



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년08월06일
(11) 등록번호 10-1542272
(24) 등록일자 2015년07월30일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G03F 7/20 (2006.01) HO1L 21/027 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2010-7010270
(22) 출원일자(국제) 2008년10월21일
심사청구일자 2013년10월21일
(85) 번역문제출일자 2010년05월10일
(65) 공개번호 10-2010-0084652
(43) 공개일자 2010년07월27일
(86) 국제출원번호 PCT/EP2008/008886
(87) 국제공개번호 WO 2009/053023
국제공개일자 2009년04월30일
(30) 우선권주장
10 2007 051 668.3 2007년10월26일 독일(DE)
(56) 선행기술조사문헌
JP2001185480 A
JP평성09211332 A
US6750948 B2

(73) 특허권자
칼 짜이스 에스엠티 게엠베하
독일 오버코헨 73447 루돌프-에버-슈트라쎬 2
(72) 발명자
만, 한스-위르겐
독일, 73447 오베르코헨, 카첸바흐슈트라쎬 49
(74) 대리인
한양특허법인

전체 청구항 수 : 총 12 항

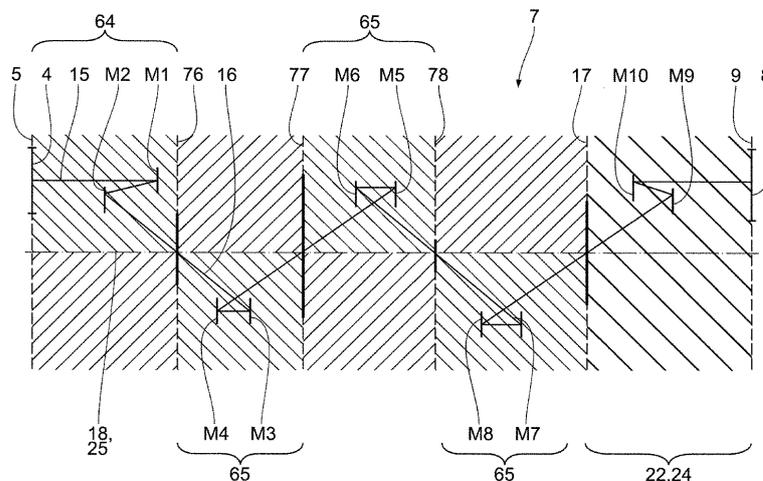
심사관 : 조승현

(54) 발명의 명칭 **결상 광학 시스템 및 이러한 유형의 결상 광학 시스템을 구비하는 마이크로리소그래피용 투영 노광 장치**

(57) 요약

물체면(5)의 물체 필드(4)를 이미지면(9)의 이미지 필드(8)에 결상하는 다수의 미러들(M1 내지 M10)을 갖는 결상 광학 시스템(7). 비 차폐 미러들(M1 내지 M8) 사이에 광경로에서, 결상 광선들(15)은 물체면(5) 및/또는 이미지면(9)에 평행하게 배치되는 이격된 평면들 사이에 적어도 하나의 다중 패스-스루 영역을 통해 통과한다. 결상 광학 시스템은 적어도 하나의 동공면(76,77,78,17)을 갖는다. 상기 동공면(76,77,78,17)은 비 차폐 미러들(M1 내지 M6) 사이에 다중 패스-스루 영역 외부에 배치된다. 이것은, 화상 오차들의 용이한 보정을 제공하는 결상 광학 시스템을 가져온다. 대응 하도록 화상 오차들의 용이한 보정을 갖는 결상 광학 시스템의 다른 유형들도 또한 제시된다.

대표도



명세서

청구범위

청구항 1

물체면(5)의 물체 필드(4)를 이미지면(9)의 이미지 필드(8)로 결상하는 다수의 미러들(M1 내지 M6; M1 내지 M8; M1 내지 M10)을 갖는 반사식 결상 광학 시스템(7)으로서,

-상기 물체 필드(4)는,

--동일한 반경(R)을 갖고 거리(YS)만큼 서로 평행하게 변위되는 2개의 분도원들(27,28);

--양쪽 분도원들(27,28)의 2개의 단부들을 각각 연결하는 2개의 경계선들(29,30)에 의해 한정되는 원호 필드의 형상을 가지며,

상기 원호 필드(4)의 방위각(α)이 75° 보다 큰 것을 특징으로 하는 반사식 결상 광학 시스템.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 원호 필드(4)의 방위각(α)이 130° 보다 큰 것을 특징으로 하는 반사식 결상 광학 시스템.

청구항 3

청구항 1에 있어서,

적어도 4개의 미러들(M1 내지 M6)을 포함하고 그 중 적어도 2개의 미러들(M1,M2)이 비 차폐되고, 상기 비 차폐 미러들 중 하나의 비 차폐 미러(M2)가 구형 미러인 것을 특징으로 하는 결상 광학 시스템.

청구항 4

청구항 1 내지 청구항 3 중 어느 한 항에 있어서,

다수의 비 차폐 미러 그룹들(64,65;72 내지 75) 사이에서, 각 경우에 하나의 동공면(66;76 내지 78)이 결상 광 경로 내에 배치되는 것을 특징으로 하는 결상 광학 시스템.

청구항 5

청구항 1 내지 청구항 3 중 어느 한 항에 있어서,

결상광(3)이 통과하도록 하는 관통-개구(20)를 갖는 적어도 하나의 차폐된 미러(M3 내지 M6; M5 내지 M8; M7 내지 M10)를 특징으로 하는 결상 광학 시스템.

청구항 6

청구항 5에 있어서,

상기 결상 광학 시스템(7)이 정확히 6개인 미러들(M1 내지 M6)을 구비하고 그 중 적어도 3개의 미러들이 차폐되는 것을 특징으로 하는 결상 광학 시스템.

청구항 7

청구항 6에 있어서,

상기 결상 광학 시스템(7)이 정확히 8개의 미러들(M1 내지 M8)을 구비하고 그 중 적어도 3개의 미러들이 차폐되는 것을 특징으로 하는 결상 광학 시스템.

청구항 8

청구항 6에 있어서,

상기 결상 광학 시스템(7)이 정확히 10개의 미러들(M1 내지 M10)을 구비하고 그 중 적어도 3개의 미러들이 차폐되는 것을 특징으로 하는 결상 광학 시스템.

청구항 9

-청구항 1 내지 청구항 3 중 어느 한 항에 기재된 결상 광학 시스템(17);

-조명 및 결상광(3)을 위한 광원(2);

-조명광(3)을 결상 광학 시스템(7)의 물체 필드(4)로 안내하기 위한 조명 광학계(6)를 구비하는 마이크로리소그래피용 투영 노광 장치.

청구항 10

청구항 9에 있어서,

조명광(3)을 발생시키기 위한 상기 광원(2)은 5 와 30nm 사이의 파장으로 구성되는 것을 특징으로 하는 투영 노광 장치.

청구항 11

-레티클(10) 및 웨이퍼(11)를 제공하는 단계,

-청구항 9에 기재된 투영 노광 장치에 의하여 레티클(10) 상의 구조를 웨이퍼(11)의 감광층에 투영하는 단계,

-웨이퍼(11) 상에 미세구조를 제조하는 단계를 포함하는 미세구조 요소의 제조 방법.

청구항 12

청구항 11에 기재된 방법에 의해 제조되는 미세구조 요소.

청구항 13

삭제

청구항 14

삭제

청구항 15

삭제

청구항 16

삭제

청구항 17

삭제

청구항 18

삭제

청구항 19

삭제

청구항 20

삭제

청구항 21

삭제

청구항 22

삭제

청구항 23

삭제

청구항 24

삭제

발명의 설명

기술 분야

- [0001] 본 발명은 물체면의 물체필드를 이미지면의 이미지 필드로 결상하는, 다수의 미러들을 갖는 결상 광학 시스템으로서,
- [0002] -결상 광학 시스템의 비 차폐 미러들 사이의 광경로내의 결상 광선들이, 물체면 및/또는 이미지면에 평행하게 배치되는 이격된 평면들 사이의 적어도 하나의 다중 패스-스루 영역(multiple pass-through region)을 통해 다수 통과하고,
- [0003] -적어도 하나의 동공면을 구비하는 결상 광학 시스템에 관한 것이다.
- [0004] 본 발명은, 물체면의 물체 필드를 이미지 면의 이미지 필드로 결상하는 다수의 미러들을 갖는 반사식 결상 광학 시스템으로서 상기 물체 필드는,
- [0005] -서로 소정의 거리에 의해 평행하게 이동되는 동일한 반경을 갖는 두 개의 분도원들과
- [0006] -양 분도원들의 두 개의 단부들을 각각 연결하는 두 개의 경계선들에 의해 한정되는 원호 필드의 형상을 갖는 것인 결상 광학 시스템에 관한 것이다.
- [0007] 나아가, 본 발명은 물체면의 물체 필드를 이미지 면의 이미지 필드로 결상하는, 다수의 미러들을 갖는 결상 광학 시스템으로서,
- [0008] -광축을 구비하고,
- [0009] -결상 광학 시스템의 경계선들의 다음의 유형들 중 하나 사이에 공간적으로 배치되는 적어도 하나의 비 차폐 미러 그룹을 구비하는 결상 광학 시스템에 관한 것이다.
- [0010] --필드면과 그 하류(down stream)에 직접 배치되는 동공면 사이
- [0011] --제 1 동공면과 그것의 하류에 직접적으로 배치되는 제 2 동공면 사이.
- [0012] 나아가 본 발명은 이러한 유형의 결상 광학 시스템을 구비하는 투영 노광 장치, 이러한 유형의 투영 노광 장치를 사용하는 미세구조 요소의 제조 방법, 이 방법에 의해 제조되는 미세구조 요소에 관한 것이다.

배경 기술

- [0013] 서두에서 언급된 유형의 결상 광학 시스템은 US 6,750,948 B2, US 2006/0232867 A1, EP 0 267 766 A2, US 7,209,286 B2 및 WO 2006/069 725 A1 에서 알려져 있다. WO 2005/098506 A1은 최소 링 필드 반경을 갖는 반사 굴절식 결상 광학 시스템을 개시하고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0014] 따라서, 본 발명의 목적은 화상 오차(image error)들의 보정을 가능하게 하는 방식의 서두에서 언급된 유형의 결상 광학 시스템을 개발하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0015] 이 목적은, 물체면의 물체 필드를 이미지면의 이미지 필드로 결상하는, 다수의 미러들을 갖는 결상 광학 시스템이,
- [0016] -결상 광학 시스템의 비 차폐 미러들 사이의 광경로에서 결상 광선들은, 물체면 및/또는 이미지면에 평행하게 배치되는 이격된 면들 사이에서 적어도 하나의 다중 패스-스루 영역을 통해 수회 통과하고,
- [0017] -적어도 하나의 동공면을 구비하는 것으로서, 모든 동공면들이 비 차폐 미러들 사이의 다중 패스-스루 영역들의 외부에 배치되는 것을 특징으로 하는 결상 광학 시스템에 의해 본 발명에 부합되게 달성된다.
- [0018] 결상 광학 시스템의 적어도 하나의 동공면을 비 차폐 미러들 사이의 광경로 내의 다중 패스-스루 영역들 외부에 배치함으로써, 결상 광학 시스템이, 결상 광학 시스템의 미러들 사이의 비네팅(vignetting) 문제들을 일으키지 않고 작은 필드 반경을 갖는 원호 형태의 물체 필드를 갖도록 설계되는 것을 가능하게 한다. 작은 필드 반경은 주어진 필드 크기에서, 물체 필드가 결상 광학 시스템의 광축에 가깝게 배치되도록 한다. 이것은, 더 큰 비구면성이 생략될 수 있는 것에 더하여, 광축으로부터 떨어진 영역들에 요구되는 더 고차의 비구면성으로서 결상 광학 시스템의 화상 오차들의 보정을 가능하게 한다. 결상 광학 시스템의 미러들은 따라서, 그 반사면들이 구면들로부터 약간 이탈하도록 설계될 수 있다. 예를 들어, 0.5의 범위 내의 개구수를 갖는 시스템에도, 최적의 반사면들인 구형 반사면들의 최대 편차가 500 μ m 미만, 특히 200 μ m 미만이 되도록 결상 광학 시스템을 설계하는 것도 생각해 볼 수 있다. 나아가, 이것은 모구형(parent sphere)의 직경이 감소하여 간섭 테스트(interferometric test)를 용이하게 한다. 미러의 모직경은 D.A. Tichenor et al., Lawrence Livermore National Laboratory, 14.02.2000.에 의한 논문"EUV Engineering Test Stand"의 도 6(견본인쇄 UCRL-JC-137668)에서 정의 된다. 요건들에 따르면, 본 발명에 부합되는 결상 광학 시스템은 특히, 작은 필드 반경들에도 불구하고, 원호 형상의 물체 필드로부터 진행하고 광축에 대해 수직인 방향으로 대응되게 원호 형상을 하고 있는 결상 광선속들이 광축에 대해 수직이고 결상광에 의해 수회 통과되는 평면들 내의 원호 형상들을 갖고, 상기 원호 형상들은 동일한 방향으로 개방되는 것에 의해, 비네팅 없이, 비 차폐 미러들이 설계되는 것을 가능하게 한다. 이러한 유형의 원호 형상의 선속들은, 광축에 대해 수직이고, 결상광에 의하여 수회 통과되는 평면내에서, 서로 거의 일정한 거리에서 서로 이웃하여 놓이도록 쉽게 구성될 수 있도록 하고, 따라서 통과할 수 있는 원호 형상의 선속으로부터 반사된 선속을 쉽게 분리하는 것을 가능하게 한다. 적어도 하나의 동공면은, 다중 패스-스루 영역들을 한정하는 반사면들과 동공면이 겹치지 않도록 다중 패스-스루 영역들 외부에 배치된다. 이것은 다중 패스-스루 영역들의 광경로상에서는 동공면이 없게 한다. 결상 광학 시스템은 원칙적인 반사 굴절식 광학 시스템과 마찬가지로 순수하게 반사식 광학 시스템이 될 수 있다. 본 발명에 따르는 결상 광학 시스템이 하나 이상의 동공면을 구비한다면, 모든 이러한 동공면들은, 다중 패스-스루 영역들 외부의 비 차폐 미러들 사이의 광경로 내에서 배치된다. 모든 이러한 동공면들은 그러면, 그 옛지들이 여전히 다중 패스-스루 영역들의 일부가 되도록 다중 패스-스루 영역들을 한정하는 반사면들과 동공면이 겹치지 않는 것을 보장하기 위하여, 다중 패스-스루 영역들의 외부에 배치된다.
- [0019] 차폐된 미러들 사이의 광경로에서, 결상 광선들은 물체면 및/또는 이미지 면에 평행한 이격된 평면들 사이의 적어도 또 다른 다중 패스-스루 영역을 통해 수회 통과할 수 있고, 적어도 하나의 동공면 및 바람직하게는 모든 동공면들이, 비 차폐 미러들 사이의 이러한 다중 패스-스루 영역들의 외부 및 차폐된 미러들 사이의 이러한 다중 패스-스루 영역들의 외부에 배치된다. 본 발명에 따르는 결상 광학 시스템의 적어도 하나의 동공면의 이러한 배치는 동공면 내에서 조명 선속의 접근성을 보장한다.
- [0020] 물체 필드는 동일한 반경을 갖는 두 개의 분도원들에 의해 한정되는 원호 필드의 형상을 가질 수 있고, 상기 분도원들은 소정 길이만큼 서로 평행하게 이동된다. 이 필드는 양 분도원들의 두 개의 단부들을 각각 연결하는 두 개의 경계선들에 의해 또한 한정되고, 이러한 원호 필드는 75° 보다 큰 방위각을 가질 수 있다. 이러한 유형의 원호 필드는 주어진 필드 크기에서, 유리하게 낮은 원호 필드 반경을 갖는다. 방위각은 80° 보다, 90° 보다, 100° 보다, 110° 보다, 120° 보다, 130° 보다, 140° 보다, 150° 보다, 160° 보다 그리고 170° 보다도 더 클 수 있다. 스캐닝 투영 노광 장치에서 스캐닝 슬롯 길이로서 언급되는 두 개의 분도원들의 주어진 거리에서 그리고 스캐닝 투영 노광 장치에서 스캐닝 슬롯 두께로서 언급되는 원호 필드의 주어진 두께에서, 방위각은 이론적인 최대값까지의 크기를 가질 수 있다. 종래 기술에서, 대응하는 원호 필드들은 예를 들어 WO 2005/098506 A1에서 설명되는 바와 같이 반사 굴절식 설계들을 이용하여서만 획득될 수 있었다. 이러한 유형의 시스템에서는, 굴절식 요소들은 비네팅 문제들이 발생하는, 예를 들어 물체면 근방 에서의 결상 광학 시스템의 부분들에서 사용될 수 있다.

- [0021] 물체면의 물체 필드를 이미지 면의 이미지 필드로 결상하는, 다수의 미러들을 갖는 본 발명에 따르는 결상 광학 시스템으로서,
- [0022] -광축을 갖고,
- [0023] -결상 광학 시스템의 경계면들의 다음의 유형들 중 하나 사이에 공간적으로 배치되는 비 차폐 미러들의 적어도 하나의 그룹을 갖는 결상 광학 시스템에 의하여 상응하는 장점들이 제공된다.
- [0024] --물체면과 그의 하류에 직접적으로 배치되는 동공면의 사이.
- [0025] --제 1 동공면과 그 하류에 직접적으로 배치되는 제 2 동공면의 사이.
- [0026] 각각 비 차폐 미러들의 적어도 하나의 그룹을 한정하는 필드 또는 동공면들은, 이러한 한정하는 필드 또는 동공면들이 각각 적어도 하나의 비 차폐 미러 그룹의 광축을 따라 연장(extension)을 한정하는 반사면들과 겹치지 않도록, 이러한 비 차폐 미러 그룹의 외부에 차례로 배치된다. 적어도 하나의 비 차폐 미러 그룹을 각각 한정하는 필드 또는 동공면들은 따라서, 그 사이에 배치되는 적어도 하나의 비 차폐 미러 그룹으로부터 일정 거리에 놓인다.
- [0027] 결상 광학 시스템은, 중앙 물체 필드점으로부터 진행하고 결상 광학 시스템의 동공면들 내의 동공들의 중심을 통해 통과하는 주광선들이,
- [0028] -광축에 놓이고,
- [0029] -중앙 필드점으로부터 광축까지의 법선에 수직인 주 분리면을 통해 통과하지 않도록 결상 광학 시스템의 적어도 하나의 비 차폐 미러 그룹의 미러들 사이의 자오 단면 내에서 진행한다.
- [0030] 결상 광학 시스템은, 중앙 동공 차폐, 다시 말해서 결상 광선들이, 결상 광선들의 통과가 가능한 다른 영역에 의하여 둘러싸이는 동공면의 영역을 통해 통과하지 못하게 하는 배치를 가질 수 있다.
- [0031] 이러한 유형의 동공 차폐는 중앙 동공 차폐로서 구성될 필요는 없다. 이것은, 동공면의 영역내에서 결상 광선들에 의해서 통과될 수 없고, 그외에는 결상 광선들에 의해 통과되는 영역을 구비함으로써 충분하다.
- [0032] 물체 필드 및 이미지 필드는 광축으로부터 일정 거리에 배치될 수 있다.
- [0033] 본 발명에 따르는 결상 광학 시스템은, 비 차폐 미러 그룹들 사이의 동공면을 이용한 분리가, 결상 광학 시스템의 광축에 대해 수직이고 조명광에 의해 수회 통과되는 평면들 내의 다양한 원호 형상의 결상 광선속들이 분리되게 하여, 비네팅 문제들의 발생을 일으키는 것 없이, 비 차폐 미러 그룹들이 주 분리면의 양 측상에 구비되게 한다.
- [0034] 결상 광학 시스템은,
- [0035] -비 차폐 미러들 사이의 광경로 내의 결상 광선들이, 물체면 및/또는 이미지면에 평행하게 배치되는 이격된 평면들 사이의 적어도 하나의 패스-스루 영역을 통해 7번 통과하고
- [0036] -자오 단면에서는, 다중 패스-스루 영역을 한정하는 이러한 평면들 사이의 결상 광선들이 주 분리면을 통해 통과하지 않는 방식으로 설계될 수 있다.
- [0037] 이러한 유형의 설계는, 결상 광선속들이 결상광에 의해 7번 통과되는 평면들 내에서 특히 잘 분리되도록 한다.
- [0038] 결상 광학 시스템은, 물체면 내의 물체 필드를 이미지면 내의 이미지 필드로 결상하는 다수의 미러들을 가질 수 있고, 상기 결상 광학 시스템은 적어도 두 개가 비 차폐되는 적어도 네 개의 미러들을 갖고, 상기 비 차폐 미러는 구형 미러로서 설계된다. 이러한 유형의 설계에서, 상대적으로 비용을 절감할 수 있는 방식으로 구성할 수 있는 구형 미러가 사용될 수 있다. 이러한 배치는 작은 링 필드 반경을 사용하는 때에 특히 가능하다는 것을 알 수 있다.
- [0039] 결상 광학 시스템은, 각각의 경우에 있어서 결상 광경로 내에 하나의 동공면이 배치되는 사이에서 몇몇의 비 차폐 미러 그룹들을 가질 수 있다. 이러한 배치는, 비 차폐 시스템들을 분할하는 동공면이 어떠한 경우이든, 결상 광에 의해 단 한번 통과되는 결상 광학 시스템의 영역, 다시 말해 다중 패스-스루 영역이 아닌 영역에서 배치되게 한다.
- [0040] 결상광의 투과를 위한 관통-개구를 갖는 적어도 하나의 차폐된 미러는 최대각을 최소화 한다는 측면에서 결상

광학 시스템의 구조를 용이하게 한다.

- [0041] 결상 광학 시스템은, 적어도 세 개의 미러들이, 바람직하게는 정확히 네 개의 미러들이 차폐되는 정확히 여섯 개의 미러들을 구비할 수 있다. 결상 광학 시스템은 적어도 그것의 세 개의 미러들, 바람직하게는 정확히 네 개의 미러들이 차폐되는 정확히 여덟 개의 미러들을 구비할 수 있다. 결상 광학 시스템은 그것의 적어도 세 개의 미러들, 바람직하게는 네 개의 미러들이 차폐되는 정확히 열 개의 미러들을 구비할 수 있다. 이러한 설계들은, 최대 입사각과 이미지측 개구수의 비를 최소화 하는데 특히 적합하다고 판명된다.
- [0042] 본 발명을 따르는 결상 광학 시스템은 또한 이러한 청구된 것들과는 다른 결합들에 의해서 앞서 논의된 특성들을 또한 구비할 수 있다.
- [0043] 본 발명을 따르는 투영 노광 장치의 장점들은 본 발명을 따르는 결상 광학 시스템을 참조하여 앞서 설명된 것들에 대응한다. 투영 노광 장치의 광원은 광대역으로서 구성될 수 있고 예를 들어 1nm 를 초과하는, 10nm를 초과하는 또는 100nm를 초과하는 대역폭을 가질 수 있다. 추가적으로, 투영 노광 장치는 상이한 파장들의 광원들로 작동될 수 있도록 구성될 수 있다. 다른 파장들, 특히 마이크로리소그래피를 위해 사용되는 파장들, 예를 들어 365nm, 248nm, 193nm, 157nm, 126nm, 109nm 및 또한 특히 예를 들어 5nm 와 30 nm 사이인 100nm 미만의 파장들을 갖는 광원들은 본 발명을 따르는 결상 광학 시스템과 결합하여 사용될 수 있다.
- [0044] 투영 노광 장치의 광원은 5nm 와 30nm 사이의 파장을 갖는 조명광을 발생시키도록 구성될 수 있다. 이러한 유형의 광원은, 최소 반사율을 얻기 위하여 입사각에 대한 작은 허용 대역폭만을 갖는, 미러들 상의 반사 코팅들을 요구한다. 본 발명을 따르는 결상 광학 시스템과 함께, 이러한 입사각에 대한 낮은 허용 대역폭의 요구는 충족될 수 있다.
- [0045] 본 발명을 따르는 제조 방법 및 그것에 의해 제조되는 미세구조 또는 요소는 대응하는 장점들을 갖는다.
- [0046] 다음에서는 도면들을 사용하여 본 발명의 실시예들이 보다 자세하게 설명된다.

도면의 간단한 설명

- [0047] 도 1은 EUV 마이크로리소그래피를 위한 투영 노광 장치의 개략도이다.
- 도 2는 투영 노광 장치의 결상 광학 시스템의 실시예의 자오 단면도이다.
- 도 3은 도 2를 따르는 결상 광학 시스템의 물체 필드의 확대도이다.
- 도 4는 선택된 필드점들의 결상 광선을 관통한, 그리고 그 물체면의 영역 내에서 도 2를 따르는 결상 광학 시스템의 광축을 관통한 단면이다.
- 도 5는 도 2의 평면(V-V)를 관통하는 도 4를 따르는 결상 광선들을 관통하는 단면이다.
- 도 6은 도 2의 평면(VI-VI)를 관통하는, 도 4를 따르는 결상 광선들을 관통하는 단면이다.
- 도 7은 도 2를 따르는 결상 광학 시스템에서, 구조 이미지의 부분적으로 일관된 공간 영상(aerial image) 계산의 결과를, 결상 광선들의 상대 강도를 결상 광학 시스템의 이미지 필드 내의 변위의 함수로서 보여주는 다이어그램의 형태로 도시한다.
- 도 8은 도 7과 비교하여 더 작은 구조적인 두께를 갖는 구조 이미지의 부분적으로 일관된 공간 영상 계산의 결과의 도 7과 유사한 도면이다.
- 도 9는 도 1을 따르는 투영 노광 장치를 위한 결상 광학 시스템의 다른 실시예의 도 2와 유사한 도면이다.
- 도 10은 도 9를 따르는 결상 광학 시스템의 선택된 필드점들의 결상 광선들의 투과점들의 도 4와 유사한 도면이다.
- 도 11은 도 9에서 평면(XI-XI)을 관통하는 도 10을 따르는 결상 광선들을 관통하는 단면도이다.
- 도 12는 도 9에서 평면(XII-XII)를 관통하는 도 10을 따르는 결상 광선들을 관통하는 단면도이다.
- 도 13은 도 1을 따르는 투영 노광 장치를 위한 결상 광학 시스템의 또 다른 실시예의 도 2와 유사한 도해이다.
- 도 14는 도 1을 따르는 투영 노광 장치를 위한 결상 광학 시스템의 또 다른 실시예의 도 2와 유사한 도해이고,
- 도 15 및 도 16은 위에서 도시된 실시예들과 비교하여, 물체측 상에 차폐되지 않은 다른 미러 그룹들에 의해 연

장되는 결상 광학 시스템을 통하는 결상 광경로들을 도식화한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0048] 마이크로리소그래피용 투영 노광 장치(1)는 조명광 또는 조명 방사(3)를 위한 광원(2)을 갖는다. 광원(2)은 예를 들어 5nm 와 30nm 사이의, 특히 5nm 와 10nm 사이의 파장 영역에서 빛을 발생시키는 EUV 광원이다. 광원(2)은 특히 6.9nm의 파장을 갖는 광원일 수 있다. 다른 EUV 파장들이 또한 가능하다. 일반적으로, 어떠한 요구되는 파장들, 예를 들어 가시 파장들 또는 마이크로리소그래피에서 사용될 수 있고 적합한 레이저 광원 및/또는 LED 광원들이 유용한(예를 들어 365nm, 248nm, 193nm, 157nm, 129nm, 109nm) 다른 파장들도 투영 노광 장치(1) 내에서 안내되는 조명광(3)에 가능하다. 광원(3)의 광경로는 도 1에서 매우 개략적으로 도시된다.
- [0049] 조명 광학계(6)는 조명광(3)을 광원(2)으로부터 물체면(5) 내의 물체 필드(4)(도 3을 참조)로 안내한다. 물체 필드(4)는 투영 광학 시스템 또는 결상 광학 시스템(7)에 의하여 소정의 축척(reduction scale)으로 이미지면(9)내의 이미지 필드(8)(도 2를 참조)에 결상된다. 도 2에서 도시되는 실시예들 중 하나 및 그 이하는 투영 광학 시스템(7)을 위해 사용될 수 있다. 도 2를 따르는 투영 광학 시스템(7)은 8의 감소 계수(reduction factor)를 갖는다. 예를 들어 4x, 5x 또는 8x 보다 큰 축척도 또한 가능하다. EUV 파장을 갖는 조명광(3)에서는, 반사 마스크(10) 물체측 입사각이 작게 유지될 수 있기 때문에 특히 8x의 결상 스케일이 적합하다. 또한 8x의 결상 스케일은 불필요하게 큰 마스크들의 사용을 요구하지 않는다. 도 2를 따르는 실시예들 및 그 이하에서의 투영 광학 시스템(7)에서는, 이미지면(9)은 물체면(5)과 평행하게 배치된다. 이러한 방식에서, 레티클로 언급되는 반사 마스크(10)의 물체 필드(4)와 겹치는 부분이 결상된다.
- [0050] 투영 광학 시스템(7)에 의해 수행되는 결상은 기관 지지 부재(12)에 의해 지지되는 웨이퍼의 형태로 기관의 표면상에서 이루어진다. 도 1은 레티클(10)과 투영 광학 시스템(7) 사이의 상기 투영 광학 시스템으로 들어가는 조명광(3)의 광선(13) 및 투영 광학 시스템 및 기관(11) 사이의 투영 광학 시스템(7)을 나가는 조명광(3)의 광선(14)을 개략적으로 도시한다. 이미지측 상의 투영 광학 시스템(7)의 개구수는 도 2에 부합되도록 0.40이다. 이것은 도 1에서 크기가 보여지는 것은 아니다.
- [0051] 투영 노광 장치(1) 및 투영 광학 시스템(7)의 다양한 실시예들의 설명을 돕기위하여, 선택될 수 있는 도면들에서 표현되는 요소들의 각각의 위치들을 보여주는 xyz 시스템이 도면들 내에서 특정된다. 도 1에서는, x 방향은 도면 평면에서 및 도면 평면으로부터 수직으로 연장한다. y 방향은 오른쪽으로, z 방향은 하향으로 연장한다.
- [0052] 투영 노광 장치(1)는 스캐너 형 장치이다. 양 레티클(10) 및 기관(11)은 투영 노광 장치(1)의 작동 동안 y 방향으로 스캔된다. y 방향으로 레티클(10) 및 기관(11)의 단계적 이동이 기관(11)의 개별적인 노광들 사이에서 일어나는 투영 노광 장치(1)를 위한 스텝퍼형 장치도 또한 가능하다.
- [0053] 도 2는 투영 광학 시스템(7)의 제 1 실시예의 광학 구조를 도시한다. 이것은 각 경우에 두 개의 물체 필드점들로부터 진행하고 도 2에서 y방향으로 서로 이격된 세 개의 개별적인 광선들(15)의 각각의 광경로를 보여준다. 이러한 두 개의 물체 필드점들 중 하나에 속하는 세 개의 개별적인 광선들(15)은 각각 두 개의 물체 필드점들을 위한 세 개의 상이한 조명 방향들과 연관된다. 투영 광학 시스템(7)의 동공면(17) 내의 동공의 중심을 통하여 연장하는 주광선들(16)은 도 2에서 도시되고, 단지 명확성을 기하기 위한 것으로, 이들은 중앙 동공 차례로 인하여 투영 광학 시스템(7)의 실제 결상 광경로들이 아니다. 물체면(5)으로부터 진행되는 이러한 주광선들(16)은 처음에는 확산하여 연장한다. 이것은 다음에서, 투영 광학 시스템(7)의 입사 동공의 음의 후초점 길이로서 언급된다. 도 2를 따르는 투영 광학 시스템(7)의 입사 동공은 투영 광학 시스템(7) 내부에 놓이지 않고, 광경로내의 물체면(5) 앞에 놓인다. 이것은, 예를 들어 투영 광학 시스템(7)의 입사 동공 내의 조명 광학계(6)의 동공 요소를, 이 동공 요소와 물체면(5) 사이에 존재해야 하는 다른 결상 광학 요소들없이 광경로 내에서 투영 광학 시스템(7) 앞에 배치하는 것을 가능하게 한다. 하나의 대안으로서, 입사 동공의 양의 후초점 길이 또는 다른 대안으로서 물체측 텔레센트릭 광경로가 또한 가능하다. 두번째 대안은 예를 들어 물체면(5) 내의 레티클(10)로서 반사 마스크에 대하여 광분리 요소의 사용으로 또는 물체면 내의 레티클로서 투과 마스크와 함께 사용될 수 있다.
- [0054] 도 2를 따르는 투영 광학 시스템(7)은 물체 필드(4)로 부터 시작하는 개별적인 광선들(15)의 광경로의 순서로 M1 에서 M6 까지 번호매겨지는, 전체로서 여섯 개의 미러들을 갖는다. 도 2는 미러들(M1 내지 M6)의 계산된 반사면들만을 도시한다. 일반적으로, 미러들(M1 내지 M6)은 실제 사용되는 반사면들보다 더 크다.
- [0055] 도 2를 따르는 투영 광학 시스템(7)의 광학 데이터는 아래의 두 개의 테이블들을 이용하여 보여진다. 세로단 "반경"에서는 첫 번째 표는 미러들(M1 내지 M6)의 각각의 곡률 반경들을 보여준다. 세 번째 세로단(두께)은 물체

면(5)으로부터 시작하는 z 방향의 각 경우에 있어서의 다음의 표면까지의 거리를 설명한다.

[0056] 두 번째 표는 미러들(M1 내지 M6)의 반사면들의 정확한 표면 형태를 설명하고, 여기서 상수 K 및 A 내지 E는 시상 높이(z)를 위한 다음의 식에서 사용된다.

$$z(h) = \frac{ch^2}{1 + \text{SQRT}\{1 - (1+K)c^2 h^2\}} + Ah^4 + Bh^6 + Ch^8 + Dh^{10} + Eh^{12}$$

[0058] 여기서, h는 광축(18)으로부터의 투영 광학 시스템(7)의 거리를 나타낸다. 따라서, $h^2 = x^2 + y^2$ 이다. 반경의 역수로 c가 사용된다.

표면	반경 (1/c)	두께	구동 모드
물체면	무한	348.222	
M1	-379.407	-157.578	REFL
M2	-202.767	1353.319	REFL
다이어프램	무한	0.000	
M3	1127.182	-1195.630	REFL
M4	1374.690	1626.377	REFL
M5	-975.061	-330.747	REFL
M6	681.443	375,745	REFL
이미지 면	무한	0.000	

[0059]

표면	K	A	B
M1	0.000000E+00	-6.780209E-11	-1.455553E-15
M2	0.000000E+00	2.307286E-09	2.337524E-14
M3	0.000000E+00	1.500225E-09	1.781600E-14
M4	0.000000E+00	-1.573831E-12	-8.140292E-19
M5	0.000000E+00	6.446612E-10	2.597249E-15
M6	0.000000E+00	3.799673E-10	1.680031E-15
표면	C	D	E
M1	-3.423358E-21	0.000000E+00	0.000000E+00
M2	5.367802E-18	0.000000E+00	0.000000E+00
M3	-2.232896E-19	0.000000E+00	0.000000E+00
M4	-5.798511E-26	0.000000E+00	0.000000E+00
M5	4.409975E-20	1.865473E-25	-9.721913E-32
M6	5.791990E-21	0.000000E+00	0.000000E+00

[0060]

[0061] 제 1 미러 그룹(19)의 미러들(M1 및 M2)은 링 세그먼트의 형상으로 또한 광축에 대해 축을 벗어나 사용된다. 따라서, 미러들(M1 및 M2)의 사용 광학 반사면은 광축(18)으로부터 일정 거리에 놓인다. 물체 필드(4) 및 이미지 필드(8)는 광축(18)으로부터 일정 거리에 배치된다. 모든 미러들(M1 내지 M6)의 반사면들은 시상 높이(z)를 위한 상기 식에 부합되게, 광축(18)에 대하여 회전 대칭이다.

[0062] 미러들(M1 및 M2)의 광학적인 사용 영역들은 결상광의 투과를 위한 관통-개구들을 갖고 있지 않으며, 즉 차폐되지 않는다. 제 1 미러 그룹(19)는 따라서 비 차폐 미러 그룹이다. 미러들(M1 및 M2)의 반사면들은 서로 면한다.

[0063] 미러들(M1, M4, M5 및 M6)은 오목 미러들이다. 미러들(M2 및 M3)는 볼록 미러들이다.

[0064] 개별적인 광선들(15)은 결상 광경로 내의 미러들(M2 및 M3) 사이의 미러(M4) 내의 관통-개구(20)를 통해 통과한다. 미러(M4)는 관통-개구(20)의 둘레에서 사용된다. 따라서 미러(M4)는 차폐된 미러이다. 미러(M4) 뿐만 아니라, 미러들(M3, M5 및 M6)은 또한 차폐되고, 마찬가지로 각각 거의 중심에 관통-개구(20)를 구비한다. 전체로서, 두 개의 비 차폐 미러들, 다시말해 미러들(M1 및 M2)와 4 개의 차폐된 미러들, 다시 말해 미러들(M3 내지 M6)은, 따라서 최초로 투영 광학 시스템(7)에 존재한다.

[0065] 동공면(17)은 미러(M3) 상의 개별적인 광선들(15)이 반사되는 영역 내에서, 투영 광학 시스템(7) 내의 광경로 상에 놓인다.

[0066] 미러들(M1 및 M4)은 그의 반사면들의 방향이 서로 뒤를 마주하도록 배치된다.

[0067] 결상 광경로 내의 미러들(M4 및 M5) 사이에서 투영 광학 시스템(7)의 중간 이미지면(21)이 놓인다. 개별적인 광선들(15)은, 개별적인 광선들(15)이 미러(M3)의 관통-개구(20)를 통해 통과하는 직후 중간 이미지면(21)을 관통한다.

[0068] 미러들(M3 및 M4)은, 결상 광경로내의 비 차폐 미러 그룹(19)의 뒤에 배치되는, 동공면(17)과 중간 이미지면(21) 사이의 투영 광학 시스템(7)의 제 1 차폐 미러 그룹(22)을 나타낸다. 미러들(M3 및 M4)의 반사면들은 서로 면한다.

[0069] 개별적인 광선들(15)은 광경로 내에서의 중간 이미지면(21)과 미러(M5) 사이의 미러(M6) 내의 관통-개구(20)를 관통한다. 투영 광학 시스템(7)의 다른 동공면(23)은 미러(M5) 상의 개별적인 광선들(15)이 반사되는 영역 내에 존재한다.

[0070] 미러들(M5 및 M6)은, 차폐된 미러 그룹(22)의 뒤에 배치되는, 중간 이미지면(20)과 이미지면(9) 사이의 투영 광학 시스템(7)의 다른 차폐된 미러 그룹(24)을 나타낸다. 미러들(M5 및 M6)의 반사면들은 서로 면한다.

[0071] 미러(M6) 상의 개별적인 광선들(15)의 반사 뒤에는, 개별적인 광선들(15)은 미러(M5) 내의 관통-개구(20)를 통해 통과하고, 이미지 필드(8)에 도달한다. 다음의 표는 도 2를 따르는 자오 단면에서의 개별적인 광선들(15)에 대한 최대 및 최소 입사각을 보여준다. 이들은 미러들(M1 내지 M6) 상의 각각의 최대 및 최소 입사각들이다.

미러	최대 입사각(자오 단면) [°]	최소 입사각(자오 단면) [°]
M1	7.52	5.87
M2	12.35	9.16
M3	10.38	0.81
M4	2.35	0.42
M5	12.10	1.66
M6	10.41	2.19

[0072]

[0073] 미러들(M1 내지 M6)의 반사면들에의 결상광의 최대 입사각과 투영 광학 시스템(7)의 개구수의 비는 따라서, 12.35° 인 미러(M2)로의 최대 입사각에 의하여 특정된다. 따라서, 최대 입사각과 개구수의 비는, 도 2를 따르는 투영 광학 시스템(7)에서 30.9° 이다.

[0074] 작은 최대 입사각은, 작은 최대 입사각으로 인하여 입사각에 대한 상대적으로 큰 허용 대역폭을 가지는, 예를 들어 6.9nm 의 범위 내의 낮은 EUV 파장들에도 그것을 위한 반사면을 사용하는 가능성을 제공한다. 이것은 도 14를 이용하여 아래에서 더 설명된다. 입사각에 대한 반사층의 이 허용 대역폭은 반사 코팅이 구축되는 최대 입사각이 감소할수록 증가한다. 특히, 상이한 굴절률을 갖고 연속적으로 교호하는 다수의 층 재료들을 갖는 적층으로 형성되는 반사 코팅들도 또한 가능하다. 10nm 미만의 파장을 갖는 조명광(3)이 사용되는 때에는, 이러한 유형의 코팅들은 입사각에 대한 상응하게 낮은 허용 대역폭을 갖는다. 따라서, 투영 광학 시스템(7)은, 종래 기술과 대비하여 상대적으로 낮은 반사 손실들을 가지고 또한 이러한 유형의 낮은 파장들에서도 그 반사면들 상의 개별적인 미러들의 반사율에 대해 낮은 편차들을 가지고 사용될 수 있다.

[0075] 광축(18)은 도 2에서 파선으로 도시된다. 이 파선은 동시에 주 분리면(25)(도 2에서의 xz 평면)과 자오면(도 2에서의 yz 평면)의 교차선을 나타낸다. 주 분리면(25)은 도 2의 도면 평면에 대해 수직이다. 광축(18)은 주 분리면(25)에 놓인다. 추가적으로, 광축(18) 상의, 도 2의 자오면 내에 놓이는 중앙 물체 필드점의 법선(26)은 주

분리면(25)에 대해 수직이다. 이 법선(26)은 또한 도 2의 도면 평면에 놓이고, 물체면(5)(도 2에서의 xy 평면)과 자오면, 즉 도 2의 도면 평면과의 교차선과 일치한다.

[0076] 자오 단면에서 연장하는, 광학 시스템의 결상 광선들은 처음에 투영 광학 시스템(7)의 비 차폐 미러 그룹(19)에서 주 분리면(25)을 통해 통과하지 않는다. 주 분리면(25)은, 결상 광경로내의 미러들(M2 및 M3) 사이, 즉 미러 그룹들(19 및 22) 사이의 전환에서, 미러(M2)상의 반사 후에 결상 광선들(15)에 의해 처음으로 통과된다. 주 분리면(25)은 동공면(17)에서는 주광선들(16)에 의해 처음으로 통과된다.

[0077] 도 3은 투영 광학 시스템(7)의 물체 필드(4)의 확대도이다. 이미지 필드(8)는 8의 계수에 의하여 감소된다는 점을 제외하면 완전히 동일한 형상을 갖는다. 이 필드(4)는, 거리(YS)만큼 y 방향으로 서로 평행하게 이동되는, 동일한 반경(R)의 두 개의 분도원들(27,28)에 의해 한정되는 원호 형상의 필드이다. 이 필드(4)는 또한 각각 분도원들(27,28)의 두 개의 단부들을 연결하고, 법선(26)에 평행하게 연장하는 두 개의 경계선들(29,30)에 의해 한정된다. 두 개의 경계선들(29,30)은 서로 일정 거리(XS) 즉 스캐닝 슬롯 두께의 거리에 있다. 주 분리면(25)은 두 개의 경계선들(29,30)의 중심을 통해 통과한다. 따라서, 광축(18)은 정확히 두 개의 경계선들(29,30)의 중심들 사이에 놓인다. 경계선들(29,30) 사이의 광축(18)의 이러한 배치로 인해, 이 필드(4)는 최소 링 필드 반경(R)을 갖는 필드이다. 이것은 다음의 표현에서 주어진다.

$$R = \text{SQRT} \left[\left(\frac{XS}{2} \right)^2 + \left(\frac{YS}{2} \right)^2 \right]$$

[0078] 도 2의 투영 광학 시스템(7)에서는, 물체 필드(4)는 XS=104mm(스캐닝 슬롯 두께) 및 YS=8mm(스캐닝 슬롯 길이)의 크기를 갖는다. 이 결과로 물체 필드(4)에 대해서 링 필드 반경(R)은 52.154mm가 된다.

[0080] 경계선들(29,30)과 도 3의 상부에서 도시되는 분도원(28) 사이의, 필드(4)는, 분도원(28)이 직선으로 연장하는 경계선들(29,30)로 전이되는 경계 전이(border transition)들(31,32)을 갖는다. 경계 전이(31,32) 사이에서, 필드 동경 벡터(radius vector)(33)는 다음의 식을 사용해서 계산되는 방위각(α)를 커버한다.

$$\alpha = 2 \arcsin(1/2XS/R)$$

[0081] 이 결과로, 물체 필드(4)에 대해서 방위각은 171.2°가 된다. 이미지 필드(8)는 동일한 방위각을 갖는다. 이 큰 방위각은 필드(4)가 가능한 한 광축(18)에 대해 주어진 (XS)연장에서 가깝게 배치되는 것을 의미한다. 이것은 물체 필드(4)와 이미지 필드(8) 사이에서 투영 물체(7)를 통해 결상하는 때에 화상 오차 보정을 용이하게 한다. 이에 더하여, 큰 방위각은 작은 모 지름들(parent diameters) 및 미러들(M1 내지 M6)의 낮은 비구면성을 가져온다. 미러의 모 지름은 2000.02.14의 D.A.Tichenor et al., Lawrence Livermore National Laboratory에 의한 논문"EUV Engineering Test Stand"의 도 6(견본 인쇄 UCRL-JC-137668)에서 정의된다. 큰 방위각을 통해, 미러들(M1 내지 M6) 상의 입사각을 작게 유지하는 것이 또한 가능하다.

[0083] 도 4 내지 도 6은 비 차폐 미러 그룹(19) 내의 선택된 물체 필드점들로의 광선들(34)의 경로를 도시한다. 도 4 내지 도 6의 결합에 의해 다음에서 논의되는 모든 광선 그룹들의 광선들(34)은 각각 동일한(25) 물체 필드점들과 연관된다. 전체로서 다섯 개인 광선 그룹들(35,36,37,38,39)의 광선들(34)이 도시된다. 광선 그룹들(35 내지 39)은 도 4에서 왼쪽으로부터 오른쪽으로 번호매겨진다. 각 광선 그룹(35 내지 39)은 동일한 x 값을 갖는 물체 필드점들에 속하고, y방향으로 서로 등거리로 이격되는 다섯 개의 광선들(34)을 갖는다. 도 4에서 중앙 광선 그룹(37)은 자오면에 놓인 물체 필드점들에 속한다.

[0084] 도 4는 물체면(5) 근방의 광선들(34)을, 원호 형상의 물체 필드(4)의 형상이 보여질 수 있는 방식으로 도시한다. 옛지들에서 두 개의 광선 그룹들(35 및 39)은 경계선들(29,30) 상에 놓이는 물체 필드점들로부터 진행된다. 도 4의 관점은 원호 필드 반경(R)이 x 방향에서 보다 y 방향에서 더 작게 보이도록 하는 방식으로 y 방향에서 압축된다.

[0085] 중앙 광선 그룹(37)에 속하는 필드 반경 벡터(R)는 도 4의 상부에서 보여진다. 도 4에서는 광선 그룹들(35 내지 39)은 광축(18)에 대하여 하향으로 개방되는 반원형태를 형성한다.

[0086] 도 5는 도 2의 단면(V) 내의, 즉 미러(M1)의 영역 내의 광선들(34)을 도시한다. 미러(M1) 상에서 반사되는 광선 그룹들(40 내지 44)은 링 세그먼트 상에 놓이고, 도 5에서는 광축(18)에 대해 하향으로 개방되는 외부 반원 형태를 형성한다.

- [0087] 나아가, 평면(V)는 광경로 상에서 미러들(M2 및 M3) 사이에서 연장하는 광선 그룹들(45 내지 49)에 의해 통과된다.
- [0088] 광선 그룹들(45 내지 49)은 또한 도 5에서 광축(18)에 대해 하향으로 개방되는 반원 형태를 형성한다. 광선 그룹들(45 내지 49)의 반원은 따라서, 광선 그룹들(40 내지 44)에 의해 형성되는 반원 및 광축(18) 사이에 놓인다.
- [0089] 한 편으로는 광선 그룹들(40 내지 44)의 다른 한편으로는 광선 그룹들(45 내지 49)의 두 개의 반원들이 하향으로 각각 개방된다는 것에 의해, 충분히 큰 최소 거리가, 한편으로는 광선 그룹들(40 내지 44)의 다른 한편으로는 광선 그룹들(45 내지 49)의 개별적인 광선들(34) 사이에서, 광선 그룹들(40 내지 49)의 컴팩트한 배치로 얻어질 수 있다. 이 거리는 도 5에서 A로 표시된다. 미러(M4)의 관통-개구(20)는 따라서, 한편으로는 광선 그룹들(40 내지 44) 다른 한편으로는 광선 그룹들(45 내지 49)의 사이에서, 취하게 되는 다른 단계들 없이, 도 5에서 점선 및 파선에 의해 도시되는 바와 같이 한정될 수 있다. 거리(A)는, 미러들(M1 내지 M6)이 일반적으로는 완벽하게 예리한 엣지로 제조될 수 없기 때문에 현실적으로 필요하다. 거리(A)는 또한 시스템을 조립하고 조정하기 위한 공차로서 역할을 한다. 종래에 거리(A)는 수 밀리이다.
- [0090] 도 6은, 미러(M2)가 배치되는 영역에서, 평면(VI)내의 (25)물체 필드점들로의 광선들(34)의 도 5와 유사한 도면이다. 광선 그룹들(50,51,52,53,54)은 광선(34)이 미러(M2) 상에서 반사하는 위치에서 광축(18)에 인접하게 놓인다. 광선 그룹들(50 내지 54)은 도 6에서 하향으로 개방되는 반원 형태로 배치된다. 이 반원은, 물체면(5)과 결상 광경로 내의 미러(M1) 사이의 평면(VI)을 통해 통과하는 광선 그룹들(55 내지 59)의 마찬가지로 하향으로 개방되는 반원형태에 의해 둘러싸인다. 따라서, 한편으로는 광선 그룹들(50 내지 54) 그리고 다른 한편으로는 광선 그룹들(55 내지 59)과 연관되는 반원들의 반원 개구들은, 동시에 거리(A)가 한편으로는 이러한 광선 그룹들(50 내지 54) 그리고 다른 한편으로는 광선 그룹들(55 내지 59) 사이에서 컴팩트한 배치로 구비되는 방식으로 평면(VI) 내에서 동일한 방향으로 또한 개방된다. 이러한 경우는 또한, 미러(M2)의 엣지에서의 한계(60)는, 도 6에서 점선 및 파선으로 표시되는 바와 같이, 한편으로는 광선 그룹들(50 내지 54), 다른 한편으로는 광선 그룹들(55 내지 59)의 비네팅없이 가능하다.
- [0091] 평면들(V 및 VI) 사이에서, 개별적인 광선들(15)은 따라서 다중 패스-스루 영역(multiple pass-through region)(61)(도 2를 참조)을 통해 통과한다. 이 다중 패스-스루 영역(61)은 전체로서 세 번, 특히 한편으로는 물체면(5)과 미러(M1) 사이의 개별적인 광선들(15)에 의해, 다른 한편으로는 미러들(M1 및 M2) 사이의 개별적인 광선들(15)에 의해, 그리고 또한 미러들(M2 및 M3) 사이의 개별적인 광선들(15)에 의해 통과된다. 다중 패스-스루 영역(61) 내에서는 결상 광학 시스템(7)의 동공면이 없다. 동공면들(17 및 23)은 다중 패스-스루 영역(61) 외부에 배치된다.
- [0092] 도 7은 투영 물체(7)의 부분적으로 일관된 공간 영상 계산(aerial image calculation)의 결과를 보여준다. 다이어그램에서는, 상대 강도(I)가 위치(V)의 함수로서 상향으로 표시되고 그리고 이미지 필드(8) 내에서 오른쪽으로 표시되는 것이 보여진다. 도 7을 따르는 다이어그램은 10nm의 이미지축 구조 두께를 갖는 전체로 7 개의 개별적인 구조들(B)과 마찬가지로 10nm인 이미지축 구조 거리를 갖는 중간 공간들(C)을 갖는 사각형 구조의 결상의 결과를 보여준다. 물체축 구조 두께는 결상 스케일을 통해 이미지축 구조 두께로부터 얻어지며, 본 경우에는
- [0093] $8 \times 10 \text{nm} = 80 \text{nm}$ 이다. 이 구조는 물체 필드(4) 내에서 즉 레티클(10) 상에 배치된다. 이미지 필드(8)를 통해 스캔되는 동안 상이한 y 값들에서의 상대 강도들은 도 7에의 다이어그램에서 거의 사인 곡선으로 표시된다. 결상광의 파장은 6.9nm이다.
- [0094] 상대 강도들은 10nm 구조들(B)의 위치에서의 약 0.06과 10nm 중간 공간들(C)의 중심에서의 0.62 사이에서 변동한다.
- [0095] 구조 영역들(B) 및 구조 중간 공간들(C) 사이의 상대 강도의 상당한 변화로 인하여, 이 10nm 구조는 취하게 되는 다른 단계 없이 분해될 수 있고, 기관(11) 상의 대응하는 포토레지스트(photoresist)의 노광에 의한 이미지 필드(8) 내의 대응되는 구조의 제조를 위해 사용될 수 있다.
- [0096] 도 8은, 이미지축 상의 각 경우에 있어서 6nm의 연장을 갖는 구조 중간 공간들(C)을 갖는 구조들(B)의 구조적인 분해에서, 도 2를 따르는 투영 물체(7)의 부분적으로 일관된 공간 영상 계산의 결과의, 도 7과 유사한 표현이다. 이 경우에, 상대 강도는 마찬가지로, 구조들(B)의 중앙에서 약 0.2 부터, 구조들(B) 사이의 중간 공간(C)의 중심에서의 약 0.37 까지 대략 사인 곡선으로 변화한다. 따라서, 6nm 구조들은 또한 포토레지스트 현상(develop)을 위한 충분한 강도 분포들로 결상될 수 있다.

[0097] 이 경우에, 6.9nm의 파장이 또한 사용된다.

[0098] 도 9는 투영 광학 시스템(7)의 다른 실시예를 도시한다. 도 1 내지 도 8을 참조하여 이미 설명된 것들에 대응하는 요소들 및 세부 사항들은 동일한 참조 번호들을 갖고 다시 상세하게 설명되지는 않을 것이다.

[0099] 도 9를 따르는 투영 광학 시스템(7)의 광학 데이터는, 도 2를 따르는 투영 광학 시스템(7)을 위한 표들에 관한 배치와 대응되는 다음의 두 개의 표들을 이용하여 다시 만들어진다.

표면	반경 (1/c)	두께	구동 모드
물체면	무한	320.330	
M1	-393.803	-170.123	REFL
M2	-208.260	1326.985	REFL
정지	무한	0.000	
M3	3524.853	-1156.745	REFL
M4	1373.092	1633.832	REFL
M5	-2070.870	-417.088	REFL
M6	729.502	462.810	REFL
이미지 면	무한	0.000	

[0100]

표면	K	A	B
M1	0.000000E+00	-2.256168E-10	-1.464839E-15
M2	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
M3	0.000000E+00	1.686353E-09	1.384199E-14
M4	0.000000E+00	-1.141200E-12	-1.895182E-19
M5	0.000000E+00	3.648003E-10	9.829850E-16
M6	0.000000E+00	1.500658E-10	5.461440E-16
표면	C	D	E
M1	-9.891998E-20	4.705529E-24	-1.095685E-28
M2	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
M3	4.803348E-20	6.493470E-24	-2.340102E-29
M4	1.242408E-24	-7.309532E-30	1.625546E-35
M5	1.150420E-20	-2.504098E-25	2.419328E-30
M6	1.394218E-21	6.518915E-27	1.785169E-32

[0101]

[0102] 도 9를 따르는 실시예는 0.50의 개구수를 갖는다. 중간 이미지면(21)은 광경로 내에서 미러들(M4 및 M5) 사이에 또한 공간적으로는 미러(M3)의 앞에 그리고 그것에 근접하게 놓인다. 미러(M2)는 구형이다. 그 외에는 도 9를 따르는 투영 광학 시스템(7)의 구조는 도 2를 따르는 투영 광학 시스템(7)의 것과 대응한다.

[0103] 다음의 표는 미러들(M1 내지 M6) 상의 개별적인 광선들(15)에 대한 최대 입사각을 요약한다. 세 번째 세로단은, 최소 오차를 갖는 반사면에 맞추어진 구형 표면(최적의 구형)으로부터의 미러들(M1 내지 M6)의 반사면들의 최대 편차를 추가적으로 보여준다. 최대 편차는 180 μ m이다.

[0104] 따라서, 도 9를 따르는 투영 광학 시스템(7)의 모든 미러들(M1 내지 M6)의 비구면성들은 작고, 미러(M2)는 실제로 구형이고 이것은 그 반사면들의 구조를 단순화 한다.

미러	최대 입사각(자오 단면) [°]	최소 입사각(자오 단면) [°]	최적구형으로부터의 표면들의 최대편차[μm]
M1	6.95	4.61	5
M2	11.96	7.45	0
M3	9.75	0.47	160
M4	3.82	0.81	6
M5	15.34	2.27	104
M6	10.41	2.20	180

[0105]

[0106]

도 9를 따르는 투영 광학 시스템(7)의 미러들(M1 내지 M6)의 반사면들 상의 결상광의 최대 입사각의 비, 특히 도 9의 투영 광학 시스템(7)에서 15.34°의 미러(M5) 상의 입사각과 0.5의 개구수의 비는 30.68°이다.

[0107]

도 9의 투영 물체(7)의 전체의 구조적인 길이는 2000mm이다. 표면에서의 최대 중앙 동공 차폐는 7% 미만이다.

[0108]

도 10 내지 도 12는, 물체면(5)의 영역 내에서의 광선 그룹들(35 내지 39)의(도 10), 미러(M1)의 영역 내의 평면(XI) 내에서의 광선 그룹들(40 내지 44 및 45 내지 49)의(도 11) 또한 미러(M2)의 영역 내의 평면(XII) 내에서의 광선 그룹들(50 내지 54 및 55 내지 59)의(도 12) 배치의 도 4 내지 6의 것들과 대응하는 표현이다. 광선 그룹들의 배치는 도 2 및 도 9의 투영 물체(7)에 있어서, 광선들의 직경 및 광선들 서로의 거리의 면에서는 상이하나, 광선 그룹들의 반원 형태의 배치 및 서로 일정 거리에 있는 이러한 반원들의 각각 동등하게 지향되는 하향 개구들의 면에서는 상이하지 않다.

[0109]

도 2의 투영 물체(7)에서의 경우에서와 같이 평면들(XI 및 XII) 사이의 도 9를 따르는 투영 물체(7)의 다중 패스-스루 영역(61) 내에서는 투영 광학 시스템(7)의 동공면이 없다.

[0110]

비 차폐 미러 그룹들에서는, 개구수는 차폐 미러 그룹들에서 보다 각 경우에 있어서 상당히 작다.

[0111]

도 13은 투영 노광 장치(1)에서 설치되는 투영 광학 시스템(7)의 다른 실시예이다. 도 1 내지 도 12를 참조하여 위에서 설명된 것들과 대응되는 요소들 및 세부 사항들은 동일한 참조 번호를 가지고 다시 상세하게 설명되지는 않을 것이다.

[0112]

도 13을 따르는 투영 광학 시스템(7)의 광학 데이터는 그 구조가 도 2를 따르는 표들의 것과 대응되는 이하의 두 개의 표들에서 열거된다.

표면	반경 (1/c)	두께	구동 모드
물체면	무한	182,885	
M1	312,514	-135,045	REFL
M2	461,057	514,193	REFL
M3	-989,211	-295,490	REFL
M4	-210,779	875,015	REFL
M5	760,298	-545,015	REFL
M6	698,490	798,704	REFL
M7	-576,011	-19,744	REFL
다이어프램	무한	-173,945	
M8	347,848	224,078	REFL
이미지 면	무한	0,000	

[0113]

표면	K	A	B	C
M1	0,000000E+00	2,054833E-08	-4,009641E-13	7,171735E-17
M2	0,000000E+00	3,334553E-10	-7,634038E-15	1,024823E-19
M3	0,000000E+00	-5,191038E-10	-4,805715E-16	1,117253E-19
M4	0,000000E+00	-8,530524E-08	-7,872800E-12	-8,643400E-16
M5	0,000000E+00	-9,493122E-10	-4,519746E-14	2,842871E-19
M6	0,000000E+00	1,067524E-10	3,344389E-16	8,381905E-22
M7	0,000000E+00	3,431647E-10	-3,006760E-15	1,681919E-19
M8	0,000000E+00	-5,212207E-09	-4,936095E-14	3,981107E-19
표면	D	E	F	G
M1	-2,913353E-21	1,088107E-25	0,000000E+00	0,000000E+00
M2	-9,460244E-25	3,872599E-30	0,000000E+00	0,000000E+00
M3	-1,418804E-24	9,313360E-30	0,000000E+00	0,000000E+00
M4	-1,810090E-20	-3,582650E-23	0,000000E+00	0,000000E+00
M5	-9,298310E-24	-1,362975E-28	0,000000E+00	0,000000E+00
M6	2,378219E-27	2,644241E-33	3,062582E-38	0,000000E+00
M7	-1,186133E-24	2,512989E-29	0,000000E+00	0,000000E+00
M8	3,278180E-24	-3,575793E-29	0,000000E+00	0,000000E+00

[0114]

[0115]

두 번째 표에서 표시되는 상수(K 및 A 내지 G)는 미러들(M1 내지 M8)의 반사면들의 정확한 표면 형상을 설명하기 위하여 시상 높이에 관한 다음의 식에서 사용된다.

[0116]

$$z(h) = \frac{ch^2}{1 + \text{SQRT}\{1 - (1+K)c^2h^2\}} + Ah^4 + Bh^6 + Ch^8 + Dh^{10} + Eh^{12} + Fh^{14} + Gh^{16}$$

[0117]

도 13을 따르는 투영 광학 시스템(7)은 물체 필드(4)로부터 시작하는 광경로의 순대로 M1 내지 M8로 번호매겨지는 전체로서 8 개의 미러들을 갖는다. 도 13은 미러들(M1 내지 M8)의 계산된 반사 표면들만 도시한다.

[0118]

미러들(M1, M4 및 M5)은 볼록 미러들이다. 미러들(M2, M3 및 M6 내지 M8)은 오목 미러들이다. 미러들(M1 및 M2)의 반사면들은 서로 면한다. 미러들(M2 및 M3)의 반사면들은 서로 면한다. 미러들(M1 및 M4)의 반사면들은 뒤를 맞대고 배치된다. 미러들(M7 및 M8)의 반사면들 뿐만 아니라 미러들(M4 및 M5)의 반사면들은 서로 면한다. 미러들(M5 및 M8)의 반사면들은 뒤를 맞대고 배치된다.

[0119]

미러들(M1 내지 M4)은 도 13을 따르는 투영 광학 시스템(7)의 제 1 비 차폐 미러 그룹(19)을 형성한다. 미러들(M1 내지 M4)은 링 세그먼트의 형상으로 또한 광축(18)에 대하여 축에서 벗어나 사용된다.

[0120]

이 실시예에서, 미러들(M1 내지 M4)의 사용되는 반사면들의 링 세그먼트들은 또한 반원형이고, 상기 반원들은 xy 평면을 향해 하향으로, 다시 말해 음의 y 값들의 방향으로, 투영되는 때에 개방된다.

[0121]

도 13을 따르는 투영 광학 시스템(7)의 비 차폐 미러 그룹(19)에서는, 자오 단면에서 연장하는 결상 광선들은 주 분리면(25)을 통해 통과하지 않는다.

[0122]

도 13을 따르는 투영 광학 시스템(7)에서는 다중 패스-스루 영역들(62, 63)은, 한편으로는 미러들(M1 및 M2), 다른 한편으로는 미러들(M3 및 M4) 사이에서 배치되고, 상기 다중 패스-스루 영역들(62, 63)은 도 13에서 점선으로 표시되는 평면들에 의해 한정되고, 물체면(5)과 도 2에서의 평면들(V 및 VI)과 같은 이미지면(9)에 평행하게 연장한다. 다중 패스-스루 영역들(62, 63)은 각 경우에 있어서 결상 광선들에 의해 세 번 통과된다. 다중 패스-스루 영역(62) 내에서는, 개별적인 광선들(15)은 한편으로는 물체 필드(4)와 미러(M1) 사이에 그리고 다른 한편으로는 미러들(M2 및 M3) 사이 뿐만 아니라, 미러(M1)와 미러(M2) 사이에서 연장한다. 다중 패스-스루 영역(63) 내에서는, 개별적인 광선들(15)은 한편으로는 미러들(M2 및 M3) 사이의 광경로 내에서 그리고 다른 한편으로는 미러들(M4 및 M5) 사이에서 뿐만 아니라 미러들(M3 및 M4) 사이에서 연장한다.

[0123]

다중 패스-스루 영역들(62, 63) 내에서는 도 13을 따르는 투영 광학 시스템(7)의 동공면이 없다.

[0124]

도 13을 따르는 투영 광학 시스템(7)에서와 마찬가지로, 물체 필드(4) 및 이미지 필드(8)는 도 3의 설명과 관련

하여 설명된 형상 및 동일한 크기들(XS 및 YS)을 갖는다. 대응되도록, 필드들(4,8)은 또한 171.2°의 방위각을 갖는다.

- [0125] 도 13을 따르는 투영 광학 시스템(7)에서는, 제 1 동공면(17)은 미러(M5) 상의 개별적인 광선들(15)이 반사되는 영역에 놓인다.
- [0126] 미러들(M5 내지 M8)은 차폐되고, 각 경우에 있어서, 실질적으로 중앙 관통-개구(20)를 갖는다.
- [0127] 미러들(M5 내지 M8)은 도 2를 따르는 투영 광학 시스템(7)의 차폐된 미러들(M3 내지 M6)의 배치에 대응하는 두 개의 차폐된 미러 그룹들(22,24)을 형성한다.
- [0128] 도 2를 따르는 투영 광학 시스템(7)과 같이, 도 13을 따르는 투영 광학 시스템(7)의 중간 이미지면(21)은 비 차폐 미러 그룹들(22 및 24) 사이에 놓인다.
- [0129] 개구 다이어프램 뿐만 아니라 제 2 동공면(23)도 미러(M7) 상의 개별적인 광선들(15)이 반사되는 근방에서 배치된다.
- [0130] 도 13을 따르는 투영 광학 시스템(7)은 0.60의 개구수를 갖는다.
- [0131] 도 14는 투영 장치(1) 내에 사용되는 투영 광학 시스템(7)의 다른 실시예를 도시한다. 도 1 내지 도 13을 참조하여 위에서 설명된 것들과 대응하는 요소들 및 세부 사항들은 동일한 참조 번호들을 가지고 다시 상세하게 논의되지 않는다.
- [0132] 도 13을 따르는 투영 광학 시스템(7)의 광학 데이터는, 도 2를 따르는 표들의 것들과 대응하는 구조를 가지는 두 개의 표들에서 이하에 열거된다.

표면	반경 (1/c)	두께	구동 모드
물체면	무한	234,636	
M1	-287,951	-113,003	REFL
M2	-377,077	307,165	REFL
M3	448,125	-138,650	REFL
M4	454,548	458,111	REFL
M5	-589,208	-216,430	REFL
M6	-137,413	922,448	REFL
M7	3248,369	-656,018	REFL
M8	905,405	930,393	REFL
M9	-786,842	-34,144	REFL
다이어프램	무한	-180,231	
M10	360,479	239,376	REFL
이미지 면	무한	0,000	

[0133]

표면	K	A	B
M1	0,000000E+00	-3,635133E-10	-1,272934E-13
M2	0,000000E+00	8,009620E-09	8,547440E-13
M3	0,000000E+00	-3,301069E-08	-3,864784E-13
M4	0,000000E+00	-2,379284E-09	-3,474204E-14
M5	0,000000E+00	-5,239687E-10	-3,534045E-14
M6	0,000000E+00	-1,393622E-07	-2,668110E-10
M7	0,000000E+00	3,133269E-10	-3,363547E-15
M8	0,000000E+00	5,440423E-11	6,900621E-17
M9	0,000000E+00	1,926841E-09	2,339942E-15
M10	0,000000E+00	-1,807405E-09	-9,306119E-15
표면	C	D	E
M1	1,155813E-17	-4,826930E-22	7,023739E-27
M2	4,549328E-17	4,305677E-21	4,669221E-25
M3	8,526965E-17	-7,012381E-21	2,933090E-25
M4	-1,300936E-19	19-5,982917E-24	-5,370645E-29
M5	9,162259E-19	-1,999188E-23	2,164273E-28
M6	2,736516E-13	-1,401026E-16	1,113816E-20
M7	-1,123687E-20	20-5,146768E-25	1,194508E-30
M8	9,097747E-23	6,493834E-29	4,098093E-34
M9	2,254061E-19	-2,921628E-24	4,530106E-29
M10	5,958825E-20	-3,478398E-25	7,219935E-30

[0134]

[0135]

미러들(M1 내지 M10)의 반사면들의 정확한 표면 형상을 설명하기 위해 사용되는 시상 높이 식은 도 2를 따르는 투영 광학 시스템(7)에 대해 앞서 표현된 것들에 대응한다.

[0136]

도 14를 따르는 투영 광학 시스템(7)은, 물체 필드(4)로부터 시작하는 광경로의 순서로 M1 내지 M10로 번호매겨지는 전체로서 10 개의 미러들을 구비한다. 도 14는 미러들(M1 내지 M10)의 계산된 반사면들을 보여준다.

[0137]

미러들(M1, M4, M5 및 M8 내지 M10)은 오목 미러들이다. 미러들(M2, M3, M6 및 M7)은 볼록 미러들이다.

[0138]

미러들(M1 및 M2)의 반사면들은 서로 면한다. 미러들(M2 및 M3)의 반사면들은 서로 면한다. 미러들(M1 및 M4)의 반사면들은 뒤를 맞대고 배치된다. 미러들(M5 및 M6)의 반사면들 뿐만 아니라 미러들(M3 및 M4)의 반사면들은 서로 면한다. 미러들(M3 및 M6)의 반사면들은 뒤를 맞대고 배치된다. 미러들(M9 및 M10)의 반사면들 뿐만 아니라 미러들(M7 및 M8)의 반사면들은 서로 면한다. 미러들(M7 및 M10)의 반사면들 뿐만 아니라 미러들(M5 및 M8)의 반사면들은 뒤를 맞대고 배치된다.

[0139]

미러들(M1 내지 M6)은 링 세그먼트의 형상으로 또한 광축(18)에 대해 축을 벗어나 사용된다. 도 2를 따르는 투영 광학 시스템(7)에 대해 위에서 설명한 것과 유사하게, 미러들(M1 및 M2)의 이러한 링 세그먼트 형상의 반사면들은 반원 형태이고, 도 14의 반원들은 하향으로, 다시 말해 음의 y 값의 방향으로 개방된다.

[0140]

마찬가지로, 미러들(M3 내지 M6)에도 반원 형태의 반사면들이 구비되지만, 반대 방향, 다시 말해 양의 y 값을 향하여 개방된다.

[0141]

미러들(M1 및 M2)은 도 14를 따르는 투영 광학 시스템(7)의 제 1 비 차폐 미러 그룹(64)을 형성한다. 미러들(M3 내지 M6)은 도 14를 따르는 투영 광학 시스템(7)의 제 2 비 차폐 미러 그룹(65)을 형성한다. 도 14를 따르는 투영 광학 시스템(7)의 제 1 동공면(66)은 공간적으로 두 개의 미러 그룹들(64 및 65) 사이에, 즉 그 반사면들이 서로 뒤를 맞대도록 배치되는 두 개의 미러들(M1 및 M4) 사이에 배치된다.

[0142]

동공면(66)이 미러 그룹들(64 및 65) 사이에 배치됨에 따라, 개별적인 미러 그룹들(64 및 65)을 통해 통과할 때 개별적인 광선들(15)의 어느 것도 자오면에서 주 분리면(25)을 관통하지 않는다. 이 주 분리면(25)은 단지 비 차폐 미러 그룹들(64, 65) 사이에서 주광선들(16)에 의해서 관통되고, 비 차폐 미러 그룹들(64, 65) 내에서는 그렇지 않다. 동공면들의 외부에서는, 주광선들(16)은 비 차폐 미러 그룹들(64, 65) 내에서는 주 분리면(25)을 통해 통과하지 않는다.

[0143]

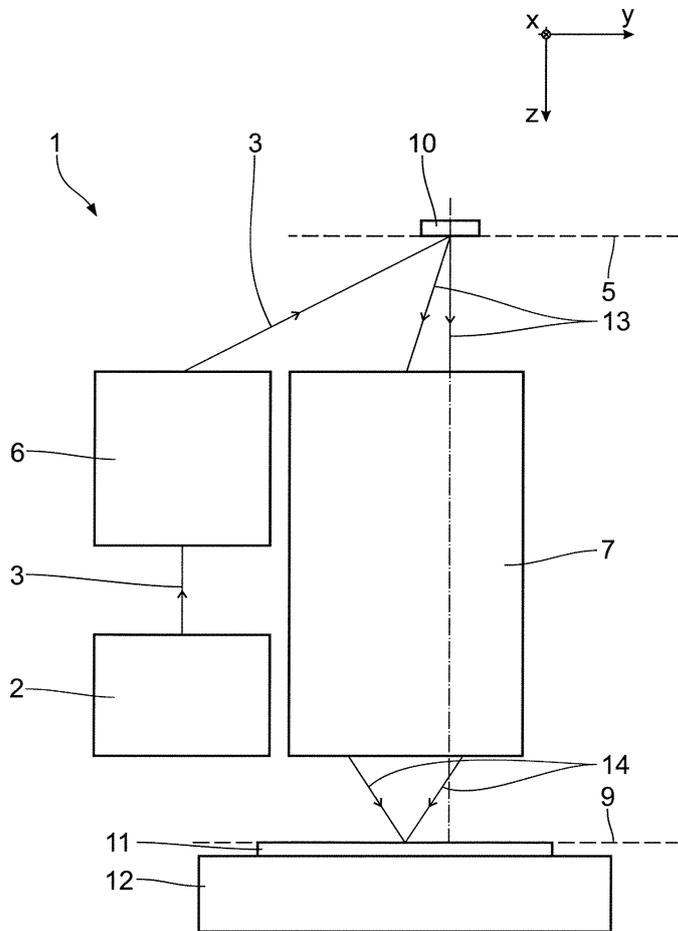
도 14를 따르는 투영 광학 시스템(7)에서는, 전체로 3 개인 다중 패스-스루 영역들(67, 68 및 69)이 미러들(M5 및 M6) 뿐만 아니라 미러들(M1 및 M2) 사이, 미러들(M3 및 M4) 사이에 존재한다. 이러한 다중 패스-스루 영역들(67 내지 69)은, 물체면(4)과 이미지면(9)에 평행하게 배치되고 도 14에서 점선들로서 표시되는 평면들에 의해 각 경우에 있어서 한정된다. 각 경우에 있어서 개별적인 광선들(15)은, 도 2 및 도 13을 따르는 실시예들의 다

중 패스-스루 영역들(61 내지 63)에 대해 위에서의 설명에 대응되는, 다중 패스-스루 영역들(67 내지 69)을 세 번 관통한다.

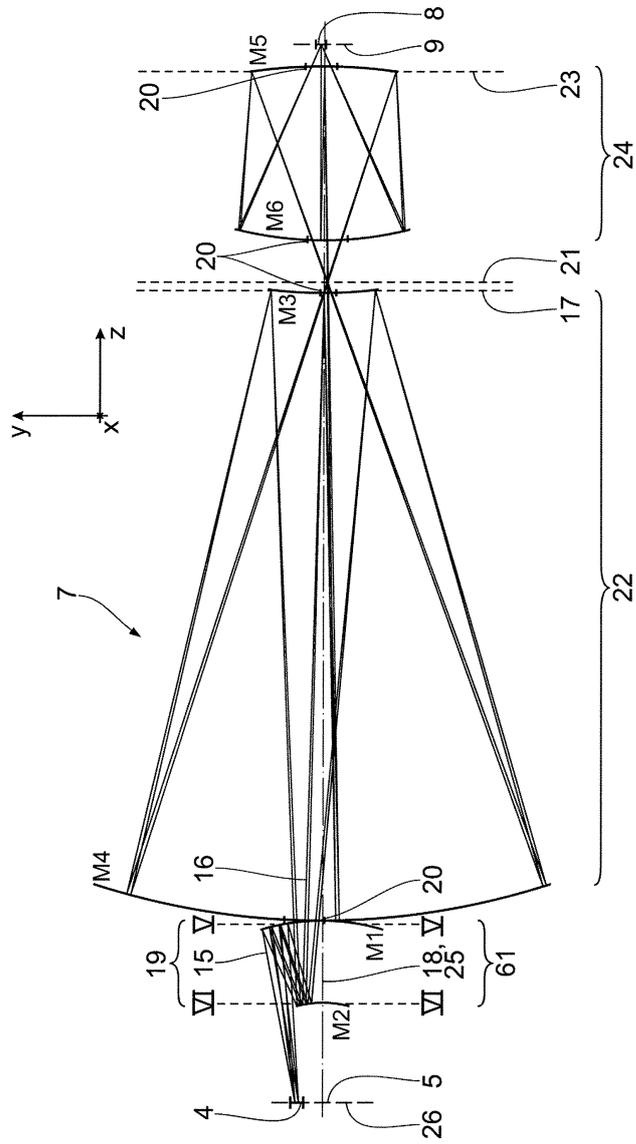
- [0144] 다중 패스-스루 영역들(67 내지 69)에서는 투영 광학 시스템(7)의 동공면이 배치되지 않는다.
- [0145] 각 경우에서, 같은 방향으로 개방되는 두 개의 반원들의 형태인 광선속들의 그룹들은, 도 2를 따르는 투영 광학 시스템(7)에 대해 위에서 설명한 바와 같이, 다중 패스-스루 영역들(67 내지 69)의 두 개의 경계면들을 통해 수회 통과한다. 대응하도록, 미러들(M1,M2,M3,M4,M5 및 M6)의 엷지축 경계들의 비네팅 프리 구성(vignetting-free configuraion)에 대한 요구들은 완화된다.
- [0146] 도 14를 따르는 투영 광학 시스템(7)의 물체 필드(4) 및 이미지 필드(8)의 형상 및 크기는 위에서 설명된 실시예들의 것과 동일하다. 마찬가지로, 도 14를 따르는 투영 광학 시스템(7)의 필드들(4,8)은 따라서, 171.2° 인 방위각을 갖는다.
- [0147] 도 14를 따르는 투영 광학 시스템(7)에서는, 제 1 중간 이미지면(70)은 미러들(M5 및 M6) 사이의 광경로 내에서 배치된다.
- [0148] 도 14를 따르는 투영 광학 시스템(7)의 미러들(M7 내지 M10)의 배치는 도 13을 따르는 투영 광학 시스템(7)의 미러들(M5 및 M8)의 것들과 대응한다. 미러들(M7 내지 M10)은 차폐되고, 각 경우에 있어서, 실질적으로 중심의 관통-개구(20)를 갖는다.
- [0149] 도 14를 따르는 투영 광학 시스템(7)은 0.60의 개구수를 갖는다.
- [0150] 도 15 및 도 16은, 위에서 설명된 도 2 도 13 및 도 14의 실시예들에 따르는 투영 광학 시스템들(7)에 대한 연장인 투영 광학 시스템들(7)을 통해 통과하는 주광선들(16)의 개략적인 도해이다. 도 1 내지 도 14에 대해 위에서 설명되는 것에 대응하는 요소들 및 세부사항들은 동일한 참조 번호들을 갖고 다시 상세하게 설명되지 않는다.
- [0151] 도 14를 따르는 투영 광학 시스템(7)과는 달리, 도 15 및 도 16을 따르는 투영 광학 시스템(7)은 두 개의 비 차폐 미러 그룹들을 갖지 않고, 전체로 네 개인 비 차폐 미러 그룹들(72,73,74,75)을 갖는다. 도 15 및 도 16을 따르는 도해들은 도 16을 따르는 도해가 마지막 동공면(17)과 이미지면(9) 사이에서 뿐만 아니라 비 차폐 미러 그룹들(72 내지 75) 내에서 접히는 광경로들을 추가적으로 표시한다는 점에서 상이하다.
- [0152] 제 1 비 차폐 미러 그룹(72)은 물체면(5)과 제 1 동공면(76) 사이에 놓인다. 제 2 비 차폐 미러 그룹(73)은 제 1 동공면(76)과 제 2 동공면(77) 사이에 놓인다. 제 3 비 차폐 동공면(74)은 제 2 동공면(77)과 제 3 동공면(78) 사이에 놓인다. 제 4 비 차폐 동공면(75)은 제 3 동공면(78)과, 도 15 및 도 16의 개략적인 도해 내에서 단일 차폐 미러 그룹으로서 표시되는 차폐 미러 그룹들(22,24)로의 전환에서의 동공면(17)과의 사이에 놓인다. 도 15 및 도 16을 따르는 개략적 도해들의 비 차폐 미러 그룹들(72 및 75)은 도 14를 따르는 실시예의 비 차폐 미러 그룹들(64 및 65)에 대응한다. 도 15 및 도 16을 따르는 개략적 도해들은 따라서, 두 개의 다른 비 차폐 미러 그룹들, 즉 미러 그룹들(73 및 74)에 의해, 도 14를 따르는 실시예의 확장으로서 이해될 수 있다.
- [0153] 도 15 및 도 16은, 투영 광학 시스템(7)의 고 개구 영역, 다시 말해 차폐된 미러 그룹들(22,24)의 영역 내의, 동공면(17) 뒤의 광경로 내에서 뿐만 아니라 비 차폐 미러 그룹들(72 내지 75) 사이에서만, 각 경우에 있어서 주 분리면(25)이 관통되는 것을 보여준다. 비 차폐 미러 그룹들(72 내지 75)에서는, 주광선들(16)은 각 경우에서, 주 분리면(25)의 일측 상에 머무른다. 이것은 위에서 설명되었던 효과, 다시 말해 비 차폐 미러 그룹들(72 내지 75)의 다중 패스-스루 영역들 내에서, 광축에 대해 수직인 방향으로 원호 형상인 선속 경로의 개구가 각 경우에 한 방향으로만 지향되는 광선속들(35)이 있는 것인 효과를 가져온다.
- [0154] 미세구조 또는 나노구조 요소를 제조하기 위하여, 투영 노광 장치(1)가 다음과 같이 사용된다: 반사 마스크(10) 또는 레티클 각각, 기판 또는 웨이퍼(11) 각각이 제 1 단계에서 구비된다. 그 후에, 구조(B,C)와 같은 레티클 상의 구조는 투영 노광 장치를 이용하여 웨이퍼(11)의 감광층 상에 투영된다. 그러면 감광층은 미세구조 요소를 얻을 수 있도록 웨이퍼(11) 상에 미세구조 또는 나노구조를 창출하도록 현상 된다.

도면

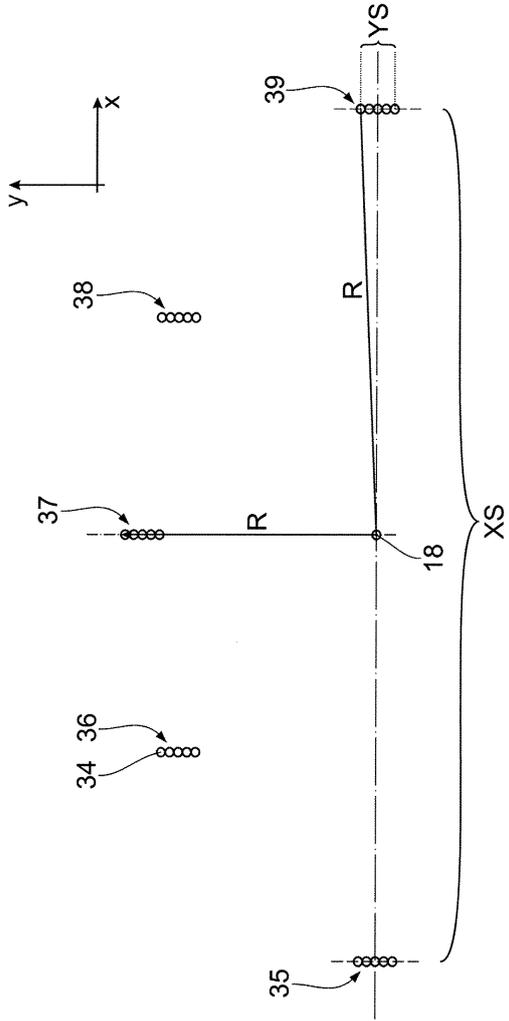
도면1



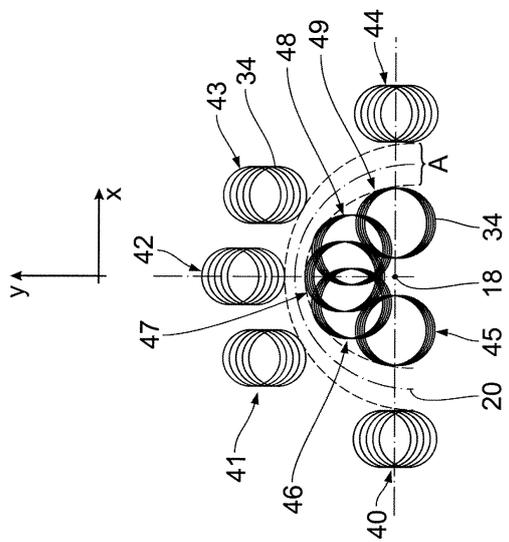
도면2



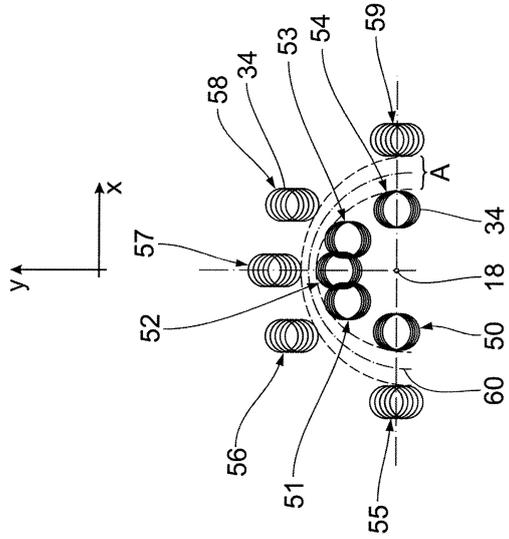
도면4



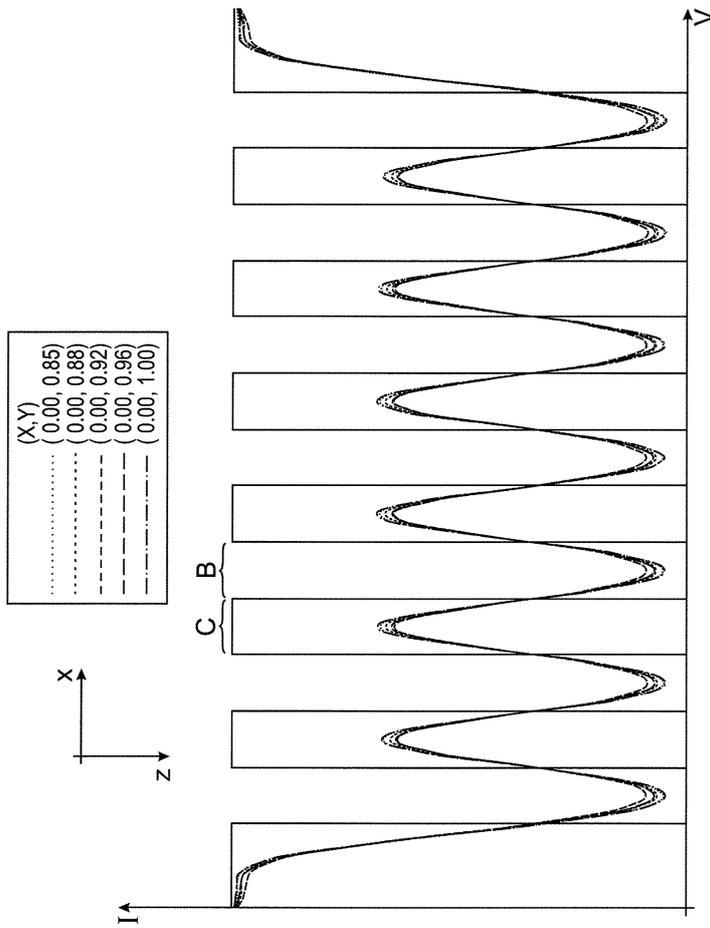
도면5



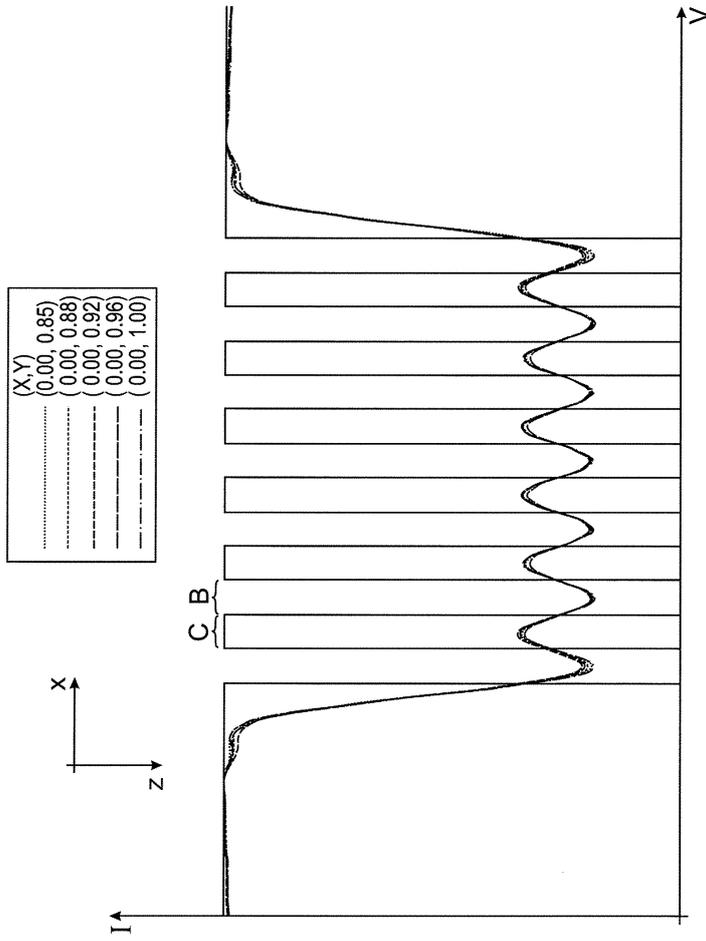
도면6



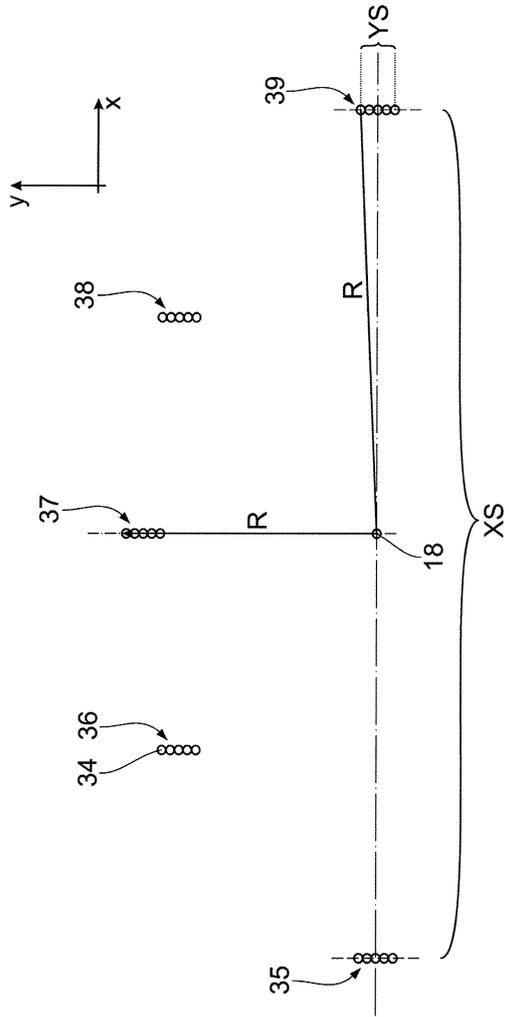
도면7



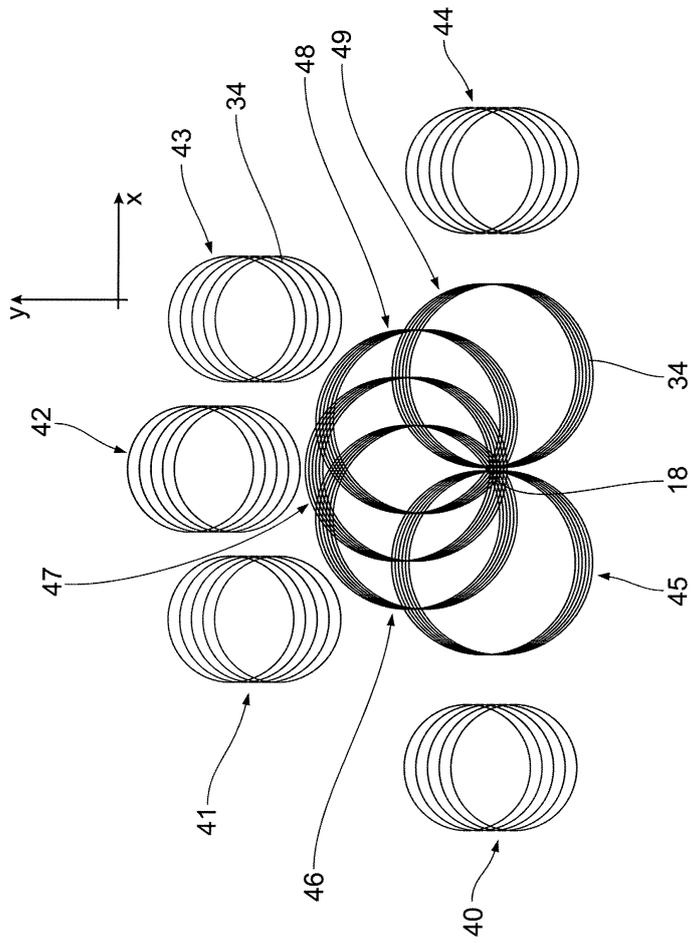
도면8



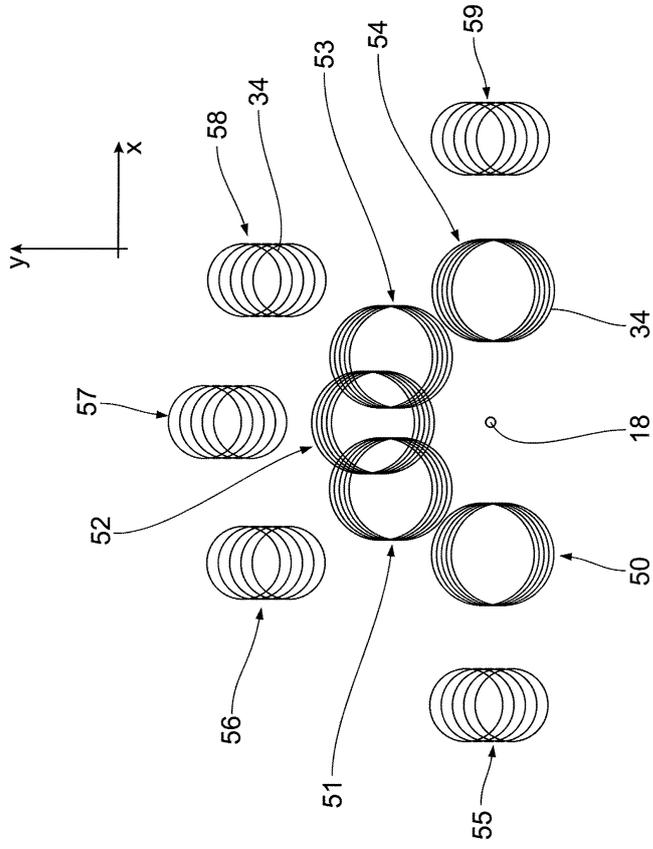
도면10



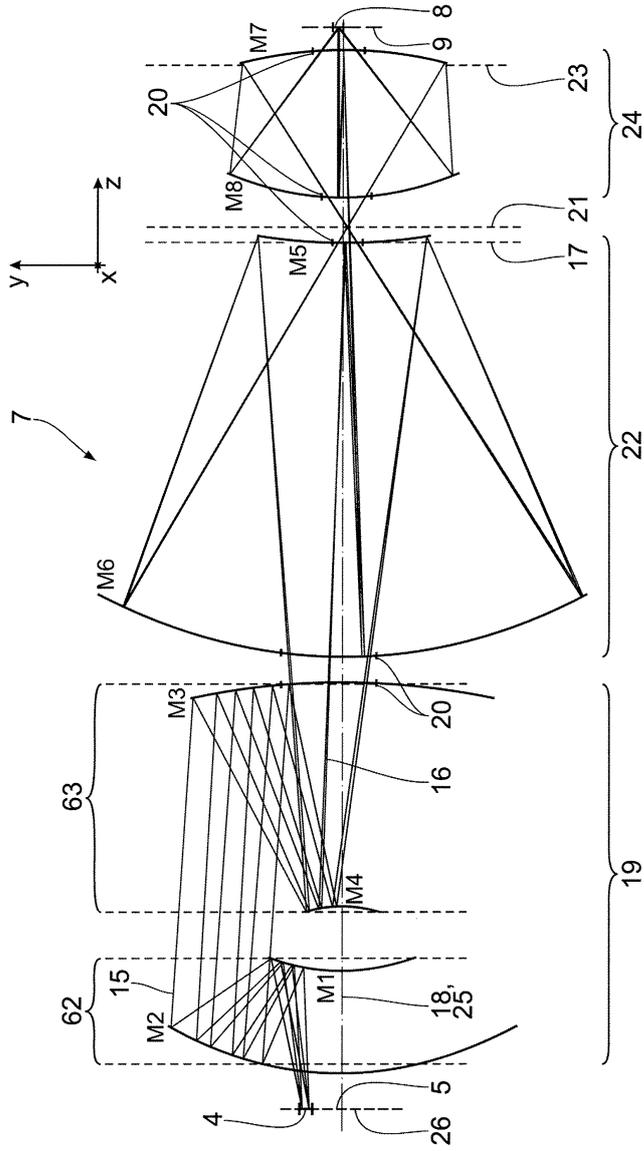
도면11



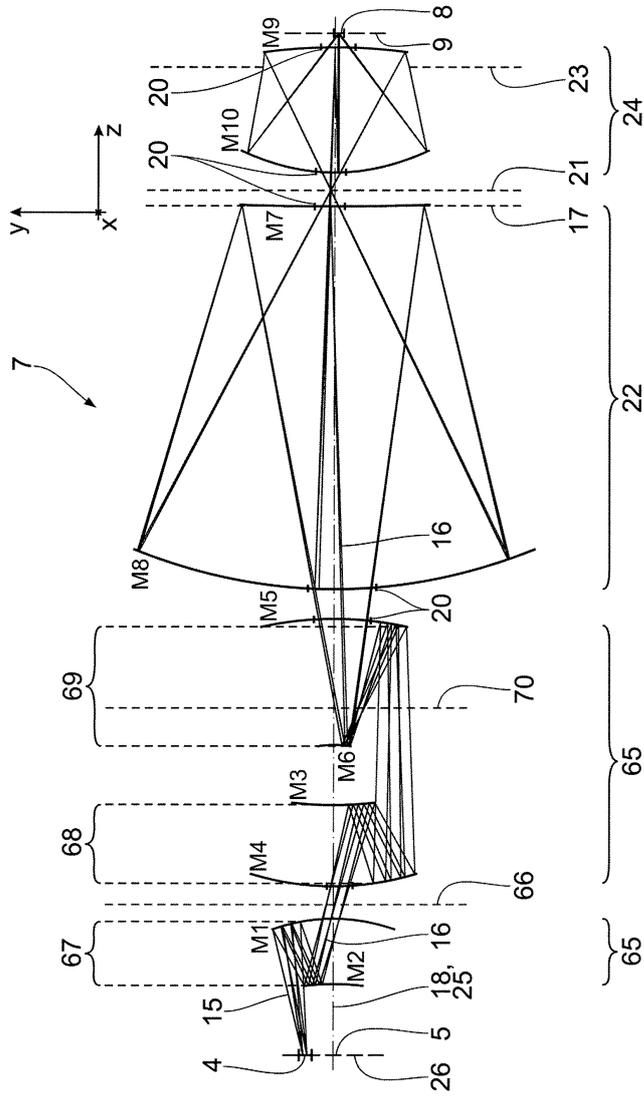
도면12



도면13



도면14



도면15

