



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2022년05월26일
(11) 등록번호 10-2402365
(24) 등록일자 2022년05월23일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G02B 17/06 (2006.01) G03F 7/20 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
G02B 17/0663 (2013.01)
G03F 7/20 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2016-7004700
- (22) 출원일자(국제) 2014년07월25일
심사청구일자 2019년07월25일
- (85) 번역문제출일자 2016년02월23일
- (65) 공개번호 10-2016-0040601
- (43) 공개일자 2016년04월14일
- (86) 국제출원번호 PCT/EP2014/066072
- (87) 국제공개번호 WO 2015/014753
국제공개일자 2015년02월05일
- (30) 우선권주장
10 2013 214 770.8 2013년07월29일 독일(DE)
(뒷면에 계속)
- (56) 선행기술조사문헌
US06244717 B1*
(뒷면에 계속)

- (73) 특허권자
칼 짜이스 에스엠티 게엠베하
독일 오버코헨 73447 루돌프-에버-슈트라세 2
- (72) 발명자
쉬밥, 마르쿠스
독일, 73434 아알렌, 리메스스트라세 47/2
- (74) 대리인
(유)한양특허법인

전체 청구항 수 : 총 27 항

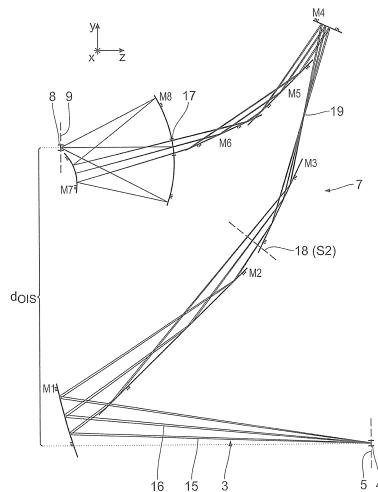
심사관 : 장혜정

(54) 발명의 명칭 오브젝트 필드를 이미지 필드로 촬상하는 투영 광학 유닛, 및 이 투영 광학 유닛을 구비한 투영 노광 장치

(57) 요약

투영 광학 유닛(7)은 오브젝트 필드(4)를 이미지 필드(8)로 촬상하는 역할을 한다. 복수의 미러(M1 ~ M8)는 상기 오브젝트 필드(4)로부터 상기 이미지 필드(8)로 촬상 광(3)을 안내하는 역할을 한다. 상기 미러(M1 ~ M8)중 적어도 2개는, 60° 보다 큰 촬상 광(3)의 입사각을 갖는 그레이징 입사를 위해, 촬상 광(3)의 빔 경로에서 순차적으로 바로 뒤이어 배치된 미러(M2, M3; M5, M6)로서 구현된다. 그러므로, 양호하게 보정된 촬상가능한 필드를 가지며, 동시에 높은 촬상 광 처리량을 갖는 촬상 광 유닛이 제공된다.

대표도 - 도2



(56) 선행기술조사문헌

US20130050671 A1*

US20130128251 A1*

US20130088701 A1

JP07220997 A

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(30) 우선권주장

10 2014 203 190.7 2014년02월21일 독일(DE)

10 2014 208 770.8 2014년05월09일 독일(DE)

명세서

청구범위

청구항 1

오브젝트 필드를 이미지 필드로 촬상하도록 구성되는 투영 광학 유닛으로서,

빔 경로를 따라 상기 오브젝트 필드로부터 상기 이미지 필드로 촬상 광을 안내하도록 구성되는 복수의 미러들을 구비하고,

상기 미러들 중 적어도 2개의 미러들에 대해서는, 상기 빔 경로를 따라 상기 적어도 2개의 미러들 사이에 미러가 없으며,

상기 미러들 중 적어도 2개의 미러들의 각각에 대해서는, 상기 촬상 광의 미러에 대한 입사각이 60° 보다 크고, 상기 투영 광학 유닛은 차폐된 광학 유닛인, 투영 광학 유닛.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

그레이징 입사를 위한 정확히 2개의 미러를 특징으로 하는, 투영 광학 유닛.

청구항 3

청구항 1에 있어서,

오브젝트 필드가 배치되는 오브젝트 면으로서, 상기 이미지 필드가 배치되는 이미지 면과 0° 가 아닌 각도를 이루는 오브젝트 면을 특징으로 하는, 투영 광학 유닛.

청구항 4

청구항 1에 있어서,

그레이징 입사를 위한 정확히 4개의 미러를 특징으로 하는, 투영 광학 유닛.

청구항 5

청구항 4에 있어서,

그레이징 입사를 위한 상기 4개의 미러는 상기 촬상 광의 빔 경로에서 순차적으로 바로 뒤이어, 쌍을 이루는 방식으로 각각 배치되는 것을 특징으로 하는, 투영 광학 유닛.

청구항 6

청구항 1에 있어서,

45° 미만의 상기 촬상 광의 입사각을 갖는 수직 입사를 위한 적어도 2개의 미러를 특징으로 하는, 투영 광학 유닛.

청구항 7

청구항 6에 있어서,

45° 미만의 상기 촬상 광의 입사각을 갖는 수직 입사를 위한 4개의 미러를 특징으로 하는, 투영 광학 유닛.

청구항 8

청구항 1에 있어서,

9% 보다 큰, 상기 투영 광학 유닛의 모든 미러의 반사율의 곱으로 나타나는 상기 투영 광학 유닛의 전체 반사율

을 특징으로 하는, 투영 광학 유닛.

청구항 9

오브젝트 필드를 이미지 필드로 촬상하도록 구성되는 투영 광학 유닛으로서,
 상기 오브젝트 필드로부터 상기 이미지 필드로 촬상 광을 안내하도록 구성되는 복수의 미러를 구비하고,
 상기 투영 광학 유닛은 0.4이상의 이미지측 개구수를 가지고,
 상기 투영 광학 유닛의 전체 반사율은 상기 복수의 미러 각각의 반사율의 곱이며,
 상기 투영 광학 유닛의 상기 전체 반사율은 7% 보다 크고,
 상기 투영 광학 유닛은 총 8개 이상의 미러들을 가지고,
 상기 투영 광학 유닛은 EUV 투영 광학 유닛인, 투영 광학 유닛.

청구항 10

오브젝트 필드를 이미지 필드로 촬상하도록 구성되는 투영 광학 유닛으로서,
 상기 오브젝트 필드로부터 상기 이미지 필드로 촬상 광을 안내하도록 구성되는 복수의 미러들을 구비하고,
 상기 미러들 중 적어도 2개의 미러들에 대해서는, 빔 경로를 따라 상기 적어도 2개의 미러들 사이에 미러가 없으며,
 상기 적어도 2개의 미러들의 각각에 대해서는, 상기 촬상 광의 미러에 대한 입사각이 60° 보다 크고,
 상기 투영 광학 유닛은 상기 이미지 필드의 제1 방향으로의 제1 이미징 스케일을 갖고, 상기 투영 광학 유닛은 상기 이미지 필드의 제2 방향으로의 제2 이미징 스케일을 갖고,
 상기 제1 방향은 상기 제2 방향과 상이하며, 상기 제1 이미징 스케일은 상기 제2 이미징 스케일과는 상이한, 투영 광학 유닛.

청구항 11

청구항 10에 있어서,
 상기 오브젝트 필드는 1보다 큰 xy-중형비를 갖고, 상기 투영 광학 유닛의 상이한 이미징 스케일이 상기 중형비의 2개의 오브젝트 필드 차원(dimension)의 방향에 존재하는 것을 특징으로 하는, 투영 광학 유닛.

청구항 12

청구항 11에 있어서,
 더 긴 오브젝트 필드 차원의 축소 이미징 스케일은, 상기 오브젝트 필드 차원에 직교하는 더 짧은 오브젝트 필드 차원보다 작은 것을 특징으로 하는, 투영 광학 유닛.

청구항 13

청구항 10에 있어서,
 상기 2개의 상이한 이미징 스케일중 더 작은 이미징 스케일은 6미만인 것을 특징으로 하는, 투영 광학 유닛.

청구항 14

청구항 10에 있어서,
 상기 2개의 이미징 스케일중 더 큰 이미징 스케일은 6 이상인 것을 특징으로 하는, 투영 광학 유닛.

청구항 15

청구항 1에 있어서,
 상기 미러 중 적어도 하나는 자유 곡면 형태의 반사면을 갖는 것을 특징으로 하는, 투영 광학 유닛.

청구항 16

청구항 10에 있어서,
 방향-의존성 오브젝트측 개구수를 특징으로 하는, 투영 광학 유닛.

청구항 17

청구항 1에 있어서,
 이미지측 개구수는 0.4 이상이고,
 필드 중심점에 대한 오브젝트측 주 광선 각도(CRA0)는 7° 미만이고,
 상기 이미지 필드는 필드 차원을 따라서 13 mm보다 큰 범위를 갖는 것을 특징으로 하는, 투영 광학 유닛.

청구항 18

청구항 17에 있어서,
 0.5 이상의 개구수를 특징으로 하는, 투영 광학 유닛.

청구항 19

청구항 17에 있어서,
 하나의 필드 차원에서 20 mm보다 큰 상기 이미지 필드의 범위를 특징으로 하는, 투영 광학 유닛.

청구항 20

청구항 11에 있어서,
 더 짧은 오브젝트 필드 차원을 따른 범위가 더 긴 오브젝트 필드 차원을 따른 범위보다 작은, 스태프 에지를 갖는 스태프를 특징으로 하는, 투영 광학 유닛.

청구항 21

삭제

청구항 22

청구항 1 내지 청구항 20 중 어느 한 항에 기재된 투영 광학 유닛; 및
 상기 오브젝트 필드를 조명 및 촬상 광으로 조명하는 조명 광학 유닛을 구비하는, 광학 시스템.

청구항 23

청구항 22에 있어서,
 EUV 광원을 특징으로 하는, 광학 시스템.

청구항 24

청구항 22에 기재된 광학 시스템을 구비하는, 투영 리소그래피를 위한 투영 노광 장치.

청구항 25

청구항 24에 있어서,
 주사 방향으로 변위가능하고, 레티클을 지지하는 레티클 홀더를 구비하고, 상기 주사 방향의 상기 투영 광학 유닛의 이미징 스케일은 상기 주사 방향에 직교하는 방향보다 큰 것을 특징으로 하는, 투영 노광 장치.

청구항 26

적어도 104 mm × 132 mm의 범위를 갖는, 청구항 24에 기재된 투영 노광 장치를 위한 레티클.

청구항 27

구성 부품을 제조하는 방법으로서,

레티클 및 웨이퍼를 준비하는 단계;

상기 레티클 상의 구조물을 상기 웨이퍼의 감광층으로 청구항 24에 기재된 상기 투영 광학 유닛을 사용하여 투영하는 단계;

상기 웨이퍼상에 마이크로구조물 또는 나노구조물을 생성하는 단계를 포함하는, 제조 방법.

청구항 28

청구항 27에 기재된 방법에 따라서 제조된, 구성 부품.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 독일 특허 출원 번호 10 2013 214 770.8, 10 2014 203 190.7 및 10 2014 208 770.8의 내용이 본원에 참조로 인용되어 있다.

[0002] 본 발명은 오브젝트 필드를 이미지 필드로 촬상하는 투영 광학 유닛에 관한 것이다. 또한, 본 발명은 이 투영 광학 유닛을 구비한 광학 시스템, 이 광학 시스템을 구비하는 투영 노광 장치, 이 투영 노광 장치를 사용하여 마이크로구조 또는 나노구조의 구성 소자를 제조하는 방법, 및 이 방법에 의해 제조된 마이크로구조 또는 나노구조의 구성 소자에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 처음에 명시된 유형의 투영 광학 유닛은 DE 10 2012 202 675 A1, DE 10 2009 011 328 A1, US 8 027 022 B2 및 US 6 577 443 B2에 개시되어 있다. 투영 노광 장치용 조명 광학 유닛은 DE 10 2009 045 096 A1에 개시되어 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 본 발명의 목적은 양호하게 보정된 촬상가능한 필드를 얻을 수 있고, 동시에 높은 촬상 광 처리량을 가질 수 있는, 처음에 명시된 유형의 투영 광학 유닛을 개발하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0005] 본 발명에 따르면, 이 목적은 청구항 1에 기재된 특징을 갖는 투영 광학 유닛에 의해 달성되고, 청구항 10에 기재된 특징을 갖는 EUV 투영 광학 유닛에 의해 달성된다.

[0006] 본 발명에 따르면, 2개의 미러가 투영 광학 유닛 내에 그레이징 입사(grazing incidence)를 위해 순차적으로 바로 뒤이어 배치됨으로써, 촬상되는 전체 필드에 걸쳐서 일정하며, 높은 촬상 광 처리량을 갖는 동시에, 그레이징 입사용 미러에 의해 이미지 필드에서 이미지를 보정하도록 자유도가 제공되는, 투영 광학 유닛을 설계하는 것이 가능하게 된다.

[0007] 투영 광학 유닛의 미러는 촬상 광 반사율을 증가시키도록 코팅되어 있을 수 있다. 루테튬 및/또는 몰리브덴이 이들 코팅의 코팅 재료로서 사용될 수 있다.

[0008] 그레이징 입사용 미러는 75 ~ 95% 범위에 있는, 특히 적어도 80%의 반사율을 가질 수 있다. 그레이징 입사용 미러는 입사각에 선형으로 의존하는 반사율을 가질 수 있다. 이러한 선형 의존성은, 유사하게 입사각에 대해서 반사율의 대응하는 선형 의존성을 갖는, 적어도 하나의 추가 그레이징 입사용 미러를 사용함으로써 보상될 수 있다. 이 투영 광학 유닛은 EUV 파장, 특히, 5 nm와 30 nm 사이의 범위의 촬상 광에 적합하다. 그레이징 입사용 미러의 촬상 광의 입사각은 65° 보다 클 수 있고, 70° 보다 클 수 있고, 72° 보다 클 수 있고, 75° 보다 클 수 있고, 80° 보다 클 수 있고, 또는 85° 보다 클 수 있다.

- [0009] 이 투영 광학 유닛은 반사 레티클의 일부를 촬상하도록 구현될 수 있다. 이를 위해, 오브젝트 필드 중심 점의 주 광선은 3° 보다 크고, 예를 들면, 5.5° 와 같은, 오브젝트 면의 법선과의 각도를 갖는다.
- [0010] 적어도 2개의 그레이징 입사용 미러 중 하나는 촬상 빔 경로에서 오브젝트 필드의 하부에 있는 투영 광학 유닛의 제1 미러일 수 있다. 그레이징 입사용 미러는 평면으로부터 벗어난 반사면을 가질 수 있고, 특히, 이미지 수차-보정 표면 형태를 가질 수 있다. 그레이징 입사용 미러의 반사면은 비구면(asphere) 또는 회전 대칭이 없는 자유 곡면으로 구현될 수 있다.
- [0011] 중간 이미지 면은 그레이징 입사용 미러의 반사 영역에 배치될 수 있다. 이로 인해, 그레이징 입사용 미러의 영역에 촬상 광빔이 유리하게 제한되므로, 미러가 바람직하지 않게 큰 반사면을 필요로 하게 되는 것이 방지된다.
- [0012] 투영 광학 유닛은 반사형(catoptric) 광학 장치로 구현될 수 있다.
- [0013] 이 투영 광학 유닛은 조명광용 통과 개구를 갖는 적어도 하나의 미러를 구비할 수 있다. 이 투영 광학 유닛은 차폐된(obscured) 광학 유닛으로서 구현될 수 있다.
- [0014] 또는, 이 투영 광학 유닛은 투영 광학 유닛의 모든 미러의 반사면이 전반에 걸쳐서 사용되도록 또한 구현될 수 있다. 이 투영 광학 유닛은 비차폐 광학 장치로서 구현될 수 있다.
- [0015] 투영 광학 유닛의 적어도 하나의 미러의, 조명광이 광학적으로 가해지는 반사면, 즉, 사용되는 반사면의 x/y 종횡비는 1미만 일 수 있고, 0.8미만 일 수 있고, 0.7과 같을 수 있고, 0.7미만 일 수 있고, 0.6미만 일 수 있고, 및 0.5와 같을 수 있다. 여기서, y-좌표는 각각 관찰된 미러의 입사면에 위치한다. x-좌표는 각각 관찰된 미러의 입사면에 직교하여 위치한다. 촬상되는 오브젝트 및/또는 촬상이 그 위에서 행해지는 기관이 변위되는 주사 방향이 y-좌표를 따라서 또한 연장될 수 있다.
- [0016] 투영 광학 유닛의 적어도 하나의 미러의, 조명광이 광학적으로 가해진 반사면, 즉, 사용된 반사면의 x/y 종횡비는 1보다 클 수 있고, 2와 같을 수 있고, 2보다 클 수 있고, 2.5와 같을 수 있고, 2.5보다 클 수 있고, 3보다 클 수 있고, 4보다 클 수 있고, 5보다 클 수 있고, 6보다 클 수 있고, 7.5와 같을 수 있고, 10보다 클 수 있고, 15와 같을 수 있다.
- [0017] 투영 광학 유닛은 적어도 하나의 GI 미러 쌍, 즉, 빔 경로에서 순차적으로 바로 뒤이어 배치되는 2개의 그레이징 입사용 미러에 추가하여, 하나의 GI 미러도 존재하는 미러 시퀀스를 가질 수 있다. 투영 광학 유닛은 3개의 연속적인 GI 미러를 가질 수 있다.
- [0018] 투영 광학 유닛은 하나의 평면에서 정(positive)의 굴절력을 갖고, 거기에 직교하는 평면에서 부(negative)의 굴절력을 갖는, 즉, 일 예의 새들면을 갖는 적어도 하나의 미러를 구비할 수 있다. 투영 광학 유닛은 이러한 새들 미러를 복수개 가진다.
- [0019] 청구항 2에 따르면, 정확히 2개의 그레이징 입사용 미러가 투영 광학 유닛에 특히 적합한 것을 알 수 있다.
- [0020] 청구항 3에 따르면, 오브젝트 면과 이미지 면 사이의 각도로 인해서 촬상 광 빔 경로 또는 촬상 빔 경로가 특히 간단하게 안내될 수 있다. 이 각도는 1° 보다 클 수 있고, 2° 보다 클 수 있고, 3° 보다 클 수 있고, 5° 보다 클 수 있고, 7° 보다 클 수 있고, 10° 보다 클 수 있고, 20° 보다 클 수 있고, 30° 보다 클 수 있고, 39° 와 같을 수 있다.
- [0021] 청구항 4에 따르면, 정확히 4개의 그레이징 입사용 미러가 특히 적합한 것을 알 수 있다.
- [0022] 청구항 5에 따르면, 그레이징 입사용 미러가 쌍으로 배치되는 것이 입사 의존성(incidence-dependent) 반사의 각도를 보상하기에 적합한 것을 알 수 있다. 적어도 하나의 수직 입사용 미러가 그레이징 입사용 미러쌍의 사이에 위치할 수 있다. 그레이징 입사용 미러쌍은, 연속적으로 배치된 2개의 미러의 편향 효과가 합산되도록, 즉, 반사각이 가산되도록 배치될 수 있다. 이러한 실시 형태는 그레이징 입사용 미러의 입사-의존성 반사율의 각도의 보상을 가능하게 한다. 또는, 투영 광학 유닛의 촬상광의 빔 경로의 상이한 지점에서 그레이징 입사용 보상 미러를 그레이징 입사용 미러에 할당할 수 있고, 따라서 비교적 큰 입사각을 갖는 그레이징 입사용 미러에 입사되는 각각의 광선은 더 작은 입사각으로 보상 미러에 입사될 수 있고, 그 반대도 가능하다. 또 다른 그레이징 입사용 미러 및/또는 수직 입사용 미러가 그레이징 입사의 미러와 거기에 할당된 보상 미러 사이에 배치될 수 있다. 2개보다 많은 그레이징 입사용 미러가 투영 광학 유닛에 설치되는 범위에서, 보상 미러의 보상 효과가 하나보다 많은 다른 그레이징 입사용 미러에 적용될 수 있다. 그래서, 예를 들면, 3개의 그레이징 입사용

미러의 경우에, 2개의 또 다른 그레이징 입사용 미러에 대한 반사의 입사 의존성의 각도를 보상하는 하나의 그레이징 입사용 미러를 설치할 수 있다.

- [0023] 청구항 6에 따른 실시 형태는, 투영 광학 유닛에 주어진 경계 조건을 만족하기에 특히 적합한 것을 알 수 있다. 이 적어도 2개의 수직 입사용 미러가 40° 미만, 35° 미만, 30° 미만, 25° 미만, 20° 미만, 및 이보다 더 작을 수 있는 입사각의 활상광이 가해질 수 있다.
- [0024] 청구항 7에 따른 4개의 수직 입사용 미러는 특히 양호한 이미지 보정을 갖는 투영 광학 유닛의 선택을 가져 온다.
- [0025] 투영 광학 유닛의 이미지측 개구수는 적어도 0.4, 0.5, 또는 0.6 일 수 있다. 이러한 투영 광학 유닛은 특히 높은 해상도를 가질 수 있다.
- [0026] 청구항 8에 따른 투영 광학 유닛의 전체 반사율은 9.75%일 수 있고, 10%보다 클 수 있고, 11%보다 클 수 있고, 11.97%와 같을 수 있고, 12%보다 클 수 있고, 및 특히, 12.2%와 같을 수 있다. 특히, 미러상의 반사율-증가 코팅의 실시 형태에 따라서, 더 큰 전체 반사율이 또한 가능하다.
- [0027] 청구항 9에 따른 EUV 투영 광학 유닛은 동시에 EUV 활상 광에 대해서 높은 구조 해상도 및 높은 처리량을 가진다. 즉, 투영 시에 더 적은 사용광이 손실되므로, 결국 노광 시간을 감소시키므로, 이러한 EUV 투영 광학 유닛을 구비한 투영 광학 장치의 웨이퍼 처리량이 증가된다. 전체의 반사율은 8%보다 클 수 있고, 9%보다 클 수 있고, 10%보다 클 수 있거나, 더욱 클 수 있다.
- [0028] 청구항 10에 따른 왜상 광학 유닛으로서 구현된 투영 광학 유닛이 특히 유리한 것을 알 수 있다.
- [0029] 왜상 광학 유닛은 상이한 필드 좌표에 대해서, 특히 직교 필드 좌표에 대해서, 상이한 이미징 스케일을 갖는다. 여기서, 투영 광학 유닛의 절대 축소 인자는 이미징 스케일로 칭해진다. 예를 들면, 4의 인자에 의해 축소되는 투영 광학 유닛은 4의 이미징 스케일을 갖는다. 그러면, 더 큰 이미징 스케일은 축소 인자의 증가를 의미한다. 그래서, 이 의미 내에서, 8의 인자에 의해 축소되는 투영 광학 유닛은 4의 인자에 의해 축소되는 투영 광학 유닛보다 더 큰 이미징 스케일을 갖는다.
- [0030] 왜상 광학 유닛은 방향-의존, 즉, 필드 좌표-의존된 오브젝트측 개구수를 가질 수 있다.
- [0031] 오브젝트측 개구수가 증가하면, 오브젝트측 주 광선 각도를 증가시키는 것이 필요하고, 흡수 구조물에 의한 새도잉 효과를 가져올 수 있고, 레이어 투과의 문제, 특히, 레티클 코팅에 의한 강한 아포디제이션 효과 (apodization effect)를 가져오는 것이 확인되었다. 왜상 활상 광학 유닛에 의해, 특히, 왜상 활상 투영 렌즈에 의해, 소정의 크기의 레티클은 소정의 이미징 스케일을 갖는 오브젝트 필드로부터 소정의 조명 필드로 활상될 수 있고, 조명 필드는 제1 이미징 스케일의 방향으로 완전히 조명되면서, 제2 방향의 증가된 이미징 스케일은 투영 노광 장치의 처리량에 부의 효과를 가지지 않지만, 적절한 조치에 의해 보상될 수 있는 것이 확인되었다.
- [0032] 그러므로, 왜상 렌즈로 인해서, 제1 방향으로 이미징 레티클의 범위가 확대될 필요없이, 또한 투영 노광 장치의 처리량의 감소를 가져오지 않고, 제1 방향의 큰 오브젝트측 개구수를 갖는 이미지 영역의 완전한 조사와, 조명 광의 경사 입사에 의한 활상 품질의 손실의 최소화가 가능하다.
- [0033] 2개의 주요 부분의 방향에 동일한 부호를 갖는 이미징 스케일의 결과로서, 이미지 반전("이미지 플립")이 방지된다. 광학 유닛은 특히, 2개의 주요 부분의 방향으로 정의 이미징 스케일을 갖는다.
- [0034] 왜상 광학 유닛은 입사각이 가능한 한 작은, 반사 오브젝트상의 활상 광의 입사각을 생성하게 한다. 더 큰 오브젝트측 개구수는 오브젝트상의 활상 광의 입사면에 직교하여 존재할 수 있다. 원통형 광학 유닛의 사용은 왜상 광학 유닛을 구성하는데 필수가 아니다. 상이한 이미징 스케일은 2개의 필드 좌표에 대해서 정의 부호를 가질 수 있다. 상이한 이미징 스케일은 2개의 필드 좌표에 대해서 축소되는 효과를 가질 수 있다. 왜상 투영 광학 유닛은 타원형 입사동(entrance pupil) 및/또는 타원형 출사동(exit pupil)을 가질 수 있다. 왜상 투영 광학 유닛은 회전 대칭 및 n-폴드 회전 대칭의 출사동을 가질 수 있다. 직교 필드 좌표에 대해서 상이한 이미징 스케일은 적어도 1.1의 인자, 적어도 1.2의 인자, 적어도 1.3의 인자, 적어도 1.4의 인자, 적어도 1.5의 인자, 적어도 1.7의 인자, 적어도 2의 인자, 적어도 2.5의 인자, 적어도 3의 인자, 또는 더 큰 인자에 의해 변경가능하다.
- [0035] 청구항 11, 12 및 16의 장점은 상기 이미 설명된 것에 대응한다. 더 작은 이미징 스케일은 더 작은 축소 효과

와 동등하다.

- [0036] 청구항 13 및 14에 따른 이미징 스케일이 특히 적합한 것을 알 수 있다. 예를 들면, 2개의 상이한 이미징 스케일 중 더 작은 것은 5.4일 수 있고, 5미만 일 수 있고, 4와 같을 수 있고, 또는 더 작을 수 있다. 2개의 상이한 이미징 스케일 중 더 큰 하나는 7과 같을 수 있고, 8과 같을 수 있고, 또는 더 클 수 있다.
- [0037] 청구항 15에 따른 미러 반사면은 자유 곡면으로 구현되고, 투영 광학 유닛에 대해서 설계 자유도의 증가를 가져온다. 특히, 왜상 효과는 복수의 미러면 상에 분포될 수 있다.
- [0038] 청구항 17 내지 19에 따른 개구수 및 이미지 필드 치수는 투영 노광 장치에서 사용시 이미징 품질과 웨이퍼 노광에 대한 필요 사항에 잘 적용된다.
- [0039] 투영 광학 유닛은 어퍼처 스탑을 가질 수 있다. 이 어퍼처 스탑은 평면형태로 존재할 수 있거나 또는 3차원 실시 형태를 가질 수 있다. 주사 방향의 어퍼처 스탑의 범위는 주사 방향에 직교하는 방향에서보다 더 작을 수 있다.
- [0040] 투영 광학 유닛은 차폐 스탑을 가질 수 있다. 어퍼처 스탑에 대해서 상기 서술된 것이 차폐 스탑의 실시 형태에 적용된다.
- [0041] 청구항 20에 따른 확장 비율을 갖는 스탑은 투영 광학 유닛의 왜상 효과에 적용된다. 이 스탑은 투영 광학 유닛의 입사동면에 배치될 수 있다. 더 짧은 오브젝트 필드 치수 및 더 긴 오브젝트 필드 치수에 따른 확장 비율은 더 긴 오브젝트 필드 치수 및 더 짧은 오브젝트 필드 치수에서 축소된 이미징 스케일의 비율에 대응할 수 있다.
- [0042] 각종 투영 광학 유닛에 관해서 상기 서술된 특징은 서로 임의로 조합되어 구현될 수 있다.
- [0043] 청구항 20에 따른 광학 시스템의 장점은 투영 광학 유닛에 대해서 이미 상기 설명한 것에 대응한다. 왜상 투영 광학 유닛이 사용되는 범위까지, 조명 광학 유닛은 투영 광학 유닛의 비회전 대칭 입사동에 적용될 수 있다.
- [0044] 투영 광학 유닛의 장점은 청구항 21에 따른 광학 시스템에서 특히 두드러진다. EUV 광원용 가능한 동작 파장은 13.5 nm가 가능하다. 또는, DUV 광원, 즉, 예를 들면, 193 nm의 파장을 갖는 광원이 사용될 수 있다.
- [0045] 청구항 22에 따른 투영 노광 장치의 장점은 투영 광학 유닛에 대해서 상기 이미 설명한 것에 대응한다.
- [0046] 청구항 23에 따른 투영 노광 장치는 왜상 투영 광학 유닛의 장점을 갖는다.
- [0047] 청구항 24에 따른 레티클은 왜상 투영 광학 유닛에 적용된다.
- [0048] 청구항 25에 따른 제조 방법 및 청구항 26에 따른 마이크로구조 또는 나노구조의 구성 소자의 장점은 투영 광학 유닛, 광학 시스템 및 투영 노광 장치에 대해서 이미 설명한 것에 대응한다.
- [0049] 투영 노광 장치는, 특히 반도체 구성 소자, 예를 들면, 메모리 칩을 제조하는데 사용될 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0050] 본 발명의 실시 형태들은 도면에 기초하여 아래에 상세하게 설명된다.
- 도 1은 EUV 마이크로소그래피용 투영 노광 장치를 개략적으로 나타낸다.
- 도 2는 도 1의 투영 노광 장치에서 투영 렌즈로서 사용될 수 있는 활상 광학 유닛의 실시 형태를 메리디오널 섹션에서 나타내며, 주 광선 및 2개의 선택된 필드 포인트의 상하 콤마 광선에 대한 활상 빔 경로가 도시되어 있다.
- 도 3 ~ 13은, 도 2와 유사하게, 도 1의 투영 노광 장치에서 투영 렌즈로서 사용될 수 있는 활상 광학 유닛의 또 다른 실시 형태를 각각 나타낸다.
- 도 14는, 도 2와 유사하게, 곡선 필드를 갖고, 오브젝트 필드로부터 발산 주광선이 방사하는, 도 1의 투영 노광 장치에서 투영 렌즈로서 사용될 수 있는 활상 광학 유닛의 또 다른 실시 형태를 나타낸다.
- 도 15는 도 14의 시선 방향 XV에서 본, 도 14의 활상 광학 유닛을 나타낸다.
- 도 15a는 도 14 및 도 15의 활상 광학 유닛의 미러의 광학적으로 사용되는 면들의 에지 윤곽을 나타낸다.
- 도 16은, 도 2와 유사하게, 도 1의 투영 노광 장치에서 투영 렌즈로서 사용될 수 있는 활상 광학 유닛의 또 다

른 실시 형태를 나타낸다.

도 17은 도 16의 시선 방향 XVII에서 본, 도 16의 촬상 광학 유닛을 나타낸다.

도 18은, 도 2와 유사하게, 도 1의 투영 노광 장치에서 투영 렌즈로서 사용될 수 있는 촬상 광학 유닛의 또 다른 실시 형태를 나타낸다.

도 19는 도 18의 시선 방향 XIX에서 본, 도 18의 촬상 광학 유닛을 나타낸다.

도 20은, 도 2와 유사하게, 왜상 광학 유닛으로서 구성되는, 도 1의 투영 노광 장치에서 투영 렌즈로서 사용될 수 있는 촬상 광학 유닛의 또 다른 실시 형태를 나타낸다.

도 21은 도 20의 시선 방향 XXI에서 본, 도 20의 촬상 광학 유닛을 나타낸다.

도 21a는 도 20 및 21의 촬상 광학 유닛의 미러의 광학적으로 사용되는 면들의 에지 윤곽을 나타낸다.

도 22는, 도 2와 유사하게, 왜상 광학 유닛으로서 구성되는, 도 1의 투영 노광 장치에서 투영 렌즈로서 사용될 수 있는 촬상 광학 유닛의 또 다른 실시 형태를 나타낸다.

도 23은 도 22의 시선 방향 XXIII에서 본, 도 22의 촬상 광학 유닛을 나타낸다.

도 24는, 도 2와 유사하게, 왜상 광학 유닛으로서 구성되는, 도 1의 투영 노광 장치에서 투영 렌즈로서 사용될 수 있는 촬상 광학 유닛의 또 다른 실시 형태를 나타낸다.

도 25는 도 24의 시선 방향 XXV에서 본, 도 24의 촬상 광학 유닛을 나타낸다.

도 26은, 도 2와 유사하게, 필름 차폐가 없는, 왜상 광학 유닛으로서 구성되는, 도 1의 투영 노광 장치에서 투영 렌즈로서 사용될 수 있는 촬상 광학 유닛의 또 다른 실시 형태를 나타낸다.

도 27은 도 26의 시선 방향 XXVII에서 본, 도 26의 촬상 광학 유닛을 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0051] 마이크로 리소그래피 투영 노광 장치(1)는 조명광 또는 촬상광(3)용 광원(2)을 구비한다. 광원(2)은 예를 들면, 5 nm 내지 30 nm 사이, 특히, 5nm 내지 15nm 사이의 파장 범위의 광을 발생하는 EUV 광원이다. 특히, 광원(2)은 13.5 nm의 파장을 가진 광원 또는 6.9 nm의 파장을 가진 광원일 수 있다. 다른 EUV 파장도 가능하다. 일반적으로, 임의의 소망의 파장, 예를 들면, 가시 파장, 또는 마이크로리소그래피에 사용될 수 있는(예: DUV, 진공 자외선), 및 적합한 레이저 광원 및/또는 LED 광원에 대해서 이용가능한 (예를 들면 365 nm, 248 nm, 193 nm, 157 nm, 129 nm, 및 109 nm) 다른 파장이, 투영 노광 장치(1)에 안내되는 조명광(3)에 대해서 가능하다. 조명광 (3)의 빔 경로가 도 1에 매우 개략적으로 도시되어 있다.
- [0052] 조명 광학 유닛(6)은 광원(2)으로부터의 조명광(3)을 오브젝트 면(5)의 오브젝트 필드(4)로 안내하는 역할을 한다. 투영 광학 유닛 또는 촬상 광학 유닛(7)을 사용하여, 오브젝트 필드(4)는 소정의 축소 스케일로 이미지 면(9)의 이미지 필드(8)로 촬상된다.
- [0053] 투영 노광 장치(1) 및 투영 광학 유닛(7)의 다양한 실시 형태에 대한 설명을 간단히 행하기 위해, xyz-직교 좌표계가 도면에 명시되어 있고, 이로부터 도면에 도시된 구성 요소들 사이의 각각의 위치 관계가 표시된다. 도 1에서, x 방향은 도면의 평면에 수직으로 도면을 향해 연장된다. y 방향은 왼쪽으로 연장되고, z 방향은 상방으로 연장된다.
- [0054] 오브젝트 필드(4) 및 이미지 필드(8)는 직사각형이다. 또는, 오브젝트 필드(4) 및 이미지 필드(8)가 굴곡 또는 만곡, 즉, 특히, 부분적으로 링의 형태로도 구현될 수 있다. 오브젝트 필드(4) 및 이미지 필드(8)는 1보다 큰 xy-중횡비를 갖는다. 따라서, 오브젝트 필드(4)는 x 방향의 긴 오브젝트 필드 치수를 갖고, y 방향의 짧은 오브젝트 필드 치수를 갖는다. 이들 오브젝트 필드 치수는 xy 필드 좌표를 따라서 연장된다.
- [0055] 도 2이하에 도시된 실시 형태 중 하나가 투영 광학 유닛(7)에 사용될 수 있다. 도 2에 따른 투영 광학 유닛(7)은 8의 축소 인자를 갖는다. 다른 축소 스케일, 예를 들면, 4×, 5×, 또는 8×보다 큰 축소 스케일도 가능하다. 도 2 및 도 5이하에 따른 실시 형태에서, 투영 광학 유닛(7)에서 이미지 면(9)은 오브젝트 면(5)에 평행하게 배치된다. 오브젝트 필드(4)와 일치하며, 레티클로 지칭되는 반사형 마스크(10)의 단면이 도시되어 있다. 레티클(10)은 레티클 홀더(10a)에 의해 지지된다. 레티클 홀더(10a)는 레티클 변위 드라이브(10b)에 의해 변위된다.

- [0056] 기관 홀더(12)에 의해 지지되는, 웨이퍼의 형태의 기관(11)의 표면에 대해서 촬상이 투영 광학 유닛(7)에 의해 행해진다. 기관 홀더(12)는 웨이퍼 또는 기관 변위 드라이브(12a)에 의해 변위된다.
- [0057] 레티클(10)과 투영 광학 유닛(7)의 사이에, 투영 광학 유닛(7)으로 입사하는 조명광(3)의 빔(13)이 도 1에 개략적으로 도시되어 있고, 투영 광학 유닛(7)으로부터 방사되는 조명광(3)의 빔(14)이 투영 광학 유닛(7)과 기관(11)사이에 도시되어 있다. 투영 광학 유닛(7)의 이미지 필드측 개구수(NA)는 도 1의 스케일로 재생되어 있지 않다.
- [0058] 투영 노광 장치(1)는 스캐너타입 장치이다. 투영 노광 장치(1)의 동작시, 레티클(10)과 기관(11)이 모두 y 방향으로 주사된다. 기관(11)의 개별 노광 사이에서 y 방향의 레티클(10)과 기관(11)의 단계적인 변위가 행해지는 스테퍼타입 투영 노광 장치(1)가 또한 가능하다. 이들 변위가 변위 드라이브(10b, 12a)의 적절한 작동에 의해 서로 동기화된다.
- [0059] 도 2는 투영 광학 유닛(7)의 제1 실시 형태의 광학 설계를 도시한다. 도 2에, y 방향으로 서로 이격되어 있는 2개의 오브젝트 필드 포인트로부터 나오는 세계의 개별 광선(15)의 경우의 빔 경로가 도시되어 있다. 주 광선(16), 즉, 투영 광학 유닛(7)의 퓨필 면에서 퓨필의 중심을 통해서 연장되는 개별 광선(15), 및 각각의 경우에, 이들 2개의 오브젝트 필드 포인트의 상하 코마 광선이 도시되어 있다. 오브젝트 필드(4)로부터 진행되는, 주 광선(16)은 오브젝트 면(5)의 법선에 대해서 5.5°의 각도 CRA0를 포함한다.
- [0060] 오브젝트 면(5)은 이미지 면(9)에 평행하게 놓여 있다.
- [0061] 투영 광학 유닛(7)은 0.45의 이미지측 개구수를 갖는다.
- [0062] 투영 광학 유닛(7)은 8×의 축소 이미징 스케일을 갖는다.
- [0063] 도 2에 따른 투영 광학 유닛(7)은 총 8개의 미러를 가지며, 이들 미러는 오브젝트 필드(4)로부터 나오는 각각의 광선(15)의 빔 경로의 순서로, 순서대로 M1에서 M8로 번호가 매겨진다. 촬상 광학 유닛(7)은 다른 수의 미러, 예를 들면, 4개의 미러 또는 6개의 미러를 또한 가질 수 있다.
- [0064] 도 2는 미러(M1 ~ M8)의 계산된 반사면을 나타낸다. 도 2의 도시된 것으로부터 알 수 있는 것 같이, 이들 계산된 반사면의 일부만이 사용된다. 반사면의 실제로 사용된 영역만이 실제로 실제 미러(M1 ~ M8)에 존재한다. 이들 사용된 반사면이 주지의 방식으로 미러 바디에 의해 지지된다.
- [0065] 도 2에 따른 투영 광학 유닛(7)에서, 미러(M1, M4, M7, 및 M8)가 수직 입사용 미러, 즉, 촬상광(3)이 45°보다 작은 입사각으로 입사되는 미러로서 구현된다. 따라서, 도 2에 따른 투영 광학 유닛(7)은 총 4개의 수직 입사용 미러(M1, M4, M7, 및 M8)를 갖는다.
- [0066] 미러(M2, M3, M5, 및 M6)는 조명광(3)의 그레이징 입사(grazing incidence)용 미러, 즉, 조명광(3)이 60°보다 큰 입사각으로 입사하는 미러이다. 그레이징 입사용 미러(M2, M3, M5, 및 M6) 상의 조명광(3)의 개별 광선(15)의 일반적인 입사각은 80°의 영역에 있다. 전반적으로, 도 2에 따른 투영 광학 유닛(7)은 정확히 4개의 그레이징 입사용 미러(M2, M3, M5, 및 M6)를 갖는다.
- [0067] 미러(M2, M3)는 조명광(3)의 빔 경로에서 순차적으로 바로 뒤이어 배치된 미러 쌍을 형성한다. 미러(M5, M6)는 또한 촬상광(3)의 빔 경로에서 순차적으로 바로 뒤이어 배치된 미러 쌍을 형성한다.
- [0068] 한편의 미러 쌍(M2, M3) 및 다른 한편의 미러 쌍(M5, M6)은 이 2개의 미러 쌍의 각각의 미러(M2, M3, 또는 M5, M6)에서 개별 광선(15)의 반사 각이 가산되는 방식으로 촬상광(3)을 반사한다. 따라서, 각각의 미러 쌍(M2, M3 및 M5, M6)의 각각의 제2 미러(M3, M6)는 각각의 개별 광선(15)에서 각각의 제1 미러(M2, M5)에 의해 얻어진 편향 효과를 증폭시킨다. 미러 쌍(M2, M3 및 M5, M6)의 미러들의 배치는 조명 광학 유닛에 대해서 DE 10 2009 045 096 A1에 개시된 것에 대응한다.
- [0069] 각각의 경우에 그레이징 입사용 미러(M2, M3, M5 및 M6)는 반경이 매우 큰 절댓값, 즉, 평면으로부터 매우 작은 편차를 갖는다. 그러므로, 그레이징 입사용 미러(M2, M3, M5 및 M6)는 실질적으로 광 파워, 즉, 오목 또는 볼록 미러와 같이 사실상 전반적인 빔 포밍 효과를 갖지 않지만, 특정한, 특히 로컬 수차 보정에 기여한다.
- [0070] 투영 광학 유닛(7)의 미러의 편향 효과를 특징짓기 위해서, 편향 방향이 각각의 도시된 메리디언 평면에 기초하여 다음과 같이 정의된다. 메리디언 평면에서 각각의 입사 빔 방향에서 알 수 있듯이, 예를 들면, 도 2에 따르면, 시계 방향의 각각의 미러의 편향 효과, 즉, 우측으로의 편향이 약어 "R"로 표시된다. 예로서, 투영 광학 유닛(7)의 미러(M1)는 "R" 편향 효과를 갖는다. 반시계 방향의 미러의 편향 효과, 즉, 이 미러에 입사된,

각 빔 방향에서 볼 때 좌측으로의 편향이 약어 "L"로 표시된다. 투영 광학 유닛(7)의 미러(M2, M3)는 "L" 편향 효과의 예이다. $-1^\circ < f < 1^\circ$ 가 적용되는 폴드 각도 f를 갖는 미러의 약한 편향 효과 또는 전체적으로 비편향 효과는 약어 "0"으로 표시된다. 투영 광학 유닛(7)의 미러(M7)는 "0" 편향 효과의 예이다. 전반적으로, 미러(M1 ~ M8)에 대해서 투영 광학 유닛(7)은 다음 순서의 편향 효과를 갖는다: RLLLRROL.

[0071] 원리상, 상기 서술된 모든 실시 형태의 투영 광학 유닛은, 이 경우에 기본 활상 성질의 변화없이, xz 면에 대해서 평행하게 연장되는 면에 대해서 대칭일 수 있다. 그러나, 이것은 당연히, 투영 광학 유닛의 경우에, 대응하는 미러링에 의해 투영 광학 유닛(7)으로부터 나오는 편향 효과의 순서를 다음과 같이 변화시킨다: LRRRLLOR.

[0072] 편향 효과의 선택, 즉, 예를 들면, 미러(M4)의 각각의 입사빔의 방향의 선택과 미러쌍(M2, M3; 및 M5, M6)의 선택이, 투영 광학 유닛(7)에 대해서 이용가능한 설치 공간이 효율적으로 사용되도록 행해진다.

[0073] 미러(M1 ~ M8)는 활상광(3)용 미러(M1 ~ M8)의 반사율을 최적화하도록 코팅된다. 루테튬 코팅, 몰리브덴 코팅, 또는 루테튬 최상층을 갖는 몰리브덴 코팅이 가능하다. 그레이징 입사용 미러(M2, M3, M5 및 M6)에서, 예를 들면, 몰리브덴 또는 루테튬으로 구성된 층을 갖는 코팅이 사용될 수 있다. 특히, 수직 입사용 미러(M1, M4, M7 및 M8)의 높은 반사층이 다겹층(multi-plies)으로 구현될 수 있고, 연속층이 상이한 재료로 제조될 수 있다. 재료층들이 번갈아 사용될 수 있다. 일반적인 다겹층은 각각의 경우에 몰리브덴층과 실리콘층으로 구성된 50개의 양결(bi-plies)을 포함할 수 있다.

[0074] 투영 광학 유닛(7)의 전체 반사율을 계산하기 위해, 다음과 같이 시스템 투과율이 계산된다: 미러 반사율은 각 미러면에 대해서, 안내 광선, 즉, 오브젝트 필드 중심 점의 주 광선의 입사각에 따라서 결정되고, 승산되어 시스템 투과율이 얻어진다.

[0075] 여기서, 미러의 반사율 R_M 은 백분위로 다음과 같이 산출되고:

$$R_M = c_0x^4 + c_1x^3 + c_2x^2 + c_3x + c_4,$$

[0076] .
 [0077] x는 각각의 입사각도를 ° 로 나타낸다. 계수 c_i 는 다음으로부터:

$$c_i = \frac{1}{2}(c_{iS-fit} + c_{iP-fit}),$$

[0078] .
 [0079] 한편의 S편광 및 다른 한편의 P편광에 대한 각각의 계수의 평균치로서 구해진다.

[0080] $60^\circ < x < 88^\circ$ 범위의 입사각에 대해서, 루테튬층에 대해서 다음의 계수가 얻어지며, 따라서, 그레이징 입사 각도하에서 주어진다.

	c0	c1	c2	c3	C4
S-Fit	0	$1.59347283 \times 10^{-3}$	$-4.06503596 \times 10^{-1}$	3.56423129×10^1	-9.76664971×10^2
P-Fit	0	$1.88179657 \times 10^{-3}$	$-4.79626971 \times 10^{-1}$	4.20429269×10^1	-1.17059654×10^3

[0081] .

[0082] 즉, 수직 입사 영역에서 NI 미러에 대해서, 몰리브덴/실리콘 다겹 적층에 대해서 다음이 구해진다:

	c0	c1	c2	c3	C4
S-Fit	$2.89135870 \times 10^{-6}$	$-3.90173053 \times 10^{-4}$	$1.04448085 \times 10^{-2}$	$-2.65742974 \times 10^{-2}$	6.66009436×10^1
P-Fit	$2.05886567 \times 10^{-5}$	$5.79240629 \times 10^{-4}$	$-3.37849733 \times 10^{-2}$	$3.92206533 \times 10^{-2}$	6.65307365×10^1

[0083]

[0084] GI 미러(그레이징 입사용 미러)의 반사에 대한 더 상세한 내용이 WO 2012/126867 A에 기재되어 있다. NI 미러(수직 입사용 미러)의 반사율에 대한 더 상세한 내용이 DE 101 55 711 A에 기재되어 있다.

[0085] 투영 광학 유닛(7)의 모든 미러(M1 ~ M8)의 반사율의 곱으로 산출되는 투영 광학 유닛(7)의 전체 반사율 또는 시스템 투과율은 $R = 10.43\%$ 이다.

[0086] 미러(M8), 즉, 이미지 필드(8) 앞의, 이미징 빔 경로에서 최종 미러는 뒤에서 세번째의 미러(M6)로부터 뒤에서 두번째의 미러(M7)로 반사되는 활상광(3)이 통과하는 통과 개구(17)를 갖는다. 미러(M8)는 통과 개구(17) 주위에서 반사하는 방식으로 사용된다. 다른 미러(M1 ~ M7)는 통과 개구를 갖지 않고, 갭이 없이 연속 영역에서 반사하는 방식으로 사용된다.

[0087] 미러(M1 ~ M8)는 회전 대칭 함수에 의해 표현할 수 없는 자유 곡면(free-form surface)으로 구현된다. 미러(M1 ~ M8)중 적어도 하나가 회전 대칭 비구면으로 구현되는, 투영 광학 유닛(7)의 다른 실시 형태도 가능하다. 모든 미러(M1 ~ M8)가 이러한 비구면으로 구현되는 것도 가능하다.

[0088] 자유 곡면은 다음의 자유 곡면 수학적식(수학적식 1)에 의해 표현될 수 있다:

$$Z = \frac{c_x x^2 + c_y y^2}{1 + \sqrt{1 - (1 + k_x)(c_x x)^2 - (1 + k_y)(c_y y)^2}}$$

$$+ C_1 x + C_2 y$$

$$+ C_3 x^2 + C_4 xy + C_5 y^2$$

$$+ C_6 x^3 + \dots + C_9 y^3$$

$$+ C_{10} x^4 + \dots + C_{12} x^2 y^2 + \dots + C_{14} y^4$$

$$+ C_{15} x^5 + \dots + C_{20} y^5$$

$$+ C_{21} x^6 + \dots + C_{24} x^3 y^3 + \dots + C_{27} y^6$$

$$+ \dots$$

(1)

[0089]

[0090] 수학적식(1)의 파라미터에 다음이 적용된다:

[0091] Z는 점 x, y에서 자유 곡면의 새그(sag)이며, $x^2 + y^2 = r^2$. 여기서, r은 자유 곡면 수학적식 ($x = 0$; $y = 0$)의 기준 축으로부터의 거리이다.

[0092] 자유 곡면 수학적식(1)에서, $C_1, C_2, C_3 \dots$ 는 x 및 y의 승의 자유 곡면 시리즈 확장의 계수를 나타낸다.

[0093] 원추형 기반 영역의 경우에, c_x, c_y 는 대응하는 구의 대응하는 정점 곡률에 대응하는 상수이다. 따라서, $c_x = 1/R_x$ 및 $c_y = 1/R_y$ 가 적용된다. 여기서, k_x 및 k_y 는 각각 대응하는 구의 원뿔 상수에 대응한다. 따라서, 수학적식(1)은 이중 원뿔 자유 곡면을 표현한다.

[0094] 대체가능한 자유 곡면이 회전 대칭 기준면으로부터 생성될 수 있다. 마이크로리소그래피 투영 노광 장치의 투영 광학 유닛의 미러의 기준면에 대한 이러한 자유 곡면이 US 2007-0058269 A1에 개시되어 있다.

[0095] 또는, 자유 곡면은 2차원 스플라인면으로 설명될 수 있다. 이 예는 베지에 곡선(Bezier curves) 또는 NURBS(non-uniform rational basis splines)이다. 예로서, 2차원 스플라인면은 xy 면에서 격자점 및 연관된 z-값, 또는 이들 점 및 관련된 기울기에 의해 표현될 수 있다. 스플라인면의 반사 유형에 따라서, 전체 표면이, 연속성 및 식별 가능성에 대해서 특정 성질을 갖는, 예를 들면, 다항식 또는 함수를 사용하여, 격자점들 사이를 보간하여 얻어진다. 분석 함수가 그 예이다.

[0096] 투영 광학 유닛(7)의 미러(M1 ~ M8)의 반사면의 광학 설계 데이터를 다음의 표로부터 얻을 수 있다. 각각의 경우에 이들 광학 설계 데이터는 이미지 면(9)으로부터 진행하며, 즉, 이미지 면(9)과 오브젝트 면(5) 사이의 촬상광(3)의 역 전과 방향으로 각 투영 광학 유닛을 설명한다.

[0097] 첫번째 표는 투영 광학 유닛(7)의 설계 데이터의 개요를 제공하며, 개구수 NA, 촬상 광에 대해서 계산된 설계 파장, x 및 y 방향의 이미지 필드의 치수, 이미지 필드 곡률, 및 스태프의 위치를 요약하고 있다. 이 곡률은 필드의 곡률 반경의 역수로 정의된다.

[0098] 두번째 표는 광학 소자의 광학 면에 대한 정점 반경(Radius_x = R_x, Radius_y = R_y) 및 굴절력 값(Power_x, Power_y)을 명시한다. 부의 반경 값은, 곡률(x, y)의 각각의 방향의 정점에서 수직면에 걸친, 관찰면(xz, yz)을 갖는 각각의 표면의 일부에서 입사 조명광(3)을 향한 오목 곡선을 의미한다. 2개의 반경 Radius_x, Radius_y은 명시적으로 다른 부호를 가질 수 있다.

[0099] 각각의 광 표면에서 정점은 대칭면 x = 0, 즉, 도 2의 그림의 평면(메리디오널 평면)에 따른 오브젝트 필드 중심으로부터 이미지 필드(8)까지 연장되는 안내 광선의 입사점으로 정의된다.

[0100] 정점에서의 굴절력 Power_x(P_x), Power_y(P_y)은 다음과 같이 정의된다:

$$P_x = - \frac{2 \cos AOI}{R_x}$$

$$P_y = - \frac{2}{R_y \cos AOI}$$

[0101]

[0102] 여기서, AOI는 면 법선에 대한 안내 광선의 입사각도를 나타낸다.

[0103] 세번째 표는 미러(M1 ~ M8)에 대해서 mm단위로, 원뿔 상수 k_x 및 k_y, 정점 반경 R_x(= Radius_x), 자유 곡면 계수 C_n를 지정한다. 각각의 경우에서 표에 기재되어 있지 않은 계수 C_n는 0의 값을 갖는다.

[0104] 네번째 표는 각각의 미러가 기준면으로부터 진행되어 y 방향으로 편심(DCY)되고, z 방향으로 변위(DCZ) 및 틸팅(TLA, TLC)된 크기를 또한 지정한다. 이것은 자유 곡면 설계 방법을 행할 때의 평행 변위 및 틸팅에 대응한다. 여기서, 변위는 y 방향 및 z 방향으로 mm 단위로 행해지고, 틸팅은 x 축 및 z 축을 중심으로 행해진다. 여기서, 틸트 각도는 "°"로 지정된다. 편심이 우선 행해진 다음 틸팅이 행해진다. 편심시 기준면은 각각의 경우에 특정 광학 설계 데이터의 제1 면이다. y 방향 및 z 방향으로의 편심도 오브젝트 필드(4)에 대해서 지정되어 있다. 각각의 미러에 대해서 할당된 면에 추가하여, 네번째 표는 이미지 면을 제1 면으로 나타내고, 오브젝트 면을 마지막 면, 및 가능하게 스태프면("스탑"으로 표시)으로 나타낸다.

[0105] 다섯번째 테이블은 미러(M8 ~ M1)의 투과율 데이터, 즉, 각각의 미러에 대해서 중심적으로 입사하는 조명 광의 입사각에 대한 반사율을 또한 명시한다. 전체의 투과율은 투영 광학 유닛의 모든 미러에서 반사한 뒤의 입사 강도로부터 남은 비례 인자로서 명시된다.

[0106] 여섯번째 표는 스태프(면 M8)의 에지를 로컬 xyz 좌표의 다각형 체인으로 명시한다. 이 스태프는 미러(M8)의 위치에 배치된다. 이 스태프는 상기 서술한 것같이, 편심 및 틸트된다.

실시 형태	도 2
NA	0.45
파장	13.5 nm
필드 치수_x	13.0 mm
필드 치수_y	0.784 mm
필드 곡률	0.0 1/mm
스탑	M8

도 2에 대한 표 1

[0107]

표면	반경_x[mm]	굴절력_x[1/mm]	반경_y[mm]	굴절력_y[1/mm]	동작 모드
M8	-837.70881927	0.00236862	-757.27364908	0.00266207	REFL
M7	2488.10131627	-0.00080383	283.66314157	-0.00705062	REFL
M6	4560.51860808	-0.00007268	18476.28162004	-0.00065317	REFL
M5	-2531.38864214	0.00014365	-103076.57144805	0.00010672	REFL
M4	-2528.42598018	0.00077816	-1442.81510027	0.00140906	REFL
M3	-3050.65046824	0.00012933	34435.31193357	-0.00029442	REFL
M2	-194394.06397033	0.00000156	-40926.79441369	0.00032129	REFL
M1	10833.49940461	-0.00017328	-2578.14093233	0.00082650	REFL

도 2에 대한 표 2

[0108]

계수	M8	M7	M6
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000
RX	-837.70881930	2488.10131600	4560.51860800
C7	-9.0132308e-09	1.11394243e-06	1.59114264e-07
C9	-1.00251209e-09	2.8860992e-07	5.59843391e-09
C10	-8.87226228e-12	1.18917173e-09	3.83909581e-10
C12	-5.08519375e-11	5.23800849e-09	2.11857784e-10
C14	-1.88200773e-11	1.0734105e-08	1.39463766e-11
C16	8.82521632e-15	3.75808998e-12	1.70877645e-12
C18	-4.19864966e-15	1.85595295e-11	2.66118623e-13
C20	-2.11360234e-16	-1.72133449e-11	-5.17043474e-14
C21	-3.19874264e-17	3.00011227e-15	9.63300464e-16
C23	-1.22217908e-16	4.11542089e-14	4.38089836e-15
C25	-1.30026191e-16	1.11642164e-13	1.61278968e-15
C27	-3.67400697e-17	3.22598292e-13	1.26838989e-16
C29	1.14026692e-20	2.92869138e-17	6.77960834e-18
C31	1.0918839e-20	1.69415114e-16	-5.39777251e-19
C33	-3.04462195e-21	4.33073361e-16	7.8861342e-19
C35	1.02259135e-22	-7.37362073e-16	8.03098684e-19
C36	-5.63440362e-23	1.44942891e-20	-3.90732961e-21
C38	-2.66622412e-22	3.05621193e-19	5.15318073e-20
C40	-4.32156525e-22	1.34609812e-18	-9.54272183e-21
C42	-2.89279412e-22	2.45287597e-18	-1.70492308e-20
C44	-5.99684085e-23	2.12868884e-18	-9.72311004e-22
C46	1.18076072e-26	2.0799062e-22	1.45427907e-22
C48	3.74881822e-26	2.68414652e-21	4.40689789e-22
C50	1.18386812e-26	5.8670912e-21	2.04987221e-22
C52	-1.00050188e-26	-2.33431824e-20	-7.75365541e-22
C54	-2.93462929e-27	-9.59894302e-20	-3.00655786e-24
C55	-7.12926517e-29	3.05798066e-25	2.33655571e-25
C57	-3.54266327e-28	2.94896726e-24	7.55277402e-25
C59	-7.81684172e-28	2.54027973e-23	1.26094736e-24
C61	-8.38095482e-28	8.05342131e-23	6.93792966e-25
C63	-4.13760156e-28	1.24219439e-22	9.28250781e-26
C65	-7.30815611e-29	4.10221778e-22	5.47302487e-27
C67	1.94837068e-32	0	0
C69	1.1397448e-31	0	0
C71	1.34382689e-31	0	0
C73	7.55966183e-32	0	0
C75	1.56253375e-32	0	0
C77	6.40963088e-33	0	0
C78	-2.56297737e-34	0	0
C80	-1.60836013e-33	0	0
C82	-4.69716941e-33	0	0
C84	-7.07121378e-33	0	0
C86	-5.64664272e-33	0	0
C88	-2.27265225e-33	0	0
C90	-3.58207435e-34	0	0

도 2에 대한 표 3a

[0109]

계수	M5	M4	M3
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000
RX	-2531.38864200	-2528.42598000	-3050.65046800
C7	1.72781637e-07	5.8018765e-08	-1.17466046e-07
C9	2.14254527e-08	8.64375408e-09	9.52322648e-09
C10	1.91545596e-10	-1.94203172e-11	6.38336565e-11
C12	-1.30545965e-10	7.93780161e-11	-6.09437242e-11
C14	2.29647138e-11	-4.96311207e-10	-8.46825762e-11
C16	-2.76920045e-13	-4.9519671e-14	2.46570227e-13
C18	6.31392082e-14	1.46606283e-12	1.83720452e-13
C20	5.5820243e-14	1.34097025e-11	-5.79539787e-14
C21	-7.00730308e-18	8.53806243e-18	-1.75797003e-16
C23	3.41967082e-16	-9.95579358e-16	6.08596054e-16
C25	-7.70078483e-17	-1.1212914e-14	3.41532358e-16
C27	1.30566647e-16	-5.35527612e-14	9.88490631e-17
C29	1.16112452e-19	2.57671697e-19	-1.20254031e-18
C31	-1.622253585e-19	-3.25217486e-18	6.21318065e-19
C33	-1.22964972e-19	-2.40795277e-16	1.66737236e-19
C35	1.96436668e-19	-4.04068886e-15	1.33042899e-18
C36	5.2349042e-22	-3.5496978e-23	6.42079101e-22
C38	-3.65302727e-22	1.66117198e-21	-2.85312334e-21
C40	6.2340516e-23	3.47327568e-20	-6.3375684e-22
C42	9.80519303e-22	-1.2946755e-18	-2.67858747e-21
C44	-7.581399e-22	-4.6332565e-17	1.89160718e-21
C46	-2.8051662e-24	-2.53096392e-25	2.79819801e-24
C48	-8.01335569e-25	3.13587836e-24	-1.95559965e-24
C50	-2.19615172e-24	5.29262773e-22	-3.25009825e-24
C52	2.6523186e-24	8.72077688e-21	-1.69895932e-23
C54	-3.17905172e-24	-1.40950195e-19	-1.24591949e-23
C55	1.31200881e-28	6.31299438e-31	2.44903332e-28
C57	6.46975253e-27	-1.44337304e-27	5.45604256e-27
C59	4.4689247e-27	-9.7439448e-26	2.50408571e-27
C61	-1.34855282e-27	-4.38554687e-25	-5.44576542e-27
C63	-6.32570305e-27	4.90510476e-23	-3.43807004e-26
C65	-2.36233819e-27	1.11019478e-22	-3.46588884e-26

도 20에 대한 표 3b

[0110]

계수	M2	M1
KY	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000
RX	-194394.06400000	10833.49940000
C7	-8.67070075e-09	1.48981967e-09
C9	-1.03403364e-08	4.14892815e-09
C10	-8.56886085e-11	3.38149986e-11
C12	-2.01940344e-11	3.90955095e-11
C14	-7.15883437e-12	1.45830047e-11
C16	-9.60210917e-14	-6.21111216e-14
C18	-2.38815926e-14	9.39500532e-14
C20	-6.65065222e-16	1.68138883e-13
C21	-2.55749187e-16	1.57821571e-17
C23	-1.09151386e-16	-3.38914384e-17
C25	-1.97294475e-17	7.9460803e-18
C27	5.70404899e-18	1.16530683e-15
C29	1.06431723e-19	5.16374316e-19
C31	-1.64115075e-19	-1.22836084e-19
C33	-1.35411374e-20	-1.90495661e-18
C35	7.628521e-21	4.76002684e-18
C36	7.25331258e-22	1.07417031e-21
C38	-4.73496575e-22	4.76896118e-22
C40	-2.11297656e-22	-1.10250035e-21
C42	-1.02753056e-23	-8.66116391e-21
C44	5.07988503e-24	-1.22722218e-20
C46	-9.35932524e-25	-6.27142618e-24
C48	-2.7783366e-25	-8.01178971e-24
C50	-1.59026041e-25	-3.05243873e-23
C52	-6.53452661e-27	2.93392122e-23
C54	1.824705e-27	-8.82506065e-23
C55	2.29320351e-27	-6.20705864e-26
C57	4.07644119e-27	-1.36210254e-26
C59	-1.98759397e-28	-6.17708439e-26
C61	-4.48732119e-29	-1.10303922e-25
C63	-1.85722793e-30	1.36969417e-25
C65	2.81372879e-31	-1.05691239e-25

도 20에 대한 표 3c

[0111]

표면	DCX	DCY	DCZ
이미지 면	0.00000000	0.00000000	0.00000000
M8	0.00000000	0.00000000	724.00020000
M7	0.00000000	-156.29867133	95.23660203
M6	0.00000000	69.24296301	1002.51687199
M5	0.00000000	376.70486973	1458.55105482
M4	0.00000000	768.07202185	1679.06041506
M3	0.00000000	-418.87445828	1388.75512246
M2	-0.00000000	-951.87794696	999.51576030
M1	-0.00000000	-1732.87150302	29.24804987
오브젝트 면	-0.00000000	-1870.89265468	1987.57585464

[0112]

도 2에 대한 표 4a

표면	TLA[deg]	TLB[deg]	TLC[deg]
이미지 면	-0.00000000	0.00000000	-0.00000000
M8	-7.20360764	0.00000000	-0.00000000
M7	164.56899679	0.00000000	-0.00000000
M6	66.01183481	-0.00000000	180.00000000
M5	46.01183481	0.00000000	0.00000000
M4	-66.46601090	0.00000000	-0.00000000
M3	26.13973836	-0.00000000	180.00000000
M2	46.13973836	0.00000000	-0.00000000
M1	164.11964399	0.00000000	0.00000000
오브젝트 면	0.00000000	0.00000000	0.00000000

[0113]

도 2에 대한 표 4b

표면	입사각 [deg]	반사율
M8	7.20360764	0.66017316
M7	0.00000627	0.66565840
M6	80.46059205	0.88430204
M5	79.52462332	0.87198912
M4	10.34002306	0.65386862
M3	78.62259485	0.85965098
M2	81.25157420	0.89438137
M1	20.18260294	0.61248770
전체 투과율		0.1043

[0114]

도 2에 대한 표 5

X[mm]	Y[mm]	Z[mm]
0.00000000	320.37449215	-71.38743287
48.36574379	316.80745936	-71.27476399
95.79913948	306.15249000	-70.94768730
141.36313519	288.55110075	-70.43891500
184.11362993	264.24936742	-69.80243066
223.10205565	233.61232523	-69.11179911
257.38560926	197.14179980	-68.45633706
286.04752607	155.49451794	-67.93434999
308.22857191	109.49597859	-67.64324197
323.16872022	60.14481518	-67.66726101
330.25516914	8.60292360	-68.06468586
329.07035438	-43.83122398	-68.85697088
319.43251774	-95.76530795	-70.02235741
301.42236387	-145.76769643	-71.49560404
275.39215543	-192.42726762	-73.17404386
241.95716406	-234.41168219	-74.92871123
201.97236169	-270.51874890	-76.61837302
156.49875437	-299.71790154	-78.10418339
106.76380494	-321.18109072	-79.26314903
54.11946362	-334.30400997	-79.99924341
0.00000000	-338.71937192	-80.25155891
-54.11946362	-334.30400997	-79.99924341
-106.76380494	-321.18109072	-79.26314903
-156.49875437	-299.71790154	-78.10418339
-201.97236169	-270.51874890	-76.61837302
-241.95716406	-234.41168219	-74.92871123
-275.39215543	-192.42726762	-73.17404386
-301.42236387	-145.76769643	-71.49560404
-319.43251774	-95.76530795	-70.02235741
-329.07035438	-43.83122398	-68.85697088
-330.25516914	8.60292360	-68.06468586
-323.16872022	60.14481518	-67.66726101
-308.22857191	109.49597859	-67.64324197
-286.04752607	155.49451794	-67.93434999
-257.38560926	197.14179980	-68.45633706
-223.10205565	233.61232523	-69.11179911
-184.11362993	264.24936742	-69.80243066
-141.36313519	288.55110075	-70.43891500
-95.79913948	306.15249000	-70.94768730
-48.36574379	316.80745936	-71.27476399

도 2에 대한 표 6

- [0115]
- [0116] 투영 광학 유닛(7)의 전체 반사율은 10.43%이다.
- [0117] 미러(M1 ~ M7)는 자유 곡면이 x와 y의 최대 10승까지 확장되는 자유 곡면이다. 미러(M8)에서, 이 확장은 x와 y의 12승까지 계속된다.
- [0118] 표에서 틸트 값으로 명시되어 있는 것 같이, 비구면 미러의 회전 대칭축이 일반적으로 이미지 면(9)의 법선에 대해서 틸트되어 있다.
- [0119] 미러(M1, M2, M4, M5 및 M8)는 부의 반경 값을 가지며, 즉, 원리상, 오목 미러이다. 미러(M3, M6 및 M7)는正的 반경 값을 가지며, 즉, 원리상, 볼록 미러이다. 미러(M2, M3, M5 및 M6)는 매우 큰 절대 반경을 가지며, 즉, 평면 반사면에서 조금 벗어나게 구성되어 있다.
- [0120] 이미지 필드(8)는 6.5 mm의 두배의 x 범위와 1 mm의 y 범위를 갖는다. 투영 광학 유닛(7)은 13.5 nm의 조명광(3)의 동작 파장에 대해서 최적화되어 있다.
- [0121] 제1 퓨필 면(18)은 활상광(3)의 빔 경로에서 미러(M2, M3)의 사이에 배치되어 있다. 도 2에 개략적으로 도시되어 있는 것과 다르게, 제1 퓨필 면(18)은 필드 중심 점의 주광선에 대해서 틸트되어 있고, 이 주광선에 대해서 90°가 아닌 각도를 갖는다. 활상광(3)의 전체 빔은 미러(M2, M3) 사이의 퓨필 면(18)의 영역의 모든 면으로부터 접근가능하다. 그러므로, 어퍼처 스탑이 퓨필 면(18)의 영역에 배치될 수 있다. 다음의 설명에서, 이 스탑도 참조 부호 18로 표시된다. 또는, 도 2에 대한 표 6과 관련하여 상기 설명한 것같이, 이 스탑은 미러(M8) 상에 배열될 수도 있다.
- [0122] 스탑(도 2에 대한 표 6과 비교)의 스탑 면의 에지는, 상(image)측에서, 필드 중심점에서 완전한 상측 텔레센트릭 어퍼처(telecentric aperture)를 갖는 스탑면의 방향으로 진행되는 조명광(3)의 모든 광선의 스탑면 상의 교차점에 생긴다. 스탑(18)이 어퍼처 스탑으로 구현될 때, 에지는 내부 에지가 된다.
- [0123] 스탑(18)은 평면으로 존재할 수 있고, 또는 3차원 실시 형태를 가질 수 있다. 스탑(18)의 범위는 교차 주사 방

향(x)보다 주사 방향(y)에서 더 작을 수 있다.

- [0124] 투영 광학 유닛(7)의 중간 화상(19)이 미러(M3, M4) 사이의 촬상 빔 경로에 위치한다.
- [0125] 투영 광학 유닛(7)의 또 다른 필드 면은 미러(M7, M8)상의 촬상광(3)의 반사 영역에 배치된다. 미러(M7, M8)의 영역에서 어퍼처 스태프는 이미징 빔 경로에서 2개의 위치, 한편으로 x 차원 및 다른 한편으로 y 방향으로 배열 및 분산되며, 예를 들면, 미러(M8)에 대해서 y 차원에 제한을 주로 주는 어퍼처 스태프, 및 미러(M7)에 대해서 x 차원에 제한을 주로 주는 어퍼처 스태프일 수 있다.
- [0126] 투영 광학 유닛(7)의 z 방향의 설치 길이, 즉, 오브젝트 면(5)과 이미지 면(9) 사이의 거리는 대략 2000 mm이다. 미러(M8)는 650 mm의 영역에 있는 직경을 갖는다. 오브젝트 필드 중심 점과 이미지 필드 중심 점 사이의 y 거리 d_{015} 는 1870 mm이다.
- [0127] 투영 광학 유닛(7)은 5 ~ 10 mλ 미만의 파면 수차의 스캔 RMS 값을 갖는다. 투영 광학 유닛(7)의 왜곡은 0.12 mm 미만이다. 이미지 필드(8)에 걸쳐서 x 방향으로 측정된, 투영 광학 유닛(7)의 텔레센트릭 값 (telecentricity value)은 6 mrad 미만이다. 이미지 필드(8)에 걸쳐서 y 방향으로 측정된, 투영 광학 유닛(7)의 텔레센트릭 값은 0.4 mrad 미만이다.
- [0128] 투영 광학 유닛(7)은 이미지 측에서 대략 텔레센트릭이다.
- [0129] 이미지 필드에 가장 가까운 미러(M7)와 이미지 필드(8) 사이의 작동 거리는 78 mm이다.
- [0130] 개구수의 15% 미만이 통과 개구(17)에 의해 차폐된다. 스태프(18)과 관련하여 상기 설명한 것같이, 차폐 예지는 스태프 예지가 구성되는 것과 유사하게 구성된다. 차폐 예지로서 구현될 때, 예지는 스태프의 외측 예지이다. 투영 광학 유닛(7)의 시스템 필드에서, 차폐로 인해 조명될 수 없는 면은 전체 시스템 필드의 표면의 0.15^2 미만이다.
- [0131] 시스템 필드내의 조명되지 않은 면은 y 방향보다 x방향에서 상이한 범위를 가질 수 있다. 시스템 필드의 조명되지 않은 면은 원형, 타원형, 정사각형, 또는 직사각형일 수 있다. 또한, 조명될 수 없는, 시스템 필드의 이면은, 시스템 필드의 중심에 대해서 x 방향 및/또는 y 방향으로 편심될 수 있다.
- [0132] 투영 광학 유닛(7) 대신에, 도 1에 따른 투영 노광 장치(1)에서 사용될 수 있는, 또 다른 실시 형태의 투영 광학 유닛(20)을 도 3에 기초하여 다음에 설명한다. 도 1 및 2와 관련하여 상기 이미 설명한 구성 요소 및 기능은 동일한 참조 부호로 적절히 표시되어 있으므로, 다시 상세하게 설명하지 않는다.
- [0133] 미러(M1 ~ M6)는 상기 지정된 자유 곡면 수학적(1)이 적용되는 자유 곡면 미러로서 재구현된다. 투영 광학 유닛(20)의 광학 설계 데이터는, 설계의 측면에서, 도 2에 따른 투영 광학 유닛(7)에 대한 표에 대응하는 다음의 표로부터 구할 수 있다.

실시 형태	도 3
NA	0.45
파장	13.5 nm
필드 치수_x	13.0 mm
필드 치수_y	0.784 mm
필드 곡률	0.0 1/mm
스탑	M6

도 3에 대한 표 1

표면	반경_x[mm]	굴절력_x[1/mm]	반경_y[mm]	굴절력_y[1/mm]	동작 모드
M6	-1404.14350601	0.00142436	-1309.12297977	0.00152774	REFL
M5	5382.39322209	-0.00037158	2573.23597524	-0.00077723	REFL
M4	1869.70984553	-0.00105007	1245.12728595	-0.00163626	REFL
M3	-5275.63794156	0.00036040	-2876.86701766	0.00073127	REFL
M2	-16708.20815149	0.00002889	117297.48607361	-0.00007065	REFL
M1	-39723.46084447	0.00000889	-59894.00868988	0.00018903	REFL

도 3에 대한 표 2

[0135]

계수	M6	M5	M4
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000
RX	-1404.14350600	5382.39322200	1869.70984600
C7	2.03330045e-08	2.3344482e-07	7.23054695e-07
C9	4.65863782e-09	1.18051932e-07	1.24097017e-06
C10	-7.84668249e-12	1.62577951e-10	1.87744351e-10
C12	-1.7637487e-11	5.87834308e-10	8.29505595e-10
C14	-6.18838343e-12	2.5617744e-10	3.12998874e-09
C16	9.06006234e-15	2.50004118e-13	9.06901063e-13
C18	1.02692539e-14	4.14837589e-13	1.32517565e-12
C20	4.29131815e-15	2.84090337e-13	1.73975885e-11
C21	-5.55421623e-18	1.40965954e-16	5.47388002e-16
C23	-1.88026398e-17	9.40416055e-16	1.58311459e-15
C25	-1.54749472e-17	8.25709315e-16	2.17853503e-14
C27	-4.79448181e-18	5.01235176e-16	8.48825036e-14
C29	4.15266197e-21	3.91907237e-19	2.95779995e-18
C31	8.9008726e-21	1.24932564e-18	-9.00584397e-18
C33	8.90593911e-21	1.73719878e-18	1.70412678e-16
C35	3.09195946e-21	9.75392684e-19	3.3318325e-16
C36	-3.35220532e-24	1.95464646e-22	-2.10907241e-21
C38	-1.54416412e-23	1.95489479e-21	-3.54137492e-20
C40	-2.0112602e-23	2.59845192e-21	7.5377104e-20
C42	-1.26210611e-23	3.18819744e-21	1.25792108e-18
C44	-3.17245779e-24	1.20046993e-21	2.21018136e-18
C46	2.57983572e-24	1.17913803e-24	-1.59573436e-23
C48	9.18263006e-27	6.27728863e-24	7.54265613e-23
C50	1.41039202e-26	1.17489615e-23	3.92042663e-21
C52	6.68942097e-27	5.23414869e-24	9.85615328e-21
C54	1.98073687e-28	-3.40518909e-24	1.56979448e-20
C55	-1.54418379e-30	2.82069597e-28	7.73972202e-26
C57	-7.38488366e-30	4.3385682e-27	1.18049046e-24
C59	-1.24334052e-29	1.31986693e-26	7.47854689e-24
C61	-1.45721166e-29	2.79892262e-26	2.8778736e-23
C63	-8.46049004e-30	1.43392203e-26	4.2065804e-23
C65	-1.46997251e-30	2.39797376e-27	5.84041106e-23
C67	1.37077767e-33	0	0
C69	5.96198912e-33	0	0
C71	1.01109499e-32	0	0
C73	6.86378346e-33	0	0
C75	1.49095714e-33	0	0
C77	-9.91986177e-34	0	0
C78	-1.55332549e-36	0	0
C80	-1.18750127e-35	0	0
C82	-3.4522721e-35	0	0
C84	-4.95083176e-35	0	0
C86	-3.9770171e-35	0	0
C88	-1.77881031e-35	0	0
C90	-4.7556972e-36	0	0

도 30에 대한 표 3a

[0136]

계수	M3	M2	M1
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000
RX	-5275.63794200	-16708.20815000	-39723.46084000
C7	8.64742859e-08	-8.48534383e-09	-2.08763509e-08
C9	3.58476501e-07	3.56008272e-08	4.00254821e-09
C10	-9.89224446e-12	7.79106894e-12	6.10160158e-12
C12	1.89327581e-10	-3.72471221e-11	2.5509318e-11
C14	-2.20258778e-11	8.74900994e-12	-2.0034758e-12
C16	3.36193204e-14	-9.31983872e-15	-3.37582455e-14
C18	-2.12152315e-14	-1.05001591e-14	-2.60298094e-15
C20	1.59066226e-12	4.18135526e-14	1.5188487e-14
C21	-3.57227533e-17	2.48094952e-16	-2.46535966e-18
C23	3.58646429e-16	-5.00075703e-16	4.78079643e-16
C25	-1.15198491e-15	4.51130937e-17	-3.26758719e-17
C27	2.69000089e-15	-9.86544399e-17	1.98569101e-17
C29	2.41625825e-19	9.76505015e-19	-7.87248278e-19
C31	-2.87191946e-18	-2.8203702e-19	-2.06138283e-19
C33	6.65153055e-18	5.40607111e-19	7.02649602e-19
C35	-5.72207985e-19	2.31901108e-19	-1.87549676e-19
C36	6.83729655e-22	-1.00234103e-20	-8.03851852e-20
C38	1.73175943e-21	1.71755837e-21	1.11388044e-20
C40	-2.72288684e-20	1.22332554e-20	-1.96231837e-20
C42	-2.97819086e-21	-1.20581608e-21	1.6679562e-22
C44	-6.38720395e-20	-5.106798e-22	6.16920305e-22
C46	-5.68914983e-24	-5.45078584e-23	2.3674629e-22
C48	-2.84889707e-23	-6.64895561e-23	-3.49242868e-22
C50	3.83000613e-23	-4.29346478e-23	-1.19854415e-24
C52	-4.35843617e-22	-4.88783101e-24	-2.79173067e-24
C54	-3.75443641e-22	5.45348307e-25	-3.58898078e-24
C55	-1.91069212e-26	5.17580849e-25	1.20339e-23
C57	-1.72210512e-25	7.20583842e-25	-3.2258403e-24
C59	-1.79738954e-25	1.20881577e-25	1.09042629e-24
C61	4.86608652e-25	5.18691604e-26	-1.64197128e-26
C63	-1.43412851e-24	1.31385226e-26	-2.52495238e-26
C65	-1.41254772e-24	1.87401871e-28	9.47040406e-27

도 3에 대한 표 3b

[0137]

표면	DCX	DCY	DCZ
이미지 면	0.00000000	0.00000000	0.00000000
M6	0.00000000	0.00000000	1074.41519438
M5	0.00000000	0.00000000	99.48354955
M4	0.00000000	-18.05249415	1035.70751868
M3	0.00000000	354.51020937	138.41973030
M2	0.00000000	583.20780276	1031.25041556
M1	0.00000000	480.41270702	1449.24921820
오브젝트 면	0.00000000	285.24003154	1740.57897606

도 3에 대한 표 4a

[0138]

표면	TLA[deg]	TLB[deg]	TLC[deg]
이미지 면	-0.00000000	0.00000000	-0.00000000
M6	-0.00000000	0.00000000	-0.00000000
M5	180.10113984	0.00000000	-0.00000000
M4	10.44914510	0.00000000	-0.00000000
M3	183.92725161	0.00000000	-0.00000000
M2	-90.00000000	0.00000000	-0.00000000
M1	-65.87304931	0.00000000	-0.00000000
오브젝트 면	219.81806502	0.00000000	-0.00000000

도 3에 대한 표 4b

[0139]

표면	AOI[deg]	반사율
M6	0.00000000	0.66565840
M5	0.10113984	0.66566360
M4	10.98797784	0.65222749
M3	18.06949355	0.62484145
M2	76.03503185	0.82099428
M1	79.82551612	0.87599782
전체 투과율		0.1299

도 3에 대한 표 5

[0140]

X[mm]	Y[mm]	Z[mm]
0.00000000	492.97220996	-96.10794925
77.13108081	486.98647828	-95.94002807
152.43816471	469.15642998	-95.45692466
224.12261559	439.86539988	-94.71825918
290.44072269	399.75735967	-93.81572137
349.74050124	349.74050124	-92.86218695
400.50664890	290.98511318	-91.97772489
441.41186799	224.91058045	-91.27386447
471.36993312	153.15737548	-90.83815133
489.58364884	77.54243221	-90.72167600
495.58014901	0.00000000	-90.93247362
489.22770728	-77.48605661	-91.43684982
470.73236324	-152.95021647	-92.16852700
440.61763177	-224.50589688	-93.04283923
399.69380564	-290.39454798	-93.97161858
349.02334931	-349.02334931	-94.87488676
289.88633185	-398.99430615	-95.68748150
223.74683115	-439.12788139	-96.36090853
152.21937846	-468.48307512	-96.86197052
77.03412861	-486.37434617	-97.16995149
0.00000000	-492.38475170	-97.27376481
-77.03412861	-486.37434617	-97.16995149
-152.21937846	-468.48307512	-96.86197052
-223.74683115	-439.12788139	-96.36090853
-289.88633185	-398.99430615	-95.68748150
-349.02334931	-349.02334931	-94.87488676
-399.69380564	-290.39454798	-93.97161858
-440.61763177	-224.50589688	-93.04283923
-470.73236324	-152.95021647	-92.16852700
-489.22770728	-77.48605661	-91.43684982
-495.58014901	-0.00000000	-90.93247362
-489.58364884	77.54243221	-90.72167600
-471.36993312	153.15737548	-90.83815133
-441.41186799	224.91058045	-91.27386447
-400.50664890	290.98511318	-91.97772489
-349.74050124	349.74050124	-92.86218695
-290.44072269	399.75735967	-93.81572137
-224.12261559	439.86539988	-94.71825918
-152.43816471	469.15642998	-95.45692466
-77.13108081	486.98647828	-95.94002807

도 3에 대한 표 6

[0141]

[0142]

[0143]

[0144]

[0145]

[0146]

[0147]

[0148]

[0149]

[0150]

투영 광학 유닛(20)의 전체 반사율은 12.99%이다.

투영 광학 유닛(20)은 0.45의 이미지측 개구수를 갖는다. 이미지 필드(8)는 6.5 mm의 두배의 x 범위와 1 mm의 y 범위를 갖는다. 투영 광학 유닛(20)은 13.5 nm의 조명광(3)의 동작 파장에 대해서 최적화되어 있다.

투영 광학 유닛(20)은 $8 \times (\beta = 8)$ 의 축소 이미징 스케일을 갖는다.

투영 광학 유닛(20)은 정확히 6개의 미러(M1 ~ M6)를 갖는다. 미러(M1, M2)는 미러쌍으로서, 그레이징 입사용 미러로서 다시 구현되고, 촬상 빔 경로에서 순차적으로 바로 뒤이어 배치된다. 투영 광학 유닛(20)은 정확히 2개의 그레이징 입사용 미러, 즉, 미러(M1, M2)를 갖는다. 미러(M3 ~ M6)는 수직 입사용 미러로 구현된다.

투영 광학 유닛(20)은 11.97% 보다 큰 전체 반사율을 갖는다.

절대적으로 보면, 오브젝트 면(5)은 이미지 면(9)에 대해서 x축에 대해서 대략 39°의 각도 만큼 틸트되어 있다. 따라서, 대략 219°의 값 TLA이 상기 마지막 표(도 3에 대한 표 3b)에 지정되어 있다.

오브젝트 필드(4)와 이미지 필드(8) 사이의 z 거리는 대략 1740 mm이다.

가장 큰 지름을 갖는 미러는 1000 mm의 지름을 갖는 미러(M6)이다. 오브젝트 필드(4)와 이미지 필드(8) 사이의 y 거리, 즉, 값 d_{015} 는 오브젝트 필드(4)에서 285 mm이다. 투영 광학 유닛(7)에서와 같이, 오브젝트 필드측 주 광선 각 CRA0은 투영 광학 유닛(20)에서 5.5°이다. 투영 광학 유닛(20)에서 파면 수차에 대한 스캔 RMS 값은 10.5 mλ 미만이다. 투영 광학 유닛(20)의 왜곡은 0.1 nm 미만이다. x 방향에서, 투영 광학 유닛(20)의 텔레센트릭 값은 이미지 필드측에서 5 mrad 미만이다. y 방향에서, 투영 광학 유닛(20)의 텔레센트릭 값은 이미지 필드측에서 0.45 mrad 미만이다.

투영 광학 유닛(20)에서, 퓨필 면이 이미지 필드(8)의 상류의 빔 경로에서 뒤에서 두번째에 배치되는 미러(M5)상의 촬상광(3)의 반사의 영역에 배치된다. 그러므로, 어퍼처 스태프는 미러(M5) 상에, 또는 미러(M6) 상에 배치

될 수 있다. 상기 도 3에 대한 표 6에 따른 다각형 예지는 미러(M6) 상의 스태프에 관한 것이다.

- [0151] 투영 광학 유닛(20)은 이미지 측에서 대략 텔레센트릭이다. 이미지 필드에 가장 가까운 미러(M5)와 이미지 필드(8) 사이의 작동 거리는 90 mm이다.
- [0152] 이미지 필드(8)는 오브젝트 필드(4)의 투영 광학 유닛(20) 하류의 제1 이미지 면에 위치한다. 그러므로, 투영 광학 유닛(20)은 오브젝트 필드(4)와 이미지 필드(8) 사이의 이미징 빔 경로에서 중간 이미지를 생성하지 않는다.
- [0153] 투영 광학 유닛(20)의 푸필 차폐는 최종 미러(M6)의 중앙 바로 앞의 촬상 빔 경로에서 뒤에서 세번째의 미러(M4)가 배치되어 있으므로 발생한다. 이 차폐는 투영 광학 유닛(20)의 이미지측 개구수의 26% 미만이다.
- [0154] 이미징 빔 경로에서 뒤에서 두번째의 미러(M5)만이 촬상광(3)에 대한 통과 개구(17)를 갖는다. 모든 다른 미러(M1 ~ M4, 및 M6)는 연속 반사면을 갖는다.
- [0155] 미러(M5)의 반사면이 후자의 통과 개구(17) 주위에서 사용된다. 미러(M6)의 반사면은, 미러(M6)의 반사면 앞에 배치된 미러(M4)에 의한 차폐가 없을 때에만 연속적으로 사용된다.
- [0156] 2개의 그레이징 입사용 미러(M1, M2)는 최종 미러(M6)를 가로로 지나서 그 반사면 주위에서 촬상 광(3)을 편향시킨다.
- [0157] 미러(M2)는 이미지 면(9)에 대해서 x 축에 대해 90° 만큼 회전되어 있고, 즉, 이미지 면(9)에 실질적으로 수직이다.
- [0158] 미러(M1, M3, 및 M6)는 부의 반경 값을 가지며, 즉, 원리상, 오목 미러이다. 미러(M2, M4 및 M5)는 정의 반경 값을 가지며, 즉, 원리상, 볼록 미러이다. 그레이징 입사용 미러(M1, M2)는 매우 큰 절대 반경을 가지며, 즉, 평면 반사면에서 조금 벗어나게 구성되어 있다.
- [0159] 투영 광학 유닛(7) 대신에, 도 1에 따른 투영 노광 장치(1)에서 사용될 수 있는, 또 다른 실시 형태의 투영 광학 유닛(21)을 도 4에 기초하여 다음에 설명한다. 도 1 ~ 3과 관련하여 상기 이미 설명한 구성 요소 및 기능은 동일한 참조 부호로 적절히 표시되어 있으므로, 다시 상세하게 설명하지 않는다.
- [0160] 미러(M1 ~ M6)는 상기 지정된 자유 곡면 수학적식(1)이 적용되는 자유 곡면 미러로서 재 구현된다. 투영 광학 유닛(21)의 광학 설계 데이터는, 도 2에 따른 투영 광학 유닛(7)에 대한 표에 대응하는 설계의 측면에서 다음의 표로부터 구할 수 있다.

실시 형태	도 4
NA	0.45
파장	13.5 nm
필드 치수_x	13.0 mm
필드 치수_y	0.72 mm
필드 곡률	0.0 1/mm
스탑	M6

도 4에 대한 표 1

[0161]	표면	반경_x[mm]	굴절력_x[1/mm]	반경_y[mm]	굴절력_y[1/mm]	동작 모드
	M6	-1833.09710653	0.00109040	-1385.57542302	0.00144431	REFL
	M5	18877.49637144	-0.00010594	277.21693985	-0.00721519	REFL
	M4	1438.66217038	-0.00136186	2430.30119114	-0.00084006	REFL
	M3	-5662.42216724	0.00034243	-2106.61551667	0.00097927	REFL
	M2	-2969.78461968	0.00015377	6812.60965389	-0.00128573	REFL
	M1	-2412.85320295	0.00015904	-19048.90710069	0.00054720	REFL

[0162] 도 4에 대한 표 2

계수	M6	M5	M4
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000
RX	-1833.09710700	18877.49637000	1438.66217000
C7	7.14702547e-09	1.33000904e-07	2.160143e-07
C9	1.45748065e-09	1.5551429e-06	1.9750259e-07
C10	-1.34433863e-12	3.23052512e-11	5.21219354e-10
C12	-8.65246158e-12	5.51908435e-10	1.38068278e-09
C14	-1.26897363e-12	8.494392e-09	2.47542622e-09
C16	2.49155269e-15	7.83281848e-14	1.30801781e-12
C18	2.81581124e-15	2.59073558e-12	2.75791629e-12
C20	2.0590302e-16	-3.40842288e-12	-8.77664173e-13
C21	-8.77508671e-19	1.53250792e-17	1.64959774e-15
C23	-5.17996772e-18	9.13281795e-16	6.92468226e-15
C25	-5.66728016e-18	2.13183138e-14	1.40378342e-14
C27	-7.76369168e-19	1.54890141e-13	-1.72019847e-15
C29	7.88863678e-22	6.55771751e-20	7.43041791e-18
C31	1.75672504e-21	3.84581458e-18	2.35894363e-17
C33	1.18814584e-21	1.39333507e-16	9.97718923e-18
C35	1.7493548e-22	9.81761115e-16	-8.01499171e-17
C36	-3.26021342e-25	4.67363491e-24	8.85753541e-21
C38	-2.46229027e-24	7.7058017e-22	4.5880821e-20
C40	-4.93976866e-24	4.33147562e-20	9.06865917e-20
C42	-3.29404362e-24	1.02682561e-18	2.64402588e-20
C44	-2.40295612e-25	-5.42295264e-18	-1.60806374e-19
C46	2.57227242e-28	7.65609824e-26	4.63076076e-23
C48	9.19738739e-28	9.96764671e-24	1.91012714e-22
C50	1.09743754e-27	3.12974539e-22	1.20398721e-22
C52	6.66432955e-28	4.91785424e-21	-6.82880718e-22
C54	4.73076e-29	-1.02818878e-19	-1.43891315e-22
C55	-1.11030431e-31	1.20361818e-29	5.11515109e-27
C57	-8.81991592e-31	1.86280552e-27	7.24559338e-26
C59	-2.38622966e-30	9.47962857e-26	6.67407339e-25
C61	-2.66847543e-30	1.96385049e-24	4.01261999e-25
C63	-1.24137091e-30	3.77800757e-23	1.66791629e-24
C65	-2.2904696e-31	1.60420604e-22	1.13771785e-23
C67	7.25951889e-35	0	0
C69	4.78438869e-34	0	0
C71	1.10917899e-33	0	0
C73	1.07566223e-33	0	0
C75	3.02812827e-34	0	0
C77	-3.25579859e-35	0	0
C78	-6.82496446e-38	0	0
C80	-7.3260874e-37	0	0
C82	-2.69415965e-36	0	0
C84	-4.80262328e-36	0	0
C86	-4.4443622e-36	0	0
C88	-1.8807898e-36	0	0
C90	-1.49017219e-37	0	0

도 4에 대한 표 3a

[0163]

계수	M3	M2	M1
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000
RX	-5662.42216700	-2969.78462000	-2412.85320300
C7	-2.05061152e-08	-9.01491023e-09	3.75760309e-08
C9	-2.38681532e-08	-1.07722528e-08	-1.82353448e-08
C10	-4.85387951e-11	4.11164421e-11	5.36007066e-11
C12	-7.98597183e-11	4.52376364e-11	6.33402678e-11
C14	-1.11064223e-10	5.55561647e-11	-2.21093738e-11
C16	3.94476467e-14	-6.11601685e-15	4.38538416e-14
C18	3.00776935e-15	3.77778718e-14	5.55251888e-14
C20	-3.12244022e-14	8.99013939e-14	3.83809162e-14
C21	-3.00816505e-18	1.02603871e-16	5.41186271e-17
C23	-1.21678874e-17	8.68697433e-17	-5.28283589e-17
C25	7.00694254e-17	-2.96767637e-17	1.22856285e-16
C27	1.94317927e-16	7.96011589e-17	1.88629304e-16
C29	1.8490636e-20	5.54481729e-19	1.47830311e-18
C31	-4.13981835e-20	-1.54413661e-19	2.63725411e-20
C33	-7.30655263e-20	-5.09614703e-19	-1.57531897e-18
C35	-1.01967973e-19	2.01225435e-19	8.95399962e-19
C36	-1.7395787e-22	6.68694592e-21	-3.03140695e-20
C38	-4.94707313e-23	2.32782668e-21	-4.39942988e-21
C40	1.78489699e-23	-5.19392946e-22	5.04820517e-21
C42	-6.0518318e-22	-1.28561877e-21	-5.75788873e-21
C44	-6.16746237e-22	2.31456185e-22	2.29885486e-21
C46	-4.02009642e-25	-1.74361335e-23	3.84621986e-23
C48	-3.28096057e-25	-2.28128679e-24	-3.25886796e-23
C50	3.55844765e-27	-1.29996778e-24	2.31874654e-23
C52	2.77737882e-25	-3.09482301e-24	-3.60029308e-24
C54	7.20889308e-26	-3.20584144e-25	1.90845046e-24
C55	2.93653556e-27	-2.73182908e-25	2.44630793e-24
C57	3.4262361e-27	-1.1889464e-25	5.67957006e-25
C59	1.45309977e-28	-8.784571e-27	-1.36102401e-25
C61	6.41931285e-28	-3.29041198e-27	3.37050556e-26
C63	9.79557956e-28	-3.38378135e-27	8.90781735e-27
C65	7.94905548e-28	-6.28588637e-28	-9.66111645e-28

도 4에 대한 표 3b

[0164]

표면	DCX	DCY	DCZ
이미지 면	0.00000000	0.00000000	0.00000000
M6	0.00000000	0.00000000	1336.04673264
M5	0.00000000	88.98262746	49.91664546
M4	0.00000000	34.16051206	1290.78810464
M3	0.00000000	536.44795589	234.08633307
M2	0.00000000	-715.74434374	1150.16573744
M1	0.00000000	-995.94799367	1693.10641178
오브젝트 면	0.00000000	-1039.51678260	2186.05270414

도 4에 대한 표 4a

[0165]

표면	TLA[deg]	TLB[deg]	TLC[deg]
이미지 면	-0.00000000	0.00000000	-0.00000000
M6	1.98476664	0.00000000	-0.00000000
M5	183.27217830	0.00000000	-0.00000000
M4	14.01024317	0.00000000	-0.00000000
M3	219.65811514	0.00000000	-0.00000000
M2	130.80142743	0.00000000	-0.00000000
M1	106.49725896	0.00000000	-0.00000000
오브젝트 면	-0.00000000	0.00000000	-0.00000000

도 4에 대한 표 4b

[0166]

표면	입사각 [deg]	반사율
M6	1.98476664	0.66533020
M5	0.75200847	0.66564033
M4	11.58467514	0.65060513
M3	14.19064083	0.64216831
M2	76.80106420	0.83300871
M1	78.93793736	0.86402184
전체 투과율		0.1332

도 4에 대한 표 5

[0167]

X[mm]	Y[mm]	Z[mm]
0.00000000	608.52234041	-140.64683575
95.94023321	601.25931900	-139.86882799
189.75379987	579.58413919	-137.60310659
279.30462104	543.84975389	-134.05121860
362.44987510	494.67987297	-129.53696039
437.06577774	433.01415623	-124.48536770
501.10457736	360.15495964	-119.38904049
552.68495125	277.79910686	-114.76081019
590.20868666	188.03626648	-111.07562152
612.48557340	93.29913092	-108.70965207
618.84016352	-3.73883968	-107.88877482
609.17368855	-100.30707275	-108.65869405
583.96436539	-193.69806970	-110.88422162
544.20637659	-281.41366860	-114.27689980
491.30439984	-361.27238788	-118.44241764
426.94956472	-431.46613730	-122.93554700
353.00187334	-490.56898267	-127.31151102
271.39634739	-537.51059935	-131.16696091
184.08035860	-571.53072807	-134.16843492
92.98146093	-592.12968050	-136.06958267
0.00000000	-599.02618416	-136.72010822
-92.98146093	-592.12968050	-136.06958267
-184.08035860	-571.53072807	-134.16843492
-271.39634739	-537.51059935	-131.16696091
-353.00187334	-490.56898267	-127.31151102
-426.94956472	-431.46613730	-122.93554700
-491.30439984	-361.27238788	-118.44241764
-544.20637659	-281.41366860	-114.27689980
-583.96436539	-193.69806970	-110.88422162
-609.17368855	-100.30707275	-108.65869405
-618.84016352	-3.73883968	-107.88877482
-612.48557340	93.29913092	-108.70965207
-590.20868666	188.03626648	-111.07562152
-552.68495125	277.79910686	-114.76081019
-501.10457736	360.15495964	-119.38904049
-437.06577774	433.01415623	-124.48536770
-362.44987510	494.67987297	-129.53696039
-279.30462104	543.84975389	-134.05121860
-189.75379987	579.58413919	-137.60310659
-95.94023321	601.25931900	-139.86882799

도 4에 대한 표 6

[0168]

[0169]

[0170]

[0171]

[0172]

[0173]

[0174]

[0175]

[0176]

[0177]

투영 광학 유닛(21)의 전체 반사율은 13.32%이다.

투영 광학 유닛(21)는 $8 \times (\beta = 8)$ 의 축소 이미징 스케일을 갖는다.

이미지 필드(8)는 6.5 mm의 두배의 x 범위와 0.8 mm의 y 범위를 갖는다. 투영 광학 유닛(21)는 13.5 nm의 조명 광(3)의 동작 파장에 대해서 최적화되어 있다.

투영 광학 유닛(20)와 마찬가지로, 투영 광학 유닛(21)도 또한 6개의 미러(M1 ~ M6)를 갖는 순수 반사형 투영 광학 유닛이다. 투영 광학 유닛(20)와 마찬가지로, 투영 광학 유닛(21)의 처음의 2개의 미러(M1, M2)는 오브젝트 필드(4)의 하류의 활상 빔 경로에서 그레이징 입사용 미러로 구현된다. 또 다른 미러(M3 ~ M6)는 수직 입사용 미러로 구현된다.

투영 광학 유닛(7, 20)의 빔 안내와 달리, 주 광선은 투영 광학 유닛(21)의 빔 안내에서 교차한다. 이 교차, 교차 영역(K1)이 표시되어 있는, 한편의 미러(M2, M3) 사이 및 다른 한편의 미러(M4, M5) 사이의 부분 활상 빔 경로 사이에서 발생한다. 미러(M2, M3) 사이의 활상 부분 빔의 주 광선은, 또 다른 교차 영역(K2, K3)으로 각각 표시되어 있는, 한편의 미러(M5, M6) 사이 및 다른 한편의 미러(M6)와 이미지 필드 사이에서, 부분 활상 빔 경로의 주 광선과 또한 교차한다.

투영 광학 유닛(21)에서, 오브젝트 면(5)과 이미지 면(9)은 서로 평행하게 연장된다.

미러(M1, M3, 및 M6)는 부의 반경 값을 가지며, 즉, 원리상, 오목 미러이다. 미러(M2, M4 및 M5)는 정의 반경 값을 가지며, 즉, 원리상, 볼록 미러이다. 미러(M1, M2)는 매우 큰 절대 반경을 가지며, 즉, 평면 반사면에서 조금 벗어나게 구성되어 있다.

투영 광학 유닛(20)에서와 같이, 투영 광학 유닛(21)의 뒤에서 세번째의 미러(M4)는 최종 미러(M6)의 반사면의 중앙의 앞에 배치되므로, 투영 광학 유닛(21)의 퓨필 차폐를 발생시킨다.

투영 광학 유닛(21)에서, 미러(M1 ~ M6)는 활상 광(3)에 대한 통과 개구를 갖지 않는다. 미러(M6)의 경우를 제

외하고, 투영 광학 유닛(21)의 전체 반사면, 즉, 미러(M1 ~ M5)의 반사면은 갭(gap)없이 사용될 수 있다. 미러(M6)의 반사면은 미러(M4)로 인해 차폐되지 않고 사용된다.

- [0178] 투영 광학 유닛(21)에서, 오브젝트 면(5)과 이미지 면(9) 사이의 z 거리는 대략 2200 mm이다.
- [0179] 가장 큰 미러(M6)의 일반적인 지름은 대략 1200 mm이다.
- [0180] 오브젝트/이미지 오프셋 d_{ois} 은 투영 광학 유닛(21)에서 대략 1100 mm이다. 투영 광학 유닛(21)에서, 오브젝트 필드측 주 광선(16)은 또한 오브젝트 면(5)의 법선에 대해서 5.5° 의 각도 CRA0를 포함한다.
- [0181] 투영 광학 유닛(21)은 11 mλ 미만의 이미지 필드측 파면의 스캔 RMS 값을 갖는다. 투영 광학 유닛(21)에서, 이미지 필드측 왜곡 값은 0.1 nm 미만이다. 투영 광학 유닛(21)에서, x 방향의 이미지-측 텔레센트릭 값은 4 mrad 미만이다. 투영 광학 유닛(21)에서, y 방향의 이미지-측 텔레센트릭 값은 0.3 mrad 미만이다.
- [0182] 투영 광학 유닛(21)에서, 퓨필 면은 미러(M6) 상의 촬상 광(3)의 반사 영역에 배치된다. 그러므로, 어퍼처 스타프가 미러(M6) 상에 설치될 수 있다. 앞의 도 4에 대한 표 6에 따른 다각형 에지는 미러(M6) 상의 스타프 위치에 관련된 것이다. 투영 광학 유닛(20)과 같이, 투영 광학 유닛(21)은 중간 이미지를 갖지 않는다.
- [0183] 투영 광학 유닛(21)은 이미지 측에서 대략 텔레센트릭이다.
- [0184] 이미지 필드에 가장 가까운 미러, 촬상 빔 경로에서 뒤에서 두번째의 미러(M5)와 이미지 필드(8) 사이의 작동 거리는 36 mm이다.
- [0185] 미러(M4)는 투영 광학 유닛(21)의 이미지측 개구수의 23% 미만인 이미지측 차폐를 정의한다.
- [0186] 예를 들면, 투영 광학 유닛(7) 대신에, 도 1에 따른 투영 노광 장치(1)에서 사용될 수 있는, 또 다른 실시 형태의 투영 광학 유닛(22)을 도 5에 기초하여 다음에 설명한다. 도 1 ~ 4와 관련하여 상기 이미 설명한 구성 요소 및 기능은 동일한 참조 부호로 적절히 표시되어 있으므로, 다시 상세하게 설명하지 않는다.
- [0187] 전반적으로, 투영 광학 유닛(22)은 7개의 미러(M1 ~ M7)를 갖는다. 투영 광학 유닛(22)은 3개의 그레이징 입사용 미러, 즉, 미러(M1 ~ M3), 및 4개의 수직 입사용 미러, 즉, 미러(M4 ~ M7)를 갖는다. 미러(M1 ~ M7)는 상기 지정된 자유 곡면 수학적(1)이 적용되는 자유 곡면으로 재 구성된다. 투영 광학 유닛(22)의 광학 설계 데이터는, 설계의 측면에서, 도 2에 따른 투영 광학 유닛(7)에 대한 표에 대응하는 다음의 표로부터 구할 수 있다.

실시 형태	도 5
NA	0.45
파장	13.5 nm
필드 치수_x	13.0 mm
필드 치수_y	0.98 mm
필드 곡률	0.0 1/mm
스타프	M7

도 5에 대한 표 1

[0188]

	표면	반경_x[mm]	굴절력_x[1/mm]	반경_y[mm]	굴절력_y[1/mm]	동작 모드
	M7	-1702.70024328	0.00117460	-1593.05036081	0.00125545	REFL
	M6	7360.39271982	-0.00027172	3417.65341930	-0.00058520	REFL
	M5	2115.61242515	-0.00092738	1567.72388388	-0.00130046	REFL
	M4	-5959.73835857	0.00031874	-3631.64311311	0.00057981	REFL
	M3	0.00000000	-inf	0.00000000	-inf	REFL
	M2	0.00000000	-inf	0.00000000	-inf	REFL
	M1	0.00000000	inf	0.00000000	inf	REFL

도 5에 대한 표 2

[0189]

계수	M7	M6	M5
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000
RX	-1702.70024300	7360.39272000	2115.61242500
C7	1.79847891e-08	1.92019811e-07	6.09839447e-07
C9	3.08103036e-09	7.1188267e-08	7.08555971e-07
C10	-4.24845893e-12	8.96360067e-11	1.42628939e-10
C12	-9.53203499e-12	3.27897349e-10	6.15654836e-10
C14	-3.56696766e-12	1.32008619e-10	1.24698071e-09
C16	5.53144807e-15	1.36194158e-13	6.05714405e-13
C18	6.34539803e-15	2.34455978e-13	1.21593408e-12
C20	1.81140787e-15	9.69419966e-14	5.15369198e-12
C21	-2.11810311e-18	5.15348174e-17	2.91434391e-16
C23	-7.16043548e-18	3.75752681e-16	1.25156571e-15
C25	-5.88402712e-18	3.19181834e-16	8.70563351e-15
C27	-1.92557933e-18	1.53807396e-16	1.63908034e-14
C29	1.70059672e-21	1.40780709e-19	1.39069823e-18
C31	3.75540269e-21	4.85996976e-19	-1.28410259e-18
C33	3.28133541e-21	5.1910323e-19	4.8095941e-17
C35	8.57809825e-22	2.15178451e-19	4.41927219e-17
C36	-8.85938941e-25	4.80137725e-23	-6.58463052e-22
C38	-4.20002708e-24	5.52918171e-22	-1.31151539e-20
C40	-5.24288951e-24	7.37589979e-22	3.29070838e-20
C42	-3.32443155e-24	7.62607475e-22	2.45737341e-19
C44	-8.41638073e-25	2.11429097e-22	1.98567595e-19
C46	7.40583899e-28	2.94044566e-25	-2.1351782e-24
C48	2.7860108e-27	1.65594542e-24	5.42339274e-23
C50	4.05802066e-27	2.67363596e-24	9.40249237e-22
C52	1.8873941e-27	1.45438443e-24	1.40511532e-21
C54	1.32906947e-28	-1.74731802e-25	8.67008547e-22
C55	-2.72625411e-31	4.57055919e-29	1.975511e-26
C57	-1.09517773e-30	8.24315234e-28	3.5245026e-25
C59	-1.54140059e-30	2.7846066e-27	1.86064293e-24
C61	-2.03920564e-30	5.04844296e-27	5.56594105e-24
C63	-1.39151659e-30	2.65275439e-27	4.93123257e-24
C65	-3.04302425e-31	4.47315051e-28	2.25513424e-24
C67	2.65932555e-34	0	0
C69	1.07192285e-33	0	0
C71	1.59913365e-33	0	0
C73	9.28830744e-34	0	0
C75	2.99613864e-34	0	0
C77	-2.87821803e-35	0	0
C78	-1.91467081e-37	0	0
C80	-1.59911782e-36	0	0
C82	-4.94780249e-36	0	0
C84	-7.14686431e-36	0	0
C86	-5.51076275e-36	0	0
C88	-2.16822816e-36	0	0
C90	-4.19310084e-37	0	0

도 5에 대한 표 3a

[0190]

계수	M4	M3	M2
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000
RX	-5959.73835900	0.00000000	0.00000000
C7	7.09371063e-08	0	0
C9	1.9620957e-07	0	0
C10	-5.80501996e-12	0	0
C12	1.02443869e-10	0	0
C14	-1.92463151e-11	0	0
C16	1.52210927e-14	0	0
C18	1.53632928e-14	0	0
C20	5.26048968e-13	0	0
C21	-1.12436683e-17	0	0
C23	1.73824765e-16	0	0
C25	-2.15389944e-16	0	0
C27	6.93749405e-16	0	0
C29	7.32299538e-20	0	0
C31	-8.96220063e-19	0	0
C33	2.89314095e-18	0	0
C35	3.66266246e-19	0	0
C36	1.37832263e-22	0	0
C38	4.81965046e-22	0	0
C40	-7.84784597e-21	0	0
C42	-4.14050678e-22	0	0
C44	-6.21735194e-21	0	0
C46	-8.56329267e-25	0	0
C48	-5.86480301e-24	0	0
C50	7.86836679e-24	0	0
C52	-7.38234303e-23	0	0
C54	-1.90896327e-23	0	0
C55	-3.44134447e-27	0	0
C57	-4.07630281e-26	0	0
C59	-2.05268913e-26	0	0
C61	7.40916254e-26	0	0
C63	-1.66787506e-25	0	0
C65	-9.99341642e-26	0	0

도 5에 대한 표 3b

[0191]

계수	M1
KY	0.00000000
KX	0.00000000
RX	0.00000000

도 5에 대한 표 3c

[0192]

표면	DCX	DCY	DCZ
이미지 면	0.00000000	0.00000000	0.00000000
M7	0.00000000	0.00000000	1294.60000000
M6	0.00000000	0.00000000	121.16860083
M5	0.00000000	-23.39645080	1255.70266623
M4	0.00000000	428.84722309	176.16839633
M3	0.00000000	643.29322055	973.30911463
M2	0.00000000	877.39404910	1272.63636377
M1	-0.00000000	985.69698677	1709.40915790
오브젝트 면	-0.00000000	972.97083537	2079.13057086

도 5에 대한 표 4a

[0193]

표면	TLA[deg]	TLB[deg]	TLC[deg]
이미지 면	-0.00000000	0.00000000	-0.00000000
M7	-0.00000000	0.00000000	-0.00000000
M6	180.07648095	0.00000000	-0.00000000
M5	10.52960478	0.00000000	-0.00000000
M4	184.02255945	0.00000000	-0.00000000
M3	64.02255945	0.00000000	180.00000000
M2	244.02255945	-0.00000000	0.00000000
M1	84.02255945	-0.00000000	180.00000000
오브젝트 면	-11.95488111	0.00000000	180.00000000

도 5에 대한 표 4b

[0194]

표면	AOI[deg]	반사율
M7	0.00000000	0.66565840
M6	0.07648095	0.66566255
M5	11.18955982	0.65169152
M4	18.22917890	0.62398638
M3	77.94883571	0.85008675
M2	77.94883571	0.85008675
M1	97.94883571	1.13089334
전체 투과율		0.1473

도 5에 대한 표 5

[0195]

X[mm]	Y[mm]	Z[mm]
0.00000000	594.49311802	-114.82371082
93.01621208	587.28124992	-114.60806119
183.83820338	565.79581204	-113.99060454
270.29866175	530.49099318	-113.05582694
350.29086890	482.13401886	-111.93168041
421.81384811	421.81384811	-110.77184822
483.02993602	350.94179082	-109.73400756
532.33125383	271.23632139	-108.95707827
568.40749899	184.68679191	-108.54096691
590.30508838	93.49514104	-108.53242876
597.46792407	0.00000000	-108.92018472
589.75339789	-93.40776185	-109.64091015
567.42315516	-184.36695921	-110.59493328
531.11439345	-270.61630005	-111.66734917
481.80099693	-350.04891430	-112.74857877
420.75295187	-420.75295187	-113.74927261
349.49841703	-481.04330244	-114.60719325
269.78833350	-529.48941760	-115.28660147
183.56074169	-564.94187277	-115.77246418
92.90157512	-586.55746064	-116.06233121
0.00000000	-593.82052455	-116.15847788
-92.90157512	-586.55746064	-116.06233121
-183.56074169	-564.94187277	-115.77246418
-269.78833350	-529.48941760	-115.28660147
-349.49841703	-481.04330244	-114.60719325
-420.75295187	-420.75295187	-113.74927261
-481.80099693	-350.04891430	-112.74857877
-531.11439345	-270.61630005	-111.66734917
-567.42315516	-184.36695921	-110.59493328
-589.75339789	-93.40776185	-109.64091015
-597.46792407	-0.00000000	-108.92018472
-590.30508838	93.49514104	-108.53242876
-568.40749899	184.68679191	-108.54096691
-532.33125383	271.23632139	-108.95707827
-483.02993602	350.94179082	-109.73400756
-421.81384811	421.81384811	-110.77184822
-350.29086890	482.13401886	-111.93168041
-270.29866175	530.49099318	-113.05582694
-183.83820338	565.79581204	-113.99060454
-93.01621208	587.28124992	-114.60806119

도 5에 대한 표 6

[0196]

투영 광학 유닛(22)의 전체 반사율은 11.89%이다.

[0197]

투영 광학 유닛(22)은 $8 \times (\beta = 8)$ 의 축소 이미징 스케일을 갖는다.

[0198]

이미지 필드(8)는 6.5 mm의 두배의 x 범위와 1 mm의 y 범위를 갖는다. 투영 광학 유닛(22)은 13.5 nm의 조명광(3)의 동작 파장에 대해서 최적화되어 있다.

[0199]

[0200]

한편의 미러(M1, M2)의 영역과 다른 한편의 미러(M4 ~ M7)의 영역에서, 투영 광학 유닛(22)의 빔 경로는 도 3의 투영 광학 유닛(20)의 빔 경로에 질적으로 대응한다. 투영 광학 유닛(20)과 대조적으로, 그레이징 입사용 또 다른 미러(M3)는, 투영 광학 유닛(22)에서 그레이징 입사용 미러(M2)와 수직 입사용 미러(M4) 사이에 배치된다. 그레이징 입사용 미러(M1, M2)의 편향 효과와 비교하여, 이 또 다른 미러는 투영 광학 유닛(20)와 다르게, 투영 광학 유닛(22)에서 오브젝트 면(5)은 이미지 면(9)에 대해서 강하게 기울어져 배치되어 있지 않도록 미러(M4)를 향하여 활상 광(3)의 역 편향을 발생시킨다. 또는, 투영 광학 유닛(22)은 오브젝트 면(5)이 이미지 면(9)에 평행하게 배치되도록 구현될 수도 있다. 미러(M1, M2)는 활상 광(3)의 빔 경로에서 순차적으로 바로 뒤이어 배치된, 그레이징 입사용 한 쌍의 미러를 다시 형성한다.

[0201]

투영 광학 유닛(20)과 비교하여, 투영 광학 유닛(22)에서 활상 광(3)의 안내에서, 미러(M7)는 한편의 미러(M4, M5)와 다른 한편의 미러(M5, M6) 사이에 활상 광(3)용 통과 개구(17)를 포함하는 것에 차이가 있다. 미러(M5)

의 반사면은 미러(M7)의 통과 개구(17)에 대해서 오목하게 배치된다.

- [0202] 미러(M1, M3, M4, 및 M7)는 부의 반경 값을 가지며, 즉, 원리상, 오목 미러이다. 미러(M2, M5 및 M6)는正的 반경 값을 가지며, 즉, 원리상, 볼록 미러이다.
- [0203] 미러(M6, M7)는 각각 촬상 광(3)용 통과 개구(17)를 포함한다. 다른 미러(M1 ~ M5)는 촬상 광(3)용 통과 개구를 포함하지 않는다.
- [0204] 미러(M6, M7)의 반사면은 그 각각의 통과 개구(17) 주위에서 사용된다.
- [0205] 투영 광학 유닛(22)에서, 어퍼처 스타입이 미러(M7) 상에 배치된다. 앞의 도 5에 대한 표 6에 따른 다각형 데이터가 어퍼처 스타입에 관련된다.
- [0206] 투영 광학 유닛(22)에서, 오브젝트 면과 이미지 면(9) 사이의 z 거리는 대략 2200 mm이다.
- [0207] 가장 큰 미러(M7)의 일반적인 지름은 대략 1350 mm이다. 투영 광학 유닛(22)에서, 오브젝트/이미지 오프셋 d_{ois} 은 대략 1050 mm이다. 투영 광학 유닛(22)에서, 오브젝트 필드측 주 광선(16)은 또한 오브젝트 면(5)의 법선에 대해서 5.5° 의 각도 CRA0를 포함한다.
- [0208] 투영 광학 유닛(22)은 대략 100 mλ의 이미지 필드측 파면의 스캔 RMS 값을 갖는다. 이미지 필드측 왜곡 값은 투영 광학 유닛(22)에서 대략 2 nm 이다. 투영 광학 유닛(22)에서, x 방향의 이미지-측 텔레센트릭 값은 2 mrad 미만이다. 투영 광학 유닛(22)에서, y 방향의 이미지-측 텔레센트릭 값은 0.5 mrad 미만이다.
- [0209] 투영 광학 유닛(22)에서, 주 광선(16)은 오브젝트 필드(4)와 미러(M1) 사이에서 서로에 대해서 발산 전파한다.
- [0210] 미러(M6)는 x 차원에서 투영 광학 유닛(22)의 이미지측 개구수의 26% 미만의 이미지측 차폐를 정의한다. y 방향에서, 차폐는 상당히 더 작고 편심되어 있다.
- [0211] 예를 들면, 투영 광학 유닛(7) 대신에, 도 1에 따른 투영 노광 장치(1)에서 사용될 수 있는, 또 다른 실시 형태의 투영 광학 유닛(23)을 도 6에 기초하여 다음에 설명한다. 도 1 ~ 5와 관련하여 상기 이미 설명한 구성 요소 및 기능은 동일한 참조 부호로 적절히 표시되어 있으므로, 다시 상세하게 설명하지 않는다.
- [0212] 전반적으로, 투영 광학 유닛(23)은 8개의 미러(M1 ~ M8)를 갖는다. 이들 중, 미러(M1, M4, M7 및 M8)는 수직 입사용 미러로 구현되고, 미러(M2, M3, M5 및 M6)는 그레이징 입사용 미러로 구현된다. 미러(M1 ~ M8)는 상기 지정된 자유 곡면 수학적(1)이 적용되는 자유 곡면으로 구성된다. 투영 광학 유닛(23)의 광학 설계 데이터는, 설계의 측면에서, 도 2에 따른 투영 광학 유닛(7)에 대한 표에 대응하는 다음의 표로부터 구할 수 있다. 도 6에 대한 표 1에서 표시 "스타입 S8"은, 스타입이 이미지 면(이에 대해서, 도 6에 대한 표 4a 및 4b 참조)을 포함하여 계수된, 설계 면들의 제 8면의 위치에 배치된 것을 의미한다. 스타입의 위치에 대한 대응하는 명시를 다음에 서술된 실시 형태들의 투영 광학 유닛에서도 볼 수 있다.

실시 형태	도 6
NA	0.45
파장	13.5 nm
필드 치수_x	13.0 mm
필드 치수_y	0.784 mm
필드 곡률	0.0 1/mm
스타입	S8

[0213] 도 6에 대한 표 1

	표면	반경_x[mm]	굴절력_x[1/mm]	반경_y[mm]	굴절력_y[1/mm]	동작 모드
	M8	-958.97089575	0.00207686	-961.85646760	0.00208803	REFL
	M7	781.70184576	-0.00255743	800.14521302	-0.00250061	REFL
	M6	2530.53650030	-0.00017248	1099.72037229	-0.00833342	REFL
	M5	-959.51707616	0.00053343	-5824.08776793	0.00134184	REFL
	M4	-1015.89947977	0.00190347	-1037.47638976	0.00199381	REFL
	M3	-1396.79419984	0.00025079	5530.47714724	-0.00206466	REFL
	M2	453.37653174	-0.00134551	3069.00502651	-0.00213656	REFL
	M1	-1105.89546966	0.00175044	-898.04924515	0.00230091	REFL

[0214] 도 6에 대한 표 2

계수	M8	M7	M6
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000
RX	-958.97089570	781.70184580	2530.53650000
C7	-6.24261885e-09	-4.79337518e-07	-7.1009777e-07
C9	3.40176704e-09	-2.2271152e-08	-8.2763755e-07
C10	-9.52920854e-12	1.39847445e-09	-5.28790727e-09
C12	-2.17138503e-11	2.59902235e-09	-5.83047016e-09
C14	-5.53794085e-12	3.82503297e-10	3.85928616e-09
C16	-4.89194598e-15	-7.5682079e-13	4.16412253e-11
C18	-5.31097983e-15	2.0123627e-13	3.27030642e-11
C20	3.3556271e-15	1.18707056e-12	-1.69195332e-11
C21	-1.29683082e-17	6.50353918e-15	-1.04672087e-14
C23	-4.0507372e-17	1.51137687e-14	-2.41277384e-14
C25	-3.91228171e-17	1.36743637e-14	-2.38109022e-13
C27	-8.22368178e-18	2.04416547e-15	9.07489874e-14
C29	-4.09694624e-21	-2.41814134e-18	4.54711839e-16
C31	-8.94104942e-21	-2.23789497e-19	-8.11985983e-16
C33	-2.65451858e-21	1.31365906e-17	1.31994251e-15
C35	3.82604616e-21	1.24161702e-17	-6.01734444e-16
C36	-1.25909252e-23	5.60405318e-20	-1.9034482e-18
C38	-5.04636427e-23	1.727638e-19	-1.29641861e-17
C40	-7.58006457e-23	2.38455591e-19	6.23929199e-18
C42	-4.61626479e-23	9.83846873e-20	-1.3014572e-17
C44	-8.32692765e-24	3.34129348e-20	5.06711727e-18
C46	-8.53689744e-27	0	0
C48	-2.77252948e-26	0	0
C50	-2.88379308e-26	0	0
C52	-3.62035322e-27	0	0
C54	6.3984309e-27	0	0
C55	-2.76049035e-29	0	0
C57	-1.41544439e-28	0	0
C59	-2.85021143e-28	0	0
C61	-2.76943917e-28	0	0
C63	-1.24085088e-28	0	0
C65	-1.81757986e-29	0	0

도 6에 대한 표 3a

[0215]

계수	M5	M4	M3
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000
RX	-959.51707620	-1015.89948000	-1396.79420000
C7	-4.08359998e-07	-2.15395805e-07	-2.38764091e-07
C9	3.4748349e-08	1.36820595e-07	4.64016378e-08
C10	-9.13196608e-10	-4.36123019e-11	-4.14715679e-09
C12	9.44559924e-11	1.25327362e-09	-9.81520016e-10
C14	-5.88672435e-11	-1.25208732e-10	2.37258013e-11
C16	-1.87521812e-12	-2.06101634e-12	9.14454531e-12
C18	-1.37465885e-12	-6.89740416e-12	2.95923304e-12
C20	1.1992969e-13	1.04902531e-12	3.68847523e-13
C21	-4.39551393e-14	-5.27163213e-17	-2.48685307e-13
C23	-6.94239353e-15	2.41662997e-14	-1.22998777e-13
C25	1.42589153e-15	4.92614883e-14	-1.38722747e-14
C27	4.24263352e-17	-2.58241283e-14	1.75833705e-17
C29	1.63548588e-16	-3.62334861e-17	1.422768e-15
C31	9.81035253e-17	-3.34821808e-16	5.43158823e-16
C33	-7.95045663e-18	-1.33308143e-16	6.79918691e-17
C35	-5.12592669e-19	-4.92438934e-16	6.81835572e-19
C36	6.9842749e-19	2.51610148e-21	-5.8931813e-18
C38	-1.66279358e-19	7.3298455e-19	-6.55610075e-18
C40	-6.28447234e-19	1.69443664e-18	-1.55271887e-18
C42	2.04767376e-20	-3.36811757e-19	-1.30349519e-19
C44	2.18932434e-21	-1.74132521e-17	1.24548926e-20

도 6에 대한 표 3b

[0216]

계수	M2	M1
KY	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000
RX	453.37653170	-1105.89547000
C7	-3.64021023e-06	-1.53061966e-08
C9	-4.1440416e-07	2.02696728e-07
C10	1.73428138e-10	5.3320966e-11
C12	1.50361672e-08	3.69218174e-10
C14	8.05092825e-11	-4.33240146e-11
C16	3.86788386e-11	6.58986798e-14
C18	-6.30736684e-11	-9.56533957e-13
C20	3.23174009e-12	1.76624492e-15
C21	1.06689208e-13	-2.93652599e-17
C23	-9.8827162e-14	-1.44343666e-15
C25	2.53626119e-13	4.60503135e-15
C27	-6.71346795e-17	3.22197521e-15
C29	-3.85691883e-16	7.4131948e-19
C31	-8.34354289e-17	1.97074044e-17
C33	-1.00493209e-15	-4.84993134e-19
C35	-9.32551743e-18	1.5674206e-18
C36	3.32160664e-18	-2.75117422e-22
C38	2.42658882e-18	1.69392814e-21
C40	8.35990203e-19	-9.62768209e-20
C42	2.82957021e-18	-4.99071337e-20
C44	-2.18809094e-19	-2.52307032e-19

도 6에 대한 표 3c

[0217]

표면	DCX	DCY	DCZ
이미지 면	0.00000000	0.00000000	0.00000000
M8	0.00000000	0.00000000	857.25842051
M7	0.00000000	143.72846278	78.92107486
M6	0.00000000	-97.73260418	1061.22710854
M5	0.00000000	-310.85339013	1324.12983099
M4	0.00000000	-415.10458760	1955.31068719
M3	0.00000000	-109.21713535	1576.99752720
스탑	0.00000000	53.83767037	1451.75625757
M2	0.00000000	233.83461505	1371.94162077
M1	0.00000000	434.90609681	911.92780520
오브젝트 면	0.00000000	524.23007379	1839.29231153

도 6에 대한 표 4a

[0218]

표면	TLA[deg]	TLB[deg]	TLC[deg]
이미지 면	-0.00000000	0.00000000	-0.00000000
M8	5.23773203	0.00000000	-0.00000000
M7	192.16152597	0.00000000	-0.00000000
M6	-63.56651549	0.00000000	-0.00000000
M5	114.20489964	0.00000000	-0.00000000
M4	24.16726666	0.00000000	-0.00000000
M3	139.04415820	0.00000000	-0.00000000
스탑	238.00000000	0.00000000	-0.00000000
M2	-48.62779604	0.00000000	-0.00000000
M1	189.05463777	0.00000000	-0.00000000
오브젝트 면	-0.00000000	0.00000000	-0.00000000

도 6에 대한 표 4b

[0219]

표면	입사각 [deg]	반사율
M8	5.23773203	0.66285728
M7	1.67316319	0.66544123
M6	77.39460590	0.84197074
M5	75.17194229	0.80679858
M4	14.78988644	0.63989082
M3	79.91239948	0.87714614
M2	72.24113995	0.75250143
M1	14.55657686	0.64079353
전체 투과율		0.0811

도 6에 대한 표 5

[0220]

X[mm]	Y[mm]	Z[mm]
0.00000000	-42.55550630	0.00000000
-5.71360072	-42.41904079	0.00000000
-11.28570917	-42.00337327	0.00000000
-16.57923089	-41.29199297	0.00000000
-21.46534853	-40.26432853	0.00000000
-25.82651690	-38.90419369	0.00000000
-29.55850056	-37.20856137	0.00000000
-32.57173218	-35.19456381	0.00000000
-34.79247198	-32.90306161	0.00000000
-36.16417382	-30.39803509	0.00000000
-36.64920435	-27.76194540	0.00000000
-36.23077173	-25.08805998	0.00000000
-34.91468027	-22.47140643	0.00000000
-32.73039949	-20.00022495	0.00000000
-29.73098648	-17.74953050	0.00000000
-25.99165105	-15.77778545	0.00000000
-21.60711600	-14.12677772	0.00000000
-16.68821822	-12.82386652	0.00000000
-11.35826608	-11.88531994	0.00000000
-5.74952640	-11.31971544	0.00000000
-0.00000000	-11.13084157	0.00000000
5.74952640	-11.31971544	0.00000000
11.35826608	-11.88531994	0.00000000
16.68821822	-12.82386652	0.00000000
21.60711600	-14.12677772	0.00000000
25.99165105	-15.77778545	0.00000000
29.73098648	-17.74953050	0.00000000
32.73039949	-20.00022495	0.00000000
34.91468027	-22.47140643	0.00000000
36.23077173	-25.08805998	0.00000000
36.64920435	-27.76194540	0.00000000
36.16417382	-30.39803509	0.00000000
34.79247198	-32.90306161	0.00000000
32.57173218	-35.19456381	0.00000000
29.55850056	-37.20856137	0.00000000
25.82651690	-38.90419369	0.00000000
21.46534853	-40.26432853	0.00000000
16.57923089	-41.29199297	0.00000000
11.28570917	-42.00337327	0.00000000
5.71360072	-42.41904079	0.00000000

도 6에 대한 표 6

[0221]

[0222]

[0223]

[0224]

[0225]

[0226]

[0227]

[0228]

[0229]

투영 광학 유닛(23)의 전체 반사율은 8.11%이다.

투영 광학 유닛(23)은 $8 \times (\beta = 8)$ 의 축소 이미징 스케일을 갖는다.

이미지 필드(8)는 6.5 mm의 두배의 x 범위와 1 mm의 y 범위를 갖는다. 투영 광학 유닛(23)은 13.5 nm의 조명광(3)의 동작 파장에 대해서 최적화되어 있다.

다른 투영 광학 유닛과 달리, 투영 광학 유닛(23)은 0.45의 이미지측 개구수를 갖는다.

미러(M6)와 이미지 필드(8) 사이의 투영 광학 유닛(23)을 통한 촬상 광(3)의 빔 경로는, xz 면에 평행한 면에 대해 대칭이지만, 도 2의 투영 광학 유닛(7)의 미러(M6)와 이미지 필드(8) 사이의 빔 경로에 질적으로 대응한다.

그레이징 입사용 한편의 미러(M2, M3) 및 다른 한편의 미러(M5, M6)는 각각 역 편향 효과를 갖도록, 즉, 이들 미러 쌍(M2, M3 및 M5, M6)의 각각의 제2 미러(M3, M6)는 각각의 제1 미러(M2, M5)의 편향 효과로부터 감소되도록 배치된다. 각각의 경우에, 미러(M2, M3) 중 하나에 대해서, 미러(M5, M6)가 촬상 광(3)의 각각의 개별 광선(15)의 반사율에 대해서 역의존성을 갖는다, 즉, 이것은 그레이징 입사용 4개의 미러(M2, M3, M5 및 M6)가 이미지 필드(8) 또는 그 조명각 분포에 걸쳐서 반사율에 대해서 원하지 않는 전체 의존성을 갖지 않는 것을 나타낸다.

투영 광학 유닛(23)의 퓨필 면은 미러(M2)의 편향 영역에 존재한다. x-차원에 대해서 효과적인 어퍼처 스타입이 미러(M1, M2) 사이에 M2에 근접하여, 촬상 광(3)의 빔 경로에 배치될 수 있다. y-차원에서 작용하는 어퍼처 스타입이 미러(M2, M3) 사이에, 다시 미러(M2)에 근접하여, 촬상 광(3)의 빔 경로에 배치될 수 있다. 투영 광학 유닛(23)의 중간 이미지 면이 미러(M5)의 편향 영역에 존재한다. 또 다른 퓨필 면이 미러(M7, M8) 사이의 촬상 광(3)의 빔 경로에 존재한다. 그곳에 x-차원에 대해서 효과적인 어퍼처 스타입이 유사하게 배치될 수 있다.

섹션에서, 미러(M1, M8)는 서로 마주 보며 구현된다.

- [0230] 미러(M8)만이 미러(M6, M7) 사이의 촬상 빔 경로에서 촬상 광(3)용 통로에 대한 통과 개구(17)를 갖는다.
- [0231] 미러(M1, M4, M5, 및 M8)는 부의 반경 값을 가지며, 즉, 원리상, 오목 미러이다. 미러(M2, M3, M6 및 M7)는 정의 반경 값을 가지며, 즉, 원리상, 볼록 미러이다. 미러(M2, M3, 및 M5)는 매우 큰 절대 반경을 가지며, 즉, 평면 반사면에서 조금 벗어나게 구성되어 있다.
- [0232] 투영 광학 유닛(23)에서, 오브젝트 면(5)과 이미지 면(9) 사이의 z 거리는 대략 1840 mm이다.
- [0233] 가장 큰 미러(M8)의 일반적인 지름은 대략 800 mm이다.
- [0234] 투영 광학 유닛(23)에서, 오브젝트/이미지 오프셋 d_{ois} 은 대략 520 mm이다. 투영 광학 유닛(23)에서, 오브젝트 필드측 주 광선(16)은 또한 오브젝트 면(5)의 법선에 대해서 5.5° 의 각도 CRA0를 포함한다.
- [0235] 투영 광학 유닛(23)은 70 mλ 미만의 이미지 필드측 파면의 스캔 RMS 값을 갖는다. 이미지 필드측 왜곡 값은 투영 광학 유닛(23)에서 대략 1.2 nm 이다.
- [0236] 투영 광학 유닛(23)에서, 주 광선(16)은 오브젝트 필드(4)와 미러(M1) 사이에서 서로에 대해서 발산 전파한다.
- [0237] 미러(M8)는 x-차원에서 투영 광학 유닛(23)의 이미지측 개구수의 20%보다 작은 이미지측 차폐를 정의한다. y 방향에서, 차폐는 상당히 더 작고 편심되어 있다.
- [0238] 예를 들면, 투영 광학 유닛(7) 대신에, 도 1에 따른 투영 노광 장치(1)에서 사용될 수 있는, 또 다른 실시 형태의 투영 광학 유닛(24)을 도 7에 기초하여 다음에 설명한다. 도 1 ~ 6과 관련하여 상기 이미 설명한 구성 요소 및 기능은 동일한 참조 부호로 적절히 표시되어 있으므로, 다시 상세하게 설명하지 않는다.
- [0239] 투영 광학 유닛(24)의 촬상 빔 경로는 도 6에 따른 투영 광학 유닛(23)에 질적으로 대응한다. 투영 광학 유닛(24)은 8개의 미러(M1 ~ M8)를 가지며, 이들 중, 미러(M1, M4, M7 및 M8)는 수직 입사용 미러로 구현되고, 미러(M2, M3, M5 및 M6)는 그레이징 입사용 미러로 구현된다. 한편의 미러(M2, M3)와 다른 한편의 미러(M5, M6)의 편향 효과는 서로 감산된다.
- [0240] 미러(M1 ~ M8)는 상기 지정된 자유 곡면 수학적식(1)이 적용되는 자유 곡면으로 재 구성된다. 투영 광학 유닛(24)의 광학 설계 데이터는, 설계의 측면에서, 도 2에 따른 투영 광학 유닛(7)에 대한 표에 대응하는 다음의 표로부터 구할 수 있다.

실시 형태	도 7
NA	0.45
파장	13.5 nm
필드 치수_x	13.0 mm
필드 치수_y	0.784 mm
필드 곡률	0.0 1/mm
스탑	S7

[0241] 도 7에 대한 표 1

표면	반경_x[mm]	굴절력_x[1/mm]	반경_y[mm]	굴절력_y[1/mm]	동작 모드
M8	-828.90624658	0.00240718	-813.73184215	0.00246356	REFL
M7	452.59444650	-0.00441888	343.07524055	-0.00582974	REFL
M6	1112.77153576	-0.00035436	-8434.60343947	0.00120266	REFL
M5	-743.46091318	0.00053356	10280.07421667	-0.00098089	REFL
M4	-835.77975524	0.00235223	-929.01694099	0.00219010	REFL
M3	-5551.96069553	0.00007233	-4677.48375823	0.00212963	REFL
M2	-1728.90769592	0.00023122	1872.02689047	-0.00534493	REFL
M1	-880.94474613	0.00217245	-929.96827744	0.00224746	REFL

[0242] 도 7에 대한 표 2

계수	M8	M7	M6
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000
RX	-828.90624660	452.59444650	1112.77153600
C7	6.74198948e-09	1.8198381e-07	4.73297971e-07
C9	3.90647354e-09	-1.03077896e-07	5.71100371e-08
C10	-1.60344671e-11	5.15323975e-09	2.05867386e-09
C12	-2.86549213e-11	1.1999558e-08	-8.29784809e-10
C14	-1.26862354e-11	7.63575592e-09	-9.58970523e-11
C16	4.78369091e-15	1.39254302e-12	-2.17825923e-11
C18	8.51266815e-15	7.38520647e-12	6.3635415e-13
C20	2.82358426e-15	-2.36224044e-12	1.31296379e-13
C21	-2.65461735e-17	6.84835025e-14	-1.01503317e-13
C23	-7.72188599e-17	2.86517775e-13	4.04729312e-14
C25	-7.21196735e-17	3.43322922e-13	5.59417154e-16
C27	-1.90211316e-17	7.51227642e-14	-1.51792851e-16
C29	4.92227907e-21	4.09353362e-17	2.54136872e-16
C31	1.20218531e-20	1.27335094e-16	-5.10416424e-17
C33	8.40798497e-21	1.22660287e-16	-2.15218211e-18
C35	3.23694092e-21	-4.21844295e-17	1.02982467e-19
C36	-3.28705775e-23	1.68544205e-18	-2.64826102e-19
C38	-1.3081706e-22	9.48378409e-18	-4.72935253e-19
C40	-1.91271179e-22	1.93084784e-17	1.36626279e-20
C42	-1.20985451e-22	1.51684275e-17	1.50910444e-21
C44	-2.87133882e-23	5.71789768e-18	-1.52076385e-23
C46	9.04401197e-27	0	0
C48	3.06652794e-26	0	0
C50	3.95339353e-26	0	0
C52	2.12427278e-26	0	0
C54	6.19479308e-27	0	0
C55	-9.56418704e-29	0	0
C57	-4.73070844e-28	0	0
C59	-9.34446589e-28	0	0
C61	-9.13157935e-28	0	0
C63	-4.41677071e-28	0	0
C65	-7.86181975e-29	0	0

도 7에 대한 표 3a

[0243]

계수	M5	M4	M3
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000
RX	-743.46091320	-835.77975520	-5551.96069600
C7	8.15313049e-07	1.08411968e-06	8.1725158e-08
C9	1.15936905e-07	2.66713006e-07	2.11082779e-08
C10	-2.17231701e-09	1.97364815e-09	-7.51877121e-09
C12	2.45410579e-09	1.29311988e-09	9.83512366e-10
C14	8.78996519e-10	1.55808687e-08	-1.39425604e-10
C16	-1.4388317e-11	-7.24177347e-12	1.61763526e-11
C18	2.43340771e-12	3.70702943e-12	1.05071826e-12
C20	8.01706893e-12	-2.73262347e-10	-1.62527109e-13
C21	2.02931387e-14	-9.2131432e-15	3.04337357e-13
C23	-2.63254556e-14	5.85039506e-14	-7.58462902e-14
C25	-5.41315246e-15	-3.84690423e-13	-1.81428849e-15
C27	6.80497633e-14	4.35189326e-12	-7.18902516e-16
C29	-7.38761627e-18	4.09273025e-17	-1.95967055e-15
C31	-1.6406802e-16	-1.32466527e-15	2.23232144e-16
C33	4.6161003e-17	1.11389945e-14	1.45669424e-17
C35	3.46981394e-16	-8.00414961e-14	-5.3737245e-19
C36	6.56861624e-19	3.51522585e-21	-3.51163866e-17
C38	2.53098962e-19	5.30473647e-20	8.4177008e-18
C40	-1.17789383e-18	1.14555302e-17	4.49375372e-19
C42	7.13915336e-19	-1.10798161e-16	-2.61682976e-20
C44	6.00248794e-19	6.75342377e-16	2.31069209e-21

도 7에 대한 표 3b

[0244]

계수	M2	M1
KY	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000
RX	-1728.90769600	-880.94474610
C7	3.08450816e-06	-4.70279039e-08
C9	-2.17253795e-08	1.08990881e-07
C10	-3.75473915e-08	-3.45672808e-11
C12	-1.81552974e-08	2.73887057e-11
C14	7.96803985e-11	-4.28414412e-10
C16	2.0647621e-10	2.40236171e-14
C18	7.22424709e-11	-6.19613419e-13
C20	1.47510283e-12	1.08423073e-12
C21	1.77572753e-12	-1.52199951e-17
C23	-6.59234699e-14	-1.8034018e-15
C25	-2.26260751e-13	-3.76723043e-15
C27	-5.706268e-15	-5.40832792e-15
C29	-2.77294786e-14	-2.49126053e-19
C31	-4.84971158e-15	-3.60876052e-18
C33	3.35099874e-16	1.99785264e-18
C35	2.39450375e-17	8.80558903e-18
C36	2.21806273e-16	-5.44564635e-22
C38	1.36037517e-16	-4.37847046e-20
C40	2.00582463e-17	-7.42210048e-20
C42	1.83054058e-19	-1.69927808e-19
C44	-5.75280548e-20	1.02060681e-19

도 7에 대한 표 3c

[0245]

표면	DCX	DCY	DCZ
이미지 면	0.00000000	0.00000000	0.00000000
M8	0.00000000	0.00000000	764.50361369
M7	0.00000000	96.82652457	64.27191627
M6	0.00000000	-27.92847503	1058.54662453
M5	0.00000000	-219.64054559	1392.20908570
M4	0.00000000	-271.24388131	1813.78075704
스탑	0.00000000	-198.32156886	1677.53219215
M3	0.00000000	-128.24179216	1546.81115682
M2	0.00000000	16.78357234	1430.95006703
10	0.00000000	8791.56176690	-7122.00998575
M1	0.00000000	272.34233418	956.66066528
오브젝트 면	0.00000000	362.68180636	1900.18311637

도 7에 대한 표 4a

[0246]

표면	TLA[deg]	TLB[deg]	TLC[deg]
이미지 면	-0.00000000	0.00000000	-0.00000000
M8	3.91596926	0.00000000	-0.00000000
M7	187.39186836	0.00000000	-0.00000000
M6	-71.50714996	0.00000000	-0.00000000
M5	108.42016373	0.00000000	-0.00000000
M4	17.56397197	0.00000000	-0.00000000
스탑	-36.24096693	0.00000000	-0.00000000
M3	129.75252018	0.00000000	-0.00000000
M2	-50.20499466	0.00000000	-0.00000000
10	135.94318124	0.00000000	-0.00000000
M1	191.41461048	0.00000000	-0.00000000
오브젝트 면	-0.00000000	0.00000000	-0.00000000

도 7에 대한 표 4b

[0247]

표면	입사각 [deg]	반사율
M8	3.91596926	0.66415239
M7	0.35585461	0.66566616
M6	78.62897953	0.85974012
M5	78.56000002	0.85877563
M4	10.58806423	0.65325493
M3	78.41763467	0.85677489
M2	78.46987638	0.85751067
M1	16.88179312	0.63082790
진체 투과율		0.0988

도 7에 대한 표 5

[0248]

X[mm]	Y[mm]	Z[mm]
0.00000000	-47.76389383	0.00000000
0.75722478	-47.21490944	0.00000000
1.44466231	-45.56440865	0.00000000
1.99925630	-42.80616853	0.00000000
2.37083821	-38.94314949	0.00000000
2.52737588	-34.00299920	0.00000000
2.45862703	-28.05153657	0.00000000
2.17710208	-21.19917906	0.00000000
1.71593988	-13.59913606	0.00000000
1.12445586	-5.43943918	0.00000000
0.46249291	3.06794966	0.00000000
-0.20557575	11.69767212	0.00000000
-0.81666564	20.21943325	0.00000000
-1.31433675	28.40487722	0.00000000
-1.65354402	36.03372730	0.00000000
-1.80460322	42.89898816	0.00000000
-1.75605283	48.81111176	0.00000000
-1.51602869	53.60229092	0.00000000
-1.11184253	57.13213052	0.00000000
-0.58761247	59.29431617	0.00000000
-0.00000000	60.02254886	0.00000000
0.58761247	59.29431617	0.00000000
1.11184253	57.13213052	0.00000000
1.51602869	53.60229092	0.00000000
1.75605283	48.81111176	0.00000000
1.80460322	42.89898816	0.00000000
1.65354402	36.03372730	0.00000000
1.31433675	28.40487722	0.00000000
0.81666564	20.21943325	0.00000000
0.20557575	11.69767212	0.00000000
-0.46249291	3.06794966	0.00000000
-1.12445586	-5.43943918	0.00000000
-1.71593988	-13.59913606	0.00000000
-2.17710208	-21.19917906	0.00000000
-2.45862703	-28.05153657	0.00000000
-2.52737588	-34.00299920	0.00000000
-2.37083821	-38.94314949	0.00000000
-1.99925630	-42.80616853	0.00000000
-1.44466231	-45.56440865	0.00000000
-0.75722478	-47.21490944	0.00000000

도 7에 대한 표 6

- [0249]
- [0250] 투영 광학 유닛(24)의 전체 반사율은 9.88%이다.
- [0251] 투영 광학 유닛(24)은 $8 \times (\beta = 8)$ 의 축소 이미징 스케일을 갖는다.
- [0252] 이미지 필드(8)는 6.5 mm의 두배의 x 범위와 0.8 mm의 y 범위를 갖는다. 투영 광학 유닛(24)은 13.5 nm의 조명 광(3)의 동작 파장에 대해서 최적화되어 있다.
- [0253] 투영 광학 유닛(24)에서, 퓨필 면(18)이 미러(M2, M3) 사이의 촬상 광(3)의 빔 경로에 배치된다. 중간 이미지 면(19)이 미러(M4, M5) 사이의 촬상 빔 경로에 배치된다.
- [0254] 미러(M1, M3, M4, M6, 및 M8)는 부의 반경 값을 가지며, 즉, 원리상, 오목 미러이다. 미러(M2, M5 및 M7)는 정의 반경 값을 가지며, 즉, 원리상, 볼록 미러이다. 미러(M3, M5, 및 M6)는 매우 큰 절대 반경을 가지며, 즉, 평면 반사면에서 조금 벗어나게 구성되어 있다.
- [0255] 투영 광학 유닛(24)에서, 최종 미러(M8)만이 미러(M6, M7) 사이에 안내된 촬상 광(3)용 촬상 빔 경로에서 통과 개구(17)를 갖는다.
- [0256] z 방향의 투영 광학 유닛(24)의 설치 길이, 즉, 오브젝트 면(5)과 이미지 면(9) 사이의 거리는 1900 mm이다. 미러(M8)는 투영 광학 유닛(24)의 모든 미러 중 가장 큰 지름을 갖고, 이 지름은 700 mm의 영역에 존재한다.
- [0257] 투영 광학 유닛(24)에서, 오브젝트/이미지 오프셋 d_{ois} 는 대략 360 mm이다. 투영 광학 유닛(24)에서, 오브젝트 필드측 주 광선(16)은 또한 오브젝트 면(5)의 법선에 대해서 5.5° 의 각도 CRAO를 포함한다.
- [0258] 투영 광학 유닛(24)은 100 mλ의 영역에 있는 이미지 필드측 파면의 스캔 RMS 값을 갖는다. 이미지 필드측 왜곡 값은 투영 광학 유닛(24)에서 0.6 nm 영역에 있다.
- [0259] y-차원에 효과적인 어퍼처 스타이 미러(M2, M3) 사이의 촬상 광(3)의 빔 경로에 배치될 수 있다.
- [0260] 투영 광학 유닛(24)에서, 촬상 광(3)의 주 광선(16)은 오브젝트 필드(4)와 미러(M1) 사이에서 발산 전파한다.

[0261] 미러(M8)는 x-차원에서 투영 광학 유닛(24)의 이미지측 개구수의 24%보다 작은 이미지측 차폐를 정의한다.

[0262] y 방향에서, 차폐는 상당히 더 작고 편심되어 있다.

[0263] 예를 들면, 투영 광학 유닛(7) 대신에, 도 1에 따른 투영 노광 장치(1)에서 사용될 수 있는, 또 다른 실시 형태의 투영 광학 유닛(25)를 도 8에 기초하여 다음에 설명한다. 도 1 ~ 7과 관련하여 상기 이미 설명한 구성 요소 및 기능은 동일한 참조 부호로 적절히 표시되어 있으므로, 다시 상세하게 설명하지 않는다.

[0264] 투영 광학 유닛(25)의 촬상 빔 경로는 도 6 및 도 7에 따른 투영 광학 유닛(23, 24)에 질적으로 대응한다. 투영 광학 유닛(25)은 8개의 미러(M1 ~ M8)를 가지며, 이들 중, 미러(M1, M4, M7 및 M8)는 수직 입사용 미러로 구현되고, 미러(M2, M3, M5 및 M6)는 그레이징 입사용 미러로 구현된다. 한편의 미러(M2, M3)와 다른 한편의 미러(M5, M6)의 편향 효과는 서로 감산된다.

[0265] 미러(M1 ~ M8)는 상기 명시된 자유 곡면 수학적식(1)이 적용되는 자유 곡면으로 구성된다. 투영 광학 유닛(25)의 광학 설계 데이터는, 설계의 측면에서, 도 2에 따른 투영 광학 유닛(7)에 대한 표에 대응하는 다음의 표로부터 구할 수 있다.

실시 형태	도 8
NA	0.45
파장	13.5 nm
필드 치수_x	13.0 mm
필드 치수_y	0.784 mm
필드 곡률	0.0 1/mm
스탑	S9

도 8에 대한 표 1

[0266]

표면	반경_x[mm]	굴절력_x[1/mm]	반경_y[mm]	굴절력_y[1/mm]	동작 모드
M8	-1049.60389641	0.00189993	-986.01437231	0.00203430	REFL
M7	1052.05094258	-0.00190085	516.30074958	-0.00387413	REFL
M6	672.07102892	-0.00059408	6476.96591445	-0.00154677	REFL
M5	-799.22989968	0.00049907	-9635.87145309	0.00104073	REFL
M4	-655.82100664	0.00302260	-1132.34738046	0.00178202	REFL
M3	2083.13733086	-0.00019163	-8161.78002389	0.00122769	REFL
M2	-32587.82702212	0.00001224	2513.72027155	-0.00398819	REFL
M1	-1124.77927352	0.00171284	-993.83277453	0.00208912	REFL

도 8에 대한 표 2

[0267]

계수	M8	M7	M6
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000
RX	-1049.60389600	1052.05094300	672.07102890
C7	8.94830424e-09	6.82707408e-08	5.39977203e-07
C9	3.00569958e-09	5.0133583e-08	5.0463779e-08
C10	-1.0205043e-11	9.13305341e-10	2.96374987e-09
C12	-1.78212052e-11	2.88849001e-09	3.61953024e-09
C14	-6.16611869e-12	1.70930306e-09	9.8625888e-11
C16	5.53369586e-15	6.46391137e-13	1.62428612e-11
C18	7.14785588e-15	1.61691667e-12	6.55853805e-12
C20	1.2952174e-15	-1.12568271e-13	9.89173718e-14
C21	-1.15962082e-17	3.2230907e-15	2.17786681e-14
C23	-3.29641744e-17	1.94684249e-14	7.78862843e-14
C25	-2.88253574e-17	2.8363428e-14	2.06500061e-14
C27	-7.61491275e-18	9.96975622e-15	5.79706038e-17
C29	3.95947425e-21	4.40316043e-18	1.76578906e-16
C31	9.59189e-21	3.61186907e-17	1.59804916e-16
C33	5.9075341e-21	2.40890432e-17	4.63612518e-17
C35	4.91436138e-22	-2.08227139e-17	-1.15451621e-18
C36	-9.78221988e-24	2.17340086e-20	4.62607032e-20
C38	-3.80396711e-23	1.769269e-19	2.36610599e-19
C40	-5.3008359e-23	5.27416888e-19	3.60474258e-19
C42	-3.05920471e-23	3.79026666e-19	8.8347498e-20
C44	-6.20613311e-24	-4.57440157e-20	-2.35018949e-21
C46	4.59926677e-27	0	0
C48	1.58065492e-26	0	0
C50	1.76803708e-26	0	0
C52	7.68522982e-27	0	0
C54	5.34537619e-28	0	0
C55	-1.6671251e-29	0	0
C57	-8.60661791e-29	0	0
C59	-1.74742916e-28	0	0
C61	-1.71631988e-28	0	0
C63	-7.97461918e-29	0	0
C65	-1.37837693e-29	0	0

도 8에 대한 표 3a

[0268]

계수	M5	M4	M3
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000
RX	-799.22989970	-655.82100660	2083.13733100
C7	-2.06359045e-07	1.79769856e-06	-1.23888727e-06
C9	4.53272901e-08	2.37465306e-06	8.86422249e-08
C10	4.98518606e-10	-1.48557245e-09	-3.40006344e-09
C12	-1.31134892e-09	-2.80514774e-10	2.03241635e-09
C14	2.98465492e-12	3.01097166e-09	-3.36768492e-11
C16	4.49053513e-12	3.15577912e-11	-1.66141091e-11
C18	1.64207121e-12	7.30259248e-11	-7.13724906e-12
C20	-1.0335036e-12	3.09731752e-10	5.4031591e-13
C21	-2.93206259e-14	-2.05672375e-14	-4.18881657e-13
C23	-5.92456689e-14	2.22350106e-14	-6.83276534e-14
C25	-5.80080861e-14	1.08931865e-12	-7.07864185e-15
C27	2.2172926e-14	-1.42234054e-12	5.63121269e-16
C29	1.40438563e-17	8.53769578e-16	-8.08308771e-16
C31	-6.66032602e-17	2.70533891e-15	2.67861368e-16
C33	7.30170261e-16	-1.62676517e-15	-3.42472444e-17
C35	3.16423462e-16	4.49594522e-14	1.66873362e-18
C36	-1.81264397e-18	-3.66571047e-19	-6.54742071e-17
C38	-5.39055928e-20	-3.12546568e-18	4.62927488e-18
C40	-2.02947052e-18	7.95440303e-17	-4.8710506e-18
C42	-2.24011839e-18	6.67587526e-16	-2.67955705e-19
C44	-7.82360967e-18	3.07878704e-16	2.12454918e-22

도 8에 대한 표 3b

[0269]

계수	M2	M1
KY	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000
RX	-32587.82702000	-1124.77927400
C7	-4.74483513e-07	2.20095584e-09
C9	3.93556671e-08	1.960322e-07
C10	-2.66024165e-09	-2.88589459e-11
C12	-2.10042981e-09	-1.13714912e-11
C14	-4.96647358e-11	-1.87229835e-10
C16	3.63968975e-11	-1.00857126e-13
C18	-6.32882695e-12	-1.48327939e-14
C20	1.40830966e-12	1.42850505e-12
C21	-3.43617167e-13	-3.03067897e-17
C23	2.78640456e-15	-3.68437637e-16
C25	-2.10521417e-14	2.77481379e-15
C27	-3.31782506e-16	-2.91734364e-15
C29	3.53276862e-15	5.08698618e-19
C31	-7.40107603e-16	7.73915869e-18
C33	2.47602209e-17	-6.54164067e-19
C35	3.81467272e-18	1.85860304e-17
C36	-5.81173248e-18	1.22184892e-21
C38	-1.24881103e-17	1.12627739e-20
C40	6.79836244e-18	3.74180742e-20
C42	-6.71427793e-19	3.54376196e-20
C44	2.7467903e-20	-9.46214624e-20

도 8에 대한 표 3c

[0270]

표면	DCX	DCY	DCZ
이미지 면	0.00000000	0.00000000	0.00000000
M8	0.00000000	0.00000000	921.48007420
M7	0.00000000	127.69651360	91.87626879
M6	0.00000000	-54.51524583	1081.95671536
M5	0.00000000	20.29114222	1416.57838942
M4	0.00000000	-58.31889420	1844.49683317
M3	0.00000000	59.41629968	1599.41318117
M2	0.00000000	224.00188768	1454.69416858
스탑	0.00000000	273.52466623	1404.16528501
M1	0.00000000	493.26104418	894.61377093
오브젝트 면	0.00000000	589.57009799	1900.28701404

도 8에 대한 표 4a

[0271]

표면	TLA[deg]	TLB[deg]	TLC[deg]
이미지 면	-0.00000000	0.00000000	-0.00000000
M8	4.37615932	0.00000000	-0.00000000
M7	189.59363600	0.00000000	-0.00000000
M6	88.91365207	0.00000000	-0.00000000
M5	268.90218087	0.00000000	-0.00000000
M4	18.03860636	0.00000000	-0.00000000
M3	127.17947272	0.00000000	-0.00000000
M2	-52.81127402	0.00000000	-0.00000000
스탑	206.02771128	0.00000000	-0.00000000
M1	190.10376344	0.00000000	-0.00000000
오브젝트 면	-0.00000000	0.00000000	-0.00000000

도 8에 대한 표 4b

[0272]

표면	입사각 [deg]	반사율
M8	4.37615932	0.66374698
M7	0.83845517	0.66562989
M6	78.48451336	0.85771648
M5	78.49604650	0.85787855
M4	7.63115384	0.65946494
M3	78.48653632	0.85774492
M2	78.49242558	0.85782768
M1	15.57417594	0.63670200
전체 투과율		0.1004

도 8에 대한 표 5

[0273]

X[mm]	Y[mm]	Z[mm]
0.00000000	47.81303970	0.00000000
-5.44429277	47.46175497	0.00000000
-10.74517286	46.42220229	0.00000000
-15.76391160	44.73636357	0.00000000
-20.37088960	42.47121905	0.00000000
-24.44946621	39.71451489	0.00000000
-27.89907302	36.56933710	0.00000000
-30.63749814	33.14808875	0.00000000
-32.60243065	29.56653666	0.00000000
-33.75231387	25.93835392	0.00000000
-34.06656777	22.37033180	0.00000000
-33.54529452	18.95837628	0.00000000
-32.20854890	15.78438787	0.00000000
-30.09518802	12.91406977	0.00000000
-27.26136068	10.39574244	0.00000000
-23.77878796	8.26036180	0.00000000
-19.73295948	6.52296509	0.00000000
-15.22125595	5.18562681	0.00000000
-10.35095305	4.24175823	0.00000000
-5.23706775	3.68124886	0.00000000
-0.00000000	3.49551844	0.00000000
5.23706775	3.68124886	0.00000000
10.35095305	4.24175823	0.00000000
15.22125595	5.18562681	0.00000000
19.73295948	6.52296509	0.00000000
23.77878796	8.26036180	0.00000000
27.26136068	10.39574244	0.00000000
30.09518802	12.91406977	0.00000000
32.20854890	15.78438787	0.00000000
33.54529452	18.95837628	0.00000000
34.06656777	22.37033180	0.00000000
33.75231387	25.93835392	0.00000000
32.60243065	29.56653666	0.00000000
30.63749814	33.14808875	0.00000000
27.89907302	36.56933710	0.00000000
24.44946621	39.71451489	0.00000000
20.37088960	42.47121905	0.00000000
15.76391160	44.73636357	0.00000000
10.74517286	46.42220229	0.00000000
5.44429277	47.46175497	0.00000000

도 8에 대한 표 6

[0274]

투영 광학 유닛(25)의 전체 반사율은 10.04%이다.

[0275]

투영 광학 유닛(25)은 $8 \times (\beta = 8)$ 의 축소 이미징 스케일을 갖는다.

[0276]

이미지 필드(8)는 6.5 mm의 두배의 x 범위와 1 mm의 y 범위를 갖는다. 투영 광학 유닛(25)은 13.5 nm의 조명광(3)의 동작 파장에 대해서 최적화되어 있다.

[0277]

미러(M1, M3, M4, M5, 및 M8)는 부의 반경 값을 가지며, 즉, 원리상, 오목 미러이다. 미러(M2, M6 및 M7)는 정의 반경 값을 가지며, 즉, 원리상, 볼록 미러이다. 미러(M3, M5, 및 M6)는 매우 큰 절대 반경을 가지며, 즉, 평면 반사면에서 조금 벗어나게 구성되어 있다.

[0278]

투영 광학 유닛(25)에서, 최종 미러(M8)만이 미러(M6, M7) 사이에 안내된 촬상 광(3)에 대한 통과 개구(17)를 포함한다.

[0279]

투영 광학 유닛(25)에서, 퓨필 면(18)이 미러(M2, M3) 사이에 배치된다. 투영 광학 유닛(25)에서, 중간 이미지 면(19)이 그레이징 입사용 미러(M5)의 반사 영역에 배치된다.

[0280]

투영 광학 유닛(25)에서, 오브젝트 면(5)과 이미지 면(9) 사이의 z 거리는 대략 1900 mm이다.

[0281]

투영 광학 유닛(25)에서, 가장 큰 미러(M8)의 일반적인 지름은 대략 800 mm이다.

[0282]

투영 광학 유닛(25)에서, 오브젝트/이미지 오프셋 d_{ois} 은 대략 600 mm이다. 투영 광학 유닛(25)에서, 오브젝트 필드측 주 광선(16)은 또한 오브젝트 면(5)의 법선에 대해서 5.5° 의 각도 CRAO를 포함한다.

[0283]

투영 광학 유닛(25)은 대략 $70 \text{ m}\lambda$ 인 이미지 필드측 파면의 스캔 RMS 값을 갖는다. 투영 광학 유닛(25)에서, 이미지 필드측 왜곡 값은 대략 3 nm이다.

[0284]

투영 광학 유닛(25)에서, 어퍼처 스태프는 미러(M2, M3) 사이의 촬상 광(3)의 빔 경로에 배치될 수 있다.

[0285]

- [0286] 투영 광학 유닛(25)에서, 주 광선(16)은 오브젝트 필드(4)와 미러(M1) 사이에서 서로에 대해서 발산 전파한다.
- [0287] 미러(M8)는 x-차원에서 투영 광학 유닛(25)의 이미지측 개구수의 20% 미만의 이미지측 차폐를 정의한다. y 방향에서, 차폐는 상당히 더 작고 편심되어 있다.
- [0288] 예를 들면, 투영 광학 유닛(7) 대신에, 도 1에 따른 투영 노광 장치(1)에서 사용될 수 있는, 또 다른 실시 형태의 투영 광학 유닛(26)을 도 9에 기초하여 다음에 설명한다. 도 1 ~ 8과 관련하여 상기 이미 설명한 구성 요소 및 기능은 동일한 참조 부호로 적절히 표시되어 있으므로, 다시 상세하게 설명하지 않는다.
- [0289] 투영 광학 유닛(26)은 총 8개의 미러(M1 ~ M8)를 갖는다. 이들은 상기 명시된 자유 곡면 수학적식(1)이 적용되는 자유 곡면으로 구성된다. 투영 광학 유닛(26)의 촬상 빔 경로는 xz 면에 평행한 면에 대해서 대칭인, 투영 광학 유닛(7)의 촬상 빔 경로에 질적으로 대응한다.
- [0290] 한편의 미러(M2, M3)와 다른 한편의 미러(M5, M6)는 그레이징 입사용 미러 쌍을 구성하여, 촬상 광에 대한 편향 효과가 가산된다. 다른 미러(M1, M4, M7 및 M8)는 수직 입사용 미러이다.
- [0291] 투영 광학 유닛(26)의 광학 설계 데이터는, 설계의 측면에서, 도 2에 따른 투영 광학 유닛(7)에 대한 표에 대응하는 다음의 표로부터 구할 수 있다.

실시 형태	도 9
NA	0.45
파장	13.5 nm
필드 치수_x	13.0 mm
필드 치수_y	0.784 mm
필드 곡률	0.0 1/mm
스탑	S8

도 9에 대한 표 1

[0292]

표면	반경_x[mm]	굴절력_x[1/mm]	반경_y[mm]	굴절력_y[1/mm]	동작 모드
M8	-1020.68473887	0.00195413	-933.33549787	0.00214871	REFL
M7	1354.53748928	-0.00147651	452.31842933	-0.00442170	REFL
M6	-1405.06283565	0.00034472	15664.51705589	-0.00052721	REFL
M5	3999.20552730	-0.00007886	7254.86511412	-0.00174817	REFL
M4	-1184.01227813	0.00164064	-894.72802928	0.00230144	REFL
M3	4681.74323636	-0.00007653	5171.50582521	-0.00215877	REFL
M2	852.69172547	-0.00067816	-11086.02991064	0.00062397	REFL
M1	-1964.03237491	0.00097408	-2270.56487894	0.00092083	REFL

도 9에 대한 표 2

[0293]

계수	M8	M7	M6
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000
RX	-1020.68473900	1354.53748900	-1405.06283600
C7	-4.5731683e-10	-3.41690693e-07	-5.65649344e-08
C9	2.45996777e-09	3.83206678e-08	1.89544462e-09
C10	-9.85395846e-12	6.44749036e-10	-1.93920244e-10
C12	-2.34897758e-11	2.85639184e-09	-3.25598414e-11
C14	-8.72926178e-12	3.07364292e-09	-1.12164645e-13
C16	6.07361769e-16	-3.09291494e-13	3.36943064e-12
C18	2.41094328e-15	2.31337277e-13	6.29413154e-13
C20	1.32110071e-15	1.3381722e-12	1.29643368e-13
C21	-1.23303721e-17	1.38415935e-15	4.62316004e-14
C23	-4.20277144e-17	1.20452307e-14	8.27538418e-15
C25	-4.08488297e-17	3.55373943e-14	8.69367918e-16
C27	-1.08210387e-17	1.90903669e-14	9.15499041e-18
C29	1.07931282e-21	-1.26240025e-19	-1.09629551e-16
C31	3.53989366e-21	7.87268568e-18	-2.60340852e-19
C33	3.24535646e-21	3.94705236e-17	-1.56739759e-18
C35	1.50192167e-21	6.62304e-17	-1.72905085e-19
C36	-1.14892505e-23	6.66100206e-21	1.66079634e-18
C38	-5.06654961e-23	8.27654198e-20	8.50117627e-20
C40	-7.8424464e-23	4.19476166e-19	-1.05681234e-19
C42	-4.9856421e-23	8.00362496e-19	-5.2250027e-21
C44	-1.06579309e-23	5.55709617e-19	1.40460138e-22
C46	2.08122398e-27	0	0
C48	6.60530624e-27	0	0
C50	7.61977765e-27	0	0
C52	4.50302264e-27	0	0
C54	1.39426672e-27	0	0
C55	-2.0882185e-29	0	0
C57	-1.18627262e-28	0	0
C59	-2.58588211e-28	0	0
C61	-2.72003773e-28	0	0
C63	-1.3620868e-28	0	0
C65	-2.53756018e-29	0	0

도 9에 대한 표 3a

[0294]

계수	M5	M4	M3
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000
RX	3999.20552700	-1184.01227800	4681.74323600
C7	8.69357878e-08	7.62650744e-09	1.82926331e-07
C9	-2.20256023e-08	-6.79819355e-07	-2.74549952e-08
C10	6.23391082e-10	-6.30875708e-11	1.36557421e-10
C12	2.15155751e-10	6.40787678e-12	5.55467106e-10
C14	6.51961859e-11	-3.52233076e-09	1.76746757e-10
C16	8.39711467e-13	-2.68662388e-14	1.76890882e-12
C18	2.30182337e-13	-1.32962452e-12	-4.71589056e-13
C20	-4.46761962e-14	-2.08675862e-11	1.39910872e-13
C21	-4.34103393e-15	-6.57999966e-17	-1.21518032e-14
C23	3.68657946e-15	-8.04594597e-16	9.50534732e-15
C25	1.89166259e-16	-3.29911674e-15	-8.40961008e-15
C27	1.06520031e-16	-1.32487137e-13	-8.07445146e-15
C29	1.3373458e-17	9.49001529e-19	6.03691731e-18
C31	1.69029919e-17	-8.32008838e-18	9.40385193e-17
C33	2.62169884e-18	8.1099079e-17	1.1838444e-16
C35	-3.09635883e-19	-1.03894539e-15	9.19224029e-17
C36	3.39460047e-19	-9.69222081e-22	1.64007551e-19
C38	1.19302799e-19	1.76179484e-21	6.27204932e-20
C40	6.54223006e-20	1.83258474e-20	-4.59136703e-19
C42	-4.52075866e-21	1.01522211e-18	-4.92528089e-19
C44	7.14188701e-22	-5.99497164e-18	-3.46025607e-19

도 9에 대한 표 3b

[0295]

계수	M2	M1
KY	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000
RX	852.69172550	-1964.03237500
C7	-7.81658255e-07	-4.55147095e-09
C9	1.56377907e-09	-5.53517249e-08
C10	5.58543355e-10	-6.87418275e-12
C12	1.03807562e-09	-1.8936292e-11
C14	-7.16700901e-13	2.34208295e-10
C16	-2.34728814e-12	2.34056772e-14
C18	-1.28373035e-12	1.87499703e-13
C20	-7.57748125e-15	-8.87948384e-13
C21	-1.15979439e-15	1.42512308e-18
C23	4.32890616e-15	2.07491865e-17
C25	1.60432619e-15	-9.62467925e-16
C27	2.85253744e-18	2.00812e-15
C29	3.98866926e-18	1.34308944e-20
C31	-4.89809284e-18	-1.00614084e-19
C33	-1.71062114e-18	4.24046777e-18
C35	7.20763643e-21	-2.92886467e-18
C36	6.42255749e-21	-3.18411183e-24
C38	-3.70862193e-21	-1.94058082e-23
C40	3.05690863e-21	9.71214773e-22
C42	1.05972674e-21	-7.95009632e-21
C44	-1.21554754e-23	6.09195055e-21

도 9에 대한 표 3c

[0296]

표면	DCX	DCY	DCZ
이미지 면	0.00000000	0.00000000	0.00000000
M8	0.00000000	0.00000000	865.29422222
M7	0.00000000	118.52490924	68.26504872
M6	0.00000000	-36.78487779	1055.95508411
M5	0.00000000	-363.53035676	1490.07075809
M4	0.00000000	-730.26441301	1745.75557040
M3	0.00000000	-69.28979005	1660.49873728
스탑	0.00000000	343.22961949	1432.58044567
M2	0.00000000	752.01678132	1223.96788517
M1	0.00000000	1204.58566704	386.83503296
오브젝트 면	0.00000000	1351.26144344	1909.74496129

도 9에 대한 표 4a

[0297]

표면	TLA[deg]	TLB[deg]	TLC[deg]
이미지 면	-0.00000000	0.00000000	-0.00000000
M8	4.22991607	0.00000000	-0.00000000
M7	188.70125998	0.00000000	-0.00000000
M6	-67.04744721	0.00000000	-0.00000000
M5	-43.95927660	0.00000000	-0.00000000
M4	68.88242468	0.00000000	-0.00000000
M3	-17.67119969	0.00000000	-0.00000000
스탑	-59.23477257	0.00000000	-0.00000000
M2	-44.79701653	0.00000000	-0.00000000
M1	191.44774020	0.00000000	-0.00000000
오브젝트 면	-0.00000000	0.00000000	-0.00000000

도 9에 대한 표 4b

[0298]

표면	입사각 [deg]	반사율
M8	4.22991607	0.66388105
M7	0.23883275	0.66566686
M6	75.98494377	0.82019012
M5	80.92687210	0.89027623
M4	13.76746994	0.64369696
M3	79.67997395	0.87406508
M2	73.19415034	0.77128309
M1	16.94892910	0.63050655
전체 투과율		0.0883

도 9에 대한 표 5

[0299]

X[mm]	Y[mm]	Z[mm]
0.00000000	-80.47093417	0.00000000
-10.25746907	-79.94987076	0.00000000
-20.26826613	-78.37210765	0.00000000
-29.79066890	-75.69797214	0.00000000
-38.59312691	-71.87406347	0.00000000
-46.45979046	-66.85028467	0.00000000
-53.19615576	-60.60006602	0.00000000
-58.63447748	-53.13981514	-0.00000000
-62.63850784	-44.54314891	0.00000000
-65.10719435	-34.94724292	0.00000000
-65.97718636	-24.55138803	0.00000000
-65.22420672	-13.60979294	0.00000000
-62.86345402	-2.42134193	0.00000000
-58.94921668	8.68142822	0.00000000
-53.57381986	19.34327530	0.00000000
-46.86592081	29.19797884	0.00000000
-38.98806545	37.88260901	0.00000000
-30.13336574	45.05554784	-0.00000000
-20.52118204	50.41779081	-0.00000000
-10.39177552	53.73519155	0.00000000
-0.00000000	54.85815175	0.00000000
10.39177552	53.73519155	-0.00000000
20.52118204	50.41779081	0.00000000
30.13336574	45.05554784	-0.00000000
38.98806545	37.88260901	0.00000000
46.86592081	29.19797884	0.00000000
53.57381986	19.34327530	0.00000000
58.94921668	8.68142822	0.00000000
62.86345402	-2.42134193	0.00000000
65.22420672	-13.60979294	0.00000000
65.97718636	-24.55138803	0.00000000
65.10719435	-34.94724292	0.00000000
62.63850784	-44.54314891	0.00000000
58.63447748	-53.13981514	-0.00000000
53.19615576	-60.60006602	0.00000000
46.45979046	-66.85028467	0.00000000
38.59312691	-71.87406347	0.00000000
29.79066890	-75.69797214	0.00000000
20.26826613	-78.37210765	-0.00000000
10.25746907	-79.94987076	0.00000000

도 9에 대한 표 6

- [0300]
- [0301] 투영 광학 유닛(26)의 전체 반사율은 8.83%이다.
- [0302] 투영 광학 유닛(26)은 $8 \times (\beta = 8)$ 의 축소 이미징 스케일을 갖는다.
- [0303] 이미지 필드(8)는 6.5 mm의 두배의 x 범위와 1 mm의 y 범위를 갖는다. 투영 광학 유닛(26)은 13.5 nm의 조명광(3)의 동작 파장에 대해서 최적화되어 있다.
- [0304] 미러(M1, M2, M4 및 M8)는 부의 반경 값을 가지며, 즉, 원리상, 오목 미러이다. 미러(M3, M5, M6 및 M7)는正的 반경 값을 가지며, 즉, 원리상, 볼록 미러이다. 미러(M2, M3, M5 및 M6)는 매우 큰 절대 반경을 가지며, 즉, 평면 반사면에서 조금 벗어나게 구성되어 있다.
- [0305] 투영 광학 유닛(26)의 퓨필 면(18)은 미러(M2, M3)사이의 빔 경로에 존재한다. 도 9에 개략적으로 도시되어 있는 것과 다르게, 이 스태프 면은 필드 중심 점의 주광선에 대해서 틸트되어 있다. 투영 광학 유닛(26)의 중간 이미지 면(19)이 미러(M3)의 편향 영역에 존재한다.
- [0306] 투영 광학 유닛(26)에서 미러(M8)만이 미러(M6, M7) 사이의 활상 광(3)의 활상 빔 경로에서 통과 개구(17)를 포함하는 미러이다.
- [0307] 투영 광학 유닛(26)에서, 오브젝트 면(5)과 이미지 면(9) 사이의 z 거리는 대략 1900 mm이다.
- [0308] 투영 광학 유닛(26)에서, 가장 큰 미러(M8)의 일반적인 지름은 대략 800 mm이다.
- [0309] 투영 광학 유닛(26)에서, 오브젝트/이미지 오프셋 d_{015} 은 대략 1350 mm이다. 투영 광학 유닛(26)에서, 오브젝트 필드측 주 광선(16)은 또한 오브젝트 면(5)의 법선에 대해서 5.5° 의 각도 CRAO를 포함한다.
- [0310] 투영 광학 유닛(26)은 대략 $30 m\lambda$ 인 이미지 필드측 파면의 스캔 RMS 값을 갖는다. 투영 광학 유닛(26)에서, 이미지 필드측 왜곡 값은 대략 1.0 nm이다.
- [0311] 투영 광학 유닛(26)에서, x 방향에 대해서 효과적인 어퍼처 스태프가 미러(M1, M2) 사이에서 활상 광(3)의 빔 경

로에 배치될 수 있고, y-차원에서 효과적인 어퍼처 스탱이 미러(M2, M3) 사이에서 빔 경로에 배치될 수 있다.

- [0312] 투영 광학 유닛(26)에서, 주 광선(16)은 오브젝트 필드(4)와 미러(M1) 사이에서 촬상 광(3)의 빔 경로에서 발산 전파한다.
- [0313] 미러(M8)는 x-차원에서 투영 광학 유닛(26)의 이미지측 개구수의 20% 미만의 이미지측 차폐를 정의한다. y 방향에서, 차폐는 상당히 더 작고 편심되어 있다.
- [0314] 예를 들면, 투영 광학 유닛(7) 대신에, 도 1에 따른 투영 노광 장치(1)에서 사용될 수 있는, 또 다른 실시 형태의 투영 광학 유닛(27)를 도 10에 기초하여 다음에 설명한다. 도 1 ~ 9와 관련하여 상기 이미 설명한 구성 요소 및 기능은 동일한 참조 부호로 적절히 표시되어 있으므로, 다시 상세하게 설명하지 않는다.
- [0315] 투영 광학 유닛(27)은 총 9개의 미러(M1 ~ M9)를 갖는다. 미러(M1, M3, M5, M6 및 M7)는 그레이징 입사용 미러로 구현되고, 미러(M2, M4, M8 및 M9)는 수직 입사용 미러로 구현된다. 미러(M1)에서 반사된 후, 투영 광학 유닛(27)의 촬상 빔 경로는, 그곳에 위치한 미러(M1)에서 반사되기 전의 투영 광학 유닛(26)의 촬상 빔 경로에 질적으로 대응한다.
- [0316] 투영 광학 유닛(26)과 다르게, 투영 광학 유닛(27)에서 오브젝트 면(5)과 이미지 면(9)은 서로 평행하게 연장되지 않고, 서로에 대해서 각을 이룬다. 오브젝트 면(5)과 이미지 면(9) 사이의 각도는 대략 25°이다. 오브젝트 면(5)과 이미지 면(9)이 상이한 각도를 이루는 것도 가능하며, 예를 들면, 9°이다.
- [0317] 미러(M1 ~ M9)는 상기 지정된 자유 곡면 수학적(1)이 적용되는 자유 곡면 미러로서 재 구현된다. 투영 광학 유닛(27)의 광학 설계 데이터는, 설계의 측면에서, 도 2에 따른 투영 광학 유닛(7)에 대한 표에 대응하는 다음의 표로부터 구할 수 있다.

실시 형태	도 10
NA	0.45
파장	13.5 nm
필드 치수_x	13.0 mm
필드 치수_y	0.784 mm
필드 곡률	0.0 1/mm
스탑	S8

도 10에 대한 표 1

표면	반경_x[mm]	굴절력_x[1/mm]	반경_y[mm]	굴절력_y[1/mm]	동작 모드
M9	-927.06163241	0.00215195	-844.37553102	0.00237456	REFL
M8	1260.16184110	-0.00158703	401.08562452	-0.00498668	REFL
M7	-1168.04413588	0.00040107	11410.61912595	-0.00074830	REFL
M6	4599.68965912	-0.00006782	8916.30231166	-0.00143804	REFL
M5	-1096.76971549	0.00176717	-863.86589235	0.00238902	REFL
M4	4376.93959430	-0.00008826	4854.36195700	-0.00213313	REFL
M3	694.47986096	-0.00078202	-11204.91072986	0.00065732	REFL
M2	-1794.72340819	0.00106428	-2029.30630895	0.00103195	REFL
M1	56094.16071744	-0.00000619	2455768.87767400	-0.00000469	REFL

도 10에 대한 표 2

- [0319]

계수	M9	M8	M7
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000
RX	-927.06163240	1260.16184100	-1168.04413600
C7	-2.23517614e-09	-4.50960587e-07	-6.09122113e-08
C9	3.6145057e-09	2.20913057e-07	-7.41514642e-09
C10	-1.30846827e-11	8.26856896e-10	-4.23871389e-10
C12	-3.31679633e-11	3.96892634e-09	-8.1925409e-11
C14	-1.11333628e-11	3.96037785e-09	5.90888948e-12
C16	-1.35234341e-15	-7.57597915e-13	3.35805375e-12
C18	2.4979396e-15	7.50962025e-13	5.21136649e-13
C20	2.05872696e-15	1.71669679e-12	1.05276252e-13
C21	-1.94087173e-17	1.87848046e-15	8.25497656e-14
C23	-7.12735855e-17	2.02345088e-14	1.69291777e-14
C25	-6.73063611e-17	5.75563235e-14	1.53606778e-15
C27	-1.82798337e-17	5.09562952e-14	3.54149717e-17
C29	-3.20697386e-24	-7.22215501e-19	-3.97944158e-16
C31	3.5532586e-21	2.1496672e-17	-2.2247379e-17
C33	5.38887498e-21	6.98750447e-17	1.44225902e-18
C35	2.90441791e-21	1.60217048e-16	2.10047652e-19
C36	-2.16831662e-23	1.02346305e-20	7.76582807e-18
C38	-1.024839e-22	1.50853153e-19	2.1988537e-18
C40	-1.5739648e-22	7.95625269e-19	8.70609334e-20
C42	-9.99598149e-23	1.67352786e-18	3.47122436e-22
C44	-2.1418847e-23	1.35065244e-18	-3.9650949e-23
C46	1.75635066e-27	0	0
C48	3.95925628e-27	0	0
C50	9.08959768e-27	0	0
C52	7.51947576e-27	0	0
C54	2.95311155e-27	0	0
C55	-4.9313257e-29	0	0
C57	-2.91657271e-28	0	0
C59	-6.40825581e-28	0	0
C61	-6.7271506e-28	0	0
C63	-3.36939719e-28	0	0
C65	-6.32994338e-29	0	0

도 10에 대한 표 3a

[0320]

계수	M6	M5	M4
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000
RX	4599.68965900	-1096.76971500	4376.93959400
C7	1.03365575e-07	1.77442565e-08	2.85338602e-07
C9	-1.54020378e-08	-6.87485517e-07	-1.50086102e-08
C10	6.24726933e-10	-6.07852311e-11	-2.45993749e-10
C12	2.40839743e-10	5.8774529e-11	7.01376961e-10
C14	5.40400123e-11	-4.141262e-09	2.22502751e-10
C16	8.59548973e-13	6.15732667e-14	3.90716877e-12
C18	3.88970513e-13	-1.96817792e-12	-8.40526435e-13
C20	-4.05623477e-14	-2.89315132e-11	4.02410751e-13
C21	-1.20558697e-14	2.96793339e-17	-3.71431043e-14
C23	3.60545789e-15	-1.07466885e-15	2.86503345e-14
C25	4.90623123e-16	-7.66590675e-15	-1.34184278e-14
C27	1.09460213e-16	-2.25511385e-13	-1.60120001e-14
C29	-4.29010487e-19	2.6566245e-18	-1.11931312e-16
C31	2.82057928e-17	-4.89526911e-18	1.96219169e-16
C33	3.64606722e-18	1.17410302e-16	1.62404628e-16
C35	-1.9616745e-19	-1.76366177e-15	2.00776571e-16
C36	4.55297641e-19	-1.10261165e-21	2.17082945e-21
C38	1.72685649e-19	4.71570588e-21	-1.71177213e-19
C40	1.19053297e-19	1.68707682e-19	-5.48323926e-19
C42	2.84505286e-21	1.74228055e-18	-7.77652616e-19
C44	3.95736521e-22	-8.4090687e-18	-8.35475752e-19

도 10에 대한 표 3b

[0321]

계수	M3	M2	M1
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000
RX	694.47986100	-1794.72340800	56094.16072000
C7	-9.05001362e-07	2.43898758e-08	-4.50372077e-08
C9	3.15550349e-09	-3.56700561e-08	-1.70664296e-09
C10	6.34026502e-10	9.89791173e-13	-4.70024759e-11
C12	1.18596959e-09	-6.80752791e-11	-1.3238749e-11
C14	1.06817193e-12	2.4496293e-10	5.60439886e-14
C16	-3.63455516e-12	-5.25512666e-15	1.47433739e-13
C18	-1.41249895e-12	4.60707008e-13	2.95667054e-14
C20	-1.74617944e-14	-1.2047971e-12	4.8002619e-15
C21	-1.91218475e-15	-2.29258544e-18	1.9028315e-16
C23	7.60619654e-15	1.4721488e-16	3.97100834e-16
C25	1.76329071e-15	-2.52607323e-15	5.02793845e-17
C27	1.20304383e-17	2.91792964e-15	1.19507083e-17
C29	6.27376885e-18	6.5563985e-20	7.22310933e-20
C31	-9.91733853e-18	-8.95631485e-19	3.50704599e-19
C33	-2.07433776e-18	8.24988356e-18	6.30478322e-20
C35	8.04274126e-21	-6.16363923e-18	1.42780131e-20
C36	1.68635395e-20	-3.79475169e-23	1.84200486e-21
C38	-2.47873133e-21	-5.38421564e-22	-8.43097684e-22
C40	7.02632851e-21	1.78624244e-21	1.73741471e-22
C42	1.58722416e-21	-1.78993463e-20	3.02938088e-23
C44	-3.21703854e-23	5.70718198e-21	7.7900247e-24

도 10에 대한 표 3c

[0322]

표면	DCX	DCY	DCZ
이미지 면	0.00000000	0.00000000	0.00000000
M9	0.00000000	0.00000000	786.63111111
M8	0.00000000	102.63834162	66.28304947
M7	0.00000000	-42.20392704	963.45589840
M6	0.00000000	-330.28870287	1356.10968115
M5	0.00000000	-662.92650671	1595.87409890
M4	0.00000000	-55.87386363	1518.97310352
스탑	0.00000000	312.02692681	1302.34585970
M3	0.00000000	677.24956983	1104.30311012
M2	0.00000000	1096.20099718	348.22303178
M1	0.00000000	1163.41792826	1046.10952756
오브젝트 면	-0.00000000	990.09733323	1716.14318698

도 10에 대한 표 4a

[0323]

표면	TLA[deg]	TLB[deg]	TLC[deg]
이미지 면	-0.00000000	0.00000000	-0.00000000
M9	4.05665761	0.00000000	-0.00000000
M8	188.65127645	0.00000000	-0.00000000
M7	-67.27942550	0.00000000	-0.00000000
M6	-44.75934404	0.00000000	-0.00000000
M5	68.49763755	0.00000000	-0.00000000
M4	-18.35688966	0.00000000	-0.00000000
스탑	-59.23477257	0.00000000	-0.00000000
M3	-45.24965445	0.00000000	-0.00000000
M2	191.74671318	0.00000000	-0.00000000
M1	-85.49756738	-0.00000000	180.00000000
오브젝트 면	9.00279525	-0.00000000	180.00000000

도 10에 대한 표 4b

[0324]

표면	입사각 [deg]	반사율
M9	4.05665761	0.66403357
M8	0.53044148	0.66565924
M7	76.45362613	0.82762443
M6	81.02626853	0.89153746
M5	14.28246533	0.64182800
M4	78.86369490	0.86299856
M3	74.24363169	0.79067680
M2	17.24608899	0.62906014
M1	79.99938209	0.87829176
전체 투과율		0.0789

도 10에 대한 표 5

[0325]

X[mm]	Y[mm]	Z[mm]
0.00000000	-77.36899626	0.00000000
-9.63805104	-76.89174932	0.00000000
-19.04585126	-75.44603498	0.00000000
-27.99720457	-72.99379120	0.00000000
-36.27449492	-69.48369854	0.00000000
-43.67382900	-64.86713406	0.00000000
-50.01062298	-59.11655450	0.00000000
-55.12523420	-52.24278088	0.00000000
-58.88805408	-44.30771100	0.00000000
-61.20346679	-35.43047265	0.00000000
-62.01235694	-25.78715767	0.00000000
-61.29323966	-15.60585844	0.00000000
-59.06229034	-5.15917759	0.00000000
-55.37254326	5.24425982	0.00000000
-50.31248449	15.26910313	0.00000000
-44.00419258	24.56450552	0.00000000
-36.60098665	32.77884030	0.00000000
-28.28434784	39.57860245	0.00000000
-19.25989969	44.67051183	0.00000000
-9.75241853	47.82425257	0.00000000
-0.00000000	48.89242200	0.00000000
9.75241853	47.82425257	0.00000000
19.25989969	44.67051183	0.00000000
28.28434784	39.57860245	0.00000000
36.60098665	32.77884030	0.00000000
44.00419258	24.56450552	0.00000000
50.31248449	15.26910313	0.00000000
55.37254326	5.24425982	0.00000000
59.06229034	-5.15917759	0.00000000
61.29323966	-15.60585844	0.00000000
62.01235694	-25.78715767	0.00000000
61.20346679	-35.43047265	0.00000000
58.88805408	-44.30771100	0.00000000
55.12523420	-52.24278088	0.00000000
50.01062298	-59.11655450	0.00000000
43.67382900	-64.86713406	0.00000000
36.27449492	-69.48369854	0.00000000
27.99720457	-72.99379120	0.00000000
19.04585126	-75.44603498	0.00000000
9.63805104	-76.89174932	0.00000000

도 10에 대한 표 6

[0326]

[0327]

[0328]

[0329]

[0330]

[0331]

[0332]

[0333]

[0334]

[0335]

투영 광학 유닛(27)의 전체 반사율은 7.89%이다.

투영 광학 유닛(27)은 $8 \times (\beta = 8)$ 의 축소 이미징 스케일을 갖는다.

이미지 필드(8)는 6.5 mm의 두배의 x 범위와 1 mm의 y 범위를 갖는다. 투영 광학 유닛(27)은 13.5 nm의 조명광(3)의 동작 파장에 대해서 최적화되어 있다.

투영 광학 유닛(27)에서, 푸필 면(18)은 미러(M3, M4) 사이의 활상 빔 경로에 배치되어 있다. 개략적으로 도시되어 있는 것과 다르게, 푸필 면(18)은 필드 중심 점의 주광선에 대해서 틸트되어 있다. 중간 이미지 면(19)이 미러(M4, M5) 사이의 활상 빔 경로에, 미러(M4)에 근접하여 배치된다.

투영 광학 유닛(27)에서, 한편의 미러(M3, M4)와 다른 한편의 미러(M6, M7)는 그레이징 입사용 미러 쌍을 형성하고, 활상 광(3)에 대한 편향 효과가 가산된다.

미러(M1, M4, M6, M7 및 M8)는 부의 반경 값을 가지며, 즉, 원리상, 오목 미러이다. 미러(M2, M3, M5 및 M9)는 정의 반경 값을 가지며, 즉, 원리상, 볼록 미러이다. 미러(M1, M3, M4, M6 및 M7)는 매우 큰 절대 반경을 가지며, 즉, 평면 반사면에서 조금 벗어나게 구성되어 있다.

투영 광학 유닛(27)에서 미러(M9) 만이 미러(M7, M8) 사이에 안내된 활상 광(3)의 통로에 대한 통과 개구(17)를 포함하는 미러이다.

투영 광학 유닛(27)에서, 오브젝트 면(5)과 이미지 면(9) 사이의 z 거리는 대략 1700 mm이다.

투영 광학 유닛(27)에서, 가장 큰 미러(M9)의 일반적인 지름은 대략 730 mm이다.

- [0336] 투영 광학 유닛(27)에서, 오브젝트/이미지 오프셋 d_{ois} 은 대략 1000 mm이다. 투영 광학 유닛(27)에서, 오브젝트 필드측 주 광선(16)은 또한 오브젝트 면(5)의 법선에 대해서 5.5° 의 각도 CRA0를 포함한다.
- [0337] 투영 광학 유닛(27)은 대략 30 mλ인 이미지 필드측 파면의 스캔 RMS 값을 갖는다. 투영 광학 유닛(27)에서, 이미지 필드측 왜곡 값은 대략 0.6 nm이다.
- [0338] x-차원에 대해서 효과적인 어퍼처 스타미 미러(M2, M3) 사이에서 활상 광(3)의 빔 경로에 배치될 수 있다. 투영 광학 유닛(27)에서, y-차원에서 효과적인 어퍼처 스타미 미러(M3, M4) 사이에서 빔 경로에 배치될 수 있다.
- [0339] 투영 광학 유닛(27)에서, 주 광선(16)은 오브젝트 필드(4)와 미러(M1) 사이에서 활상 광(3)의 빔 경로에서 발산 전파한다.
- [0340] 미러(M9)는 x-차원에서 투영 광학 유닛(27)의 이미지측 개구수의 20% 미만의 이미지측 차폐를 정의한다. y 방향에서, 차폐는 상당히 더 작고 편심되어 있다.
- [0341] 예를 들면, 투영 광학 유닛(7) 대신에, 도 1에 따른 투영 노광 장치(1)에서 사용될 수 있는, 또 다른 실시 형태의 투영 광학 유닛(28)을 도 11에 기초하여 다음에 설명한다. 도 1 ~ 10과 관련하여 상기 이미 설명한 구성 요소 및 기능은 동일한 참조 부호로 적절히 표시되어 있으므로, 다시 상세하게 설명하지 않는다.
- [0342] 투영 광학 유닛(28)은 총 8개의 미러(M1 ~ M8)를 갖는다. 미러(M1, M4, M7 및 M8)는 수직 입사용 미러로 구현되고, 미러(M2, M3, M5 및 M6)는 그레이징 입사용 미러로 구현된다. 미러(M4) 뒤에, 투영 광학 유닛(28)의 빔 경로는 도 10의 투영 광학 유닛(27)의 미러(M5) 뒤의 빔 경로에 질적으로 대응하며, 투영 광학 유닛(27)에서 뒤에서 두번째의 미러(M8)의 배치와 비교하여, 투영 광학 유닛(28)에서 뒤에서 두번째의 미러(M7)는 xz 면에 평행한 면에 대해서 대칭적으로 배치된다.
- [0343] 투영 광학 유닛(28)의 빔 안내에서, 한편의 미러(M1, M2) 사이의 빔 경로와 다른 한편의 미러(M5, M6) 사이의 빔 경로에서 주 광선(16)은 교차한다.
- [0344] 그레이징 입사용, 한편의 미러(M2, M3)와 다른 한편의 미러(M5, M6)는 각각의 경우에 미러 쌍으로서 구현되고, 그 편향 효과가 가산된다.
- [0345] 투영 광학 유닛(28)에서, 최종 미러(M8)만이 미러(M6, M7) 사이에 안내된 활상 광(3)의 통로용 통과 개구(17)를 포함한다.
- [0346] 투영 광학 유닛(28)에서, 이미지 면(9)으로부터 오브젝트 면(5)까지의 z 거리는 대략 2000 mm이다. 투영 광학 유닛(28)에서, 오브젝트/이미지 오프셋은 대략 1000 mm이다.
- [0347] 예를 들면, 투영 광학 유닛(7) 대신에, 도 1에 따른 투영 노광 장치(1)에서 사용될 수 있는, 또 다른 실시 형태의 투영 광학 유닛(29)을 도 12에 기초하여 다음에 설명한다. 도 1 ~ 11과 관련하여 상기 이미 설명한 구성 요소 및 기능은 동일한 참조 부호로 적절히 표시되어 있으므로, 다시 상세하게 설명하지 않는다.
- [0348] 투영 광학 유닛(29)은 총 8개의 미러(M1 ~ M8)를 가진다. 미러(M1, M7 및 M8)는 수직 입사용 미러로 구현된다. 미러(M2, M3, M4, M5 및 M6)는 그레이징 입사용 미러로 구현된다. 그래서, 투영 광학 유닛(29)은 연속적으로 배치되는 5개의 그레이징 입사용 미러를 갖는다. 모든 그레이징 입사용 미러(M2 ~ M6)는 투영 광학 유닛(29)에서 활상 광(3)에 대해서 증가된 편향 효과를 갖는다.
- [0349] 미러(M5) 다음에, 투영 광학 유닛(29)의 빔 경로는 도 2의 투영 광학 유닛(7)의 빔 경로에 질적으로 대응한다.
- [0350] 투영 광학 유닛(29)에서, 최종 미러(M8)만이, 다시 한번, 미러(M6, M7)에 안내된 활상 광(3)의 통로에 대한 통과 개구(17)를 갖는다.
- [0351] 투영 광학 유닛(29)에서, 서로 평행한 오브젝트 면(5)과 이미지 면(9) 사이의 z 거리는 대략 2500 mm이다. 투영 광학 유닛(29)에서, 오브젝트/이미지 오프셋은 대략 3000 mm이다.
- [0352] 예를 들면, 투영 광학 유닛(7) 대신에, 도 1에 따른 투영 노광 장치(1)에서 사용될 수 있는, 또 다른 실시 형태의 투영 광학 유닛(30)을 도 13에 기초하여 다음에 설명한다. 도 1 ~ 12와 관련하여 상기 이미 설명한 구성 요소 및 기능은 동일한 참조 부호로 적절히 표시되어 있으므로, 다시 상세하게 설명하지 않는다.
- [0353] 투영 광학 유닛(30)은 총 11개의 미러(M1 ~ M11)를 가진다. 미러(M5, M10 및 M11)는 수직 입사용 미러로 구현된다. 미러(M1, M2, M3, M4, M6, M7, M8 및 M9)는 그레이징 입사용 미러로 구현된다. 그래서, 투영 광학 유

닛(30)은 각각 연속으로 배치된 4개의 그레이징 입사용 미러를 갖는 2개의 군을 갖는다. 그레이징 입사용 미러(M1 ~ M4)의 편향 효과가 가산된다. 그레이징 입사용 미러(M6 ~ M9)의 편향 효과가 가산된다.

[0354] 미러(M8) 다음에, 투영 광학 유닛(30)의 촬상 빔 경로는, xz 면에 평행한 면에 대해서 대칭인, 미러(M4) 다음의, 도 11의 투영 광학 유닛(28)의 촬상 빔 경로에 질적으로 대응한다.

[0355] 예를 들면, 투영 광학 유닛(7) 대신에, 도 1에 따른 투영 노광 장치(1)에서 사용될 수 있는, 또 다른 실시 형태의 투영 광학 유닛(31)을 도 14 및 도 15에 기초하여 다음에 설명한다. 도 1 ~ 13과 관련하여 상기 이미 설명한 구성 요소 및 기능은 동일한 참조 부호로 적절히 표시되어 있으므로, 다시 상세하게 설명하지 않는다. 도 14는 투영 광학 유닛(31)의 메리디오널 섹션을 도시한다. 도 15는 투영 광학 유닛(31)의 새지털 뷰를 나타낸다.

[0356] 투영 광학 유닛(31)은 총 8개의 미러(M1 ~ M8)를 가지며, 기본 설계의 측면에서, 예를 들면, 도 2의 투영 광학 유닛(7)과 유사하다.

[0357] 미러(M1 ~ M8)는 상기 지정된 자유 곡면 수학적식(1)이 적용되는 자유 곡면 미러로서 재 구현된다. 투영 광학 유닛(31)의 광학 설계 데이터는, 설계의 측면에서, 도 2에 따른 투영 광학 유닛(7)에 대한 표에 대응하는 다음의 표로부터 구할 수 있다.

실시 형태	도 14/15
NA	0.6
파장	13.5 nm
필드 치수 _x	13.0 mm
필드 치수 _y	1.2 mm
필드 곡률	0.049315 1/mm
스탑	S9

[0358] 도 14/15에 대한 표 1

표면	반경 _x [mm]	굴절력 _x [1/mm]	반경 _y [mm]	굴절력 _y [1/mm]	동작 모드
M8	-760.70350941	0.00261095	-690.41137663	0.00291701	REFL
M7	1660.51779822	-0.00120425	351.41973469	-0.00569210	REFL
M6	22413.77181938	-0.00002294	-20325.26887942	0.00038276	REFL
M5	-61404.35325763	0.00000694	6970.73341488	-0.00134567	REFL
M4	-1968.89132935	0.00100852	-1867.99412600	0.00107840	REFL
M3	-8443.92486351	0.00004792	-8485.60225377	0.00116489	REFL
M2	-2785.90885659	0.00017702	2068.91589871	-0.00392049	REFL
M1	19049.58074618	-0.00009999	-1346.04479234	0.00156005	REFL

[0359] 도 14/15에 대한 표 2

계수	M8	M7	M6
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000
RX	-760.70350940	1660.51779800	22413.77182000
C7	-2.33007014e-08	2.88578547e-07	2.2753674e-07
C9	-1.18967539e-08	-3.88069638e-07	-1.7457017e-07
C10	-2.72776659e-11	1.49271555e-09	6.68609309e-10
C12	-7.0442837e-11	5.59222539e-09	-3.8203442e-10
C14	-2.75271127e-11	6.67807776e-09	-5.77862714e-10
C16	-2.23080012e-14	1.04050752e-12	-3.23543892e-12
C18	-4.50583763e-14	-4.27223388e-12	8.34265088e-13
C20	-1.4274792e-14	-1.06939915e-11	-2.23351616e-12
C21	-7.56087206e-17	4.59226247e-15	-3.59682046e-15
C23	-2.39764985e-16	3.8987218e-14	1.13689144e-14
C25	-2.30791712e-16	1.29791609e-13	-6.73241398e-16
C27	-6.65038444e-17	1.43884373e-13	-9.82855694e-15
C29	-2.53005387e-20	1.04942825e-17	2.27512685e-17
C31	-1.01909319e-19	1.61698231e-17	-3.69216305e-17
C33	-9.10891737e-20	-1.87239071e-16	-9.10355957e-20
C35	-2.22321038e-20	-3.6078348e-16	-4.66136303e-17
C36	-1.15852474e-22	2.8817043e-20	1.65439247e-19
C38	-6.28157898e-22	3.07592107e-19	-6.87738716e-22
C40	-9.6788962e-22	1.31683563e-18	1.27689461e-19
C42	-6.41461387e-22	3.2410417e-18	-8.59875947e-22
C44	-1.5313164e-22	3.93814067e-18	-2.18742961e-19
C46	-1.13873934e-25	1.33094976e-22	-8.48120432e-22
C48	-2.12040282e-25	-1.87148715e-22	8.70636092e-22
C50	-3.26381834e-25	-2.12882905e-21	5.2058061e-22
C52	-1.88634319e-25	-8.0669662e-21	1.43430743e-22
C54	-3.77802198e-26	-1.65415378e-20	-8.35116913e-22
C55	-2.78299672e-28	1.62987882e-25	-1.26276164e-23
C57	-1.13733455e-27	3.09234722e-24	-1.06004981e-23
C59	-2.50973358e-27	2.05233308e-23	-1.18561349e-23
C61	-2.36012273e-27	6.71690321e-23	-4.77169105e-25
C63	-1.07735394e-27	1.14300682e-22	2.74390777e-25
C65	-1.68978578e-28	8.85821016e-23	-3.96110871e-24
C67	1.51915362e-32	-2.32859315e-27	8.22294799e-26
C69	-5.49655364e-31	1.39198769e-26	-4.76626411e-26
C71	-1.02066385e-30	6.61474215e-26	-9.93012444e-26
C73	-1.18308652e-30	4.75522732e-26	-6.29472298e-26
C75	-5.84567673e-31	-7.56976341e-26	-5.49230676e-27
C77	-1.06877542e-31	6.97381799e-26	-4.17957059e-26
C78	-6.57287449e-34	-1.11031193e-30	5.04699814e-28
C80	-4.98973258e-33	-3.42075816e-29	3.32058589e-28
C82	-1.47067638e-32	-1.97911989e-28	1.10888783e-27
C84	-2.39766693e-32	-8.4948077e-28	9.24713394e-29
C86	-2.10528972e-32	-4.47266704e-28	-1.36080649e-28
C88	-9.49212101e-33	3.40835449e-27	-3.22056057e-29
C90	-1.85536567e-33	6.09359424e-27	-3.22300574e-28
C92	1.14904466e-37	4.55084533e-32	-2.32548127e-30
C94	-3.94852331e-37	-6.02019105e-32	2.65660093e-30
C96	-6.82573646e-37	-1.80150194e-30	4.77721528e-30
C98	3.49439171e-37	-6.96859581e-30	4.3682388e-30
C100	8.37743218e-37	-2.35053497e-29	1.52429646e-30
C102	4.22187524e-37	-7.01661753e-29	-1.0247849e-31
C104	1.07716944e-37	-9.6147079e-29	-1.20989386e-30
C105	7.66857985e-40	4.18651817e-35	-8.36182433e-33
C107	5.95979105e-39	1.31671069e-33	-3.54017002e-33
C109	2.67422787e-38	9.8779453e-33	-4.83481101e-32
C111	6.45464453e-38	5.60289315e-32	-8.16147728e-33
C113	8.78194876e-38	1.58284154e-31	1.4522278e-32

계수	M8	M7	M6
C115	6.57244583e-38	2.85637687e-31	5.61495185e-33
C117	2.60731766e-38	4.34645199e-31	-2.42083693e-34
C119	4.80920542e-39	4.05075079e-31	-1.74525827e-33
C121	-7.24465698e-43	0	0
C123	-5.06090521e-42	0	0
C125	-2.11201601e-41	0	0
C127	-3.93520662e-41	0	0
C129	-4.26707116e-41	0	0
C131	-2.6866198e-41	0	0
C133	-9.02589569e-42	0	0
C135	-1.35713124e-42	0	0
C136	-6.18315205e-45	0	0
C138	-5.64222317e-44	0	0
C140	-2.25923694e-43	0	0
C142	-5.2742383e-43	0	0
C144	-7.72344846e-43	0	0
C146	-7.07223784e-43	0	0
C148	-3.9358099e-43	0	0
C150	-1.23782731e-43	0	0
C152	-1.76195917e-44	0	0

도 14/15에 대한 표 3a

[0360]

계수	M5	M4	M3
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000
RX	-61404.35326000	-1968.89132900	-8443.92486400
C7	-1.68207907e-07	-9.69253223e-08	-1.61488272e-08
C9	-1.68739886e-07	-4.92868764e-07	2.12423419e-08
C10	1.37381131e-10	-4.29245796e-12	-3.01016486e-11
C12	1.73273328e-10	2.8015583e-10	-3.01270218e-11
C14	3.39901777e-10	2.62958278e-09	-3.12591627e-11
C16	-2.02771855e-13	-6.55098858e-14	5.94264568e-14
C18	-2.74086745e-13	-2.19243624e-12	1.84091903e-14
C20	-1.11184944e-12	-1.64987945e-11	2.75233054e-14
C21	-1.66473292e-16	5.11085588e-18	5.26119437e-17
C23	-1.53971529e-16	5.55797544e-16	-6.75020173e-17
C25	-1.4400902e-16	1.63350353e-14	-5.16160437e-17
C27	2.78000528e-15	1.23712765e-13	-3.82616113e-17
C29	-4.21493833e-19	-8.59118066e-20	-6.89623715e-20
C31	1.37929257e-18	-5.35246837e-18	6.50922922e-20
C33	7.35166575e-18	-1.3798481e-16	5.66413099e-20
C35	-2.94790982e-17	-8.56072868e-16	4.52051441e-20
C36	-3.95620249e-21	3.9780575e-23	-1.10791979e-21
C38	7.20372936e-21	1.07488208e-21	-3.83039519e-22
C40	-3.66632457e-20	7.37896563e-20	-8.63659651e-23
C42	1.11889421e-19	1.33985205e-18	-9.65351264e-23
C44	-2.23316105e-19	5.21035424e-18	-6.41320506e-23
C46	6.98222374e-23	4.14830144e-25	9.00262127e-25
C48	1.89025842e-23	-2.64909189e-23	1.42487114e-24
C50	-6.54336013e-22	-9.0106405e-22	3.32110828e-25
C52	2.37305051e-21	-6.69630166e-21	1.54439296e-25
C54	-2.44135026e-21	-4.36511688e-20	7.91478948e-26
C55	3.57408258e-26	6.04631528e-29	4.61140016e-27
C57	-5.70542383e-25	-2.22061343e-27	1.19061262e-26
C59	2.23346131e-24	-3.29453086e-25	-2.43403831e-27
C61	-1.08608159e-23	-3.59843538e-24	-1.04602448e-27
C63	4.01727698e-23	1.17803737e-22	-3.01269966e-28
C65	-3.08466704e-23	1.2589272e-21	-9.07944125e-29
C67	-9.09279986e-28	-2.73791414e-30	-1.05225381e-29
C69	1.84008908e-28	1.67755413e-28	-3.76114547e-29
C71	2.98171505e-26	7.89504238e-27	1.08887944e-30
C73	-1.45773298e-25	1.37144291e-25	9.62125603e-31
C75	5.4755988e-25	-1.75156336e-24	4.40838424e-31
C77	-6.88817386e-25	0	1.65923732e-31
C78	-1.93722111e-31	-6.27481076e-34	-4.32487572e-32
C80	8.17303266e-30	2.11008905e-32	-1.14299001e-31
C82	-6.67999871e-29	5.2310253e-30	4.65450563e-32
C84	2.67006152e-28	3.0291707e-28	8.73563385e-33
C86	-1.53075751e-27	2.20926318e-27	1.52319789e-33
C88	5.16885409e-27	2.74028858e-27	-7.11278706e-34
C90	-8.23017746e-27	0	-4.3534126e-34
C92	9.28021791e-33	1.61499153e-35	3.4340304e-34
C94	1.69089847e-32	-8.96493937e-34	3.93253353e-34
C96	-3.39525427e-31	-7.08991192e-32	-4.73501064e-35
C98	1.66641579e-30	-3.0950904e-30	-2.05074664e-35
C100	-9.51326703e-30	-9.26698789e-29	-2.50411785e-36
C102	2.94059028e-29	0	1.04321451e-36
C104	-4.69127888e-29	0	6.43577491e-37
C105	-1.7696216e-36	4.64103982e-39	-1.04049749e-37
C107	-8.97432009e-35	2.19653265e-38	-4.82828467e-37
C109	5.43884259e-34	-1.60384827e-35	-3.57026561e-37
C111	-8.8263867e-34	-2.16883676e-33	6.55702741e-38
C113	5.276912e-33	-4.68627022e-32	6.67841412e-39
C115	-2.42873892e-32	-1.04759785e-30	8.77078073e-40
C117	7.30432753e-32	0	-6.91810729e-40
C119	-1.02386637e-31	0	-3.62760873e-40

도 14/15에 대한 표 3b

[0361]

계수	M2	M1
KY	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000
RX	-2785.90885700	19049.58075000
C7	1.02179797e-07	-1.83712276e-07
C9	2.08877338e-07	-4.58660126e-08
C10	-2.19824304e-10	-1.67890734e-11
C12	-4.14802496e-10	4.67483698e-11
C14	9.46958508e-10	1.1339512e-11
C16	6.64712822e-13	-2.5185941e-13
C18	1.1708882e-13	-6.01722521e-13
C20	2.83635538e-12	-4.88209081e-14
C21	2.7928674e-16	-2.02129522e-18
C23	1.42351482e-15	-7.27365863e-16
C25	-1.92431341e-15	4.83885181e-16
C27	8.77128791e-15	-1.97905684e-17
C29	7.21451366e-18	-1.28398658e-18
C31	6.30102696e-18	9.94551948e-19
C33	3.50555759e-18	1.88504443e-18
C35	3.12699312e-17	1.06434779e-19
C36	-3.68339425e-20	-2.27688495e-21
C38	3.61485045e-20	-1.70028002e-20
C40	5.05283454e-21	-1.07042666e-20
C42	1.99680032e-21	1.04162271e-20
C44	1.24570222e-19	-1.55097266e-21
C46	-3.21749539e-22	5.12417577e-23
C48	1.68890864e-22	-3.98185412e-23
C50	1.15552342e-24	-5.91175233e-23
C52	-1.84254516e-23	-1.14320553e-22
C54	3.61172897e-22	-6.223901e-23
C55	2.57524069e-25	1.13131912e-25
C57	-1.72472199e-24	8.57655135e-25
C59	2.79637731e-25	2.11373459e-24
C61	-2.11635905e-24	2.45014709e-25
C63	-3.38605775e-24	-5.95868212e-25
C65	-5.51007018e-25	-8.97281776e-26
C67	1.78442615e-27	-3.12729249e-28
C69	-4.68488975e-27	1.28492955e-26
C71	1.54333938e-26	2.09200168e-26
C73	1.94658666e-26	1.65108524e-26
C75	6.09850146e-27	7.04786074e-27
C77	4.18619136e-27	4.5184573e-27
C78	1.54200314e-31	-1.32478619e-30
C80	6.95048519e-30	2.51954717e-29
C82	-3.04720781e-29	-3.83569962e-29
C84	5.24989858e-29	-4.69742338e-30
C86	2.04128459e-28	4.07157123e-29
C88	2.00406824e-28	3.07404295e-29
C90	9.4685541e-29	1.13319109e-29
C92	3.87396229e-32	-6.19892982e-32
C94	6.51760335e-32	-6.54903162e-31
C96	-2.20158879e-31	-1.35223368e-30
C98	-3.33335228e-31	-1.59978619e-30
C100	-1.8982851e-31	-9.29567239e-31
C102	2.55028572e-32	-2.74472497e-31
C104	9.15729393e-32	-1.39144572e-31
C105	1.54616461e-35	-4.43620458e-35
C107	2.57448706e-34	-2.24105011e-33
C109	4.15070906e-34	-4.2791598e-33
C111	-4.57189383e-34	-5.88226204e-33
C113	-2.7712617e-33	-7.99527615e-33
C115	-5.61503186e-33	-4.25467966e-33
C117	-3.62496099e-33	-1.32244101e-33
C119	-9.3965259e-34	-5.41759129e-34

도 14/15에 대한 표 3c.

[0362]

표면	DCX	DCY	DCZ
이미지 면	0.00000000	0.00000000	0.00000000
M8	0.00000000	1.58228046	644.46684396
M7	0.00000000	-130.94320893	86.28913162
M6	-0.00000000	79.00389588	1146.86693841
M5	-0.00000000	315.04839618	1400.80720652
M4	-0.00000000	708.31755783	1568.71377057
M3	-0.00000000	-353.76795180	1371.20626759
M2	-0.00000000	-1004.08161985	938.25663352
스탑	-0.00000000	-1059.88207749	829.40621334
M1	-0.00000000	-1419.83403251	171.07007671
오브젝트 면	-0.00000000	-1596.59832123	1556.09991381

도 14/15에 대한 표 4a

[0363]

표면	TLA[deg]	TLB[deg]	TLC[deg]
이미지 면	-0.00000000	0.00000000	-0.00000000
M8	-6.87697088	0.00000000	-0.00000000
M7	167.05654494	0.00000000	-0.00000000
M6	63.67723779	-0.00000000	0.00000000
M5	37.03218867	-0.00000000	-0.00000000
M4	-72.57292341	0.00000000	-0.00000000
M3	21.99697785	-0.00000000	-0.00000000
M2	47.89820238	-0.00000000	0.00000000
스탑	33.48047202	-0.00000000	180.00000000
M1	169.48262671	0.00000000	-0.00000000
오브젝트 면	1.44970929	-0.00000000	0.00000000

도 14/15에 대한 표 4b

[0364]

표면	입사각 [deg]	반사율
M8	6.74473267	0.66088293
M7	1.02118653	0.66560218
M6	75.10308995	0.80563416
M5	77.68931628	0.84631558
M4	6.86410776	0.66070326
M3	78.32667965	0.85548939
M2	75.72513685	0.81598083
M1	17.74444012	0.62654454
전체 투과율		0.0867

도 14/15에 대한 표 5

[0365]

X[mm]	Y[mm]	Z[mm]
-0.00000000	88.44258973	0.00000000
24.64699112	87.07599581	0.00000000
48.84374950	83.04125797	0.00000000
72.13433069	76.52735358	0.00000000
94.05344206	67.82941768	0.00000000
114.12656538	57.32195581	0.00000000
131.87509715	45.42746439	0.00000000
146.82707628	32.58529760	0.00000000
158.53331961	19.22513587	0.00000000
166.58810289	5.74816752	0.00000000
170.65260767	-7.48326159	0.00000000
170.47874487	-20.14984875	0.00000000
165.93088822	-31.97720096	0.00000000
157.00305460	-42.73762190	0.00000000
143.82941376	-52.25207120	0.00000000
126.68708163	-60.39119625	0.00000000
105.99130912	-67.07383413	0.00000000
82.28375334	-72.26173300	0.00000000
56.21483844	-75.94958583	0.00000000
28.52131067	-78.15089981	0.00000000
0.00000000	-78.88229478	0.00000000
-28.52131067	-78.15089981	0.00000000
-56.21483844	-75.94958583	0.00000000
-82.28375334	-72.26173300	0.00000000
-105.99130912	-67.07383413	0.00000000
-126.68708163	-60.39119625	0.00000000
-143.82941376	-52.25207120	0.00000000
-157.00305460	-42.73762190	0.00000000
-165.93088822	-31.97720096	0.00000000
-170.47874487	-20.14984875	0.00000000
-170.65260767	-7.48326159	0.00000000
-166.58810289	5.74816752	0.00000000
-158.53331961	19.22513587	0.00000000
-146.82707628	32.58529760	0.00000000
-131.87509715	45.42746439	0.00000000
-114.12656538	57.32195581	0.00000000
-94.05344206	67.82941768	0.00000000
-72.13433069	76.52735358	0.00000000
-48.84374950	83.04125797	0.00000000
-24.64699112	87.07599581	0.00000000

도 14/15에 대한 표 6

[0366]

투영 광학 유닛(31)의 전체 반사율은 8.67%이다.

[0367]

투영 광학 유닛(31)은 0.6의 이미지측 개구수를 갖는다. 이미지 필드(8)는 6.5 mm의 두배의 x 범위와 1.20 mm

[0368]

의 y 범위를 갖는다. 이미지 필드(8)는 예를 들면, 20.28 mm의 곡률 반경을 가지며, y 축에 대해 대칭적으로 만곡되어 있다. 따라서, 투영 광학 유닛(31)은 아크형 필드를 가지며, 직사각형 필드를 갖지 않는다. 투영 광학 유닛(31)은 13.5 mm의 조명광 (3)의 동작 파장에 대해서 최적화되어 있다.

- [0369] 투영 광학 유닛(31)은 정확히 8개의 미러(M1 ~ M8)를 갖는다. 한편의 미러(M2, M3)와 다른 한편의 미러(M5, M6)는 그레이징 입사용 미러로서 구현되며, 각각의 경우에 활상 빔 경로에서 순차적으로 바로 뒤이어 위치하는 미러쌍으로 배치된다. 투영 광학 유닛(31)은 정확히 4개의 그레이징 입사용 미러, 즉, 미러(M2, M3, M5 및 M6)를 갖는다. 미러(M1, M4, M7 및 M8)는 수직 입사용 미러로 구현된다.
- [0370] 투영 광학 유닛(31)에서, 스태프(18)은 미러(M1, M2) 사이의 빔 경로에서, 미러(M2)상의 그레이징 입사 근방에 배치된다. 또는, 스태프는 미러(M2)의 표면 상에 직접 배치될 수 있다.
- [0371] 투영 광학 유닛(31)은 $\beta = 8.00$ 의 축소 이미징 스케일을 갖는다.
- [0372] 오브젝트 면(5)에서 주 광선(16)의 입사각은 6.3° 이다.
- [0373] 도 14에 따른 메리디오널 섹션에서, 주 광선은 오브젝트 필드(4)와 미러(M1) 사이에서 발산 방식으로 연장된다. yz 면에서, 투영 광학 유닛(31)의 입사동은 조명광의 빔 경로에서 오브젝트 필드(4) 앞의 -3500 mm에 놓여 있다. xz 면에서 (도 15 참조), 입사동은 투영 광학 유닛(31)의 활상 빔 경로에서 오브젝트 필드 뒤의 2100 mm에 놓여 있다.
- [0374] 스태프(18)은, 그 자신의 yz-섹션의 위치와 비교하여, xz-섹션(도 15 참조)에서 z 방향으로 변위된 위치에 존재할 수 있다.
- [0375] 오브젝트 필드(4)와 이미지 필드(8) 사이의 z 거리는 대략 1600 mm이다.
- [0376] 오브젝트/이미지 오프셋(d_{0IS})은 대략 1560 mm이다.
- [0377] 미러(M7)와 이미지 필드(8) 사이의 자유 작동 거리는 61 mm이다.
- [0378] 투영 광학 유닛(31)에서, 파면 수차의 스캔 RMS 값은 최대 8 mλ, 평균 7 mλ이다.
- [0379] 최대 왜곡값은 x 방향에서 최대 0.12 nm이고, y 방향에서 최대 0.08 nm이다. x 방향의 텔레센트릭 값은 이미지 필드측에서 최대 0.61 mrad이고, y 방향의 텔레센트릭 값은 이미지 필드측에서 최대 1.16 mrad이다.
- [0380] 또 다른 미러 데이터는 다음 표에 기재되어 있다.

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
최대 입사각 [deg]	18.4	78.2	79.3	10.8	82.3	78.9	18.8	7.3
미러 치수 (x) [mm]	245.4	366.0	506.8	606.2	426.9	218.7	323.2	804.5
미러 치수 (y) [mm]	246.9	252.0	795.8	84.5	175.8	270.5	173.3	788.5
최대 미러 지름 [mm]	252.6	366.3	803.8	606.2	426.9	281.1	323.4	805.8

도 14/15에 대한 표 7

- [0381]
- [0382] yz 면(도 14)의 미러(M5)의 반사 영역 및 xz 면(도 15)의 미러(M6, M7) 사이의 활상 빔 경로 영역에서 빔 경로 상에 중간 이미지(19)가 존재한다.
- [0383] 미러(M8)는 차폐되고, 미러(M6, M7) 사이의 활상 빔 경로에서 조명 광(3)의 통로에 대한 통과 개구(17)를 갖는다.
- [0384] 활상 빔 경로에서 최종 미러(M8)만이 활상 광(3)에 대한 통과 개구(17)를 갖는다. 모든 다른 미러(M1 ~ M7)는 연속적인 반사면을 갖는다. 미러(M8)의 반사면은 그 통과 개구(17) 주위에서 사용된다.
- [0385] 미러(M1, M3, M4, M6 및 M8)는 부의 반경 값을 가지며, 즉, 원리상, 오목 미러이다. 미러(M2, M5 및 M7)는正的 반경 값을 가지며, 즉, 원리상, 볼록 미러이다. 그레이징 입사용 미러(M2, M3, M5 및 M6)는 매우 큰 절대 반경을 가지며, 즉, 평면 반사면에서 조금 벗어나게 구성되어 있다.
- [0386] 도 15a는, 각각의 경우에 조명광(3)이 조사되는, 투영 광학 유닛(31)의 미러(M1 ~ M8)의 면들의 에지 윤곽, 즉, 소위, 미러(M1 ~ M8)의 풋프린트를 나타낸다. 이들 에지 윤곽의 각각은 각각의 미러(M1 ~ M8)의 로컬 x-좌표 및 y-좌표에 대응하는 x/y 다이어그램으로 도시되어 있다. 밀리미터 단위로 일정의 배율로 도시되어 있다. 미

러(M1, M2, M6 및 M8)는 값 1로부터 벗어나지 않거나 약간 벗어난 x/y-중형비를 갖는다. 미러(M3)는 대략 0.55의 x/y-중형비를 갖는다. 미러(M4)는 대략 7.5의 x/y-중형비를 갖는다. 미러(M5)는 대략 2.5의 x/y-중형비를 갖는다. 미러(M7)는 대략 2의 x/y-중형비를 갖는다.

[0387] 예를 들면, 투영 광학 유닛(7) 대신에, 도 1에 따른 투영 노광 장치(1)에서 사용될 수 있는, 또 다른 실시 형태의 투영 광학 유닛(32)를 도 16 및 17에 기초하여 다음에 설명한다. 도 1 ~ 15와 관련하여 상기 이미 설명한 구성 요소 및 기능은 동일한 참조 부호로 적절히 표시되어 있으므로, 다시 상세하게 설명하지 않는다. 도 16은 투영 광학 유닛(32)의 메리디언얼 섹션을 도시한다. 도 17은 투영 광학 유닛(32)의 새지털 뷰를 나타낸다.

[0388] 투영 광학 유닛(32)은 총 8개의 미러(M1 ~ M8)를 가지고, 기본 설계의 관점에서, 예를 들면, 도 2에 따른 투영 광학 유닛(7)와 유사하다.

[0389] 미러(M1 ~ M8)는 상기 지정된 자유 곡면 수학적식(1)이 적용되는 자유 곡면 미러로서 재 구현된다. 투영 광학 유닛(32)의 광학 설계 데이터는, 설계의 측면에서, 도 2에 따른 투영 광학 유닛(7)에 대한 표에 대응하는 다음의 표로부터 구할 수 있다.

실시 형태	도16/17
NA	0.63
파장	13.5 nm
필드 치수_x	13.0 mm
필드 치수_y	1.2 mm
필드 곡률	0.0 1/mm
스탑	S9

도16/17에 대한 표 1

[0390]

표면	반경_x[mm]	굴절력_x[1/mm]	반경_y[mm]	굴절력_y[1/mm]	동작 모드
M8	-931.70840871	0.00212869	-869.27604763	0.00232012	REFL
M7	2483.73117622	-0.00080462	590.74829460	-0.00338815	REFL
M6	4073.92459627	-0.00009230	18265.52467135	-0.00058241	REFL
M5	7333.37887582	-0.00006439	2756.23195835	-0.00307339	REFL
M4	-2343.60828683	0.00084551	-1275.30707722	0.00158285	REFL
M3	-8176.83666005	0.00004510	-22705.81965249	0.00047771	REFL
M2	-2347.82420977	0.00014956	5323.37610244	-0.00213994	REFL
M1	7536.03761813	-0.00025355	-1766.43613919	0.00118510	REFL

도16/17에 대한 표 2

[0391]

계수	M8	M7	M6
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000
RX	-931.70840870	2483.73117600	4073.92459600
C7	-2.91071984e-08	1.03086086e-08	1.42663812e-08
C9	-1.4873513e-08	-2.95346773e-07	-1.46095442e-08
C10	-1.35088934e-11	7.46509583e-10	1.66564805e-10
C12	-3.04656958e-11	1.97488711e-09	4.76376807e-11
C14	-1.4685502e-11	1.96447383e-09	-6.83009219e-11
C16	-2.0880499e-14	-2.54564229e-13	-4.64702132e-13
C18	-3.50367731e-14	-1.15902664e-12	4.62582078e-14
C20	-1.30121192e-14	-2.52789708e-12	-2.03948925e-13
C21	-2.58185385e-17	1.1522247e-15	-2.7157107e-17
C23	-7.74145665e-17	7.55596284e-15	9.77435168e-16
C25	-7.78695864e-17	1.95378488e-14	2.0332385e-16
C27	-2.47396927e-17	1.84775168e-14	-6.22309514e-16
C29	-1.76814258e-20	2.09437366e-18	-1.49864939e-19
C31	-5.60530841e-20	5.96908377e-19	-9.33357714e-19
C33	-4.97811363e-20	-2.08627141e-17	3.07259452e-19
C35	-1.3997665e-20	-3.46362367e-17	-1.96498619e-18
C36	-3.36480331e-23	5.9536477e-21	-5.41486656e-21
C38	-1.43652378e-22	3.57217041e-20	-2.3879585e-21
C40	-2.19649946e-22	1.05418252e-19	1.2923996e-21
C42	-1.50444552e-22	2.35618312e-19	-1.0808335e-21
C44	-3.74578417e-23	1.91215151e-19	-6.45753285e-21
C46	-3.13089528e-26	-3.39340782e-23	-3.83895365e-23
C48	-7.18534794e-26	-6.31648018e-23	-1.051438e-22
C50	-1.09073223e-25	-3.26404881e-22	-2.85984644e-23
C52	-6.83064745e-26	-9.21698689e-22	-1.08466535e-23
C54	-1.42936475e-26	-6.02090954e-22	-2.26713596e-23
C55	-1.98418542e-29	-2.78722687e-26	1.37273683e-25
C57	-1.18366952e-28	4.63896896e-26	4.78797534e-25
C59	-2.85319764e-28	8.94639444e-25	2.0872644e-25
C61	-2.84788816e-28	2.79795669e-24	4.69038748e-27
C63	-1.29159985e-28	3.56080821e-24	-5.79635406e-28
C65	-2.10189947e-29	2.1127208e-24	-8.21926722e-26
C67	-2.32273683e-32	4.1958734e-28	3.52289657e-27
C69	-2.40813769e-31	6.21640783e-28	6.54476369e-27
C71	-4.32683743e-31	5.44469541e-27	1.39064733e-27
C73	-4.15492269e-31	1.39187594e-26	3.08809486e-28
C75	-1.90762176e-31	2.23223868e-26	2.68993428e-28
C77	-3.53653344e-32	6.58181727e-27	-2.56565757e-28
C78	-1.28401944e-34	4.22239739e-31	-5.6263208e-30
C80	-8.00611222e-34	1.4969115e-30	-3.65636379e-29
C82	-2.08044469e-33	9.27586881e-31	-2.82097568e-29
C84	-2.99812506e-33	-2.81205697e-29	1.23362854e-30
C86	-2.44765003e-33	-5.59224504e-29	3.32486225e-31
C88	-1.08671322e-33	-1.78093061e-29	1.1699384e-30
C90	-2.11573397e-34	5.14032892e-29	-5.63928364e-31
C92	3.23220481e-38	-2.38769667e-33	-5.74687656e-32
C94	3.21925323e-37	-3.11471422e-33	-1.32786862e-31
C96	7.57126123e-37	-6.66791486e-32	-4.22660394e-32
C98	9.69365768e-37	-2.934094e-31	9.32991054e-34

[0392]

계수	M8	M7	M6
C100	7.04923179e-37	-6.52696174e-31	-6.22093735e-33
C102	2.62042917e-37	-1.04820586e-30	2.08603643e-33
C104	4.07988929e-38	-7.5774402e-31	-7.31578585e-34
C105	1.66061587e-40	-4.99206036e-37	8.05574038e-35
C107	1.25271974e-39	5.59249922e-36	6.75124517e-34
C109	4.10714369e-39	6.2048029e-35	7.7682584e-34
C111	7.47611007e-39	6.35194423e-34	-4.50825615e-36
C113	8.28548592e-39	2.16520675e-33	-3.39262679e-35
C115	5.5390038e-39	3.67754227e-33	-1.22938875e-35
C117	2.08161823e-39	4.05364531e-33	1.44193642e-36
C119	3.61466995e-40	2.14759918e-33	-4.15418675e-37
C121	-1.7470143e-43	0	0
C123	-1.24194664e-42	0	0
C125	-3.89205838e-42	0	0
C127	-6.57194445e-42	0	0
C129	-6.52993268e-42	0	0
C131	-3.87022353e-42	0	0
C133	-1.24875231e-42	0	0
C135	-1.70148907e-43	0	0
C136	-3.91176552e-46	0	0
C138	-3.37053804e-45	0	0
C140	-1.30298939e-44	0	0
C142	-2.82508364e-44	0	0
C144	-3.81978621e-44	0	0
C146	-3.31582016e-44	0	0
C148	-1.79377138e-44	0	0
C150	-5.55598461e-45	0	0
C152	-7.76672874e-46	0	0

도 16/17에 대한 표 3a

[0393]

계수	M5	M4	M3
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000
RX	7333.37887600	-2343.60828700	-8176.83666000
C7	-8.06007218e-08	-3.48950166e-08	4.05927788e-09
C9	-2.08509486e-07	8.94289204e-08	1.77611145e-08
C10	4.87512053e-11	-3.68853182e-12	-2.10548784e-12
C12	6.98533228e-11	-1.68926357e-12	-1.81838078e-11
C14	7.56830797e-10	-7.16019789e-10	-1.28620718e-11
C16	-4.21056731e-14	-9.71341862e-15	1.51233551e-14
C18	2.16257556e-13	1.0109964e-13	2.12796111e-14
C20	-2.45524747e-12	2.43722256e-12	1.97634161e-14
C21	-1.00355924e-16	1.46336047e-18	-3.64595782e-17
C23	-8.60207099e-17	-7.86037179e-18	-1.04353271e-17
C25	-1.04377426e-15	-4.99679238e-16	-4.48160081e-17
C27	9.80765672e-15	-7.9361522e-15	-2.3137161e-17
C29	5.00768352e-20	-1.44519643e-20	-1.3579059e-21
C31	-4.94223102e-19	3.37633547e-20	5.80350123e-20
C33	7.13421062e-18	8.97303449e-19	6.79018066e-20
C35	-4.57055281e-17	-2.14705684e-16	3.32978205e-20
C36	6.29537322e-22	-5.41983346e-24	2.94852673e-22
C38	4.56244955e-21	8.73176771e-25	2.28099588e-23
C40	-5.65666291e-22	-4.49558052e-21	-7.30396947e-23
C42	-1.97093015e-20	-5.08595618e-19	-7.04354696e-23
C44	2.25870745e-19	-1.86162624e-18	-6.57401088e-23
C46	-4.76975597e-25	3.18692569e-26	-5.31469542e-25
C48	-2.62153771e-23	7.33616878e-26	-1.56666314e-25
C50	-8.35149543e-23	-3.1998671e-22	1.17242589e-25
C52	2.06972807e-22	1.67741969e-22	4.56588177e-25
C54	-8.42020489e-22	1.29228647e-19	1.50592072e-25
C55	-8.54723421e-27	3.09703897e-29	-2.51969622e-27
C57	-2.15095808e-26	-1.45976138e-27	1.12593984e-27
C59	2.73391474e-25	-7.44808008e-26	-6.80649268e-28
C61	5.18559089e-25	3.81005555e-24	-3.08355376e-27
C63	-2.47889841e-24	3.09020753e-22	-1.76838539e-27
C65	5.34614791e-25	1.92266397e-21	-1.90865204e-29
C67	-2.25910931e-30	-4.54679793e-31	4.05531645e-30
C69	1.74490344e-28	-3.06527261e-29	5.09507467e-30
C71	-9.47792011e-28	3.40412751e-27	1.35919614e-29
C73	-1.28041726e-27	2.17008338e-25	1.12809097e-29
C75	1.16717661e-26	5.05227073e-24	1.33613049e-31
C77	2.41916614e-26	1.23707257e-24	2.90705483e-31
C78	4.99191675e-32	-2.63305732e-35	6.4801327e-33
C80	2.40587164e-31	5.98530383e-33	-2.08464487e-32
C82	-1.49661977e-30	9.35640119e-31	-4.42072324e-32
C84	-5.16969383e-30	7.40737374e-29	-3.85234173e-32
C86	2.80547586e-29	2.36087579e-27	-8.47384767e-34
C88	-5.66097673e-29	3.80301606e-26	1.2873158e-33
C90	-1.65077574e-28	-1.84363909e-25	-2.11409931e-33
C92	-9.95571829e-35	1.28242738e-36	-2.84775083e-36
C94	-2.55937997e-33	3.19723428e-34	6.69265283e-35
C96	1.72531216e-32	1.04943712e-32	9.69063033e-35
C98	1.30347826e-32	3.93847703e-31	5.84595971e-36
C100	-1.82235259e-31	1.39933265e-29	-2.43085728e-35
C102	3.33993384e-31	1.0462556e-28	1.45322044e-35
C104	3.61923001e-31	-1.37953609e-27	2.87194159e-37
C105	-9.27081346e-38	-3.28332618e-41	-3.88255253e-39
C107	5.90554811e-37	1.77805509e-38	-1.21407691e-39
C109	5.75559924e-36	1.9649268e-36	-7.40697936e-38
C111	-6.21170396e-35	-1.27239557e-35	-7.22725357e-38
C113	1.18750818e-34	1.69960241e-33	8.51832143e-38
C115	1.0492163e-34	2.21579419e-32	-3.56423101e-38
C117	-4.95984269e-34	6.99631983e-32	1.79158311e-39
C119	-2.2869355e-34	-3.11861224e-30	-3.49739868e-40

도 16/17에 대한 표 3b

[0394]

계수	M2	M1
KY	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000
RX	-2347.82421000	7536.03761800
C7	-7.03485497e-08	-1.86250955e-07
C9	9.59401595e-09	-5.82539372e-08
C10	-8.37768666e-11	-2.02011333e-11
C12	-2.254116e-10	5.08465307e-11
C14	1.12290556e-11	-1.50961208e-11
C16	1.29016905e-13	-1.19111437e-13
C18	1.01010377e-13	-2.20807707e-13
C20	5.5795716e-14	-4.18443714e-14
C21	-8.62874665e-17	1.04483703e-16
C23	-2.60494693e-16	4.60051315e-17
C25	-4.92392033e-17	-1.435823e-16
C27	1.25996639e-16	-6.05169215e-18
C29	6.11488553e-19	7.87050699e-19
C31	4.24373257e-19	1.12622911e-19
C33	2.22031302e-19	2.89213141e-19
C35	1.26284752e-19	2.81920022e-19
C36	-1.33244714e-21	-1.46603103e-21
C38	-6.52230969e-22	-6.37096287e-21
C40	-1.36827685e-21	-1.09951069e-21
C42	-1.19387383e-21	-2.71718561e-21
C44	4.6650984e-23	8.53547123e-23
C46	-9.78213588e-24	-3.184402e-23
C48	2.1349715e-24	-4.73107403e-23
C50	2.30513651e-24	-8.85417497e-23
C52	-1.30422404e-24	-2.08672516e-23
C54	2.56099182e-24	-1.11997994e-23
C55	-2.01832009e-27	6.22382668e-26
C57	-2.09810378e-26	3.74797998e-25
C59	4.07233629e-29	5.10816825e-26
C61	3.6325349e-26	-9.00558717e-26
C63	1.56403725e-26	1.07987651e-25
C65	8.21661731e-27	5.68528189e-26
C67	7.63814345e-29	7.63520422e-28
C69	5.02221412e-30	1.3232798e-27
C71	1.77729214e-29	5.33156044e-27
C73	2.79158365e-29	4.63514451e-27
C75	2.53015945e-29	1.30513775e-27
C77	-1.4759564e-29	3.5264471e-28
C78	3.46417745e-32	-5.78316004e-31
C80	1.45159699e-31	-1.10067449e-29
C82	9.0694834e-32	-1.42216857e-31
C84	-6.89700486e-31	1.16109131e-29
C86	-7.49364228e-31	1.17727865e-29
C88	-1.7339254e-31	-2.80482217e-30
C90	-4.47739797e-32	-2.81074177e-30
C92	-1.81662263e-34	-6.13529779e-33
C94	1.28959854e-34	-4.08542518e-33
C96	4.86782417e-35	-7.56607259e-32
C98	4.67335248e-35	-1.27523429e-31
C100	6.049461e-34	-8.28428683e-32
C102	1.19416219e-34	-1.88207341e-32
C104	2.22522278e-34	-5.85049322e-33
C105	-1.53243521e-37	-5.49967483e-36
C107	-6.52477544e-37	1.45163725e-34
C109	-1.61717488e-36	8.41098542e-36
C111	3.3725318e-36	-2.0054224e-34
C113	8.27472276e-36	-4.23023623e-34
C115	6.99221137e-36	-2.55382174e-34
C117	1.36584295e-36	2.10184113e-36
C119	5.55470158e-37	3.89090885e-35

도 16/17에 대한 표 3c

[0395]

표면	DCX	DCY	DCZ
이미지 면	0.00000000	0.00000000	0.00000000
M8	0.00000000	0.00000000	784.93663307
M7	0.00000000	-179.68746470	105.44220179
M6	0.00000000	55.20438485	1396.55879809
M5	0.00000000	268.65063753	1738.35972839
M4	0.00000000	722.06496295	2007.61241376
M3	-0.00000000	-674.41946224	1630.11468301
M2	-0.00000000	-1315.57939299	1157.79929585
스탑	-0.00000000	-1561.97639547	784.10794177
M1	-0.00000000	-1988.27617201	137.57190792
오브젝트 면	-0.00000000	-2017.39023229	1874.54221542

도 16/17에 대한 표 4a

[0396]

표면 이미지 면	TLA[deg]	TLB[deg]	TLC[deg]
M8	-0.00000000	0.00000000	-0.00000000
M7	-7.40619844	0.00000000	-0.00000000
M6	167.43829886	-0.00000000	-0.00000000
M5	68.85261659	0.00000000	-0.00000000
M4	44.35975235	0.00000000	-0.00000000
M3	-67.08503447	0.00000000	-0.00000000
M2	25.75208383	-0.00000000	-0.00000000
스탑	46.48912783	-0.00000000	0.00000000
M1	-33.39924707	180.00000000	0.00000000
오브젝트 면	163.78051035	0.00000000	-0.00000000
도16/17에 대한 표 4b	-5.37252548	-0.00000000	0.00000000

[0397]

표면	입사각[deg]	반사율
M8	7.40619844	0.65984327
M7	2.25069574	0.66521806
M6	79.16362199	0.86711124
M5	76.34351377	0.82589579
M4	7.78830058	0.65919310
M3	79.37458111	0.86997104
M2	79.88837490	0.87682901
M1	17.17975742	0.62938643
전체 투과율		0.0995
도16/17에 대한 표 5		

[0398]

X[mm]	Y[mm]	Z[mm]
0.00000000	-64.68191562	0.00000000
33.53875145	-63.83359071	0.00000000
66.38499140	-61.30381759	0.00000000
97.85010336	-57.13847210	0.00000000
127.25390981	-51.41487055	0.00000000
153.93066205	-44.24293063	0.00000000
177.23821823	-35.76660175	0.00000000
196.57137775	-26.16552395	0.00000000
211.37968084	-15.65654763	0.00000000
221.18976357	-4.49338596	0.00000000
225.63064082	7.03803149	0.00000000
224.45920695	18.62872113	0.00000000
217.58261451	29.96013697	0.00000000
205.07441971	40.72010810	0.00000000
187.18211570	50.61868899	0.00000000
164.32450058	59.40103368	0.00000000
137.07897670	66.85526038	0.00000000
106.16044703	72.81504783	0.00000000
72.39462700	77.15696291	0.00000000
36.68840284	79.79582533	0.00000000
0.00000000	80.68107104	0.00000000
-36.68840284	79.79582533	0.00000000
-72.39462700	77.15696291	0.00000000
-106.16044703	72.81504783	0.00000000
-137.07897670	66.85526038	0.00000000
-164.32450058	59.40103368	0.00000000
-187.18211570	50.61868899	0.00000000
-205.07441971	40.72010810	0.00000000
-217.58261451	29.96013697	0.00000000
-224.45920695	18.62872113	0.00000000
-225.63064082	7.03803149	0.00000000
-221.18976357	-4.49338596	0.00000000
-211.37968084	-15.65654763	0.00000000
-196.57137775	-26.16552395	0.00000000
-177.23821823	-35.76660175	0.00000000
-153.93066205	-44.24293063	0.00000000
-127.25390981	-51.41487055	0.00000000
-97.85010336	-57.13847210	0.00000000
-66.38499140	-61.30381759	0.00000000
-33.53875145	-63.83359071	0.00000000
도16/17에 대한 표 6		

[0399]

[0400]

투영 광학 유닛(32)의 전체 반사율은 9.95%이다.

- [0401] 투영 광학 유닛(32)은 0.63의 이미지측 개구수를 갖는다. 이미지 필드(8)는 6.5 mm의 두배의 x 범위와 1.20 mm의 y 범위를 갖는다. 투영 광학 유닛(32)은 13.5 nm의 조명광(3)의 동작 파장에 대해서 최적화되어 있다.
- [0402] 투영 광학 유닛(32)은 정확히 8개의 미러(M1 ~ M8)를 갖는다. 한편의 미러(M2, M3)와 다른 한편의 미러(M5, M6)는 그레이징 입사용 미러로서 구현되며, 각각의 경우에 활상 빔 경로에서 순차적으로 바로 뒤이어 위치하는 미러쌍으로 배치된다. 투영 광학 유닛(32)은 정확히 4개의 그레이징 입사용 미러, 즉, 미러(M2, M3, M5 및 M6)를 갖는다. 미러(M1, M4, M7 및 M8)는 수직 입사용 미러로 구현된다.
- [0403] 투영 광학 유닛(32)에서, 스태프(18)은 미러(M1, M2) 사이의 빔 경로에서, 미러(M2)상의 그레이징 입사 근방에 배치된다. 또는 혹은 추가적으로, 스태프(18)는 미러(M2)의 표면 상에 직접 배치될 수 있다.
- [0404] 투영 광학 유닛(32)은 $\beta = 8.00$ 의 축소 이미징 스케일을 갖는다.
- [0405] 오브젝트 면(5)에서 주 광선(16)의 입사각은 6.3° 이다.
- [0406] 투영 광학 유닛(32)에서, 입사동은 xz 면과 yz 면 모두에서, 활상 빔 경로에서 오브젝트 필드(4)의 하류에 존재한다. 오브젝트 필드(4)로부터 나오는 주 광선(16)의 범위는 도 16에 따른 메리디언얼 섹션과 도 17에 따른 뷰에서 모두 수렴한다.
- [0407] 스태프(18)은, 그 자신의 yz-섹션의 위치와 비교하여, xz-섹션(도 17 참조)에서 z 방향으로 변위된 위치에 존재할 수 있다.
- [0408] 오브젝트 필드(4)와 이미지 필드(8) 사이의 z 거리는 대략 1680 mm이다.
- [0409] 오브젝트/이미지 오프셋(d_{ois})은 대략 2180 mm이다.
- [0410] 미러(M7)와 이미지 필드(8) 사이의 자유 작동 거리는 66 mm이다.
- [0411] 투영 광학 유닛(32)에서, 파면 수차의 스캔 RMS 값은 최대 10 mλ, 평균 10 mλ이다.
- [0412] 최대 왜곡값은 x 방향에서 최대 0.05 nm이고, y 방향에서 최대 0.05 nm이다. x 방향의 텔레센트릭 값은 이미지 필드측에서 최대 0.56 mrad이고, y 방향의 텔레센트릭 값은 이미지 필드측에서 최대 0.90 mrad이다.
- [0413] 또 다른 미러 데이터는 다음 표에 기재되어 있다.

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
최대 입사각 [deg]	17.7	83.2	80.6	9.6	79.6	83.6	20.1	9.0
미러 치수 (x) [mm]	303.5	566.4	758.8	892.8	684.3	320.4	428.8	1036.2
미러 치수 (y) [mm]	297.5	442.9	668.0	123.3	268.7	464.1	277.5	1030.7
최대 미러 지름 [mm]	307.4	566.5	882.6	892.8	684.4	465.6	429.0	1042.4

도 16에 대한 표 7

- [0414]
- [0415] yz 면(도 16)의 미러(M5)의 반사 영역 및 xz 면(도 17)의 미러(M6, M7) 사이의 활상 빔 경로 영역에서 빔 경로 상에 중간 이미지(19)가 존재한다.
- [0416] 미러(M8)는 차폐되고, 미러(M6, M7) 사이의 활상 빔 경로에서 조명 광(3)의 통로에 대한 통과 개구(17)를 갖는다.
- [0417] 활상 빔 경로에서 최종 미러(M8)만이 활상 광(3)에 대한 통과 개구(17)를 갖는다. 모든 다른 미러(M1 ~ M7)는 연속적인 반사면을 갖는다. 미러(M8)의 반사면은 그 통과 개구(17) 주위에서 사용된다.
- [0418] 미러(M1, M3, M4 및 M8)는 부의 반경 값을 가지며, 즉, 원리상, 오목 미러이다. 다른 미러(M2, M5, M6 및 M7)는 정의 반경 값을 가지며, 즉, 원리상, 볼록 미러이다. 그레이징 입사용 미러(M2, M3, M5 및 M6)는 매우 큰 반경을 가지며, 즉, 평면 반사면에서 조금 벗어나게 구성되어 있다.
- [0419] 예를 들면, 투영 광학 유닛(7) 대신에, 도 1에 따른 투영 노광 장치(1)에서 사용될 수 있는, 또 다른 실시 형태의 투영 광학 유닛(33)을 도 18 및 19에 기초하여 다음에 설명한다. 도 1 ~ 17과 관련하여 상기 이미 설명한 구성 요소 및 기능은 동일한 참조 부호로 적절히 표시되어 있으므로, 다시 상세하게 설명하지 않는다. 도 18은 투영 광학 유닛(33)의 메리디언얼 섹션을 도시한다. 도 19는 투영 광학 유닛(33)의 새지털 뷰를 나타낸다.

[0420] 투영 광학 유닛(33)은 총 8개의 미러(M1 ~ M8)를 가지고, 기본 개념의 관점에서, 예를 들면, 도 2에 따른 투영 광학 유닛(7)과 유사하다.

[0421] 미러(M1 ~ M8)는 상기 지정된 자유 곡면 수학적식(1)이 적용되는 자유 곡면 미러로서 재 구현된다. 투영 광학 유닛(33)의 광학 설계 데이터는, 설계의 측면에서, 도 2에 따른 투영 광학 유닛(7)에 대한 표에 대응하는 다음의 표로부터 구할 수 있다.

실시 형태	도18/19
NA	0.55
파장	13.5 nm
필드 치수_x	13.0 mm
필드 치수_y	1.2 mm
필드 곡률	0.0 1/mm
스탑	S9

[0422] 도18/19에 대한 표 1

표면	반경_x[mm]	굴절력_x[1/mm]	반경_y[mm]	굴절력_y[1/mm]	동작 모드
M8	-670.35797232	0.00296240	-627.58435329	0.00320950	REFL
M7	1745.55712015	-0.00114571	412.50033390	-0.00484870	REFL
M6	4421.01009198	-0.00008931	7185.41512590	-0.00140985	REFL
M5	15855.02373559	-0.00002796	4171.22179090	-0.00216291	REFL
M4	-1741.78725861	0.00114424	-1057.57554686	0.00189775	REFL
M3	-9485.62754332	0.00002417	-121386.00282485	0.00014374	REFL
M2	-2182.91143597	0.00019422	5519.10498181	-0.00170943	REFL
M1	15030.83113395	-0.00012472	-1265.49778066	0.00168608	REFL

도18/19에 대한 표 2

계수	M8	M7	M6
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000
RX	-670.35797230	1745.55712000	4421.01009200
C7	-4.81288458e-08	-3.55811479e-08	1.10191288e-07
C9	-1.43025013e-08	-2.65021944e-08	6.09862305e-08
C10	-2.9090628e-11	2.00521492e-09	4.47450933e-10
C12	-7.81857726e-11	5.80590938e-09	-4.87603276e-12
C14	-4.02236114e-11	4.94771956e-09	1.0068161e-10
C16	-7.43164532e-14	-1.95204523e-12	-2.12453013e-12
C18	-8.64425143e-14	-5.06245222e-12	7.37281997e-13
C20	-1.71739056e-14	-1.20800077e-13	3.37980344e-13
C21	-1.1968188e-16	4.87171182e-15	-1.08375275e-15
C23	-3.75329564e-16	4.39287253e-14	8.747056e-15
C25	-3.8109341e-16	1.16541403e-13	2.36512505e-15
C27	-1.19138037e-16	6.70791361e-14	1.37590246e-15
C29	-1.04340624e-19	2.0215171e-17	5.61602094e-18
C31	-2.79317699e-19	4.75537085e-17	-1.60443831e-17
C33	-1.86065365e-19	-1.1064442e-16	1.42151097e-17
C35	-2.70598188e-20	-1.50020521e-17	6.37515084e-18
C36	-2.60850039e-22	5.08968358e-20	-2.32816563e-20
C38	-1.30441247e-21	4.6799942e-19	-4.47727577e-20
C40	-1.96796788e-21	1.10597229e-18	5.12611591e-20
C42	-1.2977623e-21	1.89364881e-18	7.02851213e-20
C44	-3.09054832e-22	9.05751028e-19	2.94917341e-20
C46	-3.15590698e-25	-2.08971584e-22	1.62115204e-22
C48	-6.69894425e-25	1.9553723e-22	-2.33180972e-22
C50	-9.10706455e-25	9.99600993e-22	-1.77260159e-22
C52	-4.09789778e-25	8.73317101e-22	3.10774876e-22
C54	-5.39704308e-26	1.78769324e-21	1.12292429e-22
C55	-6.93874331e-28	-5.67024671e-26	9.56176548e-25
C57	-3.23605914e-27	2.18766705e-26	3.05575248e-24
C59	-7.20445617e-27	6.74742059e-24	4.95411355e-24
C61	-7.31071717e-27	1.7636561e-23	8.45206669e-25
C63	-3.76538565e-27	4.45369389e-23	7.568151e-25
C65	-8.10033369e-28	4.74178513e-23	2.96782466e-25
C67	-3.52005901e-31	3.12504796e-27	3.10279996e-27
C69	-2.88238592e-30	-1.30629101e-27	2.16886937e-26
C71	-4.82651049e-30	-6.24964383e-26	6.07431187e-27
C73	-3.68260801e-30	-4.92689158e-26	-2.84115615e-27
C75	-1.0653794e-30	-5.7005461e-26	7.30804157e-28
C77	5.47094621e-32	-8.75138214e-26	4.6058713e-28
C78	-2.14791056e-33	9.06722616e-30	-1.033614e-29
C80	-1.60510489e-32	1.35117848e-28	-1.70589275e-28
C82	-3.93788896e-32	5.55787384e-28	-2.81428982e-28
C84	-5.49581485e-32	1.47508315e-27	-1.13602715e-28
C86	-4.35705736e-32	1.78392254e-27	-4.04142212e-30
C88	-1.75652936e-32	7.3734889e-28	9.12651931e-32
C90	-2.46762348e-33	-8.31242313e-28	3.00200174e-31
C92	-3.88333351e-37	0	0
C94	-2.23671833e-37	0	0
C96	-2.43165031e-36	0	0
C98	-2.13457216e-36	0	0
C100	-9.67295232e-37	0	0
C102	-1.1876732e-36	0	0
C104	-1.14382449e-36	0	0
C105	1.53654914e-39	0	0
C107	1.69206394e-38	0	0
C109	3.52182989e-38	0	0
C111	6.26135172e-38	0	0
C113	8.30656407e-38	0	0
C115	6.21596876e-38	0	0
C117	1.77571315e-38	0	0
C119	-5.25174568e-40	0	0
C121	-7.01031193e-42	0	0
C123	-4.46476068e-41	0	0
C125	-1.30369062e-40	0	0

[0423]

계수	M8	M7	M6
C127	-2.05416782e-40	0	0
C129	-1.82756747e-40	0	0
C131	-8.61446766e-41	0	0
C133	-1.58867275e-41	0	0
C135	1.58701316e-42	0	0
C136	-3.01497099e-44	0	0
C138	-2.83753936e-43	0	0
C140	-1.00487157e-42	0	0
C142	-2.10202761e-42	0	0
C144	-2.8129687e-42	0	0
C146	-2.44024498e-42	0	0
C148	-1.28745661e-42	0	0
C150	-3.62092429e-43	0	0
C152	-3.68635908e-44	0	0

도18/19에 대한 표 3a

[0424]

계수	M5	M4	M3
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000
RX	15855.02374000	-1741.78725900	-9485.62754300
C7	-1.31721076e-07	-4.59832284e-08	3.52848287e-09
C9	-6.83242366e-08	1.26772922e-07	6.00270333e-09
C10	1.86511896e-10	-6.7240665e-12	-3.86514933e-11
C12	1.02645567e-10	1.40642009e-11	-1.04260025e-11
C14	3.25328748e-10	-1.44116181e-09	-1.39250403e-12
C16	1.15440436e-13	1.54655389e-14	1.41839307e-13
C18	9.78984308e-14	4.72881604e-14	-7.16656945e-15
C20	-4.13371452e-13	6.75771744e-12	5.02664635e-15
C21	-9.27197923e-16	1.22282675e-17	-3.31198094e-16
C23	-1.09172383e-15	-1.54608007e-16	-5.35714413e-19
C25	-3.20953448e-15	-1.0400161e-15	-1.84536642e-17
C27	5.96725454e-16	-4.25077515e-14	6.21451944e-19
C29	2.62826512e-18	-1.61888596e-20	1.34420461e-20
C31	5.55652996e-18	1.56291853e-18	1.40973329e-19
C33	2.7740609e-17	2.95936057e-18	-4.11709921e-20
C35	4.55586057e-18	-1.37954952e-15	2.58219786e-20
C36	-2.54645948e-21	4.64220138e-23	-1.02171124e-21
C38	2.59467077e-21	2.40346499e-22	1.13743233e-22
C40	-2.63246351e-20	2.2463419e-20	2.11256444e-22
C42	-1.44139765e-19	2.97984423e-19	-1.29143298e-22
C44	-1.47693917e-20	-9.36301568e-17	3.98789946e-23
C46	3.92320225e-23	-1.29229238e-25	3.09631337e-25
C48	6.16075361e-23	2.86131689e-24	-8.082018e-25
C50	-1.29691393e-22	4.15685135e-22	2.98588259e-25
C52	6.01647413e-22	2.59285728e-20	-1.63194404e-25
C54	-2.80843932e-22	-2.64870198e-18	-5.22760512e-25
C55	-1.90991039e-26	7.33311088e-29	-2.91457225e-28
C57	-4.94174349e-25	-3.38477536e-27	-6.65349621e-28
C59	-2.34601421e-25	-6.27781517e-25	6.27762913e-27
C61	1.83858604e-24	1.36415701e-23	-3.36674024e-27
C63	-2.23642007e-24	3.28284286e-22	5.96549035e-27
C65	3.66468868e-24	-4.01324036e-20	-1.49374281e-27
C67	2.66992017e-28	-5.84759414e-31	7.70928561e-30
C69	2.07117026e-27	-1.72399089e-28	-1.27896735e-29
C71	-3.5305907e-28	-5.73139683e-27	-8.13201754e-30
C73	-7.57480134e-27	1.35355592e-25	-2.66054764e-29
C75	6.95016816e-27	1.92585784e-24	1.80471214e-29
C77	-1.70051404e-26	-3.11308211e-22	9.00721038e-31
C78	4.16730333e-32	4.62818363e-35	6.62810428e-33
C80	-1.17092721e-30	-1.17159673e-32	-1.00672006e-32
C82	-1.53899025e-30	4.95758204e-32	-2.55215318e-32
C84	-3.41614885e-31	-6.16523277e-29	1.34231774e-31
C86	1.41066094e-29	1.05235757e-27	-6.94396951e-32
C88	-1.32369475e-29	-2.78941647e-27	-9.85278164e-33
C90	2.98460269e-29	-9.71953419e-25	2.65172705e-33

도18/19에 대한 표 3b

[0425]

계수	M2	M1
KY	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000
RX	-2182.91143600	15030.83113000
C7	4.52959985e-08	-2.95215933e-07
C9	7.3997303e-09	-1.06249503e-07
C10	-3.37134993e-10	-1.38418241e-11
C12	-4.37041985e-10	-2.98703844e-11
C14	-4.88477799e-12	-3.88213158e-11
C16	8.58895599e-13	-6.42604386e-13
C18	6.73225729e-13	-1.25787194e-12
C20	7.54302364e-14	-1.92589494e-13
C21	-3.21076173e-16	5.29527426e-16
C23	-1.19828167e-15	-2.79446453e-16
C25	-8.61713642e-16	-1.12508948e-15
C27	-9.46017861e-17	-3.35422436e-16
C29	6.17495108e-18	7.41744768e-19
C31	6.43677926e-18	-5.12492497e-19
C33	3.08530058e-18	-2.24552982e-18
C35	6.92654359e-20	5.26633314e-20
C36	-1.39923821e-20	-3.80030801e-21
C38	-1.75236161e-20	-3.41743066e-21
C40	-2.44288564e-20	3.36222578e-21
C42	-7.5084993e-21	1.13386246e-20
C44	3.60382311e-22	-1.57547758e-21
C46	8.49074446e-24	7.10295318e-23
C48	1.29274185e-22	1.77073952e-22
C50	1.21275303e-22	5.45121326e-23
C52	2.7448388e-23	-1.80762516e-23
C54	-2.99667085e-24	-2.67701771e-23
C55	8.3997029e-26	2.48012197e-25
C57	-6.89387465e-26	9.08010504e-25
C59	-1.69030389e-25	-1.40396358e-24
C61	-1.63503627e-25	-1.98765714e-24
C63	-4.50856916e-26	6.60490918e-25
C65	-2.69350712e-26	5.05364735e-25
C67	1.81339959e-28	-2.43315212e-27
C69	-1.13047878e-27	-8.88349423e-27
C71	-2.086832e-27	-1.73693921e-26
C73	-9.67392348e-28	-1.34931036e-26
C75	-7.15331766e-31	8.58630418e-27
C77	2.26098895e-29	7.80811576e-27
C78	-2.38436227e-31	-6.67264596e-30
C80	1.8322377e-30	-4.06002422e-29
C82	6.0376388e-30	-4.8867685e-29
C84	6.31126749e-30	-4.62454207e-29
C86	2.03909262e-30	-2.42505377e-29
C88	3.81494935e-31	3.31286928e-29
C90	-7.68322344e-33	2.3776391e-29

도 18/19에 대한 표 3c

표면	DCX	DCY	DCZ
이미지 면	0.00000000	0.00000000	0.00000000
M8	0.00000000	-1.30183991	570.42723037
M7	0.00000000	-120.34881071	75.51681848
M6	0.00000000	80.00209606	956.51104535
M5	0.00000000	221.25925669	1160.16077268
M4	0.00000000	611.93258157	1362.59488679
M3	0.00000000	-309.46726913	1055.74659104
M2	0.00000000	-912.91463513	655.60876883
스탑	0.00000000	-1017.01458447	474.86644530
M1	0.00000000	-1353.15078666	18.46126376
오브젝트 면	0.00000000	-1490.55625877	1255.06787017

도 18/19에 대한 표 4a

[0426]

표면	TLA[deg]	TLB[deg]	TLC[deg]
이미지 면	-0.00000000	0.00000000	-0.00000000
M8	-6.69497001	0.00000000	-0.00000000
M7	166.96937929	0.00000000	-0.00000000
M6	66.23453752	0.00000000	-0.00000000
M5	41.49642028	0.00000000	-0.00000000
M4	-66.77054272	0.00000000	-0.00000000
M3	26.08077591	0.00000000	-0.00000000
M2	44.38277950	0.00000000	-0.00000000
스탑	12.99307149	0.00000000	-0.00000000
M1	165.88573894	0.00000000	-0.00000000
오브젝트 면	1.47794550	0.00000000	-0.00000000

도 18/19에 대한 표 4b

[0427]

표면	입사각 [deg]	반사율
M8	6.81465749	0.66077811
M7	0.54649170	0.66565825
M6	78.61351241	0.85952413
M5	77.19223505	0.83894755
M4	4.79028139	0.66334071
M3	83.41785810	0.92088922
M2	77.76117032	0.84736477
M1	20.39282100	0.61112963
전체 투과율		0.1003

도 18/19에 대한 표 5

[0428]

X[mm]	Y[mm]	Z[mm]
0.00000000	-74.74428964	0.00000000
-21.97577930	-73.71157746	0.00000000
-43.54745003	-70.64584812	0.00000000
-64.30774000	-65.64223665	0.00000000
-83.84419262	-58.85273624	0.00000000
-101.73934320	-50.47789491	0.00000000
-117.57413522	-40.75791226	0.00000000
-130.93536243	-29.96439172	0.00000000
-141.42743062	-18.39295269	0.00000000
-148.68831187	-6.35605158	0.00000000
-152.40909162	5.82486902	0.00000000
-152.35588367	17.82898189	0.00000000
-148.39195432	29.34768633	0.00000000
-140.49688466	40.09648351	-0.00000000
-128.77941498	49.82515047	-0.00000000
-113.48180409	58.32554432	-0.00000000
-94.97550387	65.43621405	0.00000000
-73.74931338	71.04353087	0.00000000
-50.39169073	75.07859450	0.00000000
-25.56884640	77.50751380	0.00000000
-0.00000000	78.31797873	0.00000000
25.56884640	77.50751380	0.00000000
50.39169073	75.07859450	0.00000000
73.74931338	71.04353087	0.00000000
94.97550387	65.43621405	0.00000000
113.48180409	58.32554432	-0.00000000
128.77941498	49.82515047	0.00000000
140.49688466	40.09648351	0.00000000
148.39195432	29.34768633	-0.00000000
152.35588367	17.82898189	0.00000000
152.40909162	5.82486902	0.00000000
148.68831187	-6.35605158	0.00000000
141.42743062	-18.39295269	0.00000000
130.93536243	-29.96439172	0.00000000
117.57413522	-40.75791226	0.00000000
101.73934320	-50.47789491	0.00000000
83.84419262	-58.85273624	-0.00000000
64.30774000	-65.64223665	0.00000000
43.54745003	-70.64584812	0.00000000
21.97577930	-73.71157746	0.00000000

도 18/19에 대한 표 6

[0429]

투영 광학 유닛(33)의 전체 반사율은 10.03%이다.

[0430]

[0431]

투영 광학 유닛(33)은 0.55의 이미지측 개구수를 갖는다. 이미지 필드(8)는 6.5 mm의 두배의 x 범위와 1.20 mm의 y 범위를 갖는다. 투영 광학 유닛(33)은 13.5 nm의 조명광(3)의 동작 파장에 대해서 최적화되어 있다.

[0432]

투영 광학 유닛(33)은 정확히 8개의 미러(M1 ~ M8)를 갖는다. 한편의 미러(M2, M3)와 다른 한편의 미러(M5, M6)는 그레이징 입사용 미러로서 구현되며, 각각의 경우에 촬상 빔 경로에서 순차적으로 바로 뒤이어 위치하는 미러쌍으로 배치된다. 투영 광학 유닛(33)은 정확히 4개의 그레이징 입사용 미러, 즉, 미러(M2, M3, M5 및 M6)를 갖는다. 미러(M1, M4, M7 및 M8)는 수직 입사용 미러로 구현된다.

[0433]

투영 광학 유닛(33)에서, 스태프(18)는 미러(M1, M2) 사이의 빔 경로에서, 미러(M2)상의 그레이징 입사 근방에 배치된다. 선택적으로 또는 부가적으로, 스태프는 미러(M2)의 표면 상에 직접 배치될 수 있다.

[0434]

투영 광학 유닛(33)은 $\beta = 7.00$ 의 축소 이미징 스케일을 갖는다.

- [0435] 오브젝트 면(5)에서 주 광선(16)의 입사각은 6.4° 이다.
- [0436] yz 면에서, 투영 광학 유닛(33)의 입사동은 조명광의 빔 경로에서 오브젝트 필드(4) 앞의 7700 mm에 놓여 있다. xy-평면에서 (도 19 참조), 입사동은 투영 광학 유닛(33)의 활상 빔 경로에서 오브젝트 필드 뒤의 1775 mm에 놓여 있다. 오브젝트 필드(4)로부터 나오는 주 광선(16)의 범위는 도 18에 따른 메리디오널 섹션과 도 19에 따른 뷰에서 모두 수렴한다.
- [0437] 스태프(18)은, 그 자신의 yz-섹션의 위치와 비교하여, xz-섹션(도 19 참조)에서 z 방향으로 변위된 위치에 존재할 수 있다.
- [0438] 오브젝트 필드(4)와 이미지 필드(8) 사이의 z 거리는 대략 1290 mm이다.
- [0439] 오브젝트/이미지 오프셋(d_{ois})은 대략 1460 mm이다.
- [0440] 미러(M7)와 이미지 필드(8) 사이의 자유 작동 거리는 50 mm이다.
- [0441] 투영 광학 유닛(33)에서, 과면 수차의 스캔 RMS 값은 최대 10 mλ, 평균 8 mλ 이다.
- [0442] 최대 왜곡값은 x 방향에서 최대 0.03 nm이고, y 방향에서 최대 0.08 nm이다. x 방향의 텔레센트릭 값은 이미지 필드측에서 최대 0.79 mrad이고, y 방향의 텔레센트릭 값은 이미지 필드측에서 최대 0.37 mrad이다.
- [0443] 또 다른 미러 데이터는 다음 표에 기재되어 있다.

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
최대 입사각 [deg]	20.9	81.5	85.5	6.0	79.1	81.9	17.1	8.3
미러 치수 (x) [mm]	224.5	366.3	511.9	611.2	448.5	225.0	261.2	652.2
미러 치수 (y) [mm]	219.5	326.9	514.4	83.3	225.0	308.6	167.8	642.2
최대 미러 지름 [mm]	229.2	368.5	640.9	611.3	448.5	310.5	261.6	652.5

도 18/19에 대한 표 7

- [0444]
- [0445] yz 면(도 18)의 미러(M3, M4) 사이의 활상 빔 경로 영역 및 xz 면(도 19)의 미러(M6, M7) 사이의 활상 빔 경로 영역에서 빔 경로 상에 중간 이미지(19)가 존재한다. yz 면의 미러(M5)의 반사 영역에도 중간 이미지(19)가 존재한다.
- [0446] 미러(M8)는 차폐되고, 미러(M6, M7) 사이의 활상 빔 경로에서 조명 광(3)의 통로에 대한 통과 개구(17)를 갖는다.
- [0447] 투영 광학 유닛(33)의 필드 차폐는 투영 광학 유닛(33)의 이미지측 개구수의 14%이다.
- [0448] 활상 빔 경로에서 최종 미러(M8) 만이 활상 광(3)에 대한 통과 개구(17)를 갖는다. 모든 다른 미러(M1 ~ M7)는 연속적인 반사면을 갖는다. 미러(M8)의 반사면은 그 통과 개구(17) 주위에서 사용된다.
- [0449] 미러(M1, M3, M4 및 M8)는 부의 반경 값을 가지며, 즉, 원리상, 오목 미러이다. 다른 미러(M2, M5, M6 및 M7)는 정의 반경 값을 가지며, 즉, 원리상, 볼록 미러이다. 그레이징 입사용 미러(M2, M3, M5 및 M6)는 매우 큰 반경을 가지며, 즉, 평면 반사면에서 조금 벗어나게 구성되어 있다.
- [0450] 예를 들면, 투영 광학 유닛(7) 대신에, 도 1에 따른 투영 노광 장치(1)에서 사용될 수 있는, 또 다른 실시 형태의 투영 광학 유닛(34)을 도 20 및 21에 기초하여 다음에 설명한다. 도 1 ~ 19와 관련하여 상기 이미 설명한 구성 요소 및 기능은 동일한 참조 부호로 적절히 표시되어 있으므로, 다시 상세하게 설명하지 않는다. 도 20은 투영 광학 유닛(34)의 메리디오널 섹션을 도시한다. 도 21은 투영 광학 유닛(34)의 새지털 뷰를 나타낸다.
- [0451] 투영 광학 유닛(34)은 총 8개의 미러(M1 ~ M8)를 가지고, 기본 개념의 관점에서, 예를 들면, 도 2에 따른 투영 광학 유닛(7)과 유사하다.
- [0452] 투영 광학 유닛(34)은 왜상 광학 유닛으로서 구현된다. 도 20에 따른 yz-섹션에서, 투영 광학 유닛(34)은 8.00의 축소 이미징 스케일 β_y 를 갖는다. yz-섹션에 수직인 xz 면(도 21 참조)에서, 투영 광학 유닛(34)은 4.00의 축소 이미징 스케일 β_x 를 갖는다.
- [0453] 투영 광학 유닛(34)의 회전 대칭 출사동과 함께, 이들 상이한 이미징 스케일 β_x , β_y 로 인해서, 도 20과 21의

비교로부터 즉시 나타나는 것 같이, xz 면과 비교하여 yz 면에서 크기가 절반인 오브젝트측 개구수를 갖는다. 그 결과, 5.1°의 유리하게 작은 주 광선 각도 CRA0가 yz 면에서 구해진다.

[0454] 여기 관련되어 있는 왜상 투영 렌즈의 장점들이, 그 내용이 전체 참조로 본 출원에 원용되어 있는, US 2013/0128251 A1에 또한 기재되어 있다.

[0455] 투영 광학 유닛(34)의 왜상 효과는 미러(M1 ~ M8)의 모든 광학면에 분산된다.

[0456] 미러(M1 ~ M8)는 상기 지정된 자유 곡면 수학적(1)이 적용되는 자유 곡면 미러로서 재 구현된다. 투영 광학 유닛(34)의 광학 설계 데이터는, 설계의 측면에서, 도 2에 따른 투영 광학 유닛(7)에 대한 표에 대응하는 다음의 표로부터 구할 수 있다.

실시 형태	도 20/21
NA	0.55
파장	13.5 nm
필드 치수_x	26.0 mm
필드 치수_y	1.2 mm
필드 곡률	0.0 1/mm
스탑	S9

도 20/21에 대한 표 1

[0457]

표면	반경_x[mm]	굴절력_x[1/mm]	반경_y[mm]	굴절력_y[1/mm]	동작 모드
M8	-1133.32747304	0.00175233	-1023.64934352	0.00196760	REFL
M7	4406.38826107	-0.00045387	690.91205607	-0.00289482	REFL
M6	4739.61979766	-0.00008693	10074.88948477	-0.00096360	REFL
M5	21144.94473278	-0.00002037	72950.75367779	-0.00012733	REFL
M4	-2867.38401976	0.00069495	-4292.99198405	0.00046759	REFL
M3	-10853.57484008	0.00002356	-21913.73844639	0.00071385	REFL
M2	-5190.31139364	0.00007024	7573.47590770	-0.00144869	REFL
M1	-5923.95714844	0.00031586	-1898.45455510	0.00112603	REFL

도 20/21에 대한 표 2

[0458]

계수	M8	M7	M6
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000
RX	-1133.32747300	4406.38826100	4739.61979800
C7	-1.37045485e-08	7.46796053e-08	-2.88085237e-08
C9	-7.61541557e-09	-1.45727199e-07	-1.79062014e-08
C10	-7.69203582e-12	2.92796841e-10	4.42007445e-11
C12	-2.2092406e-11	1.13530474e-09	-8.60191664e-12
C14	-1.03738908e-11	1.40909304e-09	-4.58761129e-11
C16	-7.31775261e-15	-1.31555425e-13	-1.45618208e-13
C18	-1.17172291e-14	-6.54062794e-13	4.24616003e-15
C20	-3.3983632e-15	-3.50696381e-13	-8.53811379e-14
C21	-9.15894595e-18	2.09018129e-16	-9.75508493e-17
C23	-3.5991906e-17	2.50711167e-15	3.58424992e-16
C25	-3.77287782e-17	9.96925043e-15	-1.56598011e-19
C27	-1.19641397e-17	7.56226507e-15	-2.28737536e-16
C29	-5.75050439e-21	8.60467057e-19	-9.76080298e-19
C31	-1.25790723e-20	4.36789592e-18	-8.89549297e-19

[0459]

계수	M8	M7	M6
C33	-1.0311567e-20	-9.69395674e-18	-3.40251221e-19
C35	-2.20183332e-21	-3.27752356e-18	-6.53545396e-19
C36	-8.33157821e-24	4.55264457e-22	4.12907772e-21
C38	-4.25998322e-23	7.24917406e-21	1.05886868e-20
C40	-6.98306225e-23	1.43589783e-20	3.05154424e-21
C42	-4.8336845e-23	8.43033547e-20	2.41517735e-23
C44	-1.40394078e-23	1.97591114e-19	-1.6250366e-21
C46	-2.9814906e-27	-4.16141287e-25	6.47812725e-23
C48	-1.1220021e-26	-9.85706306e-24	2.80300383e-23
C50	-1.69711254e-26	4.09860054e-23	1.52687849e-23
C52	-8.57563301e-27	1.47027541e-22	7.02362488e-24
C54	1.76715393e-28	-6.99745034e-23	-2.14951543e-24
C55	-6.6288945e-30	1.42110361e-27	-2.82086233e-25
C57	-4.10869525e-29	-4.51003428e-27	-7.63377495e-25
C59	-9.17862325e-29	7.25467897e-26	-2.77480674e-25
C61	-9.90356193e-29	3.9633015e-25	-3.52163248e-26
C63	-5.59488161e-29	9.95569594e-25	-8.0432973e-28
C65	-7.22003129e-30	-4.21378e-24	-2.74410127e-27
C67	-5.24619854e-33	-8.35761662e-30	-9.1548449e-28
C69	-2.01840485e-32	5.45404311e-29	-5.39668302e-28
C71	-3.79282955e-32	-2.97201132e-28	-1.38362872e-27
C73	-2.44971235e-32	3.25227818e-28	-3.68928781e-28
C75	-7.62727889e-33	-8.7212421e-27	-1.16531263e-28
C77	-5.7359611e-33	4.80554127e-27	-4.17390192e-29
C78	-8.047176e-36	-8.23504213e-33	7.06018116e-30
C80	-5.4403674e-35	2.3497042e-31	1.86040123e-29
C82	-1.67551366e-34	1.33047058e-30	1.3421476e-29
C84	-2.6900642e-34	5.04718453e-30	4.72484176e-30
C86	-2.38083651e-34	-7.80809697e-30	4.75455568e-31
C88	-9.66546428e-35	1.17080611e-29	-1.51988786e-31
C90	-2.31041974e-35	9.71583268e-29	-2.31508815e-31
C92	3.72879241e-39	1.17935322e-34	3.7709135e-34
C94	1.5141875e-38	-8.62572106e-36	-7.82262879e-33
C96	3.40542449e-38	3.38356865e-33	3.57455642e-32
C98	3.58688134e-38	-2.30440813e-34	1.60062441e-32
C100	-4.37695745e-39	-7.67777542e-33	1.17807848e-33
C102	-9.00258499e-39	1.15560849e-31	4.06367757e-34
C104	9.73217887e-39	-1.330225e-31	-5.19167519e-34
C105	-3.15681223e-43	8.5001124e-38	-6.1641406e-35
C107	-6.71085246e-42	-3.50192205e-37	-1.25784732e-34
C109	1.81013759e-41	-3.77112897e-36	-1.73593348e-34
C111	1.21188506e-40	-1.79399564e-35	-1.92852546e-34
C113	2.12299664e-40	4.42096118e-35	-1.73174517e-35
C115	1.96801677e-40	3.78745494e-34	-5.80388951e-36
C117	6.74687492e-41	-4.55929668e-35	7.22309558e-37
C119	1.51520616e-41	-4.50734906e-34	-4.27492138e-37
C121	-3.77954419e-45	0	0
C123	-5.73506768e-44	0	0
C125	-1.67581738e-43	0	0
C127	-2.67358045e-43	0	0
C129	-2.40296709e-43	0	0
C131	-8.92457112e-44	0	0
C133	-1.44215565e-44	0	0
C135	-1.25305206e-44	0	0
C136	-1.34456467e-47	0	0
C138	-1.15917807e-46	0	0
C140	-4.9202134e-46	0	0
C142	-1.261638e-45	0	0
C144	-1.92457136e-45	0	0
C146	-1.81299242e-45	0	0
C148	-1.06311202e-45	0	0
C150	-3.3131362e-46	0	0
C152	-4.79751657e-47	0	0

도 20/21에 대한 표 3a

[0460]

계수	M5	M4	M3
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000
RX	21144.94473000	-2867.38402000	-10853.57484000
C7	-8.13271685e-08	-3.58841707e-08	5.29876767e-10
C9	-5.82176386e-08	-7.04518606e-07	2.10519305e-09
C10	9.37452981e-12	1.30052051e-12	-6.30399752e-12
C12	3.00680111e-11	1.85556236e-10	-5.20862433e-12
C14	8.83038021e-11	3.5873503e-09	-3.58045717e-12
C16	4.50889445e-14	-8.90737179e-15	1.13557992e-14
C18	-8.85586769e-15	-1.37507133e-12	-1.13089347e-16
C20	-2.84535698e-13	-2.40161213e-11	1.2693646e-15
C21	-4.0259975e-17	9.84110093e-19	-1.07753791e-17
C23	-1.60627908e-16	1.18787038e-16	-4.13074732e-18
C25	-2.12462221e-16	1.07305967e-14	-2.6198811e-18
C27	7.88491781e-16	1.62876389e-13	-1.51826315e-18
C29	8.29816991e-20	-1.42315568e-21	8.37815153e-21
C31	4.09821249e-19	-1.53159656e-18	2.70592478e-21
C33	1.04060872e-18	-1.00776807e-16	9.75607155e-22
C35	-2.28976537e-18	-1.25474518e-15	1.00241528e-21
C36	-1.07018867e-22	1.36622356e-24	-3.00882158e-23
C38	-4.94074303e-23	2.88428049e-23	2.10003322e-24
C40	-1.34527055e-21	1.98696867e-20	8.31511411e-24
C42	-4.60972729e-21	1.12695754e-18	3.79721863e-24
C44	4.81654378e-21	1.6445151e-17	-1.75074004e-25
C46	1.01635491e-24	-5.39059369e-27	2.00075589e-26
C48	-9.38768461e-25	6.02027898e-25	1.15956882e-26
C50	-7.09696896e-24	1.64761111e-22	-5.38272606e-27
C52	-2.38402664e-24	3.42328361e-21	-2.97501451e-27
C54	-2.26239625e-23	-3.23207317e-19	-5.02183701e-28
C55	1.26386187e-28	1.71520917e-30	9.81733067e-30
C57	-2.83068278e-27	8.46560169e-29	-3.36674489e-29
C59	2.46204893e-26	-1.62710492e-26	-9.5444995e-29
C61	9.95586051e-26	-8.19930234e-24	-8.78074754e-29
C63	1.01878932e-25	1.62250965e-22	-3.16474709e-29
C65	1.91562178e-25	-5.94818356e-21	-4.32421248e-30
C67	-3.08120032e-30	-1.7543011e-33	-6.8780555e-32
C69	4.41107086e-30	-4.30759864e-30	-8.633439e-32
C71	-2.847253e-29	-2.73981339e-27	6.96849436e-32
C73	4.4951507e-30	-1.83904472e-25	8.79586218e-32
C75	8.74287892e-29	-8.91906155e-24	2.23940855e-32
C77	-6.9255095e-28	2.64874371e-22	4.81131842e-33
C78	2.23687462e-34	-1.85559281e-36	-5.94735011e-35
C80	-7.0923897e-33	-8.80329782e-35	1.42958234e-34
C82	-2.40355343e-31	1.32753328e-31	3.76354599e-34
C84	-1.33477305e-30	6.7062528e-29	4.22628687e-34
C86	-3.52926483e-30	4.70367187e-27	2.68539626e-34
C88	-4.04944897e-30	-1.60136059e-25	9.37754675e-35
C90	-2.28582075e-32	3.37934991e-24	1.01872115e-35
C92	1.53053664e-35	1.03181863e-38	4.49578153e-37
C94	1.90635627e-34	7.96148268e-37	4.15343568e-37
C96	1.7721621e-33	5.60447131e-33	-1.33200295e-37
C98	7.04887896e-33	5.29126054e-31	-4.53303133e-37
C100	1.53325023e-32	6.99281316e-29	-2.18759113e-37
C102	1.55847895e-32	0	-2.6400999e-38
C104	5.50738373e-33	0	-5.86276203e-39
C105	-3.29469714e-39	2.0787905e-42	-7.97361647e-43
C107	-6.03049846e-38	8.43168465e-40	-9.19641517e-40
C109	-5.38471092e-37	-2.34623974e-37	-7.68527335e-40
C111	-3.36030533e-36	-1.09110522e-34	-5.25251603e-40
C113	-1.05801312e-35	-2.66122693e-32	-3.43774941e-40
C115	-2.05317853e-35	0	-3.0477398e-40
C117	-1.88191883e-35	0	-1.37941097e-40
C119	-9.0448429e-36	0	-1.23378749e-41

도 20/21에 대한 표 3b

[0461]

계수	M2	M1
KY	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000
RX	-5190.31139400	-5923.95714800
C7	-5.28973257e-09	-9.34107203e-08
C9	3.16117691e-08	-3.08170947e-08
C10	-3.5113151e-11	2.15749003e-11
C12	-5.94839832e-11	-4.16147444e-11
C14	4.15396704e-11	-9.60232617e-12
C16	8.8719325e-14	-1.38710348e-13
C18	2.11910791e-14	-4.21723708e-13
C20	5.83626437e-14	1.56831697e-13
C21	-7.52771425e-17	2.2883345e-17
C23	2.86726561e-17	-7.98916101e-17
C25	-6.07859472e-17	-6.15893157e-16
C27	9.82616796e-17	6.98313821e-16
C29	-1.44090078e-21	-1.67084874e-20
C31	1.04190298e-19	1.24909603e-19
C33	1.81953338e-20	-5.55656679e-19
C35	2.0422779e-19	-3.23336886e-18
C36	-1.68993866e-23	-3.08540907e-25
C38	-5.92115931e-23	-6.92333888e-22
C40	3.83068102e-23	-1.17221531e-21
C42	-9.31939644e-23	1.57625031e-21
C44	3.54805796e-22	-4.85282982e-20
C46	1.64542991e-25	7.61056694e-26
C48	-2.94838765e-25	1.5289645e-24
C50	-1.09554398e-24	8.66857734e-24
C52	-1.81472711e-24	2.18885048e-23
C54	-1.10156139e-25	2.98501444e-22
C55	-3.91686651e-28	-3.84029125e-29
C57	-9.77388973e-28	8.12604652e-27
C59	-6.14630023e-28	4.79732982e-26
C61	-1.27909521e-27	3.3152603e-26
C63	-4.46201357e-27	-2.9689908e-25
C65	-2.14425067e-28	2.24300892e-24
C67	3.17153528e-32	-3.98900423e-30
C69	6.31254012e-30	-4.30683926e-29
C71	1.77074038e-29	-3.09345554e-28
C73	2.94127232e-29	-3.2763638e-28
C75	1.7371783e-29	1.84376033e-28
C77	9.59406388e-30	-9.29242727e-27
C78	2.26427738e-33	6.44291133e-34
C80	6.98015663e-33	-7.26102976e-32
C82	3.90295139e-33	-8.26037127e-31
C84	1.00563556e-32	-2.47229342e-30
C86	5.31207359e-32	1.36267497e-30
C88	4.68167146e-32	1.1558863e-29
C90	2.22750927e-32	-6.48766222e-29
C92	4.94909078e-36	2.123736e-35
C94	-2.40458792e-35	2.73287712e-34
C96	-6.91070231e-35	2.28462552e-33
C98	-1.61918658e-34	6.85274826e-33
C100	-1.44300155e-34	-4.32046035e-33
C102	-7.93406187e-35	-1.07655048e-32
C104	-1.66530071e-35	1.27235198e-31
C105	5.86498685e-40	-4.29231126e-39
C107	-1.54194375e-38	2.35882135e-37
C109	-7.13318326e-39	4.70203204e-36
C111	-1.43456171e-38	2.37591177e-35
C113	-1.90286626e-37	3.22170482e-35
C115	-2.94354338e-37	-8.87390817e-35
C117	-2.19039138e-37	-1.98534313e-34
C119	-6.06928085e-38	8.31104332e-34

도 20/21 에 대한 표 3c

[0462]

표면	DCX	DCY	DCZ
이미지 면	0.00000000	0.00000000	0.00000000
M8	0.00000000	0.35696376	928.41215449
M7	0.00000000	-194.00592810	123.62549517
M6	0.00000000	110.73807678	1485.21127288
M5	0.00000000	410.24860809	1906.05090667
M4	0.00000000	989.83215098	2227.66851159
M3	0.00000000	-480.76794337	1725.54436925
M2	0.00000000	-1586.00680196	983.72854005
스탑	0.00000000	-1833.30051904	630.89726836
M1	0.00000000	-2256.96990972	48.20891557
오브젝트 면	0.00000000	-2433.04940926	1809.33615616

도 20/21에 대한 표 4a

[0463]

표면 이미지 면	TLA[deg]	TLB[deg]	TLC[deg]
M8	-0.00000000	0.00000000	-0.00000000
M7	-6.81158601	0.00000000	-0.00000000
M6	166.85343770	0.00000000	-0.00000000
M5	65.47067671	0.00000000	-0.00000000
M4	41.13388792	0.00000000	-0.00000000
M3	-66.25259654	0.00000000	-0.00000000
M2	26.32646837	0.00000000	-0.00000000
스탑	43.98793212	0.00000000	-0.00000000
M1	17.85348492	0.00000000	-0.00000000
오브젝트 면	165.03170476	0.00000000	-0.00000000
도 20/21에 대한 표 4b	0.84183854	0.00000000	-0.00000000

[0464]

표면	입사각 [deg]	반사율
M8	6.79146457	0.66081301
M7	0.47255204	0.66566232
M6	78.11128013	0.85242200
M5	77.56569142	0.84450121
M4	4.90369075	0.66322257
M3	82.65450170	0.91169087
M2	79.49691949	0.87161748
M1	20.67887147	0.60924189
전체 투과율		0.1017
도 20/21에 대한 표 5		

[0465]

X[mm]	Y[mm]	Z[mm]
0.00000000	-127.83604117	0.00000000
-42.47230052	-125.94642328	0.00000000
-84.13944596	-120.36530056	0.00000000
-124.19202701	-111.34341136	0.00000000
-161.81430598	-99.26141457	0.00000000
-196.18564839	-84.58693884	0.00000000
-226.48648672	-67.83445412	0.00000000
-251.91061812	-49.53759338	0.00000000
-271.68668618	-30.23530779	0.00000000
-285.11143299	-10.46743152	0.00000000
-291.59521276	9.22826034	0.00000000
-290.71624730	28.32744481	0.00000000
-282.27411538	46.34275447	0.00000000
-266.32872550	62.84972374	0.00000000
-243.21383327	77.50530904	0.00000000
-213.52264822	90.05981266	0.00000000
-178.07097077	100.36136137	0.00000000
-137.84767730	108.34615051	0.00000000
-93.96325338	114.01343410	0.00000000
-47.60455320	117.39298190	-0.00000000
-0.00000000	118.51540025	0.00000000
47.60455320	117.39298190	-0.00000000
93.96325338	114.01343410	0.00000000
137.84767730	108.34615051	0.00000000
178.07097077	100.36136137	0.00000000
213.52264822	90.05981266	0.00000000
243.21383327	77.50530904	0.00000000
266.32872550	62.84972374	0.00000000
282.27411538	46.34275447	0.00000000
290.71624730	28.32744481	0.00000000
291.59521276	9.22826034	0.00000000
285.11143299	-10.46743152	0.00000000
271.68668618	-30.23530779	0.00000000
251.91061812	-49.53759338	0.00000000
226.48648672	-67.83445412	0.00000000
196.18564839	-84.58693884	0.00000000
161.81430598	-99.26141457	0.00000000
124.19202701	-111.34341136	0.00000000
84.13944596	-120.36530056	0.00000000
42.47230052	-125.94642328	0.00000000
도 20/21에 대한 표 6		

[0466]

[0467] 투영 광학 유닛(34)의 전체 반사율은 10.17%이다.

- [0468] 투영 광학 유닛(34)은 0.55의 이미지측 개구수를 갖는다. 이미지 필드(8)는 13 mm의 두배의 x 범위와 1.20 mm의 y 범위를 갖는다. 투영 광학 유닛(34)은 13.5 nm의 조명광(3)의 동작 파장에 대해서 최적화되어 있다.
- [0469] 투영 광학 유닛(34)은 정확히 8개의 미러(M1 ~ M8)를 갖는다. 한편의 미러(M2, M3)와 다른 한편의 미러(M5, M6)는 그레이징 입사용 미러로서 구현되며, 각각의 경우에 활상 빔 경로에서 순차적으로 바로 뒤이어 위치하는 미러쌍으로 배치된다. 투영 광학 유닛(34)은 정확히 4개의 그레이징 입사용 미러, 즉, 미러(M2, M3, M5 및 M6)를 갖는다. 미러(M1, M4, M7 및 M8)는 수직 입사용 미러로 구현된다.
- [0470] 투영 광학 유닛(34)에서, 스태프(18)은 미러(M1, M2) 사이의 빔 경로에서, 미러(M2)상의 그레이징 입사 근방에 배치된다. 선택적으로 또는 부가적으로, 스태프는 미러(M2)의 표면 상에 직접 배치될 수 있다.
- [0471] xz 면에서 (도 21 참조), 투영 광학 유닛(34)의 입사동은 조명광의 빔 경로에서 오브젝트 필드(4) 앞의 2740 mm에 놓여 있다. yz 면에서, 입사동은 조명광의 투영 광학 유닛(34)의 활상 빔 경로에서 오브젝트 필드 다음의 5430 mm에 놓여 있다. 그러므로, 오브젝트 필드(4)로부터 나오는 주 광선(16)의 범위는 도 20에 따른 메리디언널 섹션과 도 21에 따른 뷰에서 모두 수렴한다.
- [0472] 스태프(18)은, 그 자신의 yz-섹션의 위치와 비교하여, xz-섹션(도 21 참조)에서 z 방향으로 변위된 위치에 존재할 수 있다. 스태프(18)은 평면형이고, 이미지 필드에 대해서 틸트되어 있다. 스태프(18)의 x 방향의 긴 범위는 583.18 mm이다. 스태프(18)의 y 방향의 전체 범위는 238.85 mm이다.
- [0473] 오브젝트 필드(4)와 이미지 필드(8) 사이의 z 거리는 대략 1850 mm이다.
- [0474] 오브젝트/이미지 오프셋(d_{ois})은 대략 2400 mm이다.
- [0475] 미러(M7)와 이미지 필드(8) 사이의 자유 작동 거리는 83 mm이다.
- [0476] 투영 광학 유닛(34)에서, 파면 수차의 스캔 RMS 값은 최대 8 mλ, 평균 7 mλ이다.
- [0477] 최대 왜곡값은 x 방향에서 최대 0.10 nm이고, y 방향에서 최대 0.10 nm이다. x 방향의 텔레센트릭 값은 이미지 필드측에서 최대 1.58 mrad이고, y 방향의 텔레센트릭 값은 이미지 필드측에서 최대 0.15 mrad이다.
- [0478] 또 다른 미러 데이터는 다음 표에 기재되어 있다.

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
최대 입사각 [deg]	20.9	81.9	83.8	7.0	79.8	81.2	17.2	8.3
미러 치수(x) [mm]	525.7	662.4	847.1	984.1	675.6	325.0	482.9	1074.4
미러 치수(y) [mm]	268.1	512.7	856.1	66.4	336.1	466.1	277.4	1053.4
최대 미러 지름 [mm]	525.8	662.5	926.3	984.1	675.6	470.0	483.0	1076.0

- [0479] 도 20/21에 대한 표 7
- [0480] yz 면(도 20)의 미러(M4)의 반사 영역 및 xz 면(도 21)에 평행한 미러(M6, M7) 사이의 활상 빔 경로 영역에서 빔 경로 상에 중간 이미지(19)가 존재한다.
- [0481] 미러(M8)는 차폐되고, 미러(M6, M7) 사이의 활상 빔 경로에서 조명 광(3)의 통로에 대한 통과 개구(17)를 갖는다.
- [0482] 활상 빔 경로에서 최종 미러(M8)만이 활상 광(3)에 대한 통과 개구(17)를 갖는다. 모든 다른 미러(M1 ~ M7)는 연속적인 반사면을 갖는다. 미러(M8)의 반사면은 그 통과 개구(17) 주위에서 사용된다.
- [0483] 미러(M1, M3, M4 및 M8)는 부의 반경 값을 가지며, 즉, 원리상, 오목 미러이다. 다른 미러(M2, M5, M6 및 M7)는 정의 반경 값을 가지며, 즉, 원리상, 볼록 미러이다. 그레이징 입사용 미러(M2, M3, M5 및 M6)는 매우 큰 반경을 가지며, 즉, 평면 반사면에서 조금 벗어나게 구성되어 있다.
- [0484] 도 21a는, 각각의 경우에 조명광(3)이 조사되는, 투영 광학 유닛(34)의 미러(M1 ~ M8)의 면들의 에지 윤곽, 즉, 소위, 미러(M1 ~ M8)의 풋프린트를 나타낸다. 이들 에지 윤곽은 각각의 경우에 각각의 미러(M1 ~ M8)의 로컬 x-좌표 및 y-좌표에 대응하는 x/y 다이어그램으로 도시되어 있다. 밀리미터 단위로 일정한 비율로 도시되어 있다. 미러(M2, M3 및 M8)는 값 1로부터 벗어나지 않거나 약간 벗어난 x/y-중형비를 갖는다. 미러(M1, M5 및 M7)는 대략 2의 x/y-중형비를 갖는다. 미러(M4)는 대략 15의 x/y-중형비를 갖는다. 미러(M6)는 대략 0.7의 x/y-중형비를 갖는다.

[0485] 예를 들면, 투영 광학 유닛(7) 대신에, 도 1에 따른 투영 노광 장치(1)에서 사용될 수 있는, 또 다른 실시 형태의 투영 광학 유닛(35)을 도 22 및 23에 기초하여 다음에 설명한다. 도 1 ~ 21a와 관련하여 상기 이미 설명한 구성 요소 및 기능은 동일한 참조 부호로 적절히 표시되어 있으므로, 다시 상세하게 설명하지 않는다. 도 22는 투영 광학 유닛(35)의 메리디언얼 섹션을 도시한다. 도 23은 투영 광학 유닛(35)의 새지털 뷰를 나타낸다.

[0486] 투영 광학 유닛(35)은 총 8개의 미러(M1 ~ M8)를 가지고, 기본 설계의 관점에서, 예를 들면, 도 2에 따른 투영 광학 유닛(7)과 유사하다.

[0487] 투영 광학 유닛(35)은 왜상 광학 유닛으로서 구현된다. 도 22에 따른 yz-섹션에서, 투영 광학 유닛(35)은 6.00의 축소 이미징 스케일 β_y 를 갖는다. yz-섹션에 수직인 xz 면(도 23 참조)에서, 투영 광학 유닛(35)은 4.00의 축소 이미징 스케일 β_x 를 갖는다.

[0488] 이들 상이한 이미징 스케일 β_x , β_y 로 인해서, 도 22와 23의 비교로부터 즉시 나타나는 것같이, xz 면보다 yz 면에서 오브젝트측 개구수가 더 작다. 그 결과, 6.3°의 유리하게 작은 주 광선 각도 CRA0가 yz 면에서 구해진다.

[0489] 투영 광학 유닛(35)의 왜상 효과는 미러(M1 ~ M8)의 모든 광학면에 분산된다.

[0490] 미러(M1 ~ M8)는 상기 지정된 자유 곡면 수학적(1)이 적용되는 자유 곡면 미러로서 재 구현된다. 투영 광학 유닛(35)의 광학 설계 데이터는, 설계의 측면에서, 도 2에 따른 투영 광학 유닛(7)에 대한 표에 대응하는 다음의 표로부터 구할 수 있다.

실시 형태	도 22/23
NA	0.49
파장	13.5 nm
필드 치수_x	26.0 mm
필드 치수_y	1.6 mm
필드 곡률	0.0 1/mm
스탑	S9

[0491] 도 22/23에 대한 표 1

표면	반경_x[mm]	굴절력_x[1/mm]	반경_y[mm]	굴절력_y[1/mm]	동작 모드
M8	-1121.37889641	0.00177101	-1023.61301917	0.00196766	REFL
M7	4813.84973129	-0.00041545	689.47522791	-0.00290086	REFL
M6	7961.52706392	-0.00005196	10472.69061413	-0.00092320	REFL
M5	63451.73749313	-0.00000674	-71805.62245393	0.00013019	REFL
M4	-2879.29868612	0.00069194	-5323.52677528	0.00037714	REFL
M3	-11586.49414415	0.00002283	-19036.27253247	0.00079438	REFL
M2	-6051.13629901	0.00005747	5373.11013087	-0.00214085	REFL
M1	-7070.71042694	0.00026365	-1740.13114618	0.00123306	REFL

도 22/23에 대한 표 2

	M8	M7	M6
계수			
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000
RX	-1121.37889600	4813.84973100	7961.52706400
C7	-1.18303428e-08	1.38677591e-07	4.50959592e-08
C9	-9.04489424e-09	-2.49942276e-07	-3.22908374e-08
C10	-5.56852211e-12	3.59231824e-10	1.39261473e-10
C12	-2.2156858e-11	1.11674106e-09	-1.58384659e-10
C14	-6.4485662e-12	7.68944651e-10	-4.64967002e-11
C16	-5.99476799e-15	-1.25877621e-13	-6.14806551e-13
C18	-1.17154189e-14	-8.32139172e-13	6.1577807e-14
C20	-6.35164457e-15	-1.04560226e-12	-1.56127394e-13
C21	-1.01505313e-17	2.28624052e-16	-3.24656403e-16
C23	-3.58157787e-17	2.8674558e-15	1.48986258e-15
C25	-3.28325694e-17	7.19573474e-15	-4.96219439e-16
C27	-7.73325248e-18	3.33755229e-15	-3.25304321e-16
C29	-4.20439801e-21	1.11781377e-18	1.99348552e-18
C31	-1.22366176e-20	2.12044512e-18	-3.13360785e-18
C33	-1.33129381e-20	-1.15534587e-17	-6.05173065e-20
C35	-4.96149215e-21	-1.08505991e-17	-7.96524541e-19
C36	-8.64520812e-24	1.17916451e-21	4.32310419e-22
C38	-4.20401284e-23	7.44374387e-21	-6.15076012e-21
C40	-6.32215484e-23	1.2747226e-20	6.73662583e-21
C42	-3.86493292e-23	4.95955342e-20	-6.33665608e-22
C44	-7.91782043e-24	3.24541865e-20	-2.74989457e-21
C46	-2.33453384e-27	-2.60631426e-24	-3.91508173e-24
C48	-1.2111516e-26	-2.33541368e-23	1.99392725e-24
C50	-2.11068645e-26	-3.6973872e-23	-2.14301967e-23
C52	-1.4752144e-26	-7.99170432e-23	-1.74710333e-23
C54	-2.78281412e-27	2.51969672e-22	-8.23051883e-24
C55	-9.3090786e-30	-5.20473578e-28	-3.87769553e-27
C57	-4.82558402e-29	7.88777677e-27	2.66612565e-27
C59	-1.01014959e-28	8.54406184e-26	-5.91238257e-26
C61	-1.01884048e-28	2.13476338e-25	-9.52500131e-26
C63	-4.93105369e-29	1.13995538e-24	-5.50812191e-26
C65	-8.3687505e-30	-5.12746033e-25	-2.47004376e-26
C67	-7.38344559e-34	1.47520112e-29	7.1085924e-29
C69	-5.65274775e-33	1.61742091e-28	3.53277318e-28
C71	-1.37764606e-32	3.44509275e-28	2.93969176e-28
C73	-1.94275915e-32	5.48602534e-28	2.20566794e-28
C75	-1.39583588e-32	-5.18813001e-27	1.06448096e-28
C77	-4.27384745e-33	-4.35332176e-27	-9.78424185e-29
C78	-8.54420454e-37	8.35040636e-33	2.58890164e-32
C80	-2.31228001e-35	1.76870158e-31	-5.38428428e-31
C82	-5.6838319e-35	1.22604787e-31	-5.84517587e-31
C84	-7.66291033e-35	-2.91896005e-31	1.4024938e-30
C86	-6.31178383e-35	-2.08128795e-30	2.01491828e-30
C88	-3.30768172e-35	5.15327359e-30	2.88799603e-31
C90	-6.60293612e-36	6.34662561e-30	-1.56186793e-31
C92	-6.89240073e-39	0	0
C94	-2.22316469e-38	0	0
C96	-6.89815447e-38	0	0
C98	-9.26549465e-38	0	0
C100	-5.535508e-38	0	0
C102	-1.37382595e-38	0	0
C104	-2.77235312e-39	0	0
C105	-1.32648355e-41	0	0
C107	-1.08701271e-40	0	0
C109	-3.57659282e-40	0	0
C111	-6.22339725e-40	0	0
C113	-6.31535758e-40	0	0
C115	-3.50492314e-40	0	0
C117	-8.26138611e-41	0	0
C119	-4.09212691e-42	0	0

도 22/23에 대한 표 3a

계수	M5	M4	M3
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000
RX	63451.73749000	-2879.29868600	-11586.49414000
C7	-9.65439819e-08	-5.21928877e-08	-5.17057407e-09
C9	-4.4513793e-08	-6.81657841e-07	3.86113841e-09
C10	2.42543649e-11	7.64041622e-13	-1.02639927e-11
C12	8.44725177e-11	1.99750296e-10	-4.79572504e-12
C14	7.04127351e-11	3.06515788e-09	-4.42190289e-12
C16	-3.41516947e-14	-2.37609081e-14	8.82004007e-15
C18	-1.98478544e-13	-1.56031785e-12	-9.88386961e-16
C20	-2.68645804e-13	-1.9204511e-11	1.72706853e-15
C21	-3.59158408e-17	1.13052962e-18	3.41000671e-18
C23	3.64471697e-17	2.10998699e-16	-3.70359019e-18
C25	4.18205639e-16	1.08957074e-14	-1.71679008e-18
C27	9.35618672e-16	1.32227766e-13	-1.70575731e-18
C29	1.153762e-19	-1.205391e-20	-4.77242785e-21
C31	1.08387142e-20	-2.2598668e-18	1.1307014e-21
C33	-1.29076401e-18	-9.90347004e-17	1.61393734e-22
C35	-3.11679607e-18	-5.16190495e-16	1.06465407e-21
C36	3.2037253e-23	2.44573623e-25	-5.23904465e-24
C38	-3.00422396e-22	2.02451858e-22	6.39454501e-24
C40	-5.56453309e-22	2.77540352e-20	-2.38654616e-26
C42	1.15075161e-21	7.77510206e-19	-8.27248728e-25
C44	-8.45545916e-21	1.83631375e-16	-1.10257267e-24
C46	-7.17799435e-26	-6.16666974e-27	3.71377518e-27
C48	4.41056949e-25	-1.77193124e-24	2.26385586e-29
C50	3.20645297e-24	-7.22070937e-25	9.11823578e-28
C52	-6.68431649e-24	-1.47635262e-20	5.14270429e-28
C54	8.10978715e-23	5.0776662e-18	4.13766527e-28
C55	-8.00938486e-29	2.30519335e-31	1.16666839e-29
C57	-4.31210476e-28	5.98498871e-29	-1.67242338e-29
C59	1.263643e-27	-2.81679351e-27	-1.76007666e-30
C61	1.612983e-26	3.572795e-24	-2.19437814e-30
C63	2.7883773e-25	-5.88261071e-22	-8.93045154e-31
C65	1.0678073e-24	-1.29361634e-19	3.33090397e-32
C67	4.23448748e-31	-5.49562737e-33	-4.02324014e-34
C69	6.71940992e-30	-4.72770157e-30	-6.06669725e-33
C71	-5.19192758e-29	-1.4523395e-27	-5.05696725e-33
C73	1.0131755e-29	-1.68084682e-25	-2.25708995e-34
C75	-3.04215249e-27	-8.27631336e-24	9.90529604e-34
C77	-9.47988848e-27	-6.68913918e-21	1.03314337e-33
C78	1.37830298e-34	3.39532895e-38	-3.00501581e-35
C80	-2.20614706e-33	2.60606795e-34	3.47983183e-35
C82	-1.55885934e-32	1.18728779e-31	9.0614728e-36
C84	2.36759125e-31	-9.90754189e-30	6.42501344e-36
C86	-8.92393833e-31	-2.12722713e-27	2.44225001e-36
C88	1.11751611e-29	2.57988212e-25	-1.1318051e-36
C90	1.68895246e-29	-6.02795443e-23	-1.48883018e-36

도 22/23에 대한 표 3b

[0492]

계수	M2	M1
KY	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000
RX	-6051.13629900	-7070.71042700
C7	5.13565486e-08	-5.53709138e-08
C9	8.48166415e-08	-2.81784911e-08
C10	-7.13439177e-11	1.35470045e-11
C12	-6.78217449e-11	2.22349088e-12
C14	1.07389017e-10	-2.17100764e-11
C16	9.40090645e-14	-9.25413819e-14
C18	4.12391946e-14	-1.96114428e-13
C20	1.58260544e-13	1.03943487e-13
C21	3.47522486e-18	1.82335443e-17
C23	6.4536786e-17	-9.18926095e-17
C25	-9.48899205e-17	1.8538804e-16
C27	2.49339094e-16	-1.11389293e-16
C29	5.35403925e-20	1.8436518e-20
C31	7.5637834e-20	1.96646409e-19
C33	-3.4158977e-20	-9.81835487e-20
C35	4.85861223e-19	1.66148938e-20
C36	-4.94601583e-23	-7.08072737e-23
C38	-4.05348385e-23	-4.11801448e-22
C40	-1.32203024e-22	-3.45175171e-22
C42	-4.03609525e-22	2.73466405e-21
C44	1.11739328e-21	2.14025934e-21
C46	4.93708892e-25	-4.4788586e-25
C48	8.43130272e-25	-2.07813692e-24
C50	3.73873009e-25	-1.03853204e-24
C52	-6.68290603e-25	8.00799065e-24
C54	2.70267769e-24	8.41515359e-24
C55	7.69118669e-28	1.51282519e-28
C57	-6.45916145e-28	3.17074481e-27
C59	-2.33699309e-27	1.22333041e-26
C61	-1.59593012e-27	2.79500485e-26
C63	-1.26314552e-27	3.67365838e-26
C65	6.27135853e-27	6.16865377e-27
C67	-4.95148641e-31	9.10808295e-31
C69	-1.46516796e-30	1.89542207e-29
C71	-4.91881917e-31	3.64294099e-29
C73	5.75845525e-30	1.8163786e-28
C75	3.15049294e-30	1.86166005e-28
C77	1.11362439e-29	6.30936726e-29
C78	-5.94716839e-33	2.0215274e-34
C80	8.05983005e-33	-1.50601813e-32
C82	1.4626007e-32	-7.53087591e-32
C84	5.40117622e-33	-9.52174202e-32
C86	3.4651056e-33	3.12650323e-31
C88	1.81935676e-34	1.56079676e-30
C90	8.55586176e-33	-9.50142408e-31

도 22/23에 대한 표 3c

[0493]

표면	DCX	DCY	DCZ
이미지 면	0.00000000	0.00000000	0.00000000
M8	0.00000000	0.43487770	929.54103257
M7	0.00000000	-195.16970097	122.97869898
M6	0.00000000	111.85985762	1489.32638973
M5	0.00000000	410.81949788	1904.78959323
M4	0.00000000	992.15730872	2222.31723561
M3	0.00000000	-482.56707270	1729.00568653
M2	0.00000000	-1585.17397046	981.97338980
스탑	0.00000000	-1727.72829897	783.13904832
M1	0.00000000	-2266.52701125	58.05513346
오브젝트 면	0.00000000	-2431.23130607	1600.02829943

도 22/23에 대한 표 4a

[0494]

표면 이미지 면	TLA[deg]	TLB[deg]	TLC[deg]
M8	-0.00000000	0.00000000	-0.00000000
M7	-6.81330581	0.00000000	-0.00000000
M6	166.92645295	0.00000000	-0.00000000
M5	65.44761820	0.00000000	-0.00000000
M4	41.17768289	0.00000000	-0.00000000
M3	-66.32591576	0.00000000	-0.00000000
M2	26.39370949	0.00000000	-0.00000000
M1	43.84283645	0.00000000	-0.00000000
스탑	16.95641469	0.00000000	-0.00000000
M1	164.87624817	0.00000000	-0.00000000
오브젝트 면	0.14372063	0.00000000	-0.00000000

[0495] 도 22/23에 대한 표 4b

표면	입사각 [deg]	반사율
M8	6.78879174	0.66081702
M7	0.47469061	0.66566222
M6	78.06166814	0.85171082
M5	77.64639609	0.84568699
M4	5.02606661	0.66309175
M3	82.39990131	0.90859365
M2	79.98727228	0.87813250
M1	21.23546659	0.60543423
전체 투과율		0.1015

[0496] 도 22/23에 대한 표 5

X[mm]	Y[mm]	Z[mm]
0.00000000	-103.18045715	0.00000000
-38.19587382	-101.80911486	0.00000000
-75.61417532	-97.73837268	0.00000000
-111.48060482	-91.09640307	0.00000000
-145.02805526	-82.09029073	0.00000000
-175.50222111	-70.99475403	0.00000000
-202.17051799	-58.13708869	0.00000000
-224.33612423	-43.88214370	0.00000000
-241.35841193	-28.62051048	0.00000000
-252.67986085	-12.76035334	0.00000000
-257.85795356	3.27889145	0.00000000
-256.59867271	19.07356199	0.00000000
-248.78648356	34.20626311	0.00000000
-234.50514232	48.28188025	0.00000000
-214.04516542	60.94874828	0.00000000
-187.89688337	71.92090722	0.00000000
-156.73117956	80.99526522	0.00000000
-121.37190551	88.05708287	0.00000000
-82.76429617	93.07042816	0.00000000
-41.94278561	96.05359314	0.00000000
-0.00000000	97.04230242	-0.00000000
41.94278561	96.05359314	0.00000000
82.76429617	93.07042816	-0.00000000
121.37190551	88.05708287	0.00000000
156.73117956	80.99526522	-0.00000000
187.89688337	71.92090722	0.00000000
214.04516542	60.94874828	-0.00000000
234.50514232	48.28188025	0.00000000
248.78648356	34.20626311	0.00000000
256.59867271	19.07356199	0.00000000
257.85795356	3.27889145	0.00000000
252.67986085	-12.76035334	0.00000000
241.35841193	-28.62051048	0.00000000
224.33612423	-43.88214370	0.00000000
202.17051799	-58.13708869	0.00000000
175.50222111	-70.99475403	0.00000000
145.02805526	-82.09029073	0.00000000
111.48060482	-91.09640307	0.00000000
75.61417532	-97.73837268	0.00000000
38.19587382	-101.80911486	0.00000000

[0497] 도 22/23에 대한 표 6

[0498] 투영 광학 유닛(35)의 전체 반사율은 10.15%이다.

[0499] 투영 광학 유닛(35)은 0.49의 이미지측 개구수를 갖는다. 이미지 필드(8)는 13 mm의 두배의 x 범위와 1.20 mm의 y 범위를 갖는다. 투영 광학 유닛(35)은 13.5 nm의 조명광(3)의 동작 파장에 대해서 최적화되어 있다.

[0500] 투영 광학 유닛(35)은 정확히 8개의 미러(M1 ~ M8)를 갖는다. 한편의 미러(M2, M3)와 다른 한편의 미러(M5,

M6)는 그레이징 입사용 미러로서 구현되며, 각각의 경우에 촬상 빔 경로에서 순차적으로 바로 뒤이어 위치하는 미러쌍으로 배치된다. 투영 광학 유닛(35)은 정확히 4개의 그레이징 입사용 미러, 즉, 미러(M2, M3, M5 및 M6)를 갖는다. 미러(M1, M4, M7 및 M8)는 수직 입사용 미러로 구현된다.

- [0501] 투영 광학 유닛(35)에서, 스태프(18)은 미러(M1, M2) 사이의 빔 경로에서, 미러(M2)상의 그레이징 입사 근방에 배치된다. 선택적으로 또는 부가적으로, 스태프는 미러(M2)의 표면 상에 직접 배치될 수 있다.
- [0502] 오브젝트 면(5)에서 주 광선(16)의 입사각은 6.3° 이다.
- [0503] 도 22에 따른 메리디오널 섹션에서, 주 광선은 오브젝트 필드(4)와 미러(M1) 사이에서 발산 방식으로 연장된다. yz 면에서, 투영 광학 유닛(35)의 입사동은 조명광의 빔 경로에서 오브젝트 필드(4) 앞의 대략 -6640 mm에 놓여 있다. xz 면에서 (도 23 참조), 입사동은 투영 광학 유닛(35)의 촬상 빔 경로에서 오브젝트 필드 뒤의 2750 mm에 놓여 있다. 미러(M8)는 x-차원에서 투영 광학 유닛(35)의 이미지측 개구수의 15% 미만의 이미지측 차폐를 정의한다.
- [0504] 스태프(18)은, 그 자신의 yz-섹션의 위치와 비교하여, xz-섹션(도 23 참조)에서 z 방향으로 변위된 위치에 존재할 수 있다.
- [0505] 오브젝트 필드(4)와 이미지 필드(8) 사이의 z 거리는 대략 1600 mm이다.
- [0506] 오브젝트/이미지 오프셋(d_{ois})은 대략 2430 mm이다.
- [0507] 미러(M7)와 이미지 필드(8) 사이의 자유 작동 거리는 88 mm이다.
- [0508] 투영 광학 유닛(35)에서, 파면 수차의 스캔 RMS 값은 최대 10 mλ, 평균 7 mλ이다.
- [0509] 최대 왜곡값은 x 방향에서 최대 0.27 nm이고, y 방향에서 최대 0.17 nm이다. x 방향의 텔레센트릭 값은 이미지 필드측에서 최대 0.01 mrad이고, y 방향의 텔레센트릭 값은 이미지 필드측에서 최대 0.06 mrad이다.
- [0510] 또 다른 미러 데이터는 다음 표에 기재되어 있다.

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
최대 입사각 [deg]	21.6	82.4	82.8	7.4	80.1	81.4	14.8	8.5
미러 치수 (x) [mm]	427.1	563.6	810.3	985.6	705.3	352.4	414.1	951.7
미러 치수 (y) [mm]	286.3	514.2	1144.8	52.4	219.4	367.8	248.0	928.2
최대 미러 지름 [mm]	427.5	569.8	1172.5	985.6	705.3	390.7	414.3	951.9

도 22/23에 대한 표 7

- [0511]
- [0512] yz 면(도 22)의 미러(M5)의 반사 영역 및 xz 면(도 23)의 미러(M6, M7) 사이의 촬상 빔 경로 영역에서 빔 경로 상에 중간 이미지(19)가 존재한다.
- [0513] 미러(M8)는 차폐되고, 미러(M6, M7) 사이의 촬상 빔 경로에서 조명 광(3)의 통로에 대한 통과 개구(17)를 갖는다. 차폐 값은 15%이다.
- [0514] 촬상 빔 경로에서 최종 미러(M8)만이 촬상 광(3)에 대한 통과 개구(17)를 갖는다. 모든 다른 미러(M1 ~ M7)는 연속적인 반사면을 갖는다. 미러(M8)의 반사면은 그 통과 개구(17) 주위에서 사용된다.
- [0515] 미러(M1, M3, M4, M5 및 M8)는 부의 반경 값을 가지며, 즉, 원리상, 오목 미러이다. 다른 미러(M2, M6 및 M7)는 정의 반경 값을 가지며, 즉, 원리상, 볼록 미러이다. 그레이징 입사용 미러(M2, M3, M5 및 M6)는 매우 큰 반경을 가지며, 즉, 평면 반사면에서 조금 벗어나게 구성되어 있다.
- [0516] 예를 들면, 투영 광학 유닛(7) 대신에, 도 1에 따른 투영 노광 장치(1)에서 사용될 수 있는, 또 다른 실시 형태의 투영 광학 유닛(36)을 도 24 및 25에 기초하여 다음에 설명한다. 도 1 ~ 23과 관련하여 상기 이미 설명한 구성 요소 및 기능은 동일한 참조 부호로 적절히 표시되어 있으므로, 다시 상세하게 설명하지 않는다. 도 24는 투영 광학 유닛(36)의 메리디오널 섹션을 도시한다. 도 25는 투영 광학 유닛(36)의 새지털 뷰를 나타낸다.
- [0517] 투영 광학 유닛(36)은 총 8개의 미러(M1 ~ M8)를 가지고, 기본 설계의 관점에서, 예를 들면, 도 2에 따른 투영 광학 유닛(7)과 유사하다.

[0518] 투영 광학 유닛(36)은 왜상 광학 유닛으로서 구현된다. 도 24에 따른 yz-섹션에서, 투영 광학 유닛(36)은 6.00의 축소 이미징 스케일 β_y 를 갖는다. yz-섹션에 수직인 xz 면(도 25 참조)에서, 투영 광학 유닛(36)은 5.40의 축소 이미징 스케일 β_x 를 갖는다.

[0519] 이들 상이한 이미징 스케일 β_x , β_y 로 인해서, 도 24와 도 25의 비교로부터 나타나는 것 같이, xz 면보다 yz 면에서 오브젝트측 개구수가 더 작다. 그 결과, 6.7°의 유리하게 작은 주 광선 각도 CRAO가 yz 면에서 구해진다.

[0520] 투영 광학 유닛(36)의 왜상 효과는 미러(M1 ~ M8)의 모든 광학면에 분산된다.

[0521] 미러(M1 ~ M8)는 상기 지정된 자유 곡면 수학적(1)이 적용되는 자유 곡면 미러로서 재 구현된다. 투영 광학 유닛(36)의 광학 설계 데이터는, 설계의 측면에서, 도 2에 따른 투영 광학 유닛(7)에 대한 표에 대응하는 다음의 표로부터 구할 수 있다.

실시 형태	도 24/25
NA	0.5
파장	13.5 nm
필드 지수_x	26.0 mm
필드 지수_y	1.2 mm
필드 곡률	0.0 1/mm
스탑	S9

[0522] 도 24/25에 대한 표 1

표면	반경_x[mm]	굴절력_x[1/mm]	반경_y[mm]	굴절력_y[1/mm]	동작 모드
M8	-898.65384451	0.00220986	-841.56029276	0.00239341	REFL
M7	2519.21415981	-0.00079387	549.64538748	-0.00363883	REFL
M6	5235.46738689	-0.00007321	18583.02763769	-0.00056159	REFL
M5	10320.35903473	-0.00004533	7043.08337008	-0.00121403	REFL
M4	-2368.58450824	0.00084156	-1677.61856878	0.00119617	REFL
M3	-14606.85237623	0.00001752	-34792.73073480	0.00044930	REFL
M2	-3162.96579252	0.00011478	6044.71230342	-0.00182278	REFL
M1	-33768.32490726	0.00005542	-1659.85010449	0.00128773	REFL

[0523] 도 24/25에 대한 표 2

계수	M8	M7	M6
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000
RX	-898.65384450	2519.21416000	5235.46738700
C7	-3.09391603e-08	-1.79559389e-07	1.24390263e-08
C9	-7.26824159e-09	6.05374011e-08	1.79529464e-08
C10	-9.17661523e-12	7.52464303e-10	7.73452408e-11
C12	-2.9215991e-11	2.51411627e-09	5.01854597e-11
C14	-1.54578064e-11	1.71853031e-09	1.59214758e-11
C16	-3.78292895e-14	-1.78811844e-12	-1.78827188e-13
C18	-3.15725802e-14	-3.28279723e-12	1.1629587e-13
C20	-3.25627497e-15	1.74708334e-12	2.90732297e-14
C21	-2.16930672e-17	1.21979378e-16	-1.17216554e-16
C23	-7.40935074e-17	8.73459133e-15	6.3593323e-16
C25	-8.27264393e-17	2.78760075e-14	3.63957206e-16
C27	-2.47378025e-17	7.97309374e-15	4.64399505e-17
C29	-4.00833778e-20	3.04883362e-18	1.20940283e-18
C31	-6.74348668e-20	1.05351029e-17	-7.33386432e-19
C33	-3.33712007e-20	-2.53301039e-17	1.04598017e-18
C35	-1.60060561e-21	5.51279308e-18	3.15382288e-20
C36	-3.38618723e-23	1.09644503e-20	2.10543991e-21
C38	-1.52108183e-22	5.20557325e-20	-7.17116902e-21
C40	-2.50184393e-22	9.91293267e-20	1.9344533e-21
C42	-1.55242331e-22	4.49100492e-20	5.1810958e-21
C44	-3.21754195e-23	6.12504902e-20	4.00057253e-22
C46	-2.56622324e-26	-2.34811653e-23	-2.20054661e-23
C48	-7.12044814e-26	-1.38827791e-22	2.11379653e-23
C50	-8.35229848e-26	-2.27120568e-22	4.24710944e-24
C52	-3.25877822e-26	1.63931776e-21	2.81218781e-23
C54	2.31523308e-27	2.29596466e-21	4.11520106e-24

[0524]

계수	M8	M7	M6
C55	-3.22044427e-29	-8.38570398e-26	-3.16289259e-26
C57	-9.9283758e-29	-3.98833111e-25	7.96014291e-26
C59	-1.59623677e-28	4.49981655e-25	-2.36125333e-26
C61	-2.26350041e-28	4.86885671e-24	2.20987927e-26
C63	-2.16360896e-28	4.81078139e-24	9.17694081e-26
C65	-7.19034294e-29	3.12706869e-24	1.70276521e-26
C67	-1.66086944e-31	-1.00921794e-28	1.20992206e-28
C69	-7.09674851e-31	2.62297907e-28	-3.33093899e-28
C71	-1.00405146e-30	1.59366409e-27	7.45906143e-29
C73	-4.84392005e-31	6.24841362e-27	-1.78519939e-28
C75	1.6840288e-32	9.81013953e-27	1.67183371e-28
C77	5.33123321e-32	-2.64352603e-26	3.33232457e-29
C78	-7.76624666e-35	7.70090407e-31	2.36244673e-31
C80	-1.37504248e-33	7.418665e-30	3.27117525e-31
C82	-4.9730902e-33	1.12937368e-29	1.58945015e-30
C84	-6.93445436e-33	-2.16643844e-29	-1.71056833e-30
C86	-4.05050995e-33	-1.48561291e-28	-4.22081835e-31
C88	-7.44238878e-34	-3.70834394e-28	1.38420773e-31
C90	8.08789051e-35	-3.48344195e-28	2.57211573e-32
C92	3.79975278e-37	0	0
C94	2.54205485e-36	0	0
C96	5.28074116e-36	0	0
C98	4.78458863e-36	0	0
C100	1.78186461e-36	0	0
C102	1.09169331e-38	0	0
C104	-1.69802736e-37	0	0
C105	-3.93526201e-41	0	0
C107	3.66634759e-39	0	0
C109	1.99100717e-38	0	0
C111	3.88960174e-38	0	0
C113	3.36275392e-38	0	0
C115	1.23397826e-38	0	0
C117	5.74500356e-40	0	0
C119	-5.43216154e-40	0	0
C121	-8.13063603e-43	0	0
C123	-6.57853328e-42	0	0
C125	-1.84219693e-41	0	0
C127	-2.4128622e-41	0	0
C129	-1.58805249e-41	0	0
C131	-4.8328677e-42	0	0
C133	-1.37774875e-44	0	0
C135	3.70992132e-43	0	0
C136	-1.82426978e-46	0	0
C138	-8.82948521e-45	0	0
C140	-5.13522224e-44	0	0
C142	-1.2576407e-43	0	0
C144	-1.54936749e-43	0	0
C146	-1.00539254e-43	0	0
C148	-3.21138841e-44	0	0
C150	-2.48902466e-45	0	0
C152	8.34369753e-46	0	0

도 24/25에 대한 표 3a

[0525]

계수	M5	M4	M3
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000
RX	10320.35903000	-2368.58450800	-14606.85238000
C7	-9.43984452e-08	-3.19780054e-08	3.42335843e-09
C9	-3.73977119e-08	-1.20873717e-08	5.71457986e-09
C10	2.4885219e-11	3.51515054e-13	-2.7196639e-11
C12	3.31374515e-11	3.35936518e-11	-8.28556705e-12
C14	1.23001091e-10	-4.20689147e-10	-4.37520677e-12
C16	9.60921501e-14	6.35312252e-16	3.97165731e-14
C18	3.06969842e-14	-2.04642026e-13	4.6038851e-16
C20	-1.81914837e-13	1.42057888e-12	4.04652695e-15
C21	-1.50139489e-16	3.20784131e-18	-6.41123154e-17
C23	-3.67530123e-16	-1.59859373e-17	-6.98459168e-18
C25	-5.85422242e-16	5.10844386e-16	-6.91809193e-18
C27	5.96794634e-16	-8.63505265e-15	-3.65944728e-18
C29	8.05074272e-19	9.21434731e-21	6.08393666e-20
C31	9.67423637e-19	-6.41403775e-20	1.32184653e-20
C33	2.74697274e-18	-3.17400432e-18	5.64881549e-21
C35	-2.10574097e-18	-5.68113418e-18	4.62810551e-21
C36	-4.19331352e-22	5.4673575e-24	-1.20159738e-22
C38	-1.48291097e-21	-5.66829369e-23	9.99813448e-24
C40	-8.89078399e-23	3.3289796e-21	-1.51187874e-24
C42	-1.30043929e-20	2.13230879e-20	2.57105484e-24
C44	-5.61941157e-23	1.28852422e-18	-2.83232079e-24
C46	1.22910541e-24	-3.93269304e-26	-8.4259963e-26
C48	2.63475255e-25	1.29025934e-24	-6.73035076e-27
C50	-1.61930052e-24	9.58130418e-23	-2.23952211e-26
C52	9.54851986e-23	-6.49564266e-22	-3.32643796e-26
C54	6.18740883e-23	2.13466405e-20	-1.30243029e-26
C55	-1.88937216e-28	4.62453335e-30	4.32699323e-29
C57	7.92134564e-27	-6.42166267e-28	2.58106954e-28
C59	-3.81767476e-26	-3.40516712e-27	-1.33435452e-28
C61	-7.40042015e-26	1.13636915e-25	-1.31816559e-28
C63	-5.91737902e-25	-2.28464211e-23	-6.13175237e-30
C65	-5.90657031e-26	3.90274961e-23	-7.57941398e-30
C67	-4.71910372e-30	-4.00537288e-32	-3.78181987e-31
C69	-3.80842075e-29	9.29769453e-31	3.15234014e-32
C71	3.45306237e-28	-9.14633256e-28	6.81155634e-31
C73	4.06923505e-28	-7.07463203e-27	3.52501713e-31
C75	1.89818188e-27	3.11226568e-25	4.51613912e-31
C77	-1.59359386e-27	-1.02694094e-23	8.58516649e-32
C78	5.39005499e-34	7.60475402e-36	5.47282581e-35
C80	1.28802722e-32	1.82429692e-33	2.22708016e-34
C82	8.88526683e-32	-1.0368376e-31	-5.0870717e-34
C84	-1.07852034e-30	-7.6912987e-30	-3.01511969e-34
C86	8.12932285e-32	7.77307244e-29	-6.5410886e-34
C88	-2.93141855e-30	2.55070847e-27	-5.55696921e-34
C90	4.98139974e-30	-9.99949267e-26	-6.9232932e-35

도 24/25에 대한 표 3b

[0526]

계수	M2	M1
KY	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000
RX	-3162.96579300	-33768.32491000
C7	-5.63006995e-09	-1.85162177e-07
C9	2.52603119e-08	-5.82002845e-08
C10	-1.63939568e-10	2.19843459e-11
C12	-1.45434544e-10	4.34395623e-12
C14	3.07914787e-11	-3.90398966e-11
C16	1.19978873e-13	-4.02854058e-13
C18	2.91665979e-14	-3.53269108e-13
C20	7.14507418e-14	-8.06536713e-14
C21	-1.26157584e-16	1.50658497e-16
C23	-7.76330156e-17	1.09978734e-17
C25	-1.72160645e-16	-2.64878411e-16
C27	1.30511683e-16	-9.7675593e-17
C29	4.97077758e-19	1.94104108e-19
C31	7.3469712e-19	2.13721124e-19
C33	-1.6248826e-19	-1.17732749e-18
C35	2.44811103e-19	3.66216487e-19
C36	2.74716093e-22	-1.46887345e-21
C38	-4.42878488e-22	-2.52169606e-21
C40	4.31546413e-22	-4.89313142e-21
C42	-1.2501295e-21	-3.10103922e-21
C44	1.72029553e-22	-9.49213909e-21
C46	-1.32233821e-24	7.79166706e-25
C48	-5.97471372e-25	4.56312854e-25
C50	-1.02312238e-25	7.6643113e-24
C52	-5.04494501e-24	3.67536202e-23
C54	3.49233317e-25	1.65632978e-23
C55	-5.35422344e-27	2.17389317e-26
C57	-1.44886077e-26	6.10103532e-26
C59	-1.68015387e-26	3.72656392e-26
C61	-1.69820125e-27	4.8382551e-26
C63	-4.06228599e-27	7.94819696e-26
C65	4.73934877e-27	9.99358955e-26
C67	1.48192042e-29	-5.37391586e-30
C69	2.75293606e-29	-7.66284246e-29
C71	3.29720353e-29	-4.12938667e-28
C73	6.35559729e-29	-6.45953223e-28
C75	3.17464557e-29	-8.69448659e-28
C77	1.55333959e-29	-5.55442684e-28
C78	2.17458628e-32	-1.65616708e-31
C80	8.59099937e-32	-4.90253105e-31
C82	1.25586211e-31	8.5337234e-32
C84	1.36897347e-31	9.42500117e-31
C86	1.31238686e-31	7.66948893e-31
C88	5.58974151e-32	8.26964826e-31
C90	1.55246521e-32	5.2747466e-31

도 24/25에 대한 표 3c

[0527]

표면	DCX	DCY	DCZ
이미지 면	0.00000000	0.00000000	0.00000000
M8	0.00000000	-1.67688632	764.65279783
M7	0.00000000	-161.54058747	101.44072569
M6	0.00000000	107.77496443	1280.58144822
M5	0.00000000	296.98597488	1553.84576956
M4	0.00000000	819.24626664	1826.49875285
M3	0.00000000	-411.29452134	1414.13408128
M2	0.00000000	-1223.76315336	879.35100849
스탑	0.00000000	-1504.18673115	497.47373340
M1	0.00000000	-1814.12306458	26.60210356
오브젝트 면	0.00000000	-1997.79973260	1636.55227043

도 24/25에 대한 표 4a

[0528]

표면 이미지 면	TLA[deg]	TLB[deg]	TLC[deg]
M8	-0.00000000	0.00000000	-0.00000000
M7	-6.69273798	0.00000000	-0.00000000
M6	166.94928575	0.00000000	-0.00000000
M5	66.32026554	0.00000000	-0.00000000
M4	41.57752409	0.00000000	-0.00000000
M3	-66.84946365	0.00000000	-0.00000000
M2	26.18846526	0.00000000	-0.00000000
M1	44.25467874	0.00000000	-0.00000000
스탑	7.97043789	0.00000000	-0.00000000
M1	165.88786281	0.00000000	-0.00000000
오브젝트 면	-0.94682585	0.00000000	-0.00000000

도 24/25에 대한 표 4b

[0529]

표면	입사각 [deg]	반사율
M8	6.80770562	0.66078858
M7	0.46825946	0.66566251
M6	78.95126382	0.86420515
M5	76.47302523	0.82792785
M4	4.68878693	0.66344392
M3	82.64944000	0.91162945
M2	79.54179192	0.87221922
M1	20.65816981	0.60938007
전체 투과율		0.1012

도 24/25에 대한 표 5

[0530]

X[mm]	Y[mm]	Z[mm]
0.00000000	-112.35689068	0.00000000
-28.34197084	-110.84444041	0.00000000
-56.16590328	-106.34781797	0.00000000
-82.95239148	-98.98955006	0.00000000
-108.17910149	-88.97362778	0.00000000
-131.31951112	-76.58171221	0.00000000
-151.84357438	-62.16431302	0.00000000
-169.22272201	-46.12805914	0.00000000
-182.94128521	-28.92188102	0.00000000
-192.51547539	-11.02355542	0.00000000
-197.52003878	7.07501300	0.00000000
-197.62122485	24.88594680	0.00000000
-192.61263704	41.94672857	0.00000000
-182.44806396	57.84053853	0.00000000
-167.26402703	72.21001749	-0.00000000
-147.38653025	84.76311384	-0.00000000
-123.32070623	95.27376291	-0.00000000
-95.72644632	103.57890521	-0.00000000
-65.38585433	109.57098767	-0.00000000
-33.16868503	113.18678340	-0.00000000
-0.00000000	114.39509163	0.00000000
33.16868503	113.18678340	0.00000000
65.38585433	109.57098767	0.00000000
95.72644632	103.57890521	0.00000000
123.32070623	95.27376291	-0.00000000
147.38653025	84.76311384	0.00000000
167.26402703	72.21001749	-0.00000000
182.44806396	57.84053853	0.00000000
192.61263704	41.94672857	0.00000000
197.62122485	24.88594680	0.00000000
197.52003878	7.07501300	0.00000000
192.51547539	-11.02355542	0.00000000
182.94128521	-28.92188102	0.00000000
169.22272201	-46.12805914	0.00000000
151.84357438	-62.16431302	-0.00000000
131.31951112	-76.58171221	0.00000000
108.17910149	-88.97362778	0.00000000
82.95239148	-98.98955006	-0.00000000
56.16590328	-106.34781797	0.00000000
28.34197084	-110.84444041	0.00000000

도 24/25에 대한 표 6

[0531]

[0532] 투영 광학 유닛(36)의 전체 반사율은 10.11%이다.

[0533] 투영 광학 유닛(36)은 0.50의 이미지지축 개구수를 갖는다. 이미지 필드(8)는 13 mm의 두배의 x 범위와 1.20 mm

의 y 범위를 갖는다. 투영 광학 유닛(36)은 13.5 nm의 조명광(3)의 동작 파장에 대해서 최적화되어 있다.

- [0534] 투영 광학 유닛(36)은 정확히 8개의 미러(M1 ~ M8)를 갖는다. 한편의 미러(M2, M3)와 다른 한편의 미러(M5, M6)는 그레이징 입사용 미러로서 구현되며, 각각의 경우에 활상 빔 경로에서 순차적으로 바로 뒤이어 위치하는 미러쌍으로 배치된다. 투영 광학 유닛(36)은 정확히 4개의 그레이징 입사용 미러, 즉, 미러(M2, M3, M5 및 M6)를 갖는다. 미러(M1, M4, M7 및 M8)는 수직 입사용 미러로 구현된다.
- [0535] 투영 광학 유닛(36)에서, 스태프(18)은 미러(M1, M2) 사이의 빔 경로에서, 미러(M2)상의 그레이징 입사 근방에 배치된다. 또는, 스태프는 미러(M2)의 표면 상에 직접 배치될 수 있다.
- [0536] 오브젝트 면(5)에서 주 광선(16)의 입사각은 6.7° 이다.
- [0537] xz 면에서 (도 25 참조), 투영 광학 유닛(36)의 입사동은 조명광의 빔 경로에서 오브젝트 필드(4) 앞의 2225 mm에 놓여 있다. yz 면에서, 입사동은 투영 광학 유닛(36)의 활상 빔 경로에서 오브젝트 필드 뒤의 4000 mm에 놓여 있다. 그러므로, 오브젝트 필드(4)로부터 나오는 주 광선(16)의 범위는 도 24에 따른 메리디오널 섹션과 도 25에 따른 뷰에서 모두 수렴한다. 미러(M8)는 x-차원에서 투영 광학 유닛(36)의 이미지측 개구수의 18% 미만의 이미지측 차폐를 정의한다.
- [0538] 스태프(18)은, 그 자신의 yz-섹션의 위치와 비교하여, xz-섹션(도 25 참조)에서 z 방향으로 변위된 위치에 존재할 수 있다.
- [0539] 오브젝트 필드(4)와 이미지 필드(8) 사이의 z 거리는 대략 1600 mm이다.
- [0540] 오브젝트/이미지 오프셋(d_{ois})은 대략 2000 mm이다.
- [0541] 미러(M7)와 이미지 필드(8) 사이의 자유 작동 거리는 71 mm이다.
- [0542] 투영 광학 유닛(36)에서, 파면 수차의 스캔 RMS 값은 최대 11 mλ, 평균 10 mλ 이다.
- [0543] 최대 왜곡값은 x 방향에서 최대 0.10 nm이고, y 방향에서 최대 0.32 nm이다. x 방향의 텔레센트릭 값은 이미지 필드측에서 최대 0.61 mrad이고, y 방향의 텔레센트릭 값은 이미지 필드측에서 최대 0.74 mrad이다.
- [0544] 또 다른 미러 데이터는 다음 표에 기재되어 있다.

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
최대 입사각 [deg]	21.3	83.2	84.3	6.2	78.6	81.9	15.1	8.3
미러 치수 (x) [mm]	337.8	498.9	706.6	851.1	595.2	330.2	321.8	800.4
미러 치수 (y) [mm]	293.4	499.9	596.7	91.9	262.9	436.4	205.1	782.9
최대 미러 지름 [mm]	337.9	529.5	807.8	851.2	595.3	442.3	321.9	801.2

도 24/25에 대한 표 7

- [0545]
- [0546] yz 면(도 24)의 미러(M3, M4) 사이의 영역 및 xz 면(도 25)의 미러(M6, M7) 사이의 활상 빔 경로 영역에서 빔 경로상에 중간 이미지(19)가 존재한다.
- [0547] 미러(M8)는 차폐되고, 미러(M6, M7) 사이의 활상 빔 경로에서 조명 광(3)의 통로에 대한 통과 개구(17)를 갖는다.
- [0548] 활상 빔 경로에서 최종 미러(M8)만이 활상 광(3)에 대한 통과 개구(17)를 갖는다. 모든 다른 미러(M1 ~ M7)는 연속적인 반사면을 갖는다. 미러(M8)의 반사면은 그 통과 개구(17) 주위에서 사용된다.
- [0549] 미러(M1, M3, M4 및 M8)는 부의 반경 값을 가지며, 즉, 원리상, 오목 미러이다. 다른 미러(M2, M5, M6 및 M7)는 정의 반경 값을 가지며, 즉, 원리상, 볼록 미러이다. 그레이징 입사용 미러(M2, M3, M5 및 M6)는 매우 큰 반경을 가지며, 즉, 평면 반사면에서 조금 벗어나게 구성되어 있다.
- [0550] 예를 들면, 투영 광학 유닛(7) 대신에, 도 1에 따른 투영 노광 장치(1)에서 사용될 수 있는, 또 다른 실시 형태의 투영 광학 유닛(37)을 도 26 및 27에 기초하여 다음에 설명한다. 도 1 ~ 25와 관련하여 상기 이미 설명한 구성 요소 및 기능은 동일한 참조 부호로 적절히 표시되어 있으므로, 다시 상세하게 설명하지 않는다. 도 26은 투영 광학 유닛(37)의 메리디오널 섹션을 도시한다. 도 27은 투영 광학 유닛(37)의 세지털 뷰를 나타낸다.

- [0551] 투영 광학 유닛(37)은 총 8개의 미러(M1 ~ M8)를 가지고, 기본 설계의 관점에서, 예를 들면, 도 2에 따른 투영 광학 유닛(7)와 유사하다.
- [0552] 투영 광학 유닛(37)은 왜상 광학 유닛으로서 구현된다. 도 26에 따른 yz-섹션에서, 투영 광학 유닛(37)은 8.00의 축소 이미징 스케일 β_y 를 갖는다. yz-섹션에 수직인 xz 면(도 27 참조)에서, 투영 광학 유닛(37)은 4.00의 축소 이미징 스케일 β_x 를 갖는다.
- [0553] 이들 상이한 이미징 스케일 β_x , β_y 로 인해서, 도 26과 27의 비교로부터 즉시 나타나는 것같이, xz 면과 비교하여 yz 면에서 오브젝트측 개구수의 크기는 절반이다. 그 결과, 3.6°의 유리하게 작은 주 광선 각도 CRA0가 yz 면에서 구해진다.
- [0554] 투영 광학 유닛(37)의 왜상 효과는 미러(M1 ~ M8)의 모든 광학면에 분산된다.
- [0555] 미러(M1 ~ M8)는 상기 지정된 자유 곡면 수학적(1)이 적용되는 자유 곡면 미러로서 재 구현된다. 투영 광학 유닛(37)의 광학 설계 데이터는, 설계의 측면에서, 도 2에 따른 투영 광학 유닛(7)에 대한 표에 대응하는 다음의 표로부터 구할 수 있다.

실시 형태	도 26/27
NA	0.45
파장	13.5 nm
필드 치수_x	26.0 mm
필드 치수_y	1.2 mm
필드 곡률	0.007085 1/mm
스탑	S9

[0556] 도 26/27에 대한 표 1

표면	반경_x[mm]	굴절력_x[1/mm]	반경_y[mm]	굴절력_y[1/mm]	동작 모드
M8	-1175.11369749	0.00169070	-952.26534854	0.00211425	REFL
M7	-3724.82086885	0.00050451	645.33108835	-0.00329838	REFL
M6	4206.42425174	-0.00010535	-480502.53877982	0.00001879	REFL
M5	29363.70859574	-0.00001475	10812.21558149	-0.00085442	REFL
M4	-2837.31613225	0.00069810	-1775.43828212	0.00113745	REFL
M3	14646.09252672	-0.00002459	20193.39993088	-0.00054992	REFL
M2	-8591.25984962	0.00004428	-35101.90303378	0.00029955	REFL
M1	-44223.29270437	0.00004251	-3327.73936048	0.00063940	REFL

도 26/27에 대한 표 2

계수	M8	M7	M6
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000
RX	-1175.11369700	-3724.82086900	4206.42425200
C7	-1.45376933e-08	1.36379606e-07	-7.10374101e-08
C9	-1.22873208e-08	-2.63387155e-08	-3.11941218e-08
C10	-2.1470539e-11	3.8586011e-10	-2.47199046e-10
C12	-3.96186575e-11	5.63942817e-10	4.909512e-11
C14	-1.98735779e-11	2.24402337e-09	-4.82549835e-11
C16	-1.30420456e-15	7.62990824e-13	8.40182189e-13
C18	-6.32426869e-15	5.2611787e-12	-1.54721191e-13
C20	-2.91618922e-14	-8.64296247e-12	-6.95092865e-14
C21	-1.68020917e-17	1.79337812e-16	4.704138e-16
C23	-6.25679388e-17	6.25344238e-15	-1.98020462e-15
C25	-8.80198872e-17	9.42589658e-15	2.8630395e-16
C27	-2.15377736e-17	3.16333951e-15	-7.77736805e-17
C29	-4.600369e-20	8.50826753e-19	-8.89962473e-19
C31	-2.88783883e-20	2.46500403e-18	5.70734704e-18
C33	-8.24469634e-20	6.11421542e-18	-4.94608169e-19
C35	2.99965283e-20	2.68054245e-16	-5.37362862e-20
C36	-9.14144609e-23	-7.61482446e-22	-1.16419356e-20
C38	4.56746146e-23	-2.10318024e-20	-9.74634025e-21
C40	-7.5942581e-23	-5.13442867e-20	-1.73898241e-20
C42	-9.34952004e-23	-3.80153592e-19	1.16341028e-21
C44	8.70041492e-23	-1.58149457e-18	-5.56161657e-23
C46	2.46539099e-25	1.26001421e-23	2.22991592e-23
C48	8.63975279e-26	2.26904047e-22	-1.33814512e-23
C50	-4.64231072e-26	-6.94971301e-22	2.69140707e-23
C52	6.06567137e-26	-6.14162469e-21	-5.72930293e-24
C54	-1.27628469e-25	-1.39892604e-20	-3.17383225e-26
C55	2.6730632e-28	1.6124594e-26	2.37901686e-25
C57	-4.04681746e-28	1.79194869e-26	5.74908171e-25
C59	-6.13934671e-28	-1.07916138e-24	5.16858652e-25
C61	-6.82989222e-28	-1.84874159e-24	2.29934781e-26
C63	3.76587364e-29	5.28129065e-24	1.41744145e-26
C65	-5.97299103e-28	4.17347416e-23	-6.38021913e-28
C67	-8.00678063e-31	-1.43486698e-28	-1.37565501e-27
C69	-1.53299808e-30	-1.07367054e-26	-2.50594871e-27
C71	-2.2827634e-30	-5.11892322e-26	-1.5202136e-27
C73	-9.22430613e-31	5.3567633e-26	5.54122224e-29
C75	-2.04873095e-31	5.18408279e-25	-2.72156696e-30
C77	-6.4177289e-32	5.33075313e-25	-1.86793706e-30
C78	-7.06113511e-34	-2.43461881e-32	-2.29557514e-30
C80	1.65419247e-33	-3.36354314e-30	-3.59407598e-30
C82	2.92887405e-33	-5.11443547e-29	-5.23025061e-30
C84	2.38944422e-33	-1.21605902e-28	-1.39956581e-30
C86	1.43540305e-33	3.51950254e-28	-9.71779804e-31
C88	-8.40166712e-34	1.05641088e-27	-2.99362195e-32
C90	2.0391317e-33	4.65391348e-28	-5.23904991e-33
C92	1.00499798e-36	-8.58357662e-34	1.34776694e-32
C94	4.02569735e-36	4.77402789e-32	4.44047422e-32

계수	M8	M7	M6
C96	7.01500616e-36	4.67883986e-31	4.16406381e-32
C98	8.04929982e-36	9.55009976e-31	1.04273961e-32
C100	4.68663927e-36	-3.2932887e-30	1.93974596e-33
C102	-1.29112855e-37	-1.71231238e-29	-1.56753621e-34
C104	9.67137076e-37	-7.97131674e-30	-1.47926534e-37
C105	1.11271388e-39	-3.44544264e-37	8.43323406e-36
C107	-4.76286158e-39	4.82999866e-36	-3.41901443e-35
C109	-1.118952e-38	3.91182791e-34	-8.08948161e-35
C111	-7.53155915e-39	2.39245204e-33	-5.40349834e-35
C113	9.30385061e-40	2.7404568e-33	-1.00364838e-35
C115	1.87013187e-39	-2.89625364e-32	-8.7229565e-37
C117	6.90121236e-40	-5.01404328e-32	3.65273911e-37
C119	-3.74212372e-39	-4.09799797e-32	1.12325475e-38
C121	-9.54707202e-43	0	0
C123	-2.62679834e-42	0	0
C125	-8.36961189e-42	0	0
C127	-1.27197695e-41	0	0
C129	-1.69138752e-41	0	0
C131	-1.47039402e-41	0	0
C133	-6.44328143e-43	0	0
C135	-1.4137325e-42	0	0
C136	-6.29707457e-46	0	0
C138	7.90022937e-45	0	0
C140	1.78795966e-44	0	0
C142	9.78046993e-46	0	0
C144	-2.43869352e-44	0	0
C146	-3.47062344e-44	0	0
C148	-1.50798531e-44	0	0
C150	1.06161581e-45	0	0
C152	1.98865409e-45	0	0

도 26/27에 대한 표 3a

[0557]

계수	M5	M4	M3
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000
RX	29363.70860000	-2837.31613200	14646.09253000
C7	-4.08679454e-08	-2.2313771e-08	-2.40261236e-08
C9	-8.36871827e-08	-2.32045837e-07	-2.73422915e-08
C10	2.09705971e-12	3.04092615e-12	-2.9513388e-11
C12	2.51272222e-11	3.61049914e-11	-9.15077185e-12
C14	1.69227063e-10	-2.42492909e-10	2.00210463e-11
C16	5.53060661e-16	-2.0819334e-15	6.86342081e-15
C18	-9.23199034e-15	-7.74983288e-14	4.41510207e-16
C20	-4.027388e-13	-6.80249784e-13	-2.58531088e-14
C21	-3.47291575e-18	2.26580114e-19	-2.20608669e-18
C23	-3.45747429e-17	2.377501e-17	-2.05484907e-17
C25	-7.65596175e-17	5.04278865e-16	-3.59068158e-17
C27	9.79386352e-16	7.19302412e-15	1.79584203e-16
C29	2.90897557e-20	-1.01345449e-21	-6.1251551e-21
C31	1.0408761e-19	-1.71410922e-19	3.62781965e-20
C33	4.42359728e-19	-2.04391929e-18	1.22971099e-19
C35	-2.18936205e-18	-1.54712261e-16	1.94648572e-18
C36	1.30619995e-23	1.43899323e-26	1.07492344e-23
C38	-3.65876394e-23	-3.4203498e-24	5.58625518e-23
C40	-1.52815438e-22	-7.30927606e-22	1.48075572e-22
C42	-2.96583741e-21	-1.1688423e-20	1.16917436e-21
C44	5.7262241e-21	3.59003428e-18	-5.57317878e-21
C46	-1.6972836e-25	1.14473368e-27	-6.48101479e-28
C48	-4.74294826e-25	5.43217288e-26	-4.63479637e-25
C50	-7.95753522e-25	-1.137132e-23	-2.24743327e-24
C52	-3.26107419e-24	-4.83879624e-22	-4.28781689e-24
C54	-2.26528951e-23	4.56671842e-20	-1.67533641e-22
C55	-4.30900642e-29	5.10227319e-31	-1.05264632e-28
C57	2.89748678e-28	5.65706438e-29	-1.05218012e-28
C59	2.11195041e-27	4.28804717e-27	-1.31683082e-27
C61	5.0160429e-27	1.38412296e-24	-1.05261953e-26
C63	7.19967176e-26	-9.83289711e-24	-3.85154123e-26
C65	-4.08256809e-26	-1.6982784e-21	-4.65379054e-25
C67	5.05025434e-31	-6.95990045e-33	-3.11256872e-32
C69	1.42714944e-30	-1.33890648e-30	1.65988582e-30
C71	7.45092588e-30	-5.83117347e-29	1.56036122e-29
C73	1.99335578e-29	-2.28709957e-26	7.80549941e-29
C75	6.23811627e-28	2.13086029e-25	6.62602459e-29
C77	-2.27266233e-28	9.58109313e-24	3.88182163e-27
C78	5.21616902e-35	-2.18826289e-37	2.25858762e-34
C80	-3.89851427e-34	2.51802019e-35	1.96804001e-35
C82	-6.6719409e-33	6.15191756e-34	7.16915829e-33
C84	2.59908145e-32	-1.57558885e-30	8.22440794e-32
C86	-2.38366597e-31	1.52473073e-28	3.31913873e-31
C88	-6.81072162e-31	2.46751442e-27	5.7378916e-31
C90	2.30360439e-30	7.51106446e-26	2.96813954e-29
C92	-8.0899315e-37	6.76836149e-39	4.61223413e-38
C94	-9.2704549e-36	1.45298999e-36	-2.33835226e-36
C96	-6.4688252e-35	1.62712528e-34	-3.24259664e-35
C98	-9.76323269e-35	3.29916833e-32	-2.83361995e-34
C100	-1.72013015e-33	-5.56840797e-31	-9.31180311e-34
C102	-1.4852411e-32	-5.59819448e-29	-1.23445076e-32
C104	1.76323714e-32	-9.11469106e-28	7.59914928e-32
C105	2.70851366e-41	-3.10685744e-43	-1.38859727e-40
C107	2.70717847e-39	-1.41829562e-40	4.12766595e-40
C109	4.3484992e-38	-9.43723768e-39	-1.19038711e-38
C111	7.71332614e-38	-1.1727652e-36	-2.06952102e-37
C113	3.20979484e-37	-1.56794917e-34	-1.38822649e-36
C115	-2.94924599e-36	1.70010457e-33	-3.67358357e-36
C117	-3.38333116e-35	2.40858822e-31	-2.35890929e-36
C119	5.46219248e-35	2.39253918e-30	7.02180934e-35

도 26/27에 대한 표 3b

[0558]

계수	M2	M1
KY	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000
RX	-8591.25985000	-44223.29270000
C7	2.99148093e-08	-3.51511776e-08
C9	-2.75260874e-09	-7.11448809e-08
C10	5.55081545e-11	-4.10270779e-11
C12	-5.97183171e-12	-2.8217723e-11
C14	-4.06031762e-13	2.14989264e-10
C16	-2.79778356e-14	1.40795276e-13
C18	1.79288323e-14	8.05770554e-13
C20	-3.38327995e-15	-2.59389473e-13
C21	-3.48066202e-17	4.10045555e-17
C23	1.63939639e-17	-7.17948803e-16
C25	1.84526437e-18	-1.3131289e-15
C27	-1.02528315e-18	2.72912338e-16
C29	-1.3014589e-19	-4.68210382e-20
C31	-5.87409678e-21	1.02547618e-19
C33	-1.16533212e-20	-3.15126138e-18
C35	5.34922803e-21	-3.27597939e-18
C36	5.03657859e-22	3.82370931e-23
C38	-1.91027438e-22	1.12562095e-21
C40	-7.7852516e-23	8.84579475e-21
C42	-1.1265141e-23	6.72624215e-20
C44	-6.20839372e-25	-2.03858478e-20
C46	-2.10802913e-25	3.84408406e-24
C48	2.31729842e-25	4.44222408e-23
C50	5.57599755e-26	-2.10654686e-23
C52	7.03833262e-28	-3.99067489e-22
C54	-1.44691171e-26	-4.82876579e-22
C55	-5.4662909e-28	-5.75573129e-29
C57	7.13770069e-28	1.05708712e-26
C59	9.05959984e-28	4.45669379e-26
C61	3.90484003e-28	-3.24661836e-27
C63	2.9845833e-29	-1.59551772e-24
C65	-2.62761246e-30	4.84788324e-24
C67	7.20493267e-31	-2.6429913e-29
C69	-1.50894693e-30	-9.20367529e-28
C71	-9.91502164e-31	-4.32416568e-27
C73	-1.90214439e-31	1.34332393e-27
C75	2.61487275e-32	2.39717536e-26
C77	2.34033428e-32	2.51255795e-26
C78	-2.16847329e-33	-8.54089655e-33
C80	-3.95387479e-33	-1.24782323e-31
C82	-5.79159657e-33	1.15198274e-30
C84	-3.51740059e-33	7.37679351e-30
C86	-9.22238958e-34	-4.65048215e-30
C88	-3.05983814e-35	-6.03530894e-30
C90	9.8645578e-36	-1.90490163e-28
C92	1.31596904e-36	2.57330157e-35
C94	7.63172154e-36	2.82127945e-33
C96	4.69550164e-36	2.41325577e-32
C98	1.33696127e-36	6.70244162e-32
C100	1.54304009e-37	-8.05861336e-32
C102	-3.22616636e-38	-4.38796518e-31
C104	-1.43000965e-38	-2.82969243e-31
C105	8.01929474e-40	3.73241981e-38
C107	3.2676891e-39	1.45855716e-36
C109	7.46821996e-39	3.02629332e-36
C111	9.81393372e-39	-3.70759447e-35
C113	4.50117184e-39	-1.1474833e-34
C115	7.30739397e-40	5.05238578e-34
C117	1.09045016e-42	1.19088272e-33
C119	-8.75346337e-42	3.36419998e-33

도 26/27 에 대한 표 3c

[0559]

표면	DCX	DCY	DCZ
이미지 면	0.00000000	0.00000000	0.00000000
M8	0.00000000	0.00000000	859.88832187
M7	0.00000000	-176.20561941	108.16423659
M6	0.00000000	-698.54439441	1140.58633390
M5	-0.00000000	-716.55400301	1977.10005031
M4	0.00000000	-472.43792140	2531.29159348
M3	0.00000000	-1379.51266357	1438.63634577
M2	0.00000000	-2608.29927284	741.99389453
스탑	0.00000000	-2918.25887054	352.59739373
M1	0.00000000	-3267.93714103	-86.69693993
오브젝트 면	0.00000000	-3324.46014880	2242.98343748

도 26/27 에 대한 표 4a

[0560]

표면	TLA[deg]	TLB[deg]	TLC[deg]
이미지 면	-0.00000000	0.00000000	-0.00000000
M8	-6.59603822	0.00000000	-0.00000000
M7	186.82219104	0.00000000	-0.00000000
M6	104.03490485	-0.00000000	0.00000000
M5	78.73015909	-0.00000000	-0.00000000
M4	-31.73550573	0.00000000	-0.00000000
M3	219.92622552	-0.00000000	-0.00000000
M2	40.51532074	0.00000000	-0.00000000
스탑	19.04239581	180.00000000	0.00000000
M1	161.43502849	-0.00000000	-0.00000000
오브젝트 면	-2.21167135	0.00000000	-0.00000000

도 26/27에 대한 표 4b

[0561]

표면	입사각 [deg]	반사율
M8	6.59603822	0.66110189
M7	20.01426748	0.61355760
M6	77.19844633	0.83904083
M5	77.49680791	0.84348513
M4	7.96247272	0.65888448
M3	79.62420397	0.87332138
M2	79.03510874	0.86535589
M1	19.95481648	0.61393176
전체 투과율		0.0878

도 26/27에 대한 표 5

[0562]

X[mm]	Y[mm]	Z[mm]
0.00000000	-219.15646259	0.00000000
46.68638707	-216.35703508	0.00000000
92.44920291	-208.03952648	0.00000000
136.36850701	-194.43093148	0.00000000
177.53246672	-175.88140650	0.00000000
215.04126471	-152.86453345	0.00000000
248.01037220	-125.99517818	0.00000000
275.57900231	-96.03396498	0.00000000
296.93376542	-63.85746854	0.00000000
311.35383746	-30.38963121	0.00000000
318.27003544	3.49290551	0.00000000
317.31667274	37.05306325	0.00000000
308.35620881	69.73467689	0.00000000
291.47003488	101.08900987	0.00000000
266.93645742	130.63667071	0.00000000
235.22482493	157.78791628	0.00000000
197.00574657	181.83055596	0.00000000
153.16053621	201.92815248	0.00000000
104.79070426	217.17246634	0.00000000
53.22556587	226.71903168	0.00000000
0.00000000	229.97244838	-0.00000000
-53.22556587	226.71903168	0.00000000
-104.79070426	217.17246634	0.00000000
-153.16053621	201.92815248	-0.00000000
-197.00574657	181.83055596	0.00000000
-235.22482493	157.78791628	0.00000000
-266.93645742	130.63667071	0.00000000
-291.47003488	101.08900987	0.00000000
-308.35620881	69.73467689	0.00000000
-317.31667274	37.05306325	0.00000000
-318.27003544	3.49290551	0.00000000
-311.35383746	-30.38963121	0.00000000
-296.93376542	-63.85746854	0.00000000
-275.57900231	-96.03396498	0.00000000
-248.01037220	-125.99517818	0.00000000
-215.04126471	-152.86453345	0.00000000
-177.53246672	-175.88140650	0.00000000
-136.36850701	-194.43093148	0.00000000
-92.44920291	-208.03952648	0.00000000
-46.68638707	-216.35703508	0.00000000

도 26/27에 대한 표 6

[0563]

[0564]

투영 광학 유닛(37)의 전체 반사율은 8.78%이다.

- [0565] 투영 광학 유닛(37)은 0.45의 이미지측 개구수를 갖는다. 이미지 필드(8)는 13 mm의 두배의 x 범위와 1.20 mm의 y 범위를 갖는다. 투영 광학 유닛(37)은 13.5 nm의 조명광(3)의 동작 파장에 대해서 최적화되어 있다.
- [0566] 투영 광학 유닛(37)은 정확히 8개의 미러(M1 ~ M8)를 갖는다. 한편의 미러(M2, M3)와 다른 한편의 미러(M5, M6)는 그레이징 입사용 미러로서 구현되며, 각각의 경우에 활상 빔 경로에서 순차적으로 바로 뒤이어 위치하는 미러쌍으로 배치된다. 미러(M2, M3)는 xy-평면에서 반대 방향으로 주 광선(16)을 편향시킨다. 투영 광학 유닛(37)은 정확히 4개의 그레이징 입사용 미러, 즉, 미러(M2, M3, M5 및 M6)를 갖는다. 미러(M1, M4, M7 및 M8)는 수직 입사용 미러로 구현된다.
- [0567] 투영 광학 유닛(37)에서, 스태프(18)은 미러(M1, M2) 사이의 빔 경로에서, 미러(M2)상의 그레이징 입사 근방에 배치된다. 또는, 스태프는 미러(M2)의 표면 상에 직접 배치될 수 있다.
- [0568] xz 면에서 (도 27 참조), 투영 광학 유닛(37)의 입사동은 조명광의 빔 경로에서 오브젝트 필드(4) 뒤의 3000 mm에 놓여 있다. yz 면에서, 입사동은 투영 광학 유닛(37)의 활상 빔 경로에서 오브젝트 필드 뒤의 3100 mm에 놓여 있다. 그러므로, 오브젝트 필드(4)로부터 나오는 주 광선(16)의 범위는 도 26에 따른 메리디오널 섹션과 도 27에 따른 뷰에서 모두 수렴한다.
- [0569] 스태프(18)은, 그 자신의 yz-섹션의 위치와 비교하여, xz-섹션(도 27 참조)에서 z 방향으로 변위된 위치에 존재할 수 있다.
- [0570] 오브젝트 필드(4)와 이미지 필드(8) 사이의 z 거리는 대략 2100 mm이다.
- [0571] 오브젝트/이미지 오프셋(d_{ois})은 대략 3400 mm이다.
- [0572] 미러(M7)와 이미지 필드(8) 사이의 자유 작동 거리는 86 mm이다.
- [0573] 투영 광학 유닛(37)에서, 파면 수차의 스캔 RMS 값은 최대 18 mλ, 평균 14 mλ이다.
- [0574] 최대 왜곡값은 x 방향에서 최대 0.15 nm이고, y 방향에서 최대 0.14 nm이다. x 방향의 텔레센트릭 값은 이미지 필드측에서 최대 1.17 mrad이고, y 방향의 텔레센트릭 값은 이미지 필드측에서 최대 2.77 mrad이다.
- [0575] 또 다른 미러 데이터는 다음 표에 기재되어 있다.

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
최대 입사각 [deg]	21.3	81.7	83.1	8.8	78.7	80.3	31.6	8.5
미러 치수 (x) [mm]	548.7	753.9	1041.9	1335.9	970.3	391.0	475.7	814.4
미러 치수 (y) [mm]	282.8	1204.8	373.1	115.5	344.4	626.7	219.4	791.0
최대 미러 지름 [mm]	548.7	1204.8	1042.0	1336.0	970.3	628.1	475.8	815.2

도26/27에 대한 표 7

- [0576]
- [0577] yz 면(도 26)의 미러(M3)의 반사 영역 및 xz 면(도 27)의 미러(M6, M7) 사이의 활상 빔 경로 영역에서 빔 경로 상에 중간 이미지(19)가 존재한다.
- [0578] 빔 경로에서 최종 미러(M8)는 차폐되지 않는다. 조명광(3)은 미러(M6, M7) 사이의 부분 빔 경로에서 연속적으로 사용되는 미러(M8)를 지나서 안내된다. 모든 다른 미러(M1 ~ M7)는 연속적으로 사용되는 반사면을 갖는다.
- [0579] 미러(M1, M2, M4, M6 및 M8)는 부의 반경 값을 가지며, 즉, 원리상, 오목 미러이다. 다른 미러(M3, M5 및 M7)는 정의 반경 값을 가지며, 즉, 원리상, 볼록 미러이다. 그레이징 입사용 미러(M2, M3, M5 및 M6)는 매우 큰 반경을 가지며, 즉, 평면 반사면에서 조금 벗어나게 구성되어 있다.
- [0580] 상기 기재된 투영 광학 유닛의 일부 데이터가 다음의 표 I 및 II에 요약되어 있다. 각각의 제1 칼럼은 각각의 실시 형태에 데이터를 할당하기 위한 역할을 한다.
- [0581] 다음의 표I은 다음의 광학 파라미터를 요약한다: 개구수(NA), x 방향의 이미지 필드 크기(Fieldsize X), y 방향의 이미지 필드 크기(Fieldsize Y), 이미지 필드 곡률(Field Curvature), 및 전체 반사율 또는 시스템 투과율(Transmission).

[0582] 다음의 표 II는 "미러 유형 순서"(Mirror Type Order), "미러 편향 효과 순서"(Mirror Rotation Order), "xz 면에서 굴절력 순서"(x Power Order) 및 "yz 면에서 굴절력 순서"(y Power Order)를 명시한다. 각각의 경우에 이들 시퀀스는 빔 경로에서 최종 미러에서 시작하며, 즉, 역 빔 방향에 따른다. 예를 들면, 시퀀스 "LORRRLLR"는 도 2에 따른 실시 형태에서 시퀀스(M8 ~ M1)에서 편향 효과에 관한 것이다.

도	NA	필드 크기 X [mm]	필드 크기 Y [mm]	필드 곡률 [1/mm]	투과율%
2	0.45	13	0.784	0	10.43
3	0.45	13	0.95	0	13.09
4	0.45	13	0.72	0	13.32
5	0.45	13	0.98	0	14.73
6	0.45	13	0.784	0	8.11
7	0.45	13	0.784	0	9.88
8	0.45	13	0.784	0	10.04
9	0.45	13	0.784	0	8.83
10	0.45	13	0.784	0	7.89
14, 15	0.6	13	1.2	0.04931455	8.67
16, 17	0.63	13	1.2	0	9.95
18, 19	0.55	13	1.2	0	10.03
20, 21	0.55	26	1.2	0	10.17
22, 23	0.49	26	1.6	0	10.15
24, 25	0.5	26	1.2	0	10.12
26, 27	0.45	26	1.2	0.0070855	8.78

[0583] 표 1

도	미러 유형 순서	미러 편향 효과 순서	x 굴절력 순서	y 굴절력 순서
2	NNGGNGGN	LORRRLLR	+-----	+-----
3	NNNNNGG	OORLLL	+---+	+---+
4	NNNNNGG	RORRRR	+-----	+-----
5	NNNNGGG	OORLRLR	+-----	+-----
6	NNGGNGGN	RRLRRLRL	+-----	+-----
7	NNGGNGGN	ROLRRLRL	+-----	+-----
8	NNGGNGGN	RORLRLRL	+-----	+-----
9	NNGGNGGN	ROLLRRRL	+-----	+-----
10	NNGGNGGNG	ROLLRRLL	+-----	+-----
14, 15	NNGGNGGN	LRRLLLLR	+-----	+-----
16, 17	NNGGNGGN	LRRLLLLR	+-----	+-----
18, 19	NNGGNGGN	LORRRLLR	+-----	+-----
20, 21	NNGGNGGN	LORRRLLR	+-----	+-----
22, 23	NNGGNGGN	LORRRLLR	+-----	+-----
24, 25	NNGGNGGN	LORRRLLR	+-----	+-----
26, 27	NNGGNGGN	LRRRLRLR	+-----	+-----

[0584] 표 2

[0585] 미러 유형에서, 표시 "N"은 수직 입사(NI) 미러에 관한 것이며, 표시 "G"는 그레이징 입사(GI) 미러에 관한 것이다. 굴절력 순서에서, "+"는 오목 미러면을 나타내고, "-"는 볼록 미러면을 나타낸다. x와 y에서 굴절력 순서를 비교하면, 예를 들면, 도 5에 따른 실시 형태를 제외하고, 모든 실시 형태는 x와 y에서 상이한 굴절력 순서를 갖는 것을 알 수 있다. 예를 들면, 도 2에 따른 실시 형태의 미러(M1)는 x 방향에서 볼록하고(굴절력 "-"), 부의 굴절력) 및 y 방향에서 오목하다(굴절력 "+", 정의 굴절력). x와 y에서 상이한 부호의 굴절력을 갖는 이들 미러는 새들면을 구성한다.

[0586] 도 5 및 10의 실시 형태를 제외하고, GI 미러는 항상 쌍으로 생성되고, 표II의 미러 유형의 순서로 모여질 수 있다. 도 5에 따른 실시 형태에서, 3개의 GI 미러, 즉, 미러(M1 ~ M3)가 서로의 뒤에 존재한다. 도 10에 따른 실시 형태에서, 한 개의 GI 미러, 즉, 미러(M1)이 존재한다.

[0587] 도 6 ~ 9 및 14 ~ 27에 따른 실시 형태의 미러 유형의 순서는 미러(M8 ~ M1)에 대해서 동일하게 NNGGNGGN이다. 도 14 ~ 17 및 27에 따른 실시 형태는 미러(M8 ~ M1)에 대해서 동일한 편향 효과 순서, 즉, LRRRRLLR를 갖는다. 또한, 도 18 ~ 25에 따른 실시 형태는 미러(M8 ~ M1)에 대해서 동일한 편향 효과 순서, 즉, LORRRLLR를 갖는다.

[0588] 굴절력의 순서에 있어서, 도 7에 따른 실시 형태는, xz 면에서 정의 굴절력을 갖는 5개의 연속적인 미러, 즉, 미러(M1 ~ M5)를 갖는다. 다른 실시 형태는, xz 면에서 정의 굴절력을 갖는 4개까지의 연속적인 미러를 갖는다. 도 8 및 22에 따른 실시 형태는, 각각의 경우에, 서로 뒤에 배치되고 yz 면에서 정의 굴절력을 갖는 3

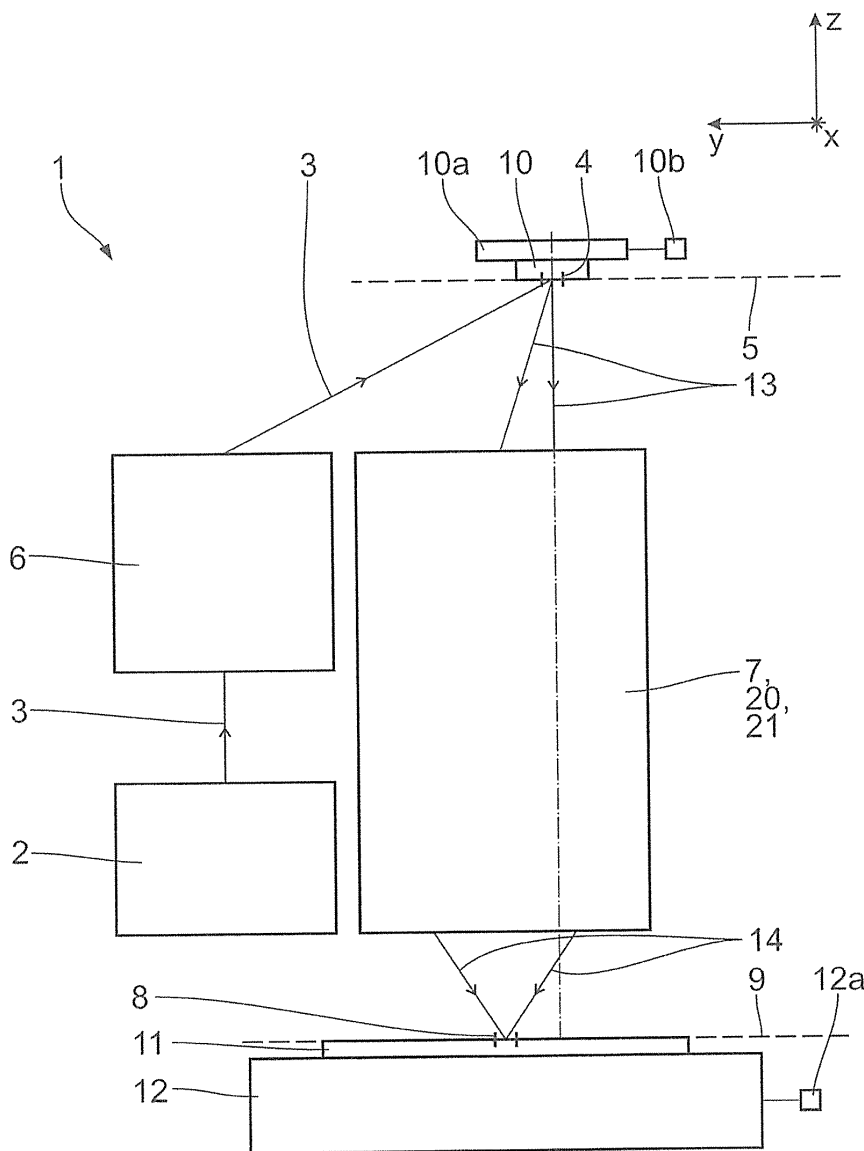
개의 미러, 즉, 각각의 경우에 미러(M3 ~ M5)를 갖는다. 그 설계 데이터에 대해서 상기 기재되어 있는 다른 실시 형태는, yz 면에서 정의 굴절력을 갖는 2개보다 많은 연속적인 미러를 갖지 않는다.

[0589] 상기 기재된 복수의 실시 형태의 투영 광학 유닛은, xz 면 또는 yz 면에서 정의 굴절력을 갖는 2개의 연속적인 미러를 갖지 않는다. 도 5에 따른 실시 형태는 xz 면 및 yz 면 모두에서 정의 굴절력을 갖는 2개의 연속적인 미러를 갖지 않는다.

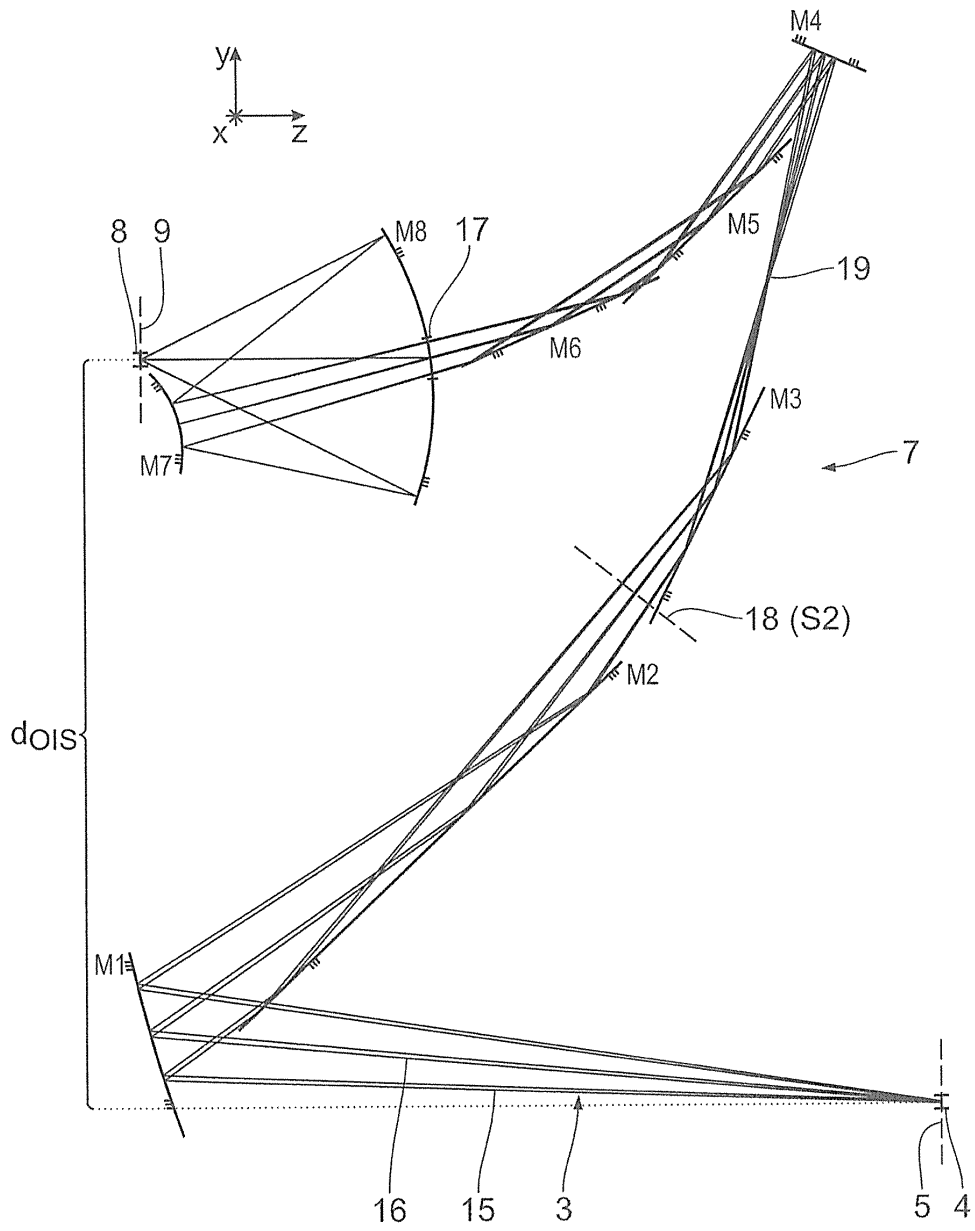
[0590] 마이크로구조 또는 나노구조의 구성 소자를 제조하기 위해, 투영 노광 장치(1)는 다음과 같이 사용된다: 처음에, 반사 마스크(10) 또는 레티클, 및 기판 또는 웨이퍼(11)가 준비된다. 다음에, 레티클(10) 상의 구조물이 웨이퍼(11)의 감광층으로 투영 노광 장치(1)에 의해 투영된다. 감광층을 현상함으로써, 웨이퍼(11)상에 마이크로구조물 또는 나노구조물이 생성되므로, 마이크로구조의 구성 소자가 생성된다.

도면

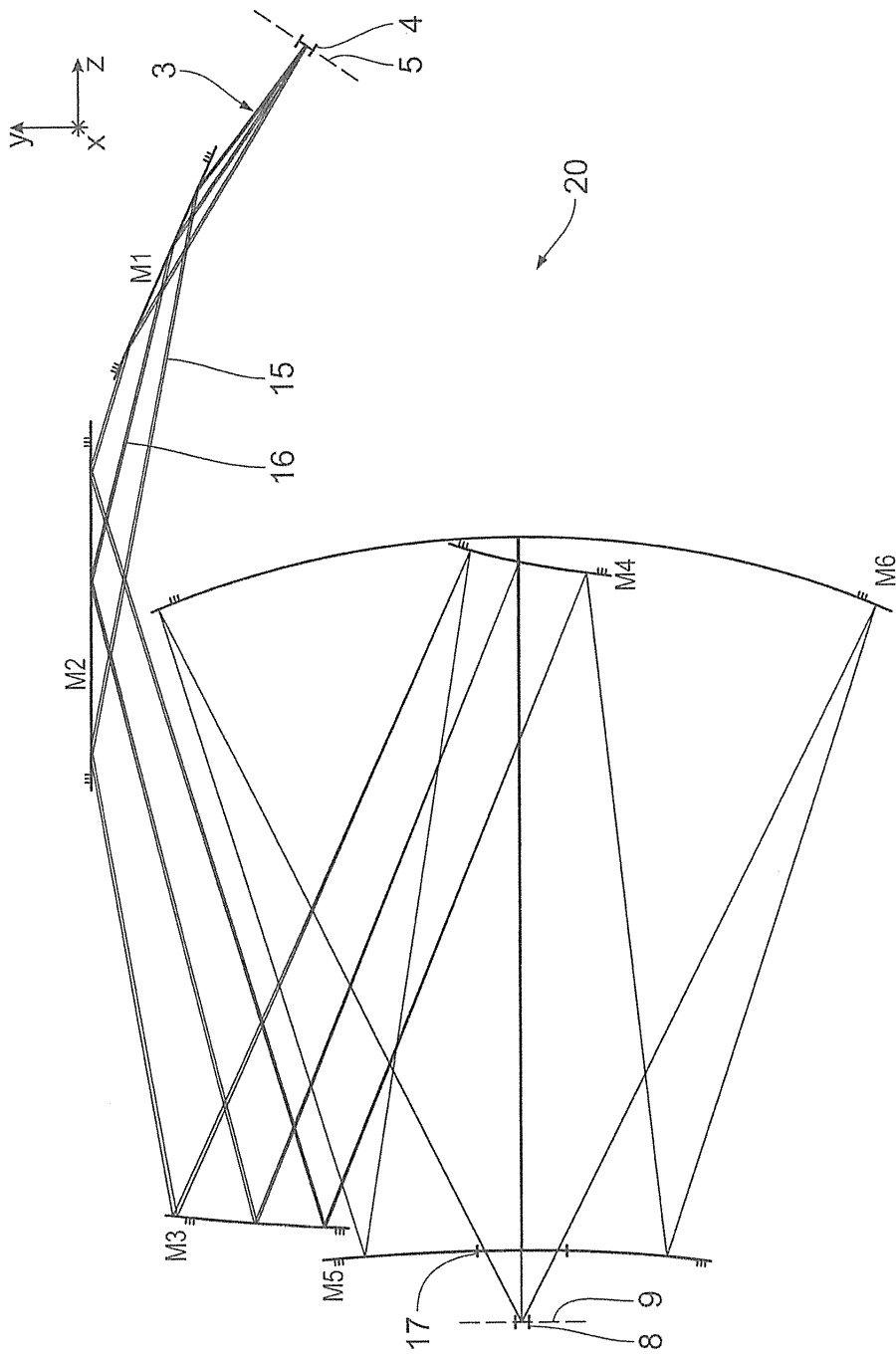
도면1



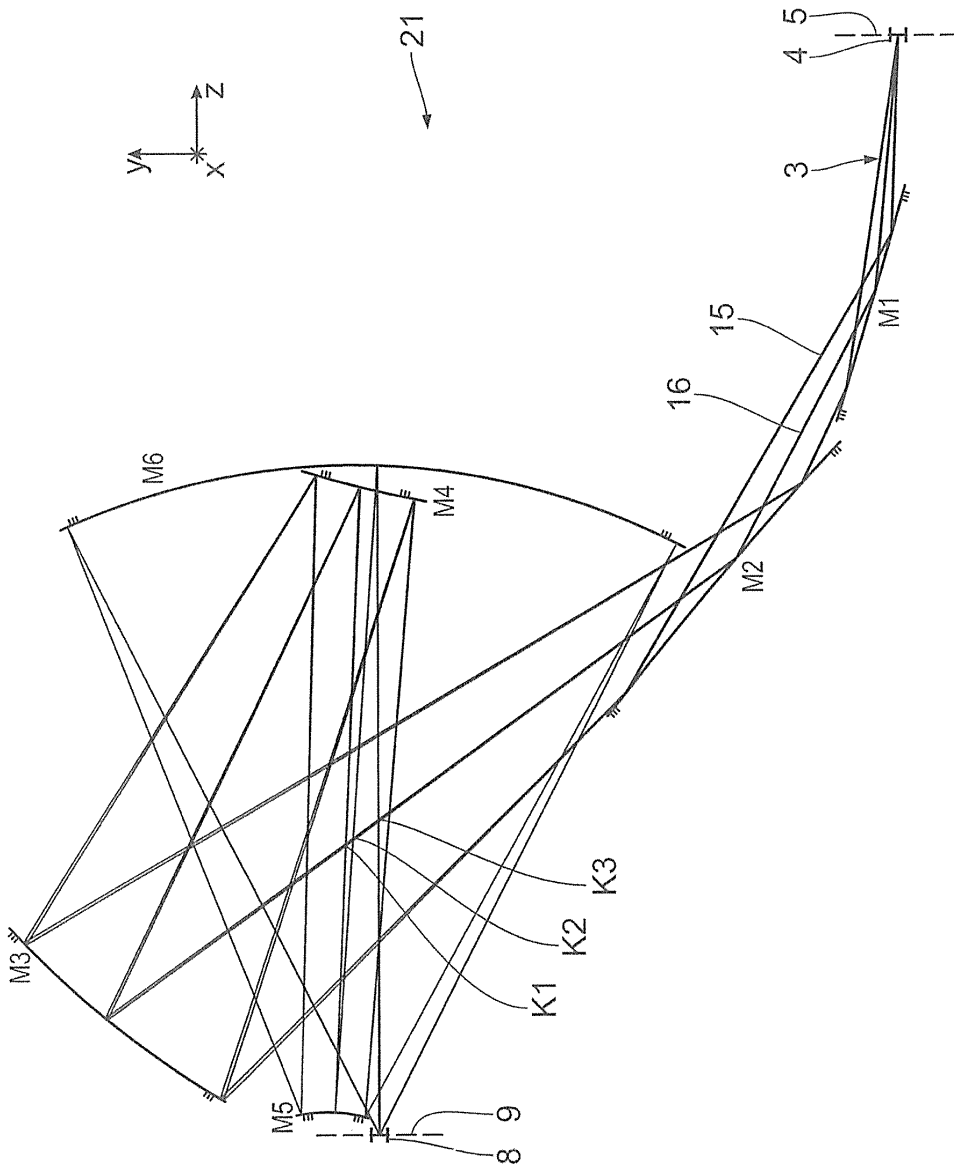
도면2



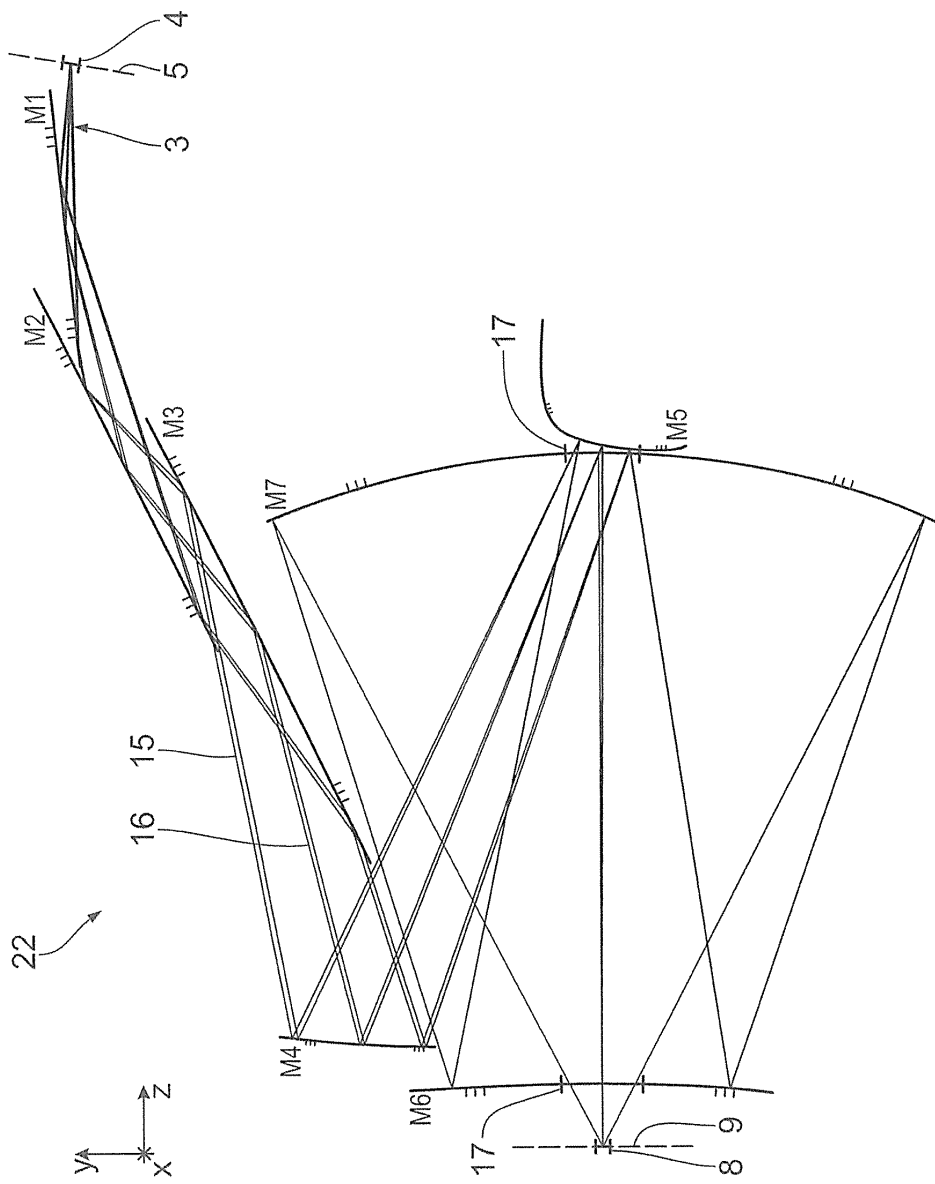
도면3



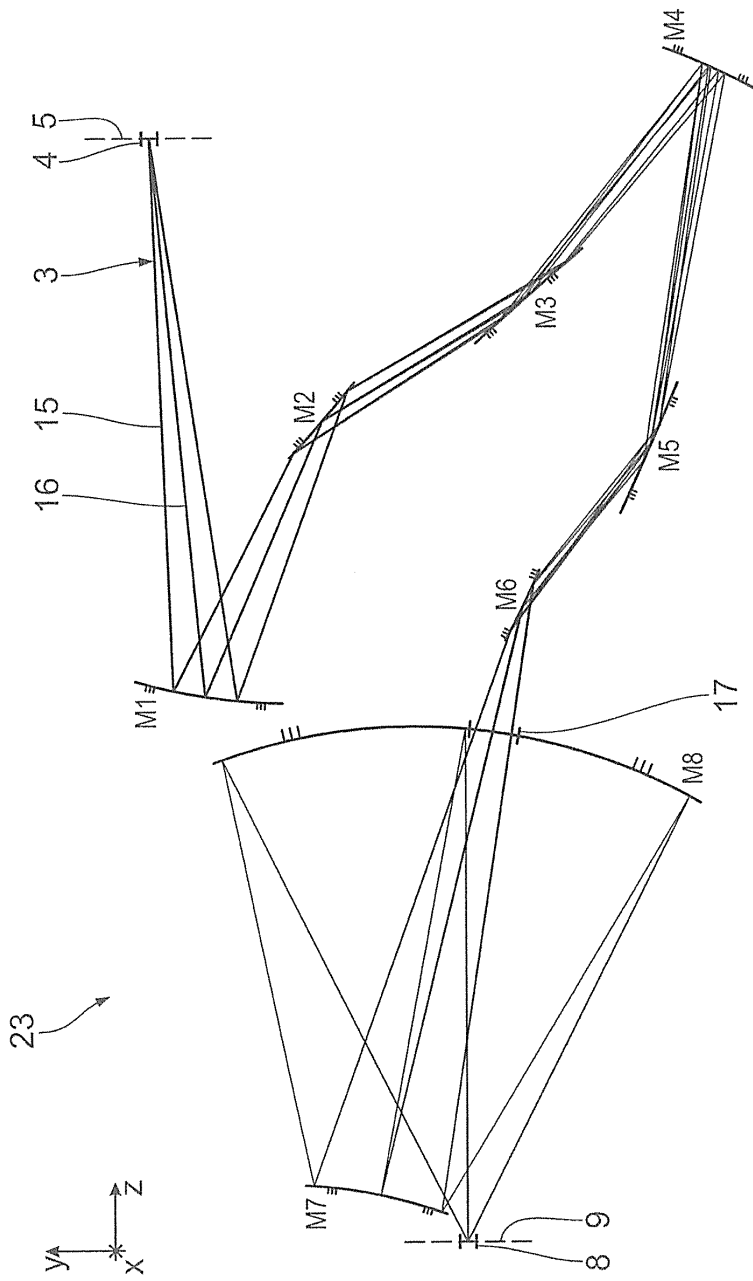
도면4



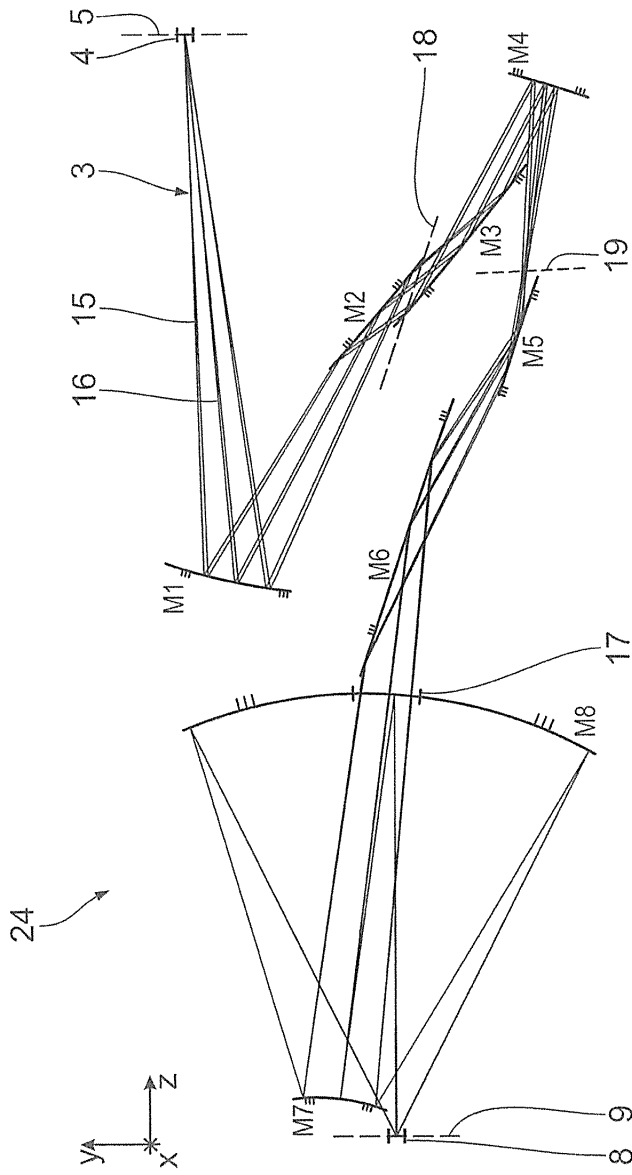
도면5



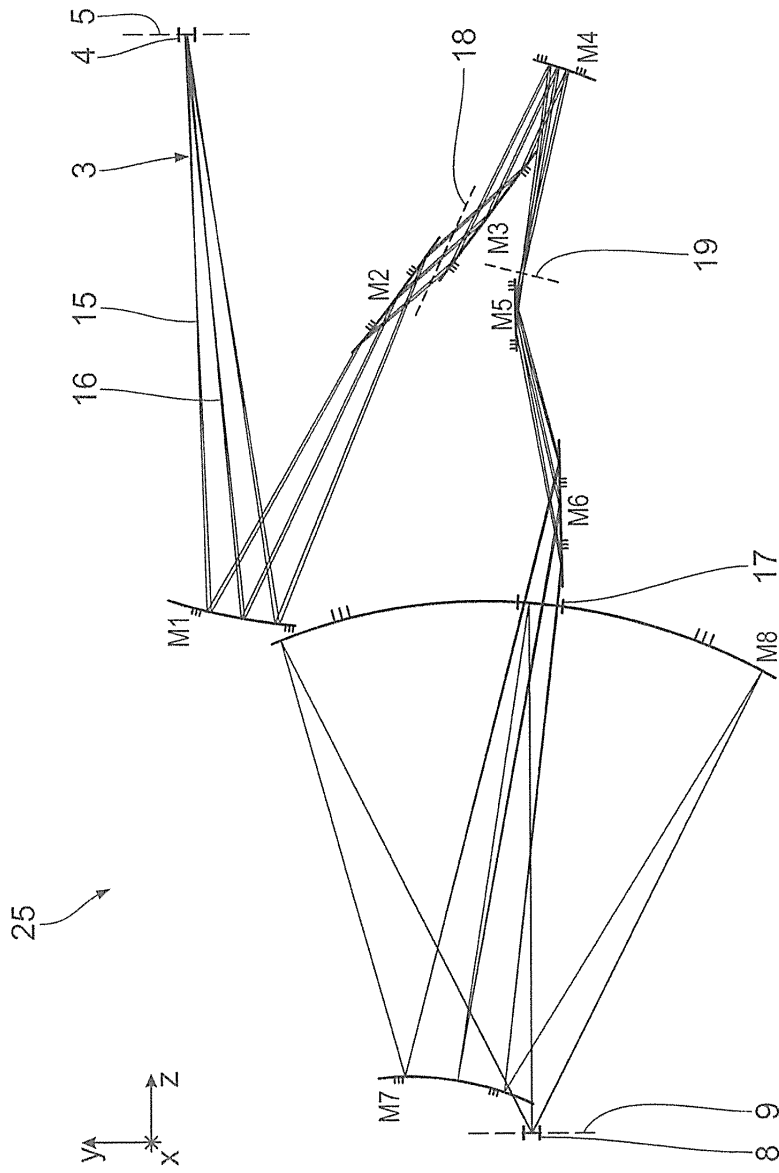
도면6



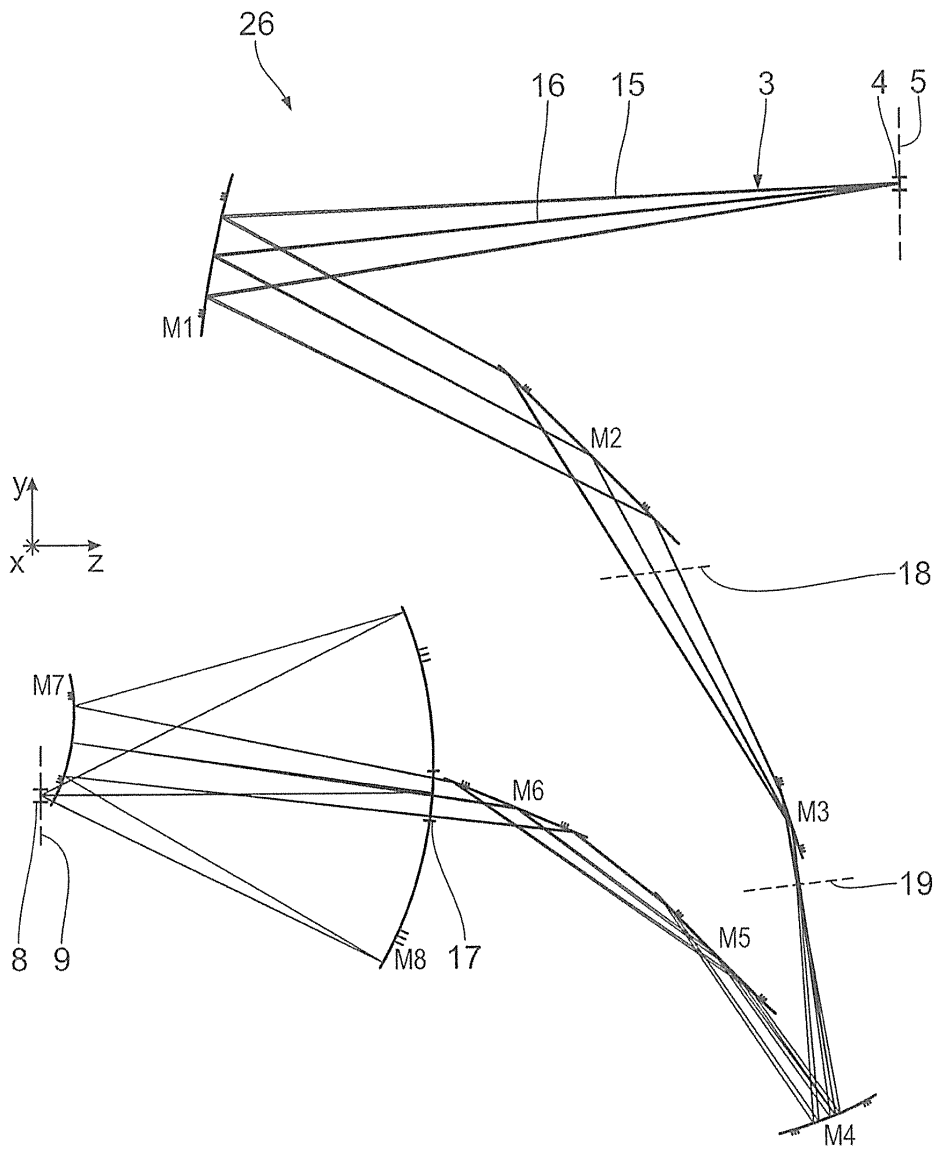
도면7



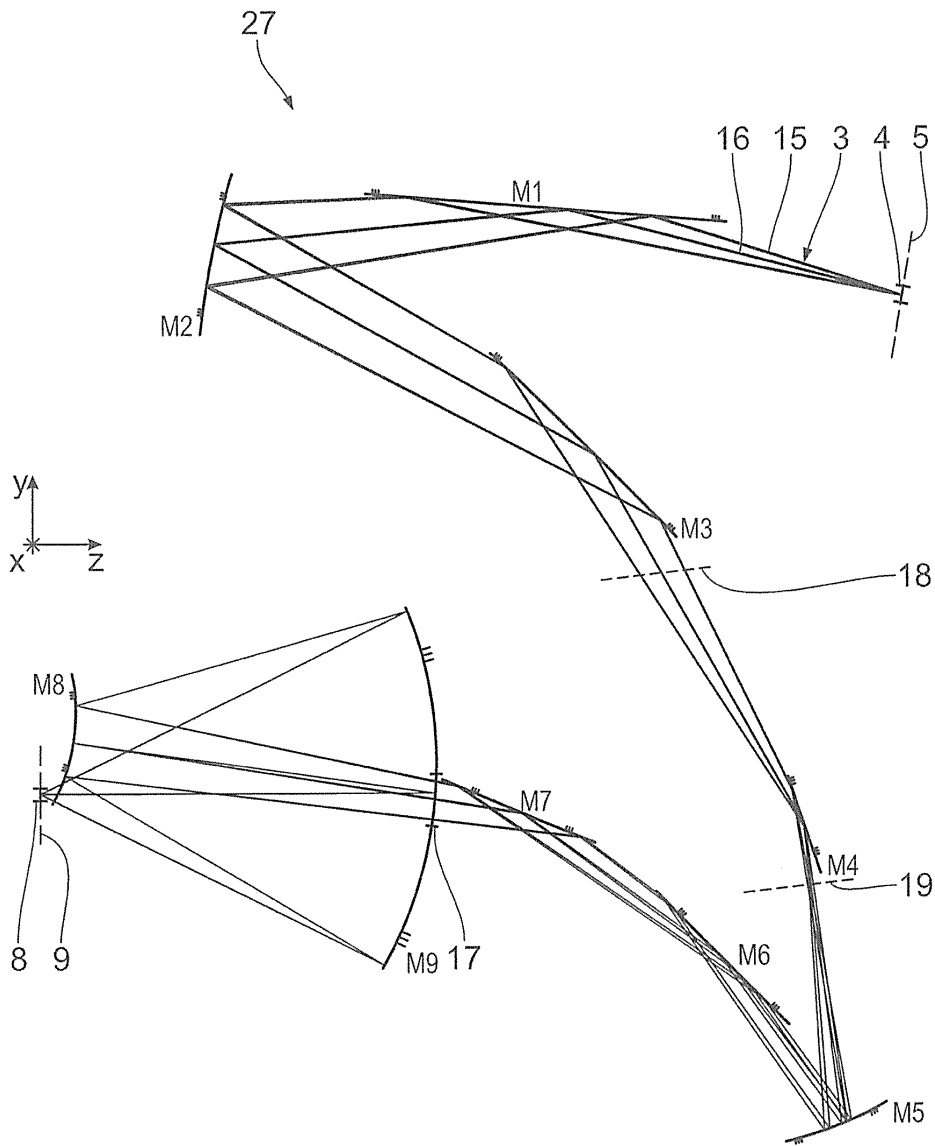
도면8



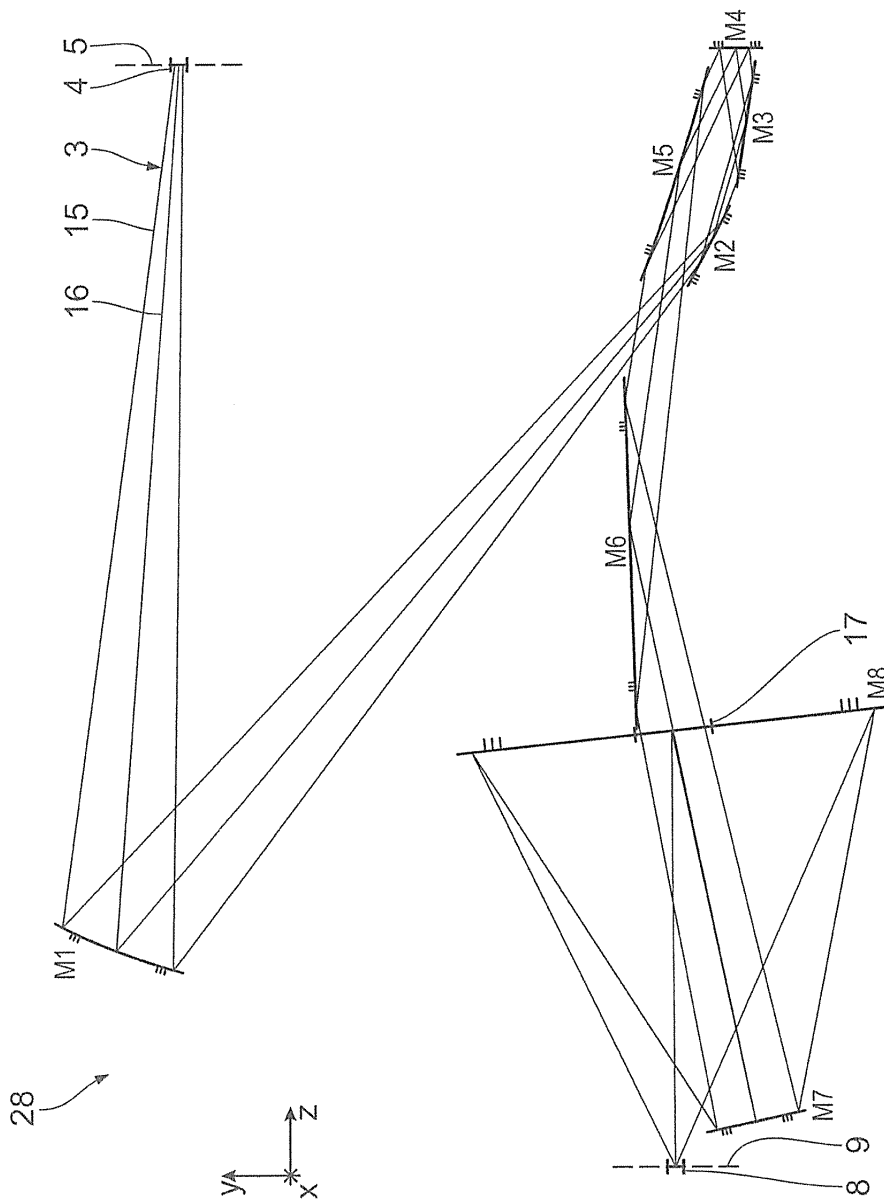
도면9



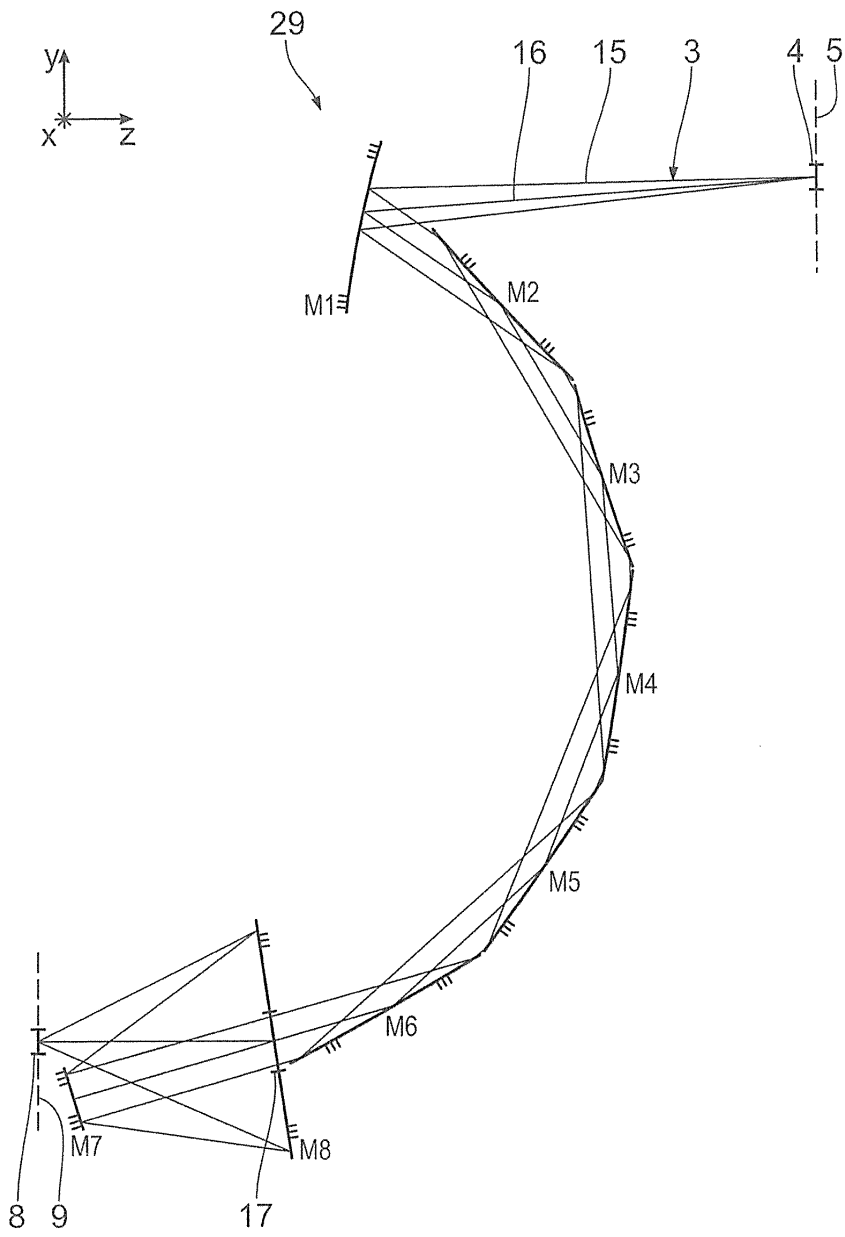
도면10



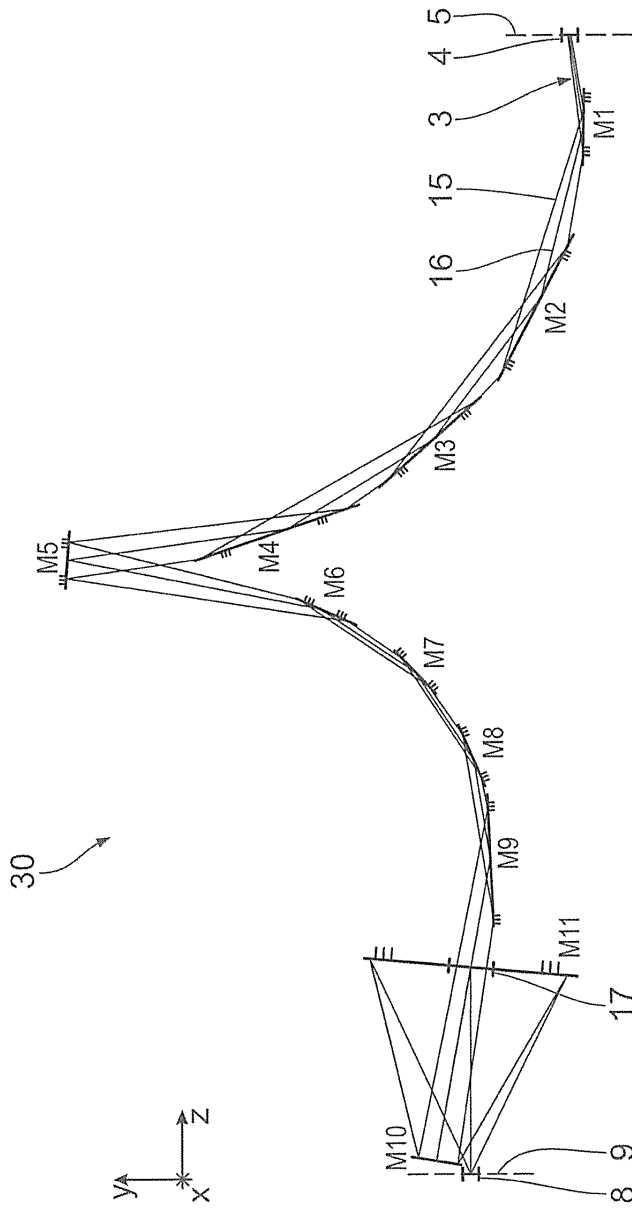
도면11



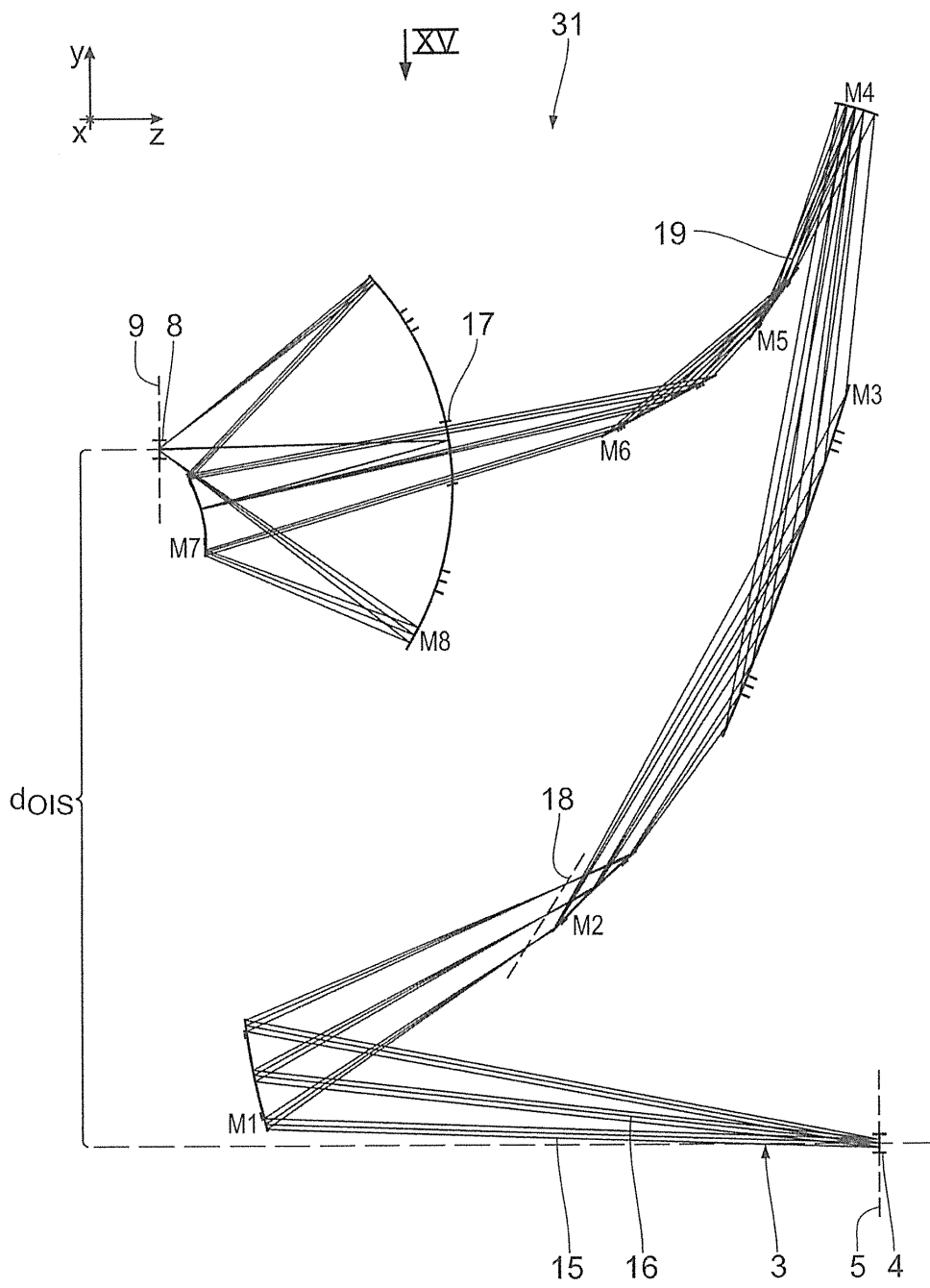
도면12



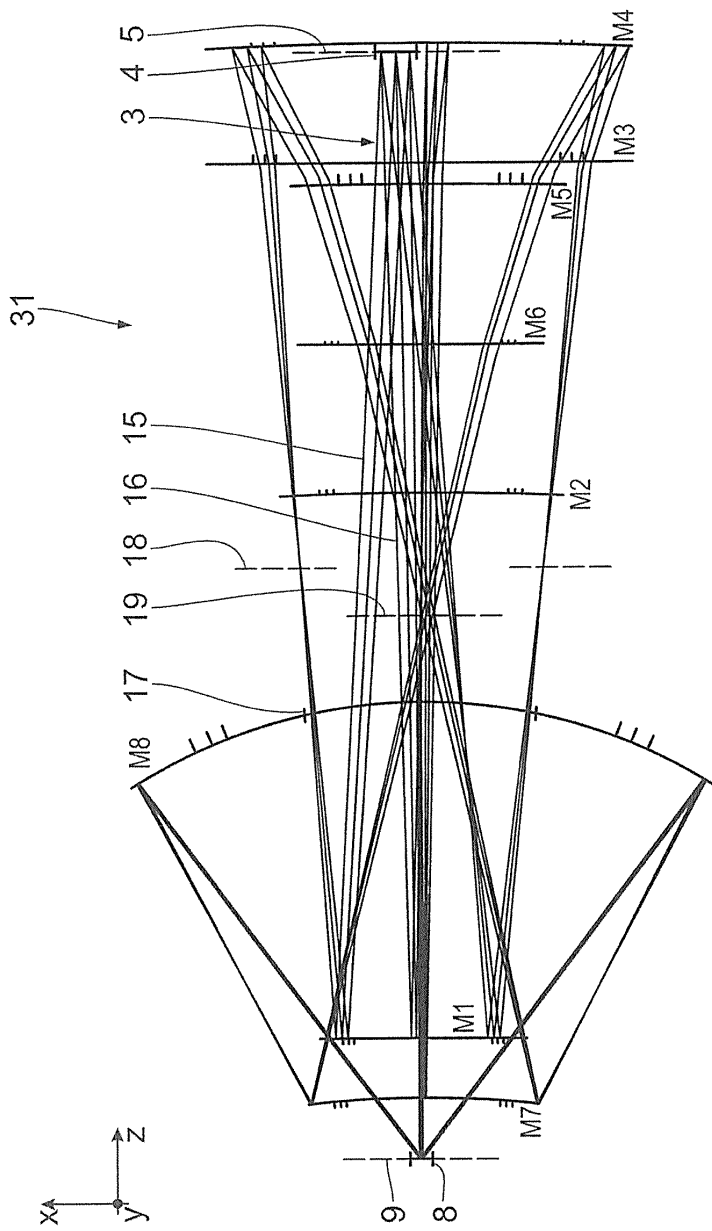
도면13



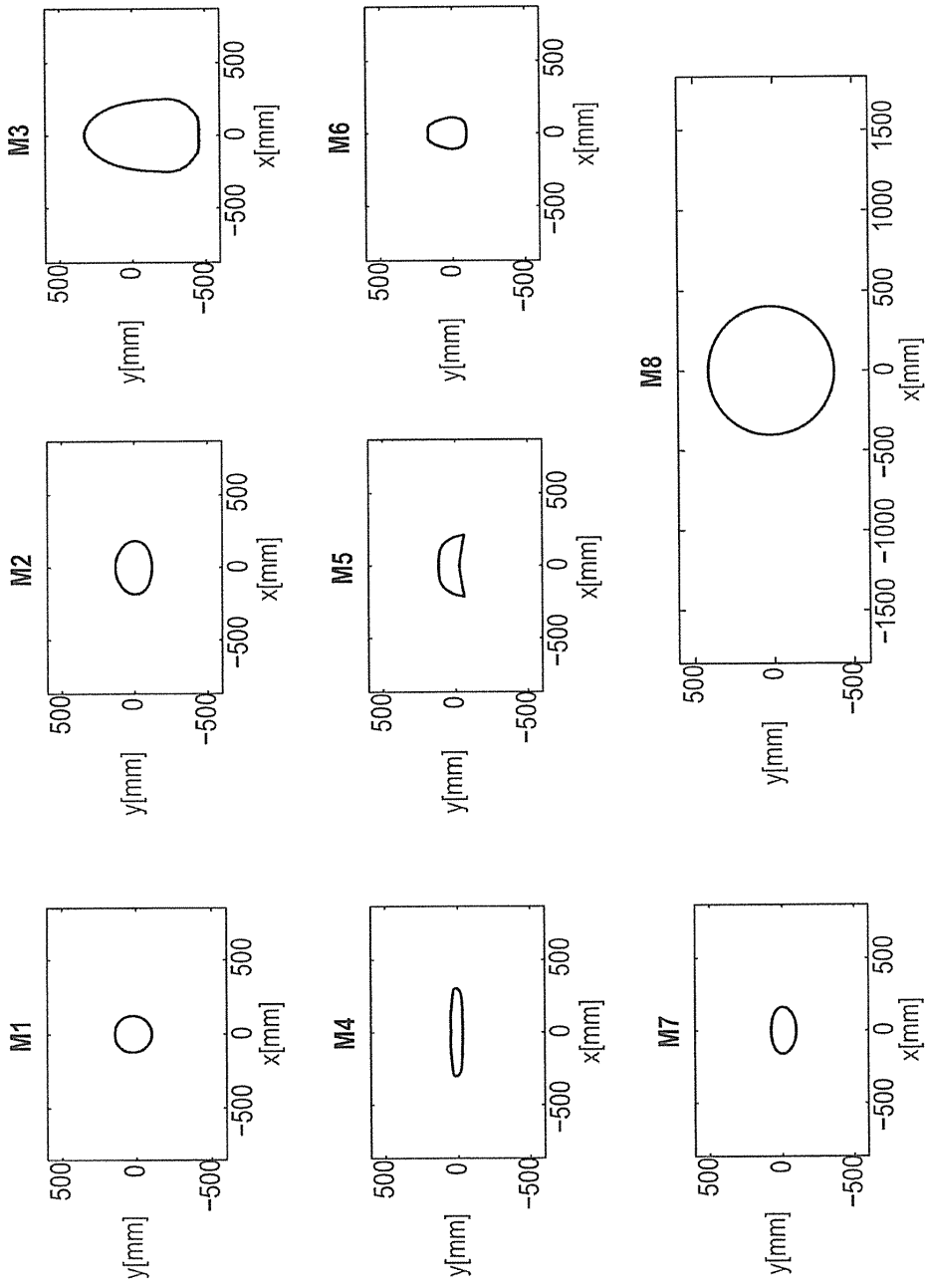
도면14



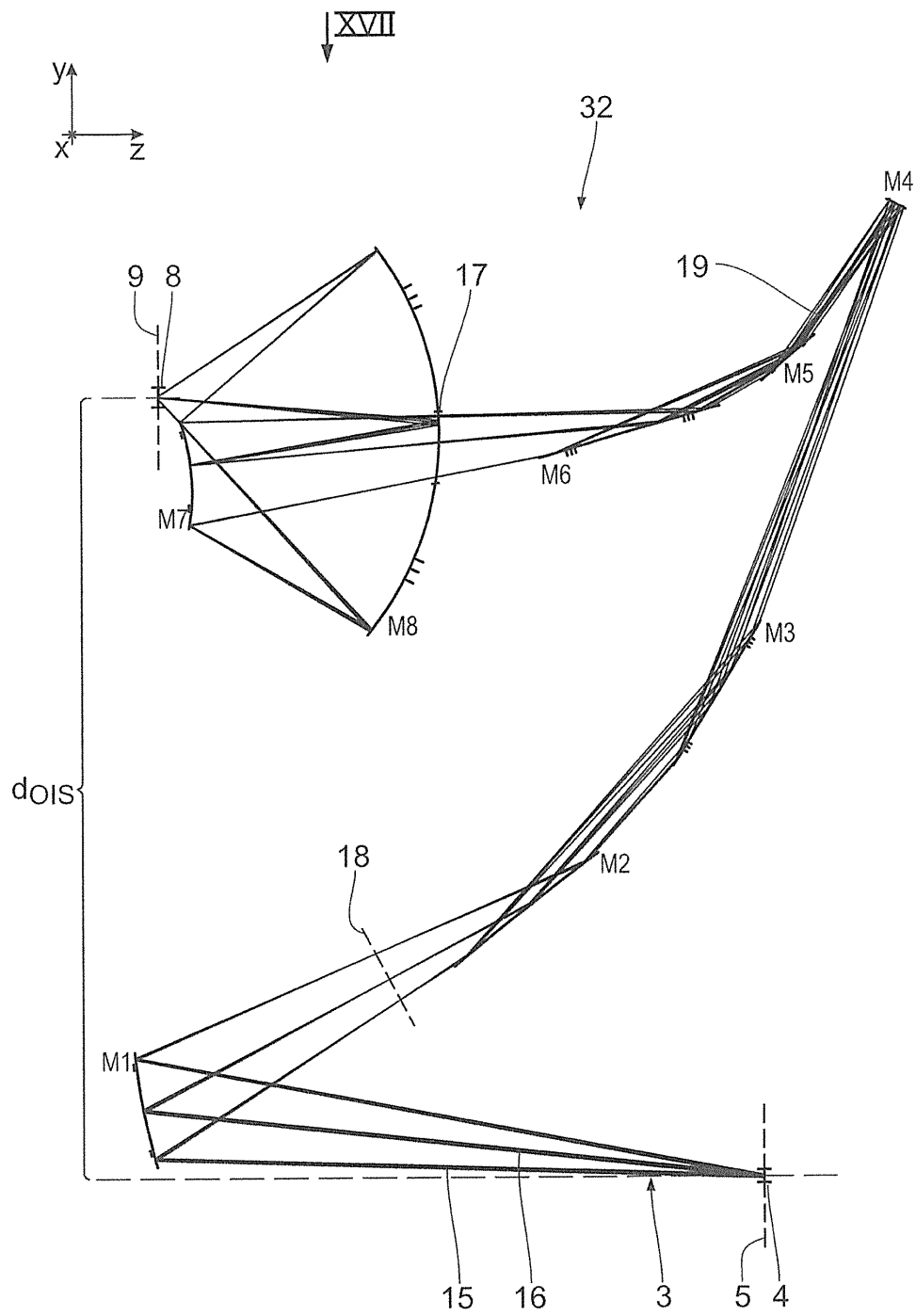
도면15



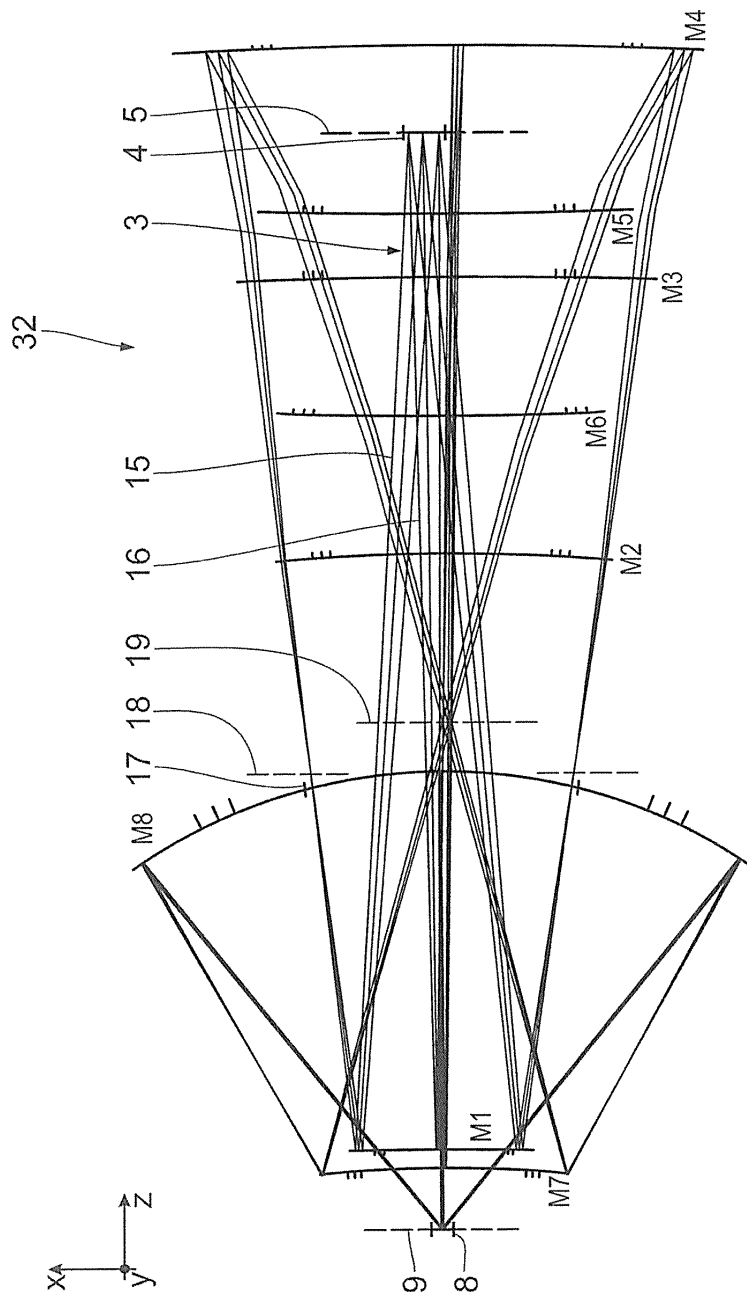
도면15a



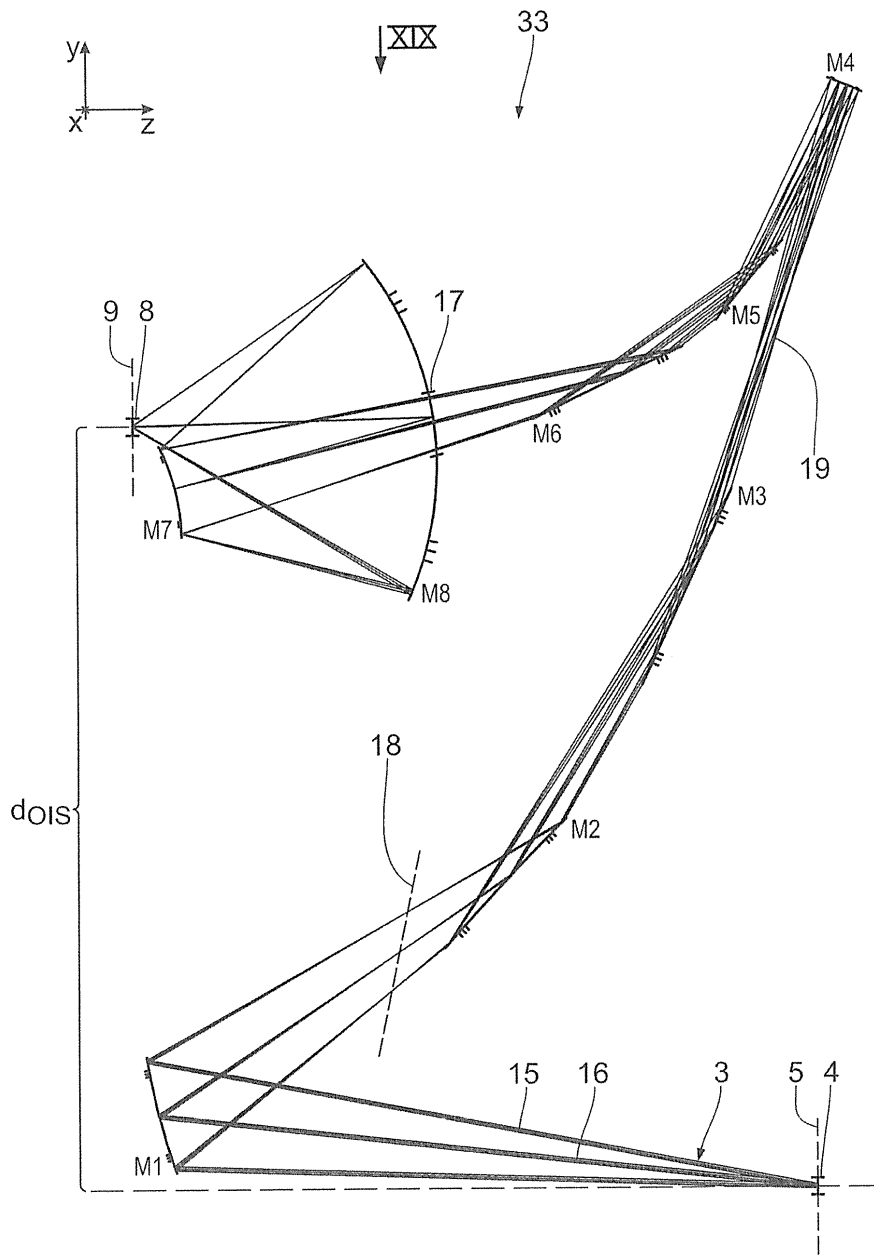
도면16



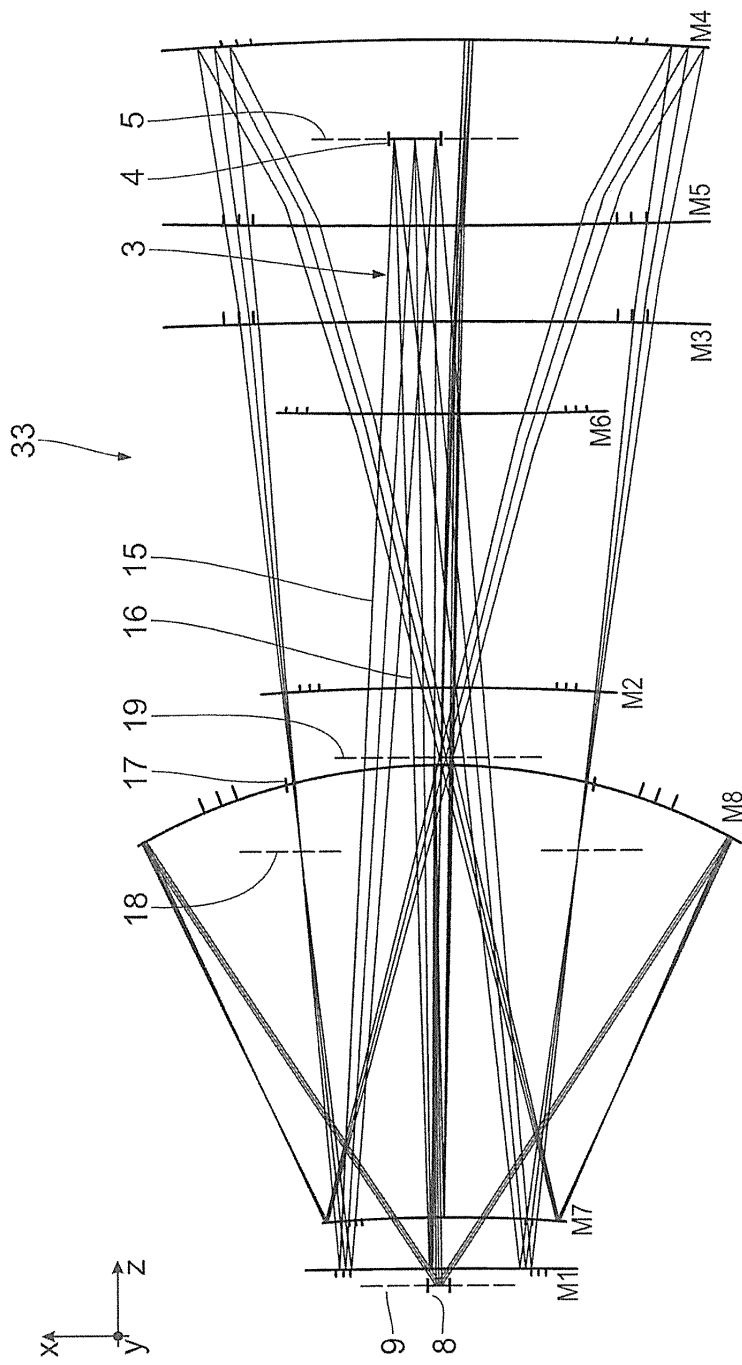
도면17



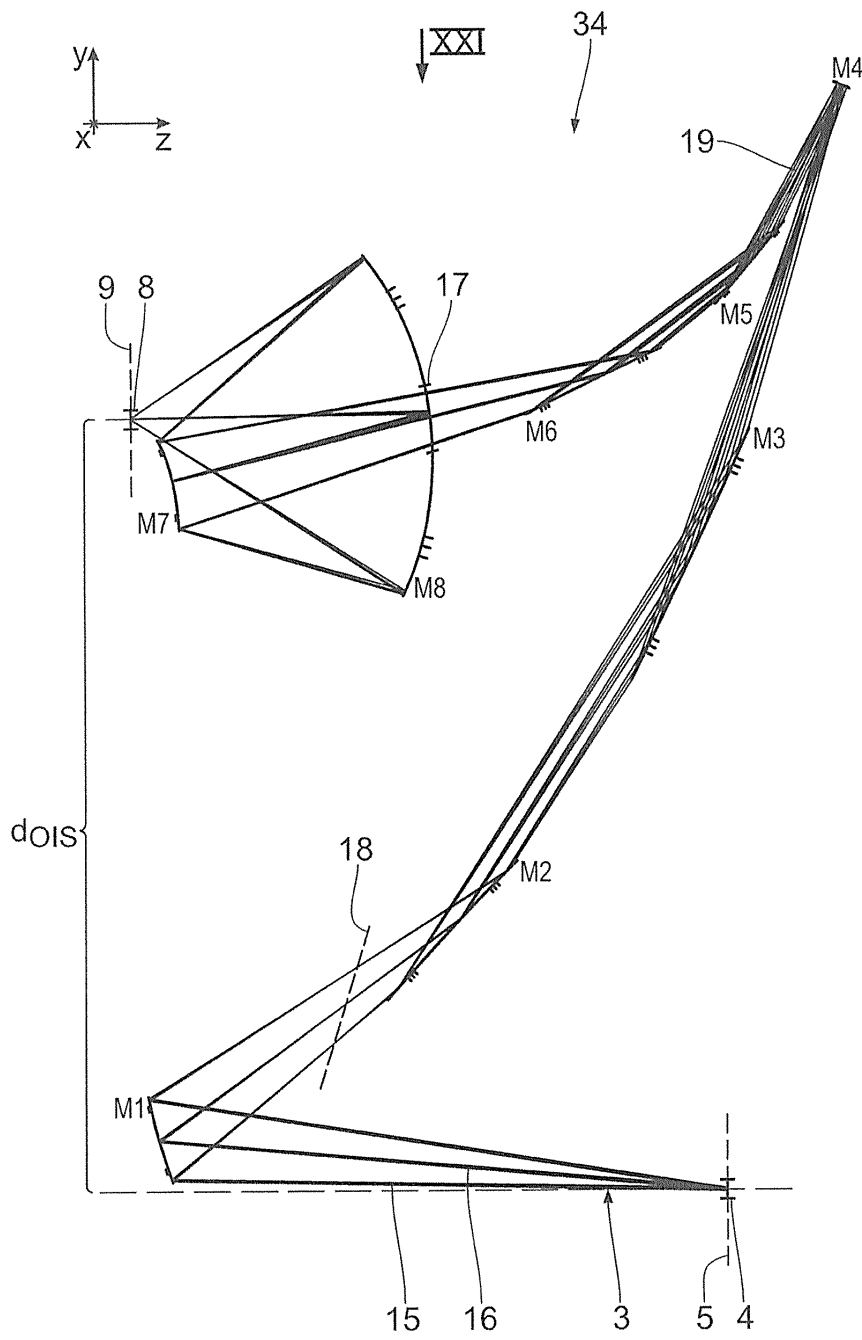
도면18



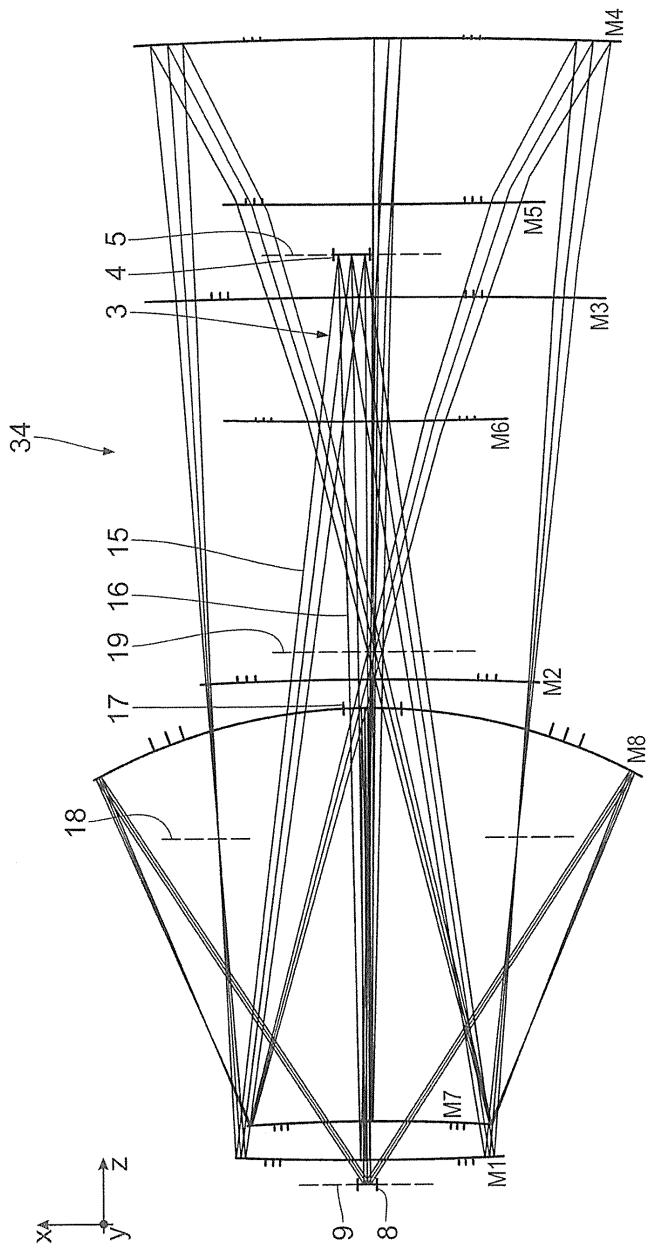
도면19



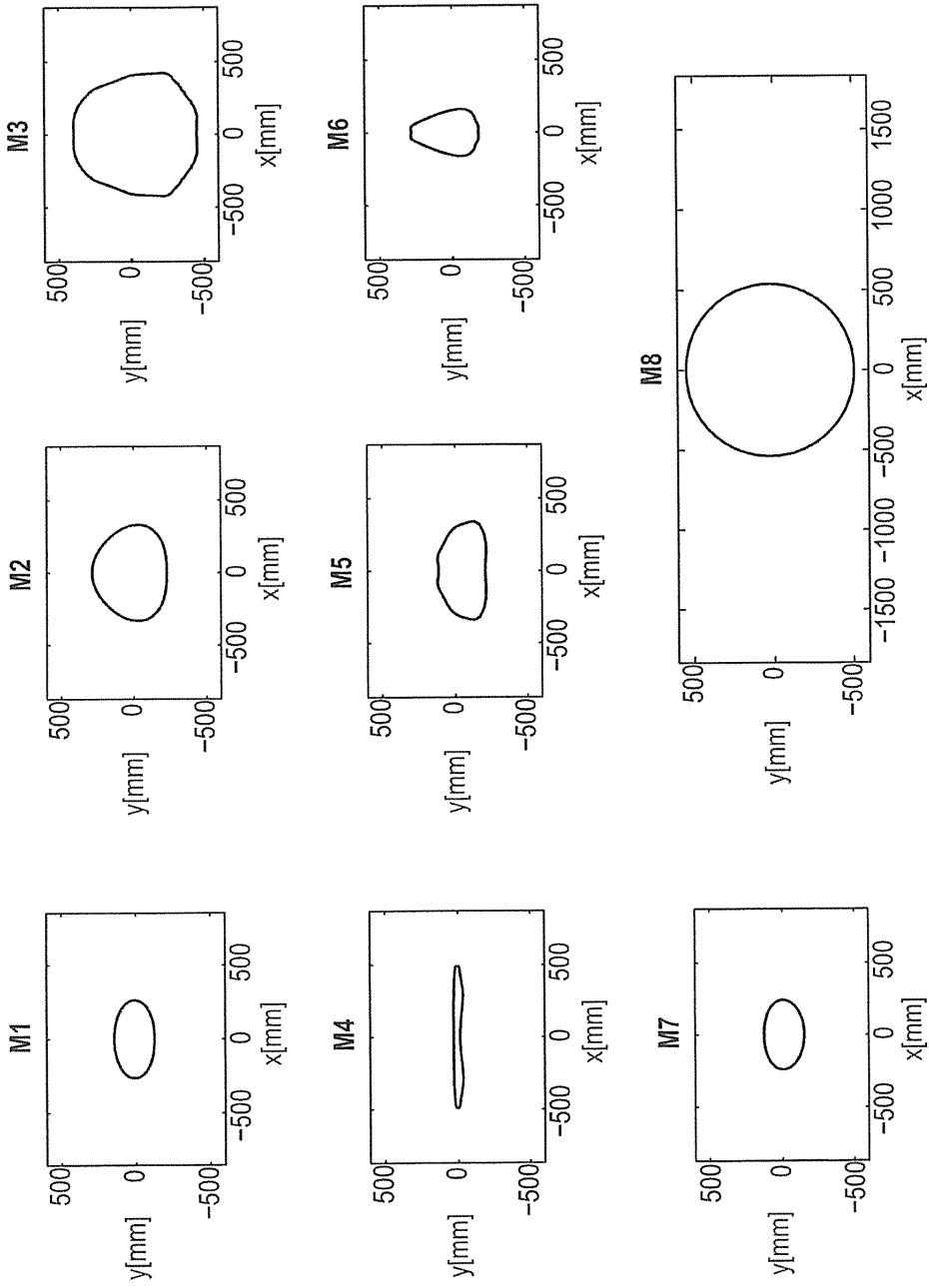
도면20



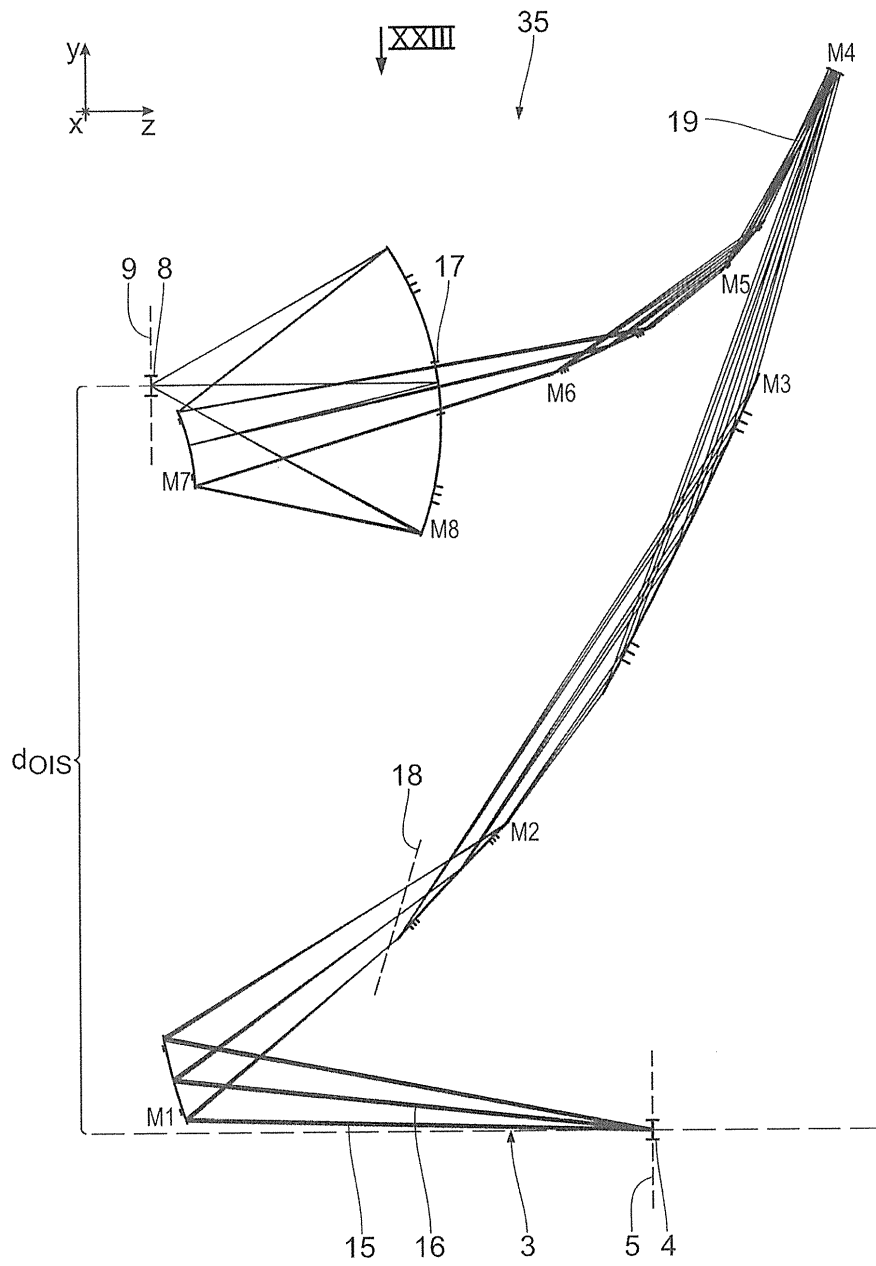
도면21



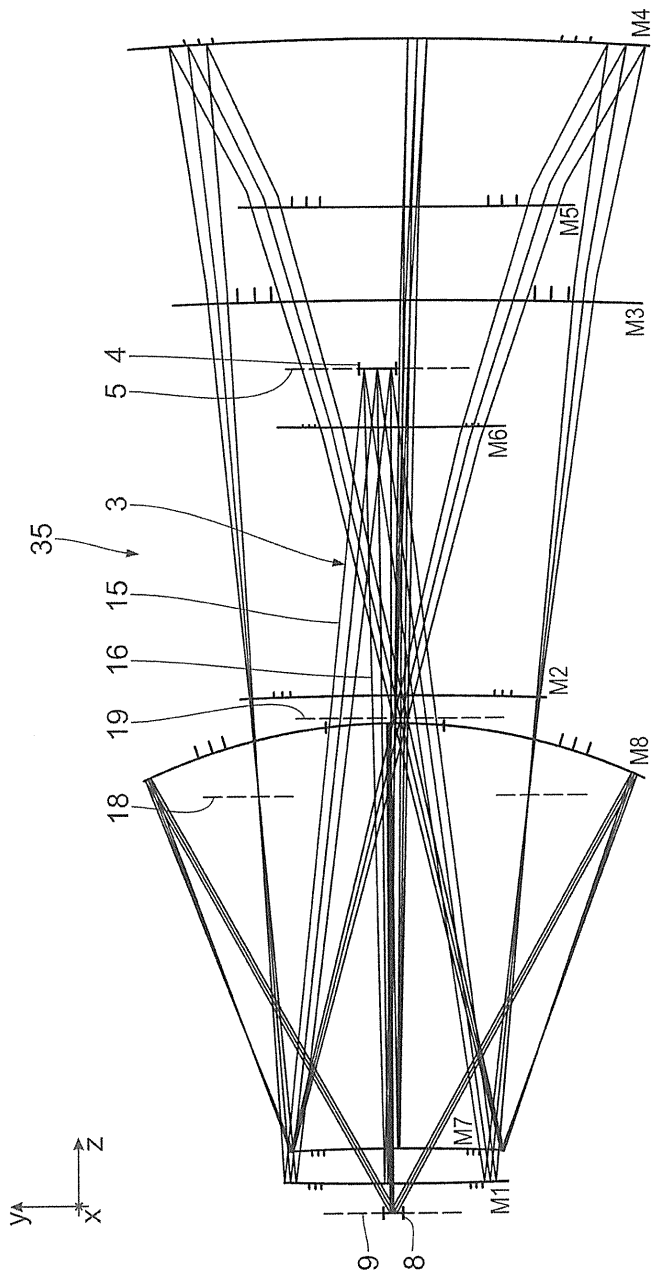
도면21a



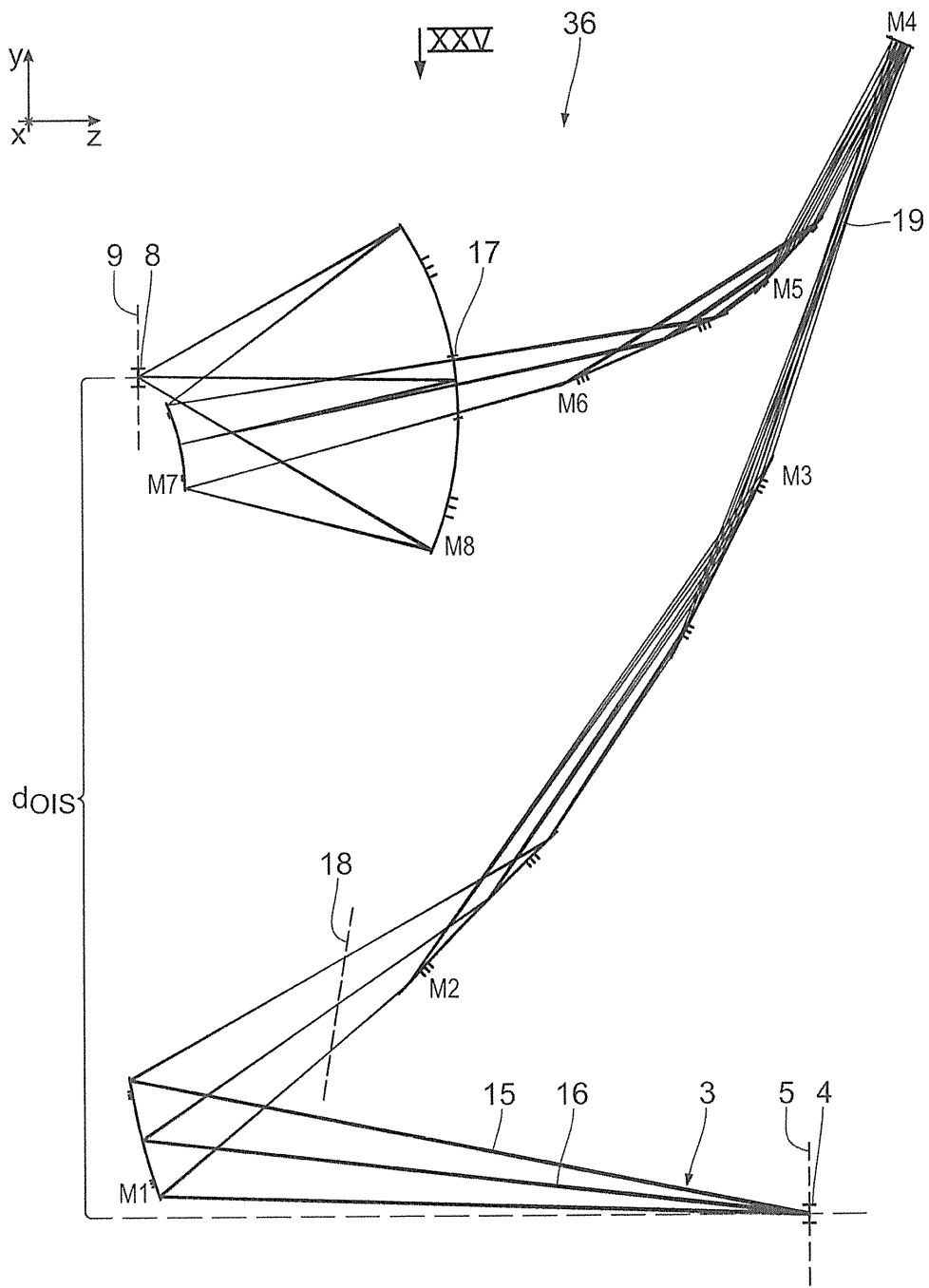
도면22



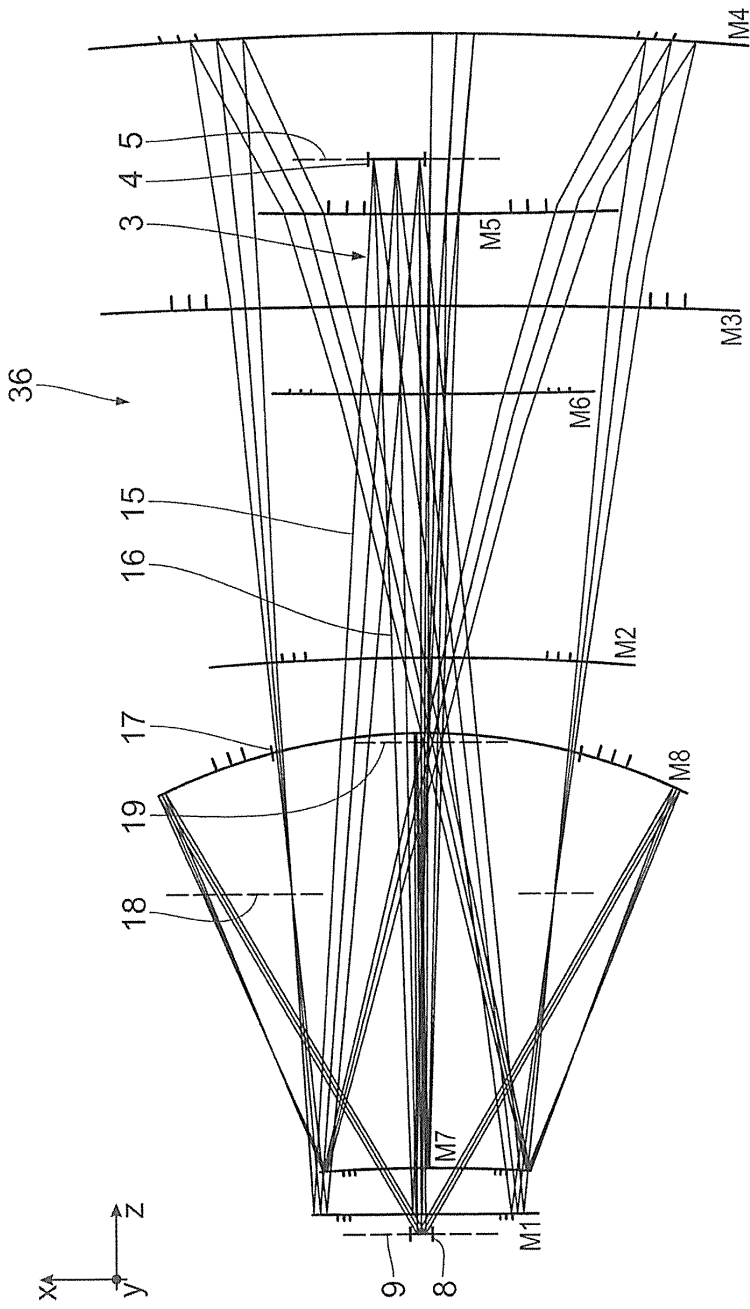
도면23



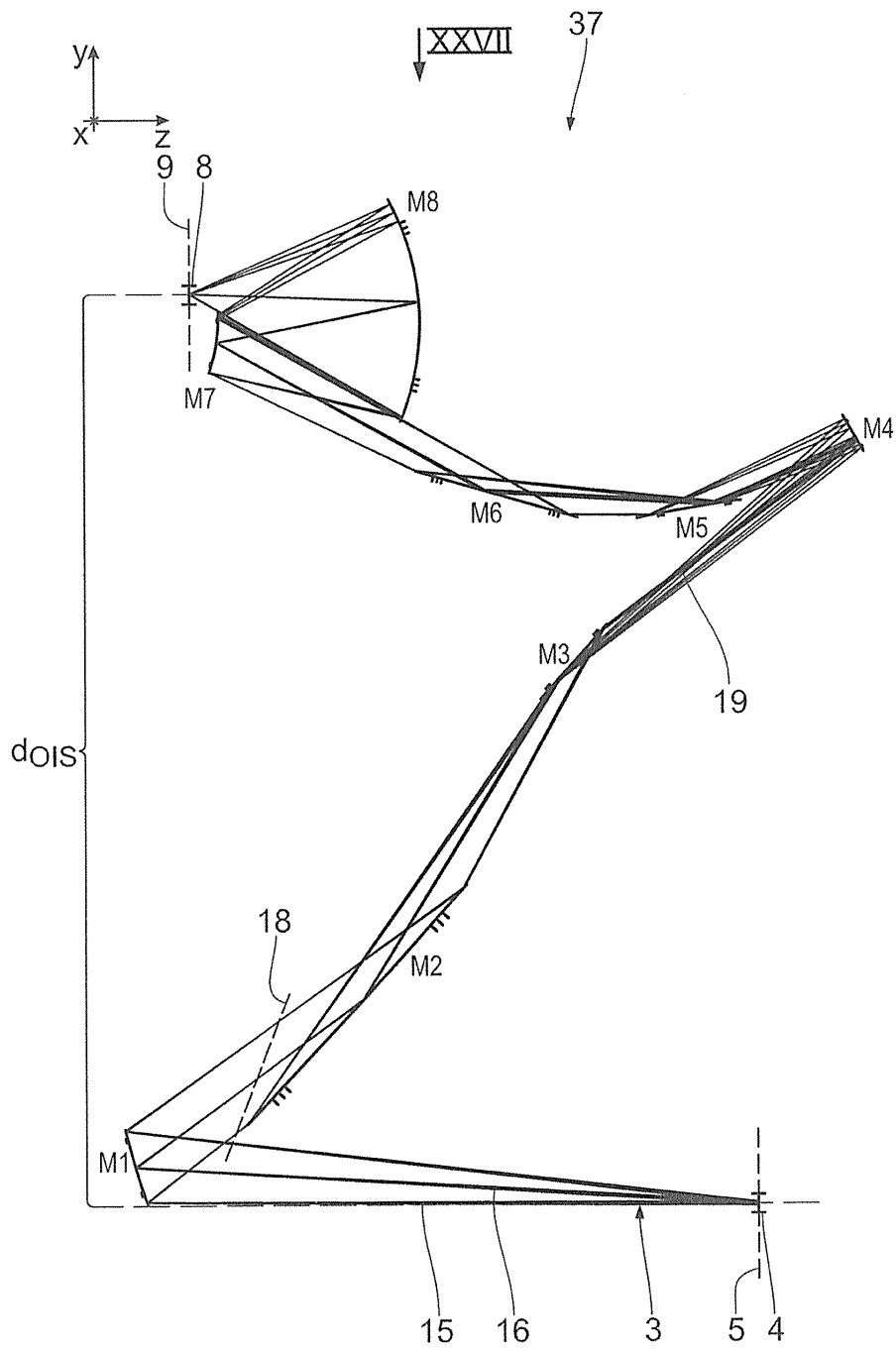
도면24



도면25



도면26



도면27

