



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년01월02일
(11) 등록번호 10-1346957
(24) 등록일자 2013년12월24일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G02B 7/00 (2006.01) G03F 7/20 (2006.01)
H01L 21/00 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2008-7000102
(22) 출원일자(국제) 2006년06월02일
심사청구일자 2010년12월09일
(85) 번역문제출일자 2008년01월02일
(65) 공개번호 10-2008-0019047
(43) 공개일자 2008년02월29일
(86) 국제출원번호 PCT/EP2006/005263
(87) 국제공개번호 WO 2006/128713
국제공개일자 2006년12월07일
(30) 우선권주장
60/686,849 2005년06월02일 미국(US)
60/714,975 2005년09월08일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
JP2004327807 A*
JP2000286189 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
칼 짜이스 에스엠테 게엠베하
독일 73447 오버코헨 루돌프-에버-슈트라쎄 2
(72) 발명자
관 임분 패트릭
독일 73431 아렌 바르트헤란트슈트라쎄 68
(74) 대리인
안국찬, 이상용, 양영준

전체 청구항 수 : 총 17 항

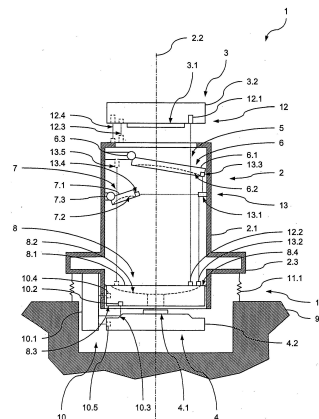
심사관 : 이은심

(54) 발명의 명칭 광학 결상 장치

(57) 요약

본 발명에 따르면, 패턴을 포함하는 마스크 유닛; 기관을 포함하는 기관 유닛; 광학 요소 유닛 그룹을 포함하고 상기 기관상에 상기 패턴의 이미지를 전사하기 위한 광학 프로젝션 유닛; 상기 광학 요소 유닛들 중 한 유닛의 부품인 제1 결상 장치 부품; 상기 제1 결상 장치 부품과는 상이하고, 상기 마스크 유닛과 상기 광학 프로젝션 유닛과 상기 기관 유닛 중 한 유닛의 부품인 제2 결상 장치 부품; 및 계측 장치를 포함하여 구성되는 광학 결상 장치가 제공된다. 상기 계측 장치는 상기 제1 결상 장치 부품과 상기 제2 결상 장치 부품들 간의 공간 관계를 캡처링한다. 상기 계측 장치는 상기 제1 결상 장치 부품에 기계적으로 직접 연결되는 기준 요소를 포함한다.

대표도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

패턴을 수용하도록 구성된 마스크 유닛;

기관을 수용하도록 구성된 기관 유닛;

일 군의 광학 요소 유닛을 포함하고 상기 기관상에 상기 패턴의 이미지를 전사하도록 구성된 광학 프로젝션 유닛;

상기 광학 요소 유닛 중 한 유닛의 부품인 제1 결상 장치 부품;

상기 제1 결상 장치 부품과는 상이하고, 상기 마스크 유닛과 상기 광학 프로젝션 유닛과 상기 기관 유닛 중 한 유닛의 부품인 제2 결상 장치 부품; 및

계측 장치를 포함하고,

상기 계측 장치는 적어도 하나의 기준 요소를 포함하고,

상기 적어도 하나의 기준 요소는 상기 제1 결상 장치 부품에 기계적으로 직접 연결되고,

상기 계측 장치는 상기 제1 결상 장치 부품과 상기 제2 결상 장치 부품 간의 공간 관계를 2 병진 자유도로 캡처링하며, 이때 상기 2 병진 자유도 중 그 각각의 자유도에서 상기 공간 관계를 캡처링하기 위해서 상기 적어도 하나의 기준 요소 중 오로지 하나의 기준요소를 이용하는

광학 결상 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제1 결상 장치 부품은 상기 광학 요소 유닛 중 상기 기관 유닛에 가장 근접하게 배치된 어느 하나의 광학 요소 유닛의 부품이고,

상기 제2 결상 장치 부품은 상기 기관 유닛인

광학 결상 장치.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 제1 결상 장치 부품은 상기 마스크 유닛과 상기 기관 유닛 중 하나에 가장 근접하게 배치되는 상기 광학 프로젝션 유닛의 광학 요소 유닛의 부품인

광학 결상 장치.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 제1 결상 장치 부품은 광학 요소인

광학 결상 장치.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 제1 결상 장치 부품은 미러인

광학 결상 장치.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 적어도 하나의 기준 요소는 기준면을 포함하고, 상기 기준면은 반사면과 회절면 중 적어도 하나인 광학 결상 장치.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 기준면은 상기 제1 결상 장치 부품의 표면인 광학 결상 장치.

청구항 8

제6항에 있어서,

상기 광학 프로젝션 유닛은 일 군의 광학 요소를 포함하고, 상기 광학 요소는 상기 패턴의 상기 이미지를 상기 기관상에 전사할때 상호 연동하는 투사면을 가지며;

상기 기준면은, 상기 투사면 중 어느 한 투사면 상에 형성된 기준면과, 상기 투사면 중 어느 한 투사면이 아닌, 상기 광학 요소 중 한 광학 요소의 표면 상에 형성된 기준면 중에서 하나인 광학 결상 장치.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 광학 프로젝션 유닛은 일 군의 광학 요소를 포함하고, 상기 광학 요소는 상기 패턴의 상기 이미지를 상기 기관상에 전사할 때 상호 연동하는 투사면을 가지며;

상기 제1 결상 장치 부품은 상기 투사면 중 하나인 반사 전면을 갖는 전방부 및 후방부를 구비한 미러이고, 상기 적어도 하나의 기준 요소의 적어도 일부는 상기 후방부에 연결되는 광학 결상 장치.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 후방부는 상기 전면에 대향하는 후면을 포함하고, 상기 적어도 하나의 기준 요소는 반사면과 회절면 중 적어도 하나인 기준면을 포함하고, 상기 후면의 적어도 일부는 상기 기준면의 적어도 일부를 형성하는 광학 결상 장치.

청구항 11

제1항에 있어서,

상기 광학 프로젝션 유닛은 상기 패턴의 상기 이미지를 상기 기관상에 전사할 때 상호 연동하는 반사 투사면을 갖는 반사 광학 요소를 전용으로 포함하고, 상기 제1 결상 장치 부품은 상기 반사 광학 요소 중 하나인 광학 결상 장치.

청구항 12

제1항에 있어서,

상기 제2 결상 장치 부품은 광학 요소인

광학 결상 장치.

청구항 13

제1항에 있어서,

상기 광학 프로젝션 유닛은 제1 결상 장치 부품을 배제한 상기 광학 요소 유닛의 제1 서브 그룹을 지지하는 제1 지지 구조물을 포함하고;

상기 제1 결상 장치 부품은 제진 장치 및 제2 지지 구조물을 거쳐서 지지되고, 상기 제2 지지 구조물은 상기 제1 지지 구조물과는 상이하고;

상기 제진 장치는 제1 단부 및 제2 단부를 구비하고, 상기 제1 단부는 상기 제2 지지 구조물과 직접 접촉하고, 상기 제2 단부는 상기 제1 지지 구조물 및 지상 구조물 중 하나와 직접 접촉하는

광학 결상 장치.

청구항 14

제13항에 있어서,

상기 제진 장치는 0.01 Hz 내지 10 Hz의 공진 주파수를 갖는

광학 결상 장치.

청구항 15

제1항에 있어서,

상기 광학 프로젝션 유닛은 상기 광학 요소 유닛의 서브 그룹을 지지하는 지지 구조물을 포함하고,

제1 단부 및 제2 단부를 갖는 제진 장치가 제공되고;

제진 장치의 상기 제1 단부는 상기 지지 구조물과 직접 접촉하고,

제진 장치의 상기 제2 단부는 지상 구조물과 직접 접촉하는

광학 결상 장치.

청구항 16

제1항에 있어서,

제어 유닛이 제공되고;

상기 제어 유닛은 상기 제1 결상 장치 부품과 상기 제2 결상 장치 부품 간의 상기 공간 관계를 수신하도록 상기 계측 장치에 연결되고;

상기 제어 유닛은 상기 계측 장치로부터 수신된 상기 공간 관계의 함수로서 상기 기관상에 상기 패턴의 상기 이미지의 전사 도중에 상기 광학 결상 장치의 적어도 하나의 부품의 위치를 제어하는 광학 결상 장치.

청구항 17

제1항에 있어서, 상기 마스크 유닛 및 상기 광학 프로젝션 유닛은 EUV 범위 내의 빛을 사용하도록 구성되는 광학 결상 장치.

청구항 18

삭제

청구항 19

삭제

청구항 20

삭제

청구항 21

삭제

청구항 22

삭제

청구항 23

삭제

청구항 24

삭제

청구항 25

삭제

청구항 26

삭제

청구항 27

삭제

청구항 28

삭제

청구항 29

삭제

청구항 30

삭제

청구항 31

삭제

청구항 32

삭제

청구항 33

삭제

청구항 34

삭제

청구항 35

삭제

청구항 36

삭제

청구항 37

삭제

청구항 38

삭제

청구항 39

삭제

청구항 40

삭제

청구항 41

삭제

청구항 42

삭제

청구항 43

삭제

청구항 44

삭제

청구항 45

삭제

청구항 46

삭제

청구항 47

삭제

청구항 48

삭제

청구항 49

삭제

청구항 50

삭제

청구항 51

삭제

청구항 52

삭제

청구항 53

삭제

청구항 54

삭제

청구항 55

삭제

청구항 56

삭제

청구항 57

삭제

청구항 58

삭제

청구항 59

삭제

청구항 60

삭제

청구항 61

삭제

청구항 62

삭제

청구항 63

삭제

청구항 64

삭제

청구항 65

삭제

청구항 66

삭제

청구항 67

삭제

청구항 68

삭제

청구항 69

삭제

청구항 70

삭제

청구항 71

삭제

청구항 72

삭제

청구항 73

삭제

청구항 74

삭제

청구항 75

삭제

청구항 76

삭제

청구항 77

삭제

청구항 78

삭제

청구항 79

삭제

청구항 80

삭제

청구항 81

삭제

청구항 82

삭제

청구항 83

삭제

청구항 84

삭제

청구항 85

삭제

청구항 86

삭제

청구항 87

삭제

청구항 88

삭제

청구항 89

삭제

청구항 90

삭제

청구항 91

삭제

청구항 92

삭제

청구항 93

삭제

청구항 94

삭제

청구항 95

삭제

청구항 96

삭제

청구항 97

삭제

청구항 98

삭제

청구항 99

삭제

청구항 100

삭제

청구항 101

삭제

청구항 102

삭제

청구항 103

삭제

청구항 104

삭제

청구항 105

삭제

청구항 106

삭제

청구항 107

삭제

청구항 108

삭제

청구항 109

삭제

청구항 110

삭제

청구항 111

삭제

청구항 112

삭제

청구항 113

삭제

청구항 114

삭제

명세서

기술분야

[0001] 관련 출원에 대한 상호 참조

[0002] 본 특허의 개시 내용은 2005년 6월 2일에 출원된 미국 가특허 출원 번호 제60/686, 849호 및 2005년 9월 8일에 미국 가특허 출원 번호 제60/714, 975호에 대한 35 U.S.C. § 119(e)(1) 하에서의 이익을 청구하는바, 이들 특허 문헌은 그 전체 내용이 본 명세서에 참고로 포함된다.

[0003] 본 발명은 노광 공정(exposure process)에서 사용되는 광학 결상 장치(optical imaging arrangement), 특히 마이크로리소그래피 시스템(microlithography system)의 광학 결상 장치에 관한 것이다. 또한, 본 발명은 광학 결상 장치의 부품들 간의 공간 관계를 캡처링(capturing)하는 방법에 관한 것이다. 또한, 본 발명은 기판상에 패틴 이미지를 전사하는 방법에 관한 것이다. 더욱이, 본 발명은 광학 프로젝션 유닛의 부품을 지지하는 방법에 관한 것이다. 본 발명은 마이크로 전자소자, 특히, 반도체 소자를 제조하기 위한 포토리소그래피 공정(photolithography process) 과정에서 사용되거나, 이러한 포토리소그래피 공정 중에 사용되는 마스크나 레티클(reticle)과 같은 소자들을 제조하는 과정에서 사용될 수 있다.

배경 기술

[0004] 통상, 반도체 소자와 같은 마이크로 전자소자를 제조하는 과정에서 사용되는 광학 시스템은 이 광학 시스템의 광 경로(light path)에 렌즈 및 미러 등과 같은 광학 요소를 포함한 다수의 광학 요소 유닛을 포함하고 있다. 이들 광학 요소는 통상적으로 마스크나 레티클상에 형성된 패틴 이미지를 웨이퍼와 같은 기판상에 전사(轉寫)하기 위해 노광 공정에서 연동 작용한다. 상기 광학 요소들은 통상 기능적으로 구별되는 하나 이상의 광학 요소 그룹으로 결합된다. 이들 광학 요소 그룹은 구별되는 별개의 광학 노광 유닛(optical exposure units)들에 의해 유지될 수 있다. 특히, 상기 광학 노광 유닛은 주 굴절계(refractive systems)와 함께 하나 이상의 광학 요소를 지탱해 주는 광학 요소 모듈의 적층구조로 구성되기도 한다. 이들 광학 요소 모듈은 통상 각각 하나의 광학 요소를 지탱하는 하나 이상의 광학 요소 홀더(holder)를 지지하는 링 형상의 외부 지지장치(support device)를 포함한다.

[0005] 적어도 렌즈와 같은 주 굴절 광학 요소를 포함하는 광학 요소 그룹은 대부분 광학 요소들의 대칭관계를 형성하는 광학축이라 불리우는 직선 공통축을 갖고 있다. 또한, 상기 광학 요소 그룹을 지탱하는 광학 노광 유닛은 구조상의 이유로 인해 렌즈 배럴(lens barrel)이라 불리는 가늘고 긴 관형(tubular) 설계 구조물을 구비하고 있다.

[0006] 반도체 소자의 소형화 경향으로 인해, 이들 반도체 소자를 제조하는 데 사용되는 광학 시스템의 해상도(resolution)의 향상에 대한 영구적인 요구가 대두되고 있다. 이러한 해상도 향상에 대한 요구로 인해 광학 시스템의 수치구경의 증가 및 결상 정밀도(imaging accuracy)의 향상에 대한 요구가 눈에 띄게 진척되고 있다.

[0007] 해상도 향상을 달성하기 위한 한 가지 해결 방안은 노광 공정에서 사용되는 빛의 파장을 줄이는 것이다. 최근에, 13 나노미터 및 그 이하의 파장을 이용하여 극초 자외선(EUV: extreme ultraviolet) 파장 범위에 있는 빛을 이용하기 위한 시도가 있어왔다. 이 EUV 파장 범위에서는, 더이상 공통 굴절 광학 요소를 사용할 수가 없다. 그 이유는 상기 EUV 파장 범위에서는 굴절 광학 요소에 공통적으로 사용되는 물질이 고품질의 노광 결과를 얻기 위해 너무 높은 흡수도(degree of absorption)를 보여주기 때문이다. 따라서, EUV 파장 범위에서는, 미러 등과 같은 반사요소를 포함하는 반사 시스템이 노광 공정에 사용됨으로써 마스크상에 형성된 패틴 이미지를 웨이퍼와 같은 기판상에 전사하게 된다.

[0008] EUV 파장 범위에서 높은 수치구경(예컨대: $NA > 0.5$)의 반사 시스템의 이용으로의 전환을 통해 광학 결상 장치의 설계에 대한 큰 변화가 초래하게 된다.

[0009] 무엇보다도, 노광 공정에 사용되는 부품들 간의 상대적 위치에 대해 매우 엄격한 요건이 적용된다. 더욱이, 고품질의 반도체 소자를 신뢰성 있게 얻기 위해서는, 높은 결상 정밀도를 보여주는 광학 시스템을 제공하는 것뿐만 아니라, 전체 노광 공정에 걸쳐 그리고 시스템의 수명에 대해 높은 정밀도를 유지하는 것이 필요하다. 그 결과, 광학 결상 장치의 부품들, 즉, 예컨대 노광 공정에서 연동작용하는 마스크, 광학 요소 및 웨이퍼는 상기 광학 결상 장치의 부품들 간의 소정 공간 관계를 유지함은 물론 고품질의 노광 공정을 제공하기 위해 정의된 방식으로 지지되어야만 한다.

[0010] 전체 노광 공정 전반에 걸쳐 상기 광학 결상 장치의 부품들 간의 소정 공간 관계를 유지하기 위해서는, 상기 광학 결상 장치를 지지하는 지상 구조물(ground structure)을 통해 유도되는 진동의 영향 및 열적으로 유도되는 위치 변경의 영향하에서도, 광학 결상 장치의 소정 부품들 간의 공간 관계를 적어도 간헐적으로 캡처링하고 이러한 캡처링 과정의 결과의 함수로서 광학 결상 장치의 부품들 중 적어도 하나의 부품의 위치를 조절하는 것이

필요하다.

[0011] 공통 주 굴절 시스템에서 상기한 문제점들을 해결하기 위해, 상기 언급한 공간 관계를 캡처링하는 데 필요한 광학 요소 및 계측장치는 소위 계측 프레임(metrology frame)에 실질적으로 고정되게 장착되어야 한다. 일반적으로, 이러한 계측 프레임은 무거우며 대체로 평면 형상인 몸체부이다. 상기 계측 프레임은 약 30Hz의 주파수 범위에 있는 지상 구조물의 진동 영향을 줄이기 위해 제진 수단(vibration isolating means)을 통해 지상 구조물 상에서 지지된다. 더욱이, 계측 프레임의 열적 유도 변형을 방지하기 위해서는 상당한 노력이 필요하다. 계측 프레임은 매우 낮은 열팽창 계수를 갖는 대체로 값비싼 재질로 이루어지거나, 값비싼 온도 안정화 시스템(temperature stabilization system)이 제공되어야 한다. 따라서, 어떤 경우든 간에, 상기 계측 프레임은 시스템 중에서 매우 복잡하고 가격이 비싼 부품이다.

[0012] EUV 파장 범위에 있는 빛의 사용으로 인해 야기되는 또 다른 문제점은 높은 수치구경을 갖는 시스템의 경우 적어도 웨이퍼에 가장 근접한 미러는 종래의 굴절 시스템에서 사용되는 최종 광학 요소의 직경을 훨씬 초과함으로써 상당한 크기로 이루어진다는 데 있다. 이것은 광학 요소에 의해 형성되는 광학 프로젝션 시스템과 웨이퍼 간의 위치 조절기능을 제공하는 웨이퍼 스테이지 레벨링 시스템(wafer stage leveling system)의 계측에 특수한 문제점을 야기시킨다.

[0013] 종래의 굴절계에서는, 계측 프레임에 장착된 계측 장치의 측정 결과를 사용하고 프로젝션 시스템의 최종 굴절 광학 요소의 외주면에 근접한 위치로부터 경사각을 이루면서 광빔(beam of light)을 웨이퍼상에 투사하는, 웨이퍼의 레벨링(수평 맞추기) 기능, 즉, 광학 프로젝션 시스템의 광학축(z-축이라 불리는 수직축)을 따라 이루어지는 웨이퍼의 위치 조절 기능이 제공된다. 측정 광빔은 웨이퍼의 표면으로부터 경사각을 이루면서 반사됨은 물론, 최종 굴절 광학 요소의 외주면에 근접한 위치에 있는 계측장치의 리셉터 요소(receptor element)와 충돌한다. 측정 빔이 리셉터 요소와 충돌하는 위치에 따라 계측 장치에 대한 웨이퍼의 위치가 결정될 수 있다.

[0014] 상대적으로 적당한 크기의 직경을 갖는 최종 굴절 광학 요소를 구비한 종래의 굴절계에서는, 신뢰성있는 고정밀 측정결과가 달성될 수 있다. 그러나, 위에서 언급한 바와같이 높은 수치구경을 갖는 EUV 시스템에서 웨이퍼에 가장 근접한 미러의 큰 크기와 상기 미러와 웨이퍼 간의 짧은 간격으로 인해, 측정 빔과 웨이퍼 간의 각도는 신뢰성있는 고정밀 측정결과를 얻기에는 너무 작다.

[0015] 개시 내용이 본 명세서에 참고로 포함되어 있는 유럽 공개 특허 공보 EP 1 182 509 A2(관(Kwan)에 의한 발명)는 프로젝션 시스템의 하우징에 부분적으로 장착되고 마스크를 이동시키기 위한 마스크 테이블에 부분적으로 장착되는 마스크 계측장치의 측정 결과를 이용하는, 광학 프로젝션 시스템에 대한 마스크의 위치조절 기능이 제공되는 결상 시스템을 개시하고 있다. 여기서, 마스크 테이블은 계측장치의 기준 요소, 즉 간섭측정(interferometry measurement)을 위한 반사기(reflector) 또는 인코더 측정을 위한 2차원 격자를 이동시켜준다. 이러한 해결 방안은 마스크 계측장치의 부품들을 계측 프레임에 장착해야 하는 필요성을 제거해주는 한편, 여전히 계측장치의 부품들이 광학 프로젝션 시스템의 하우징에 장착되는 단점을 지닌다. 하우징은 그 내부에 수용된 광학 요소들의 위치를 변경시키는 열 유도 팽창효과에 의해 영향을 받기 때문에, 시스템에 복잡성을 추가로 부가하여 비용의 증가를 유발시키는 마스크 테이블의 배치시 상기한 효과들을 고려할 필요가 있다.

발명의 상세한 설명

[0016] 따라서, 본 발명의 목적은 상기 단점들을 적어도 어느 정도는 극복하고, 노광 공정에서 사용되는 광학 결상 장치의 장기간에 걸쳐 신뢰성 있는 양호한 결상 특성을 제공하는 데 있다.

[0017] 본 발명의 또 다른 목적은 적어도 노광 공정에서 사용되는 광학 결상 장치의 결상 정밀도를 유지하면서 광학 결상 장치에 소요되는 개선노력을 줄이는 데 있다.

[0018] 이들 목적은, 한편으로 광학 결상 장치의 부품들, 특히 계측 시스템의 하나 이상의 기준 요소 간의 공간 관계를 캡처링하는 계측 시스템의 적어도 일부가 패턴 이미지를 기관상에 전사하기 위한 광학 프로젝션 유닛의 부품 내에 통합되거나 이 부품에 기계적으로 직접 연결되는 경우와, 다른 한편으로 광학 프로젝션 유닛의 소정 부품들이 적어도 계측 시스템의 일부, 특히 계측 시스템의 하나 이상의 기준 요소들을 수용하도록 배치되는 경우, 적어도 광학 결상 장치의 결상 정밀도를 유지하면서 광학 결상 장치에 소요되는 개선 노력을 줄이고자 하는 것이 달성될 수 있다는 개시 내용에 기초한 본 발명에 따라 달성된다.

[0019] 적어도 계측 시스템의 일부를 광학 프로젝션 유닛의 부품에 통합하거나 직접 연결함으로써 계측 프레임에 필요한 개선노력을 줄일 수 있음은 물론, 계측 프레임의 완전한 제거를 달성할 수 있다. 더욱이, 광학 프로젝션 유

닛의 소정 부품들은 계측 시스템의 적어도 일부를 통합하거나 직접 연결하는 데 매우 적합하도록 구성될 수 있다는 사실이 판명되었다. 특히, 광학 프로젝션 유닛의 소정 부품들은 계측 시스템의 하나 이상의 기준 요소를 통합하거나 직접 연결하는 데 매우 적합하도록 구성될 수 있다는 사실이 판명되었다.

[0020] 따라서, 본 발명의 제1 양태에 따르면, 패턴을 포함하는 마스크 유닛; 기관을 포함하는 기관 유닛; 광학 요소 유닛의 그룹을 포함하고 상기 기관상에 상기 패턴의 이미지를 전사하기 위한 광학 프로젝션 유닛; 상기 광학 요소 유닛들 중 한 유닛의 부품인 제1 결상 장치 부품; 상기 제1 결상 장치 부품과는 상이하고 상기 마스크 유닛과 상기 광학 프로젝션 유닛과 상기 기관 유닛 중 한 유닛의 부품인 제2 결상 장치 부품; 및 계측 장치를 포함하여 구성되는 광학 결상 장치가 제공된다. 상기 계측 장치는 상기 제1 결상 장치 부품과 상기 제2 결상 장치 부품들 간의 공간 관계를 캡처링한다. 상기 계측 장치는 상기 제1 결상 장치 부품에 기계적으로 직접 연결되는 기준 요소를 포함한다.

[0021] 본 발명의 제2 양태에 따르면, 패턴을 포함하는 마스크 유닛; 기관을 포함하는 기관 유닛; 광학 요소 유닛의 그룹 및 지지 구조체를 포함하는 광학 프로젝션 유닛을 포함하여 구성되는 광학 결상 장치가 제공된다. 상기 광학 요소 유닛의 그룹은 상기 패턴의 이미지를 상기 기관상에 전사한다. 상기 광학 요소 유닛의 그룹은 상기 광학 요소 유닛의 제1 서브 그룹 및 상기 제1 서브 그룹으로부터 분리된 제1 광학 요소 유닛을 포함한다. 상기 지지 구조체는 지상 구조물상에 지지되고 상기 제1 서브 그룹을 지지한다. 상기 제1 광학 요소 유닛은 제진 장치를 통해 상기 지지 구조체와 상기 지상 구조물 중 하나에 연결된다.

[0022] 본 발명의 제3 양태에 따르면, 패턴을 포함하는 마스크 유닛; 기관을 포함하는 기관 유닛; 및 광학 요소 유닛의 그룹과 지지 구조체를 포함하는 광학 프로젝션 유닛을 포함하여 구성되는 광학 결상 장치가 제공된다. 상기 광학 요소 유닛의 그룹은 상기 패턴의 이미지를 상기 기관상에 전사한다. 상기 광학 프로젝션 유닛은 상기 광학 요소 유닛들로 이루어진 적어도 제1 서브 그룹을 지지하는 하우징 유닛을 포함한다. 상기 하우징 유닛은 지상 구조물 상에 제진 방식으로 직접 지지된다.

[0023] 본 발명의 제4 양태에 따르면, 광학 결상 장치의 제1 부품과 제2 부품들 간의 공간 관계를 캡처링하는 방법이 제공된다. 상기 방법은 패턴을 포함하는 마스크 유닛; 기관을 포함하는 기관 유닛; 광학 요소 유닛 그룹을 포함하고 상기 기관상에 상기 패턴의 이미지를 전사하기 위한 광학 프로젝션 유닛; 상기 광학 요소 유닛들 중 한 유닛의 부품인 제1 결상 장치 부품; 및 상기 제1 결상 장치 부품과는 상이하고 상기 마스크 유닛과 상기 광학 프로젝션 유닛과 상기 기관 유닛 중 한 유닛의 부품인 제2 결상 장치 부품을 포함하여 구성되는 광학 결상 장치를 제공하는 단계를 포함한다. 상기 방법은 상기 제1 결상 장치 부품에 기계적으로 직접 연결되는 기준 요소를 제공하는 단계와; 상기 기준 요소를 이용하여 상기 제1 결상 장치 부품과 상기 제2 결상 장치 부품들 간의 공간 관계를 캡처링하는 단계를 추가로 포함한다.

[0024] 본 발명의 제5 양태에 따르면, 패턴 이미지를 기관 상에 전사하는 방법이 제공된다. 상기 방법은, 전사 단계에서 상기 광학 결상 장치를 이용하여 상기 패턴 이미지를 상기 기관 상에 전사하는 전사 단계와; 전사 단계의 캡처링 단계에서, 본 발명의 상기 제3 양태에 따른 방법을 이용하여 상기 광학 결상 장치의 제1 부품과 제2 부품들 간의 공간 관계를 캡처링하는 단계와; 전사 단계의 제어 단계에서, 상기 캡처링 단계에서 캡처링된 제1 부품과 제2 부품들 간의 상기 공간 관계의 함수로서 상기 광학 결상 장치의 적어도 하나의 부품의 위치를 제어하는 제어 단계를 포함한다.

[0025] 본 발명의 제6 양태에 따르면, 광학 프로젝션 유닛의 부품들을 지지하는 방법이 제공된다. 상기 방법은 패턴 이미지를 기관 상에 전사하기 위한 광학 요소 유닛 그룹을 제공하는 단계; 상기 광학 요소 유닛들로 이루어진 제1 서브 그룹을 지지하는 하우징 유닛을 제공하는 단계; 및 제진 방식으로 지상 구조물 상에 상기 하우징 유닛을 지지하는 단계를 포함한다.

[0026] 본 발명의 제7 양태에 따르면, 광학 프로젝션 유닛의 부품들을 지지하는 방법이 제공된다. 상기 방법은 패턴 이미지를 기관 상에 전사하기 위한 광학 요소 유닛 그룹을 제공하는 단계; 제1 지지 유닛을 통해 상기 광학 요소 유닛들로 이루어진 제1 서브 그룹을 지지하는 단계; 및 상기 제1 서브 그룹과 별도로 제진 방식으로 제1 광학 요소 유닛을 지지하는 단계를 포함한다.

[0027] 본 발명의 제8 양태에 따르면, 패턴을 포함하는 마스크 유닛; 기관을 포함하는 기관 유닛; 광학 요소 유닛 그룹을 포함하고 상기 기관상에 상기 패턴의 이미지를 전사하기 위한 광학 프로젝션 유닛; 상기 광학 요소 유닛들 중 한 유닛의 부품인 제1 결상 장치 부품; 상기 제1 결상 장치 부품과는 상이하고, 상기 마스크 유닛과 상기 광학 프로젝션 유닛과 상기 기관 유닛 중 한 유닛의 부품인 제2 결상 장치 부품; 및 계측 장치를 포함하여 구성되

는 광학 결상 장치가 제공된다. 상기 계측 장치는 상기 제1 결상 장치 부품과 상기 제2 결상 장치 부품들 간의 공간 관계를 캡처링한다. 상기 계측 장치의 적어도 하나의 계측 부품은 상기 제1 결상 장치 부품 속에 통합된다.

[0028] 본 발명의 제9 양태에 따르면, 패턴을 수용하기 위한 마스크 유닛; 기관을 수용하기 위한 기관 유닛; 광학 요소 유닛 그룹을 포함하고 상기 기관상에 상기 패턴의 이미지를 전사하기 위한 광학 프로젝션 유닛; 상기 광학 프로젝션 유닛의 부품인 제1 결상 장치 부품; 상기 마스크 유닛과 상기 기관 유닛 중 한 유닛의 부품인 제2 결상 장치 부품; 및 인코더 장치를 포함하는 계측 장치를 포함하여 구성되는 광학 결상 장치가 제공된다. 상기 계측 장치는 상기 인코더 장치를 이용하여 상기 제1 결상 장치 부품과 상기 제2 결상 장치 부품들 간의 공간 관계를 캡처링한다. 상기 인코더 장치는 방사기, 인코더 요소 및 수신기를 포함한다. 상기 방사기는 상기 인코더 요소를 통해 상기 수신기 상으로 광빔을 방사한다. 상기 인코더 요소는 상기 제1 결상 장치 부품에 기계적으로 직접 연결된다.

[0029] 본 발명의 제10 양태에 따르면, 광학 결상 장치의 제1 부품과 제2부품들 간의 공간 관계를 캡처링하는 방법이 제공되고, 상기 방법은 패턴을 수용하기 위한 마스크 유닛; 기관을 수용하기 위한 기관 유닛; 광학 요소 유닛 그룹을 포함하고 상기 기관상에 상기 패턴의 이미지를 전사하기 위한 광학 프로젝션 유닛; 상기 광학 요소 유닛의 부품인 제1 결상 장치 부품; 및 상기 마스크 유닛과 상기 기관 유닛 중 한 유닛의 부품인 제2 결상 장치 부품을 포함하여 구성되는 광학 결상 장치를 제공하는 단계와; 상기 제1 결상 장치 부품에 기계적으로 직접 연결되는 인코더 요소를 포함하는 인코더 장치를 제공하는 단계와; 상기 인코더 장치를 이용하여 상기 제1 결상 장치 부품과 상기 제2 결상 장치 부품들 간의 공간 관계를 캡처링하는 단계를 포함하여 구성되며, 상기 캡처링 단계는 상기 인코더 요소를 통해 수신하는 단계를 포함하고, 상기 인코더 요소를 향해 방사되는 광빔의 적어도 일부를 평가하는 단계를 포함한다.

[0030] 본 발명의 제11 양태에 따르면, 패턴 이미지를 기관 상에 전사하는 방법이 제공되고, 상기 방법은, 전사 단계에서 상기 광학 결상 장치를 이용하여 상기 패턴 이미지를 상기 기관 상에 전사하는 단계와; 전사 단계의 캡처링 단계에서, 본 발명에 따른 방법을 이용하여 상기 광학 결상 장치의 제1 부품과 제2 부품들 간의 공간 관계를 캡처링하는 단계와; 전사 단계의 제어 단계에서, 상기 캡처링 단계에서 캡처링된 제1 부품과 제2 부품들 간의 상기 공간 관계의 함수로서 상기 광학 결상 장치의 적어도 하나의 부품의 위치를 제어하는 제어 단계를 포함하여 구성된다.

[0031] 본 발명의 제12 양태에 따르면, 패턴을 수용하기 위한 마스크 유닛; 적어도 하나의 목표물 장치를 수용하기 위한 목표물 유닛; 광학 요소 유닛 그룹을 포함하고 상기 기관상에 상기 패턴의 이미지를 전사하기 위한 광학 프로젝션 유닛; 상기 광학 요소 유닛들 중 한 유닛의 부품인 제1 결상 장치 부품; 상기 제1 결상 장치 부품과는 상이하고, 상기 마스크 유닛과 상기 광학 프로젝션 유닛과 상기 목표물 유닛 중 한 유닛의 부품인 제2 결상 장치 부품; 및 계측 장치를 포함하여 구성되는 광학 결상 장치가 제공된다. 상기 계측 장치는 상기 제1 결상 장치 부품과 상기 제2 결상 장치 부품들 간의 공간 관계를 캡처링한다. 상기 계측 장치는 기준 요소를 포함하고 상기 기준 요소는 상기 제1 결상 장치 부품에 기계적으로 직접 연결된다.

[0032] 본 발명의 제13 양태에 따르면, 광학 결상 장치의 제1 부품과 제2 부품들 간의 공간 관계를 캡처링하는 방법이 제공된다. 상기 방법은 패턴을 포함하는 마스크 유닛; 목표물 장치를 포함하는 목표물 유닛; 광학 요소 유닛 그룹을 포함하고 상기 기관상에 상기 패턴의 이미지를 전사하기 위한 광학 프로젝션 유닛; 상기 광학 요소 유닛들 중 한 유닛의 부품인 제1 결상 장치 부품; 및 상기 제1 결상 장치 부품과는 상이하고, 상기 마스크 유닛과 상기 광학 프로젝션 유닛과 상기 목표물 유닛 중 한 유닛의 부품인 제2 결상 장치 부품을 포함하여 구성되는 광학 결상 장치를 제공하는 단계와; 상기 제1 결상 장치 부품에 기계적으로 직접 연결되는 기준 요소를 제공하는 단계와; 상기 기준 요소를 이용하여 상기 제1 결상 장치 부품과 상기 제2 결상 장치 부품들 간의 공간 관계를 캡처링하는 단계를 포함한다.

[0033] 본 발명의 제14 양태에 따르면, 패턴을 수용하기 위한 마스크 유닛; 적어도 하나의 목표물 장치를 수용하기 위한 목표물 유닛; 및 광학 요소 유닛 그룹을 포함하고, EUV 범위에 있는 빛을 이용하여 상기 적어도 하나의 목표물 장치 위에 상기 패턴의 이미지를 전사하기 위한 광학 프로젝션 유닛을 포함하여 구성되는 광학 결상 장치가 제공된다. 상기 상기 목표물 유닛은 제1 목표물 장치를 형성하는 기관을 수용하기 위한 기관 유닛 및 제2 목표물 장치를 형성하는 이미지 센서 장치를 수신하기 위한 이미지 센서 유닛을 포함한다. 상기 목표물 유닛은 상기 기관 유닛과 상기 이미지 센서 유닛을 상기 광학 프로젝션 유닛에 대한 노광 위치 내에 선택적으로 배치하도록 구성된다. 상기 패턴 이미지는 상기 기관 유닛이 상기 노광 위치에 배치될 때 상기 기관 유닛 내부에 수용된 상

기 기관 상에 투사된다. 상기 패턴 이미지는 상기 이미지 센서 유닛이 상기 노광 위치에 배치될 때 상기 이미지 센서 유닛 내부에 수용된 상기 이미지 센서 장치 상에 투사된다.

[0034] 본 발명의 제15 양태에 따르면, 패턴 이미지를 다수의 목표물 장치 상에 전사하는 방법이 제공된다. 상기 방법은 제1 목표물 장치를 형성하는 기관 및 제2 목표물 장치를 형성하는 이미지 센서 장치를 광학 프로젝션 유닛에 대한 노광 위치 속에 선택적으로 배치하는 단계를 포함한다. 상기 방법의 제1 전사 단계에서는, 상기 기관이 상기 노광 위치에 있을 때 상기 광학 결상 장치 및 EUV 범위의 빛을 이용하여 상기 패턴 이미지가 상기 기관 상에 전사된다. 상기 방법의 제2 전사 단계에서는, 상기 이미지 센서 장치가 상기 노광 위치에 있을 때 상기 광학 결상 장치 및 EUV 범위의 빛을 이용하여 상기 패턴 이미지가 상기 이미지 센서 장치 상에 전사된다.

[0035] 본 발명의 또 다른 양태 및 실시예는 특허청구범위의 종속 청구항 및 첨부 도면을 참조한 양호한 실시예에 대한 하기 상세한 설명으로부터 명백해질 것이다. 개시된 특징들의 모든 조합은, 특허 청구의 범위에서 명시적으로 인용되고 있는지의 여부에 상관없이 본 발명의 범위 내에 있다.

실시예

[0047] 제1 실시예

[0048] 이하에서는, 본 발명에 따른 방법의 양호한 실시예들이 수행될 수 있게 해주는 본 발명에 따른 광학 결상 장치 (1)의 양호한 제1 실시예가 도 1 및 도 2를 참조하여 설명될 것이다.

[0049] 도 1은 13 nm의 파장으로 EUV 파장범위에서 작동하는 광학 노광 장치(1)의 형태를 갖는 광학 결상 장치의 배울 조정이 안 된 개략도이다. 상기 광학 노광 장치(1)는 마스크 유닛(3)의 마스크(3.1)상에 형성된 패턴 이미지를 기관 유닛(4)의 기관(4.1)상에 전사하도록 구성된 광학 프로젝션 유닛(2)을 포함한다. 이를 위해, 상기 광학 노광 장치(1)는 반사 마스크(3)를 비추는 조명 시스템(도시 생략됨)을 포함하고 있다. 이 광학 노광 유닛(3)은 마스크(3.1)로부터 반사된 빛을 수신하고 이 마스크(3.1)상에 형성된 패턴 이미지를 예컨대, 웨이퍼 등과 같은 기관(4.1)상에 투사한다.

[0050] 이를 위해, 상기 광학 프로젝션 유닛(2)은 광학 요소 유닛들로 이루어진 광학 요소 유닛 그룹(5)을 지탱해준다. 이 광학 요소 유닛 그룹(5)은 프로젝션 광학 박스(POB)(2.1)로 불리우기도 하는, 광학 프로젝션 유닛(2)의 하우징(2.1) 내부에서 유지된다. 상기 광학 요소 유닛 그룹(5)은 미러(mirror)의 형태로 이루어진 다수개의 광학 요소들을 포함하고 있고, 이들 미러 중에 미러(6.1, 7.1, 8.1)만이 도시되어 있다. 이들 광학 요소(6.1, 7.1, 8.1)는 모두 광학 프로젝션 유닛(2)의 축(2.2)을 따라 서로에 대해 6 자유도(6 degrees of freedom)로 배치되어 있다.

[0051] 상기 광학 프로젝션 유닛(2)은 마스크(3.1)와 기관(4.1)사이의 광 경로 부분을 수용한다. 상기 광학 요소(6.1, 7.1, 8.1)의 투사면(6.2, 7.2, 8.2)은 마스크(4)상에 형성된 패턴 이미지를 광 경로의 단부에 위치한 기관(5)상에 전사하도록 연동작용한다.

[0052] 마스크(3.1)는 마스크 유닛(3)의 마스크 테이블(3.2)상에 수용되고, 이 마스크 테이블(3.2)은 지상 구조물(9)상의 적절한 지지 구조체(도시 생략됨)에 의해 지지된다. 이와 마찬가지로, 기관(4.1)은 기관 유닛(4)의 기관 테이블(4.2)상에 수용되고, 이 기관 테이블(4.2) 역시 지상 구조물(9)상의 적절한 지지 구조체(도시 생략됨)에 의해 지지된다.

[0053] 마스크(3.1)상에 형성된 패턴 이미지는 통상 크기가 축소되어 있고 기관(4.1)의 여러 목표 영역(target areas)에 전사된다. 상기 마스크(3.1)상에 형성된 패턴 이미지는 광학 노광 장치(1)의 설계에 따라 서로 다른 두 가지 방식으로 기관(4.1)상의 각각의 목표 영역에 전사될 수도 있다. 상기 광학 노광 장치(1)가 소위 웨이퍼 스테퍼 장치(wafer stepper apparatus)로서 설계되면, 전체 패턴 이미지는 마스크(3.1)상에 형성된 전체 패턴을 조사(irradiating)함으로써 단일 스텝에서 기관(4.1)의 각각의 목표 영역에 전사된다. 만약, 광학 노광 장치(1)가 소위 스텝-앤드-스캔 장치(step-and-scan apparatus)로서 설계되면, 기관 테이블(4.2) 및 그에 따른 기관(4.1)의 해당 스캐닝 동작을 동시에 수행하면서 마스크 테이블(3.2) 및 그에 따른 프로젝션 빔 아래에 있는 마스크(3.1)상에 형성된 패턴을 점진적으로 스캐닝함으로써 패턴 이미지가 기관(4.1)상의 각각 목표 영역에 전사된다.

[0054] 두 가지 경우에, 광학 요소 유닛 그룹(5)의 광학 요소들, 즉, 미러(6.1, 7.1, 8.1)들의 위치는 마스크(3.1)와 기관(4.1)에 대해서 뿐만 아니라 서로에 대해 고품질의 결상 결과를 얻기 위해서는 소정 한계 이내에서 유지되어야 한다.

- [0055] 광학 노광 장치(1)의 동작중애, 마스크(3.1) 및 기관(4.1)에 대한 미러(6.1, 7.1, 8.1)의 상대적 위치는 물론 상기 미러들 서로에 대한 상대적 위치는 시스템에 유도되는 내적 및 외적 교란(disturbances)으로 인해 변경될 수 있다. 이러한 교란은 예컨대, 시스템 자체에서 발생하기도 하지만 시스템의 주변 예컨대, 지상 구조물(9, ground structure)을 통해 유도되기도 하는 힘으로부터 야기되는 진동의 형태와 같은 기계적 교란일 수도 있다. 또한, 이들 교란은 시스템 부품의 열적 팽창으로 인한 위치 변경과 같이 열적으로 유도되는 교란일 수도 있다.
- [0056] 마스크(3.1) 및 기관(4.1)에 대한 미러(6.1, 7.1, 8.1)의 상대적 위치는 물론 상기 미러들 서로에 대한 상대적 위치의 상기 소정의 한계를 유지하기 위해서는, 미러(6.1, 7.1)가 작동유닛(6.3, 7.3)을 통해 공간에서 능동적으로 배치될 수도 있다. 이와 마찬가지로, 마스크 테이블(3.2) 및 기관 테이블(4.2)도 각각의 지지 구조체(도 1에는 도시생략됨)를 통해 공간에서 능동적으로 배치될 수 있다.
- [0057] 이들 부품의 능동적 배치는 광학 노광 장치(1)의 소정 부품들 간의 공간 관계를 캡처링하는 다수의 계측 장치의 측정결과에 근거하여 수행된다.
- [0058] 6 자유도(DOF)의 제1 계측장치(10)는 광학 노광 장치(1)의 제1 결상 장치 부품과 이 제1 결상 장치 부품과는 다른 광학 노광 장치(1)의 제2 결상 장치 부품들 간의 공간 관계를 캡처링한다.
- [0059] 상기 제1 결상 장치 부품은 기관(4.1)에 가장 근접하게 위치한 제1 미러(8.1)의 형태인 제1 광학 요소이다. 따라서, 상기 제1 결상 장치 부품은 광학 요소 유닛(8)의 한 부품이다. 제2 결상 장치 부품은 기관 유닛(4)의 한 부품인 기관 테이블(4.2)이다. 기관 테이블(4.2)과 기관(4.1) 간의 공간 관계는 예컨대, 노광 공정 직전의 측정 동작으로 인해 알려져 있기 때문에, 제1 계측 장치(10)는 기관 유닛(4)의 한 부품인 기관(4.1)과 제1 미러(8.1) 간의 공간 관계를 캡처링할 수 있다.
- [0060] 계측 장치(10) 및 본 명세서에서 이후에 설명되는 모든 계측 장치들은 점선으로 첨부도면에서 표시된 계측 광빔을 이용하여 비접촉 방식으로 동작한다. 그러나, 본 발명의 다른 실시예들에서 소정의 접촉에 근거한 계측 장치가 사용될 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 특히, 작동 원리의 선택은 정밀도 요건의 기능으로서 수행될 수 있다. 비접촉식 작동 원리로서, 예컨대 간섭성(interferometric), 인코더 기반, 용량성(capacitive) 또는 유도성(inductive) 작동 원리들이 사용될 수 있다. 접촉 기반의 작동 원리로는, 예컨대 자기변형(magnetostrictive) 또는 전기변형(electrostrictive) 작동 원리가 사용될 수도 있다.
- [0061] 제1 계측장치(10)는 하우징(2.1)에 연결되는 적어도 제1 방사 및 수신 유닛(10.1)을 포함한다. 제1 계측장치(10)는 상기 제1 미러(8.1), 즉 제1 결상 장치 부품에 기계적으로 직접 연결되는 제1 기준 요소(10.2)를 추가로 포함한다.
- [0062] 본 발명의 관점에서 "기계적으로 직접 연결되는"이라는 표현은, 한 부품의 위치를 측정하여 다른 하나의 부품의 위치를 신뢰성 있게 결정할 수 있는 부품들 간의 짧은 간격을 포함하는 두 부품들 간의 직접 연결로서 이해되어야 한다. 특히, 이 표현은 열 또는 진동 효과로 인해 위치 결정에 있어 불확실성을 유발하는 또 다른 부품의 간섭이 배제되었음을 의미한다.
- [0063] 제1 기준 요소(10.2)는 제1 미러(8.1)의 제1 반사면(8.2)에 대향하는 제1 미러(8.1)의 후면(8.3)에 연결된다. 제1 계측 장치(10)의 작동원리에 따라, 제1 기준 요소는 간섭원리가 사용될 때는 소위 코너 큐브 프리즘(corner cube prism)과 같이 그리고 인코더 원리가 사용될 때는 격자(grating)인 회절 요소와 같이 다수의 반사면을 제공하는 요소 또는 반사면인 반사요소일 수도 있다. 도 1에 도시된 실시예에서, 기준 요소(10.2)는 제1 미러(8.1)의 후면(8.3)에 의해 형성된다. 이를 위해, 제1 계측 장치(10)의 작동원리에 따라, 적어도 기준 요소(10.2)의 영역에 있는 제1 미러의 후면(8.3)은 반사면으로서 작용하거나, 이 후면(8.3)상에 직접 노출되는 격자를 보여줄 수도 있다.
- [0064] 그러나, 본 발명의 다른 실시예에서, 제1 기준 요소는 제1 미러로부터 분리되거나 이 제1 미러에 기계적으로 직접 연결되는 요소일 수도 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 예컨대, 제1 기준 요소는 능동적 연결(positive connection), 마찰 연결(frictional connection), 부착 연결(adhesive connection) 또는 이들 연결의 조합을 통해 제1 미러에 직접 연결되는 분리부 상의 반사면이나 격자 등일 수도 있다. 예컨대, 제1 기준 요소는 제1 미러에 나사결합, 크램핑 결합, 접착식으로 혹은 이와 다른 고정식으로 결합될 수도 있다.
- [0065] 통상적으로 제1 미러(8.1)는, 광학 프로젝션 유닛(2)의 광학 시스템의 광학 설계에 따라, 약 200 내지 800mm의 직경을 갖는 반면, 기관(4.1)은 약 50 내지 450mm의 직경을 갖는다. 따라서, 대부분의 경우, 제1 미러(8.1)는 기관 직경의 16배에 해당하는 직경을 가짐으로 인해, 전술한 바와 같은 상황에 도달하게 되고, 초기에 언급했던

종래의 레벨링 시스템은 더 이상 사용되지 않아도 된다.

- [0066] 이러한 문제점은, 기관(4.1)에 가장 근접하게 위치한 제1 미러(8.1)내부의 제1 기준 요소를 보다 정밀하게 연결 통합함으로써, 그리고 축(2.2)에 거의 직각인 평면, 즉 실제 수평인 면에서 폭방향 위치로부터 제1 계측 장치(10)의 측정 빔을 제1 계측 장치(10)의 반사면(10.3) 위로 투사함으로써, 본 발명에 의해 극복된다. 반사면(10.3)은 상기 측정 빔을 제1 기준 요소(10.2)로 반사한다. 이 반사면(10.3)은 기관 테이블(4.2)의 표면에 형성되며, 적절히 정렬된 기관 테이블(4.2)과 함께 축(2.2)에 대해 45도 각도로 경사져 있다. 이러한 배열로 인해, 제1 미러(8.1)와 기관(4.1) 간의 직경 상관 관계와는 별도로, 축(2.2)을 따라 제1 미러(8.1)와 기관 테이블(4.2)(및 기관(4.1)) 간의 간격이 신뢰성 있게 측정될 수 있다.
- [0067] 반사면(10.3)에 조사되는 하나 이상의 측정 빔을 이용하여 제1 미러(8.1)와 기관 테이블(4.2) 간의 상대적 위치가 전부 6 자유도로 측정될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 이 경우, 예컨대, 간섭 원리와 인코더 원리가 결합되어 제1 미러(8.1)의 후면(8.3)상에서 반사면과 격자가 결합된다. 그러나, 본 발명의 다른 실시예에서는, 점선(10.4, 10.5)로 도 1에 표시된 바와 같이 제1 미러의 후면(8.3)과 다른 위치에 배치된 또 다른 기준 요소들이 제1 계측장치에서 사용될 수 있다.
- [0068] 제1 계측 장치(10)의 부품이 제1 미러(8.1)와 보다 정밀하게 연결 통합됨으로써, 조립 공간(building space)에 이득(gain)이 발생하여 제1 계측 장치(10)의 나머지 부품들, 특히 제1 방사 및 수신 유닛(10.1)이, 계측 프레임 등과 같은 크기와 부피가 큰 구조물의 삽입없이, 하우징(2.1)에 직접 연결될 수 있다.
- [0069] 따라서, 종래 시스템에서 사용되는 것과 같은 계측 프레임이 필요없게 되고 광학 프로젝션 유닛(2)의 하우징(2.1)은 이러한 계측 프레임의 기능을 통합하며 제진 장치(vibration isolating device)(11)를 통해 제진 방식으로 지상 구조물(9)에 직접 연결된다. 이 제진 장치(11)의 상부 제1 단부는 하우징(2.1)의 플랜지부(2.3)과 직접 접촉하고, 그 하부 제2 단부는 지상 구조물(9)과 직접 접촉한다.
- [0070] 제진 장치(11)는 하우징(2.1)의 원주상에 곁고루 분포된 다수의 제진 유닛(11.1)에 의해 형성된다. 지상 구조물(9)을 통해 광학 프로젝션 유닛(2) 내부로 도입되는 외부의 기계적 교란의 주파수는 통상 30 Hz 내지 1 Hz의 범위를 갖는다. 따라서, 예상되는 기계적 교란의 주파수에 따라, 제진 유닛(11.1)은 예상되는 기계적 교란의 주파수 이하의 적어도 인자 10인 공명 주파수에서 하우징(2.1)에 지지부를 제공하는 적절한 타입으로 구성될 수 있다.
- [0071] 통상, 제진 유닛(11.1)의 공명 주파수는 0.01 내지 10 Hz의 범위에서 선택될 것이다. 제진 유닛(11.1)에 의해 제공되는 지지부의 공명 주파수는 약 0.1 Hz 이하에서 선택되는 것이 바람직하다. 이러한 제진 유닛(11.1)은 국제 공개 공보 WO 2005/028601 A2호(뮈헬베에르(Muehlbeyer) 등이 발명)에 개시된 바와 같이 소위 잘 알려진 자기 중력 보상기(magnetic gravity compensators)에 의해 제공될 수도 있는바, 상기 국제 특허의 개시 내용은 본 명세서에 참고로 포함되며, 상기 자기 중력 보상기는 전자기 원리(예컨대, 음성 코일 모터 등을 이용함)에 따라 동작가능하고 동일한 차수, 즉 바람직하기로는 약 0.1 Hz 이하의 공명 주파수에서 변위 제어기능을 제공할 수 있는 횡변위 제어기(lateral drift control)를 구비한다.
- [0072] 그러나, 본 발명의 다른 실시예에서는 다른 작동원리, 예컨대, 적절히 낮은 공명 주파수의 스프링 장치 또는 공압 장치와 함께 순수 기계 작동 원리가 제진 유닛용으로 선택될 수 있다.
- [0073] 본 발명에 따라 달성가능한 종래의 계측 프레임의 제거로 인해 최근에 공지된 광학 프로젝션 시스템에 많은 장점을 제공해준다.
- [0074] 그 한 가지 장점은 종래의 계측 프레임의 제거를 통해 기관에 근접한 상당한 양의 조립 공간이 확보된다는 점이다. 이것은 프로젝션 광학장치의 설계 및 칫수결정을 용이하게 해준다. 또 다른 장점은 하우징 내부에 수용된 광학 요소들 간의 열적 변위 효과를 줄이기 위해 열적 안정성 측면에서 광학 프로젝션 유닛의 하우징(2.1)이 이미 매우 안정화되어 있다는 점이다. 따라서, 하우징(2.1)은 특히 제1 계측 장치의 부품들을 통합하는 데 적합하며 계측 프레임의 열적 안정화에 필요한 상당한 노력을 발휘할 필요가 없다. 이것은 광학 프로젝션 장치(1)의 전체 비용을 크게 줄여준다.
- [0075] 제1 미러(8.1)는 전체 시스템에서 중앙 기준 요소의 역할을 한다. 따라서, 광학 프로젝션 시스템에 대해 마스크 테이블(3.2)의 위치 조절의 결과를 이용하기 위해 제1 미러(8.1)와 마스크 테이블(3.2) 간의 공간 관계를 캡처링하는 제2 계측 장치(12)가 제공된다.
- [0076] 제2 계측 장치(12)는 마스크 테이블(3.2)에 연결된 제2 방사 및 수신 유닛(12.1) 및 제1 미러(8.1)의 전면(8.

4)에 기계적으로 직접 연결된 제2 기준 요소(12.2)를 포함한다. 여기서, 상기 제2 계측 장치(12)는 6 자유도(DOF)로 광학 노광 장치(1)의 제1 결상 장치 부품인 제1 미러(8.1)와 광학노광 장치(1)의 제2 결상 장치 부품인 마스크 테이블(3.2) 간의 공간 관계를 캡처링할 수 있다.

- [0077] 제2 기준 요소(12.2)는 제1 미러(8.1)의 제1 반사면(8.2)도 형성하는 제1 미러(8.1)의 전면(8.3)에 연결된다. 제2 기준 요소는 제2 계측 장치(12)의 작동원리에 따라, 간섭원리가 사용될 때는 소위 코너 큐브 프리즘과 같이 그리고 인코더 원리가 사용될 때는 격자인 회절 요소와 같이 다수의 반사면을 제공하는 요소 또는 반사면인 반사요소일 수도 있다.
- [0078] 도 1에 도시된 실시예에서, 제2 계측 장치(12)의 작동원리에 따라, 적어도 제2 기준 요소(12.2)의 영역에 있는 제1 미러(8.1)의 전면(8.4)은 반사면으로서 작용하거나, 이 전면(8.4)상에 직접 노출되는 격자를 보여줄 수도 있다.
- [0079] 그러나, 본 발명의 다른 실시예에서, 제2 기준 요소는 제1 미러로부터 분리되거나 이 제1 미러에 기계적으로 직접 연결되는 요소일 수도 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 예컨대, 제2 기준 요소는 능동적 연결, 마찰 연결, 부착 연결 또는 이들 연결의 조합을 통해 제1 미러에 직접 연결되는 분리부 상의 반사면이나 격자일 수도 있다. 예컨대, 제2 기준 요소는 제1 미러에 나사결합, 크램핑 결합, 접촉식으로 혹은 이와 다른 고정식으로 결합될 수도 있다.
- [0080] 더욱이, 본 발명의 다른 실시예에서, 제2 계측 장치(12)는 EP 1 182 509 A2에 공지되어 있고 도 1에 점선(12.3)으로 표시된 것과 같은 종래의 계측 장치로 대체될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다.
- [0081] 더욱이, 제2 계측 장치(12)는 도 1에 점선(12.4)으로 표시된 것과 같은 계측 장치로 대체될 수도 있다. 상기 제2 계측 장치와 함께, 상기 방사 및 수신 유닛은 마스크 테이블(3.2)에 다시 연결되고, 제2 기준 요소는 하우징(2.1)에 기계적으로 직접 연결된다.
- [0082] 마지막으로, 제1 미러(8.1)에 대해 다른 미러들(6.1, 7.1)의 위치 조절의 결과를 이용하기 위해 제1 미러(8.1)와 다른 미러들(6.1, 7.1) 간의 공간 관계를 캡처링하는 제3 계측 장치(13)가 제공된다.
- [0083] 제3 계측 장치(13)는 하우징(2.1)에 연결된 제3 방사 및 수신 유닛(13.1) 및 미러들(8.1, 6.1, 7.1)의 표면에 기계적으로 직접 연결된 제3 기준 요소(13.2, 13.3, 13.4)를 포함한다. 여기서, 상기 제3 계측 장치(13)는 6 자유도(DOF)로 광학 노광 장치(1)의 제1 결상 장치 부품인 제1 미러(8.1)와 광학노광 장치(1)의 제2 결상 장치 부품인 각각의 미러들(6.1, 7.1) 간의 공간 관계를 캡처링할 수 있다.
- [0084] 제3 기준 요소(13.2, 13.3, 13.4)는, 제3 계측 장치(13)의 작동원리에 따라, 간섭원리가 사용될 때는 소위 코너 큐브 프리즘과 같이 그리고 인코더 원리가 사용될 때는 격자인 회절 요소와 같이 다수의 반사면을 제공하는 요소 또는 반사면인 반사요소일 수도 있다. 도 1에 도시된 실시예에서, 제3 계측 장치(13)의 작동원리에 따라, 적어도 제3 기준 요소(13.2, 13.3, 13.4)의 영역에서 제3 기준 요소를 형성하는 미러(8.1, 6.1, 7.1)의 각각의 면들은 반사면으로서 작용하거나, 2차원 격자를 보여줄 수도 있다.
- [0085] 그러나, 본 발명의 다른 실시예에서, 각각의 제3 기준 요소는 각각의 미러로부터 분리되거나 각각의 미러에 기계적으로 직접 연결되는 요소일 수도 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 예컨대, 제3 기준 요소는 능동적 연결, 마찰 연결, 부착 연결 또는 이들 연결의 조합을 통해 제1 미러에 직접 연결되는 분리부 상의 반사면이나 격자일 수도 있다. 예컨대, 제3 기준 요소는 제1 미러에 나사결합, 크램핑 결합, 접촉식으로 혹은 이와 다른 고정식으로 결합될 수도 있다.
- [0086] 더욱이, 각각의 계측 장치의 각각의 측정 빔은 도 1에 도시된 바와 같이 반드시 직선 광 경로를 가질 필요는 없다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 오히려, 광학 시스템의 설계에 따라, 접힘 경로(folded path)상에서 정의된 방식으로 각각의 측정 빔을 안내하기 위한 적절한 빔 조향 광학장치(beam steering optics)가 제공될 수 있다.
- [0087] 더욱이, 본 발명의 다른 실시예에서, 제3 계측 장치(13)는 점선(13.5)으로 도 1에 표시된 것과 같이 제1 미러와 또 다른 미러 간의 공간 관계를 별도로 캡처링하는 별도의 계측 장치로 대체될 수도 있다.
- [0088] 전술한 바와 같은 제1 실시예에서, 제1 내지 제3 기준 요소(10.2, 12.2, 13.2, 13.3, 13.4)는 각각의 광학 요소, 즉 미러들(6.1, 7.1, 8.1)상에 직접 제공되었다. 그러나, 본 발명의 다른 실시예에서, 각각의 기준 요소는 각각의 광학 요소의 공간위치에 대해 적절한 평가를 할 수 있는 각각의 광학 요소 유닛의 다른부품들에 연결될 수도 있다. 예컨대, 각각의 기준 요소는 각각의 광학 요소를 지탱하는 광학 요소 장착부에 연결되거나 각각의

광학 요소와 함께 변위될 수도 있다.

- [0089] 전술한 계측 장치(10, 12, 13)은 제1 미러(8.1), 기관 테이블(4.1), 마스크 테이블(3.1) 및 미러(6.1, 7.1) 간의 직접 공간 관계를 측정하도록 구성될 수 있었다. 이와는 달리, 공간 측정은 예컨대, 상기 요소들 중 2개 요소 간의 직접 공간 관계가 벡터합에 의해 결정될 수 있는 안정된 기준 구조물(예: 구조물(2.1))에 대해 상기 각각의 요소들의 위치를 측정함으로써 간접적으로 이루어질 수 있다.
- [0090] 도 1의 광학 노광 장치(1)를 이용하여, 본 발명에 따른 패턴 이미지를 기관상에 전사하는 방법의 양호한 실시예는 도 1 및 도 2를 참조하여 이하에서 설명되는 바와 같이 수행될 수 있다.
- [0091] 본 방법의 전사단계(14)에서, 마스크(3.1)상에 형성된 패턴 이미지는 광학 결상 장치(1)의 광학 프로젝션 유닛(2)을 이용하여 기관(4.1)상에 전사된다.
- [0092] 이를 위해, 상기 전사 단계(14)의 캡처링 단계(14.1)에서, 광학 결상 장치(1)의 제1 부품인 제1 미러(8.1)와 기관 테이블(4.2), 마스크 테이블(3.2) 및 광학 결상 장치(1)의 제2 부품을 형성하는 다른 미러들(6.1, 7.1) 간의 공간 관계는, 본 발명에 따른 광학 결상 장치(1)의 제1 부품과 제2 부품들 간의 공간 관계를 캡처링하는 방법의 양호한 실시예를 이용하여 캡처링된다.
- [0093] 전사단계의 제어단계(14.2)에서, 제1 미러(8.1)에 대한 기관 테이블(4.2), 마스크 테이블(3.2) 및 미러(6.1, 7.1)의 위치는 캡처링 단계(14.1)에서 미리 캡처링된 공간 관계의 함수로서 제어된다. 노광 공정(14.3)에서, 상기 제어단계(14.2) 직후 또는 제어단계와 중복하여, 마스크(3.1)상에 형성된 패턴 이미지는 광학 결상 장치(1)를 이용하여 기관(4.1)상에 노광처리된다.
- [0094] 캡처링(14.1)의 단계(14.4)에서, 마스크(3.1)를 구비한 마스크 유닛(3) 및 기관(4.1)을 구비한 기관 유닛(4)이 공간속에 제공되어 위치결정된다. 상기 마스크(3.1) 및 기관(4.1)은 실제 위치 캡처링 이전의 나중 시점에 또는 노광 단계(14.3) 이전의 더 나중 시점에 각각 마스크 유닛(3) 및 기관 유닛(4) 속에 삽입될 수도 있다.
- [0095] 캡처링 단계(14.1)의 단계(14.5)에서, 광학 프로젝션 유닛(2)의 부품들은 본 발명에 따른 광학 프로젝션 유닛의 부품들을 지지하는 방법의 양호한 실시예에 따라 제공되고 지지된다. 이를 위해, 단계(14.6)에서, 광학 프로젝션 유닛(2)의 광학 요소 유닛(6, 7, 8)은 광학 프로젝션 유닛(2)의 하우징(2.1) 내부에 제공되어 위치결정된다. 단계(14.7)에서, 광학 요소 유닛(6, 7, 8)이 제공된 하우징(2.1)은 도 1과 관련하여 전술된 바와 같은 구성을 제공하도록 지상 구조물(9) 위에 제진 방식으로 지지된다.
- [0096] 캡처링 단계(14.1)의 단계(14.8)에서, 제1 내지 제3 계측 장치(10, 12, 13)는 도 1과 관련하여 전술된 바와 같은 구성을 제공하도록 제공된다. 제1 내지 제3 기준 요소(10.2, 12.2, 13.2, 13.3, 13.4)는 이들 기준 요소가 형성되는 각각의 미러(6.1, 7.1, 8.1)와 함께 초기 시점에 이미 제공되었음을 이해할 수 있을 것이다. 그러나, 본 발명의 다른 실시예에서, 제1 내지 제3 기준 요소는 실제 위치 캡처링 이전의 나중 시점에 제1 내지 제3 계측 장치의 다른 부품들과 함께 제공될 수도 있다.
- [0097] 캡처링 단계(14.1)의 단계(14.9)에서, 광학 결상 장치(1)의 제1 부품인 제1 미러(8.1)와 광학 결상 장치(1)의 제2 부품을 각각 형성하는 기관 테이블(4.2), 마스크 테이블(3.2) 및 기타 미러(6.1, 7.1) 간의 실제 공간 관계가 캡처링된다.
- [0098] 광학 결상 장치(1)의 제1 부품인 제1 미러(8.1)와 광학 결상 장치(1)의 제2 부품을 형성하는 기관 테이블(4.2), 마스크 테이블(3.2) 및 기타 미러(6.1, 7.1) 간의 실제 공간 관계는 전체 노광 공정을 통해 지속적으로 캡처링될 수도 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 단계(14.9)에서, 이러한 지속적인 캡처링 공정의 가장 최근 결과가 검색되어 사용된다.
- [0099] 전술한 바와 같이, 제어 단계(14.2)에서, 제1 미러(8.1)에 대한 기관 테이블(4.2), 마스크 테이블(3.2) 및 기타 미러(6.1, 7.1)의 위치는 노광 단계(14.3)에서 이전에 미리 캡처링된 상기 공간 관계의 함수로서 제어되고, 마스크(3.1)상에 형성된 패턴 이미지가 기관(4.1)상에 노광처리된다.

[0100] 제2 실시예

- [0101] 이하에서는, 본 발명에 따른 방법의 양호한 실시예들이 수행될 수 있게 해주는 본 발명에 따른 광학 결상 장치(101)의 양호한 제2 실시예가 도 3을 참조하여 설명될 것이다.
- [0102] 도 3은 13 nm의 파장으로 EUV 파장범위에서 작동하는 광학 노광 장치(101)의 형태를 갖는 광학 결상 장치의 배울 조정이 안 된 개략도이다. 상기 광학 노광 장치(101)는 마스크 유닛(103)의 마스크(103.1)상에 형성된 패턴

이미지를 기관 유닛(104)의 기관(104.1)상에 전사하도록 구성된 광학 프로젝션 유닛(102)을 포함한다. 이를 위해, 상기 광학 노광 장치(101)는 반사 마스크(103)를 비추는 조명 시스템(도시 생략됨)을 포함하고 있다. 이 광학 노광 유닛(103)은 마스크(103.1)로부터 반사된 빛을 수신하고 이 마스크(103.1)상에 형성된 패턴 이미지를 예컨대, 웨이퍼등과 같은 기관(104.1)상에 투사한다.

[0103] 설계 및 기능성 측면에서, 도 3의 실시예는 주로 도 1의 실시예에 해당한다. 특히, 도 3에서, 동일한 부품에는 100 단위로 고쳐서 동일한 참조부호를 부여하였다. 따라서, 여기서는 주로 전술한 설명을 참고하여 구성상 차이점에 대해서만 논의될 것이다.

[0104] 제1 실시예에 대한 주요 차이점은 기관(104.1)에 가장 근접하게 위치한 제1 미러(108.1)가 프로젝션 광학 박스(POB)(102.1)로 불리우기도 하는, 광학 프로젝션 유닛(102)의 하우징(102.1) 내부에 배치되지 않는다는 사실에 있다. 그 대신, 제1 미러(108.1)는 약 300 Hz의 공명 주파수에서 제1 미러(108.1)에 지지 기능을 제공하는 실제 고정 장착 장치(115)에 의해 하우징(102.1)의 하부에 현수(suspended)되어 있다.

[0105] 종래의 계측 프레임의 제거와는 별도로, 본 실시예는 하우징(102.1) 외부에 제1 미러(108.1)가 고정되게 현수되어 있음으로 인해 제1 미러(108.1)의 원주상에 하우징 요소가 위치하지 않아 제1 미러(108.1)의 영역에서 조립 공간을 이용할 수 있다는 장점을 갖는다. 따라서, 하우징(102.1)에 장착된 제1 계측 장치(110)의 부품들은 제1 미러(108.1)에 보다 근접하게 위치함으로써, 이들 부품의 동적 거동(dynamic behavior)을 향상시킬 수 있다.

[0106] 본 실시예에서, 도 2를 참조하여 전술된 바와 같은 본 발명에 따른 방법들이 수행될 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 따라서, 본 단락에서는 전술한 내용을 참고하기로 한다.

[0107] 제3 실시예

[0108] 이하에서는, 본 발명에 따른 방법의 양호한 실시예들이 수행될 수 있게 해주는 본 발명에 따른 광학 결상 장치(201)의 양호한 제3 실시예가 도 4를 참조하여 설명될 것이다.

[0109] 주요 설계 및 기능성 측면에서, 도 4의 실시예는 주로 도 1의 실시예에 해당한다. 특히, 도 4에서, 동일한 부품에는 200 단위로 고쳐서 동일한 참조 부호를 부여하였다. 따라서, 여기서는 주로 전술한 설명을 참고하여 구성상 차이점에 대해서만 논의될 것이다.

[0110] 도 4는 13 nm의 파장으로 EUV 파장범위에서 작동하는 광학 노광 장치(201)의 형태를 갖는 광학 결상 장치의 배율 조절이 안 된 개략도이다. 상기 광학 노광 장치(201)는 마스크 유닛(203)의 마스크(203.1)상에 형성된 패턴 이미지를 기관 유닛(204)의 기관(204.1)상에 전사하도록 구성된 광학 프로젝션 유닛(202)을 포함한다. 이를 위해, 상기 광학 노광 장치(201)는 반사 마스크(203)를 비추는 조명 시스템(도시 생략됨)을 포함하고 있다. 이 광학 노광 유닛(203)은 마스크(203.1)로부터 반사된 빛을 수신하고 이 마스크(203.1)상에 형성된 패턴 이미지를 예컨대, 웨이퍼등과 같은 기관(204.1)상에 투사한다.

[0111] 이를 위해, 상기 광학 프로젝션 유닛(202)은 광학 요소 유닛들로 이루어진 광학 요소 유닛 그룹(205)을 지탱해 준다. 상기 광학 요소 유닛 그룹(205)은 미러의 형태로 이루어진 다수 개의 광학 요소들을 포함하고 있고, 이들 미러 중에 미러(206.1, 207.1, 208.1)만이 도시되어 있다. 이들 광학 요소(208)는 광학 프로젝션 유닛(202)의 축(202.2)을 따라 서로에 대해 배치되어 있다. 상기 광학 요소(206.1, 207.1, 208.1)의 투사면(206.2, 207.2, 208.2)은 마스크(204)상에 형성된 패턴 이미지를 기관(205)상에 전사하도록 연동작용한다.

[0112] 마스크(203.1) 및 기관(204.1)에 대한 미러(206.1, 207.1, 208.1)의 상대적 위치는 물론 상기 미러들 서로에 대한 상대적 위치의 상기 소정의 한계를 유지하기 위해서는, 미러(206.1, 207.1)가 작동유닛(206.3, 207.3)을 통해 공간(6 DOF)에서 능동적으로 배치될 수도 있다. 이와 마찬가지로, 마스크 테이블(203.2) 및 기관 테이블(204.2)도 각각의 지지 구조체(도 4에는 도시생략됨)를 통해 공간(6 DOF)에서 능동적으로 배치될 수 있다. 이들 부품의 능동적 배치는 광학 노광 장치(201)의 부품들 간의 공간 관계를 (6 DOF로) 캡처링하는 제1 내지 제3 계측 장치(210, 212, 213)의 측정 결과에 근거하여 수행된다.

[0113] 제1 실시예에 대한 차이점 중의 하나는 기관(204.1)에 가장 근접하게 위치한 제1 미러(208.1)가 광학 프로젝션 유닛(202)의 하우징(202.1) 내부에 배치되지 않는다는 사실에 있다. 그 대신, 제1 미러(208.1)는 약 300 Hz의 공명 주파수에서 제1 미러(208.1)에 지지 기능을 제공하는 실제 고정 장착 장치(215)에 의해 하우징(202.1)의 하부에 현수되어 있다.

[0114] 제2 실시예와 관련하여 이미 설명된 바와 같이, 종래의 계측 프레임의 제거와는 별도로, 본 실시예는 하우징(202.1) 외부에 제1 미러(208.1)가 고정되게 현수되어 있음으로 인해 제1 미러(208.1)의 원주상에 하우징 요소

가 위치하지 않아 제1 미러(208.1)의 영역에서 조립 공간을 이용할 수 있다는 장점을 갖는다. 따라서, 하우징(202.1)에 장착된 제1 계측 장치(210)의 부품들은 제1 미러(208.1)에 보다 근접하게 위치함으로써, 이들 부품의 동적 거동을 향상시킬 수 있다.

[0115] 제1 실시예에 대한 또 다른 차이점은 광학 요소 유닛 그룹(205)의 기타 미러(206.1, 207.1)이 하우징(202.1) 내부에 수용되기는 하지만, 본 명세서에서는 힘 프레임(216)로 지칭되는 지지 구조체(216)에 의해 별도로 지지된다는 사실에 있다. 이 지지 구조체(216)는 지상 구조물(209)상에 직접 지지된다.

[0116] 제3 실시예는 시스템의 동적 특성에 대한 장점을 갖고 있다. 그 하나는 하우징(202.1)이 제1 미러(208.1)와 같은 비작동식의 수동 부품(passive part)에 동적으로만 연결되어 있다는 점이다. 따라서, 하우징(202.1)은 미러(206.1, 207.1 등)상에 대한 위치 조절 작용으로 인해 야기되는 동적 내재 하중이나 교란(dynamic intrinsic load or disturbance)이 발생하지 않는다. 따라서, 본 명세서에서 센서 프레임으로도 지칭되는 하우징(202.1)은 제1 내지 제3 계측 장치(210, 212, 213)의 부품들을 지탱해주며, 미러(206.1, 207.1)상에 대한 위치 조절 작용으로 인해 야기되는 고주파수의 교란이 발생하지 않아 측정결과가 향상되고 이들 결과를 달성하기 위한 노력이 줄어든다.

[0117] 힘 프레임(216) 내부로 유입되는 기계적 교란은 미러 유닛(206, 207)의 작동 유닛(206.3, 207.3)을 통해 해당 역작용 위치 조절에 의해 설명되어야 한다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러나, 상기 힘 프레임(216) 내부로 유입되는 기계적 교란을 감소시키기 위해, 힘 프레임(216) 자체는 지상 구조물(209)상에서 해당 제진 수단에 의해 지지될 수도 있다. 이 제진 수단은 지상 구조물(209)상에서 센서 프레임(202.1)의 직접 지지를 위해 선택되는 제진 장치(211)중 하나와 비교되는 공명 주파수로 힘 프레임(216)을 지지할 수 있다. 힘 프레임(216)의 제진 수단의 공명 주파수는 약 30 Hz 이하가 되도록 선택될 수 있다.

[0118] 제1 및 제2 실시예와 관련하여, 제1 미러(208.1)는 전체 시스템에서 중앙 기준 요소로서 작용한다. 따라서, 제1 및 제2 실시예와 동일한 설계에서는, 제1 내지 제3 계측 장치(210, 212, 213)의 제1 내지 제3 기준 요소(210.3, 212.3, 213.3)를 통합한다.

[0119] 여기서, 본 실시예에서는, 도 2를 참조하여 전술한 본 발명에 따른 방법이 설명될 것이다. 따라서, 여기서는 전술한 내용을 참고하기로 한다.

[0120] 제4 실시예

[0121] 이하에서는, 본 발명에 따른 방법의 양호한 실시예들이 수행될 수 있게 해주는 본 발명에 따른 광학 결상 장치(301)의 양호한 제4 실시예가 도 5를 참조하여 설명될 것이다.

[0122] 주요 설계 및 기능성 측면에서, 도 5의 실시예는 주로 도 1의 실시예에 해당한다. 특히, 도 5에서, 동일한 부품에는 300 단위로 고쳐서 동일한 참조부호를 부여하였다. 따라서, 여기서는 주로 전술한 내용을 참고하여 구성상 차이점에 대해서만 논의될 것이다.

[0123] 도 5는 13 nm의 파장으로 EUV 파장범위에서 작동하는 광학 노광 장치(301)의 형태를 갖는 광학 결상 장치의 배울 조정이 안 된 개략도이다. 상기 광학 노광 장치(301)는 마스크 유닛(303)의 마스크(303.1)상에 형성된 패턴 이미지를 기판 유닛(304)의 기판(304.1)상에 전사하도록 구성된 광학 프로젝션 유닛(302)을 포함한다. 이를 위해, 상기 광학 노광 장치(301)는 반사 마스크(303)를 비추는 조명 시스템(도시 생략됨)을 포함하고 있다. 이 광학 노광 유닛(303)은 마스크(303.1)로부터 반사된 빛을 수신하고 이 마스크(303.1)상에 형성된 패턴 이미지를 예컨대, 웨이퍼등과 같은 기판(304.1)상에 투사한다.

[0124] 이를 위해, 상기 광학 프로젝션 유닛(302)은 광학 요소 유닛들로 이루어진 광학 요소 유닛 그룹(305)을 지탱해 준다. 상기 광학 요소 유닛 그룹(305)은 미러의 형태로 이루어진 다수개의 광학 요소들을 포함하고 있고, 이들 미러 중에 미러(306.1, 307.1, 308.1)만이 도시되어 있다. 이들 광학 요소(308)는 광학 프로젝션 유닛(302)의 축(302.2)을 따라 서로에 대해 배치되어 있다. 상기 광학 요소(306.1, 307.1, 308.1)의 투사면(306.2, 307.2, 308.2)은 마스크(304)상에 형성된 패턴 이미지를 기판(305)상에 전사하도록 연동작용한다.

[0125] 광학 요소 유닛 그룹(305)은 제1 서브 그룹(305.1) 및 제2 서브 그룹(305.2)을 포함한다. 제1 서브 그룹(305.1)은 프로젝션 광학 박스(POB)(302.1)로 불리우기도 하는, 광학 프로젝션 유닛(302)의 하우징(302.1) 내부에서 유지된다. 미러(306.1, 307.1)는 제1 서브 그룹(305.1)의 부품을 형성하는 반면, 미러(308.1)는 제2 서브 그룹(305.2)의 부품을 형성한다.

[0126] 마스크(303.1) 및 기판(304.1)에 대한 미러(306.1, 307.1, 308.1)의 상대적 위치는 물론 상기 미러들 서로에

대한 상대적 위치의 상기 소정의 한계를 유지하기 위해서는, 미러(306.1, 307.1)가 작동유닛(306.3, 307.3)을 통해 공간(6 DOF)에서 능동적으로 배치될 수도 있다. 이와 마찬가지로, 마스크 테이블(303.2) 및 기관 테이블(304.2)도 각각의 지지 구조체(도 5에는 도시생략됨)를 통해 공간(6 DOF)에서 능동적으로 배치될 수 있다. 이들 부품의 능동적 배치는 광학 노광 장치(301)의 부품들 간의 공간 관계를 (6 DOF로) 캡처링하는 제1 내지 제3 계측 장치(310, 312, 313)의 측정결과에 근거하여 수행된다.

[0127] 제1 실시예에 대한 차이점 중의 하나는 제1 계측 장치(310)가 기관 테이블(304.2)에 연결된 두개의 제1 방사 및 수신 유닛(310.1, 310.6)을 포함하고 있다는 사실에 있다. 제1 계측 장치(310)는 제1 미러(308.1), 즉 제1 결상 장치 부품에 기계적으로 직접 연결되는 두개의 제1 기준 요소(310.2, 310.7)를 추가로 포함한다.

[0128] 상기 제1 기준 요소(310.2, 310.7) 각각은 제1 미러(308.1)의 제1 반사면(308.2)에 대향하는 제1 미러(308.1)의 후면(308.3)에 연결된다. 제1 계측 장치(310)의 작동 원리에 따라, 제1 기준 요소는 간섭원리가 사용될 때는 소위 코너 큐브 프리즘(corner cube prism)과 같이 그리고 인코더 원리가 사용될 때는 격자(grating)인 회절 요소와 같이 다수의 반사면을 제공하는 요소 또는 반사면인 반사요소일 수도 있다. 도 5에 도시된 실시예에서, 기준 요소(310.2)는 제1 미러(308.1)의 후면(308.3)에 의해 형성된다. 이를 위해, 제1 계측 장치(310)의 작동원리에 따라, 적어도 기준 요소(310.2)의 영역에 있는 제1 미러의 후면(308.3)은 반사면으로서 작용하거나, 이 후면(308.3)상에 직접 노출되는 격자를 보여줄 수도 있다.

[0129] 그러나, 본 발명의 다른 실시예에서, 제1 기준 요소 중 하나 또는 각각은 제1 미러로부터 분리되거나 이 제1 미러에 기계적으로 직접 연결되는 요소일 수도 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 예컨대, 제1 기준 요소는 능동적 연결(positive connection), 마찰 연결(frictional connection), 부착 연결(adhesive connection) 또는 이들 연결의 조합을 통해 제1 미러에 직접 연결되는 분리부 상의 반사면이나 격자일 수도 있다. 예컨대, 제1 기준 요소는 제1 미러에 나사결합, 크램핑 결합, 접착식으로 혹은 이와 다른 고정식으로 결합될 수도 있다.

[0130] 제1 방사 및 수신 유닛(310.1, 310.6)에 의해 제공되는 하나 이상의 측정 빔을 이용하여 제1 미러(308.1)와 기관 테이블(304.2) 간의 상대적 위치가 전부 6 자유도로 측정될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 이 경우, 예컨대, 간섭 원리와 인코더 원리가 결합되어 제1 미러(308.1)의 후면(308.3)상에서 반사면과 격자가 결합된다. 그러나, 본 발명의 다른 실시예에서는, 제1 미러의 후면(308.3)과 다른 위치에 배치된 또 다른 기준 요소들이 제1 계측장치에서 사용될 수 있다.

[0131] 제1 실시예에 대한 또 다른 차이점은 기관(304.1)에 가장 근접하게 위치한 제1 미러(308.1)가 광학 프로젝션 유닛(302)의 하우징(302.1) 내부에 배치되지 않는다는 사실에 있다. 그 대신, 제2 서브 그룹(305.2)을 형성하는 제1 미러(308.1)는 제2 제진 장치(317)를 통해 제진 방식으로 하우징(302.1)의 하부에 현수(suspended)되어 있다. 상기 제2 제진 장치(317)의 상부 제1 단부는 하우징(302.1)과 직접 접촉한다. 상기 제2 제진 장치(317)의 하부 제2 단부는 제1 미러(308.1)와 직접 접촉한다.

[0132] 상기 각각의 제1 및 제2 제진 장치(311, 317)는 각각 제1 미러(308.1)와 하우징(302.1)의 원주상에 끌고루 분포된 다수의 제진 유닛(311.1, 317.1)에 의해 형성된다. 지상 구조물(309)을 통해 광학 프로젝션 유닛(302) 내부로 도입되는 외부의 기계적 교란의 주파수는 통상 30 Hz에서 1 Hz까지의 범위를 갖는다. 따라서, 예상되는 기계적 교란의 주파수에 따라, 제1 및 제2 제진 유닛(311.1, 317.1)은 예상되는 기계적 교란의 주파수 이하의 적어도 인자 10인 공명 주파수에서 각각 하우징(302.1) 및 제1 미러(308.1)에 지지부를 제공하는 적절한 타입으로 구성될 수 있다.

[0133] 통상, 제1 및 제2 제진 유닛(311.1, 317.1)의 공명 주파수는 0.01 내지 10 Hz의 범위에서 선택될 것이다. 제1 및 제2 제진 유닛(311.1, 317.1)에 의해 제공되는 지지부의 공명 주파수는 약 0.1 Hz이하에서 선택되는 것이 바람직하다. 이러한 제진 유닛(311.1, 317.1)은 잘 알려진 소위 자기 중력 보상기에 의해 제공될 수도 있는바, 상기 자기 중력 보상기는 전자기 원리(예컨대, 음성 코일 모터 등을 이용함)에 따라 동작가능하고 동일한 차수, 즉 바람직하기로는 약 0.1 Hz 이하의 공명 주파수에서 변위 제어기능을 제공할 수 있는 횡변위 제어기를 구비한다.

[0134] 그러나, 본 발명의 다른 실시예에서는 다른 작동원리, 예컨대, 적절히 낮은 공명 주파수의 스프링 장치와 함께 순수 기계 작동원리가 제진 유닛용으로 선택될 수 있다.

[0135] 제2 실시예와 관련하여 이미 설명된 바와 같이, 종래의 계측 프레임의 제거와는 별도로, 본 실시예는 하우징(302.1) 외부에 제1 미러(308.1)가 현수되어 있음으로 인해 제1 미러(308.1)의 원주상에 하우징 요소가 위치하지 않아 제1 미러(308.1)의 영역에서 조립 공간을 이용할 수 있다는 장점을 갖는다.

- [0136] 본 실시예의 또 다른 장점은 제1 미러(308.1)의 별도의 제진 지지부(separate vibration isolated support)에 있다. 제1 미러(308.1)는, 광학 프로젝션 유닛(302)의 광학 시스템의 광학 설계에 따라, 통상 약 200 내지 800 mm의 직경을 갖는다. 제1 미러(308.1)가 제로더(Zerodur) 등과 같은 적절한 물질로 이루어진 고품체로 제조되는 경우, 상기 제1 미러(308.1)는 60 kg이나 그 이상의 상당한 질량을 갖게 된다. 제1 미러(308.1)의 재질, 예컨대 제로더 등은 낮은 열팽창 계수(CTE)를 가질 수 있어, 열적으로 불활성화될 수 있다.
- [0137] 전술한 바와 같이, 제1 미러(308.1)는 큰 질량을 갖고 있고, 열적으로 불활성화된 물질로 이루어질 수 있으며, 이하에서 후술되는 바와 같이, 능동적으로 작동되지 않고, 본 실시예에서 사용되는 계측 장치의 수동 부품만을 통합하거나 지탱할 수 있다. 따라서, 제1 미러(308.1)는 그 자체가 상기 시스템에서 열적으로 그리고 동적으로 매우 안정된 부품이다. 별도의 제진 현수부(separate vibration isolated suspension)와 함께 제1 미러(308.1)는 하우징(302.1)에 의해 유지된 광학 프로젝션 유닛(302)의 부품으로부터 동적으로 분리되어, 외부의 기계적 교란에 대해 안정화된다. 따라서, 제1 미러(308.1)는 본 발명의 본 실시예에 따라 부여된 전체 시스템에서 중앙 기준 요소의 역할을 완벽하게 수행한다. 동적으로, 제1 미러(308.1)는 직렬 연결된 두 개의 제진 시스템(311.1, 317.1)을 통해 캐스케이드(cascade) 방식으로 지상 구조물에 연결되는데, 이때 후자의 장치는 특히 지상 교란에 대해 별도의 분리 성능을 제공한다.
- [0138] 제1 및 제2 실시예와 동일한 설계에서 전체 시스템의 중앙 기준 요소인 제1 미러(308.1)를 제공하는 본 실시예의 개념에 따라, 제1 미러(308.1)는 제1 내지 제3 계측 장치(310, 312, 313)의 제1 내지 제3 기준 요소(310.3, 312.3, 313.3)를 각각 지탱하고 통합한다.
- [0139] 여기서, 본 실시예에서는, 도 2를 참조하여 전술한 본 발명에 따른 방법이 설명될 것이다. 따라서, 여기서는 전술한 내용을 참고하기로 한다.
- [0140] 더욱이, 본 발명의 실시예에서, 광학 요소 유닛의 제2 서브 그룹(305.2)은 제2 제진 장치(317)를 통해 제1 광학 요소인 제1 미러(308.1)와 함께 유지되는 또 다른 광학 요소 유닛들을 포함할 수 있다. 이를 위해, 성가 제2 서브 그룹은 제2 제진 장치(317)를 통해 지상 구조물(309)상에 직접 지지되는 제2 하우징 구조물에 의해 수용될 수도 있다.
- [0141] **제5 실시예**
- [0142] 이하에서는, 본 발명에 따른 방법의 양호한 실시예들이 수행될 수 있게 해주는 본 발명에 따른 광학 결상 장치(401)의 양호한 제5 실시예가 도 6을 참조하여 설명될 것이다.
- [0143] 주요 설계 및 기능성 측면에서, 도 6의 실시예는 주로 도 1의 실시예에 해당한다. 특히, 도 6에서, 동일한 부품에는 400 단위로 고쳐서 동일한 참조부호를 부여하였다.
- [0144] 도 6은 13 nm의 파장으로 EUV 파장범위에서 작동하는 광학 노광 장치(401)의 형태를 갖는 광학 결상 장치의 배율 조절이 안 된 개략도이다. 상기 광학 노광 장치(401)는 마스크 유닛(403)의 마스크(403.1)상에 형성된 패턴 이미지를 기판 유닛(404)의 기판(404.1)상에 전사하도록 구성된 광학 프로젝션 유닛(402)을 포함한다. 이를 위해, 상기 광학 노광 장치(401)는 반사 마스크(403)를 비추는 조명 시스템(도시 생략됨)을 포함하고 있다. 이 광학 노광 유닛(403)은 마스크(403.1)로부터 반사된 빛을 수신하고 이 마스크(403.1)상에 형성된 패턴 이미지를 예컨대, 웨이퍼 등과 같은 기판(404.1)상에 투사한다.
- [0145] 이를 위해, 상기 광학 프로젝션 유닛(402)은 광학 요소 유닛들로 이루어진 광학 요소 유닛 그룹(405)을 지탱해 준다. 광학 요소 유닛 그룹(405)은 제1 서브 그룹(405.1) 및 제2 서브 그룹(405.2)을 포함한다. 제1 서브 그룹(405.1)은 프로젝션 광학 박스(POB)(402.1)로 불리우기도 하는, 광학 프로젝션 유닛(402)의 하우징(402.1) 내부에서 유지된다.
- [0146] 상기 광학 요소 유닛 그룹(405)은 미러의 형태로 이루어진 다수개의 광학 요소들을 포함하고 있고, 이들 미러 중에 미러(406.1, 407.1, 408.1)만이 도시되어 있다. 이들 광학 요소(408)는 광학 프로젝션 유닛(402)의 축(402.2)을 따라 서로에 대해 배치되어 있다. 상기 미러(406.1, 407.1)는 제1 서브 그룹(405.1)의 일부를 형성하는 반면, 상기 미러(408.1)는 제2 서브 그룹(405.2)의 일부를 형성한다.
- [0147] 상기 광학 프로젝션 유닛(402)은 마스크(403.1)와 기판(404.1) 간의 광 경로의 일부를 수용한다. 광학 요소(406.1, 407.1, 408.1)의 투사면(406.2, 407.2, 408.2)은 마스크(404)상에 형성된 패턴 이미지를 상기 광 경로의 단부에 위치한 기판(405)상에 전사하도록 연동 작용한다.
- [0148] 마스크(403.1)는 마스크 유닛(403)의 마스크 테이블(403.2)상에 수용되고, 마스크 테이블(403.2)은 지상 구조물

(409)상의 적절한 지지 구조체(도시생략됨)에 의해 지지된다. 이와 유사한 방식으로, 기관(404.1)은 기관 유닛(404)의 기관 테이블(404.2)상에 수용되고, 지상 구조물(409)상의 적절한 지지 구조체(도시생략됨)에 의해 지지된다.

- [0149] 마스크(403.1)상에 형성된 패턴 이미지는 통상 크기가 축소되어 있고 기관(404.1)의 여러 목표 영역(target areas)에 전사된다. 상기 마스크(403.1)상에 형성된 패턴 이미지는 광학 노광 장치(401)의 설계에 따라 서로 다른 두 가지 방식으로 기관(404.1)상의 각각의 목표 영역에 전사될 수도 있다. 상기 광학 노광 장치(401)가 소위 웨이퍼 스테퍼 장치(wafer stepper apparatus)로서 설계되면, 전체 패턴 이미지는 마스크(403.1)상에 형성된 전체 패턴을 조사(irradiating)함으로써 단일 스텝에서 기관(404.1)의 각각의 목표 영역에 전사된다. 만약, 광학 노광 장치(401)가 소위 스텝-앤드-스캔 장치(step-and-scan apparatus)로서 설계되면, 기관 테이블(404.2) 및 그에 따른 기관(404.1)의 해당 스캐닝 동작을 동시에 수행하면서 마스크 테이블(403.2) 및 그에 따른 프로젝션 빔 아래에 있는 마스크(403.1)상에 형성된 패턴을 점진적으로 스캐닝함으로써 패턴 이미지가 기관(404.1)상의 각각 목표 영역에 전사된다.
- [0150] 두 가지 경우에, 광학 요소 유닛 그룹(405)의 광학 요소들, 즉, 미러(406.1, 407.1, 408.1)들은 마스크(403.1)와 기관(404.1)에 대해서 뿐만 아니라 서로에 대해 고품질의 결상 결과를 얻기 위해서는 소정 한계 이내에서 유지되어야 한다.
- [0151] 광학 노광 장치(401)의 동작중에, 마스크(403.1) 및 기관(404.1)에 대한 미러(406.1, 407.1, 408.1)의 상대적 위치는 물론 상기 미러들 서로에 대한 상대적 위치는 시스템에 유도되는 내적 및 외적 교란(disturbances)으로 인해 변경될 수 있다. 이러한 교란은 예컨대, 시스템 자체에서 발생하기도 하지만 시스템의 주변, 예컨대 지상 구조물(9)을 통해 유도되기도 하는 힘으로부터 야기되는 진동의 형태와 같은 기계적 교란일 수도 있다. 또한, 이들 교란은 시스템 부품의 열적 팽창으로 인한 위치 변경과 같이 열적으로 유도되는 교란일 수도 있다.
- [0152] 마스크(403.1) 및 기관(404.1)에 대한 미러(406.1, 407.1, 408.1)의 상대적 위치는 물론 상기 미러들 서로에 대한 상대적 위치의 상기 소정의 한계를 유지하기 위해서는, 미러(406.1, 407.1)가 작동유닛(406.3, 407.3)을 통해 공간에서 능동적으로 배치될 수도 있다. 이와 마찬가지로, 마스크 테이블(403.2) 및 기관 테이블(404.2)도 각각의 지지 구조체(도 6에는 도시생략됨)를 통해 공간에서 능동적으로 배치될 수 있다.
- [0153] 이들 부품의 능동적 배치는 광학 노광 장치(401)의 소정 부품들 간의 공간 관계를 캡처링하는 다수의 계측 장치의 측정결과에 근거하여 수행된다.
- [0154] 6 자유도(DOF)의 제1 계측장치(410)는 광학 노광 장치(401)의 제1 결상 장치 부품과 이 제1 결상 장치 부품과는 다른 광학 노광 장치(401)의 제2 결상 장치 부품들 간의 공간 관계를 캡처링한다.
- [0155] 상기 제1 결상 장치 부품은 기관(404.1)에 가장 근접하게 위치한 제1 미러(408.1)의 형태인 제1 광학 요소이다. 따라서, 상기 제1 결상 장치 부품은 광학 요소 유닛(408)의 한 부품이다. 제2 결상 장치 부품은 기관 유닛(404)의 한 부품인 기관 테이블(404.2)이다. 기관 테이블(404.2)과 기관(404.1) 간의 공간 관계는 예컨대, 노광 공정 직전의 측정 동작으로 인해 알려져 있기 때문에, 제1 계측 장치(410)는 기관 유닛(404)의 한 부품인 기관(404.1)과 제1 미러(408.1) 간의 공간 관계를 캐처링할 수 있다.
- [0156] 제1 계측 장치(410)는 기관 테이블(404.2)에 연결된 두개의 제1 방사 및 수신 유닛(410.1, 410.6)을 포함한다. 제1 계측 장치(410)는 제1 미러(408.1), 즉 제1 결상 장치 부품에 기계적으로 직접 연결되는 두개의 제1 기준 요소(410.2, 410.7)를 추가로 포함한다.
- [0157] 상기 제1 기준 요소(410.2, 410.7) 각각은 제1 미러(408.1)의 제1 반사면(408.2)에 대향하는 제1 미러(408.1)의 후면(408.3)에 연결된다. 제1 계측 장치(410)의 작동 원리에 따라, 제1 기준 요소는 간섭 원리가 사용될 때는 소위 코너 큐브 프리즘(corner cube prism)과 같이 그리고 인코더 원리가 사용될 때는 격자(grating)인 회절 요소와 같이 다수의 반사면을 제공하는 요소 또는 반사면인 반사요소일 수도 있다. 도 6에 도시된 실시예에서, 기준 요소(410.2)는 제1 미러(408.1)의 후면(408.3)에 의해 형성된다. 이를 위해, 제1 계측 장치(410)의 작동 원리에 따라, 적어도 기준 요소(410.2)의 영역에 있는 제1 미러의 후면(408.3)은 반사면으로서 작용하거나, 이 후면(408.3)상에 직접 노출되는 격자를 보여줄 수도 있다.
- [0158] 그러나, 본 발명의 다른 실시예에서, 제1 기준 요소 중 하나 또는 각각은 제1 미러로부터 분리되거나 이 제1 미러에 기계적으로 직접 연결되는 요소일 수도 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 예컨대, 제1 기준 요소는 능동적 연결(positive connection), 마찰 연결(frictional connection), 부착 연결(adhesive connection) 또는 이들 연결의 조합을 통해 제1 미러에 직접 연결되는 분리부 상의 반사면이나 격자일 수도 있다. 예컨대, 제1 기

준 요소는 제1 미러에 나사결합, 크래핑 결합, 접착식으로 혹은 이와 다른 고정식으로 결합될 수도 있다.

- [0159] 제1 방사 및 수신 유닛(410.1, 410.6)에 의해 제공되는 하나 이상의 측정 빔을 이용하여 제1 미러(408.1)와 기관 테이블(404.2) 간의 상대적 위치가 전부 6 자유도로 측정될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 이 경우, 예컨대, 간섭 원리와 인코더 원리가 결합되어 제1 미러(408.1)의 후면(408.3)상에서 반사면과 격자가 결합된다. 그러나, 본 발명의 다른 실시예에서는, 제1 미러의 후면(408.3)과 다른 위치에 배치된 또 다른 기준 요소들이 제1 계측 장치에서 사용될 수 있다.
- [0160] 제1 계측 장치(410)의 부품이 제1 미러(408.1)와 보다 정밀하게 연결 통합됨은 물론, 제1 계측 장치(410)의 나머지 부품들, 특히 제1 방사 및 수신 유닛(410.1)이 제로 센서의 재귀 반사기(retro reflector) 및 잘 알려진 X, Y 및 Z 기준 미러와 함께 기관 테이블(404.2)에 직접적으로 보다 정밀하게 연결 통합됨으로써, 지상 구조물(409)과 하우징(402.1) 사이에서 계측 프레임 등과 같은 크기와 부피가 큰 구조물의 삽입을 방지할 수 있다.
- [0161] 따라서, 종래 시스템에서 사용되는 것과 같은 계측 프레임이 필요없게 되고 광학 요소 유닛으로 이루어진 제1 서브 그룹(405.1)을 지탱해주는 광학 프로젝션 유닛(402)의 하우징(402.1)은 이러한 계측 프레임의 기능성을 통합한다. 하우징(402.1)은 제1 제진 장치(411)를 통해 제진 방식으로 지상 구조물(409)에 직접 연결된다. 제1 제진 장치(411)의 상부 제1 단부는 하우징(402.1)의 플랜지부(402.3)에서 하우징(402.1)과 직접 접촉하고, 그 하부 제2 단부는 지상 구조물(409)과 직접 접촉한다.
- [0162] 더욱이, 본 실시예에서, 광학 요소 유닛으로 구성된 제2 서브 그룹(405.2)을 형성하는 제1 미러(408.1)는 별도로 지지되어 상기 계측 프레임의 기능성을 통합한다. 또한, 제1 미러(408.1)는 제2 제진 장치(417)를 통해 제진 방식으로 지상 구조물(409)에 직접 연결된다. 제2 제진 장치(417)의 상부 제1 단부는 지상 구조물(409)에 사실상 고정 장착되는 지지 구조체(418)와 직접 접촉한다. 제2 제진 장치(417)의 하부 제2 단부는 제1 미러(408.1)와 직접 접촉한다.
- [0163] 상기 각각의 제1 및 제2 제진 장치(411, 417)는 하우징(402.1)의 원주상에 골고루 분포된 다수의 제진 유닛(411.1, 417.1)에 의해 형성된다. 지상 구조물(409)을 통해 광학 프로젝션 유닛(402) 내부로 도입되는 외부의 기계적 교란의 주파수는 통상 30 Hz 내지 1 Hz의 범위를 갖는다. 따라서, 예상되는 기계적 교란의 주파수에 따라, 제1 및 제2 제진 유닛(411.1, 417.1)은 예상되는 기계적 교란의 주파수 이하의 적어도 인자 10인 공명 주파수에서 하우징(402.1) 및 제1 미러(408.1)에 지지부를 제공하는 적절한 타입으로 구성될 수 있다.
- [0164] 통상, 제1 및 제2 제진 유닛(411.1, 417.1)의 공명 주파수는 0.01 내지 10 Hz의 범위에서 선택될 것이다. 제1 및 제2 제진 유닛(411.1, 417.1)에 의해 제공되는 지지부의 공명 주파수는 약 0.1 Hz 이하에서 선택되는 것이 바람직하다. 이러한 제진 유닛(411.1, 417.1)은 잘 알려진 소위 자기 중력 보상기에 의해 제공될 수도 있는바, 상기 자기 중력 보상기는 전자기 원리(예컨대, 음성 코일 모터 등을 이용함)에 따라 동작가능하고 동일한 차수, 즉 바람직하기로는 약 0.1 Hz 이하의 공명 주파수에서 변위 제어기능을 제공할 수 있는 횡변위 제어기를 구비한다.
- [0165] 그러나, 본 발명의 다른 실시예에서는 다른 작동원리, 예컨대, 적절히 낮은 공명 주파수의 스프링 장치와 함께 순수 기계 작동원리가 제진 유닛용으로 선택될 수 있다.
- [0166] 본 발명에 따라 달성가능한 종래의 계측 프레임의 제거로 인해 최근에 공지된 광학 프로젝션 시스템에 많은 장점을 제공해준다.
- [0167] 그 한 가지 장점은 종래의 계측 프레임의 제거를 통해 기관에 근접한 상당한 양의 조립 공간이 확보된다는 점이다. 이것은 프로젝션 광학장치의 설계 및 치수결정을 용이하게 해준다. 또 다른 장점은 하우징 내부에 수용된 광학 요소들 간의 열적 변위 효과를 줄이기 위해 열적 안정성 측면에서 광학 프로젝션 유닛의 하우징(402.1)이 이미 매우 안정화되어 있다는 점이다. 따라서, 하우징(402.1)은 특히 제1 계측 장치의 부품들을 통합하는 데 적합하며 계측 프레임의 열적 안정화에 필요한 상당한 노력을 발휘할 필요가 없다. 이것은 광학 프로젝션 장치(1)의 전체 비용을 크게 줄여준다.
- [0168] 본 실시예의 또 다른 장점은 제1 미러(408.1)의 별도의 제진 지지부에 있다. 제1 미러(408.1)는, 광학 프로젝션 유닛(402)의 광학 시스템의 광학 설계에 따라, 통상 약 200 내지 800 mm의 직경을 갖는다. 제1 미러(408.1)가 제로더(Zerodur) 등과 같은 적절한 물질로 이루어진 고품체로 제조되는 경우, 상기 제1 미러(408.1)는 60 kg이나 그 이상의 상당한 질량을 갖게 된다. 제1 미러(408.1)의 재질, 예컨대 제로더 등은 낮은 열팽창 계수(CTE)를 가질 수 있어, 열적으로 불활성화될 수 있다.

- [0169] 첫 번째 장점은 하우징이 제1 미러(408.1)의 하중을 지탱할 필요가 없어서, 덜 복잡하고 최적화된 설계를 할 수 있다는 점이다. 두 번째 장점은 제1 미러(408.1) 내부로 도입되는 교란과 하우징(402.1) 내부로 도입되는 교란 간에 동적 분리(dynamic separation)가 달성된다는 점이다. 세 번째 장점은 제1 미러(408.1)가 큰 질량을 갖고 있고, 열적으로 불활성화된 물질로 이루어질 수 있으며, 이하에서 후술되는 바와 같이, 능동적으로 작동되지 않고, 본 실시예에서 사용되는 계측 장치의 수동 부품만을 통합하거나 지탱할 수 있다. 따라서, 제1 미러(408.1) 자체는 시스템에서 열적으로 그리고 동적으로 매우 안정된 부품이다. 별도의 제진 현수부(separate vibration isolated suspension)와 함께 제1 미러(408.1)는 광학 프로젝션 유닛(402)의 나머지 부품으로부터 동적으로 분리되어, 광학 프로젝션 유닛, 예컨대 미러(306.2, 307.2)를 위한 작동력으로부터 야기된 기계적 교란에 대해 안정화된다. 따라서, 제1 미러(408.1)는 본 발명의 본 실시예에 따라 부여된 전체 시스템에서 중앙 기준 요소의 역할을 완벽하게 수행하며, 이는 이하에서 설명될 것이다.
- [0170] 제1 계측 장치(410)를 지나 전체 시스템의 중앙 기준 요소인 제1 미러(408.1)를 제공하는 본 실시예의 개념에 따르면, 광학 프로젝션 시스템에 대해 마스크 테이블(403.2)의 위치 조절의 결과를 이용하기 위해 제1 미러(408.1)와 마스크 테이블(403.2) 간의 공간 관계를 캡처링하는 제2 계측 장치(412)가 제공된다.
- [0171] 제2 계측 장치(412)는 마스크 테이블(403.2)에 연결된 제2 방사 및 수신 유닛(412.1) 및 제1 미러(408.1)의 전면(408.4)에 기계적으로 직접 연결된 제2 기준 요소(412.2)를 포함한다. 여기서, 상기 제2 계측 장치(412)는 6 자유도(DOF)로 광학 노광 장치(401)의 제1 결상 장치 부품인 제1 미러(408.1)와 광학노광 장치(401)의 제2 결상 장치 부품인 마스크 테이블(403.2) 간의 공간 관계를 캡처링할 수 있다.
- [0172] 제2 기준 요소(412.2)는 제1 미러(408.1)의 제1 반사면(408.2)을 형성하는 제1 미러(408.1)의 전면(408.3)에 연결된다. 제2 기준 요소는 제2 계측 장치(412)의 작동원리에 따라, 간섭원리가 사용될 때는 소위 코너 큐브 프리즘과 같이 그리고 인코더 원리가 사용될 때는 격자인 회절 요소와 같이 다수의 반사면을 제공하는 요소 또는 반사면인 반사요소일 수도 있다.
- [0173] 도 6에 도시된 실시예에서, 제2 계측 장치(412)의 작동원리에 따라, 적어도 제2 기준 요소(412.2)의 영역에 있는 제1 미러(408.1)의 전면(408.4)은 반사면으로서 작용하거나, 이 전면(408.4)상에 직접 노출되는 격자를 보여줄 수도 있다.
- [0174] 그러나, 본 발명의 다른 실시예에서, 제2 기준 요소는 제1 미러로부터 분리되거나 이 제1 미러에 기계적으로 직접 연결되는 요소일 수도 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 예컨대, 제2 기준 요소는 능동적 연결, 마찰 연결, 부착 연결 또는 이들 연결의 조합을 통해 제1 미러에 직접 연결되는 분리부 상의 반사면이나 격자일 수도 있다. 예컨대, 제2 기준 요소는 제1 미러에 나사결합, 크램핑 결합, 접착식으로 혹은 이와 다른 고정식으로 결합될 수도 있다.
- [0175] 더욱이, 본 발명의 다른 실시예에서, 제2 계측 장치(412)는 EP 1 182 509 A2에 공지되어 있고 도 6에 점선(412.3)으로 표시된 것과 같은 종래의 계측 장치로 대체될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 더욱이, 제2 계측 장치(412)는 도 6에 점선(412.4)으로 표시된 것과 같은 계측 장치로 대체될 수도 있다. 상기 제2 계측 장치와 함께, 상기 방사 및 수신 유닛은 마스크 테이블(403.2)에 다시 연결되고, 제2 기준 요소는 하우징(402.1)에 기계적으로 직접 연결된다.
- [0176] 마지막으로, 제1 및 제2 계측 장치(410, 412)를 지나 전체 시스템의 중앙 기준 요소인 제1 미러(408.1)를 제공하는 본 실시예의 개념에 따르면, 제1 미러(408.1)에 대해 다른 미러(406.1, 407.1)의 위치 조절의 결과를 이용하기 위해 제1 미러(408.1)와 다른 미러(406.1, 407.1) 간의 공간 관계를 캡처링하는 제3 계측 장치(413)가 제공된다.
- [0177] 제3 계측 장치(413)는 하우징(402.1)에 연결된 제3 방사 및 수신 유닛(413.1) 및 다른 미러들(408.1, 406.1, 407.1)의 표면에 기계적으로 직접 연결된 제3 기준 요소(413.2, 413.3, 413.4)를 포함한다. 여기서, 상기 제3 계측 장치(413)는 6 자유도(DOF)로 광학 노광 장치(401)의 제1 결상 장치 부품인 제1 미러(408.1)와 광학노광 장치(401)의 제2 결상 장치 부품인 각각의 미러들(406.1, 407.1) 간의 공간 관계를 캡처링할 수 있다.
- [0178] 제3 기준 요소(413.2, 413.3, 413.4)는, 제3 계측 장치(413)의 작동원리에 따라, 간섭원리가 사용될 때는 소위 코너 큐브 프리즘과 같이 그리고 인코더 원리가 사용될 때는 격자인 회절 요소와 같이 다수의 반사면을 제공하는 요소 또는 반사면인 반사 요소일 수도 있다. 도 6에 도시된 실시예에서, 제3 계측 장치(413)의 작동원리에 따라, 적어도 제3 기준 요소(413.2, 413.3, 413.4)의 영역에서 제3 기준 요소를 형성하는 미러(408.1, 406.1, 407.1)의 각각의 면들은 반사면으로서 작용되거나, 2차원 격자를 보여줄 수도 있다.

- [0179] 그러나, 본 발명의 다른 실시예에서, 각각의 제3 기준 요소는 각각의 미러로부터 분리되거나 각각의 미러에 기계적으로 직접 연결되는 요소일 수도 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 예컨대, 제3 기준 요소는 능동적 연결, 마찰 연결, 부착 연결 또는 이들 연결의 조합을 통해 제1 미러에 직접 연결되는 분리부 상의 반사면이나 격자일 수도 있다. 예컨대, 제3 기준 요소는 제1 미러에 나사결합, 크래핑 결합, 접착식으로 혹은 이와 다른 고정식으로 결합될 수도 있다.
- [0180] 더욱이, 각각의 계측 장치의 각각의 측정 빔은 도 6에 도시된 바와 같이 반드시 직선 광 경로를 가질 필요는 없다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 오히려, 광학 시스템의 설계에 따라, 비직선 트랙(non-straight track)상에서 정의된 방식으로 각각의 측정 빔을 안내하기 위한 적절한 빔 조향 광학장치(beam steering optics)가 제공될 수 있다.
- [0181] 더욱이, 본 발명의 다른 실시예에서, 제3 계측 장치(413)는 점선(413.5)으로 도 6에 표시된 것과 같이 제1 미러와 또 다른 미러 간의 공간 관계를 별도로 캡처하거나 점선(413.6)으로 도 6에 표시된 것과 같이 제1 미러와 하우징 간의 공간 관계를 캡처하는 별도의 계측 장치로 대체될 수도 있다.
- [0182] 전술한 바와 같은 제4 실시예에서, 제1 내지 제3 기준 요소(410.2, 412.2, 413.2, 413.3, 413.4)는 각각의 광학 요소, 즉 미러들(406.1, 407.1, 408.1)상에 직접 제공되었다. 그러나, 본 발명의 다른 실시예에서, 각각의 기준 요소는 각각의 광학 요소의 공간위치에 대해 적절한 평가를 할 수 있는 각각의 광학 요소 유닛의 다른부품들에 연결될 수도 있다. 예컨대, 각각의 기준 요소는 각각의 광학 요소를 지탱하는 광학 요소 장착부에 연결되거나 각각의 광학 요소와 함께 변위될 수도 있다.
- [0183] 도 6의 광학 노광 장치(401)를 이용하여, 본 발명에 따른 기관상에 패턴 이미지를 전사하는 방법이 도 2를 참조하여 전술한 바와 같이 수행될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다.
- [0184] 더욱이, 본 발명의 실시예에서, 광학 요소 유닛의 제2 서브 그룹(405.2)은 제2 제진 장치(417)를 통해 제1 광학 요소인 제1 미러(408.1)와 함께 지탱되는 또 다른 광학 요소 유닛을 포함할 수 있다. 이를 위해, 제2 서브 그룹은 제2 제진 장치(417)를 통해 지상 구조물(409)상에 직접 지지되는 제2 하우징 구조체에 의해 수용될 수도 있다.
- [0185] **제6 실시예**
- [0186] 이하에서는, 본 발명에 따른 방법의 양호한 실시예들이 수행될 수 있게 해주는 본 발명에 따른 광학 결상 장치(501)의 양호한 제6 실시예가 도 7을 참조하여 설명될 것이다.
- [0187] 주요 설계 및 기능성 측면에서, 도 7의 실시예는 주로 도 3의 실시예에 해당한다. 특히, 도 7에서, 동일한 부품에는 도 3의 부품들에 대해 400 단위로 고쳐서 동일한 참조부호를 부여하였다. 도 7의 실시예와 도 3의 실시예 간의 유일한 차이점은 제1 계측 장치(510)의 설계와 광학 요소 유닛(508)의 제1 미러(508.1)의 설계에 있다. 또 다른 모든 부품들은 동일하므로 도 3과 관련하여 전술한 내용을 참고하기로 한다.
- [0188] 도 7은 13 nm의 파장으로 EUV 파장 범위에서 작동하는 광학 노광 장치(501)의 형태를 갖는 광학 결상 장치의 하부의 배율 조정이 안 된 개략도이다. 여기서, 광학 프로젝션 유닛(502)의 하우징(502.1)은 계측 프레임의 기능을 통합하고 전술한 바와 같이 제진 장치(511)를 통해 제진 방식으로 지상 구조물(509)에 직접 연결된다.
- [0189] 6 자유도(DOF)의 제1 계측장치(510)는 광학 노광 장치(501)의 제1 결상 장치 부품인 제1 미러(508.1)와 이 제1 결상 장치 부품과는 다른 광학 노광 장치(501)의 제2 결상 장치 부품인 기관 유닛(504) 간의 공간 관계를 캡처링한다.
- [0190] 제1 계측 장치(510)는 하우징(502.1)에 연결되는 방사 및 수신 유닛(510.1) 및 수신 유닛(510.8)을 포함한다. 상기 방사 및 수신 유닛(510.1)은 제1 계측 장치(510)의 계측 부품을 형성하는 제1 빔 조향 유닛(510.9)을 포함한다. 상기 제1 빔 조향 유닛(510.9)은 제1 미러(508.1)와 통합된다. 이를 위해, 제1 빔 조향 유닛(510.9)은 제1 미러(508.1) 내부의 제1 공동(cavity)에 의해 형성되는 제1 리셉터클(508.5) 내에 유지된다. 제1 미러(508.1)의 어떠한 동작에 의해서도 영향을 받지 않기 위해, 제1 빔 조향 유닛(510.9)은 제1 미러(508.1)와 접촉하지 않도록 유지된다.
- [0191] 수신 유닛(510.8)은 제1 계측 장치(510)의 또 다른 계측 부품을 형성하는 제2 빔 조향 유닛(510.10)을 포함한다. 또한, 상기 제2 조향 유닛(510.10)은 제1 미러(508.1) 내부에 통합된다. 이를 위해, 상기 제2 조향 유닛(510.10)은 제1 미러(508.1) 내부의 제2 공동에 의해 형성되는 제2 리셉터클(508.6) 내에 유지된다. 제1 미러(508.1)의 어떠한 동작에 의해서도 영향을 받지 않기 위해, 제2 빔 조향 유닛(510.10) 역시 제1 미러(508.1)

와 접촉하지 않도록 유지된다.

- [0192] 빔 조향 유닛들을 통합하기 위한 공동들은 임의의 적절한 수단에 의해 달성될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 예컨대, 해당 공동들은 고정체의 미러 내부에 도입될 수 있다. 그러나, 본 발명의 다른 실시예에서, 미러 자체는 상기 빔 조향 유닛들을 수용할 수 있도록 내부가 적어도 부분적으로 중공(hollow) 상태인 구조물로 형성될 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 더욱이, 본 발명의 다른 실시예에서는, 빔 조향 유닛들 중 적어도 하나를 대신하여, 제1 계측 장치의 각각의 계측 부품을 형성하는 방사 및 수신부는 미러와 접촉하지 않고 적절한 위치에서 제1 미러 내부에 유지되어 통합될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다.
- [0193] 공지된 레벨링 시스템과 유사한 방식으로 축(502.2)을 따라 기관 테이블(504.2)에 레벨링 정보를 제공하기 위해, 상기 방사 및 수신 유닛(510.1)은 제1 측정 빔(510.11)을 방사한다. 상기 제1 측정 빔(510.11)은 제1 빔 조향 유닛(510.9)을 통해 제1 미러(508.1)를 통과하여 기관(504.1)상에 경사각으로 주사된다. 이때, 상기 제1 측정 빔(510.11)은 기관(504.1)의 표면으로부터 반사하여 제2 빔 조향 유닛(510.10)의 내부로 입사된다. 이 제2 조향 유닛(510.10)은 상기 제1 측정 빔(510.11)을 수신 유닛(510.8) 내부의 리셉터(receptor)로 안내한다. 축(502.2)을 따른 기관 테이블(504.2)의 위치에 따라, 상기 제1 측정 빔(510.11)은 소정의 위치에서 리셉터에 충돌한다. 따라서, 제1 측정 빔(510.11)이 리셉터에 충돌하는 위치는 하우스징(502.1)에 대해 축(502.2)을 따른 기관 테이블(504.2)의 위치에 관한 정보를 제공해준다.
- [0194] 제1 계측 장치(510)는 두 개의 기준 유닛(510.12, 510.13)을 추가로 포함한다. 상기 기준 유닛(510.12)은 제1 계측 장치(510)가 남은 자유도에서 기관 테이블(504.2)과 제1 계측 장치(510) 간의 공간 관계를 제공할 수 있도록 기관 테이블(504.2)에 기계적으로 직접 연결된다. 상기 기준 유닛(510.13)은 제1 계측 장치(510)가 6 자유도에서 제1 미러(508.1)와 제1 계측 장치(510) 간의 공간 관계를 제공할 수 있도록 제1 미러(508.1)에 기계적으로 직접 연결된다. 따라서, 제1 계측 장치(510)는 6 자유도에서 기관 테이블(504.2)과 제1 미러(508.1) 간의 공간 관계를 제공할 수 있는데, 이 공간 관계는 전술한 바와 같이 노광 공정 중에 공간 속에서 기관 테이블(504.2) 및 기관(504.1)의 위치를 결정하는 데 사용된다.
- [0195] **제7 실시예**
- [0196] 이하에서는, 본 발명에 따른 방법의 양호한 실시예들이 수행될 수 있게 해주는 본 발명에 따른 광학 결상 장치(601)의 양호한 제7 실시예가 도 8 및 도 9A-9C를 참조하여 설명될 것이다.
- [0197] 주요 설계 및 기능성 측면에서, 도 8의 실시예는 주로 도 1의 실시예에 해당한다. 특히, 도 8에서, 유사하거나 동일한 부품은 동일 참조부호에 600을 증가시킨 참조부호가 부여되었다. 도 8의 실시예와 도 1의 실시예 간의 유일한 차이점은 제1 계측 장치(610)의 설계와 광학 요소 유닛(608)의 제1 미러(608.1)의 설계에 있다. 도 1의 실시예에 대한 또 다른 차이점은 기관 유닛(604)이 이미지 센서 유닛(621)을 포함하는 목표물 유닛(620)의 일부라는 사실에 있다. 또 다른 모든 부품들은 동일하므로 도 1과 관련하여 전술한 내용을 참고하기로 한다.
- [0198] 도 8은 13 nm의 파장으로 EUV 파장범위에서 작동하고 광학 요소 유닛 그룹(605)를 갖춘 광학 프로젝션 유닛(602)을 구비하는 광학 노광 장치(601)의 형태를 갖는 광학 결상 장치의 하부의 배율 조정이 안 된 개략도이다.
- [0199] 상기 목표물 유닛(620)은 도 8에 도시되지 않은 적절한 수단에 의해 기관 유닛(604)과 이미지 센서 유닛(621)을 노광 위치에 선택적으로 배치하도록 설계되고, 이 경우, 기관 유닛(604)과 이미지 센서 유닛(621)은 광학 요소 그룹(605)에 의해 전사되는 마스크상에 형성된 패턴 이미지를 수신한다. 도 8에서, 기관 유닛(604)은 노광 위치에 도시된다.
- [0200] 상기 이미지 센서 유닛(621)은 이미지 센서 테이블(621.2)에 의해 지지되는 이미지 센서(621.2)를 포함한다. 이 이미지 센서(621.1)는 마스크상에 형성된 패턴 이미지를 캡처링하고 캡처링 이미지의 품질을 평가하기 위한 평가유닛(도 8에는 도시 생략됨)에 해당 신호를 제공하도록 설계된다.
- [0201] 도시된 실시예에서, 상기 이미지 센서 테이블(621.2)은 별도로 제어가능한 부품이다. 그러나, 본 발명의 다른 실시예에서 기관 테이블과 이미지 센서 테이블은 하나의 단일 부품을 형성하도록 기계적으로 연결될 수 있다.
- [0202] 광학 노광 장치(601)의 동작중에, 마스크 및 기관(604.1)에 대한 광학 요소 유닛 그룹(605)의 미러들의 상대적 위치는 물론, 이들 미러 서로에 대한 미러들의 상대적 위치는 전술한 바와 같이 시스템에 유도되는 내적 및 외적 교란으로 인해 변경될 수 있다.
- [0203] 웨이퍼 스테퍼 장치 또는 스텝-앤드-스캔 장치인 광학 노광 장치(601)의 동작과는 무관하게, 마스크(603.1) 및 기관(604.1)에 대한 광학 요소 유닛 그룹(605)의 광학 요소들의 상대적 위치는 물론, 이들 미러 서로에 대한 미

러들의 상대적 위치는 고품질의 결상 결과를 얻기 위해 소정의 한계범위 내에서 유지되어야 한다.

- [0204] 마스크 및 기판(604.1)에 대한 그리고 광학 요소 유닛 그룹(605)의 미러들의 서로에 대한 상대적 위치의 전술한 소정 한계범위를 유지하기 위해서, 무엇보다 제1 미러(608.1)는 제어유닛(619)에 의해 제어되는 작동 유닛(608.7)(도 9A에서는 개략적으로만 도시됨)을 통해 공간 속에 능동적으로 배치될 수 있다. 마찬가지로, 마스크 테이블 및 기판 테이블(604.2)은 각각의 지지 구조체(도 8에는 도시 생략됨)를 통해 공간 속에 능동적으로 배치될 수 있다.
- [0205] 이들 부품의 능동적인 배치는 광학 노광 장치(601)의 소정 부품들 간의 공간 관계를 캡처링하는 제1 계측 장치(610)의 측정결과에 근거하여 수행된다. 이들 계측 장치는 각각의 부품의 작동을 제어하는 제어 유닛(619)에 캡처링되는 위치 정보를 제공한다.
- [0206] 상기 제1 계측 장치(610)는 6 자유도(DOF)로 광학 노광 장치(601)의 제1 결상 장치 부품인 광학 요소 유닛 그룹(605)의 제1 미러(608.1)와 상기 제1 결상 장치 부품과는 상이한 광학 노광 장치(601)의 제2 결상 장치 부품인 기판 유닛(604) 간의 공간 관계를 캡처링한다.
- [0207] 상기 제1 계측 장치(610)는 제1 방사 및 수신 유닛(610.1)을 구비한 인코더 장치와, 기판 테이블(604.2)에 장착되고 제어 유닛(619)에 연결되는 세 개의 제 방사 및 수신 유닛(610.6, 610.14, 610.15)을 포함한다. 제1 계측 장치(610)의 인코더 장치는 제1 미러(608.1), 즉 제1 결상 장치 부품에 기계적으로 직접 연결되는 제1 기준 요소(610.2)를 추가로 포함한다.
- [0208] 제1 기준 요소(610.2)(위치가 도 9A 내지 9C에 점선으로 표시됨)는 제1 미러(608.1)의 제1 반사면(608.2)에 대향하는 제1 미러(608.1)의 후면(608.3)에 연결된다. 제1 기준 요소는 2차원 격자(610.2)의 형태를 갖는 인코더 요소이다. 도 8에 도시된 실시예에서, 제1 기준 요소(610.2)는 제1 미러(608.1)의 후면(608.3)에 의해 형성된다. 이를 위해, 적어도 기준 요소(610.2)의 영역에 있는 제1 미러의 후면(608.3)은 이 후면(608.3)상에 직접 노출되는 격자와 같은 2차원 격자를 보여준다.
- [0209] 그러나, 본 발명의 다른 실시예에서, 제1 기준 요소는 제1 미러로부터 분리되거나 이 제1 미러에 기계적으로 직접 연결되는 요소일 수도 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 예컨대, 제1 기준 요소는 상호연동적 연결(interlocking connection), 마찰 연결(frictional connection), 부착 연결(adhesive connection) 또는 이들 연결의 조합을 통해 제1 미러에 직접 연결되는 분리부 상의 격자일 수도 있다. 예컨대, 제1 기준 요소는 제1 미러에 나사결합, 크램핑 결합, 광학 접착식, 접착식으로 혹은 이와 다른 고정식으로 결합될 수도 있다.
- [0210] 더욱이, 각각의 방사 및 수신 유닛 또는 이 방사 및 수신 유닛의 서브그룹을 위한 별도의 인코더 요소가 제공될 수 있다. 도 8에 도시된 기판 테이블의 중앙 위치에 각 인코더 요소가 배치되면서, 각각의 방사 및 수신 유닛은 해당 인코더 요소의 중앙과 정렬되는 것이 바람직하다.
- [0211] 이러한 별도의 부품은 제1 미러의 열팽창 계수에 해당하는 열팽창 계수를 갖는 것이 바람직하다. 격자가 표면에 형성된 부품의 열팽창 계수는 가능한 낮거나, 이 부품이 격자의 왜곡 또는 변형을 방지하기 위해 적절한 수단에 의해 온도제어되는 것이 바람직하다.
- [0212] 인코더 장치의 제1 방사 및 수신 유닛(610.1) 및 제2 방사 및 수신 유닛(610.6, 610.14, 610.15) 각각은 격자(610.2)를 향해 적어도 하나의 광빔(610.16, 610.17)을 각각 방사하고, 격자(610.2)에 의해 후면 반사된 광빔(610.16, 610.17)의 적어도 일부를 수신한다. 격자와 각각의 방사 및 수신 유닛 간의 상대적 운동이 각각의 광빔에 대해 수평인 방향으로 존재하면, 방사 및 수신 유닛에서 수신된 빛의 강도는 격자의 구조로 인해 잘 알려진 방식으로 변경되어 방사 및 수신 유닛에 의해 해당 펄스 신호가 발생한다. 제어 유닛(619)는 상대적 운동시 결론을 유도할 수 있는 잘 알려진 방식으로 상기 신호를 이용한다.
- [0213] 인코더 장치는, 제1 방사 및 수신 유닛(610.1) 및 제2 방사 및 수신 유닛(610.6, 610.14, 610.15)의 신호와 함께, 적어도 3 자유도, 즉 광학 프로젝션 유닛(602)의 광학축(602.2)에 수직인 평면에서의 2 병진 자유도(translation degrees of freedom)(X-축 및 Y-축을 따른 병진운동이라고도 함) 및 광학축(602.2)을 중심으로 한 회전 자유도(rotational degree of freedom)(Z-축을 중심으로 한 회전 운동이라고도 함)로 위치 정보를 제공한다.
- [0214] 제1 방사 및 수신 유닛(610.1)과, 제2 방사 및 수신 유닛(610.6, 610.14, 610.15) 각각에 의해 제공되는 하나 이상의 측정 빔을 이용하여 제1 미러(608.1)와 기판 테이블(604.2) 간의 상대적 위치가 전부 6 자유도로 측정될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다.

- [0215] 더욱이, 예컨대, 인코더 장치의 인코더 원리가 간섭(interferometric) 및/또는 용량성 센서(capacitive sensors)와 결합되어 나머지 3 자유도로 위치 정보를 제공할 수도 있다. 도 8에 도시된 실시예에서, 이것은 광학축(602.2)(Z-축)을 따른 3가지 측정치로 달성될 수 있다. 격자(610.2)는 이미 상기한 목적을 위해 편리한 기준 요소를 제공하고 있음을 이해할 수 있을 것이다. 예컨대, 격자(610.2)로부터 반사된 회절 패턴을 이용한 용량성 센서 또는 간섭 센서가 사용될 수도 있다.
- [0216] 그러나, 본 발명의 다른 실시예에서, 제1 미러의 후면(608.3)과 다른 위치에 배치된 또 다른 인코더 요소들이 제1 계측 장치에 사용될 수 있다. 따라서, 예컨대, 전체 계측 장치는 인코더 원리에 따라 동작할 수 있다.
- [0217] 인코더 장치의 사용은 여러가지 장점이 있다. 인코더 장치는 공지된 간섭 시스템보다 훨씬 용이하게 구현할 수 있고, 적은 부품과 작은 공간을 이용하여 보다 많은 위치 정보를 제공한다. 더욱이, 격자와 같은 인코더 요소는 공지된 간섭 시스템에서 요구되는 고품질의 미러 표면보다 더 용이하게 제조할 수 있다.
- [0218] 인코더 장치 사용의 또 다른 장점은 격자(610.2) 예컨대, 호밍 기능(homing function)이 다중 홈 인덱스 펄스(multiple home index pulse)에 2 병진 자유도(X-축 및 Y-축)로 통합됨으로써 공지된 방식으로 용이하게 구현될 수 있다는 점이다. 따라서, 기관 테이블(604.2)은 복잡한 초기화 과정일 필요없이 광학 프로젝션 유닛(602)에 대한 알려진 홈 위치(home position)로 반복하여 구동될 수 있다. 기관 테이블(604.2)을 홈 인덱스 펄스의 캡처 범위에서 배치하기 위해, 기관 테이블(604.2)의 위치결정 유닛의 위치결정 정밀도는 충분한 정도 이상이 될 수도 있다.
- [0219] 전술한 바와 같이, 제1 계측 장치(610)의 부품이 제1 미러(608.1)와 보다 정밀하게 연결 통합됨은 물론, 제1 계측 장치(610)의 나머지 부품들, 특히 방사 및 수신 유닛(610.1, 610.6, 610.14, 610.15)이 기관 테이블(604.2)에 직접 보다 정밀하게 연결 통합됨으로써, 전술한 바와 같이 지상 구조물과 광학 프로젝션 유닛(602)의 하우징 사이에서 계측 프레임 등과 같은 크기와 부피가 큰 구조물을 제거하는 것이 가능하다.
- [0220] 방사 및 수신 유닛(610.1, 610.6, 610.14, 610.15)은 기관(604.1)의 외주면에 근접하게 배치되면서 이 외주면에 골고루 분포된다. 이들 방사 및 수신 유닛은 기관(604.1)의 최대 직경의 적어도 절반에 해당하는 상호간격을 가짐으로써, 기관 테이블(604.2)의 극한 위치에서 발생할 수 있는 최대 아베 암(Abbe arm)이 감소한다.
- [0221] 따라서, 기관 테이블(604.2)의 극한 위치를 보여주는 도 9B 및 9C에서 알수 있는 바와 같이, 상기 방사 및 수신 유닛(610.1, 610.6, 610.14, 610.15)중 적어도 2개, 즉 3개의 방사 및 수신 유닛은 광학 프로젝션 유닛(602)과 기관 유닛(604) 간의 상대적 운동 범위에서 언제든지 전술한 위치 정보를 제공할 수 있도록 기능한다. 환언하면, 상기 방사 및 수신 유닛(610.1, 610.6, 610.14, 610.15) 각각은 광학 프로젝션 유닛(602)과 기관 유닛(604) 간의 상대적 운동 범위의 일부에서 위치 정보를 제공할 수 있도록 기능하고, 방사 및 수신 유닛(610.1, 610.6, 610.14, 610.15)중 3개가 언제든지 위치정보를 제공할 수 있도록 기능하도록 이들 부품은 상대적 운동범위가 중복된다.
- [0222] 본 발명의 다른 실시예에서, 또 다른 개수의 방사 및 수신 유닛이 사용될 수도 있다. 하나의 방사 및 수신 유닛이 사용될 수도 있다. 그러나, 적어도 1 공동 자유도로 동일한 해상도에서 측정하는, 바람직하기로는 적어도 2개, 더 바람직하기로는 3개의 방사 및 수신 유닛이 사용되어 인코더 요소의 대형화를 방지하게 된다.
- [0223] 4개의 방사 및 수신 유닛(610.1, 610.6, 610.14, 610.15)은 인코더 교정(encoder calibration)을 위한 제어 유닛(619)에 의해 사용될 수 있는 중복 위치 정보를 제공한다는 것을 이해할 수 있을 것이다.
- [0224] 제1 측정 장치(610)는 이미지 센서 테이블(621.2)에 장착되고 제어 유닛(619)에 연결되는 제3 방사 및 수신 유닛(610.18) 및 3개의 제4 방사 및 수신 유닛(610.19)을 구비한 인코더 장치를 추가로 포함한다. 제3 방사 및 수신 유닛(610.18) 및 제4 방사 및 수신 유닛(610.19)은 방사 및 수신 유닛(610.1, 610.6, 610.14, 610.15)의 정렬과 유사한 방식으로 정렬됨으로써 여기서는 전술한 내용을 참고하기로 한다.
- [0225] 이미지 센서 유닛(621)은 웨이퍼(604.2)의 노광 공정이 완료될 때 노광 위치에 배치되고 새로운 웨이퍼(604.2)가 웨이퍼 테이블(604.1)상에 배치돼야 하기 때문에, 기관 유닛(604)은 노광 위치로부터 제거된다. 물론, 처음에 기관 유닛(604)을 노광 위치에 배치하기 이전에 즉, 웨이퍼(604.2)의 노광 이전에, 이미지 센서 유닛(621)이 노광 위치에 배치되는 것도 가능하다.
- [0226] 이미지 센서 유닛(621)이 노광 위치에 배치되면, 즉 도 8에 도시된 기관 유닛(604)의 위치를 가정하면, 제3 방사 및 수신 유닛(610.18) 및 제4 방사 및 수신 유닛(610.19)은 방사 및 수신 유닛(610.1, 610.6, 610.14, 610.15)과 유사한 방식으로 제1 기준 요소(610.2)와 상호 연동함으로써, 여기서는 전술한 내용을 참고하기로 한

다.

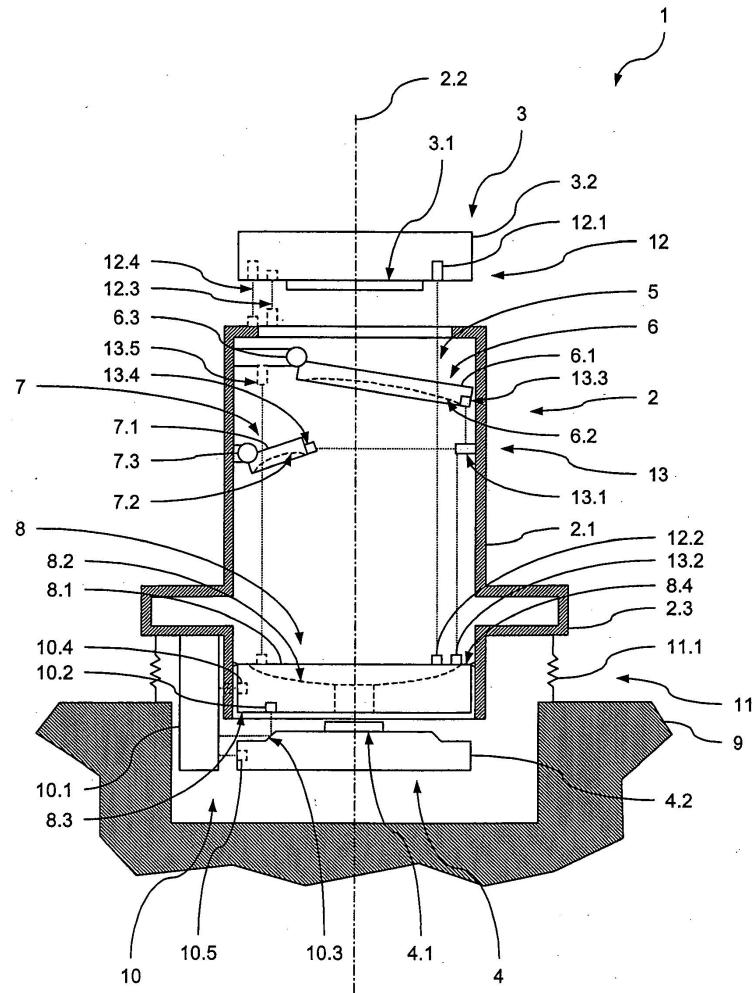
- [0227] 인코더 장치는, 제3 방사 및 수신 유닛(610.18) 및 제4 방사 및 수신 유닛(610.19)의 신호와 함께, 적어도 3 자유도, 즉 광학 프로젝션 유닛(602)의 광학축(602.2)에 수직인 평면에서의 2 병진 자유도(translation degrees of freedom)(X-축 및 Y-축을 따른 병진 운동이라고도 함) 및 광학축(602.2)을 중심으로 한 회전 자유도(rotational degree of freedom)(Z-축을 중심으로 한 회전 운동이라고도 함)로 위치 정보를 제공한다. 그러나, 본 발명의 다른 실시예에서, 적어도 이들 3 자유도로 위치 정보를 제공하기 위해 어떤 다른 적절한 (전술한 바와 같은) 비접촉식 또는 접촉식 기반의 작동원리가 사용될 수 있다.
- [0228] 전술한 바와 같이, 캡처링된 이미지의 품질을 평가하기 위해 이미지 센서 유닛(621)의 이미지 센서(621.1)에 의해 제공되는 신호가 사용될 수도 있다. 여기서 얻어진 데이터가 사용됨으로써, 마스크상에 형성된 패턴 이미지를 캡처링하기 위해 그리고, 캡처링된 이미지의 품질을 평가하는 평가 유닛(도 8에서 도시생략됨)에 해당 신호를 제공하기 위해 설계된 이미지 센서(621.1)를 지지하는 이미지 센서 테이블(621.2)을 포함할 수 있다. 이미지 센서(621.1)에 의해 제공되는 이미지 품질 정보가 무엇보다도 교정 및 조절용 제어 유닛(619)에 의해 사용될 수 있으며 상기 부품들은 노광 장치(601)라는 것을 이해할 수 있을 것이다.
- [0229] 또한, 도 8의 광학 노광 장치(601)를 이용하여, 본 발명에 따른 패턴 이미지를 기판상에 전사하는 방법의 양호한 실시예는 도 2를 참조하여 전술한 바와 같이 수행될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 따라서, 기판은 본 발명에서는 제1 목표물 장치를 형성한다. 더욱이, 광학 노광 장치(601)를 이용하여, 도 2를 참조하여 전술한 방법은 본 발명에 따른 제2 목표물 장치를 형성하는 이미지 센서(621.1)상에 패턴 이미지를 기판상에 전사하는데 사용될 수 있다.
- [0230] 또한, 본 발명의 다른 실시예에서, 각각의 방사 및 수신 유닛은 기판 유닛에 반드시 장착될 필요가 없다. 예컨대, 방사 및 수신 유닛은 별도의 방사 유닛 및 별도의 수신 유닛으로 수행될 수도 있다. 방사 및 수신 유닛 또는 별도의 방사 유닛 및 별도의 수신 유닛이 기판 유닛 외부에 장착될 수도 있다. 이 경우, 빔 지향 장치(beam directing device), 예컨대 미러가 기판에 장착되어 각각의 광범이 인코더 요소로/로부터 지향할 수 있다.
- [0231] 또한, 본 발명의 다른 실시예에서, 전술한 바와 같은 인코더 장치는 굴절 또는 회절 광학 요소와 같은 다른 유형의 광학 요소를 부분적으로 또는 전적으로 포함하는 광학 프로젝션 유닛과 결합하여 사용될 수도 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 더욱이, 전술한 바와 같은 인코더 장치는 다른 파장 범위에서 작동하는 광학 프로젝션 유닛과 결합하여 사용될 수도 있다.
- [0232] 더욱이, 제1 결상 장치 부품은 반드시 광학 요소 유닛의 부품일 필요는 없다. 특히, 예컨대, 종래의 굴절계의 경우에서와 같이 기판에 근접한 큰 광학 요소를 갖고 있지 않은 광학 프로젝션 유닛과 함께, 인코더 요소는 광학 프로젝션 유닛의 하우징의 일부 표면에 또는 광학 프로젝션 유닛을 지지하는 지지 구조체 상에 형성되거나 장착될 수도 있다. 특히, 이것은 침침 기술(immersion techniques)이 사용되는 경우, 즉 기판 유닛에 가장 근접하게 배치된 광학 요소의 일부가 기판의 일부와 함께 고도로 정수된 물과 같은 침침 매질(immersion medium) 속에 침침되는 경우일 수도 있다. 이들 경우, 결국, 인코더 요소와 기판 유닛에 대해 위치 결정될 광학 요소 간의 상대적 위치를 캡처링하기 위해서는 별도의 센서 장치가 필요할 수 있다.
- [0233] 더욱이, 제1 미러(608.1), 기판 유닛(604) 및 제1 계측 장치(610)가 전술한 제1 내지 제6 실시예 중 하나의 실시예에서 해당 부품들을 대체할 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다.
- [0234] 또한, 제1 목표물 유닛인 기판 유닛과 제2 목표물 유닛인 이미지 센서 유닛을 구비한 장치가 전술한 제1 내지 제6 실시예 중 하나의 실시예와 결합하여 사용될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다.
- [0235] 마지막으로, 도 8과 관련하여 전술한 인코더 장치를 포함하는 계측 장치가 마스크 유닛의 위치 결정과 관련하여 사용될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 상기 마스크 유닛의 부품도 그러할 것이다. 제1 미러(608.1), 기판 유닛(604) 및 제1 계측 장치(610)는 전술한 제1 내지 제6 실시예 중 하나의 실시예에서 해당 부품들을 대체할 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다.
- [0236] 전술한 내용에서는, 광학 요소들이 배타적 반사요소가 되는 본 발명의 실시예를 설명하였지만, 본 발명의 다른 실시예에서, 광학 요소 유닛의 광학 요소로서 반사, 굴절 또는 회절 요소 또는 이들 요소의 조합이 사용될 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.
- [0237] 더욱이, 본 발명의 다른 실시예에서, 전술한 광학 요소 서브그룹에 대한 지지 개념들의 다른 조합이 선택될 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

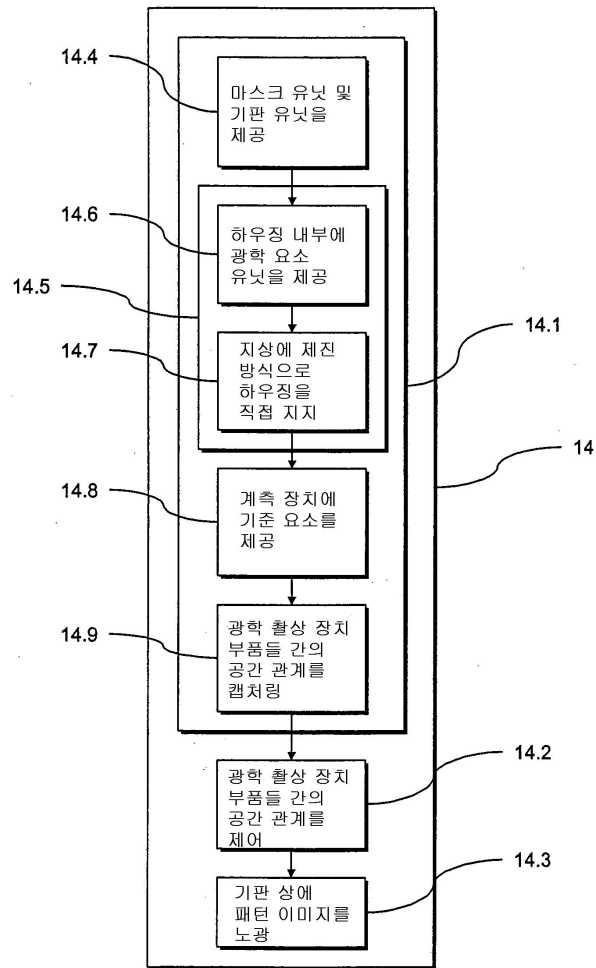
- [0036] 도 1은 본 발명에 따른 방법의 양호한 실시예들이 수행될 수 있게 해주는 본 발명에 따른 광학 결상 장치의 양호한 실시예를 도시한 개략도이다.
- [0037] 도 2는 도 1의 광학 결상 장치로 수행될 수 있는 본 발명에 따른 기관상에 패턴 이미지를 전사하는 방법의 양호한 실시예를 도시한 블록도이다.
- [0038] 도 3은 본 발명에 따른 방법의 양호한 실시예들이 수행될 수 있게 해주는 본 발명에 따른 광학 결상 장치의 또 다른 양호한 실시예를 도시한 개략도이다.
- [0039] 도 4는 본 발명에 따른 방법의 양호한 실시예들이 수행될 수 있게 해주는 본 발명에 따른 광학 결상 장치의 또 다른 양호한 실시예를 도시한 개략도이다.
- [0040] 도 5는 본 발명에 따른 방법의 양호한 실시예들이 수행될 수 있게 해주는 본 발명에 따른 광학 결상 장치의 또 다른 양호한 실시예를 도시한 개략도이다.
- [0041] 도 6은 본 발명에 따른 방법의 양호한 실시예들이 수행될 수 있게 해주는 본 발명에 따른 광학 결상 장치의 또 다른 양호한 실시예를 도시한 개략도이다.
- [0042] 도 7은 본 발명에 따른 방법의 양호한 실시예들이 수행될 수 있게 해주는 본 발명에 따른 광학 결상 장치의 또 다른 양호한 실시예의 상세를 도시한 개략도이다.
- [0043] 도 8은 본 발명에 따른 방법의 양호한 실시예들이 수행될 수 있게 해주는 본 발명에 따른 광학 결상 장치의 또 다른 양호한 실시예의 상세를 도시한 개략도이다.
- [0044] 도 9A는 기관 유닛이 제1 위치에 있는 상태의 도 8의 I X-I X 평면에서 바라본 개략도이다.
- [0045] 도 9B는 기관 유닛이 제2 위치에 있는 상태의 도 8의 I X-I X 평면에서 바라본 개략도이다.
- [0046] 도 9C는 기관 유닛이 제3 위치에 있는 상태의 도 8의 I X-I X 평면에서 바라본 개략도이다.

도면

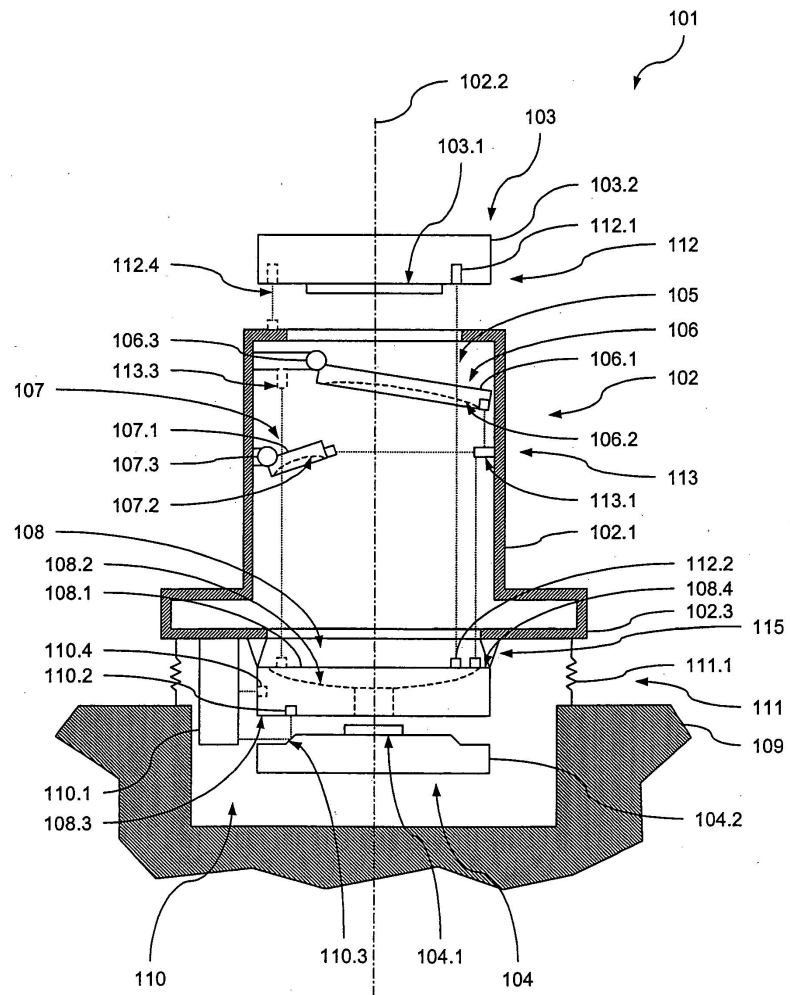
도면1



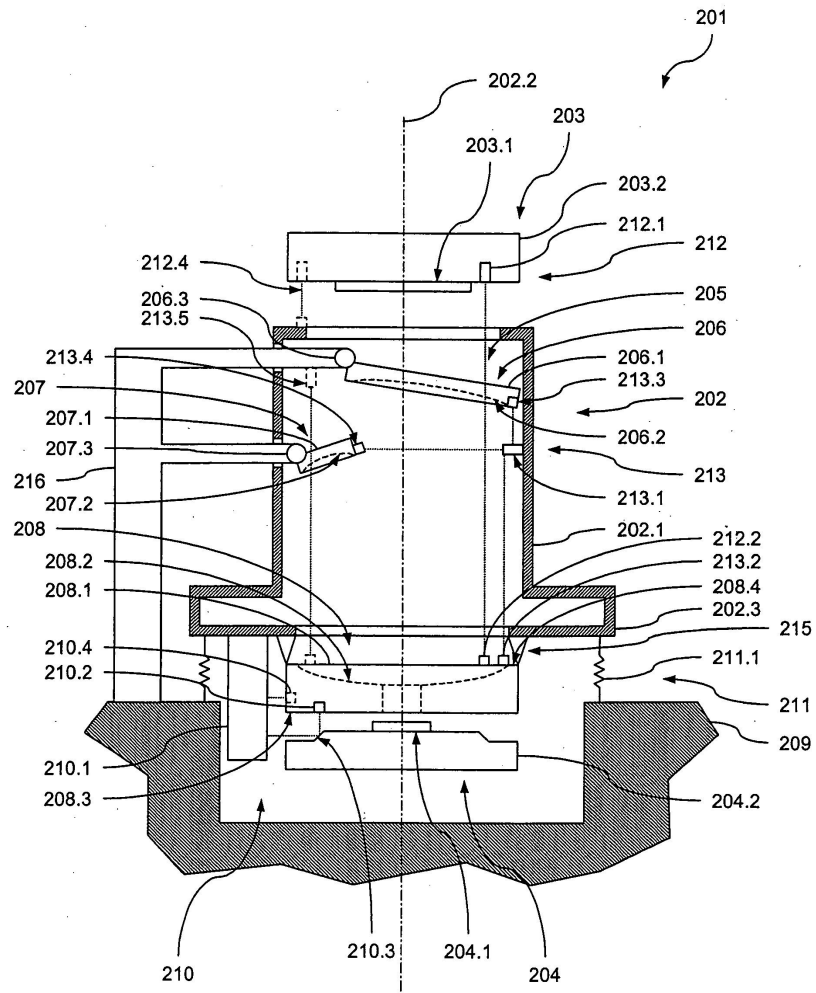
도면2



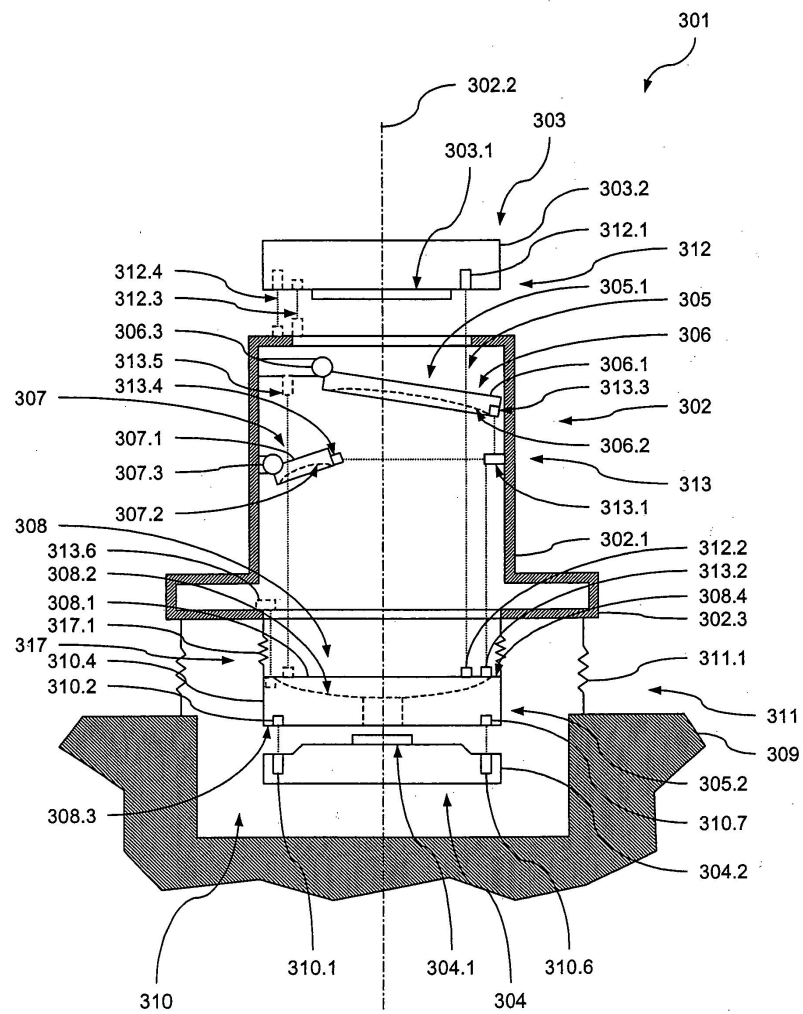
도면3



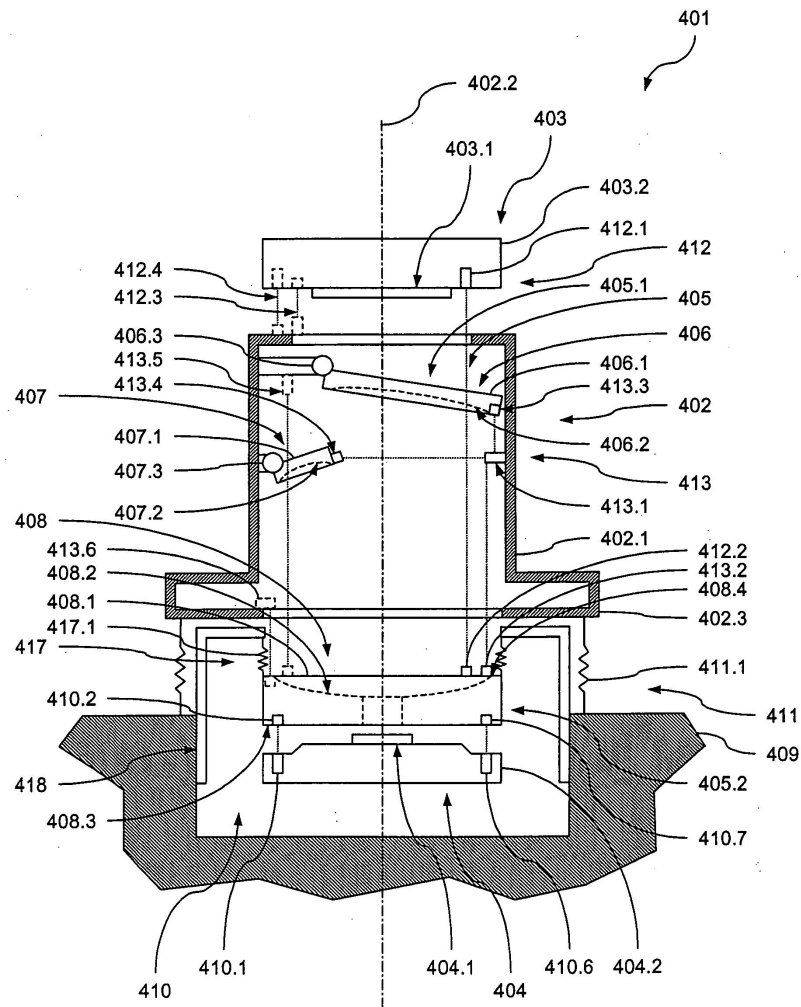
도면4



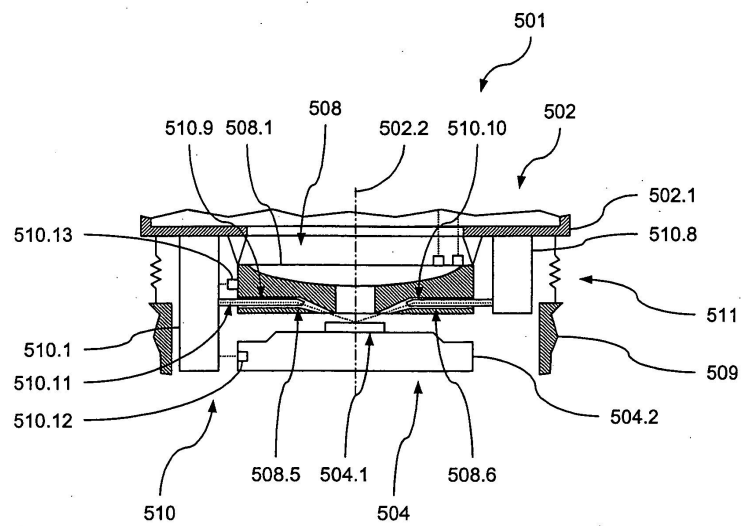
도면5



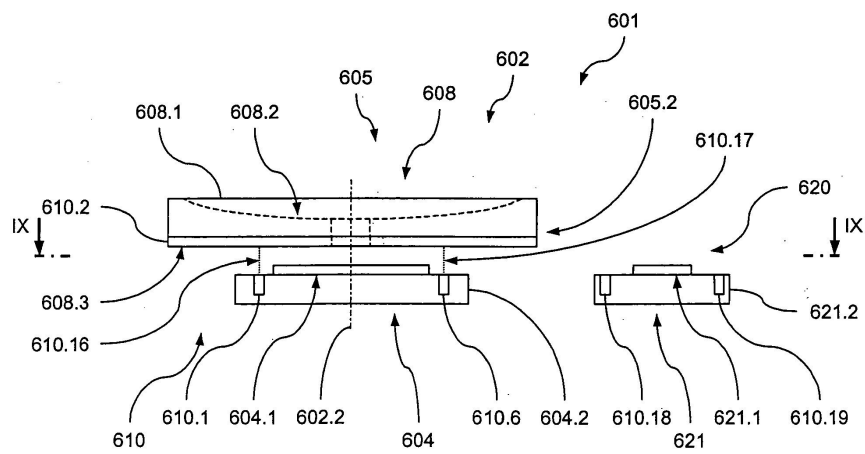
도면6



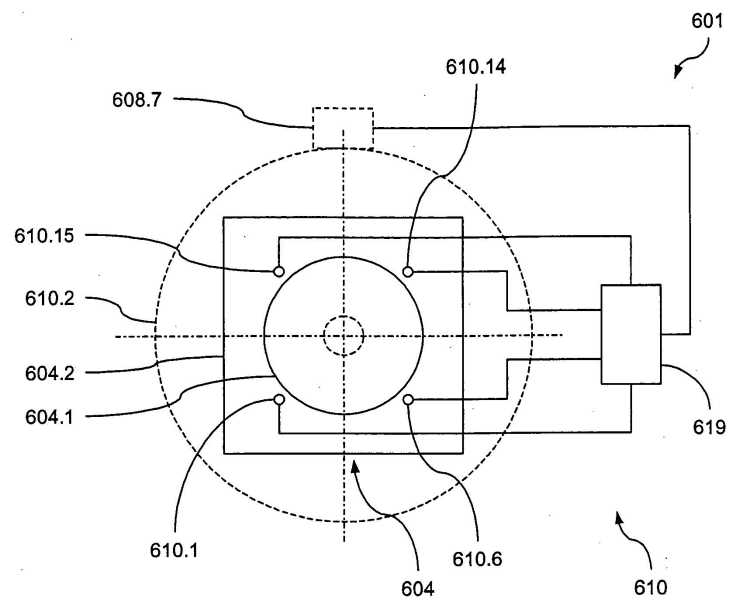
도면7



도면8



도면9A



도면9B

