기관(W)에 제공되는 냉각의 양에 큰 영향을 미친다. 다공성 재료의 바닥부(408)는, 예를 들어 Y-방향(스캐닝 방향)에서 측정되어 냉각 요소(402)의 내측 에지로부터 약 0.5 mm만큼 분리될 수 있다. 다공성 재료의 바닥부(408)는, 예를 들어 0.3 mm 내지 0.7 mm(예를 들어, 약 0.5 mm)의 Y-방향에서의 길이를 가질 수 있다.
- [0218] 노광 영역(E)에 가까운 위치들에서 냉각을 제공함으로써, 도 15의 실시예는 방사선 빔(B)에 의해 야기되는 가열로 인해 기관이 팽창하는 경향을 감소시킬 수 있다. 이러한 팽창은 특히, 기관이 그 에지에서 기관 테이블(WT)에 의해 덜 잘 억제되는 경향이 있기 때문에, 기관의 에지에서 문제가 된다. 실시예의 추가 이점은, 이것이 기관 테이블(WT)의 버얼들에 제공되어야 하는 강성도 공차(stiffness tolerance)를 완화시킬 수 있다는 것이다(버얼들의 강성도의 필요한 정밀도는 가열로 인한 기관의 팽창과 상호관련있음).
- [0219] 도 16은 노광 영역(E)의 한 측의 제 1 냉각 요소(402) 및 노광 영역의 반대 측의 제 2 냉각 요소(403)를 아래에서 바라본 도면이다. 냉각 요소들은 도 15에 예시된 타입으로 이루어진다. 한 냉각 요소(402)가 방사선 빔(B)에 의해 기관의 영역이 노광되기 전에 그 영역을 냉각하고, 다른 냉각 요소(403)는 영역이 노광된 후에 기관을 냉각한다. 이는 스캐닝 노광의 방향이 바뀌는(swap over) 경우에 바뀔 것이다.
- [0220] 도 16으로부터 이해하는 바와 같이, 다공성 재료로부터 형성된 바닥부(408)의 X-방향 치수는 노광 영역(E)의 X-방향과 대응할 수 있다. 이는, 예를 들어 리소그래피 장치가 조명할 수 있는 노광 영역의 최대 X-방향 치수(X_{max})일 수 있다. 냉각 요소들(402, 403)은 냉각 가스가 전달되는 바닥부(408)의 X-방향 치수를 조정하도록 작동가능한 1 이상의 서티 또는 챔버 또는 다른 구성요소들(도시되지 않음)을 포함할 수 있다.
- [0221] 도 15 및 도 16에 도시된 실시예는 다공성 재료로부터 형성된 바닥부(408)를 갖지만, 다른 실시예들에서 바닥부는 냉각 가스로 하여금 바닥부를 통해 전달되게 하도록 바닥부 내에 제공되는 홀들의 어레이를 갖는 비-다공성 재료로부터 형성될 수 있다. 홀들은 앞선 실시예와 관련하여 앞서 더 언급된 속성들을 포함할 수 있다. 홀들 및 포어들은 냉각 가스가 흐를 수 있는 개구부의 예시들이다.
- [0222] 도 2 내지 도 4에 도시된 본 발명의 실시예들은 캐비티들(48, 49)을 갖는 대신에 기관(W)을 향해 마주하는 바닥부를 포함하도록 변경될 수 있다. 바닥부는 실질적으로 평면일 수 있고, 예를 들어 냉각 요소의 최저면과 동일 평면 상에 있을 수 있다. 바닥부에는 (예를 들어, 홀들의 어레이가 제공되거나 다공성 재료로부터 형성되는) 개구부들이 제공될 수 있다. 챔버는 바닥부 위에 제공될 수 있고, 이로부터 바닥부를 통해 가스가 전달된다.
- [0223] 본 발명의 설명된 실시예들은 2 개의 냉각 요소들을 포함하지만, 본 발명의 다른 실시예들은 다른 수의 냉각 요소들을 포함할 수 있다. 예를 들어, 단일 냉각 요소가 제공될 수 있다. 단일 냉각 요소는, 예를 들어 노광 영역(E)의 한 측을 따라 연장될 수 있다(또는 노광 영역의 한 측을 따라 연장되는 캐비티를 가짐). 이러한 경우, 냉각 요소는 (노광 동안 스캐닝 방향에 의존하여) 노광 전 또는 노광 후에 노광 영역(E)을 냉각할 것이다. 대안적으로, 단일 냉각 요소는 예를 들어 노광 영역의 복수의 측면들 주위에 연장될 수 있다(예를 들어, 노광 영역의 복수의 측면들 주위에 연장되는 개구부들을 갖는 바닥부 또는 캐비티를 가짐). 단일 냉각 요소는, 예를

들어 노광 영역의 둘레 주위에 연장될 수 있다(예를 들어, 노광 영역의 둘레 주위에 연장되는 개구부들을 갖는 바닥부 또는 캐비티를 가짐).

- [0224] 대안적인 예시에서, 2보다 많은 냉각 요소들이 제공될 수 있다. 예를 들어, 4 개의 냉각 요소들이 제공될 수 있고, 하나의 냉각 요소가 노광 영역의 각 예지에 인접하여 제공된다.
- [0225] 본 발명의 대안적인 실시예가 도 17에 개략적으로 도시된다. 도 17의 냉각 장치(70)는 한 쌍의 냉각 요소들(72, 74)을 포함한다는 점에서 앞서 설명된 실시예와 유사하지만, 이 실시예에서는 상이한 냉각 메카니즘이 기관(W)으로부터 열을 제거하는 데 사용된다. 각각의 냉각 요소(72, 74)에는, 기관(W) 상으로 액체의 액적들을 지향하도록 배치되는 노즐들의 어레이(76, 78)가 제공된다. 액체의 액적들은 도 17에서 원(80)들에 의해 개략적으로 도시된다. 액체는 물일 수 있고, 도 17의 실시예는 사용되고 있는 물 액적들과 관련하여 설명된다. 하지만, 여하한 다른 적절한 액체가 사용될 수 있다. 물의 액적들은 기관(W)으로부터 열을 수송하고 기관의 표면으로부터 증발한다. 물 액적들로의 열 전달 및 액적들의 증발은 기관(W)의 냉각을 제공한다. 냉각되고 있는 기관(W)의 구역으로부터의 액적들의 증발은 그 구역이 방사선 빔(B)에 의해 조명되기 전에 완료될 수 있다.
- [0226] 노즐 어레이들(76, 78)은 2-차원 어레이들일 수 있다. 노즐들은, 예를 들어 직사각형 어레이로서 제공될 수 있다(예를 들어, 노즐들이 직사각형 그리드-형 배열을 가짐). 각각의 노즐 어레이(76, 78)는 여하한 적절한 배열을 가질 수 있다. 노즐들은 각각의 어레이(76, 78)에 걸쳐 균등하게 분포될 수 있다. 노즐들은 기관(W) 상에 물 액적들의 균등한 분포를 제공하도록 배치될 수 있다.
- [0227] 앞서 설명된 실시예의 냉각 요소들(42, 44)의 위치설정에 관하여 앞서 더 설명된 고려사항들이 일반적으로 이 실시예의 냉각 요소들(72, 74)의 위치설정과 관련하여 적용된다. 따라서, 예를 들어 냉각 요소들(72, 74)은 스캐닝-방향(즉, Y-방향)에서 방사선 빔(B)의 양쪽에 위치된다. 냉각 요소들(72, 74)은 노광 영역(E)에 인접한다. 이 맥락에서, "인접한"이라는 용어는 노광 영역(E)의 예지로부터 1 cm 미만을 의미하는 것으로 해석될 수 있다. 냉각 요소들(72, 74)은 노광 영역(E)의 예지로부터 0.5 cm 미만에 있을 수 있고, 노광 영역의 예지로부터 약 0.1 cm에 있을 수 있다. 각각의 냉각 요소는 노광 영역(E)을 2등분하는 라인으로부터 3 cm 이하 내에 놓이는 영역을 냉각하도록 구성될 수 있다. 각각의 냉각 요소는 노광 영역의 예지로부터 2 cm 이하 내에 놓이는 영역을 냉각하도록 구성될 수 있다.
- [0228] 앞서 더 설명된 이유들로, Y-방향에서의 노즐 어레이의 크기는 Y-방향에서의 리소그래피 장치의 최대 노광 영역 길이와 같거나 이보다 클 수 있다. 노즐 어레이는, 예를 들어 X-방향에서 약 26 mm 연장되는 영역에 물 액적들을 전달하도록 구성될 수 있다. 각각의 노즐 어레이는, 예를 들어 Y-방향에서 약 5 mm 연장되는 영역에 물 액적들을 전달하도록 구성될 수 있다.
- [0229] 각각의 냉각 요소(72, 74)의 저면[노즐들(76, 78)의 저면들로 여겨질 수 있음] 간의 간격은 상이한 고려사항들이 적용되기 때문에 앞서 더 설명된 실시예보다 상당히 더 클 수 있다. 물 액적들이 노즐들(76, 78)로부터 기관(W)으로 진행함에 따라, 물 액적들의 약간의 증발이 발생할 수 있다. 하지만, 물 액적들이 기관(W)에 도달하기 전에 완전히 기화되지 않는다면, 물 액적들은 기관의 냉각을 어느 정도 제공할 것이다. 발생하는 물 액적들의 증발의 양은 물 액적들의 비행 시간에 의존할 것이며, 이는 차례로 기관(W)과 냉각 요소들(72, 74) 사이의 간격 및 물 액적들의 속력에 의존할 것이다. 1 밀리미터 이상(예를 들어, 최대 약 5 mm)의 간격이, 예를 들어 물 액적 증발의 문제적 양을 야기하지 않고 제공될 수 있다[예를 들어, 기관(W)으로 진행되는 동안 증발은 약 50 % 이하일 수 있고, 10 % 미만일 수 있음]. 더 작은 간격, 예를 들어 50 마이크로 이상이 제공될 수 있다. 앞서 더 명시된 바와 같이, 50 마이크로미터의 간격이 기관(W)과 냉각 요소들(72, 74) 간의 접촉 위험을 실질적으로 제거하기에 충분할 수 있다.
- [0230] 주어진 시간 동안 증발하는 물 액적의 비율은 물 액적의 반경에 의존할 것이다. 본 발명의 실시예들의 물 액적들은, 예를 들어 마이크로 또는 수십 마이크로 급의 직경을 가질 수 있다. 예를 들어, 물 액적들은 약 20 마이크로미터의 직경을 가질 수 있다. 이러한 경우, 물 액적의 절반이 증발하는 데 걸리는 시간은 약 5 ms일 수 있다. 노즐들(76, 78)은 약 10 m/s의 속력으로 기관을 향해 물 액적들을 지향할 수 있다. 노즐들과 기관 간의 간격이 5 mm 인 경우, 물 액적의 약 6 %가 기관(W)에 도달하기 전에 증발할 것이다. 더 적은 증발이 요구되거나 더 낮은 액적 속력이 요구되는 경우, 냉각 요소들(72, 74)과 기관(W) 간의 간격은 이에 따라 감소될 수 있다. 예를 들어, 100 마이크로미터로 간격을 감소시키는 것이 액적들로 하여금 동일한 속력에서 약 0.1 % 증발로 전달되게 할 것이다.
- [0231] 각각의 냉각 요소(72, 74)가 기관으로부터 약 1.5 내지 3 W를 제거하도록 배치될 수 있다. 물의 증발 에너지는

2×10^6 J/kg이다. 따라서, 예를 들어 기관으로부터 2 W를 제거하기 위해, 물 액적들은 약 1 mg/s의 속도로 기관에 전달될 수 있다.

- [0232] 도 17과 관련하여 설명된 실시예는 2 개의 냉각 요소들(72, 74)을 포함하지만, 본 발명의 다른 실시예들은 다른 수의 냉각 요소들을 포함할 수 있다. 예를 들어, 단일 냉각 요소가 제공될 수 있다. 단일 냉각 요소는, 예를 들어 노광 영역(E)의 한 측을 따라 연장되는 노즐 어레이를 가질 수 있다. 이러한 경우, 냉각 요소는 (노광 동안 스캐닝 방향에 의존하여) 노광 전 또는 노광 후에 노광 영역을 냉각할 것이다. 대안적으로, 단일 냉각 요소는 예를 들어 노광 영역의 복수의 측면들 주위에 연장될 수 있다(예를 들어, 노광 영역의 복수의 측면들 주위에 연장되는 노즐 어레이를 가짐). 단일 냉각 요소는, 예를 들어 노광 영역의 둘레 주위에 연장될 수 있다(예를 들어, 노광 영역의 둘레 주위에 연장되는 노즐 어레이를 가짐).
- [0233] 대안적인 예시에서, 2보다 많은 냉각 요소들이 제공될 수 있다. 예를 들어, 4 개의 냉각 요소들이 제공될 수 있고, 하나의 냉각 요소가 노광 영역의 각 예지에 인접하여 제공된다.
- [0234] 적절하다면, 앞서 설명된 실시예와 관련하여 앞서 더 설명된 변동들이 현재 설명된 실시예에 적용될 수도 있음을 이해할 것이다.
- [0235] 설명된 실시예는 물 액적들을 사용하지만, 기관으로부터 증발할 여하한 다른 적절한 액체가 사용될 수 있다. 예를 들어, 액체 형태로 있도록 충분히 낮은 온도 및/또는 충분히 높은 압력에서 유지되는 CO₂, H₂, 또는 불활성 가스가 노즐 어레이로부터 배출될 수 있다.
- [0236] 본 발명의 대안적인 실시예가 가열 장치를 포함한다. 도 18 내지 도 22는 가열 장치의 실시예들을 개략적으로 도시하고, 가열 장치가 사용될 수 있는 방식을 나타낸다. 도 18a는 아래에서 바라본 가열 장치(500)의 개략적인 도면이고, 도 18b는 가열 장치의 가열 요소(502)의 한 측으로부터의 개략적인 도면이다. 리소그래피 장치에 의해 투영된 방사선 빔(B)이 도 18b에 나타내어지고, 방사선 빔에 의해 조명되는 노광 영역(E)이 도 18a에 나타내어진다.
- [0237] 다른 예시된 실시예들과 마찬가지로, 데카르트 좌표가 도 18 내지 도 22에 나타내어지고, 리소그래피 장치에 대해 통상적인 표기법을 사용하며, 즉 Y-방향은 노광 시 기관(W)의 스캐닝 이동의 방향이고, X-방향은 Y-방향을 가로지르고 기관의 평면에 놓이며, Z-방향은 일반적으로 방사선 빔(B)의 광학 축선과 대응한다.
- [0238] 가열 장치(500)는 제 1 가열 요소(502) 및 제 2 가열 요소(504)를 포함한다. 도 18a에 도시된 바와 같이, 제 1 및 제 2 가열 요소들(502, 504)은 동일한 전체 구성을 가질 수 있다. 가열 요소들(502, 504)은 비-스캐닝 방향(즉, X-방향)에서 노광 영역(E)의 반대쪽 단부들에 위치된다. 가열 요소들(502, 504)은 노광 영역(E)에 인접할 수 있다. 이 맥락에서, "인접한"이라는 용어는 노광 영역(E)의 예지로부터 1 cm 미만을 의미하는 것으로 해석될 수 있다. 가열 요소들(502, 504)은 노광 영역(E)의 예지로부터 0.5 cm 미만에 있을 수 있고, 노광 영역의 예지로부터 약 0.1 cm에 있을 수 있다.
- [0239] 각각의 가열 요소들(502, 504)은 그 가열 요소 바로 밑에 놓이는 영역에서의 기관(W)의 국부적인 가열을 제공한다. 또한, 각각의 가열 요소(502, 504)에 의해 가열되는 영역은 그 가열 요소 바로 밑에 위치되는 영역을 넘어 연장될 수 있다. 가열되는 영역은 점선들(506, 508)에 의해 도 18a에 개략적으로 도시된다. 각각의 가열 요소(502, 504)는 적외 방사선을 방출하도록 구성되는 LED들의 어레이(510, 512)를 포함한다. 도시된 LED들의 어레이들(510, 512)은 각각 12 개의 LED들을 포함하지만, 여하한 적절한 수의 LED들이 사용될 수 있다.
- [0240] 도 18b는 한 측으로부터 바라본 가열 요소들(502) 중 하나를 도시한다. 알 수 있는 바와 같이, LED들(510)은 적외 방사선 빔들(514)을 방출한다. 적외 방사선 빔들(514)은 발산(diverge)하고, 이에 따라 가열 요소(502)의 풋프린트를 넘어 연장되는 기관(W) 상의 영역(506)을 조명한다. 도 18b에 개략적으로 도시된 바와 같이, 적외 방사선 빔들(514) 중 적어도 하나가 방사선 빔(B)의 예지와 오버랩될 수 있다. 따라서, 가열 장치(500)는 노광 영역(E)과 오버랩되는 영역을 가열할 수 있다.
- [0241] 일반적으로, 가열 요소(502, 504)의 열 방출기(heat emitter)는 열을 수용하는 기관 상의 영역(506, 508)이 가열 요소의 풋프린트를 넘어 연장되도록 바깥쪽으로 약간 발산하여 열을 방출하도록 구성될 수 있다.
- [0242] 가열 요소(502)는 기관(W)에 국부적인 가열을 전달하고, 이는 방사선 빔(B)에 의해 조명되는 (X-방향에서의) 노광 영역(E)의 예지의 바로 바깥에 있는 기관의 부분을 가열하도록 작용한다. 결과로서, 기관(W)의 온도는 노광 영역(E)의 예지에서 빠르게 떨어지지 않고, 그 대신 더 느리게 감소한다. 이는 그렇지 않은 경우 이러한 온도 강하에 의해 야기될 기관의 왜곡이 감소되기 때문에 유리하다. 이는 패턴이 리소그래피 장치(LA)에 의해 기관

(W) 상으로 투영될 수 있는 정확성의 개선을 가능하게 한다(이는 리소그래피 장치의 오버레이 성능의 개선을 제공할 수 있음).

- [0243] 도 19는 리소그래피 장치의 방사선 빔(B)에 의해 노광되는 노광 영역(E)을 개략적으로 도시하고, 추가하여 가열 장치의 가열 요소들에 의해 가열되는 영역들(506, 508)을 개략적으로 도시한다. 도 19에서 알 수 있는 바와 같이, 가열되는 영역들 중 하나(506)가 노광 영역의 X-방향에서의 한 측의 노광 영역(E)에 인접하고, 다른 가열되는 영역(508)이 X-방향에서의 반대 측의 노광 영역(E)에 인접한다. 앞서 언급된 바와 같이, 가열 요소들은 노광 영역(E)의 X-방향 에지들에서 존재할 수 있는 열 구배가 존재하지 않도록(또는 감소되도록) 기관을 가열한다. 그 대신, 이 열 구배들은 X-방향에서 바깥쪽으로, 노광 영역(E)으로부터 말단에 있는 가열되는 영역들(506, 508)의 에지들로 이동된다. 이 에지들은 방사선 빔(B)에 의해 노광되고 있지 않기 때문에, 이 에지들에서의 열 구배들의 존재는 패턴들이 기관(W) 상으로 투영되는 정확성에 큰 영향을 미치지 않는다.
- [0244] 일 실시예에서, 가열되는 영역들(506, 508)은 노광 영역(E)의 X-방향 에지들과 오버랩될 수 있다. 노광 영역(E)은 선명한 에지(sharp edge)를 갖는 것으로 도시되지만, 실제로는 방사선 빔(B)의 세기가 X-방향에서 감소함에 따라 흐릿한 에지(blurred edge)를 가질 수 있다. 유사하게, 가열되는 영역들(506, 508)은 선명한 에지들로 도시되지만, 적외 방사선 빔들(514)에 의해 제공되는 열이 X-방향에서 점진적으로 떨어지는 흐릿한 에지들을 가질 수 있다. 가열 요소들(502, 504)은 가열되는 영역들(506, 508)의 X-방향에서의 흐릿한 에지들이 노광 영역(E)의 흐릿한 에지들과 오버랩되도록 구성될 수 있다. 따라서, 방사선 빔(B)에 의해 가열되는 영역으로부터 가열 요소(502, 504)에 의해 가열되는 영역으로 X-방향에서의 점진적 전이(gradual transition)가 존재할 수 있다.
- [0245] 가열 요소들(502, 504)은 (앞서 명시된 바와 같은) 적외 방사선을 방출하도록 구성될 수 있는데, 이는 적외 방사선이 리소그래피 레지스트에 대해 화학작용을 하지 않기 때문이다. 방사선의 다른 비-화학적(non-actinic) 파장들이 가열 요소들(502, 504)에 의해 방출될 수 있다. 예시된 실시예는 기관(W)에 열을 전달하는 방사선 빔들(514)을 제공하기 위해 LED들(510, 512)을 사용하지만, 여하한 적절한 형태의 열 방출기가 기관 상으로 열을 방출하는 데 사용될 수 있다. 또한, 가열 영역은 스캐닝 방향에서 노광 영역보다 큰 크기를 가질 수 있다. 가열 영역에서의 가열은 균일할 필요는 없다.
- [0246] 가열 장치(500)는 투영 시스템(PS)의 하우징에 장착될 수 있다. 이는, 예를 들어 도 1에 개략적으로 도시된 냉각 장치(40)의 장착과 일반적으로 대응하는 방식으로 행해질 수 있다. 냉각 영역들은 가열이 적용되는 경우에 X-방향에서 더 클 수 있으며, 즉 이들은 도 18의 506 + E + 508까지 포함하는(feature) X-방향에서의 폭까지 연장될 수 있다.
- [0247] 도 20 및 도 21은 도 18에 도시된 가열 장치 대신에 사용될 수 있는 가열 장치의 대안적인 실시예들을 개략적으로 도시한다. 먼저 도 20을 참조하면, 가열 장치(600)는 제 1 레이저(602) 및 제 2 레이저(604)를 포함하고, 이들은 기관(W) 상에 입사하는 레이저 빔들(L)을 출력하도록 구성된다. 레이저 빔들(L)은 리소그래피 장치의 방사선 빔(B)에 의해 조명되는 노광 영역(E)의 양쪽의 영역들(606, 608)을 조명한다. 조명되는 영역들(606, 608)은 노광 영역(E)에 인접할 수 있다. 레이저들(602, 604)은 가열 요소의 예시들이다.
- [0248] 레이저 빔들(L)은 일반적으로 도 19에 도시된 영역들(506, 508)과 대응하는 기관(W) 상의 영역들(606, 608)을 조명한다. 이 영역들의 형상 및 크기는 광학기들(603, 605)에 의해 결정될 수 있다. 광학기들(603, 605)은 기관(W) 상으로 레이저 빔들을 지향하는 데 사용되는 거울들을 포함할 수 있다. 레이저 빔들(L)은, 예를 들어 적외선 레이저 빔들일 수 있다. 레이저 빔들(L)은 몇몇 다른 비-화학적 파장을 가질 수 있다. 레이저 빔들(L)은 기관(W)에 국부적인 가열을 전달하고, 이는 방사선 빔(B)에 의해 조명되는(X-방향에서의) 노광 영역(E)의 에지 바로 밖에 있는 기관의 부분을 가열하도록 작용한다. 결과로서, 기관(W)의 온도는 노광 영역(E)의 에지에서 빠르게 떨어지지 않고, 그 대신 더 느리게 감소한다. 이는, 그렇지 않은 경우 이러한 온도 강하에 의해 야기될 기관의 왜곡이 감소된다는 장점을 제공한다. 이는 차례로 패턴이 리소그래피 장치(LA)에 의해 기관(W) 상으로 투영될 수 있는 정확성의 개선을 제공한다(이는 리소그래피 장치의 오버레이 성능의 개선을 제공할 수 있음). 이는 도 19와 관련하여 앞서 더 상세히 설명된다.
- [0249] 레이저 빔들(L)에 의해 조명되는 기관(W) 상의 영역들(606, 608)은 노광 영역(E)의 X-방향 에지들과 오버랩될 수 있다. 노광 영역(E)은 방사선 빔(B)의 세기가 X-방향에서 감소하는 흐릿한 에지를 가질 수 있다. 유사하게, 레이저 빔들(L)에 의해 조명되는 영역들(606, 608)은 레이저 빔들의 세기가 X-방향에서 감소하는 흐릿한 에지들을 가질 수 있다. 레이저 빔들(L)은 레이저 빔들에 의해 조명되는 영역들(606, 608)의 X-방향에서의 흐릿한 에지들이 노광 영역(E)의 흐릿한 에지들과 오버랩되도록 위치될 수 있다. 따라서, 리소그래피 장치

의 방사선 빔(B)에 의해 가열되는 영역(E)으로부터 레이저 빔들(L)에 의해 가열되는 영역들(606, 608)로 X-방향에서의 점진적 전이가 존재할 수 있다.

- [0250] 레이저 빔들(L)은 투영 시스템 하우징의 바닥부(618) 내의 개구부(619)를 통해 진행한다. 개구부(619)는 주로 리소그래피 장치의 방사선 빔(B)으로 하여금 투영 시스템 하우징을 나가고 기관(W)에 입사하게 하도록 제공된다. 하지만, 레이저 빔들(L)도 개구부(619)를 이용한다. 레이저 빔들(L)은, 예를 들어 도 20에 개략적으로 도시된 바와 같이 (예를 들어, X-방향에서) 서로 교차할 수 있다.
- [0251] 레이저들(602, 604)은 리소그래피 장치(도 1 참조)의 투영 시스템(PS)의 하우징(616) 내에 제공될 수 있다. 하우징 내의 환경은 진공 환경일 수 있고, 진공 환경에서 사용하기에 적절한 레이저들(예를 들어, 중대한 가스배출을 겪지 않는 레이저들)이 선택될 수 있다. 대안적인 접근법에서, 레이저들은 투영 시스템의 하우징(616) 외부에 위치되고, 레이저 빔들은 투영 시스템 하우징의 벽에 제공되는 1 이상의 윈도우를 통과할 수 있다. 이는 도 21에 개략적으로 도시된다.
- [0252] 도 21을 참조하면, 도 20과 관련하여 앞서 설명된 것과 대응하는 방식으로 작동하도록 구성되지만, 레이저들(620, 622)이 투영 시스템의 하우징(616) 외부에 위치되는 가열 장치(600)의 일 실시예가 도시된다. 레이저들(620, 622)은 가열 요소의 예시들인 것으로 간주될 수 있다. 레이저들(620, 622)은 하우징(616)으로부터 멀리 위치되고, 그 먼 위치들로부터 투영 시스템 하우징(616)까지 진행하는 레이저 빔들(L)을 제공할 수 있다. 투영 시스템 하우징(616)에 윈도우(624)가 제공된다. 윈도우(624)는, 예를 들어 석영 또는 몇몇 다른 적절한 재료로부터 형성될 수 있고, 레이저 빔들(L)의 파장에서 실질적으로 투명하다. 투영 시스템 하우징(616) 내에 위치한 거울들(626, 628)이 레이저 빔들(L)을 수용하고 반사시키도록 구성된다. 거울들(626, 628)은 노광 영역(E)의 (X-방향에서) 양쪽의 기관(W) 상으로 레이저 빔들(L)을 지향하도록 방위가 정해진다. 따라서, 레이저 빔들(L)은 (예를 들어, 노광 영역에 인접한) 노광 영역(E)의 양쪽 영역들(606, 608)을 조명한다. 조명되는 영역들(606, 608)의 형상 및 크기는 레이저들(620, 622)의 하류에 위치되는 광학기들(621, 623)에 의해 결정될 수 있다.
- [0253] 거울들(626, 628)은 마운팅(mounting: 630, 632)에 의해 유지된다. 마운팅들은 거울들(626, 628)의 방위들이 고정되도록 고정될 수 있다. 대안적으로, 마운팅들(630, 632)은, 거울들(626, 628)의 방위들을 조정하도록 구성되는 액추에이터들을 포함할 수 있다. 액추에이터들은 제어기(도시되지 않음)에 의해 제어될 수 있다. 액추에이터들이 제공되는 경우, 이 액추에이터들은 레이저 빔들(L)이 기관(W)에 입사하는 위치를 변화시키는 데 사용될 수 있다. 이 위치 조정은, 예를 들어 리소그래피 장치의 조작자에 의해 감소된 X-방향 치수를 갖는 노광 영역(E)이 선택되는 경우에 사용될 수 있다. 유리하게는, 이는 레이저 빔들(L)에 의해 조명되는 영역들(606, 608)이 계속해서 노광 영역(E)의 예시들에 인접할 것을 보장할 수 있다.
- [0254] 액추에이터들 상의 거울들은 여하한의 적절한 위치들에 제공될 수 있고, 기관(W) 상의 조명되는 영역들(606, 608)의 위치들을 제어하는 데 사용될 수 있다.
- [0255] 도 20 및 도 21의 실시예들은 2 개의 레이저를 갖지만, 여하한의 적절한 수의 레이저들이 사용될 수 있다. 예를 들어, 단일 레이저가 단일 레이저 빔을 제공하는 데 사용될 수 있으며, 이는 이후 (예를 들어, 빔 스플리터를 이용하여) 2 개의 빔으로 분할되어, 제 1 레이저 빔은 한 기관 영역(606)을 조명할 수 있고, 다른 레이저 빔은 제 2 기관 영역(608)을 조명할 수 있도록 한다.
- [0256] 가열 장치(500, 600)에 의해 조명되는 영역들(506, 508, 606, 608)의 Y-방향 크기는, 일반적으로 방사선 빔(B)에 의해 조명되는 노광 영역(E)의 Y-방향 크기와 대응할 수 있다. 이는 가열 장치로 하여금 방사선 빔(B)에 의해 열이 전달되는 방식과 대응하는 방식으로 노광 영역(E)의 양 단부에 열을 전달하게 하기 때문에 유리하다.
- [0257] 가열 장치(500, 600)의 가열 요소들은 방사선 빔(B)이 기관(W)에 입사하지 않는 경우에 꺼질 수 있다. 이는, 예를 들어 기관(W)이 타겟부의 노광 후 및 다음 타겟부의 노광 전에 이동되고 있는 경우에 발생할 수 있다. 이는 방사선 빔(B)이 기관을 가열하고 있지 않은 경우에 가열 장치(500, 600)를 이용하여 기관(W)을 가열해야 하는 이점이 없기 때문에 유리하다.
- [0258] 도 22는 타겟부(C)들의 어레이로 나누어진 기관(W)을 개략적으로 도시한다. 기관(W)의 종래의 스캐닝 노광에서는, X-방향에서의 기관의 인접한 타겟부(C)들이 직렬로(in series) 노광되는 사행 경로가 사용된다. 본 발명의 일 실시예에 따른 가열 장치(500, 600)가 사용되는 경우, 상이한 형태의 사행 경로가 사용될 수 있고, 이때 X-방향에서의 인접한 타겟부들은 노광되지 않는다. 그 대신, 적어도 하나의 개재된 타겟부에 의해 X-방향에서 분리되어 있는 타겟부들이 노광될 수 있다. 이러한 일 예시가 도 22에 개략적으로 도시된다. 도 22에서, 화살표

들은 타겟부들의 스캐닝 노광의 방향을 도시한다. 따라서, 라벨링된 열(labelled row)의 타겟부들을 참조하면, C1이 +Y-방향으로 스캐닝 노광에 의해 노광되고, 그 후 C3이 -Y-방향으로 스캐닝 노광에 의해 노광된다. C2는 가열 장치(500, 600)로부터 열을 수송했고, 이에 따라 약간의 국부적인 왜곡을 포함할 수 있기 때문에 노광되지 않는다. 그 후, C5가 +Y-방향으로 스캐닝 노광에 의해 노광되고, 그 다음 C7이 -Y-방향으로 스캐닝 노광에 의해 노광된다. C4 및 C6은 가열 장치(500, 600)로부터 열을 수송했고, 약간의 국부적인 왜곡을 포함할 수 있기 때문에 노광되지 않는다.

[0259] 도 22에 화살표들을 포함하는 타겟부들 모두가 노광되었으면, 다른 타겟부들이 노광될 수 있다. 이 접근법은 시간으로 하여금 가열 장치(500, 600)에 의해 타겟부들에 전달된 열이 리소그래피 장치를 이용하여 그 타겟부들이 노광되기 전에 방산하게 하기 때문에 유리하다.

[0260] 가열되는 영역들(506, 508, 606, 608)의 X-방향 크기는 노광 영역(E)의 X-방향 크기보다 작을 수 있다. 이는 주어진 가열 요소가 동시에 다수 타겟부들을 가열하는 것을 회피하기 때문에 유리하다. 도 22를 참조하면, 가열되는 영역(506, 508, 606, 608)이 노광 영역의 X-방향 크기보다 더 연장되는 경우, 예를 들어 타겟부(C3)가 타겟부(C1)의 노광 동안 가열된다는 것을 이해할 것이다. 이 가열은 타겟부(C3)의 노광 동안 존재할 타겟부(C3)의 원치 않는 왜곡을 야기할 것이다.

[0261] 각각의 가열되는 영역(506, 508, 606, 608)의 X-방향 크기는 노광 영역(E)의 X-방향 크기의 절반보다 작을 수 있다.

[0262] 가열 장치(500, 600)는 앞서 더 설명된 냉각 장치(40)와 조합하여 사용될 수 있다. 냉각 장치(40) 및 가열 장치(500, 600)의 조합된 사용은 냉각 장치의 효과가 가열 장치의 효과를 상쇄하기 때문에 순 이익(net benefit)을 제공하지 않는 것으로 예상될 수 있다. 하지만, 이는 그렇지 않다. 냉각 장치(40) 및 가열 장치(500, 600)는 상이한 유리한 효과들을 얻기 위해 노광 영역(E)에 대한 상이한 위치들에 제공될 수 있다. 따라서, 예를 들어 가열 장치(500)의 가열 요소들(502, 504)은 노광 영역(E)의 X-방향 단부들에 제공되어, 노광 영역의 에지들에서 일어나는 왜곡을 감소시킬 수 있다. 에지 효과라고 칭해질 수 있는 이 왜곡은 노광 영역(E)의 Y-방향 에지들에서 중요한 문제가 아니다. 이는, 노광 영역(E)에 대한 기관(W)의 스캐닝 이동이 에지 효과들이 일어나지 않도록 Y-방향에서 기관(W)에 전달되는 방사선을 평균하기 때문이다. 따라서, 노광 영역(E)의 Y-방향 에지들에 냉각 장치(40)를 제공하는 것이 Y-방향 에지들에 에지 효과들을 야기하지 않고 앞서 더 설명된 유리한 효과들을 제공할 것이다. 그러므로, 가열 장치(500)는 노광 영역(E)의 X-방향 단부들에 제공될 수 있고, 냉각 장치(40)는 노광 영역의 적어도 하나의 Y-방향 단부에 제공될 수 있다. 가열 장치(500) 및 냉각 장치(40)는 단일 유닛을 형성하도록 함께 연결될 수 있다.

[0263] 본 명세서에서 기관의 표면에 대한 언급들은 기관 상에 제공된 레지스트의 표면을 칭하는 것으로 해석될 수 있다.

[0264] 앞서 명시된 바와 같이, 기관 테이블(WT)의 버열들의 표면 위에서의 기관(W)의 미끄러짐은 투영된 패턴이 앞서 투영된 패턴과 정렬되는 (일반적으로, 오버레이라 하는) 정확성을 감소시킬 수 있다. 앞서 설명된 실시예들을 이용하는 것이 버열들 위에서의 기관(W)의 미끄러짐을 감소시키거나 방지할 수 있다. 추가적으로 또는 대안적으로, 버열들 위에서의 기관(W)의 미끄러짐은 기관이 배치될 기관 테이블(WT)의 온도 이상인 온도로 기관을 가열함으로써 감소되거나 방지될 수 있다. 예를 들어, 기관(W)은 온도 조정 유닛(AU)(도 1 참조)에 의해, 기관 테이블(WT)의 온도보다 약 100 mK 높은 온도로 가열될 수 있다. 온도 조정 유닛(AU)은 원하는 온도에 유지되는 플레이트를 포함할 수 있다. 기관(W)이 플레이트 상에 배치되는 경우에 이는 플레이트의 온도로 가열된다. 그 후, 가열된 기관(W)은 기관 테이블(WT) 상에 배치되고, 기관 테이블의 일부분을 형성하는 클램프(예를 들어, 정전기 클램프)를 이용하여 기관 테이블에 클램핑된다. 그 후, 기관은 기관 테이블의 온도로 냉각되어, 기관으로 응력을 도입한다. 기관으로 도입되는 응력은 기관의 중심을 향해 안쪽으로 기관의 외측 에지를 당기는 경향이 있다. 기관이 방사선 빔(B)을 이용하여 패터닝되는 경우, 이는 기관을 가열하고 기관의 중심으로부터 바깥쪽으로 기관의 외측 에지를 밀어내는 경향이 있는 응력을 도입한다. 기관의 냉각 동안 이미 도입된 응력은 적어도 부분적으로 기관의 가열에 의해 야기되는 응력을 상쇄하여, 기관이 겪는 누적 응력을 감소시킬 것이다. 이는 특히 기관의 외측 에지 부근에서의 경우이다. 누적 응력의 감소는, 특히 기관의 외측 에지의 부근에서 기관 테이블(WT)의 버열들 위에서의 기관(W)의 미끄러짐을 감소시키거나 방지한다. 이는, 미끄러짐이 기관의 외측 에지의 부근에서 발생할 가능성이 가장 크기 때문에 유리하다(클램프는 다른 위치들보다 기관의 외측 에지의 부근에서 더 적은 힘을 적용할 수 있음).

[0265] 앞선 예시에서 온도 조정 유닛(AU)은 100 mK만큼 기관을 가열하지만, 온도 조정 유닛은 다른 양만큼 기관을 가

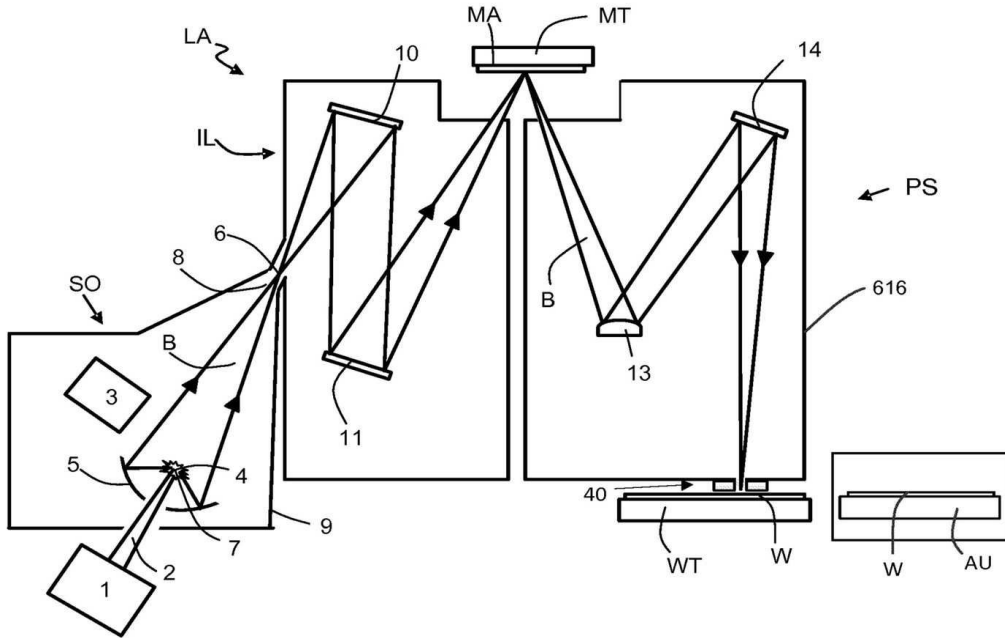
열할 수 있다. 예를 들어, 온도 조정 유닛은 최대 약 0.5 K만큼 기판을 가열할 수 있다.

- [0266] 본 발명의 실시예들의 개략적인 예시들에서, 노광 영역(E)은 직사각형으로서 도시된다. 이는 예시의 용이함을 위한 것이며, 노광 영역(E)은 몇몇 다른 형상을 가질 수 있음을 이해할 것이다. 노광 영역(E)은, 예를 들어 X-방향을 따라 약간의 곡률을 포함할 수 있다(예를 들어, 이는 일반적으로 바나나와 유사한 형상을 가질 수 있음).
- [0267] 일 실시예에서, 본 발명은 마스크 검사 장치의 일부분을 형성할 수 있다. 마스크 검사 장치는 마스크를 조명하도록 EUV 방사선을 사용하고, 마스크로부터 반사되는 방사선을 모니터링하도록 이미징 센서를 사용할 수 있다. 이미징 센서에 의해 수용되는 이미지들은 마스크 내에 결함들이 존재하는지의 여부를 결정하는 데 사용된다. 마스크 검사 장치는 EUV 방사선 소스로부터 EUV 방사선을 수용하고 이를 마스크에 지향될 방사선 빔으로 형성하도록 구성되는 광학기(예를 들어, 거울들)를 포함할 수 있다. 마스크 검사 장치는 마스크로부터 반사되는 EUV 방사선을 수집하고 이미징 센서에 마스크의 이미지를 형성하도록 구성되는 광학기(예를 들어, 거울들)를 더 포함할 수 있다. 마스크 검사 장치는 이미징 센서에서의 마스크의 이미지를 분석하고, 그 분석으로부터 마스크에 여하한의 결함들이 존재하는지의 여부를 결정하도록 구성되는 프로세서를 포함할 수 있다. 또한, 프로세서는 마스크가 리소그래피 장치에 의해 사용되는 경우, 검출된 마스크 결함이 기판 상에 투영되는 이미지들에 허용될 가능한 결함을 야기할지의 여부를 결정하도록 구성될 수 있다.
- [0268] 일 실시예에서, 본 발명은 메트롤로지 장치의 일부분을 형성할 수 있다. 메트롤로지 장치는 기판 상에 이미 존재하는 패턴에 대한 기판 상의 레지스트 내에 형성된 투영 패턴의 정렬을 측정하는 데 사용될 수 있다. 이 상대 정렬 측정은 오버레이라고 칭해질 수 있다. 메트롤로지 장치는, 예를 들어 리소그래피 장치에 인접하여 위치될 수 있고, 기판(및 레지스트)이 처리되기 전에 오버레이를 측정하는 데 사용될 수 있다.
- [0269] 본 명세서에서는, 리소그래피 장치와 관련하여 본 발명의 실시예들의 특정 사용예를 언급하였지만, 본 발명의 실시예들은 다른 장치에서 사용될 수 있다. 본 발명의 실시예들은 마스크 검사 장치, 메트롤로지 장치, 또는 웨이퍼(또는 다른 기판) 또는 마스크(또는 다른 패턴링 디바이스)와 같은 대상물을 측정하거나 처리하는 여하한의 장치의 일부분을 형성할 수 있다. 이 장치들은 일반적으로 리소그래피 툴이라고 칭해질 수 있다. 이러한 리소그래피 툴은 진공 조건들 또는 주위(비-진공) 조건들을 이용할 수 있다.
- [0270] "EUV 방사선"이라는 용어는 4 내지 20 nm 범위, 예를 들어 13 내지 14 nm 범위 내의 파장을 갖는 전자기 방사선을 포괄하는 것으로 간주될 수 있다. EUV 방사선은 10 nm 미만, 예를 들어 6.7 nm 또는 6.8 nm와 같은 4 내지 10 nm 범위 내의 파장을 가질 수 있다.
- [0271] 도 1 및 도 2는 레이저 생성 플라즈마(LPP) 소스로서 방사선 소스(SO)를 도시하지만, 여하한의 적절한 소스가 EUV 방사선을 발생시키는 데 사용될 수 있다. 예를 들어, 연료(예를 들어, 주석)를 플라즈마 상태로 전환하기 위해 전기적 방전을 이용함으로써 EUV 방출 플라즈마가 생성될 수 있다. 이 타입의 방사선 소스는 방전 생성 플라즈마(DPP) 소스라고 칭해질 수 있다. 전기적 방전은 파워 공급기에 의해 발생될 수 있으며, 이는 방사선 소스의 일부분을 형성할 수 있거나, 전기 연결을 통해 방사선 소스(SO)에 연결되는 별도 개체일 수 있다.
- [0272] 본 명세서에서는 IC 제조에 있어서 리소그래피 장치의 특정 사용예에 대하여 언급되지만, 본 명세서에 서술된 리소그래피 장치는 다른 적용예들을 가질 수 있다는 것을 이해하여야 한다. 가능한 다른 적용예들은 집적 광학 시스템, 자기 도메인 메모리용 안내 및 검출 패턴, 평판 디스플레이(flat-panel display), 액정 디스플레이(LCD), 박막 자기 헤드 등의 제조를 포함한다.
- [0273] 본 발명의 실시예들은 하드웨어, 펌웨어, 소프트웨어 또는 여하한의 그 조합으로 구현될 수 있다. 또한, 본 발명의 실시예들은 기계-관독가능한 매체 상에 저장된 명령어들로서 구현될 수 있으며, 이는 1 이상의 프로세서에 의해 관독되고 실행될 수 있다. 기계-관독가능한 매체는 기계(예를 들어, 연산 디바이스)에 의해 관독가능한 형태로 정보를 저장하거나 전송하는 여하한의 메카니즘을 포함할 수 있다. 예를 들어, 기계-관독가능한 매체는 ROM(read only memory); RAM(random access memory); 자기 디스크 저장 매체; 광학 저장 매체; 플래시 메모리 디바이스들; 전기, 광학, 음향 또는 다른 형태의 전파 신호(propagated signal)(예를 들어, 반송파, 적외선 신호, 디지털 신호 등), 및 그 밖의 것들을 포함할 수 있다. 또한, 펌웨어, 소프트웨어, 루틴(routine), 및 명령어들은 본 명세서에서 소정 동작을 수행하는 것으로서 설명될 수 있다. 하지만, 이러한 설명들은 단지 편의를 위한 것이며, 이러한 동작은 사실상 연산 디바이스, 프로세서, 제어기, 또는 펌웨어, 소프트웨어, 루틴, 명령어 등을 실행하는 다른 디바이스로부터 일어난다는 것을 이해하여야 한다.
- [0274] 이상 본 발명의 특정 실시예들이 설명되었지만, 본 발명은 설명된 것과 다르게 실시될 수 있음을 이해할

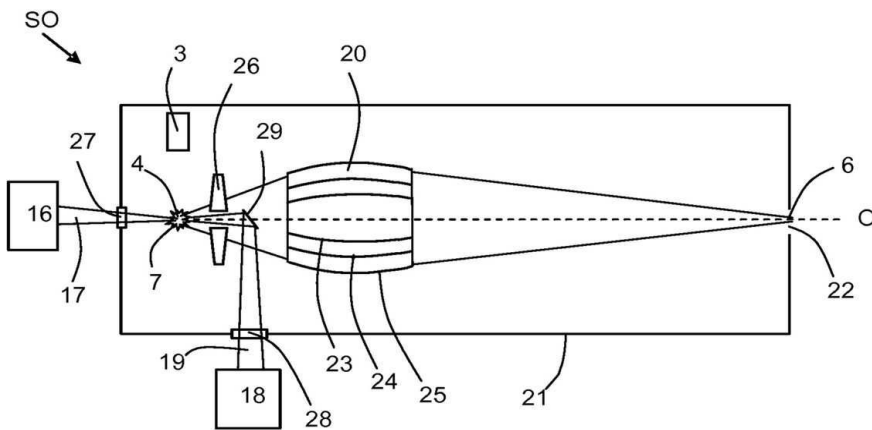
것이다. 상기 서술내용은 예시를 위한 것이지, 제한하려는 것이 아니다. 따라서, 당업자라면 아래에 설명되는 청구항들의 범위를 벗어나지 않고 서술된 본 발명에 대한 변형예가 행해질 수도 있음을 이해할 것이다.

도면

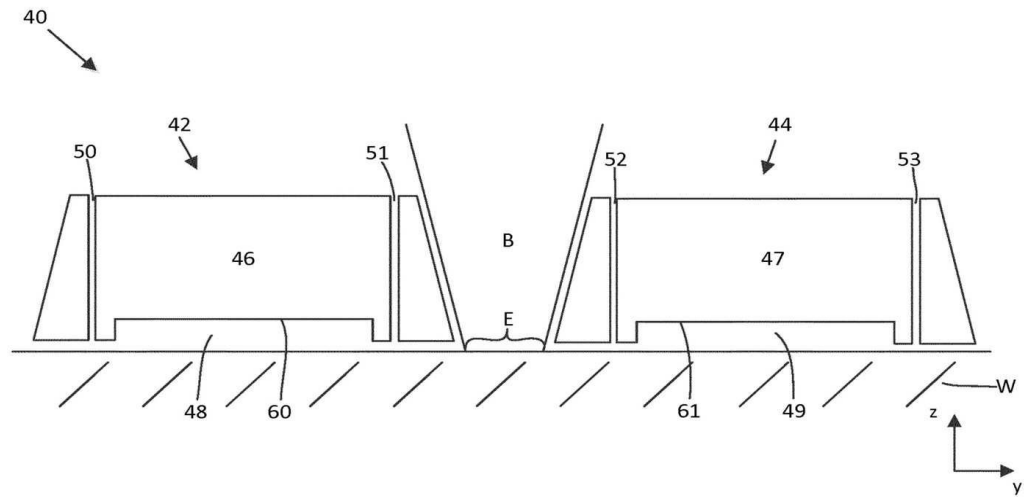
도면1



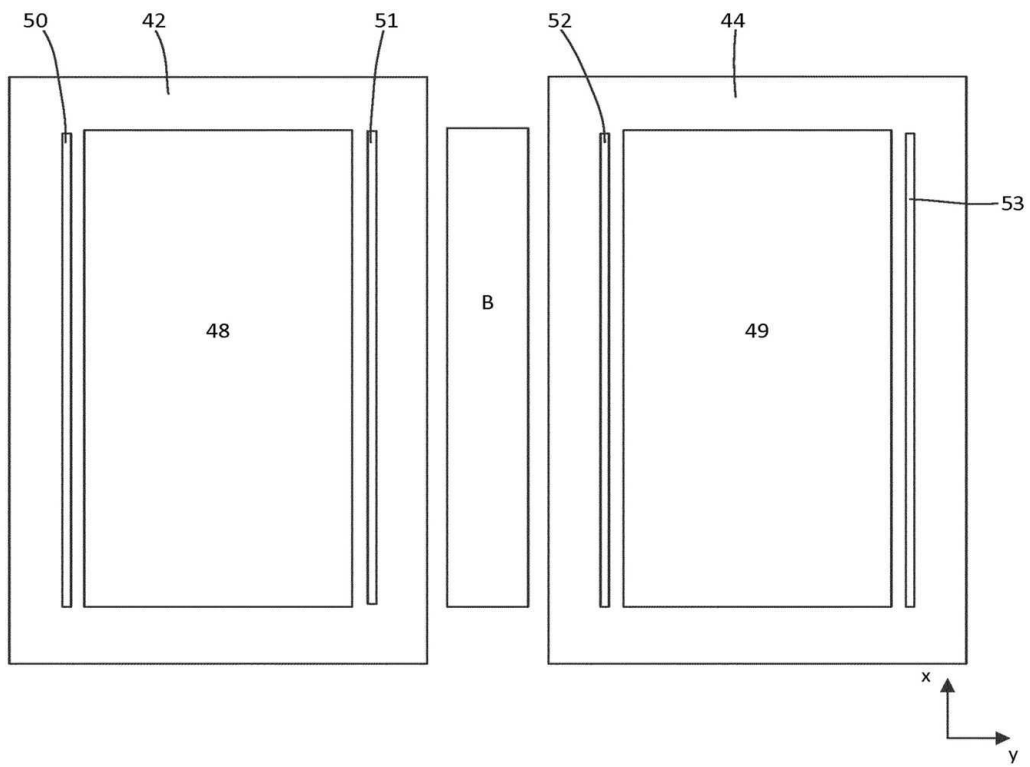
도면2



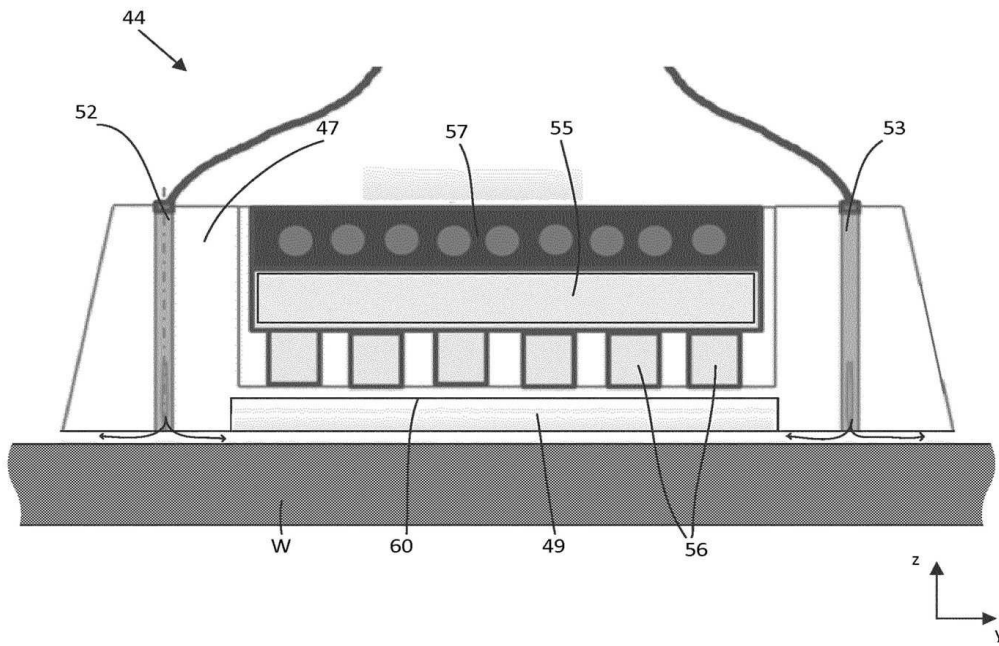
도면3a



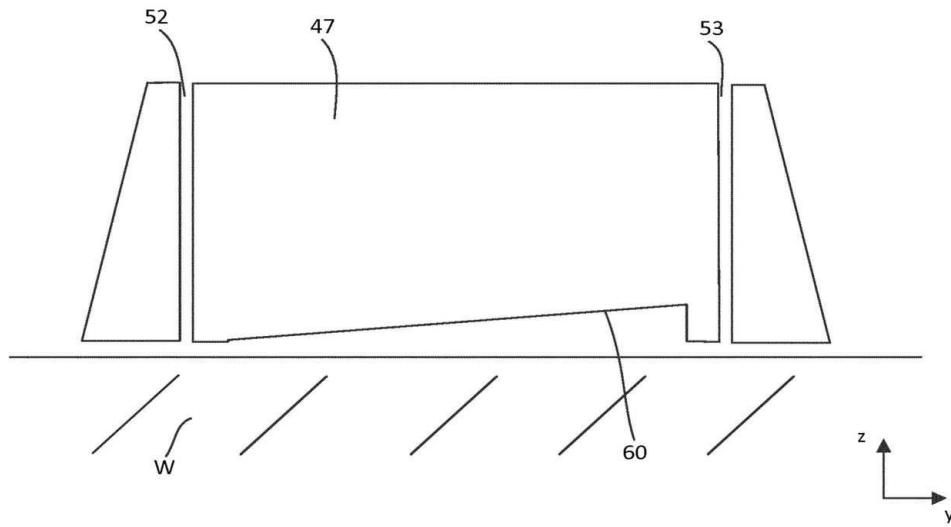
도면3b



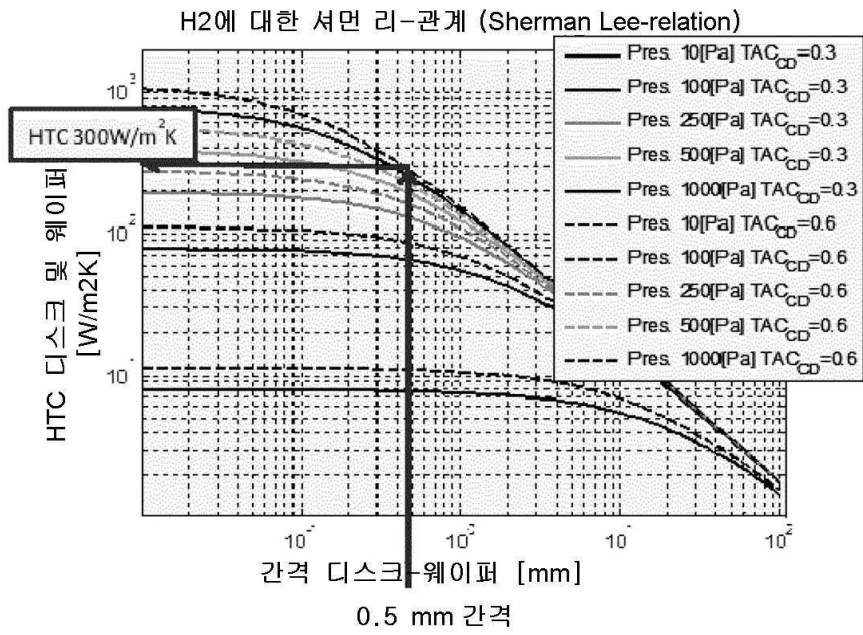
도면4



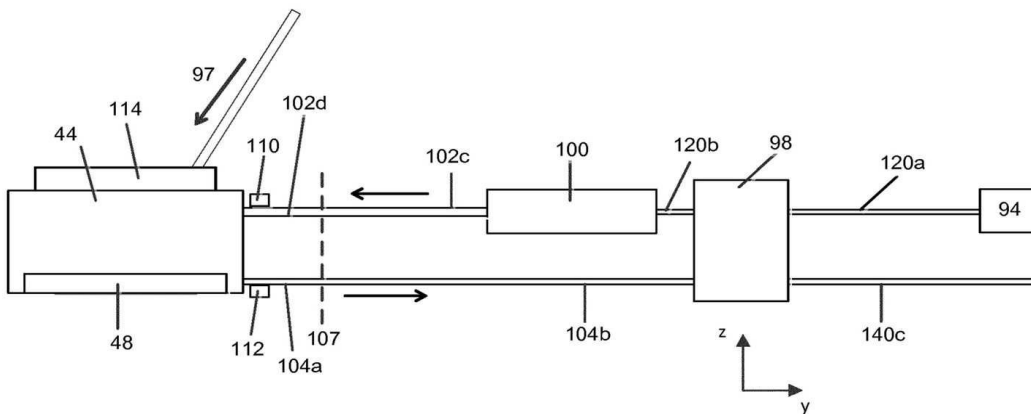
도면5



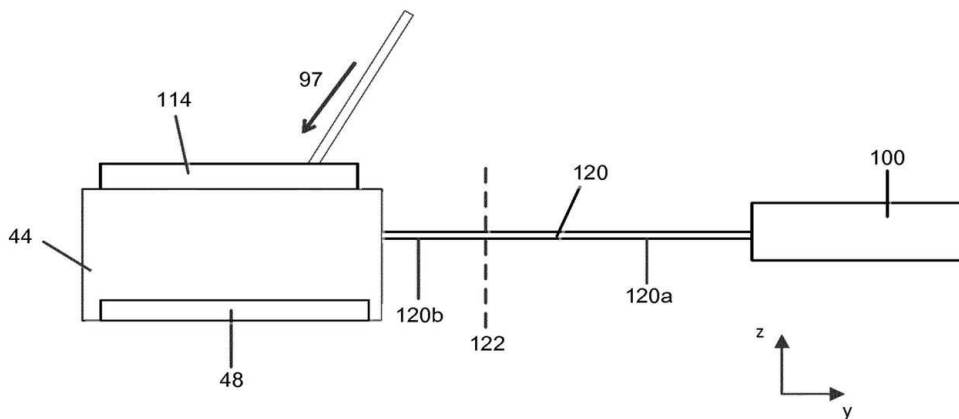
도면6



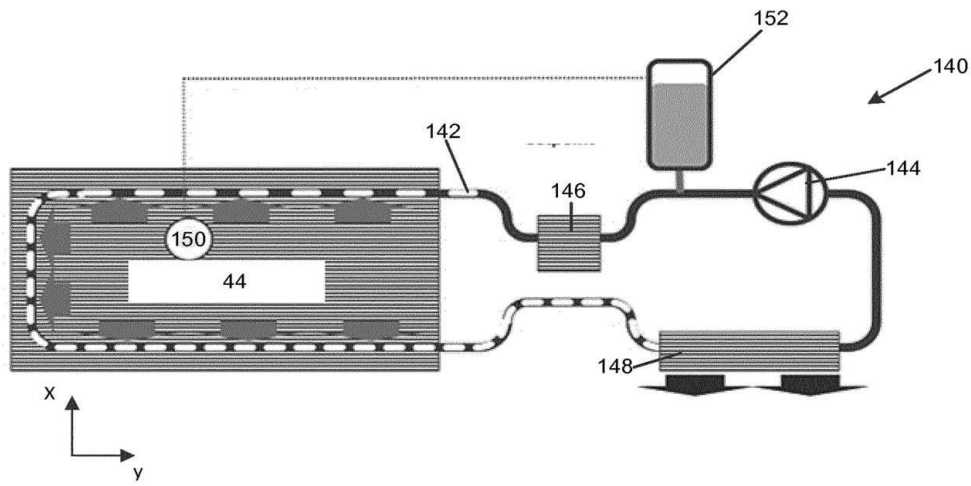
도면7



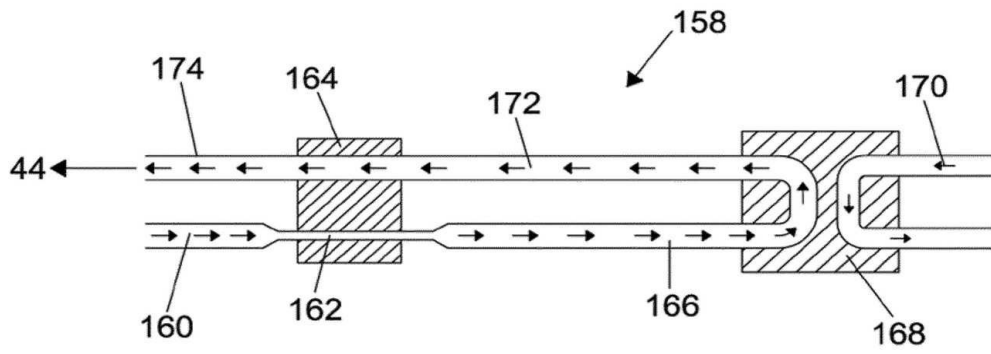
도면8



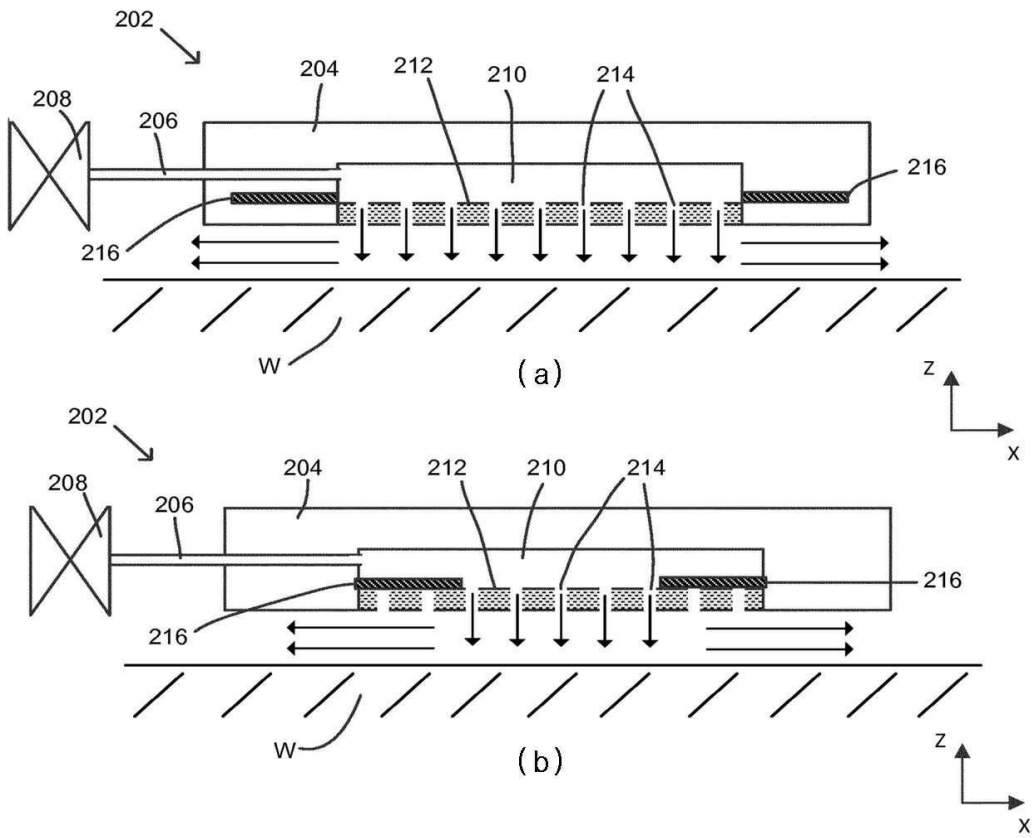
도면9



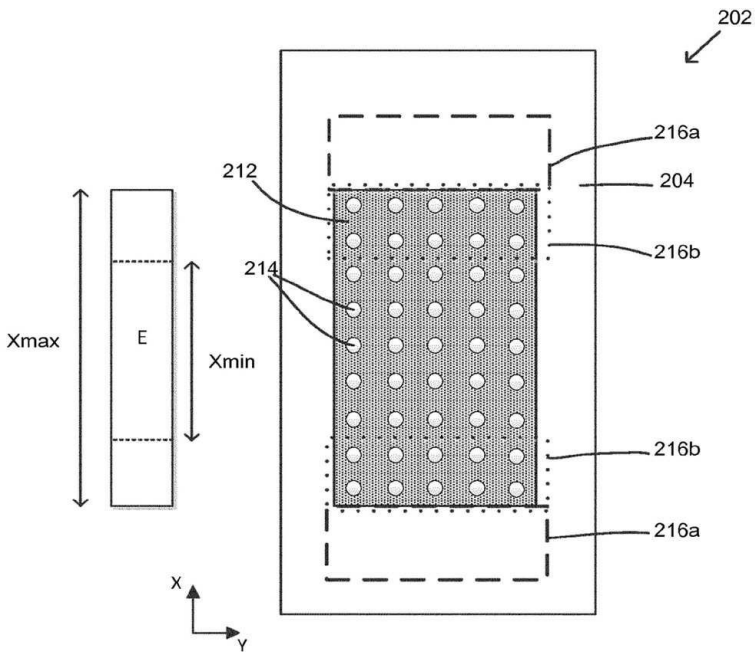
도면10



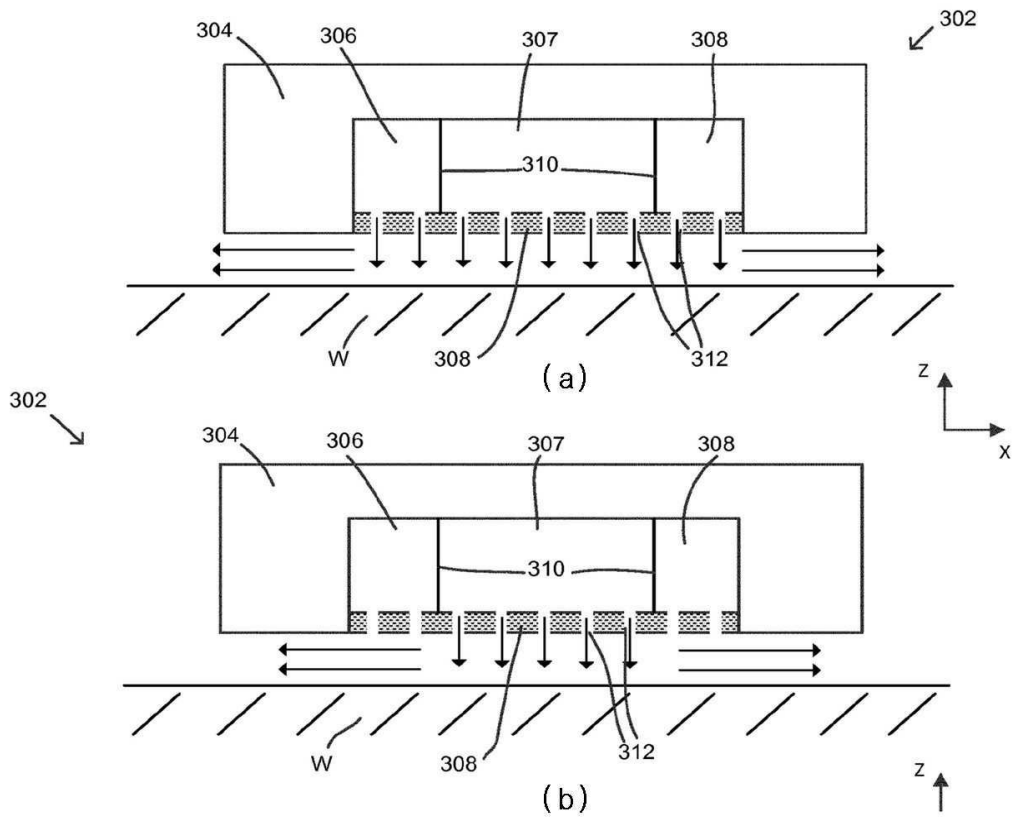
도면11



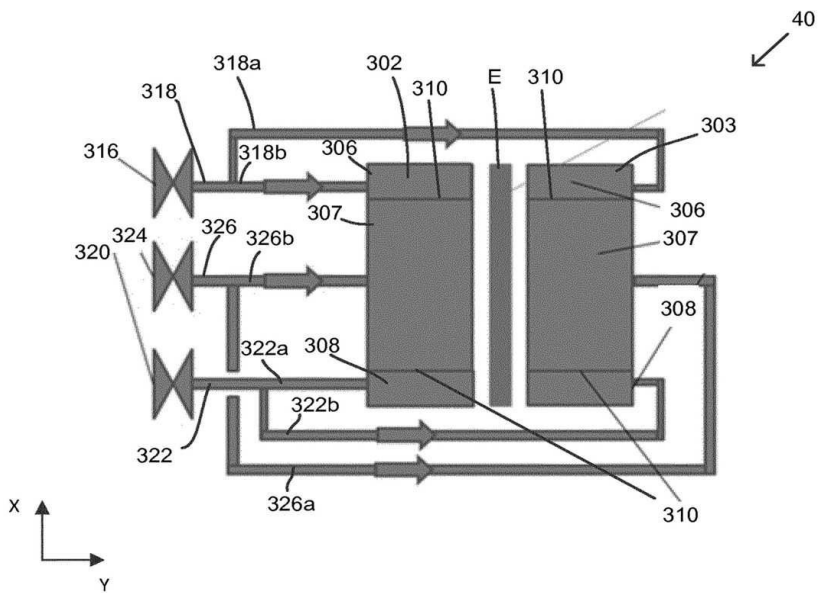
도면12



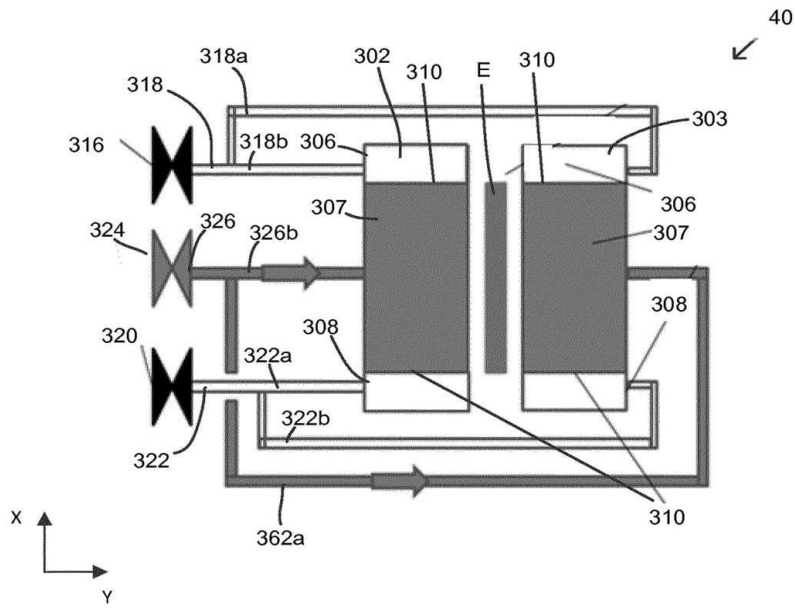
도면13



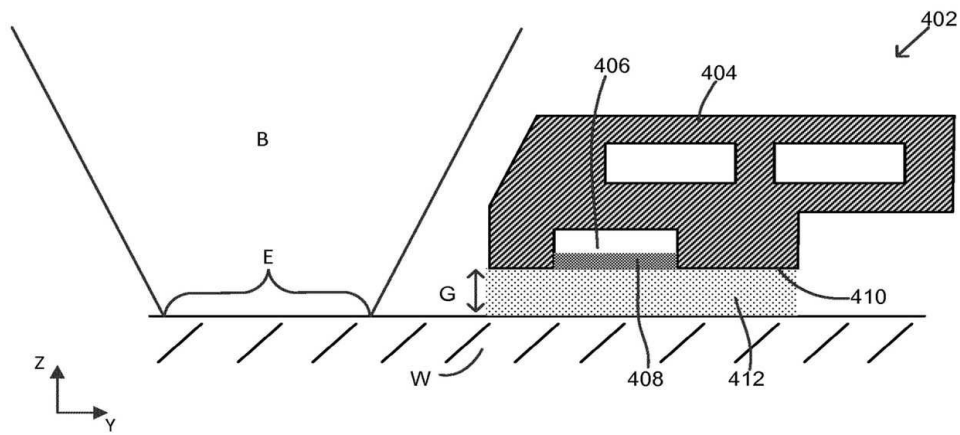
도면14a



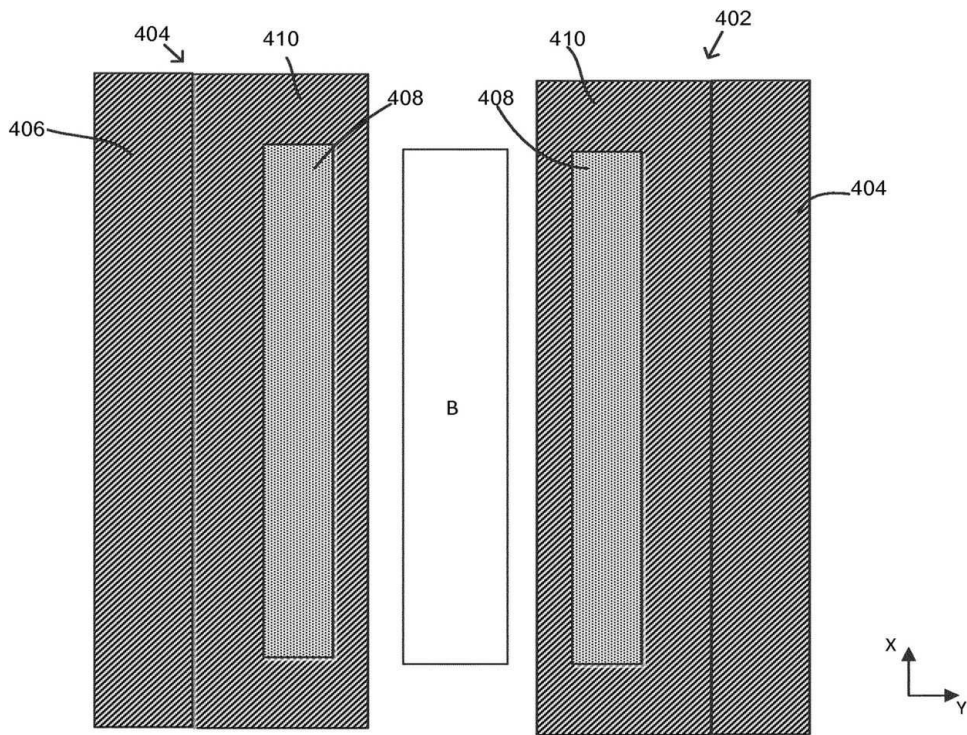
도면14b



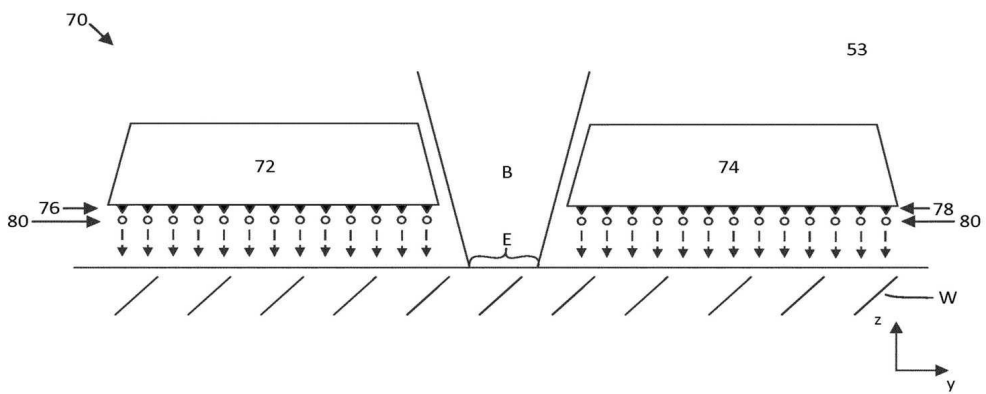
도면15



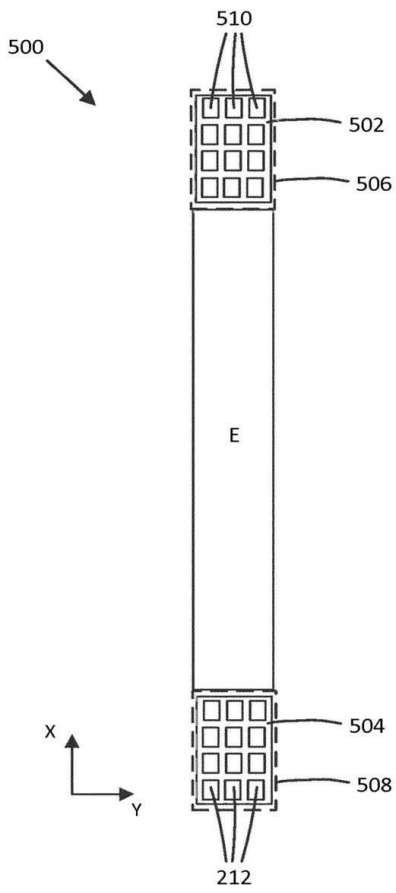
도면16



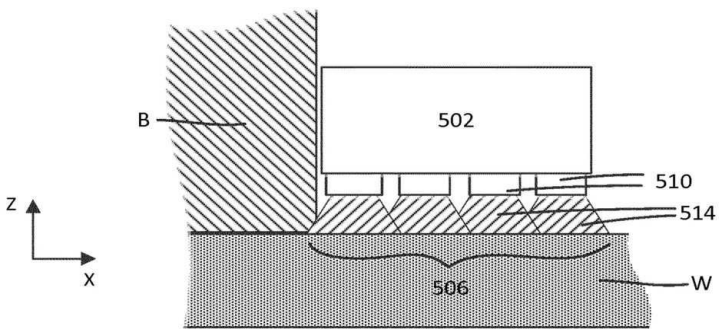
도면17



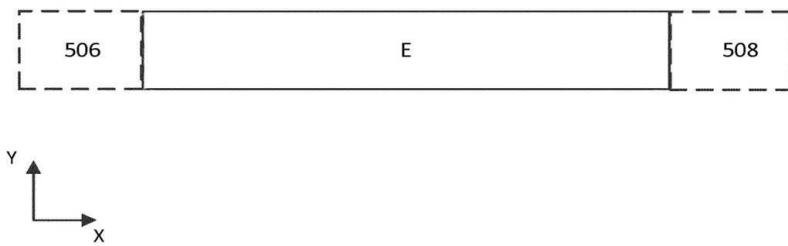
도면18a



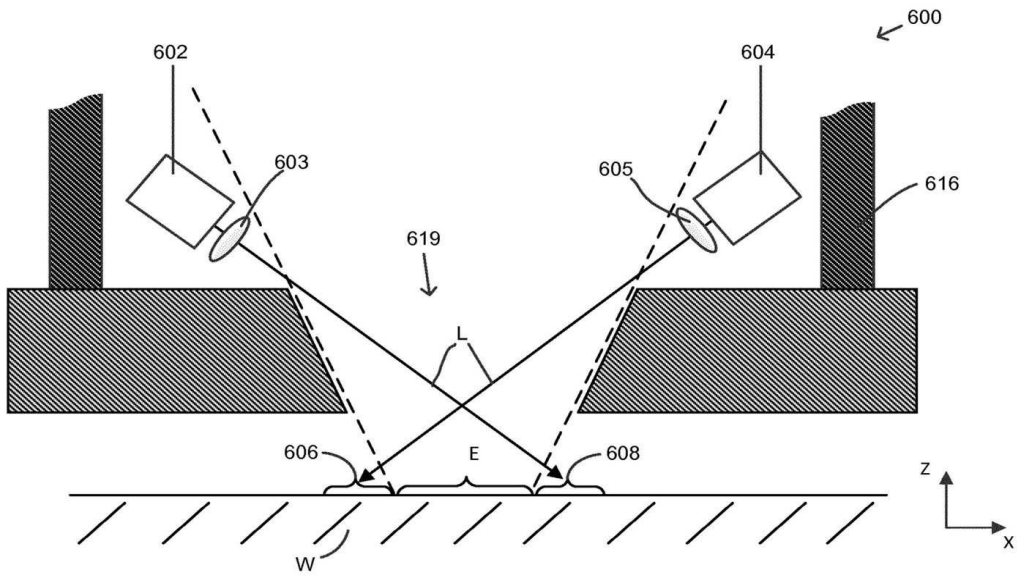
도면18b



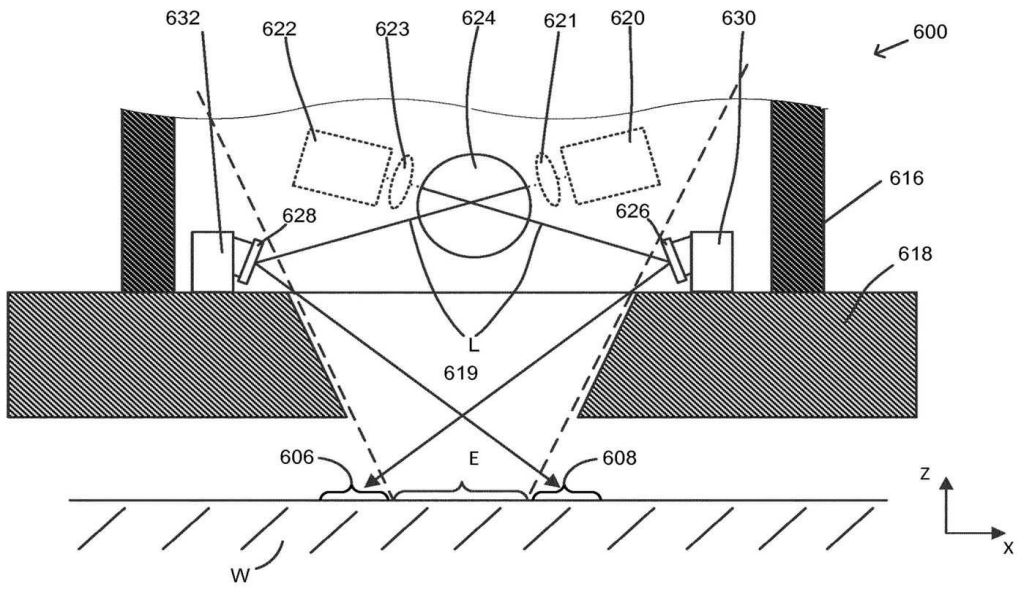
도면19



도면20



도면21



도면22

