



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년07월17일
(11) 등록번호 10-1758958
(24) 등록일자 2017년07월11일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/027 (2006.01) G02B 27/18 (2006.01)
G03F 7/20 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2013-7022790
(22) 출원일자(국제) 2011년02월28일
심사청구일자 2015년11월12일
(85) 번역문제출일자 2013년08월28일
(65) 공개번호 10-2014-0021549
(43) 공개일자 2014년02월20일
(86) 국제출원번호 PCT/EP2011/000960
(87) 국제공개번호 WO 2012/116710
국제공개일자 2012년09월07일
(56) 선행기술조사문헌
JP01096929 A*
WO2011012148 A1*
US20080259450 A1*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
칼 짜이스 에스엠티 게엠베하
독일 오버코헨 73447 루돌프-에버-슈트라쎈 2
(72) 발명자
파트라, 미카엘
독일연방공화국, 73447 오버코헨, 슈바르트베그 41
데컨테르, 마르쿠스
독일연방공화국, 73432 알렌, 랑게케르베그 20
(74) 대리인
한양특허법인

전체 청구항 수 : 총 12 항

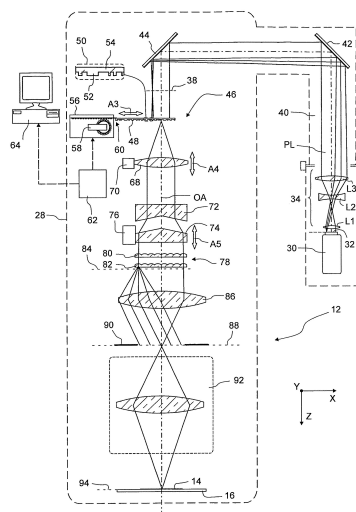
심사관 : 곽중환

(54) 발명의 명칭 마이크로리소그래피 투영 노광 장치의 조명 시스템

(57) 요약

마이크로리소그래피 투영 노광 장치(10)의 조명 시스템은 투영 광(PL)을 생성하도록 구성되는 광원(30), 동공 평면(84), 상기 광원(30)과 상기 동공 평면(84) 사이에 배열되어서 상기 동공 평면(84)의 투영 광(PL)의 조도 분포가 회절 광학 소자(48) 상의 상기 투영 광(PL)에 의해 조명되는 필드의 위치(96a, 96b, 96c)에 좌우되게하는, 회절 광학 소자(48)를 포함한다. 상기 조명 시스템은 상기 광원(30)과 상기 회절 광학 소자(48) 사이에 배열된 광학 이미징 시스템(34; 134; 234; 334)을 더 포함한다. 상기 광학적 이미징 시스템은, 광원(30)에 의해 방출된 투영 광(PL)의 방향 및 다이버전스의 변화는 투영 광(PL)에 의해 회절 광학 소자(48) 상에서 조명되는 필드의 위치 및 크기에 대한 유효한 효과를 가지지 않는다.

대표도 - 도2



명세서

청구범위

청구항 1

마이크로리소그래피 투영 노광 장치(10)의 조명 시스템으로서,

- a) 투영 광(PL)을 생성하도록 구성되는 광원(30),
 - b) 동공 평면(84),
 - c) 상기 광원(30)과 상기 동공 평면(84) 사이에 배열되어서, 상기 동공 평면(84)의 투영 광(PL)의 조도 분포가 회절 광학 소자(48) 상의 투영 광(PL)에 의해 조명되는 필드의 위치(96a, 96b, 96c)에 좌우되게 하는, 회절 광학 소자(48),
 - d) 상기 광원(30)과 상기 회절 광학 소자(48) 사이에 배열된 광학 이미징 시스템(34; 134; 234; 334)을 포함하고,
- 상기 광원(30)과 상기 광학 이미징 시스템(334) 사이에 배열된 멀티플 빔 폴딩 시스템(multiple beam folding system)(100)을 포함하는, 조명 시스템.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

- 상기 광학 이미징 시스템(34; 134; 234; 334)은 오브젝트 평면(36) 및 상기 오브젝트 평면(36)이 이미징되는 이미지 평면(38)을 가지고,
- 상기 광원(30)의 광 출구 창(32)이 상기 오브젝트 평면(36)에 배열되며,
- 상기 회절 광학 소자(48)는 상기 이미지 평면(38)에 배열되는, 조명 시스템.

청구항 3

청구항 1에 있어서, 상기 광학 이미징 시스템(34; 334)은 그 오브젝트 측 및 그 이미지 측 상에서 텔레센트릭한(telecentric), 조명 시스템.

청구항 4

청구항 3에 있어서, 상기 광학 이미징 시스템(34; 334)은 굴절력 또는 반사능력을 갖는 적어도 3개의 광학 소자(L1, L2, L3)를 포함하는, 조명 시스템.

청구항 5

청구항 4에 있어서, 상기 광학 이미징 시스템(34; 334)은 2개의 양(positive)의 렌즈(L1, L3)와 상기 2개의 양의 렌즈 사이에 배열된 음(negative)의 렌즈(L2)를 포함하는, 조명 시스템.

청구항 6

삭제

청구항 7

청구항 1에 있어서, 상기 멀티플 빔 폴딩 시스템(100)은 복수의 프리즘(102, 104, 106) 또는 평면 미러를 포함하는, 조명 시스템.

청구항 8

청구항 7에 있어서, 적어도 하나의 프리즘(106) 또는 미러가 가이드 레일을 따라 상이한 위치에 고정될 수 있도록

록 상기 가이드 레일(108) 상에 장착되는, 조명 시스템.

청구항 9

청구항 1 내지 청구항 5 중 어느 한 항에 있어서,

상기 광학 이미징 시스템(34; 134; 234; 334)은 $|\beta| > 1$ 인 가로 배율(β)을 갖는, 조명 시스템.

청구항 10

청구항 9에 있어서, 상기 광학 이미징 시스템(34; 134; 234; 334)은 $|\beta| > 3$ 인 가로 배율(β)을 갖는, 조명 시스템.

청구항 11

청구항 10에 있어서,

상기 광학 이미징 시스템(334)과 상기 회절 광학 소자(48) 사이에 배열되고 상기 광학적 이미징 시스템(334)으로부터 출사되는 시준된 광 빔의 직경을 줄이도록 구성되는 빔 축소 유닛(110)을 포함하는, 조명 시스템.

청구항 12

청구항 1 내지 청구항 5 중 어느 한 항에 있어서,

상기 광학 이미징 시스템의 모든 광학 소자들은 상기 조명 시스템의 광원과 빔 전달(beam delivery) 사이에 배열되는, 조명 시스템.

청구항 13

청구항 1 내지 청구항 5 중 어느 한 항에 있어서,

상기 조명 시스템의 광학 축(OA)에 평행하지 않은 변위 방향(X)을 따라 상기 회절 광학 소자(48)를 변위시키도록 구성되는 변위 메커니즘(56)을 포함하는, 조명 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 일반적으로 마이크로리소그래피 노광 장치의 마스크를 조명하기 위한 조명 시스템에 관한 것이며, 특히, 위치 의존적 회절 효과를 갖는 회절 광학 소자가 동공 평면의 조도 분포를 한정하기 위해 사용되는 그러한 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 마이크로리소그래피(또한, 포토리소그래피 또는 간략히 리소그래피로도 지칭됨)는 집적 회로, 액정 디스플레이 및 다른 미세구조의 장치의 제조를 위한 기술이다. 에칭 공정과 함께 마이크로리소그래피 공정은 예를 들면 실리콘 웨이퍼와 같은 기판 상에 형성된 박막 스택 내에 피처를 패터닝하는데 이용된다. 제조의 각 층에서, 웨이퍼는 심자외선(DUV; deep ultraviolet) 또는 진공 자외선(EUV; Vacuum ultraviolet) 광과 같은 방사선에 민감한 재료인 포토레지스트로 먼저 코팅된다. 다음으로, 상부에 포토레지스트를 갖는 웨이퍼가 투영 노광 장치내의 투영광에 노광된다. 장치는 패턴을 갖는 마스크를 포토레지스트 상에 투영하여, 포토레지스트는 마스크 패턴에 의해 결정되는 특정 위치만이 노광된다. 노광 이후에, 포토레지스트는 현상되어 마스크 패턴에 대응하는 이미지를 생성한다. 다음으로 에칭 공정이 패턴을 웨이퍼 상의 박막 스택으로 전사한다. 마지막으로, 포토레지스트가 제거된다. 상이한 마스크를 이용한 이 공정의 반복으로 다층의 미세구조 소자가 완성된다.

[0003] 투영 노광 장치는 일반적으로 마스크를 조명하기 위한 조명 시스템, 마스크를 정렬시키기 위한 마스크 스테이지, 투영 오브젝티브 및 포토레지스트로 코팅된 웨이퍼를 정렬하기 위한 웨이퍼 정렬 스테이지를 포함한다. 조명 시스템은 예를 들면 직사각형 또는 곡선 슬릿의 형상을 가질 수 있는 마스크 상의 필드를 조명한다.

- [0004] 현재 투영 노광 장치는 2개의 상이한 종류의 장치로 구분된다. 하나의 종류의 장치에서, 웨이퍼 상의 각각의 목표 부분은 목표 부분 상에 전체 마스크 패턴을 노광함으로써 한꺼번에 조명된다. 이러한 장치는 일반적으로 웨이퍼 스텝퍼(wafer stepper)로 지칭된다. 다른 종류의 장치 - 스텝 및 스캔 장치 또는 스캐너로서 일반적으로 지칭됨 - 에서, 각각의 타겟 부분은 스캔 방향을 따라 투영 빔 아래에서 마스크를 점진적으로 스캐닝하고 이러한 방향에 평행하거나 역평행하게 기판을 동시에 움직임으로써 조명된다.
- [0005] 미세구조 장치를 제조하기 위한 기술이 발달하면서, 조명 시스템에 대한 수요 또한 증가하고 있다. 이상적으로, 조명 시스템은 잘 한정된 공간 및 각도 조도 분포를 갖는 투영 광에 의해 마스크 상의 조명된 필드의 각각의 포인트를 조명한다. 각도 조도 분포라는 용어는 마스크 평면의 특정 포인트로 집중되는 광 선속의 총 광 에너지가 광 선속을 구성하는 광의 다양한 방향 사이에 어떻게 분포하는지 설명한다.
- [0006] 마스크 상에 충돌하는 투영 광의 각도 조도 분포는 일반적으로 포토레지스트 상으로 투영될 패턴의 종류에 적응된다. 예컨대, 비교적 크기가 큰 피쳐는 크기가 작은 피쳐와는 상이한 각도 조도 분포를 요구할 수 있다. 투영 광의 가장 일반적으로 사용된 각도 조도 분포는 종래의, 환형의, 2중극 및 4중극 조명 세팅으로 지칭된다. 이러한 용어들은 조명 시스템의 동공 평면의 각도 조도 분포를 지칭한다. 환형 조명 세팅으로, 예컨대, 환형 영역이 동공 평면에서 조명된다. 그러므로, 투영 광의 각도 조도 분포에서는 오직 작은 범위의 각도가 존재하고, 이는 모든 광선이 동일한 개구 각도로 마스크 상에 비스듬히 충돌하는 것을 의미한다.
- [0007] 마스크 평면의 투영 광의 각도 조도 분포를 변경하여 바람직한 조명 세팅을 성취하기 위한 상이한 수단이 종래 기술에 알려져 있다. 가장 단순한 경우, 하나 이상의 개구를 포함하는 스태프(조리개)은 조명 시스템의 동공 평면에 위치된다. 동공 평면의 위치가 마스크 평면 또는 다른 플리에 관련 필드 평면의 각도로 바뀌므로, 동공 평면의 개구의 크기, 형태 및 위치는 마스크 평면의 각도 조도 분포를 결정한다. 그러나, 조명 세팅의 임의의 변화는 스태프의 교체를 요한다. 이러한 변화는 다소 상이한 크기, 형태 또는 위치를 갖는 개구를 가지는 다수의 스태프를 요구하므로, 이로 인해 조명 세팅을 미세하게 조절하는 것이 어려워진다. 더욱이, 스태프의 사용은 불가피하게 광 손실을 야기하여 장치의 처리량을 감소시킨다.
- [0008] 회절 광학 소자가 조명 시스템의 동공 평면의 특정 조도 분포를 생성하기 위해 사용되는 경우, 스태프에 의한 광 손실이 회피된다. 조도 분포는, 회절 광학 소자와 동공 평면 사이에 배열된 한 쌍의 액시콘(axicon) 소자 또는 줌 렌즈와 같은 조절가능한 광학 소자에 의해 적어도 특정 정도까지 변형될 수 있다.
- [0009] 동공 평면의 상이한 조도 분포를 생성하는데 있어서 가장 큰 유연성(flexibility)은 미러 어레이가 회절 광학 소자 대신 사용될 때 얻어진다. 예컨대, EP 1 262 836 A1은 1000개 보다 많은 마이크로스코픽 미러를 포함하는 마이크로 전자기계 시스템(MEMS)으로서 실현되는 미러 어레이의 사용을 제안한다. 각각의 미러는 서로 수직인 2개의 평면에서 경사질 수 있다. 그러므로, 미러 장치상에 입사하는 방사선은 실질적으로 반구면의 임의의 바람직한 방향으로 반사될 수 있다. 미러 어레이와 동공 평면 사이에 배열된 집광기 렌즈는 미러에 의해 생성된 반사 각도를 동공 평면의 위치로 변환한다. 이러한 종래 기술의 조명 시스템은 복수의 스팟(spot)으로 동공 평면을 조명하는 것을 가능케 하고, 각각의 스팟은 일 특정 마이크로스코픽 미러와 관련되고 이러한 미러를 기울임으로써 동공 평면을 가로질러 자유롭게 이동가능하다.
- [0010] 유사한 조명 시스템은 US 2006/0087634 A1, US 7,061,582 B2, WO 2005/026843 A2 및 WO 2010/006687에서 알려져 있다.
- [0011] 그러나, 미러 어레이의 사용이 기술적으로 요구되고 정밀한 광학적, 기계적 및 계산적인 해결책을 요한다.
- [0012] 동공 평면에서 지속적으로 가변 공간 조도 분포를 생성하기 위한 더 간단한 접근법은 위치 의존적 회절 소자를 갖는 회절 광학 소자를 사용하는 것이다. 투영 광이 소자에 충돌하는 위치에 따라, 상이한 공간 조도 분포가 동공 평면에 생성된다. 일반적으로 투영 광 빔이 고정되어 유지될 것이며 회절 광학 소자는 변위 메커니즘의 도움으로 변위되어서 투영 광 빔이 소자에 충돌하는 위치를 변경한다. 이러한 종류의 회절 광학 소자는 예컨대 테레사 테크놀로지, 인크(미국, 산 호세)로부터 상업적으로 이용가능하다.
- [0013] 그러나, 회절 광학 소자에 의해 생성된 회절 효과가 투영 광이 소자에 충돌하는 위치에 의존하는 경우, 일단 (회절 광학 소자의 변위에 의해) 세팅된 위치가 추가로 변경되지 않아야 한다. 회절 광학 소자 상의 광 필드의 위치가 불안정하되 단기간 또는 장기간 동안 다소 변하도록 허용될 경우, 회절 광학 소자에 의해 생성된 회절 효과 역시 변할 것이다. 결국, 이는 투영 광이 마스크에 충돌할 때 투영 광의 각도 조도 분포의 바람직하지 않은 변형을 야기할 것이다. 마스크의 이미징이 각도 조도 분포에 상당히 민감하게 따르므로 회절 광학 소자의 광 필드 위치의 변화는 마스크의 동일 구조가 감광성 층에 상이한 이미징 품질로 이미징되는 효과를 궁극적으로

가질 수 있다.

- [0014] 일반적으로 레이저로서 실현되는 광원은 약 25미터에 이르는 수 미터의 거리만큼 조명 시스템의 남아있는 구성 요소로부터 종종 이격되므로, 회절 광학 소자에 대한 광 필드의 위치의 안정화가 문제가 된다. 광원에 의해 생성된 투영 광 빔은 튜브나 다른 종류의 엔클로저에서 일반적으로 가이드되고 광원에서 평면 폴딩 미러를 사용하여 조명 시스템의 남아있는 부분으로 보내진다. 일반적으로 빔 전달로 지칭되는 조명 시스템의 이러한 부분의 총 길이와 구성은 종종 반도체 제조 공정에서 지배적인 로컬 조건에 의존한다. 이러한 이유로, 당업자는 이러한 빔 전달의 길이 및 구성을 이러한 로컬 조건에 적응시킬 수 있어야 한다.
- [0015] 빔 전달의 유효 길이로 인하여, 레이저 광원에 의해 방출된 투영 광 빔의 방향의 (예컨대, 0.1 mrad 미만의) 미세한 변화는 회절 광학 소자 상에서 조명된 광 필드를 수 밀리미터만큼 이동시킬 것이다. 더욱이, 레이저 광원에 의해 방출된 투영 광의 다이버전스는 또한 (특히 가스 주입 이후의) 일일 기준(daily scale)뿐만 아니라 노화 영향의 결과로 인한 보다 긴 시간 기준의 변형의 대상이 된다. 또한, 다이버전스의 변화는 회절 광학 소자에 조명된 광 필드의 위치 및 크기에 영향을 끼칠 것이며 이로써 궁극적으로 투영 노광 장치의 이미징 품질에 궁극적으로 영향을 끼칠 것이다.
- [0016] US 2007/0160096 A1은 박막 트랜지스터의 제조 동안의 레이저 어닐링 반도체 막을 위한 장치를 개시한다. 광학적 이미징 시스템은 레이저 광원과 빔 확장기 사이에 배열된다.
- [0017] 또한, 레이저 피닝(laser peening) 및 레이저 어닐링 장치에 각각 관련된 US 2006/0102604 A1 및 US 2005/0035103 A1이 각각 참조된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0018] 본 발명의 목적은 마이크로리소그래피 투영 노광 장치의 조명 시스템을 제공하는 것이고, 이 시스템은, 위치 의존적 회절 효과를 갖는 회절 광학 소자를 사용하여 마스크 레벨에서 각도 조도 분포를 지속적이고 유연하게 변경하는 것을 가능하게 하며, 각도 조도 분포가 일단 장치의 오퍼레이터에 의해 한정되면 이 분포가 안정되는 것이 보장된다.

과제의 해결 수단

- [0019] 본 발명에 따르면, 투영 광을 생성하도록 구성되는 광원, 동공 평면 및 회절 광학 소자를 포함하는 마이크로리소그래피 투영 노광 장치의 투영 시스템에 의해 이러한 목적이 성취된다. 회절 광학 소자는 광원과 동공 평면 사이에 배열되어서, 동공 평면의 투영 광의 조도 분포는 회절 광학 소자 상의 투영 광에 의해 조명되는 필드의 위치에 의존한다. 조명 시스템은 광원과 회절 광학 소자 사이에 배열된 광학적 이미징 시스템을 더 포함한다.
- [0020] 광학적 이미징 시스템은, 실제로 회절 광학 소자가 광원의 이미지에 의해 조명되는 효과를 갖는다. 이러한 이미지와 회절 광학 소자 사이의 거리는 작거나 심지어 0이므로, 광원에 의해 방출된 투영 광 빔의 방향 및 다이버전스의 변화는 투영 광에 의해 회절 광학 소자 상에서 조명되는 필드의 위치에 대한 효과를 가지지 않거나 적어도 유효한 효과를 가지지 않는다.
- [0021] 광원의 광 출구창(light exit window)이 오브젝트 평면에 배열되고 회절 광학 소자가 광 이미징 시스템의 이미지 평면에 배열되는 경우, 광원의 광 출구창은 회절 광학 소자에 정확하게 이미징 될 것이다. 결과적으로, 투영 광의 위치 및 다이버전스의 변화는 투영 광에 의해 회절 광학 소자에 조명된 필드의 위치에 대한 영향을 전혀 갖지 않을 것이다.
- [0022] 그러나, 회절 광학 소자가 다소 디포커스된(slightly defocused) 축방향 위치에 배열되어서 투영 광에 의해 회절 광학 소자 상에서 조명된 필드 내의 더욱 균일한 조도 분포를 성취하는 것이 바람직할 것이다. 광학적 이미징 시스템의 이미지 평면 외부에 회절 광학 소자를 배열함으로써, 광학적 이미징 시스템의 오브젝트 평면 외부에 광원의 광 출구창을 배열함으로써 또는 이미지 및 오브젝트 평면 외부에 구성요소를 각각 배열함으로써 디포커싱이 성취될 수 있다.
- [0023] 그 오브젝트 및 또한 그 이미지 측 상에서 텔레센트릭한 광학 이미지 시스템을 갖는 것이 종종 선호된다. 당업자가, 광학적 이미징 시스템이 광학 소자 - 굴절력 또는 반사능력을 갖고 빔 전달 내부에 배열됨 - 를 포함하지 않아야 한다는 추가적인 제약을 더할 경우, 광학적 이미징 시스템이 굴절력 또는 반사능력을 갖는 3개의 광학

소자를 적어도 포함해야 한다고 알려졌다. 3개 미만의 광학 소자로, 텔레센트리시티(telecentricity)를 성취하고 빔 전달에서 이러한 광학 소자의 배열을 회피하는 것은 불가능하다.

[0024] 예컨대, 광학적 이미징 시스템은 2개의 양의 렌즈와 2개의 양의 렌즈(positive lenses) 사이에 배열된 음의 렌즈를 포함할 수 있다. 이러한 광학적 이미징 시스템은 적은 추가적인 용적을 요하며 남아있는 구성요소, 특히 조명 시스템의 빔 전달을 실질적으로 변경할 필요없이 광원과 빔 전달 사이에 배열될 수 있다.

[0025] 상기 언급된 바와 같이, 빔 전달의 총 길이는 종종 반도체 제조 공정의 로컬 조건에 따른다. 그러므로, 광학적 이미징 시스템은 이것이 빔 전달의 상이한 길이에 신속하고 간단하게 적응될 수 있도록 구성되어야 한다. 광학적 이미징 시스템이 그 오브젝트 및 그 이미지 측 상에서 텔레센트릭 할 경우, 무한초점(afocal)이어야 한다. 이로써, 자유 이미지 거리는 자유 오브젝트 거리를 변경함으로써 변경될 수 있어서 텔레센트리시티가 유지된다.

[0026] 단순한 방식으로 광학적 이미징 시스템의 오브젝트 길이를 변경할 수 있도록, 조명은 광원과 광학적 이미징 시스템 사이에 배열된 멀티플 빔 폴딩 시스템을 포함한다. 이러한 멀티플 빔 폴딩 시스템은, 예컨대, 복수의 프리즘이나 평면 미러를 포함할 수 있고, 멀티플 빔 폴딩 시스템 내의 광학적 경로 길이가 하나 이상의 프리즘이나 평면 미러를 변위시킴으로써 간단하게 조절될 수 있도록 구성될 수 있다. 예컨대, 적어도 하나의 프리즘 또는 미러는 가이드 레일을 따라 상이한 위치에서 고정될 수 있도록 가이드 레일 상에 장착될 수 있다.

[0027] 일부 실시예에서, 광원과 회절 광학 소자간의 축방향 거리는 2 m 내지 25 m 그리고 특히 5 m 내지 20 m이다.

[0028] 광학적 이미징 시스템은 $|\beta| > 1$ 및 바람직하게는 $|\beta| \geq 2$ 인 가로 배율(β)을 가질 수 있다. Δd_i 만큼의 자유 이미지 거리의 증가는 자유 오브젝트 거리의 증가($\Delta d_o = \Delta d_i / \beta^2$)를 요구할 것이므로, 조건($|\beta| > 1$)은

자유 오브젝트 거리의 증가(Δd_o)가 항상 자유 이미지 거리의 증가(Δd_i)보다 항상 작을 것을 보장한다. $|\beta|$

가 더 클수록, 특정 자유 이미지 거리 - 빔 전달의 길이에 실질적으로 상응 - 가 얻어질 경우, 자유 오브젝트 거리의 조절이 더 작아질 것이다.

[0029] $|\beta| > 1$ 인 가로 배율(β)은 또한 자유 오브젝트 거리가 자유 이미지 거리보다 작을 것을 더 보장한다. 이것은, 광학적 이미징 시스템에 포함된 모든 광학 소자가 조명 시스템의 광원과 빔 전달 사이에 배열될 수 있으므로 유리하다.

[0030] 마지막으로 중요한 것은, $|\beta| > 1$ 인 가로 배율(β)은, 회절 광학 소자 상에서 조명되는 필드가 광원에 의해 투영광의 빔이 방출될 때 이 빔의 단면보다 큰 효과를 가지는 것이며, 이는 일반적으로 바람직하다.

[0031] 그러나, 가로 배율이 매우 클 경우, 회절 광학 소자 상에서 조명된 필드의 크기도 결과적으로 상당히 클 수 있다. 추가 빔 수축 유닛(beam shrinking unit)은 광학 이미징 시스템과 회절 광학 소자 사이에 배열될 수 있다. 이러한 유닛은 광학적 이미징 시스템으로부터 출사된 시준된(collimated) 광 빔의 직경을 줄이기 위해 구성된다.

[0032] 조명 시스템은 광학 축에 평행이 아닌 변위 방향을 따라 회절 광학 소자를 변위시키도록 구성되는 변위 메커니즘을 포함할 수 있다. 회절 광학 소자에 의해 생성된 회절 효과는 회절 방향을 따라 회절 광학 소자를 변위함으로써 광 필드의 위치에 따라 변할 수 있다.

[0033] 투영 광에 대하여 회절 광학 소자를 변위하는 대신에, 고정된 회절 광학 소자에 대해 투영 광의 빔을 옮기거나 양쪽 수단을 결합하는 것 또한 고려될 수 있다. 투영 광 빔을 옮기기 위하여, 회절 광학 소자가 일시적으로 고정될 경우 빔 조향 장치(beam steering device)가 광 필드의 위치를 변경하도록 구성되도록 사용될 수 있다.

[0034] [정의]

[0035] 본 명세서에서 "광"이라는 용어는 전자기 방사선, 특히 가시광, UV, DUV 및 VUV 광을 의미하도록 사용된다.

[0036] 본 명세서에서 "광선"이라는 용어는 광 - 그 전파 경로가 선으로 기재될 수 있음 - 을 의미하도록 사용된다.

[0037] 본 명세서에서 "광 선속"이라는 용어는 필드 평면의 공통 원점(common origin)을 갖는 복수의 광선을 의미하도록

록 사용된다.

- [0038] 본 명세서에서 "광 빔"이라는 용어는 특정 렌즈나 다른 광학 소자를 통과하는 광을 의미하도록 사용된다.
- [0039] 본 명세서에서 "위치"라는 용어는 3차원 공간의 바디(body) 또는 (광과 같은) 무형의 오브젝트의 기준점의 위치를 의미하도록 사용된다. 위치는 3개의 카테시안 좌표의 세트에 의해 일반적으로 표시된다. 그러므로, 배향 및 위치는 3차원 공간의 바디의 배치를 완전히 설명한다.
- [0040] 본 명세서에서 "방향"이라는 용어는 직선의 공간적 배향을 의미하도록 사용된다. 그러므로, 특정 방향을 따르는 오브젝트의 동작은, 오브젝트가 그 선상에서 2개의 반대 방식으로 움직이도록 허용되는 것을 의미한다.
- [0041] 본 명세서에서 "표면"이라는 용어는 3차원 공간의 평면 또는 곡면을 의미하도록 사용된다. 표면은 바디의 부분일 수 있거나 거기에 완전히 부착될 수 있고 이는 필드나 동공 평면을 갖는 경우에서 일반적이다.
- [0042] 본 명세서에서 "필드 평면"이라는 용어는 마스크 평면에 광학적으로 켈레인(conjugate) 평면을 의미하도록 사용된다.
- [0043] 본 명세서에서 "켈레인 평면"이라는 용어는 그 사이에서 이미징 관계가 성립되는 평면을 의미하도록 사용된다.
- 켈레인 평면의 개념에 관련된 추가 정보는 "1차 설계 및 y, y 다이어그램(E. Delano, 적용된 옵틱스, 1963, 볼륨 2, 12호, 1251-1256 쪽)"에 기재된다.
- [0044] 본 명세서에서 "동공 평면"이라는 용어는 마스크 평면의 상이한 지점을 통과하는 주변 광선이 교차하는 평면을 의미하도록 사용된다. "동공 평면"이라는 용어는 또한 이것이 수학적 개념의 평면이 아니라 엄밀한 개념에서의 약간의 곡면을 지칭하는 경우 동공 표면을 지칭하는 것일 때 사용된다.
- [0045] 본 명세서에서 "광학 래스터 소자"라는 용어는, 임의의 광학 소자, 예컨대 렌즈, 프리즘 또는 회절 광학 소자 - 동일하거나 유사한 광학 래스터 소자와 함께 배열되어서 각각의 광학 래스터 소자가 복수의 인접한 광학 채널 중 하나와 관련됨 - 를 의미하도록 사용된다.
- [0046] 본 명세서에서 "텔레센트릭(telecentric)"이라는 용어는, 필드 평면으로부터 생성되는 광 선속의 주 광선이 광학축에 평행하게 전파하는 것을 의미하도록 사용된다.
- [0047] 본 명세서에서 "광학 적분기"라는 용어는 적(product) $NA \cdot \alpha$ 를 증가시키는 광학 시스템을 의미하도록 사용되고, NA는 개구수이며 α 는 조명된 필드 평면의 영역이다.
- [0048] 본 명세서에서 "집광기"라는 용어는 광학 소자나, 2개의 평면, 예컨대 필드 평면과 동공 평면 간의 (적어도 대략적인) 푸리에 관계를 형성하는 광학 시스템을 의미하도록 사용된다.
- [0049] 본 명세서에서 "자유 오브젝트 거리"라는 용어는 광학 이미징 시스템의 제 1 오브젝트 측 광학 소자의 정점(vertex)과 오브젝트 평면 사이의 축방향 거리를 의미하도록 사용된다.
- [0050] 본 명세서에서 "자유 이미지 거리"라는 용어는 광학 이미징 시스템의 마지막 이미지 측의 광학 소자의 정점과 이미지 평면 사이의 축방향 거리를 의미하도록 사용된다.
- [0051] 본 명세서에서 "공간 조도 분포"는 어떻게 총 조도가 광이 충돌하는 실제 또는 가상의 표면에 대해 변하는지 나타내기 위해 사용된다. 일반적으로 공간 조도 분포는 함수($I_s(x,y)$)로 기재될 수 있으며, (x,y) 는 표면의 점의 공간 좌표가 된다.
- [0052] 본 명세서에서 "각도 조도 분포"는 어떻게 광 선속의 조도가 광 선속을 구성하는 광선의 각도에 따라 변하는지 나타내기 위해 사용된다. 일반적으로 각도 방사조도 분포는 함수($I_a(a,\beta)$)로 기재될 수 있으며, a, β 는 광선의 방향을 설명하는 각도 좌표가 된다.

도면의 간단한 설명

- [0053] 본 발명의 다양한 특성 및 장점은 동반하는 도면과 함께 이하의 상세한 설명을 참조하여 더욱 정확하게 이해될 수 있다:

도 1은 본 발명에 따른 투영 노광 장치의 개략적인 투사도이다.

도 2는 제 1 실시예에 따라 도 1에 도시된 장치의 조명 시스템을 통한 자오 단면이다.

도 3은 도 2에 도시된 조명 시스템에 포함된 회절 광학 소자의 상면도를 상부에 도시하고, 필드가 상이한 위치에서 회절 광학 소자에 의해 조명되는 경우 회절 광학 소자에 의해 먼 필드에서 생산되는 3개의 조도 분포를 하부에 도시한다.

도 4는 도 2에 도시된 조명 시스템에서 사용될 수 있는 광학 이미징 시스템의 일 실시예를 통한 자오 단면이며, 이 광학 이미징 시스템은 하나의 단일 양의 렌즈를 포함한다.

도 5는 도 2에 도시된 조명 시스템에 사용될 수 있는 광학 이미징 시스템의 일 실시예를 통한 자오 단면이며, 광학 이미징 시스템은 빔 전달의 외부에 배열될 수 있는 2개의 렌즈를 포함한다.

도 6은 도 2에 도시된 광학 이미징 시스템을 통한 자오 단면이다.

도 7은 도 2에 도시된 조명 시스템에 사용될 수 있는 광학 이미징 시스템의 추가 실시예를 통한 자오 단면이며, 더 넓은 조도 분포가 제 2 렌즈에서 생성된다.

도 8은 도 7에 도시되었으나 변경된 자유 오브젝트와 이미지 거리를 갖는 이미징 시스템을 통한 자오 단면이다.

도 9는 일 대안 실시예에 따라 도 2에 도시된 조명 시스템의 일부를 도시하며, 멀티플 빔 폴딩 시스템은 광원과 광학적 이미징 시스템 사이에 배열된다.

도 10은 도 9에 도시되었으나 변경된 자유 오브젝트 및 이미지 거리를 갖는 실시예를 도시한다.

도 11은 또 다른 실시예를 통한 자오 단면이며, 여기서 조명 시스템은 멀티플 빔 폴딩 시스템과 빔 축소 유닛을 포함한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

I.

투영 노광 장치의 일반적인 구조

도 1은 본 발명에 따른 투영 노광 장치(10)의 매우 간략화된 투사도이다. 장치(10)는 투영 광 빔(미도시)을 생성하는 조명 시스템(12)을 포함한다. 후자는, 도 1에서 가는 선으로 개략적으로 표시된 복수의 작은 피쳐(19)에 의해 형성된 패턴(18)을 포함하는 마스크(16) 상의 필드(14)를 조명한다. 이 실시예에서, 조명된 필드(14)는 링 세그먼트의 형태를 갖는다. 그러나, 조명된 필드(14)의 다른 형태, 예컨대, 직사각형 또한 고려된다.

투영 오브젝티브(20)는 기관(24)에 의해 지지되는 감광성 층(22) 예컨대, 포토레지스트 상에 조명된 필드(14) 내의 패턴(18)을 이미징한다. 실리콘 웨이퍼에 의해 형성될 수 있는 기관(24)은 웨이퍼 스테이지(미도시) 상에 배열되어서, 감광성 층(22)의 상부 표면은 투영 오브젝티브(20)의 이미지 평면에 정확히 위치된다. 마스크(16)

는 투영 오브젝티브(20)의 오브젝트 평면의 마스크 스테이지(미도시)에 의해 위치된다. 후자는 $|M| < 1$ 인 가로 배율(M)을 가지므로, 조명된 필드(14) 내의 패턴(18)의 축소된 이미지(18')는 감광성 층(22) 상으로 투영된다.

이러한 실시예에서, 투영 오브젝티브(20)의 설계는, 조명된 필드(14)가 투영 오브젝티브(20)의 광학 축(26) 밖으로 위치되는 것을 요구한다. 다른 종류의 투영 오브젝티브로, 조명된 필드(14)가 광학 축(26)에 초점이 맞춰질 수 있다.

투영 동안, 마스크(16) 및 기관(24)은, 도 1에 표시된 Y 방향에 상응하는 스캔 방향을 따라 움직인다. 그러므로, 조명된 필드(14)가 마스크(16) 위를 스캐닝하여서, 조명된 필드(14) 보다 큰 패턴닝된 영역이 연속적으로 이미징 될 수 있다. 기관(24)과 마스크(16)의 속도 간의 비(ratio)는 투영 오브젝티브(20)의 배율(M)과 동일하다. 투영 오브젝티브(20)가 이미지를 인버트(invert)하는 경우($M < 0$), 도 1에서 화살(A1 및 A2)로 표시되는 바와 같이, 마스크(16)와 기관(24)은 반대 방향으로 움직인다. 그러나, 본 발명은, 마스크(16)와 기관(24)이 마스크의 투영 동안 움직이지 않는 스텝퍼 도구(stepper tool)에서 또한 사용될 수 있다.

II.

조명 시스템의 일반적인 구조

- [0062] 도 2는 도 1에 도시된 조명 시스템을 통한 자오 단면이다. 명확성을 위하여, 도 2의 도시는 상당히 간소화되며, 크기가 정해진 것은 아니다. 이것은 특히 상이한 광학 유닛이 하나 또는 아주 극소수의 광학 소자에 의해서만 표시될 수 있다는 점을 뜻한다. 실제로, 이러한 유닛은 상당히 더 많은 렌즈와 다른 광학 소자를 포함할 수 있다.
- [0063] 조명 시스템(12)은 하우징(28) 및 광원(30) - 즉, 도시된 실시예에서, 광 출구 창(32)을 갖는 엑시머 레이저로 실현됨 - 을 포함한다. 광원(30)은 약 193nm(VUV)의 파장을 갖는 투영 광(PL)을 방출한다. 다른 형태의 광원(30) 및 다른 파장 - 예컨대 248nm(DUV) 또는 157nm - 이 또한 고려된다.
- [0064] 도시된 실시예에서, 투영 광(PL)은 광 출구 창(32)을 떠나서 3개의 렌즈(L1, L2 및 L3)를 포함하는 광학적 이미징 시스템(34)으로 들어간다. 광학적 이미징 시스템(34)은 오브젝트 평면(36) - 광원(30)의 광 출구 창(32)이 배열됨 - 및 이미지 평면(38)을 갖는다.
- [0065] 광학적 이미징 시스템(34)으로부터 생성되는 투영 광(PL)은 빔 전달(40)을 통과하고, 여기서 제 1 평면 빔 경로 폴딩 미러(42) 및 제 2 평면 빔 경로 폴딩 미러(44)가 배열된다. 빔 전달(40)의 총 길이는 2 m 내지 25 m 간의 범위가 될 수 있다. 투영 광(PL)은 후속 동공 평면의 가변 공간 조도 분포를 생성하기 위해 사용되는 동공 한정 유닛(46)에 들어간다. 이를 위하여, 동공 한정 유닛(46)은 조명 시스템(12)의 광학 축(OA)에 실질적으로 직교인 평면에서 연장하는 회절 광학 소자(48)를 포함한다.
- [0066] 확대된 컷-아웃(50)에 도시된 바와 같이, 회절 광학 소자(48)는 평면 기관(54) 상에 형성된 복수의 미세 회절 구조(52)를 포함한다. 회절 광학 소자(48)는 종래 기술에 알려진 바와 같이 컴퓨터 홀로그램(CGH)로서 실현될 수 있다. 회절 광학 소자(48)의 광학 특성은 도 3을 참조하여 이하에서 더 설명될 것이다.
- [0067] 동공 한정 유닛(46)은, X 방향(이중 화살표(A3) 참조)을 따라 회절 광학 소자(48)를 변위하도록 구성되는 변위 메커니즘(56)을 더 포함한다. 이를 위하여, 변위 메커니즘(56)은 톱니형 기어링(60)에 의해 회절 광학 소자(48)에 결합되는 서보 모터(58)를 포함한다. 이 서보 모터(58)는 전체 시스템 제어(64)에 연결된 제어 유닛(62)에 의해 제어된다.
- [0068] 동공 한정 유닛(46)은 줌 시준된 렌즈(68) - 제 1 액추에이터(70)의 도움으로 광학 축(OA)을 따라 변위될 수 있음(이중 화살표(A4)참조) - 및 상보적 원뿔형 표면을 갖는 제 1 및 제 2 원뿔형 소자(72, 74)를 더 포함한다. 광학 축(OA)을 따르는 원뿔형 소자(72, 74) 사이의 거리는 이중 화살표(A5)에 의해 표시되는 바와 같이 제 2 액추에이터(76)의 도움으로 변경될 수 있다. 이러한 실시예에서, 제 2 액추에이터(76)는 제 2 원뿔형 소자(74)에만 결합되고, 2개의 원뿔형 소자(72, 74) 간의 거리를 변경하기 위한 구성 또한 실현 가능하다. 원뿔형 소자(72, 74)는, 제 1 원뿔형 소자(72)의 출입 표면에서의 조도 분포가 방사상 외부로 이동되는 효과를 갖는다. 방사형 이동의 양은 제 1 원뿔형 소자(72)와 제 2 원뿔형 소자(74) 간의 거리에 따른다.
- [0069] 원뿔형 소자(72, 74)를 통과한 광은, 도시된 실시예에 있어서, 광학 래스터 소자의 2개의 어레이(80, 82)를 포함하는 광학 적분기(78)에 충돌한다. 각각의 광학 래스터 소자는 그와 같이 당업계에 알려진 바와 같이 2개의 원통형 렌즈를 교차시키는 것에 의해 형성된다. 광학 래스터 소자는, 예컨대, 직사각형의 경계선을 갖는 회전 대칭 렌즈에 의해 또한 형성될 수도 있다. 광학 적분기(78)는 동공 평면(84)내에서 복수의 제 2 광원을 생성한다. 각각의 제 2 광원은 동일한 X 및 Y 좌표를 갖는 화살표(80, 82)의 2개의 광학 래스터 소자에 의해 규정되는 광학적 채널과 관련된다.
- [0070] 집광기(86)는, 제 2 광원에 의해 생성된 환형 광 분포를 후속하는 중간 필드 평면(88)에서의 공간적인 조도 분포로 변환한다. 모든 제 2 광원이 동일한 환형 조도 분포를 실질적으로 생성하기 때문에, 또한 중간 필드 평면(88)에서의 공간적인 조도 분포가 매우 유사하다. 이러한 조도 분포의 중첩은 중간 필드 평면(88)에서의 필드의 매우 균질한 조명을 초래한다.
- [0071] 중간 필드 평면(88)은 필드 조리개 오브젝티브(field stop objective)(92)에 의해서 필드 스탑(90)과 함께, 마스크(16)가 배치된 마스크 평면(94)상에 이미징된다. 마스크(16)상에 조명되는 필드(14)는 따라서, 복수의 제 2 광원에 의해 중간 필드 평면(88)내의 조명되고 필드 스탑(90)에 의해 마스크(mask)되는 필드의 이미지이다.
- [0072] III.
- [0073] 회절 광학 소자의 광학 특성
- [0074] 이하에서, 회절 광학 소자(48)의 광학 특성은 도 3을 참조하여 더욱 상세히 설명될 것이다.

- [0075] 도 3은 회절 광학 소자(48)의 평면도를 상부에 도시한다. 회절 광학 소자(48)의, 간략화를 위해 도시되지 않은, 회절 구조(52)는, 회절 광학 소자(48)에 의해 생성되는 회절 효과가 회절 광학 소자(48)상의 투영 광(P_L)에 의해 조명되는 광 필드의 위치에 좌우되도록, 설계된다.
- [0076] 도 3에 있어서, 그러한 광 필드의 제 1, 제 2 및 제 3 위치는 각각 96a, 96b 및 96c로 도시되고 표시된다. 3개의 위치(96a, 96b, 96c)는 X 방향을 따르는 그것의 장소에 관해서만 서로 상이하다.
- [0077] 투영 광(P_L)이 제 1 회절 광학 소자(42)상의 제 1 위치(96a)에서의 광 필드를 조명하는 경우에, 후자는 도 3에서 98a로 표시되는 제 1 공간 조도 분포에 대해 원거리 필드에 (또는 등가인 줌 시준기 렌즈(68)에 의한 푸리에 변환 후) 대응하는 환형 광 분포를 생성할 것으로 가정된다. 이러한 제 1 공간 조도 분포(98a)에 있어서, X 방향을 따라 이격되는 2개의 작은 극(P₁, P₂)만이 조명된다. 각각의 극(P₁, P₂)은 외측 반경(r_{po})과 내측 반경(r_{pi})을 갖는 링의 세그먼트의 형태를 갖는다. 이하에서 극 너비 각도(pole width angle) α 로 지칭될 링 세그먼트의 환형 범위는 양쪽의 극(P₁, P₂)에 대해 동일하다.
- [0078] 투영 광(P_L)이 제 1 회절 광학 소자(42)상의 제 2 위치(96b)에서의 필드를 조명하는 경우, 유사한 공간 조도 분포가 원거리 필드에, 하지만 더 큰 극 너비 각도 (α)로 생성될 것이다. 광 필드의 제 3 위치(96c)에 있어서, 극 너비 각도 (α)는 그 자신의 최대값을 갖는다.
- [0079] 광 필드의 모든 중간 위치에서 유사한 극(P₁, P₂)이, 하지만 3개의 위치(96a, 96b 및 96c)에 대해서 도 3에 표시된 것 사이에 있는 값을 갖는 극 너비 각도 (α)로, 생성될 것이라는 것이 이해된다.
- [0080] 이러한 실시예에 있어서, 도 3에 예시된 상이한 위치(96a, 96b, 96c)는 고정된 제 1 회절 광학 소자(42) 위로 투영 광(P_L)을 이동시키는 것에 의해서는 생성되지 않고, 변위 메커니즘(56)의 도움으로, 투영 광(P_L)의 고정된 빔에 대해 제 1 회절 광학 소자(42)를 변위시키는 것에 의해 생성된다.
- [0081] IV.
- [0082] 기능
- [0083] 광학 이미징 시스템(34)은 회절 광학 소자(48)의 전면에 짧은 거리로 배열된 이미지 평면(38) 상의 광원(30)의 광 출구 창(32)을 이미징한다. 이미지 평면(38)에 대한 회절 광학 소자(48)의 다소 디포커스된(slightly defocused) 배열은 회절 광학 소자(48) 상의 보다 균일한 조도 분포를 야기한다.
- [0084] 그러므로, 회절 광학 소자(48)는 실제로 광원(30)의 광 출구 창(32)의 이미지에 의해 조명된다. 이러한 이미지와 회절 광학 소자(48) 간의 거리가 작기 때문에, 광원(30)의 광 출구 창(32)에서 방출된 투영 광의 방향 및 다이버전스의 변화는 투영 광(P_L)에 의해 회절 광학 소자(48) 상에 조명된 필드의 위치에 대한 효과를 갖지 않거나 또는 적어도 실질적인 효과를 갖지 않는다. 광 출구 창(32)으로부터 생성되는 투영 광 빔의 방향 및 다이버전스의 작은 변화는 길이가 긴 빔 전달(40)에 의해 상당히 "증폭"되어서 회절 광학 소자(48) 상에 조명된 필드의 위치 및 크기가 수 밀리미터 또는 심지어 센티미터로 변화하기 때문에, 광학 이미징 시스템(34)의 부재로 인하여 이 효과는 상이해진다.
- [0085] 광학적 이미징 시스템(34)을 제공함으로써, 회절 광학 소자(48) 상에 조명된 필드의 위치는 변위 메커니즘(56)에 의해서만 결정된다. 정밀 기계를 사용함으로써, 이러한 위치를 1 mm 미만의 정확도로 설정하는 것이 가능하다. 이러한 방식으로, 회절 광학 소자(48) 상의 조명된 필드의 위치와 동공 평면(84)의 조도 분포가 정확하게 설정되고 지속적으로 동작 조건에 상관없이 유지되고 광원(30)에서 생겨난 단기간 또는 장기간의 드리프트 효과를 유지할 수 있다.
- [0086] 동공 평면(84)의 조도 분포는 액추에이터(70, 76)의 도움으로 줌 시준기 렌즈(68) 및 원뿔형 소자(74)의 축방향 위치를 변경함으로써 추가로 달라질 수 있다.
- [0087] V.
- [0088] 광학적 이미징 시스템의 대안적인 실시예
- [0089] 이하에서, 광학적 이미징 시스템(34)의 다양한 대안적인 실시예가 도 4 내지 도 11을 참조하여 기재될 것이다.
- [0090] 도 4는 오직 하나의 단일 양의 렌즈(L11)을 포함하는 광학적 이미징 시스템(134)을 통한 자오 단면이다. 광학적 이미징 시스템(134)이 회절 광학 소자(48) 상에서 조명된 필드의 안정적인 위치를 보장하지만, 빔 전달(40) 내에 렌즈(L11)가 배열되는 단점을 가지며, 이는 일반적으로 다양한 이유로 인하여 바람직하지 못하다.

더욱이, 광학적 이미징 시스템(134)은 그 오브젝트 측이나 그 이미지 측에서 텔레센트릭하지 않다. 텔레센트리시티는 종종 의무적인 것인데, 이는, 그렇지 않을 경우 회절 광학 소자(48)가 바람직한 원거리의 필드 공간적 조도 분포를 생성할 수 없기 때문이다.

[0091] 도 5는 빔 전달(40) 내에 배열되게 장착될 필요가 없는, 오브젝트 평면(36)에 가깝게 장착된 2개의 렌즈(L21, L22)를 포함하는 광학적 이미징 시스템(234)을 통한 자오 단면이다. 그러나, 광학적 이미징 시스템(234)은 바람직한 텔레센트리시티를 갖지 않는다.

[0092] 도 6은 도 2에 도시된 광학적 이미징 시스템(34)을 통한 자오 및 확대된 섹션이다. 오브젝트 평면(36) 바로 뒤에 배열된 렌즈(L1)는 오브젝트 평면(36)으로부터 생성된 광 선속이 광학 축을 향해 기울어지는 것을 보장한다. 이는 바람직한 텔레센트리시티를 성취하는 것, 즉, 광학적 이미징 시스템(34)이 오브젝트 측 및 이미지 측에서 텔레센트리시티인 것을 가능하게 한다.

[0093] 도 6에 도시된 광학적 이미징 시스템(34)에서, 투영 광(PL)은 양의 렌즈(L2) 상 비교적 작은 영역에 집중된다. 이것이 회피될 경우, 예컨대 렌즈(L2)의 물질 분해의 위험이 있으므로 대안적인 광학 이미징 시스템(334)에 대하여 도 7의 자오 섹션에 도시된 바와 같이 3개의 렌즈(L31, L32, L33)의 변형된 배열이 사용된다. 여기서, 렌즈(L31, L32, L33)의 거리 및 굴절력은 음의 렌즈(L32) 상에서 조사된 영역이 더 큰 방식으로 변형된다.

[0094] 도 6 및 도 7에 도시된 텔레센트릭한 광학적 이미징 시스템(34 및 334)은, 오브젝트 평면(36)과 제 1 렌즈(L1 또는 L31) 사이의 자유 오브젝트 거리(d_o)를 각각 변경시킴으로써 마지막 렌즈(L3 또는 L33)와 이미지 평면(38) 사이의 자유 이미지 거리(d_i)를 각각 변경하는 것을 가능하게 한다. 이것은 도 8에 도시되고, 도 8은 도 7에 도시된 도 7에 도시된 장치에 비해 Δd_o 만큼 증가된 자유 오브젝트 거리(d_o)를 갖는 광학 이미징 시스템(334)을 통한 자오 단면이다. 이것은 도 7에 도시된 장치에 비해 Δd_i 만큼 감소된 자유 이미지 거리(d_i)를 생성한다. 광학적 이미징 시스템이 가로 배율(β)을 가질 경우, Δd_o 와 Δd_i 의 관계는 $\Delta d_i = \beta^2 \cdot \Delta d_o$ 에 의해 주어진다. 그러므로, 광학적 이미징 시스템(334)의 가로 배율(β)이 더 클수록, 자유 이미지 거리의 특정 변화(Δd_i)를 얻는데 필수적인 자유 오브젝트 거리(d_o)의 조절은 더 작아진다.

[0095] 광원(30)이 조명 시스템(12)의 남아있는 구성요소로부터 떨어진 유효 거리에 배열될 경우, 이러한 변화가 종종 요구된다. 게다가, 빔 전달(40)의 총 길이 - 도 8에 표시된 자유 이미지 거리(d_i)에 상응 - 를 투영 노광 장치(10)가 설치될 위치에서의 특정 요건으로 조정할 수 있어야 한다. 특히, 가변 자유 이미지 거리(d_i)는 좀 광학적 이미징 시스템을 사용하여 얻어질 수 있되 이것은 광학적 이미징 시스템의 복잡도를 상당히 증가시킨다.

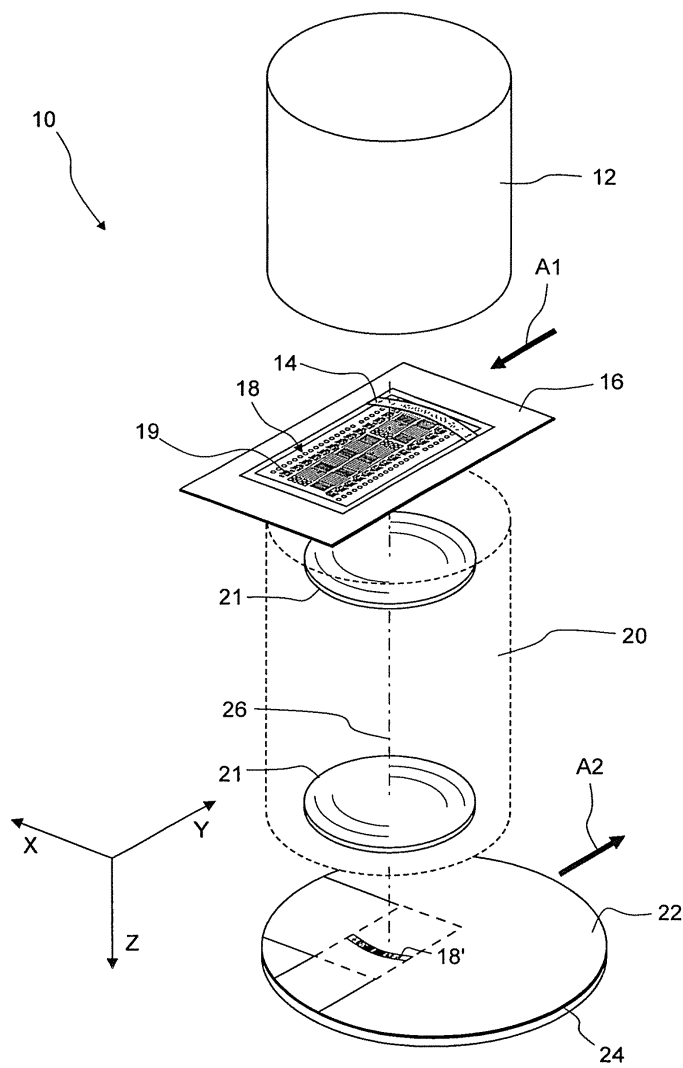
[0096] 도 9 및 도 10은 자유 오브젝트 거리(d_o)의 변형이 광원(30)과 광학적 이미징 시스템(334) 사이에 배열된 멀티플 빔 폴딩 시스템(100)의 도움으로 성취되는 일 실시예를 도시한다. 멀티플 빔 폴딩 시스템(100)은, 가이드 레일(108)을 따르는 상이한 길이방향 위치에 고정될 수 있는 변위 프리즘(106) 및 2개의 고정된 프리즘(102, 104)을 포함한다. 변위가능 프리즘(106)의 위치가 거리(x)에 의해 변경될 경우(도 10 참조), 도 8에 도시된 바와 같은 자유 오브젝트 거리(d_o)는 $\Delta d_o = 2x$ 에 의해 변하고, 이는 자유 이미지 거리(d_i)의 변화($\Delta d_i = \beta^2 \cdot 2x$), 즉 빔 전달(40)의 길이의 변화를 초래한다. 예컨대, 가이드 레일(108)은 1 m의 길이를 갖고 광학적 이미징 시스템(334)은 $\beta=2$ 의 길이방향 배율을 가질 경우, 자유 이미지 거리(d_i)는 약 8 m의 범위에 대해 변화할 수 있다.

[0097] 가능한 자유 이미지 거리(d_i)의 범위가 그 범위보다 더 커질 경우, 더 긴 가이드 레일(108)이 사용될 수 있다. 대안으로서, 광학적 이미징 시스템(334')은 예컨대, $\beta=4$ 인 더 큰 가로 배율(β)을 갖는 도 11에 도시된 바와 같이 사용될 수 있다. 게다가, 32m까지의 자유 이미지 거리(d_i)의 변형은 가이드 레일(108)을 사용하여 성취될 수 있다. 그러나, 가로 배율(β)이 더 클수록, 회절 광학 소자(48) 상에서 조명된 필드가 더 커질 수 있다.

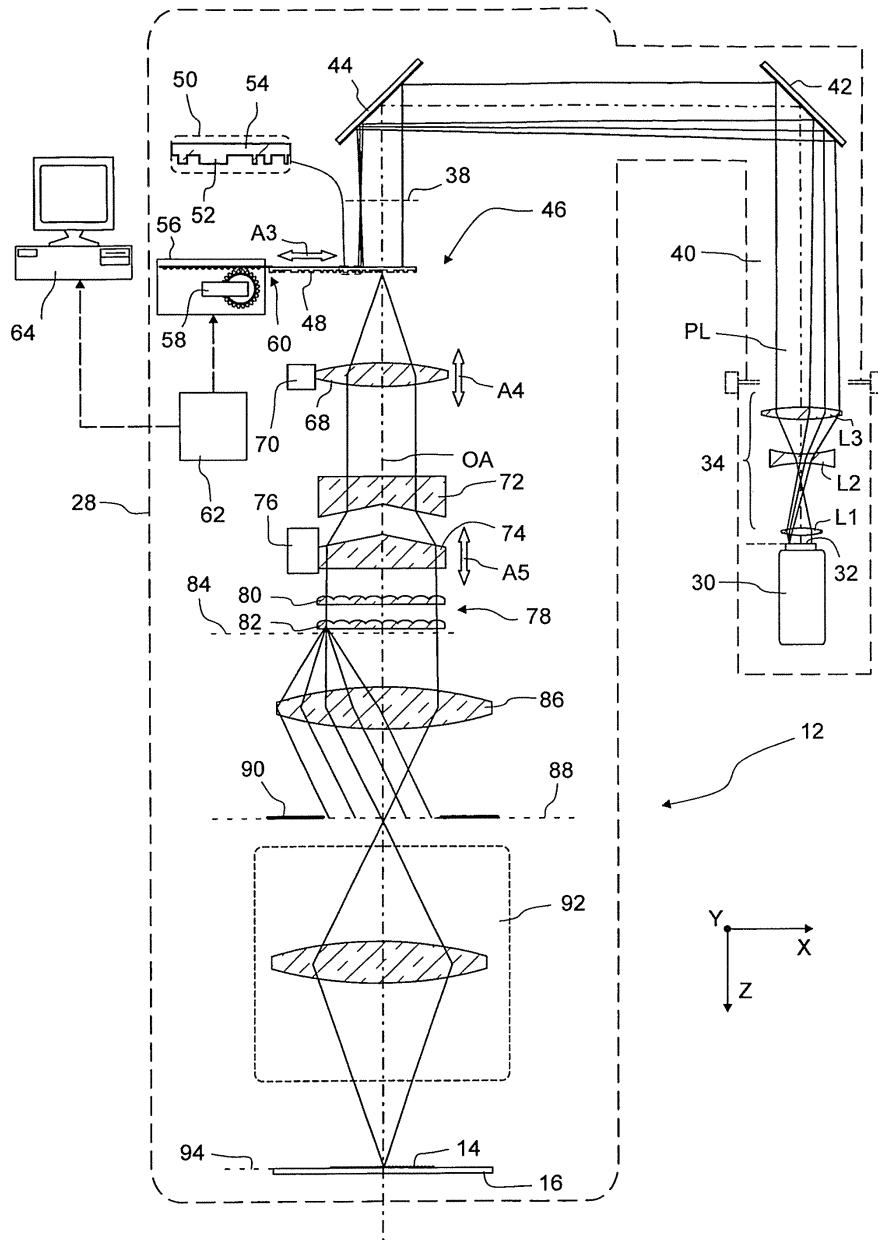
[0098] 이러한 이유로, 도 11에 도시된 실시예는 특정 실시예에서 양의 렌즈와 음의 렌즈로 구성되는 추가 빔 축소 유닛(110)을 포함한다. 빔 축소 유닛은 광학적 이미징 시스템(334')과 회절 광학 소자(48) 사이에 배열되고, 광학적 이미징 시스템(334')으로부터 생성된 실질적으로 시준된 투영 광의 직경을 바람직한 값으로 줄인다. 빔 축소 유닛(110)은 회절 광학 소자(48)의 바로 앞에 배열될 수 있어서 빔 전달(40)은 반사 또는 굴절력을 갖는 임의의 광학 소자 없이 유지될 수 있다.

도면

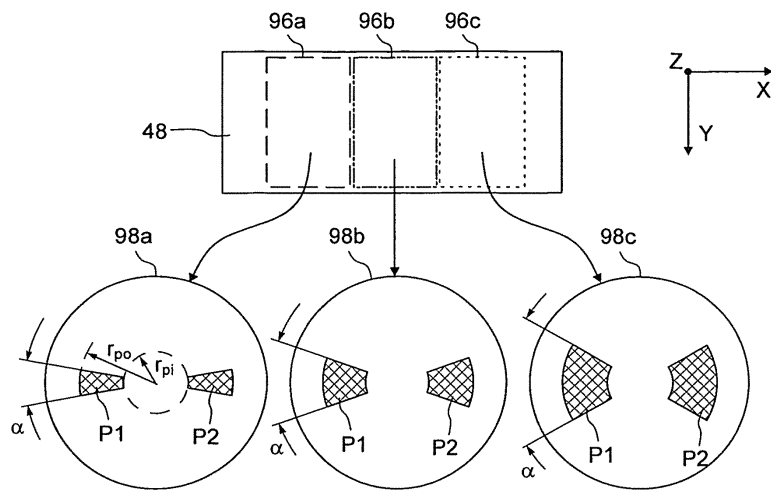
도면1



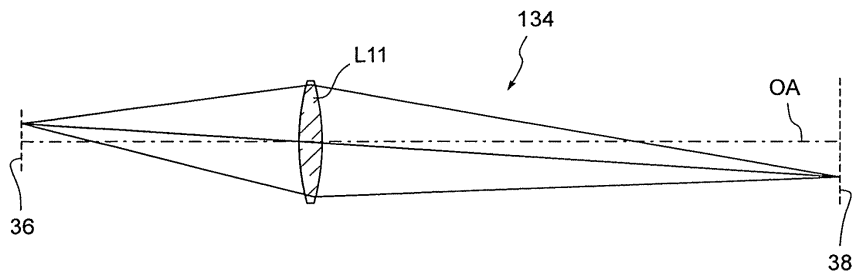
도면2



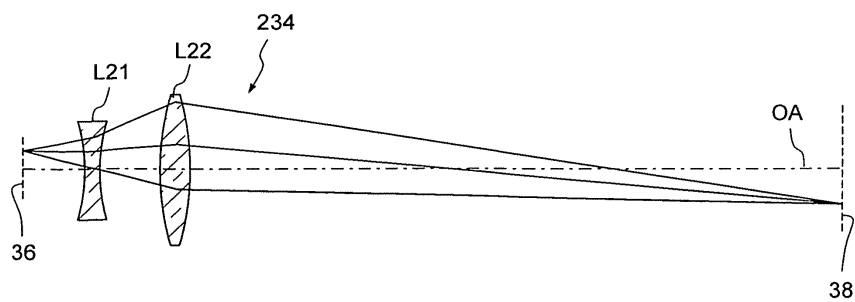
도면3



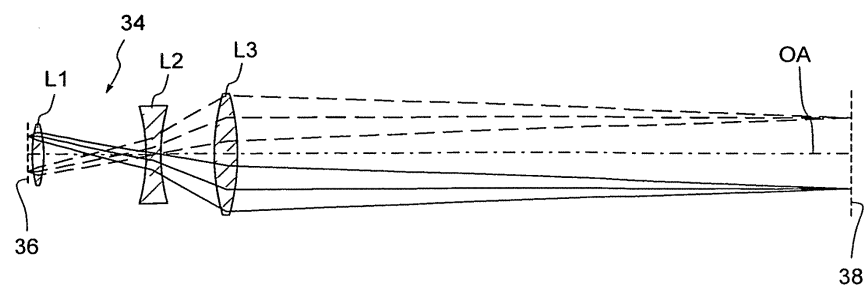
도면4



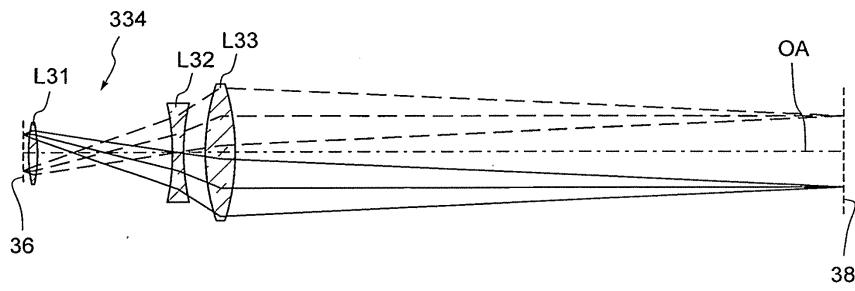
도면5



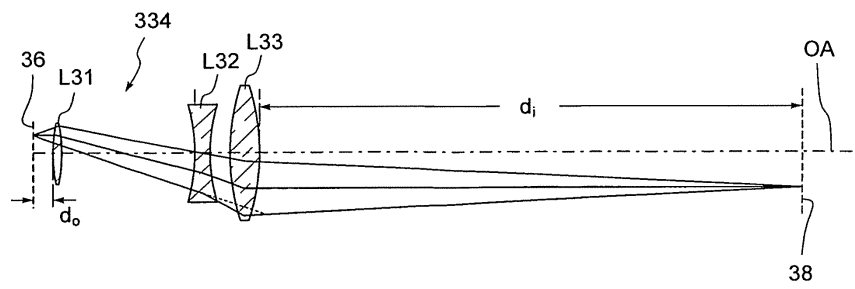
도면6



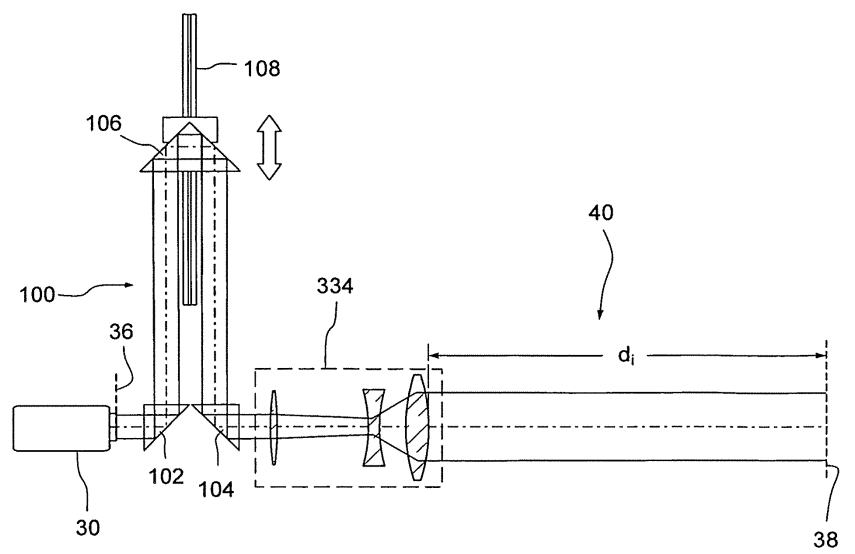
도면7



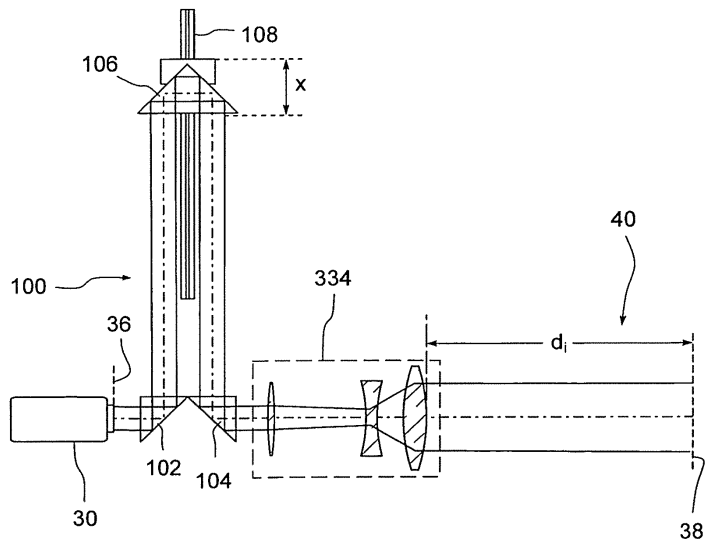
도면8



도면9



도면10



도면11

