



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2008-0028429
(43) 공개일자 2008년03월31일

(51) Int. Cl.

G02B 1/00 (2006.01) G02B 1/02 (2006.01)
G03F 7/20 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2008-7001045

(22) 출원일자 2008년01월14일

심사청구일자 없음

번역문제출일자 2008년01월14일

(86) 국제출원번호 PCT/EP2006/065070

국제출원일자 2006년08월04일

(87) 국제공개번호 WO 2007/017473

국제공개일자 2007년02월15일

(30) 우선권주장

60/706,903 2005년08월10일 미국(US)

(71) 출원인

칼 짜이스 에스엠테 아게

독일 73447 오버코헨 루돌프-에버-쉬트라쎄 2

(72) 발명자

슈스터 칼-하인쯔

독일 89551 쾤스브론 레흐베르그쉬트라쎄 24

(74) 대리인

리엔록특허법인

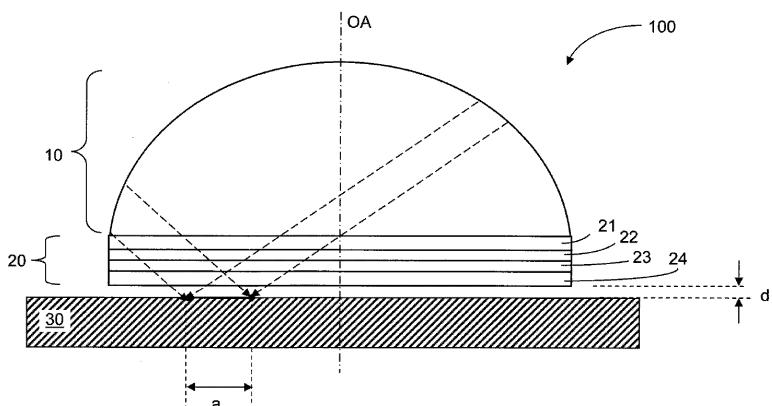
전체 청구항 수 : 총 25 항

(54) 이미지 투영 시스템, 특히 마이크로리소그래피 투영 노광장치의 투영 대물렌즈

(57) 요 약

본 발명은 이미지 투영 시스템, 특히 마이크로리소그래피 투영 노광 장치의 투영 대물렌즈에 관한 것이다. 상기 렌즈는, 주어진 동작 파장에서 1.6보다 큰 굴절률 n 을 갖는 입방 결정 재료를 포함하며 이미지측에서 상기 굴절률 n 보다 작은 개구수 NA를 갖는 적어도 하나의 광학 소자(100)를 포함한다. 본 발명에 따르면, 상기 굴절률 n 과 상기 이미지 투영 시스템의 개구수 NA 사이의 최대 차이($n-NA$)는 0.2이다.

대표도



특허청구의 범위

청구항 1

주어진 동작 파장에서 1.6보다 큰 굴절률 n을 갖는 입방 결정 재료를 포함하는 적어도 하나의 광학 소자(100); 및

상기 굴절률 n보다 작은 이미지측 개구수 NA;를 가지며,

상기 굴절률 n과 이미지 투영 시스템의 상기 개구수 NA 사이의 차이(n-NA)가 최대 0.2인 것을 특징으로 하는 이미지 투영 시스템, 특히 마이크로리소그래피 투영 노광 장치의 투영 대물렌즈.

청구항 2

주어진 동작 파장에서 굴절률 n을 갖는 입방 결정 재료를 포함하는 적어도 하나의 광학 소자(100); 및

적어도 1.5의 이미지측 개구수 NA;를 가지며,

상기 굴절률 n과 이미지 투영 시스템의 상기 개구수 NA 사이의 차이(n-NA)가 최대 0.2인 것을 특징으로 하는 이미지 투영 시스템, 특히 마이크로리소그래피 투영 노광 장치의 투영 대물렌즈.

청구항 3

주어진 동작 파장에서 굴절률 n을 갖는 입방 결정 재료를 포함하며 평평한 광 출사면을 갖는 적어도 하나의 광학 소자(100); 및

상기 굴절률 n보다 작은 이미지측 개구수 NA;를 가지며,

상기 굴절률 n과 이미지 투영 시스템의 상기 개구수 NA 사이의 차이(n-NA)가 최대 0.2인 것을 특징으로 하는 이미지 투영 시스템, 특히 마이크로리소그래피 투영 노광 장치의 투영 대물렌즈.

청구항 4

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 굴절률 n과 상기 개구수 NA 사이의 상기 차이(n-NA)는 0.05 내지 0.20의 범위, 바람직하게는 0.05 내지 0.15의 범위, 특히 바람직하게는 0.05 내지 0.10의 범위에 놓여 있는 것을 특징으로 하는 이미지 투영 시스템.

청구항 5

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 입방 결정 재료는 산화물을 포함하는 것을 특징으로 하는 이미지 투영 시스템.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 입방 결정 재료는 사파이어(Al_2O_3) 및 칼륨 또는 칼슘 산화물을 포함하는 것을 특징으로 하는 이미지 투영 시스템.

청구항 7

제 1 항 내지 제 6 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 입방 결정 재료는 $7Al_2O_3 \cdot 12CaO$, $Al_2O_3 \cdot K_2O$, $Al_2O_3 \cdot 3CaO$, $Al_2O_3 \cdot SiO_2KO$, $Al_2O_3 \cdot SiO_2 \cdot 2K$ 및 $Al_2O_3 \cdot 3CaO6H_2O$ 를 포함하는 그룹으로부터 선택된 적어도 하나의 재료를 포함하는 것을 특징으로 하는 이미지 투영 시스템.

청구항 8

제 1 항 내지 제 7 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 입방 결정 재료는 칼슘, 나트륨 및 실리콘 산화물을 포함하는 것을 특징으로 하는 이미지 투영 시스템.

청구항 9

제 1 항 내지 제 8 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 입방 결정 재료는 $\text{CaNa}_2\text{SiO}_4$ 및 $\text{CaNa}_4\text{Si}_3\text{O}_9$ 를 포함하는 그룹으로부터 선택된 적어도 하나의 재료를 포함하는 것을 특징으로 하는 이미지 투영 시스템.

청구항 10

제 1 항 내지 제 9 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 입방 결정 재료는 $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$, $\text{MgONa}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2$ 및 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 를 포함하는 그룹으로부터 선택된 적어도 하나의 재료를 포함하는 것을 특징으로 하는 이미지 투영 시스템.

청구항 11

제 1 항 내지 제 10 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 광학 소자(100)는 상기 이미지 투영 시스템의 이미지축에 대해 마지막 위치에 위치하는 굴절력을 갖는 렌즈인 것을 특징으로 하는 이미지 투영 시스템.

청구항 12

제 1 항 내지 제 11 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 광학 소자(100)는 굴절력을 갖는 제 1 부분 소자(10) 및 실질적으로 굴절력을 갖지 않는 제 2 부분 소자(20)를 포함하는 것을 특징으로 하는 이미지 투영 시스템.

청구항 13

제 12 항에 있어서,

상기 제 1 부분 소자(10)는 실질적으로 평볼록 렌즈인 것을 특징으로 하는 이미지 투영 시스템.

청구항 14

제 12 항 또는 제 13 항에 있어서,

상기 제 2 부분 소자(20)는 평면-평행판인 것을 특징으로 하는 이미지 투영 시스템.

청구항 15

제 12 항 내지 제 14 항에 있어서,

상기 입방 결정 재료는 상기 제 1 부분 소자(10)에 제공되며, 실질적으로 굴절력을 갖지 않는 제 2 부분 소자(20)는 상기 제 1 부분 소자(10)의 재료보다 큰 굴절률을 갖는 제 2 재료를 포함하는 것을 특징으로 하는 이미지 투영 시스템.

청구항 16

제 15 항에 있어서,

상기 제 2 재료는 마그네슘 스피넬(MgAl_2O_4), 이트륨 알루미늄 가넷($\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$), 불화 마그네슘(MgO) 및 스칸듐 알루미늄 가넷($\text{Sc}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$)을 포함하는 그룹으로부터 선택되는 것을 특징으로 하는 이미지 투영 시스템.

청구항 17

제 12 항 내지 제 16 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제 2 부분 소자(20)는 소자축 및 상기 소자축을 중심으로 서로에 대해 회전된 배향으로 배치되며 동일한 결정 절단인 적어도 두 개의 구성 부분들(21, 22)을 갖는 것을 특징으로 하는 이미지 투영 시스템.

청구항 18

제 17 항에 있어서,

제 1 구성 부분(21) 및 제 2 구성 부분(22)은 각각 결정 (111) 절단이며 소자축을 중심으로 서로에 대해 $60^\circ + k \times 120^\circ$ ($k = 0, 1, 2, \dots$) 만큼 회전된 배향으로 배치되어 있는 것을 특징으로 하는 이미지 투영 시스템.

청구항 19

제 17 항에 있어서,

제 1 구성 부분 및 제 2 구성 부분은 각각 결정 (100) 절단이며 소자축을 중심으로 서로에 대해 $45^\circ + 1 \times 90^\circ$ ($i = 0, 1, 2, \dots$) 만큼 회전된 배향으로 배치되어 있는 것을 특징으로 하는 이미지 투영 시스템.

청구항 20

제 12 항 내지 제 19 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제 2 부분 소자는 소자축 및 적어도 네 개의 구성 부분들(21-24)을 가지며, 제 1 구성 부분(21) 및 제 2 구성 부분(22)은 각각 결정 (111) 절단이며 소자축을 중심으로 서로에 대해 $60^\circ + k \times 120^\circ$ ($k = 0, 1, 2, \dots$) 만큼 회전된 배향으로 배치되어 있고, 제 3 구성 부분(23) 및 제 4 구성 부분(24)은 각각 결정 (100) 절단이며 소자축을 중심으로 서로에 대해 $45^\circ + 1 \times 90^\circ$ ($i = 0, 1, 2, \dots$) 만큼 회전된 배향으로 배치되어 있는 것을 특징으로 하는 이미지 투영 시스템.

청구항 21

제 1 항 내지 제 20 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 동작 과정은 250nm보다 짧으며, 바람직하게는 200nm보다 짧고, 특히 바람직하게는 160nm보다 짧은 것을 특징으로 하는 이미지 투영 시스템.

청구항 22

제 1 항 내지 제 21 항 중 어느 한 항에 따른 이미지 투영 시스템인 투영 대물렌즈를 갖는 마이크로리소그래피 투영 노광 장치.

청구항 23

적어도 일부분에 감광성 재료의 코팅이 적층되어 있는 기판(206)을 제공하는 단계;

이미지가 형성될 구조를 담고 있는 마스크(204)를 제공하는 단계;

제 22 항에 따른 투영 노광 장치(200)를 제공하는 단계;

상기 투영 노광 장치(200)를 이용하여 상기 코팅 영역 위로 상기 마스크(204)의 적어도 일부를 투영시키는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는, 미세 구조화된 소자의 마이크로리소그래피 제조 방법.

청구항 24

제 23 항에 따른 방법에 의해 제조된 미세 구조화된 소자.

청구항 25

마이크로리소그래피 투영 노광 장치(200)의 투영 대물렌즈에서 광학 소자(100)의 제조를 위한 원재료로서 $7Al_2O_3 \cdot 12CaO \cdot Al_2O_3 \cdot K_2O$, $Al_2O_3 \cdot 3CaO$, $Al_2O_3 \cdot SiO_2KO$, $Al_2O_3 \cdot SiO_2 \cdot 2K$, $Al_2O_3 \cdot 3CaO6H_2O$, $CaNa_2SiO_4$, $CaNa_4Si_3O_9$, $Sr(NO_3)_2$, $MgONa_2O \cdot SiO_2$ 및 $Ca(NO_3)_2$ 를 포함하는 그룹으로부터 선택된 재료의 사용.

명세서

기술 분야

<1> 본 발명은 이미지 투영 시스템, 특히 마이크로리소그래피 투영 노광 장치의 투영 대물렌즈에 관한 것이다. 보다 상세하게는, 본 발명은 고굴절률의 결정 재료들을 사용할 가능성을 제공하는 동시에 이미지 투영 특성들에 관한 고유 복굴절의 부정적인 영향을 제한하는 투영 대물렌즈에 관한 것이다.

배경 기술

<2> 현재 알려진 마이크로리소그래피 대물렌즈들, 특히 1.0보다 큰 개구수(NA) 값을 갖는 액침 대물렌즈들 중에서, 고굴절률을 갖는 재료들을 사용할 필요가 점점 커지고 있다. 여기서 굴절률은, 주어진 파장에 대한 굴절률 값이 193nm의 파장에서 약 1.56인 수정(quartz)의 굴절률을 초과하는 경우에 고굴절률이라고 부른다. DUV 및 VUV 파장(250nm 이하)에서 굴절률이 1.6보다 큰 재료들은 많이 알려져 있는 데, 예컨대 마그네슘 스피넬(magnesium spinel)은 193nm의 파장에서 약 1.87의 굴절률을 가지며, 또는 산화마그네슘(magnesium oxide)은 193nm에서 약 2.0의 굴절률을 갖는다.

<3> 이들이 렌즈소자들에 사용되는 경우, 이들 재료들은, 이들의 입방 결정 구조로 인하여, 파장이 짧아질수록 증가하는 고유 복굴절(intrinsic birefringence) 특성을 보이는 문제가 있다. 예컨대, 마그네슘 스피넬의 경우 193nm 파장에서의 고유 복굴절로 인한 지연(retardation)은 52nm/cm로 측정되었으며, 산화마그네슘의 경우 193nm 파장에서의 고유 복굴절로 인한 지연은 약 72nm/cm인 것으로 평가되었다. 설계 파라미터에 따라, 이러한 정도의 지연은 이미지가 투영되고 있는 구조들 폭의 세배 내지 다섯배 만큼 이미지 필드에서 광선의 측방 편향을 가져올 수 있다.

<4> 불화물 결정(fluoride crystal) 렌즈들의 고유 복굴절이 광학적 이미지의 형성에 주는 해로운 영향을 감소시키기 위한 수단으로서, US 2004/0105170 A1 및 WO 02/093209 A2는 "클로킹(clocking)"으로 알려진 개념, 즉 상호 회전된 배향들을 갖는 동일한 결정 절단(crystallographic cut)의 불화물 결정 렌즈들을 배열하고 이에 더하여 서로 상이한 결정 절단을 갖는 배열들의 다수의 그룹들(예컨대, 100-렌즈들의 그룹과 111-렌즈들의 그룹)을 조합하는 것을 개시하고 있다.

<5> 비록 이러한 방법으로 상술한 고굴절률의 입방 결정 재료들에서의 고유 복굴절의 해로운 영향을 어느 정도 보상하는 것을 성취할 수도 있지만, 각각의 "보상 경로 길이"(예컨대, 서로 간접하게 되는 광선들이 상기 동일한 결정 절단의 상호 회전된 부분들에서 진행하는 각각의 경로 길이)가 서로 다른 경우에, 특히 (고굴절률의 재료가 사용되는 통상적인 위치인) 이미지측 상의 마지막 위치에 배치된 예컨대 평볼록 렌즈에서의 축외(extra-axial) 광속들의 경우에, 상술한 "클로킹"으로 성취된 보상이 불완전하다는 추가적인 문제가 남아 있다. 이러한 문제는 고유 복굴절의 영향이 더 강력해질수록 더욱 강력하게 나타나며, 이는 특히 리소그래피 대물렌즈의 이미지 평면 근방(이 영역에서 (100)- 및 (111)- 결정 절단으로 특히 강한 고유 복굴절과도 관련되어 있는 큰 광선 각도들이 발생한다)에서, 예컨대 마지막 렌즈 소자로서, 상술한 고굴절률의 재료들을 사용하는 것을 더욱 어렵게 한다.

발명의 상세한 설명

<6> 본 발명은 이미지 투영 시스템, 특히 고굴절률의 결정 재료들을 사용할 가능성을 제공하는 동시에 고유 복굴절의 부정적인 영향을 제한하는 마이크로리소그래피 투영 노광 장치의 투영 대물렌즈를 제공하는 목적을 갖는다.

<7> 본 발명의 한 유형에 따르면, 본 발명에 따른 이미지 투영 시스템, 특히 마이크로리소그래피 투영 노광 장치의 투영 대물렌즈는, 주어진 동작 파장에서 1.6보다 큰 굴절률 n 을 갖는 입방 결정 재료를 포함하는 적어도 하나의 광학 소자를 포함하며, 상기 이미지 투영 시스템은 상기 굴절률 n 과 상기 이미지 투영 시스템의 개구수 NA 사이의 차이($n-NA$)가 최대 0.2인 이미지측 개구수 NA를 갖는다.

<8> 이러한 개념을 제안하는 데 있어서, 본 발명은 무엇보다도 고유 복굴절의 영향이 파장이 짧아짐에 따라 선형적인 비율로 증가하는 것이 아니라, 처음에는 서서히 증가하기 시작하다가 파장이 계속 짧아짐에 따라 급격하게 증가한다는 관찰에 기초를 두고 있다. 이러한 비선형성은 주어진 경우에서 동작 파장이 각각의 재료에 대한 (UV-영역 내에서의) 흡수단(absorption edge)에 점점 더 접근할수록 더욱 더 강해진다.

<9> 본 발명에 따르면, 가능한 가장 높은 굴절률을 갖는 재료에 대한 사용 가능성이 극단적으로 사용되지 않는다. 그러기보다, 투영광이 투영 대물렌즈를 투과하고 가장 높게 발생하는 광선 각도 하에서도 이미지 형성에 사용되도록 기하학적 조건들을 만족시키기 위하여, 굴절률은 필요보다 높지 않게 단지 충분히 높게 선택된다. 이와 동시에, 본 발명에 따르면, UV-영역 내에서 흡수단이 더 깊게 놓여 있는 결정 재료를 선택할 목적을 위해 굴절률

의 크기에 관해 부과된 보다 적당한 요건이 사용되며, 그 결과 동작 파장의 영역 내에서 고유 복굴절은, 상기 영역 내에서 더 높은 점에 흡수단을 갖는 재료에서의 경우보다, 더욱 작아지거나, 또는 덜 증가한다.

- <10> 예컨대 NA = 1.5의 개구수의 경우에, 193nm의 통상적인 동작 파장에서 투명하며 예컨대 1.87(마그네슘 스피넬) 및 그 이상의 높은 굴절률을 갖는 재료들이 입수 가능하지만, 그러한 가능한 가장 높은 굴절률의 결정 재료들은 본 발명에 따르면 의식적으로 선택에서 제외된다. 대신에, 본 발명에 따르면, 굴절률 n 이 이미지 투영 시스템의 이미지측 개구수를 초과하는 차이의 정도가 작지만 투영광이 상기 이미지 투영 시스템을 통과하기에 여전히 적당하고 가장 높게 발생하는 광선 각도 하에서도 이미지 형성에 기여하는 재료를 추구하며 발견한다.
- <11> 추가적인 유형에 따르면, 이미지 투영 시스템, 특히 마이크로리소그래피 투영 노광 장치의 투영 대물렌즈는, 주어진 동작 파장에서 굴절률 n 을 갖는 입방 결정 재료를 포함하는 적어도 하나의 광학 소자를 포함하며, 상기 이미지 투영 시스템은 적어도 1.50의 이미지측 개구수 NA를 가지며, 여기서 상기 굴절률 n 과 상기 이미지 투영 시스템의 개구수 NA 사이의 차이(n -NA)는 최대 0.2이다.
- <12> 추가적인 유형에 따르면, 이미지 투영 시스템, 특히 마이크로리소그래피 투영 노광 장치의 투영 대물렌즈는, 평평한 광 출사면을 가지며 주어진 동작 파장에서 굴절률 n 을 갖는 입방 결정 재료를 포함하는 적어도 하나의 광학 소자를 포함하며, 상기 이미지 투영 시스템은 상기 굴절률 n 보다 작은 이미지측 개구수 NA를 가지며, 여기서 상기 굴절률 n 과 상기 이미지 투영 시스템의 개구수 NA 사이의 차이(n -NA)는 최대 0.2이다.
- <13> 바람직하게는, 상기 광학 소자의 굴절률 n 과 상기 이미지 투영 시스템의 개구수 NA 사이의 차이(n -NA)는 0.05와 0.20 사이의 범위에, 바람직하게는 0.05 내지 0.15의 범위에, 특히 바람직하게는 0.05 내지 0.10의 범위에 놓여 있다. 상술한 설명에 따르면, 이러한 범위들로, 굴절률에 대한 상한을 통해 고유 복굴절의 억제가 달성되며, 굴절률이 하한을 통해 투영 대물렌즈의 전체적인 렌즈 부피의 억제가 달성된다.
- <14> 본 발명에 따라 사용되는 재료들이 바람직하게 만족하여야 하는 추가적인 기준은, 공기중의 습기 및 UV 광에 견디는 적절한 안정성, 높은 정도의 경도 및 우수한 광학적 가공성과 함께 가능한 많은 무독성 성분들을 포함한다.
- <15> 바람직한 실시예에서, 상기 입방 결정 재료는 적절한 투과도에 상당히 높은 굴절률을 제공하는 산화물을 포함한다.
- <16> 바람직한 실시예에서 상기 입방 결정 재료는 사파이어(Al_2O_3) 및 칼륨 또는 칼슘 산화물을 포함한다.
- <17> 특히, 상기 입방 결정 재료는 바람직하게는 $7\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 12\text{CaO}$, $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{K}_2\text{O}$, $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaO}$, $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2\text{K}_2\text{O}$, $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2 \cdot 2\text{K}$ 및 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaO}6\text{H}_2\text{O}$ 를 포함하는 그룹으로부터 선택된 적어도 하나의 재료를 포함한다.
- <18> 이러한 재료들에서 사파이어 부분(Al_2O_3)은, 고유 복굴절의 상술한 감소를 가져오는 혼합 결정을 보완하는 추가적인 굴절률 낮춤 성분들과 함께, 밴드캡을 넓게 하거나, 또는 굴절률의 증가와 동시에 UV 영역 내로 흡수단을 시프트 시킨다.
- <19> 추가적인 바람직한 실시예에서, 상기 입방 결정 재료는 칼슘, 나트륨 및 실리콘 산화물을 포함한다. 상기 입방 결정 재료는 바람직하게는 $\text{CaNa}_2\text{SiO}_4$ 및 $\text{CaNa}_4\text{Si}_3\text{O}_9$ 를 포함하는 그룹으로부터 선택된 적어도 하나의 재료를 포함한다.
- <20> 추가적인 바람직한 실시예에서, 상기 입방 결정 재료는 바람직하게는 $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$, $\text{MgONa}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2$ 및 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 를 포함하는 그룹으로부터 선택된 적어도 하나의 재료를 포함한다.
- <21> 상기 광학 소자는 바람직하게는 상기 이미지 투영 시스템의 이미지측 상에 있는 마지막 굴절렌즈다.
- <22> 바람직한 실시예에 따르면, 상기 광학 소자는 굴절력을 갖는 제 1 부분 소자와 실질적으로 굴절력을 갖지 않는 제 2 부분 소자로 구성된다. 이러한 배치에서 상기 제 1 부분 소자는 실질적으로 평볼록 렌즈이고, 제 2 부분 소자는 평면-평행판(planar-parallel plate)이다.
- <23> 상기 광학 소자에 대한 이러한 종류의 설계는 구면 수차의 특별히 효과적인 보정을 제공한다는 점에서 이점을 갖는데, 높은 개구수에 대한 상기 구면 수차 값은 처리되어야 할 필요가 있는 이미지 투영 오차들에 대한 가장 큰 기여를 통상적으로 나타낸다. 상기 광학 소자의 영역 내에 있는 광선의 기하학적 형상이 텔레센트릭 하다면, 상기 평면-평행판은 특히 이미지 필드 전체에 걸쳐 균일한 구면 수차의 보정을 달성하는 데 유리한 방법을 제공

한다.

- <24> 굴절력을 갖는 제 1 부분 소자(즉, 특히 평볼록 렌즈)와는 반대로, 실질적으로 굴절력을 갖지 않으며 동일한 결정 절단의 상호 회전된 부분들로 구성된 제 2 부분 소자 내에서의 보상 경로들은 실질적으로 동일하며, 그 결과 적어도 이 점에 있어서 클로킹 방식에 의해 고유 복굴절의 효과적인 보정을 달성하는 것이 가능하다. 따라서, 상기 제 1 부분 소자에서보다는 실질적으로 굴절력을 갖지 않는 제 2 부분 소자에서 더 높은 굴절률의 재료가 사용되다면 유리하며, 상기 더 높은 굴절률은 특히 앞서 언급한 차이보다 개구수로부터 더 차이가 있을 수도 있다.
- <25> 양호한 실시예에서, 제 2 재료는 그러므로 마그네슘 스피넬(MgAl₂O₄), 이트륨 알루미늄 가넷(yttrium aluminum garnet)(Y₃Al₅O₁₂), MgO 및 스칸듐 알루미늄 가넷(Sc₃Al₅O₁₂)를 포함하는 그룹으로부터 선택된다.
- <26> 고유 복굴절이 클로킹 개념을 통해 보상될 수 있도록 하기 위해, 상기 제 2 부분 소자는 소자축 및 상기 소자축을 중심으로 서로에 대해 회전된 배향으로 배치되며 동일한 결정 절단을 갖는 적어도 두 개의 구성 부분들을 갖는다.
- <27> 한 실시예에서, 상기 두 개의 구성 부분들의 제 1 및 제 2 구성 부분들은 각각 결정 (111) 절단이며 소자축을 중심으로 서로에 대해 $60^\circ + k \times 120^\circ$ ($k = 0, 1, 2, \dots$) 만큼 회전되어 있다.
- <28> 추가적인 실시예에서, 상기 두 개의 구성 부분들의 제 1 및 제 2 구성 부분들은 각각 결정 (100) 절단이며 소자축을 중심으로 서로에 대해 $45^\circ + 1 \times 90^\circ$ ($1 = 0, 1, 2, \dots$) 만큼 회전되어 있다.
- <29> 추가적인 실시예에서, 상기 제 2 부분 소자는 소자축 및 적어도 네 개의 구성 부분들을 가지며, 상기 네 개의 구성 부분들 중에서 제 1 및 제 2 구성 부분들은 각각 결정 (111) 절단이며 소자축을 중심으로 서로에 대해 $60^\circ + k \times 120^\circ$ ($k = 0, 1, 2, \dots$) 만큼 회전되어 있고, 상기 네 개의 구성 부분들 중에서 제 3 및 제 4 구성 부분들은 각각 결정 (100) 절단이며 소자축을 중심으로 서로에 대해 $45^\circ + 1 \times 90^\circ$ ($1 = 0, 1, 2, \dots$) 만큼 회전되어 있다.
- <30> 본 발명은 또한 마이크로리소그래피 투영 노광 장치, 미세 구조화된 소자들의 제조 방법 및 미세 구조화된 소자에 관한 것이다.
- <31> 본 발명은 또한 마이크로리소그래피 투영 노광 장치의 투영 대물렌즈에서 광학 소자의 제조를 위한 원재료로서 소정의 재료를 사용하는 것에 관한 것으로, 여기서 상기 재료는 $7\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 12\text{CaO}$, $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{K}_2\text{O}$, $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaO}$, $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2\text{KO}$, $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2 \cdot 2\text{K}$, $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaO}6\text{H}_2\text{O}$, $\text{CaNa}_2\text{Si}_3\text{O}_9$, $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$, $\text{MgONa}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2$ 및 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 를 포함하는 그룹으로부터 선택된다.
- <32> 본 발명의 추가적인 실시예들은 후술하는 청구범위에서 뿐만 아니라 본 명세서에서 찾을 수 있다.
- <33> 본 발명은 이하에서 첨부된 도면들을 참조하여 보다 상세하게 설명된다.
- ### 실시예
- <36> 단지 개략적으로 도면으로서, 도 1은 본 발명에 따른 이미지 투영 시스템의 광학 소자(100)의 구조를 도시하고 있다. 바람직하게는, 상기 광학 소자(100)는 특히 이하 도 2에 관한 내용에서 그 주요한 설계 구조가 설명될 마이크로리소그래피 투영 대물렌즈의 이미지측에 대한 마지막 렌즈이다.
- <37> 도 1에 도시된 상기 광학 소자(100)는 평볼록 렌즈의 형태인 제 1 부분 소자(10)와 평면-평행판의 형태인 제 2 부분 소자(20)로 구성되며, 여기서 상기 제 2 부분 소자(20)의 광 입사면은 상기 제 1 부분 소자(10)의 광 출사면에 바로 접하여, 바람직하게는 렁깅(wringing)에 의해 결합되어 배치된다.
- <38> 또한, 도 1에 개략적으로 도시된 것은 평면-평행한 구성판(21, 22, 23 및 24)들의 형태인 총 네 개의 구성 부분들을 갖는 상기 제 2 부분 소자(20)의 구조적인 조성이다. 이러한 배치에서 제 1 구성판(21) 및 제 2 구성판(22)은 각각 결정 (111) 절단을 가지며 (도 1에서 광축 OA와 일치하는) 소자축을 중심으로 서로에 대해 60° (또는 일반적으로 $60^\circ + k \times 120^\circ$, $k = 0, 1, 2, \dots$) 만큼 배향이 회전되어 있다. 제 3 구성판(23) 및 제 4 구성판(24)은 각각 결정 (100) 절단을 가지며 소자축을 중심으로 서로에 대해 45° (또는 일반적으로 $45^\circ + 1 \times 120^\circ$, $1 = 0, 1, 2, \dots$) 만큼 배향이 회전되어 있다.
- <39> 추가적인 실시예에서 상기 제 2 부분 소자(20)는 동일한 결정 절단이며 소자축을 중심으로 서로에 대해 회전 배

치되어 있는 총 두 개의 구성 부분들을 가진다. 예컨대, 이들 구성 부분들은 각각 결정 (100) 절단이며 소자축을 중심으로 서로에 대해 $45^\circ + k \times 90^\circ$ ($k = 0, 1, 2, \dots$)의 회전을 갖고 배치될 수 있거나, 또는 상기 구성 부분들은 각각 결정 (111) 절단이며 소자축을 중심으로 서로에 대해 $60^\circ + k \times 120^\circ$ ($k = 0, 1, 2, \dots$)의 회전을 갖고 배치될 수 있다.

<40> 제 1 부분 소자(10)는, 굴절률 n 과 이미지 투영 시스템의 개구수 NA 사이의 차이($n-NA$)가 최대 0.2가 되도록, 상기 이미지 투영 시스템의 개구수 NA에 따라 선택되는 굴절률의 입방 결정 재료로 이루어진다.

<41> 한 예로서 $NA = 1.5$ 의 투영 대물렌즈의 개구수를 가정한다면, 상기 제 1 부분 소자의 입방 결정 재료의 굴절률 n 은 따라서 최대 1.7이다.

<42> 본 발명에 따라 특히 알맞는 재료들의 리스트는 다음의 표 1에 제시되어 있다. 두 번째 행에 나열된 숫자들은 $\lambda = 589\text{nm}$ 의 파장에서 각각의 결정 재료에 대한 각각의 굴절률 n_d 를 나타내지만, $\lambda = 193\text{nm}$ 의 관행적인 파장에서의 굴절률은 통상적으로 약 0.1 만큼 더 크다는 점을 유의하여야 한다.

표 1

재료	굴절률 n_d ($\lambda = 589\text{nm}$)
$7\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 12\text{CaO}$	1.608
$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{K}_2\text{O}$	1.603
$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaO}$	1.701
$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2\text{K}_2\text{O}$	1.540
$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2 \cdot 2\text{K}$	
$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaO}6\text{H}_2\text{O}$	1.604
$\text{CaNa}_2\text{SiO}_4$	1.60
$\text{CaNa}_4\text{Si}_3\text{O}_9$	1.571
$\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$	1.5667
$\text{MgONa}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2$	1.523
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	1.595

<43>

<44> 도 2에 도시된 바와 같이, 투영 노광 장치(200)는 조명 장치(201)와 투영 대물렌즈(202)를 포함한다. 상기 투영 대물렌즈(202)는 개구 조리개(AP)를 갖는 렌즈 배열(203)을 포함하는데, 여기서 광축(OA)은 (개략적으로만 도시된) 상기 렌즈 배열(203)에 의해 정의된다. 조명 장치(201)와 투영 대물렌즈(202) 사이에 배치된 것은 마스크 훌더(205)에 의해 광선 경로에 고정되어 있는 마스크(204)이다. 마이크로리소그래피의 분야에서 사용되는 이러한 종류의 마스크(204)는, 상기 투영 대물렌즈(202)에 의해 예컨대 4 또는 5의 축소율로 축소되어 이미지 평면(IP) 위로 투영되는 마이크로미터 내지 나노미터 범위의 구조를 담고 있다. 감광성 기판(206) 특히 웨이퍼는 기판 훌더(207)에 의해 위치 설정되어 이미지 평면(IP) 내에서 적당한 위치에 고정되어 있다. 분해될 수 있는 구조들의 최소 치수는 조명에 사용되는 광의 파장 λ 및 상기 투영 대물렌즈(202)의 이미지측 개구수에 의존하는데, 여기서 상기 투영 노광 장치(200)의 최대로 달성 가능한 분해능은 조명 장치(201)의 파장 λ 이 짧을 수록 그리고 상기 투영 대물렌즈(202)의 이미지측 개구수 값이 클수록 증가한다.

<45>

상기 투영 대물렌즈(202)는 본 발명에 따르면 이미지 투영 시스템으로서 구성된다. 본 발명에 따른 광학 소자(100)의 가능한 대강의 위치는 도 2에서 파선으로 단지 개략적으로만 표시되어 있는데, 여기서 상기 광학 소자는 바람직한 실시예에 따라, 상기 투영 대물렌즈(202)의 이미지측에 대한 마지막 광학 소자로서 따라서 상대적

으로 높은 개구 각도(aperture angle)의 영역에 배치되어 있다. 상기 광학 소자는 도 1에 관한 내용에서 설명된 것과 같은 설계에 따르며, 따라서 특히 위에서 설명한 실시예에 따라 평볼록 렌즈의 형태인 제 1 부분 소자(10) 및 평면-평행판의 형태인 제 2 부분 소자(20)로 구성된다.

<46> 비록 본 발명이 특정한 실시예들의 제시를 통해 설명되었지만, 본 기술분야의 당업자는 예컨대 개개의 실시예들의 특징들을 조합하거나 및/또는 교체함으로써 변형들 및 대체 실시예들에 대한 수 많은 가능성들을 인식할 것이다. 따라서, 그러한 변형들 및 대체 실시예들이 본 발명에 포함되는 것으로서 생각되어야 하며 본 발명의 범위는 첨부된 특허청구범위 및 그들의 등가물에만 한정되는 것이 아니라는 점을 이해하여야 한다.

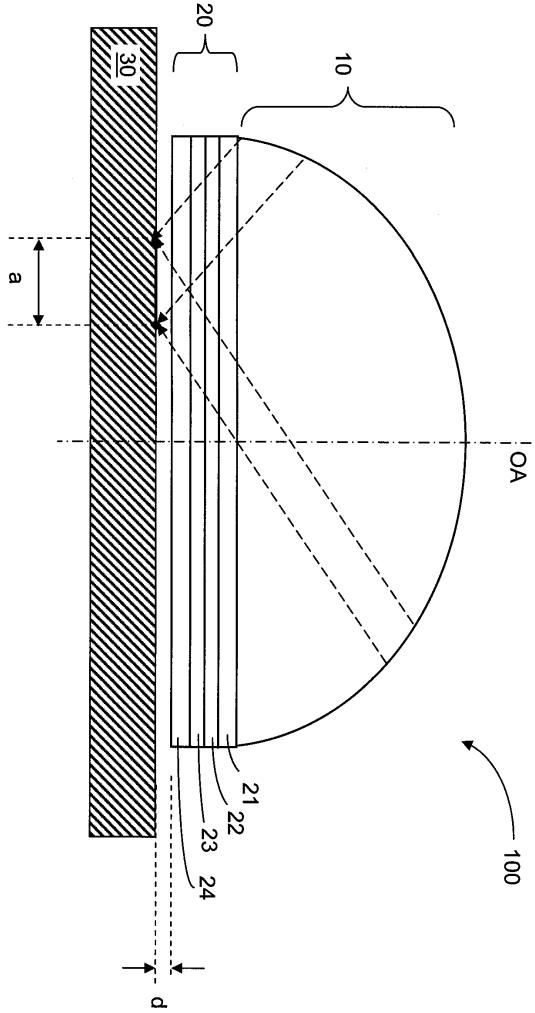
도면의 간단한 설명

<34> 도 1은 본 발명에 따른 이미지 투영 시스템의 양호한 실시예에서의 광학 소자의 설계를 설명하기 위한 역할을 하는 개략적인 도면이다.

<35> 도 2는 본 발명에 따른 투영 대물렌즈를 포함할 수 있는 마이크로리소그래피 투영 노광 장치의 주요한 배치를 개략적으로 나타낸다.

도면

도면1



도면2

