



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2008년01월02일  
(11) 등록번호 10-0790634  
(24) 등록일자 2007년12월24일

(51) Int. Cl.

H01L 21/027 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2006-0024582

(22) 출원일자 2006년03월17일

심사청구일자 2006년03월17일

(65) 공개번호 10-2006-0101326

(43) 공개일자 2006년09월22일

(30) 우선권주장

JP-P-2005-00080588 2005년03월18일 일본(JP)

(56) 선행기술조사문헌

W02004053955 A1

W02004107417 A1

전체 청구항 수 : 총 10 항

(73) 특허권자

캐논 가부시끼가이샤

일본 도쿄도 오오마꾸 시모마루쵸 3쵸메 30방 2고

(72) 발명자

마키타 요시노리

일본국 도쿄도 오오마꾸 시모마루쵸 3쵸메 30방 2고 캐논가부시끼가이샤나이

오기노 카오루

일본국 도쿄도 오오마꾸 시모마루쵸 3쵸메 30방 2고 캐논가부시끼가이샤나이

(74) 대리인

신중훈, 임옥순

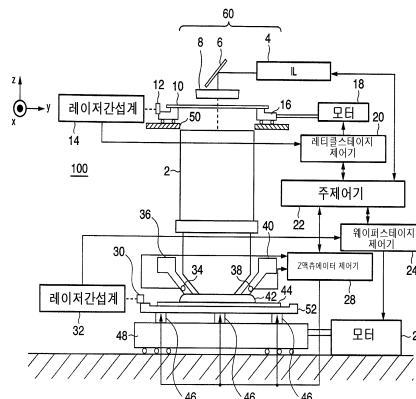
심사관 : 심병로

(54) 액침노광장치, 액침노광방법 및 디바이스 제조방법

(57) 요약

액침노광장치는, 투영광학계와 감광성 기판 사이의 액침 공간에 액체가 공급된 상태에서 상기 투영광학계를 통해서 상기 감광성 기판에 패턴을 투영해서 전사한다. 상기 액침노광장치는, 상기 액침 공간 내의 액체의 온도를 검지하는 온도검지기; 및 상기 온도검지기로부터의 출력에 의거해서, 상기 감광성 기판에 투영될 패턴의 결상성능에 영향을 미치는 가동부의 위치 및 경사의 어느 한쪽 또는 양쪽을 제어하는 제어기를 포함한다.

대표도 - 도1



## 특허청구의 범위

### 청구항 1

투영광학계와 감광성 기관 사이의 액침 공간에 액체가 공급된 상태에서 상기 투영광학계를 통해서 상기 감광성 기관에 패턴을 투영해서 전사하는 액침노광장치로서,

상기 액침 공간 내의 액체의 온도를 검지하는 온도검지기; 및

상기 온도검지기로부터의 출력에 의거해서 상기 액체의 온도변화량을 얻고, 이 온도변화량을 사용해서 상기 액체의 굴절률변화량을 계산하고, 이 굴절률변화량에 의거해서 상기 감광성 기관에 투영될 패턴의 결상성능에 영향을 미치는 가동부의 위치 및 경사의 어느 한쪽 또는 양쪽을 제어하는 제어기를 포함하는 액침노광장치.

### 청구항 2

제 1항에 있어서, 상기 가동부는 상기 감광성 기관을 지지하는 스테이지를 포함하는 액침노광장치.

### 청구항 3

제 1항에 있어서, 상기 가동부는 상기 투영광학계를 형성하는 광학소자를 포함하는 액침노광장치.

### 청구항 4

제 1항에 있어서, 상기 가동부는 상기 감광성 기관에 투영될 패턴을 지니는 원판을 지지하는 스테이지를 포함하는 액침노광장치.

### 청구항 5

제 1항에 있어서, 상기 제어기는 상기 가동부의 위치 및 경사의 어느 한쪽 또는 양쪽을 제어함으로써, 상기 감광성 기관에 투영될 패턴에 대한 포커스위치의 어긋남, 투영배율의 어긋남 및 수차의 적어도 1개를 보정하는 액침노광장치.

### 청구항 6

제 1항에 있어서, 상기 온도검지기는, 상기 액침 공간 내의 액체의 온도분포를 검지하는 액침노광장치.

### 청구항 7

제 1항에 있어서, 상기 온도검지기는, 상기 액침 공간 밖에 배치된 온도센서의 출력에 의거해서 상기 액침 공간 내의 액체의 온도를 검지하는 액침노광장치.

### 청구항 8

제 1항에 있어서, 상기 온도검지기는 상기 액침 공간에 공급되는 액체의 온도를 검지하는 온도센서와, 상기 액침 공간으로부터 회수된 액체의 온도를 검지하는 온도센서를 포함하는 액침노광장치.

### 청구항 9

투영광학계와 감광성 기관 사이의 액침 공간에 액체가 공급된 상태에서 상기 투영광학계를 통해서 상기 감광성 기관에 패턴을 투영해서 전사하는 액침노광방법으로서,

상기 액침 공간 내의 액체의 온도를 검지하는 온도검지공정; 및

상기 온도검지공정에 의해서 얻어진 정보에 의거해서 상기 액체의 온도변화량을 얻고, 이 온도변화량을 사용해서 상기 액체의 굴절률변화량을 계산하고, 이 굴절률변화량에 의거해서 상기 감광성 기관에 투영될 패턴의 결상성능에 영향을 미치는 가동부의 위치 및 경사의 어느 한쪽 또는 양쪽을 제어하는 제어공정을 포함하는 액침노광방법.

### 청구항 10

제 1항에 의한 액침노광장치를 이용해서 감광성 기관에 잠상 패턴을 형성하는 공정; 및

상기 잠상 패턴을 현상하는 공정을 구비한 것을 디바이스의 제조방법.

## 명 세 서

### 발명의 상세한 설명

#### 발명의 목적

#### 발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

##### <18> 발명의 분야

<19> 본 발명은 투영광학계와 감광성 기관 사이에 액체가 공급된 상태에서 감광성 기관의 노광을 행하는 액침 노광 기술에 관한 것이다.

##### <20> 발명의 배경기술

<21> 반도체소자의 미세패턴화가 진행됨에 따라, 노광 광원은, 예를 들면, 고압 수은등(g선 또는 i선)으로부터 KrF 엑시머 레이저 또는 ArF 엑시머 레이저로 보다 파장이 짧은 광을 생성하는 것으로 이행하게 되었다. 또한, 보다 높은 해상력을 얻기 위해서는, 투영광학계의 NA(개구수)를 증대시킬 필요가 있다. 이것은 초점심도를 감소시킨다. 이들 인자 간의 관계는, 일반적으로 다음 식으로 표현될 수 있다:

<22> (해상력) =  $k_1 \cdot (\lambda / NA)$

<23> (초점심도) =  $\pm k_2 \cdot (\lambda / NA^2)$

<24> 식중,  $\lambda$ 는 노광 광의 파장, NA는 투영 렌즈의 개구수,  $k_1$  및  $k_2$ 는 내포된 프로세스에 의존하는 계수이다.

<25> 고해상력화, 고초점심도화의 수단으로서, 위상 시프트 마스크 혹은 변형 조명이 제안되어 실용화되고 있다. 고해상력화, 및 고초점심도화의 다른 수단으로서, 액침노광기술(immersion exposure technique)이 알려져 있다. 액침노광기술은, 투영광학계의 최하부면과 웨이퍼면(상면) 사이에 고굴절률의 액체를 개재시켜서 노광을 행하는 기술이다.

<26> 투영광학계의 최하부면과 상면 간의 간격은 작동 거리(working distance)라 불린다. 종래의 노광장치에서는, 작동 거리가 공기로 채워져 있다. 이 작동 거리는 상기 간격에 오토포커스계를 수용하도록 통상 10mm 이상으로 설정되어 있다. 한편, 웨이퍼에 전사될 패턴에 대해서는, 그 미세화가 증가하고 있다. 이러한 경향에 대응하기 위해, 노광 파장은 단파장화될 필요가 있거나, 또는 개구수가 증대될 필요가 있다. 그러나, 단파장을 지닌 광을 투과할 수 있는 유리 재료의 종류에는 한도가 있으므로, 작동 거리를 액체로 채우는 액침기술이 개구수를 증대시키는 데 유용하다.

<27> 액침노광장치에서는, 작동 거리에 공급된 액체의 굴절률이 온도변화에 기인해서 굴절률이 변화할 수도 있다. 액체의 온도변화에 기인하는 결상성능의 열화에 대한 대응책으로서, 다음과 같은 기술이 제안되어 있다. 미국 특허 제 4,346,164호 공보에는, 온도안정기구에 의해서 액침온도를 안정화시키는 기술이 개시되어 있다. 일본국 공개특허 평6-124873호 공보에는 액체온도를 균일화하는 기술이 개시되어 있다. 일본국 공개특허 평10-340846호 공보에는 액체의 농도를 실시간에 변화시킴으로써 액체의 굴절률을 조정하는 기술이 개시되어 있다.

<28> 유감스럽게도, 상기 미국특허 제 4,346,164호 공보 및 일본국 공개특허 평6-124873호 공보에 기재된 기술에서는 실질적으로 불가능한 정밀도에 의한 온도 제어를 필요로 한다. 또, 상기 일본국 공개특허 평10-340846호 공보에 기재된 기술에서는, 결상성능에 가장 큰 영향을 미치는 액체의 온도불균일을 감안해서 실질적으로 불가능한 정밀도로 재차 실시간에 액체농도의 제어를 요구하고 있다. 따라서, 종래의 기술 모두에 있어서, 실용을 위해서는 해결해야 할 많은 과제가 있다.

#### 발명이 이루고자 하는 기술적 과제

##### <29> 발명의 개요

<30> 본 발명은 상기 상황을 감안해서 이루어진 것으로, 용이하게 제어가능한 대상물을 제어함으로써 액체의 온도변화에 기인하는 결상성능의 악화를 높은 정밀도로 억제하는 것을 예시적 목적으로 한다.

- <31> 본 발명의 제 1측면에 의하면, 투영광학계와 감광성 기관 사이의 액침 공간에 액체가 공급된 상태에서 상기 투영광학계를 통해서 상기 감광성 기관에 패턴을 투영해서 전사하는 액침노광장치에 있어서, 상기 액침 공간 내의 액체의 온도를 검지하는 온도검지기; 및 상기 온도검지기로부터의 출력에 의거해서, 상기 감광성 기관에 투영될 패턴의 결상성능에 영향을 미치는 가동부의 위치 및 틸트(경사)의 어느 한쪽 또는 양쪽을 제어하는 제어기를 포함하는 액침노광장치가 제공된다.
- <32> 본 발명의 바람직한 실시형태에 의하면, 상기 가동부는 상기 감광성 기관을 지지하는 스테이지를 포함할 수 있다. 또는, 상기 가동부는 상기 투영광학계를 형성하는 광학소자를 포함할 수 있다. 또는, 상기 가동부는 상기 감광성 기관에 투영될 패턴을 지니는 원판을 지지하는 스테이지를 포함할 수 있다.
- <33> 본 발명의 바람직한 실시형태에 의하면, 상기 제어기는 상기 가동부의 위치 및 경사의 어느 한쪽 또는 양쪽을 제어함으로써, 상기 감광성 기관에 투영될 패턴에 대한 포커스위치의 어긋남, 투영배율의 어긋남 및 수차의 적어도 1개를 보정할 수 있다.
- <34> 본 발명의 바람직한 실시형태에 의하면, 상기 온도검지기는, 상기 액침 공간 내의 액체의 온도분포를 검지할 수 있다. 또는, 상기 온도검지기는, 상기 액침 공간 밖에 배치된 온도센서의 출력에 의거해서 상기 액침 공간 내의 액체의 온도를 검지할 수 있다. 상기 온도검지기는 상기 액침 공간에 공급되는 액체의 온도를 검지하는 온도센서와, 상기 액침 공간으로부터 회수된 액체의 온도를 검지하는 온도센서를 포함할 수 있다.
- <35> 본 발명의 제 2측면에 의하면, 투영광학계와 감광성 기관 사이의 액침 공간에 액체가 공급된 상태에서 상기 투영광학계를 통해서 상기 감광성 기관에 패턴을 투영해서 전사하는 액침노광 방법에 있어서, 상기 액침 공간 내의 액체의 온도를 검지하는 온도검지공정; 및 상기 온도검지공정에 의해서 얻어진 정보에 의거해서, 상기 감광성 기관에 투영될 패턴의 결상성능에 영향을 미치는 가동부의 위치 및 경사의 어느 한쪽 또는 양쪽을 제어하는 제어공정을 포함하는 액침노광방법이 제공된다.
- <36> 본 발명에 의하면, 예를 들면, 용이하게 제어가능한 대상물을 제어함으로써 액체의 온도변화에 기인하는 결상성능의 악화를 높은 정밀도로 억제하는 것이 가능하다.
- <37> 본 발명의 기타 특징 및 이점 등은 첨부도면과 관련해서 취한 이하의 설명으로부터 명백해질 것이며, 첨부도면에 있어서 동일한 참조부호는 그 도면 전체를 통해서 동일 또는 유사한 부분을 나타낸다.

### 발명의 구성 및 작용

- <38> **바람직한 실시형태의 상세한 설명**
- <39> 먼저, 본 발명의 원리에 대해서 설명한다.
- <40> 투영광학계의 단면(최하부면)으로부터 결상면(기관면)까지의 거리, 즉, 작동거리를  $L$ 로 하고, 작동거리  $L$ 을 채우는 매질의 온도변화의 폭을  $\Delta T$ 로 하고, 이 온도분포  $\Delta T$ 에 기인하는 결상면에 있어서의 파면수차를  $\Delta F$ 로 하고, 매질의 굴절률의 온도계수를  $N$ 으로 하면, 근사적으로 하기 식(1)이 성립한다:
- <41> 
$$\Delta F = L \times |N| \times \Delta T \quad \cdots \text{식(1)}$$
- <42> 매질은, 가능한 한 많이 균일화를 도모하기 위하여 온도가 제어되더라도 온도분포폭(온도변동폭)  $\Delta T$ 가  $0.01^\circ\text{C}$  정도를 지니도록 가정된다. 따라서, 결상면의 파면수차  $\Delta F$ 는 적어도 하기 식(2)로 표시되는 값을 취한다:
- <43> 
$$\Delta F = L \times |N| \times 0.01 \quad \cdots \text{식(2)}$$
- <44> (식 중,  $N$ 은 굴절률의 온도계수값(단위  $1/^\circ\text{C}$ )임).
- <45> 액체와 기체는 굴절률의 온도계수  $N$ 이 크게 다르다. 예를 들면, 공기는  $N = -9 \times 10^{-7}/^\circ\text{C}$ 의 값을 지니고, 물은  $N = -8 \times 10^{-5}/^\circ\text{C}$ 의 값을 지닌다. 물의 값은 공기의 값의 거의 100배이다. 한편, 축소투영노광장치에 있어서의 투영광학계의 작동 거리  $L$ 은 통상 10mm보다 크다. 그러므로, 상기 거리  $L$ 은 즉  $L = 10\text{mm}$ 로 작게 추정되어도, 결상면의 파면 수차  $\Delta F$ 는 다음 식(3)으로 표현된다:
- <46> 매질이 공기인 경우
- <47> 
$$\Delta F = 10\text{mm} \times |-9 \times 10^{-7}/^\circ\text{C}| \times 0.01^\circ\text{C} = 0.09\text{nm}$$

- <48> 매질이 물인 경우
- <49>  $\Delta F = 10\text{mm} \times |-8 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}| \times 0.01^\circ\text{C} = 8.0\text{nm} \quad \dots (3).$
- <50> 그런데, 파장  $\lambda = 193\text{nm}$ 를 지닌 ArF 엑시머 레이저빔을 노광광으로서 이용하는 경우에는, 일반적으로 결상면의 파면수차  $\Delta F$ 는 다음 식(4)의 조건을 만족시키는 것이 바람직하다:
- <51>  $\Delta F < \lambda / 25 \quad \dots (4).$
- <52> 또, 파장  $\lambda = 248\text{nm}$ 를 지닌 KrF 엑시머 레이저빔을 노광광으로서 이용하는 경우에는, 결상면의 파면수차  $\Delta F$ 는 다음 식(5)의 조건을 만족시키는 것이 바람직하다:
- <53>  $\Delta F < \lambda / 30 \quad \dots (5).$
- <54> 작동 거리를 채우는 매질이 물이고, 작동 거리 L이 10mm를 초과하는 것으로 가정하는 경우에는, 매질의 온도변화에 의한 결상면의 파면수차가 실용화하기에는 지나치게 크다.
- <55> 상기 식(2) 및 (4)로부터, 하기 식이 얻어진다:
- <56>  $L < \lambda / (0.25 \times |N|) \quad \dots \text{식}(6).$
- <57> 식(2) 및 (5)로부터, 하기 식이 얻어진다:
- <58>  $L < \lambda / (0.30 \times |N|) \quad \dots \text{식}(7).$
- <59> 상기 식(6) 또는 (7)을 만족하면, 실현가능한 온도안정성(온도 분포)하에 액침 액의 온도변화에 의해서 생기는 파면수차가 노광파장의 1/25 또는 1/30미만으로 억제된 투영광학계를 탑재한 액침노광장치를 얻을 수 있다.
- <60> 이상과 같이, 온도분포폭(온도변동폭)  $\Delta T$ 를 지닌 매질 속을 노광광이 통과할 때 발생하는 파면수차  $\Delta F$ 는 온도분포폭  $\Delta T$ 와 매질 속의 광로 길이 L과의 곱에 의존한다. 따라서, 온도분포폭을 계측함으로써 광로길이 L을 보정할 수 있다. 이것에 의해, 실현가능한 정밀도에서의 액체온도제어에 있어서도, 파면수차가 허용레벨로 억제된 액침노광장치를 제공하는 것이 가능하다.
- <61> 본 발명의 바람직한 실시형태에 대해 이하 설명한다.
- <62> 도 1은 본 발명의 바람직한 실시형태에 의한 투영노광장치의 구성을 개략적으로 도시한 도면이다. 이 경우, 본 발명을 렌즈주사형 투영노광장치에 적용한 예를 설명할 것이지만, 본 발명은 일괄전사형 투영노광장치에도 적용가능하다.
- <63> 본 발명의 바람직한 실시형태에 의한 투영노광장치에 있어서는, 레티클(원판)(10)에 형성된 회로패턴이, 축소투영광학계(2)를 통해서, 감광제가 도포된 웨이퍼(감광성 기판)(44)에 투영됨으로써, 감광제에 잠상패턴이 형성된다. 축소투영광학계(2)는 예를 들면, 물체쪽에는 텔레센트릭계(telecentric system)가 형성된 원형의 결상시야를 지니고, 상쪽에는 텔레센트릭계에 형성된 원형의 상시야를 지닌다. 레티클(10)과 웨이퍼(4)는 축소투영광학계(2)에 대해서 주사구동된다.
- <64> 조명계(60)는, ArF 엑시머 레이저 광원(도시생략)과, 선속 확대기(beam expander)(도시생략), 파리의 눈 렌즈(fly's eye lens)와 같은 광학적 적분기(optical integrator)(4)와, 콜리메이터 렌즈계(8), 레티클 블라인드(광학적 적분기(4) 내에 배치되어 도시생략) 및 릴레이 광학계(광학적 적분기(4) 내에 배치되어 도시생략)를 구비하고 있다. ArF 엑시머 레이저 광원은 193nm의 파장을 지닌 펄스형상을 방출한다. 상기 선속 확대기는 광원으로부터 나오는 펄스광의 단면을 소정 형상으로 정형화한다. 상기 광학적 적분기(4)는 상기 정형화된 펄스광을 수광해서 2차 광원상(1세트의 복수의 광원)을 형성한다. 또, 상기 콜리메이터 렌즈계(8)는 상기 2차 광원상으로부터의 펄스광을 집광해서 균일한 조도분포를 지니는 펄스조명광을 형성한다. 상기 레티클 블라인드는, 주사노광시의 주사방향에 대해서 직교하는 방향으로 긴 변을 지닌 장방형으로 상기 펄스조명광을 정형한다. 상기 릴레이 광학계는, 미러(6) 및 콜리메이터 렌즈계(8)와 연동해서 레티클 블라인드의 장방형의 개구부를 레티클(10)에 결상한다.
- <65> 레티클 스테이지(16)는 상기 레티클(10)을 진공흡인력에 의해 유지한다. 상기 레티클 스테이지(16)는 주사노광 동안 긴 스트로크에 의해 1축 방향으로 일정속도로 이동 가능하다. 또, 상기 레티클 스테이지(16)는 y 방향(1 수평 방향)으로 노광장치의 기동형상 구조체(50) 상에서 주사에 의해 구동된다.
- <66> 레이저 간섭계(14)는 x-y평면에 있어서의 레티클 스테이지(16)의 좌표위치와 그의 경미한 회전어긋남을 연속적



으로 측정한다. 상기 레이저 간섭계(14)는 레티클 스테이지(16)의 일부에 부착된 미러(평면경 또는 코너 경)(12)를 향해서 레이저빔을 방출한다. 상기 레이저 간섭계(14)는 미러에 의해서 반사된 레이저빔을 수광한다. 레티클 스테이지 제어기(20)는 상기 레이저 간섭계(14)에 의해서 측정된 x-y 평면의 좌표 위치에 의거해서 상기 레티클 스테이지(16)를 구동하는 모터(예를 들면, 리니어 모터)(18)를 제어한다. 이 동작에 의해서, 상기 레티클 스테이지(16)의 주사이동이 제어된다.

<67> 레티클(10)의 회로패턴영역의 일부가 정형화된 펄스광으로 조명되어 있을 때, 그 조명된 부분의 회로패턴으로부터 나온 결상광빔이 축소투영광학계(예를 들면, 1/4 축소투영광학계)(2)를 통해서, 웨이퍼(44)에 도포된 감광제(포토레지스트)에 투영됨으로써 회로패턴을 결상한다. 상기 축소투영광학계(2)의 광축은 상기 조명계(60)의 광축과 일치되도록 위치결정된다.

<68> 상기 축소투영광학계(2)는, 복수의 렌즈소자(광학소자)를 구비하고 있다. 이들 렌즈소자는, 예를 들면, 193nm의 파장을 지닌 자외선에 대해서 높은 투과율을 지니는 석영이나 형석과 같은 2종의 재료로 구성될 수 있다. 형석은 주로 정의 파워를 지닌 렌즈소자를 형성하는 데 사용된다. 상기 축소투영광학계(2)의 렌즈소자가 고정된 경통(lens barrel)의 공기는, 질소가스로 치환된다. 이것에 의해서, 193nm의 파장을 지닌 펄스 조명광이 산소에 의해서 흡수되는 것을 피할 수 있다. 상기 광원(4)의 내부로부터 콜리메이터 렌즈계(8)까지의 광로에 관해서도 마찬가지로 질소가스로 치환된다. 또, 다른 실시형태에 있어서는 상기 축소투영광학계는 미러를 포함해도 된다.

<69> 상기 웨이퍼(44)는 Z-틸트 스테이지(52) 상의 웨이퍼 홀더(척(chuck): 도시생략)에 의해서 유지된다. 상기 웨이퍼 홀더는 웨이퍼(44)의 이면을 진공흡착한다. 상기 Z-틸트 스테이지(52)는 축소투영광학계(2)의 광축을 따라서 z 방향으로 병진운동하는 것이 가능하다. 또, 상기 Z-틸트 스테이지(52)는 x-y 평면에 대해서 틸트 운동하고 있는 동안, 광축에 대해서 직교하는 방향으로도 이동하는 것이 가능하다. 상기 Z-틸트 스테이지(52)는 복수(예를 들면, 3개)의 Z액츄에이터(46)를 통해서 X-Y스테이지(48)에 부착된다. 상기 X-Y스테이지(48)는 2차원적으로, 즉 x방향 및 y방향으로 이동가능하다. 상기 Z 액츄에이터(46)는 예를 들면, 압전소자, 보이스 코일 모터 또는 DC모터와 리프트/캠 기구를 조합시켜서 구성될 수 있다.

<70> 모든 Z 액츄에이터(46)가 z방향으로 동일량 Z-틸트 스테이지(52)를 구동하면, Z-틸트 스테이지(52)는, X-Y스테이지(48)에 대해서 평행한 관계를 유지하면서, z 방향(즉, 초점일치를 행하는 방향)으로 병진운동한다. 각각의 Z 액츄에이터(46)가 z방향으로 다른 양만큼 Z-틸트 스테이지(52)를 구동하면, Z-틸트 스테이지(52)의 틸트(경사)량과 틸트방향이 조절된다.

<71> X-Y스테이지(48)는, 복수의 구동 모터에 의해서 2차원적으로 구동된다. 이들 구동 모터는, 예를 들면, 공급나사를 회전시키는 DC 모터 및/또는 비접촉상태에서 구동력을 생성하는 리니어 모터를 포함한다. 웨이퍼 스테이지 제어기(24)는 상기 구동모터를 제어한다. 상기 웨이퍼 스테이지 제어기(24)는 미러(30)의 반사면의 x 및 y 방향에 있어서의 위치의 변화를 측정할 수 있도록 레이저 간섭계(32)에 의해서 측정된 좌표위치를 제시해준다.

<72> 액침노광장치(100)는 투영광학계(2)의 단면과 웨이퍼(44) 사이의 광로를 액체(42)로 채움으로써 노광을 수행한다.

<73> 액체 공급유닛(36)은 상기 액체(42)를 웨이퍼(44)와 투영광학계(2)의 단면 사이의 액침 공간에 공급한다. 액체회수유닛(40)은 상기 액침 공간으로부터 액체(42)를 회수한다.

<74> 상기 액침 공간에 액체를 공급하는 쪽, 예를 들면, 액체공급유닛(36)에는 1개 또는 복수의 공급측 온도센서(34)가 배치된다. 상기 액침 공간으로부터 액체를 회수하는 쪽, 예를 들면, 액체회수유닛(40)에는 1개 또는 복수의 회수측 온도센서(38)가 배치된다. 연산유닛은 Z 액츄에이터 제어기(28)의 내부 또는 외부에 구비되어, 온도센서(34), (38)로부터의 출력에 의거해서 액침 공간에 있어서의 액체(42)의 온도 또는 온도변화를 소수점 이하의 수개의 자리수, 즉 3자리 내지 4자리까지 측정하는 것이 가능하다(단위: °C).

<75> 액체로서는 순수를 가정할 수 있다. 이 경우, 액침 공간에 있어서의 액체(42)의 온도 또는 온도변화에 의거해서, 상기 Z 액츄에이터 제어기(28)는 상기 식( $N = -8 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$ )에 의해 액체의 굴절률의 변화량을 산출한다. 예를 들면, ArF 엑시머 레이저빔( $\lambda = 193\text{nm}$ )을 노광광으로서 이용할 경우, 상기 식(4)로 표현되는 바와 같이, 결상면의 파면수차  $\Delta F$ 를 7.7nm( $\lambda/25$ ) 미만으로 해야한다. 이것을 얻기 위해서, 상기 Z 액츄에이터 제어기(28)는 액체(42)의 온도와 굴절률의 변화량에 의거해서  $\Delta F < 7.7\text{nm}$ 를 만족하는 작동 거리 L을, 상기 식(1)에 의해서 산출한다. 그리고, 상기 Z 액츄에이터 제어기(28)는 산출한 작동 거리 L의 값으로 설정되도록 Z 액츄

에이터(46)의 구동을 제어한다. 따라서, 양호한 결상성능을 얻을 수 있다.

- <76> 즉, 이 실시형태에서는, 액침 공간의 액체의 온도 또는 온도변화를 검지(검지는 연산 처리 등에 의한 추정도 포함)한다. 얻어진 온도 또는 온도변화에 의거해서, 해당 액체의 굴절률 변화에 의해 생긴 파면 수차  $\Delta F$ 가 보정되도록 작동 거리  $L$ 을 조정한다. 또, 액침 공간의 액체(42)의 온도가  $x$ - $y$ 면 내에 있어서 불균일한 경우(전형적으로는, 온도 구배가 검출되는 경우)에는, 그 온도 불균일성에 기인하는 파면수차의 불균일성을 제거하도록 복수의  $Z$  액추에이터(46)를 구동해서  $Z$ -틸트 스테이지의 위치 및/또는 경사를 제어해도 된다. 또, 액체(42)가 흐르는 방향에 있어서의 온도구배에 대해서는, 공급측 온도센서(34)와 회수측 온도센서(38)로부터의 출력에 의거해서 검지하는 것이 가능하다. 또, 다른 온도 불균일성에 대해서는, 온도센서의 개수를 증가하거나, 1차원 또는 2차원의 각 위치의 온도를 측정가능한 온도센서를 사용하거나 함으로써 검지할 수 있다.
- <77> 여기서, 온도센서(34), (38)로서 설명한 온도센서로서는, 써미스터(thermistor)나 백금온도센서 등과 같은 접촉형 센서나, 써모그래피(thermography) 장치 등과 같은 비접촉형 센서 등을 예시할 수 있다. 써미스터나 백금온도센서 등의 접촉형 온도센서는, 액침 공간에 액체를 공급하는 쪽의 위치(예를 들면, 액체공급유닛(36)) 및 액침 공간으로부터 액체를 회수하는 쪽의 위치(예를 들면, 액체회수유닛(40))에 편리하게 위치시킬 수 있다. 써모그래피 장치 등의 비접촉형 온도센서는, 액침 공간의 측면 및 축소투영광학계(2)에 편리하게 위치시켜, 온도분포(전형적으로는 온도구배)를 검지할 수 있다.
- <78> 상기 액침노광장치(100)에서는, 국소액침방식(local fill method)이 채용되고 있으나, 본 발명은 그 밖의 액침 방식에 대해서도 적용가능하다.
- <79> 또, 상기 액침노광장치(100)에서는, 액침 공간 내의 액체의 온도변화에 의거하는 굴절률의 변화에 의한 파면수차(포커스 위치의 변동)를 웨이퍼의 구동에 의해서 보정한다. 또는, 축소투영광학계(2)를 구성하는 광학소자를  $z$  방향 및/또는 틸트(경사)방향으로 구동함으로써 상면을 이동 및/또는 경사지게 해서 파면수차를 보정하는 것도 가능하다. 또한, 액침 공간 내의 액체의 굴절률의 변화는, 포커스 위치를 변동시키고, 게다가, 투영광학계(2)의 투영배율의 변동, 왜곡 등의 각종 수차를 발생시킨다. 이들 수차도, 투영광학계(2)를 구성하는 광학소자나 레티클 스테이지(16)를  $z$ 방향 및/또는 경사 방향으로 구동함으로써 보정하는 것이 가능하다. 즉, 본 발명은 액침 공간의 액체의 온도에 의거해서, 축소투영광학계(2) 내의 광학 소자,  $Z$ -틸트 스테이지(52), 레티클 스테이지(16) 등의 가동부를 구동함으로써, 포커스 위치의 어긋남, 투영배율의 어긋남 및 수차의 적어도 1개를 보정하는 데 이용될 수 있다.
- <80> 이상과 같이 본 실시형태에 의하면, 액침 공간 내의 액체의 온도변화에 기인하는 굴절률의 변화에 의해 생긴 파면수차를 보정하도록 투영광학계(2)의 상면과 웨이퍼면을 일치시킨다. 이것에 의해, 실시간에 포커스 보정을 행하는 것이 가능하다.
- <81> 또, 액침 공간 내의 액체의 온도변화에 기인하는 굴절률의 변화에 의해 감광성 기관에 투영될 패턴의 결상성능(예를 들면, 감광성 기관에 투영되는 패턴에 대한 포커스 위치의 어긋남, 투영배율의 어긋남 및 수차의 적어도 1개)이 악화를 일으킬 수 있다. 본 실시형태에 의하면, 기관을 지지하는 스테이지, 투영광학계를 구성하는 광학소자 및 원판을 지지하는 스테이지의 적어도 1개를  $z$  방향 및/또는 경사 방향으로 구동함으로써 이러한 열화를 억제하는 것이 가능하다.
- <82> 이하에 상기 액침노광장치를 이용한 디바이스의 제조프로세스로서, 대표적으로 반도체제조프로세스를 설명한다.
- <83> 도 2는, 전체적인 반도체 디바이스의 제조 프로세스의 흐름을 표시한 순서도이다. 스텝 1(도면에는 "S1"로 표기함, 이하 마찬가지로)(회로설계)에서는, 반도체 디바이스 회로를 설계한다. 스텝 2(마스크 제작)에서는, 설계한 회로패턴에 의거해서 마스크를 작성한다. 한편, 스텝 3(웨이퍼 제조)에서는, 실리콘 등의 재료를 이용해서 웨이퍼를 제조한다. 전(前)공정이라고 불리는 스텝 4(웨이퍼 프로세스)에서는, 상기 마스크와 웨이퍼를 이용해서 리소그래피에 의해 웨이퍼 위에 실제의 회로를 형성한다. 이어서, 후공정이라고 불리는 스텝 5(조립)에서는, 스텝 4에서 제조된 웨이퍼를 이용해서 반도체칩을 형성한다. 이 공정은, 어셈블리 공정(예를 들면, 다이싱, 본딩)과 패키징 공정(칩밀봉)을 포함한다. 스텝 6(검사)에서는, 스텝 5에서 작성된 반도체 디바이스에 대해 동작확인시험 및 내구성 시험 등의 검사를 행한다. 이들 공정 후에, 스텝 7에서 반도체 디바이스가 완성되어 출하된다.
- <84> 도 3은, 웨이퍼 프로세스의 상세한 흐름을 표시하고 있다. 스텝 11(산화)에서는, 웨이퍼 표면을 산화하고, 스텝 12(CVD)에서는, 웨이퍼 표면에 절연막을 형성하고, 스텝 13(전극형성)에서는 증착법에 의해 웨이퍼 위에 전극을 형성한다. 스텝 14(이온주입)에서는 웨이퍼에 이온을 주입하고, 스텝 15(레지스트 처리)에서는 웨이퍼에

감광제를 도포한다. 스텝 16(노광)에서는 상기 노광장치에 의해 웨이퍼 위에 회로패턴을 전사해서 잠상패턴을 형성하고, 스텝 17(현상)에서는 감광제가 도포된 웨이퍼위에 형성된 잠상 패턴을 현상하고, 스텝 18(에칭)에서는 마스크를 이용해서 현상에 의해 형성된 패턴을 에칭하고, 스텝 19(레지스트 제거)에서는, 에칭 후 남아있는 불필요한 레지스트를 제거한다. 이들 스텝을 반복함으로써, 웨이퍼 위에 다층의 회로패턴이 형성된다.

**<85>** 본 발명의 정신과 범위를 일탈함이 없이 본 발명의 다수의 명백하게 광범위한 다른 실시형태를 행할 수 있으므로, 본 발명은, 첨부된 특허청구범위에 규정된 것을 제외하고 그의 구체적인 실시형태로 한정되지 않는다.

## 발명의 효과

<86> 이상, 본 발명에 의하면, 예를 들면, 용이하게 제어가능한 대상물을 제어함으로써 액체의 온도변화에 기인하는 결상성능의 악화를 높은 정밀도로 억제하는 것이 가능하다.

## 도면의 간단한 설명

<1> 도 1은 본 발명의 바람직한 실시형태에 의한 투영노광장치의 구성을 개략적으로 표시한 도면

◀2▶ 도 2는 전체적인 반도체 디바이스 제조 프로세스의 흐름을 표시한 순서도

<3> 도 3은 웨이퍼 프로세스의 상세한 흐름을 표시한 순서도

#### <4> <도면의 주요부분에 대한 부호의 설명>

<5> 2: 축소투영광학계 4: 웨이퍼

<6>      6, 30: 미러      8: 콜리메이터 렌즈계

<7>      10: 레티클      12: 미러

<8>      14, 32: 레이저 간섭계      16: 레티클 스테이지

<9>      18, 26: 모터      20: 레티클스테이지 제어기

<10>      22: 주제어기      24: 웨이퍼스테이지 제어기

<11>      28: Z액츄에이터 제어기                      34: 공급측 온도센서

<12>      36: 액체공급유닛      38: 회수측 온도센서

<13>      40: 액체회수유닛      42: 액체

<14> 44: 웨이퍼(감광성 기판) 46: Z 액츄에이터

<15>      48: X-Y스테이지      50: 기둥형상 구조체

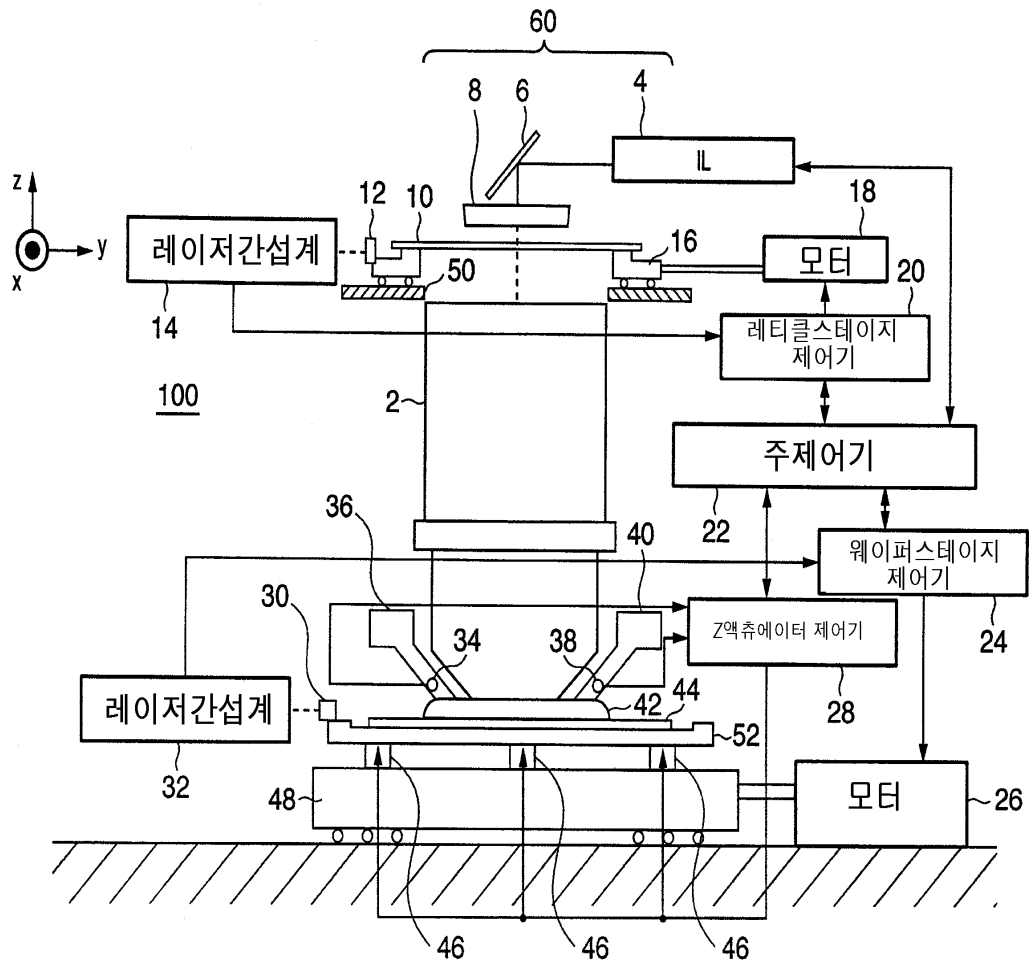
<16> 52: Z-틸트 스테이지 60: 조명계

<17> 100: 액침노광장치

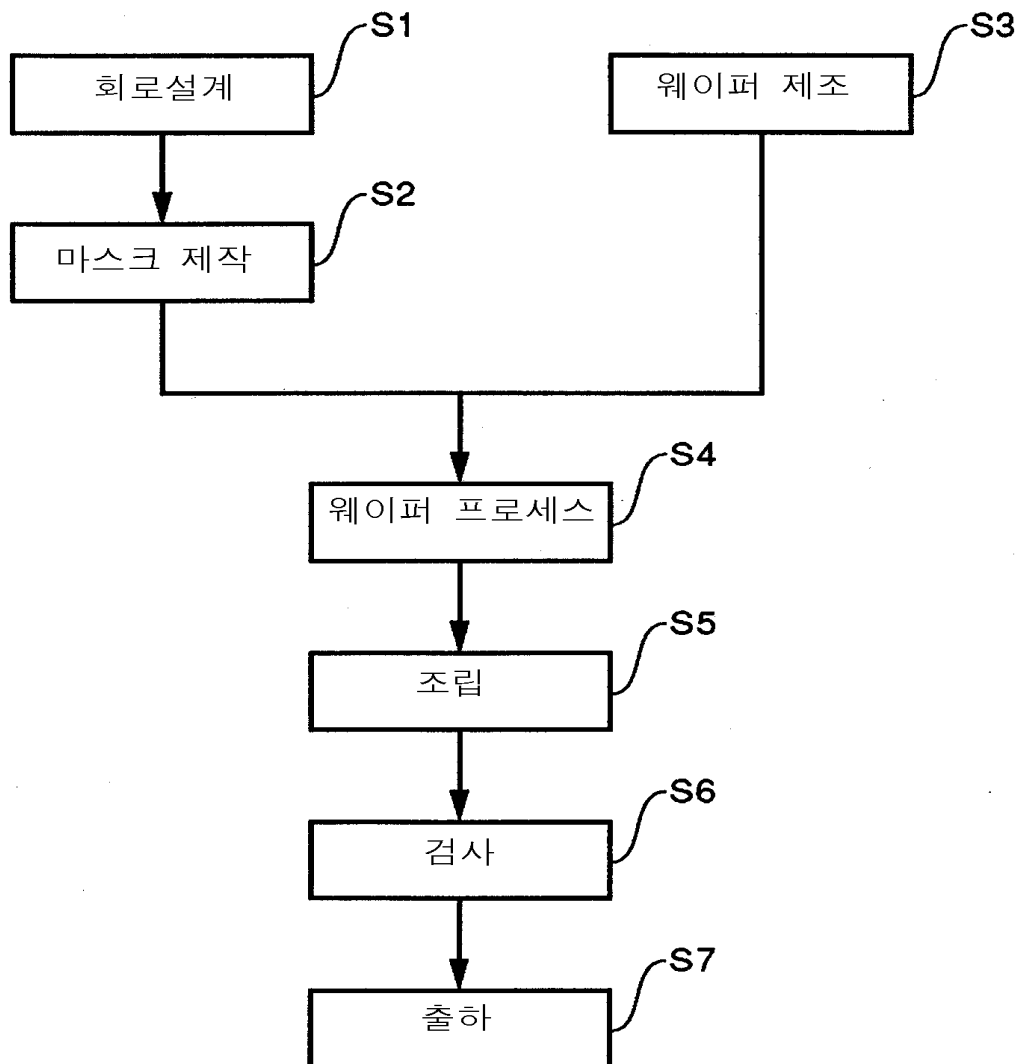


도면

도면1



도면2



도면3

