(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년08월03일
(11) 등록번호 10-1541563
(24) 등록일자 2015년07월28일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G03F 7/20 (2006.01) *G02B 7/00* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2010-7017402
(22) 출원일자(국제) 2008년11월22일
심사청구일자 2013년10월22일
(85) 번역문제출일자 2010년08월04일
(65) 공개번호 10-2010-0119543
(43) 공개일자 2010년11월09일
(86) 국제출원번호 PCT/EP2008/009914
(87) 국제공개번호 WO 2009/095052
국제공개일자 2009년08월06일
(30) 우선권주장
10 2008 007 449.7 2008년02월01일 독일(DE)
61/025,344 2008년02월01일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
KR1019990077474 A*
US6281967 B1
EP1522893 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
칼 짜이스 에스엠티 게엠베하
독일 오버코헨 73447 루돌프-에버-슈트라쎄 2
(72) 발명자
헤겔, 아투르
독일, 73447 오베르코헨, 마이센가세 6
데군테르, 마르쿠스
독일, 73432 아알렌, 란가케르베그 20
(74) 대리인
한양특허법인

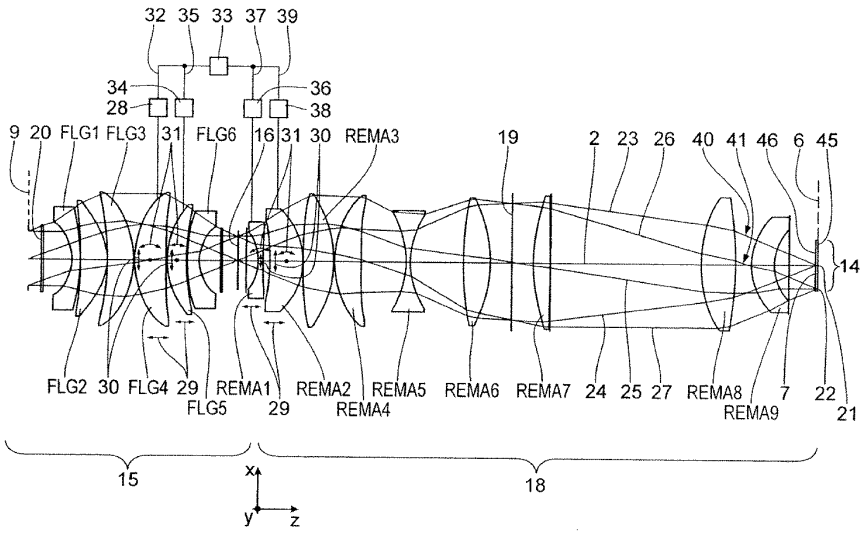
전체 청구항 수 : 총 25 항 심사관 : 조승현

(54) 발명의 명칭 **조명 광학 기기 및 투사 노광 장치**

(57) 요 약

마이크로리소그래피용 투사 노광 장치(1)의 오브젝트 필드(14)를 조명하기 위해 조명 광학 기기가 사용된다. 이 조명 광학 기기(5)는, 유효광 다발을 안내하는 광학 구성 부품의 집광기 그룹(15)을 포함한다. 집광기 그룹(15)의 하류에 다발-안내 구성 부품의 대물렌즈 그룹(18)이 배열된다. 집광기 그룹(15)의 적어도 하나의 구성 부품(FLG4, FLG5) 및 대물렌즈 그룹(18)의 적어도 하나의 구성 부품(REMA1, REMA2)가 소망의 조명 상태에 대해, 실제 조명 상태에 있는 오브젝트 필드(14)의 벗어남의 보상을 위해 변위가능하다.

대 표 도



명 세 서

청구범위

청구항 1

마이크로리소그래피용 투사 노광 장치(1)의 오브젝트 필드(14)의 조명을 위한 조명 광학 기기(5)로서,

- 상기 조명 광학 기기(5)의 동공 면(9)의 하류에 배열되어 유효광 다발(4)을 안내하는 광학 구성 부품의 집광기(condenser) 그룹(15),

- 유효광의 경로에서 상기 집광기 그룹(15)의 하류에 배열되어 있는 다발-안내 구성 부품의 대물렌즈 그룹(18)을 포함하고,

- 상기 집광기 그룹(15)의 적어도 하나의 구성 부품(FLG4, FLG5) 및

- 상기 대물렌즈 그룹(18)의 적어도 하나의 구성 부품(REMA1, REMA2)이

소망의 조명 상태에 대한 오브젝트 필드(14)의 실제 조명 상태의 벗어남의 보상을 위해 변위가능한 것을 특징으로 하는, 조명 광학 기기.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

적어도 하나의 변위가능한 구성 부품(FLG4, FLG5, REMA1, REMA2)은 제어 장치(33)와 신호 연결된 변위 드라이브(28, 34, 36, 38)에 연결된 것을 특징으로 하는, 조명 광학 기기.

청구항 3

청구항 1 또는 2에 있어서,

변위가능한 구성 부품(FLG4, FLG5, REMA1, REMA2)은 중앙 오브젝트 필드 포인트(21)의 주 광선 방향(2)을 따라서 변위가능한 것을 특징으로 하는, 조명 광학 기기.

청구항 4

청구항 3에 있어서,

변위 드라이브(28, 34, 36, 38)는 중앙 오브젝트 필드 포인트(21)의 주 광선 방향(2)을 따라서 1㎜의 범위의 변위 경로를 허용하는 것을 특징으로 하는, 조명 광학 기기.

청구항 5

청구항 4에 있어서,

변위 드라이브(28, 34, 36, 38)는 50㎛ 보다 더 우수한 위치지정 정확도를 갖는 것을 특징으로 하는, 조명 광학 기기.

청구항 6

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서,

적어도 하나의 변위가능한 구성 부품(FLG4, FLG5, REMA1, REMA2)은 중앙 오브젝트 필드 포인트(21)의 주 광선 방향(2)에 직교하는 적어도 하나의 축(x, y)을 따라서 변위가능한 것을 특징으로 하는, 조명 광학 기기.

청구항 7

청구항 6에 있어서,

디센터링 변위 드라이브(28, 34, 36, 38)는 400㎛ 범위의 디센터링 변위 경로를 제공하는 것을 특징으로 하는, 조명 광학 기기.

청구항 8

청구항 7에 있어서,

디센터링 변위 드라이브(28, 34, 36, 38)는 적어도 20㎛ 의 위치지정 정확도를 갖는 것을 특징으로 하는, 조명 광학 기기.

청구항 9

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서,

적어도 하나의 변위가능한 구성 부품(FLG4, FLG5, REMA1, REMA2)은 중앙 오브젝트 필드 포인트(21)의 주 광선 방향(2)에 직교하는 적어도 하나의 틸트 축(x, y)을 따라서 틸트가능한 것을 특징으로 하는, 조명 광학 기기.

청구항 10

청구항 9에 있어서,

틸트 변위 드라이브(28, 34, 36, 38)는 10 각도 분(angular minute)의 범위에서 틸트 변위 경로를 갖는 것을 특징으로 하는, 조명 광학 기기.

청구항 11

청구항 10에 있어서,

틸트 변위 드라이브(28, 34, 36, 38)는 0.5 각도 분보다 더 우수한 위치지정 정확도를 갖는 것을 특징으로 하는, 조명 광학 기기.

청구항 12

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서,

집광기 그룹(15)의 변위가능한 구성 부품(FLG3, FLG4, FLG5)은 2개의 방사 서브-다발(40, 41)(제1 방사 서브-다발(40)이 중앙 오브젝트 필드 포인트(21)에 속하고, 제2 방사 서브-다발(41)이 에지에서 오브젝트 필드 포인트(22)에 속함)이, 2개의 오브젝트 필드 포인트를 포함하는 메리디오널 섹션(xy)에서 최대 70% 중첩되는 구성 부품인 것을 특징으로 하는, 조명 광학 기기.

청구항 13

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서,

대물렌즈 그룹(18)의 변위가능한 구성 부품(REMA1, REMA2, REMA3)은 2개의 방사 서브-다발(40, 41)(제1 방사 서브-다발(40)이 중앙 필드 포인트(21)에 속하고, 제2 방사 서브-다발(41)이 에지에서 오브젝트 필드 포인트(22)에 속함)이, 2개의 오브젝트 필드 포인트를 포함하는 메리디오널 섹션(xy)에서 최대 30% 중첩되는 구성 부품인 것을 특징으로 하는, 조명 광학 기기.

청구항 14

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서,

집광기 그룹(15)의 변위가능한 구성 부품(FLG3, FLG4, FLG5)은 450 mm보다 작은 초점 길이의 절대치를 갖는 것을 특징으로 하는, 조명 광학 기기.

청구항 15

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서,

대물렌즈 그룹(18)의 변위가능한 구성 부품(REMA1, REMA2, REMA3)은 450 mm보다 작은 초점 길이의 절대치를 갖는 것을 특징으로 하는, 조명 광학 기기.

청구항 16

청구항 15에 있어서,

상기 대물렌즈 그룹(18)의 변위가능한 구성 부품(REMA1, REMA2, REMA3)은 400 mm보다 작은 초점 길이의 절대치를 갖는 것을 특징으로 하는, 조명 광학 기기.

청구항 17

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서,

집광기 그룹(15)은 유효광 다발(4)을 안내하는 11개 이하의 구성 부품(FLG1 ~ FLG6)을 포함하며, 상기 구성 부품(FLG1 ~ FLG6) 중 적어도 1개(FLG4; FLG5)는 변위가능한 것을 특징으로 하는, 조명 광학 기기.

청구항 18

청구항 17에 있어서,

상기 구성 부품(FLG1 ~ FLG6) 중 2개 이하는 변위가능한 것을 특징으로 하는, 조명 광학 기기.

청구항 19

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서,

대물렌즈 그룹(18)은 유효광 다발(4)을 안내하는 17개 이하의 구성 부품(REMA1 ~ REMA9)을 포함하며, 상기 구성 부품(REMA1 ~ REMA9) 중 적어도 1개(REMA1; REMA2)는 변위가능한 것을 특징으로 하는, 조명 광학 기기.

청구항 20

청구항 19에 있어서,

상기 구성 부품(REMA1 ~ REMA9) 중 2개 이하는 변위가능한 것을 특징으로 하는, 조명 광학 기기.

청구항 21

광원(3)과 청구항 1 또는 청구항 2에 기재된 조명 광학 기기(5)를 포함하는 조명 시스템.

청구항 22

청구항 21에 있어서,

조명 세팅을 규정하는 조정 장치(8)를 포함하는 조명 시스템.

청구항 23

- 청구항 21에 기재된 조명 시스템, 및

- 이미지 필드(14a)에 오브젝트 필드(14)를 이미징하는 투사 대물렌즈(11)를 포함하는 투사 노광 장치(1).

청구항 24

- 적어도 일부에 감광 재료층이 도포되는 웨이퍼(13)를 제공하는 단계;

- 이미징되는 구조물을 갖는 레티클(7)을 제공하는 단계;

- 청구항 23에 기재된 투사 노광 장치(1)를 제공하는 단계; 및

- 상기 투사 노광 장치(1)에 의해 상기 웨이퍼(13) 위의 층의 영역에 레티클(7)의 적어도 일부를 투사하는 단계를 포함하는, 구조화된 구성 부품을 제조하는 방법.

청구항 25

청구항 24에 기재된 방법으로 제조되는 구조화된 구성 부품.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 청구항 1의 전제부에 따른 조명 광학 기기에 관한 것이다. 본 발명은 또한 이 유형의 조명 광학 기기를 포함하는 조명 시스템, 이 유형의 조명 시스템을 포함하는 투사 노광 장치, 이 유형의 투사 노광 장치를 사용하는 구조화된 구성 부품을 제조하는 방법, 및 이 방법에 따라서 제조된 구성 부품에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 초기에 명명된 유형의 조명 광학 기기가 EP 0 940 722 A2 및 거기에 인용된 문헌에 개시되어 있다. 이들 문헌에서, 변위가능한 렌즈 그룹이, 대물렌즈 그룹의 광학적 수차에 영향을 주고, 오브젝트 필드에서 유효광의 강도 분포에 영향을 주기 위해, 대물렌즈 그룹에 제공된다.

[0003] DE 10 2006 025 025 A1은 집광기 그룹 및 대물렌즈 그룹을 포함하는 조명 광학 기기를 개시한다. 대물렌즈 그룹은 변위가능한 광학 소자를 포함한다.

[0004] US 6 560 044 B2는 집광기 그룹 및 대물렌즈 그룹을 포함하는 조명 광학 기기를 개시하며, 집광기 그룹은 변위가능한 광학 소자를 포함한다.

[0005] US 6 127 095 A는 광축을 따라서 변위가능하고, 광축에 대해 틸트가능한 광학 소자를 포함하는 집광기 그룹을 포함하는 조명 광학 기기에 대해 서술한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명의 목적은, 조명 파라미터가 특히 조명 세팅, 즉 조명 각도 분포에 종속되는 오브젝트 필드 조명의 조명 파라미터에 보상 효과가 나타날 수 있는 방식의, 초기에 명명된 유형의 조명 광학 기기를 개발하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0007] 이 목적은 청구항 1에 설명된 특징을 갖는 조명 광학 기기에 의해 본 발명에 따라서 달성된다.

[0008] 본 발명에 따르면, 보상을 위해 변위가능하고, 하나의 구성 부품은 집광기 그룹에 속하고, 다른 하나의 구성 부품은 대물렌즈 그룹에 속하는 한 쌍의 광학 구성 부품이 특정 조명 파라미터가 최적화되는 것을 허용하며, 다른 조명 파라미터는 소정의 범위로 제한될 수 있다. 이것은 조명 광학 기기의 구성 부품의 제조 동안 변동, 또는 수명 또는 드리프트 효과에 의한 조명 파라미터 변화의 보상을 허용한다. 구성 부품의 쌍의 보상 변위에 의해 조명 파라미터를 바꾸는 것은 조명 각도 분포의 변화 즉, 조명 세팅 변화로 인한 파라미터 변화를 보상하는데 유용할 수 있다. 유사하게, 이것은 조명 광의 편광 변화 또는 노광되는 오브젝트 필드의 크기의 변화로 인한 조명 파라미터의 변화의 보상을 허용한다. 또한, 특정 조명 파라미터의 요구 허용 오차 한계가 초과되지 않는 것을 확실하게 하도록 설계 수단으로서 구성 부품의 보상 쌍을 사용하는 것이 또한 가능하다. 구성 부품 쌍의 보상 변위는 특히 텔리센트리서티 값 및 다양한 조명 방향으로부터의 조명 광 부분들 사이의 밸런스에 영향을 갖는다.

[0009] 청구항 2에 따른 변위 드라이브는 자동화된 보상 변위를 확실하게 한다.

[0010] 특히 청구항 3에 따른 변위성은 텔리센트리서티의 보상을 허용한다. 이것은 에너제틱 텔리센트리서티, 즉 필드 포인트를 조명하고 메리디오널 부에 대해 서로 상반되는 에지 광선들 사이의 강도 관계뿐 아니라, 기하학적 텔리센트리서티, 즉, 필드 포인트를 조명하는 전체 방사 서브-다발의 경사 모두에 영향을 줄 수 있다.

[0011] 청구항 4에 따른 변위 경로는 변위 드라이브의 구성을 단순화하며 많은 실제적인 애플리케이션에서 보상 변위에 대해 매우 충분한 것으로 밝혀졌다. 유사하게, 500㎛의 범위에서 변위 경로는 특정 배열에 대해 특히 유리한 것으로 밝혀졌다. 변위 경로는 300㎛의 범위에 있을 수 있다.

[0012] 청구항 5에 따른 위치지정 정확도는 구성 부품의 보상 변위에 대한 요구 사항에 특히 조정될 수 있다. 15 ㎛ 초과의 위치지정 정확도가 바람직하다.

[0013] 청구항 6에 따른 디센터링 변위는 특히 조명 각도 파라미터가, 조명되는 오브젝트 필드의 크기 또는 위치에 조정되는 것을 허용한다.

[0014] 청구항 4 및 5에 대한 상기 설명은 청구항 7 및 8에 따른 실시예에 또한 대응하여 적용된다. 특정 배열에 대해서, 100㎛의 범위에서 디센터링 변위 경로는 충분한 것으로 또한 밝혀졌다. 디센터링 변위 경로는 200㎛의 범위에 있을 수 있다. 특정 애플리케이션에 대해서, 예를 들면 적어도 5㎛ 까지의 디센터링 변위 경로에 대한 위치지정 정확도가 바람직하다.

[0015] 청구항 9에 따른 틸트 변위는 많은 경우에 디센터링 변위에 대한 대용으로서 동작할 수 있다.

[0016] 청구항 4 및 5에 대한 상기 설명은 청구항 10 및 11에 따른 실시예에 또한 대응하여 적용된다. 틸트 변위 드라이브는 5 각도 분의 범위에서 틸트 변위 경로를 갖는다. 틸트 변위 드라이브는 0.25 각도 분보다 더 우수한 위치지정 정확도를 갖는다.

[0017] 청구항 12 및 13에 따른 변위 구성 부품에 대한 구성 부품 선택은, 선택된 조명 파라미터의 보상에 특히 민감한 구성 부품을 가져 온다.

[0018] 동일하게 청구항 14 및 15에 따른 변위가능 구성 부품에 대해 초점 거리/굴절력 선택이 적용된다. 집광기 그룹의 변위가능한 구성 부품은 400 ㎜보다 작은 초점 길이의 절대값을 가질 수 있다. 대물렌즈 어셈블리의 변위가능한 구성 부품은 400 ㎜보다 작은 초점 길이의 절대값을 가질 수 있다.

[0019] 청구항 16에 따른 집광기 그룹의 변위 가능한 구성 부품의 수 또는 청구항 17에 따른 대물렌즈 그룹의 변위 가능한 구성 부품의 수는 최적화 필요조건에 충분한 것으로 밝혀졌다. 일반적으로, 구성 부품의 적어도 1/6, 그러나 이들 구성 부품 수의 2/6 이하가 집광기 그룹의 다발-가이드 구성 부품의 주어진 수에서 변위가능하다. 대물렌즈 그룹의 구성 부품의 주어진 수에서, 적어도 구성 부품의 1/9 그러나 일반적으로 이들 구성 부품의 2/9 이하가 변위 가능하다.

[0020] 청구항 18에 따른 조명 시스템의 장점은 조명 광학 기기를 참조한 상기 설명에 대응한다.

[0021] 청구항 19에 따른 조정 장치는 조명 세팅의 자동화된 조정을 위해 특히 제공된다. 조정 장치는 조명 세팅을 바꾼 후 조명 광학 기기의 변위가능한 구성 부품의 보상 변위가 자동적으로 행해지는 것을 확실하게 하도록 신호에 의해 보상 변위 드라이브의 제어 장치에 바람직하게 연결된다.

[0022] 청구항 20에 따른 투사 노광 장치의 장점은 조명 시스템을 참조한 상기 설명에 대응한다. 동일하게 청구항 21에 따른 제조 방법 및 청구항 22에 따른 구조화된 구성 부품에 적용된다.

[0023] 이후 본 발명의 실시예를 도면을 참조하여 보다 상세하게 설명한다.

도면의 간단한 설명

[0024] 도 1은 마이크로리소그래피용 투사 노광 장치의 최적 메인 그룹을 통한 개략적인 메리디어널 부를 나타낸다.

도 2는 도 1에 따른 투사 노광 장치의 조명 광학 기기의 2개의 최적 메인 그룹의 보다 상세한 도면을 나타낸다.

도 3은 변위 보상 전에 상이한 조명 세팅의 텔리센트리서티 값이 오브젝트 필드 높이의 함수로서 표현되는 도면을 나타낸다.

도 4는 변위 보상 후에 조명 세팅의 텔리센트리서티 값을 나타내는 도 3과 유사한 도면을 나타낸다.

도 5는 필드 높이에 대한 Zernike 다항식의 전개로서, 보상 변위에 의해 생긴, 웨이브프런트 변화의 필드 경사를 나타내는 전체 10개의 도면을 나타낸다.

도 6 ~ 8은 다양한 필드 포인트에서, 보상 변위에 의해 생긴, 웨이브 프런트 변화를 나타낸다.

도 9 ~ 11은 도 6 ~ 8의 필드 포인트에서, 보상 변위에 의해 생긴, 동공 수차를 나타낸다.

도 12 ~ 14는 도 6 ~ 8의 필드 포인트에서, 보상 변위에 의해 생긴, 동공 강도 변화를 나타낸다.

도 15는 다양한 고리모양의 조명 세팅에 대한 도면을 나타내며, 이 도면은 보상 변위로 인한 필드 높이에서 기하학적 x-텔리센트리서티의 종속성을 표시한다.

도 16은 다양한 고리모양의 조명 세팅에 대한 도 15와 유사한 도면을 나타내며, 이 도면은 보상 변위로 인한 필드 높이에서 균등성의 종속성을 표시한다.

도 17은 다양한 고리모양의 조명 세팅에 대한 도 15와 유사한 도면을 나타내며, 이 도면은 보상 변위로 인한 필

드 높이에서 x-폴 밸런스의 종속성을 표시한다.

도 18은 다양한 고리모양의 조명 세팅에 대한 도 15와 유사한 도면을 나타내며, 이 도면은 보상 변위로 인한 필드 높이에서 타원율의 종속성을 표시한다.

도 19는 다양한 x-다이폴 조명 세팅에 대한 도면을 나타내며, 이 도면은 보상 변위로 인한 필드 높이에서 기하학적 x-텔리센트리서티의 종속성을 표시한다.

도 20은 다양한 x-다이폴 조명 세팅에 대한 도 15와 유사한 도면을 나타내며, 이 도면은 보상 변위로 인한 필드 높이에서 균등성의 종속성을 표시한다.

도 21은 다양한 x-다이폴 조명 세팅에 대한 도 15와 유사한 도면을 나타내며, 이 도면은 보상 변위로 인한 필드 높이에서 x-폴 밸런스의 종속성을 표시한다.

도 22는 다양한 x-다이폴 조명 세팅에 대한 도 15와 유사한 도면을 나타내며, 이 도면은 보상 변위로 인한 필드 높이에서 총 텔리센트리서티의 종속성을 표시한다.

도 23 ~ 26은 상이하게 조정된 조명 세팅을 갖는 동공 면을 갖는 레벨에 있는 조명 광학기기의 광로를 통한 개략 부분을 나타낸다.

도 27은 x-폴 밸런스를 규정하기 위한 서브분할을 포함하는 투사 노광 장치의 조명 광학 기기의 동공의 개략도를 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0025] 도 1은 투사 노광 장치(1)의 광학 메인 그룹을 통한 개략 메리디오널 섹션을 나타낸다. 이 개략적인 도시에서, 광학 메인 그룹은 굴절 광학 소자이다. 그러나, 광학 메인 그룹은 회절 또는 반사 구성 부품 또는 광학 소자의 굴절/회절/반사 어셈블리의 조합 또는 서브조합이 가능하다.

[0026] 위치 관계의 설명을 용이하게 하기 위해 이후 xyz 좌표 시스템이 사용된다. 도 1에서, x축은 그림 면에 직교한 방향으로 그림 면 안쪽으로 연장된다. y축은 도 1에서 상방으로 연장된다. z축은 도 1의 오른쪽으로 연장되고, 투사 노광 장치(1)의 광축(2)에 평행하게 연장된다. 필요하면, 광축(2)은 몇 번 겹쳐질 수 있다.

[0027] 투사 노광 장치(1)는 각각 조명 방사 다발 또는 이미징 방사 다발(4)의 형상으로 유효광을 발생하는 방사 광원(3)을 갖는다. 유효광(4)은 DUV(deep ultraviolet) 범위, 예를 들면, 100 및 20 nm 사이의 범위의 파장을 갖는다. 또는, 유효광(4)의 파장은 EUV(extreme ultraviolet) 범위, 특히, 5 및 30 nm 사이의 범위에 있을 수 있다.

[0028] 투사 노광 장치(1)의 조명 광학 기기(5)는 방사 광원(3)으로부터 투사 노광 장치(1)의 오브젝트 면(6)으로 유효광(4)을 안내한다. 투사 노광 장치(1)에 의해 이미징되는, 레티클(7)의 형태로 오브젝트는 오브젝트 면(6)에 배열된다. 레티클(7)은 도 1에 점 선으로 표시된다. 레티클(7)은 제어된 주사 변위 또는 점진적인 변위를 위해 구성된 홀딩 장치(비도시)에 지지된다.

[0029] 조명 광학 기기(5)의 첫번째 광학 메인 그룹은 동공-형성 광학 기기(8)이다. 상기 동공-형성 광학 기기(8)는 하류의 동공 면(9)에 유효광(4)의 규정된 강도 분포를 생성하도록 동작한다. 또한, 동공-형성 광학 기기(8)는 다양한 조명 세팅을 규정하기 위한 조정 장치로서 동작한다. 예를 들면 변위가능한 광학 구성 부품 또는 교환가능한 스톱을 구비한 유사한 조정 장치가 본 기술에서 숙련된 자에게 알려져 있다. 동공-형성 광학 기기(8)는 복수의 2차 광원이 얻어지는 방식으로 방사 광원(3)을 동공 면(9)에 이미징한다. 동공-형성 광학 기기(8)는 필드-형성 기능을 부가적으로 가질 수 있다. 동공-형성 광학 기기(8)는 패싯(facet) 소자, 허니콤 소자 및/또는 회절 광학 소자를 구비할 수 있다. 동공면(9)은 투사 노광 장치(1)의 투사 대물렌즈(11)의 또 다른 동공 면(10)과 광학적으로 켤레를 이룬다. 투사 대물렌즈(11)는 오브젝트 면(6)과 이미지 면(12) 사이에, 조명 광학 기기(5)의 하류에 배열된다. 도 1에서 점선으로 표시된 웨이퍼(13)가 이미징 면(12)에 배열된다. 웨이퍼(13)는 제어된 주사 변위 또는 점진적인 변위를 위해 구성된 홀딩 장치(비도시)에서 지지된다. 투사 대물렌즈(11)는 오브젝트 면(6)의 오브젝트 필드(14)를 이미징 면(12)의 이미지 필드(14a)에 이미징하기 위해 사용된다.

[0030] 조명 광학 기기(5)의 또 다른 광학 메인 그룹은 동공-형성 광학 기기(8) 뒤의 동공 면(9)의 하류에 배열된 필드 렌즈 그룹(15)이다. 필드 렌즈 그룹(15)의 하류에 오브젝트 면(6)과 켤레를 이루는 중간 이미지 면(16)이 배열된다. 그러므로, 필드 렌즈 그룹(15)은 집광기 그룹이다. 스톱(17)이 오브젝트 필드(17)의 에지 경계를 한정하기 위해 중간 필드 면(16)에 배치된다. 스톱(17)은 또한 REMA(reticle masking system)(레티클(7)을 마스킹하

기 위한 레티클 마스킹 시스템) 스톱으로 또한 칭해진다.

[0031] 중간 이미징 면(16)은 REMA 렌즈 그룹으로서 또한 칭해지는 대물렌즈 그룹(18)에 의해 오브젝트 면(6)에 이미징된다. 대물렌즈 그룹(18)은 조명 광학 기기(5)의 또 다른 광학 메인 그룹이다.

[0032] 도 2는 필드 렌즈 그룹과 REMA 렌즈 그룹(18)의 보다 상세한 모습을 나타낸다. 필드 렌즈 그룹(15)은 연속해서 배열되고, 필드 렌즈 그룹(15)을 통과할 때, 유효광(4)의 광 경로 방향에 따라서 FLG1, FLG2, FLG3, FLG4, FLG5, FLG6로서 칭해지는 총 6개의 렌즈를 포함한다. 렌즈 FLG5 및 FLG6은 메니스커스 렌즈를 대체하는 한 쌍의 렌즈를 형성한다.

[0033] 산란 판(20)이 동공 면(9)과 렌즈 FLG1 사이에 배열된다.

[0034] REMA 렌즈 그룹(18)은 유효광(4)의 광로 방향에 따라서 이후 REMA1, REMA2, REMA3, REMA4, REMA5, REMA6, REMA7, REMA8, REMA9로서 칭해지는 총 9개의 렌즈를 포함한다. 렌즈 REMA1 및 REMA2는 메니스커스 렌즈를 대체하는 한 쌍의 렌즈를 형성한다.

[0035] 렌즈 REMA6 및 REMA7 사이에 또 다른 동공 면(19)이 배열된다. 레티클(7)이 있는 오브젝트 면(6)은 광선의 방향에서 봤을 때 최종 렌즈인, REMA 렌즈 그룹(18)의 렌즈 REMA9의 하류에 배열된다.

[0036] 다음의 테이블은 도 2에 따르는 광학 어셈블리, 즉 필드 렌즈 그룹(15)과 REMA 렌즈 그룹(18)의 설계 데이터를 나타낸다. 제1 테이블의 제1 칼럼은 필드 렌즈 그룹(15)의 광학 표면을 나타내며, 그 다음에 REMA 렌즈 그룹(18)의 광학 표면을 나타내며, 왼쪽에서 오른쪽으로 번호가 매겨져 있다. 이후 선택된 표면에 의해 보다 상세하게 설명한다. "표면 1"은 동공 면(9)이다. "표면 2 및 3"은 산란 판(20)의 입사 및 출사 면이다. "표면 4 및 5"는 렌즈 FLG1의 입사 및 출사 면이다. "표면 8 및 9"는 렌즈 FLG3의 입사 및 출사 면이다. "표면 10 및 11"은 렌즈 FLG4의 입사 및 출사 면이다. "표면 12 및 13"은 렌즈 FLG5의 입사 및 출사 면이다. "표면 16 및 17"은 중간 이미지 면(16)의 그레이 필터 상류의 입사 및 출사 면이다. "표면 18"은 중간 이미지 면(16)이다. "표면 20 및 21"은 렌즈 REMA1의 입사 및 출사 면이다. "표면 22 및 23"은 렌즈 REMA2의 입사 및 출사 면이다. "표면 34 및 35"는 렌즈 REMA7의 입사 및 출사 면이다.

[0037] "표면 40 및 41"은 렌즈 REMA9의 입사 및 출사 면이다. "표면 43"은 레티클(7)의 입사 면이다. "표면 44"는 레티클(7)의 출사 면으로서, 오브젝트 면(6)과 일치한다. 칼럼 "반경"은 광학 표면의 곡률 반경을 포함한다. AS가 뒤에 붙는 반경 값은 관련 광학 표면이 비구면인 것을 나타낸다. 칼럼 "두께"는 후속 광학 표면으로부터 광학 표면의 거리를 포함한다.

[0038] 칼럼 "글래스"는 사용되는 렌즈 재료에 관한 정보 및 광학 구성 부품들 사이에 포함되는 퍼지 가스에 대한 정보를 제공한다. 퍼지 가스는 대기압에서 질소이다.

[0039] 칼럼 "굴절률"은 렌즈, 및 193.38nm의 설계 광 파장에서 퍼지 가스의 굴절률을 포함한다. 칼럼 "반 지름"은 광학 구성 부품의 자유 반 지름을 포함한다.

표면	반경	두께	글래스	굴절률 193.38 nm	반지름
1	0.000000000	30.000000000	N2VP975	1.00030800	62.540
2	0.000000000	4.000000000	CAF2N2	1.50193400	73.459
3	0.000000000	67.575962334	N2VP975	1.00030800	74.395
4	-102.282365452	19.675654616	SIO2VO	1.56081000	83.343
5	-440.020481282	0.915410017	N2VP975	1.00030800	114.488
6	-803.337775613	61.049379511	SIO2VO	1.56081000	121.175
7	-145.821092104AS	0.878404287	N2VP975	1.00030800	128.245
8	-609.645798584	60.891484394	SIO2VO	1.56081000	146.419
9	-198.062490587	0.836776312	N2VP975	1.00030800	150.072
10	196.925287819	74.825300909	SIO2VO	1.56081000	150.014
11	1645.165713144	0.871805701	N2VP975	1.00030800	145.576
12	179.267676651AS	45.849665228	SIO2VO	1.56081000	122.904
13	567.853932452	0.892941770	N2VP975	1.00030800	115.532
14	336.510398438	27.208964796	SIO2VO	1.56081000	108.756
15	94.792662929	49.913447856	N2VP975	1.00030800	76.124
16	0.000000000	3.050000000	SIO2VO	1.56081000	71.185
17	0.000000000	36.750000000	N2VP975	1.00030800	70.394
18	0.000000000	20.000000000	N2VP975	1.00030800	55.626
19	0.000000000	26.396909378	N2VP975	1.00030800	63.922
20	-106.710816985	11.983919597	SIO2VO	1.56081000	65.539
21	3649.246336349	14.958315137	N2VP975	1.00030800	84.485
22	-456.436808941	77.542056860	SIO2VO	1.56081000	90.171
23	-158.779736614AS	0.962604569	N2VP975	1.00030800	115.236
24	900.932620608	71.966008779	SIO2VO	1.56081000	147.006
25	-257.889732610	0.968884887	N2VP975	1.00030800	149.739
26	208.306293491	62.375623603	SIO2VO	1.56081000	147.051
27	994.585222840	106.008325968	N2VP975	1.00030800	143.002
28	-186.450935841AS	9.980539912	SIO2VO	1.56081000	113.456
29	197.217304481	124.185935998	N2VP975	1.00030800	108.722
30	731.593005073	63.393462537	SIO2VO	1.56081000	141.736
31	-315.217923328	49.969386933	N2VP975	1.00030800	143.489
32	0.000000000	0.000000000	N2VP975	1.00030800	134.927
33	0.000000000	49.915432143	N2VP975	1.00030800	134.927
34	393.832511057AS	40.103675322	SIO2VO	1.56081000	150.026
35	-5462.400468456	0.000000000	N2VP975	1.00030800	150.143

[0040]

36	0.000000000	169.289941809	N2VP975	1.00030800	150.142
37	0.000000000	180.997560735	N2VP975	1.00030800	212.240
38	295.172936341	79.000000000	SIO2VO	1.56081000	150.062
39	-653.730946963AS	37.517313773	N2VP975	1.00030800	144.704
40	152.552362015	52.626495352	SIO2VO	1.56081000	106.547
41	119.052314893	33.557963261	N2VP975	1.00030800	81.906
42	0.000000000	60.000000000	N2VP975	1.00030800	81.524
43	0.000000000	6.300000000	SIO2VO	1.56081000	56.179
44	0.000000000	0.000000000	N2VP975	1.00030800	55.335
45	0.000000000	0.000000000	N2VP975	1.00030800	55.335

[0041]

[0042] 렌즈 FLG5의 사출면("표면 7"), 렌즈 FLG2의 입사면("표면 12"), 렌즈 REMA2의 출사면("표면 23"), 렌즈 REMA5의 입사면("표면 28"), 렌즈 REMA7의 입사면("표면 34"), 렌즈 REMA8의 출사면("표면 39")은 비구질 식에 따른

비구질 표면이다.

[0043] $$p(h) = [((1/r)h^2)/(+ SQRT(1 - (1 + K)(1/r)^2h^2))] + C1 \cdot h^4 + C2 \cdot h^6 + ...$$

[0044] 1/r은 비구면 렌즈의 정점의 표면의 곡률이다. h는 광학 표면의 회전 대칭축, 즉, z방향으로 연장되는 광축으로부터 비구면 렌즈의 광학 표면의 포인트의 거리이다. p(h)(새지틀 높이)는 광학 비구면렌즈 표면의 정점에 대해서, 회전대칭축으로부터 h($h^2 = x^2 + y^2$)의 거리에 있는 특정 포인트, 즉, h=0인 광학 표면의 포인트 사이의 z-거리이다. 계수 C3(이하 참조)는 h^8로부터 시작하는 h의 짝수 지수이다.

[0045] 다음 표는 각각의 비구면 광학 표면을 얻기 위해 상기 비구면 식으로 대체될 필요가 있는 C1 ~ C9뿐 아니라 계수 K를 나타낸다.

[0046] 비구면 상수

표면 번호.7	
K	-0.6575
C1	1.04920909e-008
C2	-5.71812687e-013
C3	1.98132786e-017
C4	6.03985545e-022
C5	0.00000000e+000
C6	0.00000000e+000
C7	0.00000000e+000
C8	0.00000000e+000
C9	0.00000000e+000

표면 번호.12	
K	0.1370
C1	9.15826038e-009
C2	-1.74751893e-012
C3	3.97290883e-017
C4	-3.14687666e-021
C5	0.00000000e+000
C6	0.00000000e+000
C7	0.00000000e+000
C8	0.00000000e+000
C9	0.00000000e+000

표면 번호.23	
K	-0.2784
C1	-7.44099238e-009
C2	-4.60802220e-013
C3	5.02597986e-018
C4	-1.79363655e-021
C5	0.00000000e+000
C6	0.00000000e+000
C7	0.00000000e+000
C8	0.00000000e+000
C9	0.00000000e+000

[0047]

표면 번호. 28	
K	-1.3933
C1	9.49026003e-009
C2	-3.04824020e-013
C3	5.20968102e-017
C4	-1.43839696e-021
C5	0.00000000e+000
C6	0.00000000e+000
C7	0.00000000e+000
C8	0.00000000e+000
C9	0.00000000e+000

표면 번호. 34	
K	-5.1949
C1	3.25802081e-009
C2	-5.80298629e-014
C3	9.16229996e
C4	2.54735247e-023
C5	0.00000000e+000
C6	0.00000000e+000
C7	0.00000000e+000
C8	0.00000000e+000
C9	0.00000000e+000

표면 번호. 39	
K	-28.1074
C1	-3.36364630e-010
C2	2.19411323e-013
C3	-7.37665801e-018
C4	1.10974039e-022
C5	0.00000000e+000
C6	0.00000000e+000
C7	0.00000000e+000
C8	0.00000000e+000
C9	0.00000000e+000

[0048]

[0049] 도 2는 2개의 필드 포인트, 즉, 중앙 오브젝트 필드 포인트(21)(x=0) 및 오브젝트 필드(14)의 에지에서 오브젝트 필드 포인트(22),를 향하여 이동하는 이미징 광의 경로를 나타낸다. 중앙 오브젝트 필드 포인트(21)는 오브젝트 면(6)을 통과하는 광축(2)의 관통점에 배열된다. 광축(2)은 중앙 오브젝트 필드 포인트(21)에 할당된 주 광선 방향과 일치한다. 광축(2)을 따라서, 중앙 오브젝트 필드 포인트(21)의 조명 광 경로는 중앙 오브젝트 필드 포인트(21)의 최대 조명 각도를 동시에 나타내며 코마 광선으로 불려지는 2개의 에지 광선(23, 24)에 의한 것을 특징으로 한다. 이들 2개의 에지 광선(23, 24)의 강도 관계는 오브젝트 필드(14)에서 조명의 에너제틱 텔리센트리서티의 측정 방법이다. 에지에서 오브젝트 필드 포인트(22)의 조명 광 경로는 에지에서 오브젝트 필드 포인트(22)의 최대 조명 각도를 나타내는 2개의 에지 광선(26, 27)에 의할 뿐 아니라, 동공 면(9, 19)에서 대물 렌즈 개구의 중앙을 통과하는 주 광선(25)에 의한 것을 특징으로 한다.

[0050] 도 2에 개략적으로 나타낸 것같이, 렌즈 FLG4는 변위 드라이브(28)에 기계적으로 연결된다. 변위 드라이브(28)는 렌즈 FLG4가 광축을 따라서(양쪽 화살표(29)) 즉 z방향으로 변위되는 것과 광축(2)에 직교하여(양쪽 화살표(30) 변위되는 것을 가능하게 한다. 그러나, 렌즈 FLG4는 양쪽 화살표(30)로 표시된 것같이 x방향뿐 아니라 y방향으로도 변위가능하다. 변위 드라이브(28)는 렌즈 FLG4가 렌즈의 중력의 중심 주위, 즉 xz 면에 직교하는 축(양쪽 화살표 31) 주위, 및 렌즈의 중력의 중심을 통과할 뿐아니라, yz 면에 직교하는 축(양쪽 화살표 31) 주위로, 틸트되는 것을 가능하게 한다. 변위 드라이브(28)를 통해, 렌즈 FLG4는 2의 자유도를 통해 선형 이동을 위해 변위가능하고, 회전가능하다. 변위 드라이브(28)의 또 다른 실시예에서, 렌즈 FLG4의 변위에 대해 이들 자유도의 서브 조합을 제공하는 것도 가능하다.

[0051] 변위 드라이브(28)는 투사 노광 장치(1)의 중앙 제어 장치(33)에 신호 선(32)을 통해 송신되는 신호를 통해 연결된다.

[0052] 렌즈 FLG5는 변위 드라이브(34)에 기계적으로 연결된다. 변위 드라이브(28)와 관련하여 위에 이미 설명한 것같이, 상기 변위 드라이브(34)는 렌즈 FLG5가 3의 이동 자유도 및 2의 회전 자유도를 통해 변위되는 것을 가능하게 한다. 대응하는 양쪽 방향 화살표는 도 2와 동일한 도면 부호를 갖는다. 변위 드라이브(34)는 신호 선(35)을 통해 송신되는 신호를 통해 제어 장치(33)에 연결된다.

[0053] 렌즈 FLG3는 대응하는 변위 드라이브가 또한 구비될 수 있다. 이것은 도 2에 도시되어 있지 않다.

[0054] 렌즈 REMA1은 변위 드라이브(36)에 기계적으로 연결된다. 변위 드라이브(28)와 관련하여 위에 이미 설명한 것같이, 상기 변위 드라이브(36)는 렌즈 REMA1가 3의 이동 자유도 및 2의 회전 자유도를 통해 변위되는 것을 가능하게 한다. 대응하는 양쪽 방향 화살표는 도 2와 동일한 도면 부호를 갖는다. 변위 드라이브(36)는 신호 선(37)을 통해 송신되는 신호를 통해 제어 장치(33)에 연결된다.

[0055] 렌즈 REMA2는 변위 드라이브(38)에 기계적으로 연결된다. 변위 드라이브(28)와 관련하여 위에 이미 상기 설명한 것같이, 상기 변위 드라이브(38)는 렌즈 REMA2가 3의 이동 자유도 및 2의 회전 자유도를 통해 변위되는 것을 가능하게 한다. 대응하는 양쪽 방향 화살표는 도 2와 동일한 도면 부호를 갖는다. 변위 드라이브(38)는 신호 선(39)을 통해 송신되는 신호를 통해 제어 장치(33)에 연결된다.

[0056] 변위 드라이브(28, 34, 36, 38)는 500㎛의 범위에 있는 z-방향으로 최대 변위 경로를 제공한다. 300㎛의 범위에 있는 변위 경로는 통상 충분하다. z방향에서 위치지정 정확도는 15㎛ 이상이다. 15㎛ 보다 좋은 이러한 위치지정 정확도는, 주어진 위치가 15㎛의 최대 편차를 갖고 z-방향으로 도달될 수 있음을 확실히 한다.

[0057] 변위 드라이브(28, 34, 36, 38)는 200㎛의 범위에 있는 x 및 y 방향에서 최대 디센터링 변위 경로를 제공한다. 100㎛의 범위에서 디센터링 변위 경로가 충분하다. x 및 y 방향에서 위치지정 정확도는 5㎛ 이상이다.

[0058] 변위 드라이브(28, 34, 36, 38)는 10 각도 분의 범위에 있는 2개의 회전축 주위로 최대 회전 변위 경로를 제공한다. 5 각도 분에서 회전 변위 경로는 통상 충분하다. 회전 이동에 관한 한, 변위 드라이브(28, 34, 36, 38)는 0.25 각도 분 이상의 위치지정 정확도를 가진다.

[0059] 2개의 에지 광선(23, 24)은 중앙 오브젝트 필드 포인트(21)에 속하는 중앙 방사 서브-다발(40)을 규정한다. 에지 광선(26, 27)은 에지에서 오브젝트 필드 포인트(22)에 속하는 에지에서 방사 서브-다발(41)을 규정한다.

[0060] 렌즈 FLG3에서, 2개의 방사 서브-다발(40, 41)은 도 2의 메리디오널 섹션에 따라서 70% 이하 중첩된다.

[0061] 렌즈 FLG4에서, 2개의 방사 서브-다발(40, 41)은 도 2의 메리디오널 섹션에 따라서 50% 이하 중첩된다.

[0062] 렌즈 FLG5에서, 2개의 방사 서브-다발(40, 41)은 도 2의 메리디오널 섹션에 따라서 40% 이하 중첩된다.

[0063] 렌즈 REMA1에서, 2개의 방사 서브-다발(40, 41)은 도 2의 메리디오널 섹션에 따라서 전혀 중첩되지 않는다, 즉, 2개의 방사 서브-다발(40, 41)은 렌즈 REMA1에서 서로 완전히 분리된다.

[0064] 렌즈 REMA2에서, 2개의 방사 서브-다발(40, 41)은 도 2의 메리디오널 섹션에 따라서 15% 이하 중첩된다.

[0065] 렌즈 REMA3에서, 2개의 방사 서브-다발(40, 41)은 도 2의 메리디오널 섹션에 따라서 30% 초과 중첩되지 않는다.

[0066] 렌즈 FLG4는 각각 392 mm의 초점 폭 또는 굴절력을 갖는다. 렌즈 FLG5는 448 mm의 굴절력을 갖는다. 렌즈 REMA1은 -185 mm의 굴절력을 갖는다. 렌즈 REMA2는 397 mm의 굴절력을 갖는다.

[0067] 다음은 각 경우에 필드 렌즈 그룹(15)의 하나의 렌즈 및 REMA 렌즈 그룹(18)의 하나의 렌즈의 z-방향으로의 변위의 효과, 즉, 광축(2)을 따라서 필드 높이에 대한 즉, 오브젝트 필드(14)에서 x위치에 대한 조명 광학 기기(5)의 텔리센트리서티 값에 대한 효과의 설명이다. 중앙 오브젝트 필드 포인트(21)는 필드 높이 x = 0에 배열되고, 에지에서 오브젝트 필드 포인트(22)는 도 3 및 4에 따른 x-값의 좌측 에지에 배열된다. 한편의 필드 렌즈 그룹(15)의 2개의 z-변위가능한 렌즈와 다른 한편의 REMA 렌즈 그룹(8)이 다음의 렌즈 쌍으로부터 선택될 수 있다: 각각의 경우에 2개의 변위 드라이브(28, 34, 36, 38)에 의해 z방향으로 변위가능한 FLG4/REMA1, FLG4/REMA2, FLG5/REMA1, FLG5/REMA2. 도 3 및 4에 의해 설명된 텔리센트리서티 값의 효과는, z방향으로 변위되는 FLG/REMA 렌즈의 또 다른 쌍에 의해 일반적으로 구해질 수있다. 도 3 및 4는 3개의 상이한 조명 세팅에 대한 텔리센트리서티 값을 나타낸다.

[0068] 다음을 적용한다: $t_{Ges} = t_x + t_{pb,x}$.

[0069] t_x(및 대응하여 t_y)가 다음과 같이 규정된다.

[0070] 노광된 오브젝트 필드의 각각의 필드 포인트에서 이 필드 포인트에 할당된 광선 다발의 중앙 광선이 규정된다. 중앙 광선은 이 필드 포인트에 의해 방사되는 광의 서브-다발의 에너지가중된 방향을 갖는다. 이상적인 환경에서, 각각의 필드 포인트의 중앙 광선은 조명 광학 기기 또는 투사 광학기기 각각에 의해 규정된 주 광선에 평행

하다.

[0071] 주 광선의 방향 $\vec{s}_0(x,y)$ 은, 조명 광학 기기 또는 투사 광학기기 각각의 설계 데이터로부터 알 수 있다. 필드 포인트의 주 광선은 투사 광학 기기의 입사동의 중앙과 필드 포인트 사이의 연결선에 의해 규정된다. 오브젝트 면(6)의 오브젝트 필드의 필드 포인트 x, y에서 중앙 광선의 방향은 다음과 같다.

[0072] $$\vec{s}(x,y)=\frac{1}{\tilde{E}(x,y)}\int dudv\begin{pmatrix}u\\v\end{pmatrix}E(u,v,x,y)$$

[0073] E(u, v, x, y)는 동공 좌표 u, v의 함수, 즉, 각각의 필드 포인트 x, y에 의해 보여지는 조명 각도의 함수로서 필드 포인트 x, y에서의 에너지 분포이다. $\begin{pmatrix}u\\v\end{pmatrix}$ 는 동공 좌표의 단위 벡터이다.

[0074] $\tilde{E}(x,y)=\int dudvE(u,v,x,y)$ 는 포인트 x, y가 노광되는 전체 에너지이다.

[0075] 예를 들면, 중앙 오브젝트 필드 포인트 x_0, y_0는, 조명 광학 기기(5)의 동공 면, 예를 들면 동공 면(19)을 통과할 때 각각의 부분 방사 다발의 관통 점에 의해 규정되는 방향 u, v로부터 부분 방사 다발의 방사를 나타낸다. 이 조명 세팅에서, 중앙 광선 s는, 주 광선 방향에 평행한 통합 중앙 광선 방향을 형성하기 위해, 부분 방사 다발의 상이한 에너지 또는 강도가 각각 결합될 때에만 주 광선을 따라서 연장된다. 이것은 이상적인 환경인 경우일 뿐이다. 실제로, 중앙 광선 방향 $\vec{s}(x,y)$ 과 텔리센트리서티 에러 $\vec{t}(x,y)$로 칭해지는 주 광선 방향 $\vec{s}_0(x,y)$사이에 어긋남이 있다.

[0076] $$\vec{t}(x,y)=\vec{s}(x,y)-\vec{s}_0(x,y)$$

[0077] 투사 노광 장치(1)의 실제 사용에서, 이것은 정정되어야 하는 특정 오브젝트 필드에서 정전 텔리센트리서티 에러가 아니라, $x=x_0$에서 스캔-통합된 텔리센트리서티 에러이다. 이 텔리센트리서티 에러는 다음과 같이 구해진다.

[0078] $$\vec{T}(x_0)=\frac{\int dy\tilde{E}(x_0,y)\vec{t}(x_0,y)}{\int dy\tilde{E}(x_0,y)}.$$

[0079] 따라서, 스캔 과정 동안 오브젝트 면(5)의 오브젝트 필드를 통해 이동하는 레티클 상의 포인트(x, e.g. x_0)에 의해 통합되는 텔리센트리서티 에러가 보정되며, x-텔리센트리서티 에러(tx)와 y-텔리센트리서티 에러(ty) 사이에 차이가 만들어진다. y-텔리센트리서티 에러는 스캔 방향에 수직인 주 광선으로부터 중앙 광선의 어긋남으로 규정된다. x-텔리센트리서티 에러는 스캔 방향으로 주 광선으로부터 중앙 광선의 어긋남으로 규정된다.

[0080] x-텔리센트리서티의 폴 밸런스 부분인 $t_{pb.\,x}$는

[0081] $t_{pb,x}=pb_x\cdot NA$ 로 규정되며, NA는 유효광(4)의 개구수이다.

[0082] pb_x 즉, x-폴 밸런스의 규정은 이후 도 27에 의해 서술된다. 도 27은 동공 면, 예를 들면 동공 면(19)이 있는 레벨에 있는 조명 광학 기기(5)의 자유 개구의 개략도를 나타내며, 즉, 도면은 조명 광학 기기(5)의 동공을 나타낸다. 동공은 동공의 포저티브 x-값에 대한 동공 하프 X_{pos}과 동공의 네가티브 x-값에 대한 동공 하프X_{neg}로 서브분할될 수 있다. 2개의 동공 하프 X_{pos}, X_{neg}에서 유효광(4)의 강도는 $I(X_{pos})$, $I(X_{neg})$가 얻어지는 방식으로 통합된다. pb_x는 다음과 같이 구해진다.

[0083] $$pb_x=\frac{\left|I(X_{pos})-I(X_{neg})\right|}{I(X_{pos})+I(X_{neg})}$$

[0084] 도 3은 보상 변위가 행해지기 전에 필드 높이의 함수로서 텔리센트리서티 값 곡선을 나타낸다.

[0085] 최대 크기를 갖는 텔리센트리서티 값 곡선(42)이 x-다이폴 세팅에 속한다. 도 23은 이 유형의 x-다이폴 세팅의 개략도를 나타낸다. 도면은 동공면 중 하나, 예를 들면 동공 면(9)를 갖는 레벨에 있는 유효광(4)의 광로를 통한 부분을 나타낸다. 이 부분은 사분면이 포지티브 x-방향, 포지티브 y-방향, 네가티브 x-방향, 또는 네가티브 y-방향중 어디로 개방되었는지에 의거하여, 4사분면 X_+, Y_+, X_- 및 Y_-로 서브분할될 수 있다. x-다이폴 세팅에서, 조명은 2개의 조명 폴의 방향으로부터, 즉, 최대 조명 각도 σ_{max}와 최대 조명 각도 σ_{min} 사이 대신에, 2개의 사분면의 방향으로부터 배타적으로 발생한다.

[0086] 텔리센트리서티 값 곡선(42)을 생성하는 x-다이폴 세팅에서, σ_{max}는 최대 획득가능 조명 각도σ_0의 0.94배에 달하며, σ_{min}는 최대 획득가능 조명 각도σ_0의 0.79배에 달한다. 조명 광학 기기(5)는 z-보상된 것이 아닐때, 텔리센트리서티 값 곡선(42)은 포지티브 x-방향에서 볼 때 에지에 위치된 오브젝트 필드 포인트와 중앙 오브젝트 필드 포인트(21) 사이의 필드 높이의 대략 절반에서 +1 mrad의 최대 값을 가진다. 텔리센트리서티 값 곡선(42)은 필드 높이 x=0에 대해서 포인트 대칭이므로, 오브젝트 필드 포인트(21, 22) 사이의 필드 높이에서 -1 mrad의 최소 값을 가진다.

[0087] 텔리센트리서티 값 곡선(43)은, 도 23과 유사한 도 24에 개략적으로 도시된 y-다이폴 세팅에 속한다. 이 y-다이폴 세팅에서, 조명은 최소 조명 각도 $\sigma_{min}(0.79\sigma_0)$와 최대 조명 각도 $\sigma_{max}(0.94\sigma_0)$ 사이의 y-사분면에서 배타적으로 또한 발생한다. 필드 높이에 대해서, 텔리센트리서티 값 곡선(43)은, 텔리센트리서티 값 곡선(42)에 대해 대략 미러-반전되며, 조명 광학 기기(5)가 z보상되지 않으면, 텔리센트리서티 값 곡선(43)은, 중앙 오브젝트 필드 포인트(21)와 에지에서 오브젝트 필드 포인트(22) 사이에 있는 필드 높이에서 0.8 mrad의 최대 텔리센트리서티 값을 가지며, 텔리센트리서티 값 곡선(42)과 비교하여, 에지에서의 오브젝트 필드 포인트(22)와 더 가깝다. 유사하게, 텔리센트리서티 값 곡선(43)은, 또한 필드 높이 x=0에 대해서 포인트-대칭이므로, 대략 0.8 mrad의 최소 텔리센트리서티 에러를 갖는다.

[0088] 텔리센트리서티 값 곡선(44)은 도 25의 예를 통해 도시된 종래의 조명 세팅에 속한다. 이 세팅에서, 조명 광학 기기(5)는 동공 면(9)에서 최대 조명 각도 σ_{max}, c까지 균등하게 채워진다. 텔리센트리서티 값 곡선(44)을 생성하는 종래의 조명 세팅에서, σ_{max}, c는 σ_0의 0.93배이다.

[0089] 질적인 관점에서, 텔리센트리서티 값 곡선(44)의 대략 사인 형상은 x-다이폴 세팅의 텔리센트리서티 값 곡선(42)과 유사하다. 대략 0.3mrad의 최대 텔리센트리서티 값은, 텔리센트리서티 값 곡선(42)과 비교하여 더 작은 x-값으로 시프트된 x값에서 텔리센트리서티 값 곡선(44)에서 얻어진다. 텔리센트리서티 값 그룹(44)은 또한 필드 높이 x=0에 또한 포인트 대칭이다.

[0090] 도 4에 도시된 것같이, 한쌍의 FLG4/REMA 1 렌즈 등의 한쌍의 FLG/REMA 렌즈의 z-변위의 결합된 효과는, 최대 절대 값에 관한 한 텔리센트리서티 값이 상당히 감소되는 것을 가능하게 한다.

[0091] z-방향으로 보상 변위로 인해, 텔리센트리서티 값 곡선(42)은 대략 0.4 mrad의 최대 텔리센트리서티 값을 갖는 텔리센트리서티 값 곡선(42k)이 된다. 텔리센트리서티 값 곡선(42)과 비교하여, 최대 텔리센트리서티 값은 거의 2.5 팩터 감소된다. 텔리센트리서티 값 곡선(42k)은 필드 높이 x=0에 대해서도 또한 포인트-대칭이다. 텔리센트리서티 값 곡선(42k)은 필드 높이 x에 직접 비례하고, 도 3에서 점선으로 표시된 텔리센트리서티 값 직선(42b)의 부가에 의해 비보상된 텔리센트리서티 값 곡선(42)로부터 취득된다.

[0092] y-다이폴 세팅에서, 보상된 텔리센트리서티 값 곡선(43k)이 텔리센트리서티 값 곡선(43)으로부터 얻어지고, FLG/REMA 렌즈 쌍에 의해 z보상된 후, 곡선(43k)은 0.4 mrad보다 약간 적은 최대 값을 가지며, 필드 높이 x=0에 대해 여전히 포인트-대칭이다. 텔리센트리서티 값 곡선(43)과 비교하여, 텔리센트리서티 값 곡선(43k)의 최대 절대 텔리센트리서티 값은 2 초과의 팩터만큼 감소된다. 텔리센트리서티 값 곡선(43k)은 필드 높이 x=0에 직접 비례하고, 도 3에서 점선으로 표시된 텔리센트리서티 값 직선(43b)을 부가하여 텔리센트리서티 값 곡선(43)로부터 취득된다.

[0093] z-방향으로의 FLG/REMA 렌즈 쌍의 보상 변위는 텔리센트리서티 값 곡선(44)에 영향을 갖지 않는다.

[0094] FLG/REMA 렌즈 쌍이 z-조작될 때, 텔리센트리서티 값 직선(42b, 43b)은 텔리센트리서티상의 효과의 측정 수단이다. 이들 렌즈 중 하나는 특히 선형 x-폴 밸런스에 더 민감하므로, 특히 x-폴의 선형 텔리센트리서티 부분에 민감하다. 이것은 기하학적 텔리센트리서티에 영향을 준다. FLG/REMA 렌즈 쌍의 z-조작된 렌즈 중 다른 하나는 기하학적 텔리센트리서티의 특정 선형 부분에 더 민감하고, 즉, y-다이폴 텔리센트리서티에 민감하다. 이것은 x-

폴 밸런스에 영향을 준다. FLG/REMA 렌즈 쌍의 FLG 및 REMA 렌즈 중 각각의 경우에서 z-변위에 대한 적절한 변위 경로는 x-다이폴 텔리센트리서티 또는 y-다이폴 텔리센트리서티의 정정을 허용한다. FLG/REMA 렌즈 쌍의 렌즈들의 최적의 z-변위 위치는 그러므로 각각의 조명 세팅에 의존한다.

[0095] 다음은 도 3 및 4에 따르는 텔리센트리서티 곡선의 세팅-의존 동작의 매우 간단한 설명이다. FLG/REMA 렌즈 쌍 중 z-조작된 렌즈 중 하나의 컨트리뷰션이 텔리센트리서티 값이 필드 높이에 대해서 포지티브 경사를 갖도록 하는 반면, 이들 렌즈 중 다른 하나의 컨트리뷰션은 텔리센트리서티 값이 필드 높이에 대해서 네가티브 경사를 갖도록 하는 것이다. 이들 2개의 컨트리뷰션 사이의 관계는, 한편의 FLG 렌즈 및 다른 한편의 REMA 렌즈의 특정 규정 가능한 z-변위가, 텔리센트리서티 값 곡선(42)의 +/-1 mrad의 최대 값이 +/-0.4 보다 약간 큰 텔리센트리서티 값 곡선(42k)의 최대 값으로 감소되는 도 3 및 4의 비교에 의해 도시된 것같이, 절대 텔리센트리서티 값이 최적의 방법으로 작은 최대 값으로 감소되는 것을 확실하게 하는 방식으로, FLG/REMA 렌즈의 쌍의 FLG 및 REMA 렌즈 중 하나에 각각의 경우에 적용된 z-변위의 양을 바꿈으로써 영향을 받는다.

[0096] 도 5는, 렌즈 FLG4가 300㎛만큼 Z-변위되면, 각각의 필드 포인트에서 웨이브프런트를 나타내도록 동작하는, Zernike 다항식의 필드 경사가 얼마나 영향을 받는지를 나타낸다. Zernike 다항식 Z1 ... Z19는, 예를 들면 수학적 및 광학적 문헌을 통해 알려져 있다.

[0097] 도 5는 Zernike 다항식 Z1, Z2, Z4, Z5, Z7, Z9, Z10, Z12, Z14, Z19의 필드 경사도를 나타낸다. Z1, Z4, Z5의 필드 경사도는 필드 높이 x=0에 대해서 포인트-대칭인 곡선이 생성되는 방식으로 z-변위에 의해 영향을 받으며, 이 영향은 포저티브 x-값을 향하여 각각의 필드 경사도에 대해 올라간다. 그러나, 상당히 작은 절대치를 갖는 비교가능한 포인트 대칭 동작이 필드 경사 Z9, Z12에 대해서 관찰될 수 있다. 필드 경가 Z2, Z27은 상방으로 개방된 대략 포물선 곡선을 생성한다. FLG4의 z-변위후, 필드 경사도 Z10, Z14, Z10의 곡선은 x=0에 대해 미러-대칭이지만, 작은 절대 필드 종속성만을 갖는다.

[0098] 필드 경사도 Z1, Z4, Z9은 x-다이폴 또는 y-다이폴 각각의 개별 조명 폴에 의해 전달된 강도 사이의 밸런스에 영향을 갖는다. x-다이폴 조명에서, 조명 방향 X_+ 및 X_-로부터의 강도 관계는 z방향으로 렌즈 FLG4를 배치함으로써 영향을 받을 수 있다. 동일하게 y-다이폴 조명 세팅에 적용된다.

[0099] 유사하게, 필드 경사도 Z5, Z12가 다이폴 조명 세팅의 폴 사이의 강도 관계의 밸런스에 할당되고, 그러므로 z방향으로 렌즈 FLG4를 배치함으로써 영향을 받을 수 있다.

[0100] 필드 경사도 Z2, Z7, Z14가 균등한 것, 즉, 필드 조명의 동질의 강도에 할당된다. 그러므로 렌즈 FLG4의 z변위는 필드 에지가 필드의 중심과 동일한 강도를 갖고 조명되는지 아닌지에 특히 영향을 가질 수 있다.

[0101] 필드 경사도 Z10, Z19는 타원율의 조명 파라미터에 할당된다. 광이 모든 4개 사분면 X_+, Y_+, X_-, Y_-으로부터 오브젝트 필드(14)로 방사되는 조명 세팅에서, z-변위는 예를 들면 2개의 X-사분면으로부터 필드 포인트로 방사되는 유효광의 강도와 2개의 Y-사분면으로부터 오브젝트 필드(14)의 필드 포인트로 방사되는 강도 사이의 관계에 영향을 가질 수 있다.

[0102] 렌즈 FLG4는 z방향으로 300㎛ 만큼 변위되고, 특정 필드 포인트의 조명 파라미터는 도 6 ~ 14에 의해 이후 설명되는 것같이 영향을 받는다.

[0103] 도 6 ~ 8은 오브젝트 필드 14의 3개의 상이한 필드 포인트를 접하는 웨이브 프런트상의 z-변위의 효과를 나타낸다. 도 6은 중앙 오브젝트 필드 포인트(21)에 접하는 웨이브프런트 상의 효과를 나타내며, 도 8은 포지티브 x-방향으로 보여진 에지에서 오브젝트 필드 포인트(45) 상의 효과를 나타내며(도 2 참조), 도 7은 오브젝트 필드 포인트(21) 및 45 사이의 오브젝트 필드 포인트 46상의 효과를 나타낸다(도 2 참조). 예상되는 것같이, z-변위는 중앙 오브젝트 필드 포인트에서 회전-대칭 효과를 갖는다. 오브젝트 필드 포인트(45) 상의 효과(도 8 참조)는 약간 대칭이다.

[0104] 도 9 ~ 11은 렌즈 FLG4의 z-변위에 의해 생긴 동공 수차 상의 효과를 나타낸다. 중앙 오브젝트 필드 포인트(도 9 참조)는 최소 정도로만 할당된다. 오브젝트 필드 포인트 46는 동공의 우측 에지(도 10에 따라서)에서, 도 10에 화살표로 도시된, 방사상으로 주로 조명 방향의 드리프트가 있는 방식으로 영향을 받는다. 이 효과는 에지 근방의 오브젝트 필드 포인트(45)에서 거의 1 크기 차수만큼 증가된다(도 11참조).

[0105] 도 12 ~ 14는 렌즈 FLG4의 z-변위에 의해 생긴 3개의 필드 포인트(21, 46, 45)의 동공 강도 변동 상의 효과를 나타낸다. 중앙 오브젝트 필드 포인트(도 9참조)는 가상적으로 전혀 영향을 받지 않는다. 오브젝트 필드 포인트(46)(도 13 참조)는 동공의 우측 면 상의 낫 모양의 영역에 동공을 걸친 강도 증가가 있는 식으로 영향을 받는

다. 이 효과는 에지 근처의 오브젝트 필드 포인트(45)에서 또한 관찰될 수 있지만, 오브젝트 필드 포인트(46)과 비교하여, 거의 1 크기 차수만큼 증가된다.

[0106] 도 15는 도 25에 따른 종래의 다양한 세팅뿐 아니라 고리모양의 세팅에 대해서 렌즈 FLG4가 300㎛ 만큼 z변위될 때 필드 높이에 걸쳐 기하학적 x-텔리센트리서티가 어떻게 영향을 받는지를 나타낸다. 고리모양의 세팅의 예가 도 23 ~ 25와 유사한 도 26에 도시된다. 오브젝트 필드 포인트는 최소 조명 각도 σ_{min}, a와 최대 조명 각도 σ_{max}, a를 갖는 동공 면(9)에 의해 환형으로 조명된다.

[0107] 도 15는 총 4개의 조명 세팅, 즉, $0.2\sigma_0$의 σ_{max}, c의 매우 작은 최대 조명 세팅을 갖는 종래의 조명 세팅, 조명 광학 기기(5)(σ_{max}, c = $1\sigma_0$)의 전체 동공을 채우는 종래의 세팅, σ_{min}, a = 0.65, σ_{max}, a = 0.8을 갖는 고리모양의 세팅, 및 σ_{min}, a = 0.82, σ_{max}, a = 0.97을 갖는 고리모양의 조명 세팅에 대해 기하학적 x-텔리센트리서티(t_x)를 나타낸다. 기하학적 x-텔리센트리서티는 가장 큰 조명 각도를 갖는 최종 언급된 고리모양의 세팅에서 렌즈 FLG4의 z변위에 의해 대부분 영향을 받는다. 이것은, 도 6 ~ 14에 의해 상기 서술된 에지 효과가 이 조명 세팅에서 가장 분명하기 때문에, 매우 명백하다.

[0108] 도 16은 도 15에 나타낸 것같은 동일한 4개의 조명 세팅에 대한 필드 높이의 균등성 U의 종속성을 나타낸다.

[0109] 균등성 U는 다음과 같이 규정된다.

[0110] $$U(x) = 100\% \frac{I(x) - I(x=0)}{I(x=0)}$$

[0111] 이 예에서, 큰 조명 각도를 갖는 고리모양의 세팅이 다시 가장 영향을 받는다.

[0112] 도 17은 도 15에 나타낸 동일한 4개의 조명 세팅에 대해, 필드 높이에서 사분면 X_{pos}/X_{neg}에 의해 방사된 강도의 밸런스, 즉, x-폴 밸런스 pb_x의 종속성을 도시한다. 이것은 도 15에 따른 기하학적 x-텔리센트리서티에 대해 미러-반전된 곡선을 가져 온다

[0113] 타원율은 오브젝트 면(6)에서 오브젝트 필드의 조명의 품질을 결정하는 또 다른 파라미터이다. 타원율의 결정은 투사 광학 기기(11)의 입사동에 걸쳐서 에너지 또는 강도의 분포에 대해서 각각 보다 정확한 정보를 얻도록 도와준다. 결국, 수학에서 일반적으로 행해지는 것같이, O_1 에서 O_8로 반시계방향으로 숫자가 매겨진 8개의 8분원으로 입사동이 분할되므로, 8분원(O_1, O_2)이 제1 사분면에 배치된다. 필드 포인트를 조명하는 입사동의 8분원(O_1, ~O_8)에 의해 각각 전달된 에너지 또는 강도의 기여는 이후 에너지 또는 강도 기여, 각각 I_1, ~ I_8로 칭해진다.

[0114] 다음 수량은 HV(수평/수직) - 타원율로 칭한다.

[0115] $$E_{HV} = \left(\frac{I2 + I3 + I6 + I7}{I1 + I8 + I4 + I5} - 1 \right) \cdot 100\%.$$

[0116] 다음 수량은 ST-타원율로 칭해진다.

[0117] $$E_{ST} = \left(\frac{I3 + I4 + I7 + I8}{I1 + I2 + I5 + I6} - 1 \right) \cdot 100\%$$

[0118] 텔리센트리서티 에러에 대한 상기 설명에 따르면, 타원율은 특정 오브젝트 필드 포인트 x_0, y_0 또는 스캔-통합된 조명(x=x_0, y-통합)에 대해 결정될 수 있다.

[0119] 도 18은 도 15에 따르는 다시 4개의 조명 세팅에 대해서, 필드 높이에서 타원율 E_{HV}의 종속성을 나타낸다. 종속성은 도 16에 따른 균등성 종속성에 대해 매우 작고 미러 반전된다.

[0120] 도 15 ~ 18과 유사한 도 19 ~ 22는, 렌즈 FLG4가 300㎛ 만큼 변위될 때, 기하학적 x-텔리센트리서티 t_x(도 19)의 조명 파라미터, 균등성 $U_{(x)}$(도 20), x-폴 밸런스 pb_x(도 21), 정전 총 텔리센트리서티 t_{Ges}(도 22) 상의 효과

를 도시하지만, 이 때에, 4개의 상이한 x-다이폴 세팅이 관찰된다. 이들 4개의 x-다이폴 세팅 중 첫번째 것에서, $\sigma_{min}=0$, $\sigma_{max} = 0.2\sigma_0$ 사이에서 조명이 발생하며, 즉, 광은 사분면 X_+, X_-의 끝부분에서 2개의 섹터에 의해 방사된다. 이들 4개의 조명 세팅중 2번째 것은, 사분면 X_+, X_-이 완전히 조명되도록 하는 것이다. 이들 조명 세팅중 3번째 것은, $\sigma_{min}=0.65\sigma_0$, $\sigma_{max} = 0.8\sigma_0$ 을 갖는 x-다이폴 조명이다. 이들 4개의 x-다이폴 조명 세팅중 4번째 것은, $\sigma_{min}=0.82\sigma_0$, $\sigma_{max} = 0.97\sigma_0$ 을 갖는 조명을 나타낸다. 렌즈 FLG4가 z-방향으로 변위할 때, 주로 큰 조명 각도가 사용되는 최종 언급된 조명 세팅은, 도 19 ~ 22에 도시된 조명 파라미터에 가장 큰 영향을 다시 갖는다.

[0121] FLG/REMA 렌즈 쌍에 의한 배치 보상은, 측정 도구에 의해 조명 광학 기기의 실제 조명 상태를 결정함으로써 시작된다. 이 실제 조명 상태는 소망의 조명 상태와 비교된다. 이 차이가 주어진 허용 값을 초과하면, FLG/REMA 렌즈 쌍의 렌즈들은 실제 조명 상태와 소망의 조명 상태의 차이를 보상하도록 배치된다.

[0122] 변위 보상 동안 행해진 z-변위의 효과가 상기 설명된다.

[0123] FLG/REMA 렌즈 쌍의 디센터링은 특히 폴의 밸런스와 텔리센트리서티에 영향을 가질 수 있다. 특히, 동공 면 또는 필드 면에 걸친 조명 분포는 x-방향 및/또는 y-방향으로 변위되어서, 이들 조명 파라미터를 대응하는 정도로 영향을 줄 수 있다.

[0124] 5 각도 분을 통한 FLG/REMA 렌즈 중 하나의 틸트 이동은 대략 x-방향 및/또는 y-방향으로 100㎛ 만큼 디센터링 변위와 동일한 효과를 조명 파라미터에 가진다.

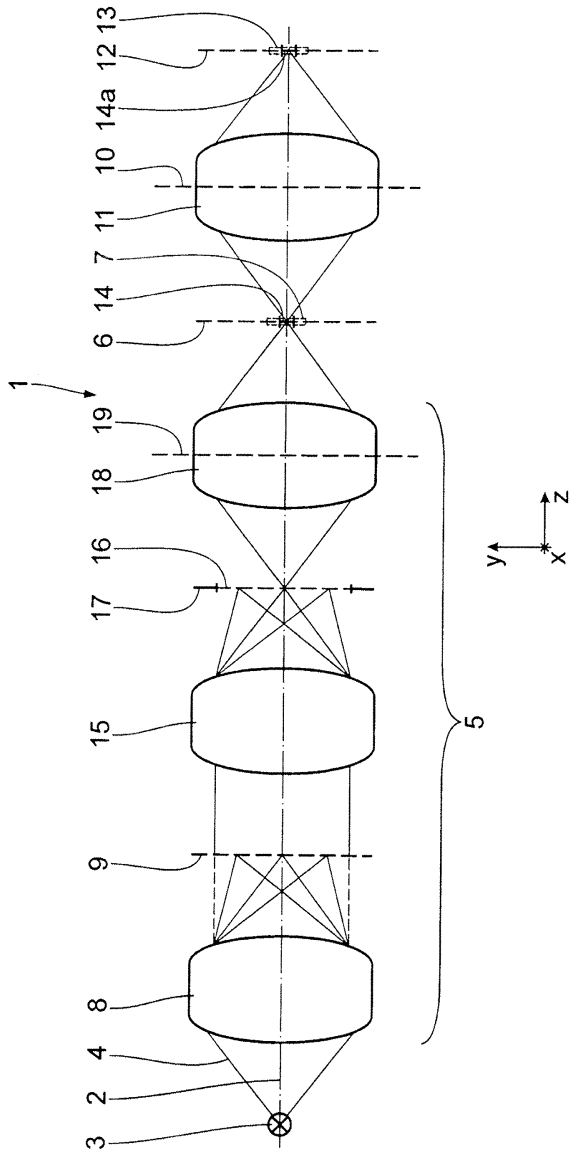
[0125] 다음 쌍의 FLG/REMA 렌즈는 보상 이동에 특히 적합한 것으로 밝혀졌다: FLG4/REMA1 및 FLG5/REMA2.

[0126] 투사 노광 장치(1)에 의해, 마이크로구성 또는 나노구성된 부품의 리소그래피 제조를 위해 레티클(7)의 적어도 일부가 웨이퍼(13) 위의 감광층의 영역에 이미징된다. 투사 노광 장치(1)가 스캐너인지 또는 스테퍼인지에 기초하여, 레티클(7) 및 웨이퍼(13)는 임시적으로 동기화된 방식으로 y-방향으로 연속적으로 이동하거나(스캐너), 점진적으로 이동한다(스테퍼).

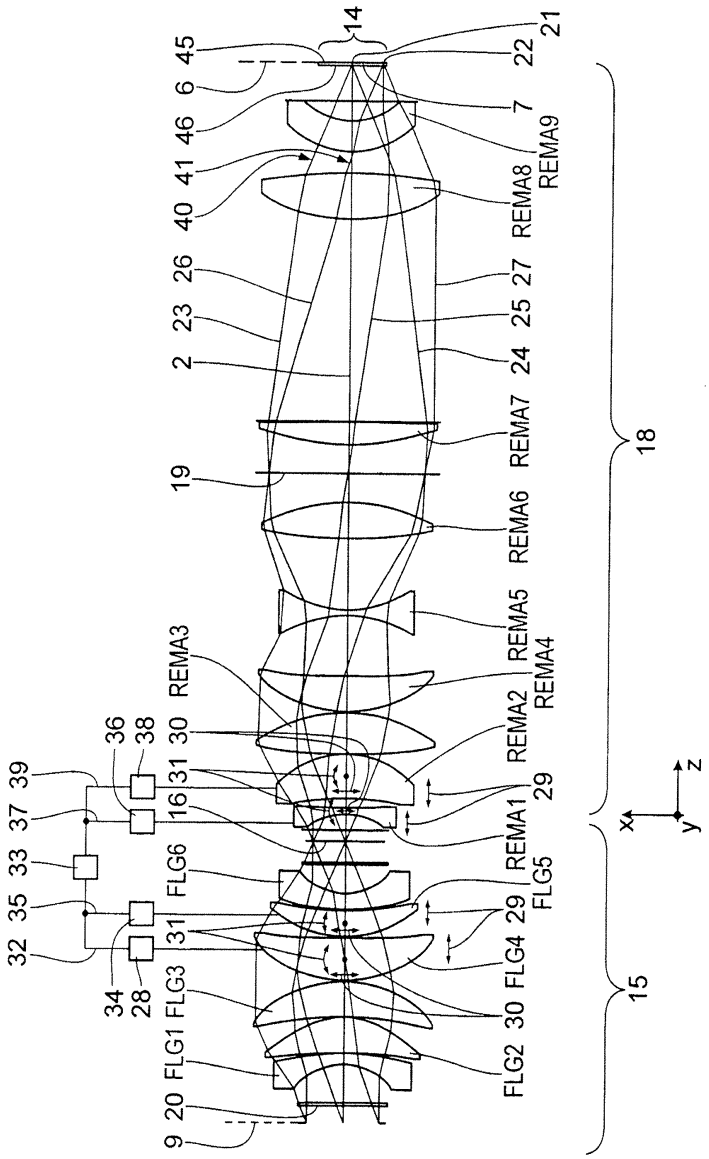
[0127] 조명 광학 기기의 다른 실시예(비도시)는 다른 번호의 FLG 렌즈 또는 REMA 렌즈, 특히, 더 높은 번호의 렌즈를 포함할 수 있다. 집광기 그룹(15)은 예를 들면 11개까지의 구성 부품 또는 심지어 그 보다 많은 구성 부품을 포함할 수 있다. 유사하게, 대물렌즈 그룹(18)은 17개까지의 구성 부품 또는 심지어 그 보다 많은 구성 부품을 포함할 수 있다.

도면

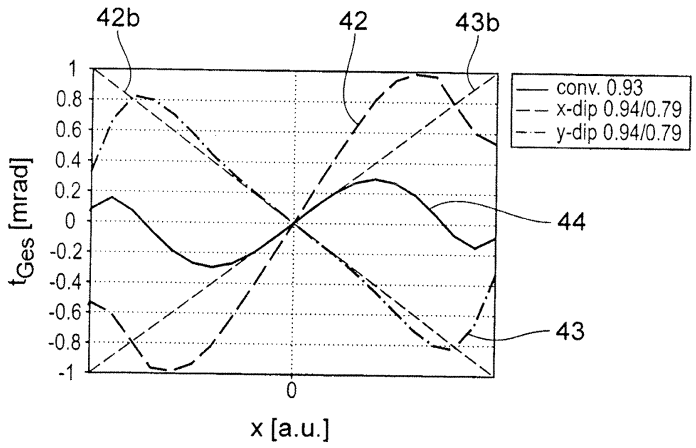
도면1



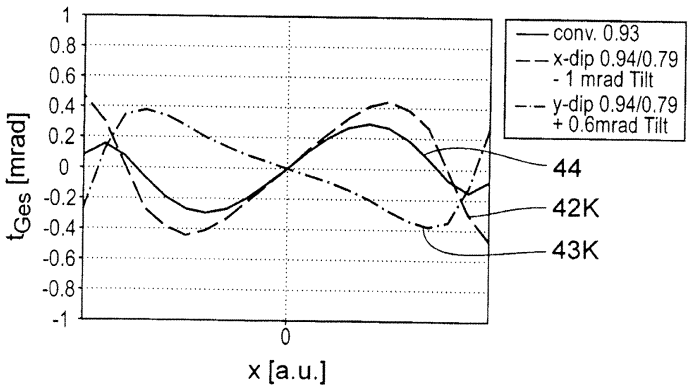
도면2


14
45
6
46
41
40
26
23
2
19
REMA3
30
31
16
FLG6
31
FLG3
28
34
FLG1
20
9
36
38
39
37
33
35
32
21
22
7
REMA9
REMA8
27
25
24
REMA7
REMA6
REMA5
REMA4
REMA2
29
REMA1
29
FLG5
FLG4
30
FLG2
18
15
x
y
z

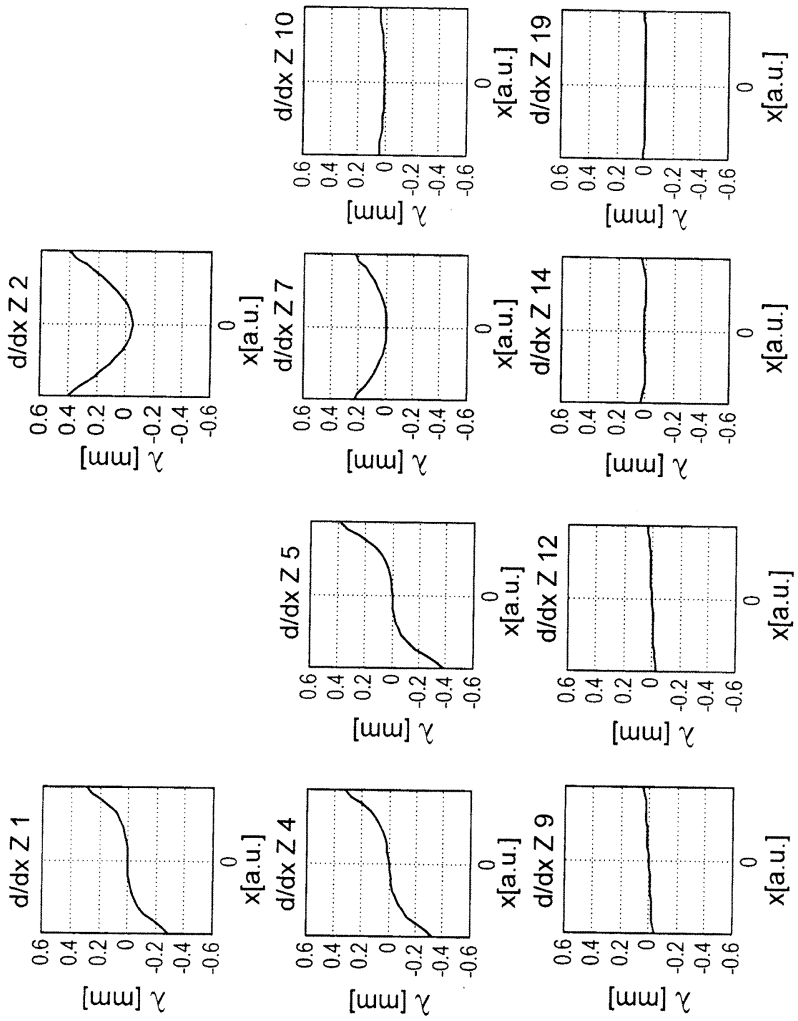
도면3


42b
42
43b
1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
-0.2
-0.4
-0.6
-0.8
-1
0
x [a.u.]
tGes [mrad]
conv. 0.93
x-dip 0.94/0.79
y-dip 0.94/0.79
44
43

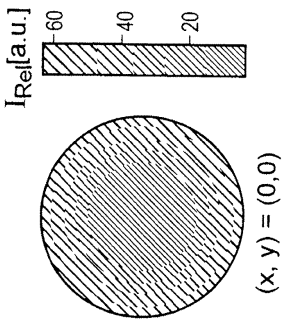
도면4


1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
-0.2
-0.4
-0.6
-0.8
-1
0
x [a.u.]
tGes [mrad]
conv. 0.93
x-dip 0.94/0.79
- 1 mrad Tilt
y-dip 0.94/0.79
+ 0.6mrad Tilt
44
42K
43K

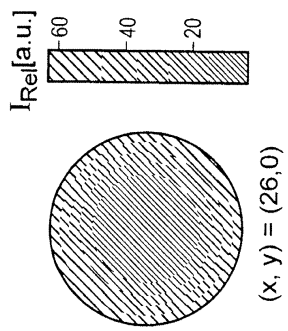
도면5


d/dx Z 1
d/dx Z 4
d/dx Z 9
d/dx Z 12
d/dx Z 14
d/dx Z 19
d/dx Z 5
d/dx Z 7
d/dx Z 10
d/dx Z 2
λ [mm]
x[a.u.]
0.6
0.4
0.2
0
-0.2
-0.4
-0.6

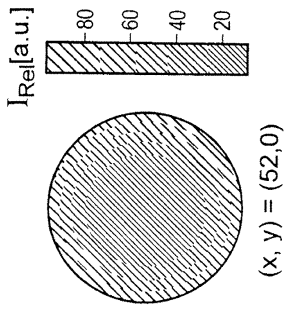
도면6


I_Rel[a.u.]
60
40
20
(x, y) = (0,0)

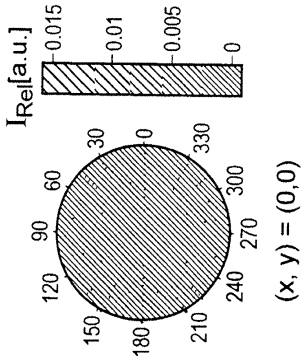
도면7


I_Rel[a.u.]
60
40
20
(x, y) = (26,0)

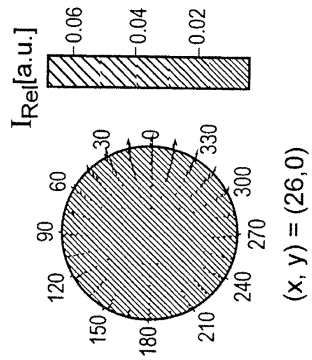
도면8


I_Rel[a.u.]
80
60
40
20
(x, y) = (52,0)

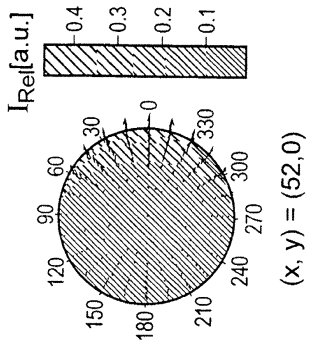
도면9


I_Rel[a.u.]
0.015
0.01
0.005
0
30
0
330
60
300
90
270
120
240
150
210
180
(x, y) = (0,0)

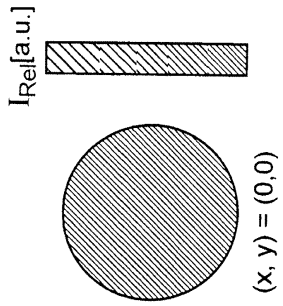
도면10



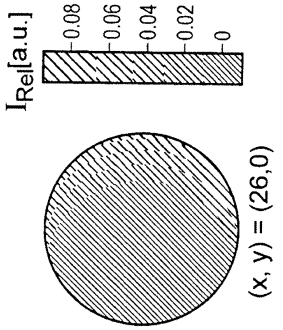
도면11



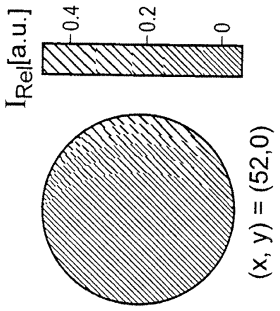
도면12



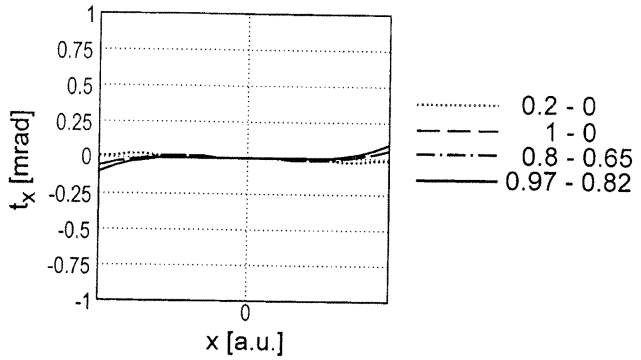
도면13



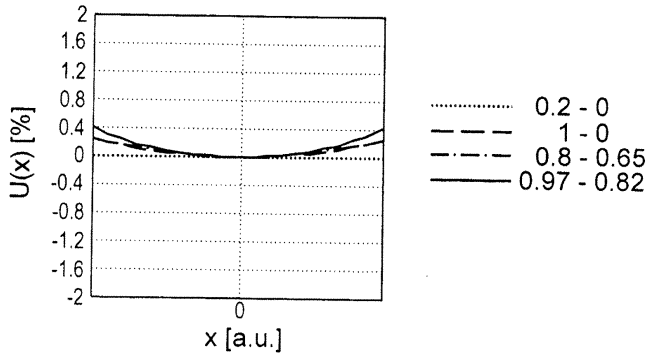
도면14



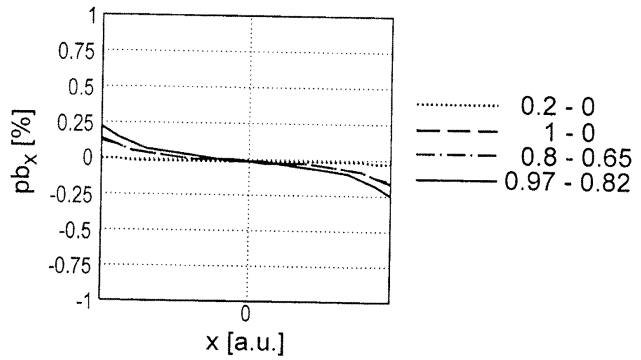
도면15



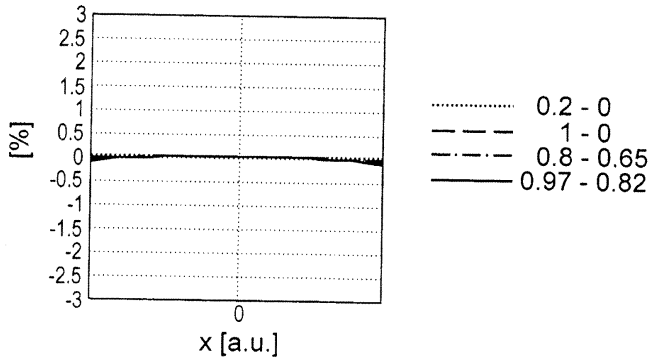
도면16



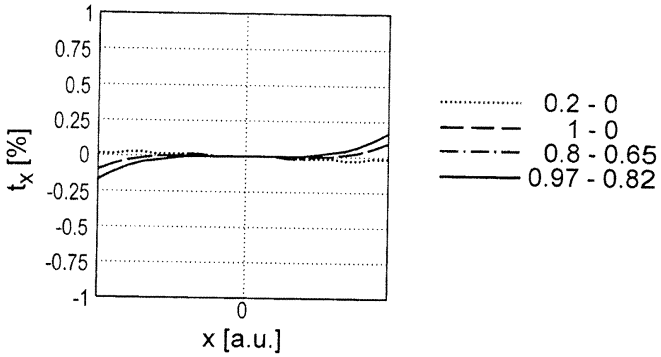
도면17



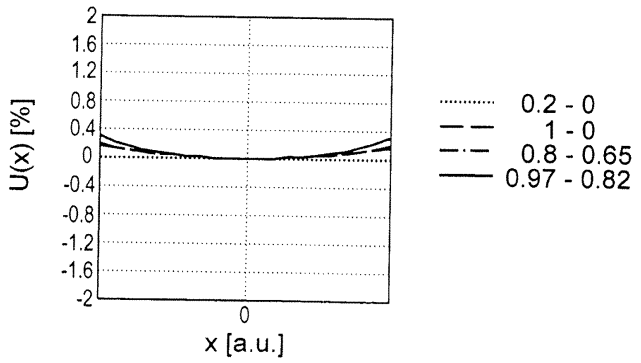
도면18



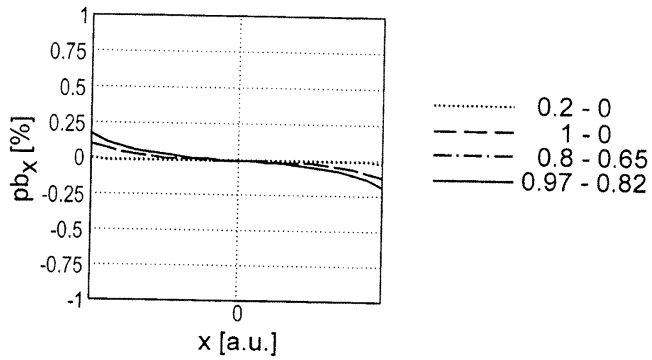
도면19



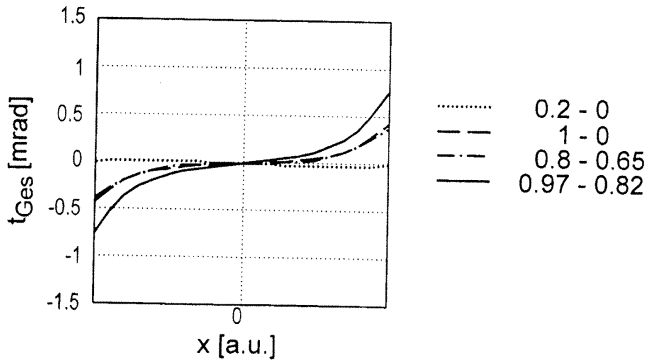
도면20



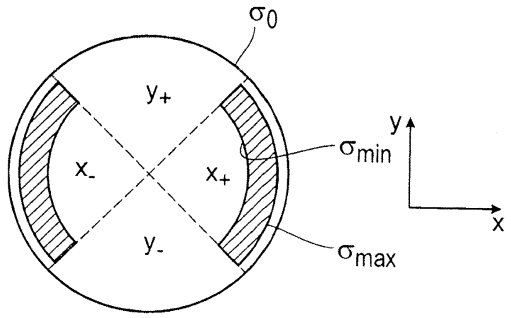
도면21



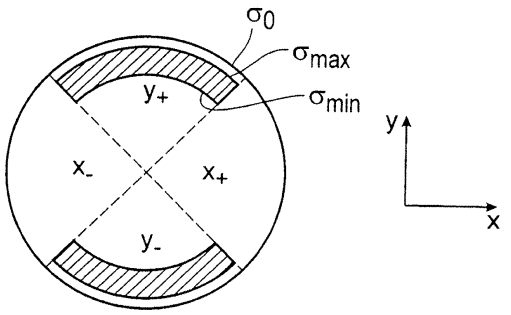
도면22



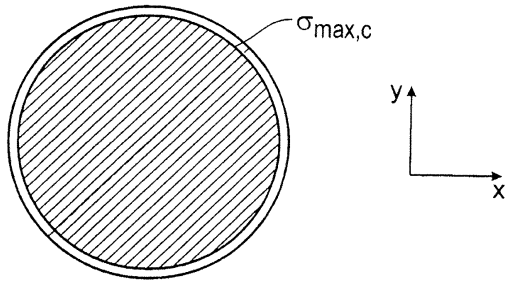
도면23



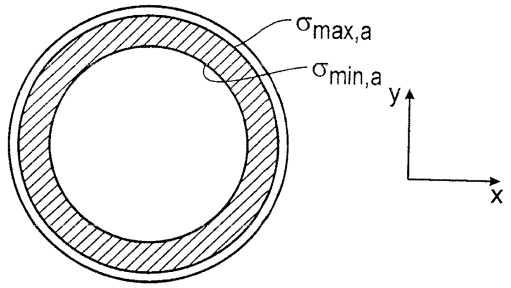
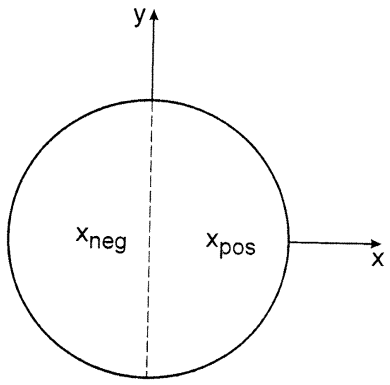
도면24



도면25



도면26



도면27