



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년08월08일
 (11) 등록번호 10-1427456
 (24) 등록일자 2014년07월31일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 G03F 7/20 (2006.01) HO1L 21/027 (2006.01)
- (21) 출원번호 10-2011-7019348
- (22) 출원일자(국제) 2011년01월25일
 심사청구일자 2011년10월12일
- (85) 번역문제출일자 2011년08월19일
- (65) 공개번호 10-2011-0115585
- (43) 공개일자 2011년10월21일
- (86) 국제출원번호 PCT/EP2010/000411
- (87) 국제공개번호 WO 2010/086127
 국제공개일자 2010년08월05일
- (30) 우선권주장
 10 2009 006 685.3 2009년01월29일 독일(DE)
- (56) 선행기술조사문헌
 WO2005026822 A2*
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

- (73) 특허권자
 칼 짜이스 에스엠티 게엠베하
 독일 오버코헨 73447 루돌프-에버-슈트라세 2
- (72) 발명자
 솔츠, 악셀
 독일, 73430 아알렌, 조셉-하이든-스트라세 40
 쉴레세너, 프랑크
 독일, 73447 오베르코헨, 넬켄베그 2
 (뒷면에 계속)
- (74) 대리인
 한양특허법인

전체 청구항 수 : 총 10 항

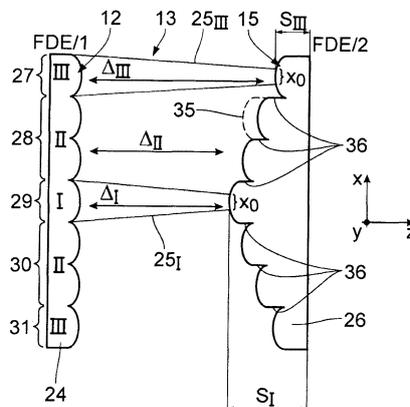
심사관 : 김준규

(54) 발명의 명칭 **마이크로리소그래피용 조명 시스템**

(57) 요약

마이크로리소그래피용 조명 시스템은 일차 광원의 조명 광으로 조명 필드를 조명하는 역할을 한다. 제1 래스터 배열(12)은 조명 시스템의 제1 면에 또는 상기 면에 인접하게 배열된 번들-형성 제1 래스터 소자(24)를 갖는다. 제1 래스터 배열(12)은 이차 광원의 래스터 배열을 생성하는 역할을 한다. 투과 광학기기는 조명 필드로의 이차 광원의 조명 광의 중첩된 투과를 위해 동작한다. 투과 광학기기는 번들-형성 제2 래스터 소자(26)를 갖는 제2 래스터 배열(15)을 갖는다. 각각의 경우에, 제1 래스터 배열(12)의 래스터 소자(24)는, 조명 광(8)의 전체 번들 중 부분 번들(25)을 안내하기 위해 제2 래스터 배열(15)의 래스터 소자(26) 중 하나에 할당된다. 예를 들면, 제 1 래스터 배열(12)은 상이한 번들-영향 효과를 갖는 적어도 2가지 유형(I, II, III)의 래스터 소자(24)를 갖는다. 2개의 래스터 배열(12, 15) 중 래스터 소자(24, 26)는, 각각의 래스터 소자 유형(I ~ III)에 이 유형(I ~ III)의 제1 래스터 소자(24)와 제2 래스터 배열(15)의 제2 래스터 소자(26)의 사이에서 적어도 하나의 별개의 거리(Δ_I , Δ_{II} , Δ_{III})가 할당되는 방식으로 서로에게 배열된다.

대표도 - 도2



(72) 발명자

하베르캄프, 닐스

독일, 73431 아알렌, 바이세 스타이게 32

다비덴코, 블라디미르

독일, 76332 바드 헤렌알브, 암 마엔베르그 22

게르하르트, 미카엘

독일, 73432 아알렌, 토겐버거 스트라세 15

지에글러, 게르하르트-빌헬름

독일, 73432 아알렌, 호헨로허 스트라세 66

케른, 미르코

독일, 73563 뫼그링겐, 크로재커 12

비쇼프, 토마스

독일, 89551 쾅기스브론, 넬켄스트라세 12

스태플러, 토마스

독일, 73430 아알렌, 칼브레스라인베그 85

켈너, 스테판

독일, 73434 아알렌, 라이헤르스트라세 56

몰, 만프레드

독일, 73434 아알렌, 엘치베그 29

발도르프, 다니엘

독일, 60486 프랑크푸르트, 볼트스트라세 69

후레비크, 이고르

독일, 66125 사아르브루켄, 로버트-코크-스트라세 27

데군테르, 마르쿠스

독일, 73432 아알렌, 란가케르베그 20

특허청구의 범위

청구항 1

일차 광원(6)의 조명 광(8)으로 오브젝트 필드(3)를 조명하기 위한 마이크로리소그래피용 조명 장치(5)로서,

- 이차 광원의 래스터 배열을 생성하기 위해 상기 조명 장치(5)의 제1 면(11)에 또는 상기 면(11)에 인접하게 배열된 번들-형성 제1 래스터 소자(24)를 갖는 제1 래스터 배열(12); 및
- 조명 필드(3)로의 상기 이차 광원의 조명 광(8)의 투과를 중첩(superimpose)하기 위한 투과 광학기기(15, 17)를 포함하고,
- 상기 투과 광학기기(15, 17)는 번들-형성 제2 래스터 소자(26)를 갖는 제2 래스터 배열(15)을 포함하고,
- 각각의 경우에, 제1 래스터 배열(12)의 래스터 소자(24) 중 하나는, 조명 광(8)의 전체 번들 중 부분 번들(25)을 안내하기 위해 상기 제2 래스터 배열(15)의 래스터 소자(26) 중 하나에 할당되고,
- 2개의 래스터 배열 중 적어도 하나(12)는, 상이한 번들-영향 효과 - 상기 상이한 번들-영향 효과는 상이한 굴절 효과(different refractive effects) 또는 상이한 반사능(different reflective powers)을 갖는 적어도 두가지 유형(I, II, III)의 래스터 소자(24)를 포함하고,
- 2개의 래스터 배열(12, 15)의 래스터 소자(24, 26)는, 하나의 래스터 배열(12)의 하나의 래스터 소자 유형(I ~ III)의 각각의 래스터 소자에 이 유형(I ~ III)의 래스터 소자(24)와, 다른 래스터 배열(15)의 할당된 래스터 소자(26) 사이에 적어도 하나의, 솔리드를 포함하지 않는 중간 공간인 개별 자유 거리(Δ_I , Δ_{II} , Δ_{III})가 할당되는 방식으로 서로에게 할당되는, 조명 장치.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

래스터 배열(12, 15)의 적어도 하나는, 제1 래스터 소자 유형(I)의 적어도 하나의 래스터 소자(24)를 포함하는 제1 래스터 영역(29; 37, 39; 38)과 제2 래스터 소자 유형(II, III)의 적어도 하나의 래스터 소자(24)를 포함하는 제2 래스터 영역(27, 28, 30, 31; 38; 37, 39) 사이에 적어도 하나의 거리 스텝(36; 40)을 포함하는 것을 특징으로 하는, 조명 장치.

청구항 3

청구항 2에 있어서,

적어도 하나의 래스터 영역(28, 30; 37 ~ 39)은 동일한 래스터 소자 유형(I ~ III)의 복수의 래스터 소자(24)를 포함하는, 조명 장치.

청구항 4

청구항 2 또는 3에 있어서,

거리 스텝(36; 40)을 포함하는 적어도 하나의 래스터 소자(12, 15)는 래스터 소자(12, 15)의 중앙에서 가장 큰 두께(S_I)를 갖고, 두께(S_I)는 가장 자리를 향해 점점 감소하는 것을 특징으로 하는, 조명 장치.

청구항 5

청구항 2 또는 3에 있어서,

거리 스텝(36; 40)을 포함하는 적어도 하나의 래스터 소자(12, 15)는 래스터 소자(12, 15)의 중앙에서 가장 작은 두께(S_{III})를 갖고, 두께(S_{III})는 가장 자리를 향해 점점 증가하는 것을 특징으로 하는, 조명 장치.

청구항 6

청구항 2 또는 3에 있어서,

래스터 소자 유형(I~Ⅲ)의 적어도 일부는 비구면 라스터 소자(24)인 것을 특징으로 하는, 조명 장치.

청구항 7

청구항 6에 있어서,

래스터 소자 유형(I~Ⅲ)은 상이한 원뿔 상수(conical constant)(C)를 갖는 것을 특징으로 하는, 조명 장치.

청구항 8

상이한 번들-영향 효과를 갖고, 제1 라스터 소자 유형(I)의 적어도 하나의 라스터 소자(24)를 갖는 제1 라스터 영역(29; 27, 31; 37, 39; 38)과 제2 라스터 소자 유형(Ⅲ)의 적어도 하나의 라스터 소자(24)를 갖는 제2 라스터 영역(27, 28, 30, 31; 28 ~ 30; 38; 37, 39) 사이에 적어도 하나의 거리 스텝(36; 40)을 포함하는 적어도 두가지 유형(I~Ⅲ)의 라스터 소자(24)를 포함하고, 청구항 1 ~ 3 중 어느 한 항에 기재된 조명 장치(5)에서 사용하기 위한 라스터 배열(12, 15).

청구항 9

청구항 1 ~ 3 중 어느 한 항에 기재된 조명 장치(5)를 포함하는 투영 노광 장치(1).

청구항 10

미세구조 구성부품의 마이크로리소그래피 제조 방법으로서,

- 감광 재료 층이 적어도 부분적으로 구비된 기판을 제공하는 단계;
- 이미징되는 구조물이 구비되는 레티클을 제공하는 단계;
- 이미징되는 구조물이 조명 필드에 배열되며, 청구항 9에 기재된 투영 노광 장치(1)를 제공하는, 단계; 및
- 상기 투영 노광 장치(1)에 의해 층의 영역으로 상기 레티클의 적어도 일부를 투영하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 11

삭제

청구항 12

삭제

청구항 13

삭제

청구항 14

삭제

청구항 15

삭제

청구항 16

삭제

청구항 17

삭제

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 조명 광으로 조명 필드를 조명하는 마이크로리소그래피용 조명 시스템에 관한 것이다. 또한, 본 발명은 이 유형의 조명 시스템에서 사용하기 위한 래스터 배열, 이 유형의 조명 시스템을 포함하는 마이크로리소그래피 투영 노광 장치, 마이크로구조 또는 나노구조 구성 부품용 마이크로리소그래피 제조 방법, 및 이 유형의 방법에 따라서 생성되는 부품에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 처음에 명명된 유형의 조명 시스템이 WO 2007/093 433 A1에 주지되어 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0003] 본 발명의 목적은, 조명 필드 또는 오브젝트 필드의 조명의 영향을 주는 특정 조명 파라미터가, 다른 조명 파라미터에 원하지 않은 영향을 주는 것이 가장 큰 정도로 가능하게 방지되는 방식으로 처음에 명명된 유형의 조명 시스템을 개발하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0004] 이 목적은 청구항 1에 기재된 특징을 갖는 조명 시스템에 의해 본 발명의 제1 구성에 따라서 얻어진다.

[0005] 본 발명에 따라서, 조명 시스템의 래스터 배열의 래스터 소자들 사이에서 거리-유형 할당은 제1 래스터 배열의 상이한 유형의 제1 래스터 소자에 의한 할당된 부분 번들에서 발휘되는 상이한 집광 효과가 부분적으로 또는 전체적으로 보상되는 것을 허용하는 것이 발견된다. 이러한 경우에, 조명 광의 부분 번들에 영향을 주는 개별 래스터 소자 유형 사이에서 다른 효과 차이는, 특히, 더 높은 정도의 효과는, 상이한 유형의 제1 래스터 소자의 불가피한 상이한 집광 효과가 무시될 수 있는 정도로 활용될 수 있다. 굴절 래스터 소자가 사용되면, 예를 들면 래스터 소자의 상이한 렌즈 반경에 의해 발휘되는 원하지 않는 효과에 대해 보상하는 것이 가능하므로, 비구면 렌즈 형상을 사용할 때, 다른 형상의 컨트리뷰션, 예를 들면 더 높은 정도 형상 컨트리뷰션이, 특정 조명 파라미터의 보상을 위해 활용되는 것을 허용한다. 본 발명에 따른 조명 시스템은 특정 조명 파라미터가 보정되거나 미리-보상되는 것을 허용한다. 예를 들면, 래스터 배열중 적어도 하나에서 상이한 유형의 래스터 소자를 사용할 때, 상이한 조명 방향으로부터 강도 분포에 원하지 않는 영향이 미치는 것이 방지되는 방식으로 타원을 보정이 행해질 수 있다. 반사성 래스터 소자가 또한 사용될 수 있다. 이러한 경우에, 상이한 유형의 래스터 소자 사이의 차이는 래스터 소자의 상이한 굴절 효과에 기인하지 않고, 상이한 반사 효과에 의해 생긴 것이다. 틸트된 렌즈가 래스터 소자로서 사용하기에 또한 적당하다. 래스터 소자는 모노리식일 수 있다. 래스터 소자는 모노리식일 수 있고, 즉, 래스터 배열이 모노리식 렌즈 또는 기판 블록으로 제조되는 방식으로, 하나로 형성될 수 있다. 또는, 여러 부분으로 이루어진 래스터 소자를 사용하는 것이 가능하며, 이들 부분 중 하나는 래스터 소자들의 그룹 또는 심지어 개별 래스터 소자일 수 있다. 래스터 배열의 하나의 특정 유형의 래스터 소자와 다른 래스터 배열의 할당된 래스터 소자 사이에서 개별 거리의 변동은, 래스터 배열의 번들-안내 단면부를 가로지르는 거리의 변동은 나타내는 정확히 단조 함수의 그래프의 형상을 가질 수 있다. 또는, 이 함수는 번들-안내 단면에서 최대 또는 최소를 가질 수 있다. 즉, 단면을 가로지르는 거리 변동은 특히 적어도 하나의 정점을 갖는 랜덤 곡선의 그래프의 형상을 가질 수 있다. 일반적으로 말해서, 2개의 래스터 배열의 각각은 하나의 유형의 래스터 소자 만이 또한 구비될 수 있고; 래스터 배열의 번들-안내 단면을 가로지르는 거리 변동이 상기 또는 아래에 서술된 함수 또는 스테이지의 방식으로 실행될 수 있다. 조명 시스템은 일차 광원이 구비될 수 있지만, 이것은 의무적인 것은 아니다. 나중에 사용하기 위해 조명 시스템과 별개인 일차 광원을 갖는 조명 시스템을 준비하는 것이 또한 가능하다. 2개의 래스터 배열의 래스터 소자들 사이에 자유 거리가 에어 갭(air gap), 즉, 솔리드를 포함하지 않는 중간 공간에 의해 형성된다. 2개의 래스터 배열은 서로 별개인 구성 부품일 수 있다. 상이한 번들-영향 효과를 갖는 적어도 2가지 유형의 래스터 소자를 포함하는 래스터 배열은 제1 래스터 배열, 제2 래스터 배열 또는 양 래스터 배열일 수 있다.

[0006] 청구항 2에 따른 적어도 하나의 거리 스텝은 본 발명에 따른 거리 할당의 별개의 실행이다. 이 유형의 거리 스텝이 래스터 배열의 제조를 위해 사용되는 블랭크(blank)에 이미 설치될 수 있다.

[0007] 청구항 3에 따른 래스터 영역에의 래스터 소자의 유형 할당은 조명 시스템의 재생성가능한 제조 및 재생성가능

한 설계를 확실하게 한다. 각각의 경우에 래스터 영역은 동일한 유형의 래스터 소자를 포함할 수 있다.

- [0008] 청구항 4 및 5에 따른 적어도 하나의 거리 스텝을 포함하는 래스터 배열의 설계는 중앙 및 가장 자리에 대한 래스터 소자의 유형 할당에 의거하여, 대응하는 보상 효과를 제공한다.
- [0009] 거리 할당의 장점은 청구항 6 또는 7에 따른 래스터 소자의 설계에서 특히 분명하다. 특정 조명 파라미터에 원하는 영향을 주는 것이 다양한 유형의 제1 래스터 소자의 여러 원뿔 상수(conical constant)에 의해 얻어질 수 있다. 부가적으로 또는 선택적으로, 상이한 유형의 래스터 소자의 번들-영향 표면은 거리-유형 할당에 의해 원하는 정도까지 보상될 수 있는 상이한 반경의 곡률을 가질 수 있다. 즉, 상이한 반경의 곡률을 갖는 상이한 유형의 래스터 소자의 구면 설계가 또한 가능하다. 상이한 원뿔 상수는 제어된 강도 변동이 보상, 보상 또는 사전 보상 목적을 위해 조명 필드에 걸쳐 제공되는 것을 허용한다. 부가적으로 또는 선택적으로, 특정 조명 파라미터에 원하는 영향을 주는 것이 상이한 반경에 의해, 보다 일반적으로 말해서, 다양한 유형의 제1 래스터 소자의 상이하게 설계된 비회전 대칭 프리폼(freeform) 표면에 의해 얻어질 수 있다.
- [0010] 본 발명의 제2 구성에서, 처음에 명명된 목적은, 청구항 8에 기재된 특징을 갖는 조명 시스템에 의해 본 발명에 따라서 얻어진다.
- [0011] 본 발명에 따른 변위 장치가, 조명의 빔 방향에 본질적으로 따라서 및/또는 조명 광의 빔 방향을 횡단하여 제2 래스터 배열에 대한 제1 래스터 배열의 적어도 하나의 세그먼트의 변위를 위해 및/또는 다른 래스터 배열에 대하여 래스터 배열 중 하나를 피벗하기 위해 구성될 수 있다. 2개의 래스터 배열이 서로에 대해 변위될 때, 제1 래스터 배열이 변위될 수 있고, 제2 래스터 배열이 변위될 수 있고, 또는 양 래스터 배열이 변위될 수 있다. 변위 장치에 의해 변위 가능한 세그먼트는 정확히 하나의 래스터 소자를 포함할 수 있고, 몇몇 래스터 소자의 그룹, 특히, 래스터 로우, 래스터 칼럼 또는 규정된 래스터 영역은 몇몇 그룹의 래스터 소자를 포함할 수 있거나, 또는 모든 래스터 소자, 즉, 전체 래스터 배열을 포함할 수 있다. 변위 장치를 포함하는 제1 구성에 따른 조명 시스템은, 상이한 번들-안내 효과를 갖는 적어도 2가지 유형의 래스터 소자를 포함하는 제2 구성에 따른 조명 시스템과 결합될 수 있다. 즉, 상기 서술된 본 발명의 모든 특징은 서로 결합될 수 있다.
- [0012] 청구항 9에 따른 변위 장치는 미리 결정되는 조명 파라미터를 통해 평균 효과의 장점을 가지도록 활용될 수 있다.
- [0013] 청구항 10에 따른 조명 시스템의 설계는 피드백, 즉, 변위 장치의 액츄에이션이 측정 장치의 측정 결과에 의거하여 실행되는 것을 허용한다. 이 유형의 피드백은 온라인 피드백 루프로 또한 칭해진다. 측정 장치는 조명 필드의 필드 면에서 또는 거기에 공역인 면에서 및/또는 조명 시스템의 퓨필 면에서 또는 거기에 공역인 면에서 조명 강도 분포를 검출할 수 있다. 필드 면과 퓨필 면 사이에 배치된 조명 시스템의 면에서 조명 강도 분포를 검출하는 것이 또한 가능하다. 이것에 대해서, 퓨필 면은 조명 광의 강도 분포가 조명 필드의 조명의 조명 각도 분포에 대한 측정 값인 면이다.
- [0014] 청구항 11과 12에 따른 래스터 배열, 청구항 13에 따른 투영 노광 장치, 청구항 14에 따른 제조 방법, 및 청구항 15에 따른 마이크로구조 또는 나노구조의 구성 부품의 장점은, 본 발명에 따른 조명 시스템을 참조하여 상기 이미 설명된 것에 대응한다.
- [0015] 이후 본 발명의 실시예를 도면에 의해 보다 상세하게 설명한다.

도면의 간단한 설명

- [0016] 도 1은, 개략적으로 나타내고, 본 발명에 따르지 않는 2-스텝 래스터 배열을 갖는 래스터 모듈을 포함하는 마이크로리소그래피 투영 노광 장치에서 본 발명에 따른 조명 시스템을 통한 개략적인 메리디언얼 섹션이다.
 - 도 2는 언스텝(non-stepped)의 제1 래스터 배열과, 개별 소자들 사이에 스텝이 설치된 제2 래스터 배열을 포함하는 도 1에 따른 조명 시스템의 래스터 모듈의 본 발명에 따른 실시예를 나타낸다.
 - 도 3은 각각의 경우에, 개략 도시로 나타낸 총 3가지 상이한 유형의 래스터 소자중 하나가 설치된 5개의 래스터 영역을 갖는, 도 2에 따른 제1 래스터 배열의 평면도이다.
 - 도 4는 도 3에 따른 래스터 모듈의 제1 래스터 배열의 총 3개의 래스터 소자 유형 중에서 2개에 대하여 조명 시스템에 의해 조명되는 조명 필드에 걸친 강도 분포 $I(x)$ 를 도시하는 개략도이며, 강도 분포 $I(x)$ 는 거리 보상되지 않는다.
 - 도 5 ~ 10은 개별 소자 또는 영역 사이에 스텝이 설치된 래스터 배열을 포함하는 래스터 모듈의 또 다른 실시예

를 나타낸다.

도 11은 서로에게 할당된 2개의 래스터 배열의 래스터 소자들 사이의 거리가 유형 별로 별개인 2개의 반사형 래스터 배열을 포함하는 래스터 모듈을 통한 메리디오널 섹션이다.

도 12는 2개의 래스터 배열을 포함하는 래스터 모듈의 개략도이며, 2개의 래스터 배열이 서로에 대해 변위될 때 자유도를 개략적으로 나타낸다.

도 13은 도 12와 유사하며, 2개의 래스터 배열을 포함하는 래스터 모듈의 도시이며, 2개의 래스터 배열이 서로에 대해 변위될 때 2개의 추가의 자유도를 개략적으로 나타낸다.

도 14는 도 12와 유사하며, 2개의 래스터 배열을 포함하는 래스터 모듈의 도시이며, 2개의 래스터 배열 중 하나의 래스터 소자는 다른 래스터 배열에 대해 개별적으로 변위가능하다.

도 15는 도 12와 유사하며, 2개의 래스터 배열을 포함하는 래스터 모듈의 도시이며, 2개의 래스터 배열 중 하나의 래스터 소자는 다른 래스터 배열에 대해 개별적으로 변위가능하다.

도 16은 도 3과 유사하며, 각각의 경우에 래스터 소자들로 구성되는 복수의 래스터 칼럼을 포함하는 3개의 래스터 영역을 포함하는 래스터 배열의 실시예의 도시이며, 래스터 영역은 서로에 대해 변위가능하다.

도 17은 도 4와 유사하며, 도 16에 따른 래스터 배열의 래스터 영역이 변위될 때 조명 필드에 걸친 강도 분포상의 효과의 도시이다.

도 18은 도 17에 따른 변화하는 강도 분포에 의해 생긴 조명 필드에 걸친 텔리센트리시티 곡선의 변화를 나타낸다.

도 19는 도 16과 유사하며, 서로에 대해 변위가능한 3개의 래스터 영역을 포함하는 래스터 배열의 또 다른 실시예의 도시이다.

도 20은 도 17과 유사하며, 도 19에 따른 래스터 배열의 래스터 영역이 서로에 대해서 변위될 때 조명 필드에 걸친 강도 분포상의 효과를 나타낸다.

도 21은 도 20에 따른 변화하는 강도 분포에 의해 생긴 조명 필드에 걸친 타원율의 효과를 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0017] 도 1은 웨이퍼 스캐너이고 반도체 구성 부품과 다른 미세 구조 구성 부품을 제조하는데 사용되는 마이크로리소그래피 투영 노광 장치의 개략 도시이다. 마이크로미터의 프랙처(fracture)까지의 해상도를 얻기 위해, 투영 노광 장치(1)는 특히 심자외광(deep ultraviolet light)(VUV)을 사용한다.

[0018] 위치 관계의 설명을 용이하게 하기 위해, 데카르트 x-y-z 좌표 시스템이 다음 설명을 위해서 사용된다. x축은 도 1에서 상방을 향한다. y축은 도 1의 그림면에 직교하며 관찰자를 향한다. z방향은 도1에서 우측을 향한다. 투영 노광 장치(1)의 주사 방향은 y방향과 일치한다. 도 1에 따른 메리디오널(meridional) 섹션에서, 투영 노광 장치(1)의 모든 광학 구성 부품이 광축(2)에 따라서 일렬로 배열된다. 특히 콤팩트하게 설계된 투영 노광 장치(1)를 얻기 위해 광축(2)이 랜덤하게 폴드(fold)될 수 있음은 물론이다.

[0019] 그 전체가 참조 번호(5)로 표시된 투영 노광 장치(1)의 조명 시스템은, 레티클 형태의 구조물이 배열되고, 구조물(보다 상세하게 도시되지 않음)이 투영 노광에 의해 전송되는 레티클 면(4)에서 오브젝트 필드 또는 조명 필드(3)의 규정된 조명을 얻는 역할을 한다.

[0020] 오브젝트 필드(3) 및 조명 필드는 서로 일치할 수 있다. 대체로, 오브젝트 필드(3)가 조명 필드에 배치된다. 157 nm의 동작 파장을 갖는 F₂-레이저가, 그 조명 광범이 광축(2)과 동축인 일차 광원(primary light source)(6)으로서 기능한다. 193 nm의 동작 파장을 갖는 ArF 엑시머 레이저, 248 nm의 동작 파장을 갖는 KrF 엑시머 레이저 등의 다른 DUV 광원 또는 UV 광원, 및 더 높거나 더 낮은 동작 파장을 갖는 다른 일차 광원이 또한 가능하다.

[0021] 설명을 용이하게 하기 위해, 조명 시스템(5)의 조명 광학 시스템의 구성 부품은 굴절 광학 구성 부품으로 표현된다. 대안으로 또는 추가적으로, 이들 구성 부품은 반사 구성 부품, 즉, 미러로 대체되거나 보충될 수 있다. 도 1에 따른 본질적으로 굴절광학 시스템 대신에, 반사굴절 시스템 또는 반사 시스템을 사용하는 것이 또한 가능하다. 조명 시스템(5)의 반사적인 설계는, 일차 광원(6)이 5nm와 30nm의 사이의 범위 특히, 13.5nm의 범위의

과장을 갖는 유효광을 생성하는 EUV 광원이면, 특히 사용될 수 있다.

- [0022] 광원(6)에 의해 방사된 후, 작은 사각형 단면을 갖는 광빔(6)이 작용하는 제1 구성 부품은, 본질적으로 평행광이며 더 큰 사각형 단면을 갖는 출력 빔(8)을 생성하는 빔 확장 광학 시스템(7)이다. 조명 광빔(8)은 1의 범위에 있거나 또는 1보다 클 수 있는 x/y 중횡비를 가진다. 빔 확장 광학 시스템(7)은 조명 광(8)의 간섭성 감소를 위한 요소를 포함할 수 있다. 빔 확장 광학 시스템(7)에 의해 본질적으로 평행하게 되고, 조명 광(8)은, 조명 광 각도 분포를 생성하는 CGH(computer-generated hologram)인 DOE(diffractive optical element)(9)에 영향을 준다. 푸리에 렌즈 배열, 즉, 그 초점 폭에 대응하는 DOE(9)에 대한 위치에 위치하며, 매우 개략적으로 도시되어 있는 집광장치(10)를 통과할 때, DOE(9)에 의해 생성된 조명 광(8)의 각도 분포가 2차원인, 즉, 광축(2)에 직교하는 방향으로 위치-중속되는 조명 광 강도 분포로 변환된다. 그러므로, 이렇게 생성된 강도 분포는 조명 시스템(5)의 제1 조명 면(11)에 존재한다. 그러므로, 집광장치(10)와 함께, DOE(9)는 2차원 조명 광 강도 분포를 생성하는 광분포장치를 형성한다. 광 분포 장치는 PDE(pupil defining element)로 칭한다.
- [0023] 제1 조명 면(11)의 영역에서, 허니콤(honeycomb) 집광장치로 또한 칭해지는 래스터 모듈(13)의 제1 래스터 배열(12)이 배열된다. 래스터 모듈(13)은 또한 FDE(field defining element)로 칭해진다. 래스터 모듈(13)은 조명 광(8)의 규정된 강도 및 조명 각도 분포를 생성하도록 기능한다. 도 1에서, 래스터 모듈(13)이 그 기본 기능적인 원리를 설명하기 위해 개략적으로만 도시된다. 도 2 및 5는 이하 참조 본 발명에 따른 래스터 모듈(13)의 다른 실시예를 나타낸다.
- [0024] 제2 래스터 배열(15)이 제1 조명 면(11)의 다운스트림인 또 다른 조명 면(14)에 배열된다. 2개의 래스터 배열(12, 15)은 조명 시스템(5)의 허니콤 집광장치(13)를 형성한다. 또 다른 조명 면(14)의 다운스트림에 조명 시스템(5)의 퓨필 면(16)이 배열된다.
- [0025] 래스터 모듈(13)의 다운스트림에, 필드 렌즈로 또한 칭해지는 또 다른 집광장치(17)가 배열된다. 제2 래스터 배열(15)과 함께, 집광장치(17)는 제1 조명 면(11)을 조명 시스템(5)의 중간 필드 면(18)에 대략 이미징한다. 중간 필드 면(18)에서, 조명 광 강도 분포의 예리한 가장 자리를 생성하기 위해 조정가능한 셰이딩 스톱(shading stop)인 REMA(reticle masking system)(19)이 배열될 수 있다. 릴레이 대물렌즈로 또한 칭해지는 다운스트림 대물렌즈(20)는 중간 필드 면(18)을 레티클, 즉, 리소그래피 템플레이트에 이미징한다. 이미지면(23)의 이미지 필드(22)에 배열된 웨이퍼(도 1에 비도시)로 오브젝트 필드(3)를 이미징하기 위해 투영 대물렌즈(21)가 사용되며, 웨이퍼는 y-방향을 따라서 간헐적으로 또는 연속적으로 배치된다. 투영 대물렌즈(21)의 퓨필 면이 도 1에 23a로 표시된다. 레티클과 웨이퍼가 간헐적으로 배치되는 방식으로 투영 노광 장치(1)가 동작하면, 이것을 스텝퍼(stepper)라고 또한 칭한다. 레티클과 웨이퍼가 연속적으로 배치되는 방식으로 투영 노광 장치(1)가 동작하면, 이것을 스캐너(scanner)라고 또한 칭한다.
- [0026] 제1 래스터 배열(12)은, 열과 행으로 배열된 개별 제1 래스터 소자(24)를 갖는다. 제1 래스터 소자(24)는 예를 들면 2/1의 x/y 중횡비를 갖는 직사각형 개구를 갖는다. 이와 다르게, 특히 제1 래스터 소자(24)의 더 큰 중횡비가 또한 가능하다. 설명을 용이하게 하기 위해, 제1 래스터 소자(24)는 도 8 ~ 10에서 1/1의 x/y 중횡비를 갖는 것으로 이후 도시한다.
- [0027] 또는, 각각의 경우에 래스터 배열(12, 15)이 교차하여 배열되고, 서로 인접하여 배치된 원통형 렌즈로 이루어질 수 있다. 이 경우에, 각각의 래스터 배열(12, 15)은 모노리식(monolithic) 렌즈 블록으로 설계될 수 있다. 렌즈 블록의 2개의 광학 면 중 하나는 제1 방향으로 배향하는 원통형 렌즈 표면을 포함하고, 2개의 광학 면 중 반대 것은 거기에 직교하는 방향으로 배향된 원통형 렌즈 표면을 포함한다.
- [0028] 도 1에 따른 메리디언얼 섹션은 x-래스터 칼럼을 따라 진행된다. 제1 래스터 소자(24)는 정(positive)의 굴절력을 갖는 마이크로렌즈이다. 도 1에 따른 도시에서, 이들 마이크로렌즈가 블록면으로 도시된다. 도 1에 따른 개략 도시에서, 2개의 래스터 배열(12, 15)의 평면은 서로 마주본다. 이후 도 2 및 5를 이용하여 설명하는 것 같이, 2개의 래스터 배열(12, 15)의 블록면은 서로 마주보는 식으로 배열될 수 있다. 또한, 양볼록(biconvex) 설계가 가능하다. 제1 래스터 소자(24)의 직사각형 형상은 조명 필드(3)의 직사각형 형상에 대응한다. 제1 래스터 소자(24)는 그 직사각형 형상에 대응하는 래스터에 서로 직접 인접하는 식으로, 즉, 그들이 본질적으로 전체 면을 채우는 식으로 배열된다. 제1 래스터 소자(24)는 필드 허니콤으로 칭해진다.
- [0029] 제1 래스터 배열(12)의 제1 래스터 소자(24)의 번들-형성 효과는 조명 광(8)으로 하여금 다수의 부분 번들(25)(예를 들면, 도 2) - 그 수가 조명된 제1 래스터 소자(24)의 수에 대응 - 로 분할되도록 하고; 부분 번들(25)이 서로 별개로 래스터 모듈(13)을 통해 우선 인도됨으로써, 그들은 또한 광 채널 또는 조명 채널로 칭해진다. 래

스터 모듈(13)은, x 또는 y방향에서 볼 때 각각의 경우에 각각의 x 또는 y 래스터 크기에 의해 서로에 대해 오프셋되는 수백 개의 이러한 광 채널이 제공될 수 있다. 이들 광 채널은 오브젝트 필드(3)에 중첩된다.

[0030] 각각의 부분 번들(25)을 전달하도록, 제2 래스터 배열(15)의 제2 래스터 소자(26)가 제1 래스터 배열(12)의 제1 래스터 소자(24)에 할당된다. 제2 래스터 소자(26)는 양의 굴절력을 갖는 마이크로렌즈이다.

[0031] 도 1은 x-방향에서 볼 때 서로 인접하여 배열되는 이러한 유형의 5개의 광 채널을 도시한다. 본 발명에 따른 래스터 모듈(13)의 실시예에서, x-방향에서 볼 때 서로 인접하여 배열되는 전체 7개의 래스터 소자(24, 26)가, 7개의 인접한 부분 번들 또는 광 채널(25)을 생성하기 위해 이하 참조 도 2 및 5에 도시된다.

[0032] 제1 래스터 배열(12)로부터 제2 래스터 배열(15)의 거리는 래스터 소자(24)의 초점 폭에 대략 대응한다. 고대로, 제2 래스터 배열(15)로부터 퓨필면(16)의 거리는 제2 래스터 소자(26)의 초점 폭에 대응한다.

[0033] 래스터 소자(24, 26)는 비구면 렌즈이다. 래스터 소자(24, 26)의 렌즈 표면의 서로의 새지탈 높이(h)는 다음의 비구면 식에 의해 표현된다.

$$h(x) = \frac{x^2}{R \left(1 + \sqrt{1 - (1 + C) \left(\frac{x}{R} \right)^2} \right)} + A_4 x^4 + A_6 x^6 + A_8 x^8 + \dots$$

[0034] 이 식에서,
[0035] 이 식에서,

[0036] h(x)는 x-좌표(필드 또는 렌즈 좌표)의 함수로서 새지탈(sagittal) 높이를 나타낸다.

[0037] R은 정점에서 마이크로렌즈 표면의 반경이다.

[0038] C는 원뿔 상수이다.

[0039] An은 비구면 확장 상수이다.

[0040] 제1 래스터 배열(12)은 다양한 유형의 제1 래스터 소자(24), 즉, 다양한 유형의 비구면 마이크로렌즈를 갖는다. 제1 래스터 소자(24)의 유형은 상이한 번들-영향, 즉, 굴절 효과를 갖는다.

[0041] 도 3은 총 5개의 래스터 영역(27 ~ 31)으로의 래스터 모듈(13)의 제1 래스터 배열(12)의 분할을 나타낸다. 각각의 래스터 영역(27 ~ 31)은 칼럼 형상으로 y-방향으로 진행된다. x-방향에서 볼 때, 각각의 래스터 영역(27 ~ 31)은 정확히 하나의 래스터 소자(24) 또는 복수의 래스터 소자(24)를 포함할 수 있다. 통상적으로, 각각의 래스터 영역(27 ~ 31)은 정확히 하나의 유형, 즉, 정확히 하나의 굴절 효과를 갖는, 의 래스터 소자(24)로 구성된다.

[0042] 다음의 설명에서, x-방향에서 볼 때 서로 인접하여 배열되는 총 7개의 래스터 소자(24)를 포함하는 도 2에 따른 개략 분할은 다음과 같다: 도 2에 따른 최상의 래스터 소자(24)는 래스터 영역(27)의 부분이고, 거기에 가장 가깝게 배열된 2개의 래스터 소자(24)는 래스터 영역(28)의 부분이고, 도 2의 중앙의 래스터 소자(24)는 래스터 영역(29)의 부분이고, 거기에 가장 가깝게 배열된 2개의 래스터 소자(24)는 래스터 영역(30)의 부분이고, 도 2의 최하의 래스터 소자(24)는 래스터 영역(31)의 부분이다.

[0043] 중앙의 래스터 영역(29)의 래스터 소자(24)는 0.2의 범위의 원뿔 상수 C와 가장 작은 렌즈 반경 R을 갖는, 즉, 가장 높은 굴절 효과를 갖는 유형 I의 래스터 소자에 속한다. 래스터 영역(28, 30)의 래스터 소자(24)는, 0.05의 범위의 원뿔 상수 C와 래스터 영역(29)에서 래스터 소자(24)보다 적은 굴절 효과를 갖는, 즉, 약간 더 큰 렌즈 반경 R을 갖는, 유형 II의 래스터 소자이다. 래스터 영역(27, 31)의 래스터 소자(24)는, -0.1의 범위의 원뿔 상수 C와 가장 적은 굴절 효과를 갖는, 즉, 가장 큰 렌즈 반경 R을 갖는, 유형 III의 래스터 소자이다. 유형 I과 유형 III의 사이에서, 원뿔 상수 C는 0.3 만큼 다르다. 유형 I, II, III의 원뿔 상수 C는 -0.3과 +0.3 사이의 원뿔 상수에 대한 값의 범위에서 다른 값을 가정할 수 있으며, 가장 높은 굴절 효과를 갖는 유형은 가장 큰 원뿔 상수 C를 가지며, 가장 낮은 굴절 효과를 갖는 유형은 가장 작은 원뿔 상수 C를 가진다. 또 다른 실시예에서, 원뿔 상수 C는 유형II에 대해서 0.05의 범위, 유형 I에 대해서 0.1의 범위, 유형III에 대해서 0.0의 범위에 있다. 유형 I의 원뿔 상수 C는 예를 들면, 0.09와 0.25 사이의 범위에서 변화할 수 있다. 유형II의 원뿔 상수 C는 예를 들면, -0.09와 +0.09 사이의 범위에서 변화할 수 있다. 유형III의 원뿔 상수 C는 예를 들면, -0.25와 -0.09 사이의 범위에서 변화할 수 있다.

- [0044] 도 4는, 그 상이한 굴절력때문에, 거리-보상되지 않는, 즉, 본 발명에 따르지 않는 유형 I 과 III의 래스터 소자(24)의 효과를 나타낸다. 도면은 오브젝트 필드(3)의 영역에서 필드 좌표 x에 걸친 강도 I를 나타낸다. 유형 I의 래스터 소자(24)의 높은 굴절 효과는 할당된 부분 번들(25)로 하여금, 할당된 제2 래스터 소자(26)의 할당된 입구 표면에서 심하게 수축되게 하며, 교대로 필드 좌표 x에 걸친 강도 곡선(32)이 또한 수축되게 한다. 결국, 유형 I의 래스터 소자(24)의 원뿔 상수 C는 오브젝트 필드(3)에 걸쳐 "오목한" 강도 곡선(32)이 되며, 즉, 강도 곡선(32)은 위로 개방된다.
- [0045] 그 낮은 굴절력으로 인해서, 유형 III의 래스터 소자(24)의 번들-안내 효과는 부분 번들이 제2 래스터 소자(26)에서 덜 수축되게 하며, 교대로 필드 좌표 x에 걸쳐 더 넓은 강도 곡선(33)이 되게 한다. 유형 III의 래스터 소자(24)의 원뿔 상수 C는 오브젝트 필드(3)에 걸쳐서 "볼록한" 강도 곡선이 되며, 즉, 강도 곡선(33)은 아래로 개방되는 방식으로 구부러진다.
- [0046] 아래에 설명하는 바와 같이 거리 보상이 없으면, 유형 III의 래스터 소자(24)보다 더 높은 굴절 효과를 갖는 유형 I의 래스터 소자(24)의 수축 효과는, 오브젝트 필드(3)에 걸쳐 통합될 때, 도 4에서 오브젝트 필드(3)에 걸친 강도 곡선(32, 33)의 강도 레벨과 비교할 때 분명해지는 것같이, 유형 I의 강도 컨트리뷰션은 유형 III보다 더 높다.
- [0047] 본 발명에 따르면, 오브젝트 필드(3)에 걸친 곡선(32, 33)의 이 강도 차이는, 부분 번들(25)을 통해 서로에게 할당된 래스터 소자(24, 26) 사이의 거리 Δ 의 변동에 의해 보상된다. 이것을 이후 도 2를 이용하여 설명한다. 상기 논의된 것같이, 유형 I의 래스터 소자(24)는 유형 III의 래스터 소자(24)보다 더 높은 굴절 효과를 갖는다. 그러므로, 유형 I의 래스터 소자(24)에 의해 형성된 부분 번들(25_I)은, 유형 III의 래스터 소자(24)에 의해 생성된 부분 번들(25_{III})보다 더 많이 수렴하는 에지 레이(edge ray)를 갖는다. 한편, 래스터 영역(29)의 래스터 소자(24, 26) 사이의 거리 Δ_I 는 래스터 영역(27, 31)의 래스터 소자(24, 26) 사이의 거리 Δ_{III} 보다 작다. 그래서, 유형 I 또는 III에 상관없이, 할당된 래스터 소자(26)에 부딪치는 부분 번들(25)은 유형 III과 비교하여 유형 I의 래스터 소자(24)의 더 높은 굴절 효과에도 불구하고 x-치수에서 동일한 확장 x_0 을 갖는다. 유사하게, 더 큰 거리 Δ_{III} 는 부분 번들(25_{III})이 부분 번들(25_I)과 동일한 x-치수(x_0)를 따라서 모여지게 하기 때문에, 더 낮은 굴절 효과를 갖는 유형 III의 래스터 소자는 오브젝트 필드(3)에 걸쳐 더 높은 강도 효과를 갖는다. 오브젝트 필드(3)의 영역에서, 유형 III에 의해 생성된 강도 곡선(33)은 쇄선으로 도시된 강도 곡선(34)까지 올라간다. 오브젝트 필드(3)에 걸쳐 통합될 때, 2가지 유형 I 및 III은, 그 상이한 굴절 효과에도 불구하고 동일한 강도 컨트리뷰션을 제공하며, 강도 컨트리뷰션은 유형 I 및 III의 상이한 원뿔 상수(conical constant)로 인해 오목 곡선과 볼록 곡선인 면에서만 다르다. 그러므로, 유형 I 및 III의 상이한 굴절 효과는, "E-Offset"과 강도 축을 따라서 연장되는 양측 화살표로 도 4에 도시된, 사용된 오브젝트 필드(3)에 걸쳐 강도 오프셋 보정이 행해지는 것을 허용한다.
- [0048] 래스터 영역(28, 30)에서 래스터 소자(24)의 유형 II의 굴절 효과는 유형 I과 III의 사이에 있고, 그 결과 유형 II는 대응하는 강도-조정 효과를 갖는다. 도 2에 따른 래스터 모듈(13)의 개략적인 도시는, 래스터 영역(28, 30)에서 할당된 래스터 소자(24, 26) 사이의 2개의 상이한 거리 Δ 를 나타내며, 그 결과, 제2 래스터 배열(15)의 개별 소자들 사이에서 거리 변동이 얻어진다. 또는 제2 래스터 배열(15)의 제2 래스터 소자(26)는 도 2에 점선으로 나타낸 것같이 제1 래스터 배열(12)의 할당된 래스터 소자(24)로부터 일정한 거리 Δ 에서 배열될 수 있으므로, 이 경우 일정한 거리 Δ_{II} 가 제공된다.
- [0049] 거리 차이 Δ_I , Δ_{II} , Δ_{III} 를 갖는 거리 변동이 제2 래스터 배열(15)의 두께 변동에 의해 얻어지며, 두께 변동은 산마루 형태로 x-방향에 걸쳐 연장된다. 제2 래스터 배열(15)은 중앙에 가장 높은 래스터 두께(S_I), 즉, 래스터 영역(29)을 갖고, 가장 자리에 가장 낮은 두께(S_{III}), 즉, 래스터 영역(27, 31)을 갖는다. 연속선으로 나타낸 제2 래스터 배열(15)에서 볼 때, z방향으로 측정된 두께(S)는 거리 스텝(36)을 통해 소자로부터 소자까지 감소한다.
- [0050] 래스터 소자(24, 26)의 각각의 x-치수와 비교할 때 래스터 배열(12, 15) 사이의 거리(Δ)는 도 2 및 5에서 이차 참조 크게 과장되었다.
- [0051] 다음의 표는, 각각의 제1 래스터 소자(24)의 곡선의 반경 또는 원뿔 상수(C)가 변화할 때 요구되는 절대 거리 또는 에어 갭 변화의 예를 나타낸다. 원뿔 상수(C)의 변화를 제1 표에서 ΔC 로 표시한다.

[0052] 원뿔 상수(C)가 예를 들면 0.05 만큼 변화하면, 13 μ m의 거리의 변화 Δ 가 보상을 위해 요구된다.

[0053] 반경의 변화가 제2 표에서 퍼센트로 주어진다.

표 1

| ΔC | 에어 갭의 변화 [μ m] |
|------------|---------------------|
| 0,05 | 13 |
| 0,1 | 27 |
| 0,2 | 53 |
| 0,3 | 80 |

표 2

| 반경의 변화 [%] | 에어 갭의 변화 [μ m] |
|------------|---------------------|
| 1 | 16 |
| 2 | 29 |
| 3 | 45 |
| 5 | 74 |

[0056] 도 3은 제1 래스터 배열(12)의, 그러므로, 투영 노광 장치(1)의 조명 시스템(5)의 래스터 모듈(13)의 일 예의 4 중극 조명을 나타낸다. 제1 래스터 배열(12)은 마름모의 모서리에서 제1 래스터 배열(12)에 부딪치는 총 4개의 부분 번들에 노광된다. 즉, 중앙의 래스터 영역(29)은, y방향으로 볼 때, 각각의 경우에 래스터 영역(29)의 2 개의 예지에 근접한 2개의 부분 번들(25)에 의해 영향을 받는다. 래스터 영역(27, 31)에서, 제1 래스터 배열(12)은 y방향으로 볼 때, 부분 번들(25) 중 각각의 것에 의해 중심으로 부딪친다. 4중극 조명에서, 상이한 유형의 I 과 III의 래스터 소자(24)는, 투영 노광 장치(1)의 다른 광학 구성 부품에 의해 생긴 오브젝트 필드(3)의 조명의 타원율 변동이 보상되는 것을 허용한다.

[0057] 타원율은 오브젝트 면(4)의 오브젝트 필드(3)의 조명의 품질을 측정하는 측정값이다. 타원율을 판정함으로써, 투영 대물렌즈(21)의 입사 pupils에 걸친 에너지 또는 강도의 분포를 더 잘 예상할 수 있게 한다. 결국, 투영 대물렌즈(21)의 입사 pupils은, 수학에서 일반적인 방식인 시계반대 방향으로 0₁ ~ 0₈으로 번호가 매겨진 8개의 8분원(octant)으로 분할된다. 필드 포인트를 조명하기 위한 입사 pupils의 8분원(0₁ ~ 0₈)에 의해 제공되는 에너지 또는 강도 컨트리뷰션을 이후 에너지 또는 강도 컨트리뷰션(I₁ ~ I₈)이라고 칭한다.

[0058] 다음의 수량은 -45° /45° 타원율이라고 칭한다(E_{11y}, E_{-45° /45°}):

[0059]
$$E_{-45^\circ/45^\circ} = \frac{I_1 + I_2 + I_5 + I_6}{I_3 + I_4 + I_7 + I_8}$$

[0060] 다음의 수량은 0° /90° 타원율이라고 칭한다(E_{11x}, E_{0° /90°}):

[0061]
$$E_{0^\circ/90^\circ} = \frac{I_1 + I_8 + I_4 + I_5}{I_2 + I_3 + I_6 + I_7}$$

[0062] 비구면 형상의 제1 래스터 소자(24)가 다단 형성 공정에서 생성된다. 이 공정에서, 우선, 래스터 배열(12)이, 하나 및 동일한 원뿔 상수를 갖는 래스터 소자(24)를 갖는 방식으로 생성된다. 그 다음에, 원뿔 상수의 원하는 변동이 실행되어 그 결과 상이한 유형 I, II, III을 가져 온다. 이것은 또한 상이한 렌즈 반경, 그러므로 유형 I ~ III의 상이한 굴절 효과를 가져 온다. 래스터 배열(12)은 또한 단일 제조 단계에서 유형 I ~ III의 상이한 렌즈 반경이 제공될 수 있다.

[0063] 도 5는 개별 소자들 사이에서 거리 변동이 제공되는 래스터 모듈(13)의 또 다른 실시예를 나타낸다. 도 1 ~ 4 를 참조하여 상기 이미 설명한 이들에 대응하는 구성 부품과 효과는 동일한 도면 부호로 표시하므로 다시 상세하게 설명하지 않는다.

- [0064] 도 5에 따른 래스터 모듈(13)의 실시예에서, 제1 래스터 배열(12)은 개별 소자들 사이에서 산마루 형태로 거리 변동이 제공된다. 그 결과, 중앙 래스터 영역(29)에서 할당된 래스터 소자들(24, 26) 사이에 가장 작은 거리(Δ_1)가 있고, 할당된 래스터 소자들(24, 26) 사이에서 가장 큰 거리(Δ_{III})가 있다. 도 2에 따른 실시예에 관한 상기 설명과 유사하게, 래스터 소자(24)에 의해 부분 번들(25_I ~ 25_{III})에 생긴 유형 I 및 III의 상이한 제한 효과는 또한, 거리-보상적이며, 그 결과, 부분 번들(25_I ~ 25_{III})이 제2 래스터 배열(15)의 래스터 소자(26)상의 동일한 x-연장 x_0 를 갖는다. 따라서, 상이한 강도 곡선의 동일한 오프셋 보상이, 도 4를 참조하여 상기 이미 설명한 것같이 얻어진다.
- [0065] 도 6은 래스터 모듈(13)의 또 다른 실시예를 나타낸다. 상기 도 1 및 5를 참조하여 상기 이미 설명한 것에 대응하는 구성 부품과 효과는 동일한 참조 부호로 표시되므로 다시 상세히 설명하지 않는다.
- [0066] 도 6에 따른 래스터 배열(12)은 반전된 산마루의 형태로 설계되며, 즉, 중앙에서 가장 작은 두께(S_{III})를 갖고, 가장 자리에서 가장 큰 두께(S_I)를 가진다. 유사하게, 도 6에 따른 제1 래스터 배열의 실시예에서 제1 래스터 소자(24)의 유형 I ~ III은 또한 반전된 방식으로 제1 래스터 배열(12)의 x-치수에 걸쳐 분포된다.
- [0067] 가장 낮은 굴절 효과를 갖는 유형 III이 중앙에, 즉, 래스터 영역(29)에 배치된다. 유형 I의 래스터 소자(24), 즉, 가장 높은 굴절력을 갖는 래스터 소자(24)가 가장자리, 즉, 래스터 영역(27, 31)에 배치된다. 유형 II의 래스터 소자(24)가 사이에, 즉, 래스터 영역(28과 30)의 사이에 배열된다. 도 6에 따른 래스터 배열(12)은 개별 소자들 사이에 거리 스텝(36)이 설치된다.
- [0068] 거리(Δ_1)에 비해 큰 거리(Δ_{III})가 유형 I보다 낮은 유형 III의 굴절 효과를 보상하며, 그 결과, 래스터 소자(26)가 유형 I, II, III 중 어느 것을 구비하는지에 상관없이, 부분 번들(25_I ~ 25_{III})이 도 6에 따른 래스터 모듈(13)에서 동일한 x-연장 x_0 을 또한 갖는다.
- [0069] 도 7은 래스터 모듈(13)의 또 다른 실시예를 나타낸다. 상기 도 1 ~ 6을 참조하여 상기 이미 설명한 것에 대응하는 구성 부품과 효과는 동일한 참조 부호로 표시되므로 다시 상세히 설명하지 않는다.
- [0070] 도 7에서, 도 6에 따른 래스터 모듈(13)에 대조적으로, 제1 래스터 배열(12)은 아니지만, 제2 래스터 배열(15)은 중앙에서 가장 작은 두께(S_{III})를 갖고, 가장 자리에서 가장 큰 두께(S_I)를 갖는 반전된 산마루 형상의 소자이다. 그 결과, 거리($\Delta_1 \sim \Delta_{III}$)는, 도 6에 따른 래스터 모듈(13)을 참조하여 상기 이미 설명한 것같이, 부분 번들(25_I ~ 25_{III})에서 대응하는 보상 효과를 갖는다.
- [0071] 도 8은 래스터 모듈(13)의 또 다른 실시예를 나타낸다. 상기 도 1 ~ 7을 참조하여 상기 이미 설명한 것에 대응하는 구성 부품과 효과는 동일한 참조 부호로 표시되므로 다시 상세히 설명하지 않는다.
- [0072] 도 8에 따른 래스터 모듈(13)에서, 양 래스터 배열(12, 15)은 개별 소자들 사이에 산마루형 스텝이 설치된다. 래스터 배열(12, 15)의 2개의 산마루는 서로 마주보며, 그 결과, 래스터 영역(29)에서 가장 작은 거리(Δ_1)이고, 가장 자리에서 래스터 소자(24, 26) 사이에 가장 큰 거리(Δ_{III})이다. 유형 I 및 III이 도 2 및 5에 따른 배열보다 그 굴절 효과에 대해서 더 큰 차이를 가지면, 도 8에 따른 래스터 모듈(13)의 배열이 선택된다.
- [0073] 도 9는 래스터 모듈(13)의 또 다른 실시예를 나타낸다. 도 1 ~ 8을 참조하여 상기 이미 설명한 것에 대응하는 구성 부품과 효과는 동일한 참조 부호로 표시되므로 다시 상세히 설명하지 않는다.
- [0074] 상기 설명한 도 2 및 5 ~ 8에 따른 실시예와 다르게, 도 9에 따른 실시예만 3개의 래스터 영역, 즉, 래스터 영역(37, 38, 39)이 설치된다. 도 9에 따른 개략적 도시에서, 도 9에 따른 래스터 모듈(13)의 제1 래스터 배열(12)은 x-방향에서 볼 때 총 7개의 제1 래스터 소자(24)를 다시 갖는다. 래스터 영역(37, 39)에서 래스터 소자(24)는 더 높은 굴절력을 갖는 유형 I이다. 중앙의 래스터 영역(28)에서 제1 래스터 배열(12)의 래스터 소자(24)는 더 낮은 굴절력을 갖는 유형III이다. 래스터 영역(37, 39)에서 각각의 경우에 유형 I의 2개의 래스터 소자(24)가 있다. 래스터 영역(38)에서 서로 인접하여 배치되는 유형III의 3개의 래스터 소자(24)가 있다.
- [0075] 한편 래스터 영역(37, 38) 사이에 그리고 다른 한편 래스터 영역(38, 39) 사이에서, 제1 래스터 배열(12)은 각각의 경우에 1개의 거리 스텝(40)을 포함한다. 래스터 영역(37)에서 래스터 소자와 제2 래스터 배열(15)의 할당된 래스터 소자(26) 사이의 거리(Δ_1)는, 래스터 영역(38)에서 제1 래스터 소자(24)와 할당된 제2 래스터 소

자(26) 사이의 거리(Δ_{III}) 보다 더 작다. 그 결과, 도 6에 따른 래스터 모듈(13)을 참조하여 상기 이미 설명한 것같이, 상이한 거리(Δ_I 와 Δ_{III})는 유형 I 및 III의 상이한 굴절 효과를 보상한다.

- [0076] 도 10은 래스터 모듈(13)의 또 다른 실시예를 나타낸다. 도 1 ~ 8을 참조하여, 특히 도 9를 참조하여 상기 이미 설명한 것에 대응하는 구성 부품과 효과는 동일한 참조 부호로 표시되므로 다시 상세히 설명하지 않는다.
- [0077] 도 10에 따른 래스터 모듈(13)에서, 제1 래스터 배열(12)은 도 9에 따른 래스터 배열(12)에 대해 반전된다. 더 높은 굴절력을 갖는 유형 I의 래스터 소자(24)가 중앙 래스터 영역(38)에 배열되고, 더 낮은 굴절력을 갖는 유형 III의 래스터 소자(24)가 가장 자리에서 래스터 영역(37, 39)에 배열된다. 가장 자리에서 거리(Δ_{III})는 거리(Δ_I)를 초과하므로, 도 5에 따른 래스터 모듈(13)의 실시예를 참조하여 이미 설명한 것같이 보상 효과가 얻어진다.
- [0078] 투영 노광 장치(1)를 사용하여 미세구조 또는 나노구조의 컴퓨터의 마이크로리소그래피 제조 동안, 기판은 감광 재료 층이 적어도 부분적으로 설치된 기판이 제공된다. 기판은 통상적으로 웨이퍼이다. 또한, 이미징되는 구조물이 설치된 레티클이 제공된다. 투영 노광 장치(1)는 레티클의 적어도 일부를 기판의 감광층의 영역에 투영하기 위해 사용된다.
- [0079] 다음은 도 11에 따른 래스터 모듈(13)의 또 다른 실시예의 설명이다. 도 1 ~ 10을 참조하여 상기 이미 설명한 것에 대응하는 구성 부품과 효과는 동일한 참조 부호로 표시되므로 다시 상세히 설명하지 않는다.
- [0080] 도 11에 따른 래스터 모듈(13)에서, 반사성 제1 래스터 소자(24)와 반사성 제2 래스터 소자(26)를 구비한 2개의 래스터 배열(12, 15)이 제공된다. 반사능(reflective power)으로 인해서, 도 11에 따른 실시예에서 제1 래스터 배열(12)의 래스터 소자(24)는 상이한 굴절 효과 대신에 상이한 번들-영향 효과를 갖는다. 그래서, 도 11의 맨 위에 나타난 유형 III의 래스터 소자(24_{III})는, 부분 번들(25_{III})에 가장 낮은 포커싱 효과를 발휘하는 방식으로 설계될 수 있으며, 도 11의 바닥에 나타난 유형 I의 래스터 소자(24_I)는, 부분 번들(25_I)에 가장 높은 포커싱 효과를 발휘하는 방식으로 설계될 수 있다. 사이에 나타난 래스터 소자(24_{II})에 의해 부분 번들(25_{II})에 생긴 포커싱 효과는 래스터 소자(24_I , 24_{III})의 2개의 포커싱 효과 사이에 있다.
- [0081] 제1 래스터 소자(24)들 중 하나와 거기에 할당된 제2 래스터 배열(15)의 제2 래스터 소자(26) 사이의 광로 길이 Δ 는 다음 관계가 적용되도록 2개의 래스터 배열(12, 15)은 서로에 대해서 간격을 두고 배열된다:
- [0082] $\Delta_I < \Delta_{II} < \Delta_{III}$.
- [0083] 제1 래스터 소자(24)의 유형 I ~ III에 대해 거리 $\Delta_I \sim \Delta_{III}$ 를 개별 할당함으로써, 예를 들면 도 2에 따른 래스터 모듈(13)을 참조하여 상기 이미 설명한 것과 같이 보상 효과를 가져 온다.
- [0084] 또한, 상기 설명된 실시예의 2개의 래스터 배열(12, 15)은 조명 광(8)의 빔 경로에 반대 순서로 배열될 수 있다.
- [0085] 도 12는 래스터 소자(24, 26)를 갖는 래스터 배열(12, 15)을 포함하는 래스터 모듈(13)의 또 다른 실시예의 개략 도시이다. 도 1 ~ 11을 참조하여 상기 이미 설명한 것에 대응하는 구성 부품과 효과는 동일한 참조 부호로 표시되므로 다시 상세히 설명하지 않는다.
- [0086] 도 12에 따른 래스터 모듈(13)에서, 2개의 래스터 배열(12, 15)은 z-방향으로, 즉, 2개의 래스터 배열(12, 15)에 의해 배치 경로 Δz 를 따라서 떨어진 xy-면에 직교하는 방향으로 변위가능하다. 도 12에 나타난 실시예에서, z-방향으로 변위되는 것은 제2 래스터 배열(15)이다. 결국, 제2 래스터 배열(15)은 변위 장치(41)에 기계적으로 연결된다. 변위 장치(41)는 광학 소자 또는 미소 기계적인 액츄에이터의 변위에 적합한 선형 이동 유닛일 수 있다.
- [0087] 출력 커플링 미러(42)는 제2 래스터 배열(15)의 빔 경로 하류에 배치되며, 출력 커플링 미러(42)는 조명 광(8)이 부분적으로 투과된다. 상기 출력 커플링 미러(42)를 통해서, 조명 광(8)의 부분 빔(43)이 CCD 어레이와 같이 위치-민감 검출기(44)로 전달된다. 검출기(44)는 도면에는 나타나지 않은 중앙의 제어 장치를 통해서 변위 장치(41)와 신호 접속된다. 검출기(44)가 부분 빔(43)의 조명 강도 분포를 검출함으로써 오브젝트 면(4)의 조명 광(8)의 조명 강도 분포 및/또는 조명 각도 분포에 대해서 결론이 도출된다.
- [0088] 래스터 배열(12)에 대한 래스터 배열(15)의 Δz 변위는, 사용된 오브젝트 필드(3)에 걸친 강도의 오프셋 보정이

도 4를 참조하여 이미 설명한 것같이 실행되게 한다. 2개의 래스터 배열(12, 15) 사이의 거리(Z)가 클수록, 조명 필드의 x-연장이 더 작고, 그 결과, 강도는 오브젝트 필드(3)에 더 집중된다.

[0089] 또한, Δz 변위가 예를 들면, 이미 상기 논의된 것같이, 타원율의 오프셋, 즉, 수량 $E_{-45^\circ/45^\circ}$ 또는 $E_{0^\circ/90^\circ}$ 을 얻도록 사용될 수 있다. Δz 변위는 또한 오브젝트 필드(3)의 조명의 균일성이 조정되게 한다. 균일성은 오브젝트 필드(3)에서 x-값, 즉, 필드 높이에 대한 정규화된 스캔-축적된 총 에너지 SE(x)로 규정된다. 균일성(U)은,

[0090]
$$U(\text{퍼센트}) = 100(SE(x_{\max}) - SE(x_{\min})) / (SE(x_{\max}) + SE(x_{\min}))$$

[0091] $SE(x_{\max})$ 는 가장 높은 스캔-축적된 총 에너지를 갖는 x-값 x_{\max} 에 대한 총 에너지이다. 한편, $SE(x_{\min})$ 는 가장 낮은 스캔-축적된 총 에너지를 갖는 x-값 x_{\min} 에 대한 총 에너지이다.

[0092] 또한, Δz 변위는 텔리센트리시티(telecentricity)의 오프셋 보정을 행하기 위해 사용될 수 있다.

[0093] 텔리센트리시티는 오브젝트 필드(3)에 입사된 조명 광의 에너지 또는 강도의 주 조명 각도 방향에 대한 측정값이다.

[0094] 필드 포인트에 할당된 광 번들의 주 광선이, 조명된 오브젝트 필드의 각각의 필드 포인트에 대해 규정된다. 주 광선은 이 필드 포인트에 의해 방사된 광 번들의 에너지-가중 방향을 갖는다. 이상적으로, 각각의 필드 포인트의 주 광선은 조명 광학 시스템 또는 투영 대물렌즈(21)에 의해 결정된 프린서플(principal) 광선에 평행하다.

[0095] 프린서플 광선의 방향 $\vec{s}_0(x, y)$ 은 조명 광학 시스템 또는 투영 대물렌즈(21)의 설계 데이터로부터 알려진다. 필드 포인트의 프린서플 광선은 투영 대물렌즈(21)의 입사동의 필드 포인트와 중앙 포인트 사이의 접속 선에 의해 규정된다. 오브젝트 면(3)의 오브젝트 필드에서 필드 포인트(x, y)에서의 주 광선의 방향은 다음과 같이 구해진다:

[0096]
$$\vec{s}(x, y) = \frac{1}{\tilde{E}(x, y)} \int dudv \begin{pmatrix} u \\ v \end{pmatrix} E(u, v, x, y)$$

[0097] $E(u, v, x, y)$ 는 퓨필 좌표(u, v)의 함수로서 필드 포인트(x, y)에 대한 에너지 분포이고, 즉, 각각의 필드 포인트

(x, y)에 의해 보여지는 조명 각도에 의존한다. $\tilde{E}(x, y) = \int dudv E(u, v, x, y)$ 은 포인트(x, y)에 입사되는 총 에너지이다.

[0098] 예를 들면, 중앙의 오브젝트 필드 포인트(x_0, y_0)는, 제2 래스터 배열(15)의 각각의 래스터 소자(26)의 위치에 의해 정의되는 방향(u, v)으로부터 부분 방사 번들의 방사를 나타낸다. 이 조명 예에서, 부분 방사 번들의 상이한 에너지 또는 강도 또는 래스터 소자(26)에 할당된 조명 채널이 모든 래스터 소자(26)에 대해서 통합되고, 조명 광(8)의 프린서플 광선 방향에 평행한 주 광선 방향을 형성하기 위해 결합되지만 하면, 주 광선은 프린서플 광선을 따라서 진행한다. 이것은 이상적인 환경하에 있는 경우만이다. 실제 애플리케이션에서, 주 광선 방

향 $\vec{s}(x, y)$ 과 프린서플 광선 방향 $\vec{s}_0(x, y)$ 사이에 편향이 있으며, 이것은 텔리센트리시티 에러 $\vec{t}(x, y)$ 로 칭해진다.

[0099]
$$\vec{t}(x, y) = \vec{s}(x, y) - \vec{s}_0(x, y)$$

[0100] 투영 노광 장치(1)의 실제 애플리케이션에서, 보정되어야 하는 것은 특정 오브젝트 필드 포인트(x, y)에서의 로컬 텔리센트리시티 에러가 아니라, $x=x_0$ 에서 스캔-축적된 텔리센트리시티 에러이다. 텔리센트리시티 에러는 다음과 같이 구해진다:

$$\vec{T}(x_0) = \frac{\int dy \vec{E}(x_0, y) \vec{t}(x_0, y)}{\int dy \vec{E}(x_0, y)}$$

[0101]

[0102]

즉, 스캐닝 프로세스 동안 오브젝트 면(4)에서 오브젝트 필드(3)를 통해 움직이는 레이저 상의 포인트(x, 예를 들어, x_0)에 의해 통합된 텔레센트리시티 에러가 보정되며, x-텔레센트리시티 에러와 y-텔레센트리시티 에러 사이에 차이가 만들어 진다. x-텔레센트리시티 에러(T_x)는, 스캐닝 방향에 직교하는 방향으로, 즉, 필드 높이에 걸쳐, 프린서플 광선으로부터의 주 광선의 편향으로 규정된다. y-텔레센트리시티 에러(T_y)는, 스캐닝 방향으로 프린서플 광선으로부터의 주 광선의 편향으로 규정된다.

[0103]

조명 파라미터는 검출기(44), 중앙의 제어 장치 및 변위 장치(41)에 의해 제어가능하므로, 동작 동안 조명 파라미터의 실제 값을 소정의 원하는 값으로 조정하기 위해 사용될 수 있는 보정 소자로서 래스터 모듈(13)이 동작 되게 한다. 결국, 중앙의 제어 장치는 검출기(44)에 의해 검출된 부분 빔(43)의 조명 파라미터를 평가하여, 조명 광(8)의 조명 파라미터에 대해서 결론을 내린다. 이러한 방식으로 결정된 조명 파라미터의 실제 값에 의거하여, 제2 래스터 배열(15)은 중앙 제어 장치를 통해 변위 장치(41)를 대응되게 구동시켜 변위된다.

[0104]

도 13은 2개의 래스터 배열(12, 15) 사이의 변위에 대해서 상이한 자유도를 갖는 래스터 모듈(13)의 또 다른 실시예의 도 12와 유사한 도시이다. 상기 설명한 실시예를 참조하여, 특히 도 12에 따른 실시예를 참조하여 상기 이미 설명된 것에 대응하는 구성 부품은 동일한 참조 부호로 표시되므로 다시 상세히 설명하지 않는다.

[0105]

도 13에 따른 래스터 모듈(13)에서, 제2 래스터 배열(15)은 제1 래스터 배열(12)에 대해서 변위 경로 Δ_x , Δ_y 를 따라서 x-방향 및 y-방향으로 변위가능하다. 결국, 래스터 모듈(13)은 제2 래스터 모듈(15)과 기계적으로 결합된 변위 장치(41)가 또한 구비된다.

[0106]

제1 래스터 배열(12)에 대한 제2 래스터 배열(15)의 Δ_x 또는 Δ_y 변위는 조명 필드의 상대 x 또는 y 위치가 오브젝트 필드(3)에 대해서 정의되게 한다. 필드 높이 x에 걸친 텔레센트리시티의 틸트 의존성, 소위 텔레센트리시티 틸트 뿐 아니라, 필드 높이 x에 걸친 타원율의 틸트 의존성이 Δ_x 또는 Δ_y 변위를 통해 또한 조정가능하다.

[0107]

Δ_x 또는 Δ_y 변위와 결합되어, - 도 12에 따른 래스터 모듈(13)의 설명에 대응하는 - 도 13에 따른 래스터 모듈(13)에 대해서 가능한 추가의 Δ_z 변위는 또한 조명 광(8)의 강도 오프셋이 오브젝트 필드(3)에 걸쳐서 조정되게 한다.

[0108]

래스터 모듈이 도 3에 따른 래스터 영역(27 ~ 31) 등의 상이한 번들 영향 효과를 갖는 래스터 영역으로 분할되는 래스터 배열(12) 등의 래스터 배열을 포함하면, Δ_x 또는 Δ_y 변위는 오브젝트 필드(3)에 걸친 타원율의 틸트 변화를 가져 온다. 이것은 필드 높이(x)에 걸친 타원율 틸트를 조정하기 위해 사용될 수 있다.

[0109]

도 12에 따른 래스터 모듈(13)에 대해서 상기 설명한 검출기와 중앙의 제어 장치를 통한 파라미터 제어가 도 13에 따른 래스터 모듈(13)에 대해서 또한 가능하다.

[0110]

도 14는 2개의 래스터 배열(12, 15) 사이의 변위에 대해서 상이한 자유도를 갖는 래스터 모듈(13)의 또 다른 실시예의 도 12와 유사한 도시이다. 상기 설명한 실시예를 참조하여, 특히 도 12에 따른 실시예를 참조하여 상기 이미 설명된 것에 대응하는 구성 부품은 동일한 참조 부호로 표시되므로 다시 상세히 설명하지 않는다.

[0111]

도 14에 따른 래스터 모듈(13)에서, 제1 래스터 배열(12)에 대해서 z방향으로 변위가능한 것은 제2 래스터 배열(15)이다. 제2 래스터 배열(15)의 개별 래스터 소자(26)는 변위 경로 Δ_{z1} , Δ_{z2} , ..., Δ_{zn} 을 따라서 서로에 대해 독립적으로, 개별적으로 변위가능하다. 도 14에 개략적으로 나타난 것같이 각각의 래스터 소자(26)는 할당된 변위 장치(41)와 기계적으로 결합된다. 변위 장치(41)는 z-방향으로 래스터 소자(26)의 개별 변위를 위해 제공된다. 개별 변위 장치(41)가 각각의 래스터 소자(26)에 대해서 할당될 수 있다. 변위 장치(41)를 통한 래스터 소자(26)의 변위는, 도시하지 않은 중앙의 제어 장치에 의해 다시 제어된다. 도 12에 따른 래스터 모듈(13)에 대해서 상기 설명한 것같이 검출기 및 중앙의 제어 장치를 통한 조명 파라미터 제어가 도 14에 따른 래스터 모듈(13)에 대해서도 또한 가능하다.

[0112]

z-변위된 래스터 소자(26)의 위치에 의거하여, 거리 Δ_{z1} 를 로컬하게 변화시키는 것은, 조명 채널에 속하는 조명

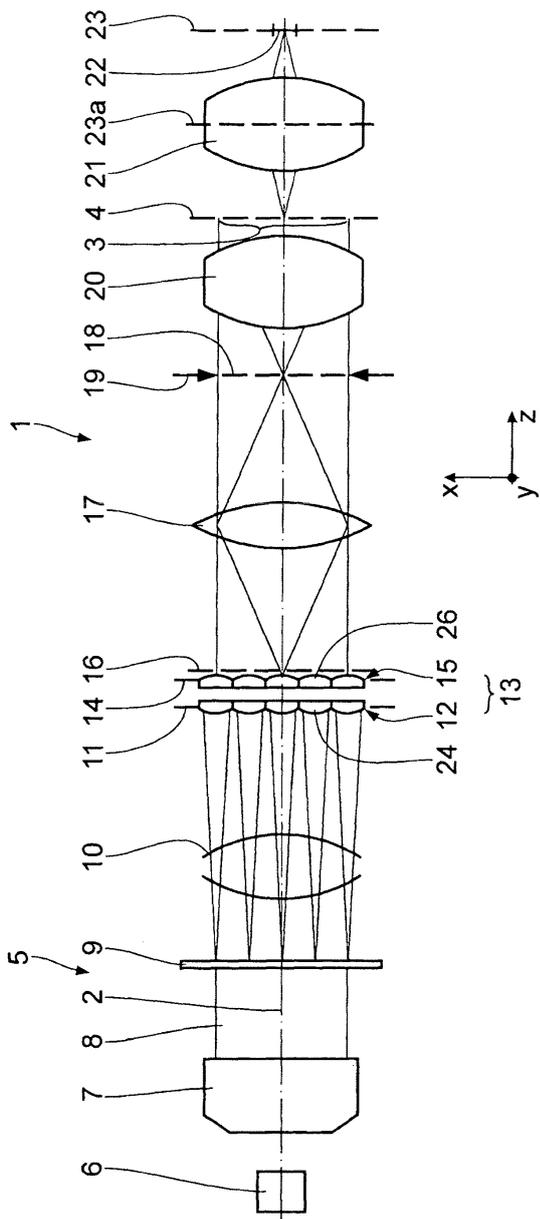
필드 세그먼트의 크기가 조정가능한 방식으로 정의되는 것을 허용하며, 조명 필드 세그먼트의 크기는 상기 연관된 조명 채널에 의해 결정된다. 따라서, 타원을 오프셋은 또한 조정될 수 있다. 오브젝트 필드(3)에 걸친 타원의 코스는 소정의 분포가 얻어지는 방식으로 예를 들면 거리 Δ_{z_i} 를 변화시킴으로써 영향을 받을 수 있다. 이것은 타원이 보정되는 것을 허용한다. 유사하게, 균일성이 거리 Δ_{z_i} 를 변화시킴으로써 조정될 수 있다.

- [0113] 도 12 ~ 도 14에 따른 래스터 모듈(13)에서, 상기 설명된 변위 장치(41)는 제2 래스터 배열(15)의 적어도 하나의 세그먼트, 즉, 적어도 하나의 래스터 소자(26), 적어도 하나의 래스터 소자(26)의 그룹 또는 전체적인 래스터 배열(15)에 대해서, 제1 래스터 배열(12)의 적어도 하나의 세그먼트, 즉, 적어도 하나의 래스터 소자(24), 래스터 소자(24)의 그룹 또는 전체적인 제1 래스터 배열(12)의 주기적인 변위가 오브젝트 또는 조명 필드(3)의 노광의 시간과 비교하여 작은 주기에서 발생하는 방식으로 설계된다. 이 유형의 주기적인 변위를 행할 수 있는 변위 장치(41)를 워블러(wobbler)라고 또한 칭한다.
- [0114] 이 유형의 워블러는 래스터 배열(15) 또는 그 세그먼트를, 광 펄스가 일차 광원(6)에 의해 발생될 때 마다 조명 채널이 변위되는 시정수로 변위시킨다. 투영 노광 장치(1)에 의해 조명되는 웨이퍼 상의 특정 세그먼트의 노광 시간 동안, 이 세그먼트가 예를 들면, 광원(6)의 30개의 광펄스에 의해 영향을 받는다. 이들 30개의 광 펄스 동안, 워블러의 주기적인 변위가 발생할 수 있다.
- [0115] 도 15는 2개의 래스터 배열(12, 15) 사이의 변위에 대해 상이한 자유도를 갖는 래스터 모듈(13)의 또 다른 실시예의 도 12와 유사한 도시이다. 상기 설명한 실시예를 참조하여, 특히 도 12에 따른 실시예를 참조하여 상기 이미 설명된 것에 대응하는 구성 부품은 동일한 참조 부호로 표시되므로 다시 상세히 설명하지 않는다.
- [0116] 제2 래스터 배열(15)의 래스터 소자(26)의 변위 장치(41)는 변위 경로 $\Delta_{x1}, \Delta_{x2}, \dots, \Delta_{xN}$, 또는 $\Delta_{y1}, \Delta_{y2}, \dots, \Delta_{yN}$ 를 따라서 각각 래스터 소자(26)의 개별 x, y 변위를 확실하게 한다. 이 x, y 변위는 오브젝트 필드(3)에서 변위되는 조명 채널의 퓨필-중속 변위를 가져 온다. 이것은 오브젝트 필드(3)에서 조명 채널의 중첩을 최적화하기 위해, 그러므로, 오브젝트 필드(3)에 걸쳐 강도 분포를 최적화하기 위해 사용될 수 있다. x 또는 y 변위 $\Delta_{x_i}, \Delta_{y_i}$ 는 변위된 래스터 소자(26)의 각각의 조명 채널의 강도 분포의 틸트 중속성을 가져 오며, 이것은 균일성에 대응하는 효과를 갖는다. 이것은 텔리센트리서티의 틸트 중속성이 보정되는 것을 허용한다.
- [0117] 제1 래스터 배열(12)의 래스터 영역의 x 변위의 효과를 도 16 ~ 18에 의해 이후 더 상세히 설명한다. 도 1 ~ 15를 참조하여 상기 이미 설명된 것에 대응하는 구성 부품 또는 기능은 동일한 참조 부호로 표시되므로 다시 상세히 설명하지 않는다.
- [0118] 도 16에 따른 제1 래스터 배열(12)은 상이한 번들-영향 효과를 갖는 3개의 래스터 영역(45, 46, 47)을 가지며, 즉, 그들은 예를 들면, 도 3에 따른 제1 래스터 배열(12)의 래스터 영역(27 ~ 31)에 관한 상기 설명에 대응하는 상이한 원뿔 상수를 갖는 래스터 소자(24)를 포함한다.
- [0119] 서로에 대해서 3개의 래스터 영역(45 ~ 47)의 참조 위치로부터 시작하여, 도 16의 왼쪽 편의 래스터 영역(45)은 중앙의 래스터 영역에 대해서 왼쪽으로 경로 $-\Delta_x$ 만큼 변위되고, 도 16의 오른쪽 편의 래스터 영역(47)은 정지된 중앙의 래스터 영역(46)에 대해서 오른쪽으로 경로 Δ_x 만큼 변위된다.
- [0120] 2개의 변위($-\Delta_x, \Delta_x$)는 도 17에 나타난 것같이 오브젝트 필드에 걸친 강도 곡선이 변화하게 한다. 도 4에 대응되게, 도 17은 필드 높이 x에 걸쳐서 스캔-축적된 강도의 I(x) 다이어그램을 나타낸다. 래스터 영역(45)은 경로 $-\Delta_x$ 만큼 변위되면, 이것은 도 17에 따른 오브젝트 필드(3)의 좌측 가장자리에서 가장 높은 강도를 갖고, 도 17에 따른 오브젝트 필드(3)의 우측 가장자리에서 가장 낮은 강도를 갖는 틸트된 강도 곡선(48)이 되게 한다.
- [0121] 경로 Δ_x 만큼 래스터 영역(47)을 변위시키는 것은, 반대 틸트를 갖는 강도 곡선(49), 즉, 도 17의 좌측 필드 가장자리에서 가장 낮은 강도를 갖고, 도 17의 우측 필드 가장자리에서 가장 높은 강도를 갖는 강도 곡선(49)이 되게 한다.
- [0122] 틸트된 강도 곡선(48, 49)은 도 18에 나타난 것같이 오브젝트 필드(3)에 걸친 텔리센트리서티 곡선(50)을 가져 온다. 이것은 도 18에 따른 오브젝트 필드(3)의 좌측 가장 자리상에서, 래스터 영역(47)으로부터의 강도 컨트리뷰션이 가장 현저하며, 도 18에 따른 오브젝트 필드(3)의 우측 가장 자리상에서, 래스터 영역(45)으로부터의 강도 컨트리뷰션이 가장 현저한 사실에 근거한다.

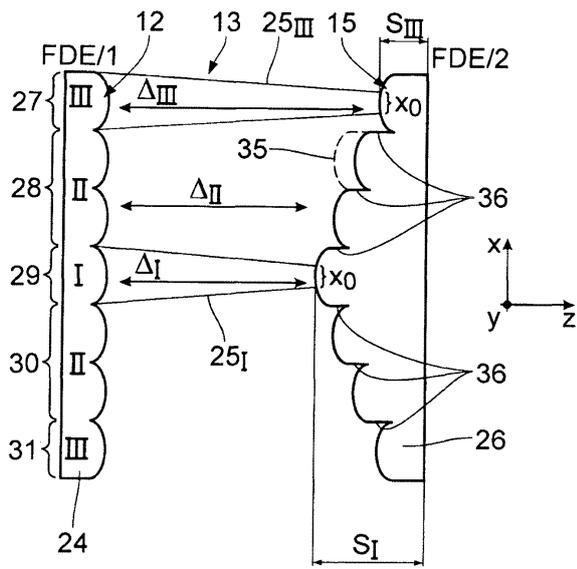
- [0123] 오브젝트 필드(3)의 조명의 특정 조명 파라미터 상의 제2 래스터 배열(15)의 정적인 중앙 래스터 영역(46)에 대한 래스터 영역(45, 47)의 상대적인 변위의 효과가 도 19 ~ 21에 의해 설명된다. 도 1 ~ 18을 참조하여 특히 도 16 ~ 18을 참조해서 상기 이미 설명된 부분에 대응하는 구성 부품은 동일한 참조 부호로 표시되므로 다시 상세히 설명하지 않는다.
- [0124] 제1 래스터 배열(12)을 나타내는 도 16과 대조적으로, 제2 래스터 배열(15)이 도 19에 도시된다.
- [0125] 서로에 대해서 래스터 영역(45 ~ 47)의 참조 위치로부터 시작하여, 도 19에 따른 변위는, 래스터 영역(45)이 도 19의 래스터 영역(46)에 대해서 오른쪽으로 경로 Δ_x 만큼 변위되고, 래스터 영역(47)은 정지된 중앙의 래스터 영역(46)에 대해서 오른쪽으로 경로 Δ_x 만큼 변위된다. 그러므로, 2개의 외측 래스터 영역(45, 47)은 중앙의 래스터 영역(46)에 대해서 동일한 방향으로, 즉, 오른쪽 x-방향으로 변위된다.
- [0126] 한편 중앙 래스터 영역(46)과 다른 한편 2개의 외측 래스터 영역(45, 47)은 상이한 변위 안내 효과를 갖는 래스터 소자들을 포함한다. 중앙 래스터 영역(46)은 예를 들면 제1 원뿔 상수를 갖는 제1 번들-영향 유형 I의 래스터 소자를 포함한다. 2개의 외측 래스터 영역(45, 47)은 특히 유형 I과 다른 원뿔 상수를 갖는 또 다른 번들-영향 효과를 갖는 제2 유형 II의 래스터 소자를 포함한다.
- [0127] 중앙 래스터 영역(46)에 대한 2개의 가장 외측 래스터 영역(45, 47)의 Δ_x 변위는, 좌측 필드 가장자리가 우측 필드 가장자리보다 더 높은 강도로 영향을 받도록(도 20의 강도 곡선(51) 비교) 유형 II의 필드 종속 강도 분포의 틸트를 가져 온다. 중앙 래스터 영역(46)이 변위되지 않기 때문에, 그 강도 곡선(52)은 오브젝트 필드(3)에 걸쳐 변화되지 않고 남아 있다.
- [0128] 강도 곡선(51)의 틸트는 도 21에 도시된 타원율 곡선(53)의 대응하는 틸트를 가져 온다. 도 21에 나타낸 타원율 곡선(53)은 타원율 $E_{-45^\circ/45^\circ}$ 의 곡선 또는 타원율 $E_{0^\circ/90^\circ}$ 의 곡선일 수 있다. 타원율 곡선(53)의 틸트는 도 21에 따른 오브젝트 필드(3)의 우측 면 상에 타원율 오프셋(54)을 가져 온다.
- [0129] 참조 위치로부터 시작하여, 래스터 배열(12, 15)에 대한, 또는 래스터 소자(24, 26)의 그룹 또는 영역에 대한, 또는 개별 래스터 소자(24, 26)에 대한 변위 경로 Δ_x , Δ_y 는 $-10\mu\text{m}$ 과 $+10\mu\text{m}$ 사이의 범위에 있을 수 있다. 따라서, 총 절대 변위 경로는 $20\mu\text{m}$ 에 달할 수 있다. 래스터 배열(12, 15)에 대한, 또는 래스터 소자(24, 26)의 그룹 또는 영역에 대한, 또는 개별 래스터 소자(24, 26)에 대한 절대 Δ_z 변위는 $30\mu\text{m}$ 에 달할 수 있다.
- [0130] z 방향의 변위는 본질적으로 조명 광의 빔 방향을 따라서 행해지는 변위이다. x 또는 y 변위는 본질적으로 조명 광(8)의 빔 방향을 횡단하여 행해지는 변위이다.
- [0131] 또는, 변위 장치(41)는 2개의 래스터 배열(12, 15)중 하나가 2개의 래스터 배열(15, 12)중 다른 하나에 대해서, 예를 들면 x-축 또는 y-축에 평행한 피봇 축 주위로 피봇가능한 방식으로 설계될 수 있다. 이 경우, 변위 장치(41)는 2개의 래스터 배열(12, 15)중 적어도 하나에 대한 피봇 드라이브로서 설계된다.
- [0132] 래스터 모듈의 설계에 의존하여, 상기 서술된 래스터 소자의 유형은 제1 래스터 배열(12) 및/또는 제2 래스터 배열(15)의 일부일 수 있다.

도면

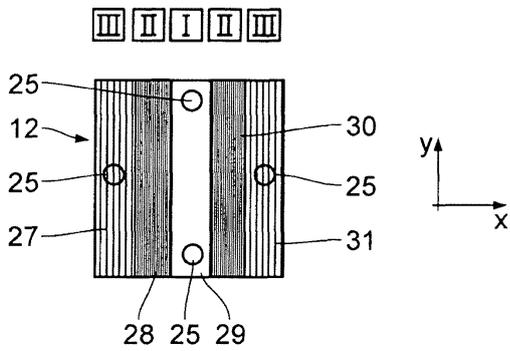
도면1



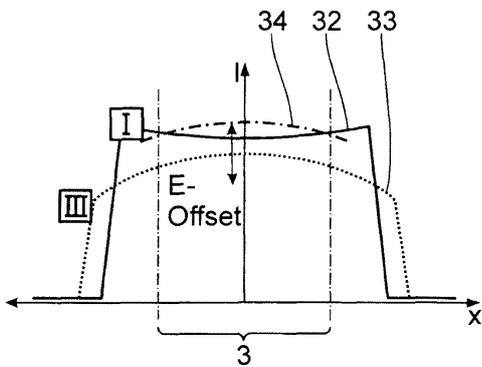
도면2



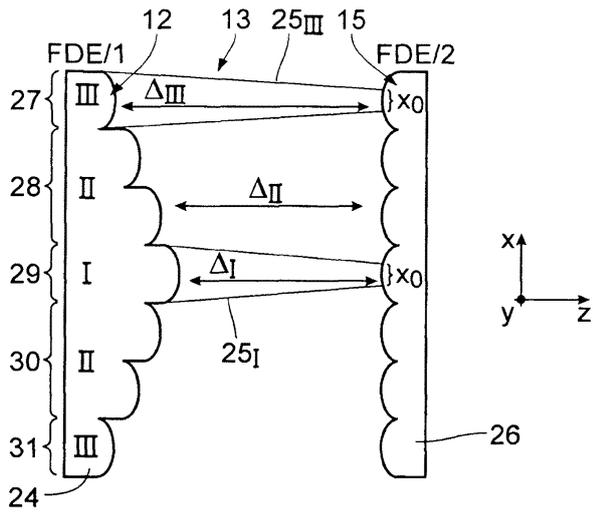
도면3



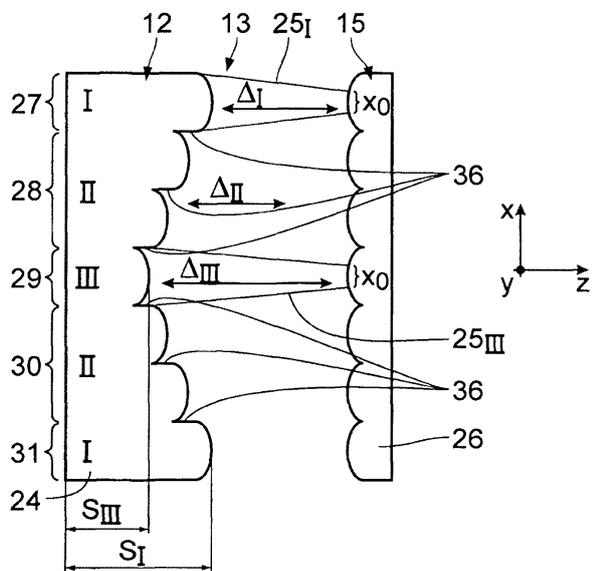
도면4



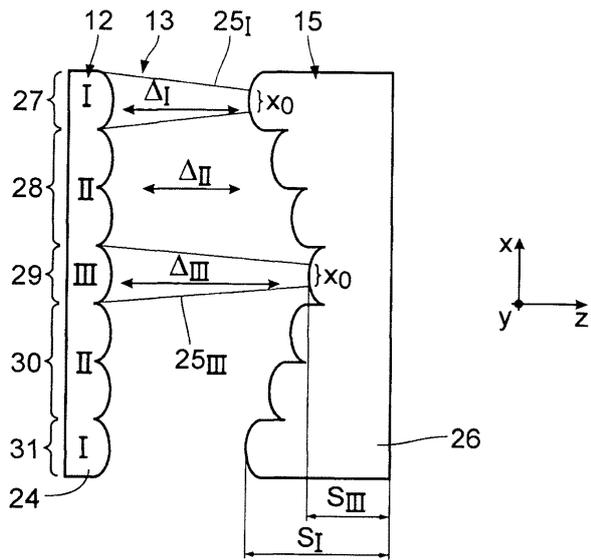
도면5



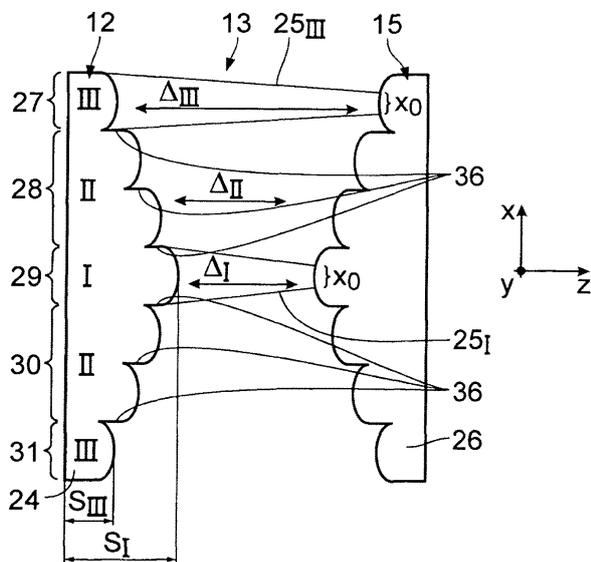
도면6



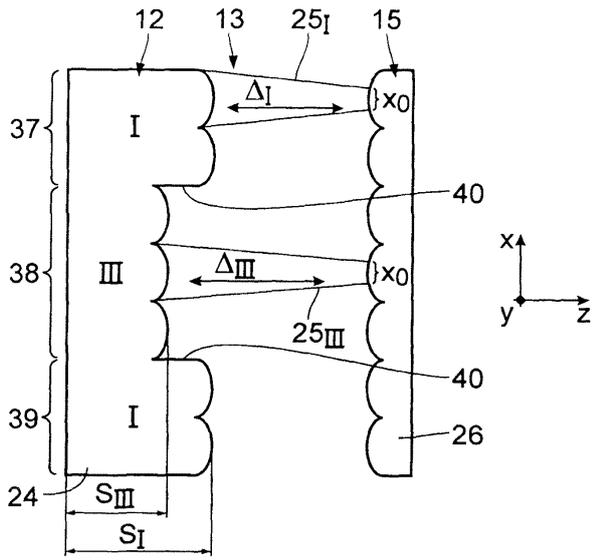
도면7



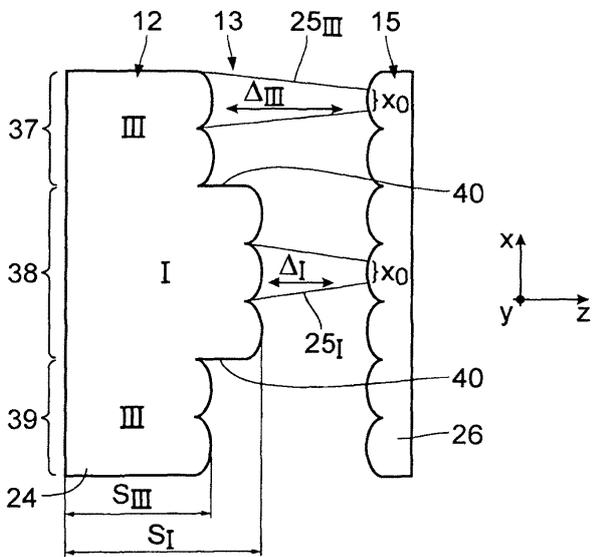
도면8



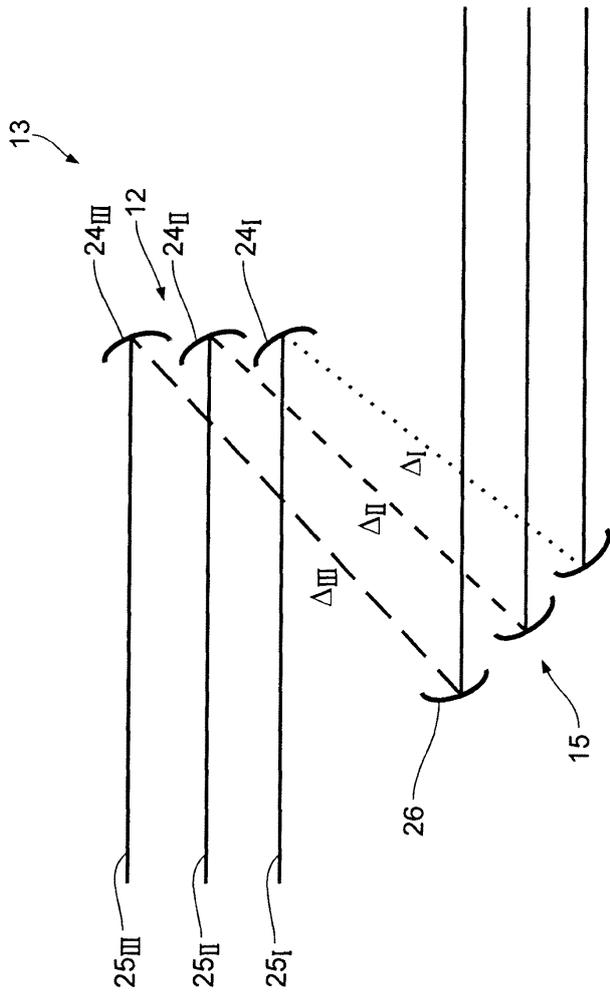
도면9



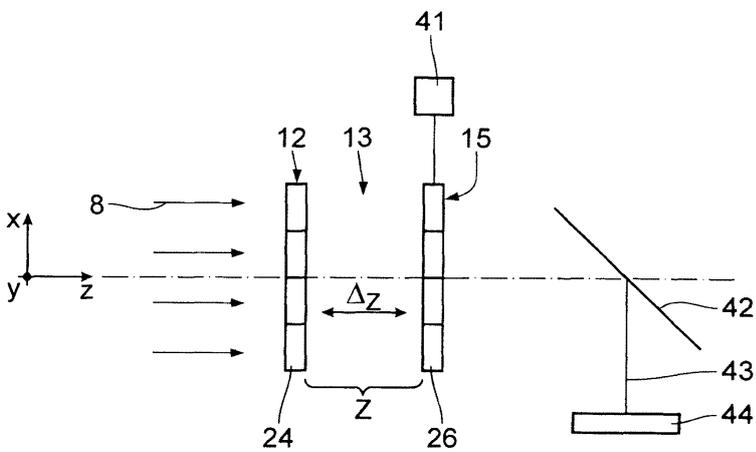
도면10



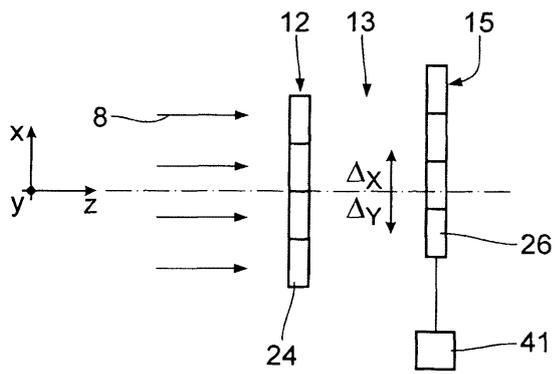
도면11



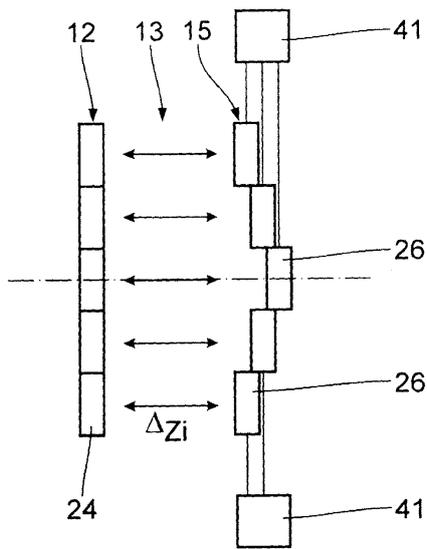
도면12



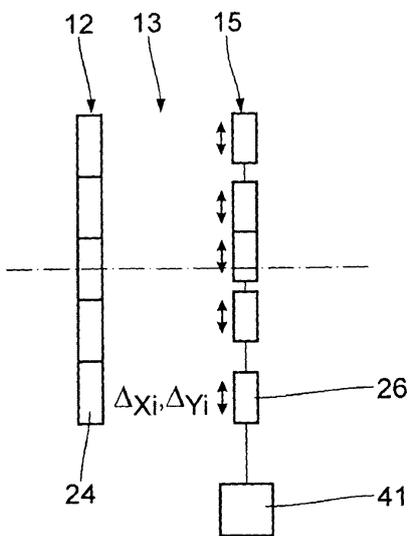
도면13



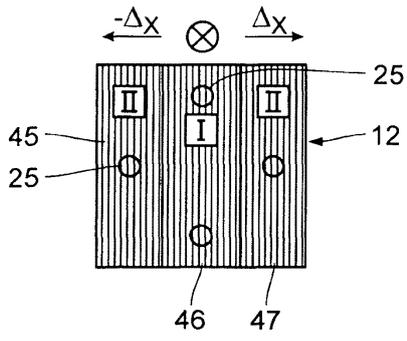
도면14



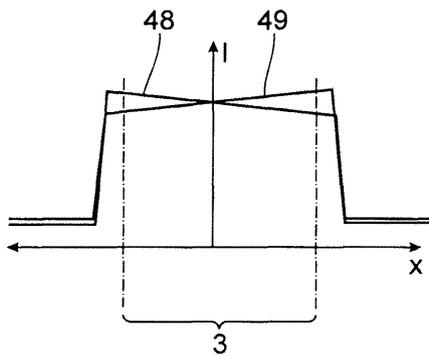
도면15



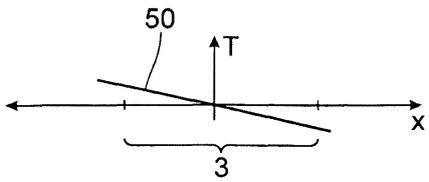
도면16



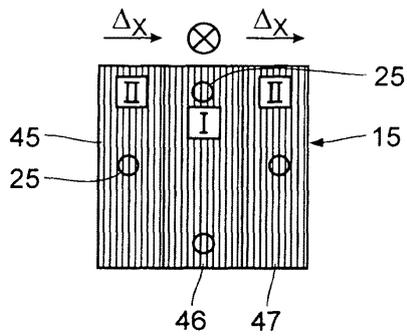
도면17



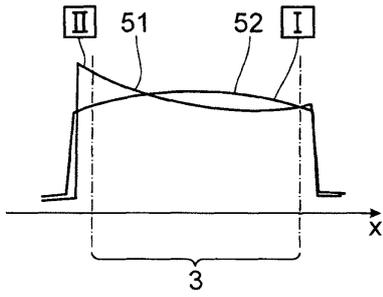
도면18



도면19



도면20



도면21

