



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년10월04일

(11) 등록번호 10-2003073

(24) 등록일자 2019년07월17일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G02B 13/08 (2006.01) G02B 17/06 (2006.01)
G03F 7/20 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2013-7006685

(22) 출원일자(국제) 2011년09월13일

심사청구일자 2016년09월12일

(85) 번역문제출일자 2013년03월15일

(65) 공개번호 10-2013-0141462

(43) 공개일자 2013년12월26일

(86) 국제출원번호 PCT/EP2011/065823

(87) 국제공개번호 WO 2012/034995

국제공개일자 2012년03월22일

(30) 우선권주장

10 2010 040 811.5 2010년09월15일 독일(DE)

61/383,079 2010년09월15일 미국(US)

(56) 선행기술조사문헌

JP2004128449 A*

JP2008176326 A*

US20100231883 A1

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

칼 짜이스 에스엠티 게엠베하

독일 오버코헨 73447 루돌프-에버-슈트라쎈 2

(72) 발명자

만, 한스-위르겐

독일연방공화국, 73447 오버코헨, 카첸바흐슈트라쎈 49

(74) 대리인

한양특허법인

전체 청구항 수 : 총 13 항

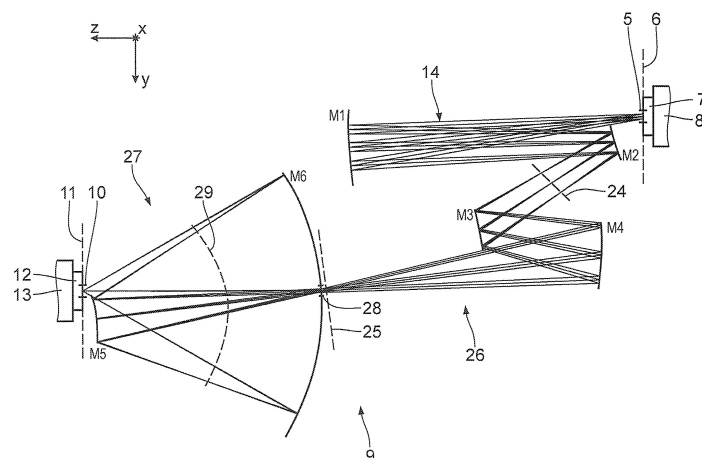
심사관 : 이병수

(54) 발명의 명칭 이미징 광학 시스템

(57) 요약

투영 노광 시스템을 위한 이미징 광학 시스템(9)은 적어도 하나의 아나모픽하게 이미지 처리하는 광학 소자(M1 내지 M6)를 갖는다. 이는 큰 오브젝트-측 개구수를 갖는 제1 방향으로의 이미지 필드의 완벽한 조명을, 이미지 처리될 레티클의 크기가 확대될 필요없이 및 투영 노광 시스템의 처리량의 감소가 발생하지 않고, 가능하게 한다.

대표도



명세서

청구범위

청구항 1

이미징 광학 시스템으로서,

적어도 4개의 미러와 제1 방향의 제1 이미징 스케일과 상기 제1 방향과 직교하는 제2 방향의 제2 이미징 스케일을 갖는 아나모픽하게(anamorphically) 이미징하는 투영 렌즈 시스템을 가지며,

상기 제1 및 제2 이미징 스케일은 상기 제1 방향과 상기 제2 방향에서 동일한 부호를 가지며, 상기 제1 이미징 스케일에 대한 상기 제2 이미징 스케일의 비율은 적어도 4:3이며, 상기 이미징 광학 시스템은 마이크로리소그래피 이미징 광학 시스템인, 이미징 광학 시스템.

청구항 2

청구항 1에 있어서, 상기 아나모픽하게 이미징하는 투영 렌즈 시스템은 제1 부분 렌즈 시스템 및 제2 부분 렌즈 시스템을 가지며, 상기 제1 부분 렌즈 시스템은 아나모픽하게 이미지 처리하는, 이미징 광학 시스템.

청구항 3

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서, 상기 아나모픽하게 이미징하는 투영 렌즈 시스템은 원형 출사 동공을 갖는, 이미징 광학 시스템.

청구항 4

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서, 상기 아나모픽하게 이미징하는 투영 렌즈 시스템은 자유형태(freeform) 면을 갖는 적어도 하나의 미러를 포함하는 것을 특징으로 하는, 이미징 광학 시스템.

청구항 5

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서, 제1 방향의 제1 이미징 스케일 및 제2 방향의 제2 이미징 스케일로서, 상기 제2 이미징 스케일은 상기 제1 이미징 스케일 크기의 적어도 1.5배인 것을 특징으로 하는, 이미징 광학 시스템.

청구항 6

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서, 상기 이미징 광학 시스템은, 방향-의존성 오브젝트-측 개구수를 갖는, 이미징 광학 시스템.

청구항 7

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서,

상기 이미징 광학 시스템은,

적어도 0.4인 이미지-측 개구수,

필드 중심 포인트에 대해 7° 미만의 오브젝트-측 메인 빔 각도, 및

상기 이미징 광학 시스템의 스캐닝 방향에 대해 수직인 방향으로 13mm 보다 큰 폭을 갖는 이미지 필드를 갖는, 이미징 광학 시스템.

청구항 8

조명 광학 시스템으로서,

동공 패싯(pupil facet) 미러를 포함하며,

상기 동공 패싯 미러는 타원형이며 적어도 10%만큼 서로 상이한 반축 길이를 가지며, 상기 조명 광학 시스템은 마이크로리소그래피 조명 광학 시스템인, 조명 광학 시스템.

청구항 9

삭제

청구항 10

광학 시스템으로서,

청구항 1 또는 청구항 2에 기재된 이미징 광학 시스템; 및

방사선원으로부터의 방사선을 상기 이미징 광학 시스템의 오브젝트 필드로 전송하도록 구성된 조명 광학 시스템을 포함하는, 광학 시스템.

청구항 11

투영 노광 시스템으로서,

방사선을 생성하도록 구성된 방사선원; 및

청구항 10에 기재된 광학 시스템을 포함하는, 투영 노광 시스템.

청구항 12

청구항 11에 있어서, 스캐닝 방향으로 변위될 수 있는 레티클 홀더를 더 포함하며, 상기 이미징 광학 시스템의 이미징 스케일이 상기 스캐닝 방향에 수직인 방향에서 보다 상기 스캐닝 방향에서 더 작은, 투영 노광 시스템.

청구항 13

청구항 12에 있어서, 적어도 104mm의 폭 및 132mm 보다 큰 길이를 갖는 레티클을 더 포함하는, 투영 노광 시스템.

청구항 14

마이크로구조 구성 요소를 제조하기 위한 방법으로서,

레티클 및 감광층(radiation-sensitive layer)을 갖는 웨이퍼를 제공하는 단계,

상기 레티클 상의 구조물을 청구항 11에 기재된 상기 투영 노광 시스템의 도움으로 상기 웨이퍼 상의 상기 감광층 상에 투영하는 단계, 및

상기 웨이퍼 상의 상기 노광된 층을 현상하는 단계

를 포함하는 마이크로구조 구성 요소를 제조하기 위한 방법.

청구항 15

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 투영 노광 시스템을 위한 이미징 광학 시스템, 투영 노광 시스템을 위한 조명 광학 시스템 및 이러한 유형의 이미징 광학 시스템을 갖는 광학 시스템에 관한 것이다. 본 발명은 또한 이러한 유형의 광학 시스템을 갖는 투영 노광 시스템, 투영 노광 시스템을 위한 레티클, 이러한 투영 노광 시스템의 도움으로 미세구조 부품을 생산하기 위한 방법 및 이 방법에 의해 생산되는 부품에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 이미징 광학 시스템은 DE 10 2007 062 198 A1, US 7,414,781 B2, US 7,682,031 B2 및 WO 2010/091 800 A1에 공지되어 있다. 리소그래피 시스템은 US 2008/0036986 A1에 공지되어 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0003] 본 발명의 목적은 이미징 품질이 더욱 개선되도록 투영 노광 시스템을 위한 이미징 광학 시스템을 개발하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0004] 본 발명에 따르면, 대물측 개구수의 증가로, 대물측 메인 빔 각도는 확대되어야 하며, 이는 흡수체 구조로 인한 셰이딩 효과를 초래하고, 층 투과와 관련된, 특히 레티클 코팅으로 인한 강력한 아포디제이션(apodization) 효과에 대한 문제를 초래할 수 있다는 점이 인식된다. 본 발명에 따르면, 아나모픽(anamorphic) 이미징 광학 시스템을 이용하여, 특히 아나모픽 이미징 투영 렌즈 시스템을 이용하여, 소정 크기의 레티클이 소정 조명 필드에 대한 소정 이미징 스케일로 오브젝트 필드로부터 이미징될 수 있으며, 조명 필드는 제1 이미징 스케일의 방향으로 완전히 조명되고, 제2 방향의 감소된 이미징 스케일은 투영 노광 시스템의 처리량에 대해 부정적 효과를 가지지 않지만, 적절한 방법에 의해 보상될 수 있음이 인식된다.

[0005] 그러므로, 아나모픽 렌즈 시스템은 이미징될 레티클의 범위가 제1 방향으로 확대될 필요없이 및 투영 노광 시스템의 처리량의 감소가 발생하지 않고, 제1 방향으로의 큰 오브젝트-측 개구수로 이미징 평면을 완벽하게 조명하는 것과 조명광의 경사진 입사에 의해 초래되는 이미징 품질의 손실을 최소화하는 것 모두를 가능하게 한다.

[0006] 2개의 주면의 방향에서 부호-동일한 이미징 스케일에 의해 이미징 플립이 방지된다. 광학 시스템 특히, 2개의 주면의 방향은 포지티브 이미징 스케일을 갖는다.

[0007] 청구항 2에 따른, 적어도 하나는 아나모픽하게 이미징 처리하는(imaging) 적어도 2 부분 렌즈 시스템을 갖는 이미징 광학 시스템에서, 각 요구에 대한 이미징 특성을 구축하고 특히 유연하게 적응하도록 하는 것이 특히 바람직하다. 특히 제1의 즉, 오브젝트측 부분의 렌즈 시스템은 아나모픽하게 이미징 처리를 한다. 이는 오브젝트 필드에 대해 입사하는 빛 이에 의해 반사되는 방사선이 중첩되지 않도록 하는 것을 보장할 수 있다. 제2 부분 렌즈 시스템은 또한 아나모픽하다. 이는 또한 비-아나모픽으로 될 수도 있다.

[0008] 청구항 3에 따르면, 투영 렌즈 시스템은 원형 출사 동공을 갖는다. 이미징측 개구수는 그러므로 방향에 대해 독립적이다. 이는 배향-독립적 해상도를 보장한다. 그러므로, 본 발명에 따른 아나모픽 렌즈 시스템은 특히 타원형 형상의 입사 동공을 갖는다. 그러므로, 타원의 반축들(semi-axes)은 상이한 이미징 스케일 또는 상이한 오브젝트측 개구수와 같이 서로에 대해 동일하거나 또는 역의 관계를 갖는다.

[0009] 청구항 4에 따르면, 아나모픽 이미징 투영 렌즈 시스템은 적어도 하나의 미러를 포함한다. 작은 수의 미러는 적은 투과 손실을 유도한다. 많은 수의 미러는 이미징 에러에 대한 보다 유연하고 개선된 교정을 허용하고, 높은 개구수를 허용한다. 본 발명에 따르면, 투영 렌즈 시스템은 적어도 하나의, 특히 복수개의, 특히 적어도 4개의, 특히 적어도 6개의, 특히 적어도 8개의 미러를 포함한다. 미러는, 특히, EUV 방사선-반사 미러로서 구성된다.

[0010] 자유형태 면을 갖는 광학 소자는 이미징 특성의 특히 유연한 디자인을 허용한다. 이는, 특히 이미징 광학 시스템의 주어진 수의 미러를 이용하여, 이미징 에러를 교정하기 위한 자유의 정도를 더욱 개선하게 된다.

[0011] 청구항 5에 따르면, 제1 방향의 이미징 스케일은 제2 방향의 크기의 적어도 1.5배이다. 특히, 제2 방향의 크기의 적어도 2배이다. 이하에서, 이미징 스케일은 이미징 크기 대 아티클 크기 즉, 투영 렌즈 시스템의 이미징 필드에서 이미징될 구조의 크기 대 오브젝트 필드에서 이미징될 구조의 크기의 비로서 주어지는 이미징 스케일의 절대량을 의미하도록 취해진다. 결과적으로, 소정 폭을 갖고 소정 레티클 특히 소정 크기의 레티클을 갖는 조명 필드가 전체 폭에 걸쳐 스캐닝 방향에 수직으로 노광될 수 있도록 하는 것을 보장한다. 조명 필드의 폭에 수직인 방향으로의 작은 이미징 스케일 즉, 강한 감소가 특히 증가된 스캐닝 속도에 의해 보상될 수 있어서, 불리한 효과가 없다. 특히, 스캐닝 방향에 수직인 방향에서의 감소된 이미징 스케일은 처리량 손실로 유도되지 않는다.

[0012] 청구항 6에 따른 방향-의존형의 상이한 오브젝트-측 개구수는 이미징 광학 시스템의 유리한 디자인을 허용한다. 특히, 이에 의해 셰이딩 효과 및 레티클 상의 층 투과를 갖는 문제들이 방지될 수 있다. 특정 방향에서의 오브젝트-측 개구수(NAO)는 이에 수직인 방향에 대해 크기가 적어도 1.5배, 특히 적어도 2배이다.

- [0013] 조명 시스템은 바람직하게는 그 형상이 투영 렌즈 시스템의 입사 동공에 대응하도록 구성되는 출사 동공을 갖는다. 본 발명에 따르면, 그러므로 타원형 출사 동공을 갖는 조명 시스템이 제공된다.
- [0014] 이는, 특히, 타원형 동공 패킷 미러에 의해 또는 동공 패킷 미러 상의 동공 패킷의 타원형 구조 즉, 전체 동공 패킷의 엔벨로프가 타원을 형성하는 구조에 의해 달성된다.
- [0015] 타원 구조의 동공 패킷 미러 또는 조명 시스템의 출사 동공의 반축은 특히 투영 렌즈 시스템의 2개의 상이한 이미징 스케일 또는 그 입사 동공의 반축과 같이 서로에 대해 동일한 관계를 갖는다.
- [0016] 큰 이미지측 개구수, 작은 메인 빔 각도 및 큰 이미지측 스캐닝 슬롯 폭을 갖는 이미징 광학 시스템은 이미지 필드내의 레티클의 구조의 특히 우수한 투영을 가능하게 한다.
- [0017] 청구항 8에 따른 타원형 출사 동공을 갖는 조명 광학 시스템은 특히 아나모픽 이미징 투영 렌즈 시스템에 잘 적용된다. 동공 패킷 미러의 타원형 구조를 이용함에 의해, 조명 광학 시스템의 타원형 출사 동공은 특히 용이하게 달성될 수 있다.
- [0018] 청구항 10에 따른 광학 시스템 및 청구항 11에 따른 투영 노광 시스템의 이점은 이미징 광학 시스템과 결부하여 전술한 것들에 대응한다. 청구항 12에 따른, 스캐닝 방향에서의 이미징 광학 시스템의 이미징 스케일이 그에 대한 수직 방향에 비해 작은 투영 노광 시스템을 이용함에 의해, 스캐닝 방향에서의 처리량 손실은 더 높은 스캐닝 속도에 의해 완벽하게 보상될 수 있다. 스캐닝 방향에서의 이미징 광학 시스템(9)의 이미징 스케일은 특히 이에 대한 수직에 대해 최대 절반의 크기이다. 스캐닝 방향과 그에 대한 수직의 이미징 스케일의 비는 특히 1:2, 1:3, 1:4, 1:5, 1:6 1:8, 1:10, 2:3, 2:5 또는 3:4 이다. 방사선원은 EUV(Extreme Ultraviolet) 광원, 예를 들면, LPP(Laser Produced Plasma) 광원 또는 GDP(Gas Discharge Produced Plasma) 광원일 수 있다.
- [0019] 스캐닝 방향에서의 임계치수(critical dimension)가 그에 대한 수직의 것과 상이한 레티클은 아나모픽 이미징 투영 광학 시스템에 사용하는 것이 특히 적합하다. 레티클에 대해 이미지될 구조 및 그 총 크기는 바람직하게는 스캐닝 방향 또는 그에 대한 수직의 상이한 이미징 스케일에 따라 구성된다. 더 큰 감소를 고려하기 위하여, 레티클은 그에 대응하여 특히, 스캐닝 방향으로 더 크게 구성된다.
- [0020] 청구항 14에 따른 제조 시스템 및 청구항 15에 따른 부품의 이점은 본 발명에 따른 투영 노광 시스템을 참조로 이미 전술한 것에 대응한다.
- [0021] 본 발명의 추가 이점 및 상세가 첨부된 도면을 참조한 복수개의 실시예의 설명으로부터 도출된다.

도면의 간단한 설명

- [0022] 도 1은 EUV 리소그래피를 위한 투영 노광 시스템을 관통하는 자오선을 개략적으로 도시한다.
- 도 2는 제1 실시예에 따라 이미징 광학 시스템에서의 빔 경로를 도시하기 위한 도 1에 따른 투영 노광 시스템의 컷아웃을 개략적으로 도시한다.
- 도 3은 도 2에 따른 그에 대한 수직인 평면의 도면을 도시한다.
- 도 4 및 도 5는 다른 실시예의 도 2 및 도 3에 따른 도면을 도시한다.
- 도 6 및 도 7은 제3 실시예의 대응하는 도면을 도시한다.
- 도 8 및 도 9는 제4 실시예에 대응하는 도면을 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0023] 도 1은 마이크로리소그래피를 위한 투영 노광 시스템(1)의 구성을 자오 단면에서 개략적으로 도시한다. 방사선원(3)과는 별개로, 투영 노광 시스템(1)의 조명 시스템(2)은 오브젝트 평면에 오브젝트 필드(5)를 노광하기 위한 조명 광학 시스템(4)을 포함한다. 오브젝트 필드(5)내에 배치되고 레티클 홀더(8)에 의해 유지되는 단지 절단 방향으로만 도시된 레티클(7)이 여기에서 노광된다.
- [0024] 도 1에 개략적으로만 표시된 투영 광학 시스템(9)은 오브젝트 필드(5)를 이미지 평면(11)내의 이미지 필드(10)내에 이미지 처리하는데 이용된다. 그러므로 투영 광학 시스템(9)은 지정된 이미징 광학 시스템이다. 레티클(7) 상의 구조는 이미지 평면(11)내의 이미지 필드(10)의 영역내에 배치되는 웨이퍼(12)의 감광층 상에 이미지 처리되며, 또한 개략적으로 도시된 웨이퍼 홀더(13)에 의해 유지된다.

- [0025] 방사선원(3)은 EUV 방사선(14)을 방출하는 EUV 방사선원이다. EUV 방사선원(3)의 방출된 유용한 방사선의 파장은 5nm 에서 30nm의 범위이다. 리소그래피에서 이용되고 적절한 광원에 대해 유용한 다른 파장이 또한 가능하다. 방사선원(3)은 예를 들면 DPP 소스 또는 LPP 소스인 플라즈마 소스일 수 있다. 싱크로트론(synchrotron)을 기초로 하는 방사선원이 방사선원(3)으로서 이용될 수 있다. 이러한 유형의 방사선원의 정보는 당업자라면 US 6 859 515 B2에서 발견할 수 있다. 콜렉터(15)는 EUV 방사선원(3)으로부터 EUV 방사선(14)을 집속하기 위하여 제공된다.
- [0026] EUV 방사선(14)은 또한 지정된 조명 광 또는 이미징 광이다.
- [0027] 조명 광학 시스템(4)은 다수의 필드 패킷(17)을 갖는 필드 패킷 미러(16)를 포함한다. 필드 패킷 미러(16)는 오브젝트면(6)에 대해 광학적으로 공액인 조명 광학 시스템(4)의 면내에 배치된다. EUV 방사선(14)은 필드 패킷 미러(16)에 의해 조명 광학 시스템(4)의 동공 패킷 미러(18)로 반사된다. 동공 패킷 미러(18)는 다수의 동공 패킷(19)을 갖는다. 필드 패킷 미러(16)의 필드 패킷(17)은 동공 패킷 미러(18)의 도움으로 오브젝트 필드(5)내에 이미지 처리된다.
- [0028] 필드 패킷 미러(16) 상의 각각의 필드 패킷(17)에 대해, 동공 패킷 미러(18) 상에 정확하게 1개의 관련 동공 패킷(19)이 존재한다. 각 경우에, 필드 패킷(17)과 동공 패킷(19) 사이에, 광 채널이 구성된다. 적어도 하나의 패킷 미러(16, 18)의 패킷(17, 19)은 스위칭 가능하다. 이를 목적으로, 마이크로전자기 시스템(MEMS)이 제공될 수 있다. 패킷(17, 19)은 특히 패킷 미러(16, 18) 상에 틸팅 가능하게 배치될 수 있다. 패킷(17, 19)의 일부 예를 들면 최대 30%, 최대 50% 또는 최대 70% 만을 구성하는 것이 가능하다. 전체 패킷(17, 19)이 틸팅 가능하도록 제공될 수도 있다. 특히, 스위칭 가능한 패킷(17, 19)은 필드 패킷(17)이다. 필드 패킷(17)의 틸팅에 의해, 각 동공 패킷(19)으로의 할당 및 이에 따른 광 채널의 구성이 가변될 수 있다. 틸팅 가능한 패킷(17, 19)을 갖는 패킷 미러(16, 18)의 추가 상세 및 조명 광학 시스템(4)의 추가 상세를 위하여 DE 10 2008 009 600 A1가 참조된다.
- [0029] 조명 광학 시스템(4)은 또한 투과 광학 시스템(23)을 형성하는 추가 미러(20, 21 및 22)를 가질 수 있다. 투과 광학 시스템(23)의 최후 미러(22)는 그레이징 입사 미러이다. 동공 패킷 미러(18) 및 투과 광학 시스템(23)은 조명 광(14)을 오브젝트 필드(5)로 전송하기 위한 이하의 광학 시스템을 형성한다. 투과 광학 시스템(23)은 특히 동공 패킷 미러(18)가 투영 광학 시스템(9)의 입사 동공내에 배치되는 경우에 생략될 수 있다.
- [0030] 조명 광학 시스템(4)은 출사 동공을 가지며, 그 형상은 투영 광학 시스템(9)의 입사 동공의 것에 적응되며, 특히 구체적으로는 후자에 대응한다. 조명 광학 시스템(4)의 출사 동공은 특히 타원형이다. 이는 특히 타원으로 구성된 동공 패킷 미러(18)에 의해 달성될 수 있다. 이에 대한 대안으로서, 동공 패킷(19)은 타원으로 구성된 엔벨로프를 갖도록 동공 패킷 미러(18) 상에 배치될 수 있다.
- [0031] 타원 동공 패킷 미러(18)의 반축은 특히 2개의 상이한 반축 길이를 가지며, 특히 최대 반축 길이는 제1 반축 길이의 적어도 1.5배의 크기, 특히 2배의 크기, 이다. 반축 길이는 특히 비율이 1:2, 1:3, 1:4, 1:5, 1:6, 1:8, 1:10, 2:3, 2:5 또는 3:4 이다.
- [0032] 그러므로, 조명 광학 시스템(4)의 출사 동공의 반축은 2개의 상이한 반축 길이를 가지며, 특히 최대 반축 길이는 제1 반축 길이의 적어도 1.5배의 크기, 특히 2배의 크기이다. 반축 길이는 특히 비율이 1:2, 1:3, 1:4, 1:5, 1:6, 1:8, 1:10, 2:3, 2:5 또는 3:4 이다.
- [0033] 위치적 관계의 보다 간략한 설명을 위하여, 카테시안 xyz-좌표 시스템이 각 경우에 대해 도면에 도시된다. 도 1의 x-축은 도면의 평면에 수직에서 내부로 진행한다. y-축은 우측으로 진행한다. z-축은 아래로 진행한다. 오브젝트 평면(6) 및 이미지 평면(11) 모두는 xy-면에 나란히 진행한다.
- [0034] 레티클 홀더(8)는 투영 노광 시스템에서 레티클(7)이 오브젝트 평면(6)내의 변위 방향으로 변위될 수 있도록 하는 제어 방식으로 변위될 수 있다. 따라서, 웨이퍼 홀더(13)는 웨이퍼(12)가 이미지 평면(11)내의 변위 방향에서 변위될 수 있도록 하는 제어 방식으로 변위될 수 있다. 결과적으로, 레티클(7) 및 웨이퍼(12)는, 한편으로는, 오브젝트 필드(5)를 통해, 다른 한편으로는, 이미지 필드(10)를 통해 스캔될 수 있다. 도면에서 변위 방향은 y-방향에 평행하다. 아래에서 스캐닝 방향이 지정될 수 있다. 스캐닝 방향에서의 레티클(7) 및 웨이퍼(12)의 변위는 바람직하게는 서로에 대해 동시에 발생할 수 있다.
- [0035] 도 2 및 도 3은 투영 광학 시스템(9)의 제1 구성의 광학 디자인을 도시한다. 중앙 오브젝트 필드 포인트로부터 및 오브젝트 필드(5)의 2개의 대향 에지를 한정하는 2개의 각 오브젝트 필드 포인트로부터 연장하는 방사선(1

4)의 개별 빔의 빔 경로가 도시된다. 도 2 및 도 3에 따른 투영 광학 시스템(9)은 오브젝트 필드(5)에서 빔 경로의 방향으로 진행되는 연속적으로 M1 내지 M6로 번호 매겨진 총 6개의 미러를 갖는다. 투영 광학 시스템(9)의 디자인에서 계산된 미러(M1 내지 M6)의 반사면이 도면에 도시된다. 도면에서 알 수 있듯이, 도시된 면들 중 한 섹션만이 방사선(14)의 반사에 부분적으로 실제로 이용된다. 다시 말하면, 미러(M1 내지 M6)의 실제 구성은 도면에 도시된 것보다 더 작으며, 특히 도면에 도시된 계산된 반사면의 단지 부분만을 포함한다.

[0036] 동공면(24)은 미러(M2)와 미러(M3) 사이에 위치한다. 동공면(24)은 반드시 평평할 필요는 없다. 곡선일 수 있다. 더욱이, 중간의 이미지면은 미러(M4)와 미러(M5) 사이에 위치된다. 중간 이미지면(25)은 반드시 평평할 필요는 없다. 곡선일 수 있다. 그러므로, 미러(M1 내지 M4)는 제1 부분 렌즈 시스템(26)을 형성한다. 미러(M5 및 M6)는 제2 부분 렌즈 시스템(27)을 형성한다.

[0037] 제1 부분 렌즈 시스템(26)은 아나모픽 렌즈로서, 아나모픽하게 이미지 처리한다. 제2 부분 렌즈 시스템(27)은 또한 아나모픽 렌즈로서, 아나모픽하게 이미지 처리한다. 그러나 제2 부분 렌즈 시스템(27)은 아나모픽하지 않게 구성되는 것도 또한 가능하다.

[0038] 적어도 하나의 미러(M1 내지 M6)가 광학 소자를 아나모픽하게 이미지 처리하도록 구성된다. 투영 광학 시스템(9)은 특히 적어도 하나의, 특히 복수개의, 특히 적어도 2개의, 특히 적어도 3개의, 특히 적어도 4개의, 특히 적어도 5개의, 특히 적어도 6개의, 특히 적어도 7개의, 특히 적어도 8개의, 아나모픽하게 이미지 처리하는 미러를 포함한다.

[0039] 그러므로, 투영 광학 시스템(9)은 제1 방향에서 제1 이미징 스케일 및 제2 방향에서 이와는 다른 제2 이미징 스케일을 갖는다. 제2 이미징 스케일은, 특히, 제1 이미징 스케일의 적어도 1.5배의 크기, 특히 적어도 2배의 크기이다.

[0040] 투영 광학 시스템(9)은 특히 스캐닝 방향에서의 이미징 스케일의 양이 그에 대한 수직의 경우보다 작도록 구성된다. 스캐닝 방향에서의 이미징 스케일의 양은 그에 대한 수직의 경우보다 특히 최대 3/4의 크기, 특히 최대 2/3의 크기, 특히 최대 1/2의 크기이다.

[0041] 투영 광학 시스템(9)은 방향-의존 오브젝트-측 개구수(NAO)를 가진다, 즉 입사 동공은 원형 형상에서 벗어난다. 특정 방향 즉, 큰 이미징 스케일의 방향에서의 오브젝트-측 개구수(NAO)는 그 수직인 방향에 비해 적어도 1.5배의 크기, 특히 적어도 2배의 크기이다.

[0042] 미러(M6)은 방사선(14)이 통과하도록 하기 위한 관통-개구(28)를 갖는다. 추가 동공면(29)이 미러(M5와 M6) 사이에 위치된다. 동공면(29)은 반드시 평평할 필요는 없다. 곡선일 수도 있다.

[0043] 미러(M1 내지 M6)는 EUV 방사선을 반사하도록 구성된다. 이들은 특히 수직 입사에 대한 미러면 상의 개별 빔의 충돌 각도가 더 좁아질수록, 반사는 더욱 잘 최적화된다.

[0044] 미러(M1 내지 M5)는 좁아진 반사면을 가지며, 다시 말하면 관통 개구가 없다.

[0045] 미러(M1, M4 및 M6)는 오목 반사면을 갖는다. 미러(M2, M3 및 M5)는 볼록 반사면을 갖는다.

[0046] 투영 광학 시스템(9)의 미러(M1 내지 M6)는 회전식 대칭 기능에 의해 기술될 수 없는 자유형태로 구성된다. 투영 광학 시스템(9)의 다른 구성이 또한 가능한데, 미러(M1 내지 M6) 중 적어도 하나가 이 유형의 자유형태 반사면을 갖는다. 이러한 유형의 자유형태 면은 회전식 대칭 기준면으로부터 생성될 수 있다. 마이크로리소그래피를 위한 투영 노광 시스템의 투영 광학 시스템의 미러의 반사면에 대한 이러한 유형의 자유형태 면은 US 2007-0058269 A1에서 공지된다.

[0047] 자유형태 면은 이하의 식에 의해 수학적으로 기술될 수 있다.

$$Z(x,y)=\frac{cr^2}{1+\sqrt{1-(1+k)c^2r^2}}+\sum_{j=2}^N\frac{C_j}{N_{radius}^{m+n}}x^m y^n$$

[0048]

[0049] 여기서, 아래가 적용된다:

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

[0050]

[0051] Z는 지점 x, y에서의 자유형태 면이 화살표 높이이고, 여기서

[0052]

$x^2 + y^2 = r^2$ 이다.

[0053]

c는 상수이고, 이는 대응하는 비구면의 곡선의 정점에 대응한다. k는 대응하는 비구면의 원뿔형 상수에 대응한다. C_j 는 단항식 $x^m y^n$ 의 계수이다. 일반적으로, c, k 및 C_j 의 값은 투영 광학 시스템(9) 내부의 미러의 소망된 광학 특성을 기초로 결정된다. N_{radius} 는 계수 C_j 에 대한 표준화 인수이다. 단항식의 순서, $m + n$,는 원하는 대로 변할 수 있다. 고차계 단항식은 우수한 이미지 에러 교정을 갖는 투영 광학 시스템의 디자인을 유도할 수 있지만, 계산은 더욱 복잡하다. $m + n$ 은 3과 20 보다 큰 수 사이의 값을 채용할 수 있다.

[0054]

자유형태 면은 예를 들면, 광학 디자인 프로그램 CODE V[®]의 메뉴얼에 기술된제르니케 다항식에 의해 수학적으로 기술될 수 있다. 다르게는, 자유형태 면은 2차원 스플라인 표면의 도움으로 기술될 수 있다. 이의 예는 베지어 곡선(Bezier curves) 또는 NURBS(non-uniform rational basis splines)이다. 2차원 스플라인 표면은 예를 들면 xy-평면내의 포인트 및 관련 z-값들의 네트워크에 의해 또는 이들과 관련된 이들 포인트 및 경사도에 의해 기술될 수 있다. 스플라인 표면의 각 유형에 의존하여, 예를 들면 그들 연속성 및 식별 가능성에 대한 특정 특성을 갖는 다항식 또는 함수를 이용하여 네트워크 포인트 사이의 보간에 의해 완벽한 표면이 얻어진다. 이것의 예는 분석 함수가 있다.

[0055]

투영 광학 시스템(9)의 광학적 디자인 데이터는 이하에서 표로 요약되는데, 상기 데이터는 광학 디자인 프로그램 Code V[®]의 도움으로 얻어졌다.

[0056]

이하 표들 중 제1 표는 광학 구성 성분의 광학 표면 및구경 조리개를 고려한 것이고, 각각의 경우에서, 빔 경로 내의 인접 소자의 z-간격에 대응하는, 곡선의 정점 및 두께의 상호값은 이미지 평면(11)으로부터 진행, 다시 말하면 광 방향에 반대로 진행한다. 제2 표는 미러(M1 내지 M6)에 대해 위에서 제시한 자유형태 면 수식에서의 단항식 $x^m y^n$ 의 계수 C_j 를 제시한다.

[0057]

다른 표에서, mm 단위의 양이 또한 주어지고, 이를 따라 미러 기준 디자인으로부터 진행하는 각 미러는 분산(Y-decentre) 및 회전(X-rotation)된다. 이는 자유형태 면 디자인 방법에서의 평행 변위 및 틸팅에 대응한다. 이 변위는 여기서는 y-방향에서 발생하고, 틸팅은 x-축을 둘레로 발생한다. 회전의 각도는 도(degree) 단위로 주어진다.

표면	반경	두께	동작 모드
이미지 평면	INFINITE	852.884	
M6	-889.919	-802.884	REFL
M5	-219.761	1800.787	REFL
M4	-999.946	-434.619	REFL
M3	-1033.356	483.832	REFL
M2	2464.083	-947.116	REFL
M1	1323.688	1047.116	REFL
물체 평면	INFINITE	0.000	

[0058]

계수	M6	M5	M4
K	3.303831E-03	2.041437E-02	-1.056546E-01
Y	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
X2	1.106645E+00	4.620513E+00	1.065419E+00
Y2	1.316656E+00	4.632819E+00	2.089523E+00
X2Y	-6.987016E-02	6.244905E-02	2.322141E-01
Y3	-1.544816E-01	-2.303227E-01	-2.158981E-01
X4	3.297744E-02	9.371547E-02	7.579352E-02
X2Y2	6.476911E-02	1.671737E-01	8.744751E-02
Y4	5.431530E-02	7.743085E-02	2.360575E-01
X4Y	-7.040479E-04	4.607809E-03	3.961681E-03
X2Y3	-6.159827E-03	-1.034287E-02	9.782459E-03
Y5	-4.061987E-03	-3.840440E-03	-1.297054E-01
X6	1.398226E-03	3.085471E-03	6.847894E-03
X4Y2	2.977799E-03	8.906352E-03	6.372742E-03
X2Y4	4.433992E-03	8.678073E-03	-2.569810E-02
Y6	1.255594E-03	1.683572E-03	9.106731E-02
X6Y	2.969767E-04	1.881484E-04	1.342374E-03
X4Y3	-2.820109E-04	-1.123168E-03	-5.896992E-03
X2Y5	-3.654895E-04	-5.949903E-04	1.660704E-03
Y7	8.966891E-05	-3.952323E-04	-3.764049E-02
Nradius	2.899772E+02	6.300046E+01	2.064580E+02

계수	M3	M2	M1
K	5.744686E-01	-3.325393E+02	-1.583030E-02
Y	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
X2	3.551408E-01	3.277030E-01	-2.811984E-02
Y2	2.123536E+00	1.609563E+00	-4.135835E-01
X2Y	2.013521E-01	-6.948142E-01	-3.866470E-02
Y3	-1.210907E-02	3.694447E-01	-1.853273E-02
X4	5.478320E-02	1.369729E-01	1.349339E-03
X2Y2	7.482002E-02	1.984843E-01	3.032808E-03
Y4	8.327949E-02	-1.227576E-01	-2.824781E-03
X4Y	-2.048831E-03	-4.568931E-02	-4.300195E-04
X2Y3	-4.029059E-03	-1.713508E-02	-6.501645E-04
Y5	-1.415756E-02	6.185385E-03	3.144628E-03
X6	1.998416E-04	-1.834856E-02	6.906841E-05
X4Y2	-1.979383E-03	-3.309794E-02	5.274081E-05
X2Y4	-5.943296E-03	-5.169942E-02	-1.330272E-03
Y6	1.246118E-03	-1.603819E-01	-1.363317E-02
X6Y	1.584327E-04	7.876367E-03	-2.377257E-05
X4Y3	-3.187207E-04	-1.244804E-02	-2.251271E-04
X2Y5	-5.566691E-04	-5.746055E-02	-9.996573E-04
Y7	-1.399787E-03	-3.870909E-02	4.001012E-03
Nradius	8.132829E+01	7.472082E+01	1.311311E+02

[0059]

계수	M6	M5	M4	M3	M2	M1	이미지 평면
Y-decentre	-51.252	-99.408	123.654	215.631	528.818	512.855	0.000
X-rotation	0.323	7.067	-2.444	10.483	16.940	3.488	0.000

[0060]

[0061]

y-방향 즉, 스캐닝 방향의 투영 광학 시스템(9)은 1:8의 이미징 스케일 즉, 스캐닝 방향의 오브젝트 필드(5)에
서의 레티클(7)이 이미지 필드(10)내의 이미지에 대해 8배의 크기이다. x-방향을 즉, 스캐닝 방향에 수직의 투
영 광학 시스템(9)은 1:4의 이미징 스케일을 갖는다. 투영 광학 시스템(9)은 그러므로 감소된다. 투영 광학
시스템(9)의 이미지-축 개구수는 특히 적어도 0.4이다. 이미지 필드(10)는 2mm x 26mm의 크기를 가지며, 여기
서 2mm는 스캐닝 방향이고, 26mm는 스캐닝 방향에 수직이다. 특히, 스캐닝 방향에서, 이미지 필드(10)는 상이
한 크기를 가질 수도 있다. 이미지 필드(10)의 크기는 적어도 1mm x 10mm이다. 스캐닝 방향에 수직인 방향에
서, 이미지 필드(10)는 특히 13mm 보다 큰 폭을 갖는다. 이미지 필드(10)는 특히 직사각형이다. 특히 투영 광
학 시스템(9)은 적어도 13mm인, 특히 13mm보다 큰, 특히 26mm 보다 큰 이미지-축 스캐닝 슬롯 폭을 갖는다. 투
영 광학 시스템(9)은 필드 중심 포인트에 대한 6° 의 오브젝트-축 메인 빔 각도를 갖는다. 필드 중심 포인트에
대한 오브젝트-축 메인 빔 각도는 특히 최대 7° 이다. 2000mm의 광학 총 길이를 갖는다.

[0062]

이 실시예에서 오브젝트 필드(5)는 16mm x 104mm의 크기를 갖는다. 이 경우, 16mm는 스캐닝 방향이고, 104mm는
스캐닝 방향에 수직이다.

[0063]

레티클(7)은 또한 스캐닝 방향 및 이의 수직에서의 상이한 이미징 스케일에 적응된다. 스캐닝 방향에서 및 그

에 수직인 방향에서 상이한 최소의 구조 크기를 갖는 구조를 갖는다. 레티클(7) 상의 구조는, 스캐닝 방향 및 이에 대한 수직 방향으로, 각 경우에 이들 최소 구조 크기의 정수배인 체적을 가질 수 있다. 스캐닝 방향 및 이에 수직인 방향에서의 최소 구조 크기의 비율은 이 방향에서의 이미징 스케일의 비율에 정확하게 역비례한다. 스캐닝 방향 및 이의 수직 방향의 최소 구조 크기는 상이한데, 특히 적어도 10%만큼, 특히 적어도 20%만큼, 특히 적어도 50% 만큼 서로로부터 상이하다.

[0064] 레티클(7)은 적어도 104mm의 스캐닝 방향에 수직인 방향에서의 폭을 갖는다. 특히 레티클(7)은 스캐닝 방향에서 강한 감소에 적응된 길이를 갖는다. 레티클(7)은 특히 폭이 104mm 이고, 길이가 264mm이다. 레티클의 길이는 특히 132mm 보다 크다. 특히 적어도 140mm, 특히 적어도 165mm, 특히 적어도 198mm 이다.

[0065] 투영 노광 시스템(1)에 이용될 수 있는 투영 광학 시스템(9)의 다른 구성이 도 4 및 도 5에 도시된다. 도 2 및 도 3을 참조로 이미 전술한 것들에 대응하는 구성 요소(component)가 동일한 참조 번호를 가지며, 이하에는 상세히 설명되지 않는다.

[0066] 미러(M3)는 광학적으로 이용되는 영역내에서는 관통-개구를 가지지 않는다. 그러나, 미러(M3)의 기계적 구조는, 미러(M4)에서 미러(M5)로 진행되는 광이 모놀리식으로 구성된 M3의 미러 본체의 미러 개구를 통과하도록, 선택될 수 있다.

[0067] 미러(M1, M3, M4 및 M6)는 오목 반사면을 갖는다. 미러(M2 및 M5)는 볼록 반사면을 갖는다.

[0068] 이 실시예에서, 미러들(M2와 M3) 사이의 빔 경로는 미러들(M4와 M5) 사이의 빔 경로와 교차한다.

[0069] 이 실시예에서, 스캐닝 방향에서의 이미지 필드(10)에 관한 미러(M5)는 오브젝트 필드(5)와 동일한 축 상에 배치된다.

[0070] 도 4 및 도 5에 따른 투영 광학 시스템(9)의 광학 디자인 데이터는 이하 표에서 차례로 요약될 것이다. 자유형 태 면의 수학적 기술은 도 2 및 도 3에 따른 구성을 참조로 이미 전술한 것에 대응한다. 도 4 및 도 5에 따른 구성에 대한 표의 구조는 또한 도 2 및 도 3에 따른 구성에 대한 것에 대응한다.

표면	반경	두께	동작 모드
이미지 평면	INFINITE	689.272	
M6	-731.552	-639.272	REFL
M5	-241.671	1420.179	REFL
M4	-1500.000	-580.907	REFL
M3	1422.356	1010.728	REFL
M2	661.083	-1110.728	REFL
M1	1384.311	1210.728	REFL
물체 평면	INFINITE	0.000	

계수	M6	M5	M4
K	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
Y	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
X2	1.697113E+00	4.496118E+00	1.030719E+01
Y2	1.683950E+00	4.083378E+00	1.147196E+01
X2Y	1.755515E-01	-3.170399E-01	-1.434807E+00
Y3	2.279761E-02	9.028788E-02	1.085004E+00
X4	5.443962E-02	4.335109E-02	2.308628E-01
X2Y2	1.503579E-01	8.531612E-02	7.598943E-01
Y4	5.203904E-02	6.130679E-02	2.980202E-01
X4Y	5.039890E-03	-1.771794E-02	-8.711086E-03
X2Y3	8.907227E-03	-1.404665E-02	8.302498E-04
Y5	5.015844E-03	8.045746E-03	4.101109E-02
Nradius	2.899772E+02	6.300046E+01	2.064580E+02

계수	M3	M2	M1
K	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
Y	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
X2	-4.645076E-01	-5.243755E-01	-3.303400E-01
Y2	-2.057326E-01	-2.274245E-02	-7.527525E-01
X2Y	-3.583366E-02	1.523089E+00	-2.593623E-03
Y3	3.371920E-02	-2.167244E+00	-3.182409E-02
X4	9.534050E-05	7.127442E-02	-8.002659E-04
X2Y2	4.301563E-03	-3.064519E-01	-5.376311E-03
Y4	-9.145920E-04	7.458445E-01	-7.154305E-03
X4Y	9.453851E-05	1.770844E-01	-2.938545E-04
X2Y3	-2.757417E-04	2.079536E-01	2.101675E-03
Y5	4.683904E-05	-1.544216E-01	6.098608E-04
Nradius	8.132829E+01	7.472082E+01	1.311311E+02

계수	M6	M5	M4	M3	M2	M1	이미지 평면
Y-decentre	0.000	99.374	-121.476	-185.579	311.769	482.388	0.000
X-rotation	-4.418	-8.837	-1.271	16.249	8.734	-1.361	0.000

[0071]

[0072]

도 6 및 도 7은 투영 노광 시스템(1)에서 이용될 수 있는 투영 광학 시스템(9)의 다른 디자인을 도시한다. 도 2 및 도 3을 참조로 이미 기술한 것에 대응하는 구성 요소는 동일한 참조 번호를 가지며, 이하에는 상세히 설명되지 않는다.

[0073]

도 6 및 도 7에 따른 투영 광학 시스템(9)은 오브젝트 필드(5)로부터 진행하는 빔 경로의 방향으로 연속적으로 M1 내지 M6로 번호가 매겨진 총 6개의 미러(M1 내지 M6)를 갖는다. 도 6 및 도 7에 따른 투영 광학 시스템(9)은 1865mm의 광학 전체 길이를 갖는다.

[0074]

미러(M1, M4 및 M6)는 오목 반사면을 갖는다. 미러(M5)는 볼록 반사면을 갖는다. 미러(M2 및 M3)는 한 방향으로 볼록이고, 이에 대해 직교 방향으로 오목, 다시 말하면 미러의 중심 포인트에서 오목한 안장면(saddle face)의 형태를 갖는다.

[0075]

미러(M5)는 또한 이 실시예에서 이미지 필드(10)에 대한 주사 방향으로, 오브젝트 필드(5)와 동일한 축 상에 배

치된다.

[0076]

도 6 및 도 7에 따른 투영 광학 시스템(9)의 광학 디자인 데이터는 차례로 이하 표에 도시될 것이다. 자유형태면의 수학적 기술은 도 2 및 도 3에 따른 구성을 참조로 이미 전술한 것에 대응한다. 도 6 및 도 7에 따른 구성에 대한 표의 구조는 또한 도 2 및 도 3에 따른 구성에 대한 것에 대응한다.

표면	반경	두께	동작 모드
이미지 평면	INFINITE	752.663	
M6	-770.716	-702.663	REFL
M5	-150.912	1382.613	REFL
M4	-996.191	-579.950	REFL
M3	-3722.693	805.250	REFL
M2	-19143.068	-805.250	REFL
M1	1526.626	1011.848	REFL
물체 평면	INFINITE	0.000	

계수	M6	M5	M4
K	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
Y	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
X2	1.014388E+00	5.967807E+00	1.640439E+00
Y2	9.176806E-01	5.297172E+00	1.185698E+01
X2Y	2.666213E-02	-2.932506E-02	-5.795084E-01
Y3	1.276213E-02	-1.747940E-01	2.665088E-01
X4	3.194237E-02	1.741906E-01	4.142971E-02
X2Y2	5.891573E-02	4.136465E-01	-2.431409E-02
Y4	2.892148E-02	1.408837E-01	8.604418E-01
X4Y	5.053354E-04	8.947414E-03	1.339774E-03
X2Y3	3.013407E-03	4.414092E-02	-2.210148E-02
Y5	2.088577E-03	3.281648E-02	-1.242199E+00
Nradius	2.899772E+02	6.300046E+01	2.064580E+02

계수	M3	M2	M1
K	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
Y	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
X2	-3.018727E+00	-4.089101E-01	-1.333076E-01
Y2	2.571222E+00	3.746969E+00	8.408741E-01
X2Y	-2.111739E-01	-1.877269E-01	3.355099E-02
Y3	-1.035192E-03	-1.810657E-01	-3.518765E-03
X4	-9.587021E-05	-1.882449E-03	2.861048E-03
X2Y2	-2.154549E-02	8.492037E-02	3.127905E-02
Y4	1.331548E-02	-4.386749E-01	7.200871E-03
X4Y	3.718201E-03	-6.344503E-03	-2.655046E-04
X2Y3	4.305507E-03	-1.265202E-01	-6.358900E-03
Y5	-5.587835E-03	-6.311675E-01	-1.276179E-02
Nradius	8.132829E+01	7.472082E+01	1.311311E+02

계수	M6	M5	M4	M3	M2	M1	이미지 평면
Y-decentre	-11.861	78.940	-76.134	224.849	34.161	393.420	0.000
X-rotation	-4.070	-6.401	-16.914	-20.375	-18.683	-9.044	0.000

[0077]

[0078]

도 8 및 도 9는 투영 노광 시스템(1)에 이용될 수 있는 투영 광학 시스템(9)의 다른 구성을 도시한다. 도 2 및 도 3을 참조로 이미 전술한 것에 대응하는 구성 요소는 동일한 참조 번호를 가지며, 이하 상세히 설명되지 않는다.

[0079]

도 8 및 도 9에 따른 투영 광학 시스템(9)은 8개의 미러(M1 내지 M8)를 갖는다. 미러(M1 내지 M6)은 제1 부분 렌즈 시스템(26)을 형성한다. 미러(M7 및 M8)는 제2 부분 렌즈 시스템(27)을 형성한다. 광학 유용 영역내의 미러(M8)는 이미징 광이 통과하도록 하기 위한 관통-개구(28)를 갖는다. 미러(M1 내지 M7)는 폐쇄된 반사면을 가지며, 다시 말하면 광학 유용 영역내에 관통-개구가 없다. 도 8 및 도 9에 따른 투영 광학 시스템(9)은 그러므로 광학 유용 영역내에 관통-개구(28)를 갖는 정확하게 하나의 미러를 갖는다. 명백하게도, 하나 이상이 광학 유용 영역내에 관통-개구를 갖는 8개의 미러(M1 내지 M8)를 갖는 투영 광학 시스템(9)을 구성하는 것이 또한

가능하다.

[0080] 동공면(24)은 미러(M3와 M5) 사이의 빔 경로내에 위치된다. 동공면(29)은 미러(M7와 M8) 사이에 위치된다. 도 8 및 도 9에 따른 투영 광학 시스템(9)은 또한 2 부분 렌즈 시스템(26, 27)을 갖는다. 이는 미러(M8)의 관통-개구의 영역내에 기하학적으로 놓이는 정확하게 하나의 중간 이미지를 생성한다.

[0081] 미러(M1, M2, M6 및 M8)는 오목 반사면을 갖는다. 미러(M7)는 볼록 반사면을 갖는다.

[0082] 도 8 및 도 9에 따른 투영 광학 시스템은 0.65의 이미지측 개구수를 갖는다. 도 8 및 도 9에 따른 투영 광학 시스템(9)의 광학 디자인 데이터는 이전 예들에서와 같이 이하에 표로 요약된다.

표면	반경	두께	동작 모드
이미지 평면	INFINITE	845.498	
M8	-876.024	-795.498	REFL
M7	-180.463	1850.000	REFL
M6	-1124.587	-954.502	REFL
M5	-488.461	539.347	REFL
M4	-385.935	-268.946	REFL
M3	-899.608	563.864	REFL
M2	-1862.135	-962.532	REFL
M1	-5181.887	1182.769	REFL
물체 평면	INFINITE	0.000	

[0083]

계수	M8	M7	M6	M5
K	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
Y	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
X2	3.488069E+00	1.173931E+01	2.308119E+01	1.973785E+01
Y2	2.635738E+00	1.010579E+01	9.438034E+00	5.768532E+00
X2Y	-3.059528E-01	-2.733318E-01	-2.266607E+00	-2.615013E+00
Y3	4.818868E-03	6.423471E-01	4.511519E-01	3.223897E+00
X4	1.179868E-01	5.618198E-01	1.276169E+00	3.423570E-01
X2Y2	3.744431E-01	9.722072E-01	1.994073E+00	1.253707E+00
Y4	1.874806E-01	5.624878E-01	9.258956E-01	1.143661E+00
X4Y	4.142568E-03	7.747318E-03	-2.207925E-01	2.696457E-02
X2Y3	-2.457062E-02	2.657340E-02	-4.677376E-02	1.053608E-01
Y5	-1.021381E-02	-2.031996E-02	3.450492E-01	1.716687E+00
X6	1.995975E-02	5.531407E-02	1.199126E-01	1.472679E-02
X4Y2	4.538384E-02	1.603998E-01	2.637967E-01	4.745154E-02
X2Y4	5.093101E-02	1.653739E-01	3.269947E-01	4.959237E-01
Y6	1.573648E-02	6.733509E-02	-1.107783E-01	-1.594589E+00
X6Y	-4.813461E-03	1.089425E-03	-8.010947E-02	-1.168696E-04
X4Y3	-6.317680E-03	-3.797390E-03	-4.398398E-03	1.681727E-02
X2Y5	-4.665516E-03	-6.378254E-03	1.634222E-02	-8.741752E-01
Y7	-1.452902E-03	1.323361E-03	-8.378471E-01	-2.083305E-01
X8	2.243101E-03	8.933777E-03	-9.452801E-03	8.039655E-04
X6Y2	1.043837E-02	3.095089E-02	9.332196E-02	5.834641E-03
X4Y4	1.610588E-02	4.686597E-02	1.032458E-01	-1.262475E-01
X2Y6	1.112924E-02	3.372176E-02	-1.634446E-01	-2.791598E-01
Y8	2.847098E-03	9.333073E-03	-6.596064E-01	3.828685E-01
X8Y	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
X6Y3	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
X4Y5	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
X2Y7	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
Y9	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
X10	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
X8Y2	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
X6Y4	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
X4Y6	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
X2Y8	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
Y10	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
Nradius	4.270420E+02	8.460702E+01	3.587547E+02	1.359154E+02

[0084]

계수	M4	M3	M2	M1
K	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
Y	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
X2	7.762408E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	2.415351E+01
Y2	5.991623E+00	2.100665E+01	1.742497E+01	2.450758E+01
X2Y	-9.407982E-01	-1.845560E+01	0.000000E+00	2.857360E+00
Y3	7.990315E-02	1.826735E+00	0.000000E+00	-8.203766E-01
X4	2.084759E-01	0.000000E+00	0.000000E+00	-1.195250E-01
X2Y2	2.343824E-01	0.000000E+00	0.000000E+00	9.400506E-02
Y4	6.849174E-02	0.000000E+00	0.000000E+00	1.027239E-01
X4Y	-3.590847E-02	0.000000E+00	0.000000E+00	5.178501E-02
X2Y3	-1.676285E-02	0.000000E+00	0.000000E+00	5.698284E-02
Y5	1.244977E-03	0.000000E+00	0.000000E+00	2.110062E-01
X6	7.609826E-04	0.000000E+00	0.000000E+00	1.852743E-03
X4Y2	1.642005E-02	0.000000E+00	0.000000E+00	-5.347458E-02
X2Y4	6.253616E-03	0.000000E+00	0.000000E+00	-2.587706E-01
Y6	1.353703E-03	0.000000E+00	0.000000E+00	1.608009E-01
X6Y	-2.568254E-03	0.000000E+00	0.000000E+00	5.587846E-04
X4Y3	-4.755388E-03	0.000000E+00	0.000000E+00	5.397733E-02
X2Y5	-6.793506E-04	0.000000E+00	0.000000E+00	-2.400347E-01
Y7	-1.374859E-05	0.000000E+00	0.000000E+00	2.641466E-01
X8	2.488086E-04	0.000000E+00	0.000000E+00	5.593305E-04
X6Y2	1.255585E-03	0.000000E+00	0.000000E+00	6.244473E-03
X4Y4	1.194473E-03	0.000000E+00	0.000000E+00	1.145315E-01
X2Y6	3.001214E-04	0.000000E+00	0.000000E+00	8.712058E-02
Y8	5.813757E-05	0.000000E+00	0.000000E+00	6.570255E-01
X8Y	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
X6Y3	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
X4Y5	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
X2Y7	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
Y9	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
X10	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
X8Y2	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
X6Y4	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
X4Y6	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
X2Y8	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
Y10	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
Nradius	7.497396E+01	2.029987E+02	2.738127E+02	2.966746E+02

계수	M8	M7	M6	M5	M4
Y-decentre	0.000	-116.456	154.238	192.354	412.808
X-rotation	4.164	8.327	3.019	9.973	-2.768

계수	M3	M2	M1	이미지 평면
Y-decentre	554.416	783.491	867.803	0.000
X-rotation	-2.829	8.552	0.503	0.000

[0085]

[0086]

[0087]

실시예의 이전 설명으로부터 알 수 있듯이, 투영 광학 시스템(9)은 2개의 주면내에 중간 이미지를 가지도록 구성된다.

[0088]

실시예의 이전 설명으로부터 알 수 있듯이, 투영 광학 시스템(9), 특히 2 부분 렌즈 시스템(26, 27)의 2개의 주면 방향에서의 이미징 스케일은 각 경우에 동일한 부호를 갖는다. 특히, 이들 모두는 포지티브 부호를 갖는다. 그러므로, 이미지 플립이 발생하지 않는다.

[0089]

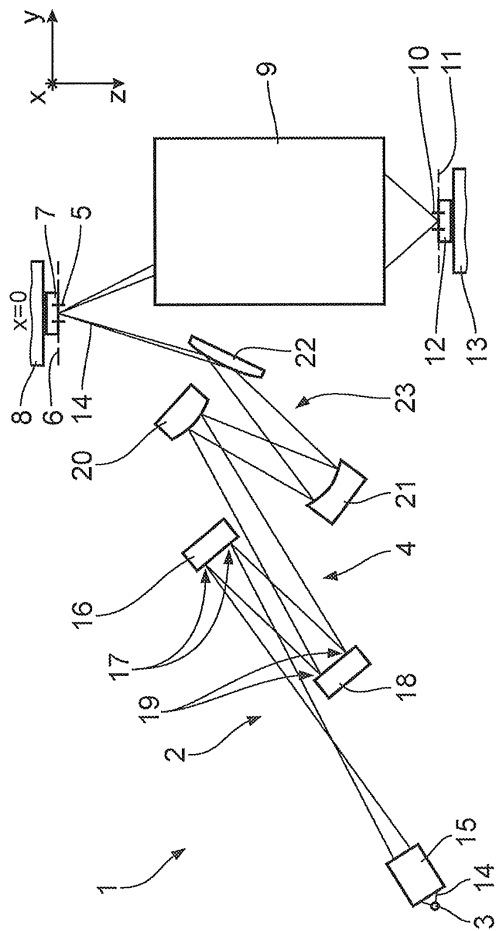
마이크로구조 또는 나노구조 구성 요소를 생성하기 위하여, 투영 노광 시스템(1)은 이하로서 이용된다: 먼저, 레티클(7) 및 웨이퍼(12)가 제공된다. 레티클(7) 상의 구조는 다음으로 투영 노광 시스템(1)의 도움으로 웨이퍼(12)의 감광층 상에 투영된다. 감광층을 현상함에 의해, 마이크로구조 또는 나노구조가 웨이퍼(12) 상에서 생성되고, 그러므로 마이크로구조 구성 요소, 예를 들면 고집적 회로의 형태인 반도체 구성 요소가 생성된다.

[0090]

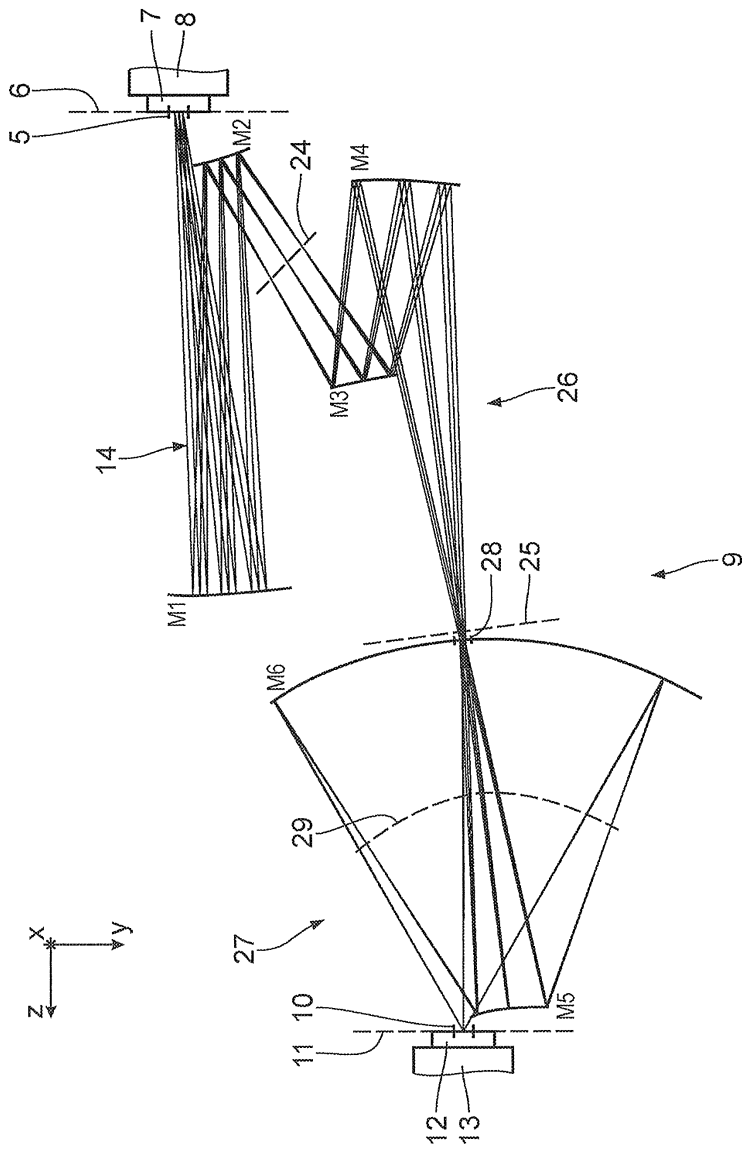
웨이퍼(12) 상의 감광층의 노광 동안, 후자는 웨이퍼 홀더(13)의 도움으로 스캐닝 방향으로 변위된다. 이 경우, 변위는 특히 레티클 홀더(8)의 도움으로 레티클(7)의 주사 방향으로의 변위에 대해 동시에 발생한다. 스캐닝 방향의 투영 광학 시스템(9)의 감소된 이미징 스케일은 높은 스캐닝 속도에 의해 보상될 수 있다.

도면

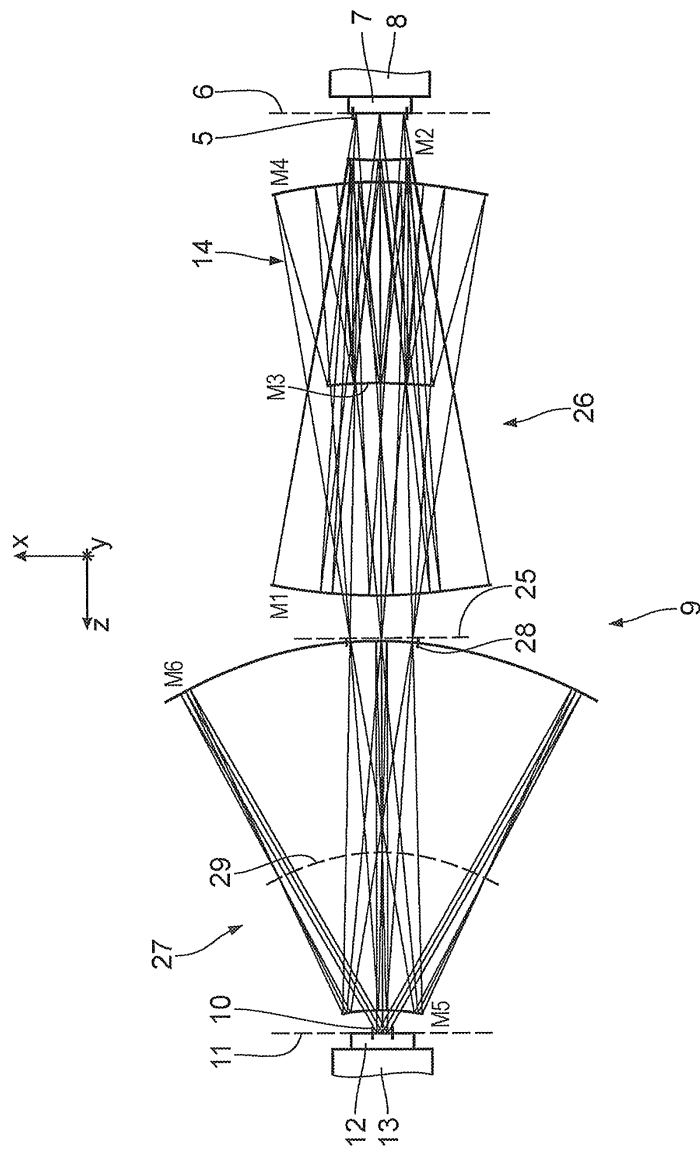
도면1



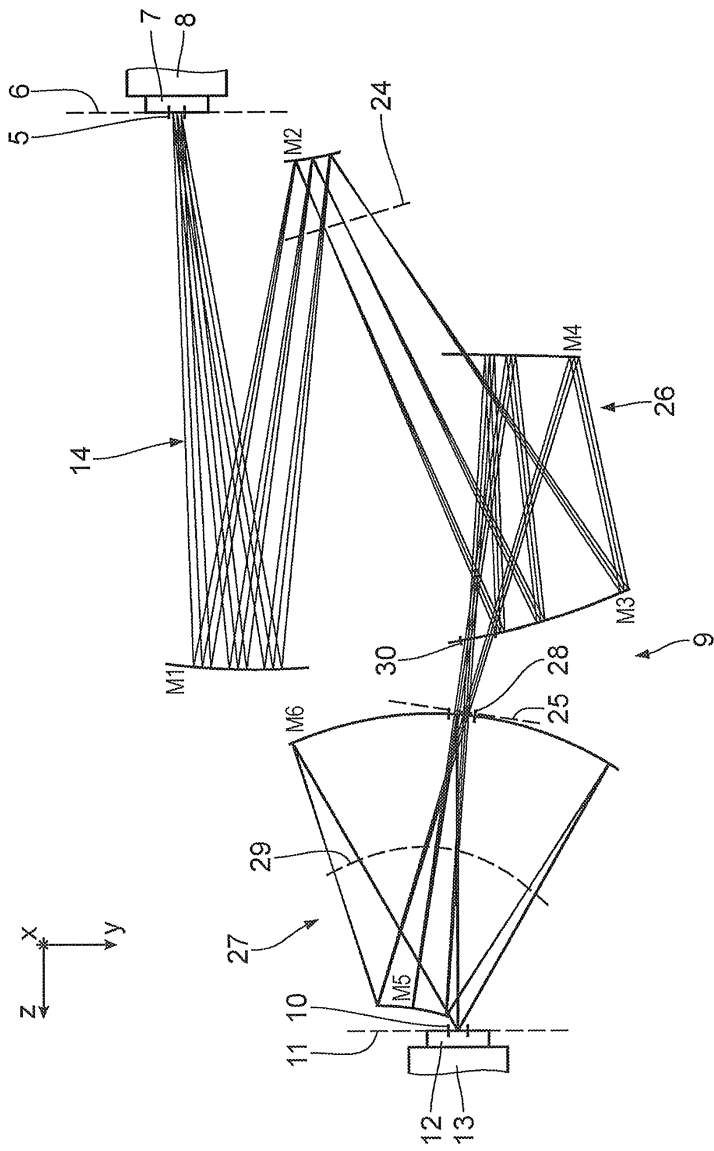
도면2



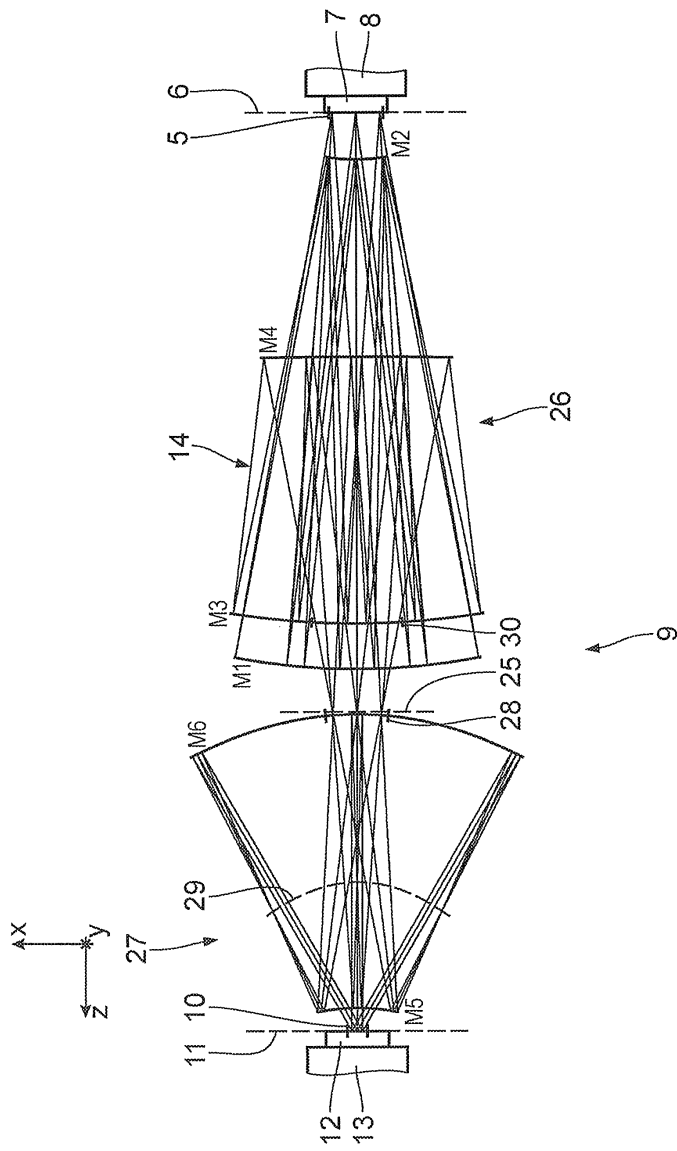
도면3



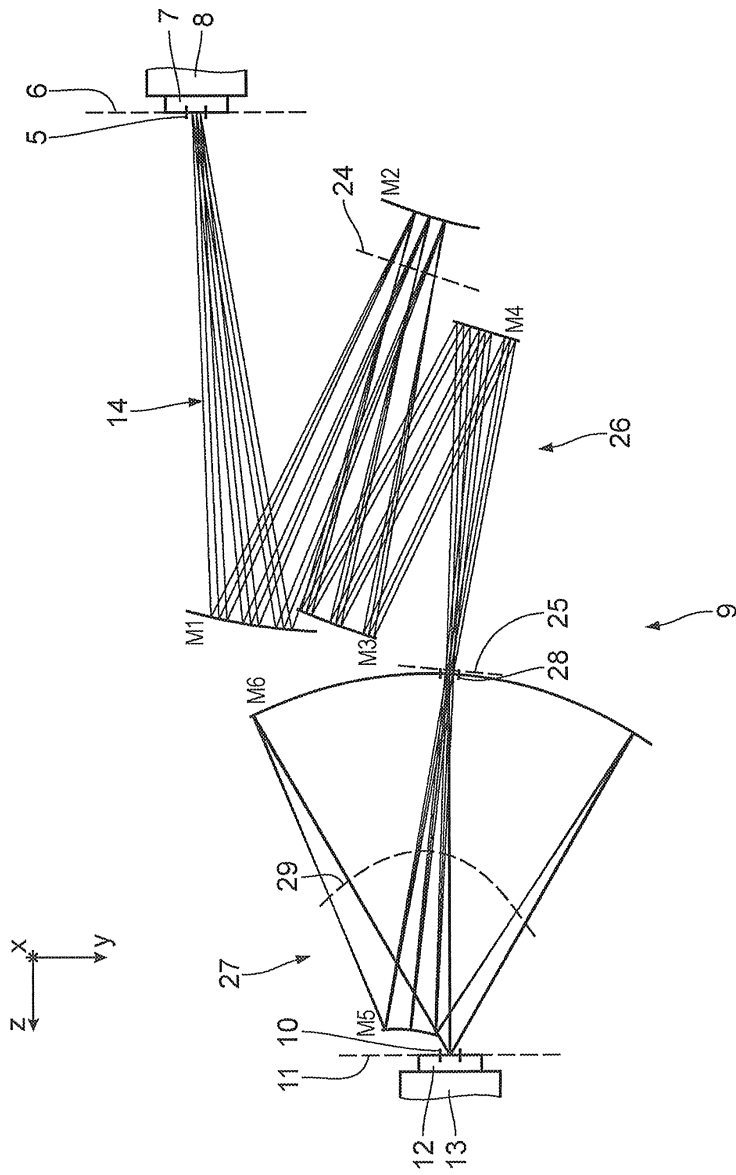
도면4



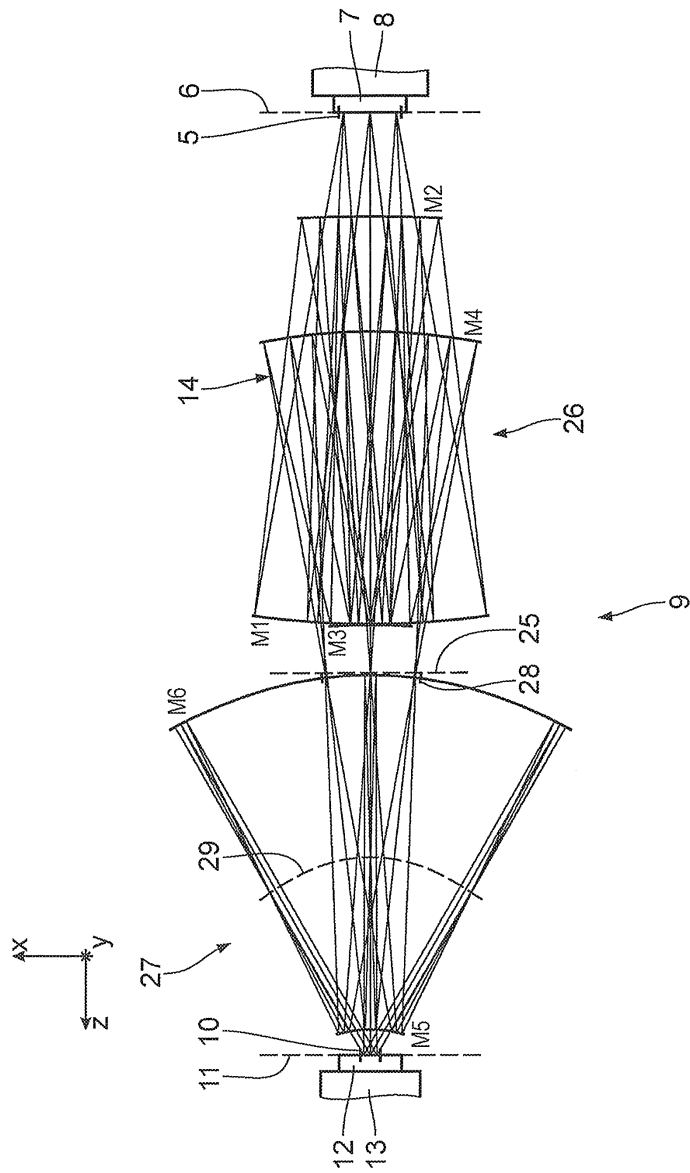
도면5



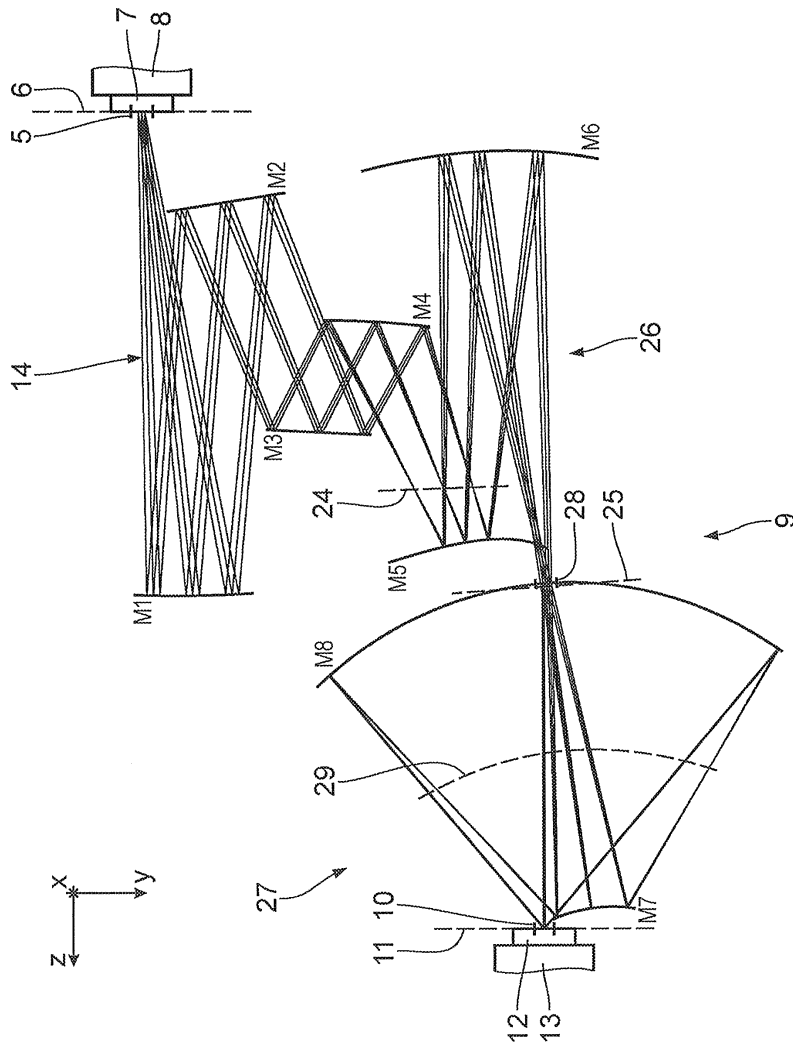
도면6



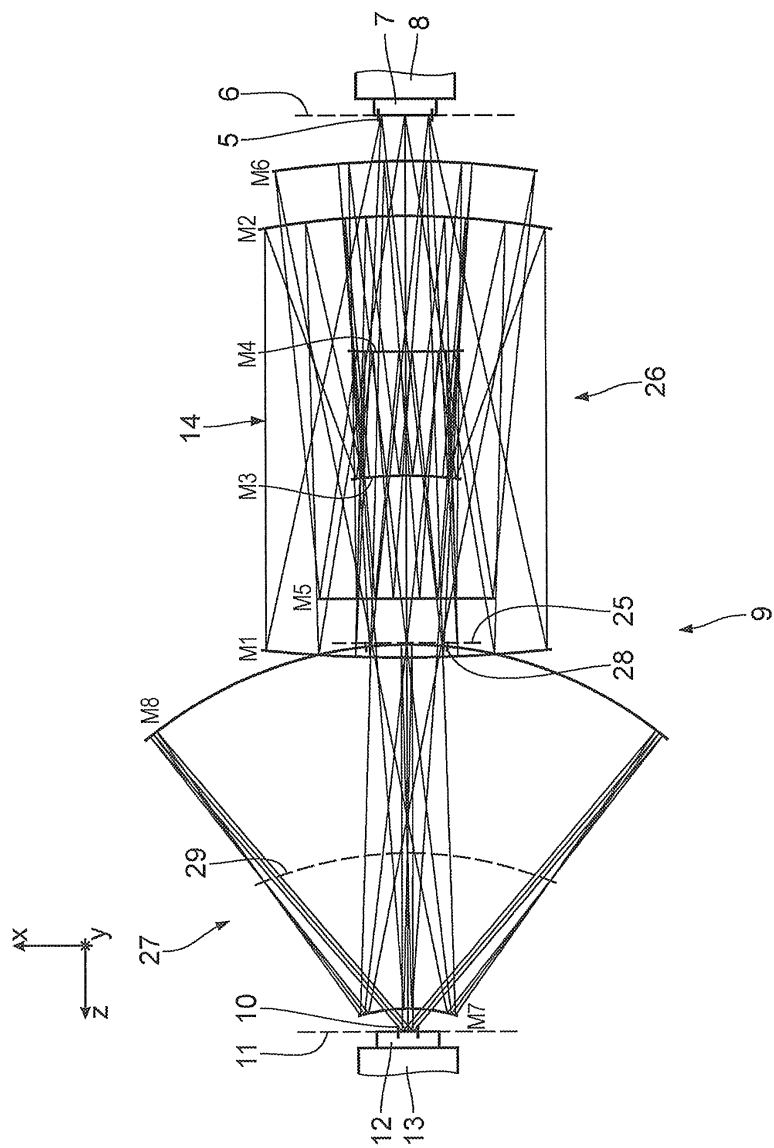
도면7



도면8



도면9



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항14 2,5번째줄

【변경전】

감방사선층

【변경후】

감광층