



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년03월24일

(11) 등록번호 10-2092363

(24) 등록일자 2020년03월17일

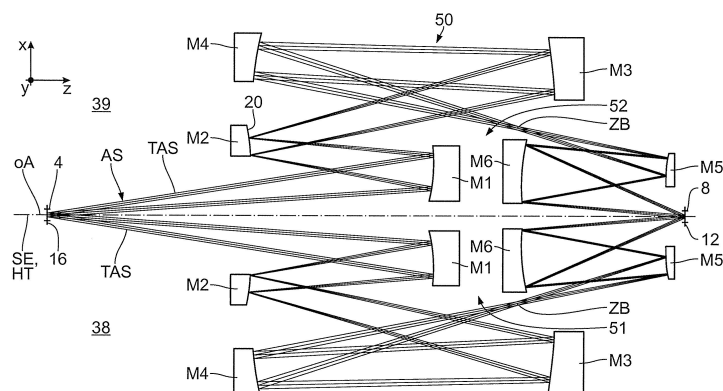
- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G02B 17/06 (2006.01) **G03F 7/20** (2006.01)
H01L 21/027 (2006.01)
- (21) 출원번호 10-2013-7030787
- (22) 출원일자(국제) 2012년05월24일
 심사청구일자 2017년05월24일
- (85) 번역문제출일자 2013년11월20일
- (65) 공개번호 10-2014-0043732
- (43) 공개일자 2014년04월10일
- (86) 국제출원번호 PCT/EP2012/059697
- (87) 국제공개번호 WO 2012/163794
 국제공개일자 2012년12월06일
- (30) 우선권주장
 10 2011 076 752.5 2011년05월31일 독일(DE)
 61/491,523 2011년05월31일 미국(US)
- (56) 선행기술조사문헌
 KR1020100069700 A*
 US20040218291 A1*
 JP11014913 A
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌
- (73) 특허권자
칼 짜이스 에스엠티 게엠베하
 독일 오버코헨 73447 루돌프-에버-슈트라쎈 2
- (72) 발명자
볼프, 알렉산더
 독일연방공화국, 73447 오버코헨, 로베르트-코흐-스트라쎈 1
- (74) 대리인
한양특허법인

전체 청구항 수 : 총 14 항

심사관 : 이병수

(54) 발명의 명칭 **이미징 광학 유닛****(57) 요약**

이미징 광학 유닛(50)은 이미지 필드(8)내에 오브젝트 필드(4)를 이미징하는 역할을 한다. 상기 오브젝트 필드(4)와 상기 이미지 필드(8) 사이의 이미징 빔 경로(AS)는 복수의 부분 이미징 빔 경로(TAS)로 세분된다. 상기 이미징 광학 유닛(50)은 상기 부분 이미징 빔 경로(TAS)가 상기 오브젝트 필드(4)와 상기 이미지 필드(8) 사이에서 서로 완전히 분리되고 이미징 광학 유닛(50)의 광학적 구성요소(M1 내지 M6)에 의해 안내되는 방식으로 나아가며, 즉, 상기 오브젝트 필드(4)와 상기 이미지 필드(8) 사이의 빔 경로의 어디에서도 상기 부분 이미징 빔 경로(TAS)는 상기 이미징 광학 유닛(50)의 빔 가이드 표면(20)의 동일 영역 상에 충돌하지 않게, 구현된다. 이것은 특히, 마이크로구조 또는 나노구조 반도체 구성요소의 해상도 능력이 증가되는 이미징 광학 유닛을 생성한다.

대표도

명세서

청구범위

청구항 1

이미지 필드(8)내에 오브젝트 필드(4)를 이미징하기 위한 이미징 광학 유닛(7; 17; 28; 50; 53; 56; 59)으로서,

- 상기 오브젝트 필드(4)와 상기 이미지 필드(8) 사이의 이미징 빔 경로(27;AS)가 복수의 부분 이미징 빔 경로(22, 23; TAS)로 개별적으로 안내되고,
- 상기 이미징 광학 유닛(7; 17; 28; 50; 53; 56; 59)은, 상기 부분 이미징 빔 경로(22, 23; TAS)가 상기 오브젝트 필드(4)와 상기 이미지 필드(8) 사이에서 서로 완전히 분리되고 상기 이미징 광학 유닛(7; 17; 28; 50; 53; 56; 59)의 광학적 구성요소(18, 19; M1 내지 M6; GI, M1 내지 M6)에 의해 안내되는 방식으로 나아가도록, 즉, 상기 오브젝트 필드(4)와 상기 이미지 필드(8) 사이의 빔 경로의 어디에서도 상기 부분 이미징 빔 경로(22, 23; TAS)는 상기 이미징 광학 유닛(7; 17; 28; 50; 53; 56; 59)의 빔 안내 표면(20)의 동일 영역 상에 충돌하지 않도록 구현되고,

상기 이미징 광학 유닛은 반사(catoptric) 광학 유닛으로서 구현되는 이미징 광학 유닛.

청구항 2

청구항 1에 있어서, 상기 부분 이미징 빔 경로(22, 23; TAS)를 안내하는 부분 광학 유닛(29, 30; 51, 52; 54, 55; 57, 58)의 적어도 2개의 상호 분리된 부분 동공(33 내지 36; 41 내지 49)을 특징으로 하는, 이미징 광학 유닛.

청구항 3

청구항 1에 있어서, 상기 이미징 광학 유닛의 부분 광학 유닛(29, 30; 51, 52; 54, 55; 57; 58) - 부분 이미징 빔 경로(TAS)를 안내함 - 의 부분 동공(33 내지 36; 41 내지 49)은 동공(32; 40)에 수직으로 나아가는 중심 광학축(oA)에 대해 다중 대칭으로 상기 이미징 광학 유닛의 동공(32; 40)에 배열되는 것을 특징으로 하는, 이미징 광학 유닛.

청구항 4

청구항 3에 있어서, 상기 부분 광학 유닛(29, 30; 51, 52; 54, 55; 57, 58)은 상기 광학축(oA)에 대해 다중 대칭으로 배열되는 것을 특징으로 하는, 이미징 광학 유닛.

청구항 5

청구항 3 또는 청구항 4에 있어서, 상기 이미징 광학 유닛의 광학적 구성요소(18, 19; M1 내지 M6)에는 상기 광학축(oA)이 나아가는 미러 대칭 평면(SE)에 대한 미러링에 의해 서로에 대한 전이(transition)가 일어나게 되는 것을 특징으로 하는, 이미징 광학 유닛.

청구항 6

청구항 3 또는 청구항 4에 있어서, 2개의 부분 광학 유닛(18, 19; 29, 30; 51, 52)의 상기 광학적 구성요소(18, 19; M1 내지 M6)는 상기 광학축(oA)이 나아가는 반공간(half-space) 분리 평면(HT)에 의해 서로로부터 분리된 2개의 반공간(38, 39) 중 하나에 각각 개별적으로 완전히 배열되는 것을 특징으로 하는, 이미징 광학 유닛.

청구항 7

청구항 2에 있어서, 상기 부분 광학 유닛(54, 55; 57, 58) 중 적어도 하나의 상기 광학적 구성요소(M1 내지 M6; GI, M1 내지 M6)는 반공간 분리 평면(HT)에 의해 서로로부터 분리되는 양쪽 반공간(38, 39)에 분산 방식으로 배열되는 것을 특징으로 하는, 이미징 광학 유닛.

청구항 8

청구항 1 내지 청구항 4 중 어느 한 항에 있어서, 오브젝트 측에서, 상기 이미징 광학 유닛(56)의 적어도 2개의 부분 광학 유닛(57, 58)의 부분 이미징 빔 경로(TAS)는 주광선(HS1, HS2)을 갖고,

- 상기 주광선은 중앙 오브젝트 필드 지점으로부터 나아가고,
- 상기 주광선은 반공간 분리 평면(HT)에 수직으로 나아가는 자오 평면(yz)에서 나아가며,
- 상기 주광선은 동일한 반공간(38)에서 나아가는 것을 특징으로 하는, 이미징 광학 유닛.

청구항 9

청구항 2 내지 청구항 4 중 어느 한 항에 있어서, 상기 부분 광학 유닛(29, 30; 51, 52; 54, 55; 57, 58) 중 적어도 하나는 0.2의 이미지측 개구수를 갖는 것을 특징으로 하는, 이미징 광학 유닛.

청구항 10

삭제

청구항 11

청구항 1 내지 청구항 4 중 어느 한 항에 있어서, 상기 광학적 구성요소의 적어도 하나는 모노리식 방식으로 구현되고, 개별적인 부분 이미징 빔 경로(TAS)를 안내하기 위한 적어도 2개의 상호 분리된 빔 안내 영역(61, 62)을 갖는 것을 특징으로 하는, 이미징 광학 유닛.

청구항 12

광학 시스템으로서,

- 상기 오브젝트 필드(4)를 조명하는 조명 광학 유닛(6)을 포함하며,
- 청구항 1 내지 청구항 4 중 어느 한 항에 기재된 이미징 광학 유닛을 포함하는, 광학 시스템.

청구항 13

투영 노광 장치(1)로서,

- 청구항 12에 기재된 광학 시스템을 포함하고,
- 광원(2)을 포함하고,
- 오브젝트 홀더(11)를 포함하며,
- 이미지 홀더(13)를 포함하는, 투영 노광 장치.

청구항 14

집적된 반도체 회로를 생성하는 방법으로서, 상기 방법은:

- 레티클(10) 및 웨이퍼(12)를 제공하는 단계,
- 청구항 13에 기재된 상기 투영 노광 장치의 도움으로 상기 웨이퍼(12)의 감광성 층 상으로 상기 레티클(10) 상의 구조를 투영하는 단계,
- 상기 웨이퍼(12) 상에 마이크로구조 또는 나노구조를 생성하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 15

청구항 14에 기재된 방법에 따라 생성되는, 집적된 반도체 회로.

발명의 설명

기술 분야

독일 특허 출원 DE 10 2011 076 752.5의 내용은 참조로 통합된다.

[0001]

[0002] 본 발명은 이미지 필드에 오브젝트 필드를 이미징하기 위한 이미징 광학 유닛에 관한 것이다. 뿐만 아니라, 본 발명은 이러한 형태의 이미징 광학 유닛과 오브젝트 필드를 조명하기 위한 조명 광학 유닛을 포함하는 광학 시스템, 이러한 형태의 광학 시스템과 광원을 포함하는 투영 노광 장치, 이러한 형태의 투영 노광 장치의 도움으로 마이크로구조 또는 나노구조의 구성요소를 생성하는 방법 및 이러한 형태의 방법에 따라 생성되는 패터닝된 구성요소에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 도입부에 언급된 형태의 이미징 광학 유닛은 US 2010/0231885 A1 및 US 7,414,781 B2로부터 알려져 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 본 발명의 목적은, 특히 마이크로구조 또는 나노구조의 반도체 구성요소의 생산에서의 용도를 위한, 이미징 광학 유닛의 해상도 성능이 증가되는 방식으로 도입부에 언급된 형태의 이미징 광학 유닛을 개발하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0005] 이러한 목적은 본 발명에 따라 청구항 1에 명시된 특징을 포함하는 이미징 광학 유닛에 의해 성취된다.

[0006] 오브젝트 필드와 이미지 필드 사이의 상호 분리된 부분 이미징 빔 경로의 본 발명에 따른 안내는, 이미징 광학 유닛의 총 개구수, 특히, 부분 이미징 빔 경로를 개별적으로 안내하는 부분적인 광학 유닛의 개구수로 구성되는 총 이미지측 개구수를 생성한다. 이는 필드측 총 개구수의 확대를 효율적으로 야기한다. 상기 총 개구수는 부분 광학 유닛의 개구수에 의해 스페닝될 수 있으므로, 총 개구수는 부분 광학 유닛의 개구수의 합보다 클 수 있다. 이미징 광학 유닛의 동공은 동공 평면에서 서로 중첩하지 않는 부분 광학 유닛의 부분 동공으로 구성될 수 있다. 이미징 광학 유닛의 동공 옅스큐레이션(pupil obscuration)은 50% 미만, 40% 미만, 35% 미만 그리고 특히 31% 일 수가 있다. 동공 옅스큐레이션의 퍼센트 수치값은 이미징 광학 유닛의 동공의 총 영역에 대한, 동공 옅스큐레이션으로 인해 마스크 아웃되는 동공 내의 영역의 비율로서 정의된다.

[0007] 청구항 2에 따른 적어도 2개의 상호 분리된 부분 동공은 먼저 부분 이미징 빔 경로가 따로 안내되는 것을 가능하게 하고 추가적으로 상이한 조명 각도로부터 조명을 생성한다. 2개 보다 많은 상호 분리된 부분 동공 또한 가능하고, 예컨대, 부분 동공 유닛의 3개 또는 4개의 상호 분리된 부분 동공은 부분 이미징 빔 경로를 안내한다. 보다 많은 수의 서로 분리된 부분 동공이 또한 가능하며, 예컨대 5개, 6개, 7개, 8개 또는 심지어 9개의 부분 동공이 가능하다.

[0008] 청구항 3에 따른 부분 동공의 다중 대칭 배열은 통상적으로 이미징될 오브젝트 구조의 대칭에 양호하게 적응된다. 다중 대칭은 2중, 3중, 4중 또는 일반적으로 n중 대칭이 될 수 있다.

[0009] 청구항 4에 따른 이미징 광학 유닛을 구축하는 부분 광학 유닛의 다중 대칭 장치는 다중 대칭적으로 배열되는 부분 동공의 장점에 해당하는 장점을 갖는다.

[0010] 청구항 5에 따른 광학 구성요소의 미리 대칭은 이미징 광학 유닛을 위한 생산 아웃레이(out lay)를 감소시킨다.

[0011] 청구항 6에 따른 광학 구성요소의 반공간(half-space) 분리는 이미징 광학 유닛의 설계를 용이하게 한다. 반공간 분리 평면은 미리 대칭과 일치할 수 있다. 반공간 분리는 부분 광학 유닛이 서로에 관해 미리 대칭적으로 배열되지 않을 때에도 실행될 수 있고, 이는 의무적인 것은 아니다.

[0012] 청구항 7에 따른 배열의 경우에, 부분 광학 유닛 중 하나의 유닛의 적어도 하나의 광학 구성요소는 하나의 반공간에 배열되고, 상기 부분 광학 유닛의 적어도 다른 광학 구성요소는 다른 반공간에 배열된다. 부분 광학 유닛의 상호침투 설계는 이런 방식으로 가능하고, 이는 설계의 자유도를 증가시킨다.

[0013] 청구항 8에 따른 배열의 경우에, 특히, 이미징되는 반사 오브젝트가 또한 사용된다. 경사 조명(oblique illumination)이 가능하다.

[0014] 청구항 9에 따른 부분 광학 유닛의 이미지측 개구수는 유리한 것으로 입증된다. 이미지측 총 개구수는 예컨대 0.5가 될 수 있다.

[0015] 청구항 10에 따른 반사 실시예는 유리한 것으로 입증된다. 예컨대 부분 광학 유닛 당 6개의 미러를 사용하는

것이 가능하다. 상이한 수의 미러, 특히, 홀수 또한 가능하다.

[0016] 청구항 11에 따른 광학 구성요소 중 적어도 하나의 모노리식 실시예는 이미징 광학 유닛의 안정성을 증가시킨다.

[0017] 청구항 12에 따른 광학 시스템, 청구항 13에 따른 투영 노광 장치, 청구항 14에 따른 마이크로구조 또는 나노구조의 구성요소를 생성하는 방법, 및 예컨대 집적된 반도체 회로, 예컨대 메모리 칩과 같은 청구항 15에 따른 패터닝 구성요소의 장점은 본 발명에 따른 이미징 광학 유닛에 관하여 상기 이미 설명된 장점에 해당한다. 특히 광원은 EUV 광원이 될 수 있고, 이는 투영 노광 장치의 높은 구조 해상도를 초래한다.

도면의 간단한 설명

[0018] 본 발명의 예시적인 실시예는 도면을 참조하여 이하에서 보다 상세히 설명된다.

도 1은 EUV 마이크로리소그래피를 위한 투영 노광 장치를 개략적으로 도시한다.

도 2는 투영 노광 장치의 투영 광학 유닛의 일 실시예를 측면도(오브젝트 평면과 이미지 평면에 수직인 도면의 평면)로 도시한다.

도 3은 도 2에 따른 투영 광학 유닛이 이미징 목적으로 도 1에 도시된 반사 마스크 대신 사용될 때 투과 마스크를 평면도로 도시한다.

도 4는 도 2에 따른 투영 광학 유닛의 입사 동공의 평면도를 도시한다.

도 5는 도 2에 따른 투영 광학 유닛 대신 투영 노광 장치에서의 용도를 위한 투영 광학 유닛의 추가 실시예를 도 2와 유사하게 도시한다.

도 6은 도 5에 따른 투영 광학 유닛의 입사 동공을 도 4와 유사하게 도시한다.

도 7은 투영 광학 유닛의 추가 실시예의 입사 동공을 도 6과 유사하게 도시한다.

도 8은 투영 광학 유닛의 추가 실시예를 자오 단면으로 도시한다.

도 9는 도 8에 따른 투영 광학 유닛의 입사 동공을 도 6과 유사하게 도시한다.

도 10은 투영 광학 유닛의 추가 실시예를 자오 단면으로 도시한다.

도 11은 도 10에 따른 투영 광학 유닛의 입사 동공을 도 6과 유사하게 도시한다.

도 12는 투영 광학 유닛의 추가 실시예를 자오 단면으로 도시한다.

도 13은 도 12에 따른 투영 광학 유닛의 입사 동공을 도 6과 유사하게 도시한다.

도 14는 투영 광학 유닛의 추가 실시예를 자오 단면으로 도시한다.

도 15는 도 14에 따른 투영 광학 유닛의 입사 동공을 도 6과 유사하게 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0019] 마이크로리소그래피를 위한 투영 노광 장치(1)는 조명광 또는 이미징 광(3)을 위한 광원(2)을 갖는다. 광원(2)은 예컨대 5nm 내지 30nm, 특히 5nm 내지 15nm의 파장 범위로 광을 생성하는 EUV 광원이다. 광원(2)은 특히 13.5nm 내지 6.9nm의 파장을 갖는 광원이 될 수 있다. LPP(레이저 생성 플라즈마) 광원 또는 GDP(가스 방전 생성 플라즈마) 광원이 포함될 수 있다. 다른 EUV 파장 또한 가능하다. 일반적으로, 예컨대 가시 파장 또는 마이크로리소그래피에서 사용될 수 있고 적절한 레이저 광원 및/또는 LED 광원을 위해 이용가능한 기타 파장과 같은 임의의 파장(예컨대, 365nm, 248nm, 193nm, 157nm, 129nm, 109nm)은 투영 노광 장치(1)에서 안내된 조명광(3)을 위해 가능하다. 조명광(3)의 빔 경로는 도 1에 상당히 개략적으로 도시된다.

[0020] 조명 광학 유닛(6)은 오브젝트 평면(5)에서 광원(2)으로부터 오브젝트 필드(4)를 향해 조명광(3)을 안내하는 역할을 한다. 투영 광학 유닛 또는 이미징 광학 유닛(7)에 의해, 오브젝트 필드(4)는 미리결정된 감소 스케일로 이미지 평면(9)에서 이미지 필드(8)내에 이미징된다. 조명 광학 유닛(6) 및 투영 광학 유닛(7)은 투영 노광 장치(1)의 광학 시스템을 구성한다. 도 2와 이후의 도면에 도시된 예시적인 실시예 중 하나는 투영 광학 유닛(7)을 위해 사용될 수 있다. 도 1에 따른 투영 광학 유닛(7)은 8의 팩터(factor)로 감소한다. 다른 감소 스케일 또한 가능하고, 예컨대, 4x, 5x, 또는 심지어 8x보다 더 큰 감소 스케일도 가능하다. EUV 파장을 갖는 조명

광(3)을 위해, 이미징될 레티클(10)의 예시로서 반사 마스크 상의 오브젝트 측 입사각이 그렇게 함으로써 작게 유지될 수 있으므로 8x의 이미징 스케일이 적절하다. 레티클(10)은 투영 노광 장치(1)에 의해 이미징될 구조를 갖는다. 더욱이, 8x의 이미징 스케일은 불필요하게 큰 마스크를 사용하는 필요성을 야기하지 않는다. 도 2 및 그 이후의 도면에 따른 실시예의 투영 광학 유닛(7)의 경우에, 이미지 평면(9)은 오브젝트 평면(5)에 평행하게 배열된다. 레티클로도 지칭되는 반사 마스크(10)로부터의 발췌(excerpt)는, 오브젝트 평면(4)과 일치하고 이러한 경우에 이미징된다. 반사 마스크(10)는 레티클 또는 마스크 홀더(11)가 지닌다.

[0021] 투영 광학 유닛(7)에 의한 이미징이 기관 또는 웨이퍼 홀더(13)가 지닌 웨이퍼의 형태로 기관(12)의 표면상에 행해진다. 도 1은 레티클(10)과 투영 광학 유닛(7) 사이에서 상기 투영 광학 유닛내로 입사하는 조명광(3)의 빔(14)과, 투영 광학 유닛(7)과 기관(12) 사이에서 투영 광학 유닛(7)으로부터 출사하는 조명광(3)의 빔(15)을 개략적으로 도시한다. 도 2에 따른 실시예의 투영 광학 유닛(7)의 이미지 필드 측 개구수는 0.4 또는 그 이상이 될 수 있다. 이것은 도 1에 일정한 비율로 도시되지 않는다.

[0022] 투영 노광 장치(1)와 투영 광학 유닛(7)의 다양한 실시예의 설명을 용이하게 하기 위하여, 카테시안 xyz 좌표 시스템이 도면에 표시되고, 이러한 시스템으로부터, 도면에 도시된 구성요소의 개별적인 위치 관계가 명백해진다. 도 1에서, x 방향은 도면의 평면에 수직으로 도면 내로 나아간다. y 방향은 우측으로 나아가고 z 방향은 아래로 나아간다.

[0023] 투영 노광 장치(1)는 스캐너 형태다. 레티클(10)과 기관(12) 양쪽은 투영 노광 장치(1)의 동작 동안 y 방향으로 스캐닝된다. 투영 노광 장치(1)의 스텝퍼 형태 - 레티클(10)과 기관(12)의 y 방향 스텝식 변위는 기관(12)의 개별 노광 사이에 발생 - 가 또한 가능하다.

[0024] 투영 광학 유닛(7)의 구성에 관한 구체적인 예시는 또한 도 8 및 그 이후의 도면 그리고 특히 도 12 및 도 13을 참조하여 이하에서 기재될 수 있을 것이다.

[0025] 도 1에 따른 실시예의 레티클(10)의 경우에서와 마찬가지로, 반사 마스크 대신에, 레티클(10)로서, 도 2의 평면 도에 도시된 위상 마스크의 형태인 투과 마스크를 사용하는 것 또한 가능하다.

[0026] 위상 마스크(16)를 이미징하는 목적으로, 도 2는 도 1에 따른 배열의 투영 광학 유닛(7) 대신 사용될 수 있는 투영 광학 유닛(17)을 도시한다. 도 1에 따른 개략도를 참조하여 상기 이미 설명된 구성요소에 해당하는 구성요소는 동일한 참조 번호를 가지며 다시 상세히 논의되지는 않을 것이다.

[0027] 투영 광학 유닛(17)은 1x의 이미징 스케일로 이미지 필드(8)에 오브젝트 필드(4)를 이미징한다.

[0028] 투영 광학 유닛(17)은 2개의 평면 미러(18, 19)를 갖고, 이것의 반사 표면(20)은 서로를 면하고 yz 평면에 평행한 평면에서 각각의 경우에 서로 평행하게 나아간다. 투영 광학 유닛(17)은 마흐-젠더(Mach-Zehnder) 간섭계의 방식으로 구성된다. 미러(18, 19)는 투영 광학 유닛(17)의 부분 광학 유닛을 구성한다.

[0029] 위상 마스크(16)는 y 방향에 평행하게 나아가는 라인 구조(21)를 갖는다. 위상 마스크(16)를 조명하는 조명 광학 유닛(6)은 조명광(3)이 시준된 방식으로 위상 마스크(16) 상에 충돌하도록 구현된다. 조명광(3)의 회절은 위상 마스크(16)의 선형 구성으로 인해 일어난다. 선 구조(21)의 피치는 조명광(3)의 파장으로 조절되어서, z 방향의 위상 마스크(16)에 충돌하는 조명광(3)은 -1차 회절 차수(22)와 +1차 회절 차수(23)로 나뉜다. 한편, -1차 회절 차수(22)와 다른 한편 +1차 회절 차수(23)의 조명광(3)의 광선은 - 이 광선들은 위상 마스크(16)에서 회절됨 - 모두 개별적으로 동일한 -1차 및 +1차 회절 각도로 정확하게 위상 마스크(16)를 떠나고 개별적으로 상기 -1차 및 +1차 회절 각도로 투영 광학 유닛(17)으로 입사한다. 그러므로, 조명광(3)은 정확히 2개의 개별 동공 위치(25, 26)에서 도 4의 평면도에 도시된 입사 동공(24)을 통과한다. 이런 경우에, 동공 위치(25)는 -1차 회절 차수(22)의 조명각을 나타낸다. 동공 위치(26)는 + 회절 차수(23)의 조명각을 나타낸다.

[0030] 2개의 회절 차수(22, 23)는 오브젝트 필드(4)와 이미지 필드(8) 사이의 조명 광학 유닛(17)의 조명광(3)의 총 이미징 빔 경로(27)의 부분 이미징 빔 경로를 나타낸다. 2개의 부분 이미징 빔 경로(22, 23)는 서로로부터 완전히 분리되고 투영 광학 유닛(17)의 광학적 구성요소, 즉, 평면 미러(18, 19)에 의해 안내되는 방식으로 오브젝트 필드(4)와 이미지 필드(8) 사이에서 나아간다. -1차 회절 차수(22)는 도 2의 우측 상의 평면 미러(19)에 의해 독점적으로 반사된다. +1차 회절 차수(23)는 도 2의 좌측 상의 평면 미러(18)에 의해 독점적으로 반사된다. 오브젝트 필드(4)와 이미지 필드(8) 사이의 이미징 빔 경로(27)에서는, 2개의 부분 이미징 빔경로(22, 23)가 투영 광학 유닛(17)의 빔 안내 표면의 동일한 지역, 즉, 평면 미러(18, 19)의 반사 표면(20) 상의 동일한 지역상에 충돌하지 않는다.

- [0031] 입사 동공(24)의 직경 - 도 4의 NA에 의해 지정됨 - 은 투영 광학 유닛(17)의 유효 개구수를 나타낸다. 1x의 이미징 스케일로 인하여, 오브젝트측 개구수(NA)는 이미지측 개구수(NA)와 정확히 동일한 크기이다. 동공 위치(25, 26)의 직경(SNA)은 회절 차수(22, 23)의 하위 개구(subaperture)를 나타낸다. 위상 마스크(16)의 완벽하게 시준된 조명의 이상적인 경우에, 하위 개구수(SNA)는 실질적으로 0이다. $SNA \ll NA$ 는 일반적으로 참이다. 비율에 있어서, 예컨대 $2 < NA/SNA < 100$ 는 참이 될 수 있다.
- [0032] 매우 단순한 방식으로 구성된 투영 광학 유닛(17)은 상당히 높은 유효 NA와 따라서 높은 해상도 능력 - 매우 작은 구조, 즉 미세 선 구조(21)의 투영 이미징을 위해 사용될 수 있음 - 을 구현하는 것을 가능하게 한다.
- [0033] 투영 광학 유닛(28)의 추가 실시예는 도 5 및 도 6을 참조하여 이하에서 기재되며, 이는 도 2에 따른 투영 광학 유닛(17) 대신 사용될 수 있다. 도 1 내지 도 4를 참조하여 상기 이미 기재된 구성요소에 해당하는 구성요소는 동일한 참조번호를 가지며 다시 상세하게 논의되지는 않을 것이다.
- [0034] 투영 광학 유닛(28)은 완벽하게 또는 거의 완벽하게 시준된 조명을 상정(presuppose)하지 않는다. 투영 광학 유닛(28)은 총 4개의 부분 렌즈를 포함하고, 2개의 부분 렌즈, 즉, 부분 렌즈(29 및 30)는 도 5를 따라 xz 중앙 평면을 따르는 부분 도시로 도시된다. 투영 광학 유닛(28)의 총 이미징 빔 경로는 AS로 지정된다. 부분 렌즈 중 하나에 의해서만 안내되는 이미징 빔 경로는 TAS로 지정된다.
- [0035] 실질적으로 xz 평면 또는 그에 인접하게 나아가는 제 1 회절 차수(31)는 오브젝트 필드(4)와 이미지 필드(8) 사이의 부분 이미징 빔 경로를 나타내고, 상기 경로는 부분 렌즈(29)에 의해 안내된다.
- [0036] 실질적으로 xz 평면 또는 그에 인접하게 나아가는 -1차 회절 차수(31a)는 오브젝트 필드(4)와 이미지 필드(8) 사이의 부분 이미징 빔 경로를 나타내고, 상기 경로는 부분 렌즈(30)에 의해 안내된다.
- [0037] 도 6은 투영 광학 유닛(28)의 입사 동공(32)을 도시한다. 입사 동공(32)의 직경 이내에서, 즉, 유효 개구수(NA) 내에서, 부분 동공(33 내지 36)은 4개의 사분면에 배열된다. 도 6의 입사 동공(32)의 좌측 사분면에 배열된 부분 입사 동공(33)은 1차 회절 차수(31)에 할당된다. 도 6의 우측 사분면에 배열된 부분 동공(34)은 -1차 회절 차수(31a)에 할당된다. 따라서, 도면의 상부 및 하부 사분면에 각각 배열된 2개의 추가 부분 동공(35, 36)은 yz 평면에서 편향된 2개의 추가 부분 렌즈(미도시)의 +/-1차 회절 차수에 할당된다.
- [0038] 부분 동공(33 내지 36)은 각각 원형 경계를 갖는다. 부분 동공(33 내지 36)은 입사 동공(32)의 동일한 직경(SNA)을 각각 갖는다. 도 6에 따른 실시예의 경우, $SNA = NA / (1 + \sqrt{2})$ 은 참이다.
- [0039] 부분 동공(33 내지 36)은 서로 완전히 분리되며, 즉, 입사 동공(32)에서 중첩되지 않는다. 부분 동공(33 내지 36) 밖에서, 옅스큐레이션 영역(37)은 입사 동공(32)에 존재하고, 상기 옅스큐레이션 평면은 이미징 광의 통과를 위해 사용되지 않는다. 투영 광학 유닛(28)은 31%의 동공 옅스큐레이션을 갖는다. 이러한 경우에, 동공 옅스큐레이션은 옅스큐레이션 영역(37) - 입사 동공(32)의 총 영역에 대한 동공 옅스큐레이션으로 인해 마스크 아웃 된 입사 동공(32) 내의 영역 - 의 비율을 나타낸다.
- [0040] 부분 동공(33 내지 36)은 입사 동공(32)에 의해 미리결정된 동공 평면에 배열되고, 상기 동공 평면은 중앙 광학 축(oA)에 대한 4중 대칭으로 xy 평면에 평행하게 나아간다. 광학축(oA)은 입사 동공(32)의 동공 평면에 수직으로 나아간다. 광학축(oA)은 오브젝트 평면(5)에 수직으로 나아간다. 광학축(oA)은 이미지 평면(9)에 수직으로 나아간다.
- [0041] 광학축(oA)에 대한 부분 동공(33 내지 36)의 배열의 다중 대칭에 따라, 투영 광학 유닛(28)의 부분 렌즈(29, 30) 및 2개의 추가의 부분 렌즈(도 5에 미도시)가 광학축(oA)에 대하여 다중 대칭으로 또한 배열된다. 투영 광학 유닛(28)의 부분 광학 유닛, 즉, 예컨대, 부분 광학 유닛(29 및 30)에는 광학축(oA)이 나아가는 미러 대칭 평면(SE)에 대한 미러링에 의해 서로에 대한 전이(transition)가 일어나게 된다. 2개의 부분 광학 유닛(29, 30)의 경우, 미러 대칭 평면(SE)은 도 5의 이미지 평면에 수직으로 나아가며, 즉, yz 평면에 평행한 평면이다. 투영 광학 유닛(28)의 다른 2개의 부분 렌즈(미도시)를 위한 추가 미러 대칭 평면은 도 5의 도면의 평면과 일치한다.
- [0042] 2개의 부분 광학 유닛(29, 30)의 광학 구성요소는, 광학축(oA)이 나아가는 반공간 분리 평면(HT)에 의해 서로 분리되는 2개의 반공간(38, 39) 중 각각 하나에서 완전히 연장한다. 도 5에 따른 실시예의 경우, 반공간 분리 평면(HT)은 미러 대칭 평면(SE)과 일치한다.

- [0043] 위상 마스크(16) 상의 x 방향 및/또는 y 방향으로 나아가는 구조가 바람직하게 그리고 투영 광학 유닛(28)에 의한 우수하고 높은 해상도의 이미징 품질로 이미징될 수 있도록 부분 동공(33 내지 36)이 배열된다.
- [0044] 도 7은 총 9개의 부분 동공(41 내지 49)을 갖는 투영 광학 유닛(미도시)의 추가 실시예의 입사 동공(40)을 도 6과 유사하게 도시한다. 도 1 내지 도 6에 따른 실시예를 참조하여 상기 이미 기재된 구성요소에 해당하는 구성요소는 동일한 참조 번호를 가지며 다시 상세히 논의되지는 않을 것이다.
- [0045] 부분 동공(41)은 입사 동공(40)의 중앙에 위치하고 입사 동공(40)에서 직경(SNA1)을 갖는다. 4개의 추가 부분 동공(42 내지 45)은 도 5 및 도 6에 따른 실시예의 부분 동공(33 내지 36)에 비교가능한 방식으로 입사 동공(40)의 4개의 사분면에 배열된다. 부분 동공(42 내지 45)은 또한 입사 동공(40)의 직경(SNA1)을 갖는다. 비율(SNA1/NA)은 도 6에 따른 배열의 경우 보다 도 7에 따른 배열의 경우 더 작다. 부분 동공(42 내지 45) 중에서 인접 부분 동공 사이에서 각각의 경우에 원주 방향으로, 남아있는 4개의 부분 동공(46 내지 49)은 입사 동공(40)에 위치하고 입사 동공(40)에서 SNA2의 직경을 갖는다. SNA1>SNA2는 참이다. 부분 동공(41 내지 49)은 또한 입사 동공(40)에서 중첩되지 않는다. 모든 부분 동공(41 내지 49)은 서로 공간적으로 분리된다.
- [0046] 부분 동공(42 내지 49)은 입사 동공(40)에 새겨져서(inscribe), 부분 동공(42 내지 49) 주변의 원주 선은 상기 입사 동공(40) 주변의 원주선에 접촉한다.
- [0047] 부분 동공(41 내지 49)을 갖는 부분 광학 유닛 또는 부분 렌즈를 갖는 투영 광학 유닛의 구성은, 레티클 상의 비교적 더 복잡한 구조, 특히, 반사 마스크(10) 및/또는 위상 마스크(16)를 이미징하는 것을 가능하게 한다.
- [0048] 부분 동공(41 내지 49)이 할당되는 부분 광학 유닛은 또한 서로로부터 공간적으로 분리된다.
- [0049] 투영 광학 유닛(50)의 추가 실시예는 도 8 및 도 9를 참조하여 이하에서 기재되고, 이는 투영 광학 유닛(7, 17 및 28) 대신 사용될 수 있다. 도 1 내지 도 7을 참조하여 상기 이미 기재된 구성요소 및 기능은 동일한 참조 번호를 가지며 다시 상세히 논의되지는 않을 것이다. 투영 광학 유닛(50)은, 도 5에 따른 투영 광학 유닛(28)에 비교가능한 방법으로, 총 4개의 부분 렌즈 또는 부분 광학 유닛을 가지며, 이들 중 2개의 부분 렌즈(51, 52)는 도 8에 도시된다. 투영 광학 유닛(50)은 순수하게 미러를 포함하는 광학 유닛, 즉, 반사 광학 유닛으로서 전체적으로 구현된다. 부분 렌즈(51, 52)의 미러(M1 내지 M6)는 오브젝트 필드(4)로부터 시작하는 이미징 광(3)을 반사하는 순서로 연속적으로 넘버링된다.
- [0050] 투영 광학 유닛(28)의 부분 렌즈(29, 30)에 비교가능한 방법으로, 부분 렌즈(51, 52)는 또한 미러 대칭 평면(SE)에 관하여 미러 대칭이고 반공간 분리 평면(HT)에 의해 서로로부터 분리된다. 이것은 따라서 도 8에 도시되지 않은 투영 광학 유닛(50)의 2개의 부분 렌즈에 참이다.
- [0051] 부분 렌즈(51)는 광학 설계에 따라, US 7,414,781 B2의 도 12에 개시된 이미징 광학 유닛과 일치한다.
- [0052] 투영 광학 유닛(50)의 경우에, 입사 동공의 부분 동공의 배열은 투영 광학 유닛(28)의 배열과 일치한다. 도 9는 투영 광학 유닛(50)을 위한 상기 부분 동공의 배열을 다시 도시한다. 부분 동공(33)은 부분 렌즈(51)의 입사 동공에 해당한다. 부분 동공(34)은 부분 렌즈(52)의 입사 동공에 해당한다. 도 9에 따른 부분 동공(35 및 36)을 갖는 2개의 부분 동공 렌즈(도 8에는 미도시)의 개별 미러(M1 내지 M6)은 +/- y 방향으로 xz 평면(도 8의 도면의 평면)으로부터 이격된 방식으로 상응하는 구조로 배열된다. 도시되지 않은 2개의 부분 렌즈에 있어서, 도 8에 따른 도면의 평면은 한편으로 미러 대칭 평면을 나타내고 다른 한편으로는 반공간 분리 평면이다. 이러한 추가 부분 렌즈는 부분 렌즈(51, 52)와 동일한 방식으로 구성된다.
- [0053] 부분 렌즈(51, 52)는 각각 미러(M4 및 M5) 사이의 개별 부분 이미징 빔 경로의 중간 이미지(ZB)를 갖는다. 부분 렌즈(51, 52)의 2개의 중간 이미지(ZB)는 이들이 서로로부터 완전히 공간적으로 분리되게 배열된다.
- [0054] 투영 광학 유닛(53)의 추가 실시예는 도 10 및 도 11을 참조하여 이하에서 기재되고, 이는 투영 광학 유닛(50) 대신 사용될 수 있다. 도 1 및 도 9, 특히 도 8 및 도 9를 참조하여 상기 이미 기재된 구성요소와 기능에 해당하는 구성요소와 기능은, 동일한 참조 번호를 가지며 다시 상세히 논의되지는 않을 것이다.
- [0055] 반공간 분리 평면(HT)에 의해 서로로부터 완전히 분리된 방식인 투영 광학 유닛(50)의 부분 렌즈(51, 52)의 배열과는 반대로, 투영 광학 유닛(53)의 부분 렌즈(54, 55)의 배열은, 각각의 경우에 부분 렌즈(54, 55)의 미러(M1 내지 M4)가 2개의 반공간(38, 39) 중 하나에 배열되고, 미러(M5, M6)는 2개의 반공간(38, 39) 중 다른 하나에 배열되는 것이다. 부분 렌즈(54)의 경우, 미러(M1 내지 M4)는 반공간(38)에 배열되고, 미러(M5 및 M6)는 반공간(39)에 배열된다. 부분 렌즈(55)의 경우에, 미러(M1 내지 M4)는 반공간(39)에 배열되고, 미러(M5 및 M6)는 반공간(38)에 배열된다. 그러므로, 부분 렌즈(54, 55)는 관통 설계를 갖는다. 2개의 반공간의 이러한 배열에

도 불구하고, 2개의 부분 렌즈(54, 55)는 미리 대칭 평면(SE)에 대한 미러링에 의해 서로 전이(transition)를 겪는다.

[0056] 도 11에 따른 부분 동공(35, 36)과 관련된 2개의 추가 부분 렌즈(도 10에서 미도시)는 도 10의 도면의 평면에 의해 서로로부터 분리된 2개의 반공간에서 분산된 방식으로 배열되는 미리(M1 내지 M6)로 적절하게 배열된다.

[0057] 투영 광학 유닛(56)의 추가 실시예는 도 12 및 도 13을 참조하여 이하에서 기재된다. 도 1 내지 도 11을 참조하여 상기 이미 기재된 구성요소에 해당하는 구성요소는 동일한 참조 번호를 갖고 다시 상세히 논의되지는 않을 것이다.

[0058] 예컨대, 도 8 및 도 10에 따른 도시와는 반대로, 도 12는 yz 평면에 평행하게 취해지는 자오 단면을 도시한다.

[0059] 투영 광학 유닛(56)의 부분 렌즈(57)는 도 13에 따른 부분 동공(35)에 속한다. 부분 렌즈(58)는 도 13에 따른 부분 동공(36)에 속한다. 그러므로 부분 동공(35)에 속한 부분 렌즈(57)의 부분 이미징 빔 경로는 오브젝트 필드(4)의 중앙점, 즉, 중앙 오브젝트 필드 점에서 출사하는 주광선(HS1)을 갖는다. 따라서, 부분 렌즈(58)는 마찬가지로 중앙 오브젝트 필드 점으로부터 출사하는 주광선(HS2)을 갖는다. 2개의 부분 렌즈(57, 58)의 2개의 주광선(HS1, HS2)은 yz 평면에서, 즉, 2개의 반공간(38, 39) 사이의 주 분리 평면(HT) - xz 평면에 평행하게 나아감 - 에 수직으로 나아가는 평면에서 나아간다. 양쪽 주광선(HS1, HS2)은 오브젝트 필드(4)로부터 진행하여 동일한 반공간(38)에서 나아간다. 이것은 투영 광학 유닛(50, 53)으로부터 투영 광학 유닛(56)을 구분지으며, 여기서, 2개의 부분 광학 유닛의 주광선 - 중앙 오브젝트 필드 점으로부터 진행함 - 은 서로에 관해 각각 미리 대칭이고, 상이한 반공간(38, 39)에서 나아간다.

[0060] 동일한 반공간으로부터 나아가는 투영 광학 유닛(56)의 2개의 주광선(HS1, HS2)의 경로는 반사 마스크(10)를 사용하는 것을 가능하게 하고 이 마스크(10)는 투영 광학 유닛(56)에 의해 이미징된다. 이러한 반사 레티클(10)의 조명을 위한 조명 빔 경로(BS)는 도 12의 화살표로 표시된다. 광학축(oA)에 대한 각도로 오브젝트 필드(4) 상에 충돌하는 이러한 조명은 또한 사선 조명(oblique illumination)으로 지정된다. 사선 조명은 투영 광학 유닛(56)의 광학축(oA) 상에 조명 동공의 중심이 위치하지 않는 사실에 의해 정의된다. 이는 도 13의 입사 동공(32)의 좌표 표시에 의해 명확해진다. 광학축은 입사 동공(32)이 위치하는 동공 평면과 좌표(0,0)에서 교차한다. 입사 동공(32)의 중심은 좌표(0, NA/2)에 위치한다.

[0061] 2개의 부분 렌즈(57, 58)는 광학축을 포함하고 도 12의 도면의 평면에 수직인 평면에서의 미러링에 의해 서로에 대한 전이를 겪지 않는다. 오브젝트 필드(4)와 제 1 법선 입사 미러(M1) 사이에서, 부분 렌즈(58)는 그레이징 입사 미러(GI)를 갖는다. 이러한 응용을 목적으로, 법선 입사 미러는 최대 30°의 입사 각을 갖는 미러이다. 그레이징 입사 미러는 적어도 60°의 입사각을 갖는 미러이다.

[0062] 그레이징 입사 미러(GI)를 제외하고, 부분 렌즈(58)는 부분 이미징 빔 경로의 추가 경로에서 6개의 미러(M1 내지 M6)를 갖는다. 부분 렌즈(57)는 오브젝트 필드(4)와 이미지 필드(8) 사이에 6개의 미러(M1 내지 M6)를 갖는다. 그러므로, 2개의 부분 렌즈(57, 58)는 상이한 수의 미러를 갖는다.

[0063] 투영 광학 유닛(59)의 추가 실시예는 도 14 및 도 15를 참조하여 이하에서 기재되며, 이는 상기 기재된 투영 광학 유닛 대신 사용될 수 있다. 도 1 내지 도 13을 참조하여 상기 이미 기재된 구성요소 및 기능에 해당하는 것은 동일한 참조 번호를 가지며 다시 상세히 논의되지 않을 것이다.

[0064] 도 8에 따른 투영 광학 유닛(50)과는 반대로, 투영 광학 유닛(59)은 2개의 부분 렌즈(51, 52)의 미러(M6) 대신 모노리식으로 구현된 미러 구성요소(60)를 갖고, 상기 미러(M6)는 서로로부터 분리되게 구현된다. 상기 미러 구성요소는 투영 광학 유닛(59)의 부분 렌즈(51) 및 한편으로는 부분 렌즈(52)의 이미징 광을 개별적으로 안내하기 위한, 즉, 2개의 부분 렌즈(51, 52)를 통해 안내된 방식으로, 투영 광학 유닛(59)의 개별 부분 이미징 빔 경로를 안내하기 위한 2개의 상호 분리된 빔 안내 영역(61, 62)을 갖는다.

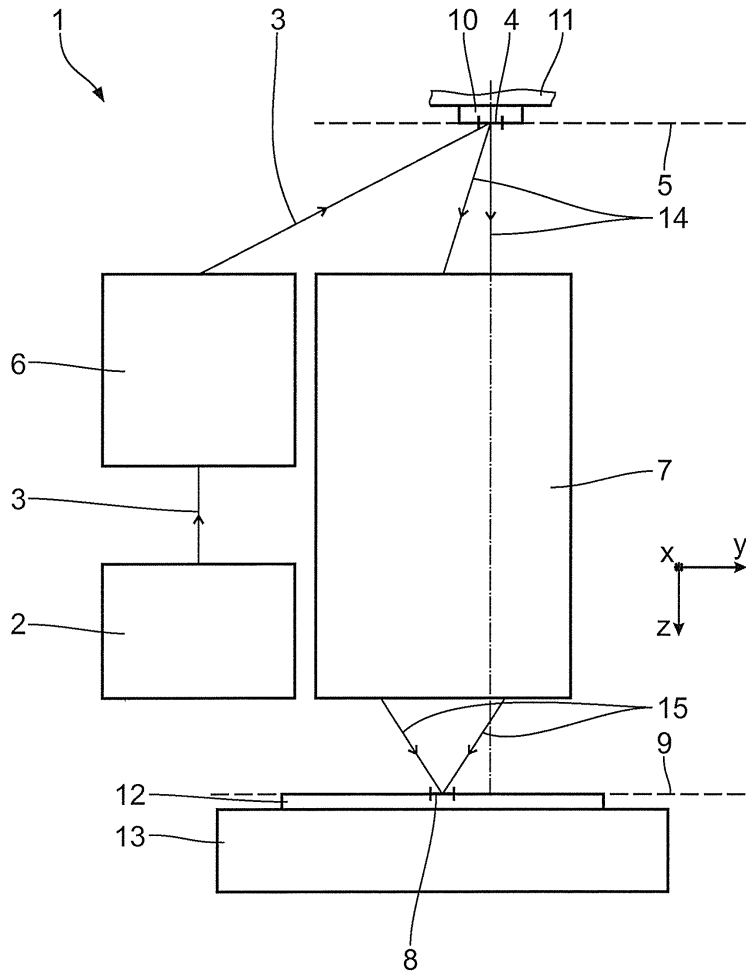
[0065] 모노리식 미러 구성요소(60)는 부분 이미징 빔 경로를 안내하기 위한 4개의 상호 분리된 빔 안내 영역을 전체적으로 가질 수 있고, 이는 투영 광학 유닛(59)의 부분 동공(33 내지 36)에 할당된다. 이러한 추가 부분 렌즈의 2개의 추가 빔 안내 영역(도 14에 미도시)은 +/- y 방향으로 도 14의 도면의 평면으로부터 이격된 방식으로 배열되고 도 14에 도시되지 않은 투영 광학 유닛(59)의 2개의 부분 렌즈에 속한다.

[0066] 패터닝된 구성요소를, 즉, 예컨대 메모리 칩의 형태와 같은 집적 회로의 형태인 반도체 구성요소를 생성하기 위하여, 먼저 레티클(10)과 웨이퍼(12)가 제공된다. 이후에, 레티클(10) 상의 구조는 투영 노광 장치(1)의 도움으로 웨이퍼(12)의 감광성 층상으로 투영된다. 감광성 층을 현상함으로써, 마이크로구조 또는 나노구조가 웨이

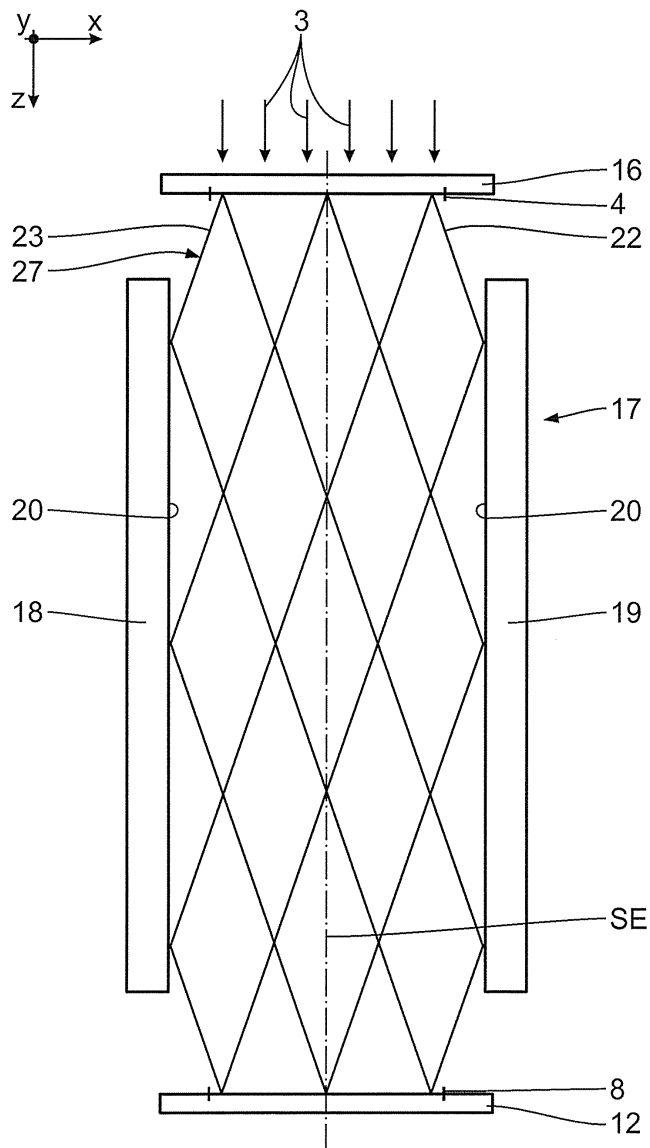
퍼(12)상에서 생성된다. 고개구수 및 이에 따른 높은 구조 해상도로의 오브젝트 필드의 이미징은 서로로부터 분리되어 나아가는 부분 이미징 빔 경로를 통해 이미징광(3)의 유도로 인해 보장된다.

도면

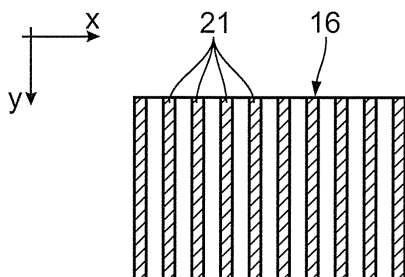
도면1



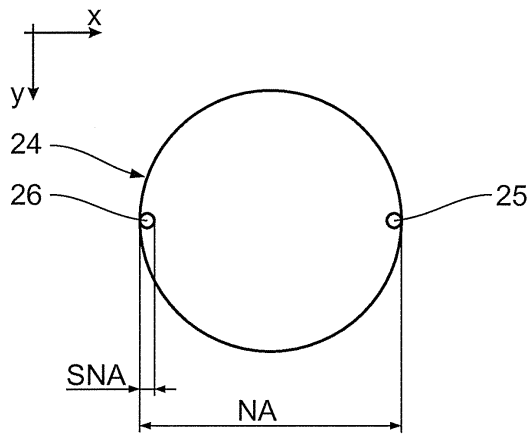
도면2



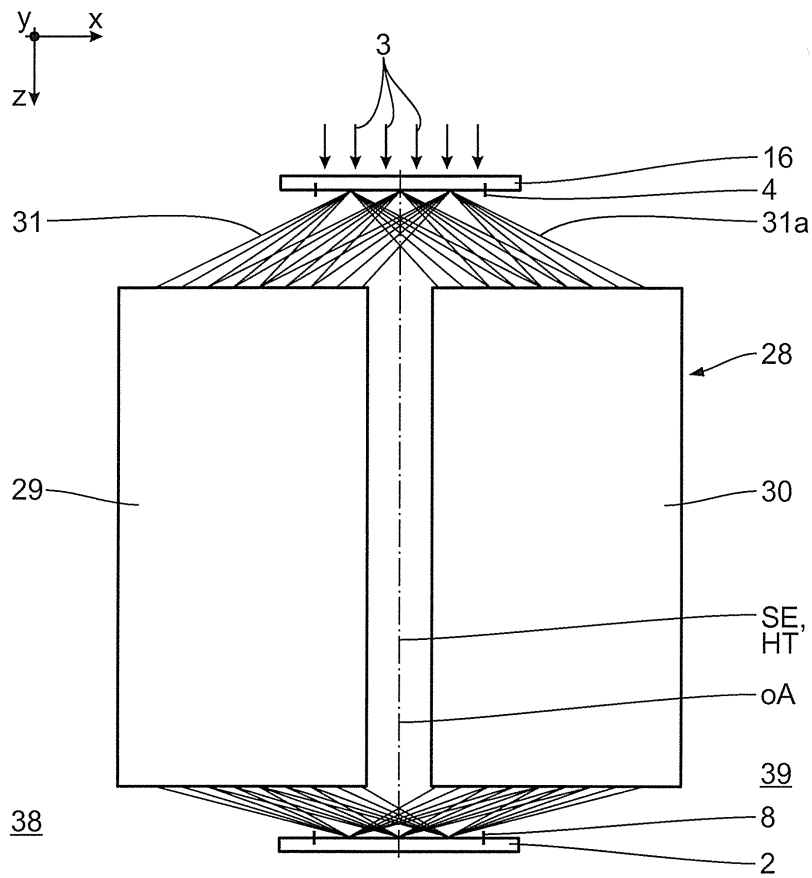
도면3



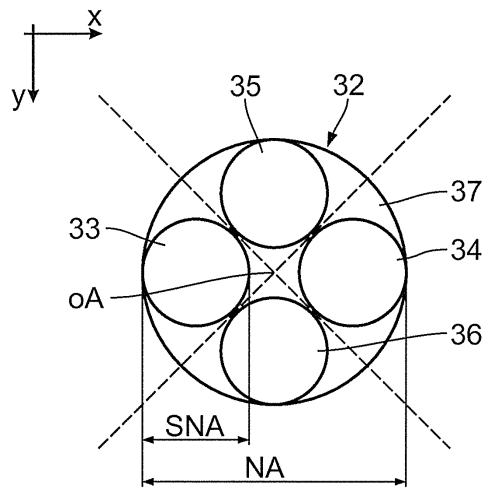
도면4



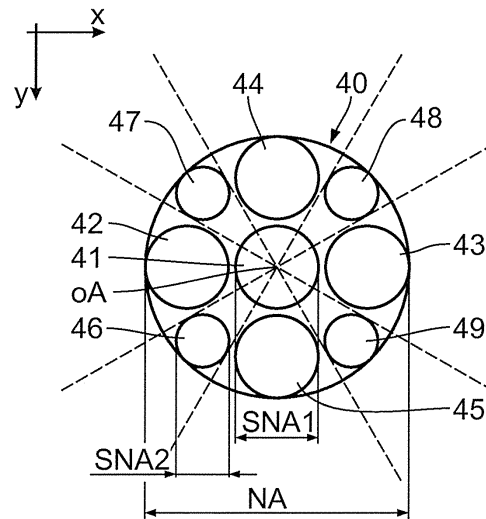
도면5



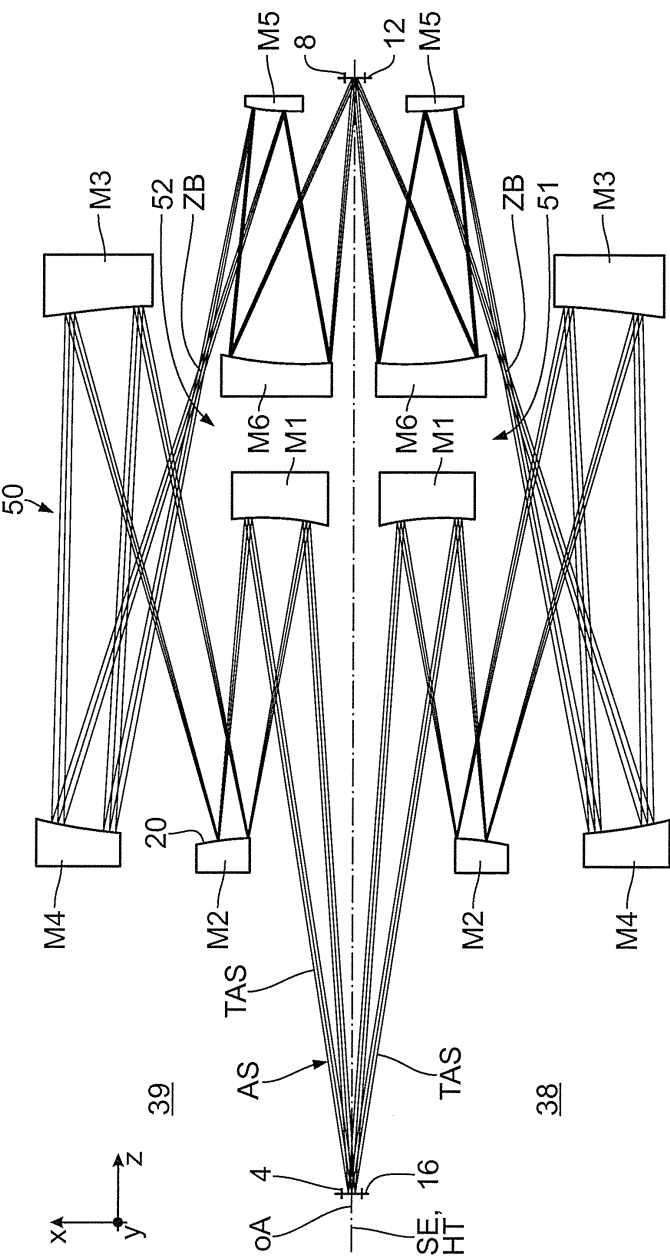
도면6



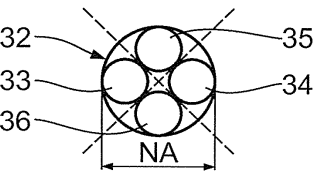
도면7



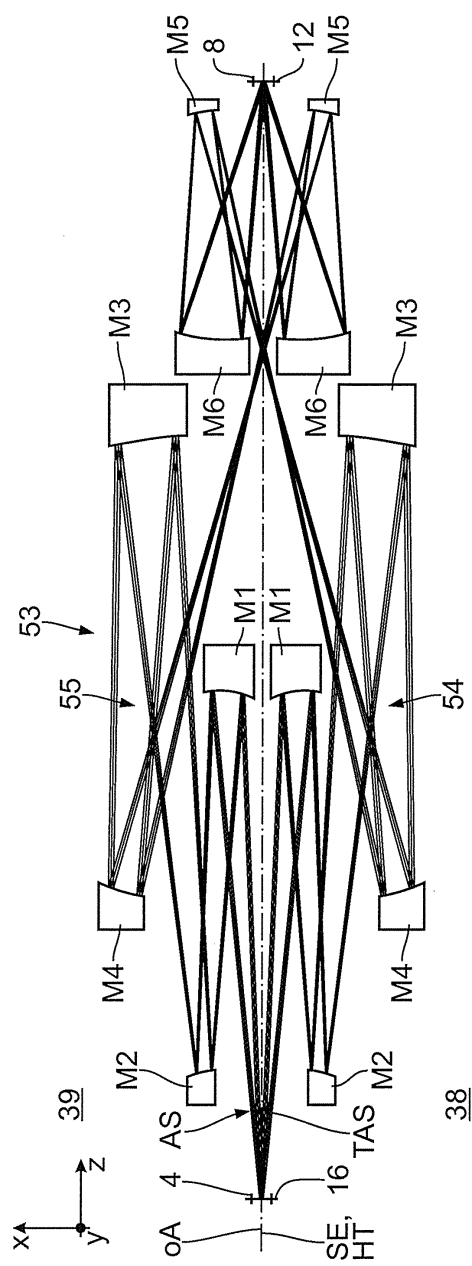
도면8



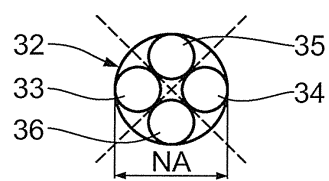
도면9



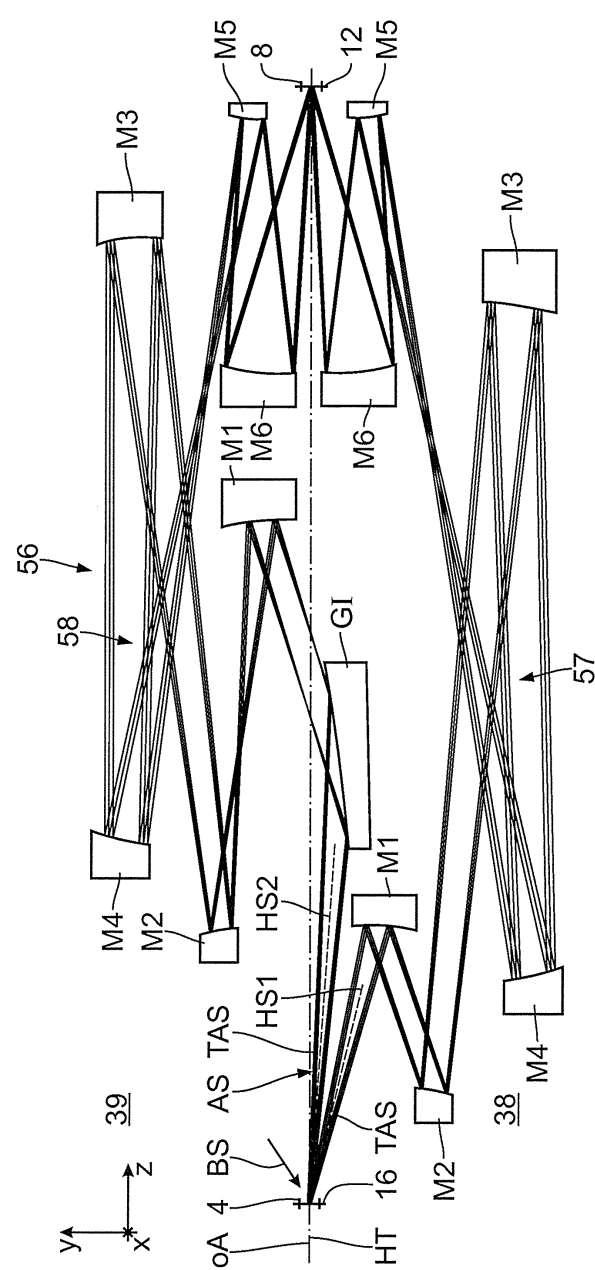
도면10



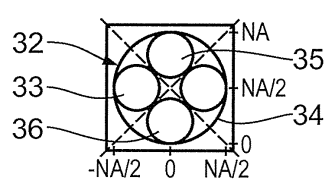
도면11



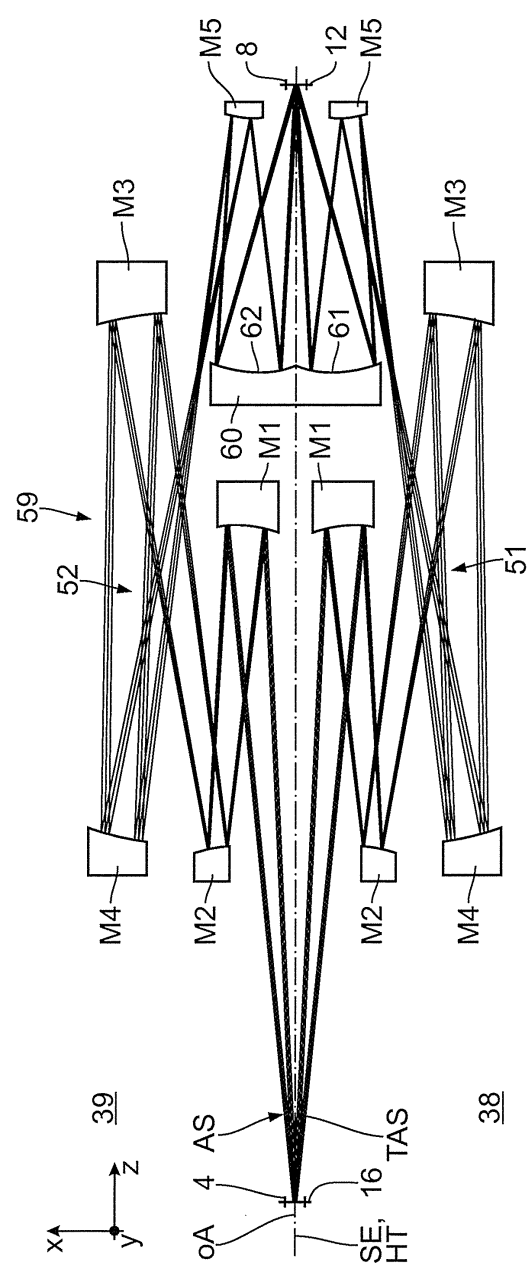
도면12



도면13



도면14



도면15

