



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2012년01월03일
 (11) 등록번호 10-1101493
 (24) 등록일자 2011년12월26일

(51) Int. Cl.
G03F 7/20 (2006.01) *G03F 1/00* (2006.01)
 (21) 출원번호 10-2006-7020201
 (22) 출원일자(국제출원일자) 2005년03월18일
 심사청구일자 2010년03월05일
 (85) 번역문제출일자 2006년09월28일
 (65) 공개번호 10-2006-0130233
 (43) 공개일자 2006년12월18일
 (86) 국제출원번호 PCT/EP2005/002898
 (87) 국제공개번호 WO 2005/096098
 국제공개일자 2005년10월13일
 (30) 우선권주장
 60/557,384 2004년03월30일 미국(US)
 (56) 선행기술조사문헌
 US05999310 A

(73) 특허권자
칼 짜이스 에스엠티 게엠베하
 독일 오버코헨 73447 루돌프-에버-슈트라세 2
 (72) 발명자
도독 오렐리안
 독일 73447 오버코헨 하인부흐베그 7
울리히 빌헬름
 독일 73434 아알렌 레더악케링 44
 (뒷면에 계속)
 (74) 대리인
한양특허법인

전체 청구항 수 : 총 20 항

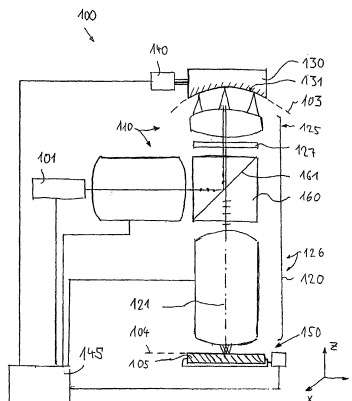
심사관 : 김태영

(54) 투영 대물렌즈, 투영 노광 장치 및 마이크로리소그래피용반사형 레티클

(57) 요약

마이크로리소그래피용 투영 대물렌즈는 물체 표면 내에 배열된 마스크의 패턴을 축소 결상 스케일로 이미지 평면 내에 배열된 이미지 필드 내에 결상시키는 역할을 한다. 상기 대물렌즈는 투영 대물렌즈의 광축을 따라 배열된 다수의 광학소자들을 구비하며, 상기 광학소자들은 투영 대물렌즈가 NA > 0.85 의 이미지측 개구수와 |b| < 0.05 인 축소 결상 스케일을 갖도록 설계되고 정렬되며, 평평한 이미지 필드는 마이크로리소그래피에 적당한 1mm 이상의 최소 이미지 필드 직경을 갖는다.

대표도 - 도1



(72) 발명자
마데르 디터
독일 73571 괴강젠 카스타니엔베그 5

에플레 알렉산더
독일 73431 아알렌 랑게르트슈트라쎄 38

특허청구의 범위

청구항 1

투영 대물렌즈의 물체 표면(103, 203, 303)에 배치된 패턴을 상기 투영 대물렌즈의 이미지 표면(104, 204, 304)에 배치된 이미지 필드에 축소 결상 스케일로 결상시키기 위한 굴절 투영 대물렌즈(120, 220, 320)로서,
 결상 빔 경로의 단일 축소가 상기 물체 표면과 상기 이미지 표면 사이에 제공되도록, 상기 투영 대물렌즈의 광축을 따라 배치된 다수의 광학소자들을 갖고,
 상기 투영 대물렌즈는, 상기 물체 표면 바로 다음에 있는 네거티브(negative) 굴절력을 갖는 제 1 렌즈 그룹,
 상기 제 1 렌즈 그룹 바로 다음에 있는 포지티브(positive) 굴절력을 갖는 제 2 렌즈 그룹,
 상기 제 2 렌즈 그룹 바로 다음에 있는 포지티브 굴절력을 갖는 제 3 렌즈 그룹, 또한
 상기 제 2 렌즈 그룹으로부터 상기 제 3 렌즈 그룹으로의 전이 영역 내에 배치된 개구 조리개를 가지며,
 축소 영역은 네거티브 굴절력을 갖는 상기 제 1 렌즈 그룹의 영역 내에 형성된 최소 빔속 직경을 갖고;
 상기 광학소자들은 상기 투영 대물렌즈가 이미징 개구수 $NA > 0.85$ 와 축소 결상 스케일 $|\beta| < 0.05$ 를 갖도록 설계되고 배치되며,
 상기 이미지 필드가 1mm 보다 큰 최소 이미지 필드 직경을 갖는, 투영 대물렌즈.

청구항 2

제 1 항에 있어서,
 상기 이미지 표면(104)은 평면이고, 상기 투영 대물렌즈의 물체 표면(103)은 상기 투영 대물렌즈에 대하여 오목한 곡률을 갖는, 투영 대물렌즈.

청구항 3

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,
 최대 물체 필드 직경이 D_{max} 이고, 구조적 길이가 L 이며, 상기 물체 표면(103)은 투영 대물렌즈에 대하여 오목한 곡률을 갖고, 다음의 조건들:
 (1) $0.525 \cdot D_{max} < R0 < 100 \cdot D_{max}$
 (2) $0.525 \cdot D_{max} < R0 < 10 \cdot L$
 중에서 적어도 하나에 해당하는 곡률 반경($R0$)을 갖는, 투영 대물렌즈.

청구항 4

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,
 상기 투영 대물렌즈는, 상기 투영 대물렌즈의 적어도 하나의 광학소자를 갖는 물체측 소자 그룹(125) 및 상기 투영 대물렌즈의 적어도 하나의 광학소자를 갖는 이미지측 소자 그룹(126)을 갖고, 상기 결상빔 경로의 투영 방사광에 대해 투과성이며 조명 방사광을 상기 투영 대물렌즈 내로 결합시키는 역할을 하는 결합소자(160, 260)가 상기 물체측 소자 그룹과 상기 이미지측 소자 그룹 사이에 배치되는, 투영 대물렌즈.

청구항 5

제 4 항에 있어서,
 상기 결합소자는 상기 투영 대물렌즈의 광축에 대하여 경사지게 배향된 빔스플리터 표면(161, 261)을 갖는 빔스플리터로서 설계된, 투영 대물렌즈.

청구항 6

제 4 항에 있어서,

상기 결합소자(160, 260)는 상기 축소 영역내에 배치되는, 투영 대물 렌즈.

청구항 7

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 투영 대물렌즈(120)는 물체 공간 내에서 비-텔레센트릭(non-telecentric) 빔 경로를 갖는, 투영 대물렌즈.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

조명광에 대한 결합소자(160)가 네거티브 굴절력을 각각 갖는 2개의 렌즈들 사이의 축소 영역 내에 배치되는, 투영 대물렌즈.

청구항 9

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

물체 필드의 축소된 중간 허상(virtual intermediate image)을 생성하기 위한 것으로, 상기 물체 표면 바로 다음에 있는 네거티브 굴절력을 갖는 제 1 렌즈 그룹, 및

상기 중간 허상을 상기 이미지 표면내로 축소 결상시키기 위한 것으로, 상기 제 1 렌즈 그룹 바로 다음에 있는 포지티브 굴절력을 갖는 제 2 렌즈 그룹을 갖는, 투영 대물렌즈.

청구항 10

투영 대물렌즈(120)의 물체 표면(103)에 배치된 패턴을 주 방사광원(101)으로부터의 방사광으로 조명하기 위한 조명 시스템(110), 및 제 1 항에 따른 투영 대물렌즈를 갖는, 마이크로리소그래피용 투영 노광 장치(100).

청구항 11

제 10 항에 있어서,

상기 조명 시스템(110)은, 상기 조명 시스템의 적어도 하나의 광학소자를 갖는, 상기 방사광원 다음에 있는, 입력측 소자 그룹(135) 및 상기 조명 시스템의 적어도 하나의 광학소자를 갖는 출력측 소자 그룹(125)을 포함하며, 상기 출력측 소자 그룹은 상기 투영 대물렌즈의 일부인, 투영 노광 장치.

청구항 12

제 10 항 또는 제 11 항에 있어서,

상기 조명 시스템은 상기 투영 대물렌즈의 물체 표면(103)과 결합소자(160) 사이에 상기 투영 대물렌즈의 광축과 일치하는 광축을 갖는, 투영 노광 장치.

청구항 13

제 11 항에 있어서,

적어도 하나의 비구면을 갖는 적어도 하나의 광학소자가 상기 조명 시스템의 입력측 소자 그룹 내에 배치되는, 투영 노광 장치.

청구항 14

제 11 항에 있어서,

상기 조명 시스템의 출력측 소자 그룹은, 조명 방사광이, 전체 조명 영역에 걸쳐, 상기 조명 시스템의 출사면이기도 한, 상기 투영 대물렌즈의 물체 표면에 수직하게 부딪히도록 설계되는, 투영 노광 장치.

청구항 15

제 10 항, 제 11 항, 제 13 항, 또는 제 14 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 투영 대물렌즈(120)는, 상기 투영 대물렌즈에 대하여 오목한 곡률을 갖는 굴곡진 물체 표면(103)을 갖고,

상기 조명 시스템(110)은 그 출사면에서의 비-텔레센트릭 빔 경로용으로 설계되는, 투영 노광 장치.

청구항 16

제 11 항, 제 13 항, 또는 제 14 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 조명 시스템의 개구 조리개(A')가 상기 조명 시스템의 상기 입력측 소자 그룹(135) 내에 배치되는, 투영 노광 장치.

청구항 17

제 10 항, 제 11 항, 제 13 항, 또는 제 14 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 조명 시스템(110)은, 상기 조명 시스템의 이미측 개구수가 상기 투영 대물렌즈(120)의 물체측 개구수의 이상이도록 설계되는, 투영 노광 장치.

청구항 18

제 2 항에 있어서,

상기 물체 표면은, 상기 투영 대물렌즈의 구조적 길이(L)보다 작은 곡률 반경(R0)을 가지며, 상기 투영 대물렌즈(120)에 대하여 오목한 곡률을 갖는, 투영 대물렌즈.

청구항 19

제 5 항에 있어서,

상기 결합소자는 상기 투영 대물렌즈의 광축에 대하여 경사지게 배향된 편광-선택성 빔스플리터 표면을 갖는 편광 빔스플리터로서 설계된, 투영 대물렌즈.

청구항 20

제 7 항에 있어서,

상기 물체 공간 내에서의 텔레센트릭(telecentric) 오차는 50mrad 보다 큰, 투영 대물렌즈.

청구항 21

삭제

청구항 22

삭제

청구항 23

삭제

청구항 24

삭제

청구항 25

삭제

청구항 26

삭제

청구항 27

삭제

- 청구항 28
- 삭제
- 청구항 29
- 삭제
- 청구항 30
- 삭제
- 청구항 31
- 삭제
- 청구항 32
- 삭제
- 청구항 33
- 삭제
- 청구항 34
- 삭제
- 청구항 35
- 삭제
- 청구항 36
- 삭제
- 청구항 37
- 삭제
- 청구항 38
- 삭제
- 청구항 39
- 삭제
- 청구항 40
- 삭제
- 청구항 41
- 삭제
- 청구항 42
- 삭제
- 청구항 43
- 삭제

청구항 44

삭제

청구항 45

삭제

청구항 46

삭제

청구항 47

삭제

청구항 48

삭제

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 투영 대물렌즈의 물체 표면에 배열된 패턴을 투영 대물렌즈의 이미지 평면에 배열된 이미지 필드에 축소 결상 스케일로 결상시키는 투영 대물렌즈, 상기 투영 대물렌즈를 구비하는 마이크로리소그래피용 투영 노광 장치, 및 상기 투영 노광 장치에서의 사용에 적당한 반사형 마스크에 관한 것이다. 본 발명의 바람직한 적용 분야는 소위 "무 마스크 리소그래피(maskless lithography)"이다.

배경기술

[0002] 축소 결상 스케일을 갖는 포토리소그래피 투영 대물렌즈(축소 대물렌즈)는 반도체소자 및 다른 미세하게 패터닝된 소자들의 포토리소그래피 방식의 제조에 수십년 동안에 사용되어 왔다. 상기 대물렌즈는 통상적으로 마스크(포토마스크 또는 레티클)에 제공된 패턴을 감광층으로 코팅된 물품 위에 축소 스케일로 매우 높은 해상도로 투영하는 역할을 한다. 대부분의 통상적인 마스크들은, 예컨대 반도체소자의 특정한 기능의 층에 대응하는 고정된 소정의 패턴을 갖는다. 고정된 소정의 마스크들을 갖는 그러한 마스크들은 다양한 종류의 마스크들, 예컨대 바이너리 마스크(binary mask), 다양한 위상 반전 마스크(phase shift mask) 또는 혼합형 마스크(hybrid mask)를 포함한다. 상기 마스크들은 투과형 마스크(transmission mask) 또는 반사형 마스크(reflective mask)로서 형성된다. 마스크는 또한 이하에서 레티클로 불린다. 한편으로 1:4 또는 1:5 의 축소 결상 스케일 β 는 종래의 투영 시스템에서 통상적인 것이 되었다.

[0003] 종래의 투영 시스템은 평평한 마스크를 평평한 이미지 필드에 결상시키도록 설계된다. 따라서, 이미지 필드 만족을 보정하기 위한 수단(페즈발 보정)이 투영 대물렌즈에 제공된다. 만족된 기관에서의 투영 리소그래피를 위하여, 미국 특허 US 6,461,908 B1 은 상기 만족된 기관의 형태와 동일한 형태를 갖는 만족된 마스크를 사용할 것을 제안하고 있다. 상기 만족된 마스크는 접촉식 방법으로 제조된다.

[0004] 미국 특허 US 5,257,139 는 극자외선 방사광(EUV)용의 순수 반사식 축소 대물렌즈를 개시하는 데, 물체 표면 및 /또는 이미지 평면은 상기 투영 대물렌즈에 대하여 오목하게 만족되어 있다.

[0005] 보다 더 미세한 구조들을 생산할 수 있도록 하기 위해서, 우선 투영 대물렌즈의 이미지측 개구수(NA)를 점점 더 증가시키기 위한 시도가 이루어지고 있다. 다음으로, 보다 더 짧은 파장, 특히 260nm 보다 작은 파장, 예컨대 248nm, 193nm 또는 157nm 의 파장을 갖는 UV 광이 사용되고 있다. 마스크 상에 존재하는 패턴들의 특징부 크기를 축소시키는 것 또한 이미지측에 제공되는 구조들의 크기를 감소시키는 데 기여할 수 있다. 그러나, 극히 미세한 구조들은 복잡하고 많은 비용이 든다. 그러므로, D.A. Markle 의 논문 "리소그래피: 미래의 길 (Lithography: The road ahead)"(Solid State Technology, February 1999, p.84)에서 예시적으로 기술된 것과 같은 무 마스크 기술(maskless technology)이 개발되고 있다.

[0006] 본 출원에서 사용되는 용어 "무 마스크 리소그래피"는 일반적으로 고정된 소정의 패턴들을 갖는 마스크를 사용

하지 않거나 그러한 마스크만을 전적으로 사용하지 않는 리소그래피 기술에 관한 것이다.

[0007] 알려진 "무 마스크" 리소그래피 기술은 개별적으로 구동 가능한 미러 영역들을 갖는 반사형 레티클(반사형 마스크)들을 사용하는 것을 필요로 한다. 그러므로 마스크의 패턴은 마스크의 적당한 구동에 의해 변경될 수 있다. 결상될 패턴들은, 미국특허 US 6,238,852 B1 에 개시된 바와 같이, 예컨대 변형 가능하거나 이동 가능한 마이크로 미러들을 사용하여 만들어질 수 있다. M.A. Mignard 에 의해 발표된 "프로젝션 TV 용 디지털 마이크로 미러 어레이(Digital Micromirror Array for Projection TV)"(Solid State Technology, July 1994, pp.63-68)는 구동 가능한 마이크로 미러 어레이들을 개시하고 있다. 투영 노광 장치에서 결상될 물체로서 개별적으로 구동 가능한 개개의 미러들의 어레이를 갖는 그러한 평면 미러 장치의 사용은 특허 명세서 US 5,523,193, US 5,691,541, US 6,060,224, US 6,312,134, 및 US 5,870,176 의 주제이다. 상기 명세서에서 설명된 예시적인 실시예들에 개시된 투영 대물렌즈는 단지 개략적으로만 표현되어 있다.

[0008] 본 출원인의 국제특허출원 WO 03/016977 A2 은 극자외선 영역(EUV)에서의 투영 노광에 적당하고 구동 가능한 마이크로 미러 어레이의 형태로 반사형 레티클들을 사용하는 순수 반사식 구조의 다양한 투영 노광 장치를 개시하고 있다. 구동 가능한 반사형 마스크를 경사지게 조명하는 조명 시스템과 반사형 마스크에 의해 형성된 패턴의 고도로 축소된 이미지를 노광될 기판 위에 생성하는 투영 대물렌즈는 모두, 중심이 천공된 오목 미러들의 사용으로 인해 중심 암흑화(obscuration)를 갖는다. 축에서 벗어난 물체 필드는 평평한 레티클을 경사 조명하는 동안 조명된다. 1:100 까지의 축소 결상 스케일이 주어지면 NA = 0.6 까지의 이미지축 개구수가 성취된다.

[0009] 본 출원인의 독일특허출원 DE 100 05 189 A1 (US 6,596,718 B1 에 대응)은 미리 정해진 고정된 패턴을 갖는 평평한 반사형 레티클을 사용하는 순수 굴절식 또는 반사굴절식 투영 대물렌즈를 구비하는 투영 노광 장치를 개시한다. 1:4의 통상적인 축소 스케일과 NA > 0.5 까지의 통상적인 NA 값이 특징인 축소 대물렌즈에 빔스플리터 큐브가 제공되며, 상기 빔스플리터 큐브는 조명 시스템의 조명빔 경로와 투영 대물렌즈의 결상빔 경로를 중첩시키는 역할을 한다. 투영 대물렌즈에 측면으로 방사된 조명광은 빔스플리터 표면에서 반사된 후 반사형 레티클의 중심으로 입사한다. 조명빔 경로와 결상빔 경로 모두에서 활용되는 광학소자들은 빔스플리터 큐브와 반사형 레티클 사이에 위치한다.

[0010] 빔스플리터를 이용하여 광학 결상 시스템의 결상빔 경로에 조명 방사광을 측면으로 결합시키는 것은 자외선 현미경 검사의 영역으로부터 공지되어 있다. 특허 명세서 US 5,999,310 은 물체축 NA = 0.9 와 100:1 까지의 가변 배율을 갖는 UV 광대역 현미경의 예를 도시한다.

[0011] 미국특허 US 6,439,726 은 조명 시스템의 광축이 투영 대물렌즈의 광축에 대해 소정의 각도로 기울어진 집적화된 조명 시스템을 갖는 - 비디오 프로젝션용으로 제조된 - 투영 대물렌즈를 개시한다. 조명광의 투영 시스템에의 경사진 결합은 또한 US 4,969,730 에 개시되어 있다.

발명의 상세한 설명

[0012] 본 발명의 하나의 목적은 미세하게 패턴닝된 소자들을 마이크로리소그래피 방식으로 제조하는 동안 극히 미세한 구조들을 비용-효과적인 방법으로 제조할 수 있는 투영 대물렌즈를 제공하는 것이다. 본 발명의 추가적인 목적은 마이크로리소그래피를 통한 미세하게 패턴닝된 소자들의 유연한 생산을 가능하게 하는 투영 대물렌즈를 제공하는 것이다. 본 발명의 또 다른 목적은 비용-효과적인 방법으로 극히 미세한 구조들을 갖는 미세하게 패턴닝된 소자들의 유연한 제조를 가능하게 하는 마이크로리소그래피 투영 노광 장치를 제공하는 것입니다.

[0013] 이들 및 다른 목적들은, 본 발명의 한 유형에 따르면, 투영 대물렌즈의 물체 표면에 배열된 패턴을 투영 대물렌즈의 이미지 평면에 배열된 이미지 필드에 축소 결상 스케일로 결상시키는 투영 대물렌즈에 있어서, 투영 대물렌즈의 광축을 따라 배열된 다수의 광학소자들을 포함하며, 상기 광학소자들은 투영 대물렌즈가 NA > 0.85 의 이미지축 개구수와 $|\beta| < 0.05$ 인 축소 결상 스케일을 갖도록 설계되고 정렬되며, 이미지 필드가 1mm 보다 큰 최소 이미지 필드 직경을 갖는 것을 특징으로 하는 투영 대물렌즈에 의해 달성된다.

[0014] 바람직하게는, 결상 스케일의 배율 $|\beta|$ 에 대해 다음의 조건: $|\beta| < 0.02$, 특히 $|\beta| < 0.01$ 이 정확하다.

[0015] 마이크로리소그래피에서, 현미경의 통상적인 필드 직경 보다 적어도 10배인 큰 최소 이미지 필드 직경을 갖는 평평한 이미지 필드는 미세하게 패턴닝된 소자들을 위한 경제적인 제조 공정의 전제 조건이다. 상기 이미지 필드는, 특히 필드-의존성 수차들을 보정하기 위한 특별한 설계 수단들을 요구한다. 높은 이미지축 개구수와 큰 축소 스케일의 조합은, 비교적 비용-효과적으로 조대하게(coarsely) 패턴닝된 패턴들이 제공될 수도 있는 마스크의 경우에도 극히 미세한 특징부 크기들이 노광된 물체 위에 예리한 윤곽으로 형성되는 것을 허용한다. 100nm

또는 그 이하의 영역 내에 있을 수 있는, 이미지측에서 얻을 수 있는 작은 특징부 크기에도 불구하고, 이는 상대적으로 간단한 구조의 투영 대물렌즈로도, 예컨대 193nm 또는 그 이상의 동작 파장으로 설계될 수 있는 순수 굴절식 투영 대물렌즈로도, 요구에 따라 성취될 수 있다. 처리의 관점에서 쉽게 제어 가능한 비용-효과적인 재료들이 렌즈의 제조용으로 그리고 광학적 코팅의 제조용으로 이 파장 영역에서 입수 가능하기 때문에, 적당한 비용으로 높은 결상 품질을 갖는 투영 대물렌즈를 제공하는 것이 가능하다.

- [0016] 양호한 실시예에서, 최소 이미지 필드 직경은 5mm 또는 그 이상이며, 특히 10mm 또는 그 이상일 수도 있다. 이러한 크기의 이미지 필드로, 마이크로 패터닝된 소자들은 단계-및-반복(step-and-repeat) 방식과 단계-및-주사(step-and-scan) 방식 모두로 노광될 수 있다.
- [0017] 평평한 물체 표면을 갖는 본 발명에 따른 투영 대물렌즈에 대한 실시예들이 있다. 이들은 통상적인 평평한 투과형 마스크 또는 반사형 마스크 또는 위상 반전 마스크와 함께 사용될 수 있는 데, 이 경우에 마스크 상에 형성된 패턴들은 큰 축소배율 때문에 매우 조대할 수도 있다. 이는 마스크 제조에 있어서 비용을 저감시킨다. 사용 가능한 마스크의 패턴의 통상적인 특징부 크기는 1 μ m 또는 10 μ m 또는 그 이상 정도의 크기일 수 있다.
- [0018] 평평한 이미지 평면을 갖는 다른 실시예에서, 투영 대물렌즈의 물체 표면은 투영 대물렌즈에 대하여 오목한 곡률을 갖는다. 그러므로 곡률의 중심은 투영 대물렌즈와 대향하는 물체 표면의 측면 위에 놓인다. 물체 표면의 곡률의 양호한 반경 R 은 최대 물체 필드 직경 Dmax 를 갖는 시스템에서 $0.525 \cdot D_{max} < R < 100 \cdot D_{max}$ 의 범위 내에 및/또는 구조 길이 L 를 갖는 시스템에서 $0.525 \cdot D_{max} < R < 10 \cdot L$ 의 범위 내에 놓인다. 이미지 평면만이 평평한 투영 대물렌즈에서, 물체 표면이 물체측에서 오목하게 만곡된 동안, 이미지 필드 만곡을 보정(페즈발 보정)하기 위한 복잡한 보정 수단은 대부분 또는 완전히 없어도 된다. 예시의 방법에 의해, 페즈발-보정된 시스템에서 현저하게 불룩하고 오목한 구조를 가져오는 빔속(bundle) 직경의 큰 변동을 감소시키는 것이 가능하다. 이는 보다 작은 렌즈와 보다 작은 최대 렌즈 직경을 갖는 비용-효과적인 시스템의 구성을 가능하게 한다. 적어도 하나의 오목 미러를 갖는 반사굴절식 시스템이 활용되는 경우, 미러는 페즈발 보정에 대한 주요한 기여가 요구되지 않기 때문에 주어진 적당한 크기일 수 있다.
- [0019] 투영 대물렌즈에 대하여 오목한 물체 표면의 곡률은, 특히 양호한 곡률 반경을 갖는 곡률은 결상 배율 $|\beta| > 0.05$ 을 갖는 투영 대물렌즈의 경우, 예컨대, $0.1 \leq |\beta| < 0.01$ 또는 그 이상, 예컨대 $\beta = 0.25$ 또는 $\beta = 0.2$ 를 갖는 투영 대물렌즈의 경우에 유리할 수 있다.
- [0020] 반사형 레티클의 사용에 특히 적합하게 된 실시예에서, 투영 대물렌즈는 상기 투영 대물렌즈의 적어도 하나의 광학소자를 갖는 물체측 소자 그룹과 상기 투영 대물렌즈의 적어도 하나의 광학소자를 갖는 이미지측 소자 그룹을 갖고, 결상빔 경로의 투영 방사광에 대해 투과성이며 조명 방사광을 상기 물체측 소자 그룹과 이미지측 소자 그룹 사이에 배열되는 투영 대물렌즈 내에 결합시키는 역할을 하는 결합소자(coupling-in device)를 가진다. 상기 결합소자에 의해, 조명 방사광은 먼저 반사형 레티클을 위로 안내되며, 그런 후 상기 반사형 레티클로부터 투영 대물렌즈의 이미지 평면의 방향으로 결상되도록 반사된다. 그 결과, 반사형 레티클의 중심적인 방사광 조명이 가능하다. 결상빔 경로와 조명빔 경로는 상기 결합소자에 의해 중첩될 수 있다. 그러면, 통상적인 시스템에 반하여, 조명 시스템과 결상 광학기기 사이의 경계면은 더 이상 마스크가 위치하는 물체 표면의 영역이 아니며, 조명 시스템과 대향하는 결합소자의 입구이다.
- [0021] 결합소자는 투영 대물렌즈의 광축에 대하여 경사지게 배향된 빔스플리터 표면을 갖는 빔스플리터로서 설계될 수도 있다. 빔스플리터 큐브 또는 빔스플리터 블록은 특히, 편광-선택성 빔스플리터 표면(편광 빔스플리터)과 관련된 것일 수 있다. 빔 경로 내에 경사지게 위치한 부분 투과성 미러 또는 빔스플리터 판의 사용 역시 가능하다. 특히, 본 출원인의 US 6,596,718 B1 에 기술된 것과 같은, 광에 결합하기 적당한 빔스플리터 소자들로 만들어진 것일 수 있다. 상기 문헌의 개시 내용은 본 명세서의 내용에 참조로서 완전한 형태로 통합된다.
- [0022] 몇몇 실시예에서, 결상빔 경로의 적어도 하나의 축소는 투영 대물렌즈 내의 물체 표면과 이미지 평면 사이에 제공된다. 주위에 비하여 아주 작은 빔 높이를 갖는 그러한 영역은 이하에서 "마디(waist)"로도 불린다. 결합소자는 바람직하게는 결상빔 경로의 그러한 축소의 영역에 설치되며, 따라서 작은 크기로 주어질 수 있고, 그 결과 예컨대 빔스플리터 블록의 제조에 있어서 재료가 절약될 수 있다. 투영 대물렌즈에 조명 시스템을 결합시키기 위한 구조적 공간의 요구사항에 대해서도 이점을 줄 수 있다. 더욱이, 상대적으로 작은 빔 직경의 출사 방사광을 제공하는 조명 시스템을 채용하기에도 충분하다.
- [0023] 바람직하게는, 단지 하나의 마디가 제공된다. 최소 빔속 직경을 갖는 하나의 축소 영역을 갖는 순수 굴절식, 회전 대칭형 투영 대물렌즈는 특히 컴팩트하고 재료-절약적인 방식으로 구성될 수 있다.

- [0024] 투영 대물렌즈의 다른 변형에서, 마찬가지로 투영 대물렌즈는 물체측 소자 그룹과 이미지측 소자 그룹을 가지며, 두 개의 소자 그룹은 각각의 경우에 투영 대물렌즈의 적어도 하나의 광학소자를 포함한다. 적당한 결합소자에 의해, 조명 방사광은 물체측 및 이미지측 소자 그룹 사이의 투영 대물렌즈 내로 비스듬하게 방사되며, 그 결과 물체측 소자 그룹의 적어도 하나의 광학소자는 조명빔 경로 및 결상빔 경로 모두에 의해 사용되고, 따라서 조명 시스템과 투영 대물렌즈 모두의 일부가 된다. 본 실시예에서, 조명 시스템의 적어도 하나의 광학소자, 즉, 투영 대물렌즈의 물체측 소자 그룹의 적어도 하나의 광학소자는 상기 조명 시스템의 광축에 대해 편심 배치된다. 결합소자가 투영 대물렌즈의 결상빔 경로 바깥에 놓일 수도 있는 경사진 결합에 의해, 무편광 광을 갖는 결상이 가능하며 투영 대물렌즈의 투과성은 상기 결합소자에 의해 약화되지 않는다.
- [0025] 굴절식 투영 대물렌즈의 한 실시예에서, 상기 대물렌즈는 이미지 평면 다음에 있는 포지티브 굴절력을 갖는 제 1 렌즈 그룹, 상기 제 1 렌즈 그룹 다음에 있는 네가티브 굴절력을 갖는 제 2 렌즈 그룹, 상기 제 2 렌즈 그룹 다음에 있는 포지티브 굴절력을 갖는 제 3 렌즈 그룹, 상기 제 3 렌즈 그룹 다음에 있는 포지티브 굴절력을 갖는 제 4 렌즈 그룹 및 상기 제 3 렌즈 그룹으로부터 제 4 렌즈 그룹으로의 전이 영역에 배치된 개구 조리개를 구비한다. 최소 빔속 직경을 갖는 단일한 축소 영역은 네가티브 굴절력을 갖는 제 2 렌즈 그룹의 영역 내에 형성된다. 조명광을 위한 결합소자, 예컨대, 편광 빔스플리터는, 바람직하게는 각각의 경우에 여기서 네가티브 굴절력을 갖는 두 개의 렌즈들 사이에 배치될 수 있다. 다른 실시예에서, 조명광의 경사진 결합은 이 영역 내에, 특히 제 2 렌즈 그룹의 두 개의 네가티브 렌즈들 사이에 제공될 수 있다. 포지티브 제 1 렌즈 그룹의 도움으로, 상기 대물렌즈가 물체 공간 내에서 거의 텔레센트릭한 빔 경로를 갖는 것이 가능하다. 특히, 텔레센트릭 오차는 50 mrad 이하, 바람직하게는 10 mrad 이하, 특히 1 mrad 이하일 수 있다.
- [0026] 다른 실시예에서, 포지티브 굴절력을 갖는 입력측 제 1 렌즈 그룹은 제거될 수도 있으며, 그 결과 시스템은 네가티브 굴절력을 갖는 렌즈 그룹으로 시작한다. 그러한 실시예는 만곡된 레티클의 사용에 특히 적당하게 된다. 이러한 경우에, 투영 대물렌즈의 물체 공간 내의 빔 경로는 텔레센트릭 조건으로부터 크게 벗어날 수도 있다. 특히, 50 mrad 이상의 텔레센트릭 오차가 제공될 수도 있다. 텔레센트릭 오차 광축에 대한 주요 결상 빔의 경사 각도에 의해 기본적으로 결정되며 빔 높이에 일반적으로 의존한다.
- [0027] 본 발명에 따른 투영 대물렌즈의 다른 실시예에서, 물체 필드의 축소된 허상의 중간상(intermediate image)을 생성하기 위한, 이미지 평면 다음에 있는 네가티브 굴절력을 갖는 제 1 렌즈 그룹과, 이어서, 상기 허상의 중간상을 이미지 평면으로 축소 결상하는 역할을 하는 포지티브 굴절력을 갖는 제 2 렌즈 그룹으로 이루어진 것이 제공된다. 바람직한 시스템은 역초점(retrofocus) N-P 타입의 시스템으로서 간주될 수 있다. 한 실시예에서, 물체측 텔레센트릭성은, 포지티브 굴절력을 갖는 추가적인 렌즈 그룹이 네가티브 굴절력을 갖는 입력측 렌즈 그룹의 상류측에 삽입된다는 사실에 의해 성취된다. 이러한 타입의 굴절식과 반사굴절식 투영 대물렌즈가 모두 가능하다. 반사굴절식 투영 대물렌즈의 한 실시예에서, 포지티브 굴절력을 갖는 이미지측 렌즈 그룹은 이미지 평면에 대해 오목한, 중심 개구를 갖는 오목 미러와 상기 오목 미러와 대향하여 놓여 있으며, 상기 개구를 통해 진행되는 방사광을 상기 오목 미러의 방향으로 역반사하기 위한 물체측 미러면을 갖는 역반사 미러를 포함한다. 한 실시예에서, 상기 역반사 미러는 볼록하게 만곡되는 데, 반면에 다른 실시예에서는 평면 미러로서 구현된다.
- [0028] 본 발명은 또한 주요한 방사광원으로부터의 방사광으로 투영 대물렌즈의 물체 표면 내에 배열된 패턴을 조명하기 위한 조명 시스템과 본 발명에 따른 투영 대물렌즈를 구비하는 마이크로리소그래피용 투영 노광 장치에 관한 것이다.
- [0029] 한 실시예에서, 조명 시스템은 상기 조명 시스템의 적어도 하나의 광학소자를 갖는, 광원 다음에 있는 입력측 소자 그룹 및 상기 조명 시스템의 적어도 하나의 광학소자를 갖는 출력측 소자 그룹을 구비하며, 동시에 상기 출력측 소자 그룹은 투영 대물렌즈의 일부이다. 이는, 투영 대물렌즈의 결상빔 경로와 조명 시스템의 조명빔 경로 모두에 의해 하나 또는 다수의 렌즈들이 사용되는 것을 가능하게 한다. 이 경우에, 레티클의 중심 조명과 레티클의 경사 조명이 실시예에 따라 가능하다. 중심 조명을 갖는 실시예에서, 조명 시스템은 결합소자와 투영 대물렌즈의 물체 표면 사이에서 상기 투영 대물렌즈의 광축과 일치하는 광축을 갖는다. 대안으로서, 조명 시스템의 광축은 또한 투영 대물렌즈의 광축에 대해 한정된 각도를 형성할 수도 있다(경사 조명). 이 경우에, 조명 시스템의 출력측 소자 그룹의 광학소자들은 상기 조명 시스템의 광축에 대해 편심 배치될 수도 있으며 조명 시스템의 출사 평면은 상기 조명 시스템의 광축에 대해 경사지게 된다.
- [0030] 모든 경우에 대해, 투영 대물렌즈에 대한 조명 방사광의 우수한 적응을 성취하기 위하여, 적어도 하나의 비구면을 갖는 적어도 하나의 광학소자가 조명 시스템의 입력측 소자 그룹 내에 배치되는 것이 적당할 수도 있다. 바람직하게는, 조명 시스템의 개구 조리개(aperture diaphragm)가 상기 입력측 소자 그룹의 영역 내에 배치된다.

조명 시스템은, 상기 조명 시스템의 이미지측 개구수가 투영 대물렌즈의 물체측 개구수와 같거나 그 이상이 되도록 설계되는 것이 바람직하다. 그 결과, 투영 대물렌즈의 동공은 완전히 조명될 수 있다.

[0031] 일반적으로, 조명 시스템의 출사 평면인 투영 대물렌즈의 물체 표면 상에 조명 방사광이 실질적으로 전체 조명 영역에 대해 실질적으로 수직하게 입사하도록 상기 조명 시스템의 출력측 소자 그룹이 설계되는 것이 적합하다. 그러므로, 평평한 물체 표면을 갖는 투영 대물렌즈의 실시예에서, 조명 시스템은 그 출사측에서 텔레센트릭한 빔경로를 위해 설계되는 것이 바람직하다. 반면에, 만곡된 물체 표면을 갖는 투영 대물렌즈에서, 조명 시스템의 출사 방사광은 텔레센트릭 조건으로부터 거의 벗어날 수 있다.

[0032] 또한, 본 발명은 특히 본 발명에 따른 투영 대물렌즈와 함께 사용되도록 제공되지만 다른 대물렌즈와도 유리하게 사용될 수 있는 반사형 레티클에 관한 것이다. 상기 레티클은 미러측에서 오목한 곡률을 갖는 오목 반사형 마스크로서 설계된다. 상기 곡률은 관련된 투영 대물렌즈의 물체 표면의 곡률에 맞게 형성된다. 미러면의 곡률의 바람직한 반경 RO 는 최대 유효 미러 직경 D_{max} 를 갖는 시스템에서 $0.525 \cdot D_{max} < RO < 100 \cdot D_{max}$ 의 범위 내에 있다. 그러한 만곡된 반사형 마스크의 도움으로, 만곡된 물체 표면을 갖는 투영 대물렌즈의 구성에서 상술한 이점들(예컨대, 이미지 필드 만곡의 보정을 위해 제공되는 설계 수단을 감축시키는 것)을 완전하게 활용하는 것이 가능하다.

[0033] 바람직한 실시예에서, 반사형 마스크는 개별적으로 구동 가능한 개개의 미러들의 어레이(마이크로 미러 어레이)를 갖는 미러 장치로서 구성된다. 개개의 미러들의 반사도에 대한 공간 분포를 적절히 설정하는 것은 패턴이 가변적인 방식으로 설정되는 것을 가능하게 하는 데, 그런 후 투영 대물렌즈를 통해 크게 축소되는 방식으로 상기 투영 대물렌즈의 이미지 평면으로 투영된다.

[0034] 개개의 미러들의 반사도는 여러 가지 방법으로 설정될 수 있다. 경사 가능한 개개의 미러들을 갖는 실시예가 바람직한 데, 개개의 미러들을 경사지게 함으로써, 상기 개개의 미러에 입사하는 방사광이 투영 대물렌즈로 반사되거나 또는 입사하는 방사광이 상기 대물렌즈를 통과하도록 하는 것을 가능하게 한다. 이 목적을 위하여, 레티클로부터 반사된 방사광을 입사각도에 따라 투과하거나 반사하는 표면, 예컨대 전반사면이 투영 대물렌즈에 제공될 수도 있다.

[0035] 반사형 마스크는 상기 반사형 마스크의 대칭축에 대하여 회전 대칭인 곡률을 갖는 것이 바람직하며, 미러 장치의 개개의 미러들은 대칭축에 대하여 반경 방향에 수직하게 배향된 경사 축들을 중심으로 상기 미러 장치의 다른 개개의 미러들에 대해 경사질 수 있다. 그 결과, 특히 바람직한 구성이 가능하다.

[0036] 광을 효과적으로 차단하는 것을 보장하기 위하여, 반사형 마스크의 개개의 미러들은, 바람직하게는, 투영 대물렌즈의 물체 표면 영역 내에서의 최대 개구각(aperture angle)보다 큰 경사각 만큼 상기 반사형 마스크의 대칭축에 대해 경사질 수 있다.

[0037] 개개의 미러들은 그들이 영역을 완전하게 채우도록 배치되는 것이 바람직한 데, 이 경우에 개개의 미러들 사이에 존재하는 무반사 영역은 통상적으로 수 μm , 특히 $1\mu m$ 이하의 폭을 가질 수 있다.

[0038] 개개의 미러들은 정육각형의 형태인 것이 바람직하다. 이는 한편으로, 예컨대 95% 또는 98% 또는 99% 이상의 채움 계수로, 영역을 거의 완전하게 채우는 것을 가능하게 한다. 다른 한편으로, 그러한 벌집형 구조는, 패턴의 구조 방향에 대응하는 개개의 미러들의 열을 각각의 경우에 함께 구동시킴으로써, 많은 상이한 방향으로 선형적인 구조 소자들의 패턴을 생성하는 데 사용될 수 있다.

[0039] 본 발명은 또한 마이크로리소그래피 투영 노광 장치를 이용하여 감광성 기판을 노광시키는 방법을 포함한다. 상기 방법에서, 개별적으로 구동 가능한 개개의 미러들의 어레이를 갖는 미러 장치를 포함하는 반사형 마스크는 조명 시스템에 의해 조명된다. 이 경우에, 조명 방사광의 빔속들은 상기 미러 장치의 개개의 미러들에서 반사된다. 빔속들 중 단지 일부만이 투영 대물렌즈를 통과하여 감광성 기판으로 진행하고, 그 결과 상기 감광성 기판이 투영 대물렌즈를 투과한 빔속들에 의해 소정의 패턴을 따라 노광되도록, 제어부는 소정의 패턴에 따라 상기 미러 장치의 개개의 미러들을 구동한다. 반사형 마스크는 그 미러측에서 오목하게 만곡되는 것이 바람직하다.

[0040] 상술한 그리고 추가적인 특징들이 청구범위뿐만 아니라 상세한 설명 및 도면에도 나타나며, 이 경우에 개별적인 특징들이 구현될 수도 있고, 각각의 경우에 그 자체로 또는 본 발명의 실시예 및 다른 분야에서의 부조합의 형태의 다수로서 스스로 보호 가능한 유리한 실시예들을 나타낼 수 있다.

실시예

- [0051] 양호한 실시예에 대한 이하의 설명에서, 용어 "광축"은 구면의 광학 부품들의 곡률 중심 또는 비구면 소자들의 대칭축을 관통하는 직선 또는 일련의 직선 부분들을 나타낸다. 광축은 폴딩 미러(편향 미러) 또는 다른 반사면들에서 절곡된다. 실시예에서, 물체는 집적회로의 층 패턴을 갖는 마스크(레티클)이다. 예컨대, 격자의 상이한 패턴이 또한 포함될 수도 있다. 실시예에서, 이미지는 포토레지스트 층이 제공되며 감광성 기관으로서 역할을 하는 웨이퍼 위에 투영된다. 다른 기관들, 예컨대 액정 디스플레이를 위한 소자들 또는 광학 격자를 위한 기관들 또한 가능하다.
- [0052] 도 1은 대규모로 집적된 반도체소자의 제조를 위해 제공되는 웨이퍼 스텝퍼(100)의 형태로 마이크로리소그래피 투영 노광 장치를 도시한다. 상기 투영 노광 장치(100)는 광원으로서 193nm의 동작 파장을 갖는 ArF 레이저(101)를 포함하며, 광원으로서 다른 DUV 또는 VUV 레이저들, 예컨대 157nm 용 F₂ 레이저, 126nm 용 Ar₂ 레이저 또는 106nm 용 NeF 레이저를 사용하는 것도 역시 가능하다. 예컨대, 248nm 또는 365nm의 보다 긴 파장 역시 사용될 수 있다. 하류측의 조명 시스템(110)은 그 하류측의 투영 대물렌즈(120)의 텔레센트릭 요구에 맞추어, 크고 예리하게 경계지어진 매우 균질하게 조명되는 조명 필드를 구면으로 만곡된 출사면(103)에 주 광원(101)의 광으로부터 생성한다. 조명 시스템(110)은 조명 모드의 선택을 위한 장치를 구비하며, 예컨대 가변적인 가간섭성도(degree of coherence)를 갖는 통상적인 조명, 환형 조명 및 극 조명(polar illumination), 특히 2극 또는 4극 조명 사이에서 변화될 수 있다.
- [0053] 구면으로 오목하게 만곡된 반사면(131)을 갖는 반사형 마스크(130)는, 상기 반사면이 조명 시스템의 출사면(103)과 일치하는 방식으로 상기 조명 시스템의 출사면(103)의 영역 내에 배치된다. 이하에서 반사형 레티클로도 불리는 반사형 마스크는 상기 마스크를 고정하고 조작하기 위한 장치(140)(레티클 스테이지)에 의해 고정된다. 몇몇 실시예에서, 반사형 마스크는 스캐너 동작을 위해 설치될 수 있다.
- [0054] 마스크(130)의 하류측의 광 경로에는, $\beta = 1:100$ 의 결상 스케일의 경우에, 상기 반사형 마스크(130)에 의해 형성된 패턴의 크게 축소된 이미지를 투영 대물렌즈(120)의 평평한 이미지 평면(104)에 결상시키도록 설계된 순수 굴절식 축소 대물렌즈(120)가 이어진다. 감광성 기관으로서 역할을 하는 반도체 웨이퍼(105)는, 포토레지스트 층으로 코팅된 평평한 기관 표면이 투영 대물렌즈(120)의 이미지 평면(104)과 본질적으로 일치하는 방식으로 상기 이미지 평면(104)의 영역 내에 배치된다. 상기 웨이퍼는 스캐너 드라이브를 포함할 수도 있는 장치(150)(웨이퍼 스테이지)에 의해 고정된다. 상기 장치(150)는 대물렌즈(120)의 광축(121)에 평행한 z 방향으로도 상기 광축에 수직인 x 및 y 방향으로도 웨이퍼를 이동시키기 위하여 조작기를 또한 포함한다. 광축에 수직하게 진행하는 적어도 하나의 경사축을 갖는 경사 장치가 통합된다. 중앙 컴퓨터 유닛(145)의 도움으로, 광원(101), 조명 시스템(110), 투영 대물렌즈(120), 레티클 스테이지(140), 웨이퍼 스테이지(150) 및 반사형 마스크(130)는, 노광 단계에서 제공된 노광이 최적화된 방식으로 수행될 수 있도록 구동될 수 있다.
- [0055] 보다 상세한 특징부들은 도 1-4와 함께 보다 상세하게 설명된다. 광축(121)에 대해 회전 대칭인 투영 대물렌즈(120)는, 이미지측 개구수 NA = 0.9인 경우에 구면으로 만곡된 물체 표면(103)이 암흑화가 없는 방식으로 1:100의 결상 스케일로 평평한 이미지 평면(104)에 결상될 수 있도록 설계된다. 이 경우에, 광축(121)에 대해 중심이 맞추어진 물체 필드는 4mm의 이미지 필드 직경을 갖는 중심 정렬된 이미지 필드에 결상된다. 물체 표면(103)은 이미지 평면에 대하여 오목하고, 광축(121)을 따른 물체 표면(103)과 이미지 평면(104) 사이의 축 방향 거리에 의해 주어진 투영 대물렌즈의 구조적 길이(L)(L = 1000mm)보다 크게 작은 400mm의 곡률 반경(R0)을 갖는다. 투영 대물렌즈(도 2)는 4개의 렌즈들을 갖는 물체측 소자 그룹(125)과 13개의 렌즈들을 갖는 이미지측 소자 그룹(126)을 구비하며, 개구 조리개(A)는 엄격한 텔레센트릭성(telecentricity)이 이미지 공간 내에 있도록 이미지측 소자 그룹의 최대 빔속(bundle) 직경 영역 내에 배치된다. 반면에, 물체 공간 내의 결상빔 경로는 텔레센트릭 조건에서 벗어나 있으며, 텔레센트릭 오차는 특히 50 mrad 이상이다. 도 2에서 알 수 있듯이, 물체측 빔의 안내는, 노광 동안, 물체 공간 내의 빔속이 물체 표면(103)에 실질적으로 수직하도록 설정된다. 물체측 빔 각도를 정확하게 설정하기 위하여, 물체 표면 바로 다음에 있으며 물체 표면에 대하여 볼록하게 만곡된 투영 대물렌즈의 입사면이 비구면의 방식으로 형성된다. 나머지 렌즈면들은 렌즈의 제조 및 검사를 간략하게 하는 비구면이다. 이미지 평면(104)의 전방에 한정된 거리에 위치하는 투영 대물렌즈의 출사면은 이미지측에 오목하게 만곡된다. 이는, 높은 입사각을 갖는 상기 표면의 결과로서, 수차, 특히 구면수차의 도입을 회피하는 것을 가능하게 한다.
- [0056] 표 1은 설계의 상세한 사항을 도표의 형태로 요약하고 있다. 이 경우에, 제 1 컬럼은 굴절면 또는 다른 방법으로 구별되는 표면의 번호를 나타내고, 제 2 컬럼은 표면의 곡률반경을 (mm 로) 나타내며, 제 3 컬럼은 현재 표면과 다음 표면 사이의 거리(d)를 (mm 로) 나타내며, 제 4 컬럼은 광학 부품의 재료를 나타낸다. 제 5 컬럼은

렌즈의 유효 자유 반경 또는 자유 직경의 절반을 (mm 로) 나타낸다.

[0057] 본 실시예에서, 제 1 렌즈의 입사면, 즉 물체 표면에 가장 가까운 렌즈면은 비구면이다. 표 2는 대응하는 비구면 데이터를 나타내며, 비구면은 다음의 수학적(1)에 따라 계산된다.

수학적 1

[0058]
$$p(h)=[((1/r)h^2)/(1+\text{SQRT}(1-(1+K)(1/r)^2h^2))]+C1*h^4+C2*h^6+...$$

[0059] 여기서, 곡률반경의 역수(1/r)는 표면 곡률을 나타내며, h 는 표면점과 광축 사이의 거리(즉, 빔 높이)를 나타낸다. 따라서, p(h) 는 소위 새지타(sagitta), 즉 표면점과 표면 꼭지점 사이의 z 방향(즉, 광축의 방향)으로의 거리를 나타낸다. 상수 K, C1, C2, ... 는 표 2에 표시되어 있다.

[0060] 투영 대물렌즈는 일반적으로 적절하게 만족된 마스크를 이미지 평면에 결상시키는 데 사용될 수 있다. 도시된 실시예는 오목하게 만족된 미러면을 갖는 반사형 레티클(반사형 마스크)의 사용에 적합하게 되어 있다. 이 목적을 위하여, 빔스플리터 큐브(160)의 형태로 결합소자가 물체측 소자 그룹(125)과 이미지측 소자 그룹(126) 사이의 투영 대물렌즈 내에 통합되어 있으며, 상기 빔스플리터 큐브에 의해, 조명광은 투영 대물렌즈 내에 중심이 맞게 결합될 수 있다. 상기 빔스플리터(160)는 조명 시스템(110)과 투영 대물렌즈(120) 사이의 경계로서 역할을 한다. 이 경우에, 조명 시스템(110)은 입사측 소자 그룹(135)과 투영 대물렌즈의 물체측 소자 그룹(125)에 의해 형성된 출사측 소자 그룹으로 재분할될 수 있다. 빔스플리터 큐브(160)는 이들 소자 그룹들 사이에 배치된다. 이러한 방법으로 성취될 수 있는 것은 다수의 렌즈들, 즉 소자 그룹(125)의 렌즈들이 조명 시스템의 조명빔 경로에 의해 그리고 투영 대물렌즈의 결상빔 경로에 의해 모두 사용된다는 것이다. 결합소자(160)는 편광 선택적으로 효과적인 평평한 빔스플리터 표면(161)을 갖는 편광 빔스플리터로서 형성되는 데, 상기 빔스플리터 표면에서, 빔스플리터 표면(161)과 물체 표면(103) 사이에 배치된 조명 시스템의 광축의 일부가 투영 대물렌즈의 광축(121)의 대응하는 일부와 일치하도록, 상기 조명 시스템의 광축(111)이 절곡되어 있다. 그 결과로서, 물체 필드의 중앙 조명이 가능하다.

[0061] 조명 시스템은, 빔스플리터 큐브(160)에 입사하는 조명광이 상기 절곡된 광축(111)에 의해 놓여진 입사 평면에 대하여 s-편광되도록 설계된다. 그 결과, 조명광은 먼저 상기 빔스플리터 표면(161)으로부터 반사형 레티클 또는 표면(103)의 방향으로 반사된다. 빔스플리터 큐브(160)와 물체 표면(103) 또는 반사형 레티클 사이에는 λ/4 판의 효과를 갖는 지연소자(127)가 배치되는 데, 빔스플리터 표면(161)과 반사형 레티클 사이의 조명빔 경로에서 한번 상기 지연소자를 통과하며, 그 결과 상기 레티클은 원편광된 광으로 조명된다. 이미지 평면(104)의 방향으로 반사된 광은 상기 λ/4 판(127)을 다시 한번 통과하고, 그 결과 광은 빔스플리터 표면(161)에 대하여 p-편광되어 빔스플리터 큐브에 입사하며, 따라서 손실 없이 상기 빔스플리터 표면을 대부분 투과한다. 그러므로, 편광 빔스플리터 큐브, λ/4 판(127)의 두번 통과 및 반사형 레티클에서의 반사의 결합으로 조명빔 경로와 결상빔 경로의 분리가 일어난다.

[0062] 도 2는 상기 빔스플리터 큐브(160)가 결상빔 경로의 최소 빔속 직경의 영역 내에 배치된 것을 보여준다. 이는 비용 효과적으로 높은 품질을 제공할 수 있는 작은 부피의 빔스플리터 소자를 사용 가능하게 한다.

[0063] 조명 시스템의 개구 조리개(A')는 입사측 그룹(135) 내에 배치되어 있다. 따라서, 바람직하게 투영 대물렌즈의 물체측 개구와 같거나 큰 조명 시스템의 이미지측(출사측) 개구를 설정하는 것이 가능하다. 입사측 그룹(135)의 다수의 렌즈들은 비구면 렌즈면을 갖는다. 조명 시스템의 상세한 사항은 표 3 및 4에 기재되어 있다.

[0064] 도 3은 오목하게 만족된 미러면을 갖는 반사형 레티클(130)의 바람직한 실시예를 개략적으로 도시하는 것으로, 도 3(a)는 축방향 평면도를 도시하고, 도 3(b)는 축방향 단면도를 도시하며, 도 3(c)는 경사 가능한 미러소자들의 경사축들을 도시하는 확대된 상세도를 도시한다. 반사형 마스크의 미세하게 오목하게 반대로 만족된 반사면(131)은, 영역을 실질적으로 채우며 서로에 대해 수 μm 크기 정도의 최소의 축방향 거리를 갖고, 그 결과 서로에 대해 접촉하는 일 없이 상대적으로 이동 가능한 다수의 육각형의 미러소자들(개개의 미러(132, 133))에 의해 형성된다. 육각형 형태는 최적의 채움 정도를 허용한다. 각각의 미러소자는, 오목 미러(130)의 대칭축(136)에 대하여 반경 방향을 수직하게 교차하며, 경사축을 중심으로 미러소자의 회전 운동 동안, 각각의 미러소자의 표면에 대한 법선이 미러 장치(130)(도 3(b))의 대칭축(136)을 포함하는 평면 내에 있도록 배향된 경사축(135)을 중심으로 경사질 수 있도록 설치된다. 미러소자들의 각각은 새 개의 안정된 위치를 갖는다. 한 위치(반사 위치)에서, 미러면의 표면에 대한 법선은 미세하게 만족된 미러면(131)에 대한 법선의 방향으로 향하며, 그 결과 만족된 표면(131)에 실질적으로 수직하게 입사하는 광은 대부분 단독으로 되반사된다. 제 2 위치(편향 위치)에

서, 빔은 큰 각도로 반사되며, 그 결과 투영 대물렌즈의 렌즈들을 통과하여 광 트랩(137)(도 4)에 의해 흡수될 수 있다. 이 경우, 경사에 의해 얻을 수 있는 미러소자들의 경사 각도는 물체 공간 내의 투영 대물렌즈의 개구 각 보다 큰 것이 바람직하다. 그 결과, 방사광의 완전한 결합이 편향 위치에서 가능하다.

[0065] 투영 노광장치의 동작 동안, 조명광은 투영 대물렌즈에 대해 측면으로 결합되어 반사형 마스크(130)의 마이크로 미러 어레이에 입사한다. 이 경우에, 빔속은 미러 장치의 미러소자(마이크로 미러)들에서 반사된다. 컴퓨터 유닛(145)은, 소망하는 마스크 패턴에서 어두운 영역에 해당하는 미러소자들이 반사 위치로부터 편향 위치로 기울어져 방사광이 투영 대물렌즈에 결합하지 않도록 개개의 미러들을 개별적으로 구동시킨다. 빔속의 나머지 부분은 기울어지지 않은 미러소자들로부터 반사되어, 상기 기울어진 미러들과 기울어지지 않은 미러들에 의해 정해진 패턴에 따라 이미지 평면에 설치된 감광성 기관을 노광시키기 위하여 투영 대물렌즈를 통해 이미지 평면으로 진행한다. 이 경우에, 편향 위치에 있지 않고 반사 위치에 있는 마이크로 미러 어레이의 개개의 마이크로 미러들은 투영 대물렌즈의 1:100 의 결상 비율로 상기 감광성 기관 위에 결상된다. 10 μ m 의 통상적인 최대 직경의 개개의 육각형 미러들이 주어지는 경우, 100nm 정도 크기의 마이크로 미러들의 이미지가 이러한 방식으로 발생하며, 그 결과 100nm 보다 작은 정도 크기의 구조들이 웨이퍼에서의 회절 관찰 투영(diffraction-monitored projection)에 의해 제조될 수 있다.

[0066] 도시된 실시예는 웨이퍼 스텝퍼용으로 설계된다. 본 발명의 다른 실시예에서, 반사형 마스크는 스캐너 동작을 위해 설치되고 구동될 수도 있다. 한 실시예에서, 상기 반사형 마스크는 반사면의 곡률 중심을 관통하여 스캐닝 방향에 수직하게 배향된 회전축을 중심으로 회전할 수 있도록 설치된다. 스캐닝 동작 동안, 상기 마스크는 이 축을 중심으로 회전하며, 동시에 이와 동기하여 웨이퍼 스테이지의 스캐너 드라이브가 스캐닝 방향으로 웨이퍼를 이동시킨다. 다른 실시예에서, 반사형 마스크는 전체적으로 정지하여 있지만, 소정의 패턴이 전체 미러면에 걸쳐 점차적으로 "이주"하도록 개별적인 미러들의 경사가 전기적 구동에 의해 제어될 수 있으며, 개별적인 미러들의 주기적인 전환의 경과로서 새로운 패턴이 발생하여 상기 새로운 패턴이 기관으로 다시 전사되기 전에, 상기 개별적인 미러들의 경사에 의해 형성된 패턴으로 순간적인 노광을 각각의 경우에 할 수 있도록, 조명은 그와 대응하여 클럭킹(clocking)된다. 반사형 마스크의 대응하는 스캐너 동작은 특허 US 6,312,134 에 개시되어 있으며, 그 개시 내용은 본 설명의 내용에 참조로서 통합된다.

[0067] 도 5는 편광 빔스플리터의 도움으로 조명 방사광을 중심에 맞게 결합시키기 위한 조명 시스템(210)이 할당되며 193nm 용으로 설계된 굴절식 투영 대물렌즈(220)의 제 2 실시예를 도시한다. 동일한 또는 대응하는 특징부들 또는 특징부의 그룹들은 도 2와 동일하지만 100 이 증가된 참조번호에 의해 지시된다. 상기 투영 대물렌즈의 상세한 사항은 표 5에 명시되어 있으며, 조명 시스템의 상세한 사항은 표 6에 명시되어 있다. 전체적인 시스템의 모든 렌즈들은 구면이고 합성 수정 유리($n \sim 1.56$)로 구성되며, 그 결과 제조가 비교적 간단하고 비용 효과적이다. 결상 스케일이 $\beta = 0.01$ 로 주어지는 경우, 2mm 의 이미지 필드 직경에 대해 NA = 0.9 의 이미지측 개구수가 달성된다. 상기 투영 대물렌즈는 평평한 물체 표면(203)에 배치된 평평한 마스크의 이미지를 마찬가지로 평평한 이미지 평면(204)에 결상시키도록 설계된다.

[0068] 상기 투영 시스템은 물체 평면 바로 다음에 있는 포지티브 굴절력을 갖는 제 1 렌즈 그룹(231), 상기 제 1 렌즈 그룹 바로 다음에 있는 네가티브 굴절력을 갖는 제 2 렌즈 그룹(232), 상기 제 2 렌즈 그룹 바로 다음에 있는 포지티브 굴절력을 갖는 제 3 렌즈 그룹(233), 및 상기 제 3 렌즈 그룹 바로 다음에 있는 포지티브 굴절력을 갖는 제 4 렌즈 그룹(234)을 포함하며, 개구 조리개(A)는 상기 제 3 렌즈 그룹(233)과 제 4 렌즈 그룹(234) 사이의 전이 영역에서 최대 빔속 직경을 갖는 위치의 부근에 배치된다. 그 결과는, 네가티브 그룹(232)의 영역에서 빔속 직경의 단일한 축소를 갖는 소위 단일-마디 시스템(single-waist system)이다. 최소 빔속 직경을 갖는 이 영역에서, 작은 부피를 갖는 편광 빔스플리터 큐브(260)가 각각의 경우에 네가티브 굴절력을 갖는 두 개의 양면 오목 렌즈들 사이에 배치되며, 상기 큐브의 평평한 편광 빔스플리터 표면(261)은 투영 대물렌즈의 광축(221)과 조명 시스템의 광축(211) 모두에 대하여 45° 의 각도를 이룬다. $\lambda/4$ 지연소자(판(227))가 상기 편광 빔스플리터 표면(261)과 물체 평면(201) 사이에 배치된다. 편광된 광으로 동작될 수 있는 투영 시스템이 동작 순서는 도 2의 시스템의 동작 순서에 대응하므로, 그에 대한 설명을 참조한다.

[0069] 도 2에 따른 실시예와는 반대로, 입력측 포지티브 그룹(231)은 물체 공간 내의 빔 경로가 실질적으로 텔레센트릭한 것(텔레센트릭 오차 < 1 mrad)을 보장하여, 조명 방사광 또는 그 주요 빔이 물체의 전체적인 평면을 통해 평평한 마스크에 수직하게 입사한다. 이미지측 텔레센트릭성이 마찬가지로 주어진다.

[0070] 도 6의 렌즈 단면도는 할당된 조명 시스템(310)을 갖는 굴절식 투영 대물렌즈(320)의 제 3 실시예를 도시한다. 동일한 또는 대응하는 특징부들 또는 특징부의 그룹들은 도 3과 동일하지만 100 이 증가된 참조번호에 의해 지

시된다. 구면의 수정 유리 렌즈들만으로 구성된 상기 대물렌즈의 상세한 사항은 표 7에 명시되어 있으며, 두 개의 비구면을 갖는 조명 시스템의 상세한 사항은 표 8에 명시되어 있고, 비구면 상수들은 표 9에 명시되어 있다. 193nm의 동작 파장과 $\beta = 0.01$ 의 결상 스케일이 주어지는 경우, 상기 시스템은 2mm의 이미지 필드 직경에 대해 $NA = 0.9$ 의 이미지측 개구수를 달성한다. 상기 시스템은 $f > 250\text{mm}$ 의 이미지측 초점길이를 갖는다. 이는 텔레센트릭 영역 오차를 제한하는 데 유리하다.

[0071] 도 5에 따른 실시예와는 달리, 투영 시스템(310,32)은 조명 방사광을 투영 대물렌즈에 경사지게 결합시키도록 설계된다. 이 목적을 위하여, 평평한 편향 미러(360)가 조명 시스템(310)에 제공되며, 상기 편향 미러는 입사측 소자들에 의해 정의된 조명 시스템의 광축의 일부에 대해 45° 의 각도를 이룬다. 조명 시스템의 상기 입력측 소자 그룹(335)은, 투영 대물렌즈의 광축(321)에 대하여 대략 10° 내지 15° 경사진 투영 대물렌즈에 대한 측면 아암에 배치된다. 따라서, 편향 미러(360)에서의 입력측 부분(311')의 절곡에 기인한 조명 시스템의 광축의 출사측 부분은 투영 대물렌즈의 광축(321)에 대해 약 15° 의 예각을 형성하며, 조명 시스템의 출사면인 동시에 투영 대물렌즈의 평평한 입사면(303)은 상기 광축에 대해 경사지게 기울어져 있다. 조명 시스템(310)의 경우에, 편향 미러(360)와 표면(303) 사이에 배치된 상기 조명 시스템의 출사측 소자 그룹의 렌즈들은 상기 시스템의 광축에 대하여 편심되게 배치되어 있다. 그럼으로써, 물체 평면(303)에 배치될 반사형 레티클은 경사지게 조명된다. 투영 대물렌즈의 결상범 경로 바깥에 결합소자(360)를 배치시킴으로써, 투영 장치가 무편광된 광으로 동작하는 것이 가능하다. 조명 방사광의 결합 각도가 투영 대물렌즈의 광축에 대하여 가능한 작게 유지되도록 하기 위해, 편향 미러(360)는 네가티브 그룹(332)의 최소 직경을 갖는 네가티브 렌즈의 바로 근처에 배치된다. 그러므로, 이 경우에 마찬가지로, 조명 방사광은 투영 대물렌즈 내에 최소 빔속 직경이 존재하는 축소 영역 내에서 결합된다. 그 결과로서 작은 결합 각도가 가능하다.

[0072] $\beta = 0.01$ 의 큰 축소 결상 스케일과 $NA = 0.9$ 의 큰 이미지측 개구수와 마이크로리소그래피에 충분한 이미지 필드 직경을 갖는 투영 대물렌즈의 추가적인 실시예들이 도 7 내지 도 10에 도시된다. 모든 실시예들은 이미지 공간 내의 엄격한 텔레센트릭성에 의해 구별되는데, 이 경우에 반드시 필요하지는 않지만 물체측에도 역시 엄격한 텔레센트릭성이 존재할 수 있다. 모든 시스템들에 대해 1000mm의 구조적인 길이(L)(물체 표면과 이미지 표면 사이의 축 방향 거리)가 주어지는 경우, 200mm 이상의 물체측 작동 거리와 5mm 이상의 이미지측 작동 거리가 달성된다. 각각의 경우에, 예시적인 시스템들은 193nm의 동작 파장으로 설계되지만, 다른 파장, 예컨대 157nm 또는 248nm의 약간의 변형도 가능하다.

[0073] 도 7에 따른 실시예의 시스템 상세는 표 10에 명시되어 있으며, 도 8에 따른 실시예의 시스템 상세는 표 11 및 표 12에 명시되어 있고, 도 9에 따른 실시예의 시스템 상세는 표 13 및 표 14에 명시되어 있으며, 도 10에 따른 실시예의 시스템 상세는 표 15에 명시되어 있다.

[0074] 투영 대물렌즈들은 도 1 내지 도 4와 유사한 방식으로 조명 시스템이 유리하게 할당될 수 있는 가능한 기본적인 형태를 나타낸다.

[0075] 상기 시스템들은 제 1 네가티브 렌즈 그룹(N)과 그 다음에 오는 포지티브 렌즈 그룹(P)을 포함하며, 상기 포지티브 렌즈 그룹은 두 개의 포지티브 렌즈 그룹들을 포함하는 것이 바람직한데, 엄격한 텔레센트릭 빔 경로가 이미지 공간 내에 있도록 상기 두 포지티브 렌즈 그룹들 사이에 개구 조리개(A)가 위치한다.

[0076] 기능적으로는, 이하에서 "네가티브 전방 소자"로도 불리는 제 1 네가티브 렌즈 그룹은 물체를 축소된 방식으로 허상으로 결상시킨다. 이하에서 "포지티브 후방 소자"로도 불리는 포지티브 제 2 렌즈 그룹은 허상의 중간상을 더욱 축소시키며 실상으로 이미지 평면에 결상시킨다.

[0077] 물체 공간 내에서의 텔레센트릭한 빔 경로는, 원칙적으로 추가적인 포지티브 전방 소자(대물렌즈의 입사측에서의 추가적인 포지티브 렌즈 그룹)의 사용에 의해, 시스템 구성과 관계 없이 달성된다. 빔속의 필수적인 높은 확대는 네가티브 굴절력을 갖는 렌즈들에 의해 또는 미러 장치들에 의해 굴절식으로 확보된다. 이 경우에, 실상의 중간상의 형성이 또한 제공될 수도 있다(도 9). 시스템의 마디 구조는 명백하다: 즉, 네가티브 전방 소자와 포지티브 후방 소자 사이의 하나의 마디가 있으며, 그 두께는 구조적 길이가 감소됨에 따라 증가한다.

[0078] 위에서 일반적인 용어로 설명된 구조는 네 개의 예시적인 실시예들(도 7 내지 도 10)에 의해 명백하게 될 것이다.

[0079] 하나의 실시예(도 7)에서, 시스템은 네가티브 전방 소자(G1)와 두 개의 포지티브 렌즈 그룹(G21, G22)로 형성된 포지티브 후방 소자(G2)를 포함한다. 왜곡에 주요하게 영향을 주지만 시스템의 비점수차에도 크게 영향을 주는 전방 소자는 연속적으로 변경되는 효과를 갖는 네 개의 렌즈들(L1(P)-L2(N)-L3(P)-L4(N))을 포함한다. 이어서

세 개의 네가티브 렌즈들(L5, L6, L7)이 본 제 1 실시예에서 순수 굴절식으로 빔속의 확대에 실질적으로 기여한다. 주어진 소망하는 개구수에서 빔속의 축소는 굴절식 제 2 렌즈 그룹(G22)에 의해 수행된다. 구면수차의 높은 정도의 과소보정(undercorrection)은 원칙적으로 네가티브 메니스커스(L10, L15)에 의해 보상된다. 상기 네가티브 메니스커스(L15)는 마지막 렌즈 그룹(G22)의 심각한 네가티브 코마수차를 추가적으로 보정한다. 상기 시스템은 18개의 구면 렌즈들을 갖는 전체 필드를 통해 잘 보정된다. 파면 수차의 최대 RMS 값은 193nm 의 파장과 0.9의 개구수(NA)에서 27mλ 이하이다.

[0080] 도 8에 따른 실시예의 구조는 도 7의 구조와는 크게 다르다. 빔속을 확대하기 위한 네가티브 렌즈들과 실용적으로 후방 소자의 완전한 제 1 렌즈 그룹은 카세그레인 타입(Cassegrain type)의 미러 시스템에 의해 대체되었다. 소망하는 개구수에 대해 빔속의 축소는 굴절식 제 2 렌즈 그룹(G22)에 의해 영향을 받는다. 전방의 네가티브 렌즈소자는 하나의 포지티브 렌즈(L1)와 두 개의 연소적인 네가티브 렌즈(L2, L3)를 포함하며 원칙적으로 왜곡을 보정한다. 제 1 렌즈(L1)와 제 1 미러(S1)에 의해 도입된 네가티브 비점수차는 네가티브 렌즈(L2, L3)들의 비점수차 및 제 1 미러의 비구면의 기여에 의해 실질적으로 보상된다. 구면수차의 대략적인 보정은 네가티브 메니스커스(L9)에 의해 영향을 받는다. 결상 오차의 미세한 보정의 실질적인 부분은 두 개의 비구면 미러(S1, S2)에 의해 영향을 받는다. 그 결과는, 193nm 의 파장에서 전체 필드에 대해 매우 우수한 보정(파면 수차의 RMS 가 14mλ 이하)을 가지며, 컴팩트한(10 개의 구면 렌즈와 두 개의 비구면 미러) 높은 개구수(NA = 0.9)의 투영 대물렌즈이다. 시스템의 비네팅(vignetting)은 25% 이다.

[0081] 도 9에 따른 실시예는 또한 위에서 언급한 설계 원리에 따른다. 이 경우에, 개구는 전체 렌즈 시스템에서 작게 유지되었다. 개구수를 얻기 위하여 빔속의 확대 및 축소는 두 개의 미러(S1, S2)들로부터 형성된 소자에 의해 수행된다. 실상의 중간상(IMI)을 이미지 평면에 결상시키고 이미지 필드 만곡의 보정을 수행하는 미러들은 실질적으로 "추가적으로 증가하는 개구"(AP)를 형성한다.

[0082] 중간상을 생성하는 시스템의 굴절식 부분은 네 개의 렌즈(L1(N), L2(P), L3(N), L4(N))를 갖는 전방의 네가티브 렌즈소자(G1) 및 각각의 경우에 작은 개구수에서 수차가 없지는 않지만 대략적으로 보정된 실상의 중간상인 중간상을 제공하는 네 개의 렌즈들로 형성된 두 개의 포지티브 렌즈 그룹(G21, G22)을 갖는 포지티브 후방 렌즈소자(G2)로 형성된다. 보정에 있어서 시스템 소자들의 역할은 계속 유지된다. 미세한 보정은 비구면 미러(S2)에 의해 수행된다. 상기 보정은 전체 필드에 대해 매우 우수하며 파면 수차의 최대 RMS 값은 6mλ 이하이다. 작동 거리는 5mm 이고 실질적으로 암흑화에 의해 제한된다.

[0083] 도 10에 따른 실시예는 이중 텔레센트릭 시스템이다. 두 개의 포지티브 렌즈들(L1, L2)을 포함하는 제 1 포지티브 렌즈소자(G1)에 의해, 상기 시스템은 무한 초점이 되지만 유한한 꼭지점의 초점 길이로 보상된다. 시스템의 마디는 이 경우에 구조적 길이에 의해 명백하게 결정된다. 비구면 없이 전체 필드에 대해 물체 공간 내에서 엄격한 텔레센트릭성을 따르며, 이미지 공간 내에서 텔레센트릭성은 20 μrad 이하, 심지어 10 μrad 이하이다. 네가티브 렌즈(L3, L4, L5)들로 형성된 제 2 네가티브 렌즈소자(G21)는 제 1 포지티브 렌즈소자(G1)에 의해 도입된 네가티브 왜곡을 보상한다. 각각의 경우에 다른 시스템 소자들은 특정한 보정 작업을 형성한다. 비구면을 사용하지 않고도, 상기 시스템은 전체 필드에 대해 25.6mλ 의 최대 RMS 값의 파면 수차로 잘 보정된다.

[0084] 상술한 원리들을 고려하면, 높은 개구수와 매우 큰 결상 스케일을 갖는 투영 대물렌즈가 가능하며, 특히 $1/200 \leq \beta \leq 1/50$ 을 옹계 유지한다. 바람직하게, 상기 투영 대물렌즈는 세 개의 렌즈 그룹(LG1, LG2, LG3)을 구비하며, LG1 은 네가티브 굴절력을 갖고, LG2 는 포지티브 굴절력을 갖고, LG3 는 포지티브 굴절력을 가지며, 개구 조리개는 LG2 와 LG3 사이에 위치하고, 최소 빔 높이는 LG1 과 LG2 사이에 존재한다(단일-마디 시스템).

[0085] 위에서 기술된 모든 시스템들은 완전한 시스템, 즉 실상의 물체(예컨대 포토리소그래피 마스크)의 실상 이미지(예컨대, 웨이퍼 위의)를 형성하기 위한 시스템일 수도 있다. 그러나, 상기 시스템은 보다 큰 시스템의 서브 시스템으로서 활용될 수도 있다. 따라서, 예시의 방법에 의해, 위에서 기술된 시스템들 중 하나의 "물체"는 물체 평면의 상류측에 있는 결상 시스템(중계 시스템)에 의해 생성된 이미지일 수도 있다. 마찬가지로, 위에서 기술된 시스템들 중 하나에 의해 형성된 이미지는 이미지 평면의 하류측 시스템(중계 시스템)에 대해 물체로서 역할을 할 수도 있다.

표 1

투영 대물렌즈 , NA 0.9, ymax = 100 mm;
 파장 194.00 193.50 193.00
 'SIO2HL' 1.559200 1.559980 1.560770

Surf.	Radius	Distance	Material	1/2 Diameter
0	400.000000000	324.640162254	AIR	100.000
1	86.430020411	10.000003835	SIO2HL	23.171
2	48.298293282	10.198899888	AIR	20.243
3	-69.796895774	10.000000000	SIO2HL	19.795
4	299.409537246	1.000011900	AIR	19.932
5	59.098845380	10.016450571	SIO2HL	20.139
6	361.588827809	33.800314484	AIR	19.473
7	-48.142016065	10.910436584	SIO2HL	15.849
8	-188.589678970	13.187730911	AIR	16.506
9	0.000000000	22.500000000	SIO2HL	16.930
10	0.000000000	22.500000000	SIO2HL	17.369
11	0.000000000	238.153562537	AIR	17.808
12	-47.087296523	10.000000057	SIO2HL	24.848
13	-55.946001520	0.000000000	AIR	27.185
14	0.000000000	1.000000105	AIR	27.634
15	-220.741509615	10.011681907	SIO2HL	27.588
16	100.646958420	9.769512000	AIR	28.964
17	-191.483547871	10.000000002	SIO2HL	30.011
18	-107.053843666	31.361229507	AIR	32.015
19	-1088.914925000	10.419293442	SIO2HL	40.661
20	-212.764076328	1.000001299	AIR	41.838
21	341.430278820	10.000000000	SIO2HL	43.074
22	88.504006184	10.740862220	AIR	44.113
23	337.809858066	12.360916607	SIO2HL	45.193
24	-483.266284192	2.858639616	AIR	47.007
25	196.238117170	13.028202555	SIO2HL	51.249
26	1913.793681630	2.328540409	AIR	52.005
27	145.034986636	13.584189177	SIO2HL	54.295
28	383.639099907	20.841018033	AIR	54.083
29	0.000000000	1.928784758	AIR	51.892
30	120.907404674	24.996463895	SIO2HL	55.162
31	-291.699215879	10.015885791	AIR	54.127
32	-114.053675815	11.319657831	SIO2HL	53.448
33	-192.963675620	9.323130134	AIR	53.185
34	126.118178150	17.385856739	SIO2HL	48.152
35	-1086.537521640	1.000000151	AIR	46.324
36	59.228308280	16.486503734	SIO2HL	38.594
37	128.061605717	3.509338771	AIR	34.453
38	30.110842822	17.170156067	SIO2HL	24.681
39	59.767761858	10.855162430	AIR	17.607
40	0.000000000	0.000000000	AIR	1.000

[0086]

표 2

비구면 상수 :

Surface 1:

K	0.000000
C1	0.208036E-06
C2	0.990359E-10
C3	-0.619573E-13
C4	0.163266E-15
C5	-0.774244E-19
C6	-0.894961E-23

[0087]

표 3

Surf.	Radius	Distance	Material	1/2 Diameter
0	400.000000000	324.640162254	AIR	100.000
1	86.430020411	10.000003835	SiO2HL	21.163
2	48.298293282	10.198699688	AIR	18.370
3	-69.736895774	10.000000000	SiO2HL	17.632
4	299.409537246	1.000011900	AIR	17.478
5	59.098845360	10.016450571	SiO2HL	17.522
6	361.588827809	33.800314484	AIR	16.736
7	-48.142016065	10.910436584	SiO2HL	12.519
8	-188.589678970	13.187730911	AIR	12.688
9	0.000000000	22.500000000	SiO2HL	12.468
10	0.000000000	22.500000000	SiO2HL	12.235
11	0.000000000	21.940616164	AIR	12.003
12	59.405096099	10.000000057	SiO2HL	11.630
13	-125.652397253	15.313992124	AIR	10.946
14	0.000000000	12.139905344	AIR	8.106
15	-22.810212259	24.751161536	SiO2HL	8.576
16	-26.599270383	1.000000000	AIR	12.566
17	146.177135267	10.000000702	SiO2HL	12.449
18	-199.636413998	5.722658490	AIR	11.991
19	-25.600443300	10.000000002	SiO2HL	12.201
20	-20.762693694	43.720377220	AIR	14.031
21	0.000000000	0.000000000	AIR	12.997

[0088]

표 4

비구면 상수 :

Surface 1:

K	0.0000
C1	2.08035878e-007
C2	9.90358643e-011
C3	-6.19573221e-014
C4	1.63266245e-016
C5	-7.74243609e-020
C6	-8.94961378e-024
C7	0.00000000e+000
C8	0.00000000e+000
C9	0.00000000e+000

Surface 18:

K	0.0000
C1	1.83727945e-005
C2	4.20815221e-008
C3	3.20433900e-010
C4	-7.68096392e-013
C5	2.84350531e-015
C6	5.67626144e-017
C7	0.00000000e+000
C8	0.00000000e+000
C9	0.00000000e+000

Surface 20:

K	0.0000
C1	6.05746008e-008
C2	-2.50070662e-008
C3	2.41271105e-010
C4	-2.19540127e-012
C5	8.12030161e-015
C6	-1.65528888e-017
C7	0.00000000e+000
C8	0.00000000e+000

[0089]

표 5

투영 대물렌즈, NA 0.9, y_{max} = 100 mm;

파장 194.00 193.50 193.00

'SIO2HL' 1.559200 1.559980 1.560770

Surf.	Radius	Distance	Material	1/2 Diameter
0	0.000000000	200.000000000	AIR	100.000
1	0.000000000	0.000000000	AIR	101.802
2	227.259386774	20.512819389	SIO2HL	102.020
3	594.392475879	1.000000000	AIR	101.169
4	272.073100987	21.454554631	SIO2HL	99.300
5	2078.892857600	153.069166701	AIR	98.066
6	-237.215239991	7.000000000	SIO2HL	43.910
7	335.659052798	110.007809302	AIR	41.844
8	-148.011229130	10.003369181	SIO2HL	24.499
9	725.332588478	100.000000000	AIR	23.970
10	0.000000000	22.796744000	SIO2HL	19.201
11	0.000000000	22.796743897	SIO2HL	18.503
12	0.000000000	82.259848661	AIR	17.804
13	-87.290253452	10.009390374	SIO2HL	13.919
14	66.185108650	53.681204241	AIR	14.268
15	-224.422372825	7.125995415	SIO2HL	23.037
16	100.936346895	15.275378203	AIR	24.713
17	-124.438620076	7.674249916	SIO2HL	28.422
18	-79.265280937	43.541855173	AIR	30.164
19	-1542.371382040	9.904443360	SIO2HL	45.489
20	-196.900428214	1.220814596	AIR	46.524
21	237.152709647	7.000150521	SIO2HL	48.741
22	103.229208453	12.317171426	AIR	49.323
23	361.478928608	13.765040133	SIO2HL	50.866
24	-263.605736564	13.230599110	AIR	51.943
25	192.037443483	14.367433759	SIO2HL	58.068
26	-4532.648285910	17.776408871	AIR	58.174
27	0.000000000	0.000000000	AIR	58.639
28	0.000000000	-16.776038017	AIR	58.639
29	101.246526427	24.817355840	SIO2HL	58.732
30	-2946.488476690	15.911928535	AIR	57.553
31	-111.816219499	7.000083871	SIO2HL	57.311
32	-336.209838778	1.000000022	AIR	57.657
33	508.537366488	15.280833710	SIO2HL	57.033
34	-423.712654217	11.073774072	AIR	56.335
35	421.433970292	15.377811583	SIO2HL	52.481
36	-240.474050771	1.000000000	AIR	51.292
37	89.721174516	15.078915013	SIO2HL	43.250
38	805.790847030	1.000733256	AIR	40.806
39	27.796341414	17.226237334	SIO2HL	25.798
40	39.489274732	14.237173922	AIR	19.623
41	0.000000000	0.000000000	AIR	1.001

[0090]

표 6

Surf.	Radius	Distance	Material	1/2 Diameter
0	0.000000000	200.000000000	AIR	100.000
1	0.000000000	0.000000000	AIR	101.813
2	227.259386774	20.512819389	SiO2HL	102.033
3	594.392475879	1.000000000	AIR	101.183
4	272.073100987	21.454554631	SiO2HL	99.313
5	2078.892657600	153.069166701	AIR	98.081
6	-237.215239991	7.000000000	SiO2HL	43.926
7	335.659052798	110.007809302	AIR	41.860
8	-148.011229130	10.003369181	SiO2HL	24.523
9	725.332588478	100.000000000	AIR	23.995
10	0.000000000	22.796744000	SiO2HL	19.246
11	0.000000000	22.796743897	SiO2HL	18.550
12	0.000000000	63.543520754	AIR	17.854
13	62.084050924	10.000000000	SiO2HL	14.739
14	3678.767855610	34.942502744	AIR	13.769
15	0.000000000	105.027044179	AIR	7.371
16	-26.045181074	10.000000000	SiO2HL	13.899
17	44.331060902	5.155446669	AIR	18.549
18	224.821093630	20.000000000	SiO2HL	21.651
19	-143.983183676	1.000000000	AIR	30.223
20	793.158151498	24.996311285	SiO2HL	34.131
21	-43.611089630	25.338087648	AIR	36.180
22	0.000000000	0.000000000	AIR	33.370

[0091]

표 7

투영 대물렌즈, NA 0.9, y_{max} = 100 mm;

파장 194.00 193.50 193.00

'SIO2HL' 1.559200 1.559980 1.560770

Surf.	Radius	Distance	Material	½ Diameter
0	0.000000000	200.000000000	AIR	100.000
1	0.000000000	0.000000000	AIR	101.812
2	222.072588602	21.859808138	SIO2HL	102.037
3	283.961110297	0.000000000	AIR	99.413
4	0.000000000	1.000000000	AIR	100.624
5	220.193677380	40.319658086	SIO2HL	98.973
6	-2515.128684440	140.301529862	AIR	95.701
7	-161.961243579	9.825065918	SIO2HL	44.049
8	645.031597416	0.000000000	AIR	42.028
9	0.000000000	0.000000000	AIR	42.228
10	0.000000000	132.110493192	AIR	42.228
11	-251.603890537	10.003369181	SIO2HL	23.092
12	275.629264975	185.763019339	AIR	22.385
13	-87.846806387	10.009390374	SIO2HL	13.827
14	65.828141814	53.738371464	AIR	14.175
15	-225.449501895	7.198681414	SIO2HL	22.958
16	100.814083822	15.380993004	AIR	24.636
17	-122.984481803	7.734840976	SIO2HL	28.366
18	-78.038516367	43.900085312	AIR	30.111
19	-1322.796921570	10.134945317	SIO2HL	45.382
20	-196.830795876	1.334588683	AIR	46.488
21	237.122948890	7.000000000	SIO2HL	48.725
22	103.288957019	12.344192111	AIR	49.306
23	361.770986635	13.817623576	SIO2HL	50.866
24	-263.675534964	13.230599110	AIR	51.953
25	191.990830428	14.398227683	SIO2HL	58.066
26	-4631.012021150	17.784327737	AIR	58.171
27	0.000000000	0.000000000	AIR	58.628
28	0.000000000	-16.784327737	AIR	58.628
29	101.507548398	24.817355840	SIO2HL	58.717
30	-2743.245741810	15.942240527	AIR	57.536
31	-111.808142102	7.000000000	SIO2HL	57.257
32	-335.689122363	1.000000000	AIR	57.598
33	509.243573292	15.272816584	SIO2HL	56.972
34	-423.548229138	11.080839090	AIR	56.272
35	421.919394577	15.377191275	SIO2HL	52.417
36	-240.473101534	1.002269600	AIR	51.224
37	89.733023828	15.115222564	SIO2HL	43.205
38	807.173847447	1.000000000	AIR	40.735
39	27.852445627	17.229078198	SIO2HL	25.805
40	39.619744214	14.232202664	AIR	19.600
41	0.000000000	0.000000000	AIR	1.002

[0092]

표 8

Surf.	Radius	Distance	Material	1/2 Diameter
0	0.000000000	17.583000000	AIR	5.259
1	0.000000000	0.000000000	AIR	9.592
2	-69.601732315	7.527921217	SIO2HL	9.413
3	-18.609441116	41.700289171	AIR	10.514
4	0.000000000	7.566135710	AIR	9.454
5	27.904520638	10.000000000	SIO2HL	11.766
6	25.416277956	20.000000000	AIR	11.440
7	66.200568289	11.344447957	SIO2HL	16.361
8	-165.164448283	43.950455000	AIR	16.975
9	0.000000000	47.309396456	AIR	19.437
10	0.000000000	142.059091012	AIR	62.387
11	-275.629264975	10.003369181	SIO2HL	45.764
12	251.603890537	132.110493192	AIR	45.490
13	-645.031597416	9.825065918	SIO2HL	55.548
14	161.961243579	140.301529862	AIR	57.421
15	2515.128684440	40.319658086	SIO2HL	109.216
16	-220.193677380	1.000000000	AIR	110.982
17	-283.961110297	21.859808138	SIO2HL	111.259
18	-222.072588602	0.000000000	AIR	113.539
19	0.000000000	200.000000037	AIR	111.711
20	0.000000000	0.000000000	AIR	100.000

[0093]

표 9

비구면 상수 :

Surface 2:

K	0.0000
C1	-1.74492134e-005
C2	5.37710337e-008
C3	5.42537441e-010
C4	1.02328167e-012
C5	-2.21171111e-014
C6	-3.69659022e-016
C7	0.00000000e+000
C8	0.00000000e+000
C9	0.00000000e+000

Surface 7:

K	0.0000
C1	-1.39573765e-007
C2	-2.52235172e-009
C3	-8.70458774e-012
C4	-1.63660511e-014
C5	1.42409048e-017
C6	3.19420258e-019
C7	0.00000000e+000
C8	0.00000000e+000
C9	0.00000000e+000

[0094]

표 10

투영 대물렌즈 , NA 0.9, ymax = 100 mm;
 파장 194.00 193.50 193.00
 'SIO2HL' 1.559200 1.559980 1.560770

Surf.	Radius	Distance	Material
0	0.00000	300.000000	AIR
1	-517.07543	10.000000	SIO2HL'
2	-163.08614	2.000000	AIR
3	-929.10544	10.000000	SIO2HL'
4	93.45465	2.000000	AIR
5	53.31164	10.000000	SIO2HL'
6	68.85257	8.229234	AIR
7	-128.69071	27.563591	SIO2HL'
8	131.38012	215.860274	AIR
9	-201.54258	10.000000	SIO2HL'
10	209.22715	70.392722	AIR
11	-42.21897	10.000000	SIO2HL'
12	-54.15229	26.624897	AIR
13	-106.70300	10.011682	SIO2HL'
14	132.24977	8.713216	AIR
15	-176.04919	10.545245	SIO2HL'
16	-95.81203	2.070590	AIR
17	-626.82922	10.513299	SIO2HL'
18	-166.59328	16.991938	AIR
19	239.15924	10.000000	SIO2HL'
20	96.38673	11.212496	AIR
21	297.45636	16.550887	SIO2HL'
22	-468.78918	5.856122	AIR
23	215.85400	30.486079	SIO2HL'
24	20753.74250	29.113792	AIR
STO	0.00000	-18.496728	AIR
26	199.84577	16.475516	SIO2HL'
27	3734.99646	3.949997	AIR
28	144.29112	27.158474	SIO2HL'
29	-313.89510	8.376825	AIR
30	-153.06655	11.319658	SIO2HL'
31	-259.19265	19.911905	AIR
32	96.73625	19.312727	SIO2HL'
33	996.85565	2.000000	AIR
34	57.07860	13.965068	SIO2HL'
35	78.44880	2.000000	AIR
36	30.37076	17.863264	SIO2HL'
37	54.88614	11.427232	AIR
38	0.00000	0.000000	AIR

[0095]

표 11

투영 대물렌즈, NA 0.9, y_{max} = 100 mm;

파장 194.00 193.50 193.00

'SIO2HL' 1.559200 1.559980 1.560770

Surf.	Radius	Distance	Material	Type
0	0.00000	691.521357	AIR	
1	45.79696	12.111642	SIO2HL	
2	257.48283	22.666246	AIR	
3	149.33577	16.416193	SIO2HL	
4	25.83696	5.251676	AIR	
5	-32.42051	5.000000	SIO2HL	
6	28.10868	93.471644	AIR	
7	81.73885	-83.471644	AIR	REFL
8	186.86814	88.471644	AIR	REFL
9	0.00000	0.200000	AIR	
10	342.74175	5.000000	SIO2HL	
11	103.30724	16.248363	AIR	
12	445.16918	11.996131	SIO2HL	
13	-554.93836	0.100000	AIR	
STO	0.00000	0.100000	AIR	
15	281.30149	11.528966	SIO2HL	
16	-4202.79513	0.624173	AIR	
17	154.80439	11.791730	SIO2HL	
18	398.49953	0.954762	AIR	
19	54.71970	28.548092	SIO2HL	
20	192.02474	14.588730	AIR	
21	-128.97697	20.177439	SIO2HL	
22	-156.66767	6.170116	AIR	
23	36.23416	12.054098	SIO2HL	
24	349.15440	8.478625	AIR	
>25	0.00000	0.000018	AIR	

[0096]

표 12

비구면 상수 :

Surface 7:

Surface 8:

K	1.090334
C1	0.281064E-06
C2	0.208114E-09
C3	0.118850E-12
C4	-.108390E-15
C5	-.294447E-26
C8	-.126943E-30
C7	0.240395E-23
C8	-.689159E-26
C9	0.473369E-29

K	0.023072
C1	0.132767E-08
C2	0.242263E-12
C3	-.509833E-17
C4	0.250415E-20
C5	-.122848E-23
C6	0.256581E-27
C7	-.315290E-31
C8	0.158057E-35
C9	-.135368E-40

[0097]

표 13

투영 대물렌즈 , NA 0.9, ymax = 100 mm;
 파장 194.00 193.50 193.00
 'SIO2HL' 1.559200 1.559980 1.560770

Surf.	Radius	Distance	Material	Type
0	INFINITY	692.000000	AIR	
1	370.53276	5.741663	SIO2HL	
2	66.65474	100.244555	AIR	
3	279.25820	11.156469	AIR	
5	84.64407	5.000000	SIO2HL	
6	36.52968	6.589949	AIR	
7	-56.19876	35.000000	SIO2HL	
8	-80.74806	46.918698	AIR	
9	100.33708	5.000000	SIO2HL	
10	45.03328	6.996408	AIR	
11	90.52414	8.301195	SIO2HL	
12	-359.81651	2.000000	AIR	
13	41.20802	5.000000	SIO2HL	
14	29.09382	12.350204	AIR	
15	29.29669	12.118549	SIO2HL	
16	152.28935	8.474905	AIR	
17	-30.77630	6.179925	SIO2HL	
18	-34.89702	-9.222841	AIR	
STO	INFINITY	11.222841	AIR	
20	-839.62776	29.200026	SIO2HL	
21	-55.99671	2.000000	AIR	
22	73.62258	15.326341	SIO2HL	
23	-71.93498	2.000000	AIR	
24	35.16113	6.929709	SIO2HL	
25	-395.44925	48.201333	AIR	
26	2299.26136	16.075460	SIO2HL	
27	INFINITY	-16.075460	SIO2HL	REFL
28	2299.26136	-48.201333	AIR	
29	80.09166	48.201333	AIR	REFL
30	2299.26136	16.075460	SIO2HL	
31	INFINITY	5.000000	AIR	
32	INFINITY	0.000000		

[0098]

표 14

비구면 상수 :

Surface 29:

K	-0.007747
C1	0.139640E-08
C2	0.302115E-12
C3	0.175726E-15
C4	-.106788E-18
C5	0.397978E-22
C6	0.603652E-27
C7	-.543177E-29
C8	0.160890E-32
C9	-.163821E-36

[0099]

표 15

투영 대물렌즈, NA 0.9, y_{max} = 100 mm;
 파장 194.00 193.50 193.00
 'SIO2HL' 1.559200 1.559980 1.560770

Surf.	Radius	Distance	Material
0	0.00000	200.000000	AIR
1	911.49052	20.000000	SIO2HL
2	-3535.55959	1.000000	AIR
3	228.31686	22.391006	SIO2HL
4	887.19064	159.409733	AIR
5	-840.22492	7.000000	SIO2HL
6	652.54704	213.779192	AIR
7	-133.51080	7.000000	SIO2HL
8	168.76484	100.603028	AIR
9	-63.21136	30.000000	AIR
11	-137.74731	7.000000	SIO2HL
12	121.42092	12.731535	AIR
13	-87.24022	8.364313	SIO2HL
14	-54.11580	54.019262	AIR
15	-419.73455	17.372064	SIO2HL
16	-155.32420	1.000000	AIR
17	-172.05345	68.230242	AIR
STO	INFINITY	-67.230242	AIR
19	198.39621	7.000000	SIO2HL
20	87.44544	16.025941	SIO2HL
22	-430.07760	13.230599	AIR
23	170.34465	13.562814	SIO2HL
24	3013.66820	1.000000	AIR
25	94.29242	24.817356	SIO2HL
26	3578.66609	14.929691	AIR
27	-109.15751	15.726087	SIO2HL
28	-585.91891	1.000000	AIR
29	480.38009	11.793243	SIO2HL
30	-343.83269	6.476512	AIR
31	225.81131	13.014346	SIO2HL
32	-419.29952	1.000000	AIR
33	81.41776	15.110686	SIO2HL
34	686.55454	1.000000	AIR
35	28.43692	16.576702	SIO2HL
36	47.19354	13.455073	AIR
37	0.00000	0.000000	AIR

[0100]

도면의 간단한 설명

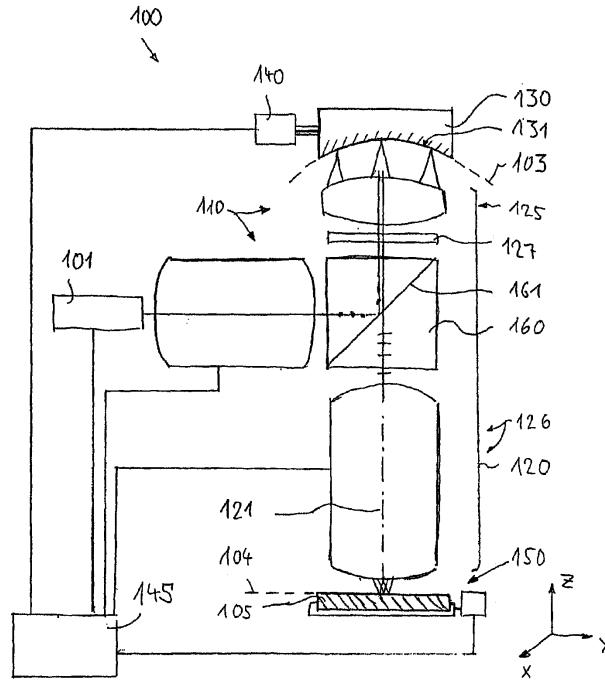
- [0041] 도 1은 만곡된 반사형 마스크가 사용되는 본 발명에 따른 투영 노광 장치의 한 실시예를 도시한다.
- [0042] 도 2는 만곡된 물체 표면과 이미지 평면 사이의 빔스플리터를 통해 조명광이 결합되는 굴절식 축소 대물렌즈의 한 실시예의 렌즈 단면을 도시한다.
- [0043] 도 3은 개별적으로 경사 가능한 다수의 개개의 미러들을 갖는 만곡된 반사형 마스크의 여러 위치의 도면을 도시한다.
- [0044] 도 4는 조명광의 일부가 만곡된 반사형 마스크에 의해 차단되는 도 2에 따른 투영 대물렌즈의 상세도를 도시한다.
- [0045] 도 5는 조명광의 중앙 결합을 갖는 굴절식 축소 대물렌즈의 제 2 실시예의 렌즈 단면을 도시한다.
- [0046] 도 6은 조명광의 편심 결합을 갖는 굴절식 축소 대물렌즈의 제 3 실시예를 도시한다.
- [0047] 도 7은 굴절식 축소 대물렌즈의 제 4 실시예의 렌즈 단면을 도시한다.
- [0048] 도 8은 반사굴절식 축소 대물렌즈의 제 1 실시예의 렌즈 단면을 도시한다

[0049] 도 9는 반사굴절식 축소 대물렌즈의 제 2 실시예의 렌즈 단면을 도시한다.

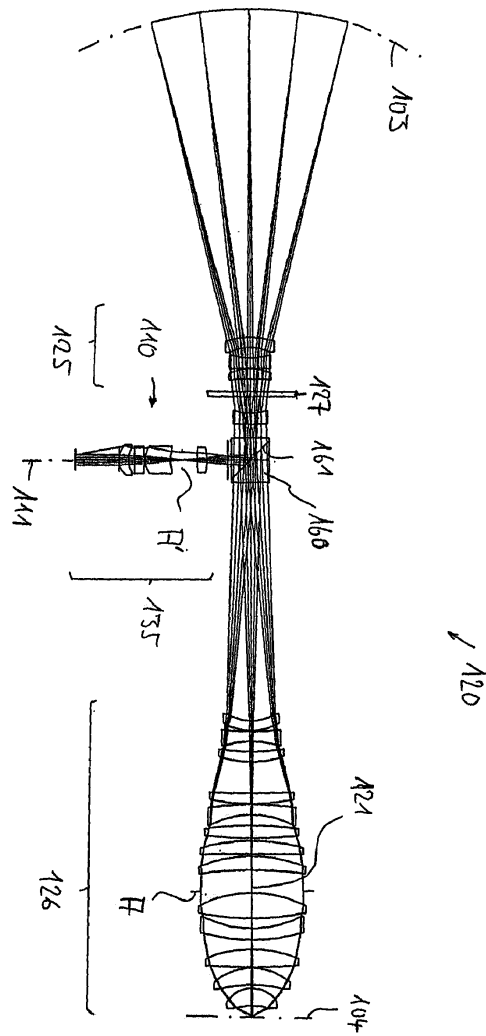
[0050] 도 10은 굴절식 축소 대물렌즈의 제 5 실시예의 렌즈 단면을 도시한다.

도면

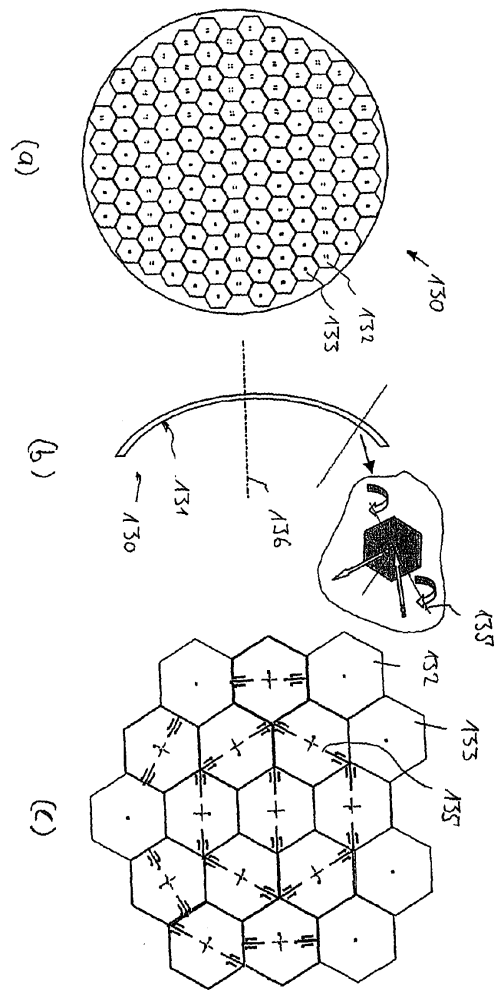
도면1



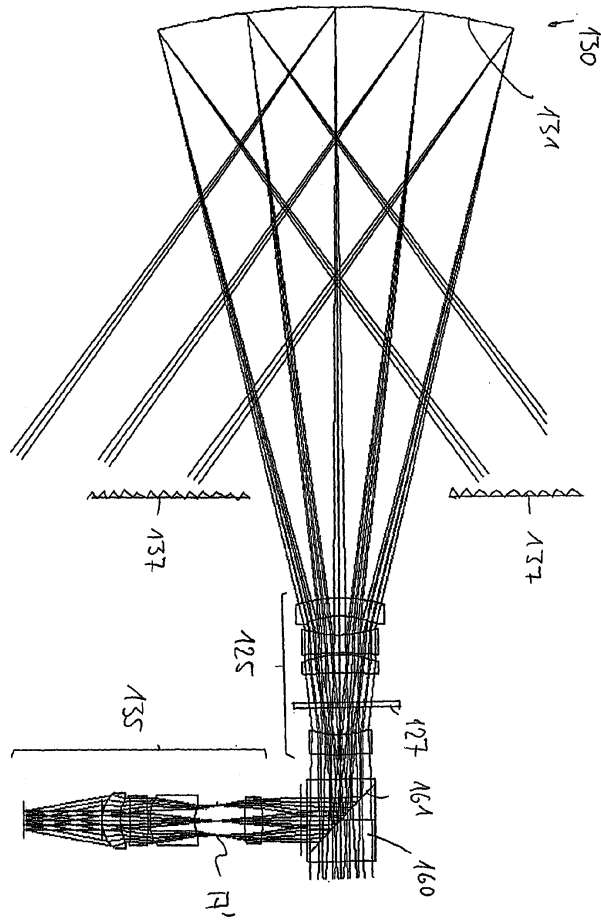
도면2



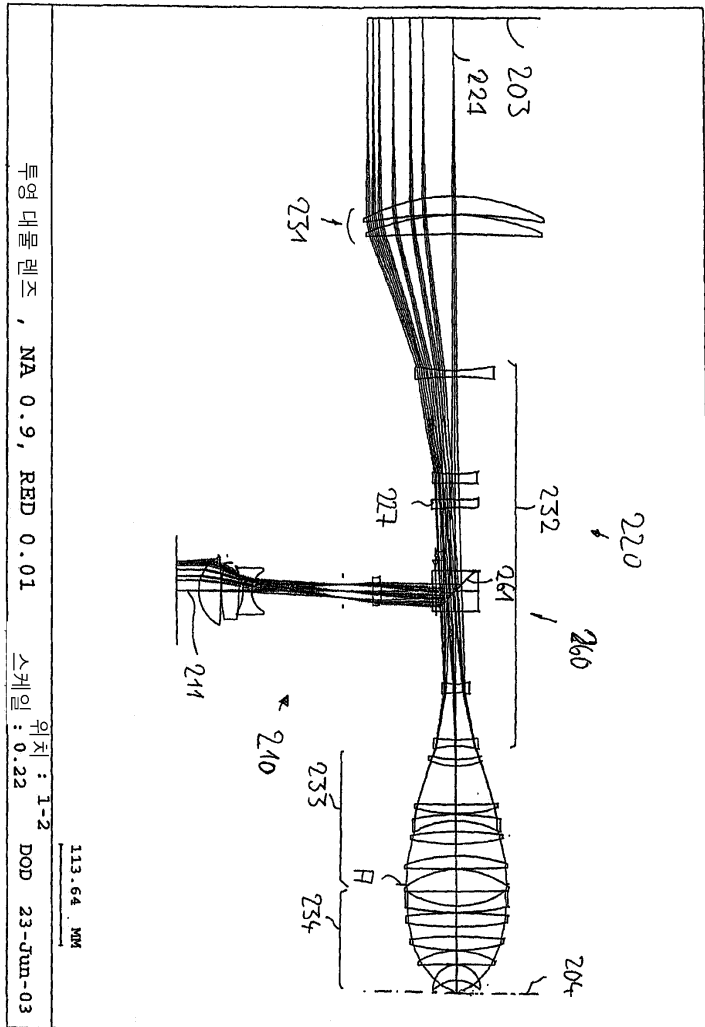
도면3



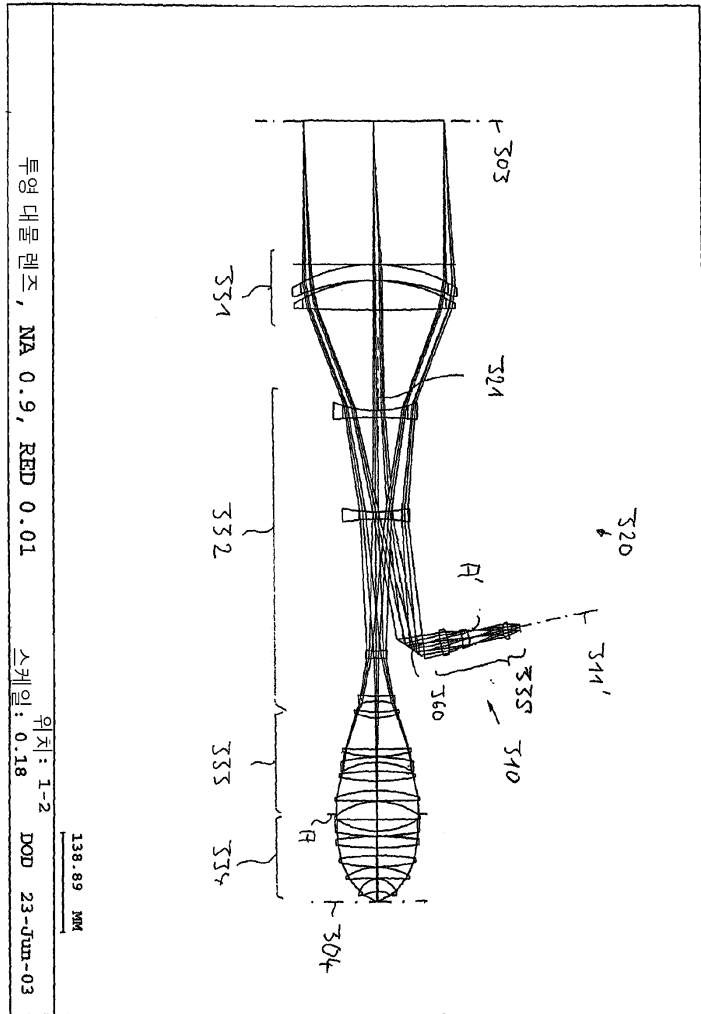
도면4



도면5

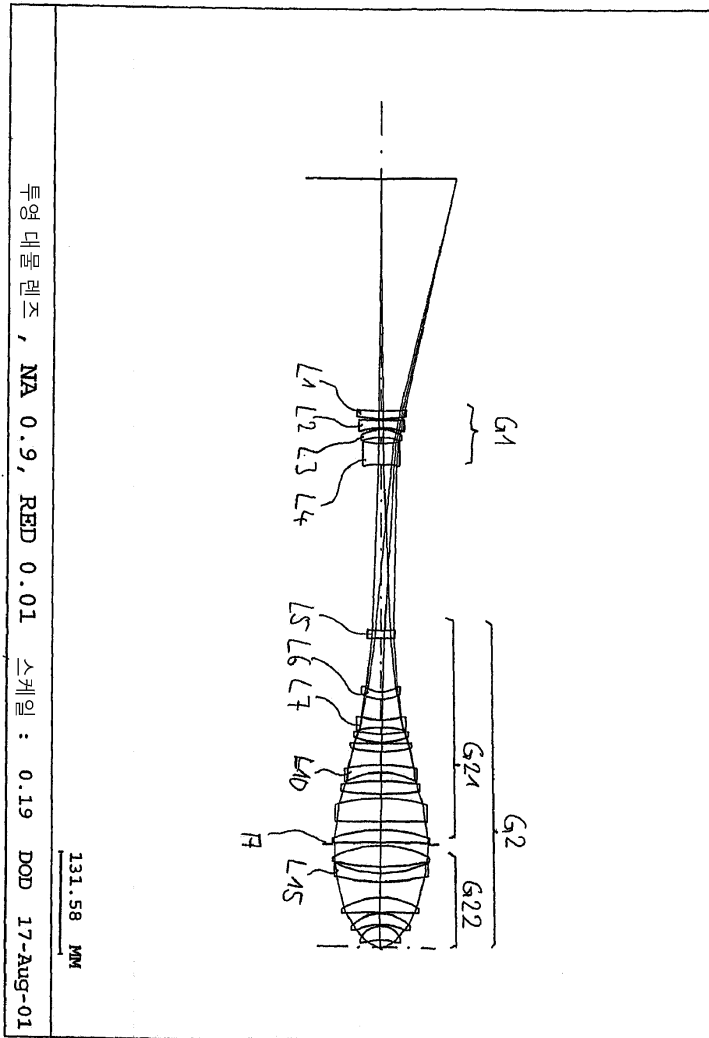


도면6



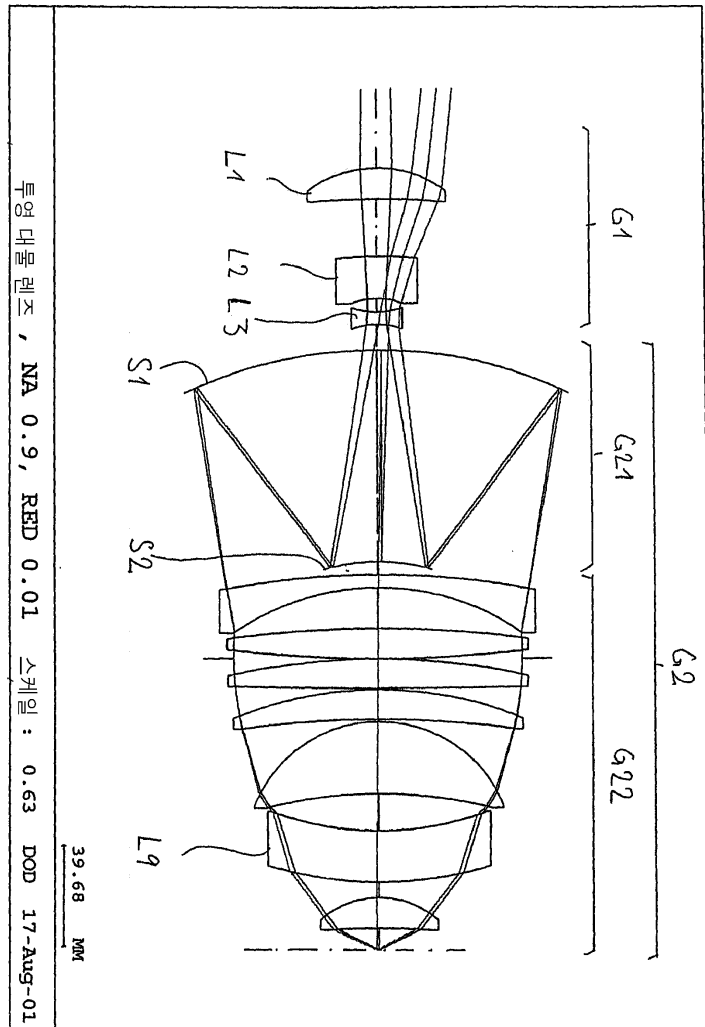
2013.09.09

도면7

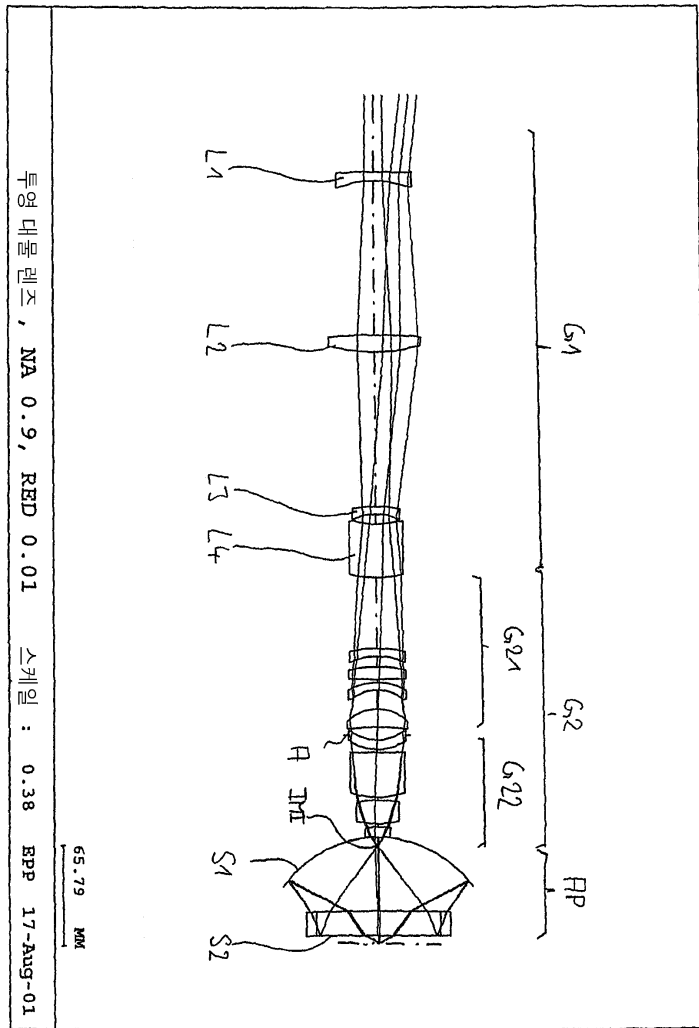


08:18:21

도면8

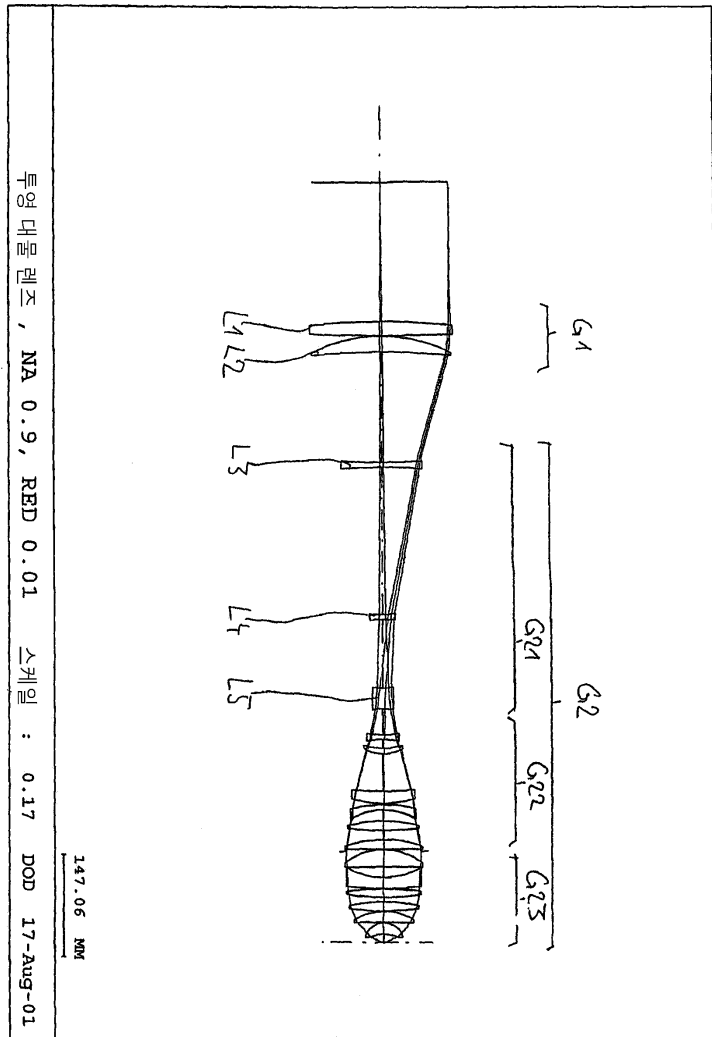


도면9



09120333

도면10



투영 대물 렌즈 , NA 0.9 , RFD 0.01 스케일 : 0.17 DOD 17-Aug-01

147.06 MM

09-26:09