



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2010년10월26일
(11) 등록번호 10-0989606
(24) 등록일자 2010년10월18일

(51) Int. Cl.
H01L 21/027 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2003-0044235
(22) 출원일자 2003년07월01일
심사청구일자 2008년06월04일
(65) 공개번호 10-2004-0004115
(43) 공개일자 2004년01월13일
(30) 우선권주장
JP-P-2002-00196212 2002년07월04일 일본(JP)
JP-P-2003-00003869 2003년01월10일 일본(JP)
(56) 선행기술조사문헌
JP2002365538 A
JP2002083766 A
JP2000206410 A
전체 청구항 수 : 총 27 항

(73) 특허권자
가부시키키가이샤 니콘
일본 도쿄도 지요다쿠 유라쿠초 1초메 12방 1고
(72) 발명자
시게마츠코지
일본도쿄도지요다꾸마루노우찌3초메2방3고가부시
키가이샤니콘나이
후지시마유헤이
일본도쿄도지요다꾸마루노우찌3초메2방3고가부시
키가이샤니콘나이
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
신정건, 김태홍

심사관 : 최정윤

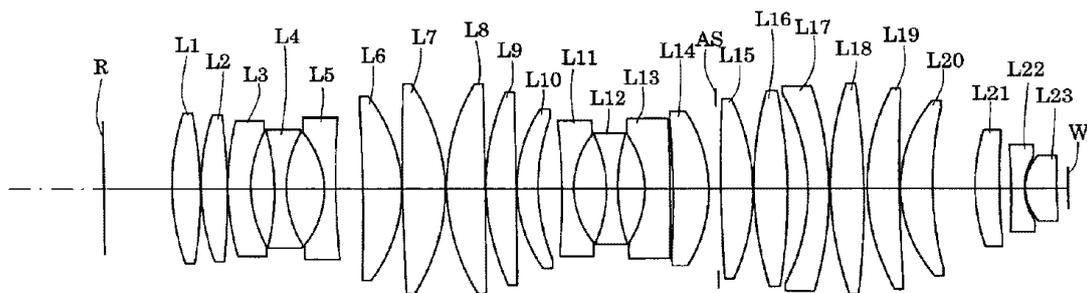
(54) 투영 광학계, 노광 장치 및 디바이스 제조 방법

(57) 요약

본 발명은 양측에서 거의 텔레센트릭이며 충분히 큰 개구수 및 충분히 넓은 결상 영역을 확보하면서, 왜곡 수차를 비롯한 여러 수차가 양호하게 보정된, 콤팩트하고 고성능인 투영 광학계를 제공하는 것을 과제로 한다.

제1 물체(R)의 패턴상을 제2 물체(W) 위에 형성하는 투영 광학계로서, 이 투영 광학계는 1.6 이하의 굴절율을 갖는 광학 재료로 형성되고, 제1 물체측 및 제2 물체측의 쌍방에서 실질적으로 텔레센트릭이다. 또한, 빛의 파장을 λ 로 하고, 제1 물체와 제2 물체와의 거리를 L로 하고, 제2 물체측의 개구수를 NA로 하고, 제2 물체 위에 있어서의 최대 상 높이를 Y_o 라 했을 때, $(\lambda \times L)/(NA \times Y_o^2) < 1.5 \times 10^{-3}$ 의 조건을 만족하고 있다.

대표도



(72) 발명자

오무라야스히로

일본도쿄도지요다꾸마루노우찌3쵸메2방3고가부시키
가이샤니콘나이

이시야마도시로

일본도쿄도지요다꾸마루노우찌3쵸메2방3고가부시키
가이샤니콘나이

특허청구의 범위

청구항 1

제1 물체의 패턴상(像)을 제2 물체 위에 형성하는 투영 광학계로서,
 상기 제1 물체와 상기 제2 물체 사이의 광로 중에 배치되며, 1.6 이하의 굴절율을 갖는 광학 재료를 포함하고,
 상기 제1 물체측 및 상기 제2 물체측의 쌍방에서 텔레센트릭이며,
 상기 투영 광학계가 이용하는 빛의 파장을 λ 로 하고, 상기 제1 물체와 상기 제2 물체 간의 거리를 L로 하며,
 상기 제2 물체측의 개구수를 NA로 하고, 상기 제2 물체 위에서의 최대 상 높이를 Y_o 로 했을 때,

$$(\lambda \times L) / (NA \times Y_o^2) < 1.5 \times 10^{-3}$$

의 조건을 만족하는 것인 투영 광학계.

청구항 2

청구항 1에 있어서, 상기 투영 광학계의 사출 눈동자와 상기 제2 물체 간의 거리를 E로 하고, 상기 제1 물체와
 상기 제2 물체 간의 거리를 L로 했을 때,

$$E/L > 1.2$$

의 조건을 만족하는 것인 투영 광학계.

청구항 3

청구항 2에 있어서, 상기 투영 광학계를 구성하는 모든 광학 부재는 단일 종의 광학 재료로 형성되어 있는 것인
 투영 광학계.

청구항 4

청구항 3에 있어서, 적어도 하나의 광학면이 비구면 형상으로 형성되어 있는 것인 투영 광학계.

청구항 5

청구항 4에 있어서, 상기 제1 물체측으로부터 순서대로, 플러스의 굴절력을 갖는 제1 렌즈군과, 마이너스의 굴
 절력을 갖는 제2 렌즈군과, 플러스의 굴절력을 갖는 제3 렌즈군을 구비하는 것인 투영 광학계.

청구항 6

청구항 5에 있어서, 상기 제1 물체 위에서의 최대 물체 높이를 H_o 라 할 때,

상기 제1 렌즈군을 구성하는 광학면의 총수 중 80% 이상의 수의 광학면이 상기 최대 물체 높이(H_o)의 1.1배보다
 큰 유효 반경을 갖고,

상기 제2 렌즈군을 구성하는 광학면의 총수 중 80% 이상의 수의 광학면이 상기 최대 물체 높이(H_o)의 1.1배보다
 작은 유효 반경을 가지며,

상기 제3 렌즈군을 구성하는 광학면의 총수 중 70% 이상의 수의 광학면이 상기 최대 물체 높이(H_o)의 1.1배보다
 큰 유효 반경을 갖는 것인 투영 광학계.

청구항 7

청구항 6에 있어서, 상기 제1 렌즈군은 상기 투영 광학계에 속하는 렌즈군 중에서 상기 제1 물체측에 가장 가깝
 게 배치되고,

상기 제3 렌즈군은 상기 투영 광학계에 속하는 렌즈군 중에서 상기 제2 물체측에 가장 가깝게 배치되어 있는 것
 인 투영 광학계.

청구항 8

청구항 4에 있어서, 상기 제2 물체 위에서의 최대 상 높이를 Y_0 로 하고, 상기 제1 물체와 상기 제2 물체 간의 거리를 L 로 했을 때,

$$0.014 < Y_0/L < 0.030$$

의 조건을 만족하는 것인 투영 광학계.

청구항 9

청구항 1에 있어서, 상기 투영 광학계를 구성하는 모든 광학 부재는 단일 종의 광학 재료로 형성되어 있는 것인 투영 광학계.

청구항 10

청구항 1에 있어서, 적어도 하나의 광학면이 비구면 형상으로 형성되어 있는 것인 투영 광학계.

청구항 11

청구항 1에 있어서, 상기 제1 물체측으로부터 순서대로, 플러스의 굴절력을 갖는 제1 렌즈군과, 마이너스의 굴절력을 갖는 제2 렌즈군과, 플러스의 굴절력을 갖는 제3 렌즈군을 구비하는 것인 투영 광학계.

청구항 12

청구항 11에 있어서, 상기 제1 물체 위에서의 최대 물체 높이를 H_0 라 할 때,

상기 제1 렌즈군을 구성하는 광학면의 총수 중 80% 이상의 수의 광학면이 상기 최대 물체 높이(H_0)의 1.1배보다 큰 유효 반경을 갖고,

상기 제2 렌즈군을 구성하는 광학면의 총수 중 80% 이상의 수의 광학면이 상기 최대 물체 높이(H_0)의 1.1배보다 작은 유효 반경을 가지며,

상기 제3 렌즈군을 구성하는 광학면의 총수 중 70% 이상의 수의 광학면이 상기 최대 물체 높이(H_0)의 1.1배보다 큰 유효 반경을 갖는 것인 투영 광학계.

청구항 13

청구항 12에 있어서, 상기 제1 렌즈군은 상기 투영 광학계에 속하는 렌즈군 중에서 상기 제1 물체측에 가장 가깝게 배치되고,

상기 제3 렌즈군은 상기 투영 광학계에 속하는 렌즈군 중에서 상기 제2 물체측에 가장 가깝게 배치되어 있는 것인 투영 광학계.

청구항 14

청구항 11에 있어서, 상기 제2 물체 위에서의 최대 상 높이를 Y_0 로 하고, 상기 제1 물체와 상기 제2 물체 간의 거리를 L 로 했을 때,

$$0.014 < Y_0/L < 0.030$$

의 조건을 만족하는 것인 투영 광학계.

청구항 15

제1 물체의 패턴상을 제2 물체 위에 형성하는 투영 광학계로서,

상기 제1 물체와 상기 제2 물체 사이의 광로 중에 배치된 광학 재료와;

비구면 형상으로 형성된 적어도 하나의 광학면

을 포함하고,

상기 제1 물체측 및 상기 제2 물체측의 쌍방에서 텔레센트릭이며,

상기 투영 광학계가 이용하는 빛의 파장을 λ 로 하고, 상기 제1 물체와 상기 제2 물체 간의 거리를 L로 하며, 상기 제2 물체측의 개구수를 NA로 하고, 상기 제2 물체 위에서의 최대 상 높이를 Y_o 로 했을 때,

$$(\lambda \times L) / (NA \times Y_o^2) < 1.0 \times 10^{-3}$$

$$\lambda < 200 \text{ nm}$$

의 조건을 만족하는 것인 투영 광학계.

청구항 16

청구항 15에 있어서, 상기 제1 물체의 축소상을 상기 제2 물체 위에 형성하는 것인 투영 광학계.

청구항 17

제1 물체의 패턴상을 제2 물체 위에 형성하는 투영 광학계로서,

상기 제1 물체측에서부터 순서대로,

플러스의 굴절력을 갖는 제1 렌즈군과;

마이너스의 굴절력을 갖는 제2 렌즈군과;

플러스의 굴절력을 갖는 제3 렌즈군

을 포함하고,

상기 제2 물체 위에서의 최대 상 높이를 Y_o 로 하고, 상기 제1 물체와 상기 제2 물체 간의 거리를 L로 했을 때,

$$0.014 < Y_o / L < 0.030$$

의 조건을 만족하는 것인 투영 광학계.

청구항 18

청구항 17에 있어서, 상기 제1 물체 위에서의 최대 물체 높이를 H_o 라 할 때,

상기 제1 렌즈군을 구성하는 광학면의 총수 중 80% 이상의 수의 광학면이 상기 최대 물체 높이(H_o)의 1.1배보다 큰 유효 반경을 갖고,

상기 제2 렌즈군을 구성하는 광학면의 총수 중 80% 이상의 수의 광학면이 상기 최대 물체 높이(H_o)의 1.1배보다 작은 유효 반경을 가지며,

상기 제3 렌즈군을 구성하는 광학면의 총수 중 70% 이상의 수의 광학면이 상기 최대 물체 높이(H_o)의 1.1배보다 큰 유효 반경을 갖는 것인 투영 광학계.

청구항 19

청구항 18에 있어서, 상기 제1 렌즈군은 상기 투영 광학계에 속하는 렌즈군 중에서 상기 제1 물체측에 가장 가깝게 배치되고,

상기 제3 렌즈군은 상기 투영 광학계에 속하는 렌즈군 중에서 상기 제2 물체측에 가장 가깝게 배치되어 있는 것인 투영 광학계.

청구항 20

청구항 19에 있어서, 상기 제1 물체의 축소상을 상기 제2 물체 위에 형성하는 것인 투영 광학계.

청구항 21

청구항 17에 있어서, 상기 제1 렌즈군은 상기 투영 광학계에 속하는 렌즈군 중에서 상기 제1 물체측에 가장 가깝게 배치되고,

상기 제3 렌즈군은 상기 투영 광학계에 속하는 렌즈군 중에서 상기 제2 물체측에 가장 가깝게 배치되어 있는 것인 투영 광학계.

청구항 22

제1 물체를 조명하는 조명계와;

상기 제1 물체에 형성된 패턴의 상을 제2 물체 위에 형성하기 위한 청구항 1 내지 청구항 21 중 어느 한 항에 따른 투영 광학계

를 포함하는 노광 장치.

청구항 23

청구항 22에 있어서, 상기 노광 장치는 상기 투영 광학계의 광축을 가로지르는 방향에 대해서 상기 제1 물체와 상기 제2 물체를 상대적으로 정지시킨 상태로 노광을 행하는 것인 노광 장치.

청구항 24

제1 물체를 조명하는 조명 공정과;

청구항 1 내지 청구항 21 중 어느 한 항에 따른 투영 광학계를 통해, 상기 조명 공정에 의해 조명된 상기 제1 물체의 패턴을 제2 물체에 노광하는 노광 공정과;

상기 노광 공정에 의해 노광된 상기 제2 물체를 현상하는 현상 공정

을 포함하는 디바이스 제조 방법.

청구항 25

청구항 24에 있어서, 상기 노광 공정에서는 상기 투영 광학계의 광축을 가로지르는 방향에 대해서 상기 제1 물체와 상기 제2 물체를 상대적으로 정지시킨 상태로 노광을 행하는 것인 디바이스 제조 방법.

청구항 26

마스크 위의 패턴을 감광성 기판 위에 투영 노광하는 노광 방법으로서,

조명계를 이용하여 상기 마스크를 조명하는 조명 공정과;

청구항 1 내지 청구항 21 중 어느 한 항에 따른 투영 광학계를 이용하여 상기 마스크 위의 상기 패턴의 축소상을 상기 감광성 기판 위에 형성하는 투영 공정

을 포함하는 노광 방법.

청구항 27

청구항 26에 있어서, 상기 투영 공정에서는 상기 투영 광학계의 광축을 가로지르는 방향에 대해서 상기 제1 물체와 상기 제2 물체를 상대적으로 정지시킨 상태로 노광을 행하는 것인 노광 방법.

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

[0031] 본 발명은 투영 광학계, 노광 장치 및 디바이스 제조 방법에 관한 것으로, 특히 반도체 소자나 액정 표시 소자 등의 마이크로 디바이스를 포토리소그래피 공정으로 제조할 때에 사용되는 노광 장치에 적합한 투영 광학계에 관한 것이다.

[0032] 반도체 소자 등을 제조할 때에, 마스크로서의 레티클의 패턴상을, 투영 광학계를 통해, 레지스트가 도포된 웨이퍼(또는 유리 플레이트 등) 위에 전사하는 노광 장치가 사용되고 있다. 이런 종류의 노광 장치에서는 반도체 집적 회로 등의 패턴의 미세화가 진행됨에 따라서, 투영 광학계에 대한 해상력의 향상이 요구되고 있다. 투영 광학계의 해상력을 향상시키기 위해서는 노광광의 파장을 보다 짧게 하거나, 혹은 개구수를 보다 크게 하는 것을

생각할 수 있다.

[0033] 최근, 노광광에 대해서는 수은 램프의 g 선(436 nm)이나 i 선(365 nm)으로부터, 보다 단파장의 KrF 엑시머 레이저광(248 nm)이나 ArF 엑시머 레이저광(193 nm)으로 이행되고 있다. 그러나, 투영 광학계의 해상력을 향상시키기 위해서 노광광의 단파장화를 도모하면, 투영 광학계를 구성하는 광학 부재에 사용할 수 있는 소정의 투과율을 갖는 광학 재료의 종류가 한정되어, 투영 광학계의 설계가 곤란하게 된다. 구체적으로는, KrF 엑시머 레이저광이나 ArF 엑시머 레이저광을 이용하는 투영 광학계에서는 사용 가능한 광학재료가 실질적으로는 석영이나 형석 등으로 한정된다.

[0034] 또, 투영 광학계에서는, 해상력의 향상과 함께, 상 왜곡의 저감에 대한 요구도 한층 더 엄격해지고 있다. 여기서, 상 왜곡이란, 투영 광학계의 왜곡 수차(디스토션)에 기인하는 상 왜곡뿐만 아니라, 투영 광학계의 상면(像面)에 설정되어 레티클 패턴이 베이킹되는 웨이퍼의 휘어짐 등에 기인하는 상 왜곡이나, 투영 광학계의 물체면에 설정되어 회로 패턴 등이 그려져 있는 레티클의 휘어짐에 기인한 상 왜곡이 있다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

[0035] 전술한 바와 같이, 종래 기술에서는 전사 패턴의 미세화에 따라, 상 왜곡의 저감 요구도 한층 더 엄격해지고 있다. 그래서, 웨이퍼의 휘어짐이 상 왜곡에 미치는 영향을 적게 하기 위해서, 투영 광학계의 사출 눈동자를 상면에서 멀리 위치시키는, 소위 상측(像側)에 텔레센트릭한 투영 광학계가 제안되어 있다. 또, 레티클의 휘어짐에 기인하는 상 왜곡을 경감시키기 위해, 투영 광학계의 입사 눈동자를 물체면에서 비교적 멀리 위치시키는 제안도 이루어져 있다.

[0036] 그러나, 종래 기술에서는, 높은 해상력을 갖는 투영 광학계에 대해서 여러 제안이 이루어지고 있지만, 충분히 넓은 실효 노광 영역(이미지 필드 : 결상 영역)이 확보되고 있지 않다. 이 때문에, 레티클과 웨이퍼를 투영 광학계에 대하여 상대 이동시키면서 웨이퍼의 각 노광 영역에 레티클 패턴을 주사 노광하는, 소위 스텝·앤드·스캔 방식의 투영 노광을 행하고 있어, 충분히 많은 작업 처리량을 실현할 수 없었다. 이와 같이, 작업 처리량이 많은 노광 장치를 실현하기 위해, 웨이퍼 위에서 보다 넓은 이미지 필드를 확보하는 것, 즉 광필드화가 요망되고 있다.

[0037] 또, 상술한 바와 같이, 해상력을 향상시키기 위해서 노광광의 단파장화를 도모하면, 투영 광학계를 구성하는 광학 재료의 투과율 저하가 문제가 되어, 고투과율을 확보하기 위해서 사용 가능한 광학 재료의 종류도 한정되게 된다. 또한, 투과율의 저하는 단순히 광량 손실을 일으킬 뿐만 아니라, 손실 광의 일부가 광학 부재에 의해서 흡수되어, 흡수된 빛이 열로 변환됨으로써 광학 부재의 굴절율의 변화나 광학면(렌즈면)의 변형을 일으키기 때문에, 결과적으로 투영 광학계의 결상 성능을 저하시키는 요인이 된다.

[0038] 또, 광필드화 및 고해상력화를 도모하기 위해서는 수차의 보정이 필요하지만, 한정된 종류의 광학 재료를 이용하여 넓은 노광 영역 전체에 걸쳐 수차를 보정하는 것은 매우 곤란하다.

[0039] 본 발명은 전술한 과제를 감안하여 이루어진 것으로, 양측에서 거의 텔레센트릭이며, 충분히 많은 개구수 및 충분히 넓은 결상 영역을 확보하면서, 왜곡 수차를 비롯한 여러 수차가 양호하게 보정된, 콤팩트하고 고성능인 투영 광학계를 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0040] 또, 본 발명은 콤팩트하고 고성능인 투영 광학계를 이용하여, 많은 작업 처리량 및 높은 해상력으로 양호한 투영 노광을 행할 수 있는 노광 장치를 제공하는 것을 목적으로 한다. 또한, 본 발명은 많은 작업 처리량 및 높은 해상력으로 양호한 투영 노광을 행할 수 있는 노광 장치를 이용하여, 양호한 마이크로 디바이스를 제조할 수 있는 디바이스 제조 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

발명의 구성 및 작용

[0041] 상기 과제를 해결하기 위해서, 본 발명의 제1 형태에서는, 제1 물체의 패턴상을 제2 물체 위에 형성하는 투영 광학계에 있어서,

[0042] 상기 투영 광학계는 1.6 이하의 굴절율을 갖는 광학 재료로 형성되고, 상기 제1 물체측 및 상기 제2 물체측의 쌍방에서 실질적으로 텔레센트릭이며,

[0043] 빛의 파장을 λ 로 하고, 상기 제1 물체와 상기 제2 물체의 거리를 L로 하고, 상기 제2 물체측의 개구수를 NA로 하고, 상기 제2 물체 위에서의 최대 상 높이를 Y_0 로 했을 때,

- [0044] $(\lambda \times L)/(NA \times Y_0^2) < 1.5 \times 10^{-3}$
- [0045] 의 조건을 만족하고 있는 것을 특징으로 하는 투영 광학계를 제공한다.
- [0046] 제1 형태의 바람직한 양태에 따르면, 상기 투영 광학계의 사출 눈동자와 상기 제2 물체의 거리를 E로 하고, 상기 제1 물체와 상기 제2 물체의 거리를 L로 했을 때, $E/L > 1.2$ 의 조건을 만족하고 있다. 또, 상기 투영 광학계를 구성하는 모든 광학 부재가 단일 종의 광학 재료로 형성되어 있는 것이 바람직하다. 또한, 적어도 하나의 광학면이 비구면 형상으로 형성되어 있는 것이 바람직하다.
- [0047] 본 발명의 제2 형태에서는, 제1 물체의 패턴상을 제2 물체 위에 형성하는 투영 광학계에 있어서,
- [0048] 상기 투영 광학계는 1.6 이하의 굴절율을 갖는 광학 재료로 형성되고, 상기 제1 물체측 및 상기 제2 물체측의 쌍방에서 실질적으로 텔레센트릭이며,
- [0049] 적어도 하나의 광학면이 비구면 형상으로 형성되고,
- [0050] 빛의 파장을 λ 로 하고, 상기 제1 물체와 상기 제2 물체의 거리를 L로 하고, 상기 제2 물체측의 개구수를 NA로 하고, 상기 제2 물체 위에서의 최대 상 높이를 Y_0 로 했을 때
- [0051] $(\lambda \times L)/(NA \times Y_0^2) < 1.0 \times 10^{-3}$
- [0052] $\lambda < 200 \text{ nm}$
- [0053] 의 조건을 만족하고 있는 것을 특징으로 하는 투영 광학계를 제공한다.
- [0054] 본 발명의 제3 형태에서는, 제1 물체측으로부터 순서대로, 플러스의 굴절력을 갖는 제1 렌즈군과, 마이너스의 굴절력을 갖는 제2 렌즈군과, 플러스의 굴절력을 갖는 제3 렌즈군을 구비하며, 상기 제1 물체의 패턴상을 제2 물체 위에 형성하는 투영 광학계에 있어서,
- [0055] 상기 제2 물체 위에서의 최대 상 높이를 Y_0 로 하고, 상기 제1 물체와 상기 제2 물체의 거리를 L로 했을 때,
- [0056] $0.014 < Y_0/L < 0.030$
- [0057] 의 조건을 만족하고 있는 것을 특징으로 하는 투영 광학계를 제공한다.
- [0058] 제3 형태의 바람직한 양태에 따르면, 상기 제1 물체 위에서의 최대 물체 높이를 H_0 라고 할 때, 상기 제1 렌즈군을 구성하는 광학면의 총수 중 80% 이상의 수의 광학면이 상기 최대 물체 높이(H_0)의 1.1배보다 큰 유효 반경을 갖고, 상기 제2 렌즈군을 구성하는 광학면의 총수 중 80% 이상의 수의 광학면이 상기 최대 물체 높이(H_0)의 1.1배보다 작은 유효 반경을 가지며, 상기 제3 렌즈군을 구성하는 광학면의 총수 중 70% 이상의 수의 광학면이 상기 최대 물체 높이(H_0)의 1.1배보다 큰 유효 반경을 갖는다. 또한, 상기 제1 렌즈군은 상기 투영 광학계에 속하는 렌즈군 중에서 상기 제1 물체측에 가장 가깝게 배치되고, 상기 제3 렌즈군은 상기 투영 광학계에 속하는 렌즈군 중에서 상기 제2 물체측에 가장 가깝게 배치되어 있는 것이 바람직하다.
- [0059] 본 발명의 제4 형태에서는, 상기 제1 물체로서의 마스크를 조명하기 위한 조명계와, 상기 마스크에 형성된 패턴의 상을 상기 제2 물체로서의 감광성 기관 위에 형성하기 위한 제1 형태~제3 형태의 투영 광학계를 구비하는 것을 특징으로 하는 노광 장치를 제공한다. 이 경우, 상기 투영 광학계의 광축을 가로지르는 방향에 대해서 상기 마스크와 상기 감광성 기관을 상대적으로 정지시킨 상태로 노광을 행하는 것이 바람직하다.
- [0060] 본 발명의 제5 형태에서는, 상기 제1 물체로서의 마스크를 조명하는 조명 공정과, 제1 형태~제3 형태의 투영 광학계를 통해, 상기 조명 공정에 의해 조명된 상기 마스크의 패턴을 상기 제2 물체로서의 감광성 기관 위에 노광하는 노광 공정과, 상기 노광 공정에 의해 노광된 상기 감광성 기관을 현상하는 현상 공정을 포함하는 것을 특징으로 하는 디바이스 제조 방법을 제공한다. 이 경우, 상기 노광 공정에서는 상기 투영 광학계의 광축을 가로지르는 방향에 대해서 상기 마스크와 상기 감광성 기관을 상대적으로 정지시킨 상태로 노광을 행하는 것이 바람직하다.
- [0061] 본 발명의 제6 형태에서는, 마스크 위의 패턴을 감광성 기관 위에 투영 노광하는 노광 장치로서, 상기 마스크를 조명하기 위한 조명계와, 상기 마스크 위의 상기 패턴의 축소상을 상기 감광성 기관 위에 형성하기 위한 투영 광학계를 구비하고, 상기 투영 광학계는 1.6 이하의 굴절율을 갖는 광학 재료로 형성되고, 상기 마스크측 및 상기 감광성 기관측의 쌍방에서 실질적으로 텔레센트릭이며, 상기 조명계로부터의 빛의 파장을 λ 로 하고, 상기 마스크와 상기 마스크의 상의 거리를 L로 하며, 상기 감광성 기관측의 개구수를 NA로 하고, 상기 감광성 기관

위에서의 최대 상 높이를 Y_0 라 했을 때,

[0062] $(\lambda \times L)/(NA \times Y_0^2) < 1.5 \times 10^{-3}$

[0063] 의 조건을 만족하는 것을 특징으로 하는 노광 장치를 제공한다.

[0064] 본 발명의 제7 형태에서는, 마스크 위의 패턴을 감광성 기관 위에 투영 노광하는 노광 방법으로서, 조명계를 이용하여 상기 마스크를 조명하는 조명 공정과, 투영 광학계를 이용하여 상기 마스크 위의 상기 패턴의 축소상을 상기 감광성 기관 위에 형성하는 투영 공정을 구비하고, 상기 투영 광학계는 1.6 이하의 굴절율을 갖는 광학 재료로 형성되고, 상기 마스크측 및 상기 감광성 기관측의 쌍방에서 실질적으로 텔레센트릭이며, 상기 조명계로부터의 빛의 파장을 λ 로 하고, 상기 마스크와 상기 마스크의 상의 거리를 L 로 하며, 상기 감광성 기관측의 개구수를 NA 로 하고, 상기 감광성 기관 위에서 최대 상 높이를 Y_0 로 했을 때,

[0065] $(\lambda \times L)/(NA \times Y_0^2) < 1.5 \times 10^{-3}$

[0066] 의 조건을 만족하는 것을 특징으로 하는 노광 장치를 제공한다.

[0067] 본 발명의 제8 형태에서는, 마스크 위의 패턴을 감광성 기관 위에 투영 노광하는 노광 장치로서, 상기 마스크를 조명하기 위한 조명계와, 상기 마스크 위의 상기 패턴의 축소상을 상기 감광성 기관 위에 형성하기 위한 투영 광학계를 구비하고, 상기 투영 광학계는 1.6 이하의 굴절율을 갖는 광학 재료로 형성되고, 상기 마스크측 및 상기 감광성 기관측의 쌍방에서 실질적으로 텔레센트릭이며, 적어도 하나의 광학면이 비구면 형상으로 형성되고, 상기 조명계로부터의 빛의 파장을 λ 로 하고, 상기 마스크와 상기 마스크의 상의 거리를 L 로 하며, 상기 감광성 기관측의 개구수를 NA 로 하고, 상기 감광성 기관 위에서 최대 상 높이를 Y_0 라 했을 때,

[0068] $(\lambda \times L)/(NA \times Y_0^2) < 1.0 \times 10^{-3}$

[0069] $\lambda < 200 \text{ nm}$

[0070] 의 조건을 만족하는 것을 특징으로 하는 노광 장치를 제공한다.

[0071] 본 발명의 제9 형태에서는, 마스크 위의 패턴을 감광성 기관 위에 투영 노광하는 노광 방법으로서, 조명계를 이용하여 상기 마스크를 조명하는 조명 공정과, 투영 광학계를 이용하여 상기 마스크 위의 상기 패턴의 축소상을 상기 감광성 기관 위에 형성하는 투영 공정을 구비하고, 상기 투영 광학계는 1.6 이하의 굴절율을 갖는 광학 재료로 형성되고, 상기 마스크측 및 상기 감광성 기관측의 쌍방에서 실질적으로 텔레센트릭이며, 적어도 하나의 광학면이 비구면 형상으로 형성되고, 상기 조명계로부터의 빛의 파장을 λ 로 하고, 상기 마스크와 상기 마스크의 상의 거리를 L 로 하고, 상기 감광성 기관측의 개구수를 NA 로 하고, 상기 감광성 기관 위에서 최대 상 높이를 Y_0 로 했을 때,

[0072] $(\lambda \times L)/(NA \times Y_0^2) < 1.0 \times 10^{-3}$

[0073] $\lambda < 200 \text{ nm}$

[0074] 의 조건을 만족하는 것을 특징으로 하는 노광 장치를 제공한다.

[0075] 본 발명의 제10 형태에서는, 마스크 위의 패턴을 감광성 기관 위에 투영 노광하는 노광 장치로서, 제1면 위에 위치 결정된 상기 마스크를 조명하기 위한 조명계와, 상기 마스크 위의 상기 패턴의 축소상을 제2면 위에 위치 결정된 상기 감광성 기관 위에 형성하기 위한 투영 광학계를 구비하며, 상기 투영 광학계는 상기 제1면과 상기 제2면 사이의 광로 중에 배치되어 플러스의 굴절력을 갖는 제1 렌즈군과, 상기 제1 렌즈군과 상기 제2면 사이의 광로 중에 배치되어 마이너스의 굴절력을 갖는 제2 렌즈군과, 상기 제2 렌즈군과 상기 제2면 사이의 광로 중에 배치되어 플러스의 굴절력을 갖는 제3 렌즈군을 구비하며, 상기 감광성 기관 위에서 최대 상 높이를 Y_0 로 하고, 상기 마스크와 상기 감광성 기관의 거리를 L 로 했을 때,

[0076] $0.014 < Y_0/L < 0.030$

[0077] 의 조건을 만족하는 것을 특징으로 하는 노광 장치를 제공한다.

[0078] 본 발명의 제11 형태에서는, 마스크 위의 패턴을 감광성 기관 위에 투영 노광하는 노광 방법으로서, 제1면 위에 상기 마스크를 위치 결정하는 공정과, 제2면 위에 상기 감광성 기관을 위치 결정하는 공정과, 상기 마스크를 조명하는 조명 공정과, 투영 광학계를 이용하여 상기 마스크 위의 상기 패턴의 축소상을 상기 감광성 기관 위에

형성하는 투영 공정을 구비하고, 상기 투영 광학계는 상기 제1면과 상기 제2면 사이의 광로 중에 배치되어 플러스의 굴절력을 갖는 제1 렌즈군과, 상기 제1 렌즈군과 상기 제2면 사이의 광로 중에 배치되어 마이너스의 굴절력을 갖는 제2 렌즈군과, 상기 제2 렌즈군과 상기 제2면 사이의 광로 중에 배치되어 플러스의 굴절력을 갖는 제3 렌즈군을 구비하며, 상기 감광성 기관 위에서의 최대 상 높이를 Y_0 로 하고, 상기 마스크와 상기 감광성 기관과의 거리를 L 로 했을 때,

[0079] $0.014 < Y_0/L < 0.030$

[0080] 의 조건을 만족하는 것을 특징으로 하는 노광 방법을 제공한다.

[0081] 본 발명의 투영 광학계는 1.6 이하의 굴절율을 갖는 광학 재료, 즉 비교적 낮은 굴절율을 갖는 광학 재료로 형성되어 있기 때문에, 단파장의 빛에 대해서도 높은 투과율을 확보할 수 있다. 또, 본 발명의 투영 광학계는 물체측(제1 물체측) 및 상측(像側; 제2 물체측)의 쌍방에 대하여 거의 텔레센트릭한 광학계로서 구성되어 있기 때문에, 제1 물체측의 상 왜곡에 미치는 영향(노광 장치에 적용한 경우에 레티클의 휘어짐 등에 기인하는 상 왜곡)이나, 제2 물체측의 상 왜곡에 미치는 영향(노광 장치에 적용한 경우에 웨이퍼의 휘어짐 등에 기인하는 상 왜곡)을 작게 억제할 수 있다.

[0082] 본 발명의 투영 광학계에서는 이하의 조건식 (1)을 만족한다. 조건식 (1)에 있어서, λ 는 빛의 파장이며, L 은 제1 물체와 제2 물체의 거리이다. 또, NA 는 제2 물체측의 개구수이며, Y_0 은 제2 물체 위에서의 최대 상 높이이다.

[0083] $(\lambda \times L)/(NA \times Y_0^2) < 1.5 \times 10^{-3}$ (1)

[0084] 조건식 (1)을 만족함으로써, 높은 해상력과 넓은 결상 영역(수차가 소요 상태로 보정되어 있는 상면 위의 영역: 노광 장치에 적용한 경우에는 넓은 노광 영역)을 확보하면서, 콤팩트하고 고성능인 투영 광학계를 실현할 수 있어, 노광 장치에 탑재함으로써 처리량이 많은 투영 노광을 실현할 수 있다. 한편, 조건식 (1)의 상한치를 상회하면, 해상력이나 결상 영역이 부족하거나, 혹은 실현이 곤란한 거대한 광학계로 되어 버린다. 한편, 또한 본 발명의 효과를 양호하게 발휘하기 위해서는 조건식 (1)의 상한치를 1.3×10^{-3} 으로 설정하는 것이 바람직하다.

[0085] 또, 본 발명의 투영 광학계에 있어서는, 이하의 조건식 (2)를 만족하는 것이 바람직하다. 조건식 (2)에 있어서, E 는 투영 광학계의 사출 눈동자와 제2 물체의 거리이다.

[0086] $E/L > 1.2$ (2)

[0087] 조건식 (2)는 콤팩트성 및 제2 물체측의 원격 텔레센트리시티를 규정하는 조건식이다. 여기서, 제2 물체측의 텔레센트리시티는 노광 장치에 탑재된 경우에는, 제1 물체측(레티클측)의 텔레센트리시티보다 중요하다. 조건식 (2)를 만족함으로써, 콤팩트한 광학계이면서, 제2 물체측의 상 왜곡에 미치는 영향(노광 장치에 적용한 경우에 웨이퍼의 휘어짐 등에 기인하는 상 왜곡)을 실질적으로 억제할 수 있다. 한편, 조건식 (2)의 하한치를 하회하면, 제2 물체측의 상 왜곡에 미치는 영향이 커지거나, 혹은 실현이 곤란한 거대한 광학계가 되기 때문에 바람직하지 못하다.

[0088] 또, 본 발명의 투영 광학계에서는, 모든 광학 부재가 단일 종의 광학 재료로 형성되어 있는 것이 바람직하다. 이 구성에 의해, 광학 부재의 제조 비용이나 제조에 걸리는 부하를 저감할 수 있다. 또, 모든 광학 부재가 단일 종의 광학 재료로 형성되어 있는 투영 광학계에서는, 예를 들면 일본 특허 공개 평7-220988호 공보에 개시되어 있는 것과 같이, 투영 광학계의 분위기의 기압이 변동했을 때에, 기압 변화에 의한 분위기의 굴절율의 변화를, 나아가서는 기압 변화에 의한 수차 변동을, 빛의 파장을 시프트(변화)시킴으로써 보정할 수 있다. 특히, 이 기술은 일본 특허 공개 평11-352012호 공보나 일본 특허 공개 2000-75493호 공보에 개시되어 있는 것과 같이, 장치를 설치하는 장소가 고지대인 경우 등, 조정시와 사용시에 환경이 다른 경우에, 단순히 파장을 시프트함으로써 수차 변동을 보정할 수 있다고 하는 효과를 갖는다.

[0089] 또한, 본 발명의 투영 광학계에서는 적어도 하나의 광학면이 비구면 형상으로 형성되어 있는 것이 바람직하다. 이와 같이, 광학계에 비구면을 도입함으로써, 넓은 결상 영역(노광 장치의 경우에는 노광 영역)의 전체에 걸쳐 양호한 수차 보정을 실현할 수 있다.

[0090] 이상과 같이, 본 발명에서는 양측에서 거의 텔레센트릭이며, 충분히 많은 개구수 및 충분히 넓은 결상 영역을 확보하면서, 왜곡 수차를 비롯한 여러 수차가 양호하게 보정된, 콤팩트하고 고성능인 투영 광학계를 실현할 수 있다. 따라서, 본 발명의 투영 광학계를 탑재한 노광 장치에서는 높은 작업 처리량 및 높은 해상력으로 양호한 투영 노광을 행할 수 있고, 나아가서는 높은 작업 처리량 및 높은 해상력으로 양호한 마이크로 디바이스를 제조

할 수 있다.

- [0091] 본 발명의 실시형태를, 첨부 도면에 기초하여 설명한다.
- [0092] 도 1은 본 발명의 실시형태에 따른 투영 광학계를 갖춘 노광 장치의 구성을 개략적으로 도시한 도면이다. 또, 도 1에 있어서, 투영 광학계(PL)의 광축(AX)에 평행하게 Z축을, 광축(AX)에 수직인 면 내에서 도 1의 지면에 평행하게 Y축을, 광축(AX)에 수직인 면 내에서 도 1의 지면에 수직으로 X축을 설정하고 있다.
- [0093] 도 1에 도시하는 노광 장치는 조명광을 공급하기 위한 광원(LS)으로서, 예컨대 KrF 엑시머 레이저 광원(파장 248.4 nm), ArF 엑시머 레이저 광원(파장 193.3 nm) 또는 F₂ 레이저 광원(파장 157.6 nm)을 구비하고 있다. 광원(LS)에서 사출된 빛은 조명 광학계(IL)를 통해, 소정의 패턴이 형성된 투영 원판으로서의 레티클(마스크)(R)을 조명한다. 조명 광학계(IL)는 노광광의 조도 분포를 균일화하기 위한 플라이아이 렌즈, 조명 개구 조절개, 가변 시야 조절개(레티클 블라인드), 콘덴서 렌즈계 등으로 구성되어 있다.
- [0094] 레티클(R)은 레티클 홀더(RH)를 통해, 레티클 스테이지(RS) 위에서 XY 평면에 평행하게 유지되어 있다. 레티클 스테이지(RS)는 도시하지 않은 구동계의 작용에 의해, 레티클면(즉, XY 평면)을 따라서 이차원적으로 이동 가능하며, 그 위치 좌표는 레티클 이동 거울(RM)을 이용한 간섭계(RIF)에 의해서 측정되고 또 위치 제어되도록 구성되어 있다. 레티클(R)에 형성된 패턴으로부터의 빛은, 투영 광학계(PL)를 통해 포토레지스트가 도포된 웨이퍼(W)(감광성 기관) 위에 레티클 패턴상을 형성한다.
- [0095] 투영 광학계(PL)는 그 눈동자 위치의 근방에 배치된 가변의 개구 조절개(AS)(도 1에서는 도시되지 않음)를 갖고, 레티클(R)측 및 웨이퍼(W)측의 쌍방에 있어서 실질적으로 텔레센트릭하게 구성되어 있다. 그리고, 투영 광학계(PL)의 눈동자 위치에는 조명 광학계의 조명 눈동자면에 있어서의 이차 광원의 상이 형성되어, 투영 광학계(PL)를 통한 빛에 의해서 웨이퍼(W)가 케일러 조명된다. 웨이퍼(W)는 웨이퍼 테이블(웨이퍼 홀더)(WT)을 통해, 웨이퍼 스테이지(WS) 위에 있어서 XY 평면에 평행하게 유지되고 있다.
- [0096] 웨이퍼 스테이지(WS)는 도시하지 않은 구동계의 작용에 의해 웨이퍼면(즉 XY 평면)을 따라서 이차원적으로 이동 가능하며, 그 위치 좌표는 웨이퍼 이동 거울(WM)을 이용한 간섭계(WIF)에 의해서 측정되고 또 위치 제어되도록 구성되어 있다. 이렇게 해서, 본 실시형태에서는, 투영 광학계(PL)의 광축(AX)과 직교하는 평면 내에서 웨이퍼(W)를 이차원적으로 구동 제어하면서 각 노광 영역에 대하여 레티클(R)의 패턴을 일괄적으로 노광하는 동작을 반복함으로써, 즉 스텝·앤드·리피트 방식에 의해, 웨이퍼(W)의 각 노광 영역에는 레티클(R)의 패턴이 축차 노광된다.
- [0097] 이하, 구체적인 수치예에 기초하여, 본 실시형태의 투영 광학계(PL)의 각 실시예를 설명한다. 제1 실시예 내지 제4 실시예에 있어서, 투영 광학계(PL)를 구성하는 모든 렌즈 성분은 석영(SiO₂)으로 형성되어 있다. 제5 실시예에 있어서, 투영 광학계(PL)를 구성하는 렌즈 성분은 석영 또는 형석(CaF₂)으로 형성되어 있다. 제6 실시예에 있어서, 투영 광학계(PL)를 구성하는 모든 렌즈 성분은 형석으로 형성되어 있다. 제1 실시예 내지 제3 실시예에서는, 광원(LS)으로서의 KrF 엑시머 레이저 광원으로부터 공급되는 레이저광의 중심 파장은 248.4 nm이며, 이 중심 파장에 대한 석영 유리의 굴절율은 1.50839이다. 제4 실시예 및 제5 실시예에서는, 광원(LS)으로서의 ArF 엑시머 레이저 광원으로부터 공급되는 레이저광의 중심 파장은 193.3 nm이며, 이 중심 파장에 대한 석영 유리의 굴절율은 1.560326이며, 형석의 굴절율은 1.501455이다. 제6 실시예에서는 광원(LS)으로서의 F₂ 레이저 광원으로부터 공급되는 레이저광의 중심 파장은 157.6 nm이며, 이 중심 파장에 대한 형석의 굴절율은 1.559307이다.
- [0098] 또, 각 실시예에 있어서, 비구면은 광축에 수직인 방향의 높이를 y로 하고, 비구면의 정점에 있어서의 접평면으로부터 높이(y)에 있어서의 비구면 위의 위치까지의 광축에 따른 거리(새그량)를 z로 하고, 정점 곡률 반경을 r로 하고, 원추 계수를 κ로 하고, n차 비구면 계수를 C_n으로 했을 때, 이하의 수학적 식 1로 나타내어진다. 후술하는 표 1~표 6에 있어서, 비구면 형상으로 형성된 렌즈면에는 면 번호의 우측에 * 표시를 붙이고 있다.

수학적 식 1

$$z = (y^2 / r) / [1 + \{1 - (1 + \kappa) \cdot y^2 / r^2\}^{1/2}] + C_4 \cdot y^4 + C_6 \cdot y^6 + C_8 \cdot y^8 + C_{10} \cdot y^{10} + \dots$$

[0099]

[0100] [제1 실시예]

[0101] 도 2는 제1 실시예에 따른 투영 광학계의 렌즈 구성을 도시한 도면이다. 도 2를 참조하면, 제1 실시예의 투영 광학계(PL)는 레티클측으로부터 순서대로, 양 볼록 렌즈(L1)와, 양 볼록 렌즈(L2)와, 웨이퍼측으로 비구면 형상의 오목면을 향하게 한 마이너스 메니스커스 렌즈(L3)와, 양 오목 렌즈(L4)와, 양 오목 렌즈(L5)와, 레티클측으로 오목면을 향하게 한 플러스 메니스커스 렌즈(L6)와, 양 볼록 렌즈(L7)와, 웨이퍼측으로 평면을 향하게 한 평 볼록 렌즈(L8)와, 웨이퍼측으로 평면을 향하게 한 평 볼록 렌즈(L9)와, 웨이퍼측으로 비구면 형상의 오목면을 향하게 한 플러스 메니스커스 렌즈(L10)와, 양 오목 렌즈(L11)와, 웨이퍼측으로 비구면 형상의 오목면을 향하게 한 양 오목 렌즈(L12)와, 레티클측으로 오목면을 향하게 한 마이너스 메니스커스 렌즈(L13)와, 레티클측으로 오목면을 향하게 한 플러스 메니스커스 렌즈(L14)와, 개구 조절개(AS)와, 양 볼록 렌즈(L15)와, 양 볼록 렌즈(L16)와, 레티클측으로 오목면을 향하게 한 마이너스 메니스커스 렌즈(L17)와, 양 볼록 렌즈(L18)와, 레티클측으로 볼록면을 향하게 한 플러스 메니스커스 렌즈(L19)와, 레티클측으로 볼록면을 향하게 한 플러스 메니스커스 렌즈(L20)와, 웨이퍼측으로 비구면 형상의 오목면을 향하게 한 플러스 메니스커스 렌즈(L21)와, 양 오목 렌즈(L22)와, 레티클측으로 볼록면을 향하게 한 플러스 메니스커스 렌즈(L23)로 구성되어 있다.

[0102] 다음 표 1에, 제1 실시예에 따른 투영 광학계의 제원(諸元) 값을 나타낸다. 표 1의 주요 제원에 있어서, λ 는 노광광의 중심 파장을, β 은 투영 배율을, NA는 상측(웨이퍼측) 개구수를, Y_o 은 최대 상 높이(이미지 필드 반경)를 각각 나타내고 있다. 또한, 표 1의 광학 부재 제원에 있어서, 면 번호는 레티클측으로부터의 면의 순서를, r은 각 면의 곡률 반경(비구면인 경우에는 정점 곡률 반경 : mm)을, d는 각 면의 축상 간격 즉 면 간격(mm)을, n은 노광광의 중심 파장에 대한 굴절율을 각각 나타내고 있다. 전술한 표기는 이후의 표 2~표 6에 있어서도 마찬가지이다.

[0103] (표 1)

[0104] (주요 제원)

[0105] $\lambda=248.4 \text{ nm}$

[0106] $\beta=-1/4$

[0107] NA=0.63

[0108] $Y_o=21.1 \text{ mm}$

[0109] (광학 부재 제원)

[0110]	면번호	r	d	n
[0111]	(레티클면)	85.356		
[0112]	1	336.044	37.114	1.50839 (L1)
[0113]	2	-615.588	1	
[0114]	3	316.94	33.74	1.50839 (L2)
[0115]	4	-989.58	1	
[0116]	5	359.629	30.296	1.50839 (L3)
[0117]	6*	159.197	30.838	
[0118]	7	-337.919	15	1.50839 (L4)
[0119]	8	156.559	49.488	
[0120]	9	-124.689	15	1.50839 (L5)
[0121]	10	1160.675	36.007	
[0122]	11	-2954.927	51.128	1.50839 (L6)
[0123]	12	-209.121	1	
[0124]	13	2955.769	55.617	1.50839 (L7)

[0125]	14	-271.245	1.906	
[0126]	15	274.463 51.753	1.50839 (L8)	
[0127]	16	∞	1	
[0128]	17	324.91 40.148	1.50839 (L9)	
[0129]	18	∞	1	
[0130]	19	195.148 28.434	1.50839 (L10)	
[0131]	20*	274.486 31.28		
[0132]	21	-989.419	15	1.50839 (L11)
[0133]	22	117.522 43.78		
[0134]	23	-183.081	15	1.50839 (L12)
[0135]	24*	257.814 36.097		
[0136]	25	-136.607	33.693	1.50839 (L13)
[0137]	26	-3057.785	3.802	
[0138]	27	-1540.038	47.077	1.50839 (L14)
[0139]	28	-207.905	10.539	
[0140]	29	∞	4.66	(AS)
[0141]	30	2195.041	42.729	1.50839 (L15)
[0142]	31	-290.604	1	
[0143]	32	488.043 44.596	1.50839 (L16)	
[0144]	33	-776.102	26.234	
[0145]	34	-290.901	27.5	1.50839 (L17)
[0146]	35	-487.976	1.919	
[0147]	36	478.702 42.713	1.50839 (L18)	
[0148]	37	-1180.716	4.283	
[0149]	38	295.558 41.897	1.50839 (L19)	
[0150]	39	2379.702	1.727	
[0151]	40	191.779 40.82	1.50839 (L20)	
[0152]	41	501.27 52.63		
[0153]	42	271.114 29.675	1.50839 (L21)	
[0154]	43*	966.299 14.707		
[0155]	44	-1253.623	16.248	1.50839 (L22)
[0156]	45	87.496	1	
[0157]	46	70.339 39.582	1.50839 (L23)	
[0158]	47	616.178 12.9803		
[0159]		(웨이퍼면)		
[0160]		(비구면 데이터)		

- [0161] 6면
- [0162] $\kappa=0$
- [0163] $C_4=-3.2030 \times 10^{-8}$ $C_6=-1.3280 \times 10^{-12}$
- [0164] $C_8=-5.4530 \times 10^{-17}$ $C_{10}=1.8350 \times 10^{-21}$
- [0165] $C_{12}=-4.4290 \times 10^{-25}$ $C_{14}=1.2610 \times 10^{-29}$
- [0166] 20면
- [0167] $\kappa=0$
- [0168] $C_4=-7.2400 \times 10^{-9}$ $C_6=1.6610 \times 10^{-14}$
- [0169] $C_8=2.3820 \times 10^{-18}$ $C_{10}=-6.9760 \times 10^{-23}$
- [0170] $C_{12}=6.6230 \times 10^{-27}$
- [0171] 24면
- [0172] $\kappa=0$
- [0173] $C_4=4.2380 \times 10^{-8}$ $C_6=-2.3110 \times 10^{-12}$
- [0174] $C_8=-2.6420 \times 10^{-17}$ $C_{10}=4.7740 \times 10^{-21}$
- [0175] 43면
- [0176] $\kappa=0$
- [0177] $C_4=3.6730 \times 10^{-8}$ $C_6=4.4570 \times 10^{-13}$
- [0178] $C_8=2.7930 \times 10^{-17}$ $C_{10}=-3.3130 \times 10^{-21}$
- [0179] $C_{12}=4.1110 \times 10^{-25}$
- [0180] (조건식 대응치)
- [0181] $L=1249.9933 \text{ mm}$
- [0182] $E=3220.834 \text{ mm}$
- [0183] (1) $(\lambda \times L)/(NA \times Y_0^2)=1.107 \times 10^{-3}$
- [0184] (2) $E/L=2.58$
- [0185] 도 3은 제1 실시예에 있어서의 구면 수차, 비점 수차 및 왜곡 수차를 도시한 도면이다. 또, 도 4는 제1 실시예에 있어서의 가로 수차를 도시한 도면이다. 각 수차도에 있어서, NA는 상측의 개구수를, Y는 상의 높이(mm)를 각각 나타내고 있다. 또, 비점 수차를 도시하는 수차도에 있어서, 실선은 사지탈(sagittal) 상면을 나타내고, 파선은 메리디오날(meridional) 상면을 나타내고 있다. 전술한 표기는 이후의 도 6, 도 7, 도 9, 도 10, 도 12, 도 13, 도 15, 도 16 및 도 18에서도 마찬가지로이다. 각 수차도로부터 분명한 바와 같이, 제1 실시예에서는 $NA=0.63$ 이라는 큰 개구수 및 $Y_0=21.1 \text{ mm}$ 이라는 큰 최대 상 높이(나아가서는 큰 이미지 필드)를 확보하면서, 왜곡 수차를 비롯한 여러 수차가 양호하게 보정되어 있음을 알 수 있다.
- [0186] [제2 실시예]

[0187] 도 5는 제2 실시예에 따른 투영 광학계의 렌즈 구성을 도시한 도면이다. 도 5를 참조하면, 제2 실시예의 투영 광학계(PL)는 레티클측으로부터 순서대로, 양 볼록 렌즈(L1)와, 양 볼록 렌즈(L2)와, 웨이퍼측으로 비구면 형상의 오목면을 향하게 한 마이너스 메니스커스 렌즈(L3)와, 양 오목 렌즈(L4)와, 웨이퍼측으로 비구면 형상의 오목면을 향하게 한 양 오목 렌즈(L5)와, 레티클측으로 오목면을 향하게 한 마이너스 메니스커스 렌즈(L6)와, 레티클측으로 오목면을 향하게 한 플러스 메니스커스 렌즈(L7)와, 레티클측으로 오목면을 향하게 한 플러스 메니스커스 렌즈(L8)와, 양 볼록 렌즈(L9)와, 레티클측으로 볼록면을 향하게 한 플러스 메니스커스 렌즈(L10)와, 웨이퍼측으로 비구면 형상의 오목면을 향하게 한 양 오목 렌즈(L11)와, 웨이퍼측으로 비구면 형상의 오목면을 향하게 한 양 오목 렌즈(L12)와, 레티클측으로 오목면을 향하게 한 마이너스 메니스커스 렌즈(L13)와, 레티클측으로 비구면 형상의 오목면을 향하게 한 플러스 메니스커스 렌즈(L14)와, 개구 조절개(AS)와, 양 볼록 렌즈(L15)와, 양 볼록 렌즈(L16)와, 레티클측으로 오목면을 향하게 한 마이너스 메니스커스 렌즈(L17)와, 레티클측으로 볼록면을 향하게 한 플러스 메니스커스 렌즈(L18)와, 레티클측으로 볼록면을 향하게 한 플러스 메니스커스 렌즈(L19)와, 레티클측으로 볼록면을 향하게 한 플러스 메니스커스 렌즈(L20)와, 웨이퍼측으로 비구면 형상의 오목면을 향하게 한 플러스 메니스커스 렌즈(L21)와, 레티클측으로 볼록면을 향하게 한 마이너스 메니스커스 렌즈(L22)와, 레티클측으로 볼록면을 향하게 한 플러스 메니스커스 렌즈(L23)로 구성되어 있다.

[0188] 다음의 표 2에, 제2 실시예에 따른 투영 광학계의 제원의 값을 나타낸다.

[0189] (표 2)

[0190] (주요 제원)

[0191] $\lambda=248.4 \text{ nm}$

[0192] $\beta=-1/4$

[0193] $NA=0.65$

[0194] $Y_o=21.1 \text{ mm}$

[0195] (광학 부재 제원)

[0196]	면번호	r	d	n
[0197]	(레티클면)		85.000	
[0198]	1	370.169	36.976	1.50839 (L1)
[0199]	2	-539.027	1	
[0200]	3	260.614	35.323	1.50839 (L2)
[0201]	4	-1805.662	1	
[0202]	5	237.342	21.572	1.50839 (L3)
[0203]	6*	139.323	31.377	
[0204]	7	-516.888	17	1.50839 (L4)
[0205]	8	150	42.425	
[0206]	9	-147.29	15	1.50839 (L5)
[0207]	10*	816.066	35.905	
[0208]	11	-147.082	27	1.50839 (L6)
[0209]	12	-225.4	1	
[0210]	13	-41392	53.976	1.50839 (L7)
[0211]	14	-227.618	1	
[0212]	15	-8608.53	50.952	1.50839 (L8)

[0213]	16	-284.185	1	
[0214]	17	243.06	59.2	1.50839 (L9)
[0215]	18	-37613.5	1	
[0216]	19	203.88	49.991	1.50839 (L10)
[0217]	20	1553.442	32.55	
[0218]	21	-1036.807	17	1.50839 (L11)
[0219]	22*	148.605	42.594	
[0220]	23	-191.614	15	1.50839 (L12)
[0221]	24*	189.595	41.625	
[0222]	25	-146.676	18.454	1.50839 (L13)
[0223]	26	-1600.717	18.651	
[0224]	27	-759.531	35.576	1.50839 (L14)
[0225]	28	-211.058	10.001	
[0226]	29	∞	7.194	(AS)
[0227]	30	2974.88	48.903	1.50839 (L15)
[0228]	31	-260.354	1	
[0229]	32	533.226	51.054	1.50839 (L16)
[0230]	33	-497.281	16.334	
[0231]	34	-297.478	28	1.50839 (L17)
[0232]	35	-410.191	6.962	
[0233]	36	432.489	35.698	1.50839 (L18)
[0234]	37	5542.48	1	
[0235]	38	339.32	38.398	1.50839 (L19)
[0236]	39	2529.767	1.073	
[0237]	40	205.053	40.997	1.50839 (L20)
[0238]	41	570.26	44.016	
[0239]	42	526.794	28.369	1.50839 (L21)
[0240]	43*	999.637	7.316	
[0241]	44	363.9	26.929	1.50839 (L22)
[0242]	45	80.011	6.368	
[0243]	46	68.127	47.548	1.50839 (L23)
[0244]	47	333.792	13.6933	
[0245]		(웨이퍼면)		
[0246]		(비구면 데이터)		
[0247]		6면		
[0248]		κ=0		

[0249]	$C_4=-2.5830 \times 10^{-8}$	$C_6=-1.4132 \times 10^{-12}$
[0250]	$C_8=-7.1032 \times 10^{-17}$	$C_{10}=9.7808 \times 10^{-22}$
[0251]	$C_{12}=-3.4814 \times 10^{-25}$	
[0252]	10면	
[0253]	$\kappa=0$	
[0254]	$C_4=-5.2948 \times 10^{-9}$	$C_6=1.6031 \times 10^{-12}$
[0255]	$C_8=-4.1130 \times 10^{-17}$	$C_{10}=-5.8947 \times 10^{-22}$
[0256]	$C_{12}=3.0968 \times 10^{-26}$	
[0257]	22면	
[0258]	$\kappa=0$	
[0259]	$C_4=3.2206 \times 10^{-8}$	$C_6=1.8939 \times 10^{-12}$
[0260]	$C_8=9.9966 \times 10^{-17}$	$C_{10}=2.8187 \times 10^{-21}$
[0261]	$C_{12}=4.7609 \times 10^{-25}$	
[0262]	24면	
[0263]	$\kappa=0$	
[0264]	$C_4=3.8141 \times 10^{-8}$	$C_6=-3.4162 \times 10^{-12}$
[0265]	$C_8=1.2024 \times 10^{-19}$	$C_{10}=9.9690 \times 10^{-21}$
[0266]	$C_{12}=-2.2108 \times 10^{-25}$	
[0267]	27면	
[0268]	$\kappa=0$	
[0269]	$C_4=1.2927 \times 10^{-9}$	$C_6=1.7523 \times 10^{-13}$
[0270]	$C_8=3.6435 \times 10^{-18}$	$C_{10}=1.1104 \times 10^{-22}$
[0271]	$C_{12}=1.0330 \times 10^{-26}$	
[0272]	43면	
[0273]	$\kappa=0$	
[0274]	$C_4=2.3875 \times 10^{-8}$	$C_6=1.3965 \times 10^{-12}$
[0275]	$C_8=-4.3074 \times 10^{-17}$	$C_{10}=3.1012 \times 10^{-21}$
[0276]	$C_{12}=-1.9832 \times 10^{-26}$	

- [0277] (조건식 대응치)
- [0278] $L=1250.0003 \text{ mm}$
- [0279] $E=2913.034 \text{ mm}$
- [0280] (1) $(\lambda \times L)/(NA \times Y_0^2)=1.073 \times 10^{-3}$
- [0281] (2) $E/L=2.33$
- [0282] 도 6은 제2 실시예에 있어서의 구면 수차, 비점 수차 및 왜곡 수차를 도시한 도면이다. 또, 도 7은 제2 실시예에 있어서의 가로 수차를 도시한 도면이다. 각 수차도로부터 분명한 바와 같이, 제 2 실시예에서는 $NA=0.65$ 이라는 큰 개구수 및 $Y_0=21.1 \text{ mm}$ 이라는 큰 최대 상 높이(나아가서는 큰 이미지 필드)를 확보하면서, 왜곡 수차를 비롯한 여러 수차가 양호하게 보정되어 있음을 알 수 있다.
- [0283] [제3 실시예]
- [0284] 도 8은 제3 실시예에 따른 투영 광학계의 렌즈 구성을 도시한 도면이다. 도 8을 참조하면, 제3 실시예의 투영 광학계(PL)는 레티클측으로부터 순서대로, 레티클측으로 볼록면을 향하게 한 마이너스 메니스커스 렌즈(L1)와, 레티클측으로 비구면 형상의 오목면을 향하게 한 양 오목 렌즈(L2)와, 레티클측으로 오목면을 향하게 한 플러스 메니스커스 렌즈(L3)와, 레티클측으로 오목면을 향하게 한 플러스 메니스커스 렌즈(L4)와, 레티클측으로 볼록면을 향하게 한 플러스 메니스커스 렌즈(L5)와, 양 볼록 렌즈(L6)와, 양 볼록 렌즈(L7)와, 웨이퍼측으로 비구면 형상의 오목면을 향하게 한 마이너스 메니스커스 렌즈(L8)와, 웨이퍼측으로 비구면 형상의 오목면을 향하게 한 마이너스 메니스커스 렌즈(L9)와, 웨이퍼측으로 비구면 형상의 오목면을 향하게 한 양 오목 렌즈(L10)와, 양 오목 렌즈(L11)와, 레티클측으로 오목면을 향하게 한 플러스 메니스커스 렌즈(L12)와, 레티클측으로 오목면을 향하게 한 플러스 메니스커스 렌즈(L13)와, 양 볼록 렌즈(L14)와, 레티클측으로 볼록면을 향하게 한 플러스 메니스커스 렌즈(L15)와, 개구 조절개(AS)와, 레티클측으로 볼록면을 향하게 한 플러스 메니스커스 렌즈(L16)와, 레티클측으로 볼록면을 향하게 한 플러스 메니스커스 렌즈(L17)와, 레티클측으로 볼록면을 향하게 한 플러스 메니스커스 렌즈(L18)와, 레티클측으로 볼록면을 향하게 한 플러스 메니스커스 렌즈(L19)와, 웨이퍼측으로 비구면 형상의 오목면을 향하게 한 평 오목 렌즈(L20)와, 웨이퍼측으로 비구면 형상의 오목면을 향하게 한 마이너스 메니스커스 렌즈(L21)와, 레티클측으로 볼록면을 향하게 한 플러스 메니스커스 렌즈(L22)로 구성되어 있다.
- [0285] 다음의 표 3에, 제3 실시예에 따른 투영 광학계의 제원의 값을 나타낸다. 또, 표 3의 주요 제원에 있어서 H_0 는 최대 물체 높이이며, 표 3의 광학 부재 제원에 있어서 ϕ 는 각 면의 유효 반경(mm)이다.
- [0286] (표 3)
- [0287] (주요 제원)
- [0288] $\lambda=248.4 \text{ nm}$
- [0289] $\beta=-1/4$
- [0290] $NA=0.68$
- [0291] $Y_0=21.1 \text{ mm}$
- [0292] $H_0=84.4 \text{ mm}$
- [0293] (광학 부재 제원)
- [0294]

면번호	r	d	n	φ
[0295] (레티클면)		75.474		
[0296] 1	231.822	38.045	1.50839	101.520 (L1)
[0297] 2*	199.861	47.864		99.455
[0298] 3	-374.56	14	1.50839	100.413 (L2)
[0299] 4	1087.945	57.682		109.753

[0300]	5	-3912.276	42.876	1.50839	132.707	(L3)
[0301]	6	-277.623	1			135.647
[0302]	7	-975.662	34.107	1.50839	140.410	(L4)
[0303]	8	-310	4.545			142.068
[0304]	9	460.296	31.573	1.50839	142.104	(L5)
[0305]	10	13824.8	1			141.047
[0306]	11	345.841	39.937	1.50839	136.553	(L6)
[0307]	12	-4264.05	1			134.154
[0308]	13	256.582	42.585	1.50839	120.583	(L7)
[0309]	14	-2435.28	1			116.222
[0310]	15	557.373	14	1.50839	104.606	(L8)
[0311]	16*	157.296	15.308			85.859
[0312]	17	246.555	33.989	1.50839	84.985	(L9)
[0313]	18*	111.492	37.164			68.319
[0314]	19	-155.285	14	1.50839	67.684	(L10)
[0315]	20*	158.037	45.453			65.479
[0316]	21	-90.143	14.012	1.50839	65.860	(L11)
[0317]	22	1112.61	37.578			86.117
[0318]	23	-641.094	41.361	1.50839	107.984	(L12)
[0319]	24	-178.026	1			113.521
[0320]	25	-1135.282	38.98	1.50839	129.498	(L13)
[0321]	26	-257.706	1			132.719
[0322]	27	4389.8	38.124	1.50839	141.281	(L14)
[0323]	28	-399.252	1			142.508
[0324]	29	349.711	27.065	1.50839	142.696	(L15)
[0325]	30	683.493	70.062			141.251
[0326]	31	∞	107.614			138.646 (AS)
[0327]	32	441.733	30	1.50839	142.714	(L16)
[0328]	33	3010.506	1			141.924
[0329]	34	259.936	35.745	1.50839	138.201	(L17)
[0330]	35	683.423	1			135.649
[0331]	36	220.377	33.003	1.50839	127.270	(L18)
[0332]	37	452.009	1			123.157
[0333]	38	177.601	39.097	1.50839	111.415	(L19)
[0334]	39	575.408	20.306			105.670
[0335]	40	∞	16	1.50839	96.125	(L20)

[0336]	41*	844.277	40.65		85.670
[0337]	42	1622.9	14	1.50839	58.186 (L21)
[0338]	43*	134.25	1		48.308
[0339]	44	71.19	29.261	1.50839	44.506 (L22)
[0340]	45	232.287	17.5256		34.911
[0341]		(웨이퍼면)			
[0342]		(비구면 데이터)			
[0343]		2면			
[0344]		$\kappa=0$			
[0345]		$C_4=-4.1502 \times 10^{-8}$		$C_6=2.9831 \times 10^{-13}$	
[0346]		$C_8=2.2965 \times 10^{-17}$		$C_{10}=-3.3074 \times 10^{-21}$	
[0347]		$C_{12}=3.0534 \times 10^{-25}$		$C_{14}=-1.5922 \times 10^{-29}$	
[0348]		$C_{16}=2.5895 \times 10^{-34}$			
[0349]		3면			
[0350]		$\kappa=0$			
[0351]		$C_4=-4.1155 \times 10^{-8}$		$C_6=-4.2875 \times 10^{-13}$	
[0352]		$C_8=1.1750 \times 10^{-17}$		$C_{10}=4.8956 \times 10^{-22}$	
[0353]		$C_{12}=-2.2368 \times 10^{-25}$		$C_{14}=2.0569 \times 10^{-29}$	
[0354]		$C_{16}=-8.3869 \times 10^{-34}$			
[0355]		16면			
[0356]		$\kappa=0$			
[0357]		$C_4=4.4486 \times 10^{-8}$		$C_6=-2.9141 \times 10^{-15}$	
[0358]		$C_8=1.2928 \times 10^{-16}$		$C_{10}=5.2310 \times 10^{-21}$	
[0359]		$C_{12}=2.7283 \times 10^{-25}$		$C_{14}=5.4172 \times 10^{-29}$	
[0360]		$C_{16}=5.5839 \times 10^{-34}$			
[0361]		18면			
[0362]		$\kappa=0$			
[0363]		$C_4=-1.3891 \times 10^{-7}$		$C_6=-3.0973 \times 10^{-13}$	
[0364]		$C_8=-3.9700 \times 10^{-16}$		$C_{10}=-7.9024 \times 10^{-20}$	

- [0365] $C_{12}=7.8062 \times 10^{-24}$ $C_{14}=-3.0617 \times 10^{-27}$
- [0366] $C_{16}=2.0719 \times 10^{-31}$
- [0367] 20면
- [0368] $\kappa=0$
- [0369] $C_4=4.8876 \times 10^{-8}$ $C_6=-6.8085 \times 10^{-12}$
- [0370] $C_8=5.9452 \times 10^{-16}$ $C_{10}=1.7262 \times 10^{-20}$
- [0371] $C_{12}=8.4920 \times 10^{-24}$ $C_{14}=-1.3744 \times 10^{-27}$
- [0372] $C_{16}=8.9638 \times 10^{-32}$
- [0373] 41면
- [0374] $\kappa=0$
- [0375] $C_4=1.1607 \times 10^{-8}$ $C_6=4.3405 \times 10^{-13}$
- [0376] $C_8=-8.0755 \times 10^{-17}$ $C_{10}=6.3294 \times 10^{-21}$
- [0377] $C_{12}=-3.8914 \times 10^{-25}$ $C_{14}=2.0077 \times 10^{-29}$
- [0378] $C_{16}=-5.3721 \times 10^{-34}$
- [0379] 43면
- [0380] $\kappa=0$
- [0381] $C_4=3.3236 \times 10^{-8}$ $C_6=-1.4246 \times 10^{-11}$
- [0382] $C_8=-1.2965 \times 10^{-15}$ $C_{10}=-2.1005 \times 10^{-19}$
- [0383] $C_{12}=5.6985 \times 10^{-24}$ $C_{14}=4.4185 \times 10^{-27}$
- [0384] $C_{16}=-1.6556 \times 10^{-31}$
- [0385] (조건식 대응치)
- [0386] $L=1249.9856$ mm
- [0387] $E=1644.276$ mm
- [0388] (1) $(\lambda \times L)/(NA \times Y_0^2)=1.026 \times 10^{-3}$
- [0389] (2) $E/L=1.32$
- [0390] 도 9는 제3 실시예에 있어서의 구면 수차, 비점 수차 및 왜곡 수차를 도시한 도면이다. 또, 도 10은 제3 실시예에 있어서의 가로 수차를 도시한 도면이다. 각 수차도로부터 분명한 바와 같이, 제3 실시예에서는 $NA=0.68$ 이라는 큰 개구수 및 $Y_0=21.1$ mm이라는 큰 최대 상 높이(나아가서는 큰 이미지 필드)를 확보하면서, 왜곡 수차를 비롯한 여러 수차가 양호하게 보정되어 있음을 알 수 있다.
- [0391] 이상과 같이, 제1 실시예~제3 실시예에 따른 투영 광학계(PL)는 1.6 이하의 굴절율을 갖는 광학 재료로 형성되

어, 물체측 및 상측의 쌍방에 실질적으로 텔리센트릭이며, $(\lambda \times L)/(NA \times Y_o^2) < 1.5 \times 10^{-3}$ 의 조건을 만족하고 있기 때문에, 충분히 큰 개구수 및 충분히 넓은 결상 영역을 확보하면서, 왜곡 수차를 비롯한 여러 수차가 양호하게 보정되어, 콤팩트하고 고성능인 광학계로 되어 있다.

[0392] [제4 실시예]

[0393] 도 11은 제4 실시예에 따른 투영 광학계의 렌즈 구성을 도시한 도면이다. 도 11을 참조하면, 제4 실시예의 투영 광학계(PL)는 레티클측으로부터 순서대로, 양 볼록 렌즈(L1)와, 양 볼록 렌즈(L2)와, 웨이퍼측으로 비구면 형상의 오목면을 향하게 한 마이너스 메니스커스 렌즈(L3)와, 레티클측으로 볼록면을 향하게 한 마이너스 메니스커스 렌즈(L4)와, 양 오목 렌즈(L5)와, 레티클측으로 오목면을 향하게 한 마이너스 메니스커스 렌즈(L6)와, 레티클측으로 비구면 형상의 오목면을 향하게 한 플러스 메니스커스 렌즈(L7)와, 레티클측으로 오목면을 향하게 한 플러스 메니스커스 렌즈(L8)와, 레티클측으로 오목면을 향하게 한 플러스 메니스커스 렌즈(L9)와, 레티클측으로 볼록면을 향하게 한 플러스 메니스커스 렌즈(L10)와, 레티클측으로 볼록면을 향하게 한 플러스 메니스커스 렌즈(L11)와, 레티클측으로 볼록면을 향하게 한 마이너스 메니스커스 렌즈(L12)와, 레티클측으로 비구면 형상의 오목면을 향하게 한 양 오목 렌즈(L13)와, 레티클측으로 비구면 형상의 오목면을 향하게 한 양 오목 렌즈(L14)와, 레티클측으로 오목면을 향하게 한 마이너스 메니스커스 렌즈(L15)와, 레티클측으로 비구면 형상의 오목면을 향하게 한 플러스 메니스커스 렌즈(L16)와, 개구 조절개(AS)와, 레티클측으로 오목면을 향하게 한 플러스 메니스커스 렌즈(L17)와, 양 볼록 렌즈(L18)와, 레티클측으로 오목면을 향하게 한 마이너스 메니스커스 렌즈(L19)와, 양 볼록 렌즈(L20)와, 웨이퍼측으로 비구면 형상의 오목면을 향하게 한 플러스 메니스커스 렌즈(L21)와, 웨이퍼측으로 비구면 형상의 오목면을 향하게 한 플러스 메니스커스 렌즈(L22)와, 레티클측으로 볼록면을 향하게 한 마이너스 메니스커스 렌즈(L23)와, 레티클측으로 볼록면을 향하게 한 마이너스 메니스커스 렌즈(L24)와, 레티클측으로 볼록면을 향하게 한 플러스 메니스커스 렌즈(L25)로 구성되어 있다.

[0394] 제4 실시예에서는 모든 렌즈가 석영으로 형성되어 있다. 다음의 표 4에, 제4 실시예에 따른 투영 광학계의 제원의 값을 나타낸다.

[0395] (표 4)

[0396] (주요 제원)

[0397] $\lambda=193.3 \text{ nm}$

[0398] $\beta=-1/4$

[0399] $NA=0.70$

[0400] $Y_o=21.1 \text{ mm}$

[0401] (광학 부재 제원)

[0402]	면번호	r	d	n	
[0403]	(레티클면)		55.977		
[0404]	1	236.375	36.708	1.560326	(L1)
[0405]	2	-1326.857	1.000		
[0406]	3	305.858	27.807	1.560326	(L2)
[0407]	4	-4988.919	1.000		
[0408]	5	478.298	13.000	1.560326	(L3)
[0409]	6*	216.036	3.877		
[0410]	7	246.432	13.000	1.560326	(L4)
[0411]	8	142.617	42.514		
[0412]	9	-176.904	13.000	1.560326	(L5)
[0413]	10	212.782	47.102		

[0414]	11	-134.266	13.000	1.560326	(L6)
[0415]	12	-276.220	1.000		
[0416]	13*	-312.207	13.000	1.560326	(L7)
[0417]	14	-305.626	13.453		
[0418]	15	-3214.315	61.536	1.560326	(L8)
[0419]	16	-190.911	1.316		
[0420]	17	-837.247	37.999	1.560326	(L9)
[0421]	18	-291.832	27.817		
[0422]	19	266.829 52.664	1.560326		(L10)
[0423]	20	11121.118	1.000		
[0424]	21	200.702 52.406	1.560326		(L11)
[0425]	22	2260.973	10.960		
[0426]	23	386.778 13.004	1.560326		(L12)
[0427]	24	152.011 41.781			
[0428]	25*	-300.824	13.000	1.560326	(L13)
[0429]	26	156.593 35.070			
[0430]	27*	-262.372	13.046	1.560326	(L14)
[0431]	28	-282.691	39.674		
[0432]	29	-152.110	33.875	1.560326	(L15)
[0433]	30	-205.290	13.000		
[0434]	31*	-946.981	39.169	1.560326	(L16)
[0435]	32	-230.012	8.000		
[0436]	33	∞	8.067		(AS)
[0437]	34	-1744.140	47.891	1.560326	(L17)
[0438]	35	-245.859	6.842		
[0439]	36	445.398 57.580	1.560326		(L18)
[0440]	37	-411.974	13.000		
[0441]	38	-300.000	27.000	1.560326	(L19)
[0442]	39	-1310.387	1.038		
[0443]	40	629.495 46.394	1.560326		(L20)
[0444]	41	-1310.217	1.133		
[0445]	42	300.000 41.497	1.560326		(L21)
[0446]	43*	572.761 1.032			
[0447]	44	197.744 36.450	1.560326		(L22)
[0448]	45*	546.586 1.000			
[0449]	46	283.437 13.000	1.560326		(L23)

[0450]	47	108.534 20.411	
[0451]	48	177.134 55.444 1.560326	(L24)
[0452]	49	123.882 1.000	
[0453]	50	78.959 67.373 1.560326	(L25)
[0454]	51	482.436 13.094	
[0455]		(웨이퍼면)	
[0456]		(비구면 데이터)	
[0457]		6면	
[0458]		$\kappa=0$	
[0459]		$C_4=-0.390730 \times 10^{-7}$	$C_6=0.277980 \times 10^{-13}$
[0460]		$C_8=0.448296 \times 10^{-17}$	$C_{10}=0.142951 \times 10^{-20}$
[0461]		$C_{12}=-0.200639 \times 10^{-24}$	
[0462]		13면	
[0463]		$\kappa=0$	
[0464]		$C_4=-0.234706 \times 10^{-7}$	$C_6=-0.309208 \times 10^{-12}$
[0465]		$C_8=-0.917319 \times 10^{-17}$	$C_{10}=-0.195900 \times 10^{-21}$
[0466]		$C_{12}=-0.149005 \times 10^{-25}$	
[0467]		25면	
[0468]		$\kappa=0$	
[0469]		$C_4=-0.436112 \times 10^{-7}$	$C_6=0.388626 \times 10^{-11}$
[0470]		$C_8=-0.127775 \times 10^{-15}$	$C_{10}=0.347307 \times 10^{-20}$
[0471]		$C_{12}=-0.812555 \times 10^{-25}$	
[0472]		27면	
[0473]		$\kappa=0$	
[0474]		$C_4=-0.359877 \times 10^{-7}$	$C_6=-0.413098 \times 10^{-11}$
[0475]		$C_8=0.274168 \times 10^{-16}$	$C_{10}=-0.544566 \times 10^{-20}$
[0476]		$C_{12}=-0.351659 \times 10^{-24}$	
[0477]		31면	
[0478]		$\kappa=0$	
[0479]		$C_4=-0.781880 \times 10^{-8}$	$C_6=0.625582 \times 10^{-12}$

- [0480] $C_8 = -0.767116 \times 10^{-17}$ $C_{10} = 0.242844 \times 10^{-21}$
- [0481] $C_{12} = -0.585103 \times 10^{-26}$
- [0482] 43면
- [0483] $\kappa = 0$
- [0484] $C_4 = -0.480511 \times 10^{-8}$ $C_6 = -0.424626 \times 10^{-14}$
- [0485] $C_8 = -0.773379 \times 10^{-17}$ $C_{10} = -0.156710 \times 10^{-21}$
- [0486] $C_{12} = 0.781612 \times 10^{-26}$
- [0487] 45면
- [0488] $\kappa = 0$
- [0489] $C_4 = -0.126619 \times 10^{-7}$ $C_6 = 0.111075 \times 10^{-11}$
- [0490] $C_8 = -0.315462 \times 10^{-17}$ $C_{10} = -0.234952 \times 10^{-21}$
- [0491] $C_{12} = 0.165000 \times 10^{-25}$
- [0492] (조건식 대응치)
- [0493] $L = 1250.00 \text{ mm}$
- [0494] (3) $(\lambda \times L) / (NA \times Y_0^2) = 0.775 \times 10^{-3}$
- [0495] 도 12는 제4 실시예에 있어서의 구면 수차, 비점 수차 및 왜곡 수차를 도시한 도면이다. 또, 도 13은 제4 실시예에 있어서의 가로 수차를 도시한 도면이다. 각 수차도로부터 분명한 바와 같이, 제4 실시예에서는 $NA = 0.70$ 이라는 큰 개구수 및 $Y_0 = 21.1 \text{ mm}$ 이라는 큰 최대 상 높이(나아가서는 큰 이미지 필드)를 확보하면서, 왜곡 수차를 비롯한 여러 수차가 양호하게 보정되어 있음을 알 수 있다.
- [0496] [제5 실시예]
- [0497] 도 14는 제5 실시예에 따른 투영 광학계의 렌즈 구성을 도시한 도면이다. 도 14를 참조하면, 제5 실시예의 투영 광학계(PL)는 레티클측으로부터 순서대로, 양 볼록 렌즈(L1)와, 양 볼록 렌즈(L2)와, 웨이퍼측으로 비구면 형상의 오목면을 향하게 한 마이너스 메니스커스 렌즈(L3)와, 레티클측으로 볼록면을 향하게 한 마이너스 메니스커스 렌즈(L4)와, 양 오목 렌즈(L5)와, 레티클측으로 오목면을 향하게 한 마이너스 메니스커스 렌즈(L6)와, 레티클측으로 비구면 형상의 오목면을 향하게 한 마이너스 메니스커스 렌즈(L7)와, 레티클측으로 오목면을 향하게 한 플러스 메니스커스 렌즈(L8)와, 레티클측으로 오목면을 향하게 한 플러스 메니스커스 렌즈(L9)와, 양 볼록 렌즈(L10)와, 레티클측으로 볼록면을 향하게 한 플러스 메니스커스 렌즈(L11)와, 레티클측으로 볼록면을 향하게 한 마이너스 메니스커스 렌즈(L12)와, 레티클측으로 비구면 형상의 오목면을 향하게 한 양 오목 렌즈(L13)와, 레티클측으로 비구면 형상의 오목면을 향하게 한 양 오목 렌즈(L14)와, 레티클측으로 오목면을 향하게 한 마이너스 메니스커스 렌즈(L15)와, 레티클측으로 비구면 형상의 오목면을 향하게 한 플러스 메니스커스 렌즈(L16)와, 개구 조절개(AS)와, 레티클측으로 오목면을 향하게 한 플러스 메니스커스 렌즈(L17)와, 양 볼록 렌즈(L18)와, 레티클측으로 오목면을 향하게 한 마이너스 메니스커스 렌즈(L19)와, 레티클측으로 오목면을 향하게 한 플러스 메니스커스 렌즈(L20)와, 웨이퍼측으로 비구면 형상의 오목면을 향하게 한 플러스 메니스커스 렌즈(L21)와, 웨이퍼측으로 비구면 형상의 오목면을 향하게 한 플러스 메니스커스 렌즈(L22)와, 레티클측으로 볼록면을 향하게 한 마이너스 메니스커스 렌즈(L23)와, 레티클측으로 볼록면을 향하게 한 마이너스 메니스커스 렌즈(L24)와, 레티클측으로 볼록면을 향하게 한 플러스 메니스커스 렌즈(L25)로 구성되어 있다.
- [0498] 제5 실시예에서는, 렌즈(L11, L16, L24 및 L25)가 형석으로 형성되고, 다른 렌즈는 석영으로 형성되어 있다. 다

음의 표 5에, 제5 실시예에 따른 투영 광학계의 제원의 값을 나타낸다.

[0499]	(표 5)				
[0500]	(주요 제원)				
[0501]	$\lambda=193.3$ nm				
[0502]	$\beta=-1/4$				
[0503]	NA=0.70				
[0504]	$Y_o=21.1$ mm				
[0505]	(광학 부재 제원)				
[0506]	면번호	r	d	n	
[0507]		(레티클면)	51.000		
[0508]	1	213.222	38.539	1.560326	(L1)
[0509]	2	-1490.368	1.000		
[0510]	3	438.510	22.960	1.560326	(L2)
[0511]	4	-5521.851	1.000		
[0512]	5	333.571	13.000	1.560326	(L3)
[0513]	6*	177.450	4.161		
[0514]	7	199.366	13.275	1.560326	(L4)
[0515]	8	138.570	44.632		
[0516]	9	-161.840	13.000	1.560326	(L5)
[0517]	10	223.766	44.902		
[0518]	11	-143.814	13.000	1.560326	(L6)
[0519]	12	-298.377	1.704		
[0520]	13*	-334.582	13.000	1.560326	(L7)
[0521]	14	-334.916	11.743		
[0522]	15	-4047.282	57.701	1.560326	(L8)
[0523]	16	-201.085	1.000		
[0524]	17	-1435.546	40.566	1.560326	(L9)
[0525]	18	-302.600	21.438		
[0526]	19	262.122	54.652	1.560326	(L10)
[0527]	20	-11336.582	1.000		
[0528]	21	196.075	53.198	1.501455	(L11)
[0529]	22	3379.244	10.470		
[0530]	23	369.741	13.000	1.560326	(L12)
[0531]	24	153.333	40.357		
[0532]	25*	-303.585	13.000	1.560326	(L13)
[0533]	26	159.474	35.089		

[0534]	27*	-234.626	13.000	1.560326	(L14)
[0535]	28	-270.159	38.992		
[0536]	29	-165.469	35.787	1.560326	(L15)
[0537]	30	-196.726	13.000		
[0538]	31*	-735.265	37.631	1.501455	(L16)
[0539]	32	-216.484	8.000		
[0540]	33	∞	8.000		(AS)
[0541]	34	-2040.786	53.321	1.560326	(L17)
[0542]	35	-225.458	6.842		
[0543]	36	552.343	57.580	1.560326	(L18)
[0544]	37	-414.088	13.000		
[0545]	38	-300.000	27.000	1.560326	(L19)
[0546]	39	-1036.554	16.153		
[0547]	40	-1325.080	46.394	1.560326	(L20)
[0548]	41	-376.256	1.000		
[0549]	42	300.000	41.497	1.560326	(L21)
[0550]	43*	454.030	1.000		
[0551]	44	185.557	48.502	1.560326	(L22)
[0552]	45*	970.728	1.204		
[0553]	46	374.033	20.165	1.560326	(L23)
[0554]	47	120.058	9.825		
[0555]	48	144.788	48.299	1.501455	(L24)
[0556]	49	100.193	1.000		
[0557]	50	74.978	63.000	1.501455	(L25)
[0558]	51	412.784	11.422		
[0559]		(웨이퍼면)			
[0560]		(비구면 데이터)			
[0561]		6면			
[0562]		κ=0			
[0563]		$C_4=-0.340666 \times 10^{-7}$		$C_6=-0.320328 \times 10^{-13}$	
[0564]		$C_8=-0.886363 \times 10^{-17}$		$C_{10}=0.377243 \times 10^{-20}$	
[0565]		$C_{12}=-0.403299 \times 10^{-24}$			
[0566]		13면			
[0567]		κ=0			

[0568]	$C_4 = -0.115164 \times 10^{-7}$	$C_6 = -0.129368 \times 10^{-12}$
[0569]	$C_8 = 0.153108 \times 10^{-17}$	$C_{10} = -0.400820 \times 10^{-22}$
[0570]	$C_{12} = 0.893904 \times 10^{-26}$	
[0571]	25면	
[0572]	$\kappa = 0$	
[0573]	$C_4 = -0.610648 \times 10^{-7}$	$C_6 = 0.525010 \times 10^{-11}$
[0574]	$C_8 = -0.504609 \times 10^{-16}$	$C_{10} = -0.696687 \times 10^{-20}$
[0575]	$C_{12} = 0.272899 \times 10^{-24}$	
[0576]	27면	
[0577]	$\kappa = 0$	
[0578]	$C_4 = 0.558897 \times 10^{-7}$	$C_6 = 0.492800 \times 10^{-11}$
[0579]	$C_8 = -0.480602 \times 10^{-16}$	$C_{10} = -0.623444 \times 10^{-20}$
[0580]	$C_{12} = -0.711183 \times 10^{-24}$	
[0581]	31면	
[0582]	$\kappa = 0$	
[0583]	$C_4 = -0.119246 \times 10^{-7}$	$C_6 = 0.435184 \times 10^{-12}$
[0584]	$C_8 = -0.397771 \times 10^{-17}$	$C_{10} = 0.205602 \times 10^{-21}$
[0585]	$C_{12} = -0.942057 \times 10^{-27}$	
[0586]	43면	
[0587]	$\kappa = 0$	
[0588]	$C_4 = -0.105535 \times 10^{-8}$	$C_6 = -0.924566 \times 10^{-13}$
[0589]	$C_8 = -0.240759 \times 10^{-17}$	$C_{10} = -0.153687 \times 10^{-21}$
[0590]	$C_{12} = 0.590155 \times 10^{-26}$	
[0591]	45면	
[0592]	$\kappa = 0$	
[0593]	$C_4 = -0.108578 \times 10^{-7}$	$C_6 = 0.130055 \times 10^{-11}$
[0594]	$C_8 = -0.312792 \times 10^{-16}$	$C_{10} = 0.526315 \times 10^{-21}$
[0595]	$C_{12} = -0.463864 \times 10^{-26}$	

- [0596] (조건식 대응치)
- [0597] $L=1250.00 \text{ mm}$
- [0598] $(3) (\lambda \times L)/(NA \times Y_0^2)=0.775 \times 10^{-3}$
- [0599] 도 15는 제5 실시예에 있어서의 구면 수차, 비점 수차 및 왜곡 수차를 도시한 도면이다. 또, 도 16은 제5 실시예에 있어서의 가로 수차를 도시한 도면이다. 각 수차도로부터 분명한 바와 같이, 제5 실시예에서는 $NA=0.70$ 이라는 큰 개구수 및 $Y_0=21.1 \text{ mm}$ 이라는 큰 최대 상 높이(나아가서는 큰 이미지 필드)를 확보하면서, 왜곡 수차를 비롯한 여러 수차가 양호하게 보정되어 있음을 알 수 있다.
- [0600] 이상과 같이, 제4 실시예 및 제5 실시예에 따른 투영 광학계(PL)는 1.6 이하의 굴절율을 갖는 광학 재료로 형성되어, 물체측 및 상측의 쌍방에서 실질적으로 텔레센트릭이며, 7개의 광학면이 비구면 형상으로 형성되고,
- [0601] $(\lambda \times L)/(NA \times Y_0^2) < 1.0 \times 10^{-3}$ (3)
- [0602] $\lambda < 200 \text{ nm}$ (4)
- [0603] 의 조건을 만족하고 있다.
- [0604] 제4 실시예 및 제5 실시예에서는, 조건식 (3)을 만족함으로써, 높은 해상력 및 넓은 시야를 확보하면서 충분히 큰 개구수 및 충분히 넓은 결상 영역을 확보하면서, 콤팩트한 광학계를 얻을 수 있어, 노광 장치에 이용한 경우에 높은 처리량을 실현할 수 있다. 구체적으로는, 조건식 (3)의 상한치를 상회하면, 해상력, 결상 영역(노광 영역) 및 광학계의 크기 중 적어도 하나의 관점에 관해서 충분히 바람직한 구성을 얻을 수 없게 된다. 한편, 또한 본 발명의 효과를 양호하게 발휘하기 위해서는 조건식 (3)의 상한치를 0.9×10^{-3} 으로 설정하는 것이 바람직하다. 또한, 조건식 (4)를 만족함으로써, 투영 광학계(PL)의 해상력을 향상시킬 수 있다.
- [0605] [제6 실시예]
- [0606] 도 17은 제6 실시예에 따른 투영 광학계의 렌즈 구성을 도시한 도면이다. 도 17을 참조하면, 제6 실시예의 투영 광학계(PL)는 레티클측으로부터 순서대로, 플러스의 굴절력을 갖는 제1 렌즈군(G1)과, 마이너스의 굴절력을 갖는 제2 렌즈군(G2)과, 플러스의 굴절력을 갖는 제3 렌즈군(G3)으로 구성되어 있다. 제1 렌즈군(G1)은 레티클측으로부터 순서대로, 레티클측으로 비구면 형상의 볼록면을 향하게 한 플러스 메니스커스 렌즈(L11)와, 양 오목 렌즈(L12)와, 양 볼록 렌즈(L13)와, 양 볼록 렌즈(L14)와, 양 볼록 렌즈(L15)와, 웨이퍼측으로 비구면 형상의 오목면을 향하게 한 플러스 메니스커스 렌즈(L16)로 구성되어 있다.
- [0607] 제2 렌즈군(G2)은 레티클측으로부터 순서대로, 양 오목 렌즈(L21)와, 레티클측으로 비구면 형상의 오목면을 향하게 한 양 오목 렌즈(L22)와, 레티클측으로 오목면을 향하게 한 마이너스 메니스커스 렌즈(L23)와, 레티클측으로 오목면을 향하게 한 마이너스 메니스커스 렌즈(L24)로 구성되어 있다. 제3 렌즈군(G3)은 레티클측으로부터 순서대로, 레티클측으로 비구면 형상의 오목면을 향하게 한 플러스 메니스커스 렌즈(L31)와, 레티클측으로 오목면을 향하게 한 플러스 메니스커스 렌즈(L32)와, 양 볼록 렌즈(L33)와, 양 볼록 렌즈(L34)와, 레티클측으로 비구면 형상의 오목면을 향하게 한 플러스 메니스커스 렌즈(L35)와, 양 오목 렌즈(L36)와, 개구 조절개(AS)와, 레티클측으로 볼록면을 향하게 한 플러스 메니스커스 렌즈(L37)와, 레티클측으로 볼록면을 향하게 한 플러스 메니스커스 렌즈(L38)와, 레티클측으로 볼록면을 향하게 한 플러스 메니스커스 렌즈(L39)와, 웨이퍼측으로 비구면 형상의 오목면을 향하게 한 플러스 메니스커스 렌즈(L310)와, 웨이퍼측으로 비구면 형상의 오목면을 향하게 한 플러스 메니스커스 렌즈(L311)와, 레티클측으로 오목면을 향하게 한 마이너스 메니스커스 렌즈(L312)로 구성되어 있다.
- [0608] 제6 실시예에서는 모든 렌즈가 형식으로 형성되어 있다. 다음의 표 6에, 제6 실시예에 따른 투영 광학계의 제원의 값을 나타낸다. 한편, 표 6의 주요 제원에 있어서 H_0 은 최대 물체 높이이며, 표 6의 광학 부재 제원에 있어서 ϕ 은 각 면의 유효 반경(mm)이다.
- [0609] (표 6)
- [0610] (주요 제원)
- [0611] $\lambda=157.6 \text{ nm}$
- [0612] $\beta=-1/4$

[0613]	NA=0.7					
[0614]	Yo=21.1 mm					
[0615]	Ho=84.4 mm(1.1×Ho=92.84 mm)					
[0616]	(광학 부재 제원)					
[0617]	면번호	r	d	n	φ	
[0618]		(레티클면)	55.2615			
[0619]	1*	203.0634	22.9288	1.559307	99.54	(L11)
[0620]	2	199.9239	49.3188		97.11	
[0621]	3	-215.7324	15.0000	1.559307	97.23	(L12)
[0622]	4	371.7575	27.3186		111.12	
[0623]	5	912.6283	57.3547	1.559307	125.57	(L13)
[0624]	6	-247.8085	1.0000		129.74	
[0625]	7	558.9117	46.7777	1.559307	141.57	(L14)
[0626]	8	-617.4656	1.0000		142.00	
[0627]	9	381.3538	40.1313	1.559307	138.61	(L15)
[0628]	10	-4542.9083	1.0000		136.37	
[0629]	11	309.0622	37.6538	1.559307	126.73	(L16)
[0630]	12*	1204.4275	69.8932		122.36	
[0631]	13	-1083.2138	15.0000	1.559307	78.60	(L21)
[0632]	14	319.4939	20.2882		69.77	
[0633]	15*	-212.9218	15.0000	1.559307	69.35	(L22)
[0634]	16	235.9633	12.7588		65.05	
[0635]	17	-173.8754	17.2332	1.559307	65.02	(L23)
[0636]	18	-1383.3104	33.4159		68.51	
[0637]	19	-86.1837	29.5290	1.559307	68.68	(L24)
[0638]	20	-2785.7548	5.6339		99.77	
[0639]	21*	-1834.5258	41.1324	1.559307	100.69	(L31)
[0640]	22	-181.3765	1.0000		107.86	
[0641]	23	-983.0929	35.5918	1.559307	122.98	(L32)
[0642]	24	-274.7538	1.0000		127.38	
[0643]	25	675.8655	45.6297	1.559307	140.85	(L33)
[0644]	26	-545.9503	1.0000		142.00	
[0645]	27	1037.0836	45.9523	1.559307	142.00	(L34)
[0646]	28	-425.4880	10.1195		141.41	
[0647]	29*	-344.4867	24.0000	1.559307	141.11	(L35)
[0648]	30	-309.3445	13.2895		141.60	

[0649]	31	-571.2625	24.1060	1.559307	132.46	(L36)
[0650]	32	642.3624	14.0052		128.37	
[0651]	33	∞	85.5617		128.44	(AS)
[0652]	34	382.7332	30.9825	1.559307	142.00	(L37)
[0653]	35	1205.5311	45.9745		141.54	
[0654]	36	264.7526	45.6332	1.559307	142.00	(L38)
[0655]	37	1271.1254	1.8488		139.42	
[0656]	38	221.5366	36.3877	1.559307	129.51	(L39)
[0657]	39	453.4555	1.6413		124.45	
[0658]	40	176.9154	38.1695	1.559307	112.16	(L310)
[0659]	41*	534.2537	71.1243		104.85	
[0660]	42	132.3848	17.7337	1.559307	50.93	(L311)
[0661]	43*	185.7697	9.6193		43.19	
[0662]	44	-597.7757	15.0000	1.559307	38.95	(L312)
[0663]	45	-3757.7443	10.0000		30.99	
[0664]		(웨이퍼면)				
[0665]		(비구면 데이터)				
[0666]		1면				
[0667]		$\kappa=0$				
[0668]		$C_4=2.71565 \times 10^{-8}$		$C_6=-7.39567 \times 10^{-13}$		
[0669]		$C_8=2.31594 \times 10^{-17}$		$C_{10}=4.45225 \times 10^{-22}$		
[0670]		$C_{12}=-7.18557 \times 10^{-26}$		$C_{14}=3.76048 \times 10^{-30}$		
[0671]		12면				
[0672]		$\kappa=0$				
[0673]		$C_4=-2.34467 \times 10^{-8}$		$C_6=-3.72976 \times 10^{-14}$		
[0674]		$C_8=1.30251 \times 10^{-17}$		$C_{10}=2.97746 \times 10^{-22}$		
[0675]		$C_{12}=-2.33469 \times 10^{-26}$		$C_{14}=3.52366 \times 10^{-31}$		
[0676]		15면				
[0677]		$\kappa=0$				
[0678]		$C_4=-2.26925 \times 10^{-8}$		$C_6=2.75024 \times 10^{-12}$		
[0679]		$C_8=3.94054 \times 10^{-16}$		$C_{10}=2.49115 \times 10^{-20}$		
[0680]		$C_{12}=-2.78491 \times 10^{-24}$		$C_{14}=2.20171 \times 10^{-28}$		

- [0681] 21면
- [0682] $\kappa = 0$
- [0683] $C_4 = -3.82569 \times 10^{-8}$ $C_6 = 7.26765 \times 10^{-13}$
- [0684] $C_8 = -5.48081 \times 10^{-17}$ $C_{10} = 1.67564 \times 10^{-21}$
- [0685] $C_{12} = -7.84329 \times 10^{-26}$ $C_{14} = 3.45289 \times 10^{-31}$
- [0686] 29면
- [0687] $\kappa = 0$
- [0688] $C_4 = -8.51910 \times 10^{-9}$ $C_6 = 6.22456 \times 10^{-14}$
- [0689] $C_8 = -1.06075 \times 10^{-18}$ $C_{10} = -1.48912 \times 10^{-23}$
- [0690] $C_{12} = 3.08241 \times 10^{-28}$ $C_{14} = 6.15126 \times 10^{-34}$
- [0691] 41면
- [0692] $\kappa = 0$
- [0693] $C_4 = 2.99126 \times 10^{-8}$ $C_6 = -2.08080 \times 10^{-13}$
- [0694] $C_8 = 1.23353 \times 10^{-17}$ $C_{10} = 9.39268 \times 10^{-23}$
- [0695] $C_{12} = -3.49001 \times 10^{-27}$ $C_{14} = 4.33883 \times 10^{-31}$
- [0696] 43면
- [0697] $\kappa = 0$
- [0698] $C_4 = -1.36725 \times 10^{-7}$ $C_6 = -1.96775 \times 10^{-11}$
- [0699] $C_8 = -2.82153 \times 10^{-15}$ $C_{10} = -1.38257 \times 10^{-19}$
- [0700] $C_{12} = 1.66066 \times 10^{-22}$ $C_{14} = -1.34566 \times 10^{-26}$
- [0701] (조건식 대응치)
- [0702] $L = 1250.0003 \text{ mm}$
- [0703] (5) $Y_0/L = 0.01688$
- [0704] 도 18은 제6 실시예에 있어서의 가로 수차를 도시한 도면이다. 각 수차도로부터 분명한 바와 같이, 제6 실시예에서는 $NA = 0.70$ 이라는 큰 개구수 및 $Y_0 = 21.1 \text{ mm}$ 이라는 큰 최대 상 높이(나아가서는 큰 이미지 필드)를 확보하면서, 왜곡 수차를 비롯한 여러 수차가 양호하게 보정되어 있음을 알 수 있다.
- [0705] 이상과 같이, 제6 실시예에 따른 투영 광학계(PL)는 레티클측으로부터 순서대로, 플러스의 굴절력을 갖는 제1 렌즈군(G1)과, 마이너스의 굴절력을 갖는 제2 렌즈군(G2)과, 플러스의 굴절력을 갖는 제3 렌즈군(G3)으로 구성되고,
- [0706] $0.014 < Y_0/L < 0.030$ (5)
- [0707] 의 조건을 만족하고 있다.
- [0708] 종래, 스텝·앤드·스캔 방식에 이용되는, 조건식 (5)를 만족하는 넓은 노광 영역(결상 영역)을 갖는 투영 광학

계는 플러스-마이너스-플러스-마이너스-플러스의 굴절력 배치를 갖는 5군 구성을 채용하고 있었다. 그러나, 제6 실시예에서는 플러스-마이너스-플러스의 굴절력 배치를 갖는 3군 구성을 채용함으로써, 구성 요소의 수를 대폭 삭감하여, 제조 비용을 삭감하는 동시에, 요소 단일체의 오차에 의한 결상 성능의 열화를 막을 수 있다. 조건식 (5)의 상한치를 상회하면 결상 영역의 전체에 걸쳐 수차 보정을 양호하게 행하기 어렵게 되고, 하한치를 하회하면 투영 광학계가 대형화되어 제조가 곤란하게 되어 버린다. 한편, 또한 본 발명의 효과를 양호하게 발휘하기 위해서는 조건식 (5)의 상한치를 0.025로 설정하고, 하한치를 0.015로 설정하는 것이 바람직하다.

[0709] 또, 제6 실시예에서는, 제1 렌즈군(G1)을 구성하는 모든 광학면의 총수(=12)의 80% 이상의 수(12:100%)의 광학면이 최대 물체 높이(Ho)의 1.1배보다 큰 유효 반경을 갖고, 제2 렌즈군(G2)을 구성하는 광학면의 총수(=8)의 80% 이상의 수(7:87.5%)의 광학면이 최대 물체 높이(Ho)의 1.1배보다 작은 유효 반경을 가지며, 제3 렌즈군(G3)을 구성하는 광학면의 총수(=24)의 70% 이상의 수(20:83.3%)의 광학면이 최대 물체 높이(Ho)의 1.1배보다 큰 유효 반경을 갖는다. 이 구성에 의해, 제6 실시예에서는 3군 구성이면서 페즈발 합을 0에 가깝게 하여 상면 만곡을 양호하게 보정할 수 있다.

[0710] 그런데, 전술한 제3 실시예에서도, 렌즈(L1~L7)가 플러스의 굴절력을 갖는 제1 렌즈군(G1)을 구성하고, 렌즈(L8~L11)가 마이너스의 굴절력을 갖는 제2 렌즈군(G2)을 구성하고, 렌즈(L12~L22)가 플러스의 굴절력을 갖는 제3 렌즈군(G3)을 구성하고 있다. 또, 제3 실시예에서는 $Y_o/L=21.1/1249.9856=0.01688$ 이며, 조건식 (5)를 만족하고 있다.

[0711] 또, 제3 실시예에서는 제1 렌즈군(G1)을 구성하는 모든 광학면의 총수(=14)의 80% 이상의 수(14:100%)의 광학면이 최대 물체 높이(Ho)의 1.1배보다 큰 유효 반경을 갖고, 제2 렌즈군(G2)을 구성하는 광학면의 총수(=8)의 80% 이상의 수(7:87.5%)의 광학면이 최대 물체 높이(Ho)의 1.1배보다 작은 유효 반경을 갖고, 제3 렌즈군(G3)을 구성하는 광학면의 총수(=22)의 70% 이상의 수(17:77.3%)의 광학면이 최대 물체 높이(Ho)의 1.1배보다 큰 유효 반경을 갖는다. 이렇게 해서, 제3 실시예에서도, 제6 실시예의 전술한 효과를 얻을 수 있다.

[0712] 전술한 실시형태의 노광 장치에서는, 조명계에 의해서 레티클(마스크)을 조명하고(조명 공정), 투영 광학계를 이용하여 마스크에 형성된 전사용의 패턴을 감광성 기판에 노광함(노광 공정)으로써, 마이크로 디바이스(반도체 소자, 촬상 소자, 액정 표시 소자, 박막 자기 헤드 등)를 제조할 수 있다. 이하, 본 실시형태의 노광 장치를 이용하여 감광성 기판으로서의 웨이퍼 등에 소정의 회로 패턴을 형성함으로써, 마이크로 디바이스로서의 반도체 디바이스를 얻을 때의 수법의 일례에 관하여 도 19의 흐름도를 참조하여 설명한다.

[0713] 우선, 도 19의 단계 301에 있어서, 1 로트의 웨이퍼 위에 금속막이 증착된다. 다음 단계 302에서, 그 1 로트의 웨이퍼 위의 금속막 위에 포토레지스트가 도포된다. 그 후, 단계 303에서, 본 실시형태의 노광 장치를 이용하여, 마스크 위의 패턴의 상이 그 투영 광학계를 통해, 그 1 로트의 웨이퍼 위의 각 쇼트 영역에 순차 노광 전사된다. 그 후, 단계 304에서, 그 1 로트의 웨이퍼 위의 포토레지스트의 현상이 이루어진 후, 단계 305에서, 그 1 로트의 웨이퍼 위에서 레지스트 패턴을 마스크로 하여 에칭을 실시함으로써, 마스크 위의 패턴에 대응하는 회로 패턴이 각 웨이퍼 위의 각 쇼트 영역에 형성된다.

[0714] 그 후, 또한 위의 레이어의 회로 패턴의 형성 등을 실행함으로써, 반도체 소자 등의 디바이스가 제조된다. 전술한 반도체 디바이스 제조 방법에 따르면, 매우 미세한 회로 패턴을 갖는 반도체 디바이스를 작업 처리량이 양호하게 얻을 수 있다. 또, 단계 301~단계 305에서는, 웨이퍼 위에 금속을 증착하고, 그 금속막 위에 레지스트를 도포하고, 그리고 노광, 현상, 에칭의 각 공정을 실행하고 있지만, 이들 공정에 앞서서, 웨이퍼 위에 실리콘의 산화막을 형성한 후, 그 실리콘의 산화막 위에 레지스트를 도포하고, 그리고 노광, 현상, 에칭 등의 각 공정을 실시하더라도 좋은 것은 물론이다.

[0715] 또, 본 실시형태의 노광 장치에서는 플레이트(유리 기판) 위에 소정 패턴(회로 패턴, 전극 패턴 등)을 형성함으로써, 마이크로 디바이스로서의 액정 표시 소자를 얻을 수도 있다. 이하, 도 20의 흐름도를 참조하여, 이 때의 수법의 일례에 관하여 설명한다. 도 20에서, 패턴 형성 공정(401)에서는, 본 실시형태의 노광 장치를 이용하여 마스크의 패턴을 감광성 기판(레지스트가 도포된 유리 기판 등)에 전사 노광하는, 소위 광 리소그래피 공정이 실행된다. 이 광 리소그래피 공정에 의해서, 감광성 기판 위에는 다수의 전극 등을 포함하는 소정 패턴이 형성된다. 그 후, 노광된 기판은 현상 공정, 에칭 공정, 레지스트 박리 공정 등의 각 공정을 거침으로써, 기판 위에 소정 패턴이 형성되고, 다음 컬러 필터 형성 공정(402)으로 이행된다.

[0716] 다음에, 컬러 필터 형성 공정(402)에서는 R(Red), G(Green), B(Blue)에 대응한 3가지의 도트 조(組)가 매트릭스 형으로 다수 배열되거나, 또는 R, G, B의 3 라인의 스트라이프의 필터 조를 복수 수평 주사선 방향으로 배열시

켜 컬러 필터를 형성한다. 그리고, 컬러 필터 형성 공정(402) 후에, 셀 조립 공정 403이 실행된다. 셀 조립 공정(403)에서는, 패턴 형성 공정(401)에서 생성된 소정 패턴을 갖는 기관 및 컬러 필터 형성 공정(402)에서 생성된 컬러 필터 등을 이용하여 액정 패널(액정 셀)을 조립한다. 셀 조립 공정(403)에서는 예컨대, 패턴 형성 공정(401)에서 생성된 소정 패턴을 갖는 기관과 컬러 필터 형성 공정(402)에서 생성된 컬러 필터 사이에 액정을 주입하여, 액정 패널(액정 셀)을 제조한다.

[0717] 그 후, 모듈 조립 공정(404)에서, 조립된 액정 패널(액정 셀)의 표시 동작을 행하는 전기 회로, 백라이트 등의 각 부품을 부착하여 액정 표시 소자로서 완성시킨다. 전술한 액정 표시 소자의 제조 방법에 따르면, 매우 미세한 회로 패턴을 갖는 액정 표시 소자를 작업 처리량이 양호하게 얻을 수 있다.

[0718] 또, 전술한 실시형태에서는 웨이퍼(W)의 각 노광 영역에 대하여 레티클(R)의 패턴을 일괄적으로 노광하는 스텝·앤드·리피트 방식의 노광 장치에 본 발명을 적용하고 있지만, 이것에 한정되지 않으며, 웨이퍼(W)와 레티클(R)을 투영 광학계(PL)에 대하여 상대 이동시키면서 웨이퍼(W)의 각 노광 영역에 대하여 레티클(R)의 패턴을 주사 노광하는 스텝·앤드·스캔 방식의 노광 장치에 본 발명을 적용할 수도 있다.

[0719] 또, 전술한 실시형태에서는, 248.4 nm의 파장광을 공급하는 KrF 엑시머 레이저 광원, 193.3 nm의 파장 광을 공급하는 ArF 엑시머 레이저 광원 또는 157.6 nm의 파장 광을 공급하는 F₂ 레이저 광원을 이용하고 있지만, 이것에 한정되지 않으며, 다른 적당한 광원에 대하여 본 발명을 적용할 수도 있다.

[0720] 또한, 전술한 실시형태에서는, 노광 장치에 탑재되는 투영 광학계에 대하여 본 발명을 적용하고 있지만, 이것에 한정되지 않으며, 다른 일반적인 투영 광학계에 대하여 본 발명을 적용할 수도 있다.

발명의 효과

[0721] 이상 설명한 바와 같이, 본 발명에서는, 양측에서 거의 텔레센트릭이며, 충분히 많은 개구수 및 충분히 넓은 결상 영역을 확보하면서, 왜곡 수차를 비롯한 여러 수차가 양호하게 보정된, 콤팩트하고 고성능인 투영 광학계를 실현할 수 있다. 따라서, 본 발명의 투영 광학계를 탑재한 노광 장치에서는 레티클이나 웨이퍼의 휘어짐 등에 기인하는 상 왜곡을 억제하여, 높은 처리량 및 높은 해상력으로 양호한 투영 노광을 실행할 수 있고, 나아가서는 높은 작업 처리량 및 높은 해상력으로 양호한 마이크로 디바이스를 제조할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0001] 도 1은 본 발명의 실시형태에 따른 투영 광학계를 갖춘 노광 장치의 구성을 개략적으로 도시한 도면이다.

[0002] 도 2는 제1 실시예에 따른 투영 광학계의 렌즈 구성을 도시한 도면이다.

[0003] 도 3은 제1 실시예에 있어서의 구면 수차, 비점 수차 및 왜곡 수차를 도시한 도면이다.

[0004] 도 4는 제1 실시예에 있어서의 가로 수차를 도시한 도면이다.

[0005] 도 5는 제2 실시예에 따른 투영 광학계의 렌즈 구성을 도시한 도면이다.

[0006] 도 6은 제2 실시예에 있어서의 구면 수차, 비점 수차 및 왜곡 수차를 도시한 도면이다.

[0007] 도 7은 제2 실시예에 있어서의 가로 수차를 도시한 도면이다.

[0008] 도 8은 제3 실시예에 따른 투영 광학계의 렌즈 구성을 도시한 도면이다.

[0009] 도 9는 제3 실시예에 있어서의 구면 수차, 비점 수차 및 왜곡 수차를 도시한 도면이다.

[0010] 도 10은 제3 실시예에 있어서의 가로 수차를 도시한 도면이다.

[0011] 도 11은 제4 실시예에 따른 투영 광학계의 렌즈 구성을 도시한 도면이다.

[0012] 도 12는 제4 실시예에 있어서의 구면 수차, 비점 수차 및 왜곡 수차를 도시한 도면이다.

[0013] 도 13은 제4 실시예에 있어서의 가로 수차를 도시한 도면이다.

[0014] 도 14는 제5 실시예에 따른 투영 광학계의 렌즈 구성을 도시한 도면이다.

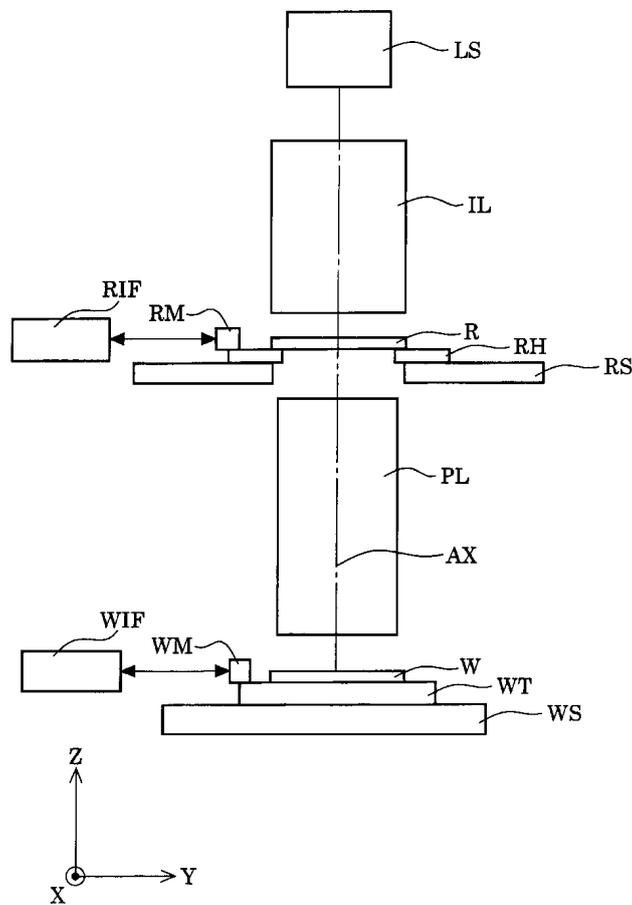
[0015] 도 15는 제5 실시예에 있어서의 구면 수차, 비점 수차 및 왜곡 수차를 도시한 도면이다.

[0016] 도 16은 제5 실시예에 있어서의 가로 수차를 도시한 도면이다.

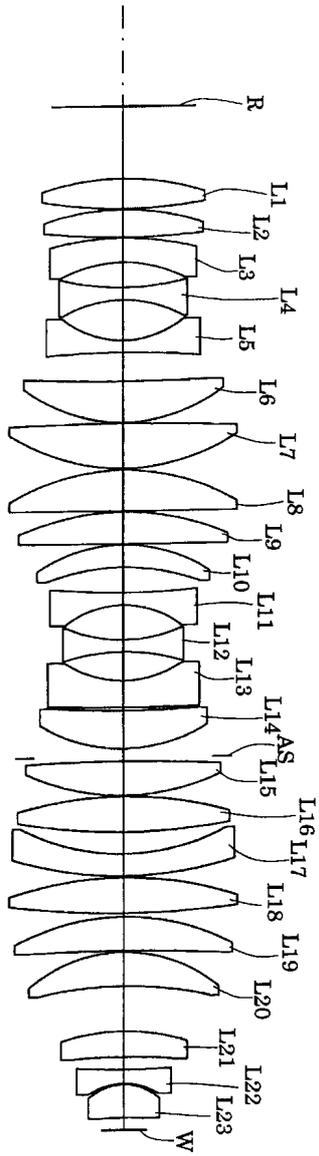
- [0017] 도 17은 제6 실시예에 따른 투영 광학계의 렌즈 구성을 도시한 도면이다.
- [0018] 도 18은 제6 실시예에 있어서의 가로 수차를 도시한 도면이다.
- [0019] 도 19는 마이크로 디바이스로서의 반도체 디바이스를 얻을 때의 수법의 흐름도이다.
- [0020] 도 20은 마이크로 디바이스로서의 액정 표시 소자를 얻을 때의 수법의 흐름도이다.
- [0021] <도면의 주요부분에 대한 부호의 설명>
- [0022] LS : 광원
- [0023] IL : 조명 광학계
- [0024] R : 레티클
- [0025] RS : 레티클 스테이지
- [0026] PL : 투영 광학계
- [0027] W : 웨이퍼
- [0028] WS : 웨이퍼 스테이지
- [0029] AS : 개구 조절개
- [0030] Li : 렌즈 성분

도면

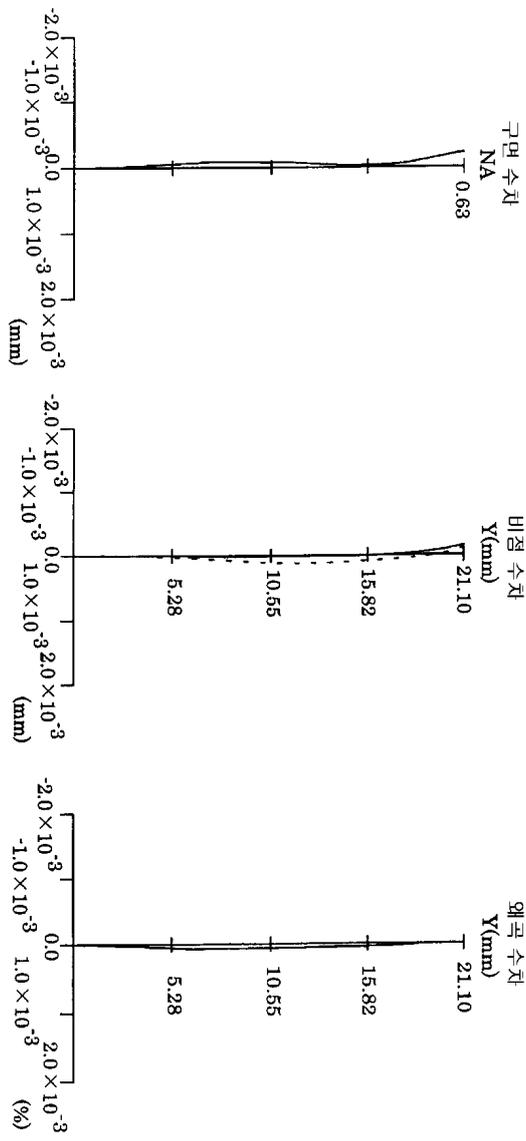
도면1



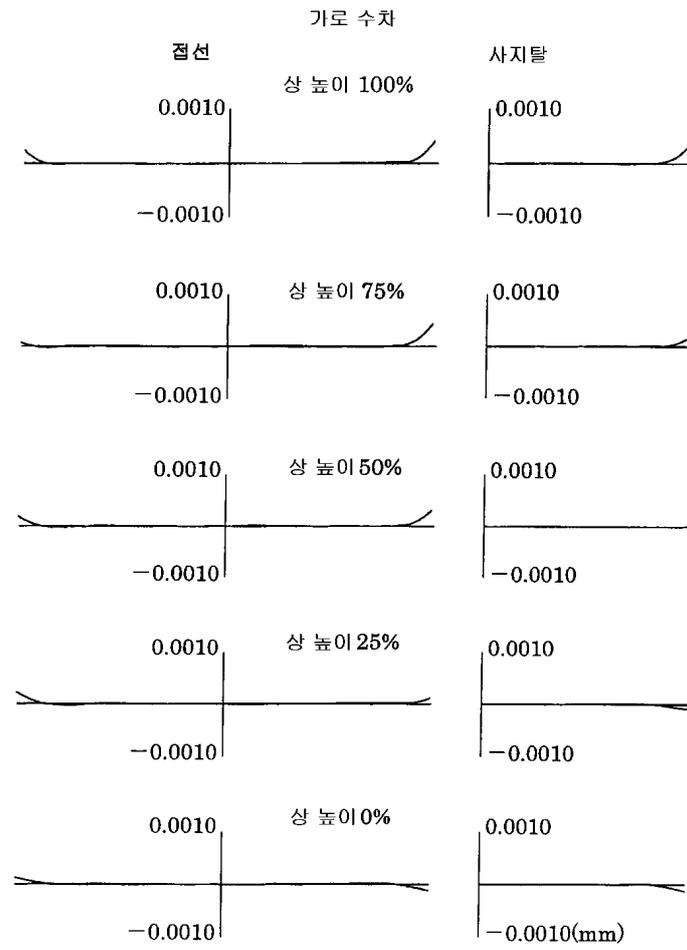
도면2



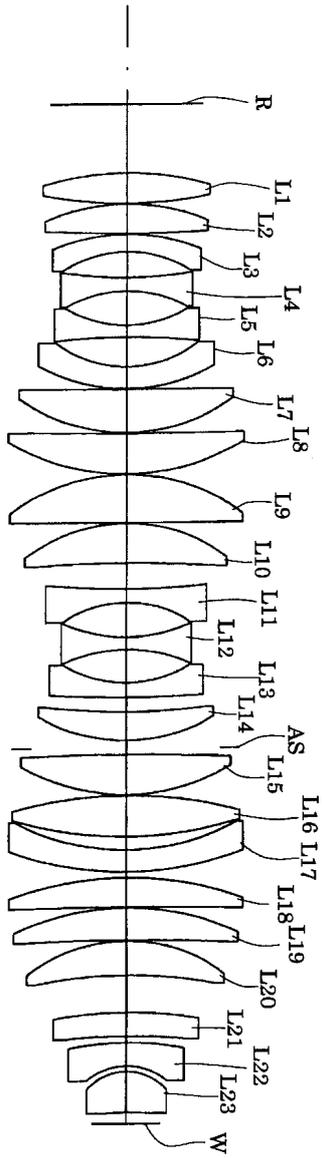
도면3



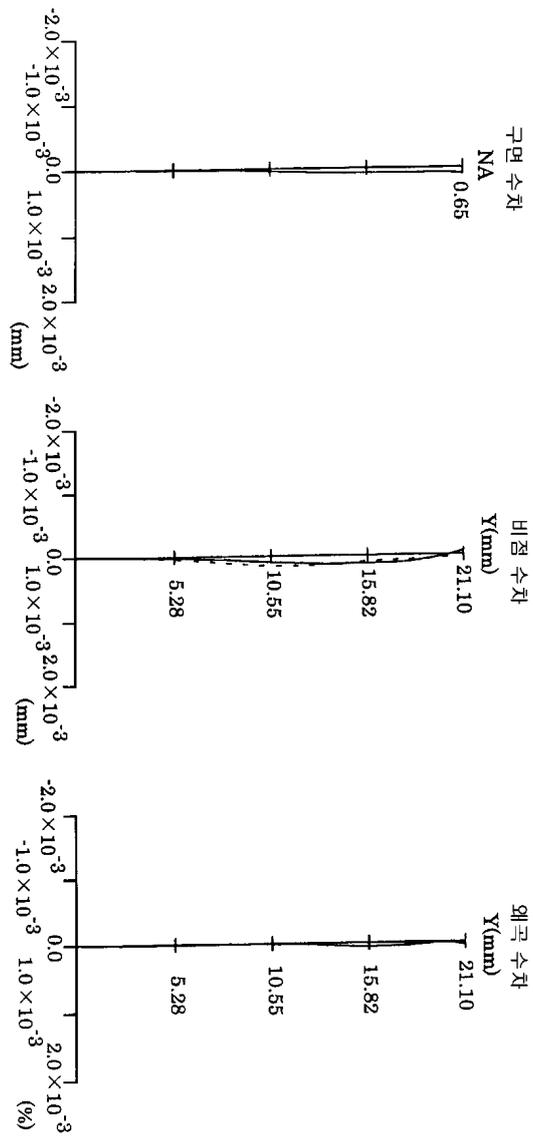
도면4



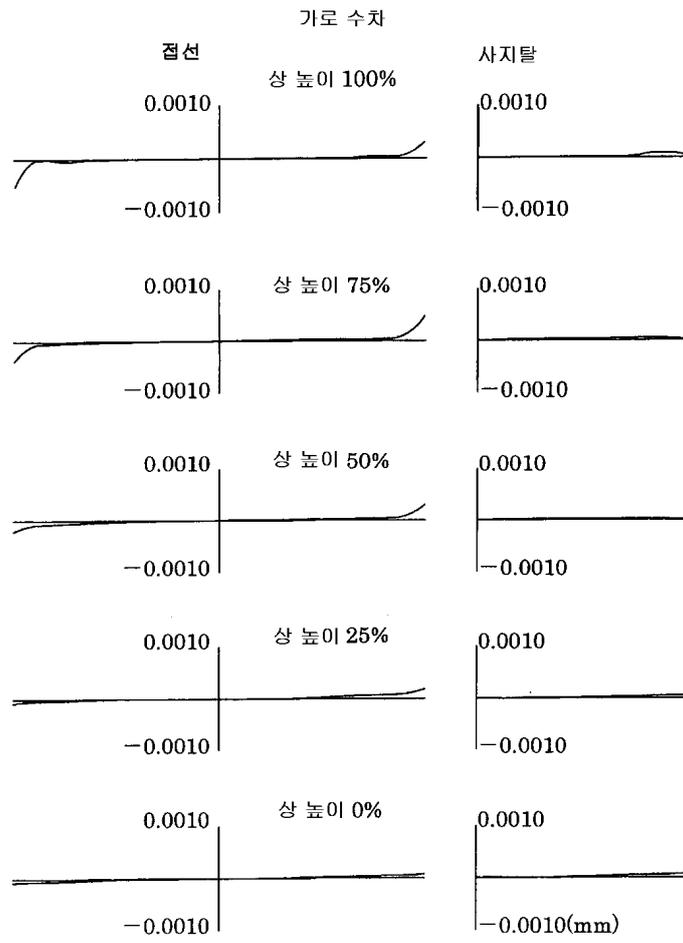
도면5



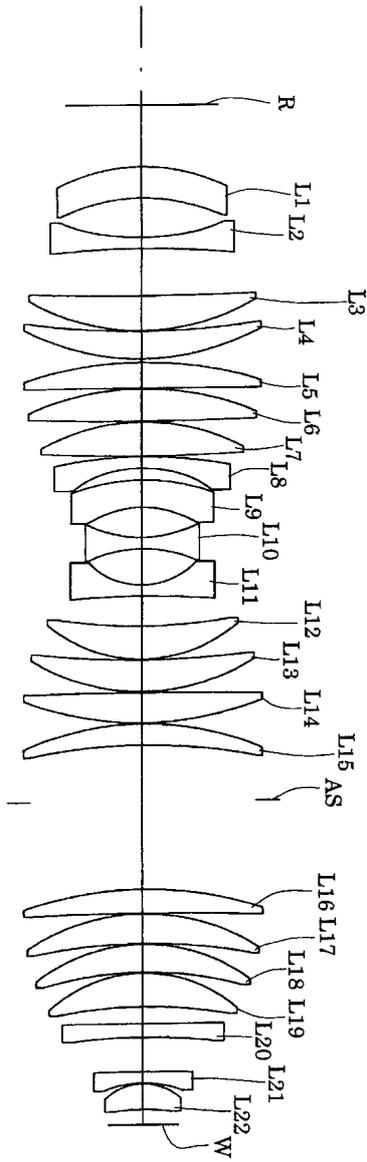
도면6



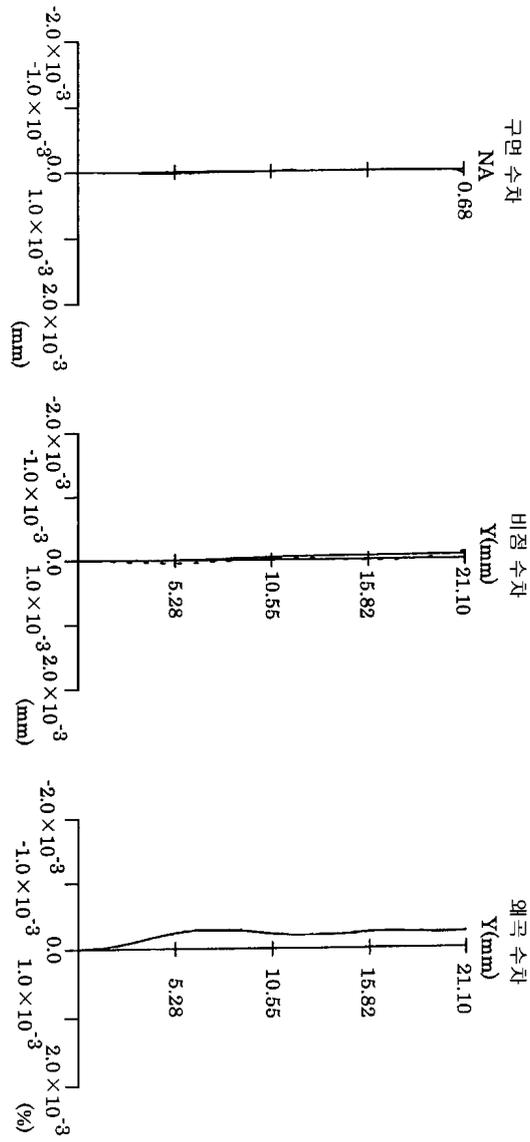
도면7



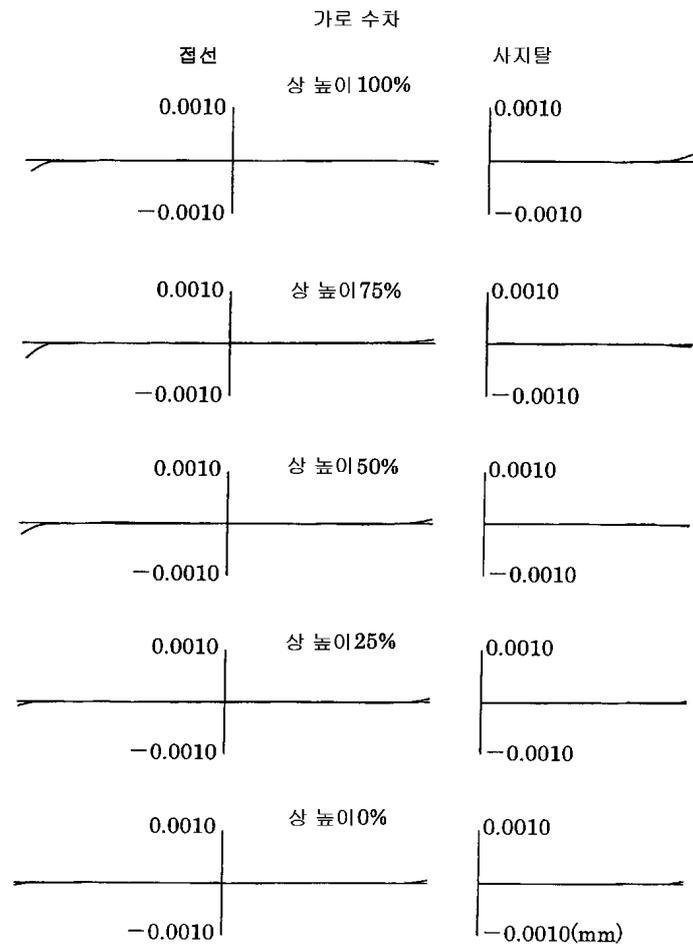
도면8



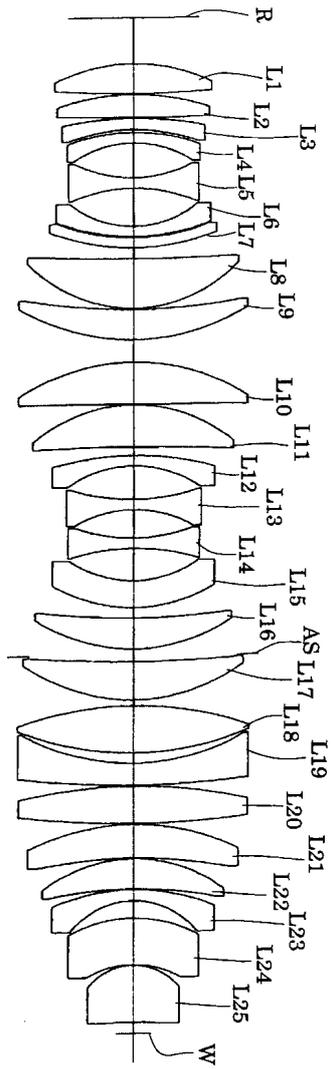
도면9



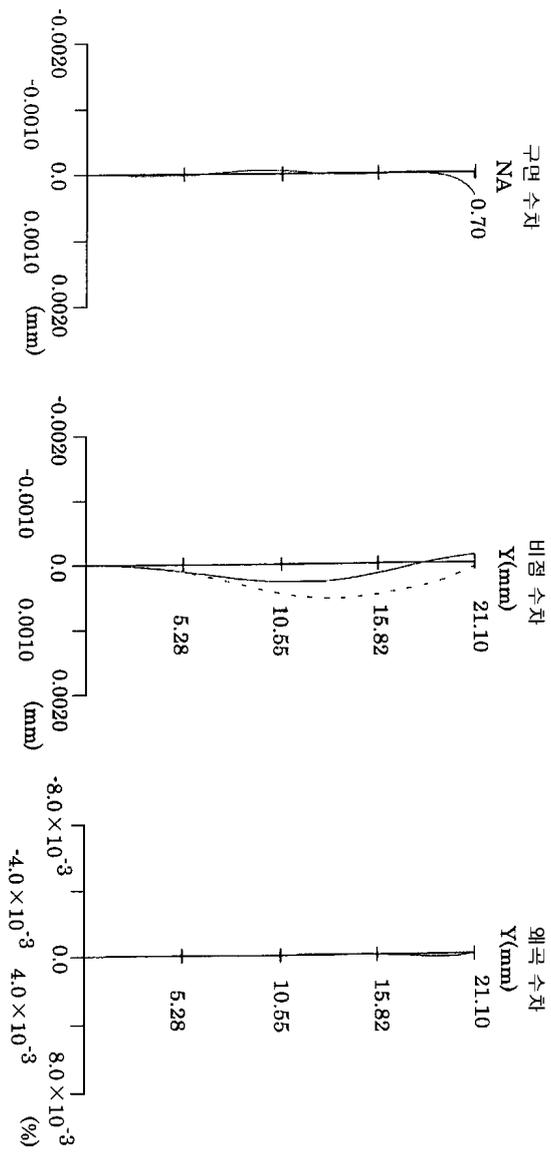
도면10



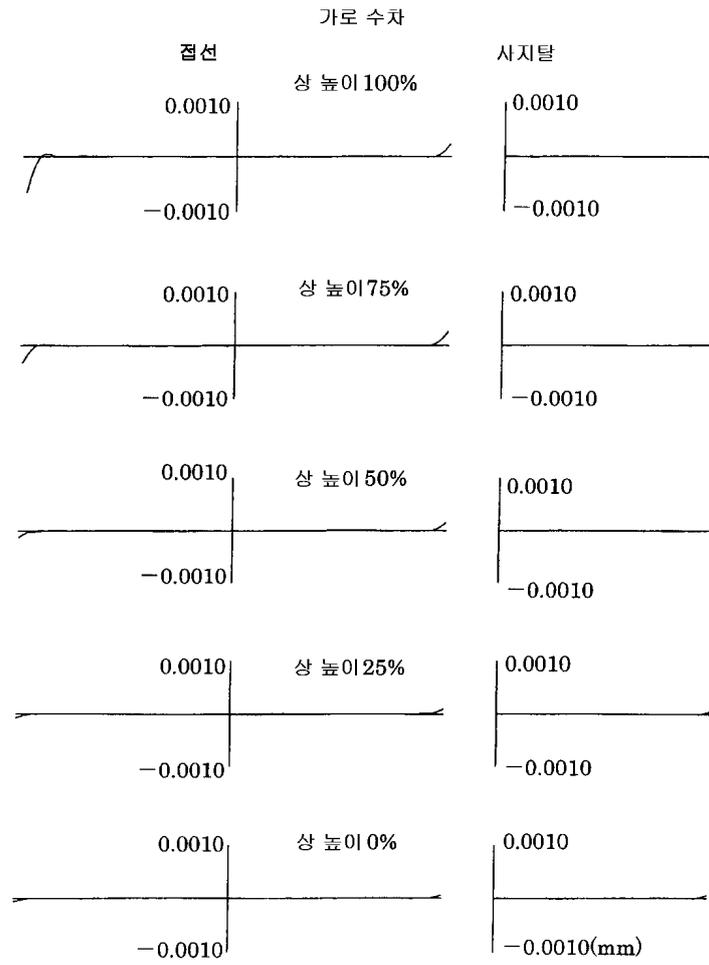
도면11



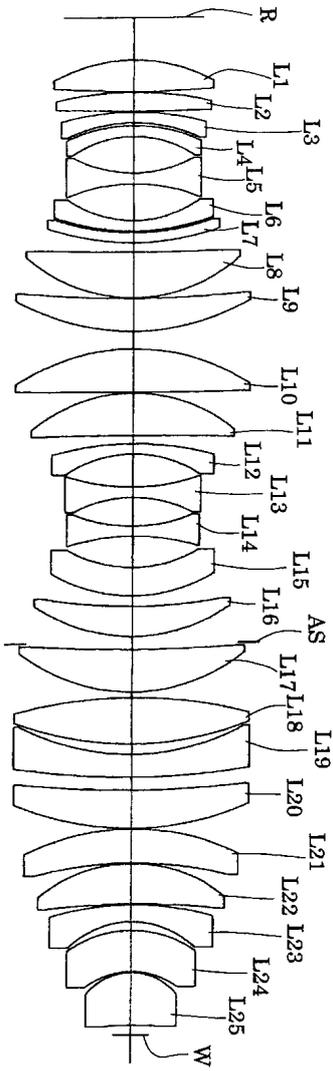
도면12



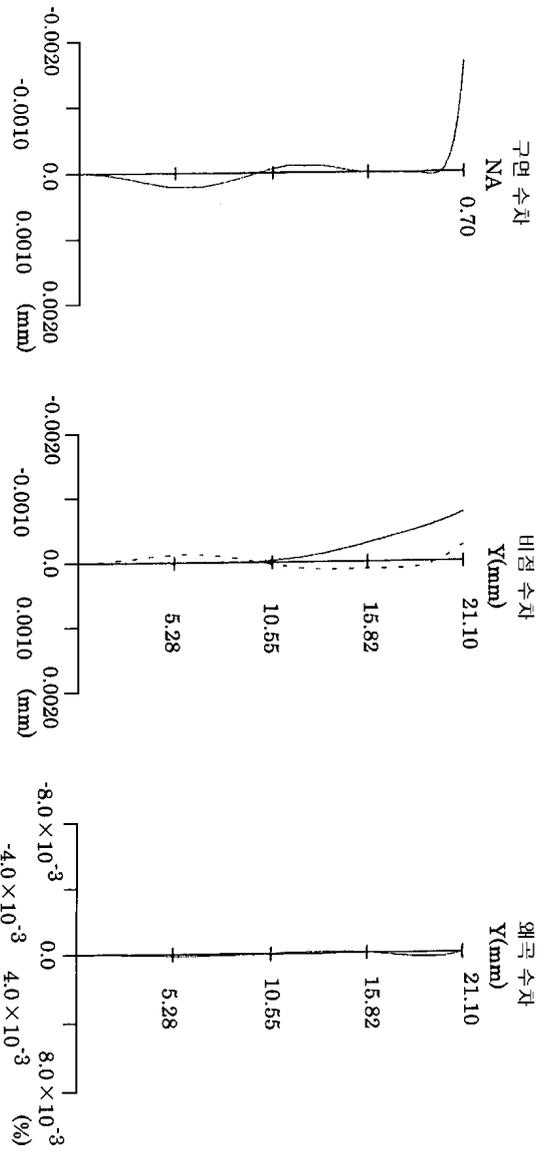
도면13



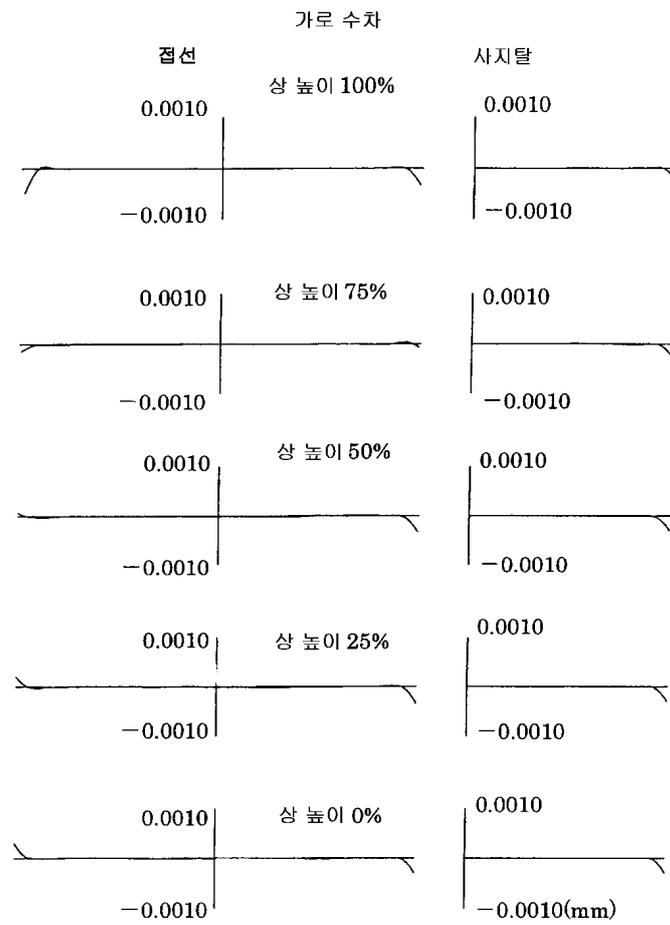
도면14



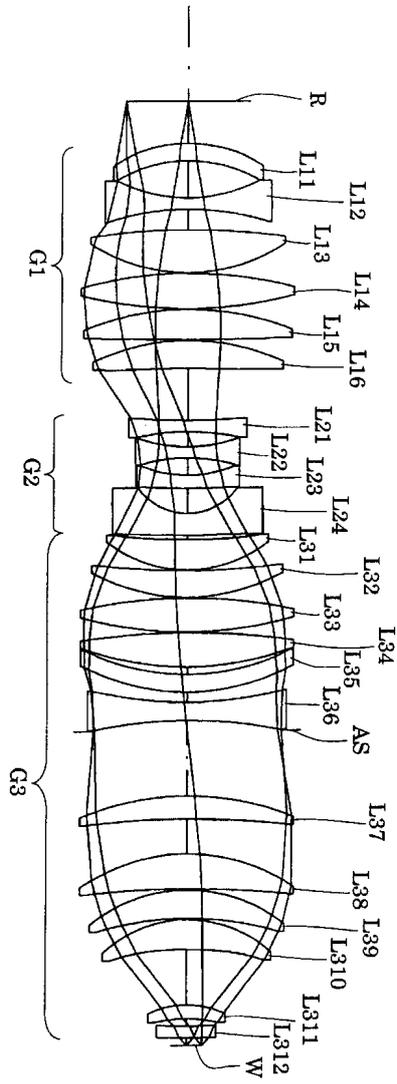
도면15



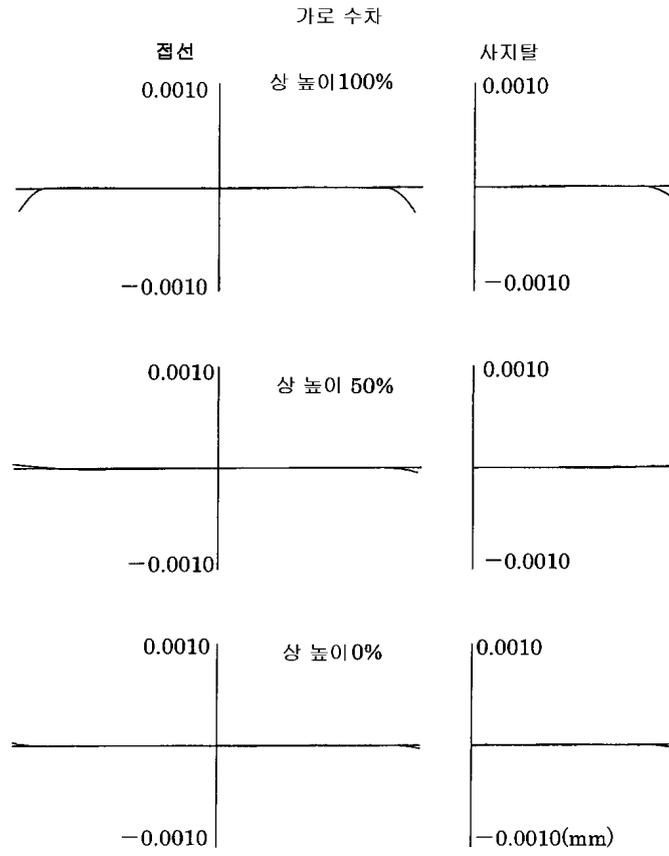
도면16



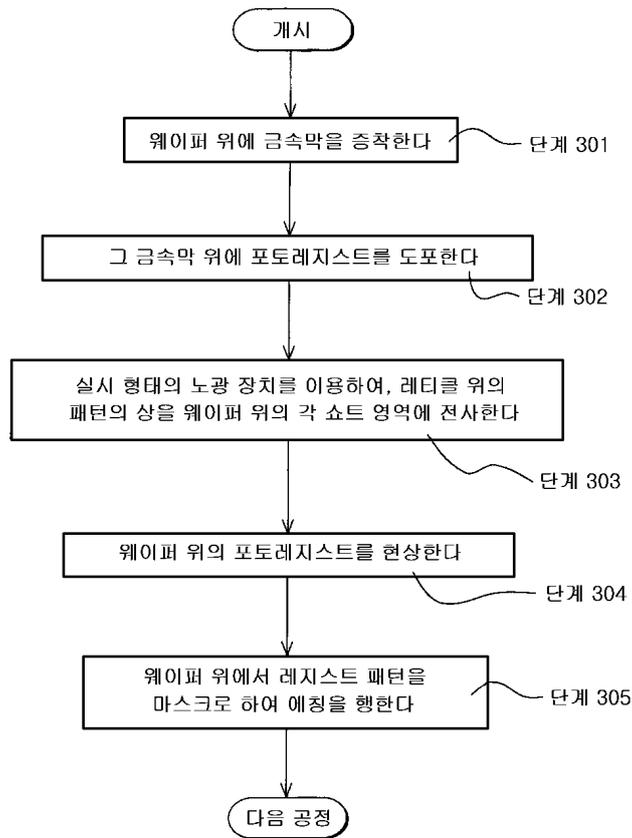
도면17



도면18



도면19



도면20

