



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2008년11월04일
(11) 등록번호 10-0866818
(24) 등록일자 2008년10월29일

(51) Int. Cl.
G02B 27/18 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2001-0075318
(22) 출원일자 2001년11월30일
심사청구일자 2006년11월30일
(65) 공개번호 10-2002-0046155
(43) 공개일자 2002년06월20일
(30) 우선권주장
JP-P-2000-00375992 2000년12월11일 일본(JP)
(56) 선행기술조사문헌
KR1019960029823 A
KR1019970022570 A
KR1019970071147 A

(73) 특허권자
가부시키키가이샤 니콘
일본 도쿄도 지요다꾸 마루노우찌 3쵸메 2방 3고
(72) 발명자
스에나가유따까
일본도쿄도지요다꾸마루노우찌3쵸메2방3고가부시
키키가이샤니콘나이
(74) 대리인
특허법인코리아나

전체 청구항 수 : 총 11 항

심사관 : 장기정

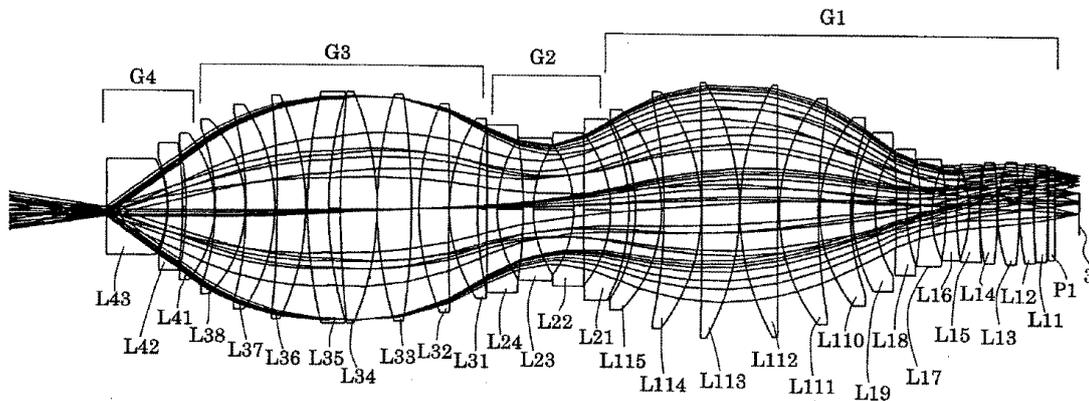
(54) 투영광학계 및 이 투영광학계를 구비한 노광장치

(57) 요약

렌즈 외경의 대형화를 억제하면서 높은 이미지지름 개구수를 확보할 수 있는 고해상의 투영광학계.

0.75 이상의 이미지지름 개구수를 가지며 300 nm 이하의 파장을 갖는 소정 광에 의거하여 제 1 물체 (3) 의 이미지를 제 2 물체 상에 형성하는 투영광학계. 제 1 물체측으로부터 순서대로 양의 굴절력을 갖는 제 1 렌즈군 (G1), 음의 굴절력을 갖는 제 2 렌즈군 (G2), 양의 굴절력을 갖는 제 3 렌즈군 (G3) 및 양의 굴절력을 갖는 제 4 렌즈군 (G4) 을 구비하고 있다. 제 4 렌즈군 (G4) 의 제 2 물체측에 가장 가까운 광학면과 제 2 물체와의 사이의 광축을 따른 거리 D(mm) 는 $0.1 < D < 5$ 의 조건을 만족시킨다.

대표도



특허청구의 범위

청구항 1

0.8 이상의 이미지측 개구수를 가지며, 300 mm 이하의 파장을 갖는 소정의 광에 의거하여 제 1 물체의 이미지를 제 2 물체 상에 형성하는 투영광학계로서,

상기 제 1 물체측으로부터 순서대로, 양의 굴절력을 갖는 제 1 렌즈군 (G1),

음의 굴절력을 갖는 제 2 렌즈군 (G2),

양의 굴절력을 갖는 제 3 렌즈군 (G3), 및

양의 굴절력을 갖는 제 4 렌즈군 (G4) 을 구비하고,

상기 제 4 렌즈군 (G4) 의 제 2 물체측에 가장 가까운 광학면과 상기 제 2 물체와의 사이의 광축을 따른 거리 D(mm) 는,

$$0.1 < D < 5 \quad (1)$$

의 조건을 만족시키고,

상기 제 4 렌즈군 (G4) 을 구성하는 각 광학부재의 광축을 따른 두께의 합계T 는,

$$0.001 < D/T < 0.2 \quad (2)$$

의 조건을 만족시키는 것을 특징으로 하는 투영광학계.

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 제 4 렌즈군 (G4) 을 구성하는 각 광학부재의 광축을 따른 두께의 합계를 T 로 하고, 상기 제 1 물체와 상기 제 2 물체와의 사이의 광축을 따른 거리를 L 로 하였을 때,

$$0.02 < T/L \quad (3)$$

의 조건을 만족시키는 것을 특징으로 하는 투영광학계.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 제 1 물체와 상기 제 2 물체 사이의 광축을 따른 거리 L(mm) 은,

$$800 < L < 1600 \quad (4)$$

의 조건을 만족시키는 것을 특징으로 하는 투영광학계.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 제 2 렌즈군 (G2) 의 초점거리를 F2 로 하고, 상기 제 1 물체와 상기 제 2 물체와의 사이의 광축을 따른 거리를 L 로 하였을 때,

$$0.01 < |F2|/L < 0.15 \quad (5)$$

의 조건을 만족시키는 것을 특징으로 하는 투영광학계.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 투영광학계를 구성하는 복수개의 광학면 중 하나 이상의 광학면은 비구면 형상으로 형성되어 있는 것을 특징으로 하는 투영광학계.

청구항 8

제 1 물체로서의 마스크를 조명하기 위한 조명계;

상기 마스크에 형성된 패턴의 이미지를 제 2 물체로서의 감광성 기관 상에 형성하기 위한 제 1 항, 제 4 항 내지 제 7 항 중 어느 한 항에 기재된 투영광학계; 및

상기 감광성 기관으로부터 발생하는 가스가 상기 제 4 렌즈군 (G4) 의 제 2 물체측에 가장 가까운 광학면에 부착되는 것을 방지하기 위한 방지수단을 구비하고 있는 것을 특징으로 하는 노광장치.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 방지수단은, 상기 제 4 렌즈군 (G4) 의 제 2 물체측에 가장 가까운 광학면과 상기 감광성 기관과의 사이의 광로에 있어서 소정의 기체 또는 액체의 흐름을 형성하기 위한 흐름형성수단을 갖는 것을 특징으로 하는 노광장치.

청구항 10

제 1 물체로서의 마스크를 조명하는 조명공정; 및

제 1 항, 제 4 항 내지 제 7 항 중 어느 한 항에 기재된 투영광학계를 통해 상기 마스크에 형성된 패턴을 상기 제 2 물체로서의 감광성 기관 상에 노광하는 노광공정을 포함하고,

상기 노광공정은, 상기 제 4 렌즈군 (G4) 의 제 2 물체측에 가장 가까운 광학면과 상기 감광성 기관과의 사이의 광로에 있어서 소정의 기체 또는 액체의 흐름을 형성하는 흐름형성공정을 포함하는 것을 특징으로 하는 노광방법.

청구항 11

제 8 항에 기재된 노광장치를 이용하여 상기 마스크의 패턴을 상기 감광성 기관 상에 노광하는 노광공정; 및

상기 노광공정에 의해 노광된 상기 감광성 기관을 현상하는 현상공정을 포함하는 것을 특징으로 하는 마이크로 디바이스의 제조방법.

청구항 12

제 1 물체로서의 마스크를 조명하는 조명계;

상기 마스크에 형성된 패턴 이미지를 제 2 물체로서의 감광성 기관 상에 형성하기 위한 제 1 항, 제 4 항 내지 제 7 항 중 어느 한 항에 기재된 투영광학계; 및,

상기 제 4 렌즈군 (G4) 의 제 2 물체측에 가장 가까운 광학면과 상기 감광성 기관과의 사이의 광로에 있어서 소정의 기체 또는 액체의 흐름을 형성하는 흐름형성수단을 구비하는 것을 특징으로 하는 노광장치.

청구항 13

제 10 항에 기재된 노광방법을 이용하여 상기 마스크의 패턴을 상기 감광성 기관 상에 노광하는 노광공정; 및

상기 노광공정에 의해 노광된 상기 감광성 기관을 현상하는 현상공정을 포함하는 것을 특징으로 하는 마이크로 디바이스의 제조방법.

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

- <16> 본 발명은 투영광학계 및 이 투영광학계를 구비한 노광장치에 관한 것으로, 특히 반도체소자나 액정표시소자 등을 포토리소그래피 공정에서 제조할 때에 사용되는 노광장치에 가장 적합한 투영광학계에 관한 것이다.
- <17> 반도체소자 등을 제조하기 위한 포토리소그래피 공정에서 투영광학계를 통해 마스크의 패턴 이미지를 웨이퍼와 같은 감광성 기판에 투영 노광하기 위한 노광장치가 사용되고 있다. 이런 종류의 노광장치에서는 반도체소자 등의 집적도가 향상됨에 따라 투영광학계에 요구되는 해상력(해상도)이 높아진다. 그래서, 투영광학계의 해상력에 대한 요구를 만족시키기 위해서, 조명광(노광광)의 파장을 짧게 함과 동시에 투영광학계의 이미지지축 개구수(NA)를 최대한 높일 필요성이 요청되고 있다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

- <18> 그러나, 투영광학계의 개구수를 많게 하면, 개구수 크기에 비례하여 렌즈 외경(外徑)이 커진다. 그 결과, 렌즈를 제조하기 위한 광학재료 블럭의 외경(초재 직경)도 커져, 균질성이 양호한 광학재료 블럭을 얻는 것이, 나아가서는 성능이 양호한 광학계를 제조하는 것이 어려워진다. 또한, 렌즈 외경이 커지면 중력에 의한 렌즈의 휨이나 변형의 영향을 쉽게 받아, 성능이 양호한 광학계를 제조하는 것이 어려워진다.
- <19> 본 발명은 상술한 과제를 감안하여 이루어진 것으로, 렌즈 외경의 대형화를 억제하면서 높은 이미지지축 개구수를 확보할 수 있는, 고해상의 투영광학계 및 이 투영광학계를 구비한 노광장치를 제공하는 것을 목적으로 한다. 또한, 높은 이미지지축 개구수를 갖는 고해상의 투영광학계를 구비한 본 발명의 노광장치를 사용하여, 고정밀도이며 양호한 마이크로 디바이스를 제조할 수 있는 마이크로 디바이스 제조방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

발명의 구성 및 작용

- <20> 과제를 해결하기 위한 수단
- <21> 상기 과제를 해결하기 위해서, 본 발명에서는 0.75 이상의 이미지지축 개구수를 가지며 300 mm 이하의 파장을 갖는 소정의 광에 의거하여 제 1 물체의 이미지를 제 2 물체 상에 형성하는 투영광학계에 있어서,
- <22> 제 1 물체측으로부터 순서대로 양의 굴절력을 갖는 제 1 렌즈군(G1), 음의 굴절력을 갖는 제 2 렌즈군(G2), 양의 굴절력을 갖는 제 3 렌즈군(G3) 및 양의 굴절력을 갖는 제 4 렌즈군(G4)을 구비하고,
- <23> 상기 제 4 렌즈군(G4)의 제 2 물체측에 가장 가까운 광학면과 제 2 물체와의 사이의 광축을 따른 거리 D(mm)는,
- <24> $0.1 < D < 5$ (1)
- <25> 의 조건을 만족시키는 것을 특징으로 하는 투영광학계를 제공한다.
- <26> 본 발명의 바람직한 양태에 따르면, 상기 투영광학계는 0.8 이상의 이미지지축 개구수를 갖는다. 또, 상기 제 4 렌즈군(G4)을 구성하는 각 광학부재의 광축을 따른 두께의 합계를 T로 하고, 상기 제 4 렌즈군(G4)의 제 2 물체측에 가장 가까운 광학면과 상기 제 2 물체와의 사이의 광축을 따른 거리를 D로 하였을 때,
- <27> $0.001 < D/T < 0.2$ (2)
- <28> 의 조건을 만족시키는 것이 바람직하다.
- <29> 또한, 본 발명의 바람직한 양태에 따르면, 상기 제 4 렌즈군(G4)을 구성하는 각 광학부재의 광축을 따른 두께의 합계를 T로 하고, 상기 제 1 물체와 상기 제 2 물체와의 사이의 광축을 따른 거리를 L로 하였을 때,
- <30> $0.02 < T/L$ (3)
- <31> 의 조건을 만족시킨다.

- <32> 본 발명의 다른 양태에 따르면, 상기 제 1 물체로서의 마스크를 조명하기 위한 조명계, 상기 마스크에 형성된 패턴의 이미지를 상기 제 2 물체로서의 감광성 기관 상에 형성하기 위한 본 발명의 투영광학계 및 상기 감광성 기관으로부터 발생하는 가스가 상기 제 4 렌즈군 (G4) 의 제 2 물체측에 가장 가까운 광학면에 부착되는 것을 방지하기 위한 방지수단을 구비하는 것을 특징으로 하는 노광장치를 제공한다. 이 경우, 상기 방지수단은 상기 제 4 렌즈군 (G4) 의 제 2 물체측에 가장 가까운 광학면과 상기 감광성 기관과의 사이의 광로에서 소정의 기체 또는 액체의 흐름을 형성하기 위한 흐름형성수단을 갖는 것이 바람직하다.
- <33> 또, 본 발명의 다른 양태에 따르면, 상기 제 1 물체로서의 마스크를 조명하는 조명공정 및 본 발명의 투영광학계를 통해 상기 마스크에 형성된 패턴을 상기 제 2 물체로서의 감광성 기관 상에 노광하는 노광공정을 포함하고, 상기 노광공정은 상기 감광성 기관으로부터 발생하는 가스가 상기 제 4 렌즈군 (G4) 의 제 2 물체측에 가장 가까운 광학면에 부착되는 것을 방지하기 위해서 상기 제 4 렌즈군 (G4) 의 제 2 물체측에 가장 가까운 광학면과 상기 감광성 기관과의 사이의 광로에서 소정의 기체 또는 액체의 흐름을 형성하는 흐름형성공정을 포함하는 것을 특징으로 하는 노광방법을 제공한다.
- <34> 또한, 본 발명의 다른 양태에 따르면, 본 발명의 노광장치 또는 노광방법을 이용하여 상기 마스크의 패턴을 상기 감광성 기관 상에 노광하는 노광공정 및 상기 노광공정에 의해 노광된 상기 감광성 기관을 현상하는 현상공정을 포함하는 것을 특징으로 하는 마이크로 디바이스의 제조방법을 제공한다.
- <35> 발명의 실시형태
- <36> 일반적으로 노광장치에 탑재된 투영광학계에 있어서, 이미지측 (웨이퍼측) 에 가장 가까운 렌즈면과 웨이퍼와의 거리, 즉 작동거리를 일정하게 유지한 상태로 이미지측 개구수를 크게 하면, 이미지측 개구수의 크기에 비례하여 렌즈 외경도 커진다. 그 원인의 하나로서, 음의 고차 구면 수차의 발생을 들 수 있다. 이하, 이 점에 대해서 설명한다.
- <37> 투영광학계의 이미지면측에 가장 가까운 렌즈면은 곡률이 작은 평면에 가까운 형상으로 형성되는 것이 많다. 이 경우, 웨이퍼를 향하여 광이 큰 개구수로 투영광학계로부터 사출 (射出) 될 때, 평면에 가까운 형상으로 형성된 이미지면측에 가장 가까운 렌즈면에 있어서 큰 굴절작용을 받아, 고차 구면 수차가 크게 발생하게 된다. 여기에서, 고차 구면 수차의 발생량은 상술한 작동거리 (D) 에 거의 비례한다. 따라서, 작동거리 (D) 를 작게 설정하면, 고차 구면 수차의 발생을 작게 억제할 수 있으며, 이미지측 개구수를 크게 해도 렌즈 외경을 비교적 작게 억제할 수 있다.
- <38> 그래서, 본 발명에서는 물체측 (마스크측) 으로부터 순서대로, 양의 굴절력의 제 1 렌즈군 (G1), 음의 굴절력의 제 2 렌즈군 (G2), 양의 굴절력의 제 3 렌즈군 (G3) 및 양의 굴절력의 제 4 렌즈군 (G4) 을 구비한 기본 구성에 있어서, 조건식 (1) 에 따라 작동거리 (D) 를 소정 범위내에서 작게 설정하고 있다. 그 결과, 본 발명에서는 렌즈 외경의 대형화를 억제하면서 높은 이미지측 개구수를 확보할 수 있다. 이하, 본 발명의 각 조건식을 참조하여 본 발명의 구성을 더 상세하게 설명한다.
- <39> 본 발명에서는, 제 4 렌즈군 (G4) 의 제 2 물체측에 가장 가까운 (이미지측에 가장 가까운 : 노광장치의 경우에는 웨이퍼측에 가장 가까운) 광학면과 제 2 물체 (노광장치의 경우에는 웨이퍼) 와의 사이의 광축을 따른 작동거리 D(mm) 가 다음 조건식 (1) 을 만족시킨다.
- <40> $0.1 < D < 5$ (1)
- <41> 조건식 (1) 의 상한값을 상회하면, 작동거리 (D) 가 너무 커지고, 고차 구면 수차의 발생이 커져, 이 고차 구면 수차를 이미지면측에 가장 가까운 렌즈보다도 물체측에 배치된 렌즈에 의해 미리 보정할 필요성이 생긴다. 그 결과, 광학계의 구성이 복잡해짐과 동시에 렌즈 외경이 커져 현실적인 크기의 광학계를 실현하는 것이 어려워진다.
- <42> 한편, 조건식 (1) 의 하한값을 하회하면, 작동거리 (D) 가 너무 작아져 광학계의 조작성 등이 현저히 악화된다. 특히, 노광장치의 경우, 광 조사에 의해 웨이퍼에 도포된 레지스트로부터 발생하는 가스 (이하 「아웃 가스」 라고 함) 가 이미지면측에 가장 가까운 렌즈면에 부착되는 것을 방지하는 것이 어려워진다. 또, 웨이퍼면의 오토포커스가 어려워짐과 동시에 웨이퍼 교환시에 투영광학계와 웨이퍼가 접촉될 위험성이 높아진다.
- <43> 또, 본 발명에서는 다음 조건식 (2) 를 만족시키는 것이 바람직하다.
- <44> $0.001 < D/T < 0.2$ (2)

- <45> 여기에서, T 는 제 4 렌즈군 (G4) 을 구성하는 각 광학부재의 광축을 따른 두께의 합계, 즉, 제 4 렌즈군 (G4) 의 렌즈 총두께이다. 또한, 상술한 바와 같이 D 는 작동거리이다.
- <46> 조건식 (2) 의 상한값을 상회하면, 조건식 (1) 의 경우와 마찬가지로, 작동거리 (D) 가 너무 커지고, 고차 구면 수차의 발생이 커져, 광학계의 구성이 복잡해짐과 동시에 렌즈 외경이 커져 바람직하지 않다. 또한, 조건식 (2) 의 하한값을 하회하면, 조건식 (1) 의 경우와 마찬가지로, 작동거리 (D) 가 너무 작아져 아웃 가스의 부착 방지 및 웨이퍼면의 오토포커스가 어려워짐과 동시에 투영광학계와 웨이퍼가 접촉될 위험성이 높아져 바람직하지 않다.
- <47> 또, 본 발명에서는 다음 조건식 (3) 을 만족시키는 것이 바람직하다.
- <48> $0.02 < T/L$ (3)
- <49> 여기에서, L 은 제 1 물체 (노광장치의 경우에는 마스크) 와 제 2 물체와의 사이의 광축을 따른 거리, 즉 물상 점간(物像点間) 거리이다. 또한, 상술한 바와 같이, T 는 제 4 렌즈군 (G4) 의 렌즈 총두께이다.
- <50> 조건식 (3) 은 구면 수차 및 코마 수차를 양호하게 보정하기 위한 조건식이다. 즉, 제 4 렌즈군 (G4) 의 렌즈 총두께 (T) 가 충분히 큰 경우, 구면 수차 및 코마 수차의 발생이 작아서 그 보정은 용이하다. 그러나, 조건식 (3) 의 하한값을 하회하면, 제 4 렌즈군 (G4) 의 렌즈 총두께 (T) 가 너무 작아져, 일정한 양의 굴절력을 유지한 채로 구면 수차 및 코마 수차를 양호하게 보정하는 것이 어려워져 결상 성능이 악화되어 바람직하지 않다.
- <51> 또, 본 발명에서는 투영광학계의 물상점간 거리 L(mm) 이 다음 조건식 (4) 를 만족시키는 것이 바람직하다.
- <52> $800 < L < 1600$ (4)
- <53> 조건식 (4) 는 넓은 투영시야 (노광장치의 경우에는 넓은 노광영역) 를 확보하면서 모든 수차를 양호하게 보정하기 위한 조건식이다. 조건식 (4) 의 상한값을 상회하면, 물상점간 거리 (L) 가 너무 커져 광학계가 대형화되므로 바람직하지 않다. 특히, 노광장치의 경우에는 장치가 너무 비싸져 노광장치로서 수치가 맞지 않으므로 바람직하지 않다. 반대로 조건식 (4) 의 하한값을 하회하면, 코마 수차를 양호하게 보정하는 것이 어려워 결상 성능의 악화를 가져와 바람직하지 않다.
- <54> 그런데, 상술한 조건식 (1) 및 (2) 를 만족시킴으로써 고차 구면 수차의 발생은 작아지지만, 그 발생량을 완전히 0 으로 억제할 수는 없다. 따라서, 본 발명에서는 광학계를 구성하는 복수개의 광학면 중 하나 이상의 광학면을 비구면 형상으로 형성함으로써, 즉 광학계에 비구면을 도입함으로써 고차 구면 수차를 거의 완전히 보정하는 것이 바람직하다.
- <55> 또한, 본 발명에서는 다음 조건식 (5) 를 만족시키는 것이 바람직하다.
- <56> $0.01 < |F2|/L < 0.15$ (5)
- <57> 여기에서, F2 는 제 2 렌즈군 (G2) 의 초점거리이다. 또, 상술한 바와 같이 L 은 물상점간 거리이다.
- <58> 조건식 (5) 는 이미지면의 평탄성을 얻기 위한 페즈벌 (Petzval) 합의 보정에 관한 조건식이다. 조건식 (5) 의 상한값을 상회하면, 페즈벌 합의 보정이 불충분해지고 이미지면의 평탄성이 상실되어 바람직하지 않다. 한편, 조건식 (5) 의 하한값을 하회하면, 양의 구면 수차가 현저히 발생되어 비구면을 사용해도 이 수차를 양호하게 보정하는 것이 어려워지고 결상 성능의 악화를 가져와 바람직하지 않다.
- <59> 또, 상술한 바와 같이 노광장치에 있어서 작동거리 (D) 가 비교적 작은 경우, 레지스트로부터의 아웃 가스가 이미지면측에 가장 가까운 렌즈면에 부착되기 쉽다. 그 결과 이미지측에 가장 가까운 렌즈의 투과율이 저하되고 나아가서는 투영광학계의 광학성능이 악화된다. 그래서, 본 발명에서는 제 4 렌즈군 (G4) 의 이미지면측에 가장 가까운 광학면과 웨이퍼와의 사이의 광로에 있어서 소정의 기체 또는 액체의 흐름을 형성함으로써 아웃 가스가 광학면에 부착되는 것을 방지하는 것이 바람직하다.
- <60> 본 발명의 실시형태를 첨부한 도면에 따라 설명한다.
- <61> 도 1 은 본 발명의 실시형태에 관한 투영광학계를 구비한 노광장치의 구성을 개략적으로 나타내는 도면이다. 또, 도 1 에서 투영광학계 (6) 의 광축 (AX) 에 평행하게 Z 축을, 광축 (AX) 에 수직인 면내에서 도 1 의 지면에 평행하게 Y 축을, 지면에 수직으로 X 축을 설정하고 있다.

<62> 도시된 노광장치는 조명광을 공급하기 위한 광원으로서 KrF 엑시머레이저 광원 (발진 중심파장 248.40nm : 1) 을 구비하고 있다. 광원 (1) 에서 사출된 광은 조명광학계 (2) 를 통해 소정 패턴이 형성된 마스크 (레티클 : 3) 를 조명한다. 마스크 (3) 는 마스크홀더 (4) 를 통해 마스크 스테이지 (5) 상에서 XY 평면에 평행하게 유지되어 있다. 또, 마스크 스테이지 (5) 는 도시를 생략한 구동계의 작용에 의해 마스크면 (즉, XY 평면) 을 따라 이동할 수 있으며, 그 위치좌표는 마스크 간섭계 (도시 생략) 에 의해 계측되고 또한 위치 제어되도록 구성되어 있다.

<63> 마스크 (3) 에 형성된 패턴으로부터의 광은 투영광학계 (6) 를 통해 감광성 기관인 웨이퍼 (7) 상에 마스크 패턴 이미지를 형성한다. 웨이퍼 (7) 는 웨이퍼테이블 (웨이퍼홀더 : 8) 을 통해 웨이퍼 스테이지 (9) 상에 있어서 XY 평면에 평행하게 유지되고 있다. 또한, 웨이퍼 스테이지 (9) 는 도시를 생략한 구동계의 작용에 의해 웨이퍼면 (즉, XY 평면) 을 따라 이동할 수 있고, 그 위치좌표는 웨이퍼 간섭계 (도시 생략) 에 의해 계측되고 위치 제어되도록 구성되어 있다. 이렇게 해서, 투영광학계 (6) 의 광축 (AX) 과 직교하는 평면 (XY 평면) 내에서 웨이퍼 (7) 를 2차원적으로 구동제어하면서 일괄 노광 또는 스캔 노광을 실시함으로써 웨이퍼 (7) 의 각 노광영역에는 마스크 (3) 의 패턴이 순차적으로 노광된다.

<64> 또한, 도시된 노광장치에는, 투영광학계 (6) 과 웨이퍼 (7) 와의 사이의 좁은 광로에서 소정의 기체 또는 액체의 흐름을 형성하기 위해서 기체 또는 액체를 공급하기 위한 공급부 (10) 가 설치되어 있다. 즉, 공급부 (10) 는 웨이퍼 (7) 에 도포된 레지스트로부터의 아웃 가스가 투영광학계 (6) 의 웨이퍼측에 가장 가까운 렌즈면에 부착되는 것을 방지하기 위한 방지수단을 구성하고 있다. 또, 공급부 (10) 가 공기와 같은 기체를 공급하는 경우, 아웃 가스를 광로로부터 확실하게 제거하기 위해서, 아웃 가스를 포함하는 기체를 흡인하기 위한 흡인부 (11) 를 부설하는 것이 바람직하다.

<65> 또, 후술하는 각 실시예에 있어서, 본 발명의 투영광학계 (6) 는 마스크측으로부터 순서대로, 양의 굴절력을 갖는 제 1 렌즈군 (G1), 음의 굴절력을 갖는 제 2 렌즈군 (G2), 양의 굴절력을 갖는 제 3 렌즈군 (G3) 및 양의 굴절력을 갖는 제 4 렌즈군 (G4) 으로 구성되어 있다. 또한, 각 실시예에 있어서, 투영광학계 (6) 를 구성하는 모든 광학부재에는 중심파장 248.40nm 에 대하여 1.50839 의 굴절률을 갖는 석영을 사용하고 있다.

<66> 또한, 각 실시예에 있어서, 비구면은 광축에 수직한 방향의 높이를 y 로 하고, 비구면의 정상점에서의 접평면 (接平面) 으로부터 높이 (y) 에서의 비구면 상의 위치까지의 광축을 따른 거리 (새그량) 를 z 로 하고, 정상점 곡률 반경 (기준 곡률 반경) 을 r 로 하고, 원추 계수를 κ 로 하며, n 차의 비구면 계수를 C_n 으로 한 경우, 다음과 같은 수학적식 (a) 로 표시된다. 또, 각 실시예에 있어서, 비구면 형상으로 형성된 렌즈면에는 면 번호의 우측에 * 표시를 한다.

<67> [수학적식 (a)]

$$z = (y^2/r) / \{1 + \{1 - (1 + \kappa) \cdot y^2/r^2\}^{1/2}\} \\ + C_4 \cdot y^4 + C_6 \cdot y^6 + C_8 \cdot y^8 + C_{10} \cdot y^{10} + C_{12} \cdot y^{12} \\ + C_{14} \cdot y^{14} + C_{16} \cdot y^{16} + C_{18} \cdot y^{18}$$

<68>

<69> [제 1 실시예]

<70> 도 2 는 제 1 실시예에 관한 투영광학계의 렌즈 구성을 나타내는 도면이다. 도 2 의 투영광학계에 있어서, 제 1 렌즈군 (G1) 은 마스크측으로부터 순서대로 평행평면판 (P1), 마스크측으로 오목면을 향한 양의 메니스커스 렌즈 (L11), 마스크측으로 오목면을 향한 양의 메니스커스 렌즈 (L12), 양면 볼록렌즈 (L13), 양면 볼록렌즈 (L14), 양면 오목렌즈 (L15), 양면 오목렌즈 (L16), 양면 오목렌즈 (L17), 마스크측의 면이 비구면 형상으로 형성된 양면 오목렌즈 (L18), 마스크측으로 오목면을 향한 음의 메니스커스 렌즈 (L19), 마스크측으로 비구면 형상으로 형성된 오목면을 향한 양의 메니스커스 렌즈 (L110), 마스크측으로 오목면을 향한 양의 메니스커스 렌즈 (L111), 마스크측으로 오목면을 향한 양의 메니스커스 렌즈 (L112), 마스크측으로 볼록면을 향한 양의 메니스커스 렌즈 (L113), 마스크측으로 볼록면을 향한 양의 메니스커스 렌즈 (L114) 및 마스크측으로 볼록면을 향한 양의 메니스커스 렌즈 (L115) 로 구성되어 있다.

<71> 또, 제 2 렌즈군 (G2) 은 마스크측으로부터 순서대로, 웨이퍼측으로 비구면 형상으로 형성된 오목면을 향한 음의 메니스커스 렌즈 (L21), 마스크측의 면 및 웨이퍼측의 면이 모두 비구면 형상으로 형성된 양면 오목렌즈 (L22), 마스크측의 면이 비구면 형상으로 형성된 양면 오목렌즈 (L23) 및 웨이퍼측으로 비구면 형상으로 형성된 볼록면을 향한 음의 메니스커스 렌즈 (L24) 로 구성되어 있다.

<72> 또한, 제 3 렌즈군 (G3) 은 마스크측으로부터 순서대로, 마스크측으로 오목면을 향한 양의 메니스커스 렌즈 (L31), 마스크측으로 오목면을 향한 양의 메니스커스 렌즈 (L32), 마스크측의 면이 비구면 형상으로 형성된 양면 볼록렌즈 (L33), 양면 볼록렌즈 (34), 마스크측으로 오목면을 향한 음의 메니스커스 렌즈 (L35), 마스크측으로 볼록면을 향한 양의 메니스커스 렌즈 (L36), 마스크측으로 볼록면을 향한 양의 메니스커스 렌즈 (L37) 및 마스크측으로 볼록면을 향한 양의 메니스커스 렌즈 (L38) 로 구성되어 있다.

<73> 그리고, 제 4 렌즈군 (G4) 은 마스크측으로부터 순서대로, 마스크측으로 볼록면을 향한 양의 메니스커스 렌즈 (L41), 마스크측으로 볼록면을 향한 음의 메니스커스 렌즈 (L42), 마스크측으로 볼록면을 향한 양의 메니스커스 렌즈 (L43) 로 구성되어 있다. 제 1 실시예에서는 공급부 (10) 가 물 (중심파장 248.40 nm 에 대하여 1.38 의 굴절률을 갖는다) 을 공급하도록 구성되고, 투영광학계 (6) 과 웨이퍼 (7) 와의 사이의 좁은 광로를 충전 (充填) 하도록 물의 흐름이 형성된다. 즉, 제 1 실시예의 투영광학계는 수침계 (水浸系) 의 광학계를 구성하고 있다.

<74> 다음 표 1 에, 제 1 실시예에 관한 투영광학계의 제원 (諸元) 의 값을 게재한다. 표 1 의 주요 제원에 있어서, λ 는 노광광의 중심파장을, β 는 투영배율을, Y_m 은 최대 이미지 높이를, NA 는 이미지측 개구수를, D 는 작동거리를 각각 나타내고 있다. 또한, 표 1 은 웨이퍼측으로부터 순서대로 광학부재 제원을 나타내고, 제 1 칼럼의 면 번호는 웨이퍼측으로부터의 면 순서를, 제 2 칼럼의 r 은 각 면의 곡률 반경 (비구면의 경우에는 정상점 곡률 반경 : mm) 을, 제 3 칼럼의 d 는 각 면의 축상 간격, 즉, 면 간격 (mm) 을, 제 4 칼럼의 n 은 중심파장 (λ) 에 대한 굴절률을 각각 나타내고 있다. 또, 곡률 반경 (r) 은 웨이퍼측을 향한 볼록면의 곡률 반경을 양으로 하고, 웨이퍼측을 향한 오목면의 곡률 반경을 음으로 한다.

【표 1】

(주요제원)

$\lambda = 248.40 \text{ nm}$

$\beta = 1/5$

$Y_m = 11.6 \text{ mm}$

$NA = 0.89$

$D = 0.5 \text{ mm}$

(광학부재제원)

면번호	r	d	n
(웨이퍼면)			
1	∞	0.500000	1.38000 (침액:물)
2	-278.38803	81.380761	1.50839 (렌즈 L43)

<75>

3	-144.83885	1.000000		
4	-184.30485	18.915187	1.50839	(렌즈 L 4 2)
5	-704.03874	4.822898		
6	-487.23542	38.288622	1.50839	(렌즈 L 4 1)
7	-163.51870	1.068326		
8	-316.44413	39.899826	1.50839	(렌즈 L 3 8)
9	-173.82425	1.166541		
10	-514.79368	38.713118	1.50839	(렌즈 L 3 7)
11	-256.84706	2.993584		
12	-1486.19304	39.000000	1.50839	(렌즈 L 3 6)
13	-349.92079	5.231160		
14	684.32388	30.000000	1.50839	(렌즈 L 3 5)
15	535.80500	16.111594		
16	1423.09713	49.000000	1.50839	(렌즈 L 3 4)
17	-417.61955	1.000000		
18	534.19578	48.373958	1.50839	(렌즈 L 3 3)
19*	-1079.65640	3.793818		
20	363.41400	41.353623	1.50839	(렌즈 L 3 2)
21	11327.06579	1.000000		
22	221.09486	38.438778	1.50839	(렌즈 L 3 1)
23	576.34104	13.483698		
24*	72641.42689	14.000000	1.50839	(렌즈 L 2 4)
25	169.78783	36.502361		
26	-721.39710	14.000000	1.50839	(렌즈 L 2 3)
27*	163.09868	55.546840		
28*	-154.09821	14.000000	1.50839	(렌즈 L 2 2)
29*	4602.19163	36.940676		
30*	-162.70945	24.726155	1.50839	(렌즈 L 2 1)
31	-277.47625	9.365299		
32	-233.72917	35.657146	1.50839	(렌즈 L 1 1 5)
33	-199.92054	3.651342		
34	-760.94438	50.681020	1.50839	(렌즈 L 1 1 4)
35	-267.98451	1.000000		
36	-8019.33680	51.000000	1.50839	(렌즈 L 1 1 3)
37	-361.32067	1.000000		
38	359.57299	51.000000	1.50839	(렌즈 L 1 1 2)

<76>

39	22205.61483	1.000000	
40	254.06189	53.118722	1.50839 (렌즈 L 1 1 1)
41	814.49441	2.310847	
42	207.87392	41.299164	1.50839 (렌즈 L 1 1 0)
43*	325.56504	2.944573	
44	227.90224	30.090705	1.50839 (렌즈 L 1 9)
45	176.14016	30.818682	
46	-1560.80134	14.019437	1.50839 (렌즈 L 1 8)
47*	211.19874	18.615775	
48	-419.25972	14.000000	1.50839 (렌즈 L 1 7)
49	162.14317	19.137169	
50	-385.99461	14.000000	1.50839 (렌즈 L 1 6)
51	377.23568	16.483492	
52	-192.32222	14.000000	1.50839 (렌즈 L 1 5)
53	577.40909	1.000000	
54	347.51785	23.387796	1.50839 (렌즈 L 1 4)
55	-746.67387	1.000000	
56	230.21868	28.789242	1.50839 (렌즈 L 1 3)
57	-632.24530	1.987632	
58	366.04498	19.840462	1.50839 (렌즈 L 1 2)
59	658.39254	1.000136	
60	436.06541	17.664657	1.50839 (렌즈 L 1 1)
61	1827.22708	2.355320	
62	∞	8.000000	1.50839 (평행평면판P1)
63	∞	31.664788	

(마스크면)

(비구면데이터)

1 9면

$$\kappa = 0.000000$$

$$C4 = 0.108661 \times 10^{-11} \quad C6 = 0.115990 \times 10^{-13}$$

$$C8 = -0.252101 \times 10^{-18} \quad C10 = 0.326093 \times 10^{-22}$$

$$C12 = -0.249918 \times 10^{-26} \quad C14 = 0.826218 \times 10^{-31}$$

$$C16 = -0.105890 \times 10^{-35} \quad C18 = 0.000000$$

2 4면

$$\kappa = 0.000000$$

$$C4 = -0.666892 \times 10^{-8} \quad C6 = -0.834628 \times 10^{-13}$$

C8=0.905999×10⁻¹⁷ C10=-0.275733×10⁻²¹
 C12=-0.577535×10⁻²⁵ C14=0.700442×10⁻²⁹
 C16=-0.229827×10⁻³³ C18=0.000000

27면

κ =0.000000
 C4=0.741662×10⁻⁹ C6=-0.603176×10⁻¹²
 C8=-0.996260×10⁻¹⁷ C10=0.500372×10⁻²⁰
 C12=-0.274589×10⁻²³ C14=0.173610×10⁻²⁷
 C16=0.556996×10⁻³² C18=0.000000

28면

κ =0.000000
 C4=0.398482×10⁻⁸ C6=0.375195×10⁻¹²
 C8=-0.609480×10⁻¹⁶ C10=-0.178686×10⁻¹⁹
 C12=-0.112080×10⁻²⁴ C14=-0.141732×10⁻²⁷
 C16=0.314821×10⁻³¹ C18=0.000000

29면

κ =0.000000
 C4=-0.891861×10⁻⁸ C6=0.359788×10⁻¹²
 C8=-0.218558×10⁻¹⁶ C10=-0.633586×10⁻²⁰
 C12=-0.317617×10⁻²⁴ C14=0.914859×10⁻²⁸
 C16=-0.392754×10⁻³² C18=0.000000

30면

κ =0.000000
 C4=0.217828×10⁻⁸ C6=0.199483×10⁻¹²
 C8=0.346439×10⁻¹⁶ C10=0.816535×10⁻²¹
 C12=0.143334×10⁻²⁴ C14=-0.229911×10⁻²⁸
 C16=-0.164178×10⁻³² C18=0.000000

43면

κ =0.000000
 C4=0.826617×10⁻⁹ C6=-0.152893×10⁻¹²
 C8=-0.105637×10⁻¹⁷ C10=-0.904672×10⁻²³
 C12=-0.326047×10⁻²⁵ C14=-0.178192×10⁻³⁰
 C16=0.656718×10⁻³⁴ C18=0.000000

47면

κ =0.000000
 C4=-0.374153×10⁻⁷ C6=-0.139807×10⁻¹¹

$$C8 = -0.602273 \times 10^{-16} \quad C10 = -0.289281 \times 10^{-19}$$

$$C12 = 0.109996 \times 10^{-22} \quad C14 = -0.966189 \times 10^{-27}$$

$$C16 = 0.000000 \quad C18 = 0.000000$$

(조건식대응치)

$$T = 138.58 \text{ mm}$$

$$L = 1323.13 \text{ mm}$$

$$F2 = -68.34 \text{ mm}$$

$$(1) D = 0.5$$

$$(2) D/T = 0.003608$$

$$(3) T/L = 0.1047$$

$$(4) L = 1323.13$$

$$(5) |F2|/L = 0.05165$$

<79>

<80> 도 3은 제 1 실시예에 관한 투영광학계의 코마 수차를 나타내는 도면이다. 수차는 레티클측의 스케일로 표시되어 있다. 수차 도면에서 알 수 있듯이, 제 1 실시예에서는 0.89로 매우 높은 이미지측 개구수를 실현하고 있음에도 불구하고 수차가 양호하게 보정되어 있음을 알 수 있다.

<81> [제 2 실시예]

<82> 도 4는 제 2 실시예에 관한 투영광학계의 렌즈 구성을 나타내는 도면이다. 도 4의 투영광학계에 있어서, 제 1 렌즈군 (G1)은 마스크측으로부터 순서대로, 평행평면판 (P1), 양면 볼록렌즈 (L11), 양면 볼록렌즈 (L12), 양면 볼록렌즈 (L13), 양면 볼록렌즈 (L14), 마스크측으로 볼록면을 향한 음의 메니스커스 렌즈 (L15), 양면 오목렌즈 (L16), 양면 오목렌즈 (L17), 양면 오목렌즈 (L18), 마스크측으로 오목면을 향한 음의 메니스커스 렌즈 (L19), 마스크측으로 오목면을 향한 양의 메니스커스 렌즈 (L110), 마스크측으로 오목면을 향한 양의 메니스커스 렌즈 (L111), 양면 볼록렌즈 (L112), 양면 볼록렌즈 (L113), 마스크측으로 볼록면을 향한 양의 메니스커스 렌즈 (L114) 및 마스크측으로 볼록면을 향한 양의 메니스커스 렌즈 (L115)로 구성되어 있다.

<83> 또, 제 2 렌즈군 (G2)은 마스크측으로부터 순서대로, 마스크측으로 볼록면을 향한 음의 메니스커스 렌즈 (L21), 웨이퍼측으로 비구면 형상으로 형성된 오목면을 향한 음의 메니스커스 렌즈 (L22), 마스크측의 면이 비구면 형상으로 형성된 양면 오목렌즈 (L23) 및 웨이퍼측으로 비구면 형상으로 형성된 볼록면을 향한 음의 메니스커스 렌즈 (L24)로 구성되어 있다.

<84> 또한, 제 3 렌즈군 (G3)은 마스크측으로부터 순서대로, 마스크측으로 오목면을 향한 양의 메니스커스 렌즈 (L31), 양면 볼록렌즈 (L32), 양면 볼록렌즈 (L33), 양면 볼록렌즈 (L34), 마스크측으로 비구면 형상으로 형성된 오목면을 향한 음의 메니스커스 렌즈 (L35), 마스크측으로 볼록면을 향한 양의 메니스커스 렌즈 (L36), 마스크측으로 볼록면을 향한 양의 메니스커스 렌즈 (L37) 및 마스크측으로 볼록면을 향한 양의 메니스커스 렌즈 (L38)로 구성되어 있다.

<85> 그리고, 제 4 렌즈군 (G4)은 마스크측으로부터 순서대로, 마스크측으로 볼록면을 향한 양의 메니스커스 렌즈 (L41), 마스크측으로 볼록면을 향한 음의 메니스커스 렌즈 (L42), 마스크측으로 볼록면을 향한 양의 메니스커스 렌즈 (L43)로 구성되어 있다. 제 2 실시예에서는 공급부 (10)가 공기를 공급하도록 구성되어, 투영광학계 (6)와 웨이퍼 (7)와의 사이의 좁은 광로에 있어서 공기의 흐름이 형성된다. 또, 공기의 굴절률은 1.0이고, 표 (1) 및 표 (2)에서 그 표시를 생략하고 있다.

<86> 다음 표 (2)에 제 2 실시예에 관한 투영광학계의 제원의 값을 기재한다. 표 (2)의 주요 제원에 있어서, λ 는 노광광의 중심파장을, β 는 투영배율을, Y_m 은 최대 이미지 높이를, NA는 이미지측 개구수를, D는 작동거리를 각각 나타내고 있다. 또한, 표 (2)의 광학부재 제원에서 제 1 칼럼의 면 번호는 웨이퍼측으로부터의 면 순서를, 제 2 칼럼의 r은 각 면의 곡률 반경 (비구면의 경우에는 정상점 곡률 반경 : mm)을, 제 3 칼럼의 d는 각 면의 축상 간격, 즉 면 간격 (mm)을, 제 4 칼럼의 n은 중심파장 (λ)에 대한 굴절률을 각각 나타내고 있다. 또, 곡률 반경 (r)은 웨이퍼측을 향하여 볼록면의 곡률 반경을 양으로 하고, 웨이퍼측을 향하여 오목면의 곡률 반경을 음으로 한다.

【표 2】

(주요제원)

$$\lambda = 248.40 \text{ nm}$$

$$\beta = 1/5$$

$$Y_m = 11.6 \text{ mm}$$

$$NA = 0.88$$

$$D = 2.5 \text{ mm}$$

(광학부재제원)

면번호	r	d	n
	(웨이퍼면)		
1	∞	2.50000	
2	-1270.40584	77.251684	1.50839 (렌즈 L 4 3)
3	-110.72777	1.00000	
4	-132.78132	18.339030	1.50839 (렌즈 L 4 2)
5	-1152.71012	4.938823	
6	-723.27523	38.179053	1.50839 (렌즈 L 4 1)

<87>

7	-181.43794	1.050956	
8	-297.93827	41.055103	1.50839 (렌즈 L 3 8)
9	-166.87288	2.382931	
10	-427.65954	40.104060	1.50839 (렌즈 L 3 7)
11	-244.29595	4.903887	
12	-3387.32378	39.000000	1.50839 (렌즈 L 3 6)
13	-420.50275	7.614732	
14	540.89354	29.000000	1.50839 (렌즈 L 3 5)
15*	474.45854	15.158591	
16	897.00143	50.000000	1.50839 (렌즈 L 3 4)
17	-506.01529	1.138429	
18	570.25291	48.910744	1.50839 (렌즈 L 3 3)
19	-952.62514	5.055203	
20	378.82882	43.067991	1.50839 (렌즈 L 3 2)
21	-78415.53819	1.000000	
22	258.78592	40.107177	1.50839 (렌즈 L 3 1)
23	1095.44138	10.651612	
24*	4500.00000	14.000000	1.50839 (렌즈 L 2 4)
25	189.07807	34.499414	
26	-808.48380	14.000000	1.50839 (렌즈 L 2 3)
27*	177.87730	56.721169	
28*	-143.78515	14.000000	1.50839 (렌즈 L 2 2)
29	-2706.72147	35.781478	
30	-159.97919	24.199673	1.50839 (렌즈 L 2 1)
31	-298.84455	8.626663	
32	-239.84826	35.242789	1.50839 (렌즈 L 1 1 5)
33	-180.77301	1.706975	
34	-521.24921	49.373247	1.50839 (렌즈 L 1 1 4)
35	-258.27460	1.000000	
36	8792.77756	51.000000	1.50839 (렌즈 L 1 1 3)
37	-481.86914	1.000000	
38	336.67038	51.000000	1.50839 (렌즈 L 1 1 2)
39	1368401.4891	5.064530	
40	261.20998	49.550014	1.50839 (렌즈 L 1 1 1)
41	1066.67182	2.872022	
42	222.75670	41.276937	1.50839 (렌즈 L 1 1 0)

43	309.81127	2.988277		
44	224.97144	30.049724	1.50839	(렌즈 L 1 9)
45	178.92869	24.175760		
46	-4551.95559	14.140578	1.50839	(렌즈 L 1 8)
47	163.47384	23.589033		
48	-435.59405	14.000000	1.50839	(렌즈 L 1 7)
49	212.20765	20.350602		
50	-255.41661	14.000000	1.50839	(렌즈 L 1 6)
51	476.81062	19.854085		
52	-166.35775	14.000000	1.50839	(렌즈 L 1 5)
53	-3092.07241	1.000000		
54	1013.37837	21.280878	1.50839	(렌즈 L 1 4)
55	-649.18244	14.095688		
56	562.23230	28.026479	1.50839	(렌즈 L 1 3)
57	-495.38628	1.000000		
58	400.84453	30.179322	1.50839	(렌즈 L 1 2)
59	-861.42926	1.000000		
60	1152.72543	51.631197	1.50839	(렌즈 L 1 1)
61	-1403.48221	1.000057		
62	∞	8.000000	1.50839	(평행평면판P1)
63	∞	59.860116		

(마스크면)

(비구면 데이터)

1 5면

$$\kappa = 0.135621$$

$$C4 = 0.132068 \times 10^{-9} \quad C6 = 0.254077 \times 10^{-14}$$

$$C8 = 0.520547 \times 10^{-18} \quad C10 = -0.100941 \times 10^{-22}$$

$$C12 = 0.104925 \times 10^{-27} \quad C14 = 0.102740 \times 10^{-31}$$

$$C16 = -0.510544 \times 10^{-36} \quad C18 = 0.909690 \times 10^{-41}$$

2 4면

$$\kappa = 0.000000$$

$$C4 = -0.757298 \times 10^{-8} \quad C6 = -0.194318 \times 10^{-12}$$

$$C8 = 0.114312 \times 10^{-16} \quad C10 = 0.325024 \times 10^{-21}$$

$$C12 = -0.811964 \times 10^{-25} \quad C14 = 0.733478 \times 10^{-29}$$

$$C16 = -0.344978 \times 10^{-33} \quad C18 = 0.593551 \times 10^{-38}$$

2 7면

$\kappa = 0.000000$
 $C4 = 0.274792 \times 10^{-8}$ $C6 = -0.591295 \times 10^{-12}$
 $C8 = -0.101460 \times 10^{-16}$ $C10 = 0.649406 \times 10^{-20}$
 $C12 = -0.146673 \times 10^{-23}$ $C14 = 0.199948 \times 10^{-27}$
 $C16 = -0.110641 \times 10^{-31}$ $C18 = 0.153140 \times 10^{-36}$
 28면

$\kappa = 0.000000$
 $C4 = 0.181334 \times 10^{-8}$ $C6 = 0.386127 \times 10^{-12}$
 $C8 = 0.250729 \times 10^{-16}$ $C10 = -0.340803 \times 10^{-20}$
 $C12 = 0.956332 \times 10^{-24}$ $C14 = -0.123696 \times 10^{-27}$
 $C16 = 0.102868 \times 10^{-31}$ $C18 = -0.312692 \times 10^{-36}$

(조건식대응치)

$T = 133.77 \text{ mm}$

$L = 1407.55 \text{ mm}$

$F2 = -72.10 \text{ mm}$

- (1) $D = 2.5$
- (2) $D/T = 0.01869$
- (3) $T/L = 0.09504$
- (4) $L = 1407.55$
- (5) $|F2|/L = 0.05122$

<90>

<91> 도 5는 제 2 실시예에 관한 투영광학계의 코마 수차를 나타내는 도면이다. 수차는 레티클측의 스케일로 표시되어 있다. 수차 도면에서 알 수 있듯이 제 2 실시예에서도 0.88로 매우 높은 이미지측 개구수를 실현하고 있음에도 불구하고 수차가 양호하게 보정되어 있음을 알 수 있다.

<92> [제 3 실시예]

<93> 도 6은 제 3 실시예에 관한 투영광학계의 렌즈 구성을 나타내는 도면이다. 도 6의 투영광학계에 있어서, 제 1 렌즈군 (G1)은 마스크측으로부터 순서대로, 양면 오목렌즈 (L11), 양면 볼록렌즈 (L12), 양면 볼록렌즈 (L13), 마스크측으로 볼록면을 향한 양의 메니스커스 렌즈 (L14), 마스크측으로 볼록면을 향한 음의 메니스커스 렌즈 (L15), 양면 오목렌즈 (L16), 양면 오목렌즈 (L17), 마스크측으로 오목면을 향한 양의 메니스커스 렌즈 (L18), 양면 볼록렌즈 (L19), 양면 볼록렌즈 (L20), 마스크측으로 볼록면을 향한 양의 메니스커스 렌즈 (L21) 및 마스크측으로 볼록면을 향한 양의 메니스커스 렌즈 (L22)로 구성되어 있다.

<94> 또, 제 2 렌즈군 (G2)은 마스크측으로부터 순서대로, 마스크측으로 볼록면을 향한 음의 메니스커스 렌즈 (L23), 마스크측으로 볼록면을 향한 음의 메니스커스 렌즈 (L24), 양면 오목렌즈 (L25) 및 마스크측으로 오목면을 향한 음의 메니스커스 렌즈 (L26)로 구성되어 있다.

<95> 또한, 제 3 렌즈군 (G3)은 마스크측으로부터 순서대로, 마스크측으로 오목면을 향한 양의 메니스커스 렌즈 (L27), 양면 볼록렌즈 (L28), 양면 볼록렌즈 (L29), 마스크측으로 볼록면을 향한 음의 메니스커스 렌즈 (L30), 양면 볼록렌즈 (L31) 및 마스크측으로 볼록면을 향한 양의 메니스커스 렌즈 (L32)로 구성되어 있다.

<96> 그리고, 제 4 렌즈군 (G4)은 마스크측으로부터 순서대로, 마스크측으로 볼록면을 향한 양의 메니스커스 렌즈 (L33), 마스크측으로 볼록면을 향한 양의 메니스커스 렌즈 (L34), 마스크측으로 볼록면을 향한 양의 메니스커스 렌즈 (L35) 및 평행평면판 (P1)으로 구성되어 있다.

<97> 다음 표 (3)에 제 3 실시예에 관한 투영광학계의 제원의 값을 게재한다. 표 (3)의 주요 제원에 있어서, λ 는 노광광의 중심파장을, β 는 투영배율을, Y_m 은 최대 이미지 높이를, NA는 이미지측 개구수를, D는 작동 거리를 각각 나타내고 있다. 또한, 표 (3)의 광학부재 제원에서 제 1 칼럼의 면 번호는 웨이퍼측으로부터의 면 순서를, 제 2 칼럼의 r은 각 면의 곡률 반경 (비구면의 경우에는 정상점 곡률 반경 : mm)을, 제 3 칼럼의 d는 각 면의 축상 간격, 즉, 면 간격 (mm)을, 제 4 칼럼의 n은 중심파장에 대한 굴절률을 각각 나타내고 있다. 또, 곡률 반경 (r)은 웨이퍼측을 향한 볼록면의 곡률 반경을 양으로 하고, 웨이퍼측을 향한 오목면의 곡률 반경을 음으로 한다.

【표 3】

(주요제원)

$$\lambda = 193.31 \text{ nm}$$

$$\beta = 1/4$$

$$Y_m = 11.6 \text{ mm}$$

$$NA = 0.85$$

$$D = 4.8 \text{ mm}$$

(광학부재제원)

면번호	r	d	n
	(웨이퍼면)		
1	∞	4.800000	
2	∞	4.000000	1.501474 (평행평판P1)
3	∞	1.516803	

<98>

4	-347.07689	59.005134	1.560353	(렌즈 L 3 5)
5*	-147.42602	24.672134		
6	-155.30862	36.048560	1.560353	(렌즈 L 3 4)
7*	-127.29829	3.818982		
8	-495.00000	41.252390	1.560353	(렌즈 L 3 3)
9	-186.65984	1.837210		
10	-8649.91361	41.354410	1.560353	(렌즈 L 3 2)
11	-338.42422	7.812864		
12	3117.31974	56.482714	1.501474	(렌즈 L 3 1)
13	-242.28533	6.259672		
14	-219.07804	22.000000	1.560353	(렌즈 L 3 0)
15	-295.48408	1.000000		
16	982.58745	35.100000	1.560353	(렌즈 L 2 9)
17	-717.19251	1.027505		
18*	345.99292	35.100000	1.501474	(렌즈 L 2 8)
19	-1657.34210	4.870546		
20	170.09691	43.238577	1.501474	(렌즈 L 2 7)
21*	1247.60125	3.728285		
22	2570.01253	12.600000	1.560353	(렌즈 L 2 6)
23*	140.20387	38.046549		
24	-302.07583	9.000000	1.560353	(렌즈 L 2 5)
25	174.63448	47.228736		
26*	-110.02031	11.990000	1.560353	(렌즈 L 2 4)
27	-227.61981	19.287967		
28	-145.96360	13.625000	1.560353	(렌즈 L 2 3)
29	-993.54187	2.180979		
30	-926.50000	49.004494	1.501474	(렌즈 L 2 2)
31	-211.89314	1.805004		
32	-1634.25815	46.870000	1.560353	(렌즈 L 2 1)
33	-309.72040	1.090000		
34	1870.87868	44.992783	1.560353	(렌즈 L 2 0)
35	-397.39272	1.090000		
36	310.83083	46.730190	1.560353	(렌즈 L 1 9)
37	-12381.83318	1.065257		
38	219.21300	43.890391	1.560353	(렌즈 L 1 8)
39	459.28473	62.355122		

40*	-1607.04793	23.010030	1.560353	(렌즈 L 1 7)
41*	210.26262	27.392360		
42	-182.19964	11.990000	1.560353	(렌즈 L 1 6)
43	397.04358	31.491045		
44	-126.09618	12.834065	1.560353	(렌즈 L 1 5)
45	-4686.72757	31.683354		
46	-7627.00504	35.000000	1.560353	(렌즈 L 1 4)
47	-178.80540	1.090000		
48	362.15153	35.000000	1.560353	(렌즈 L 1 3)
49	-434.88773	1.000000		
50	217.92403	34.335000	1.560353	(렌즈 L 1 2)
51	-854.29087	44.741881		
52	-293.27068	11.083963	1.560353	(렌즈 L 1 1)
53	198.96759	58.442143		

(마스크면)

(비구면 데이터)

6 면

$$\kappa = 0.000000$$

$$C4 = -0.717239 \times 10^{-08} \quad C6 = -0.101122 \times 10^{-11}$$

$$C8 = 0.181395 \times 10^{-16} \quad C10 = 0.626626 \times 10^{-20}$$

$$C12 = 0.124335 \times 10^{-23} \quad C14 = 0.306352 \times 10^{-27}$$

$$C16 = -0.451516 \times 10^{-31} \quad C18 = 0.000000$$

8 면

$$\kappa = 0.000000$$

$$C4 = -0.171015 \times 10^{-09} \quad C6 = -0.130062 \times 10^{-12}$$

$$C8 = -0.919066 \times 10^{-17} \quad C10 = -0.567556 \times 10^{-22}$$

$$C12 = 0.169635 \times 10^{-25} \quad C14 = 0.232608 \times 10^{-30}$$

$$C16 = 0.300428 \times 10^{-35} \quad C18 = 0.285031 \times 10^{-38}$$

19 면

$$\kappa = 0.000000$$

$$C4 = 0.360694 \times 10^{-09} \quad C6 = 0.338660 \times 10^{-13}$$

$$C8 = 0.880881 \times 10^{-18} \quad C10 = -0.289409 \times 10^{-22}$$

$$C12 = -0.909784 \times 10^{-27} \quad C14 = 0.759036 \times 10^{-31}$$

$$C16 = -0.400220 \times 10^{-35} \quad C18 = 0.235613 \times 10^{-39}$$

22면

$$\kappa = 0.000000$$

$$C4 = -0.139770 \times 10^{-08} \quad C6 = -0.642555 \times 10^{-13}$$

$$C8 = 0.410206 \times 10^{-17} \quad C10 = 0.559358 \times 10^{-21}$$

$$C12 = -0.314678 \times 10^{-25} \quad C14 = -0.577909 \times 10^{-30}$$

$$C16 = 0.154846 \times 10^{-33} \quad C18 = -0.130804 \times 10^{-37}$$

24면

$$\kappa = 0.000000$$

$$C4 = -0.206235 \times 10^{-08} \quad C6 = -0.790155 \times 10^{-13}$$

$$C8 = -0.830872 \times 10^{-17} \quad C10 = -0.678238 \times 10^{-20}$$

$$C12 = -0.145920 \times 10^{-23} \quad C14 = -0.234851 \times 10^{-28}$$

$$C16 = 0.259860 \times 10^{-31} \quad C18 = -0.223564 \times 10^{-35}$$

27면

$$\kappa = 0.000000$$

$$C4 = 0.226273 \times 10^{-08} \quad C6 = -0.406498 \times 10^{-12}$$

$$C8 = -0.357047 \times 10^{-17} \quad C10 = -0.897263 \times 10^{-21}$$

$$C12 = -0.510647 \times 10^{-24} \quad C14 = -0.322709 \times 10^{-29}$$

$$C16 = 0.480022 \times 10^{-32} \quad C18 = -0.529104 \times 10^{-36}$$

41면

$$\kappa = 0.000000$$

$$C4 = -0.309170 \times 10^{-08} \quad C6 = -0.215102 \times 10^{-12}$$

$$C8 = -0.403443 \times 10^{-16} \quad C10 = 0.485396 \times 10^{-20}$$

$$C12 = 0.676821 \times 10^{-25} \quad C14 = -0.456289 \times 10^{-28}$$

$$C16 = 0.323963 \times 10^{-31} \quad C18 = -0.337348 \times 10^{-36}$$

42면

$$\kappa = 0.000000$$

$$C4 = -0.156117 \times 10^{-07} \quad C6 = 0.118556 \times 10^{-11}$$

$$C8 = -0.440276 \times 10^{-16} \quad C10 = -0.123461 \times 10^{-19}$$

$$C12 = 0.933626 \times 10^{-24} \quad C14 = 0.134725 \times 10^{-27}$$

$$C16 = -0.261036 \times 10^{-31} \quad C18 = 0.000000$$

<101>

(조건식대응치)

$$T = 172.15 \text{ mm}$$

$$L = 1246.87 \text{ mm}$$

$$F2 = -49.585 \text{ mm}$$

$$(1) D = 4.8$$

$$(2) D/T = 0.02788$$

$$(3) T/L = 0.13807$$

$$(4) L = 1246.87$$

$$(5) |F2|/L = 0.03977$$

<102>

<103>

도 7 은 제 3 실시예에 관한 투영광학계의 코마 수차를 나타내는 도면이다. 수차는 레티클측의 스케일로 표시되어 있다. 수차 도면에서 알 수 있듯이 제 3 실시예에서도 0.85 라는 높은 이미지측 개구수를 실현하고 있

음에도 불구하고 수차가 양호하게 보정되어 있음을 알 수 있다.

<104> 이상과 같이, 상술한 각 실시예에 관한 투영광학계에서는 렌즈 외경의 대형화를 억제하면서 매우 높은 이미지측 개구수를 확보할 수 있다. 따라서, 실시예 1, 2의 실시형태에 관한 노광장치에서는, KrF 엑시머레이저광에 의거하여, 고해상의 투영광학계를 사용하여 고정밀도의 투영노광을 실시할 수 있다. 또, 실시예 3의 실시형태에 관한 노광장치에서는, ArF 엑시머레이저광에 의거하여, 고해상의 투영광학계를 사용하여 고정밀도의 투영노광을 실행할 수 있다.

<105> 상술한 실시형태에 관한 노광장치에서는, 조명광학계를 통해 마스크(레티클)를 조명하고(조명공정), 투영광학계를 사용하여 마스크에 형성된 전사용 패턴을 감광성 기판에 노광(노광공정)함으로써, 마이크로 디바이스(반도체소자, 촬상소자, 액정표시소자, 박막자기헤드 등)를 제조할 수 있다. 이하, 상술한 실시형태의 노광장치를 사용하여 감광성 기판으로서의 웨이퍼 등에 소정의 회로패턴을 형성함으로써 마이크로 디바이스로서의 반도체 디바이스를 얻을 때의 수법의 일례에 대하여 도 8의 흐름도를 참조하여 설명한다.

<106> 먼저, 도 8의 단계 301에서, 1로트의 웨이퍼 상에 금속막이 증착된다. 다음 단계 302에서, 1로트의 웨이퍼 상의 금속막 상에 포토레지스트가 도포된다. 그 후, 단계 303에서, 상술한 실시형태의 노광장치를 사용하여, 마스크상의 패턴의 이미지가 투영광학계를 통해 1로트의 웨이퍼 상의 각 쇼트영역에 순차적으로 노광 전사된다. 그 후, 단계 304에서, 1로트의 웨이퍼 상의 포토레지스트의 현상이 실행된 후, 단계 305에서, 1로트의 웨이퍼 상에서 레지스트패턴을 마스크로 하여 에칭함으로써, 마스크상의 패턴에 대응하는 회로패턴이 각 웨이퍼 상의 각 쇼트영역에 형성된다. 그 후, 추가로 위의 레이어의 회로패턴을 형성함으로써 반도체소자 등의 디바이스가 제조된다. 상술한 반도체 디바이스 제조방법에 따르면, 매우 미세한 회로패턴을 갖는 스루풋이 양호한 반도체 디바이스를 얻을 수 있다.

<107> 또, 상술한 실시형태의 노광장치에서는, 플레이트(글래스 기판) 상에 소정의 패턴(회로 패턴, 전극 패턴 등)을 형성함으로써, 마이크로 디바이스로서의 액정표시소자를 얻을 수도 있다. 이하, 도 9의 흐름도를 참조하여, 이 때의 수법의 일례에 대하여 설명한다. 도 9에서, 패턴형성공정 401에서는, 각 실시형태의 노광장치를 사용하여 마스크의 패턴을 감광성 기판(레지스트가 도포된 유리기판 등)에 전사 노광하는, 소위 광리소그래피 공정이 실행된다. 이 광리소그래피 공정에 의해 감광성 기판 상에는 다수의 전극 등을 포함하는 소정 패턴이 형성된다. 그 후, 노광된 기판은 현상공정, 에칭공정, 레지스트 박리공정 등과 같은 각 공정을 거침으로써 기판 상에 소정 패턴이 형성되고, 다음 컬러 필터 형성공정 402로 이행된다.

<108> 이어서, 컬러 필터 형성공정 402에서는, R(Red), G(Green), B(Blue)에 대응한 3개의 도트 세트가 매트릭스 형상으로 다수 배열되거나, 또는 R, G, B의 3개의 스트라이프 필터 세트를 복수개 수평주사선 방향으로 배열한 컬러 필터를 형성한다. 그리고, 컬러 필터 형성공정 402 이후에, 셀 조립공정 403이 실행된다. 셀 조립공정 403에서는, 패턴형성공정 401에서 얻은 소정 패턴을 갖는 기판 및 컬러 필터 형성공정 402에서 얻은 컬러 필터 등을 사용하여 액정 패널(액정 셀)을 조립한다. 셀 조립공정 403에서는, 예컨대 패턴형성공정 401에서 얻은 소정 패턴을 갖는 기판과 컬러 필터 형성공정 402에서 얻은 컬러 필터와의 사이에 액정을 주입하여 액정 패널(액정 셀)을 제조한다.

<109> 그 후, 모듈조립공정 404에서, 조립된 액정 패널(액정 셀)의 표시동작을 실행하게 하는 전기회로, 백라이트 등의 각 부품을 장착하여 액정표시소자로서 완성시킨다. 상술한 액정표시소자의 제조방법에 따르면, 매우 미세한 회로패턴을 갖는 스루풋이 양호한 액정표시소자를 얻을 수 있다.

<110> 그리고, 상술한 실시형태에서는, 광원으로서 KrF 엑시머레이저 광원을 사용하고 있는데, 이것에 한정되지 않고, 예컨대 ArF 엑시머레이저 광원(파장 193 nm)을 포함하는 다른 적당한 광원을 사용할 수도 있다.

<111> 또, 상술한 실시형태에서는, 노광장치에 탑재되는 투영광학계를 예로 들어 본 발명을 설명했지만, 제 1 물체의 이미지를 제 2 물체 상에 형성하기 위한 일반적인 투영광학계에 본 발명을 적용할 수 있는 것은 명확하다.

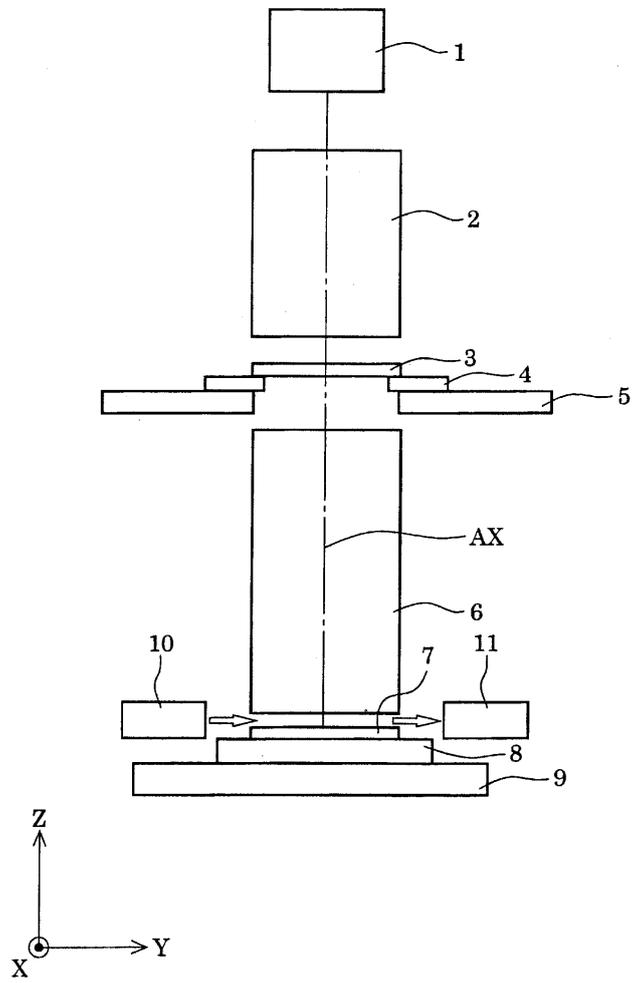
발명의 효과

<112> 이상 설명한 바와 같이, 본 발명에서는, 렌즈 외경의 대형화를 억제하면서 매우 높은 이미지측 개구수를 확보할 수 있는, 고해상의 투영광학계를 실현할 수 있다. 따라서, 높은 이미지측 개구수를 갖는 고해상의 투영광학계를 구비한 본 발명의 노광장치를 사용하여, 고정밀도로 양호한 마이크로 디바이스를 제조할 수 있다.

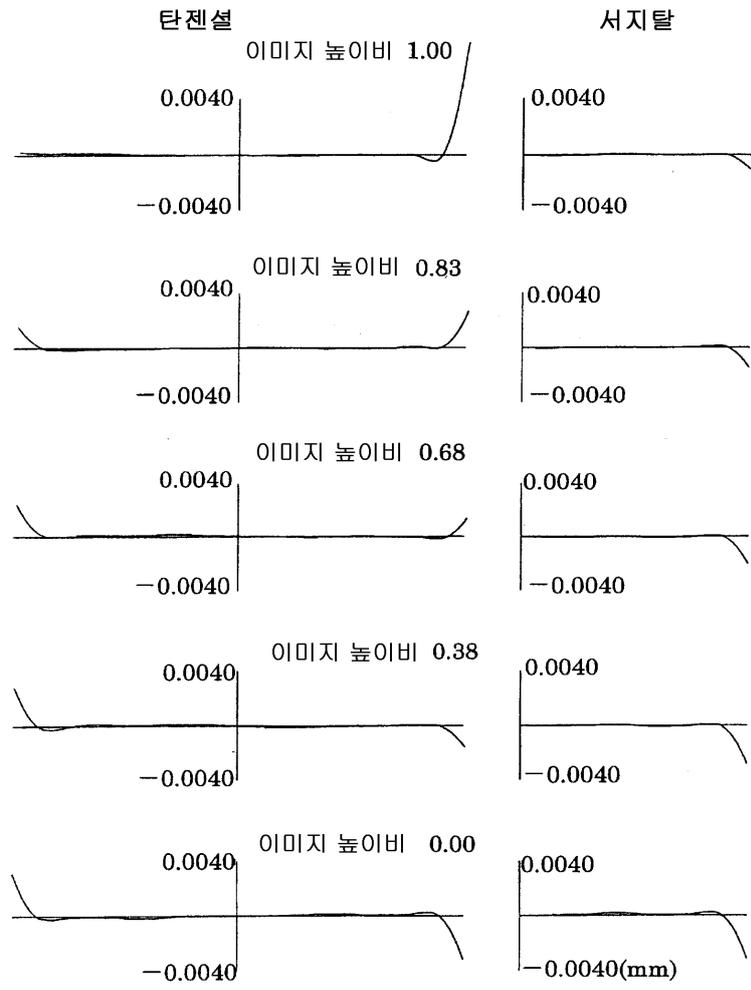
도면의 간단한 설명

도면

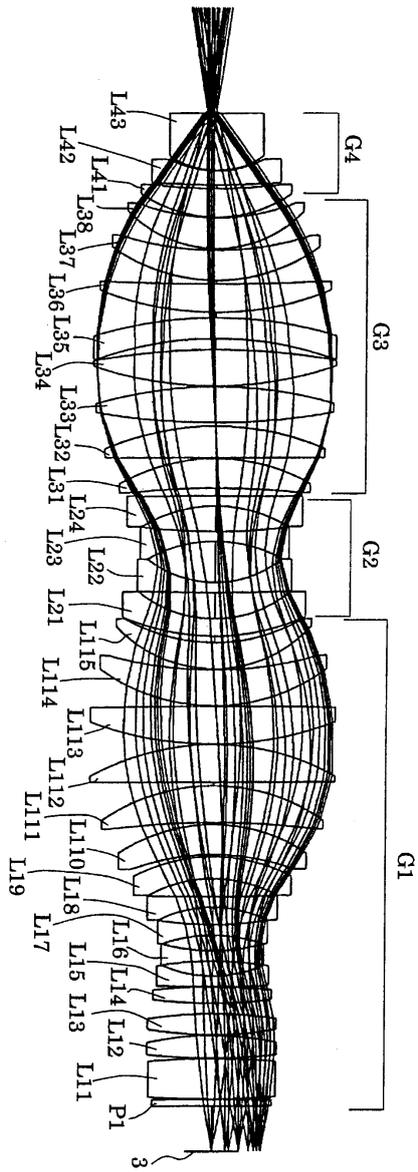
도면1



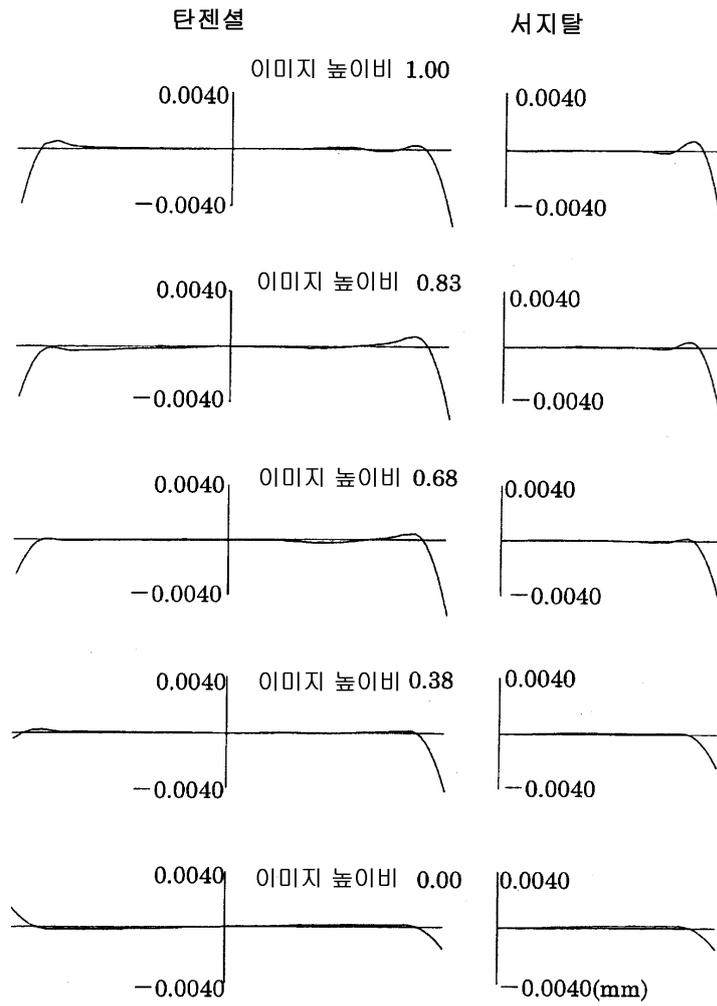
도면3



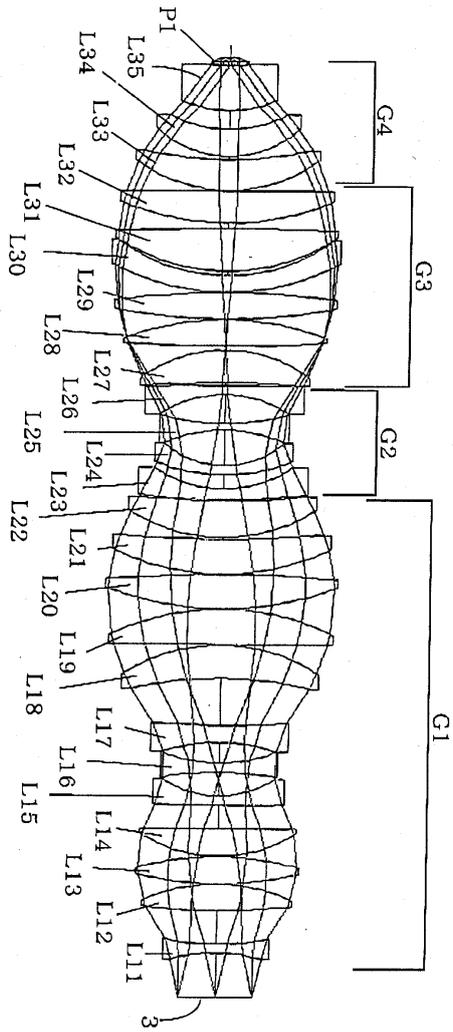
도면4



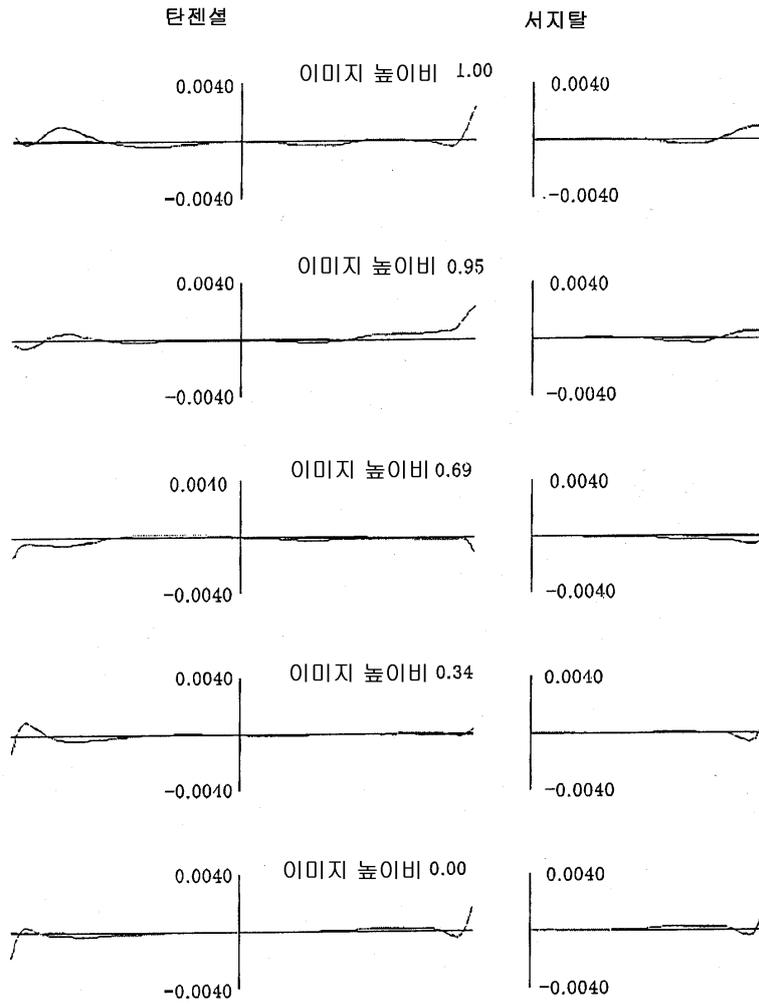
도면5



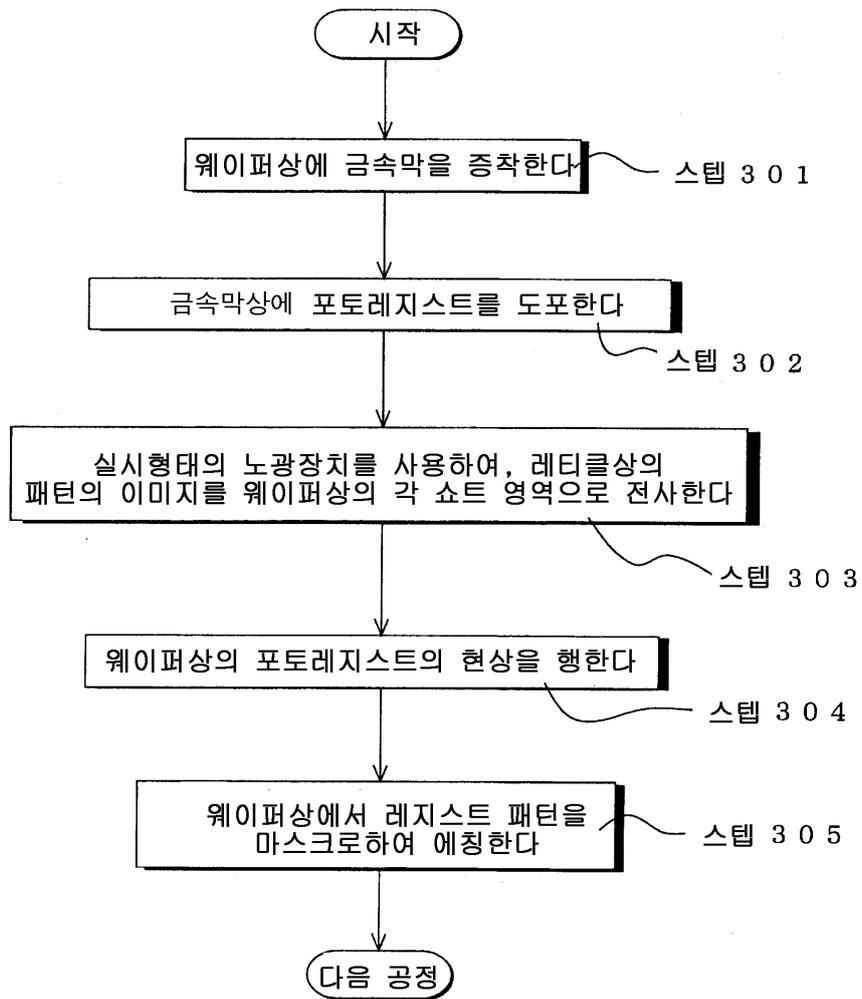
도면6



도면7



도면8



도면9

