(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(51) 。Int. Cl. 7
H01L 21/027

(11) 공개번호 특2001 - 0062343
(43) 공개일자 2001년07월07일

---

(21) 출원번호 10 - 2000 - 0075453
(22) 출원일자 2000년12월12일

---

(30) 우선권주장 99 - 362257 1999년12월21일 일본(JP)

(71) 출원인 가부시키가이샤 니콘
오노 시게오
일본 도쿄도 지요다구 마루노우찌 3 - 2 - 3

(72) 발명자 구마가이사또루
일본도쿄도지요다구마루노우찌3 - 2 - 3가부시키가이샤니콘나이

(74) 대리인 특허법인코리아나 박해선
특허법인코리아나 조영원

심사청구 : 없음

---

(54) 투영노광장치 및 이 투영노광장치를 사용한 디바이스의제조방법

요약

진공자외선을 광원으로 한 경우에도, 높은 광학성능을 용이하게 얻을 수 있는 투영노광장치 및 디바이스의 제조방법을 제공한다.

광원에서 발하는 진공자외선에 의해 레티클을 조명하는 조명광학계와, 상기 조명된 레티클의 패턴의 이미지를 기판상에 투영하는 투영광학계를 갖는 투영노광장치에 있어서, 전광학계중에 적어도 1 개의 회절광학소자를 포함하고, 이 회절광학소자는 미량의 물질을 함유하는 석영글래스로 구성되는 기판상에 형성되어 있는 것을 특징으로 하는 투영노광장치를 구성한다.

대표도

도 1

색인어

투영노광장치

명세서

도면의 간단한 설명

도 1 은 제 1 항에 관한 발명의 실시예의 개념도

도 2 는 회절광학소자 (DOE1) 의 단면의 모식도

도 3 은 투영렌즈 (10) 의 구성도

도 4 는 회절광학소자 (DOE2) 의 단면의 모식도

도 5 는 투영렌즈 (10) 의 수차도

도 6 은 청구항 12 에 관한 발명의 플로차트

도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명

AX : 광축 1 : 광원

2 : 빔 익스팬더 3 : 반사미러

DOE1 : 조사광학계중의 회절광학소자

4 : 릴레이 렌즈 5 : 프라이아이렌즈

AS1 : 조명광학계중의 개구조리개 6 : 콘덴서 광학계

7 : 릴레이 광학계 8 : 반사미러

9 : 레티클 10 : 투영렌즈

DOE2 : 투영렌즈중의 회절광학소자 AS2 : 투영렌즈중의 개구조리개

11 : 웨이퍼

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 투영노광장치 및 디바이스의 제조방법에 관한 것으로서, 특히 진공자외선을 광원으로 하여 회절광학소자를 포함하는 투영광학계에 의해 레티클면상의 디바이스 패턴을 웨이퍼상에 투영노광함으로써, IC, LSI, CCD, 액정패널 등의 디바이스를 제조할 때에 바람직한 것이다.

종래, 투영광학계에 회절광학소자를 도입하여 이 소자의 작용으로 제수차를 종래보다 보정한 디바이스 제조용 투영노광장치는, 예컨대 일본 공개특허공보 평8 - 17719 호, 일본 공개특허공보 평10 - 303127 호 등에서 제안되어 있다.

이들 장치의 투영광학계는 1 개 또는 복수의 회절광학소자를 사용하여 주로 축상색수차나 배율색수차를 보정하고 있다 .

그리고, 예컨대 일본 공개특허공보 평8-17719 호에는 회절광학소자의 기판으로서, 형석 또는 석영글래스를 사용하는 기술이 개시되어 있다. 그리고, 일본 공개특허공보 평10-303127 호에는 광원으로서 KrF 레이저, ArF 레이저 혹은 F_2 레이저를 사용하는 투영노광장치의 투영광학계에 사용하는 회절광학소자의 기판으로서 형석을 사용하는 기술이 개시되어 있다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

그러나, 광원으로서 진공자외선을 사용할 경우, 회절광학소자의 기판으로서의 형석 혹은 통상의 석영글래스의 사용에는 문제점이 있다.

형석을 회절광학소자의 기판으로서 사용하는 경우, 석영은 결정재료이기 때문에 가공이 어렵다. 그리고, 형석에는 사용파장인 진공자외선을 내부에서 흡수함에 따른 온도의 상승으로 인해 형상의 변화를 일으키기 쉽다는 문제점이 있다. 또한, 통상의 석영글래스는 진공자외선에 대한 내부투과율이 나빠서 내자외선성이 결여되기 때문에, 진공자외선을 광원으로 사용하는 경우에는 빠르게 열화되므로 사용이 어렵다.

본 발명은 진공자외선을 광원으로 사용하는 경우에 적합한 재료를 회절광학소자의 기판으로 사용함으로써, 높은 광학성능을 용이하게 얻을 수 있는 투영노광장치 및 디바이스의 제조방법의 제공을 목적으로 한다.

발명의 구성 및 작용

상기 목적을 달성하기 위하여 본 발명은, 광원에서 발하는 진공자외선에 의해 레티클을 조명하는 조명광학계와, 상기 조명된 레티클의 패턴의 이미지를 기판상에 투영하는 투영광학계를 갖고, 상기 투영광학계중에 적어도 1 개의 회절광학소자를 포함하고, 이 회절광학소자는 미량의 물질을 함유하는 석영글래스로 구성되는 기판상에 형성되어 있는 것을 특징으로 하는 투영노광장치를 제공한다.

투영노광장치의 광원에서 발하는 빛의 파장이 200 ㎚ 이하인 것을 특징으로 하고, 또는 160 ㎚ 이하인 것을 특징으로 한다.

그리고 상기 회절광학소자는, 불소를 함유하는 석영글래스 혹은 OH 기를 함유하는 석영글래스 혹은 불소 및 OH 기 양방을 함유하고 또한 불소보다 상대적으로 OH 기의 농도가 적은 석영글래스로 구성되는 기판상에 구성되는 것을 특징으로 한다.

투영노광장치에 있어서, 상기 회절광학소자는 투영광학계의 개구조리개의 위치 또는 이하의 조건식 (1) 을 만족하는 상기 개구조리개의 근방 위치에 있는 것을 특징으로 한다.

(1) $|LA - LD| / L \leq 0.2$

단,

L : 상기 투영광학계에서의 웨이퍼에서 레티클까지의 거리

LA : 상기 투영광학계에서의 웨이퍼에서 개구조리개까지의 거리

LD : 상기 투영광학계에서의 웨이퍼에서 회절광학소자까지의 거리

또한, 투영광학계중에 비구면 렌즈가 더 사용되고 있는 것을 특징으로 한다.

투영노광장치에 있어서, 상기 회절광학소자의 기판은 그 두께를 t 라 할 때 $t \leq 30$ ㎜ 인 것을 특징으로 한다.

또한, 광원에서 발하는 진공자외선에 의해 레티클을 조명하는 조명광학계와, 상기 조명된 레티클의 패턴의 이미지를 기판상에 투영하는 투영광학계를 갖고, 상기 조명광학계중에 적어도 1 개의 회절광학소자를 포함하고, 상기 회절광학소자는 불소를 100 ppm 이상 함유하는 석영글래스로 구성되는 기판상에 형성되어 있는 것을 특징으로 하는 투영노광장치를 제공한다.

이어서, 상기 불소를 100 ppm 이상 함유하는 석영글래스가 OH 기를 더 함유하는 것을 특징으로 하고, 청구항 12 에 있어서는 OH 기 농도가 불소농도보다 적은 것을 특징으로 한다.

그리고, 본 발명의 디바이스의 제조방법은 상기 투영노광장치를 사용하여 디바이스 패턴의 이미지를 기판을 노광하는 공정과, 그 후에 기판을 현상처리하는 공정을 갖는 것을 특징으로 한다.

발명의 실시형태

진공자외선용 광학재료로서는 형석과 석영글래스의 2 종류가 알려져 있으나, 회절광학소자의 기판으로서 사용하기에는 형석 및 석영글래스 모두 상기한 바와 같은 문제점이 있었다.

그러나 석영글래스의 경우에는, 석영글래스에 미량의 물질을 더 함유시켜, 진공자외선에 대해서도 내자외선성을 향상시킬 수 있다.

이와 같은 기술은, 예컨대 일본 공개특허공보 평8 - 75901 호 등에 개시되어 있다.

단, 일본 공개특허공보 평8 - 75901 호에는 투영광학계중에 있어서 각종 형광소자, 예컨대 렌즈를 구성하는 재료로서 미량의 물질을 함유하는 석영글래스를 사용하는 기술이 개시되어 있으나, 이와 같은 처리를 실시한 석영글래스라도, 실용적으로는 내부투과율이 불충분하다. 따라서, 중심부분의 두께와 주변부분의 두께가 다른 렌즈를 구성하는 재료로서, 미량의 물질을 함유하는 석영글래스를 사용하는 경우, 통상의 석영글래스보다 비교적 경감되어 있다 해도, 렌즈를 투과하는 광선의 광량에, 그것이 투과하는 부분의 내부투과율의 차이로 인해 불균일이 발생하는 것을 피할 수 없다. 그러나, 회절광학소자처럼 그 기판이 거의 평행평면판으로 구성되어 있는 경우에는, 중심부와 주변부의 내부투과율의 불균일의 영향이 적고 또한 기판의 두께도 일반적인 렌즈의 두께에 비하여 얇게 할 수 있기 때문에, 미량의 물질을 함유하는 석영글래스라면 사용이 가능하다.

따라서, 본 발명에서는 투영광학계중에 적어도 1 개의 회절광학소자를 사용하며, 특히 상기 회절광학소자의 기판을 미량의 물질을 함유하는 석영글래스로 구성한다.

이어서, 보다 높은 해상도를 얻기 위하여, 광원으로서 진공자외선이고, 파장이 200 ㎚ 이하인 광, 구체적으로는 ArF 레이저 (파장 193 ㎚) 등을 사용하는 것이 바람직하다. 그리고 더욱 높은 해상도를 얻기 위하여, 파장이 160 ㎚ 이하인 빛, 구체적으로는 F_2 레이저 (파장 157 ㎚) 등을 사용하는 것이 바람직하다.

이어서, 상기 석영글래스에 함유시켜야 할 미량의 물질로서는, 대표적인 물질로서 불소, 수소, OH 기를 들 수 있다. 특히, 수소만을 함유하는 석영글래스에 대하여, 수소에 더하여 불소도 함유하는 석영글래스는 비약적으로 높은 내자외선성을 나타낸다. 그리고, 이 때의 바람직한 불소농도는 100 ppm 이상, 보다 바람직하게는 500 30000 ppm 이다. 또한, 바람직한 수소농도는 5×10^{18} molecules/㎤ 이하이고, 보다 바람직하게는 1×10^{16} molecules/㎤ 이하이다.

따라서, 회절광학소자를 불소를 함유하는 석영글래스로 구성되는 기판상에 형성하는 것이 바람직하다.

또한, 석영글래스중에 OH 기를 함유시킨 경우에도 내자외선을 향상시킬 수 있다. 이 경우의 바람직한 OH 기의 농도는 10 ppb 100 ppm 이다. 따라서, 회절광학소자를 OH 기를 함유하는 석영글래스로 구성되는 기판상에 형성하는 것이 바람직하다.

그리고, 불소, 수소, OH 기를 함유하는 석영글래스는 보다 높은 내자외선성을 나타낸다. 단, OH 기는 150 ㎚ 근방에서 흡수를 나타내기 때문에, 사용파장이 진공자외선이며 또한 이것이 F_2 레이저와 같이 160 ㎚ 이하의 파장인 경우, 바람직한 불소농도는 100 ppm 이상인 것에 비하여, 바람직한 OH 기 농도는 10 ppb 20 ppm 으로서 적어도 동시에 함유되는 불소에 비교하여 낮은 농도인 것이 바람직하다.

따라서, 회절광학소자를 불소와 OH 기 양방을 함유하고, 또한 불소에 비교하여 OH 기의 농도가 적은 석영글래스로 구성되는 기판상에 형성하는 것이 바람직하다.

이어서, 본 발명과 같이 진공자외선을 광원으로 하는 투영노광장치에 있어서, 투영광학계에 회절광학소자를 사용하는 경우에 대하여 설명한다.

광원으로서, ArF 레이저 혹은 F_2 레이저의 사용을 고려한 경우, 이들 광원은 특히 F_2 레이저의 경우, 발진파장의 협대역화가 매우 어려워서 투영광학계에는 발진파장이 협대역화되어 있지 않아도 실용가능한 정도로 축상색수차가 보정되어 있을 필요가 있다. 그러나, 진공자외선, 특히 160 ㎚ 이하의 파장에 대해서는 사용가능한 광학재료의 선택이 거의 형석만 존재하기 때문에, 종래와 같은 굴절렌즈만으로는 투영광학계의 축상색수차를 실용가능한 레벨까지 보정하기가 어려웠다. 이에 비하여 투영광학계에 미량의 물질을 함유하는 석영글래스를 기판으로 한 회절광학소자를 도입하면, 통상의 굴절렌즈와는 반대방향의 분산을 갖는 광학소자를 구성할 수 있기 때문에, 회절광학소자의 기판 이외의 모든 렌즈를 내자외선성과 투과율이 우수한 형석으로 구성하였다해도 투영광학계의 축상색수차의 보정이 가능하다.

따라서, 적어도 1 개의 회절광학소자를 특히 투영광학계중에 설치하는 것이 바람직하다.

그리고, 본 발명의 투영노광장치에 있어서의 투영광학계에 회절광학소자를 도입하는 경우, 회절광학소자는 축상색수차의 보정에 최대의 효과를 부여하고, 또한 화각(畵角)의 변화에 따라 수차가 변동하는 것을 회피하기 위해서는, 투영광학계의 개구조리개의 위치에 합치하여 배치되는 것이 바람직하다. 또한, 이 배치에 의해 회절광학소자에서 발생한 불필요한 회절광이 투영광학계의 이미지면상에 균일하게 분산되기 때문에, 불필요한 회절광의 영향을 크게 저감할 수 있다는 효과도 얻을 수 있다. 그러나, 실제로는 개구조리개를 가변조리개로 하거나 혹은 변형조리개로 하는 경우에는, 회절광학소자를 개구조리개와 합치한 위치에 배치할 수 없는 경우도 있을 수 있다. 이와 같은 경우에도, 회절광학소자는 개구조리개의 근방에 배치되어 있는 것이 바람직하다.

따라서, 회절광학소자는 투영광학계중에 있어서 개구조리개의 위치 혹은 이하의 조건식 (1) 을 만족하는 개구조리개의 근방에 배치되는 것이 바람직하다.

$|LA - LD| / L \leq 0.2$ (1)

단, L : 상기 투영광학계에서의 웨이퍼에서 레티클까지의 거리

LA : 상기 투영광학계에서의 웨이퍼에서 개구조리개까지의 거리

LD : 상기 투영광학계에서의 웨이퍼에서 회절광학소자까지의 거리

조건식 (1) 의 값이 상한치를 넘는 경우, 회절광학소자에 대한 각 화각의 광의 입사위치가 크게 변화하기 때문에, 회절광학소자의 효과를 이미지면상에서 균일하게 얻을 없게 될 가능성이 있다.

그리고, 상기한 효과를 보다 유효하게 이용하기 위해서는, 조건식 (1) 의 상한치는 0.15 인 것이 바람직하고, 상한치가 0.1 이면 발명의 효과를 더욱 크게 발휘할 수 있다.

또한, 회절광학소자는 입사하는 모든 광속의 기울기의 차가 작아서 화각의 변화로 인한 영향을 보다 저감할 수 있다. 따라서, 회절광학소자는 투영광학계의 개구조리개보다 웨이퍼측의 이하의 조건식 (2) 를 만족하는 위치에 배치되는 것이 바람직하다.

$0 \leq (LA - LD) / L \leq 0.2$ (2)

그리고, 조건식 (2) 의 값의 상한치는 0.15 인 것이 보다 바람직하고, 상한치가 0.1 이면 상기한 효과를 더욱 크게 발휘할 수 있다.

이어서, 상기 투영노광장치에 있어서의 투영광학계는 각 단색수차를 유효하게 보정하기 위하여 비구면을 갖는 것이 바람직하다.

이어서, 상기 투영노광장치에 있어서, 회절광학소자의 기판의 두께를 t 라 할 때, 내부투과율과 내자외선성의 향상을 도모하기 위해서는 $t \leq 30$ ㎜ 인 것이 바람직하고, 보다 바람직하게는 $t \leq 20$ ㎜, 더욱 바람직하게는 $t \leq 15$ ㎜ 이다. 기판의 두께가 30 ㎜ 를 넘는 경우, 기판의 내부투과율이 너무 작아져서 노광에 필요한 광량을 유지할 수 없게 될 가능성이 커진다.

또한, 본 발명과 같이 진공자외선을 광원으로 하는 투영노광장치에 있어서, 조명광학계에 회절광학소자를 사용하면, 임의로 회절광의 방향을 제어할 수 있게 되기 때문에, 특히 윤대(輪帶)조명 등의 변형조명에 사용할 경우, 조명광의 균질화에 매우 유리하다. 또한, 광원으로서 레이저를 사용할 경우, 스페클에 의한 노이즈를 대폭 저감할 수 있게 된다. 그리고, 조명광학계에 사용되는 회절광학소자는 투영광학계보다 광원에 가깝기 때문에, 받는 에너지량도 그만큼 크다. 따라서, 조명광학계에 사용되는 회절광학소자의 기판은 투영광학계에 있어서 보다 약간 높은 내자외선성이 요구된다.

따라서, 조명광학계중에 적어도 1 개의 회절광학소자를 갖고, 이 회절광학소자의 기판은 단지 불소를 함유하고 있을 뿐만 아니라, 특히 불소를 100 ppm 이상 함유하는 석영글래스로 구성되어 있을 필요가 있다. 또한, 이 때, 보다 바람직한 불소농도는 500 30000 ppm 이다. 그리고, 불소 외에 수소를 함유하여도 되며, 바람직한 수소농도는 5×10^{18} molecules/㎤ 이하이고, 보다 바람직하게는 1×10^{16} molecules/㎤ 이하이다.

또한, 석영글래스중에 OH 기를 함유시킨 경우에도 내자외선을 향상시킬 수 있다. 이 경우의 바람직한 OH 기의 농도는 10 ppb 100 ppm 이다. 따라서, 조명광학계중에 포함되는 회절광학소자를 불소농도가 100 ppm 이하이며, OH 기를 더 함유하는 석영글래스로 구성되는 기판상에 형성하는 것이 바람직하다.

또한, 불소, 수소, OH 기를 함유하는 석영글래스는 보다 높은 내자외선성을 나타낸다. 단, OH 기는 150 ㎚ 근방에서 흡수를 나타내기 때문에, 사용파장이 진공자외선이며 또한 이것이 F_2 레이저와 같이 160 ㎚ 이하의 파장인 경우, 바람직한 불소농도가 100 ppm 이상인 것에 비하여, 바람직한 OH 기 농도는 10 ppb 20 ppm 으로서 적어도 동시에 함유되는 불소에 비교하여 낮은 농도인 것이 바람직하다.

따라서, 상기 불소를 100 ppm 이상 함유하는 석영글래스가 OH 기를 함유하고, 적어도 그 농도가 불소보다 낮은 것이 바람직하다. 이 때, 불소농도가 100 ppm 이상 필요한 것에 비하여, 바람직한 OH 기 농도는 10 ppb 20 ppm 이다.

이하, 본 발명에 관한 투영노광장치의 실시예에 대하여 설명한다.

도 1 은 상기 실시예의 개념도이다.

광원 (1) 에서 발한 진공자외선의 광속은 빔 익스팬더 (2) 에 의해 광속의 단면형상이 소망의 형상으로 변환된 후, 반사미러 (3) 를 통해 회절광학소자 (DOE1) 로 입사하여 특정 단면형상을 갖는 광속으로 회절된다. 이어서, 그 광속은 릴레이 렌즈 (4) 에 의해 집광되고, 프라이아이렌즈 (5) 의 입사면을 중첩적으로 균일조명한다. 그 결과, 프라이아이렌즈 (5) 의 사출면에 실질적인 면광원을 형성할 수 있다.

프라이아이렌즈 (5) 의 사출측에 형성된 면광원을 발한 광속은, 개구조리개 (AS1) 에 의해 투과광속의 형상을 제한받

은 후, 콘덴서 광학계 (6) 에 의해 일단 중첩하도록 집광된다. 이와 같이 중첩된 광속은 릴레이광학계 (7) 를 거쳐 패턴이 묘화된 레티클 (9) 을 중첩적으로 균일조명한다. 여기서, 콘덴서 광학계 (6) 와 릴레이 광학계 (7) 사이의 광로중에는 조명범위를 결정하기 위한 시야조리개 (FS), 릴레이 광학계 (7) 의 광로중에는 광로를 편향하기 위한 반사미러 (8) 가 배치되어 있다. 그리고, 균일한 조명광에 의거하여 투영광학계로서의 투영렌즈 (10) 가 레티클 (9) 상에 형성된 패턴을 피노광물체인 웨이퍼 (11) 상에 투영노광한다.

도 2a 는 회절광학소자 (DOE1) 를 X 방향에서 본 단면형상을 나타내는 도면이다. 회절광학소자 (DOE1) 는 위상형 회절광학소자로서, 복수의 미소한 위상 패턴이나 투과율 패턴을 배치하여 구성되어 있다.

회절광학소자 (DOE1) 로 입사한 광 중 A 로 나타내는 부분을 투과한 광은 위상이 제로, B 로 나타내는 부분을 투과한 광은 위상이 π만큼 늦다. 따라서, 파동광학적으로 보면 이들 2 개의 광은 상쇄하여 도 2b 에 나타내는 바와 같이 0 차항이 없어진다. 따라서, 회절광학소자 (DOE1) 를 투과한 빛은 ±1 차항 (또는 ±2 차항) 으로서 회절되어 릴레이 렌즈 (4) 를 투과한다. 그리고, 도 2c 에 나타내는 바와 같이 소정 조사면 (P) 상에서는 델타 (δ) 함수 형상의 강도분포 (I) 를 갖는 조명으로 된다. 이 현상을 이용하여 조사면 (P), 즉 프라이아이렌즈 (5) 의 입사면상에서 소망의 광강도분포를 얻을 수 있다. 특히, 회절광학소자 (DOE1) 와 릴레이 렌즈 (4) 에 의해 형성한 광속에 의해 개구조리개 (AS1) 의 형상에 대응하는 프라이아이렌즈 (5) 의 조명에 기여하는 요소렌즈만을 조명할 수 있기 때문에, 광원 (1) 으로부터의 광량을 매우 고효율로 이용할 수 있다. 이와 같은 구성은 원형개구를 갖는 개구조리개 이외에도 개구조리개 (AS1) 가 윤대 형상을 취하는 윤대조명 혹은 동일평면상에 복수의 개구를 갖는 형상을 취하는, 예컨대 사극(四極)조명 등의 각종 변형조명에 대해서도 각각에 적합한 형상을 계산함으로써 적용할 수 있다.

그리고, 회절광학소자 (DOE1) 의 기판은 불소, 수소, OH 기를 포함하는 석영글래스로 구성되어 있으며, 광원으로서 F_2 레이저를 사용하였다 하더라도, 통상의 석영글래스보다 훨씬 높은 내부투과율과 내자외선성을 갖는다. 본 실시예에 있어서, 회절광학소자 (DOE1) 의 기판을 구성하는 석영글래스는, 불소 25000 ppm 정도, 수소 1×10^{16} molecules/㎤ 정도, OH 기 100 ppb 정도를 함유한다.

또한, 이 때 프라이아이렌즈 (5) 를 구성하는 재료로서, 본 발명이 회절광학소자의 기판으로서 사용하는 것과 동일한 미량의 물질을 함유하는 석영글래스를 사용하면, 진공자외선용으로서 내부투과율 및 내자외선성의 관점에서 통상의 석영글래스에 비해 우수하고, 형석제보다 저렴한 프라이아이렌즈를 얻을 수 있다.

이어서, 도 3 에 본 발명에 관한 투영노광장치의 투영광학계인 투영렌즈 (10) 의 구성도를 나타낸다. 투영렌즈 (10) 는 사용광원이 F_2 레이저인 것을 전제로 설계된 것이다.

투영렌즈 (10) 는 그 광학계내에 개구조리개 (AS2) 를 갖고, 그 웨이퍼측 근방, 개구조리개에서 웨이퍼측으로 44.392 ㎜ 의 위치에 회절광학소자 (DOE2) 가 배치되어 있다. 그리고, 이 기판은 후술하는 소정 농도로 불소, 수소, OH 기를 함유하는 석영글래스로 구성되어 있으며, 그 두께는 15 ㎜ 이다. 또한, 투영렌즈 (10) 를 구성하는 회절광학소자 이외의 광학요소는 투영광학계 전체의 투과율을 최대한 확보하기 위하여 모두 형석으로 구성되어 있다.

본 실시예에 있어서의 회절광학소자 (DOE2) 는, 불소 25000 ppm 정도, 수소 1×10^{16} molecules/㎤ 정도, OH 기 100 ppb 정도를 함유하는 석영글래스로 구성되는 기판 표면에 단면이 계단 형상으로 되는 회절패턴을 구비한, 소위 BOE 로 구성되어 있으며, 정의 파워를 갖는다. 회절패턴은 윤대 형상(동심원 형상) 의 프레넬존 패턴이다. 구체적으로는 도 4 에 실선으로 나타내는 바와 같이, 단면이 계단 형상으로 되는 회절패턴을 중심부일수록 위상변화가 크도록 배치하여 이 곳을 투과한 광속이 집광하도록 구성하고 있다. DOE2 의 형상으로서는 도 4 의 점선으로 나타내는 바와 같은 톱니형상의 소위 키노폼형상이 이상적이다. 그러나, 본 실시예에 있어서는 제작의 용이함을 고려하여 키노폼형상을 4 단계에 근사한 계단 형상을 채택하고 있다. 이 때 근사 단수를 DOE2 전체 혹은 일부분에 대하여 8 단계, 16 단계라는 보다 미세한 단수로 하면, 회절효율을 더욱 향상시킬 수 있다.

이하의 표 1 에 투영렌즈 (10) 의 렌즈 데이터를 나타낸다.

표 1 에 있어서, 각각의 수치는 좌측부터 차례로 레티클측에서 센 렌즈 등의 소자의 면번호, 광축상에 있어서의 곡률반경, 면간격, 각각의 소자를 구성하는 재료의 파장 157.6244 ㎚ 에 있어서의 굴절율을 나타내고 있다.

또한, 면번호의 좌측에 * 표시를 붙인 면은 비구면으로서, 그 형상은 다음 식에 K, c, A, B, C, D, E, F 를 부여함으로써 결정된다.

$$z = cy^2 / \left[1 + \{1 - (1+K) c^2 y^2\}^{1/2}\right] + Ay^4 + By^6 + Cy^8 + Dy^{10} + Ey^{12} + Fy^{14}$$

여기서, z 은 광축방향으로의 면의 새그량, c 는 굴곡반경, y 는 광축으로부터의 거리, K 는 원추정수, A, B, C, D 는 각 다음의 비구면 계수를 나타낸다.

또한, 면번호의 좌측에 ◎ 표시가 붙은 면은 회절광학소자로서, 그 형상은 하이인덱스법에 의해 매질의 굴절율을 1001.000000 으로 하였을 때의 상기 비구면식에 준한 비구면형상으로 환산하여 나타내고 있다. 이 때, 회절광학소자는 기판표면에 가공되어 있는데, 표기상 회절광학소자는 두께가 0 인 기판표면과는 독립된 면으로서 표기하고 있다.

[표 1]

[투영렌즈 제원]

배율 4 x, NA ="0.75," 기준파장 λ ="157.6244" nm

이미지 높이 (레티클측) 8 mm

면번호	곡률반경	면간격	굴절율	
1:	INFINITY	13.385898		(웨이퍼면)
2:	-280.06464	26.103030	1.559307	
3:	-79.59088	1.426997		
*4:	-81.74777	26.362677	1.559307	

제 4 면의 비구면계수:

K : 1.000000

A : -0.284290×10^{-7} B : $-0.364407 \times 10^{-10}$

C : $-0.561898 \times 10^{-14}$ D : 0.247226×10^{-17}

5:	-90.76583	3.903834	
*6:	-316.42380	29.319739	1.559307

제 6 면의 비구면계수:

K : 1.000000

A :-0.933132×10^{-7} B :-0.578585×10^{-11}

C : 0.259908×10^{-15} D :-0.460211×10^{-19}

7:	-75.95109	4.283553	
8:	-75.71360	13.087561	1.559307
9:	-94.05016	1.454605	
10:	-605.64738	22.013876	1.559307
11:	-157.25211	7.960681	
12:	-200.64824	24.794388	1.559307
13:	-208.00302	25.529987	
14:	-1676.63259	18.000000	1.559307
15:	641.37609	11.424241	

◎ 16 : 211522.98455 0.000000 1001.000000

제 16면 (회절광학소자) 의 비구면계수로의 환산치:

K : 1.000000

A :-0.906521×10^{-11} B : 0.339565×10^{-15}

C : 0.295360×10^{-19} D :-0.170510×10^{-23}

17:	INFINITY	15.000000	1.643371 (회절광학소자기판)
18:	INFINITY	3.391932	
19:	1869.79373	18.000000	1.559307
20:	-3000.00000	8.000000	
21:	INFINITY	2.000000	개구조리개
22:	217.44124	21.599137	1.559307
23:	-3000.00000	1.000000	
24:	765.07397	14.268482	1.559307
*25:	378.58845	1.000000	

제 25 면의 비구면계수:

K : 1.000000

A :-0.435625×10^{-7} B :-0.920741×10^{-11}

C : 0.518240×10^{-15} D : 0.666388×10^{-19}

26:	307.93045	16.000000	1.559307
27:	-3000.00000	2.345953	
28:	-2892.02526	14.000000	1.559307
*29:	237.32016	15.280932	

제 29 면의 비구면계수:

K : 1.000000

A : -0.522807×10^{-7} B : 0.167427×10^{-10}

C : 0.170644×10^{-14} D : -0.770634×10^{-19}

*30:	-301.47670	14.000000	1.559307

제 30 면의 비구면계수:

K : 1.0000000

A : -0.205956×10^{-6} B : -0.431195×10^{-10}

C : 0.568636×10^{-14} D : -0.643847×10^{-18}

31:	112.07895	30.883340	
*32:	-85.20146	13.000000	1.559307

제 32 면의 비구면계수:

K : 1.000000

A : 0.491546×10^{-10} B : 0.247738×10^{-10}

C : -0.329751×10^{-14} D : 0.426600×10^{-18}

33:	-525.60579	9.331439	
*34:	-166.54660	20.191423	1.559307

제 34 면의 비구면계수:

K : 1.000000

A : 0.449661×10^{-7} B : 0.105110×10^{-10}

C : 0.232161×10^{-14} D : -0.159369×10^{-18}

35:	1893.77647	1.000000	
36:	714.12339	35.828373	1.559307
37:	-138.90274	1.000000	
38:	782.66641	26.247480	1.559307
39:	-267.87677	1.000000	
40:	246.38904	22.000000	1.559307
41:	229.45185	1.023316	
42:	231.89453	23.000000	1.559307
43:	-5924.60227	1.000000	
44:	378.68340	13.000000	1.559307
45:	1000.47646	1.000000	
46:	106.73614	25.857455	1.559307
47:	274.13930	1.000000	
48:	177.68065	21.577738	1.559307
*49:	112.31278	17.784505	

제 49 면의 비구면계수:

K : 1.000000

A : -0.224465×10^{-7} B : 0.100168×10^{-10}

C : 0.102318×10^{-15} D : 0.190432×10^{-18}

*50: -305.78201 13.000000 1.559307

제 50 면의 비구면계수:

K : 1.000000

A : -0.168896×10^{-6} B : 0.616532×10^{-10}

C : -0.981313×10^{-14} D : 0.515630×10^{-18}

51: 94.65519 18.119989

*52: -141.21151 13.000000 1.559307

제 52 면의 비구면계수:

K : 1.000000

A : 0.428120×10^{-7} B : -0.254530×10^{-9}

C : 0.173849×10^{-14} D : 0.131374×10^{-18}

53: 227.36537 12.781975

*54: -119.05532 13.000000 1.559307

제 54 면의 비구면계수:

K : 1.000000

A : 0.990178×10^{-7} B : 0.189281×10^{-9}

C : 0.125306×10^{-13} D : -0.540202×10^{-17}

55: -303.01804 1.000000

56: 236.24701 14.997913 1.559307

57: -466.97370 1.000000

58: 509.85351 17.250708 1.559307

*59: -161.36780 1.000000

제 59 면의 비구면계수:

K : 1.000000

A : 0.291917×10^{-8} B : 0.853028×10^{-11}

C : -0.337278×10^{-14} D : 0.619379×10^{-18}

60: 176.09683 13.000000 1.559307

*61: 240.32668 59.750000

제 61 면의 비구면계수:

K : 1.000000

A : 0.111947×10^{-6} B : 0.250292×10^{-10}

C : -0.792617×10^{-15} D : -0.138532×10^{-18}

[조건식 대응치]

L =″818.563157

LA =″273.442999

LD =″229.051067

|LA - LD|/L =″0.05423

(LA - LD)/L =″0.05423

t =″15

도 5 에 투영렌즈 (10) 의 각 수차도를 나타낸다.

이들 수차도는 투영렌즈 (10) 의 웨이퍼측에서 레티클측을 향해 광선추적을 실시한 경우의 수차도이고, 좌측부터 구면수차 (A), 비점수차 (B), 왜곡수차 (C) 를 나타낸다.

구면수차도중의 실선은 기준파장인 157.6244 ㎚ 에 있어서의 구면수차를 나타내고, 일점쇄선은 157.6232 ㎚ 에 있어서의 구면수차를, 점선은 157.6256 ㎚ 에 있어서의 구면수차를 나타낸다. 또한, 비점수차도중의 실선은 기준파장인 157.6244 ㎚ 에 있어서의 서지털 이미지면을 나타내고, 쇄선은 메리디어널 이미지면을 나타낸다.

이 구면수차도에 의하면, 특히 축상색수차가 양호하게 보정되어 있음을 알 수 있다. 그럼으로써, 본 발명의 투영렌즈 (10) 는 회절광학소자의 사용이 가능해짐으로써, 광원으로부터의 빛의 파장의 반값폭이 1 pm 정도까지만 협대역화되어 있어도 사용이 가능하므로, 광원이 발진파장의 협대역화가 어려운 F_2 레이저여도 충분이 대응할 수 있다. 여기서 말하는 반값폭이란, 광원으로부터의 빛의 강도가 피크로 되는 기준파장에 대하여 강도가 절반으로 되는 파장의 단파장측에서 장파장측까지의 대역을 나타낸다.

또한, 비점수차도 및 왜곡수차도에서도 이들 수차가 주변부에 이를 때까지 양호하게 보정되어 있음을 알 수 있다.

이어서, 청구항 12 의 발명에 대하여, 상기한 실시형태의 투영노광장치를 사용하여 웨이퍼상에 소정 회로패턴을 형성할 때의 동작의 일례에 대하여 도 6 의 플로차트를 참조하여 설명한다.

우선, 도 6 의 단계 101 에 있어서 1 로트의 웨이퍼상에 금속막이 증착된다. 다음 단계 102 에 있어서 이 1 로트의 웨이퍼상의 금속막상에 포토레지스트가 도포된다. 그 후, 단계 103 에 있어서 상술한 실시형태의 노광장치를 사용하여 레티클상의 패턴이 이 1 로트의 웨이퍼상의 각 쇼트 영역에 순차 노광전사된다. 그 후, 단계 104 에 있어서 이 1 로트의 웨이퍼상의 포토레지스트의 현상이 실시된 후, 단계 105 에 있어서 이 1 로트의 웨이퍼상에서 레지스트 패턴을 마스크로 하여 에칭을 실시함으로써, 레티클상의 패턴에 대응하는 회로패턴이 각 웨이퍼상의 각 쇼트 영역에 형성된다. 그 후, 더 위에 있는 레이어의 회로패턴의 형성 등을 실시함으로써, 매우 미세한 회로를 갖는 반도체소자 등의 디바이스가 제조된다.

발명의 효과

이상과 같이 본 발명에 의하면, 광원으로부터의 광을 매우 고효율로 이용하거나 혹은 축상색수차를 양호하게 보정할 수 있으며, 사용할 수 있는 광학재료가 한정되어 있는 진공자외선을 광원으로 한 경우라도 높은 광학성능을 용이하게 얻을 수 있는 투영노광장치 및 디바이스의 제조방법을 제공할 수 있다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

광원에서 발하는 진공자외선에 의해 레티클을 조명하는 조명광학계와, 상기 조명된 레티클의 패턴의 이미지를 기판상에 투영하는 투영광학계를 갖고, 상기 투영광학계중에 적어도 1 개의 회절광학소자를 포함하고, 이 회절광학소자는, 미량의 물질을 함유하는 석영글래스로 구성되는 기판상에 형성되어 있는 것을 특징으로 하는 투영노광장치.

청구항 2.

제 1 항에 있어서,

상기 광원에서 발하는 상기 진공자외선의 파장이 200 ㎚ 이하인 것을 특징으로 하는 투영노광장치.

청구항 3.

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 광원에서 발하는 상기 진공자외선의 파장이 160 ㎚ 이하인 것을 특징으로 하는 투영노광장치.

청구항 4.

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 회절광학소자는, 상기 미량물질로서 불소를 함유하는 석영글래스로 구성되는 기판상에 형성되어 있는 것을 특징으로 하는 투영노광장치.

청구항 5.

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 회절광학소자는, 상기 미량물질로서 OH 기를 함유하는 석영글래스로 구성되는 기판상에 형성되어 있는 것을 특징으로 하는 투영노광장치.

청구항 6.

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 회절광학소자는, 상기 미량물질로서 불소와 OH 기 양방을 함유하고, 또한 불소에 비교하여 OH 기의 농도가 적은 석영글래스로 구성되는 기판상에 형성되어 있는 것을 특징으로 하는 투영노광장치.

청구항 7.

제 1 항 내지 제 6 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 회절광학소자는, 상기 투영광학계의 개구조리개의 위치 또는 이하의 조건식을 만족하는 상기 개구조리개의 근방위치에 있는 것을 특징으로 하는 투영노광장치.

$|LA - LD| / L \leq 0.2$

단, L : 상기 투영광학계에서의 웨이퍼로부터 레티클까지의 거리

LA : 상기 투영광학계에서의 웨이퍼로부터 개구조리개까지의 거리

LD : 상기 투영광학계에서의 웨이퍼로부터 회절광학소자까지의 거리

청구항 8.

제 7 항에 있어서,

상기 투영광학계는, 비구면 렌즈를 갖고 있는 것을 특징으로 하는 투영노광장치.

청구항 9.

제 1 항 내지 제 8 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 회절광학소자의 기판의 두께를 t 라 할 때,

t ≤30 ㎜ 인 것을 특징으로 하는 투영노광장치.

청구항 10.

광원에서 발하는 진공자외선에 의해 레티클을 조명하는 조명광학계와, 상기 조명된 레티클의 패턴의 이미지를 기판상에 투영하는 투영광학계를 갖고, 상기 조명광학계중에 적어도 1 개의 회절광학소자를 포함하고, 이 회절광학소자는, 불소를 100 ppm 이상 함유하는 석영글래스로 구성되는 기판상에 형성되어 있는 것을 특징으로 하는 투영노광장치.

청구항 11.

제 10 항에 있어서,

상기 불소를 100 ppm 이상 함유하는 석영글래스가 OH 기를 더 함유하는 것을 특징으로 하는 투영노광장치.

청구항 12.

제 11 항에 있어서,

상기 불소를 100 ppm 이상 함유하는 석영글래스가 OH 기를 더 함유하고,

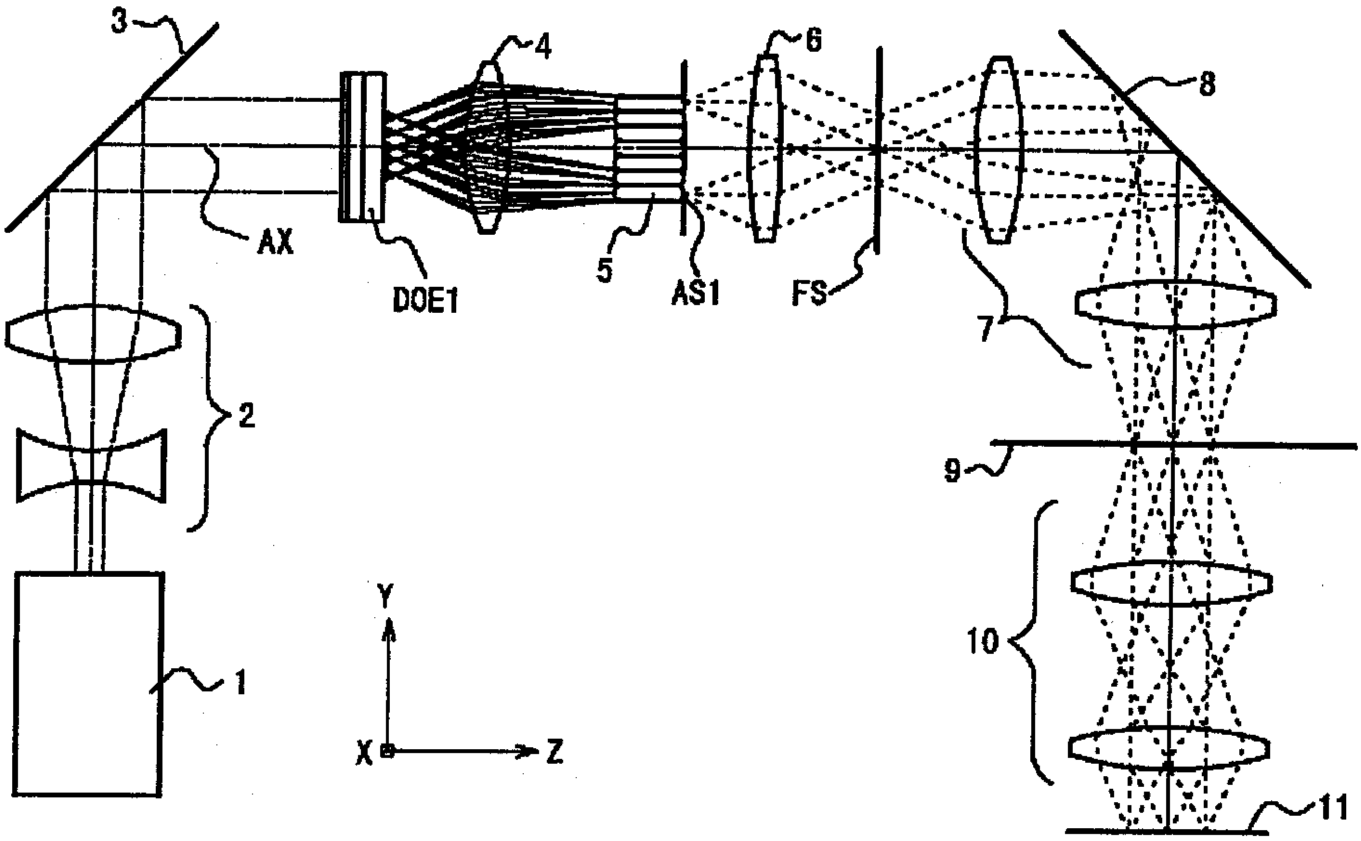
OH 기 농도가 불소농도보다 적은 것을 특징으로 하는 투영노광장치.

청구항 13.

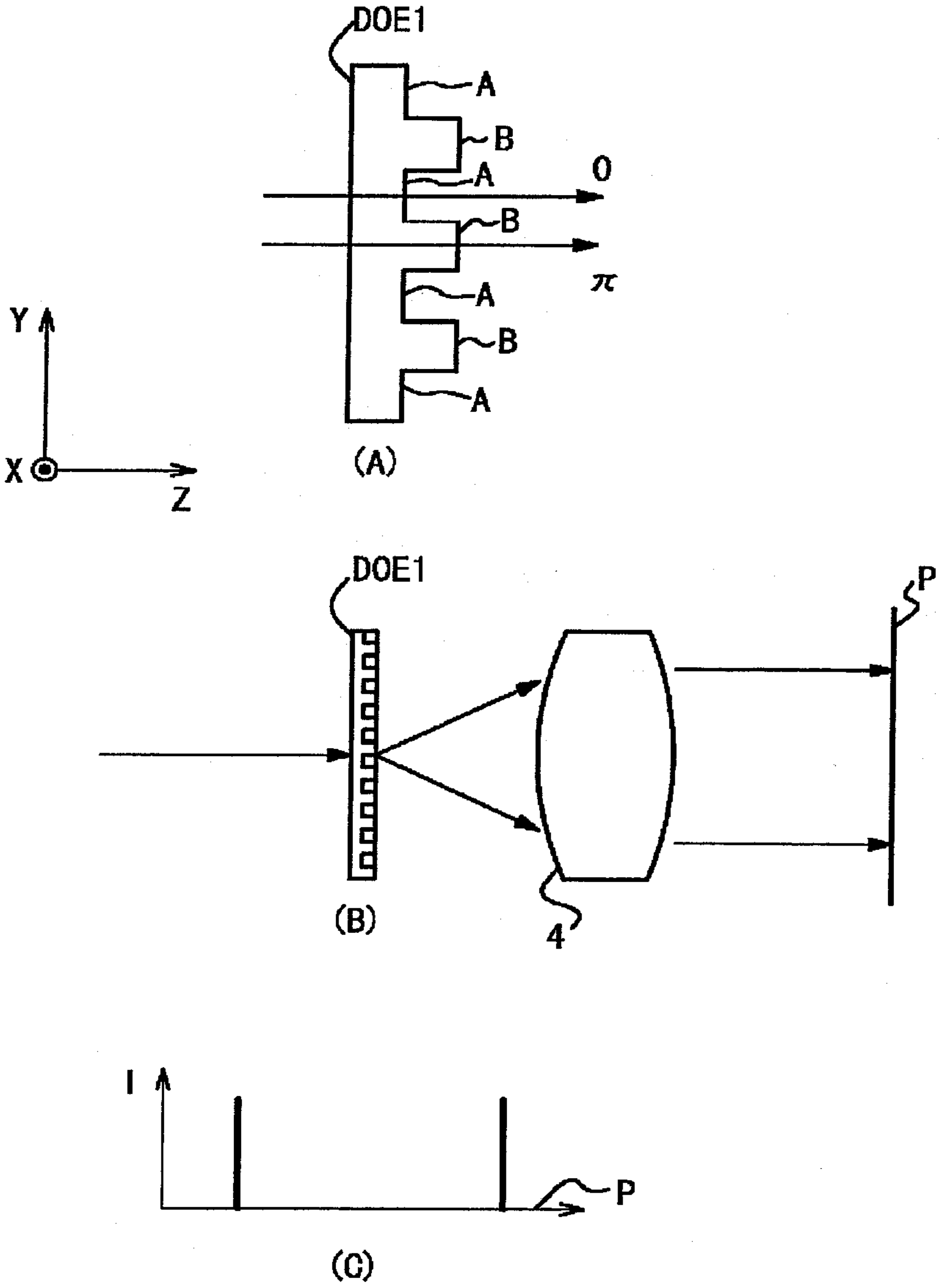
제 1 항 내지 제 12 항 중 어느 한 항에 기재된 투영노광장치를 사용하여 레티클면상의 패턴을 투영광학계에 의해 웨이퍼면상에 투영노광한 후, 상기 웨이퍼를 현상처리공정을 통해 디바이스를 제조하고 있는 것을 특징으로 하는 디바이스의 제조방법.

도면

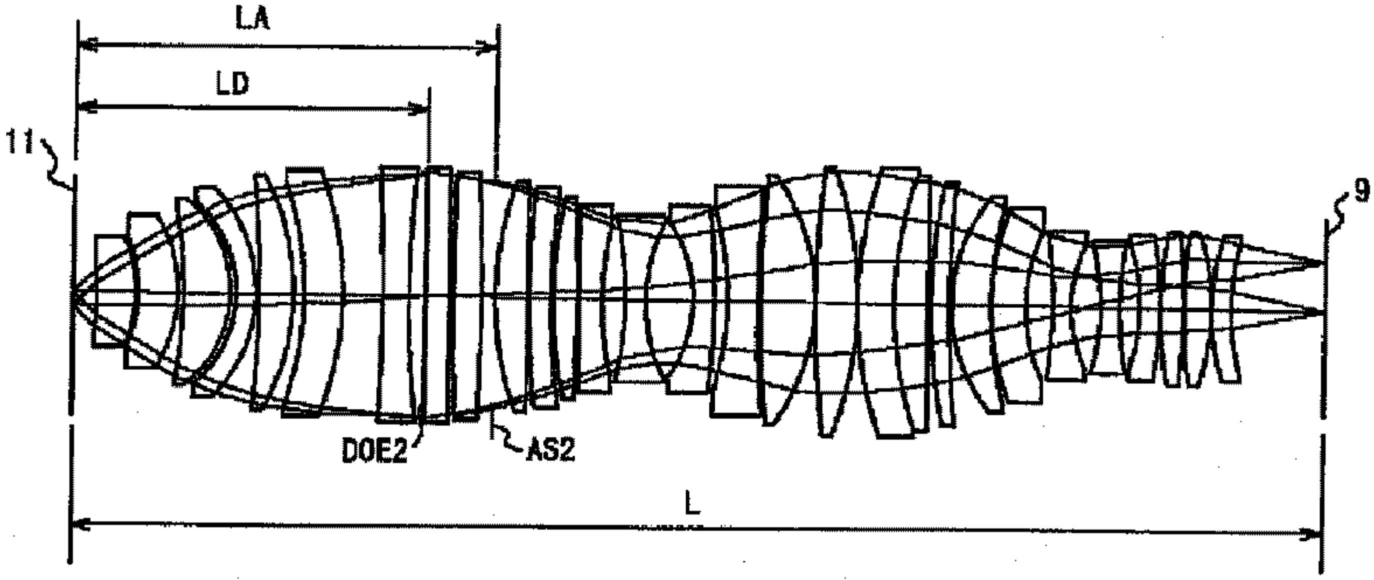
도면 1


3
4
6
8
AX
DOE1
5
AS1
FS
7
2
9
10
1
11
Y
X
Z

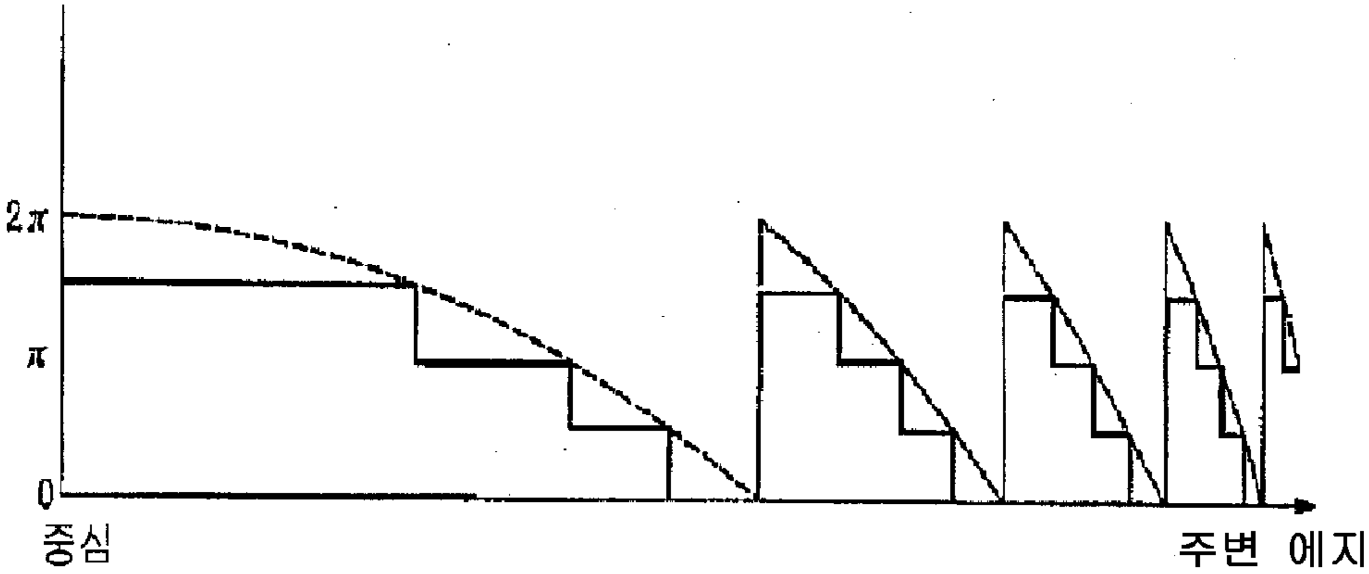
도면 2


DOE1
A
B
A
0
B
π
A
B
A
Y
X
Z
(A)
DOE1
P
4
(B)
I
P
(C)

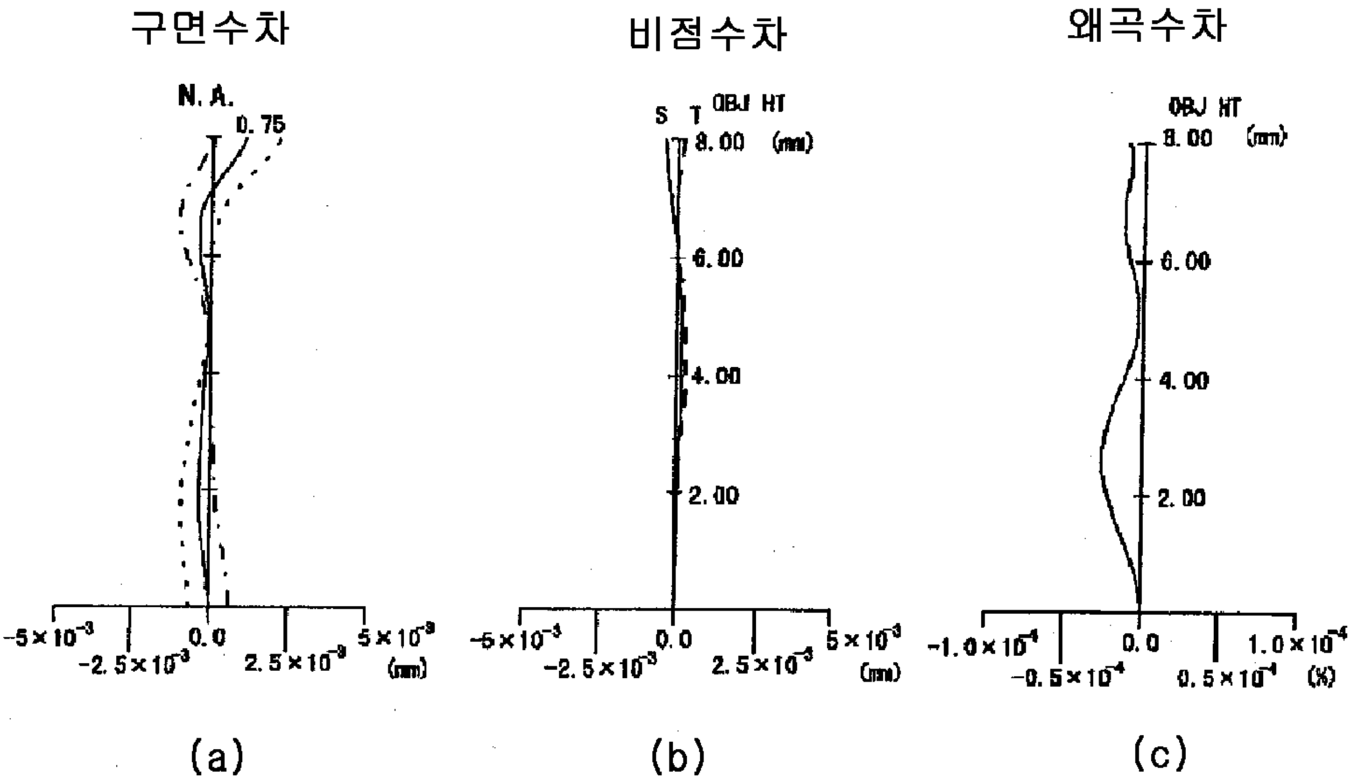
도면 3


LA
LD
11
9
DOE2
AS2
L

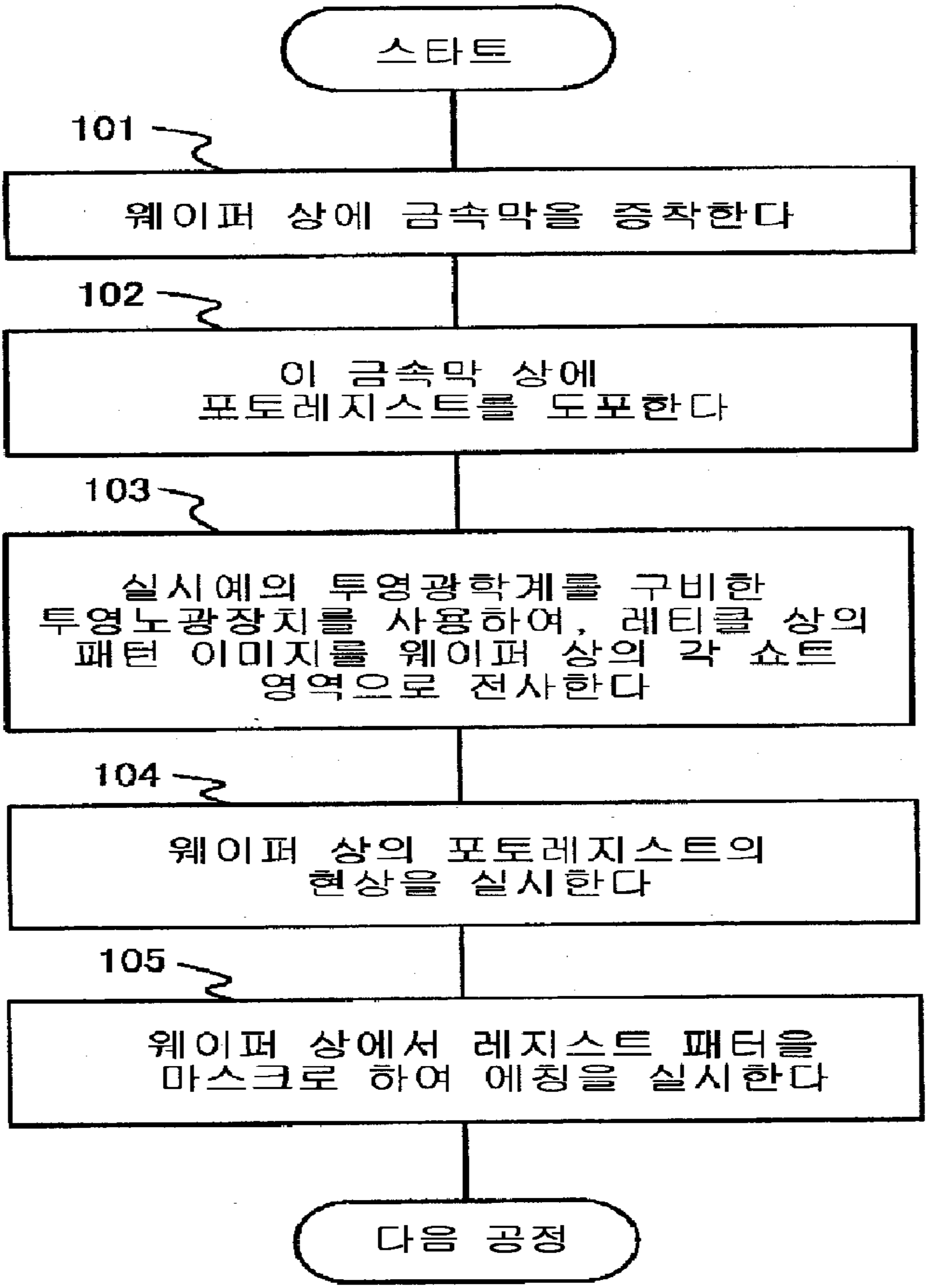
도면 4



도면 5


구면수차
N.A.
0.75
-5×10⁻³
-2.5×10⁻³
0.0
2.5×10⁻³
5×10⁻³
(mm)
(a)
비점수차
S
T
OBJ HT
8.00 (mm)
6.00
4.00
2.00
-5×10⁻³
-2.5×10⁻³
0.0
2.5×10⁻³
5×10⁻³
(mm)
(b)
왜곡수차
OBJ HT
8.00 (mm)
6.00
4.00
2.00
-1.0×10⁻⁴
-0.5×10⁻⁴
0.0
0.5×10⁻⁴
1.0×10⁻⁴
(%)
(c)

도면 6


스타트
101
웨이퍼 상에 금속막을 증착한다
102
이 금속막 상에 포토레지스트를 도포한다
103
실시예의 투영광학계를 구비한 투영노광장치를 사용하여, 레티클 상의 패턴 이미지를 웨이퍼 상의 각 쇼트 영역으로 전사한다
104
웨이퍼 상의 포토레지스트의 현상을 실시한다
105
웨이퍼 상에서 레지스트 패턴을 마스크로 하여 에칭을 실시한다
다음 공정