



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2008년07월28일  
(11) 등록번호 10-0848598  
(24) 등록일자 2008년07월21일

(51) Int. Cl.

H01L 21/027 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2007-0029128

(22) 출원일자 2007년03월26일

심사청구일자 2007년03월26일

(65) 공개번호 10-2007-0098559

(43) 공개일자 2007년10월05일

(30) 우선권주장

JP-P-2006-00095850 2006년03월30일 일본(JP)

(56) 선행기술조사문헌

KR1019990045193 A

KR1019990062954 A

KR1020010040094 A

KR1020010006745 A

전체 청구항 수 : 총 17 항

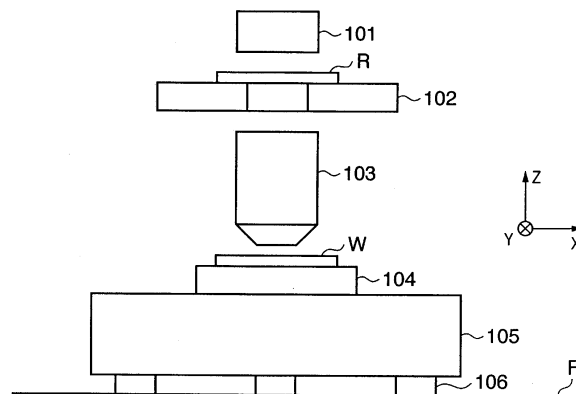
심사관 : 최정식

(54) 스테이지 장치, 그 제어 방법, 노광장치, 및 디바이스제조방법

(57) 요약

스테이지 장치는, 베이스와, 이동 평면으로서 기능을 하는 베이스의 표면 위를 이동할 수 있는 스테이지와, 이동 평면에 대하여 수직인 방향으로 이동하는 질량체를 사용해서 베이스에 관성력을 부여하는 부여 기구를 포함한다. 스테이지가 이동 평면을 따라 이동할 때에 베이스에 발생하는, 이동 평면과 평행한 축 주위의 회전 방향의 힘이 경감되도록, 부여 기구에 있어서의 질량체의 수직방향으로의 이동이 제어된다. 이와 같이 함으로써, 스테이지의 구동 시에 발생하는 구동 반력을, 효과적으로 상쇄하고, 구동 반력의 영향을 저감할 수 있다.

대표도 - 도1



## 특허청구의 범위

### 청구항 1

베이스와,

상기 베이스의 표면 위를 이동가능한 스테이지와,

상기 표면에 수직인 방향으로 이동하는 질량체를 갖고, 상기 질량체의 이동에 의해 상기 베이스에 관성력을 부여하는 제1 부여 수단과,

상기 스테이지의 이동에 의해 상기 베이스에 발생하는, 상기 표면과 평행한 축 주위의 회전 방향의 힘을 경감하도록, 상기 스테이지의 이동에 따라 상기 제1 부여 수단에 있어서의 수직방향으로의 상기 질량체의 이동을 제어하는 제어 수단을 구비한 것을 특징으로 하는 스테이지 장치.

### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 스테이지와 상기 베이스 사이에 형성된 상기 스테이지를 구동하기 위한 평면 모터를 더 구비한 것을 특징으로 하는 스테이지 장치.

### 청구항 3

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 제1 부여 수단은, 수직 방향으로 이동하는 복수의 질량체를 갖는 것을 특징으로 하는 스테이지 장치.

### 청구항 4

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 제어 수단은, 상기 스테이지의 이동에 의해 발생하는, 상기 표면과 평행하고 서로 직교하는 2개의 축의 각각의 축 주위의 회전 방향의 반력을 상쇄하도록 상기 제1 부여 수단에 있어서의 상기 질량체를 구동하는 것을 특징으로 하는 스테이지 장치.

### 청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 제어 수단은, 상기 스테이지의 구동 지령값을 이용해서 상기 질량체의 구동 지령값을 생성하는 것을 특징으로 하는 스테이지 장치.

### 청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 제어 수단은, 상기 베이스의 표면을 따른 방향으로의 상기 스테이지의 추력과, 상기 스테이지의 중력의 중심과 상기 베이스의 중력의 중심 사이의 거리에 의거하여 수직방향으로의 상기 질량체의 추력을 결정하는 것을 특징으로 하는 스테이지 장치.

### 청구항 7

제 5 항에 있어서,

상기 제어 수단은, 상기 스테이지의 현재의 위치, 속도, 가속도로부터 선택된 적어도 어느 하나를 이용해서 상기 질량체의 구동 지령값을 생성하는 것을 특징으로 하는 스테이지 장치.

### 청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 질량체에 중력과 반대 방향으로 힘을 주는 중력 보상 기구를 더 구비한 것을 특징으로 하는 스테이지

장치.

#### 청구항 9

제 3 항에 있어서,

상기 수직방향으로의 상기 복수의 질량체의 추력의 총합이 0이 되는 것을 특징으로 하는 스테이지 장치.

#### 청구항 10

제 1 항에 있어서,

상기 표면과 평행한 방향으로 이동하는 질량체를 갖고, 이 질량체의 이동에 의하여 상기 베이스에 관성력을 부여하는 제2 부여 수단을 더 구비하고,

상기 제어 수단은, 상기 스테이지의 이동에 의해 상기 베이스에 발생하는, 상기 표면과 수직인 축에 관한 회전 방향의 힘을 경감하도록, 상기 스테이지의 이동에 따라 상기 제2 부여 수단에 있어서의 질량체의 이동을 더 제어하는 것을 특징으로 하는 스테이지 장치.

#### 청구항 11

제 10 항에 있어서,

상기 제어 수단은, 상기 스테이지의 이동에 의해 발생하는 상기 표면을 따른 병진력을 상쇄하도록, 상기 제2 부여 수단에 있어서의 질량체의 이동을 더 제어하는 것을 특징으로 하는 스테이지 장치.

#### 청구항 12

제 1 항에 있어서,

상기 베이스는 상기 표면을 따른 방향으로 이동 가능하게 설치되어 있고, 상기 베이스의 이동은 상기 스테이지의 이동에 의해 발생하는 상기 표면을 따른 병진력을 상쇄시키는 것을 특징으로 하는 스테이지 장치.

#### 청구항 13

제 1 항 또는 제 12 항에 있어서,

상기 베이스 내에서 회전이 가능한 질량체를 갖고, 이 질량체의 회전에 의해 상기 표면에 수직인 축 주위의 회전 방향의 힘을 상기 베이스에 부여하는 제3 부여 수단을 더 구비하고,

상기 제어 수단은, 상기 스테이지의 이동에 의해 상기 베이스에 발생하는, 상기 표면에 수직인 축에 관한 회전 방향의 힘을 경감하도록, 상기 스테이지의 이동에 따라 상기 제3 부여 수단에 있어서의 질량체의 회전을 더 제어하는 것을 특징으로 하는 스테이지 장치.

#### 청구항 14

제 1 항에 있어서,

복수의 스테이지가 상기 베이스 위에 설치되고,

상기 제어 수단은, 상기 복수의 스테이지의 이동에 의해 상기 베이스에 발생하는, 상기 표면과 평행한 축 주위의 회전 방향의 합성력을 경감하도록, 상기 복수의 스테이지의 이동에 따라 상기 제1 부여 수단에 있어서의 수직방향으로의 상기 질량체의 이동을 제어하는 것을 특징으로 하는 스테이지 장치.

#### 청구항 15

베이스와, 상기 베이스의 표면 위를 이동 가능한 스테이지와, 상기 표면에 수직인 방향으로 이동가능한 질량체를 갖고, 상기 질량체의 이동에 의해 상기 베이스에 관성력을 부여하는 제1 부여 수단을 구비한 스테이지 장치의 제어방법으로서,

상기 스테이지의 이동에 의해 상기 베이스에 발생하는, 상기 표면과 평행한 축 주위의 회전 방향의 힘을 경감하도록, 상기 스테이지의 이동에 따라 상기 제1 부여 수단에 있어서의 수직방향으로의 상기 질량체의 이동을 제어

하는 제어 공정을 포함한 것을 특징으로 하는 스테이지 장치의 제어방법.

## 청구항 16

노광 광을 발광하는 광원과,

청구항 1에 기재된 스테이지 장치와, 상기 스테이지 장치의 스테이지는 웨이퍼를 탑재해서 이동하는 웨이퍼 스테이지로서 사용되고,

레티클을 탑재하는 레티클 스테이지와,

상기 레티클 스테이지에 탑재되는 레티클 패턴의 상을 상기 웨이퍼 스테이지 상의 웨이퍼 위에 결상하는 광학계를 구비한 것을 특징으로 하는 노광장치.

## 청구항 17

청구항 16에 기재된 노광장치를 사용해서 기관에 패턴을 노광하는 공정과,

상기 노광된 기관을 현상하는 공정을 포함한 것을 특징으로 하는 디바이스 제조방법.

## 청구항 18

삭제

## 명세서

### 발명의 상세한 설명

#### 발명의 목적

#### 발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

- <13> 본 발명은 정확한 위치 결정을 행하는데 적합한 스테이지 장치에 관한 것이다. 특히, 본 발명은, 반도체 노광장치에 사용되고, 웨이퍼 등을 탑재하는 스테이지 장치에 관한 것이다. 또한, 본 발명은, 이러한 스테이지 장치를 사용한 노광장치에 관한 것이고, 또 이 노광장치를 사용해서 반도체 디바이스 등의 디바이스를 제조하는 디바이스 제조 방법에 관한 것이다.
- <14> 반도체 디바이스 등의 디바이스의 제조에 사용되는 노광장치로서는, 스텝·앤드·리피트(step-and-repeat)형의 노광장치(스텝퍼(stepper)라고도 칭함)나, 스텝 앤드 스캔(step-and-scan)형의 노광장치(스캐너(scanner)라고도 칭함)가 대표적으로 사용된다. 스텝·앤드·리피트형의 노광장치는, 기관(예를 들면 웨이퍼 및 글래스 기관)을 스텝 이동시켜 기관 위의 복수의 노광 영역에 원판(레티클 및 마스크 등)의 패턴을 투영 광학계를 통해서 투영해 순차 노광하는 것이 가능하다. 스텝·앤드·스캔형의 노광장치는, 스텝 이동과 주사 노광을 반복해서, 기관 위의 복수의 노광 영역에 노광 및 전사하는 것을 반복한다. 특히, 스텝 앤드 스캔형의 노광장치에 있어서는, 슬릿으로 인해, 사용되는 노광 광이 투영 광학계의 광축에 비교적 가까운 부분에 제한된다. 이 때문에, 정확히 화각이 넓은 미세 패턴을 노광하는 것이 가능하다.
- <15> 도 1은, 일반적인 노광장치의 개략적인 구성을 도시한 도면이다. 바닥(floor) F 위의 제진부(anti-vibration; 106) 위에 베이스(105)가 지지되고, 베이스(105) 위에는 2차원 방향(X 및 Y방향)으로 이동가능한 웨이퍼 스테이지(104)가 지지되어 있다. 도면에 나타나지 않은 본체 지지부재에 의해, 웨이퍼 스테이지(104)의 위쪽에 투영 광학계(103)가 지지되고, 더 나아가서 그 위쪽에 레티클 스테이지(102)가 지지된다. 레티클 스테이지(102)는 레티클 R를 지지하고, 레티클 스테이지(102)의 위쪽에는 노광 광을 공급하기 위한 조명계(101)가 배치되어 있다.
- <16> 이상 설명한 구성에 있어서, 웨이퍼 스테이지(104)는 도면에 나타나지 않은 웨이퍼 반송계로 공급된 웨이퍼 W를 그 위에 탑재하고, 도면에 나타나지 않은 XY 구동기구에 의해 베이스(105)위를 X 및 Y방향으로 이동한다. 노광 동작에 있어서, 웨이퍼 스테이지(104)는 XY 구동기구에 의해 이동되어, 레티클 R에 대한 목표위치(노광 위치)에 웨이퍼 W가 위치 결정된다. 위치 결정된 후, 레티클 R의 상(image)이 웨이퍼 W 위에 프린트된다. 프린트가 끝나면, 웨이퍼 W의 다음 노광 위치가 노광될 수 있도록, 웨이퍼 스테이지(104)가 구동된다. 도 1의 노광장치는, 이상의 스텝을 반복함으로써, 한 장의 웨이퍼 W 전체에 레티클의 상을 프린트한다.

- <17> 상기 설명한 노광장치에 있어서는, 생산성을 향상시키기 위해서 웨이퍼 스테이지(104)의 이동 시간과 노광 시간을 짧게 할 필요가 있다. 웨이퍼 스테이지(104)의 이동 시간을 짧게 하기 위해서는, 이동시의 가속도와 감속도를 증가시켜야 한다. 한편, 후처리 공정의 생산성을 향상시키기 위해서 웨이퍼 W의 직경을 증가시킬 필요가 있고, 이것에 따라 웨이퍼 척 및 웨이퍼 스테이지(104)의 질량의 증가를 증대시킨다.
- <18> 이러한 노광장치에 있어서, 스테이지를 구동하면, 스테이지의 가속도에 따라 관성력의 반력(reaction force)이 생기고, 이 반력이 베이스(105)에 전해지면, 베이스(105)가 진동할 수 있다. 이러한 진동에 의해 노광장치의 기구의 고유진동이 여기되어서 고주파진동이 일으키기 때문에, 고속 및 정확한 위치 결정을 방해할 가능성이 있다. 이 때문에, 이러한 반력에 관한 문제를 해결할 수 있도록 몇 개의 제안이 이루어졌다. 예를 들면, 일본국 공개특허공보 특개평 5-77126A호에 기재된 장치는, 스테이지를 구동하기 위한 리니어 모터의 고정자를 스테이지 베이스와는 독립하여 바닥에서 지지함으로써 반력에 의한 스테이지 베이스의 진동을 방지한다. 또한, 일본국 공개특허공보 특개평 5-121294A호 기재된 장치에 있어서, 웨이퍼 스테이지 및 투영 렌즈를 지지하는 머신 프레임에, 수평방향으로 발생하는 액추에이터의 힘을 이용해서 스테이지의 구동 시에 발생한 반력과 동등한 보상력을 부여해, 반력에 의한 장치의 진동을 경감한다.
- <19> 그렇지만, 상술한 종래의 방법 모두에 있어서는, 스테이지 장치 자체의 진동은 경감될 수 있지만, 스테이지의 구동 시에 발생한 반력은, 직접 바닥에 전달되거나, 혹은 실질적으로 바닥과 일체라고 간주할 수 있는 부재를 통해서 바닥에 전달된다. 이것에 의해 바닥이 진동되어, 노광장치의 주변에 설치된 장치에 진동을 주어, 악영향을 끼칠 가능성이 있다. 보통, 노광장치가 설치된 바닥은 20~40Hz 정도의 고유 주파수를 가지고 있다. 노광장치의 동작에 의해 바닥이 가지는 이러한 고유 주파수의 진동이 여기되었을 경우, 주변의 장치에는 상당한 악영향이 있을 것이다.
- <20> 최근, 스루풋 속도의 향상에 따라 스테이지의 가속도가 증가하고 있고, 또한, 레티클과 기관의 대형화에 따라 스테이지의 질량도 증가하고 있다. 이에 응답해서, "이동부의 질량"  $\times$  "가속도"로 산출되는 구동력이 상당히 커지고, 그 반력도 방대해진다. 이러한 반력의 증대에 따라, 반력이 설치 바닥에 가해진 진동은 무시할 수 없는 문제로 되고 있다.
- <21> 또한, 장치의 대형화도 현저해져, 수많은 제조 장치가 설치되는 제조공장 내에서의 설치 점유 면적의 증대가 문제로 나타나기 시작했다. 또한, 상술한 바와 같은 장치로부터 바닥에 전해지는 진동이 크면, 그 진동의 영향을 다른 장치가 받지 않도록 하기 위해서 장치 간의 거리를 크게 할 필요가 있다. 이렇게, 장치의 대형화 및 장치 간의 거리의 확보에 의해, 각 장치가 사실상 점유하는 면적이 상당히 증대한다.
- <22> 일반적으로, 바닥 F와 베이스(105) 사이에는 제진부(106)가 설치되어 있지만, 반력을 받는 종래의 장치로는 스테이지(104)의 구동시 발생하는 반력이 바닥에 전해지는 것을 회피할 수 없다. 예를 들면, 웨이퍼 스테이지(104)가 XY면 내로 이동할 때 발생하는 X축 및 Y축 주위의 모멘트는 바닥 F에 전달된다.
- <23> 도 2에 나타나 있는 바와 같이, 제진부(106)와 포스트(221)의 조합에 의해, 바닥 F에의 진동의 전달을 저감하는 구성이 제안되어 있다. 도 2에서는, 베이스(105)와 바닥 F 사이에 제진부(106)를 설치하고, 바닥 F와 베이스(105)를 포스트(221)를 통해서 고정함으로써, 베이스(105)의 진동이 바닥 F로 전달되는 것을 저감한다. 그렇지만, 이러한 구성을 가졌다 해도, 스테이지의 구동 시에 생기는 반력이 바닥 F에 전해지는 것을 회피할 수 없다.
- <24> 도 2에 나타나 있는 바와 같이, 질량 m의 웨이퍼 스테이지(104)가 가속도 a로 이동하면, 바닥면에는 평면의 내력  $m \cdot a$ 와 모멘트력(moment force)  $M=L \cdot m \cdot a$ 가 작용한다. 여기에서, 값 L은 이동가능한 스테이지의 중력의 중심위치와 바닥면 간의 거리다. 일반적으로, 바닥면은 평면의 내력에 대한 강성은 크지만, 모멘트력에 대한 강성은 작기 때문에, 상술한 모멘트력:  $M=L \cdot m \cdot a$ 에 의해 바닥 진동이 야기된다. 이 바닥 진동이 그 장치 자체나 주변의 장치에 악영향을 끼친다.
- <25> 본 발명의 출원인은, 스테이지를 지지하는 베이스의 중력의 중심과 스테이지의 중력의 중심이 다른 구동장치에 있어서는, 외부에 전달되는 힘을 경감하는 반력 카운터를 구동장치에 설치하는 것이 유효하다고 생각하고 있다. 그렇지만, 반력 카운터를 구비한 장치에서도, 스테이지의 중력의 중심과 베이스의 중력의 중심이 YZ평면 또는 ZX 평면에서 서로 일치하지 않으면, X축 주위 또는 Y축 주위에 모멘트가 발생하고, 이들이 바닥에 전달된다.
- <26> 스테이지를 지지하는 베이스의 중력의 중심과 스테이지의 중력의 중심이 다른 구동장치에 있어서, 스테이지의 이동 시에 발생하는 모멘트를 경감 또는 상쇄하는 방법으로서, 일본국 공개특허공보 특개평 11-190786A호에 기재된 장치에서는 회전체를 사용하고 있다.

<27> 그러나, 회전체에서는 X축 주위에서 모멘트를 발생시킬 때에, YZ 평면의 Y방향과 Z방향으로 각각 회전체의 직경과 동등의 설치 면적을 확보하는 것이 필요하다. 이 때문에, 어느 쪽이건 1방향으로 제한된 공간에 회전체를 설치할 경우에는, 회전체의 직경에 제한이 있다. 이 경우, 직경이 작은 회전체로 필요한 모멘트를 발생시켜야 한다. 직경이 작은 회전체로 큰 모멘트를 발생시키기 위해서는, 작은 관성 모멘트가 큰 각 가속도를 요구하기 때문에 회전속도가 상당히 커진다. 일반적으로, 모터에는 속도의 제한이 있고, 또한 작은 체적의 모터를 고속 회전시키기 위해서 큰 전류를 흘려보내면, 발열도 상당히 커져 버린다. 또한, 회전체의 중력의 중심이 회전축과 완전히 일치하지 않으면, 고속 회전 시에 고주파수의 진동이 발생한다고 하는 문제도 생긴다.

### 발명이 이루고자 하는 기술적 과제

<28> 본 발명은, 상기의 과제를 감안하여 이루어진 것으로서, 스테이지의 구동 시에 발생하는 구동 반력을 효과적으로 상쇄하여, 구동 반력의 영향을 저감하는 것을 목적으로 한다. 특히, 본 발명은, 스테이지의 구동 시에 발생하는 구동 평면과 평행한 축을 중심으로 모멘트 반력을 상쇄 또는 그 영향을 저감 가능하게 하는 것을 목적으로 한다.

### 발명의 구성 및 작용

- <29> 본 발명의 일 국면에 따른 스테이지 장치는,
- <30> 베이스와,
- <31> 상기 베이스의 표면 위를 이동할 수 있는 스테이지와,
- <32> 상기 표면과 수직인 방향으로 이동하는 질량체를 갖고, 상기 질량체의 이동에 의해 상기 베이스에 관성력을 부여하는 제1 부여 수단과,
- <33> 상기 스테이지의 이동에 의해 상기 베이스에 발생하는, 상기 표면과 평행한 축 주위의 회전 방향의 힘을 경감하도록, 상기 스테이지의 이동에 따라 상기 제1 부여 수단에 있어서의 상기 질량체의 수직방향으로의 이동을 제어하는 제어 수단을 구비한다.
- <34> 또한, 본 발명에 따르면, 상술한 스테이지 장치의 제어방법, 상술한 스테이지 장치를 이용하는 노광장치, 및 상기 노광장치를 이용하는 디바이스의 제조방법이 제공된다.
- <35> 본 발명의 다른 특징들은, 첨부도면을 참조하여 이하에 설명한 예시적인 실시 예로부터 분명해질 것이다.
- <36> 이하, 본 발명의 바람직한 실시 예를 첨부도면을 참조하면서 상세히 설명한다.
- <37> <제1 실시 예>
- <38> 도 3은, 본 실시 예에 따른 주사형 노광장치의 개략적인 구성을 도시한 도면이다. 레티클 스테이지(301)를 지지하는 레티클 베이스(302)는, 바닥면 F에 직접 고정되는 지지 프레임(303)에 의해 지지된다. 레티클 스테이지(301) 상의 레티클을 통해서 웨이퍼 스테이지(304) 상의 웨이퍼 W를 노광하는 노광 광은 파선으로 표시된 광원 장치(305)로부터 발생한다. 프레임(306)은 레티클 스테이지(301)와 웨이퍼 스테이지(304) 사이에서 투영 광학계(307)를 지지한다. 참조번호 308은 레티클 스테이지(301)를 가속 및 감속하는 리니어 모터의 고정자다. 레티클 스테이지(301)는 레티클 베이스(302) 위를 이동한다. 기반(foundation bed; 311)은 바닥 F에 고정되고, 기반(311) 위에는 베이스(312)가 고정된다. 웨이퍼 스테이지(304)는 베이스(312) 위를 이동한다.
- <39> 웨이퍼 스테이지(304)는, 레티클 스테이지(301)와의 동기 주사를 실현하는 구동부를 갖는다. 레티클 스테이지(301)와 웨이퍼 스테이지(304)의 주사 구동중, 각각의 위치는 간섭계 309 및 310에 의해 계속적으로 검출되고, 레티클 스테이지(301)와 웨이퍼 스테이지(304)의 구동부에 각각 공급된다. 이것에 의해 그들의 주사 시작 위치를 정확하게 동기시키는 동시에, 정속(constant-speed) 주사 영역의 주사 속도를 정밀하게 제어할 수 있다.
- <40> 도 4는 본 실시 예에 따른 스테이지 장치의 주요부의 개략적인 구성을 나타내는 사시도다. 도 4에 있어서는, 스테이지 장치로서 설명될 수 있도록, 스테이지 및 베이스 등의 부재에 새로운 참조번호를 사용하고 있다. 도 4에 나타난 스테이지 장치를 도 3에 나타난 웨이퍼 스테이지계에 적용했을 경우, 스테이지(1)는 예를 들면 도 3의 웨이퍼 스테이지(304)에 대응하고, 베이스 5는 베이스 312에 대응하며, 바닥 8은 기반(311) 및 바닥 F에 대응한다. 좌표계는, 베이스 5의 상면의 수평면 내에 XY축이 있고, XY축과 직교하는 방향에 Z축이 있도록 정의된다. 스테이지(1)는 구동 평면으로서 기능을 하는 베이스 5의 상면을 이동한다.



- <41> 바닥 8 위에는 베이스 5가 고정되고, 에어 슬라이드를 통해서 스테이지(1)가 베이스 5의 상면을 따라 X 및 Y 방향으로 2자유도로 자유롭게 이동할 수 있도록 지지되어 있다. 스테이지(1)는 스테이지 액추에이터(2)와 연결되어 있다. 스테이지 액추에이터(2)는 평면 펄스 서보 모터(평면 모터)이고, 베이스 5의 상면에 설치된 빗살 사이에서 자기회로를 구성하여, 스테이지(1)의 추력(thrust)을 발생한다. 이 때문에, 스테이지(1)의 이동에 의한 반력(이하, 이동 반력이라고 칭함)이 베이스 5에 전달된다.
- <42> 베이스 5는, 그 내부에 반력 카운터(질량체) 3-1~3-4(이하, 반력 카운터 3-1~3-4를 총칭하는 경우에는 반력 카운터 3이라고 기재한다)를 갖는다. 반력 카운터 3은, 반력 카운터 액추에이터(4)에 의해, 베이스 5의 내부에서, 베이스 5의 상면과 수직인 방향인 Z방향으로 이동 가능하게 배치되어 있다. 반력 카운터 액추에이터(4)는, 베이스 5에 의해 지지되어 있다. 한편, 본 실시 예에서는, 베이스 5의 내부에, FL 반력 카운터(3-1), FR 반력 카운터(3-2), BL 반력 카운터(3-3), 및 BR 반력 카운터(3-4)가 설치되어 있다. 상기한 바와 같이, 각각의 반력 카운터 3은 베이스 5에 연결된 반력 카운터 액추에이터(4)에 의해 Z방향으로 구동되기 때문에, 반력 카운터 3의 이동 반력은 베이스 5에 전달된다.
- <43> 일반적으로, 반력 카운터 3의 추력 축이 YZ 평면에서 보아도 ZX 평면에서 보아도 베이스 5의 중력의 중심에 없을 때에, 반력 카운터 3을 Z 방향으로 구동시킴으로써, YZ 평면 및 ZX 평면 양쪽에 모멘트를 발생시킬 수 있다. 따라서, 3개 이상의 반력 카운터 3이 있는 경우와, 그들 각각의 추력 축이 XY 평면에서 봐서 1직선 위에 없고, 또 YZ 평면 및 ZX 평면에서 봐서 베이스의 중력의 중심에 없는 경우, X축과 Y축 주위의 양쪽에 임의의 크기의 모멘트를 발생시킬 수 있다. 즉, 스테이지(1)의 이동에 의해 베이스 5에서 베이스 5의 표면과 평행한 축 주위의 회전 방향으로 발생하는 힘을 경감하도록 스테이지(1)의 이동에 따라 카운터 3(질량체)의 수직방향으로의 이동을 제어할 수 있다. 따라서, 반력 카운터 3의 Z축 방향의 구동에 의해, XY 평면 내에서의 스테이지(1)의 임의의 구동에 의해 발생하는 X축 주위의 모멘트와 Y축 주위의 모멘트의 양쪽을 동시에 경감 또는 상쇄하는 것이 가능하다. 본 실시 예에서는, 스테이지(1)의 이동 시에 생긴, 베이스 5로부터 바닥 8로 전해지는 모멘트를, 4개의 반력 카운터 3을 사용해서 경감시켜, 스테이지의 구동 반력을 경감시킨다.
- <44> 이하, 도 5를 참조해서 Z방향으로 반력 카운터 3을 구동함으로써 스테이지의 구동 반력에 의해 생긴 모멘트를 경감 또는 상쇄하는 방법의 원리를 설명한다.
- <45> 스테이지(1)가 X방향으로  $F_{x\_stg}$ 의 추력에 의해 이동될 때, Y축 시계방향 회전을 정(positive)으로 한 모멘트의 균형을 고려한다. 도 5에 있어서, 스테이지(1)의 추력 축(2a)과 스테이지의 중력의 중심(1a) 간의 거리를  $L_{z\_stg}$ 이라고 한다. 추력 축(2a)과 베이스 5의 중력의 중심(5a) 간의 거리를  $L_{z\_base}$ 라고 한다. 또한, 스테이지(1)가 베이스 5에 주는 모멘트  $F_{x\_stg} \times L_{z\_stg}$ 을  $Q_{y\_stg}$ 라고 하고, 스테이지의 추력의 반력에 의해 베이스에 발생하는 모멘트  $F_{x\_stg} \times L_{z\_base}$ 를  $Q_{y\_base}$ 라고 하며, 반력 카운터 3이 베이스에 주는 모멘트를  $Q_{y\_cnt}$ 라고 한다.
- <46> 스테이지(1)의 추력 축(2a)과 스테이지(1)의 중력의 중심(1a) 간의 거리  $L_{z\_stg}$ 을 사용하여, 스테이지(1)의 내부의 모멘트의 균형을, 다음의 식(1)으로 표현한다.
- <47>  $Q_{y\_stg} - F_{x\_stg} \cdot L_{z\_stg} = 0 \quad \dots(1)$
- <48> 베이스 5에서의 모멘트의 균형은, 추력 축(2a)과 베이스 5의 중력의 중심(5a) 사이의 거리  $L_{z\_base}$ 를 사용하여, 다음의 식(2)으로 표현된다.
- <49>  $Q_{y\_base} - F_{x\_stg} \cdot L_{z\_base} - Q_{y\_stg} + Q_{y\_cnt} = 0 \quad \dots(2)$
- <50> 여기에서,  $Q_{y\_base}=0$ 을 달성하기 위한, 즉, 바닥에의 모멘트(Y축 주위의 모멘트)의 전달을 없애기 위한, 반력 카운터 3에 의해 발생되어야 할 모멘트는 다음과 같이 계산된다.
- <51>  $Q_{y\_cnt} = F_{x\_stg} \cdot (L_{z\_stg} + L_{z\_base}) \quad \dots(3)$
- <52> 마찬가지로, X축 주위의 모멘트가 바닥에 전달되지 않도록 반력 카운터 3에 의해 발생되어야 할 모멘트는 다음 식(4)과 같이 계산된다.
- <53>  $Q_{x\_cnt} = F_{y\_stg} \cdot (L_{z\_stg} + L_{z\_base}) \quad \dots(4)$
- <54> 여기에서,  $L_z = L_{z\_stg} + L_{z\_base}$ 로 해서, 도 6에 나타나 있는 바와 같이, 4개의 반력 카운터 3-1~3-4(의 각 중력의 중심)가 베이스 5의 중력의 중심(5a)으로부터 X방향으로 위치  $L_x$ 에 배치되고, Y방향으로 위치  $L_y$ 에 배치되는 구성을 생각한다. FL 반력 카운터(3-1), FR 반력 카운터(3-2), BL 반력 카운터(3-3), 및 BR 반력 카운터(3-

4)의 각각의 Z방향의 추력을 Ff1, Ffr, Fbl, 및 Fbr이라고 한다.

<55> 이 경우, Y축 주위의 모멘트의 균형은, 식(3) 및 식(4)에 근거해 다음과 같이 나타낸다.

<56> 
$$(Ffr+Ff1-Fbr-Fbl) \cdot Lx = Fx\_stg \cdot Lz \quad \dots(5)$$

<57> 마찬가지로, X축 주위의 모멘트의 균형은 다음과 같이 나타낸다.

<58> 
$$(Ffr+Fbr-Ff1-Fbl) \cdot Ly = Fy\_stg \cdot Lz \quad \dots(6)$$

<59> 또한, 반력 카운터는 바닥에 힘의 성분 z가 전달되지 않도록 하는 것도 중요하기 때문에, 4개의 반력 카운터의 Z방향의 추력의 합계가 0이 되도록 다음의 식(7)의 조건 하에서 구동이 발생한다.

<60> 
$$Ffr + Ff1 + Fbr + Fbl = 0 \quad \dots(7)$$

<61> 반력 카운터가 4개 있기 때문에, 추력의 자유도는 4이고, 만족시켜야 할 조건식은 3개(식(5)~ (7))이므로, 이들을 만족시키면서 반력 카운터 3을 구동하는 방법은 무한으로 존재하게 된다. 이것의 일례를 하기에 나타낸다. 한편, 이하의 예에서는, 간략화를 위해, Fx\_stg을 Fx로, Fy\_stg을 Fy로 기재하고 있다.

<62> 
$$Ff1 = (LyFx + LxFy) \cdot Lz/4LxLy$$

<63> 
$$Ffr = -(LyFx-LxFy) \cdot Lz/4LxLy$$

<64> 
$$Fbl = (LyFx - LxFy) \cdot Lz/4LxLy$$

<65> 
$$Fbr = -(LyFx + LxFy) \cdot Lz/4LxLy \quad \dots(8)$$

<66> 이상의 수식을 만족시키도록 제어기(9)가 반력 카운터 액추에이터(4)를 제어한다. 한편, 반력 카운터 액추에이터(4)로서는 리니어 모터, 펄스 모터, 에어 액추에이터 등이 사용될 수 있다.

<67> 또한, 지구상에서는 중력이 있기 때문에, 중력(G-force)을 g, 반력 카운터 3의 중량을 M\_cnt라고 하면, 반력 카운터에는 항상 -M\_cnt · g의 힘이 Z방향으로 가해지 된다. 이 힘의 크기는 일정하기 때문에, 이것을 보상하는 기구를 설치함으로써, 반력 카운터 액추에이터(4)는 반력 카운터 3을 이동시키기 위해서 필요한 추력만을 발생시켜야 한다. 중력 보상 기구로서는, 공기압, 유압, 자석, 용수철 등이 사용될 수 있다.

<68> 또한, 도 4 및 도 6에 나타나 있는 바와 같이, 반력 카운터 3을 배치하고, 상기 식 (8)로 나타낸 추력으로 반력 카운터 3을 구동할 경우, 서로 대각으로 배치된 반력 카운터의 추력은 같지만, 방향은 반대로 되어 있다. 따라서, FL 반력 카운터(3-1)와 BR 반력 카운터(3-4)뿐만 아니라 FR 반력 카운터(3-2)와 BL 반력 카운터(3-3)를 와이어 등으로 연결하고 상부 위치로부터 그들을 매달아서, 중력을 상쇄할 수 있다. 혹은, 유압 또는 공기압 실린더 등과 연결해서 아래에서부터 지지하는 것으로 중력을 상쇄하는 것도 가능하다.

<69> 도 12는, 반력 카운터의 중력 보상 기구의 일례를 나타낸다. 베이스 5에 삽입된 반력 카운터 3에 있어서, 질량체 10 및 11은 반력 카운터 액추에이터(4)에 의해 상하로 구동된다. 중력 보상 기구는, 예를 들면 파이프 122와 연결되는 에어 실린더(121)로 구성된다. 물론, 실린더는 유압식 등의 액체를 사용한 실린더일 수 있다. 또한, 예를 들면, 에어 실린더 대신에, 에어 혹은 액체로 채워진 코니스(cornice) 구조를 사용할 수도 있다.

<70> 또한, 스테이지가 Z방향으로도 힘 Fz를 발생시킬 경우, -Fz/4의 힘을 각 반력 카운터가 균등하게 발생시킴으로써 모멘트에 관한 균형을 유지하면서 Z방향의 힘도 상쇄할 수 있다. 이것을 이하의 수식으로 나타낸다.

<71> 
$$Ff1 = (LyFx+LxFy)Lz/4LxLy-Fz/4$$

<72> 
$$Ffr = -(LyFx-LxFy)Lz/4LxLy-Fz/4$$

<73> 
$$Fbl = (LyFx-LxFy)Lz/4LxLy-Fz/4$$

<74> 
$$Fbr = -(LyFx+LxFy)Lz/4LxLy-Fz/4 \quad \dots (9)$$

<75> 상기에 의하면, 바닥 등 외부 부재에의 모멘트의 전달이 어느 정도 허용될 경우에, 모멘트를 완전하게 상쇄하기 위해 필요한 추력보다 크거나 작은 추력으로 할 수 있다. 따라서, 외부에 전달되는 모멘트를 허용되는 범위 내에 있도록 억제하면서, 반력 카운터의 스트로크(stroke) 중심을 향하는 방향의 힘을 발생시킨다. 즉, 스트로크 엔드를 향하는 방향의 힘을 필요한 추력보다 작게 하고, 스트로크 엔드로부터 멀어지는 방향의 힘을 필요한 추력보다 크게 함으로써, 반력 카운터의 Z방향의 스트로크를 짧게 할 수 있다.

<76> 도 7은, 스테이지 액추에이터(2) 및 반력 카운터 액추에이터(4)와 관련된 제어기(9)의 제어 구성의 일례의 블록



도다. 장치 제어부(91)는 해당 노광장치의 전체를 제어하고, 노광 처리를 위한 스테이지(1)의 위치를 지시하는 스테이지 위치 지령값을 발생한다. 스테이지 제어기(92)는, 스테이지 위치 지령값과 스테이지 액추에이터(2)로부터의 피드백 신호에 의거하여 스테이지(1)의 구동에 필요한 추력을 산출함으로써 스테이지 추력 지령값( $F_x$ ,  $F_y$ )을 생성하고, 이것을 스테이지 액추에이터(2)에 보낸다. 스테이지 액추에이터(2)는 스테이지 추력 지령값에 따라 스테이지(1)를 구동한다.

<77> 반력 카운터 위치 지령값 생성부(93)는, 장치 제어부(91)가 발생한 스테이지(1)의 위치 지령값에 의거하여 반력 카운터 3의 위치 지령값을 생성한다. 반력 카운터 위치 지령값 생성부(93)는, 스테이지 위치 지령값, 반력 카운터 3과 중력의 중심 5a 사이의 거리( $L_x$ ,  $L_y$ ), 카운터의 중량( $M_{cnt}$ ), 및 스테이지(1)의 중량에 의거하여 반력 카운터 3의 위치 지령값을 생성한다. 반력 카운터 제어기(95)는, 반력 카운터 위치 지령값 생성부(93)가 생성한 위치 지령값과 반력 카운터 액추에이터(4)로부터의 피드백 신호에 의거하여 반력 카운터 3의 추력 지령값을 생성한다. 반력 카운터 추력 지령값 생성부(94)는, 스테이지 제어기(92)가 발생한 스테이지 추력 지령값( $F_x$ ,  $F_y$ )과, 반력 카운터 3과 중력의 중심 5a 사이의 거리( $L_x$ ,  $L_y$ )에 의거하여 반력 카운터의 추력 지령값을 생성한다. 반력 카운터 제어기(95) 및 반력 카운터 추력 지령값 생성부(94)로부터 출력되는 추력 지령값은 합성되어, 반력 카운터 액추에이터(4)에 공급된다. 반력 카운터 액추에이터(4)는, 이 합성된 추력 지령값에 의거하여 반력 카운터 3을 구동한다. 이렇게 해서, 상기 식(8)에 나타낸  $F_{fl}$ ,  $F_{fr}$ ,  $F_{bl}$ , 및  $F_{br}$ 을 반력 카운터 3에서 발생시킨다. 반력 카운터 액추에이터(4)의 추력 지령값은, 스테이지 위치 지령값만으로부터 생성되도록 설정되어도 되고, 스테이지 추력 지령값의 단부로부터 생성되도록 설정되어도 된다. 즉, 반력 카운터 액추에이터(4)의 추력 지령값은, 스테이지(1)의 현재의 위치, 속도, 및 가속도 중 어느 하나 또는 그 이상을 이용해 생성된다.

<78> 식(9)을 채용하는 경우에는, 반력 카운터 추력 지령값 생성부(94)는 스테이지 제어기(92)로부터  $F_z$ 를 수신해서, 추력 지령값을 생성한다. 이렇게 해서, 반력 카운터의 위치와 추력에 의해 스테이지(1)의 반력을 상쇄하는 동시에, 구동범위가 결정된 스트로크 내에 있도록, 반력 카운터를 구동한다.

<79> 이상과 같이, 제1 실시 예에 의하면, 스테이지(1)의 이동에 의해 X축 및 Y축 주위(스테이지(1)의 이동 평면과 평행한 축 주위)의 회전 방향으로 베이스 5에 발생하는 힘을 경감하도록, 스테이지(1)의 이동시에 반력 카운터 3이 수직방향으로 이동된다. 이 때문에, 스테이지(1)의 이동 시에 베이스 5에 생기는 X축 및 Y축 주위의 회전력이 상쇄 혹은 경감되어, 바닥에 전달되는 진동이 저감된다.

<80> <제2 실시 예>

<81> 제1 실시 예에서는, 스테이지(1)의 이동에 의해 생기는 X축 및 Y축 주위의 모멘트를 상쇄하는 동시에, Z방향에 가해진 반력을 상쇄할 수 있는 구성에 대해 설명했다. 제2 실시 예에서는, 스테이지(1)의 구동 시에 생기는 X방향 및 Y방향의 병진력을 상쇄하는 구성(스테이지(1)의 이동에 의해 발생하는 베이스 5의 상면을 따른 병진력을 상쇄하는 구성)을 더한다. 또한, 제2 실시 예에서는, Z축 주위의 모멘트를 상쇄하는 구성(즉, 베이스 5에서 발생하는, 베이스 5의 상면에 수직인 축에 관한 회전방향의 힘을 경감하는 구성)을 더한다.

<82> 도 8은 제2 실시 예에 따른 반력 카운터의 레이아웃의 예를 도시한 도면이다. 제2 실시 예에서는, 베이스 5가 그 내부에 4종류의 반력 카운터를 갖는다. 반력 카운터 3-1~3-4은, 제1 실시 예에서 설명한 것 같이, Z방향으로 이동가능하고, X축 주위의 모멘트와 Y축 주위의 모멘트를 상쇄할 뿐만 아니라, Z방향의 힘도 상쇄한다. XF 반력 카운터(질량체)6-1 및 XB 반력 카운터(질량체) 6-2는, 각각 X방향으로 이동가능하고, 스테이지(1)의 구동 시에 생기는 X 병진력을 상쇄한다. YL 반력 카운터(질량체)6-3 및 YR 반력 카운터(질량체)6-4는, 각각 Y방향으로 이동가능하고, 스테이지(1)의 구동 시에 생기는 Y 병진력을 상쇄한다. WZL 반력 카운터(질량체)6-5 및 WZR 반력 카운터(질량체)6-6은, 각각 Y방향으로 이동가능하고, 스테이지(1)의 구동 시에 생기는 Z축 주위의 모멘트를 상쇄한다.

<83> 여기에서, X 방향의 스테이지(1)의 추력을  $F_{x\_stg}$ 이라고 하고, Y방향의 추력을  $F_{y\_stg}$ 이라고 하며, 베이스 5의 중력의 중심(5a)을 원점으로 한 스테이지(1)(중력의 중심 1a)의 XY 좌표를 ( $X_{stg}$ ,  $Y_{stg}$ )이라고 한다. WZL 반력 카운터(6-5) 및 WZR 반력 카운터(6-6)의 Y 좌표(중력의 중심위치)를  $Y_{wzl}$ ,  $Y_{wzr}$ 라고 한다. XF 반력 카운터(6-1) 및 XB 반력 카운터(6-2)의 X 방향의 추력의 합계를  $F_{x\_cntx}$ 라고 하고, YL 반력 카운터(6-3) 및 YR 반력 카운터(6-4)의 Y 방향의 추력의 합계를  $F_{y\_cnty}$ 라고 한다. 또한, WZL 반력 카운터(6-5)의 Y 방향의 추력을  $F_{y\_cntwzl}$ 이라고 하고, WZR 반력 카운터(6-6)의 Y방향의 추력을  $F_{y\_cntwzr}$ 이라고 한다. 그러면, 각각의 반력 카운터에 의해 발생하는 추력은 다음과 같이 표현될 수 있다.

<84>  $F_{x\_cntx} = F_{x\_stg}$

- <85>  $Fy\_cnty = Fy\_stg$
- <86>  $Fy\_cntwzr = (Fx\_stg \cdot Ystg - Fy\_stg \cdot Xstg) / 2Ywz1$
- <87>  $Fy\_cntwzr = (Fx\_stg \cdot Ystg - Fy\_stg \cdot Xstg) / 2Ywzr \quad \dots(10)$
- <88> FL 반력 카운터(3-1), FR 반력 카운터(3-2), BL 반력 카운터(3-3), 및 BR 반력 카운터(3-4)의 추력은, 제1 실시 예(식(8) 혹은 식(9))와 같다.
- <89> 즉, 제어기(9)는, XF 반력 카운터(6-1) 및 XB 반력 카운터(6-2)의 X방향의 추력의 합계를 식(10)의  $Fx\_cntx$ 로 제어함으로써 스테이지(1)의 이동에 의해 발생하는 X방향의 병진력을 상쇄한다. 또한, YL 반력 카운터(6-3) 및 YR 반력 카운터(6-4)의 Y방향의 추력의 합계를 식(10)의  $Fy\_cnty$ 로 제어함으로써, 스테이지(1)의 이동에 의해 발생하는 Y방향의 병진력을 상쇄한다. WZL 반력 카운터(6-5)의 Y방향의 추력을 식(10)의  $Fy\_cntwzl$ 로, WZR 반력 카운터(6-6)의 Y방향의 추력을 식(10)의  $Fy\_cntwzr$ 로 제어함으로써 스테이지(1)의 이동에 의해 발생하는 Z축 주위의 회전력(모멘트)을 상쇄한다.
- <90> 이상과 같이, 제2 실시 예에 의하면, 제1 실시 예의 효과뿐 아니라, 스테이지(1)의 구동 시에 발생하는 XY 평면 내의 병진력과 Z축 주위의 모멘트를 상쇄할 수 있다.
- <91> <제3 실시 예>
- <92> 다음에, 제3 실시 예를 설명한다. 제3 실시 예에서는, 스테이지(1)의 이동에 의해 발생하는 병진력의 상쇄 시에 반력 카운터를 사용하지 않는다. 또한, 스테이지(1)의 이동에 의해 발생하는 Z축 주위의 모멘트를 베이스 5 내에 배치된 로터를 이용해서 상쇄한다. 로터는 원반형의 질량체이며, 고정자가 베이스 5에 고정되고, 로터(회전자)가 베이스 5의 내부에 설치되어서 회전하는 구성으로 되어 있다.
- <93> 우선, 베이스 5는 바닥 8에 대향해서 X 및 Y방향으로 자유롭게 이동할 수 있게 구성되어 있어, 스테이지(1)의 이동에 의해 X방향의 힘  $Fx$ 와 Y방향의 힘  $Fy$ 이 베이스 5에 전달되어 베이스 5가 이동함으로써 힘이 바닥으로 전달되는 것을 방지할 수 있다.
- <94> 즉, 베이스 5는 2차원적으로 이동 가능하도록 지지되어, 스테이지(1)의 추력의 반력이 가해질 때 베이스가 이동한다. 바닥에 지지되는 이동 불가능한 부재에 측정기(예를 들면, 레이저 간섭계)를 설치해서, 바닥 좌표계를 기준으로 사용해서 스테이지(1)의 위치를 측정함으로써 베이스 5가 이동해도 정확한 측정에 의해 정확한 위치 결정이 가능해진다. 또한, 베이스 5가 이동하기 때문에, 스테이지(1)는 베이스 5의 가속도와 동등의 여분의 출력을 필요로 한다.
- <95> 바닥 좌표계로부터 본 상술한 스테이지(1)와 베이스 5 간의 가속도의 관계는 다음의 (11a)와 같다.
- <96>  $Fx\_base = Fx\_stg$
- <97>  $m\_base \cdot Acc\_base = m\_stg(Acc\_stg + Acc\_base) \quad \dots(11a)$
- <98> 상기 식에 있어서,  $Acc\_base$ 와  $Acc\_stg$ 은 각각 바닥 좌표계로부터 본 베이스 5와 스테이지(1)의 가속도의 절대치다.
- <99> 베이스 5가 이동하기 때문에, 스테이지(1)에 필요한 추력은 스테이지(1)와 베이스 5 간의 상대 속도이다. 즉, 스테이지(1)가 바닥 좌표계로부터 봐서  $Acc\_stg$ 에서 이동할 때 발생하는 반력에 의해 베이스 5에 생긴 가속도는, 다음과 같다.
- <100>  $Acc\_base = Acc\_stg \cdot m\_stg / (m\_base - m\_stg) \quad \dots(11b)$
- <101> 베이스 5의 내부에는 반력 카운터와 로터가 배치된다. 반력 카운터는, 제1 실시 예와 마찬가지로, Z방향으로 이동가능한 X축 주위의 모멘트와 Y축 주위의 모멘트를 상쇄하는 것이며, FL 반력 카운터(3-1), FR 반력 카운터(3-2), BL 반력 카운터(3-3), 및 BR 반력 카운터(3-4)를 포함한다. 또한, 베이스 5는 4개의 로터, 즉 FL 로터(질량체)7-1, FR 로터(질량체)7-2, BL 로터(질량체)7-3, 및 BR 로터(질량체)7-4을 포함함으로써, 이들 로터의 회전에 의해 베이스 5에 Z축 주위의 모멘트를 발생시키는 것이 가능하다. 제3 실시 예에서는, 스테이지(1)의 이동에 의해 베이스 5에 생기는 X축 주위의 모멘트와 Y축 주위의 모멘트는 Z방향으로 구동되는 반력 카운터 3-1~3-4에 의해 상쇄 또는 경감된다. 스테이지(1)의 이동에 의해 베이스 5에 생기는 Z축 주위의 모멘트는 로터 7-1~7-4에 의해 경감된다.

- <102> X방향의 스테이지(1)의 추력을  $F_{x\_stg}$ 라고 하고, Y방향의 추력을  $F_{y\_stg}$ 라고 하며, 베이스 5의 중력의 중심(5a)을 원점으로 한 스테이지(1)의 중력의 중심(1a)의 XY 좌표를 ( $X_{stg}$ ,  $Y_{stg}$ )이라고 한다. 또한, 베이스 5에 가해진 X방향의 추력의 합계를  $F_{x\_base}$ 라고 하고, Y방향의 추력을  $F_{y\_base}$ 라고 한다. 또한, 로터 7-1~7-4이 발생해야 하는 Z축 주위의 모멘트를  $Q_{z\_roter}$ 라고 한다. 이 경우, 이하의 식(11c)에 나타나 있는 바와 같이 베이스 5를 X 및 Y 방향으로 구동하고, 로터 7-1~7-4을 구동함으로써, 스테이지(1)의 이동 시에 발생하는 X 및 Y방향의 반력과 Z축 주위의 모멘트가 상쇄 또는 경감된다.
- <103>  $F_{x\_base} = F_{x\_stg}$
- <104>  $F_{y\_base} = F_{y\_stg}$
- <105>  $Q_{z\_roter} = F_{x\_stg} \cdot Y_{stg} - F_{y\_stg} \cdot X_{stg} \quad \dots (11c)$
- <106> 스테이지(1)의 이동에 의해 생기는 베이스 5의 X축 주위의 모멘트와 Y축 주위의 모멘트뿐만 아니라, Z방향으로 가해진 힘을 상쇄 또는 경감하기 위한 반력 카운터 3-1~3-4의 추력은 제1 실시 예와 같다.
- <107> 이상에서 설명한 바와 같이, 제1~제3 실시 예에 의하면, Z방향으로 추력을 발생하는 반력 카운터 3을 사용함으로써, 스테이지(1)의 이동에 의해 생기는 베이스의 X축 주위의 모멘트와 Y축 주위의 모멘트뿐만 아니라, Z방향으로 가해진 힘을 상쇄 또는 경감할 수 있다. Z방향으로 이동하는 반력 카운터를 사용하기 때문에, 회전체를 사용하는 종래의 구성과 비교해서, 반력 카운터의 설치 스페이스가 좀더 유연해져, 설치하는 장소의 제한에 따라 그들의 형상을 유연하게 변경할 수 있다.
- <108> 또한, 도 4에 나타나 있는 바와 같이, X 및 Y방향으로는 길지만 Z방향으로는 짧은 공간에 반력 카운터를 설치하여, X축 및 Y축 주위의 모멘트를 상쇄하는 경우를 생각한다. 이 경우, 반력 카운터를 X방향으로 긴 형상으로 해서 중량을 무겁게 함으로써, 모멘트를 발생시켰을 때의 Z방향의 스트로크를 짧게 할 수 있다. 한편, 도 4에서는 X방향으로 길어지도록 카운터를 배치하고 있지만, X방향보다도 Y방향으로 더 긴 형상으로 있으면, Y방향으로 더 길어지도록 반력 카운터를 설치해도 된다.
- <109> 또한, 반력 카운터 3은 한 방향으로만 구동되므로, 구동되는 부재의 중력의 중심의 다소의 편향이 있어도, 그것이 고주파수의 진동을 일으키는 일은 없다. 또한, 도 4에 나타나 있는 바와 같이, 스테이지(1)와 반력 카운터 3이 베이스 5에 의해 지지되어 있을 경우, 베이스 5의 중력의 중심(5a)과 반력 카운터 3의 추력 축 사이의 길이  $L_x$  및  $L_y$ 를 길게 하는 것이 바람직하다. 그 이유는, 작은 추력으로 큰 모멘트를 발생시킬 수 있고, 또 소비 전력 및 발열의 면에서 유리하기 때문이다.
- <110> 이상에서 설명한 바와 같이, 상술한 각 실시 예에 따른 스테이지 장치에 의하면, 반력 카운터에 모멘트를 발생시킴으로써 베이스로부터 외부로 전달되는 모멘트를 경감시킬 수 있다. 또한, 평면 모터가 발생하는 피칭(pitching) 및 롤링(rolling)의 모멘트를, Z방향으로 구동되는 반력 카운터에 의해, 동시에 경감시킨다. 예를 들면, 도 6에 나타나 있는 바와 같이 반력 카운터를 배치함으로써, 피칭 및 롤링의 모멘트(X축 및 Y축 주위의 모멘트)가 동시에 경감된다. 또한, 반력 카운터가 복수 있으면, 반력 카운터 전체로서 병진력을 발생시키지 않고 모멘트만을 베이스에 전달하는 것이 가능해진다(식(8)). 이것에 의해 스테이지를 정확하게 위치 결정하는 것이 가능해지고, 또한 주위의 다른 장치에 바닥 진동에 의한 외란 등의 영향을 경감시킬 수 있다.
- <111> 또한, 상술한 실시 예에 따른 노광장치는, 상술한 스테이지를 사용하기 때문에, 웨이퍼 및 레티클의 고속 및 정확한 위치 결정을 기대할 수 있어, 스루풋을 향상시킬 것이다. 또한, 장치 자신의 저진동화로 인해, 주위의 다른 장치에의 진동에 의한 외란 등의 영향을 경감시킬 수 있다.
- <112> 상기 제1~제3 실시 예에서는, 도 4에 나타난 스테이지 장치를 도 3에 나타난 웨이퍼 스테이지에 적용했을 경우를 설명했지만, 레티클 스테이지에도 적용가능하다. 이 경우, 레티클 스테이지(301)가 스테이지 1에 대응하고, 레티클 베이스(302)가 베이스 5에 대응한다. 지지 프레임(303)은 바닥 8에 대응한다. 이렇게, 상기 실시 예에 따른 스테이지 장치는, 스텝·앤드·리프트형의 노광장치의 웨이퍼 스테이지뿐만 아니라, 스텝·앤드·스캔형의 노광장치의 웨이퍼 스테이지 및/또는 레티클 스테이지에도 적용가능하다. 상기 각 실시 예에서는, 반력 카운터를 베이스 5의 내부에 배치했지만, 베이스 5의 외주에 반력 카운터와 액추에이터를 장착해도 된다.
- <113> 또한, 상기 실시 예에서는, 베이스 5에 1개의 스테이지가 탑재되어 있지만, 베이스 5에 복수의 스테이지가 설치되었을 경우에도, 상기 실시 예는 적용가능하다. 그 경우, 복수의 스테이지의 구동 반력으로부터 생성된 모멘트의 합계를 경감 및 상쇄하도록 반력 카운터 3을 구동하게 된다.

- <114> <디바이스 제조 방법의 적용>
- <115> 다음에, 상술한 노광장치를 이용한 반도체 디바이스의 제조 방법의 실시 예를 설명한다. 도 10은 반도체 디바이스(예를 들면, IC 및 LSI 등의 반도체 칩, 액정 패널, CCD, 박막 자기헤드, 마이크로 머신)의 제조의 공정의 플로차트를 나타낸다. 스텝 S11(회로 설계)에서는, 반도체 디바이스의 회로를 설계한다. 스텝 S12(레티클 제작)에서는, 설계한 회로 패턴을 형성한 레티클을 제작한다. 한편, 스텝 S13(웨이퍼 제조)에서는, 실리콘 등의 재료를 사용해서 기판으로서의 웨이퍼를 제조한다. 스텝 S14(웨이퍼 프로세스)는 제1 스테이지 프로세스라고 불리고, 상기 준비한 레티클과 웨이퍼를 사용하여, 리소그래피 기술에 의해 웨이퍼 위에 실제의 회로를 형성한다. 다음의 스텝 S15(조립)은 제2 스테이지 프로세스라고 불리고, 스텝 S14에서 제작된 웨이퍼를 사용해서 반도체 칩을 제조하고, 어셈블리 공정(다이싱, 본딩) 및 패키징 공정(칩 봉입)을 포함한다. 스텝 S16(검사)에서는, 스텝 S15에서 제작된 반도체 디바이스에 대한 동작 테스트 및 내구성 테스트 등의 검사를 행한다. 이러한 공정을 미친 후에 반도체 디바이스가 완성되고, 이것이 출하(스텝 S17) 된다.
- <116> 도 11은 상기 웨이퍼 프로세스의 상세한 플로차트이다. 스텝 S21(산화)에서는, 웨이퍼의 표면을 산화시킨다. 스텝 S22(CVD)에서는, 웨이퍼 표면에 절연막을 형성한다. 스텝 S23(전극형성)에서는, 웨이퍼 위에 전극을 증기 증착에 의해 형성한다. 스텝 S24(이온 주입)에서는, 웨이퍼에 이온을 주입한다. 스텝 S25(레지스트 처리)에서는, 웨이퍼에 감광제를 도포한다. 스텝 S26(노광)에서는, 상기 설명한 노광장치를 이용해 레티클의 회로 패턴을 웨이퍼에 노광해 프린트한다. 스텝 S27(현상)에서는, 노광한 웨이퍼를 현상한다. 스텝 S28(에칭)에서는, 현상한 레지스트 상 이외의 부분을 에칭한다. 스텝 S29(레지스트 박리)에서는, 에칭 완료 후에 불필요해진 레지스트를 제거한다. 이들의 스텝을 반복함으로써, 웨이퍼 위에 다층으로 이루어진 회로 패턴이 형성될 수 있다. 본 실시 예에 따른 제조 방법을 사용하면, 고집적도의 반도체 디바이스를 제조할 수 있다.
- <117> 본 발명은 예시한 실시 예를 참조하여 설명되었지만, 본 발명은 이 예시한 실시 예에 한정되지 않는다. 이하의 청구항들의 범위는 그러한 모든 변형과 균등 구조 및 기능을 포함하도록 가장 넓게 해석되어야 한다.

### 발명의 효과

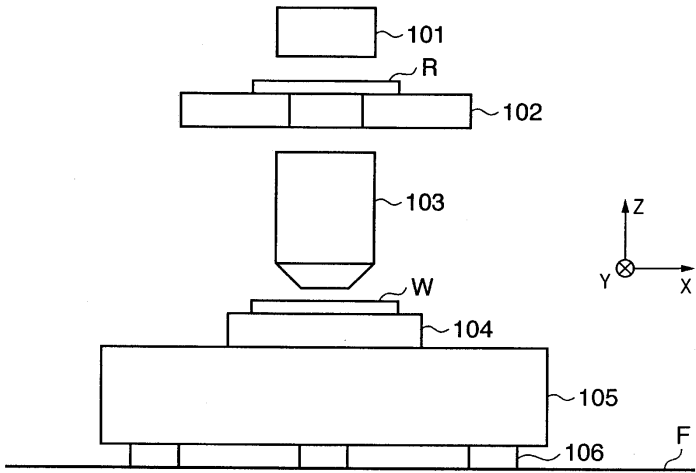
- <118> 본 발명에 의하면, 스테이지의 구동 시에 발생하는 구동 반력을 효과적으로 상쇄하여, 구동 반력의 영향을 감소시킬 수 있다. 특히, 스테이지의 구동 시에 발생하는 구동 평면과 평행한 축 주위의 모멘트 반력이 상쇄되거나, 또는 그 영향이 저감된다.

### 도면의 간단한 설명

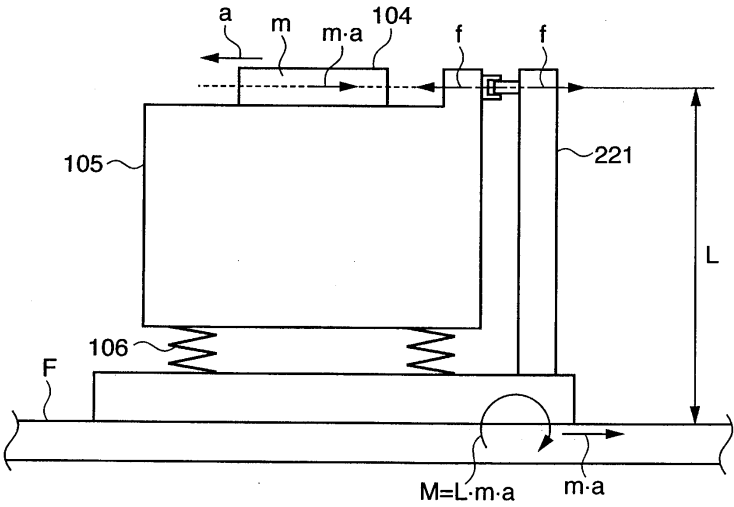
- <1> 도 1은, 일반적인 노광장치의 구성을 설명하는 도면이다.
- <2> 도 2는 일반적인 스테이지 장치의 구성을 설명하는 도면이다.
- <3> 도 3은 제1 실시 예에 따른 노광장치의 개략적인 구성을 도시한 도면이다.
- <4> 도 4는 제1 실시 예에 따른 스테이지 장치의 개략적인 사시도다.
- <5> 도 5는 제1 실시 예에 따른 스테이지 장치에 있어서, Y축 주위의 모멘트력의 상쇄 방법을 설명하는 도면이다.
- <6> 도 6은 제1 실시 예에 따른 스테이지 장치에 있어서의 반력 카운터의 레이아웃을 설명하는 도면이다.
- <7> 도 7은 반력 카운터를 구동하는 액추에이터를 제어하기 위한 구성을 설명하는 도면이다.
- <8> 도 8은 제2 실시 예에 따른 스테이지 장치에 있어서의 반력 카운터의 레이아웃을 설명하는 도면이다.
- <9> 도 9는, 제3 실시 예에 따른 스테이지 장치에 있어서의 반력 카운터의 레이아웃을 설명하는 도면이다.
- <10> 도 10은 웨이퍼 프로세스의 플로차트다.
- <11> 도 11은, 반도체 디바이스의 제조 방법의 플로차트다.
- <12> 도 12는 중력(自重) 보상 기구의 일례를 나타낸 개략적인 구성도다.

도면

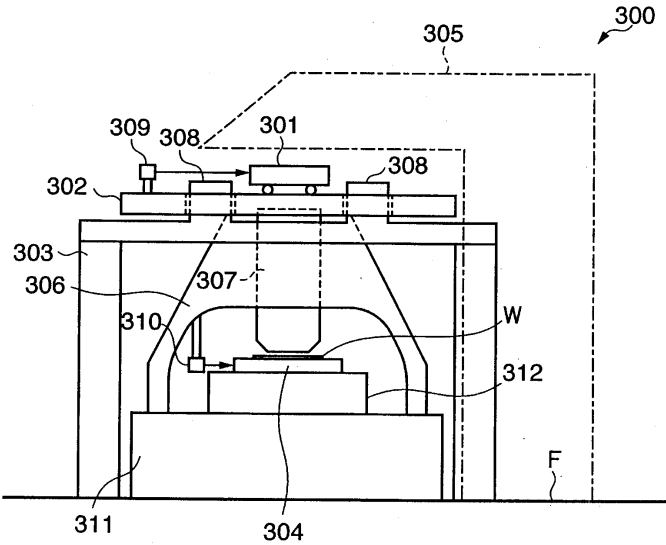
도면1



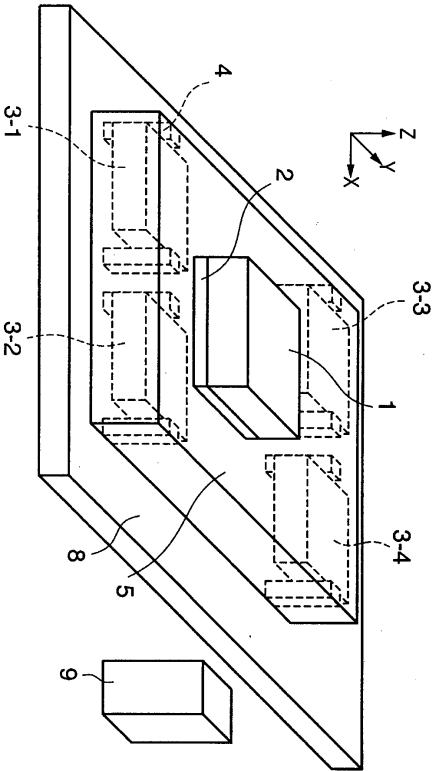
도면2



도면3

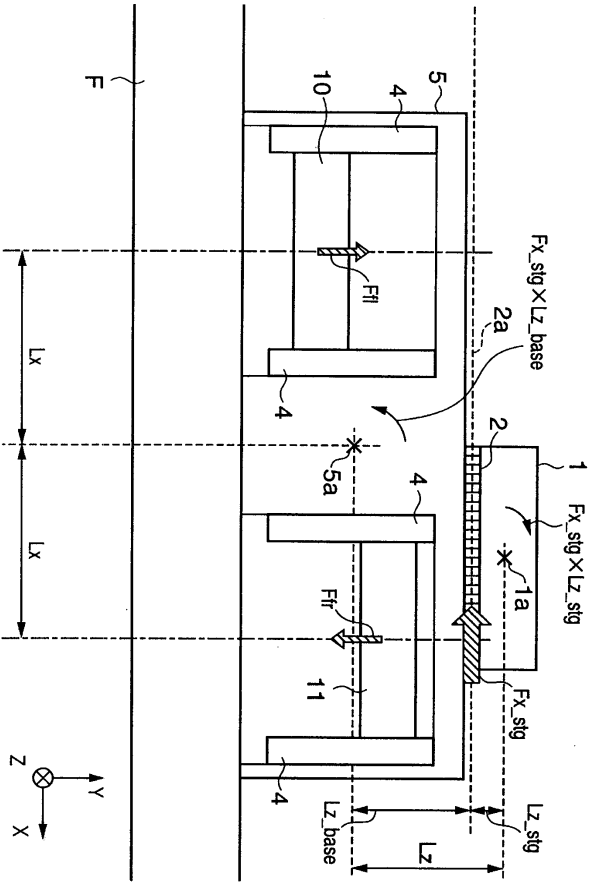


도면4

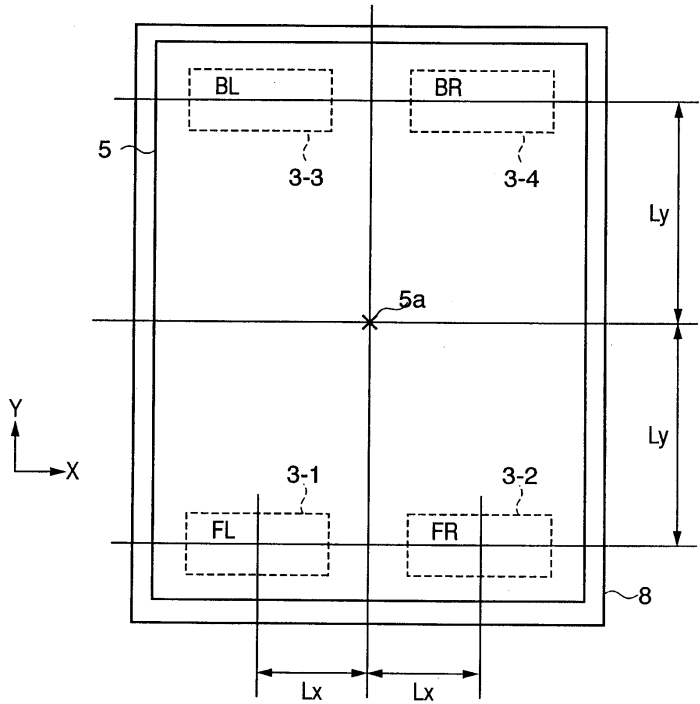




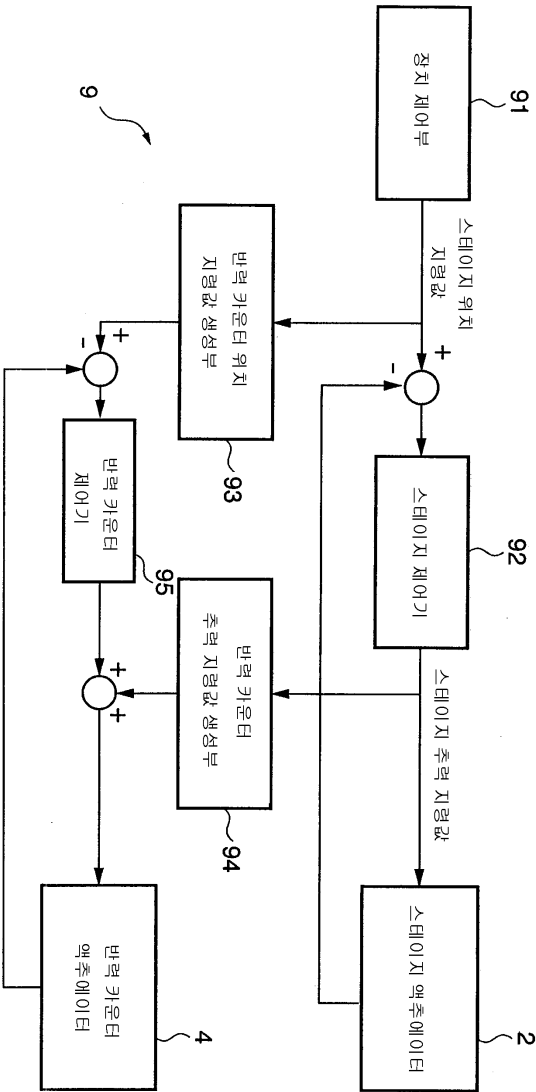
도면5



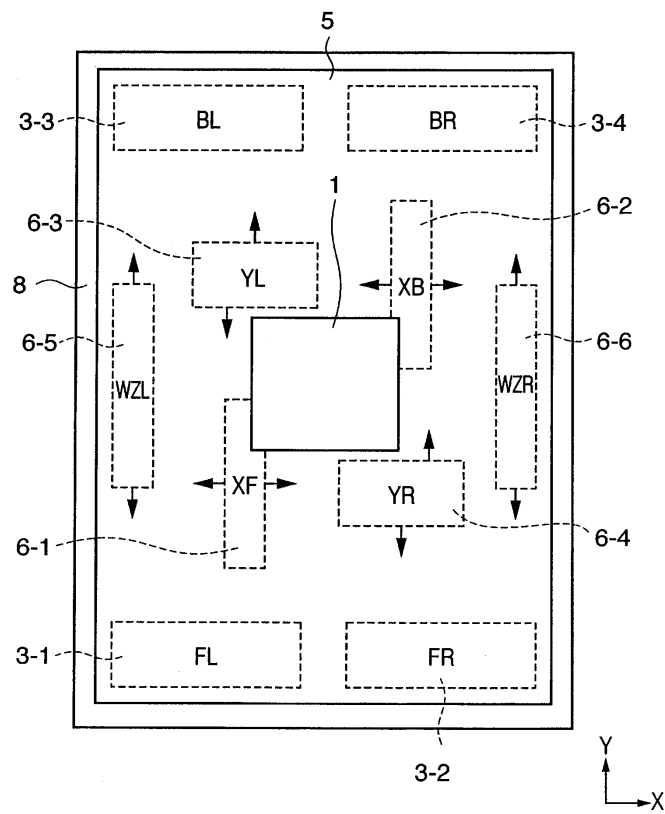
도면6



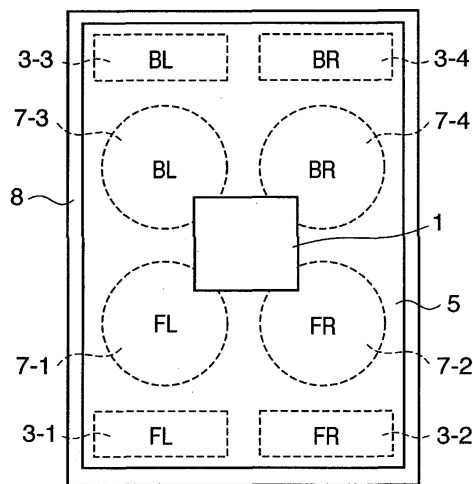
도면7



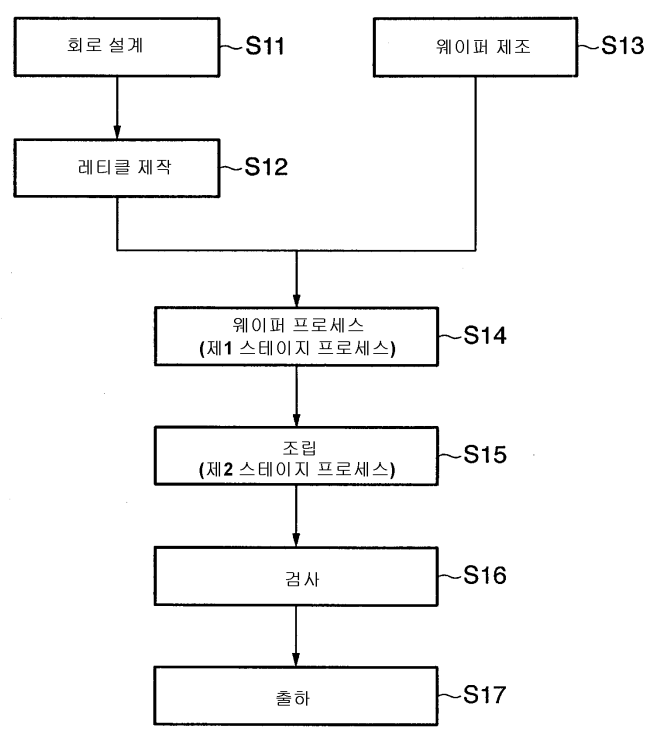
도면8



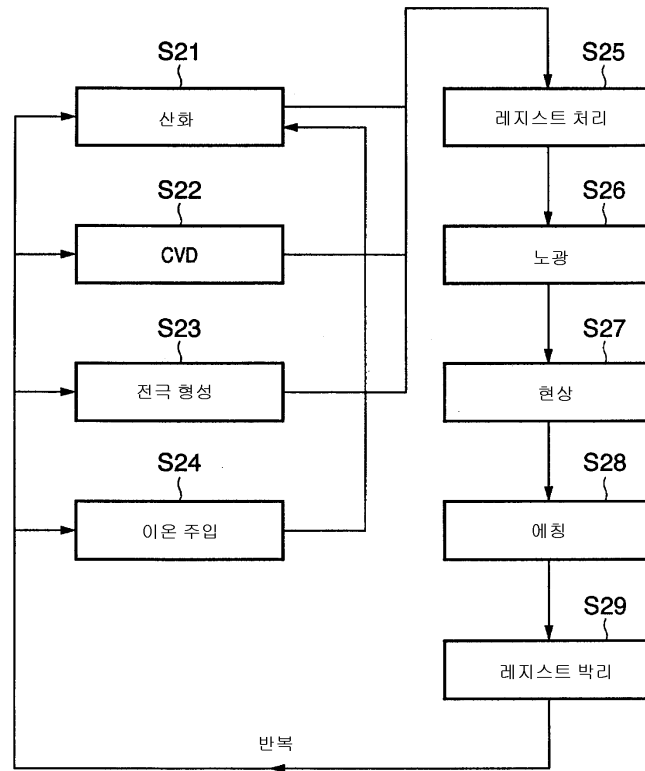
도면9



도면10



도면11





도면12

