



(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

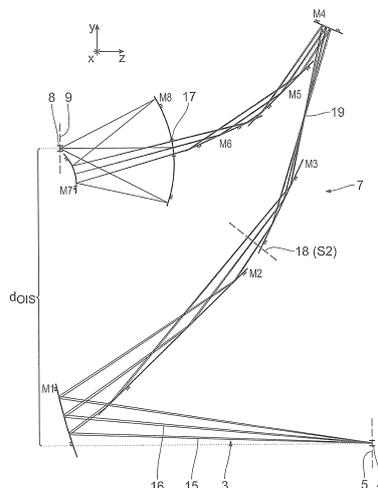
심사관 : 장혜정

(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 없
 으며,
 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 상이하하며, 상기 제1 이미징 스케일은 상기 제2 이미징 스케일과는 상이한, 투
 영 광학 유닛.

청구항 11

청구항 10에 있어서,
 상기 오브젝트 필드는 1보다 큰 xy-중형비를 갖고, 상기 투영 광학 유닛의 상이한 이미징 스케일이 상기 중형비
 의 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 필
 드 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 활상하도록 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 활상 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 활상 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. 활상되는 오브젝트 및/또는 활상이 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 활상 광 빔 경로 또는 활상 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 활상광의 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 스택을 가질 수 있다. 이 어퍼처 스택은 평면형태로 존재할 수 있거나 또는 3차원 실시 형태를 가질 수 있다. 주사 방향의 어퍼처 스택의 범위는 주사 방향에 직교하는 방향에서보다 더 작을 수 있다.
- [0040] 투영 광학 유닛은 차폐 스택을 가질 수 있다. 어퍼처 스택에 대해서 상기 서술된 것이 차폐 스택의 실시 형태에 적용된다.
- [0041] 청구항 20에 따른 확장 비율을 갖는 스택은 투영 광학 유닛의 왜상 효과에 적용된다. 이 스택은 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, 필필 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, C₁, C₂, C₃ ... 는 x 및 y의 승의 자유 곡면 시리즈 확장의 계수를 나타낸다.

[0093] 원추형 기반 영역의 경우에, c_x, c_y는 대응하는 구의 대응하는 정점 곡률에 대응하는 상수이다. 따라서, c_x = 1/R_x 및 c_y = 1/R_y가 적용된다. 여기서, k_x 및 k_y는 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-24 |
| 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 스태프가 퓨필 면(18)의 영역에 배치될 수 있다. 다음의 설명에서, 이 스태프도 참조 부호 18로 표시된다. 또는, 도 2에 대한 표 6과 관련하여 상기 설명한 것같이, 이 스태프는 미러(M8) 상에 배열될 수도 있다.
- [0122] 스태프(도 2에 대한 표 6과 비교)의 스태프 면의 에지는, 상(image)측에서, 필드 중심점에서 완전한 상측 텔레센트릭 어퍼처(telecentric aperture)를 갖는 스태프면의 방향으로 진행되는 조명광(3)의 모든 광선의 스태프면 상의 교차 점에 생긴다. 스태프(18)이 어퍼처 스태프로 구현될 때, 에지는 내부 에지가 된다.
- [0123] 스태프(18)은 평면으로 존재할 수 있고, 또는 3차원 실시 형태를 가질 수 있다. 스태프(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 0.15² 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-27 | 1.17913803e-24 | -1.59573436e-23 |
| C48 | 9.18263006e-27 | 6.27728863e-24 | 7.542665613e-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)를 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 |

도 4에 대한 표 2

[0162]

| 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] 투영 광학 유닛(21)의 전체 반사율은 13.32%이다.
- [0170] 투영 광학 유닛(21)은 $8 \times (\beta = 8)$ 의 축소 이미징 스케일을 갖는다.
- [0171] 이미지 필드(8)는 6.5 mm의 두배의 x 범위와 0.8 mm의 y 범위를 갖는다. 투영 광학 유닛(21)은 13.5 nm의 조명 광(3)의 동작 파장에 대해서 최적화되어 있다.
- [0172] 투영 광학 유닛(20)과 마찬가지로, 투영 광학 유닛(21)도 또한 6개의 미러(M1 ~ M6)를 갖는 순수 반사형 투영 광학 유닛이다. 투영 광학 유닛(20)과 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.
- [0173] 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.
- [0174] 투영 광학 유닛(21)에서, 오브젝트 면(5)과 이미지 면(9)은 서로 평행하게 연장된다.
- [0175] 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.
- [0176] 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.
- [0177] 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 스태프가 미러(M6) 상에 설치될 수 있다. 앞의 도 4에 대한 표 6에 따른 다각형 에지는 미러(M6) 상의 스태프 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 |
| 스탑 | 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]

[0198]

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

[0199]

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.

[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 스태프가 미러(M7) 상에 배치된다. 앞의 도 5에 대한 표 6에 따른 다각형 데이터가 어퍼처 스태프에 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 "스탑 S8"은, 스태프가 이미지 면(이에 대해서, 도 6에 대한 표 4a 및 4b 참조)을 포함하여 계수된, 설계 면들의 제 8면의 위치에 배치된 것을 의미한다. 스태프의 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 |
| 스탑 | 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 스택이 미러(M1, M2) 사이에 M2에 근접하여, 촬상 광(3)의 빔 경로에 배치될 수 있다. y-차원에서 작용하는 어퍼처 스택이 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 스택이 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 수학적(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} 은 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 |

[0266] 도 8에 대한 표 1

| 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 |

[0267] 도 8에 대한 표 2

| 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 촬상 광(3)의 촬상 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 촬상 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 수학적식(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] 투영 광학 유닛(27)의 전체 반사율은 7.89%이다.

[0328] 투영 광학 유닛(27)은 $8 \times (\beta = 8)$ 의 축소 이미징 스케일을 갖는다.

[0329] 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.

[0330] 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.

[0331] 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.

[0332] 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.

[0333] 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.

[0334] 투영 광학 유닛(27)에서, 오브젝트 면(5)과 이미지 면(9) 사이의 z 거리는 대략 1700 mm이다.

[0335] 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 스태미 미러(M2, M3) 사이에서 활상 광(3)의 빔 경로에 배치될 수 있다. 투영 광학 유닛(27)에서, y-차원에서 효과적인 어퍼처 스태미 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

| 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]

[0367] 투영 광학 유닛(31)의 전체 반사율은 8.67%이다.

[0368] 투영 광학 유닛(31)은 0.6의 이미지측 개구수를 갖는다. 이미지 필드(8)는 6.5 mm의 두배의 x 범위와 1.20 mm

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 |
| M1 | 46.48912783 | -0.00000000 | 0.00000000 |
| 스탑 | -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, 스태프는 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]

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.

[0431]

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.

[0432]

[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 촬상 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 촬상 빔 경로 영역 및 xz 면(도 19)의 미러(M6, M7) 사이의 촬상 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 촬상 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] 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.
- [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 수학적식(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

| 계수 | M8 | M7 | M6 |
|------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 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 |

도 22/23에 대한 표 4b

[0495]

| 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 |

도 22/23에 대한 표 5

[0496]

| 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 |

도 22/23에 대한 표 6

[0497]

[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 세지털 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 수학적식(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 |
| 스탑 | 44.25467874 | 0.00000000 | -0.00000000 |
| M1 | 7.97043789 | 0.00000000 | -0.00000000 |
| 오브젝트 면 | 165.88786281 | 0.00000000 | -0.00000000 |
| 도 24/25에 대한 표 4b | -0.94682585 | 0.00000000 | -0.00000000 |

[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 이미지 면 | DCX | DCY | DCZ |
|-------------|-------------|----------------|---------------|
| M8 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000000 |
| M7 | 0.00000000 | -176.20561941 | 859.88832187 |
| M6 | 0.00000000 | -698.54439441 | 108.16423659 |
| M5 | -0.00000000 | -716.55400301 | 1140.58633390 |
| M4 | 0.00000000 | -472.43792140 | 1977.10005031 |
| M3 | 0.00000000 | -1379.51266357 | 2531.29159348 |
| M2 | 0.00000000 | -2608.29927284 | 1438.63634577 |
| 스탑 | 0.00000000 | -2918.25887054 | 741.99389453 |
| M1 | 0.00000000 | -3267.93714103 | 352.59739373 |
| 오브젝트 면 | 0.00000000 | -3324.46014880 | -86.69693993 |
| | | | 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, 스태프(18)은 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 "LORRLLLR"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 |

표 1

[0583]

| 도 | 미러 유형 순서 | 미러 편향 효과 순서 | x 굴절력 순서 | y 굴절력 순서 |
|--------|-----------|-------------|----------|----------|
| 2 | NNGGNGGN | LORRLLLR | +----- | +----- |
| 3 | NNNNGG | OORLLL | +----+ | +----+ |
| 4 | NNNNGG | RORRRR | +----+ | +----+ |
| 5 | NNNNGGG | OORLRLR | +----+ | +----+ |
| 6 | NNGGNGGN | RRLRRLR | +----- | +----- |
| 7 | NNGGNGGN | ROLRRLR | +----- | +----- |
| 8 | NNGGNGGN | RORLRLR | +----- | +----- |
| 9 | NNGGNGGN | ROLLRRRL | +----- | +----- |
| 10 | NNGGNGGNG | ROLLRRRL | +----- | +----- |
| 14, 15 | NNGGNGGN | LRRLLLR | +----- | +----- |
| 16, 17 | NNGGNGGN | LRRLLLR | +----- | +----- |
| 18, 19 | NNGGNGGN | LORRLLLR | +----- | +----- |
| 20, 21 | NNGGNGGN | LORRLLLR | +----- | +----- |
| 22, 23 | NNGGNGGN | LORRLLLR | +----- | +----- |
| 24, 25 | NNGGNGGN | LORRLLLR | +----- | +----- |
| 26, 27 | NNGGNGGN | LRRLRLR | +----- | +----- |

표 2

[0584]

[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, LRRLLLR를 갖는다. 또한, 도 18 ~ 25에 따른 실시 형태는 미러(M8 ~ M1)에 대해서 동일한 편향 효과 순서, 즉, LORRLLLR를 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

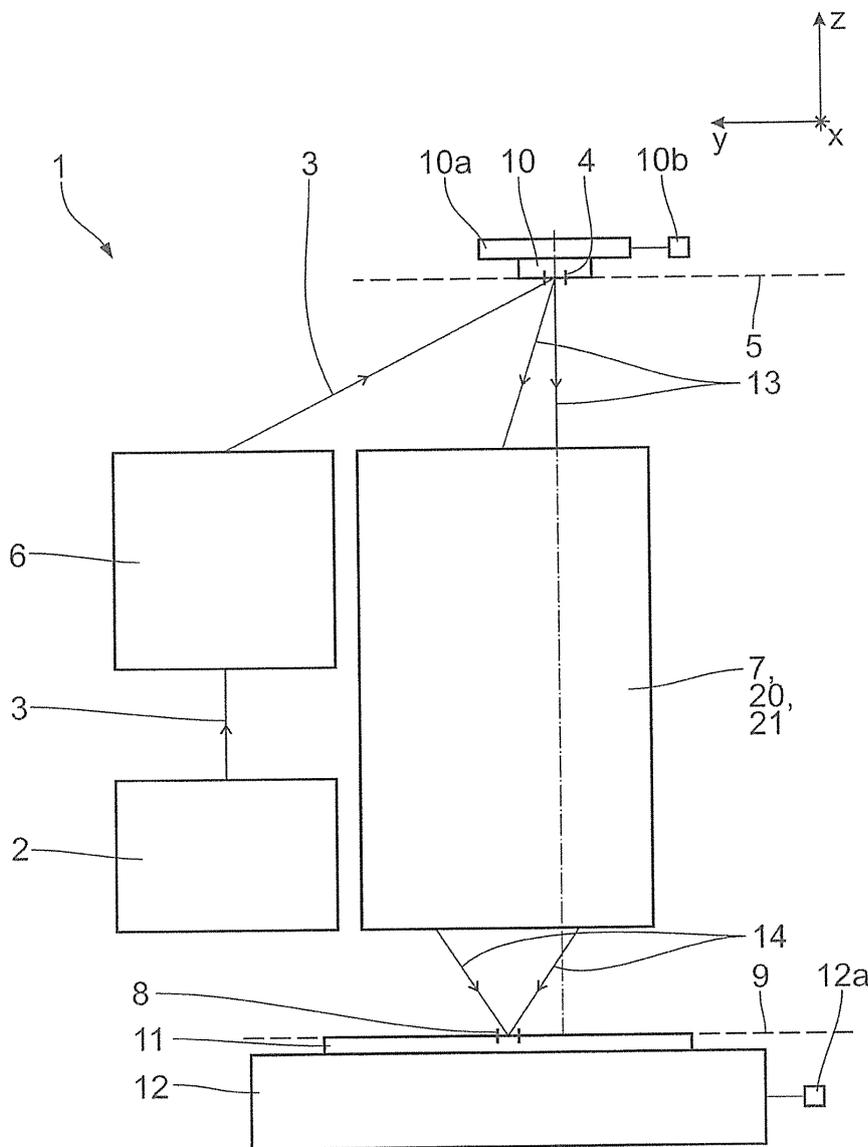
개의 미러, 즉, 각각의 경우에 미러(M3 ~ M5)를 갖는다. 그 설계 데이터에 대해서 상기 기재되어 있는 다른 실시 형태는, yz 면에서 정의 굴절력을 갖는 2개보다 많은 연속적인 미러를 갖지 않는다.

[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.

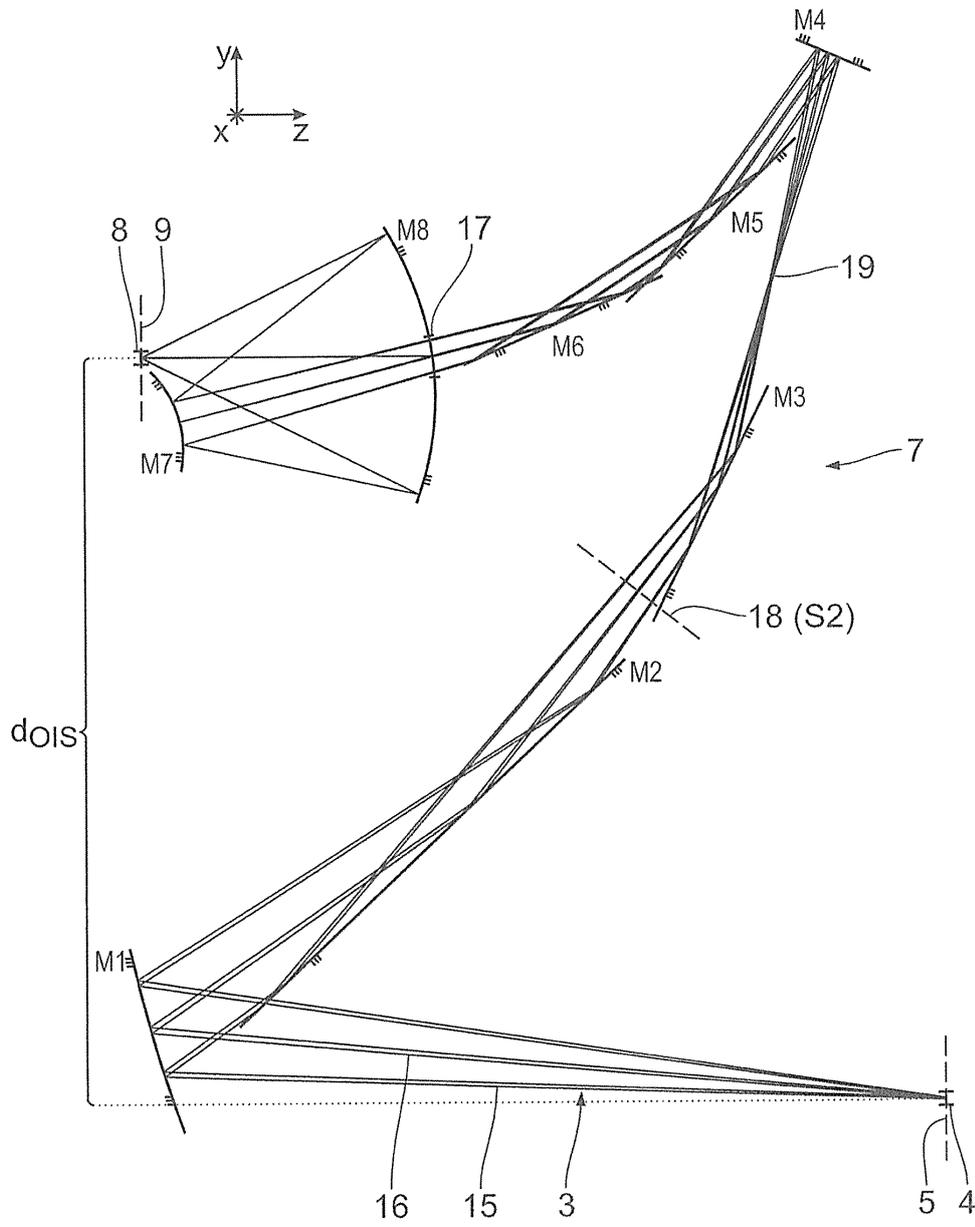
[0590] 마이크로구조 또는 나노구조의 구성 소자를 제조하기 위해, 투영 노광 장치(1)는 다음과 같이 사용된다: 처음에, 반사 마스크(10) 또는 레티클, 및 기판 또는 웨이퍼(11)가 준비된다. 다음에, 레티클(10) 상의 구조물이 웨이퍼(11)의 감광층으로 투영 노광 장치(1)에 의해 투영된다. 감광층을 현상함으로써, 웨이퍼(11)상에 마이크로구조물 또는 나노구조물이 생성되므로, 마이크로구조의 구성 소자가 생성된다.

도면

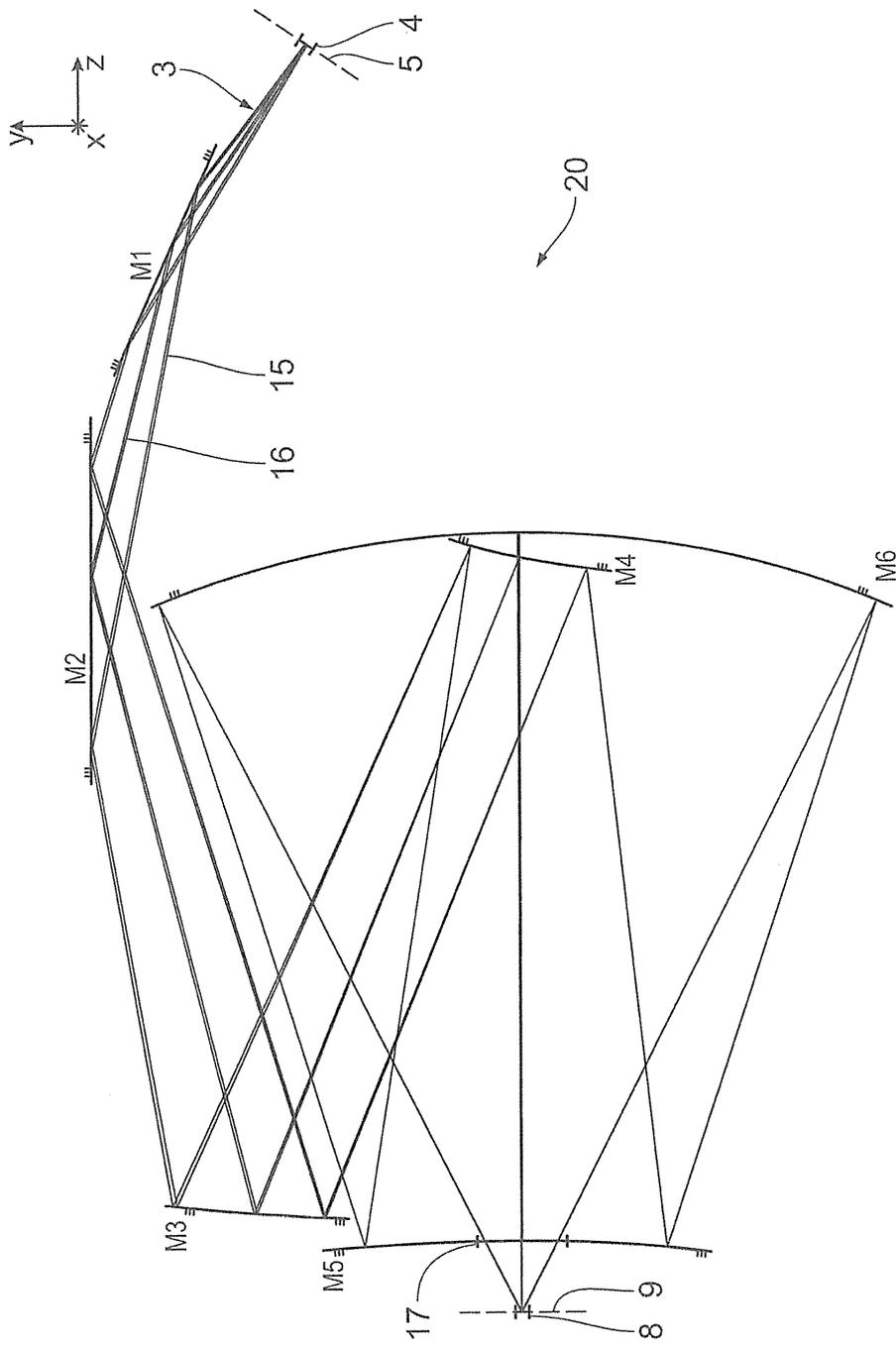
도면1



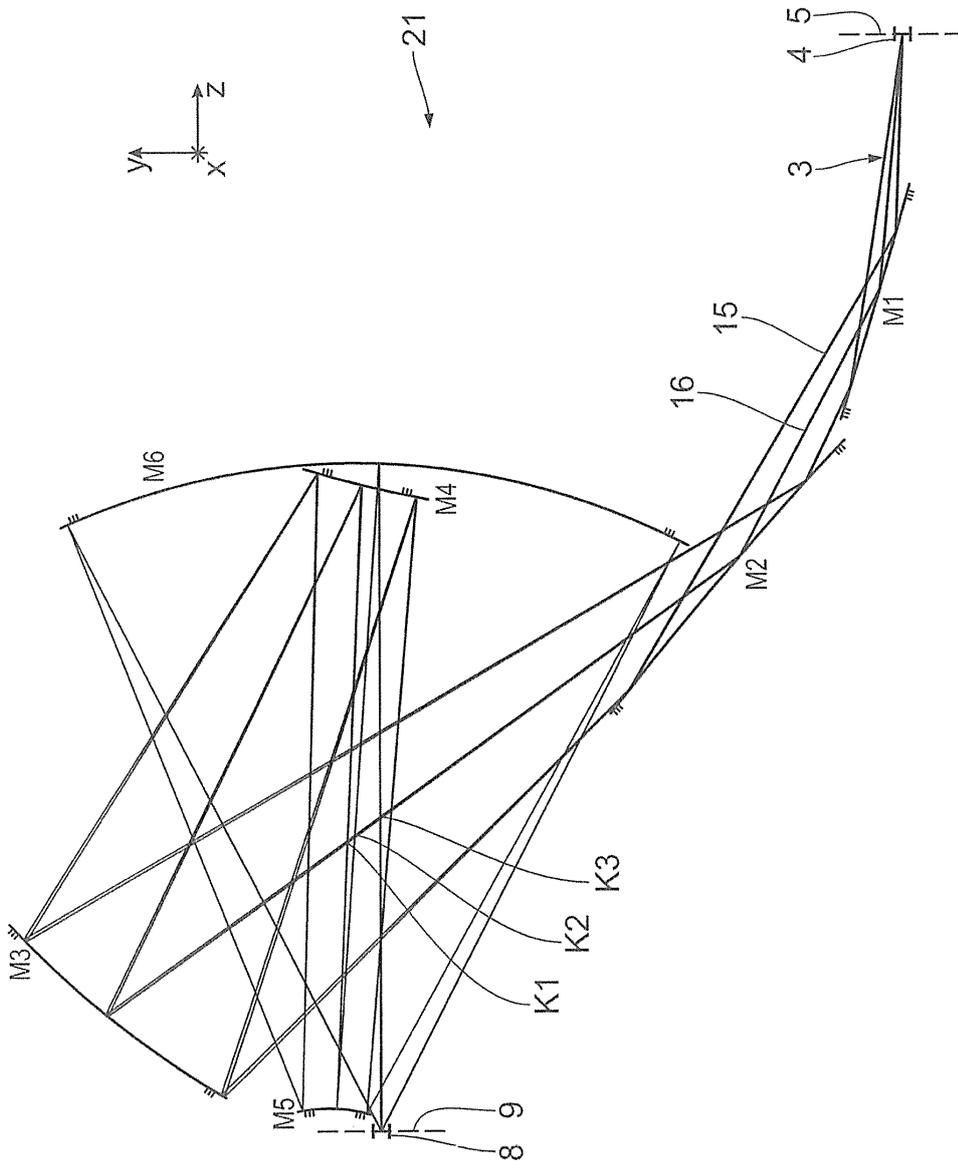
도면2



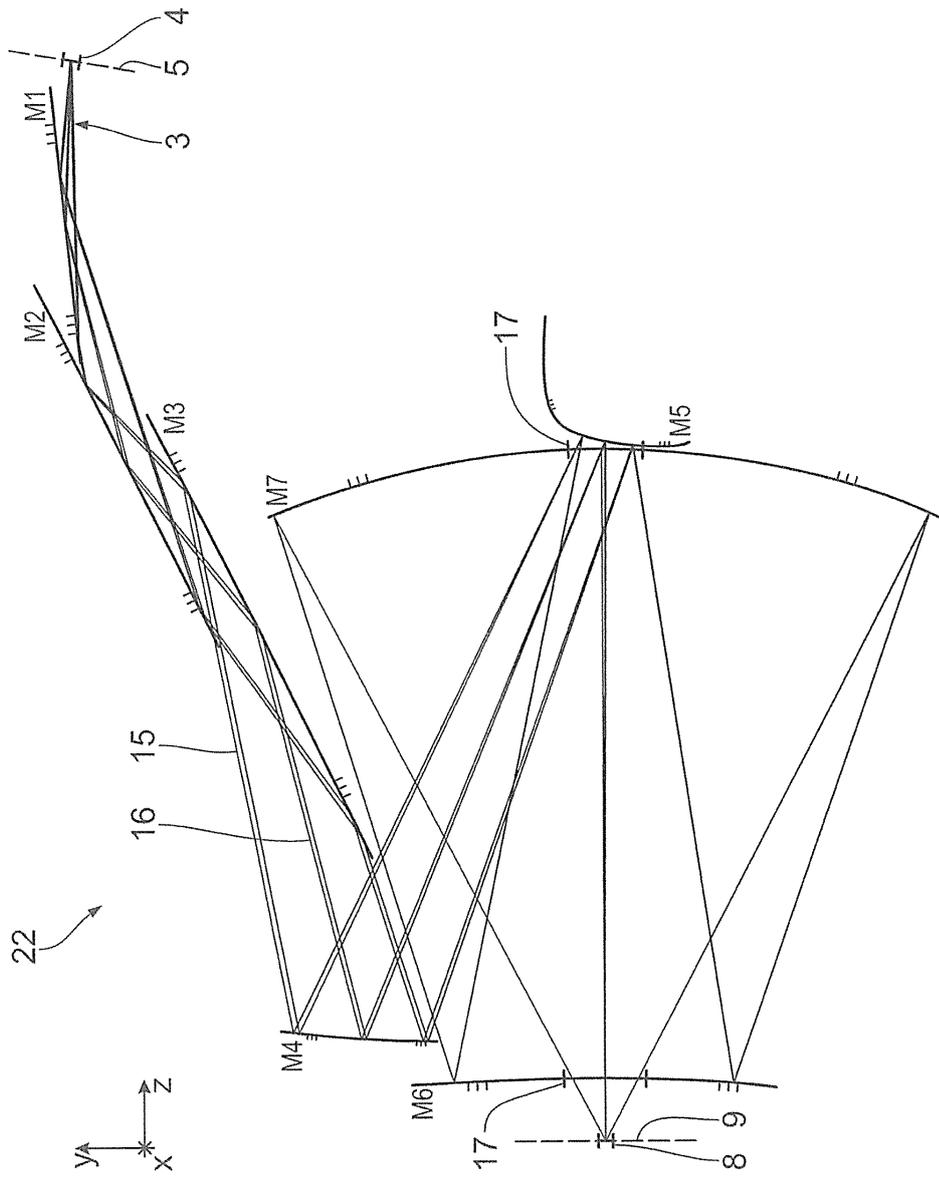
도면3



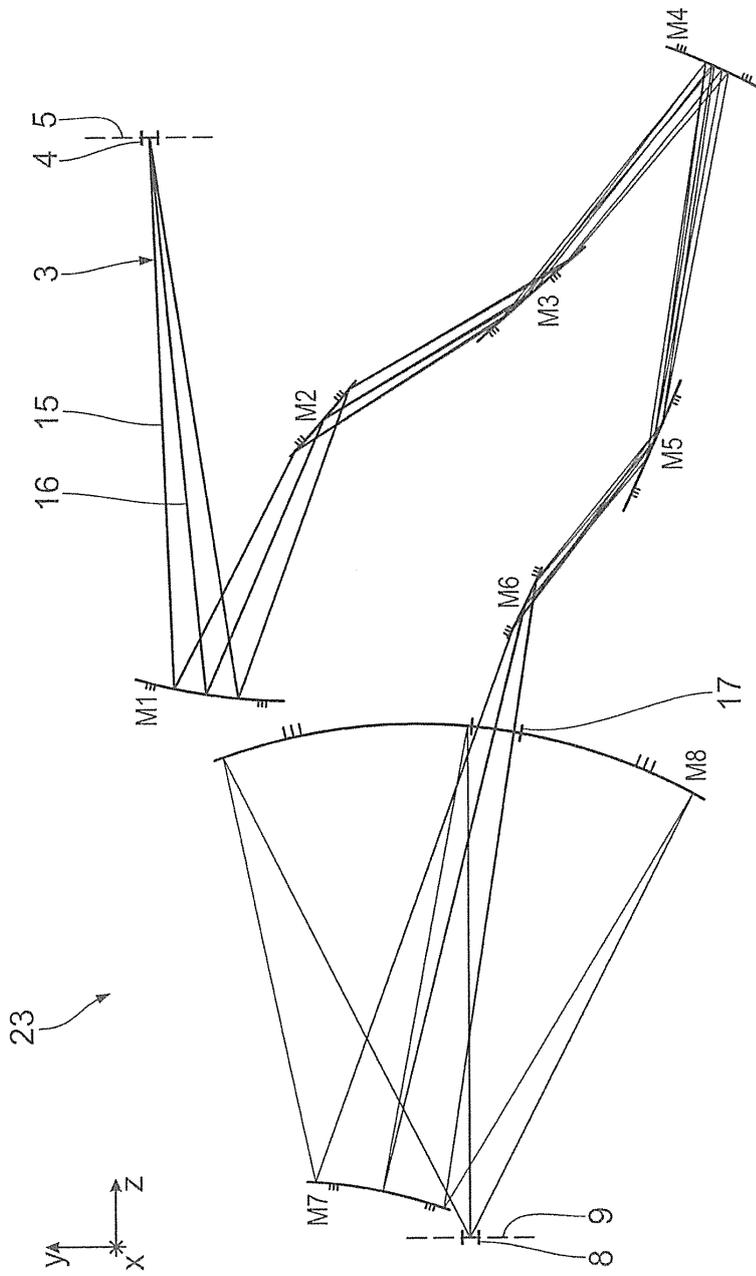
도면4



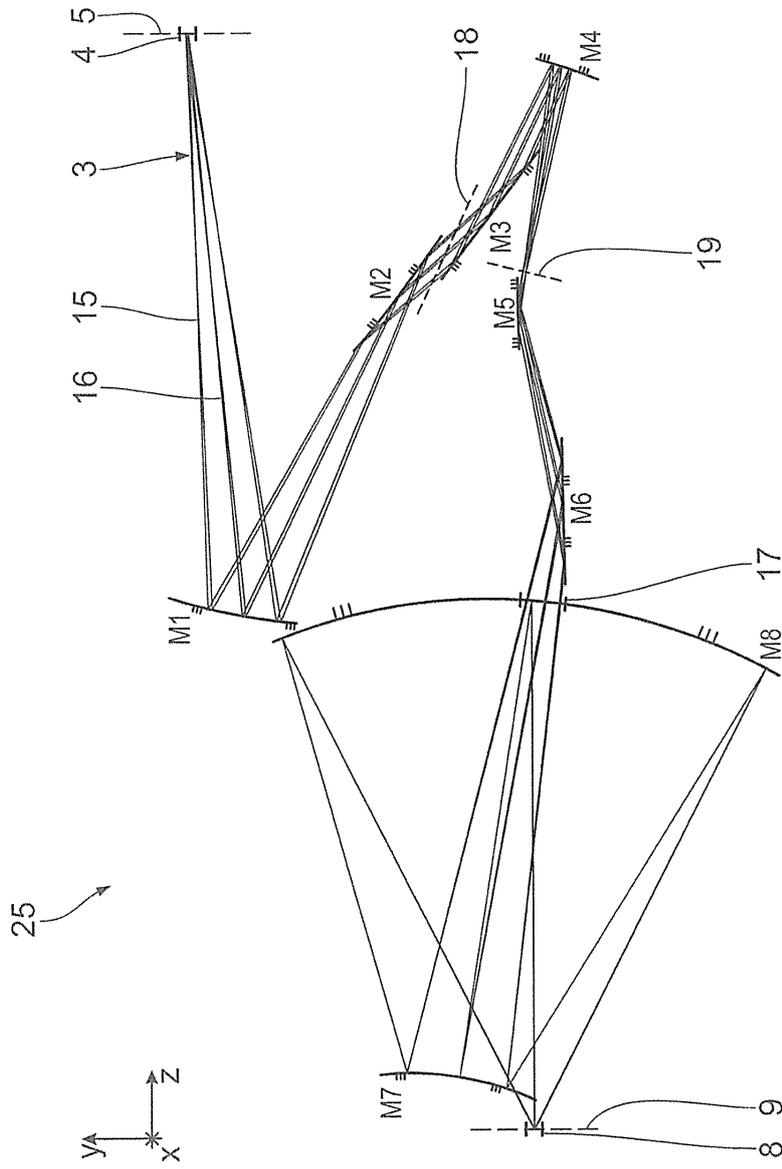
도면5



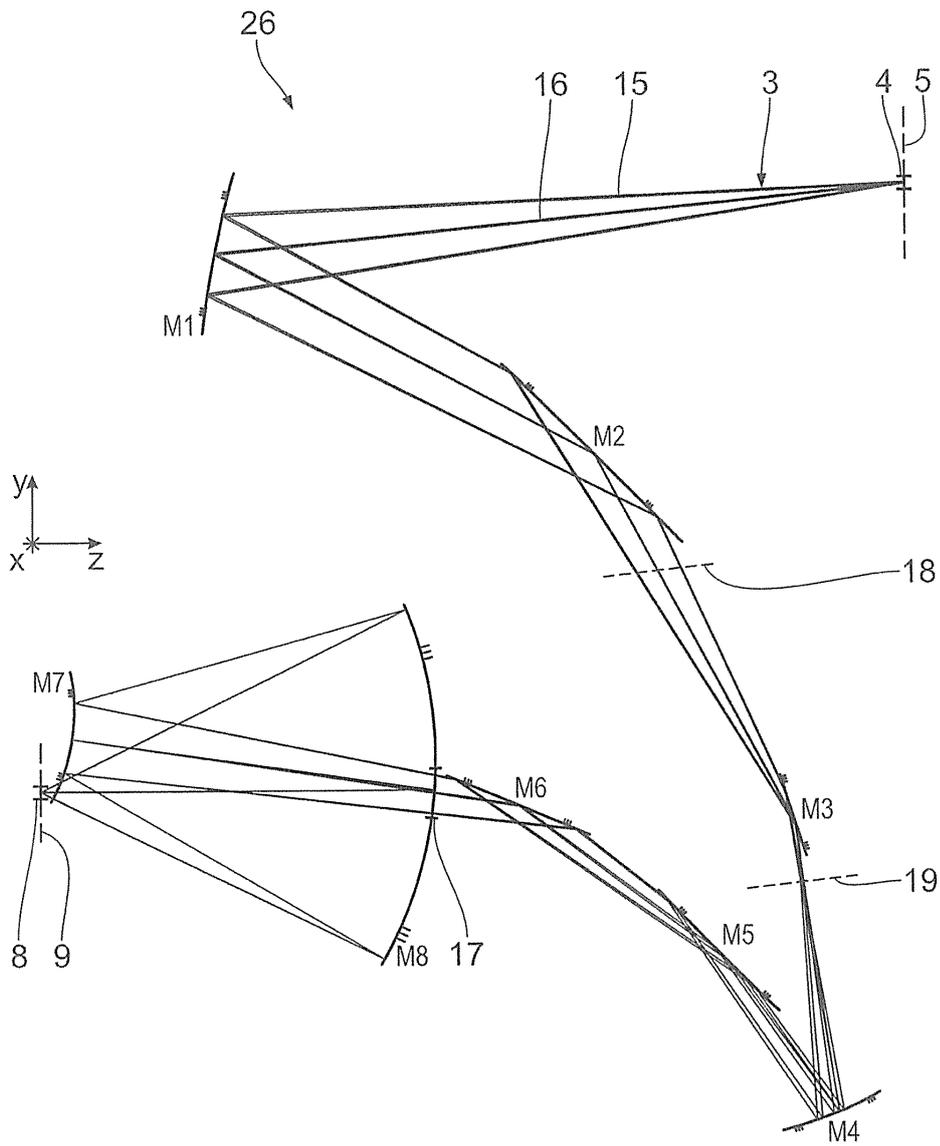
도면6



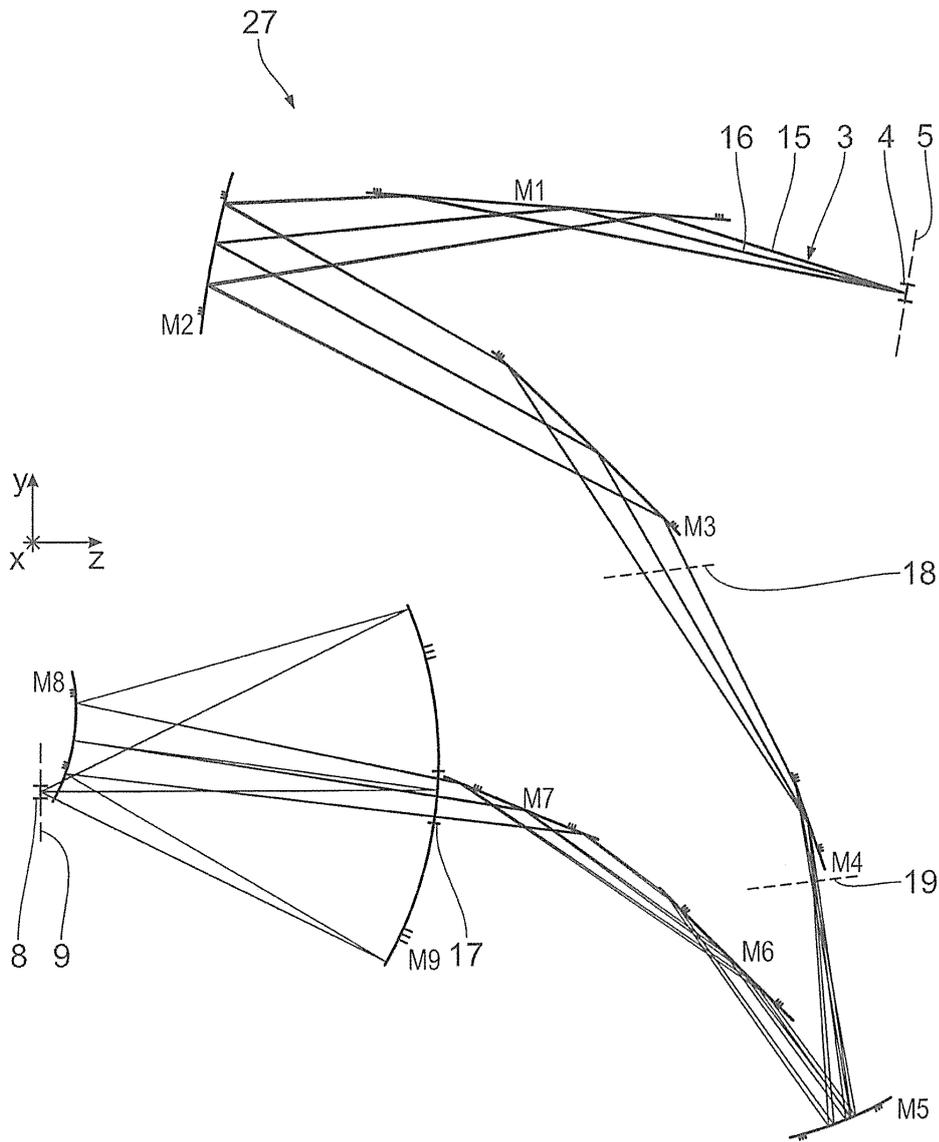
도면8



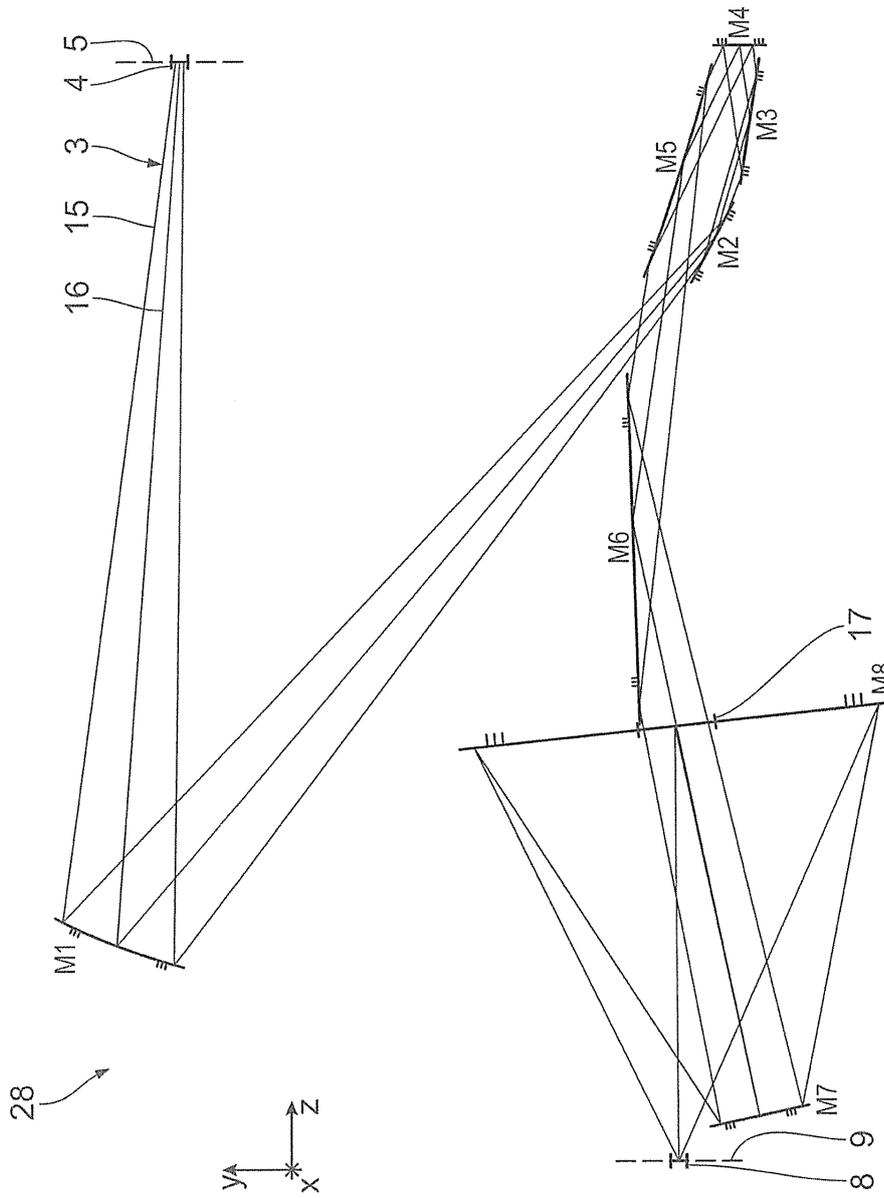
도면9



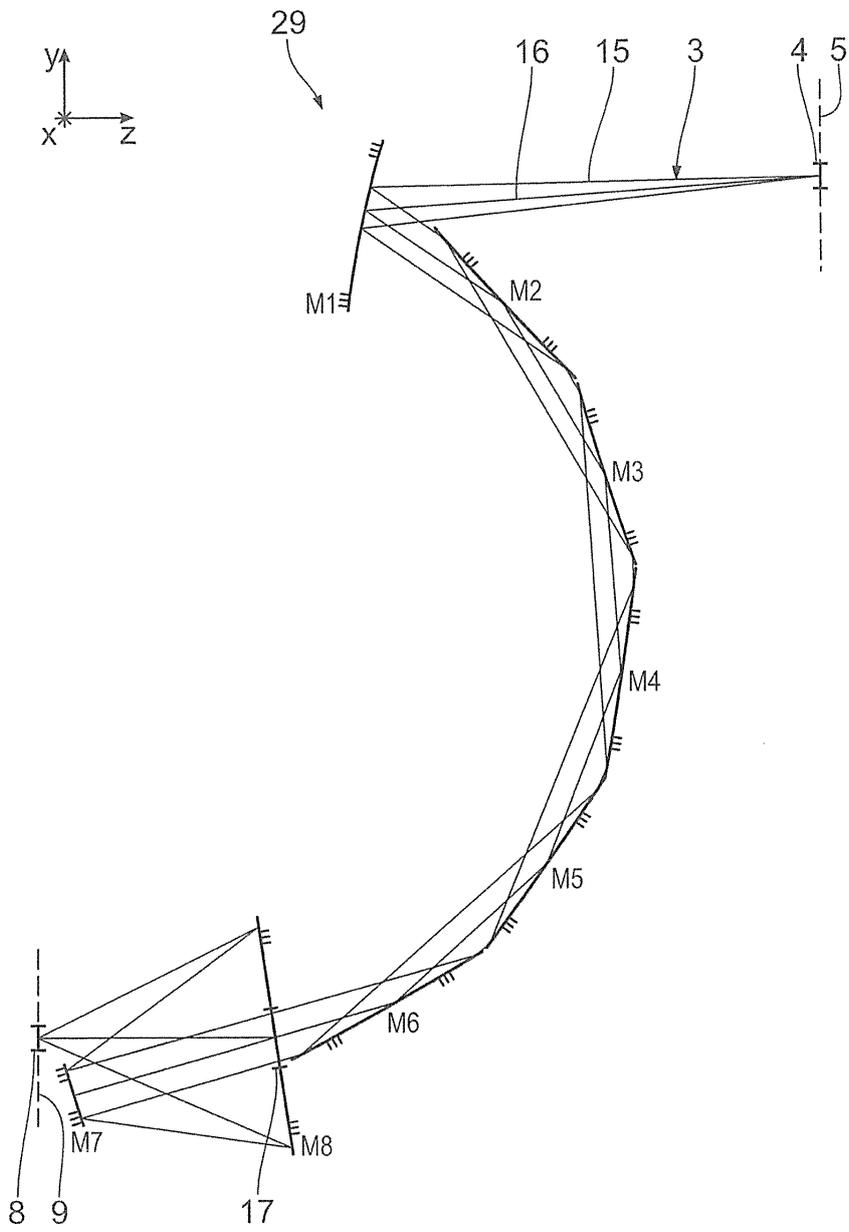
도면10



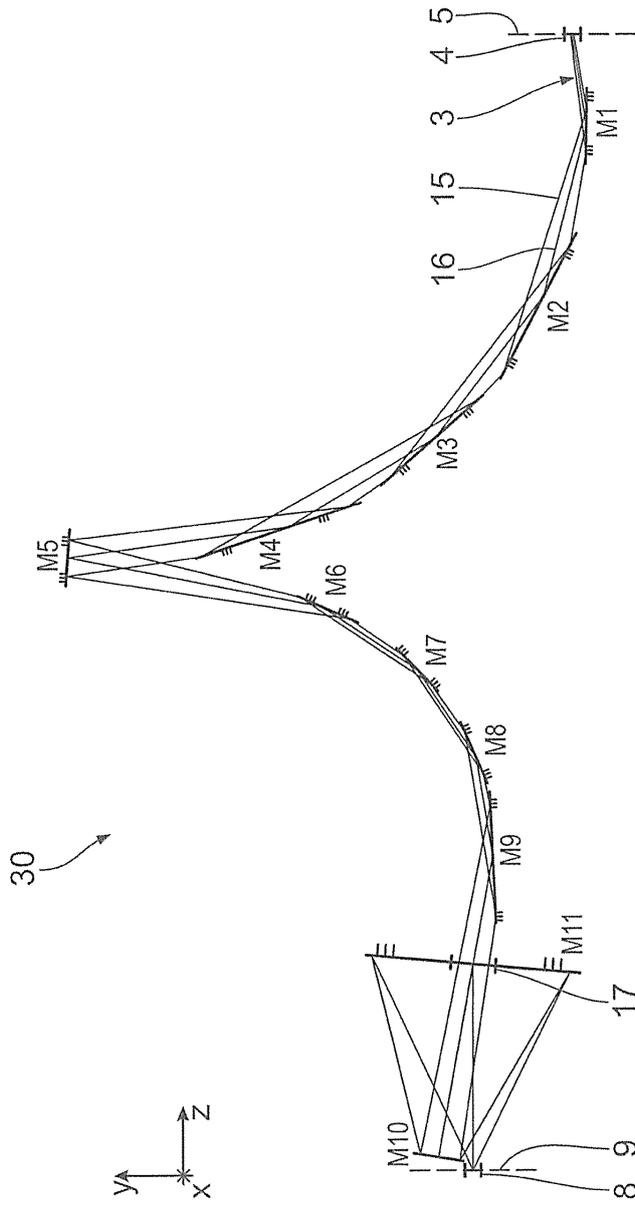
도면11



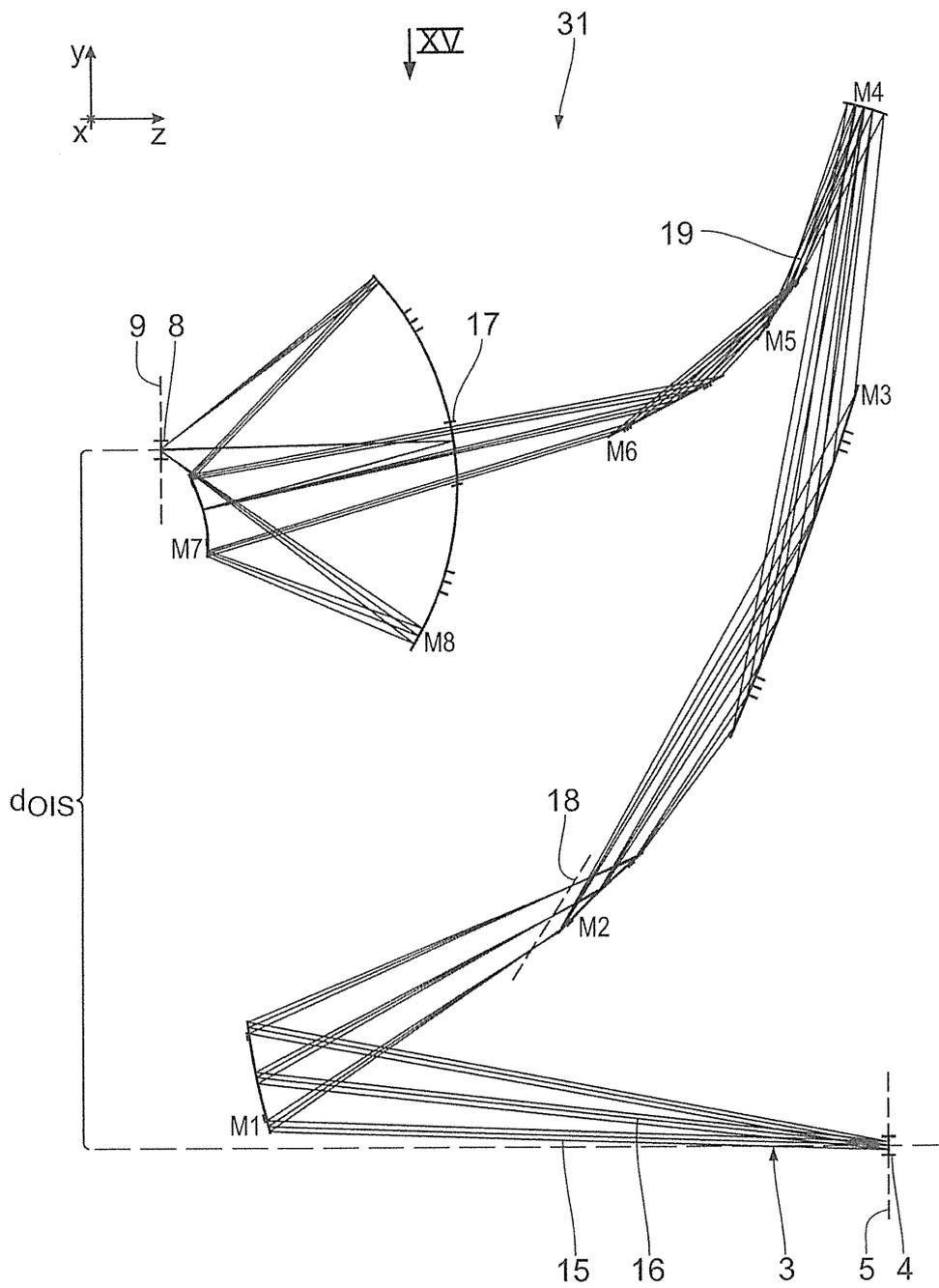
도면12



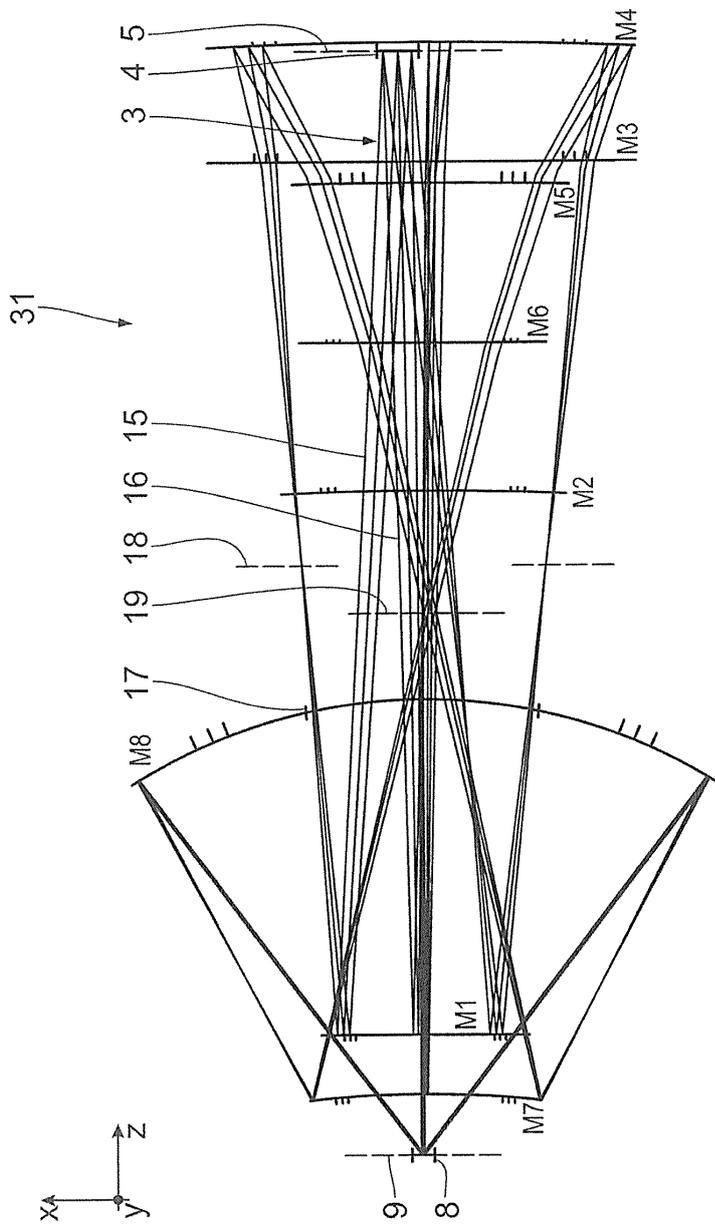
도면13



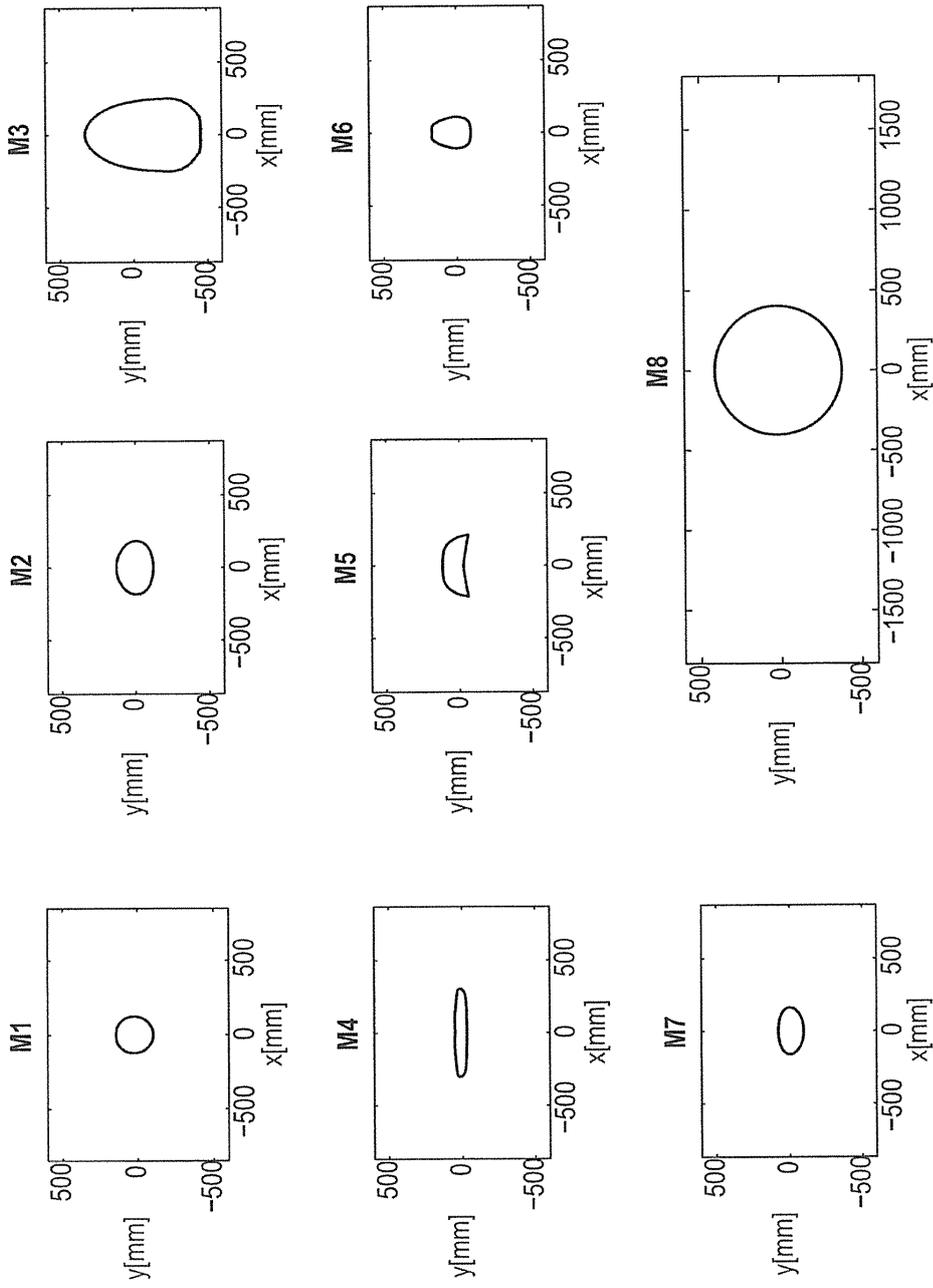
도면14



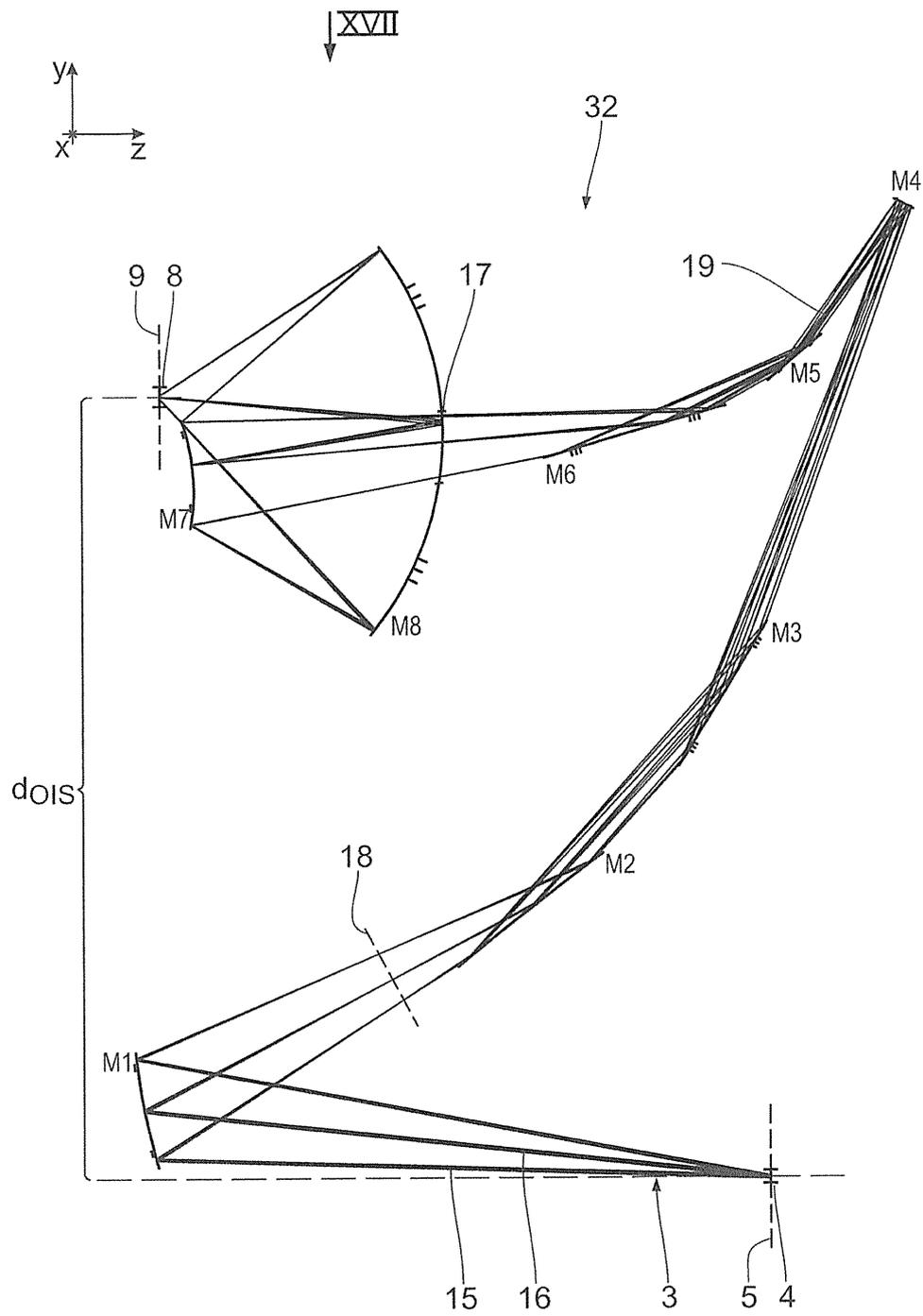
도면15



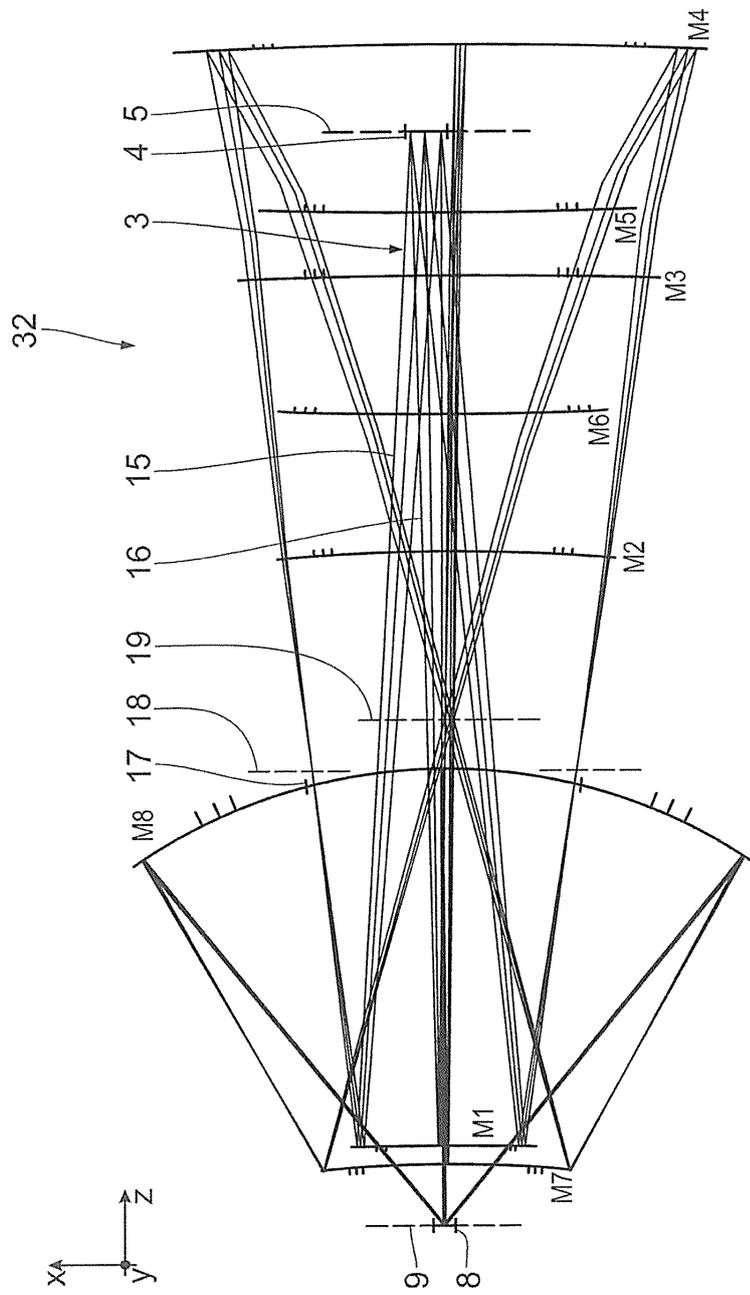
도면15a



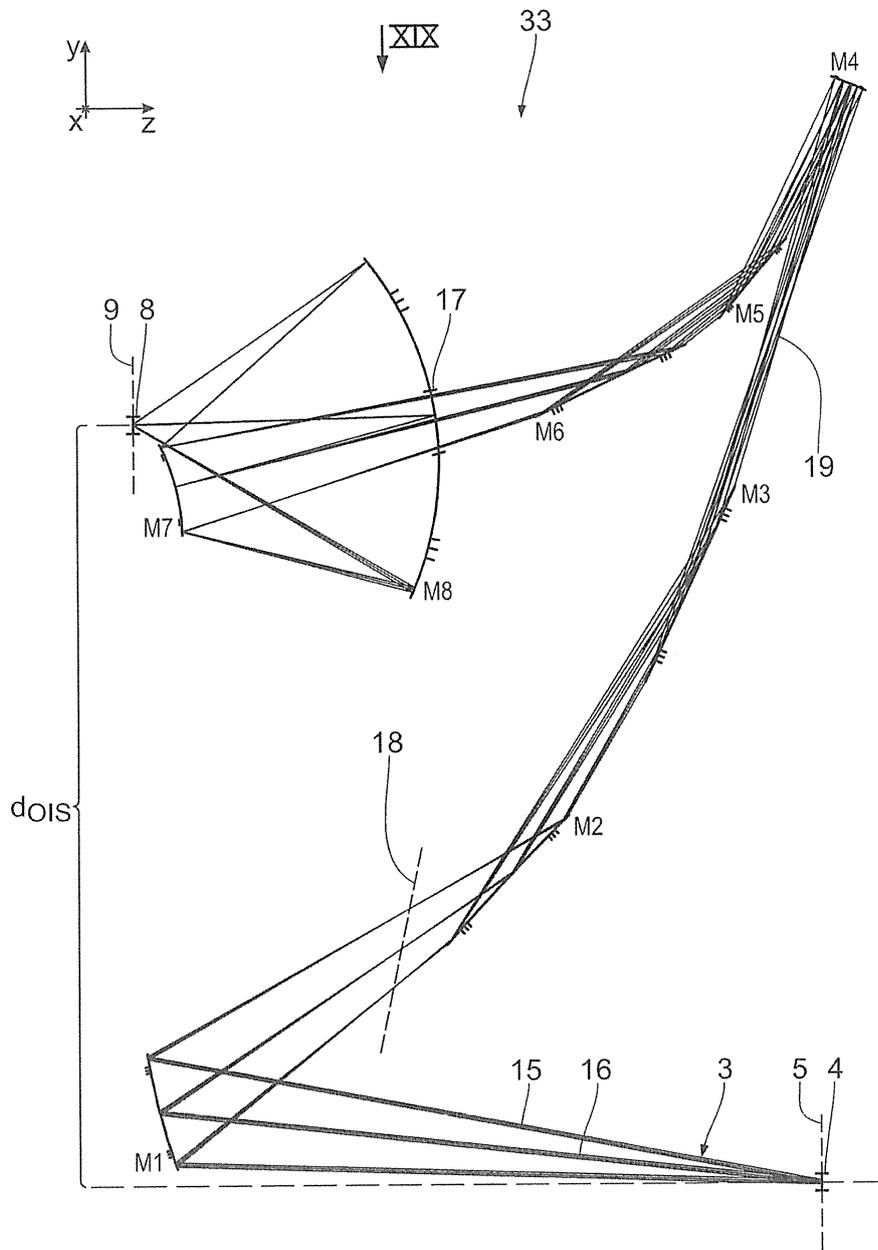
도면16



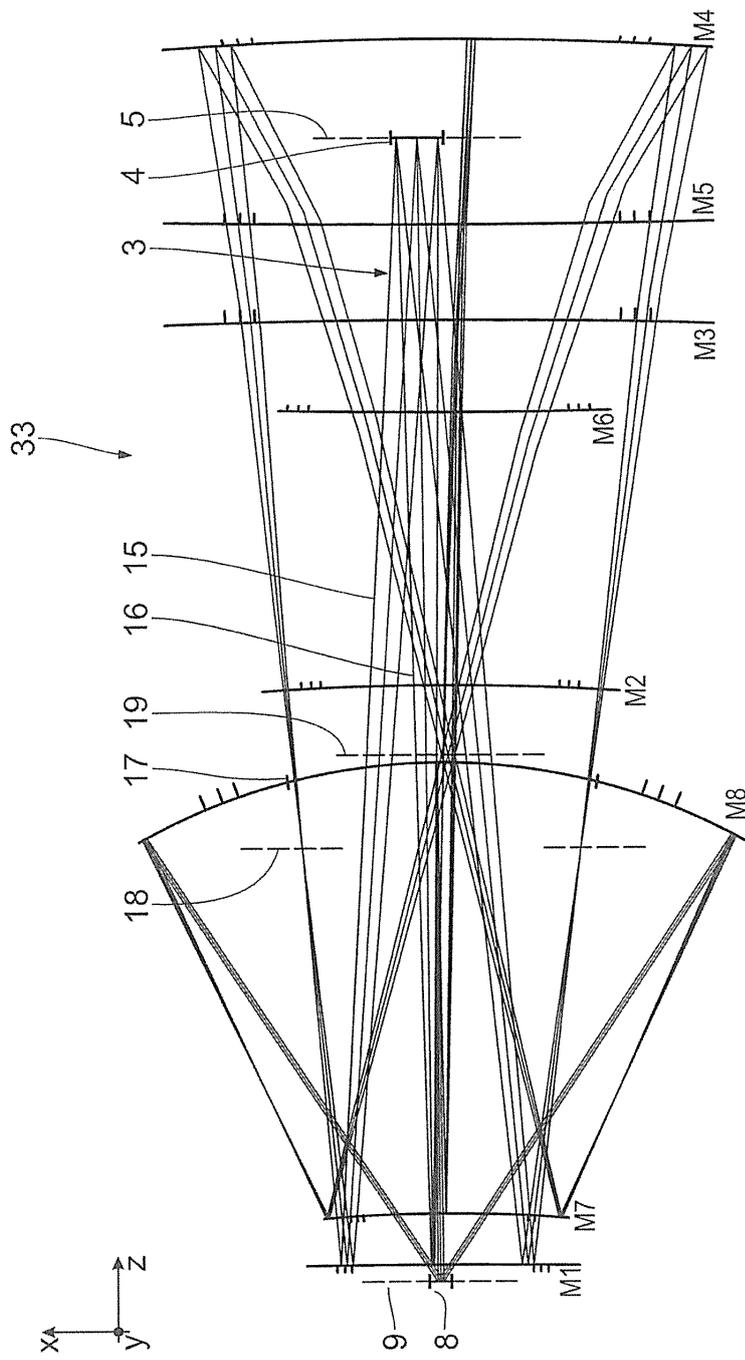
도면17



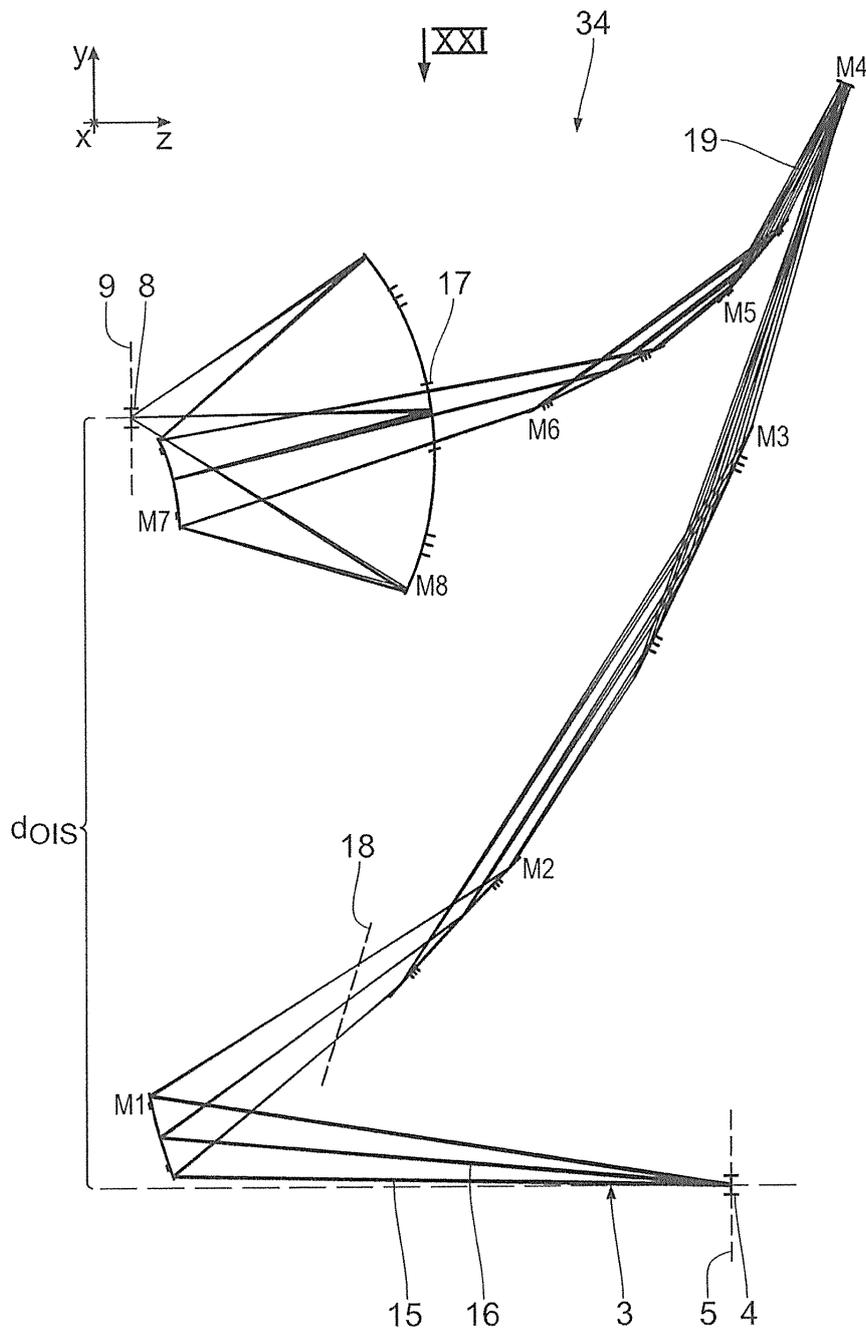
도면18



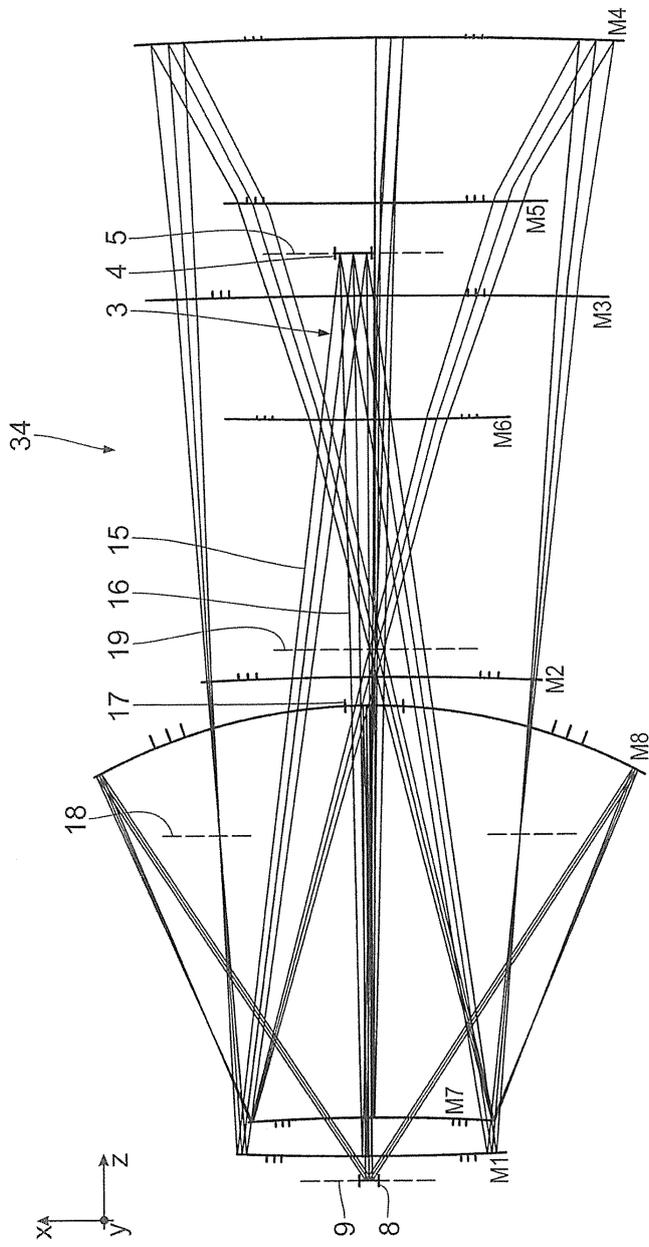
도면19



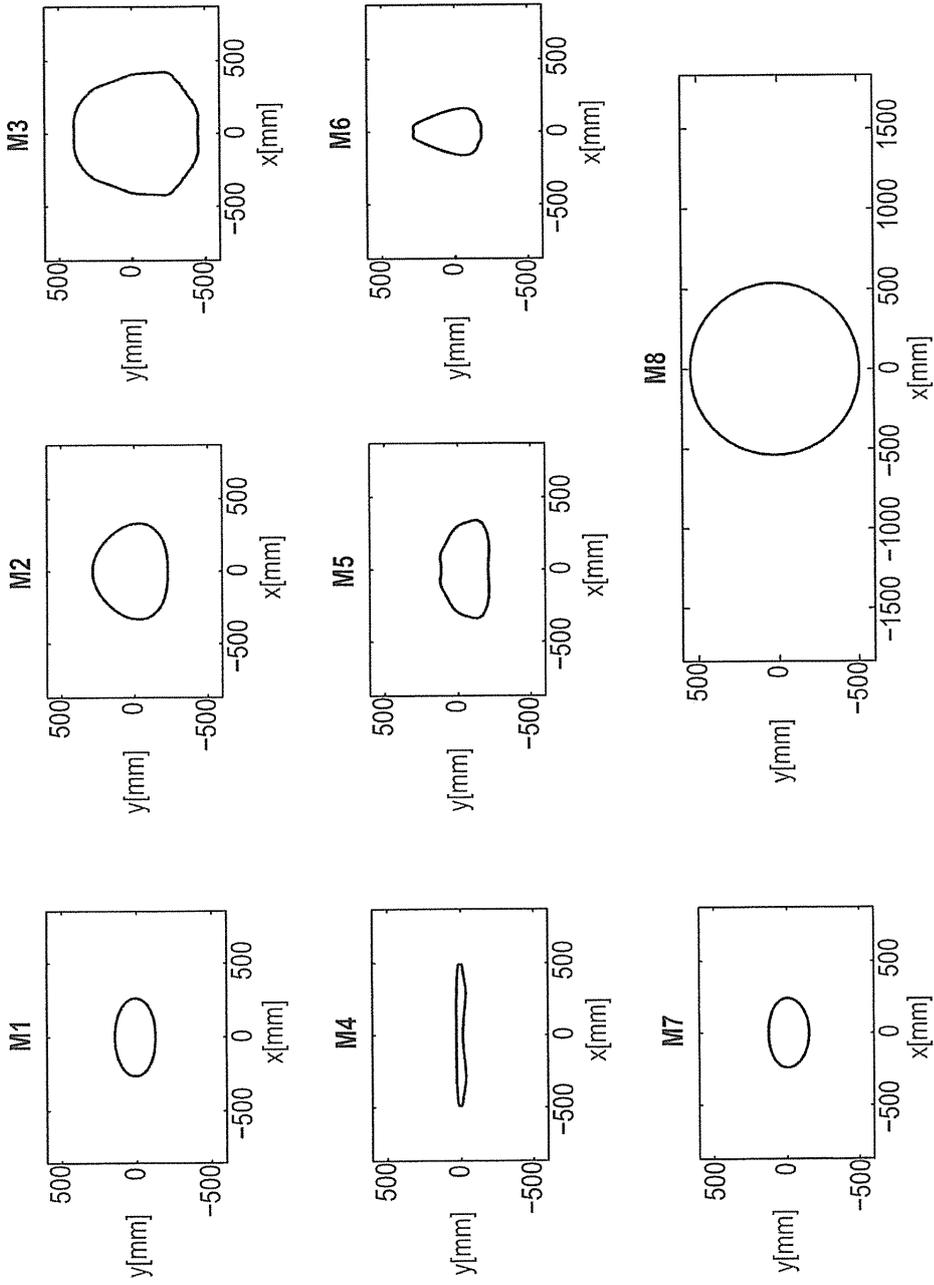
도면20



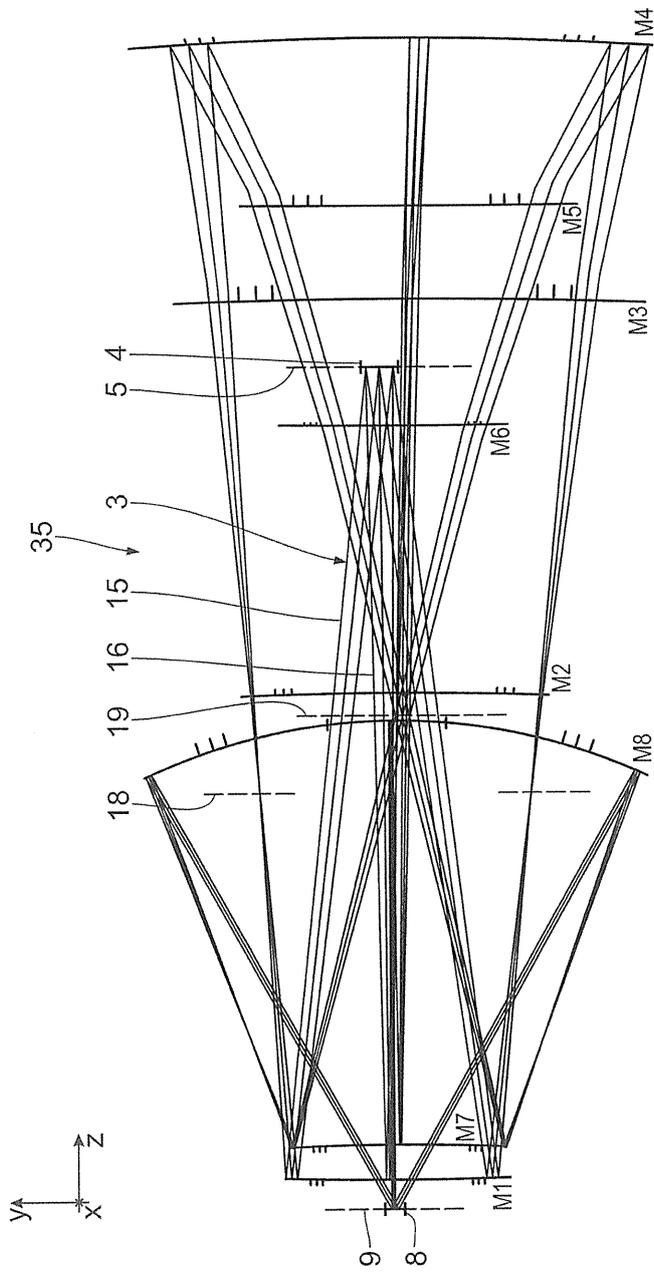
도면21



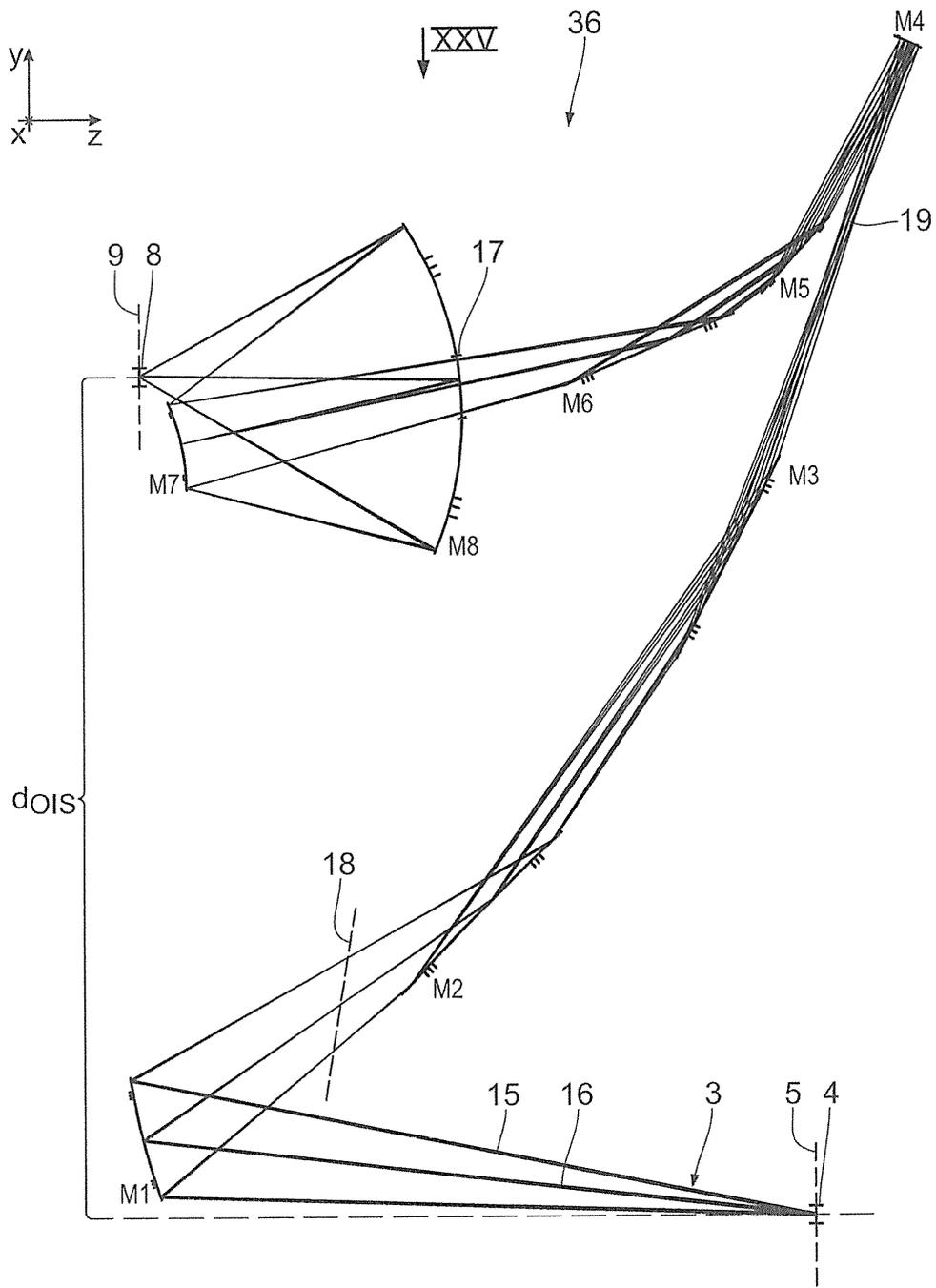
도면21a



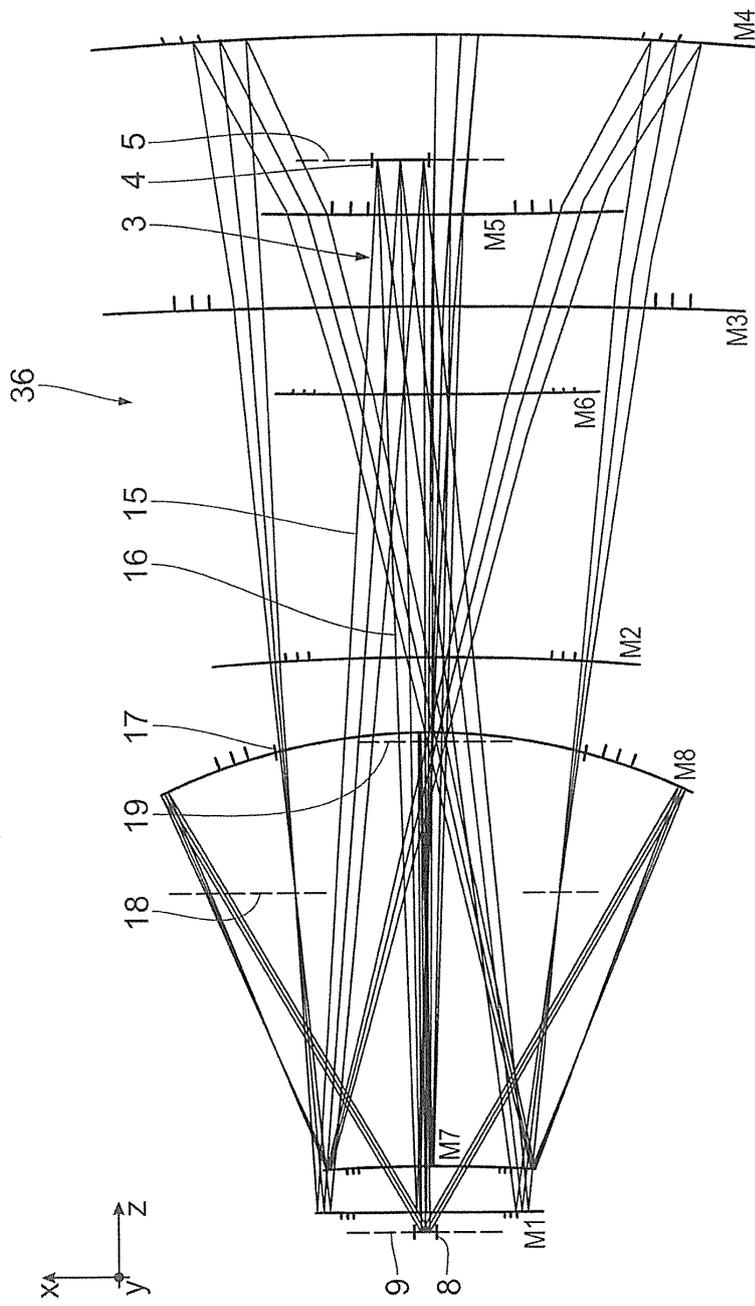
도면23



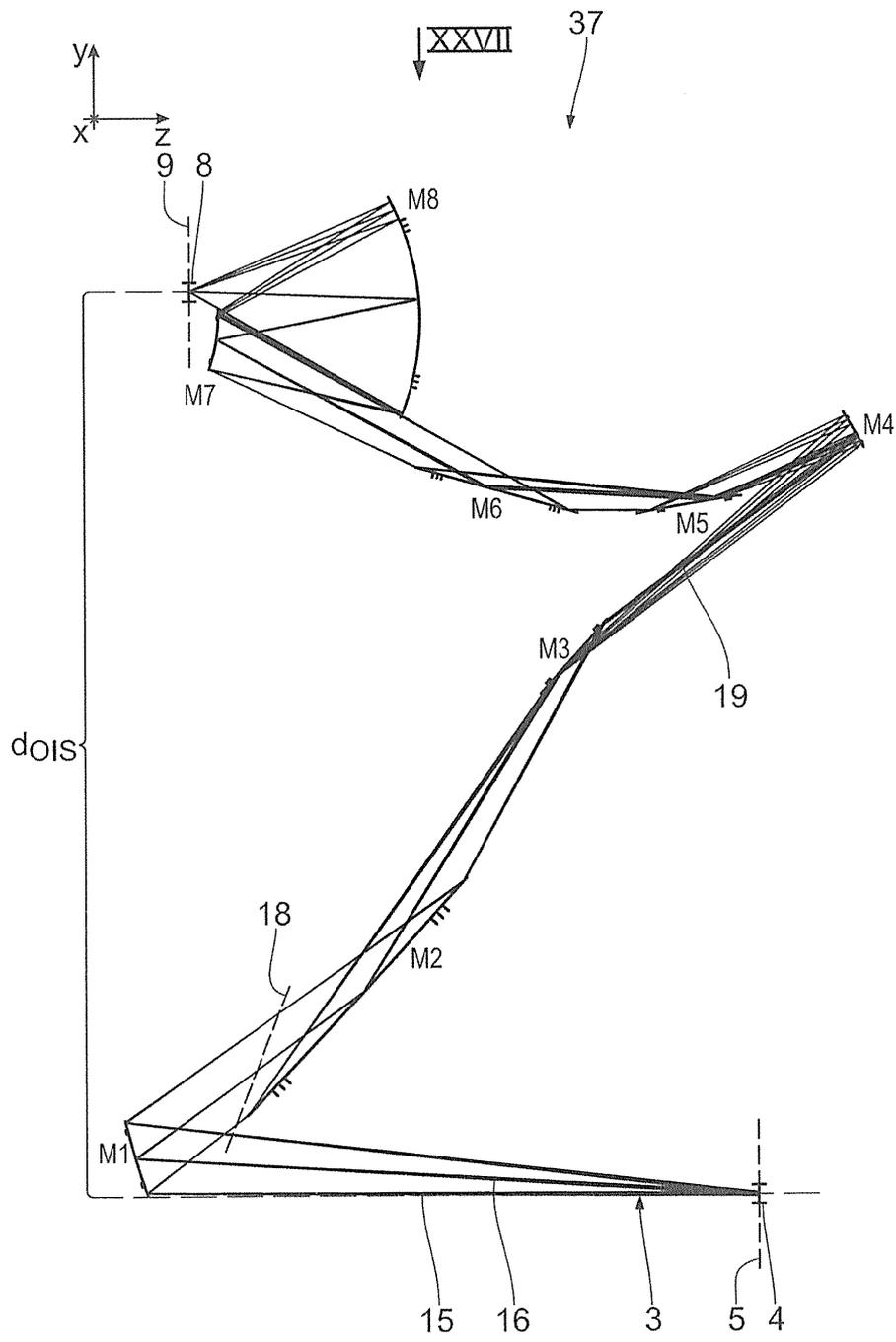
도면24



도면25



도면26



도면27

