



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년04월08일
 (11) 등록번호 10-1383479
 (24) 등록일자 2014년04월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G02B 17/06 (2006.01) *G03F 7/20* (2006.01)
 (21) 출원번호 10-2012-7027211
 (22) 출원일자(국제) 2011년04월02일
 심사청구일자 2012년10월18일
 (85) 번역문제출일자 2012년10월18일
 (65) 공개번호 10-2013-0008052
 (43) 공개일자 2013년01월21일
 (86) 국제출원번호 PCT/EP2011/001671
 (87) 국제공개번호 WO 2011/131289
 국제공개일자 2011년10월27일
 (30) 우선권주장
 61/326,700 2010년04월22일 미국(US)
 (56) 선행기술조사문헌
 US20050174650 A1
 WO2009024164 A1
 EP1335228 A1
 EP1199590 A1

(73) 특허권자
칼 짜이스 에스엠티 게엠베하
 독일 오버코헨 73447 루돌프-에버-슈트라쎈 2
 (72) 발명자
만, 한스-위르겐
 독일연방공화국, 73447 오버코헨, 카첸마흐슈트라쎈 49
셰퍼, 데이빗
 미국, 코네티컷 06824, 페어필드, 드레이크 라인 56
 (74) 대리인
한양특허법인

전체 청구항 수 : 총 14 항

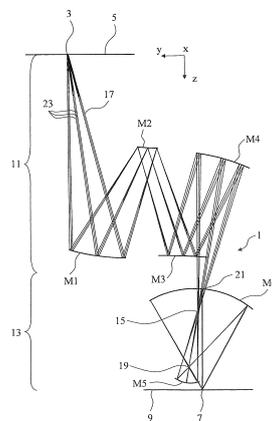
심사관 : 손병철

(54) 발명의 명칭 **이미징 옵틱스 및 이러한 이미징 옵틱스를 가지는 마이크로소그래피를 위한 투영 노광 장치**

(57) 요약

이미지 평면(9)의 이미지 필드(7)에 오브젝트 평면(5)의 오브젝트 필드(3)를 이미징하는 복수의 미러들(M1 내지 M6)을 가지며, 중간 이미지(15)에 상기 오브젝트 필드를 이미징하는 제 1 부분 대물렌즈(11), 및 상기 이미지 필드에 상기 중간 이미지를 이미징하고, 상기 오브젝트 필드와 상기 이미지 필드 사이의 이미징 광(17)의 빔 경로의 마지막에서 두 번째 미러(M5)와 상기 빔 경로의 마지막 미러(M6)를 포함하는 제 2 부분 대물렌즈(13)를 포함하는 이미징 옵틱스(1). 여기서, 상기 마지막에서 두 번째 미러(M5)는 추가 중간 이미지(19)에 상기 중간 이미지를 이미징하고, 상기 마지막 미러는 상기 이미지 필드에 상기 추가 중간 이미지를 이미징한다.

대표도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

이미지 평면(9, 509, 609, 709, 809)의 이미지 필드(7, 507, 607, 707, 807)에 오브젝트 평면(5, 505, 605, 705, 805)의 오브젝트 필드(3, 503, 603, 703, 803)를 이미징하는 복수의 미러들(M1 내지 M6, M501 내지 M506, M601 내지 M606, M701 내지 M706, M801 내지 M808)을 가지는 이미징 옵틱스(1, 501, 601, 701, 801)로서,

중간 이미지(15, 515, 615, 715, 815)에 상기 오브젝트 필드를 이미징하는 제 1 부분 대물렌즈(11, 511, 611, 711, 811), 및

상기 이미지 필드에 상기 중간 이미지를 이미징하고, 상기 오브젝트 필드와 상기 이미지 필드 사이의 이미징 광(17, 517, 617, 717, 817)의 빔 경로에 마지막에서 두 번째 미러(M5, M505, M605, M705, M807)와 상기 빔 경로에 마지막 미러(M6, M506, M606, M706, M808)를 포함하는 제 2 부분 대물렌즈(13, 513, 613, 713, 813)를 포함하되,

상기 마지막에서 두 번째 미러(M5, M505, M605, M705, M807)는 추가의 중간 이미지(19, 519, 619, 719, 819)에 상기 중간 이미지를 이미징하고,

상기 마지막 미러는 상기 이미지 필드에 상기 추가의 중간 이미지를 이미징하며,

마이크로리소그래피를 위한 투영 대물렌즈(907)로서 설계되는 것을 특징으로 하는, 이미징 옵틱스.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 마지막 미러(M6, M506, M606, M706, M808)는 상기 이미징 광의 통과를 위한 관통 개구(21, 521, 621, 721, 821)를 가지는, 이미징 옵틱스.

청구항 3

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서,

상기 마지막에서 두 번째 미러의 광학적으로 사용된 영역 내의 상기 빔 경로의 상기 마지막에서 두 번째 미러(M5, M505)의 반사 표면은 상기 이미징 광(17, 517)의 통과를 위한 관통 개구를 가지지 않는, 이미징 옵틱스(1, 501).

청구항 4

청구항 3에 있어서,

상기 마지막에서 두 번째 미러(M5, M505)는 상기 마지막 미러(M6, M506)와 상기 이미지 필드(7, 507) 사이의 이미징 광 선속의 외부에 배열되는, 이미징 옵틱스.

청구항 5

청구항 3에 있어서,

상기 마지막에서 두 번째 미러는 외경 및 상기 이미지 평면(9, 509)으로부터의 작동 거리(27)를 가지며,

상기 작동 거리에 대한 상기 외경의 비는 5 보다 작은, 이미징 옵틱스.

청구항 6

청구항 3에 있어서,

상기 마지막에서 두 번째 미러(M5, M505)는 외경을 가지고 상기 마지막 미러(M6, M506)는 외경을 가지며,

상기 마지막에서 두 번째 미러의 상기 외경이 상기 마지막 미러의 상기 외경보다 작은, 이미징 옵틱스.

청구항 7

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서,

상기 마지막에서 두 번째 미러의 광학적으로 사용된 영역 내의 상기 빔 경로의 상기 마지막에서 두 번째 미러(M605, M705, M807)의 반사 표면은 상기 이미징 광(617, 717, 817)의 통과를 위한 관통 개구(635, 735, 835)를 가지는, 이미징 옵틱스(601, 701, 801).

청구항 8

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서,

적어도 하나의 미러(M1 내지 M6, M501 내지 M506)의 반사 표면은 회전 비대칭 함수에 의해 기술될 수 있는 자유 곡면으로서 설계되는, 이미징 옵틱스(1, 501).

청구항 9

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서,

상기 제 1 부분 대물렌즈(11, 511, 611, 711)는 4개의 미러들(M1 내지 M4, M501 내지 M504, M601 내지 M604, M701 내지 M704)을 포함하는, 이미징 옵틱스.

청구항 10

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서,

상기 이미징 옵틱스는 반사형 대물렌즈인, 이미징 옵틱스.

청구항 11

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서,

상기 이미지 평면의 개구수는 적어도 0.3인, 이미징 옵틱스.

청구항 12

마이크로리소그래피를 위한 투영 노광 장치(901)로서,

- 청구항 1에 기재된 투영 대물렌즈(907),
- 조명광(903)을 생성하기 위한 광원(902), 및
- 상기 투영 대물렌즈의 상기 오브젝트 필드(904)까지 상기 조명 광을 가이드(guiding)하기 위한 조명 옵틱스(906)를 갖는, 투영 노광 장치.

청구항 13

청구항 12에 있어서,

상기 광원은 5 와 30nm 사이의 파장을 가지는 조명 광을 생성하기 위해 설계되는, 투영 노광 장치.

청구항 14

구조화된 구성요소를 제조하는 방법으로서,

- 레티클 및 웨이퍼를 제공하는 단계,
- 청구항 12 또는 청구항 13에 기재된 상기 투영 노광장치를 사용하여 상기 웨이퍼의 감광층에 상기 레티클 상의 구조를 투영하는 단계, 및
- 상기 웨이퍼 상에 마이크로구조를 제조하는 단계를 가지는, 방법.

청구항 15

삭제

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 오브젝트 평면의 오브젝트 필드를 이미지 평면의 이미지 필드에 이미징하는 복수의 미러를 가지는 이미징 옵틱스에 관한 것이다. 뿐만 아니라, 본 발명은 이러한 옵틱스를 가지는 투영 노광 장치, 및 이러한 투영 노광 장치를 이용하여 마이크로구조화된(microstructured) 구성요소를 제조하는 방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 상기 언급된 형태의 이미지 옵틱스는 미국공개공보 2006/0232867 A1 및 2008/0170310 A1에 기재된다. 이들은 중간 이미지에 오브젝트 필드를 이미징하는 제 1 부분 대물렌즈, 및 이미지 필드에 중간 이미지를 이미징하는 제 2 부분 대물렌즈를 포함한다. 이러한 경우 제 2 부분 대물렌즈는 오브젝트 필드와 이미지 필드 사이의 이미징 광의 빔 경로에서 마지막에서 두 번째 미러, 및 빔 경로에서 마지막 미러를 포함한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0003] 본 발명의 목적은 마지막 미러의 직경을 줄이는 것이다.

[0004] 오브젝트 평면의 오브젝트 필드를 이미지 평면의 이미지 필드에 이미징하는 복수의 미러를 가지는 이미징 옵틱스로 본 목적이 성취된다. 이미징 옵틱스는 중간 이미지에 오브젝트 필드를 이미징하는 제 1 부분 대물렌즈, 및 이미지 필드에 중간 이미지를 이미징하는 제 2 부분 대물렌즈를 포함한다. 제 2 부분 대물렌즈는 오브젝트 필드와 이미지 필드 사이의 이미징 광의 빔 경로에서 마지막에서 두 번째 미러, 및 빔 경로에서 마지막 미러를 포함한다. 이러한 경우에, 마지막에서 두 번째 미러가 중간 이미지를 추가 중간 이미지에 이미징하고 마지막 미러가 이미지 필드에 추가 중간 이미지를 이미징하도록, 마지막에서 두 번째 미러 및 마지막 미러가 설계된다.

과제의 해결 수단

[0005] 추가 중간 이미지가 마지막에서 두 번째 미러와 마지막 미러 사이의 빔 경로에 위치되도록 이미징 옵틱스가 설계되기 때문에 마지막 미러의 직경이 감소될 수 있다. 추가 중간 이미지로 인해, 광학적 굴절력, 및 이로 인한 마지막 미러의 곡률(curvature)이, 마지막 미러로 이미지 필드에 중간 이미지를 이미징하기 위한 마지막에서 두 번째 미러와 마지막 미러 사이의 중간 이미지가 없는 이미징 옵틱스에 이미징하도록해 증가해야 한다. 마지막 미러의 더욱 큰 곡률은 특히 미러 에지의 사지타(sagitta)의 확대를 야기한다. 그러므로 마지막 미러의 직경이 감소한다.

발명의 효과

[0006] 이미징 옵틱스의 경우, 오브젝트 평면 및 이미지 평면은 이미징 옵틱스로부터 유한한 거리에 위치한다. 오브젝트 평면과 오브젝트 평면에 가장 가깝게 위치한 광 구성요소 사이의 거리 또는 이미지 평면과 이미지 평면에 가장 가깝게 위치한 광 구성요소 사이의 거리가 5m보다 작을 때, 거리는 유한한 것으로 간주되어야 한다.

[0007] 본 출원의 의미에서의 중간 이미지는, 이미지 필드가 아니라 추가 이미징에 의해 이미지 필드에 처음 이미징된 오브젝트 필드의 실제 이미지로서 이해된다.

[0008] 본 출원의 의미에서의 부분 대물렌즈는, 실제 중간 이미지에 이미징 옵틱스의 오브젝트 필드를 이미징하거나, 추가 실제 중간 이미지에 실제 중간 이미지를 이미징하거나 또는 이미징 옵틱스의 이미지 필드에 실제 중간 이미지를 이미징하는 하나 이상의 광 구성요소의 배열(arrangement)로서 이해된다. 결과적으로, 부분 대물렌즈의 경우, 이미징 옵틱스의 중간 이미지는 부분 대물렌즈의 오브젝트 필드이거나 부분 대물렌즈의 이미지 필드이거나 부분 대물렌즈의 오브젝트 필드와 이미지 필드 양방일 수 있다. 이 경우, 부분 대물렌즈는, 결국, 2개 이상의 부분 대물렌즈를 포함할 수 있다. 제 2 부분 대물렌즈가 제 2 부분 대물렌즈의 2개의 미러 사이의 중간 이미지를 포함하므로, 제 2 부분 대물렌즈는 이제 2개의 부분 대물렌즈를 포함한다. 하나의 부분 대물렌즈는 마지막에서 두 번째 미러를 포함하고, 다른 부분 대물렌즈는 마지막 미러를 포함한다.

[0009] 여기서, 마지막 미러는 이미지 평면의 바로 상류인(directly upstream) 빔 경로에 배열된 미러이며, 마지막에서 두 번째 미러는 마지막 미러의 바로 상류의 빔 경로에 배열된 미러이다.

- [0010] 마지막에서 두 번째 미러가 양의 광 굴절력을 가져, 추가 중간 이미지에 중간 이미지를 이미징한다. 일 실시예에서, 마지막에서 두 번째 미러는 오목 미러(concave mirror)로서 설계된다.
- [0011] 마찬가지로, 마지막 미러가 양의 광 굴절력을 가져, 이미지 필드에 추가 중간 이미지를 이미징한다. 일 실시예에서, 마지막 미러는 오목 미러로서 설계된다.
- [0012] 일 실시예에서, 마지막 미러는 이미징 광의 통과를 위한 관통 개구(through-opening)를 가진다. 결과적으로, 이미지 필드의 개구수는 관통 개구를 가지지 않는 마지막 미러를 가지는 이미징 옵틱스에 이미징하도록해 증가할 수 있다. 구체적으로, 마지막 미러가 이미징 광을 위한 관통 개구를 가지지 않았을 경우, 빔 경로는 마지막 미러를 지나치도록 가이드 되었어야 한다. 개구수 증가를 고려하면, 이것은 마지막에서 두 번째 미러 및 마지막 미러 상의 광선(light rays)의 더 큰 입사각을 야기한다. 마지막 미러의 광학적으로 사용된 영역 내의 관통 개구는 마지막 미러가 전체 이미징 광 선속을 반사(reflect)하지 않도록 하는 효과를 갖는다. 관통 개구의 크기에 따라, 동공 조명(pupil illumination)의 암흑화(obscuration), 소위 동공 암흑화가 발생한다. 이 경우, 광학적으로 사용된 영역은 이미징 광으로 비춰진(struck) 미러의 바로 그 영역이다.
- [0013] 일 실시예에서, 마지막에서 두 번째 미러는 이것의 광학적으로 사용된 영역 내의 이미징 광의 통과를 위한 관통 개구를 가지지 않는다. 이는 마지막에서 두 번째 미러가 광학적으로 사용된 영역 밖에서의 이미징 광의 통과를 위한 관통 개구를 가지는 것을 배제하지 않는다. 구체적으로, 기계적인 이유에 있어서, 마지막에서 두 번째 미러의 물리적인 크기를 광학적으로 사용된 영역 이상으로 확대하는 것이 유리할 수 있다. 이것으로, 광학적으로 사용된 영역 밖에서의 마지막에서 두 번째 미러의 이미징 광의 통과를 위한 관통 개구의 필요성을 야기할 수 있다.
- [0014] 일 실시예에서, 마지막에서 두 번째 미러는 마지막 미러와 이미지 필드 사이의 이미징 광 선속의 외부에 배열된다. 이미징 광 선속은, 전체 오브젝트 필드에서 방출하는(emanate) 이미징 옵틱스의 개구 조리개를 완전히 충전하는(fill up) 모든 광선을 포함한다.
- [0015] 마지막에서 두 번째 미러가 이것의 광학적으로 사용된 영역 내의 이미징 광의 통과를 위한 관통 개구를 가지지 않고, 마지막 미러와 이미지 필드 사이의 이미징 광 선속 외부에 배열되는 것을 고려하면, 마지막에서 두 번째 미러는 동공 암흑화에 영향을 미치지 않는다.
- [0016] 더욱이, 이로써, 마지막에서 두 번째 미러와 이미지 평면 사이에 충분히 큰 작동 거리를 얻는 것이 가능하다. 일 실시예에서, 마지막에서 두 번째 미러와 이미지 평면 사이의 작동 거리에 대한 마지막에서 두 번째 미러의 외경의 비율은 5보다 작다. 미러의 외경은, 한편으로 미러 상에 광학적으로 사용된 영역을 둘러싸면서(enclose) 다른 한편으로는 가장 작은 반경을 가지는 원형 미러의 직경으로서 한정된다. 광학적으로 사용된 영역은 미러 상의 이미징 광 선속의 모든 광선의 충돌점(impingement point)을 포함한다. 미러의 작동 거리는 이미지 평면으로부터의 미러 표면상 점(point)의 최소 거리로 한정되고, 이 거리는 이미지 평면에 수직으로 측정된다. 마지막에서 두 번째 미러와 이미지 평면 사이의 작동 거리에 대한 마지막에서 두 번째 미러의 외경비로 5보다 큰 값을 가질 경우, 미러의 매우 얇은 두께로 인해 마지막에서 두 번째 미러가 불안정해질 것이라는 위험이 존재한다.
- [0017] 일 실시예에서, 마지막에서 두 번째 미러와 이미지 평면 사이의 작동 거리에 대한 마지막에서 두 번째 미러의 외경비는 2보다 작다.
- [0018] 일 실시예에서, 마지막에서 두 번째 미러의 외경은 마지막 미러의 외경보다 작다. 이 경우, 제 2 부분 대물렌즈는 중간 이미지와 이미지 필드 사이의 개구수 증가를 야기한다. 이는 2개의 단계에서 제 1 부분 대물렌즈와 제 2 부분 대물렌즈의 개구수가 증가하도록 한다.
- [0019] 다른 실시예에서, 마지막에서 두 번째 미러는 이것의 광학적으로 사용된 영역 내의 이미징 광의 통과를 위한 관통 개구를 가진다. 예컨대, 마지막에서 두 번째 미러와 마지막 미러가 (2개의 미러 표면들의 표면의 수학적 기술이 회전 대칭인) 공통 대칭축을 가질 때, 이러한 구성이 일어난다. 마지막 미러에 반사된 이미징 광은 광 경로 상의 마지막에서 두 번째 미러의 관통 개구를 통과하여 이미지 평면으로 향한다.
- [0020] 미러들 또는 이미징 옵틱스 중 적어도 하나는 회전 대칭 함수로 기재될 수 없는 자유 곡면(free form surface)으로서 설계되는 반사 표면을 가질 수 있다.
- [0021] 마이크로리소그래피를 위한 투영 노광 장치의 투영 대물렌즈의 미러의 반사 표면을 위한 이러한 자유 곡면은 미국특허 공개공보 2007/0058269 A1에 기재된다. 예컨대, 이러한 자유 곡면은 회전 대칭 기준 표면에서 생성될 수

있다.

[0022] 자유 곡면은 이하의 방정식에 의해 수학적으로 기술될 수 있다:

$$Z = \frac{cr^2}{1 + \sqrt{1 - (1+k)c^2r^2}} + \sum_{j=2}^N \frac{C_j}{R_{norm}^{n+m}} X^m Y^n \quad (1)$$

[0024] 여기서:

$$j = \frac{(m+n)^2 + m + 3n}{2} + 1 \quad (2)$$

[0026] Z는 X, Y 점에서의 자유 곡면의 사지타이다($X^2 + Y^2 = r^2$).

[0027] r은 국부적 표면 좌표계의 반경 거리이다.

[0028] c는 정점 곡률에 해당하는 상수이다.

[0029] k는 코닉 상수에 해당한다.

[0030] C_j 는 단항식($X^m Y^n$)의 계수들이다.

[0031] R_{norm} 은 계수들의 정규화 인자(normalization factor)이다.

[0032] 일반적으로 c, k 및 C_j 의 값은 이미징 옵틱스 내의 미러의 요망된 광학적 특성에 기반하여 결정된다. 단항식 ($m+n$)의 차수는 임의로 달라질 수 있다. 더 높은 차수의 단항식은 더 나은 수차 교정을 가지는 이미징 옵틱스의 설계를 야기할 수 있지만, 이것은 계산하기에 더욱 복잡하다. $m+n$ 은 3과 20이상 사이의 값을 취할 수 있다.

[0033] 또한, 자유 곡면은 예컨대, 광학 설계 프로그램 CODE V[®]의 메뉴얼에 기재되는 제르니케 다항식에 의해서 수학적으로 기술될 수 있다. 대신, 자유 곡면은 2차원 스플라인 표면을 이용하여 기재될 수 있다. 이것의 예시는 베지어 커브(Bezier curve) 또는 NURBS(Non-Uniform Rational Basis Splines)이다. 2차원 스플라인 표면은 예컨대 xy-평면 및 연관된 z-값의 점의 네트워크, 또는 이러한 점들 및 거기에 연관된 그레디언트로 기술될 수 있다. 스플라인 표면의 각 형태에 따라, 예컨대, 각자의 연속성 및 미분가능성에 관한 특성들을 가지는 단항식 또는 함수의 사용으로 네트워크 점들 사이의 보간에 의해 완전한 표면이 획득된다. 해석 함수는 이것의 예시이다.

[0034] 바람직하게, 자유 곡면은, 자유 곡면에 아주 적합한 (설계 기준 표면에 해당할 필요가 없는) 회전 대칭 표면에서 이미징 광 광장의 적어도 절대값의 최대 편차를 갖는다. EUV 광장을 가지는 조명, 즉, 5nm 내지 30nm의 광장을 가지는 조명의 경우, 이 편차는 적어도 수십 nm, 예컨대 50nm이다. 예컨대 100nm, 500nm, 1 μ m의 더 큰 편차, 또는 밀리미터 영역에서의 더욱 큰 편차 또한 가능하다. 더욱 큰 편차는 더 큰 광장의 이미징 광을 가지는 시스템이 사용될 때 가능하다.

[0035] 이 경우, 이미징 옵틱스의 단일 미러를 자유 곡면으로서 설계하거나, 복수의, 또는 다른 모든 이미징 옵틱스의 미러를 자유 곡면으로 설계하는 것이 가능하다.

[0036] 회전 대칭축을 가지는 반사 표면 대신 자유 곡면을 사용하는 것은 설계 자유도를 더욱 향상시키며, 이는 회전 대칭 반사 표면으로 구현(implement)될 수 없는 특성의 결합을 가지는 이미징 옵틱스를 야기한다. 자유 곡면의 사용으로 적은 수차 및 특히 높은 광 처리량을 가지는 컴팩트한 이미징 옵틱스 구현 가능성을 마지막 미러의 관통 개구를 가지는 이미징 옵틱스에 제공하는 것이 적합하다. 자유 곡면의 사용으로, 마지막에서 두 번째 미러가 디센터된(decentered) 방식으로 배열되므로 마지막에서 두 번째 미러는 광학적으로 사용된 영역 내의 이미징 광의 통과를 위한 관통 개구 없이 구현될 수 있다.

[0037] 일 실시예에서, 중간 이미지는 마지막 미러의 관통 개구의 영역에 배열되고, 이는 이 관통 개구의 크기가 작다는 것을 의미한다. 결과적으로, 이는 이미징 광 선속이 마지막 미러를 이미징할 때 이미징 광 선속의 작은 암흑화를 야기한다. 마지막 미러가 관통 개구를 가지는 단일 미러일 경우, 마지막 미러의 크기에 대한 관통 개구의 크기의 비는 동공 암흑화의 크기를 대략적으로 결정한다.

[0038] 일 실시예에서, 제 1 부분 대물렌즈는 4개의 미러를 포함한다.

- [0039] 일 실시예에서, 오브젝트 필드에서 중간 이미지까지의 빔 경로에서의 제 1 미러는 양의 광학적 굴절력을 가지고, 빔 경로의 제 3 미러는 음의 광학적 굴절력을 가지며, 빔 경로의 제 4 미러는 양의 광학적 굴절력을 가진다.
- [0040] 일 실시예에서, 이미징 옵틱스는 정확히 6개의 미러를 갖는다.
- [0041] 미러의 수는 이미징 옵틱스의 투과도(transmission)에 영향을 미친다. 미러의 수가 적을수록, 이미징 옵틱스의 투과도는 더 커진다. 이 점은, 광이 수직으로 입사하거나 또는 사실상 그러할 때, EUV 미러의 반사도는 대략적으로 최대 70%이므로, EUV 파장의 경우 이미징 옵틱스에 대한 특정 범위까지 적용된다.
- [0042] 일 실시예에서, 이미징 옵틱스는 반사형(catoptric) 대물렌즈이다. 결과적으로, 이미징 광학 소자로서 사용되는 미러가 단독으로 사용된다. 반사형 대물렌즈는 투명 광학 물질은 이용불가능한, 파장을 가지는 광을 이미징 하는데 특히 적합하다.
- [0043] 일 실시예에서, 모든 미러 상의 모든 광선은 광선의 충돌점의 위치에서 수직인 표면(surface normal)에 대해 45° 보다 작은 입사각을 가진다.
- [0044] 적어도 0.3의 이미지 평면의 개구수는 이미징 옵틱스의 고 해상도를 가능하게 한다.
- [0045] 일 실시예에서, 개구수는 적어도 0.4이다.
- [0046] 일 실시예에서, 개구수는 적어도 0.5이다.
- [0047] 0.8까지의 개구수는, 미러의 수를 증가시키거나 비구면 또는 자유 곡면을 사용하여 설계 자유도를 향상시킴으로써 구현될 수 있다.
- [0048] 일 실시예에서, 오브젝트 필드는 직사각형이다. 이는 이미징 옵틱스가 투영 노광 장치에서의 투영 대물렌즈로서 특히 사용될 때 처리 관리(process management)를 가능하게 한다. 이러한 직사각형의 필드는 이미징 옵틱스의 미러의 반사 표면으로서 비회전 대칭 자유 곡면의 사용으로 성취될 수 있다. 이미지 필드는 짧게는 2mm와 6mm 사이의 크기 및 길게는 12mm와 26mm 사이의 크기를 가질 수 있다.
- [0049] 일 실시예에서, 오브젝트 필드는 환형 필드 세그먼트(annular field segment)의 형태 또한 가질 수 있다. 이는 모든 광학적 구성요소들의 광학적 표면이, 통과하는 광학 축과 관련해 회전 대칭인 수학적 함수에 의해 기술될 수 있을 때 유리하다.
- [0050] 이미징 옵틱스가 마이크로리소그래피를 위한 투영 대물렌즈로서 사용될 때, 이미징 옵틱스의 장점이 특히 바람직하다.
- [0051] 본 발명의 이미징 옵틱스를 투영 대물렌즈로서 가지는 본 발명의 투영 노광 장치의 장점은 이미징 옵틱스에 관하여 상기 언급된 것들에 해당한다.
- [0052] 투영 노광 장치의 광원은 5nm와 30nm 사이의 파장을 가지는 EUV 조명 광을 생성하도록 설계될 수 있다.
- [0053] 본 발명의 제조 방법 및 이로써 제조된 미세구조화된 구성요소는 해당하는 장점을 갖는다.

도면의 간단한 설명

- [0054] 본 발명은 도면을 사용하여 아래에서 더욱 상세하게 기재된다:
 도 1은 관통 개구를 가지지 않는 마지막에서 두 번째 미러를 갖는 이미징 옵틱스의 일 실시예를 자오(meridional) 단면으로 도시한다.
 도 2는 도 1의 실시예를 사지털(sagittal) 단면으로 도시한다.
 도 3은 도 1의 자오 단면의 상세도이다.
 도 4는 도 1의 실시예의 마지막에서 두 번째 미러 상의 조명 영역, 및 마지막에서 두 번째 미러의 외경을 결정하는 보조 원을 도시한다.
 도 5는 관통 개구를 가지지 않는 마지막에서 두 번째 미러를 갖는 이미징 옵틱스의 추가 실시예를 자오 단면으로 도시한다.
 도 6은 관통 개구를 가지는 마지막에서 두 번째 미러를 갖는 이미징 옵틱스의 일 실시예를 자오 단면으로 도시

한다.

도 7은 관통 개구를 가지는 마지막에서 두 번째 미러를 갖는 이미징 옵틱스의 추가 실시예를 자오 단면으로 도시한다.

도 8은 관통 개구를 가지는 마지막에서 두 번째 미러를 갖는 이미징 옵틱스의 추가 실시예를 자오 단면으로 도시한다.

도 9는 EUV 마이크로리소그래피를 위한 투영 노광장치의 개략도를 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0055] 도 1은 이미징 옵틱스(1)의 일 실시예를 자오 단면으로 도시한다. 본 출원에서, 자오 단면은 이미징 옵틱스의 대칭면에서 이미징 옵틱스를 관통한 단면으로 이해된다. 도 2는 이와 관련한 동일 실시예를 사지털 단면으로 도시한다. 본 출원에서, 사지털 단면은 이미징 옵틱스의 대칭면에 수직인 평면의 단면으로서 이해된다. 여기서, 미러는 이 평면에서 단면선으로 도시되고, 광선은 이 평면에 투영된 것(projection)으로서 도시된다. 이미징 옵틱스(1)는 이미지 평면(9)의 이미지 필드(7)에 오브젝트 평면(5)의 오브젝트 필드(3)를 이미징한다. 이미징 옵틱스(1)는 오브젝트 필드(3)에서 시작하는 빔 경로의 시퀀스에서 M1 내지 M6으로 열거된 6개의 미러를 가진다. 이미징 옵틱스(1)는 반사형 오브젝트이다.

[0056] 오브젝트 필드(3)는 직사각형이며 y 방향으로 8mm의 크기와 x 방향으로 104mm의 크기를 갖는다. 이미징 옵틱스(1)의 이미징 스케일이 0.25이므로, 이미지 필드(7)는 y 방향으로 2mm의 크기와 x 방향으로 26mm의 크기를 갖는다.

[0057] 이미지 측면 개구수(NA)는 0.5이다.

[0058] 이미징 옵틱스(1)는 중간 이미지(15)에 오브젝트 필드(3)를 이미징하는 제 1 부분 대물렌즈(11), 및 이미지 필드(7)에 중간 이미지(15)를 이미징하는 제 2 부분 대물렌즈(13)를 포함한다. 제 1 부분 대물렌즈는 4개의 미러들(M1 내지 M4)을 포함한다. 제 2 부분 대물렌즈(13)는 오브젝트 필드(3)와 이미지 필드(7) 사이의 이미징 광(17)의 빔 경로의 마지막에서 두 번째 미러(M5), 및 빔 경로의 마지막 미러(M6)를 포함한다. 마지막에서 두 번째 미러(M5)는 오목 미러로 설계되고 추가 중간 이미지(19)에 중간 이미지(15)를 이미징한다. 마찬가지로, 마지막 미러(M6)는 오목 미러로 설계되고 이미지 필드(7)에 추가 중간 이미지(19)를 이미징한다.

[0059] 이미징 옵틱스(1)를 위한 광학적 데이터가 표(1a, 1b 및 1c)에 정리된다. 미러(M1 내지 M6)의 광학적 표면에 대해, 표 1a는 정점 곡률(c)의 역수(반경), 및 오브젝트 평면에서 시작하는 빔 경로의 인접 소자의 z 거리에 해당하는 거리값을 각각 명시한다. 이 경우, z 거리는 오브젝트 평면에 원점, x 축, 및 y 축이 있는 전역 표면 좌표계에 관련된다. 표 1b는 미러(M1 내지 M6)에 대해 상기 명시된 자유 곡면 방정식(1)의 단항식($X^m Y^n$)의 계수(C_j)들을 명시한다. 이 경우, R_{norm} 은 정규화 인자이다. 뿐만 아니라, 표 1c는 밀리미터와 도(degree) 단위의 절대값을 가지고, 적절하게, 이것을 따라, 전역 표면 좌표계에서 시작하여, 각 미러는 디센터되고(Y 디센터링) 회전된다(X 회전). 자유 곡면 설계 방법의 경우, 이는 병렬 변위(parallel displacement)와 틸팅(tilting)에 해당한다. 여기서, x 축에 대한 회전 및 y 방향으로의 변위가 존재한다.

[0060] 상기 명시된 식(1) 및 식(2)에 따라, 모든 6개의 미러들(M1 내지 M6)의 반사 표면은 회전 비대칭 함수로 기술될 수 있는 자유 곡면으로서 설계된다.

[0061] 미러(M1, M4, M5 및 M6)는 오목 미러로 설계된다. 미러(M2)는 볼록 미러로 설계된다. 미러(M3)는 반사 표면으로서 새들면(saddle surface)을 갖는다.

[0062] 미러(M1 및 M6) 및 미러(M3 및 M6)는 이것들의 반사 표면의 배향에 있어서 서로 등을 맞대고 배열된다.

[0063] 도 1에서, y 방향으로 서로 이격된 3개의 오브젝트 필드 점들에서 발산하는 3개의 개별 광선의 각각의 빔 경로가 도 1의 자오 단면으로 도시된다. 3개의 오브젝트 필드 점들 중 하나에 속한 3개의 개별 광선들은 주광선(23)과 2개의 개구 광선에 해당한다. 마찬가지로, 도 2에서, x 방향으로 서로 이격된 3개의 오브젝트 필드 점들에서 방출되는 3개의 개별 광선의 각각의 빔 경로가 사지털 단면으로 도시된다. 3개의 오브젝트 필드 점들 중 하나에 속한 3개의 개별 광선들은 주광선(23) 및 2개의 개구 광선에 해당한다. 주광선(23)은 이미지 평면(9)의 이미지 필드(7)에 수직으로 나아간다(run). 개구 광선들은 이미지 측면 개구수에 해당하는 각 주광선에 대한 각도다. 이미징 옵틱스(1)의 동공 암흑화로 인해, 여기서 포함된 것이 이미징 옵틱스(1)의 실제 광선이

아니라 가상 광선이므로, 주광선(23)은 도 1에서 단순히 예시적인 목적으로 도시된다. 기본적으로 이 주광선들(23)은 오브젝트 평면(5)에서 방출되어 서로에게서 발산되어 나아간다. 또한 이는 이미징 옵틱스(1)의 입사 동공의 음의 백 포커스로 이하에서 표시된다. 도 1에 따르면, 이미징 옵틱스(1)의 입사 동공은 이미징 옵틱스(1) 내에 놓인 것이 아니라 오브젝트 평면(5)의 상류의 빔 경로에 놓인다. 예시로서, 이 동공 구성요소와 오브젝트 평면(5) 간에 추가 이미징 광학적 구성요소가 존재할 필요 없이, 이미징 옵틱스(1)의 상류의 빔 경로에 이미징 옵틱스(1)의 입사 동공의 조명 옵틱스의 동공 구성요소를 배열하는 것이 이로써 가능하다.

- [0064] 이미징 옵틱스(1)는 개별 미러들 사이를 교차하는 이미징 광 선속 없이 중간 이미지(15)까지 이미징 광(17)이 이어지도록 설계된다.
- [0065] 광학적으로 사용된 영역 내에서, 미러(M1 내지 M4)의 광학적으로 사용된 영역은 이미징 광(17)의 통과를 위한 관통 개구를 가지지 않는다. 또한, 미러(M5), 즉, 오브젝트 필드(3)와 이미지 필드(7) 사이의 이미징 광(17)의 빔 경로의 마지막에서 두 번째 미러는 광학적으로 사용된 영역 내의 이미징 광(17)의 통과를 위한 관통 개구를 가지지 않는다.
- [0066] 미러(M5)는 마지막 미러(M6)와 이미지 필드(7) 사이의 이미징 광 선속 외부에 배열된다.
- [0067] 미러(M6), 즉, 오브젝트 필드(3)와 이미지 필드(7) 사이의 이미징 광(17)의 빔 경로의 마지막 미러는, 이미징 광(17)의 통과를 위한 관통 개구를 갖는다. 이미징 광(17)은 미러들(M4 및 M5) 사이의 빔 경로의 미러(M6)의 관통 개구(21)를 통과한다. 미러(M6)는 관통 개구(21) 주변에서 사용된다.
- [0068] 도 3은 마지막에서 두 번째 미러(M5)와 이미지 평면(5) 사이의 작동 거리가 어떻게 결정되는지 기재한다. 도 1에 따른 이미징 옵틱스, 구체적으로, 이미징 광(17)의 빔 경로를 포함하는 미러들(M5 및 M6)을 가지는 제 2 부분 대물렌즈(13)의 상세가 도시된다. 이미지 평면(5)에 대한 마지막에서 두 번째 미러(M5)의 작동 거리(27)를 결정하기 위해, 이미지 평면(5)에서의 미러(M5)의 미러 표면상의 점의 최소 거리가 결정되고, 이 거리는 이미지 평면(5)에 대해 수직으로 측정된다. 마지막에서 두 번째 미러(M5)와 이미지 평면(5) 사이의 작동 거리(27)는 38mm이다.
- [0069] 도 4는 본 출원의 미러의 외경이 어떻게 결정되는지 기재한다. 마지막에서 두 번째 미러(M5) 상에 광학적으로 사용된 영역의 에지(29)가 도시된다. 이 에지는 출사 동공의 완전한 조명이 주어질 경우 직사각형 오브젝트 필드(3)에 대한 결과이다. 도 4는 또한 미러(M5)의 외경을 결정하기 위한 보조 원(31)을 도시한다. 보조 원(31)은, 조명 영역(29)을 둘러싸고 동시에 가장 작은 반경을 가지도록 결정된다. 외경은 166mm이다.
- [0070] 결과적으로, 작업 거리에 대한 외경의 비는 4.4이고 5보다 작다.
- [0071] 마지막 미러(M6)는 605mm의 외경을 가진다. 결과적으로, 마지막에서 두 번째 미러(M5)의 외경은 마지막 미러(M6)의 외경 보다 작다.
- [0072] 도 5는 이미징 옵틱스(501)의 추가 실시예를 자오 단면으로 도시한다. 도 1의 소자들에 해당하는 도 5의 소자들은 도 1의 참조 번호에서 500씩 증가한 참조 번호를 갖는다. 이러한 소자의 기재에 대해서는 도 1의 기재를 참조한다.
- [0073] 이미징 옵틱스(501)는 이미지 평면(509)의 이미지 필드(507)에 오브젝트 평면(505)의 오브젝트 필드(503)를 이미징한다. 이미징 옵틱스(501)는 오브젝트 필드(503)에서 시작하는 빔 경로에서 M501 내지 M506순으로 열거된 6개의 미러를 가진다. 이미징 옵틱스(501)는 반사형 대물렌즈이다.
- [0074] 이미징 옵틱스(501)의 이미징 스케일은 0.25이다.
- [0075] 이미지 측면 개구수(NA)는 0.5이다.
- [0076] 이미징 옵틱스(501)는 중간 이미지(515)에 오브젝트 필드(503)를 이미징하는 제 1 부분 대물렌즈(511), 및 이미지 필드(507)에 중간 이미지(515)를 이미징하는 제 2 부분 대물렌즈(513)를 포함한다. 제 1 부분 대물렌즈는 4개의 미러들(M501 내지 M504)을 포함한다. 제 2 부분 대물렌즈(513)는 오브젝트 필드(503)와 이미지 필드(507) 사이의 이미징 광(517)의 빔 경로의 마지막에서 두 번째 미러(M505), 및 빔 경로의 마지막 미러(M506)를 포함한다. 마지막에서 두 번째 미러(M505)는 추가 중간 이미지(519)에 중간 이미지(515)를 이미징한다. 마지막 미러(M506)는 이미지 필드(507)에 추가 중간 이미지(519)를 이미징한다.
- [0077] 이미징 옵틱스(501)에 대한 광학적 데이터는 표(5a, 5b 및 5c)에 정리된다.

- [0078] 모든 6개의 미러들(M501 내지 M506)의 반사 표면은 회전 비대칭 함수에 의해 기술될 수 있는 자유 곡면으로서 설계된다.
- [0079] 미러들(M501, M504, M505 및 M506)은 오목 미러로서 설계된다. 미러들(M502 및 M503)은 반사 표면으로서 새들면을 갖는다.
- [0080] 미러(M501 및 M506)뿐만 아니라 미러(M503 및 M506)는 이것들의 반사 표면의 배향에 있어서 서로 등을 맞대고 배열된다.
- [0081] 도 5에서, 오브젝트 필드(503)의 중앙의 오브젝트 필드 점에서 방출되는 3개의 개별 광선의 빔 경로가 자오 단면으로 도시된다. 3개의 개별 광선들은 주광선(523)과 2개의 개구 광선에 해당한다. 주광선(523)은 이미지 평면(509)의 이미지 필드(507)에 수직으로 나아간다. 개구 광선들은 이미지 측면 개구수에 해당하는 주광선(523)에 각을 이룬다. 다시 한번, 이미징 옵틱스(501)의 동공 암흑화로 인해, 여기서 포함된 것이 이미징 옵틱스(501)의 실제 광선이 아니라 가상의 광선이므로, 주광선(523)은 도 5에서 단순히 예시적인 목적으로 도시된다.
- [0082] 이미징 옵틱스(501)는 이미징 옵틱스(501)의 입사 동공의 음의 백 포커스를 갖는다.
- [0083] 도 5의 자오 단면은 미러(M502)와 미러(M503) 사이의 이미징 광 선속과, 미러(M504)와 미러(M505) 사이의 이미징 광 선속이 교차하는 것을 명확히 한다. 이 점이, 특히, 도 5의 실시예가 도 1의 실시예와 구별되는 점이다.
- [0084] 광학적으로 사용된 영역 내에서, 미러(M501 내지 M504)의 광학적으로 사용된 영역은 이미징 광(517)의 통과를 위한 관통 개구를 가지지 않는다. 또한, 미러(M505), 즉, 오브젝트 필드(503)와 이미지 필드(507) 사이의 이미징 광(517)의 빔 경로의 마지막에서 두 번째 미러는 이미징 광(517)의 통과를 위한 관통 개구를 가지지 않는다.
- [0085] 미러(M505)는 마지막 미러(M506)와 이미지 필드(507) 사이의 이미징 광 선속 외부에 배열된다.
- [0086] 미러(M506), 즉, 오브젝트 필드(503)와 이미지 필드(507) 사이의 이미징 광(517)의 빔 경로의 마지막 미러는, 이미징 광(517)의 통과를 위한 관통 개구를 갖는다. 이미징 광(517)은 미러들(M504 및 M505) 사이의 빔 경로의 미러(M506)의 관통 개구(521)를 통과한다.
- [0087] 중간 이미지(515)는 미러(M506)의 관통 개구(521)에 인접하게 놓인다. 이로써, 이 관통 개구(521)가 미러(M506)의 사용된 반사 표면에 비해 작은 구조가 되는 것이 가능하다. 이미징 옵틱스(501)의 경우, 동공 암흑화, 즉, 출사 동공의 전체 영역에 대한 이미징 옵틱스(501)의 상기 출사 동공 내에서 관통 개구(521)를 통해 차폐된(masked out) 표면의 비율은 5.2%이다. 출사 동공의 직경에 대한 동공 암흑화의 직경의 비는 23%이다.
- [0088] 마지막에서 두 번째 미러(M505)와 이미지 평면(509) 사이의 작동 거리는 93mm이다.
- [0089] 미러(M505)의 외경은 135mm이다.
- [0090] 결과적으로, 작동 거리에 대한 외경의 비는 1.45이고 5보다 작으며, 특히 2보다 작다.
- [0091] 마지막 미러(M506)는 906mm의 외경을 가진다. 결과적으로, 마지막에서 두 번째 미러(M505)의 외경은 마지막 미러(M506)의 외경보다 작다.
- [0092] 도 6은 이미징 옵틱스(601)의 추가 실시예를 자오 단면으로 도시한다. 도 1의 소자들에 해당하는 도 6의 소자들은 도 1의 참조 번호에서 600씩 증가한 참조 번호를 갖는다. 이러한 소자의 기체에 대해서는 도 1의 기체를 참조한다.
- [0093] 이미징 옵틱스(601)는 이미지 평면(609)의 이미지 필드(607)에 오브젝트 평면(605)의 오브젝트 필드(603)를 이미징한다. 이미징 옵틱스(601)는 오브젝트 필드(603)에서 시작하는 빔 경로에서 M601 내지 M606순으로 열거된 6개의 미러를 가진다. 이미징 옵틱스(601)는 반사형 대물렌즈이다.
- [0094] 이미징 옵틱스(601)는 오브젝트 평면(605)과 이미지 평면(609)에 수직이고 오브젝트 평면(605)에서 이미지 평면(609)으로 연속되는 직선으로서 나아가는 광학 축(633)을 갖는다. 동시에 광학 축(633)은, 6개의 미러(M601 내지 M606)의 반사 평면의 수학적 표면 기술이 회전 대칭인 대칭 축이다.
- [0095] 오브젝트 필드(603)는 광학 축(633)을 중심으로 하는 환형 필드의 세그먼트를 구성한다.
- [0096] 이미지 측면 개구수(NA)는 0.3이다.

- [0097] 이미징 옵티クス(601)는 중간 이미지(615)에 오브젝트 필드(603)를 이미징하는 제 1 부분 대물렌즈(611), 및 이미지 필드(607)에 중간 이미지(615)를 이미징하는 제 2 부분 대물렌즈(613)를 포함한다. 제 1 부분 대물렌즈는 4개의 미러들(M601 내지 M604)을 포함한다. 제 2 부분 대물렌즈(613)는 오브젝트 필드(603)와 이미지 필드(607) 사이의 이미징 광(617)의 빔 경로의 마지막에서 두 번째 미러(M605), 및 빔 경로의 마지막 미러(M606)를 포함한다. 마지막에서 두 번째 미러(M605)는 오목 미러로서 설계되고 추가 중간 이미지(619)에 중간 이미지(615)를 이미징한다. 마찬가지로, 마지막 미러(M606)는 오목 미러로서 이미지 필드(607)에 추가 중간 이미지(619)를 이미징한다.
- [0098] 미러들(M602, M604, M605 및 M606)은 오목 미러로서 설계된다. 미러(M601)는 볼록 미러로서 설계된다. 미러(M603)는 가상 평면 반사 표면을 갖는다.
- [0099] 오브젝트 필드(603) 내의 오브젝트 필드 점에서 방출되는 복수의 개구 광선의 빔 경로가 도 6에 도시된다. 개구 광선들은 동공 평면(625)에 배열되고 개구 조리개로 역할하는 미러 에지를 가지는 미러(M603)에 의해 바인딩된다(bounded). 이미징 옵티クス(601)의 동공 암흑화로 인해, 여기서 포함된 것이 이미징 옵티クス(601)의 실제 광선이 아니라 가상의 광선이므로, 개구 광선의 일부는 도 6에서 단순히 예시적인 목적으로 도시된다.
- [0100] 이미징 옵티クス(601)는 개별 미러들 사이를 교차하는 이미징 광 선속 없이 중간 이미지(615)까지 이미징 광(617)이 이어지도록 설계된다.
- [0101] 광학적으로 사용된 영역 내에서, 미러(M601 내지 M604)의 광학적으로 사용된 영역은 이미징 광(617)의 통과를 위한 관통 개구를 가지지 않는다.
- [0102] 반대로, 광학적으로 사용된 영역 내에서, 마지막에서 두 번째 미러(M605)와 마지막 미러(M606)는 이미징 광(617)의 통과를 위한 관통 개구를 갖는다. 미러들(M604 및 M605) 사이의 빔 경로에서, 이미징 광(617)은 미러(M606)의 관통 개구(621)를 통과한다. 이미징 광(617)은 미러(M606)와 이미지 필드(607) 사이의 빔 경로의 미러(M605)의 관통 개구(635)를 통과한다.
- [0103] 마지막에서 두 번째 미러(M605)는 관통 개구(635) 주위에서 사용되고, 마지막 미러(M606)는 관통 개구(621) 주위에서 사용된다.
- [0104] 마지막에서 두 번째 미러(M605)가 관통 개구(635)를 갖는 것을 고려할 때, 미러들(M605 및 M606)은 한편으로 광학 축(633)에 대해 회전 대칭인 개별 수학적 표면 기술을 가지는 반사 표면을 가지며, 여기서 반대로 이미지 측면 개구수는 이미징 광(617)이 더는 마지막으로 두 번째 미러(M605)를 더이상 지나치도록 가이드되지 않으므로 증가할 수 있다.
- [0105] 이미징 옵티クス(601)의 동공을 가리기 위한 암흑화 조리개가 동공 평면(625)에 배열되는 미러(M603) 상에 배열될 수 있다. 이러한 경우 암흑화 조리개는 2개의 관통 개구(621 및 635)로 인해 오브젝트 필드(603)의 이미징에 기여하지 않는 동공 평면(625)의 이미징 광(617)의 적어도 해당 영역을 가린다.
- [0106] 도 7은 이미징 옵티クス(701)의 추가 실시예를 자오 단면으로 도시한다. 도 6의 소자들에 해당하는 도 7의 소자들은 도 6의 참조 번호에서 100씩 증가한 참조 번호를 갖는다. 이러한 소자의 기재해서는 도 6의 기재를 참조한다.
- [0107] 이미징 옵티クス(701)는 이미지 평면(709)의 이미지 필드(707)에 오브젝트 평면(705)의 오브젝트 필드(703)를 이미징한다. 이미징 옵티クス(701)는 오브젝트 필드(703)에서 시작하는 빔 경로에서 M701 내지 M706순으로 열거된 6개의 미러를 가진다. 이미징 옵티クス(501)는 반사형 대물렌즈이다.
- [0108] 이미징 옵티クス(701)는, 오브젝트 평면(705)과 이미지 평면(709)에 수직이고 오브젝트 평면(705)에서 이미지 평면(709)으로 연속되는 직선으로 나아가는 광학 축(733)을 갖는다. 동시에 광학 축(733)은, 6개의 미러(M701 내지 M706)의 반사 평면의 수학적 표면 기술이 회전 대칭인 대칭 축이다.
- [0109] 오브젝트 필드(703)는 광학 축(733)을 중심으로 하는 환형 필드의 세그먼트를 구성한다.
- [0110] 이미지 측면 개구수(NA)는 0.45이다.
- [0111] 이미징 옵티クス(701)는 중간 이미지(715)에 오브젝트 필드(703)를 이미징하는 제 1 부분 대물렌즈(711), 및 이미지 필드(707)에 중간 이미지(715)를 이미징하는 제 2 부분 대물렌즈(713)를 포함한다. 제 1 부분 대물렌즈는 4개의 미러들(M701 내지 M704)을 포함한다. 제 2 부분 대물렌즈(713)는 오브젝트 필드(703)와 이미지 필드(707) 사이의 이미징 광(717)의 빔 경로의 마지막에서 두 번째 미러(M705), 및 빔 경로의 마지막 미러(M706)를 포함한다.

다. 마지막에서 두 번째 미러(M705)는 오목 미러로서 설계되고 추가 중간 이미지(719)에 중간 이미지(715)를 이미징한다. 마찬가지로, 마지막 미러(M706)는 오목 미러로서 설계되고 이미지 필드(707)에 추가 중간 이미지(719)를 이미징한다.

- [0112] 이미징 옵틱스(701)는 총 4개의 중간 이미지와 5개의 부분 대물렌즈를 갖는다. 미러(M701)는 제 1 중간 이미지(739)를 부분 대물렌즈로서 생성한다. 중간 이미지(739)는 추가 부분 대물렌즈로서 미러(M702)에 의해 추가 중간 이미지(741)에 이미징된다. 중간 이미지(741)는 추가 부분 대물렌즈로서 미러들(M703 및 M704)에 의해 추가 중간 이미지(715)에 이미징된다. 중간 이미지(715)는 추가 부분 대물렌즈로서 미러(M705)에 의해 추가 중간 이미지(719)에 이미징된다. 중간 이미지(719)는 추가 부분 대물렌즈로서 미러(M706)에 의해 이미지 필드(707)에 이미징된다. 부분 대물렌즈(711)는 결과적으로 3개의 부분 대물렌즈를 포함하고, 부분 대물렌즈(713)는 2개의 부분 대물렌즈를 포함한다.
- [0113] 미러들(M701, M702, M704, M705 및 M706)은 오목 미러로서 설계된다. 오직 미러(M703)만이 볼록 미러로서 설계된다.
- [0114] 오브젝트 필드(703) 내의 오브젝트 필드 점에서 방출되는 복수의 개구 광선의 빔 경로가 도 7에 도시된다. 개구 광선들은 동공 평면(725)에 배열되고 개구 조리개로 역할하는 미러 에지를 가지는 미러(M703)에 의해 바인딩된다(bounded). 이미징 옵틱스(701)의 동공 암흑화로 인해, 여기서 포함된 것이 이미징 옵틱스(701)의 실제 광선이 아니라 가상의 광선이므로, 개구 광선의 일부는 도 7에서 단순히 예시적인 목적으로 도시된다.
- [0115] 미러들(M701 내지 M703)의 광학적으로 사용된 영역은 광학적으로 사용된 영역 내의 이미징 광(717)의 통과를 위한 관통 개구를 가지지 않는다.
- [0116] 미러(M703)는, 이미징 광(717)의 통과를 위한 관통 개구를 가지지 않더라도, 미러(M704)와 중간 이미지(715) 사이의 이미징 광 선속 내에 완전히 배열되어서 동공 조명의 암흑화를 야기한다.
- [0117] 광학적으로 사용된 영역 내에서, 미러(M704)는 이미징 광(717)의 통과를 위한 관통 개구를 갖는다. 이미징 광(717)은 미러들(M702 및 M703) 사이의 빔 경로의 미러(M704)의 관통 개구(737)를 통과한다.
- [0118] 미러(M704)는 관통 개구(737) 주변에서 사용된다.
- [0119] 미러(M704)가 관통 개구(737)를 갖는 것을 고려할 때, 미러들(M703 및 M704)은 한편으로 광학 축(733)에 대해 회전 대칭인 개별 수학적 표면 기술을 가지는 반사 표면을 가지며, 반대로 중간 이미지(715)의 개구수는 이미징 광(717)이 더는 미러(M704)를 지나치도록 가이드될 필요가 없으므로 증가할 수 있다.
- [0120] 도 7의 실시예에 따르면, 광학적으로 사용된 영역 내에서, 마지막에서 두 번째 미러(M705)와 마지막 미러(M706)는 이미징 광(717)의 통과를 위한 관통 개구를 갖는다. 미러들(M704 및 M705) 사이의 빔 경로에서, 이미징 광(717)은 미러(M706)의 관통 개구(721)를 통과한다. 이미징 광(717)은 미러(M706)와 이미지 필드(707) 사이의 빔 경로의 미러(M705)의 관통 개구(735)를 통과한다.
- [0121] 마지막에서 두 번째 미러(M705)는 관통 개구(735) 주위에서 사용되고, 마지막 미러(M706)는 관통 개구(721) 주위에서 사용된다.
- [0122] 이미징 옵틱스(701)의 동공을 가리기 위한 암흑화 조리개가 동공 평면(725)에 배열되는 미러(M703) 상에 배열될 수 있다. 이러한 경우 암흑화 조리개는 이미징 광 선속 내에 배열된 미러(M703)와 3개의 관통 개구(721, 735 및 737)로 인해 오브젝트 필드(703)의 이미징에 기여하지 않는 동공 평면(725)의 이미징 광(717)의 적어도 해당 영역을 가린다.
- [0123] 도 8은 이미징 옵틱스(801)의 추가 실시예를 자오 단면으로 도시한다. 도 7의 소자들에 해당하는 도 8의 소자들은 도 7의 참조 번호에서 100씩 증가한 참조 번호를 갖는다. 이러한 소자의 기체에 대해서는 도 7의 기체를 참조한다.
- [0124] 이미징 옵틱스(801)는 이미지 평면(809)의 이미지 필드(807)에 오브젝트 평면(805)의 오브젝트 필드(803)를 이미징한다. 이미징 옵틱스(801)는 오브젝트 필드(803)에서 시작하는 빔 경로에서 M801 내지 M808순으로 열거된 8개의 미러를 가진다. 이미징 옵틱스(801)는 반사형 대물렌즈이다.
- [0125] 이미징 옵틱스(801)는 오브젝트 평면(805)과 이미지 평면(809)에 수직이고 오브젝트 평면(805)에서 이미지 평면(809)으로 연속되는 직선으로 나아가는 광학 축(833)을 갖는다. 동시에 광학 축(833)은, 8개의 미러(M801 내지 M808)의 반사 평면의 수학적 표면 기술이 회전 대칭인 대칭 축이다.

- [0126] 오브젝트 필드(803)는 광학 축(833)을 중심으로 하는 환형 필드의 세그먼트를 구성한다.
- [0127] 이미지 옵티クス(801)의 이미지 스케일은 0.25이다.
- [0128] 개구수(NA)의 이미지 스케일은 0.5이다.
- [0129] 이미징 옵티クス(801)는 중간 이미지(815)에 오브젝트 필드(803)를 이미징하는 제 1 부분 대물렌즈(811), 및 이미지 필드(807)에 중간 이미지(815)를 이미징하는 제 2 부분 대물렌즈(813)를 포함한다. 제 1 부분 대물렌즈는 6개의 미러들(M801 내지 M806)을 포함한다. 제 2 부분 대물렌즈(813)는 오브젝트 필드(803)와 이미지 필드(807) 사이의 이미징 광(817)의 빔 경로의 마지막에서 두 번째 미러(M807), 및 빔 경로의 마지막 미러(M808)를 포함한다. 마지막에서 두 번째 미러(M807)는 오목 미러로서 설계되고 추가 중간 이미지(819)에 중간 이미지(815)를 이미징한다. 마찬가지로, 마지막 미러(M808)는 오목 미러로서 이미지 필드(807)에 추가 중간 이미지(819)를 이미징한다.
- [0130] 이미징 옵티クス(801)는 총 3개의 중간 이미지와 4개의 부분 대물렌즈를 갖는다. 미러들(M801 내지 M804)은 제 1 중간 이미지(843)를 부분 대물렌즈로서 생성한다. 중간 이미지(843)는 추가 부분 대물렌즈로서 미러들(M805 및 M806)에 의해 추가 중간 이미지(815)에 이미징된다. 중간 이미지(815)는 추가 부분 대물렌즈로서 미러(M807)에 의해 추가 중간 이미지(819)에 이미징된다. 중간 이미지(819)는 추가 부분 대물렌즈로서 미러(M808)에 의해 이미지 필드(807)에 이미징된다. 부분 대물렌즈(811) 및 부분 대물렌즈(813)는 결과적으로 각각 2개의 부분 대물렌즈를 포함한다.
- [0131] 미러들(M801, M804, M806, M807 및 M808)은 오목 미러로서 설계된다. 미러들(M802, M803 및 M805)이 볼록 미러로서 설계된다.
- [0132] 오브젝트 필드(803) 내의 오브젝트 필드 점에서 방출되는 복수의 개구 광선의 빔 경로가 도 8에 도시된다. 개구 광선들은 동공 평면(825)에 배열되고 개구 조리개로 역할하는 미러 에지를 가지는 미러(M805)에 의해 바인딩된다(bounded). 이미징 옵티クス(801)의 동공 압축화로 인해, 여기서 포함된 것이 이미징 옵티クス(801)의 실제 광선이 아니라 가상의 광선이므로, 개구 광선의 일부는 도 8에서 단순히 예시적인 목적으로 도시된다.
- [0133] 미러들(M801 내지 M804)의 광학적으로 사용된 영역은 광학적으로 사용된 영역 내의 이미징 광(817)의 통과를 위한 관통 개구를 가지지 않는다.
- [0134] 광학적으로 사용된 영역 내에서, 미러(M805)와 미러(M806)는 이미징 광(817)의 통과를 위한 관통 개구를 갖는다. 이미징 광(817)은 미러들(M804 및 M805) 사이의 빔 경로의 미러(M806)의 관통 개구(845)를 통과한다. 이미징 광(817)은 미러(M806)와 중간 이미지(815) 사이의 빔 경로의 미러(M805)의 관통 개구(847)를 통과한다.
- [0135] 미러(M805)는 관통 개구(847) 주변에서 사용되고, 미러(M806)는 관통 개구(845) 주변에서 사용된다.
- [0136] 도 7의 실시예에 따르면, 광학적으로 사용된 영역 내에서, 마지막에서 두 번째 미러(M807)와 마지막 미러(M808)는 이미징 광(817)의 통과를 위한 관통 개구를 갖는다. 미러들(M806 및 M807) 사이의 빔 경로에서, 이미징 광(817)은 미러(M808)의 관통 개구(821)를 통과한다. 이미징 광(817)은 미러(M808)와 이미지 필드(807) 사이의 빔 경로의 미러(M807)의 관통 개구(835)를 통과한다.
- [0137] 마지막에서 두 번째 미러(M807)는 관통 개구(835) 주위에서 사용되고, 마지막 미러(M808)는 관통 개구(821) 주위에서 사용된다.
- [0138] 투영 대물렌즈(907)로서 이미징 옵티クス에 대해 상기 기재된 실시예 중 하나를 사용하는 것이 가능한 마이크로리소그래피를 위한 투영 노광 장치(901)가 도 9에 도시된다. 투영 노광 장치(901)는 조명광(903) 생성을 위한 광원(902)을 갖는다. 광원(902)은 예컨대 5nm 내지 30nm, 특히 5nm 내지 15nm의 파장 영역에서 광을 생성하는 EUV 광원이다. 광원(902)은 특히 13.5nm의 파장을 가지는 광원 또는 6.9nm의 파장을 가지는 광원이 될 수 있다. 다른 EUV 파장 역시 가능하다. 일반적으로, 임의의 파장, 예컨대 마이크로리소그래피에서 사용될 수 있고 적절한 레이저 광원 및/또는 LED 광원을 위해 이용가능한 다른 파장 또는 가시 파장(예컨대, 365nm, 248nm, 193nm, 157nm, 129nm, 109nm)은 조명광(903)을 위한 가능성이다. 조명광(903)의 빔 경로는 도 9에서 개략적으로 도시된다.
- [0139] 조명 옵티クス(906)는 조명광(903)을 광원(902)에서 오브젝트 평면(905)의 오브젝트 필드(904)로 가이드 하는 목적을 수행한다. 투영 대물렌즈(907)를 사용하여, 오브젝트 필드(904)는 규정된 감소 스케일로 이미지 평면(909)의 이미지 필드(908)에 이미징된다. 도 1 내지 도 8에 도시된 이미징 옵티クス에 대한 실시예 중 하나는 투

영 대물렌즈(907)를 위해 사용될 수 있다. 이미지 필드(908)는 x 방향으로 13mm 내지 26mm의 크기와 y 방향으로 2mm 내지 6mm의 크기, 예컨대 26mm의 x 크기와 2mm의 y 크기를 갖는다. 오브젝트 필드(904)와 이미지 필드(908)는 도 1 또는 도 5의 일 실시예에 따라 이미징 옵틱스의 투영 대물렌즈(907)로서 사용될 때 직사각형이다. 오브젝트 필드(904)와 이미지 필드(908)는 도 6, 도 7 또는 도 8의 일 실시예에 따라 이미징 옵틱스의 투영 대물렌즈(907)로서 사용될 때 환형 세그먼트의 형태를 갖는다. 이미징 평면(909)은 오브젝트 평면(905)에 병렬로 배열된다. 이로써, 또한 레티클로서 표시되고 오브젝트 필드(904)와 일치하는 반사 마스크(910)의 단면이 이미징된다.

[0140] 투영 대물렌즈(907)는 기관 홀더(912)에 의해 지지되는 웨이퍼의 형태로 기관(911)의 표면에 이미징한다. 레티클(910)과 투영 대물렌즈(907) 사이에서 투영 대물렌즈(907)로 나아가는 이미징 광의 광선속(913)과, 투영 대물렌즈(907)와 기관(911) 사이의 투영 대물렌즈(907) 밖으로 나아가는 이미징 광의 광선속(914)이 도 9에 개략적으로 도시된다.

[0141] 투영 대물렌즈(907)의 다양한 설계뿐만 아니라 투영 노광 장치(901)의 기술을 용이하게 하기 위하여, 이 도면은 도들에 도시된 구성요소들의 개별 공간 관계를 한정하는 직교 xyz-좌표계를 명시한다. 도 9의 x 방향은 도면의 평면에서 수직으로 발생한다. y 방향은 왼쪽으로 나아가고 z 방향은 아래로 나아간다.

[0142] 투영 노광 장치(901)는 스캔형 및 단계형이다. 레티클(910)과 웨이퍼(911)는 투영 노광 장치(901)의 동작 동안 y 방향으로 스캔된다. 마이크로전자 구성요소의 노광 후, 웨이퍼(911)는 x 방향 또는 y 방향으로 단계형 방식으로 변위된다. 투영 노광 장치(901)의 스테퍼 동작만 사용하는 것 또한 가능하며, 이 경우, x 방향 또는 y 방향으로 웨이퍼(911)의 단계형 변위만이 웨이퍼(911)의 개별 노출 사이에서 일어난다.

[0143] 투영 노광 장치(901)가 이하의 방식으로 사용되어 먼저 마이크로구조화된 구성요소를 제조한다. 즉, 반사 마스크(901) 또는 레티클 그리고 기관 또는 웨이퍼(911)가 준비된다. 이어서, 레티클(910) 상의 구조가 투영 노광 장치(901)를 사용하여 웨이퍼(911)의 감광성 층에 투영된다. 이로써, 감광성 층이 현상되어 웨이퍼(911) 상의 마이크로 구조와 마이크로 구조화된 구성요소가 제조된다.

[0144] [표 1a]

표면	반경 (1/c)	거리
오브젝트 평면		1200.000
미러 M1	-1097.988	-644.270
미러 M2	-192.541	646.391
미러 M3	2386.515	-579.822
미러 M4	1687.781	1337.701
미러 M5	-162.033	-560.000
미러 M6	534.451	600.000
이미지 평면		0.000

[0145]

[0146] [표 1b]

계수	미러 M1	미러 M2	미러 M3
k	0.000000E+00	7.614254E-01	-2.231578E-01
Y	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
X2	-3.175191E+00	-9.404183E-01	-5.968017E+01
Y2	2.673919E+00	2.540929E+00	-3.595254E+00
X2Y	7.598934E-01	1.234404E+00	5.261066E+00
Y3	3.134722E-01	2.611248E-03	-2.280984E+00
X4	-1.070578E-01	5.048291E-01	-9.204780E-01
X2Y2	-2.475366E-02	-8.528200E-02	1.175973E+00
Y4	-2.477462E-02	4.161299E-02	-3.919965E+00
X4Y	2.363415E-02	4.444404E-02	1.769818E-01
X2Y3	7.931374E-02	3.633260E-02	-2.168259E+00
Y5	-1.933710E-02	7.150122E-07	-9.275292E-01
X6	-5.222130E-03	4.653851E-02	-5.845299E-02
X4Y2	-8.934134E-03	-3.376644E-02	-2.064144E-02
X2Y4	9.428045E-03	-2.390727E-03	2.086298E-01
Y6	-3.387531E-02	7.506335E-04	6.829817E+00
X6Y	2.649098E-04	-5.605633E-02	5.318246E-02
X4Y3	4.789172E-03	1.493552E-02	-6.423818E-02
X2Y5	1.965443E-02	3.202505E-04	4.040540E+00
Y7	1.148430E-02	-2.666828E-07	7.304437E+00
X8	-1.022932E-03	-3.838620E-03	-2.994799E-04
X6Y2	-2.756422E-03	2.405787E-02	-1.894891E-02
X4Y4	1.131450E-03	-2.341878E-03	7.851206E-01
X2Y6	1.037513E-02	1.269213E-04	5.922730E+00
Y8	6.343536E-03	5.753904E-05	2.303145E+00
X8Y	4.840563E-04	1.901755E-02	1.261376E-02
X6Y3	2.644192E-03	1.203143E-03	-9.499187E-02
X4Y5	2.390901E-03	2.978998E-03	1.289057E+00
X2Y7	-1.755797E-02	4.505993E-04	-3.986287E-01
Y9	-3.766585E-03	2.764252E-05	0.000000E+00
X10	4.484576E-04	-5.911396E-03	0.000000E+00
X8Y2	9.703681E-04	-1.009886E-02	0.000000E+00
X6Y4	-2.002132E-03	-2.651927E-03	0.000000E+00
X4Y6	4.228360E-03	-1.150028E-03	0.000000E+00
X2Y8	-1.921653E-02	-5.517322E-05	0.000000E+00
Y10	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
R _{norm}	2.591205E+02	3.660114E+01	3.069451E+02

[0147]

계수	미러 M4	미러 M5	미러 M6
k	6.700154E-02	2.907228E-01	-3.523884E-03
Y	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
X2	-8.001595E+00	1.484272E+00	3.008786E+00
Y2	8.080696E+00	-2.772959E-01	7.419503E-01
X2Y	5.868863E-01	-1.960667E-01	-4.973970E-01
Y3	-3.805429E-01	1.261692E-01	4.986965E-01
X4	-5.572204E-01	6.437261E-01	2.867809E-01
X2Y2	3.914341E-01	6.734978E-01	6.502053E-01
Y4	1.189709E-01	2.083425E-01	2.268834E-02
X4Y	1.900167E-02	-1.135971E-01	-1.178155E-01
X2Y3	-1.025108E-01	-5.091745E-03	-9.216217E-02
Y5	-1.385758E-02	3.018875E-02	9.479779E-02
X6	-2.913527E-02	1.111013E-01	3.661939E-02
X4Y2	6.674575E-02	1.717109E-01	1.786899E-01
X2Y4	1.679054E-02	1.491981E-01	1.310040E-01
Y6	2.664985E-02	4.301397E-02	3.464432E-03
X6Y	-1.284008E-03	2.049202E-03	-1.258340E-02
X4Y3	-2.185333E-02	-2.521656E-02	-5.609640E-02
X2Y5	1.787572E-02	-1.365778E-02	1.088687E-02
Y7	7.514803E-03	5.978323E-03	2.357020E-02
X8	-7.196757E-04	1.731865E-02	5.146803E-03
X6Y2	7.958001E-03	5.363823E-02	3.058861E-02
X4Y4	3.003023E-03	7.741436E-02	6.416687E-02
X2Y6	4.614952E-03	3.730962E-02	3.068322E-02
Y8	7.292743E-03	-9.625925E-04	4.624213E-04
X8Y	5.994506E-03	-9.656234E-03	-1.186922E-02
X6Y3	-7.648108E-03	-2.587871E-02	-4.417958E-02
X4Y5	-3.052750E-03	-1.662925E-02	-3.565447E-02
X2Y7	-1.347302E-04	1.552501E-02	-2.564864E-03
Y9	-3.471531E-03	1.695728E-02	1.600667E-03
X10	1.694932E-04	4.194484E-03	2.996137E-03
X8Y2	6.719652E-03	1.490523E-02	1.919360E-02
X6Y4	-8.507406E-03	1.972569E-02	4.182334E-02
X4Y6	6.459312E-03	5.900710E-03	3.698433E-02
X2Y8	0.000000E+00	3.583604E-04	4.326934E-03
Y10	0.000000E+00	3.933862E-04	-2.961759E-03
R _{norm}	2.392278E+02	7.193605E+01	3.043808E+02

[0148]

[0149] [표 1c]

	미러 M1	미러 M2	미러 M3	미러 M4	미러 M5	미러 M6	이미지 평면
Y-디센터링	-58.640	-358.072	-566.299	-805.664	-584.238	-677.862	0.000
X-회전	8.474	3.576	2.316	15.992	8.361	5.067	0.000

[0150]

[0151] [표 5a]

표면	반경(1/c)	거리
오브젝트 평면		1318.367
스피켈 M501	-1387.203	-1069.759
스피켈 M502	-1919.296	1240.627
스피켈 M503	4203.149	-895.105
스피켈 M504	1537.304	1766.831
스피켈 M505	-364.244	-671.725
스피켈 M506	672.196	768.007
이미지 평면		0.000

[0152]

[0153] [표 5b]

계수	미러 M501	미러 M502	미러 M503
K	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
Y	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
X2	-6.050302E-06	-1.113495E-03	-3.715924E-04
Y2	1.575104E-04	3.848758E-04	7.254278E-04
X2Y	-2.128461E-09	1.903891E-06	8.789676E-08
Y3	-3.547877E-08	-4.176122E-08	-8.509231E-07
X4	4.627802E-11	2.808258E-08	-3.516451E-11
X2Y2	9.315623E-11	-1.055891E-09	-9.998132E-10
Y4	8.478484E-11	-1.973709E-12	4.410751E-09
X4Y	2.584634E-14	1.961535E-11	7.604426E-14
X2Y3	1.941951E-13	4.495629E-12	-7.928494E-13
Y5	3.103848E-13	3.527934E-13	-1.953973E-11
X6	0.000000E+00	0.000000E+00	1.319265E-17
X4Y2	0.000000E+00	0.000000E+00	3.531512E-16
X2Y4	0.000000E+00	0.000000E+00	-1.955889E-14
Y6	0.000000E+00	0.000000E+00	1.573791E-13
Nradius	1.000000E+00	1.000000E+00	1.000000E+00

[0154]

계수	미러 M504	미러 M505	미러 M506
K	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
Y	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
X2	-2.679056E-04	-1.785454E-03	5.520469E-06
Y2	5.709471E-05	-1.593041E-03	3.273816E-06
X2Y	1.446058E-08	2.245481E-07	4.108873E-09
Y3	-4.986077E-08	3.122043E-06	-4.634079E-10
X4	-1.174864E-10	-5.543813E-09	4.138197E-12
X2Y2	-1.279432E-10	-2.864377E-08	4.807037E-12
Y4	1.185544E-10	-1.594018E-08	1.954928E-12
X4Y	1.772174E-13	0.000000E+00	0.000000E+00
X2Y3	-3.867885E-13	0.000000E+00	0.000000E+00
Y5	1.316996E-13	0.000000E+00	0.000000E+00
X6	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
X4Y2	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
X2Y4	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
Y6	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
Nradius	1.000000E+00	1.000000E+00	1.000000E+00

[0155]

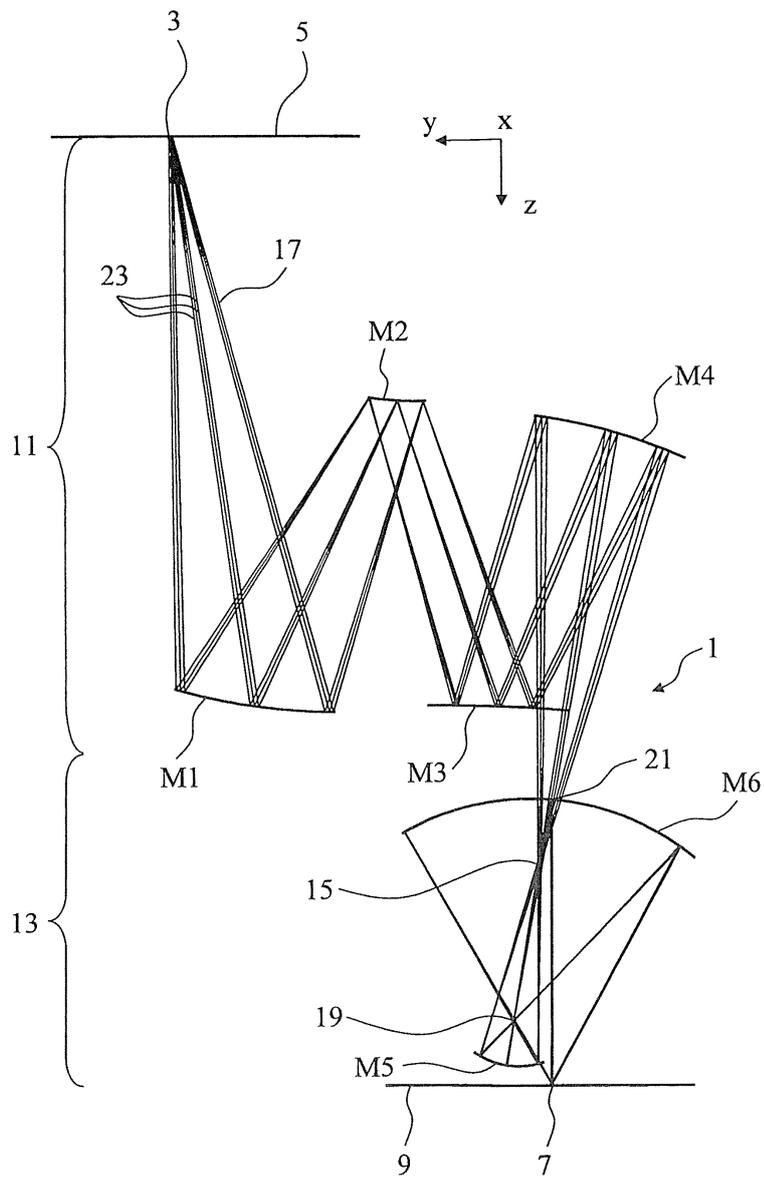
[0156] [표 5c]

	미러 M501	미러 M502	미러 M503	미러 M504	미러 M505	미러 M506	이미지 평면
Y-디센터링	-75.284	-130.437	-427.373	-494.163	-150.801	-281.343	0.000
X-회전	-2.524	-5.254	-4.596	7.632	10.998	5.971	0.000

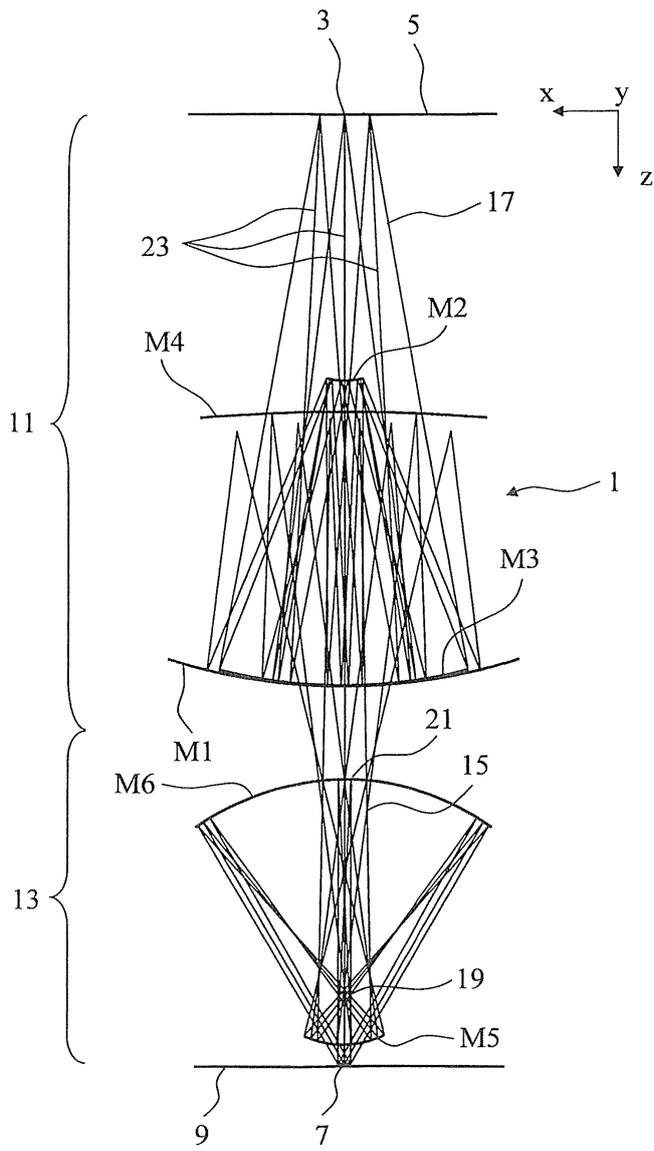
[0157]

도면

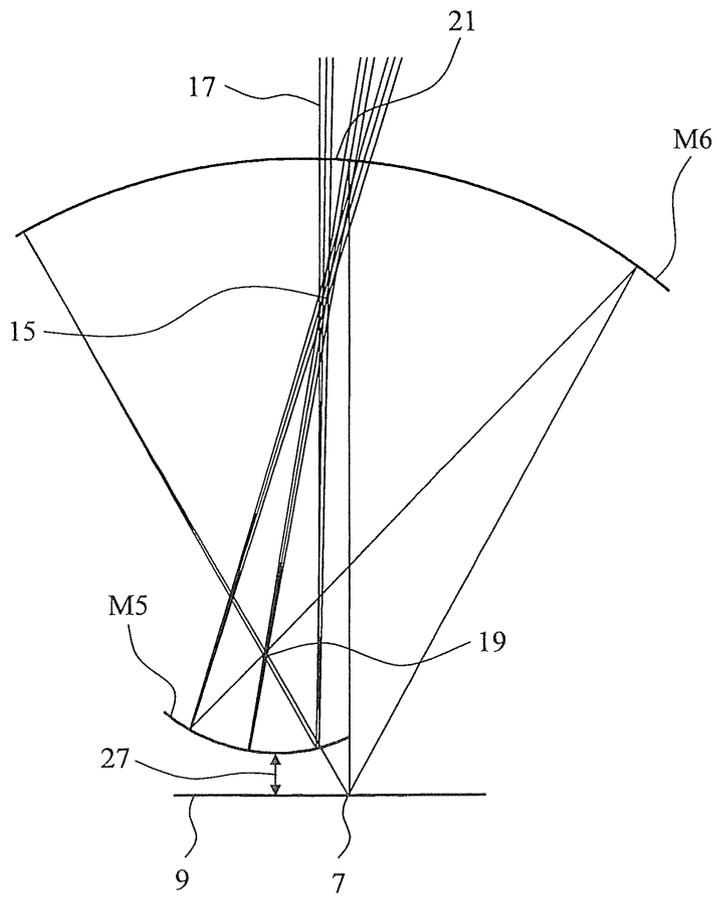
도면1



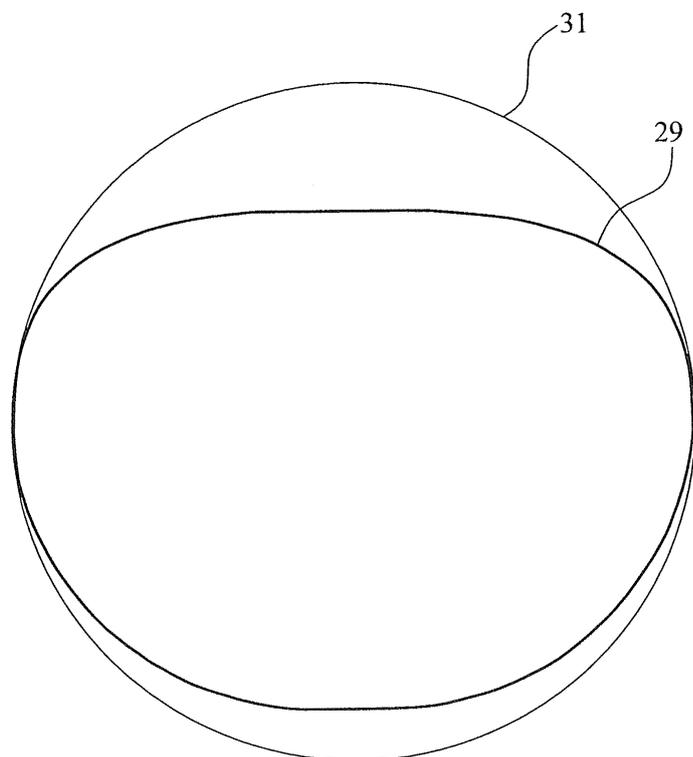
도면2



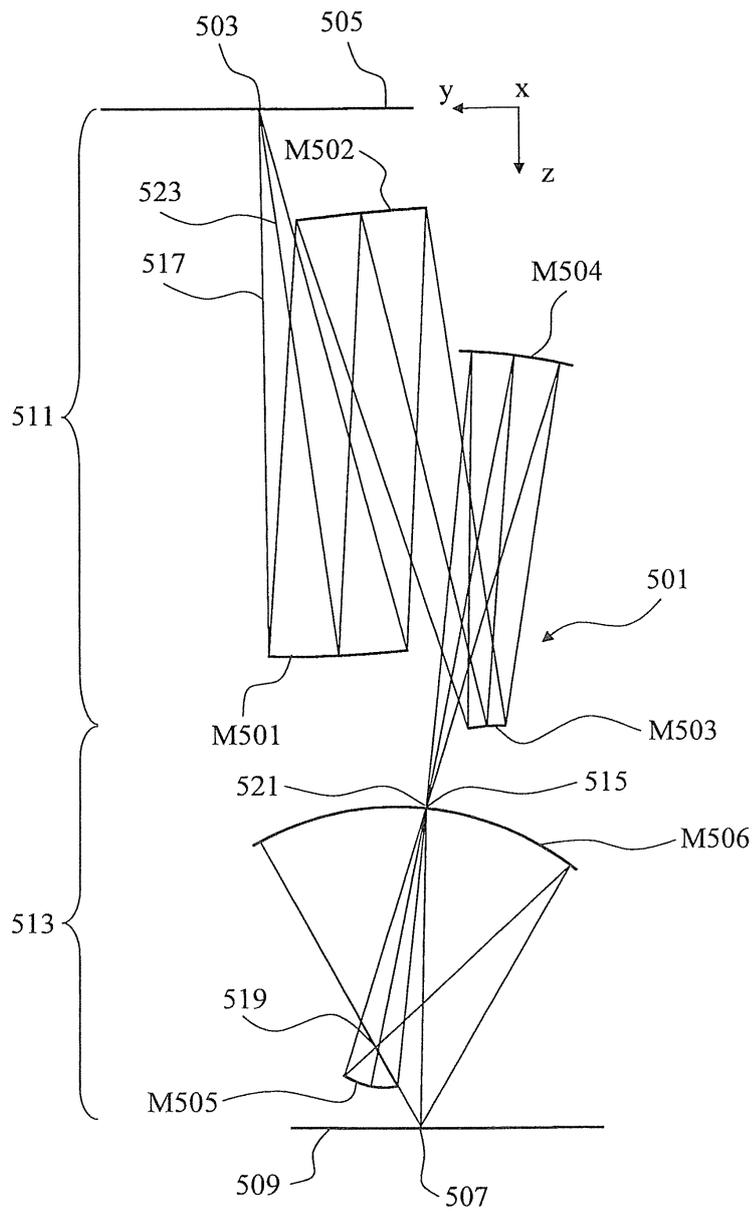
도면3



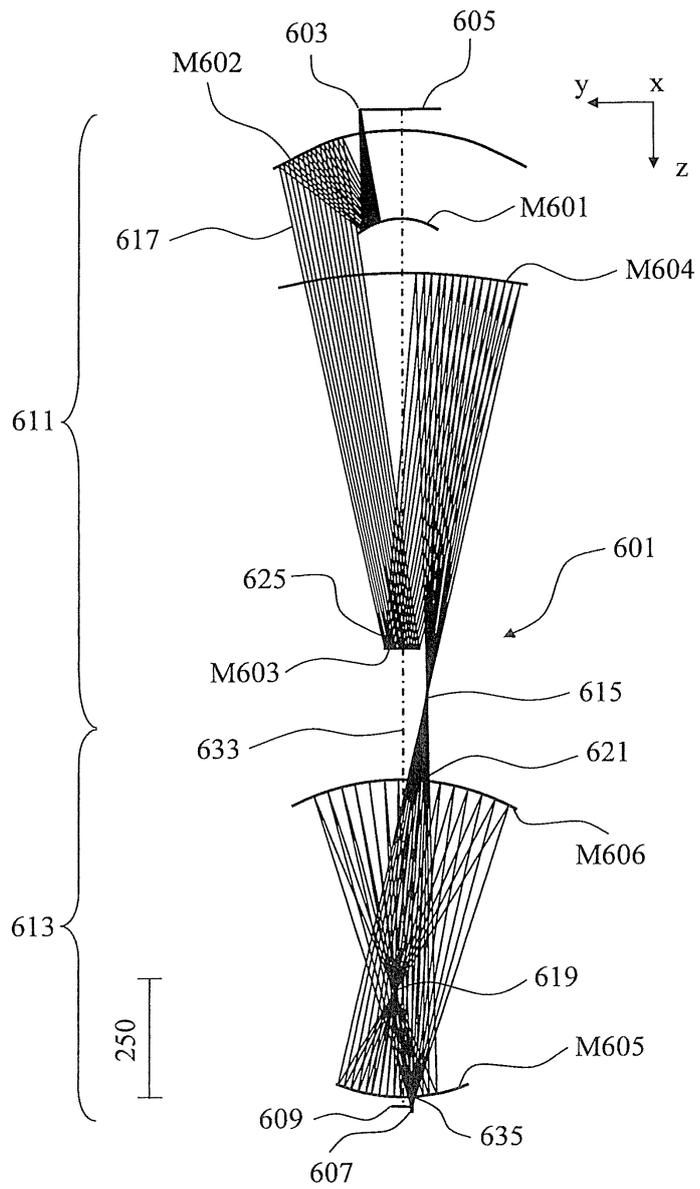
도면4



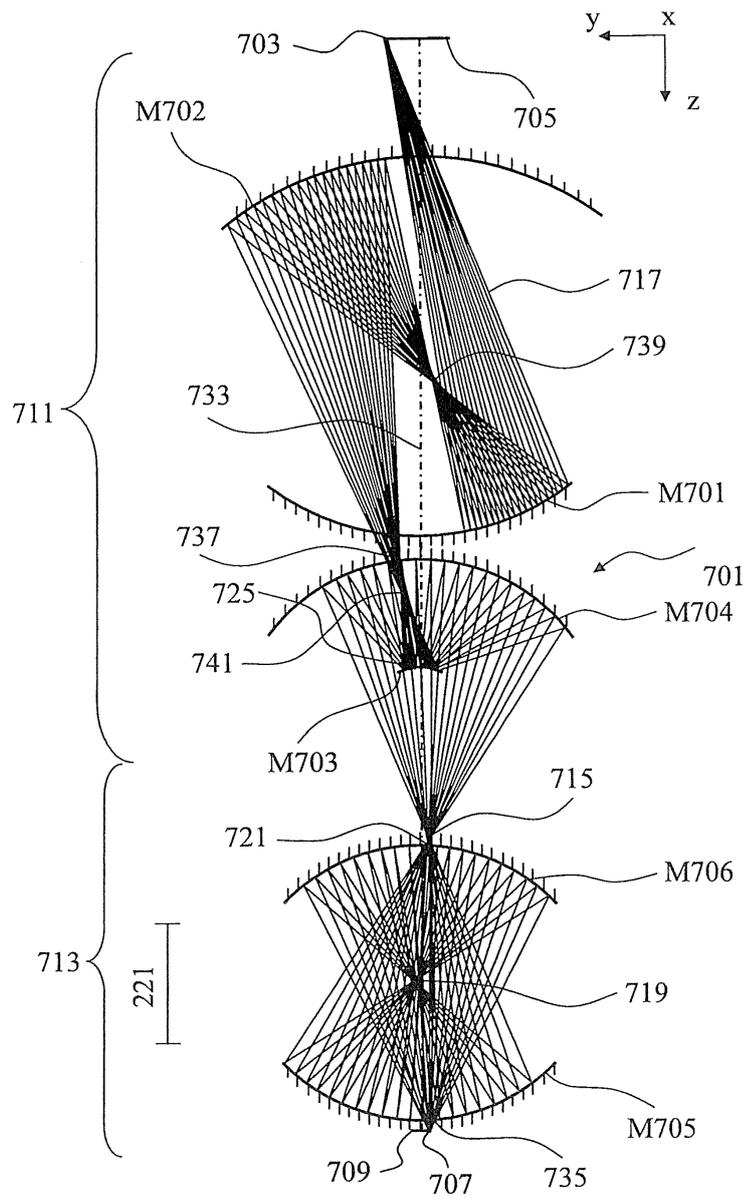
도면5



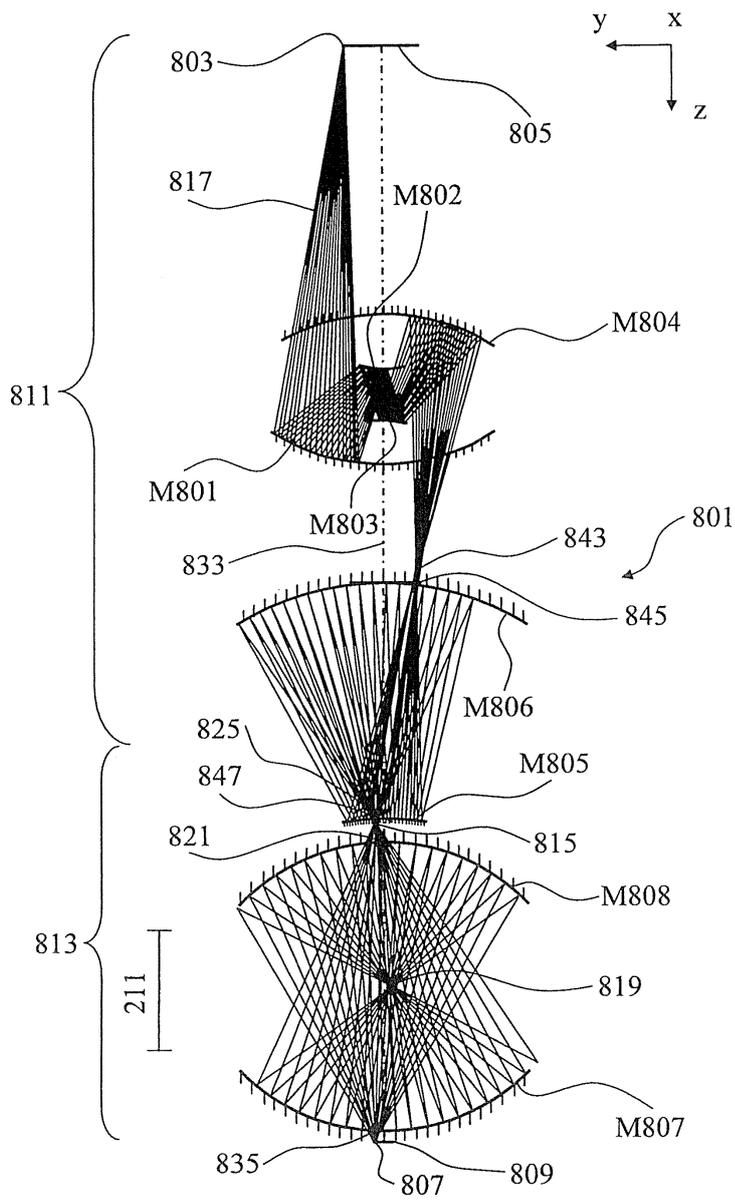
도면6



도면7



도면8



도면9

