



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(51) Int. Cl.

H01L 21/027 (2006.01)

(45) 공고일자

2007년01월02일

(11) 등록번호

10-0662662

(24) 등록일자

2006년12월21일

(21) 출원번호 10-2005-0065740  
 (22) 출원일자 2005년07월20일  
 심사청구일자 2005년07월20일

(65) 공개번호 10-2006-0053939  
 (43) 공개일자 2006년05월22일

(30) 우선권주장 JP-P-2004-00211961 2004년07월20일 일본(JP)

(73) 특허권자 캐논 가부시끼가이사  
일본 도쿄도 오오따꾸 시모마루꼬 3조메 30방 2고

(72) 발명자 마야마 다케히코  
일본국 도쿄도 오오따꾸 시모마루꼬 3조메 30방 2고 캐논가부시끼가이  
샤나이

(74) 대리인 신중훈  
임옥순

(56) 선행기술조사문현  
10311364 11294520  
15314610  
\* 심사관에 의하여 인용된 문현

심사관 : 설관식

전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 노광장치 및 반도체 디바이스의 제조방법

(57) 요약

본 발명에 의한 노광장치는, 정반과, 정반에 탑재되어 소정의 방향으로 이동하는 스테이지 장치와, 정반에 탑재되어 스테이지 장치의 이동에 수반해서 상기 소정의 방향과는 역방향으로 이동하는 카운터 매스와, 스테이지 장치 및 카운터 매스의 각각의 동작 물리량을 검출하는 센서와, 상기 센서에 의한 검출 결과에 의거해서 정반에 제어력을 가하는 액튜에이터를 구비한다.

대표도

도 1

특허청구의 범위

## 청구항 1.

정반파;

상기 정반에 탑재되어 소정의 방향으로 이동하는 스테이지 장치와;

상기 정반에 탑재되어 상기 스테이지 장치의 이동에 수반해서 상기 소정의 방향과는 역방향으로 이동하는 카운터 매스와;

상기 스테이지 장치 및 상기 카운터 매스의 각각의 동작 물리량을 검출하는 센서와;

상기 센서에서의 검출 결과에 의거해서 상기 정반에 힘을 가하는 액튜에이터를 구비한 것을 특징으로 하는 노광장치.

## 청구항 2.

제 1항에 있어서,

상기 센서는, 상기 동작 물리량으로서 위치 정보, 속도 정보 및 가속도 정보의 적어도 1개를 검출하는 것을 특징으로 하는 노광장치.

## 청구항 3.

제 1항에 있어서,

상기 액튜에이터를 제어하기 위한 제어지령신호를 생성하는 보상기를 부가하여 구비하고,

상기 보상기는, 상기 스테이지 장치 및 상기 카운터 매스의 각각의 질량과, 상기 센서로 검출한 상기 동작 물리량과, 상기 정반의 중심 위치를 원점으로 했을 때의 상기 스테이지 장치 및 상기 카운터 매스의 각각의 중심의 위치에 의거해서, 상기 제어지령신호를 생성하는 것을 특징으로 하는 노광장치.

## 청구항 4.

제 1항에 있어서,

상기 액튜에이터를 제어하기 위한 제어지령신호를 생성하는 보상기를 부가하여 구비하고,

상기 보상기는, 상기 스테이지 장치 및 상기 카운터 매스의 각각의 질량과, 상기 센서로 검출한 상기 동작 물리량과, 상기 정반의 중심 위치를 원점으로 했을 때의 상기 스테이지 장치 및 상기 카운터 매스의 각각의 중심 위치와, 변위 비례 계인과, 속도 비례 계인에 의거해서, 상기 제어지령신호를 생성하는 것을 특징으로 하는 노광장치.

## 청구항 5.

제 3항에 있어서,

상기 보상기는, 상기 카운터 매스의 이동에 의해 모두 상쇄될 수 없는, 상기 스테이지 장치의 이동에 수반하는 구동반력을 없애도록 상기 제어지령신호를 생성하는 것을 특징으로 하는 노광장치.

## 청구항 6.

제 3항에 있어서,

상기 스테이지 장치와 상기 카운터 매스 사이의 상대속도를 검출하는 상대속도 센서를 부가하여 구비하고,

상기 보상기는, 상기 상대속도 센서에서의 검출 결과에 의거해서 상기 제어지령신호를 생성하는 것을 특징으로 하는 노광장치.

### 청구항 7.

제 3항에 있어서,

상기 보상기는, 상기 스테이지 장치의 가속도 정보에 의거해서 상기 카운터 매스의 가속도 정보를 추정하는 것을 특징으로 하는 노광장치.

### 청구항 8.

제 3항에 있어서,

상기 보상기는, 상기 센서로 검출한 상기 동작 물리량에 의거해서 상기 정반에 탑재된 하중의 중심 위치의 변화량을 검출하고, 상기 중심 위치의 변화량에 응해서 상기 제어지령신호를 생성하는 것을 특징으로 하는 노광장치.

### 청구항 9.

제 1항에 있어서,

상기 액튜에이터는, 상기 정반에 대해서 수직방향으로 힘을 가하는 액튜에이터와, 상기 정반에 대해서 수평 방향으로 힘을 가하는 액튜에이터의 적어도 하나를 구비하는 것을 특징으로 하는 노광장치.

### 청구항 10.

제 1항에 기재한 노광장치를 이용해서 원판의 패턴을 기판에 전사하는 노광 스텝과;

패턴이 전사된 기판을 현상하는 현상스텝으로 이루어진 것을 특징으로 하는 반도체 디바이스의 제조방법.

## 명세서

### 발명의 상세한 설명

#### 발명의 목적

#### 발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은, 노광장치 및 이것을 이용한 반도체 디바이스의 제조방법에 관한것으로, 특히, 스테이지 장치의 구동에 의해 생기는 진동을 효과적으로 억제하는 기구를 가지는 노광장치 및 이것을 이용한 반도체 디바이스의 제조방법에 관한 것이다.

반도체 노광장치의 고정밀화에 수반해서, 보다 고성능인 제진(除振) · 제진(制振)기술이 요구되고 있다. 이것은, 노광용 스테이지나 노광장치 본체를 구성하는 구조체에 진동이 발생하면 노광에 악영향을 미치기 때문이다. 그 때문에, 예를 들

면, 장치 설치 기초 등의 노광장치 외부의 진동으로부터 노광장치 본체를 절연하고, 노광장치 본체에 탑재된 예를 들면 스테이지 장치 등의 구동 수단을 포함하는 기기의 동작에 의해 발생하는 진동을 효과적이고, 또한 신속하게 저감하는 기술이 요구된다.

반도체 노광장치는, 패턴의 원판인 레티클 또는 패턴이 노광되는 실리콘 웨이퍼 등의 기판을 탑재하는 스테이지 장치를, 스텝·앤드·리피트 또는 스텝·앤드·스캔 등의 단속적인 동작 패턴으로 구동한다. 이러한 동작 패턴에 의해, 스테이지 장치의 구동시에 반력이 생긴다. 따라서, 이 반력에 의해 노광장치 본체에 진동이 여기되지 않게 할 필요가 있다. 이것은, 노광장치 본체에 진동이 발생하면, 스테이지 장치 및 스테이지 장치와 같은 정반 및 제진대 위에 탑재되어 있는 광학계 및 계측계의 성능에도 악영향이 미치기 때문이다.

이러한 요구에 응할 수 있도록, 반도체 노광장치에서는, 능동제진장치가 개발되고, 널리 사용되어 왔다. 상기 능동제진장치에 따르면, 노광장치 본체를 탑재하는 정반의 진동 및 위치 정보를 센서로 검출하고, 그 검출 신호를 보상해서 정반에 제어력을 가하는 액튜에이터로 피드백하고, 제진대에 탑재된, 예를들면 스테이지 장치 등의 구동 수단을 포함하는 기기로부터의 신호를 보상해서 이 액튜에이터로 피드 포워드(feed forward)하고, 이에 의해, 능동적으로 정반 및 제진대의 진동을 억제해서 위치 및 자세의 제어를 실시한다.

일本国 특개평 11-294520호 공보는, 이러한 능동제진장치 및 이것을 반도체 노광장치에 적용한 일례를 개시하고 있다. 일본국 특개평 11-294520호 공보에는 능동제진장치 및 이것을 이용하는 반도체 노광장치가 개시되어 있으며, 제진대를 장치 설치 기초상에서 지지하는 공기스프링을 에어 액튜에이터로서 이용하고, 또한 상기 공기스프링과 역학적으로 병렬로 배치되고, 제진대와 장치 설치 기초와의 사이에 제어력을 작용시키는 전자 구동식 리니어 모터를 병용하고 있다. 이와 같아하여 제진대의 진동을 저감 및 억제하고 있다.

이 노광장치에 따르면, 센서를 이용해서 제진대의 위치 정보(변위) 및 가속도 정보 등을 검출하고, 거기에 보상을 행해서 신호를 얻는다. 또, 제진대에 탑재된 예를들면 스테이지 장치 등의 구동 수단을 가지는 기기로부터의 신호를 보상해서 신호를 얻는다. 상기 얻어진 2개의 신호에 의거해서 각 액튜에이터를 구동한다.

특히, 구동장치를 가지는 스테이지 장치를 탑재하는 정반을 재치한 능동제진장치에서는, 일본국 특개평 11-294520호 공보 및 동 10-311364호 공보에 개시된 노광장치에서와 같이, 다음의 제어수법이 사용된다. 즉, 정반상에 탑재된 스테이지 장치의 구동반력에 상당하는 신호를, 능동제진장치의 정반에 제어력을 가하는 액튜에이터에 피드 포워드 하는 것에 의해, 신속하게 진동을 저감 및 감쇠시킨다.

한편, 최근에는, 스테이지 장치의 구동반력을 카운터 매스 시스템으로 상쇄하는 것에 의해 스테이지 장치를 탑재하는 정반에 작용하는 힘을 억제해서 정반을 여전하지 않도록 하는 노광장치가 개발되었다. 도 8은, 카운터 매스 시스템을 이용한 스테이지 시스템의 동작을 설명하는 도면이다.

도 8에 표시하는 스테이지 시스템은 리니어 모터로 구동된다. 상기 스테이지 시스템은, 재치 대상물을 탑재하는 스테이지 장치(31)와 카운터 매스(32a), (32b)를 구비하고 있다. 스테이지 장치(31)에는 리니어 모터의 가동자가 체결되어서, 상기 스테이지 장치(31)는 리니어 모터의 가동자와 일체가 되어 동작한다. 카운터 매스(32a), (32b)에는 리니어 모터의 고정자가 체결되어 있고, 상기 리니어 모터의 고정자는 카운터 매스(32a), (32b)의 일부가 되고 있다. 카운터 매스(32a), (32b)는, 스테이지 장치(31)이 탑재되는 정반(1(1a, 1b))에, 에어 패드 등을 구비하고 가이드베어링을 따라 저마찰로 가동하는 구조에 의해 지지되어서 리니어 모터의 가동자와 대략 동일한 자유도 방향으로 이동한다.

종래의 스테이지 장치에 있어서는, 스테이지 장치 전체가 탑재되는 정반에 리니어 모터의 고정자가 견고하게 체결되어 있었고, 상기 카운터 매스 시스템에 있어서는, 스테이지 장치(31)이 탑재되는 정반(1)상에서 리니어 모터의 고정자가 가동하는 구조에 의해 지지되고 있다.

이러한 스테이지 장치에 있어서는, 스테이지를 동작시키기 위해서 리니어 모터를 구동하면, 스테이지 구동반력의 에너지 및 운동량은 리니어 모터의 고정자와 부하 질량을 구비한 카운터 매스의 운동 에너지 및 운동량이 되고, 이상적인 상태에서는 정반에 힘이 전해지지 않는다.

도 8에 표시하는 스테이지 장치(31)에 있어서는, 스테이지 장치(31)의 위치 정보를 검출하는 위치 센서(33(33a, 33b))에 의해 얻어진 신호를 (도시하지 않은) 보상기로 보상하고, 그 결과 얻어진 신호에 의거해서 리니어 모터를 구동하여 상기 스

테이지 장치(31)를 제어한다. 스테이지 장치(31)의 구동시에, 스테이지 장치(31)에 화살표(a)의 방향으로 가속도가 발생했을 경우에는, 스테이지 장치(31)의 구동반력에 의해 카운터 매스(32a), (32b)에 도 8에 도시한 화살표(Aa) 및 (Ab)의 방향으로 가속도가 발생한다.

이와 같이 해서, 스테이지 구동반력의 에너지 및 운동량은, 리니어 모터 고정자와 부하 질량을 구비한 카운터 매스(32a), (32b)의 운동 에너지 및 운동량이 되어, 정반(1)에의 작용력을 억제한다. 이상적인 상태에서는, 정반(1)에 힘이 전해지지 않는다. 그 결과, 이들 구성요소를 구비한 스테이지 장치(31)를 탑재하는 정반(1)이 크게 진동하지 않는다. 이와 같이, 카운터 매스(32a), (32b)를 이용한 스테이지 장치(31)은, 반도체 노광장치에 있어서 적합하게 사용될 수 있다.

도 8의 스테이지 시스템은, 1자유도의 운동 방향으로 기능하는 것으로서 설명했지만, 예를 들면 XY스테이지와 같은 2자유도의 운동 자유도를 가지는 스테이지 장치도, 마찬가지로 카운터 매스를 이용한 스테이지 시스템을 구성할 수가 있다. 도 9는, 2자유도의 운동 자유도를 가지는 스테이지 장치인 XY스테이지에 있어서의 카운터 매스 시스템의 일구성 예를 표시하는 도면이다.

도 9에 표시하는 XY스테이지에서는, 재치 대상물을 탑재하는 스테이지 장치(41)은, 예를 들면 X, Y방향의 2자유도의 방향으로 이동가능한 구조이고, X방향 이동 부재(42)에 의해 X방향으로, 그리고 Y방향 이동 부재(43)에 의해 Y방향으로 이동 가능하다. 스테이지 장치(41)은, 서로의 동작을 구속하지 않는 X방향 이동 부재(42) 및 Y방향 이동 부재(43)에 의해 구성된 크로스바 구조체상에서 수평 방향으로 지지되고, X, Y방향의 어느 방향으로도 이동 가능하다.

X방향 이동 부재(42)와 X방향 카운터 매스(44a), (44b)의 사이에는, X방향 리니어 모터에 의해 추력이 작용한다. 이 경우, X방향 이동 부재(42)는 가동자로서 기능하고, X방향 카운터 매스(44a), (44b)는 고정자로서 기능한다. 마찬가지로 Y방향 이동 부재(43)와 Y방향 카운터 매스(45a), (45b)와의 사이에는, Y방향 리니어 모터에 의해 추력이 작용한다. 이 경우, Y방향 이동 부재(43)은 가동자로서 기능하고, Y방향 카운터 매스(45a), (45b)는 고정자로서 기능한다. X방향 카운터 매스(44a), (44b) 및 Y방향 카운터 매스(45a), (45b)는, XY스테이지를 탑재하는 정반(3) 상에서 각각 X방향 및 Y방향으로 이동가능한 구조에 의해 지지되어 있다.

종래의 XY스테이지에서는, 리니어 모터의 고정자는 스테이지 장치 전체가 탑재되는 정반에 견고하게 체결되고 있었고, 카운터 매스 시스템에 있어서는, 리니어 모터의 고정자와 견고하게 체결된 카운터 매스가, 스테이지 장치가 탑재되는 정반상에서 가동하는 구조에 의해 지지되고 있다.

이러한 스테이지 장치에 있어서는, XY스테이지를 동작시키기 위해서 리니어 모터를 구동하면, 스테이지 구동반력의 에너지 및 운동량은, X방향 및 Y방향의 어느 방향에 있어서도, 리니어 모터 고정자와 부하 질량을 구비한 카운터 매스의 운동 에너지 및 운동량으로 된다. 따라서, 이상적인 상태에서는, 정반에 힘이 전해지지 않고, 결과적으로, 이들 구성요소를 구비한 스테이지 장치를 탑재하는 정반은 크게 진동하지 않는다.

도 9에 표시하는 스테이지 시스템에 있어서는, 스테이지 장치(41)의 그 위치 정보를 검출하는 위치 센서(46 (46 a, 46b)) 및 (47(47a, 47b))으로부터 얻어진 신호를 (도시하지 않은) 보상기로 보상하고, 그 결과 얻어진 신호에 의거해서, 리니어 모터를 구동하는 것에 의해 스테이지 장치(41)를 제어한다. 스테이지 장치(41)의 구동시에, 스테이지 장치(41) 및 X방향 이동 부재(42)에 화살표(a)의 방향으로 가속도가 발생했을 경우에는, 그 구동반력에 의해, X방향 카운터 매스(44a), (44b)에는, 도 9에 도시한 화살표(Aa) 및 (Ab)의 방향으로 가속도가 발생한다. 스테이지 장치(41) 및 Y방향 이동 부재(43)에 화살표(b)의 방향으로 가속도가 발생했을 경우에는, 그 구동반력에 의해 Y방향 카운터 매스(45a), (45b)에는 도 9에서의 화살표 방향(Ba) 및 (Bb)의 방향으로 가속도가 발생한다.

이와 같이 해서, 스테이지 구동반력의 에너지 및 운동량은, 리니어 모터의 고정자와 부하 질량을 구비한 카운터 매스의 운동 에너지 및 운동량이 되어, 정반(3)에의 작용력을 저감시키고, 이상적인 상태에서는 정반에는 힘이 전해지지 않는다. 그 결과, 이러한 구성요소를 구비한 스테이지 장치를 탑재하는 정반이 크게 진동하지 않는다. 따라서, 이와 같이, 이러한 카운터 매스를 사용하는 스테이지 장치는, 반도체 노광장치에 적합하게 사용될 수 있다.

이상 설명한 바와 같이, 이들 카운터 매스를 이용한 스테이지 시스템에 있어서는, 스테이지 장치 및 카운터 매스를, 쌍방의 질량비에 적합한 가속도 및 동작 스트로크로 동작시키는 것에 의해, 원리적으로는 스테이지 장치 및 카운터 매스의 쌍방에 있어서의 운동량이 보존되고, 스테이지 장치를 탑재하는 정반 및 제진대에의 작용력을 매우 작게 할 수 있으며, 또한 스테이지 및 카운터 매스를 하나로 결합한 가동물 전체의 중심(重心) 위치를 대략 부동으로 할 수가 있다.

또, 이상에서 설명한 구성에 부가해서, 외부로부터 카운터 매스에 제어력을 가하는 액튜에이터를 포함시키는 방법도 이용할 수 있고, 스테이지 장치와 함께, 카운터 매스의 위치, 속도 및 가속도를 액튜에이터로 제어해서, 능동적으로 카운터 매스를 동작시킨다. 이 경우는, 스테이지 장치와 함께 카운터 매스의 동작을 제어할 수 있으므로, 예를 들면, 카운터 매스의 스트로크오버를 회피할 수 있다. 이와 같이 해서, 보다 적절한 상태로 노광장치를 가동시키는 것이 가능하다. 또, 이 경우에 있어서는, 기본적으로는, 카운터 매스는 스테이지 장치의 구동반력에 의해 구동되게 되기 때문에, 외부에서 카운터 매스에 제어력을 가하는 액튜에이터에는 거의 추력이 발생하지 않는다.

이상에서 설명한 카운터 매스 시스템이 있어서, 스테이지 장치의 구동반력은 능동제진장치의 액튜에이터에 피드 포워드 하는 종래의 일반적인 제진제어 수법과는 다르고, 정반을 포함하지 않은 메카니즘에 의해 스테이지 장치의 구동반력을 상쇄하고, 반도체 노광장치를 탑재하는 정반에 발생하는 진동을 저감할 수가 있다. 그 때문에, 스테이지 장치의 구동반력 및 정반에 제어력을 가하는 액튜에이터의 피드포워드 힘에 의해, 정반의 구조 공진을 여진시키거나 정반을 변형시키지 않고, 보다 바람직하게 정반의 진동을 저감 및 억제할 수가 있다.

### 발명이 이루고자 하는 기술적 과제

종래의 카운터 매스 시스템을 적용한 스테이지 장치에 있어서는, 그 구동반력을 완전하게 상쇄할 수 없는 경우가 있다. 카운터 매스 시스템을 이용해서 스테이지 장치의 구동반력을 완전하게 상쇄하기 위해서는, 이상적으로는, 완전하게 동일한 규격 및 동일한 특성을 가진 2대의 스테이지 장치를 그 구동반이 발생하는 축이 서로 완전하게 일치하도록 배치하고, 쌍방의 스테이지를 완전하게 동일한 동작 조건하에서 동작시킬 필요가 있다.

그러나, 실제로 장치를 설계 및 적용하는 경우에 있어서는, 완전하게 동일한 규격의 2대의 스테이지 장치를 그 구동반이 발생하는 축이 서로 완전하게 일치하도록 배치하는 것은 아주 어렵다. 이것은 많은 경우, 유니트의 배치 및 설계에 있어서 공간적인 제약이 있기 때문이다.

따라서, 카운터 매스 시스템을 적용한 스테이지 시스템으로서는, 다음의 구성이 실현성 있는 실시예이다. 스테이지 장치를 구동하는 리니어 모터의 가동자를 스테이지 장치에 부착한다. 리니어 모터의 고정자를 카운터 매스에 부착하며, 또한 카운터 매스를 스테이지 장치 및 스테이지 장치의 유니트를 탑재하는 정반에 대해서 이동 가능한 상태로 지지한다. 이 구성은 도 8 및 도 9를 참조하면서 설명한다.

그러나, 스테이지 장치의 운동 에너지, 운동량 및 구동반력 등이, 베어링(도 8, 9에서는 도시되지 않음)에 있어서 발생하는 마찰력 및 감쇠력과, 정반, 스테이지 장치 및 카운터 매스와의 사이에 설치된 배선 및 배관류의 영향력 등에 의해, 카운터 매스에 완전하게 전해지지 않는 경우가 있으며, 이 경우 스테이지 장치의 운동 에너지 및 운동량은 카운터 매스의 운동 에너지 및 운동량과 밸런스가 잡히지 않고, 운동에너지 및 운동량에 있어서 그 차이가 스테이지 장치와 카운터 매스의 쌍방을 탑재하는 정반에 전해져서, 정반에 진동이 여기된다.

상기 설명한 바와 같이, 카운터 매스의 동작도 능동적으로 제어해서 카운터 매스 시스템을 기능 시키려고 하는 경우에는, 스테이지 장치와 카운터 매스의 질량비가 매우 중요한 제어 파라미터가 된다. 질량비를 정확하게 반영시켜서 제어를 실시하지 않으면, 스테이지 장치와 카운터 매스와의 사이만으로는 운동량을 보존할 수가 없게 되어, 결과적으로, 스테이지 장치를 탑재하는 정반에 추력이 전해지고, 따라서, 정반을 진동시켜 버린다. 실제적으로는, 스테이지 장치 및 카운터 매스는, 중량이 비교적 큰 구조물이기 때문에, 이러한 질량을 충분한 정밀도로 파악하고 제어동작에 반영시키는 것은 곤란하다. 또, 상기 스테이지 장치 및 카운터 매스를 구동하는 액튜에이터의 추력 특성의 격차 및 그 외의 외란요인의 영향도 있기 때문에, 카운터 매스 시스템의 제어 파라미터를 조정할 필요가 있는 경우가 있고, 이 경우에는, 질량비에 상당하는 파라미터를 시행 착오하면서 조정해야 한다. 이 파라미터의 조정이 충분한 정밀도로 행해지지 않으면, 카운터 매스 시스템은 적절하게 동작하지 않고, 정반에 추력이 작용해서 정반을 진동시킨다.

본 발명은, 상기의 문제점에 비추어서 이루어진 것으로, 카운터 매스 시스템에 의해서도 충분히 상쇄될 수 없는, 스테이지 장치의 구동반력에 의한 스테이지 장치를 탑재하는 정반에의 영향을 저감해서, 정반의 진동을 저감 및 억제하는 장치 및 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

### 발명의 구성

본 발명의 제 1의 측면에 따르면, 정반과 상기 정반에 탑재되어 소정의 방향으로 이동하는 스테이지 장치와, 상기 정반에 탑재되어 상기 스테이지 장치의 이동에 수반해서 상기 소정의 방향과는 역방향으로 이동하는 카운터 매스와, 상기 스테이지 장치 및 상기 카운터 매스의 각각의 동작 물리량을 검출하는 센서와, 상기 센서에 의한 검출 결과에 의거해서 상기 정반에 힘을 가하는 액튜에이터를 구비한 노광장치를 제공한다.

본 발명의 제 2의 측면에 따르면, 상기의 노광장치를 이용해서 원판의 패턴을 기판에 전사하는 노광 공정과, 상기 패턴이 전사된 기판을 현상 공정을 구비한 반도체디바이스의 제조방법을 제공한다.

본 발명에 따르면, 카운터 매스 시스템으로도 충분히 상쇄될 수 없는, 스테이지 장치의 구동반력에 의한 스테이지 장치를 탑재하는 정반의 영향을 저감해서, 정반의 진동을 저감 및 억제하는 장치 및 방법을 제공할 수가 있다.

본 발명의 다른 특징 및 이점은 유첨도면을 참조해서 설명하는 다음의 설명으로부터 명백해질 것이며, 유첨도면에서 도면 전체에 걸쳐서 동일한 참조부호는 동일 또는 유사한 구성요소를 나타내는 것이다. 명세서에서 구체화되고 명세서의 일부를 구성하는 유첨도면은 본 발명의 실시예를 설명하는 것이며, 상세한 설명과 함께 본 발명의 원리를 설명하는 것이다.

#### <바람직한 실시예의 상세한 설명>

이하, 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 노광장치를 유첨도면을 참조하여 설명한다.

도 7은, 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 노광장치의 구성의 일례를 표시하는 도면이다. 도 7에 표시하는 장치에 있어서, 장치 설치 기초(100) 위에는, 방진지지 마운트(92a)를 개재해서 스테이지 정반(93) 및 스테이지 정반(93)에 탑재된 기판 스테이지 장치(94)가 설치되어 있다. 기판 스테이지 장치(94)는 패턴이 노광되는 기판(예를 들면, 실리콘 웨이퍼)을 재치하기 위해서 이용된다. 또, 장치 설치 기초(100) 위에는, 방진지지 마운트(92b)를 개재해서 레티클스테이지 장치(95) 및 레티클스테이지 장치(95)와 광학 렌즈 시스템(96)을 탑재한 렌즈경통정반(97)이 설치되어 있다. 광학 렌즈 시스템(96)은, 레티클로 불리우는 원판의 패턴을 기판에 전사하기 위해서 이용된다.

방진지지 마운트(92a), (92b)는, 장치 설치 기초(100)에 직접 설치되는 것이 아니라, 팔레트 또는 베이스 프레임 등으로 청해지는 기초 구조물(91) 위에 고정되어 있다. 기초 구조물(91)은, 방진지지 마운트(92a), (92b) 위에 각각 탑재되는 기기 사이의 상호 위치 관계 및 도 7에서는 도시를 생략했지만, 방진지지 마운트(92a), (92b) 위에 탑재되어 있지 않고 노광장치를 구성하는 다른 기기 사이의 상대 위치 관계를 유지하기 위한 기준으로서 기능한다. 또, 기초 구조물(91)은 노광장치 전체를 재치하고, 노광장치를 일괄해서 수송하기 위한 기초 부재로서도 기능한다.

광학 렌즈 시스템(96)은, 레티클스테이지 장치(95)와 기판 스테이지 장치(94)의 사이에 배치된다. 조명 광학계(98)로부터의 노광광은 레티클을 조사하여, 레티클상의 패턴을 광학 렌즈 시스템(96)을 개재해서 기판에 투영 및 노광한다.

노광장치는, 노광 방식에 의해 일괄 노광형(스테퍼), 주사 노광형(스캐너) 등으로 분류된다. 일괄 노광형의 노광장치의 경우에는, 기판 스테이지 장치(94)를 스텝·엔드·리피트라 불리우는 단속적인 동작 방식으로 순서대로 구동하면서, 어느 일정한 노광 영역, 예를 들면, IC 등의 집적회로 1개 분의 영역을 일괄해서 노광한다. 한편, 주사 노광형의 노광장치의 경우에는, 기판 스테이지 장치(94)와 레티클스테이지 장치(95)를 서로 동기해서 동작시키고, 레티클상의 패턴을 기판상에 주사 및 노광한다.

본 발명의 바람직한 실시예에 따른 반도체 노광장치에 있어서는, 이상과 같은 구성에 의해, 기판 스테이지 장치(94) 및 레티클스테이지 장치(95)의 적어도 한편에, 상술한 바와 같은 카운터 매스 시스템을 적용하는 경우에, 카운터 매스 시스템을 이용해도 완전히 상쇄될 수 없는, 스테이지 장치(94) 또는 (95)에 의해 이러한 스테이지 장치(94), (95)를 탑재하는 스테이지 정반(93), 및 렌즈경통정반(97)에의 구동반력의 영향을 저감해서 상기 정반(93) 또는 (97)의 진동을 저감 및 억제한다.

#### [제 1실시예]

도 1 및 2는, 본 발명의 바람직한 제 1실시예에 따른 노광장치를 구성하는 스테이지 장치 주변의 유니트의 구성 및 그 동작을 설명하기 위한 도면이다. 도 1 및 2에서는, 1자유도 방향의 운동 자유도를 가지는 스테이지 장치를 나타내고 있다. 도 1은 노광장치의 평면도이고, 도 2는 노광장치의 측면도이다. 상기 유니트는, 도 7에 표시하는 노광장치에 있어서의 레티클 스테이지 장치(95)에 상당한다.

이와 같이, 레티클스테이지 장치(95)는, 1자유도의 운동 자유도를 가지는 스테이지 장치로 되어 있다. 실제로는, 스테이지 장치는 도 1에 도시한 Y방향의 1자유도 만이 아니고, 레티클의 위치 맞춤을 위한 X, Θz 등의 운동 자유도도 가지는 경우가 있지만, 비교적 큰 구동반력은, 1자유도, 즉 레티클스테이지 장치(95)를 스캔하는 Y방향에서 발생한다.

기판 스테이지 장치(94)로서는, 레티클상의 패턴을 반복해서 노광하는 것에 의해 기판상에 복수의 패턴을 인쇄하기 위해서, 예를 들면 XY스테이지와 같은 2자유도 방향을 가지는 스테이지 장치를 사용하며, 이것에 대해서는 후술한다.

우선, 1자유도 방향의 운동 자유도를 가지는 스테이지 장치를 이하 설명한다. 도 1 및 2에 나타낸 바와 같이, 본 발명의 바람직한 제 1실시예에 따른 반도체 노광장치는 이하와 같은 구성요소를 구비한다. 구체적으로, 본 실시예에 따른 반도체 노광장치는, 레티클 등의 재치 대상물을 재치하고 그 재치대상물을 정밀하게 위치 결정하는 스테이지 장치(51)과, 스테이지 장치(51)와 동일한 자유도 방향으로 동작하고 관성 질량으로서 기능하는 카운터 매스(52a), (52b)를 구비한다.

스테이지 장치(51)은, 레티클 등의 재치물을 탑재하고 정반(1(1a, 1b)) 상에서 정해진, 소정의 1자유도 방향(도 1 및 2에 서는 Y방향)으로 이동 가능한 구조에 의해 지지되어 있다. 스테이지 장치(51)은 리니어 모터에 의해 구동된다. 스테이지 장치(51)는 리니어 모터의 가동자에 체결되어 있고, 리니어 모터의 가동자와 일체가 되어 동작한다. 한편, 카운터 매스(52a), (52b)는 리니어 모터의 고정자에 체결되어 있다. 카운터 매스(52a), (52b)는, 스테이지 장치(51)이 탑재되는 정반(1)에 대해서, 에어 페드 등을 구비하고 가이드 베어링을 따라 저마찰로 가동하는 구조에 의해 지지되고, 리니어 모터의 가동자와 동일한 자유도 방향으로 동작한다.

이러한 스테이지 시스템에 있어서는, 스테이지 장치(51)이 리니어 모터에 의해 구동되면, 그 구동반력에 의해, 카운터 매스(52a), (52b)가 스테이지 장치(51)와 동일한 자유도 방향에서 반대방향으로 동작한다. 스테이지 장치(51)을 구동하는 리니어 모터의 고정자는, 스테이지 장치(51)이 탑재되는 정반상에서 가동하는 구조에 의해 지지되어 있다. 스테이지 장치를 동작시키기 위해서 리니어 모터를 구동해도, 스테이지 구동반력의 에너지 및 운동량은 리니어 모터 고정자 및 부하 질량을 포함하는 카운터 매스의 운동 에너지 및 운동량으로 된다. 그 결과, 이상적인 상태에서는, 정반에 힘이 전해지지 않고, 이들 구성요소를 포함하는 스테이지 시스템을 탑재하는 정반을 크게 진동시키는 일 없이 스테이지를 동작시킬 수 있다.

본 실시예에 따른 반도체 노광장치에서는, 상기와 같이 구성된 스테이지 장치(51) 및 카운터 매스(52a), (52b)에 이들의 동작 물리량을 검출하는 센서를 사용한다. 보다 구체적으로는, 스테이지 장치(51)은, 스테이지 장치(51)의 위치 정보를 검출해서 출력하는 위치 센서(61(61a, 61b))과, 스테이지 장치(51)의 속도 정보를 검출해서 출력하는 속도 센서(62)와, 스테이지 장치(51)의 가속도 정보를 검출해서 출력하는 가속도 센서(63)를 구비한다. 위치센서(61), 속도 센서(62) 및 가속도 센서(63)은, 예를 들면, 스테이지 장치(51)이 동작하는 방향의 위치 정보, 속도 정보 및 가속도 정보 등의 동작 물리량을 각각 검출한다.

또, 카운터 매스(52a), (52b)는 각각, 대응하는 카운터 매스의 위치 정보를 검출해서 출력하는 위치 센서(64a), (64b)와, 대응하는 카운터 매스의 속도 정보를 검출해서 출력하는 속도 센서(65a), (65b)와, 대응하는 카운터 매스의 가속도 정보를 검출해서 출력하는 가속도 센서(66a), (66b)를 구비한다. 위치 센서(64a), (64b), 속도 센서(65a), (65b) 및 가속도 센서(66a), (66b)는, 카운터 매스(52a), (52b)가 동작하는 방향의 위치 정보, 속도 정보 및 가속도 정보 등의 동작 물리량을 각각 검출한다.

스테이지 장치(51)의 위치 정보를 검출해서 출력하는 위치 센서(61)로서는, 정밀도 등의 요구로부터, 이 분야에서 널리 이용되고 있는 레이저 간섭계를 이용할 수가 있다. 스테이지 장치(51)의 속도 정보를 검출해서 출력하는 속도 센서(62)로서는, 지오픈 센서 또는 그 외의 속도센서를 이용할 수 있다. 스테이지 장치(51)의 가속도 정보를 검출해서 출력하는 가속도 센서(63)로서는, 서보형 또는 압전식의 각종 가속도계를 이용할 수 있다.

위치 센서(61)로서 레이저 간섭계를 이용하는 경우에는, 속도 센서(62)나 가속도 센서(63)를 이용하는 대신에, 레이저 간섭계의 출력 신호의 동작 물리량을 적당히 변환해서 속도나 가속도를 산출해도 양호한 동작이 가능하다.

마찬가지로, 카운터 매스(52a), (52b)의 각각의 위치 정보를 검출해서 출력하는 위치 센서(64a), (64b)로서는, 레이저 간섭계 또는 엔코더 등의 각종 위치 센서를 이용할 수 있다.

카운터 매스(52a), (52b)의 속도 정보를 검출해서 출력하는 속도 센서(65a), (65b)로서는, 지오픈 센서나 그 외의 종류의 속도센서를 이용할 수 있다. 카운터 매스(52a), (52b)의 가속도 정보를 검출해서 출력하는 가속도 센서(66a), (66b)로서는, 서보형 또는 압전식의 각종 가속도계를 이용할 수 있다.

또, 위치 센서(64a), (64b)로서 레이저 간섭계를 이용하는 경우는, 속도 센서(65a), (65b)나 가속도 센서(66a), (66b)를 이용하는 대신에, 레이저 간섭계의 출력 신호의 동작 물리량을 적당히 변환해서 속도나 가속도를 산출해도, 양호한 동작이 가능하다.

후술하는 제어 수법을 적용할 때에, 이러한 센서의 적어도 1개를 생략해도 장치의 동작상 문제가 없는 경우에는, 위치 센서(61), (64a), (64b)의 적어도 1개, 속도 센서(62), (65a), (65b)의 적어도 1개 및 가속도 센서(63), (66a), (66b)의 적어도 1개의 센서를 생략해도 된다.

상기 설명한 스테이지 장치(51) 및 카운터 매스(52a), (52b)를 구비한 스테이지 시스템은 정반(1)에 탑재된다. 정반(1)은, 장치 설치 기초에 설치된 기초 구조체(7) 위에서, 방진지지부(2)에 의해 방진 지지되고 있다. 도 1 및 2에 도시한 구성에서는, 정반(1)은 지지 부재(8)를 개재해서 서로 견고하게 체결되어 있는 2개의 구조체(1a), (1b)를 포함하고 있지만, 정반(1)은 일체적인 구조라도 된다. 도 2에 있어서, 스테이지 장치(51)를 레티클스테이지 장치로 상정하고, 노광장치의 광학 렌즈 시스템(9)을 구성하고 있다.

정반(1)은, 정반(1)에 제어력을 가하는 액튜에이터(11(11a~11h))를 구비하고 있다. 액튜에이터(11(11a~11h))에 의해 발생한 추력은 도 3에 표시하는 보상기(6)에 의해 얻어진 신호에 의거해 제어된다.

도 3에 나타낸 바와 같이, 위치 센서(61), 속도 센서(62), 가속도 센서(63), 위치 센서(64a), (64b), 속도 센서(65a), (65b) 및 가속도 센서(66a), (66b)로부터의 출력 신호는, 보상기(6)에 입력되어 보상이 행해진다. 액튜에이터(11(11a~11h))는, 보상기(6)에서 얻어진 연산 결과에 의거해서, 구동 회로(10)에 의해 구동된다.

도 1 내지 도 3에 있어서는, 액튜에이터(11)은 8개의 액튜에이터(11a~11h) 구성되어 있지만, 요구되는 제어 성능을 실현하는데 충분하다면, 그 개수는 8개로 한정되지 않는다.

정반(1)에 제어력을 가하는 액튜에이터(11(11a~11h))는, 도 1 및 도 2에 나타낸 바와 같이, 정반(1)에 대해서 수직 방향으로 제어력을 가하는 액튜에이터(11a~11d) 또는 수평 방향으로 제어력을 가하는 액튜에이터(11e~11h)의 적어도 한편을 포함한다. 후술하는 제어구성상, 실질적으로 제어력을 가할 필요가 없으면, 액튜에이터(11(11a~11h)) 중 몇개를 생략해도 된다. 정반(1)에 제어력을 가하는 액튜에이터(11)로서는, 전자구동의 리니어모터 등을 이용하는 것이 바람직하다.

정반(1)을 방진지지하는 방진지지부(2)로서는, 공기스프링과 공기스프링의 내부 압력을 조정하는 전공비례밸브 등을 포함한 공기압 구동식 액튜에이터를 가진 것을 이용하는 것이 바람직하다. 이 경우, 정반(1)의 기준 위치로부터의 변위량(위치 정보)을 검출해서 출력하는 위치 센서와 정반(1)의 속도 정보 또는 가속도 정보를 검출해서 출력하는 진동 센서를 배치하는 것이 바람직하다. 또, 위치 센서로부터의 출력 신호 및 진동 센서로부터의 출력 신호의 적어도 한편의 신호에 의거해서 상기 정반의 진동을 저감 하기 위해서 보상을 행하는 정반 진동기를 구성하는 것이 바람직하다. 정반 진동 보상기에서 얻어진 보상연산 결과에 의거해서 공기압 구동식 액튜에이터를 제어하는 것에 의해 정반(1)의 진동을 저감하도록 제어동작을 행하는 것이 바람직하다. 보다, 구체적으로는 위치 센서, 진동 센서, 정반 진동 보상기 및 공기압 구동식 액튜에이터 등을 이용해서, 정반(1)의 위치 및 자세를 소정의 상태로 유지하고, 정반(1)의 진동을 능동적으로 제어하는 능동제진장치를 구성하는 것이 바람직하다.

방진지지부(2)로서 능동제진장치를 이용하는 경우에는, 정반 진동 센서로부터의 출력 신호에 근거해서 정반(1)의 진동을 제어하는 액튜에이터로서 액튜에이터(11(11a~11h))을 이용해도 된다. 이러한 능동제진장치를 이용하면, 정반(1)에 전해지는 외란력에 의해 생기는 정반(1)의 진동을 보다 신속하고 또, 적절하게 저감할 수 있다.

본 실시예에 따른 반도체 노광장치는, 상기한 구성요소를 구비한다. 본 실시예에 따른 반도체 노광장치의 동작을 상세하게 설명한다.

본 실시예에 따른 반도체 노광장치에 있어서는, 도 1에 도시한 스테이지 장치(51)가 위치 센서(61)에 의한 위치 검출 신호를 보상 연산해서 얻어진 구동 지령 신호에 의거해서, 도 1에 도시한 화살표(a)의 방향으로 구동되면, 카운터 매스(52a), (52b)는 도 1에 도시한 화살표(Aa) 및 (Ab)의 방향, 즉, 스테이지 장치(51)와 동일한 자유도 방향에서 역방향으로 동작한다.

이 동작은, 스테이지 장치(51)에 장착된 스테이지 구동용 리니어 모터의 가동자와 카운터 매스(52a), (52b)에 장착된 스테이지 구동용 리니어 모터의 고정자와의 사이에 생기는 추력을, 쌍방 모두 이동가능하게 지지된 스테이지 장치(51)와 카운터 매스(52a), (52b)에 작용시킬 때 일어난다.

이러한 구조의 스테이지 시스템에 있어서는, 스테이지 장치(51)을 구동할 때에 발생하는 구동력의 반력은, 스테이지 시스템을 탑재하는 정반(1)에는 전해지지 않고, 카운터 매스(52a), (52b)에 전해진다. 따라서, 구동반력의 에너지는 카운터 매스(52a), (52b)의 운동 에너지로 변환되고, 정반(1)에의 작용력을 스테이지 구동용 리니어 모터의 고정자를 정반에 고정한 형태의 종래 방식의 스테이지 장치보다 큰폭으로 저감할 수 있다. 따라서 정반(1)의 진동을 작게 억제할 수가 있다.

상기한 구성의 스테이지 장치는, 이상적으로는, 스테이지 장치(51)의 운동 에너지 및 운동량이 카운터 매스(52a), (52b)에는 모두 전해지고, 스테이지의 구동에 기인하는 힘은 정반(1)에는 전혀 전해지지 않도록 동작시키는 것이 바람직하다. 그러면, 정반(1)에는 외관력이 작용하지 않고, 이에 의해 진동이 발생하지 않는다.

그러나, 스테이지 장치(51)의 운동 에너지, 운동량 및 구동반력 등은, 스테이지 장치(51) 및 카운터 매스(52a), (52b)의 베어링(도시하지 않음)에서 발생하는 마찰력 및 감쇠력과, 정반(1)로부터 스테이지 장치(51) 및 카운터 매스(52a), (52b)로 연장하는 배선 및 배관류가 스프링으로서 작용할 때 생기는 힘 등에 의해, 카운터 매스(52a), (52b)에 모두 전해지지 않는 경우가 있다. 이 경우, 스테이지 장치(51)의 운동 에너지 및 운동량과 카운터 매스(52a), (52b)의 운동 에너지 및 운동량은 평형을 이루지 못하고, 운동에너지와 운동량의 차이의 부분이 스테이지 장치(51)와 카운터 매스(52a), (52b)의 쌍방을 탑재하는 정반(1)에 전해지며, 따라서 정반(1)에는 진동이 예기된다.

본 실시예에 따른 노광장치에 있어서는, 스테이지 장치(51)와 카운터 매스(52a), (52b)와의 사이에서 완전히 상쇄될 수 없는, 운동 에너지, 운동량 및 구동반력을 스테이지 장치(51) 및 카운터 매스(52a), (52b)의 위치 정보(변위), 속도 정보 및 가속도 정보 등의 동작 물리량으로부터 추정하고, 이 추정된 신호에 의거해서 정반(1)에 제어력을 가하는 액튜에이터를 제어하는 것에 의해, 정반(1)에서의 진동을 저감한다.

본 실시예에 따른 노광장치의 실제적인 제어동작을 설명한다. 우선, 스테이지 장치(51)와 카운터 매스(52a), (52b)의 가속도 신호에 의거해서 정반(1)에 전달되는 추력, 운동량 등을 추정함으로써 제어동작을 행하는 장치 및 그 장치의 제어방법을 설명한다.

도 1에 도시한 스테이지 장치(51)는 소정의 구동패턴에 따라서 구동지령신호에 의해서 구동된다. 카운터 매스(52a), (52b)는 스테이지 장치(51)의 구동방향과 역방향으로 스테이지 장치(51)의 구동반력에 의해 동작된다. 이때의 스테이지 장치(51) 및 카운터 매스(52a), (52b)의 가속도 정보는 가속도 센서(63), (66a), (66b)에 의해 검출된다. 가속도 센서의 출력신호는 보상기(6)에 입력된다. 보상기(6)에서는 카운터 매스(52a), (52b)의 동작에 의해 상쇄될 수 없는 스테이지 장치(51)의 구동반력을 추정한다.

1자유도 방향으로 구동되는 스테이지 장치의 경우에 있어서는, 구동반력은 스테이지의 구동방향의 1병진 자유도와 스테이지의 구동방향과 직교하는 2축 중심의 2개의 회전 자유도 방향으로 작용한다. 따라서, 스테이지 장치의 추력 및 운동량과, 카운터 매스의 추진 및 운동량 사이의 관계는 이들의 3자유도의 운동방향에 대해 정식화된다.

스테이지 장치와 가속도에 비례하는 카운터 매스의 추력과 운동량 성분에 관해서는 이하의 운동 방정식이 성립된다.

### 수학식 1

$$\begin{bmatrix} \mathbf{f}_{\mathbf{y}} \\ \mathbf{M}_{\mathbf{q}, \mathbf{x}} \\ \mathbf{M}_{\mathbf{q}, \mathbf{z}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{m} & \mathbf{M}_1 & \mathbf{M}_2 \\ \mathbf{m} \times \mathbf{l}_{\mathbf{z}, \mathbf{0}} & \mathbf{M}_1 \times \mathbf{l}_{\mathbf{z}, \mathbf{1}} & \mathbf{M}_2 \times \mathbf{l}_{\mathbf{z}, \mathbf{2}} \\ \mathbf{m} \times \mathbf{l}_{\mathbf{x}, \mathbf{0}} & \mathbf{M}_1 \times \mathbf{l}_{\mathbf{x}, \mathbf{1}} & \mathbf{M}_2 \times \mathbf{l}_{\mathbf{x}, \mathbf{2}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{a}_{\mathbf{y}} \\ \mathbf{a}_{\mathbf{Y}, \mathbf{1}} \\ \mathbf{a}_{\mathbf{Y}, \mathbf{2}} \end{bmatrix}$$

... (1)

여기서, (m)은 스테이지 장치(51)의 질량, (M1)는 카운터 매스(52a)의 질량, (M2)는 카운터 매스(52b)의 질량, (ay)는 스테이지 장치(51)의 가속도 정보, (aY1)는 카운터 매스(52a)의 가속도 정보, (aY2)는 카운터 매스(52b)의 가속도 정보, (1z0) 내지 (1z2)는 정반(1)의 중심(重心) 위치를 원점으로 했을 경우의 스테이지(51) 및 카운터 매스(52a), (52b)의 중심 위치의 Z좌표, (1x0) 내지 (1x2)는 정반 1의 중심 위치를 원점으로 했을 경우의 스테이지(51) 및 카운터 매스(52a), (52b)의 중심 위치의 X좌표이다. (1z0) 내지 (1z2) 및 (1x0) 내지 (1x2)는, 스테이지 장치(51) 및 카운터 매스(52a), (52b)의 기계적 설계 정보 등으로부터 얻을 수 있다. XYZ의 좌표계에 있어서는, 도 1 및 도 2에 도시한 바와 같이, 스테이지 장치(51) 및 카운터 매스(52a), (52b)의 동작 방향(수평 1자유도 방향)을 Y축으로 하고, Y축과 직교하는 수평축을 X축으로 하며, 수직축을 Z축으로 한다. 또, X, Y, Z 각 축중심의 회전 방향을 각각  $\Theta_x$ ,  $\Theta_y$ ,  $\Theta_z$ 로 한다.

좌변의 (fy), (Mqx), (Mqz)는, 스테이지 장치(51)의 동작과 카운터 매스(52a), (52b)의 동작에 의해 서로 상쇄되지 않고 잔류하는 Y,  $\Theta_x$ ,  $\Theta_z$ 방향의 추력과 모멘트이다. 즉, (fy), (Mqx), (Mqz)는 스테이지 장치와 카운터 매스 사이의 동작의 차이이며, (fy), (Mqx), (Mqz)가 0이 경우는, 스테이지 장치와 카운터 매스 사이에서 추력과 모멘트량은 상쇄되지 않고, 그 외의 부위, 즉 정반(1)으로 빠져 나간다.

따라서, 상기 식의 좌변에 해당하는 추력을 없애도록 액튜에이터(11(11a ~ 11h))에 제어력을 분배하면, 스테이지 장치와 카운터 매스의 사이에서 스테이지 구동반력이 상쇄되지 않고, 빠져 나온 작용력이 정반(1)에 입력되어도, 액튜에이터(11(11a~11h))에 의해 이것을 상쇄해서 정반(1)의 진동을 저감할 수 있다.

따라서, 보상기(6)은, 식(1)에 따라서, 좌변의 (fy), (Mqx), (Mqz)를 추정하고, (fy), (Mqx), (Mqz)를 없애도록 정반(1)에 제어력을 가하는 액튜에이터(11 (11a~11h))를 제어하기 위한 제어지령신호를 생성한다. 보다 구체적으로는, 보상기 (6)는 추정된 (fy), (Mqx), (Mqz)에 대해서 필요시, 개인 보상연산 및 필터처리연산을 실시한다. 액튜에이터(11)이 전자 구동의 리니어 모터와 같은 응답성이 높은 액튜에이터인 경우, 보상기(6)은 식(1)에 따라 추정한 (fy), (Mqx), (Mqz)의 정보에 의거하여 개인 보상을 중심으로 한 제어 연산을 실시하고, 얻어진 제어지령신호를 각 액튜에이터에 분배할 수가 있다.

이때, 액튜에이터(11(11a~11h))에 의해 발생되는 추력은 Y,  $\Theta_x$ ,  $\Theta_z$  각 방향의 추력(fy), (Mqx), (Mqz)로서 추정되고, 상기 보상기(6)는, Y,  $\Theta_x$ ,  $\Theta_z$ 의 각 방향에서의 식(1)에 의거하여 도출한 소망의 추력과 모멘트를 발생하기 위해서, 복수 배치된 액튜에이터(11(11a~11h))에 추력을 분배해 주도록 추력의 분배 연산을 행한다. 추력의 분배 연산식은 액튜에이터(11(11a~11h))의 기하적 배치 및 이들의 배치방향에 의거하여 공식화될 수 있다.

정반(1)에 제어력을 가하도록 복수개의 액튜에이터(11(11a~11h))는 이와 같이 보상기(6)에 의해 도출된 제어지령신호에 의거하여 구동된다. 그리고, 식(1)에 따라 발생하고, 스테이지 장치(51)와 카운터 매스(52a), (52b)에 의해 모두 상쇄되지 못하고 정반(1)에 전해지는 추력과 모멘트는 액튜에이터(11)에 의해 리얼타임으로 상쇄되며, 결과적으로 정반(1)의 진동을 작게 억제할 수 있다.

스테이지 장치(51) 및 카운터 매스(52a), (52b)를 구비하고 그 상호의 동작에 의하여 스테이지의 구동반력을 저감하는 장치에 있어서는, 스테이지의 구동반력이 구성요소의 상호동작에 의해 상쇄되고 저감되어 상기 구성요소들을 탑재하는 정반의 진동을 저감할 수 있다. 그러나, 이러한 상호의 동작에 의해서 스테이지 구동반력을 완전히 상쇄되지 못하고 잔류해서, 스테이지 장치(51)와 카운터 매스(52a), (52b)를 탑재하는 정반에 전해지는 추력과 모멘트가 있는 경우는, 어떠한 수단을 이용해서 정반에의 작용력을 저감할 필요가 있다.

본 실시예에 따른 노광장치에 있어서는, 상술한 바와 같이, 스테이지 장치(51) 및 카운터 매스(52a), (52b)의 가속도 정보 등의 동작 물리량을 검출하는 센서로부터의 신호에 의거하여 스테이지 장치(51a)와 카운터 매스(52a), (52b)의 동작에 의해 완전히 상쇄되지 못하고 정반(1)에 전해지는 추력과 모멘트를 추정하고, 정반(1)에 제어력을 가하는 액튜에이터를 상기 추정된 추력과 모멘트에 의거해서 제어한다. 이에 따라서, 종래의 장치에서는 얻을 수 없었던 보다 고도의 제진 성능을 얻을 수 있고, 결과적으로, 정반에 탑재된 스테이지 장치나 그 외의 정밀 기기의 진동을 저감하여 노광장치 등에 탑재되는 기기의 성능향상을 실현한다.

또한, 이상의 설명에서는 설명을 간단하게 하기 위해서 정반(1)에 전해지는 추력은 가속도 비례항만으로 하였다. 그러나, 실제로는 스테이지 장치(51) 및 카운터 매스(52a), (52b)를 가동 지지하기 위한 에어 베어링에서의 마찰이나, 스테이지 장치를 구성하는 리니어 모터의 가동부와 고정부의 사이에서 생기는 역기전력에 의한 저항 등 가속도 비례항만으로는 표현할 수 없는 힘과 모멘트의 교환을 무시할 수 없는 경우도 있다. 이 경우에는, 속도 비례항과 위치 비례항을 추가함으로써

정반(1)에 전해지는 추력과 모멘트를 추정할 수 있다. 이 경우의 정반(1)에 전해지는 추력과 모멘트의 추정은 이하의 식에 의해 가능해진다. 또한, 이하의 식중의 속도 비례항에 대해서는 정반(1)에 대한 스테이지 장치 및 카운터 매스의 속도 뿐만 아니라, 스테이지 장치와 카운터 매스의 사이의 상대속도도 고려되고 있다.

$$\begin{aligned}
 & \text{수학식 2} \\
 \begin{bmatrix} \mathbf{f_y} \\ \mathbf{M_{qx}} \\ \mathbf{M_{qz}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{m} & \mathbf{M_1} & \mathbf{M_2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{ay} \\ \mathbf{aY_1} \\ \mathbf{aY_2} \end{bmatrix} \\
 & + \begin{bmatrix} \mathbf{d_{11}} & \mathbf{d_{12}} & \mathbf{d_{13}} \\ \mathbf{d_{21}} & \mathbf{d_{22}} & \mathbf{d_{23}} \\ \mathbf{d_{31}} & \mathbf{d_{32}} & \mathbf{d_{33}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{vy} \\ \mathbf{vY_1} \\ \mathbf{vY_2} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \mathbf{k_{11}} & \mathbf{k_{12}} & \mathbf{k_{13}} \\ \mathbf{k_{21}} & \mathbf{k_{22}} & \mathbf{k_{23}} \\ \mathbf{k_{31}} & \mathbf{k_{32}} & \mathbf{k_{33}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{py} \\ \mathbf{pY_1} \\ \mathbf{pY_2} \end{bmatrix} \\
 & \dots (2)
 \end{aligned}$$

식(2)에 있어서, 식(1)과 같은 기호로 표시한 것은 식(1)과 같은 파라미터를 나타낸다. 또, ( $vY$ )는 스테이지 장치(51)의 속도, ( $vY_1$ )는 카운터 매스(52a)의 속도, ( $vY_2$ )는 카운터 매스(52b)의 속도, ( $py$ )는 스테이지 장치(51)의 위치(변위), ( $pY_1$ )는 카운터 매스(52a)의 위치(변위), ( $pY_2$ )는 카운터 매스(52b)의 위치(변위), ( $dij$ ) 및 ( $kij$ ) ( $i, j=1, 2, 3$ )는 각각 속도 비례 항과 위치 비례 항을 나타낸다.

속도 비례항과 위치 비례항은 예를 들면, 스테이지 장치(51)와 카운터 매스(52a), (52b)의 어느 2개를 동작하지 않게 고정한 다음에, 리니어 모터에 제어력을 가하고, 그때의 각 동작 물리량( $ay$ ,  $aY_1$ ,  $aY_2$ ,  $vy$ ,  $vY_1$ ,  $vY_2$ ,  $py$ ,  $pY_1$ ,  $pY_2$ )의 응답 특성을 측정하는 것 등에 의해 실험적으로 추정해도 된다.

또, 식(1) 및 식(2)에 있어서는, 가속도 비례항으로서, 스테이지 장치(51)의 질량( $m$ )과, 카운터 매스(52a), (52b)의 질량( $M_1$ ), ( $M_2$ )를 이용했지만, 질량( $m$ ), ( $M_1$ ), ( $M_2$ )의 값을 명확하게 모르는 경우에는 같은 방법으로 실험적으로 이들을 구해도 된다.

상기의 식(2)에 의해 추정된 추력과 모멘트에 의거하여 액튜에이터를 제어해서, 정반의 진동을 저감하고 억제하는 구성은 먼저 설명한 구성과 같으므로 그 설명은 생략한다.

이와 같이 속도 비례항과 위치 비례항을 고려하는 경우에는, 보다 정밀하게 스테이지계로부터 정반(1)에 전해지는 추력과 모멘트를 추정할 수 있고, 보다 효과적으로 정반(1)의 진동을 억제하고 저감할 수 있다.

또 실제의 제어에 있어서는, 스테이지 장치(51) 및 카운터 매스(52a), (52b)의 위치 정보(변위), 속도 정보 및 가속도 정보의 모든 동작물리량을 제어에 이용할 필요는 없다. 충분한 효과를 얻을 수 있으면, 위치 정보(변위), 속도 정보 및 가속도 정보의 적어도 1개를 이용하는 구성도 본 발명에 포함된다. 물론, 식(1)과 같이 가속도 비례항만을 고려한 제어동작을 실시해도 된다. 그러한 경우에는, 사용되지 않는 동작 물리량을 검출하는 센서는 생략해도 된다. 또, 상기 제어동작은  $Y$ ,  $\Theta_x$ ,  $\Theta_z$ 의 모든 방향에 대해서 실시하는 것이 아니라, 필요에 따라서 이들 중의 적어도 1개의 방향에 대해 실시해도 된다.

또, 식(2)로부터 명백한 바와 같이, ( $fy$ ), ( $M_{qx}$ ), ( $M_{qz}$ )는 ( $vx$ ), ( $vY_1$ ), ( $vY_2$ )의 값에 의해서도 결정될 수 있다. 이를 속도 정보에 관한 동작 물리량은, 상기의 설명과 같이 속도센서를 이용하는 것이 아니라, 스테이지 장치와 카운터 매스 사이의 상대속도( $vx-vY_1$ ), ( $vx-vY_2$ )인, 상대속도센서로부터의 출력신호를 동작 물리량으로서 이용해도 된다.

스테이지 장치 및 카운터 매스의 위치 정보(변위), 속도 정보 및 가속도 정보를 얻는 수단은, 이들 동작 물리량을 검출하는 센서로 한정되지 않는다. 예를 들면, 스테이지 장치나 카운터 매스의 구동 프로파일 정보에 의거해서, 이러한 위치 정보(변위), 속도 정보 및 가속도 정보를 얻을 수 있는 것은 물론이다.

#### [제 2실시예]

제 1실시예에 있어서는, 스테이지 장치는 1자유도 방향으로 동작한다. 이 스테이지 장치는 도 7을 참조해서 설명한 노광장치에 있어서의, 레티클스테이지 장치(95)에 상당한다. 한편, 본 발명의 구성은, 기관 스테이지, 예를 들면 2자유도 방향으로 이동하는 스테이지 장치에도 적용 가능하다. 이하, 2자유도 방향으로 동작하는 스테이지 장치 및 그 구동반력을 상쇄하

기 위해서 구성된 카운터 매스를 구비하는 스테이지 시스템에 있어서, 스테이지 장치와 카운터 매스의 상호 동작으로는 완전히 상쇄되지 못하고 스테이지 장치와 카운터 매스를 탑재하는 정반에 전해지는 추력과 모멘트를 추정하고, 그 추정 신호에 의거해서 정반에 제어력을 가하는 액튜에이터를 제어함으로서 정반의 진동을 저감하고 억제하는 장치를 설명한다.

도 4 및 5는, 본 발명의 바람직한 제 2실시예에 따른 노광장치를 구성하는 스테이지 장치 주변의 유니트의 구성 및 동작을 설명하기 위한 도면이다. 도 4 및 5는, 2자유도 방향의 운동 자유도를 가지는 스테이지 장치를 나타낸다. 도 4는 노광장치의 평면도이고, 도 5는 노광장치의 측면도이다. 이 유니트는, 도 7에 표시하는 노광장치에 있어서의, 기판 스테이지 장치(94)에 상당한다. 기판 스테이지 장치(94)로서는, 레티클 패턴을 반복 노광함으로써 기판 위에 복수의 패턴을 인쇄하는 예를 들면 XY스테이지와 같은 2자유도 방향의 운동 자유도를 가지는 스테이지 장치가 이용된다.

도 4 및 5에 도시한 바와 같이, 본 발명의 바람직한 제 2실시예에 따른 노광장치는 이하와 같은 구성요소를 구비한다. 즉, 본 실시예에 따른 장치에 있어서는, 기판 등의 재치 대상물을 탑재하는 스테이지 장치(71)는, 예를 들면 X, Y의 2자유도 방향으로 이동할 수 있고, X방향 이동 부재(72)에 의해 X방향으로, 그리고 Y방향 이동 부재(73)에 의해 Y방향으로 이동 가능한 구조로 되어 있다. XY스테이지(71)는 서로의 동작을 제한하지 않는 X방향 이동 부재(72)와 Y방향 이동 부재(73)에 의해 구성된 크로스바 구조체상에 지지되어 있고, X, Y 어느 방향으로도 이동할 수 있다. 좌표계에 있어서는 직교하는 2개의 수평축은 X 및 Y축을 이루고 수직축은 Z축을 이루며 X, Y, Z 각 축중심의 회전방향은 각각  $\Theta_x$ ,  $\Theta_y$ ,  $\Theta_z$ 를 이룬다.

또, 스테이지 장치(71)는 X방향으로 이동할 수 있는 구조에 의해 지지되는 부하 질량인 X방향 카운터 매스(74a), (74b)와, Y방향으로 이동할 수 있는 구조에 의해 지지되는 부하 질량인 Y방향 카운터 매스(75a), (75b)를 구비한다.

X방향 이동 부재(72)와 X방향 카운터 매스(74a), (74b)와의 사이에는 X방향 리니어 모터에 의해 추력이 작용한다. 이 경우, X방향 이동 부재(72)는 가동자로서 기능하고, X방향 카운터 매스(74a), (74b)는 고정자로서 기능한다. 마찬가지로, Y방향 이동 부재(73)와 Y방향 카운터 매스(75a), (75b)의 사이에는 Y방향 리니어 모터에 의해 추력이 작용한다. 이 경우, Y방향 이동 부재(73)는 가동자로서, 그리고 Y방향 카운터 매스(75a), (75b)는 고정자로서 기능한다. 상기 X방향 이동부재(72) 및 Y방향 이동부재(73)는 이들의 리니어 모터에 의해서 구동되고, 이에 따라, 스테이지 장치(71)를 X 및 Y방향으로 구동한다.

이러한 스테이지 시스템에 있어서는, 스테이지 장치(71)가 리니어 모터에 의해 X방향 이동 부재(72) 및 Y방향 이동 부재(73)를 개재해서 구동되면, 그 구동반력이 X방향 카운터 매스(74a) 및 (74b)와 Y방향 카운터 매스(75a), (75b)에 작용해서 스테이지 장치(71)의 구동반력이 작용하는 동일한 방향으로 동작한다. 스테이지 장치(71)를 구동하는 리니어 모터의 고정자는, 스테이지 장치(71)가 탑재되는 정반(3)위에서 이동할 수 있는 구조에 의해 지지되어 있다. 스테이지를 동작시키기 위해서 리니어 모터를 구동해도, 스테이지 구동반력의 에너지 및 운동량은, 리니어 모터 고정자와 부하질량을 구비하는 카운터 매스의 운동 에너지 및 운동량으로 되고, 이상적인 상태에서는, 정반(3)에는 힘이 전해지지 않고, 이를 구성요소를 구비하는 스테이지 시스템을 탑재하는 정반(3)을 크게 진동시키는 일 없이 스테이지를 동작시킬 수 있다.

본 실시예에 따른 반도체 노광장치에 있어서는, 상기와 같이 구성된 스테이지 장치(71), X방향 카운터 매스(74a), (74b) 및 Y방향 카운터 매스(75a), (75b)에 대해서, 그 동작 물리량을 검출하는 센서를 사용한다.

보다 구체적으로는, 스테이지 장치(71)는, 스테이지 장치(71)의 각 자유도의 방향에서의, 즉 X 및 Y의 방향에서의 위치 정보를 검출해서 출력하는 위치 센서(81a(81aT, 81aH)) 및 (81b(81bT, 81bH))와, 각 자유도방향, 즉 X 및 Y방향에서의, 스테이지 장치(71)의 속도 정보를 검출해서 출력하는 속도 센서(82a), (82b)와, 각 자유도의 방향, 즉 X 및 Y방향에서의, 스테이지 장치(71)의 가속도 정보를 검출해서 출력하는 가속도 센서(83a), (83b)를 구비하고 있다.

또, X방향 카운터 매스(74a), (74b)는, 대응하는 카운터 매스의 위치 정보를 검출해서 출력하는 위치 센서(84a), (84b)와, 대응하는 카운터 매스의 속도 정보를 검출해서 출력하는 속도 센서(85a), (85b)와, 대응하는 카운터 매스의 가속도 정보를 검출해서 출력하는 가속도 센서(86a), (86b)를 각각 구비하고 있다.

마찬가지로, Y방향 카운터 매스(75a), (75b)는, 대응하는 카운터 매스의 위치 정보를 검출해서 출력하는 위치 센서(87a), (87b)와, 대응하는 카운터 매스의 속도 정보를 검출해서 출력하는 속도 센서(88a), (88b)와, 대응하는 카운터 매스의 가속도 정보를 검출해서 출력하는 가속도 센서(89a), (89b)를 각각 구비하고 있다.

위치 센서(84a), (84b) 및 (87a), (87b)와, 속도 센서(85a), (85b) 및 (88a), (88b)와, 가속도 센서(86a), (86b) 및 (89a), (89b)는, 동작물리량, 즉 X, Y방향 카운터 매스(74a), (74b) 및 Y방향 카운터 매스(75a), (75b)가 동작하는 방향에서의 위치 정보, 속도 정보 및 가속도 정보 등을 각각 검출한다.

스테이지 장치(71)의 위치 정보를 검출해서 출력하는 위치 센서(81(81a, 81b))로서는, 정밀도 등의 요구 때문에 이 분야에서 널리 이용되고 있는 레이저 간섭계를 사용하는 것이 바람직하다.

스테이지 장치(71)의 속도 정보를 검출해서 출력하는 속도 센서(82(82a, 82b))로서는, 지오픈 센서나 그 외의 종류의 속도 센서를 사용할 수 있다. 스테이지 장치(71)의 가속도 정보를 검출해서 출력하는 가속도 센서(83(83a, 83b))로서는, 서보형이나 압전식의 각종 가속도계를 이용할 수 있다.

또, 위치 센서(81)로서 레이저 간섭계를 이용하는 경우는, 속도 센서(82) 및 가속도 센서(83)를 이용하는 대신에, 레이저 간섭계의 출력신호의 동작 물리량을 적절히 변환해서 속도 및 가속도를 산출해도 된다.

마찬가지로, X방향 카운터 매스(74a), (74b) 및 Y방향 카운터 매스(75a), (75b)의 각각의 위치 정보를 검출해서 출력하는 위치 센서(84a), (84b) 및 (87a), (87b)로서는, 레이저 간섭계나 엔코더 등의 각종 위치 센서를 이용할 수 있다.

X방향 카운터 매스(74a), (74b) 및 Y방향 카운터 매스(75a), (75b)의 속도 정보를 검출해서 출력하는 속도 센서(85a), (85b), (88a), (88b)로서는, 지오픈 센서나 그 외의 종류의 속도계를 이용할 수 있다. X방향 카운터 매스(74a), (74b) 및 Y방향 카운터 매스(75a), (75b)의 가속도 정보를 검출해서 출력하는 가속도 센서(86a), (86b), (89a), (89b)로서는, 서보형이나 압전식의 각종 가속도계를 이용할 수 있다.

또, 위치 센서(84a), (84b), (87a), (87b)로서 레이저 간섭계를 이용하는 경우에는, 속도 센서(85a), (85b), (88a), (88b) 및 가속도 센서(86a), (86b), (89a), (89b)를 이용하는 대신에, 레이저 간섭계의 출력신호의 동작 물리량을 적절히 변환함으로써 속도 및 가속도를 산출해도 된다.

또 후술하는 제어 수법을 적용할 때에, 센서 중 적어도 1개를 생략해도 장치의 동작상 문제가 없는 경우에는, 위치 센서(81a), (81b), (84a), (84b), (87a), (87b)의 적어도 1개, 속도 센서(82a), (82b), (85a), (85b), (88a), (88b)의 적어도 1개 및 가속도 센서(83a), (83b), (86a), (86b), (89a), (89b)의 적어도 1개의 센서를 생략하는 것도 가능하다.

이상에서 설명한, 스테이지 장치(71), X방향 카운터 매스(74a), (74b) 및 Y방향 카운터 매스(75a), (75b) 등을 구비하는 스테이지 시스템은 정반(3)에 탑재되고, 정반(3)은 장치 설치 기초에 설치된 기초 구조체(4) 위에서 방진지지부(5)에 의해 방진 지지되어 있다. 정반(3)은 정반(3)에 제어력을 가하는 액튜에이터(21(21a~21h))를 구비하고 있다. 액튜에이터(21(21a~21h))에 의한 발생 추력은, 보상기(6b)로 얻어진 신호에 의거하여 제어된다.

위치 센서(81a), (81b), 속도 센서(82a), (82b), 가속도 센서(83a), (83b), 위치 센서(84a), (84b), (87a), (87b), 속도 센서(85a), (85b), (88a), (88b) 및 가속도 센서(86a), (86b), (89a), (89b)의 출력신호는, 도 6에 도시한 바와 같이, 보상기(6b)에 입력되고 보상 연산이 행해진다. 액튜에이터(21(21a~21h))은, 보상기(6b)로 얻어진 연산 결과에 의거해서 구동 회로(20)을 개재해서 구동된다.

도 4 내지 6에 있어서는, 액튜에이터(21)은, 8개의 액튜에이터(21a) 내지 (21h)를 구성하고 있으며, 요구되는 제어 성능을 실현하는데 충분하면, 그 개수는 8개로 한정되지 않는다.

정반(3)에 제어력을 가하는 액튜에이터(21(21a~21h))은, 도 4 및 도 5에 표시한 바와 같이, 정반(3)에 대해서 수직 방향으로 제어력을 가하는 액튜에이터(21a~21d)와, 정반(3)에 대해서 수평 방향으로 제어력을 가하는 액튜에이터(21e~21h)를 구비한다. 또한, 후술하는 제어 구성상, 실질적으로 제어력을 가할 필요가 없으면, 이들의 액튜에이터 가운데 적어도 1개를 생략할 수도 있다. 정반(3)에 제어력을 가하는 액튜에이터(21)로서는, 전자 구동 리니어 모터 등을 바람직하게 이용할 수 있다.

방진지지부(5)로서는, 제 1실시예에서 설명한 것과 같은 것을 이용할 수가 있다. 물론, 제 1실시예에서 그 구성을 상술한 것과 같은 구성의 능동제진장치를 방진지지부(5)로서 이용할 수도 있다. 노광장치 등의 정밀 기기에 있어서는, 기기를 탑재하는 정반(3)의 위치나 진동을 정밀하게 제어할 필요성이 높고, 따라서 방진지지부(5)로서는, 능동제진장치를 사용하는 것이 바람직하다.

본 실시예에 따른 반도체 노광장치는 상기한 구성요소를 구비한다. 다음에, 본 실시예에 따른 반도체 노광장치의 동작을 상세하게 설명한다.

본 실시예에 따른 반도체 노광장치에 있어서는, 스테이지 장치(71) 및 X방향 이동 부재(72)가 노광장치의 제어기로부터의 구동지령신호에 의거하여 도 4에 도시한 화살표(a)의 방향(X방향)으로 동작하면, X방향 카운터 매스(74a), (74b)는, 도 4에 도시한 화살표 (Aa), (Ab)의 방향, 즉, 스테이지 장치(71)과 동일한 자유도 방향에서 역방향으로 동작한다. 또, 스테이지 장치(71) 및 Y방향 이동 부재(73)가 노광장치의 제어기로부터의 구동 지령 신호에 의거해서, 도 4에 도시한 화살표(b)의 방향(Y방향)으로 동작하면, Y방향 카운터 매스(75a), (75b)는, 도 4에 도시한 화살표 (Ba), (Bb)의 방향, 즉, 스테이지 장치(71)와 동일한 자유도 방향에서 역방향으로 동작한다. 이 동작은, X방향 이동 부재(72) 및 Y방향 이동 부재 (73)에 장착된 스테이지 구동용 리니어 모터의 가동자와 X방향 카운터 매스(74a), (74b) 및 Y방향 카운터 매스(75a), (75b)에 장착된 스테이지 구동용 리니어 모터의 고정자의 사이에서 생기는 추력을, 이동가능하게 지지되는 스테이지 장치(71)와, X방향 가동 부재(72) 및 Y방향 가동 부재와, X방향 카운터 매스(74a), (74b) 및 Y방향 카운터 매스(75a), (75b)에 작용시킬 때에 생기는 동작이다.

이와 같은 구조의 스테이지 시스템에 있어서는, 스테이지 장치(71)를 구동할 때 발생하는 구동력의 반력은, 스테이지 시스템을 탑재하는 정반(3)에는 전해지지 않고, X, Y방향 카운터 매스에 전해진다. 따라서, 구동반력의 에너지는, 정반(3)이 아니고, X방향 카운터 매스(74a), (74b) 및 Y방향 카운터 매스(75a), (75b)의 운동 에너지 및 운동량으로 변환된다. 따라서, 스테이지 구동용 리니어 모터의 고정자를 정반에 고정한 형태의 종래 방식의 스테이지 장치보다도 정반(3)에의 작용력을 큰폭으로 저감할 수 있고, 그 결과, 베이스(3)의 진동을 작게 억제할 수 있다.

상기한 구성의 스테이지 장치(71)는, 이상적으로는 스테이지 장치(71), X방향 이동 부재(72) 및 Y방향 이동 부재(73)의 운동 에너지 및 운동량은, X방향 카운터 매스(74a), (74b) 및 Y방향 카운터 매스(75a), (75b)에 모두 전해지고, 스테이지 구동에 기인하는 힘과 모멘트는 정반(3)에 전혀 전해지지 않도록 동작시키는 것이 바람직하다. 그러면, 정반(3)에는 외란력이 작용하지 않고, 외란력 기인한 진동이 발생하지 않는다.

그러나, 스테이지 장치(71), X방향 이동 부재(72) 및 Y방향 이동 부재(73)의 운동 에너지, 운동량 및 구동반력 등이, (도시되지 않은) 베어링에서 발생하는 마찰력 및 감쇠력과, 정반으로부터 스테이지 장치(71), X방향 이동 부재(72), Y방향 이동 부재(73), X, Y방향 카운터 매스로 연장하는 배선과 배관류가 스프링으로서 작용할 때 발생하는 영향력 등에 의해서, X방향 카운터 매스(74a), (74b) 및 Y방향 카운터 매스(75a), (75b)에 모두 전해지지 않는 것으로 한다. 이 경우, 스테이지 장치(71), X방향 이동 부재(72) 및 Y방향 이동 부재(73)의 운동 에너지 및 운동량과, X방향 카운터 매스(74a), (74b) 및 Y방향 카운터 매스(75a), (75b)의 운동 에너지 및 운동량이 평형을 이루지 않고, 운동에너지 및 운동량의 차이가 쌍방을 탑재하는 정반(3)에 전해지고, 결과적으로 정반(3)의 진동을 여기해 버린다.

본 실시예에 따른 반도체 노광장치에서는, 상기 스테이지 장치(71)과 X방향 카운터 매스(74a), (74b) 및 Y방향 카운터 매스(75a), (75b)와의 사이에서 완전히 상쇄될 수 없는 운동 에너지, 운동량 및 구동반력을, 스테이지 장치와 카운터 매스의 위치 정보(변위), 속도 정보 및 가속도 정보 등의 동작 물리량으로부터 추정하고, 추정된 신호에 의거해서 정반(3)에 제어력을 가하는 액튜에이터를 제어함으로써 정반(3)의 진동을 저감한다.

본 실시예에 따른 반도체 노광장치의 구체적인 제어동작을 이하에 설명한다. 우선, 스테이지 장치(71) 및 카운터 매스(74a), (74b), (75a), (75b)의 가속도 신호에 의거해서, 정반(3)에 전해지는 추력과 모멘트 등을 추정해서 제어를 실시하는 장치 및 그 제어 방법을 설명한다.

스테이지 장치(71)은, 소정의 구동 패턴에 따라 구동 지령 신호에 의해 구동된다. 그러면, X방향 카운터 매스(74a), (74b)는 그 X방향 구동반력에 의해서, 그리고 Y방향 카운터 매스(75a), (75b)는 그 Y방향의 구동반력에 의해서, 스테이지 장치(71)의 구동된 방향과는 각각 역방향으로 동작한다. 이때, 스테이지 장치(71)의 X방향의 가속도 정보와 Y방향의 가속도 정보, X방향 카운터 매스(74a), (74b)의 X방향의 가속도 정보의 일부 및 Y방향 카운터 매스(75a), (75b)의 Y방향의 가속도 정보의 일부는, 가속도 센서(83a), (83b), (86a), (86b), (89a) 및 (89b)에 의해 검출된다. 그리고, 가속도 센서의 출력신호가 보상기(6b)에 입력된다.

보상기(6b)는, X방향 카운터 매스(74a), (74b) 및 Y방향 카운터 매스(75a), (75b)의 동작에 의해 상쇄될 수 없는 스테이지 장치(71)의 구동반력을 추정한다.

여기서 설명하는 바와 같은 2자유도 방향으로 구동되는 스테이지 장치의 경우, 구동반력은, 스테이지의 구동방향의 2병진 자유도와 스테이지의 구동방향과 직교하는 축중심의 3개의 회전 자유도 방향에 작용한다. 따라서, 스테이지 장치의 추력 및 운동량과 카운터 매스의 추력 및 운동량 사이의 관계는, 이들 5자유도의 운동방향에 대해서 정식화할 수 있다.

스테이지 장치와 카운터 매스의 가속도에 비례하는 추력과 모멘트 성분에 관해서는, 이하의 운동 방정식이 성립된다.

### 수학식 3

$$\begin{aligned}
 & \begin{bmatrix} \mathbf{fx} \\ \mathbf{fy} \\ \mathbf{Mqx} \\ \mathbf{Mqy} \\ \mathbf{Mqz} \end{bmatrix} \\
 - & \begin{bmatrix} mx & 0 & M1 & M2 & 0 & 0 \\ 0 & my & 0 & 0 & M3 & M4 \\ 0 & m \times lz0 & 0 & 0 & M3 \times lz3 & M4 \times lz4 \\ m \times lz0 & 0 & M1 \times lz1 & M1 \times lz2 & 0 & 0 \\ m \times ly0 & m \times lx0 & M1 \times ly1 & M2 \times ly2 & M3 \times lx3 & M4 \times lx4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} ax \\ ay \\ aX1 \\ aX2 \\ aY1 \\ aY2 \end{bmatrix}
 \end{aligned}$$

... (3)

여기서, ( $mx$ )는 스테이지 장치(71)와 X방향 이동 부재 (72)의 질량의 합, ( $my$ )는 스테이지 장치(71)와 Y방향 이동 부재 (73)의 질량의 합, ( $M1$ )는 X방향 카운터 매스(74a)의 질량, ( $M2$ )는 X방향 카운터 매스(74b)의 질량, ( $M3$ )는 Y방향 카운터 매스(75a)의 질량, ( $M4$ )는 Y방향 카운터 매스(75b)의 질량, ( $ax$ )는 스테이지 장치(71)의 X방향의 가속도, ( $ay$ )는 스테이지 장치(71)의 Y방향의 가속도, ( $aX1$ )는 X방향 카운터 매스(74a)의 X방향의 가속도, ( $aX2$ )는 X방향 카운터 매스(74b)의 X방향의 가속도, ( $aY1$ )는 Y방향 카운터 매스(75a)의 Y방향의 가속도, ( $aY2$ )는 Y방향 카운터 매스(75b)의 Y방향의 가속도, ( $lz0$ ) 내지 ( $lz4$ )는 정반(3)의 중심 위치를 원점으로 했을 경우의 스테이지 장치(71) 및 X, Y방향 카운터 매스(74a), (74b) 및 (75a), (75b)의 중심 위치의 Z좌표, ( $ly0$ ) 내지 ( $ly2$ )는 정반(3)의 중심 위치를 원점으로 했을 경우의 스테이지 장치(71) 및 X방향 카운터 매스(74a), (74b)의 중심 위치의 Y좌표, ( $lx0$ ), ( $lx3$ ), ( $lx4$ )는 정반(3)의 중심 위치를 원점으로 했을 경우의 스테이지 장치(71) 및 Y방향 카운터 매스(75a), (75b)의 중심 위치의 X좌표이다. 이 경우, ( $lz0$ ) 내지 ( $lz4$ ), ( $ly0$ ) 내지 ( $ly2$ ), ( $lx0$ ), ( $lx3$ ) 및 ( $lx4$ )는, 스테이지 장치(71) 및 카운터 매스(74a), (74b), (75a), (75b)의 기계적 설계 정보 등에서 얻을 수 있다.

좌변의 추력 및 모멘트( $fx$ ), ( $fy$ ), ( $Mqx$ ), ( $Mwy$ ), ( $Mqz$ )는, 스테이지 장치(71) 및 X, Y방향 카운터 매스(74a), (74b), (75a), (75b)의 동작에 의해 서로 상쇄되지 않고, X, Y,  $\Theta_x$ ,  $\Theta_y$ ,  $\Theta_z$ 방향에 잔류한다. 즉, ( $fx$ ), ( $fy$ ), ( $Mqx$ ), ( $Mqy$ ), ( $Mqz$ )는, 스테이지 장치와 카운터 매스와의 동작의 차이이며, ( $fx$ ), ( $fy$ ), ( $Mqx$ ), ( $Mqy$ ), ( $Mqz$ )가 0이 아닌 경우는, 스테이지 장치와 카운터 매스의 사이에서 추력과 모멘트가 상쇄되지 않고, 그 외의 부위, 즉, 정반(3)으로 빠져 나간다.

이 식의 좌변에 해당되는 추력을 액튜에이터(21(21a~21h))에 분배하면, 스테이지 장치와 카운터 매스와의 사이에서 스테이지 구동반력이 상쇄되지 않고, 빠져 나오는 작용력이 정반에 입력되어도, 상기 작용력을 액튜에이터(21(21a~21h))에 의해 상쇄해서, 정반(3)의 진동을 저감할 수 있다.

따라서, 보상기(6b)는, 식(3)에 따라서, 좌변의 ( $fx$ ), ( $fy$ ), ( $Mqx$ ), ( $Mqy$ ), ( $Mqz$ )를 추정하고, 이( $fx$ ), ( $fy$ ), ( $Mqx$ ), ( $Mqy$ ), ( $Mqz$ )를 상쇄하도록, 정반(3)에 제어력을 가하는 액튜에이터(21(21a~21h))을 제어하기 위한 제어지령신호를 생성한다. 보다 구체적으로는, 보상기(6b)는, 추정된 ( $fx$ ), ( $fy$ ), ( $Mqx$ ), ( $Mqy$ ), ( $Mqz$ )에 대해서, 필요시, 개인 보상 연산 및 필터 처리 연산을 행한다. 액튜에이터(21)이, 전자 구동의 리니어 모터 등의, 응답성이 높은 액튜에이터인 경우, 보상기(6b)는, 식(3)에 따라 추정한 ( $fx$ ), ( $fy$ ), ( $Mqx$ ), ( $Mqy$ ), ( $Mqz$ )의 정보에 의거해서 개인 보상을 중심으로 한 제어 연산을 실시하고, 얻어진 제어지령신호를 각 액튜에이터에 분배할 수 있다. 이때, 액튜에이터(21(21a~21h))에 의해 발생해야 할 추력은, X, Y,  $\Theta_x$ ,  $\Theta_y$ ,  $\Theta_z$ 의 각 방향의 추력과 모멘트( $fx$ ), ( $fy$ ), ( $Mqx$ ), ( $Mqy$ ), ( $Mqz$ )로서 주어진다. 보상기(6b)는, X, Y,  $\Theta_x$ ,  $\Theta_y$ ,  $\Theta_z$  각 방향으로, 식(3)에 의거해서 도출한 소망의 추력과 모멘트가 발생하도록, 그리고 복수 배치된 액튜에이터 (21(21a~21h))에 추력을 분배해 주도록 추력 분배 연산을 행한다. 추력 분배 연산식은 액튜에이터(21(21a~21h))의 기하학적 배치 및 그 배치방향에 의거하여 정식화할 수 있다.

정반(3)에 제어력을 가하도록, 복수 배치된 액튜에이터(21(21a~21h))은, 이와 같이 해서 보상기(6b)로 도출된 제어지령 신호에 의거해서, 구동 회로(20)을 개재하여 구동된다. 그러면, 식(3)에 따라 불가피하게 발생하고, 스테이지 장치(71)와, X방향 카운터 매스(74a), (74b) 및 Y방향 카운터 매스(75a), (75b)에 의해 모두 상쇄되지 못하고 정반(3)에 전해지는 추력과 모멘트는, 액튜에이터(21)에 의해 리얼타임으로 상쇄되고, 결과적으로 정반(3)의 진동을 작게 억제할 수 있다.

스테이지 장치(71)와, X방향 카운터 매스(74a), (74b) 및 Y방향 카운터 매스 (75a), (75b)를 구비하고, 그들 상호의 동작에 의해서 스테이지 구동반력을 저감하는 장치에 있어서는, 스테이지의 구동반력을 그들 상호의 구성요소의 동작에 의해

상쇄하고 저감해서, 구성요소를 탑재하는 정반의 진동을 저감할 수 있다. 그러나, 그들 상호의 동작에 의해, 스테이지 구동 반력을 모두 상쇄하지 못하고, 스테이지 장치(71)와, 카운터 매스(74a), (74b), (75a), (75b)를 탑재하는 정반에 전해지는 추력과 모멘트가 있는 경우에는, 어떠한 보조 수단을 이용해서 정반에의 작용력을 저감할 필요가 있다.

본 실시예에 따른 반도체 노광장치에 있어서는, 상술한 바와 같이, 예를 들면, 스테이지 장치 및 X, Y방향 카운터 매스의 가속도 정보 등의 동작 물리량을 검출하는 센서로부터의 신호에 의거하여 스테이지 장치 및 X, Y방향 카운터 매스의 동작에 의해 모두 상쇄되지 못하고 정반에 전해지는 추력과 모멘트를 추정하고, 이 추정된 추력과 모멘트에 의거해서 정반에 제어력을 가하는 액튜에이터를 제어한다. 이와 같이 해서, 종래의 장치에서는 얻을 수 없었던 보다 고도의 제진성능을 얻을 수 있고, 결과적으로, 정반에 탑재된 스테이지 장치나 그 외의 정밀 기기의 진동을 저감해서, 노광장치 등에 탑재되는 기기의 성능 향상을 실현한다.

또한, 이상의 설명에서는, 설명을 간단하게 하기 위해서, 정반에 전해지는 추력은 가속도 비례항만으로 했다. 그러나, 실제로는, 스테이지 장치 및 카운터 매스를 가동 지지하기 위한 베어링에서의 마찰이나, 스테이지 장치를 구성하는 리니어 모터의 가동부와 고정부의 사이에서 생기는 역기전력에 의한 저항, 또는 스테이지 장치, 카운터 매스와 정반과의 사이에서 배선 또는 배관이 스프링으로서 작용함으로써 발생하는 영향력 등, 가속도 비례항만으로는 표현할 수 없는 힘과 모멘트의 관계를 무시할 수 없는 경우도 있다. 이 경우, 속도 비례항과 위치 비례항을 추가함으로써, 정반(3)에 전해지는 추력과 모멘트를 추정할 수 있다. 정반(3)에 전해지는 추력과 모멘트의 추정은 이하의 식(4)에 의해 가능하다. 식(4)중의 속도 비례항에 관해서는, 정반(3)에 대한 스테이지 장치 및 카운터 매스의 속도 뿐만이 아니라, 스테이지 장치와 카운터 매스 사이의 상대속도도 고려되고 있다. 식(4)는, 스테이지 장치가 2자유도계이기 때문에, 5자유도의 식으로서 주어지고 있지만, 식(4)의 기본적인 사고방식은 식(2)와 같다.

#### 수학식 4

$$\begin{aligned}
 & \begin{bmatrix} f_x \\ f_y \\ M_{Qx} \\ M_{Qy} \\ M_{Qz} \end{bmatrix} \\
 = & \begin{bmatrix} m & 0 & M_1 & M_2 & 0 & 0 \\ 0 & m & 0 & 0 & M_3 & M_4 \\ 0 & m \times 1z_0 & 0 & 0 & M_3 \times 1z_3 & M_4 \times 1z_4 \\ m \times 1z_0 & 0 & M_1 \times 1z_1 & M_1 \times 1z_2 & 0 & 0 \\ m \times 1y_0 & m \times 1x_0 & M_1 \times 1y_1 & M_2 \times 1y_2 & M_3 \times 1x_3 & M_4 \times 1x_4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} ax \\ ay \\ aX_1 \\ aX_2 \\ aY_1 \\ aY_2 \end{bmatrix} \\
 + & \begin{bmatrix} d_{11} & d_{12} & d_{13} & d_{14} & d_{15} & d_{16} \\ d_{21} & d_{22} & d_{23} & d_{24} & d_{25} & d_{26} \\ d_{31} & d_{32} & d_{33} & d_{34} & d_{35} & d_{36} \\ d_{41} & d_{42} & d_{43} & d_{44} & d_{45} & d_{46} \\ d_{51} & d_{52} & d_{53} & d_{54} & d_{55} & d_{56} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} vx \\ vy \\ vX_1 \\ vX_2 \\ vY_1 \\ vY_2 \end{bmatrix} \\
 + & \begin{bmatrix} k_{11} & k_{12} & k_{13} & k_{14} & k_{15} & k_{16} \\ k_{21} & k_{22} & k_{23} & k_{24} & k_{25} & k_{26} \\ k_{31} & k_{32} & k_{33} & k_{34} & k_{35} & k_{36} \\ k_{41} & k_{42} & k_{43} & k_{44} & k_{45} & k_{46} \\ k_{51} & k_{52} & k_{53} & k_{54} & k_{55} & k_{56} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} px \\ py \\ pX_1 \\ pX_2 \\ pY_1 \\ pY_2 \end{bmatrix}
 \end{aligned}$$

... (4)

식(4)에 있어서, 식(3)과 같은 기호는 동일한 파라미터를 나타낸다. 또, (vX), (vY)는 스테이지 장치(71)의 X 및 Y방향의 속도, (vX1)는 카운터 매스(74a)의 X방향의 속도, (vX2)는 카운터 매스(74b)의 X방향의 속도, (vY1)는 카운터 매스(75a)의 Y방향의 속도, (vY2)는 카운터 매스(75b)의 Y방향의 속도, (px) 및 (py)는, 스테이지 장치(71)의 X 및 Y방향의 위치(변위), (pX1)는 카운터 매스(74a)의 X방향의 변위, (pX2)는 카운터 매스(74b)의 X 방향의 변위, (pY1)는 카운터 매스(75a)의 Y방향의 변위, (pY2)는 카운터 매스(75b)의 Y방향의 변위, dij 및 kij(i=1, 2, ..., 5, j=1, 2, ..., 6)은, 속도 비례항(속도 비례 계인) 및 위치 비례항(변위 비례 계인)을 각각 나타낸다.

상기 식(4)에 의해 추정된 추력과 모멘트에 의거해서 액튜에이터를 제어해서, 정반의 진동을 저감 및 억제하는 구성은 상기 설명한 구성과 같고, 그 설명은 생략한다.

이와 같이 속도 비례항 및 위치 비례항을 고려하면, 보다 정밀하게, 스테이지계로부터 정반에 전해지는 추력과 모멘트를 추정할 수 있고, 보다 효과적으로, 정반(3)의 진동을 억제 및 저감할 수가 있다.

또한 실제의 제어에 있어서는, 스테이지 장치 및 카운터 매스의 위치 정보(변위), 속도 정보 및 가속도 정보의 모든 동작 물리량을 제어에 이용할 필요는 없다. 충분한 효과를 얻을 수 있으면, 식(3)과 같이 가속도 비례항만을 고려한 제어를 실시해도 된다. 그러한 경우는, 사용할 필요가 없는 동작 물리량을 검출하는 센서를 생략해도 된다. 또, 이러한 제어동작은, X, Y, Θx, Θy, Θz의 모든 방향에 대해 실시하는 것이 아니라, 필요에 따라서 이들 중의 적어도 1개의 방향에 대해서 실시해도 된다.

또, 제 1실시예와 같은 방법으로, 스테이지 장치와 카운터 매스의 상대속도를 검출하는 센서를 구비하고, 이 센서에 의해 검출되는 스테이지 장치와 카운터 매스의 상대속도 신호를 이용해서 상기의 제어 연산을 행함으로써, 제어를 실시해도 되며, 이것은 식(4)에 의해 분명하다.

또한, 스테이지 장치와, 카운터 매스의 위치 정보(변위), 속도 정보 및 가속도 정보를 얻는 수단은, 그들의 동작 물리량을 검출하는 센서로 한정되지 않는다. 예를 들면, 스테이지 장치나 카운터 매스의 구동 프로파일 정보에 의거해서 상기 위치 정보(변위), 속도 정보 및 가속도 정보를 얻을 수 있는 것은 물론이다.

### [제 3실시예]

제 1 및 제 2실시예에서는, 예를 들면 스테이지 장치와 카운터 매스의 위치 정보(변위), 속도 정보 및 가속도 정보 등의 동작 물리량에 의거해서, 정반에 제어력을 가하는 액튜에이터를 제어하는 장치 및 구성을 예로 해서 설명했다. 여기서, 식(1) 내지 식(4)를 재검토한다. 간단하기 위해서 식(1)을 검토해 본다.

예를 들면, 본 발명에서 설명하고 있는, 카운터 매스를 구비한 스테이지 장치 등의 스테이지 장치의 기본동작에 따르면, 스테이지 장치와 카운터 매스의 사이에서 예를 들면, 위치(변위), 속도 및 가속도 등의 동작 물리량이 주고 받아지며, 상기 스테이지 장치 및 카운터 매스를 탑재하는 정반 등에는 스테이지 장치 및 카운터 매스로부터의 작용력이 가해지지 않고, 이 점을 고려하면, 이상적인 상태에 있어서는, 예를 들면, 식(5)의 관계가 유지되고 있으면, 식(1)의 좌변에 있어서의 ( $f_y$ ) 및 ( $M_{qz}$ )는 0이 된다.

### 수학식 5

$$m \times a_y + M_1 \times a_{Y1} + M_2 \times a_{Y2} = 0$$

$$a_{Y1} = a_{Y2}$$

$$l_x 0 = 0$$

$$l_x 1 = -l_x 2$$

... (5)

이 경우에 있어서, 예를 들면, ( $l_z 0$ )와, ( $l_z 1$ ) 및 ( $l_z 2$ )가 다른 부호인 경우에는, ( $M_{qz}$ )는 어떻게 해도 0이 될 수가 없다. 이러한 경우는, 식(1)에 따라 도출된 ( $M_{qz}$ )에 의거해서 액튜에이터를 제어한다.

여기서, 식(5)의 관계가 거의 충족되면, ( $M_{qz}$ )는, 스테이지 장치의 가속도 신호( $a_y$ )를 관측할 수가 있다면, ( $a_y$ )에만 기초를 두어 필요한 제어력( $M_{qz}$ )를 결정할 수 있어서, 대체로 양호한 제진성능을 얻을 수 있다.

보다 구체적으로는, 스테이지 장치나 카운터 매스의 기계 설계 상황이나 그 제어 방법에 따라서는, 보상기(6)은, 스테이지 장치의 가속도 정보로부터 실질적으로 카운터 매스의 가속도 정보를 추정할 수가 있고, 이 추정된 가속도정보에 기계 설계 정보를 가미하면, 제 1실시예와 같은 제어동작을 실질적으로 스테이지 장치의 가속도 정보만을 이용해서 실현할 수 있다. 이러한 구성의 제어 방법도 본 발명의 범위에 포함된다.

스테이지 장치의 가속도 정보로서는, 스테이지 동작을 규정하는 가속도 프로파일을 이용할 수 있다. 또, 여기에서는, 설명을 간단하게 하기 위해서, 식(1)에 나타낸 연산에 의거하는 제어 구성을 대상으로 했지만, 제 2실시예의 식(3)에 의해서도 똑같은 제어동작이 가능하다.

#### [제 4실시예]

이상, 제 1 내지 제 3실시예에 기재된 구성에 있어서는, 스테이지 장치와 카운터 매스의 수평 방향의 거동에 주목한 제어 구성이었다. 본 발명의 장치에 있어서는, 스테이지 장치와 카운터 매스가 방진 지지된 정반위에서 동작할 때의 스테이지 장치와 카운터 매스를 포함한 정반위의 하중의 중심 위치의 변동에도 주목해 둘 필요가 있다.

카운터 매스를 이용한 스테이지 장치에 있어서는, 스테이지 장치와 카운터 매스의 사이에서 운동 에너지와 운동량의 수수가 적절히 행해지고 있으면, 이러한 하중이 이동해도, 이동 하중의 모든 중심 위치를 거의 부동으로 할 수 있다. 그러나, 제 1실시예 및 제 2실시예에서 설명된 이유에 의해, 스테이지 장치와 카운터 매스의 사이에서 운동 에너지와 운동량이 모두 상쇄될 수 없는 경우, 이동 하중 전체의 중심 위치가 변동하는 경우가 있다. 이와 같이 해서, 스테이지 장치나 카운터 매스를 포함한 정반위의 하중의 중심 위치가 변동하면, 이 변동에 의해 정반 지지계의 모멘트 밸런스가 무너져서 정반을 기울게 한다.

그러나, 이러한 경우에 있어서도, 본 발명의 장치에서와 같이, 스테이지 장치 및 카운터 매스의 동작 물리량 센서를 구비하고 있으면, 정반상의 하중의 중심 변동을 리얼타임으로 포착할 수 있다. 즉, 스테이지 장치 및 카운터 매스의 위치 정보의 검출 신호로부터 정반상의 하중의 중심 위치를 추정할 수 있고, 중심 위치의 변동량에 따라서 정반에 제어력을 가하는 액튜에이터를 제어하면, 정반위의 하중의 중심 이동에 기인하는 정반의 기울기를 최소화할 수 있다.

제 4실시예에 따른 반도체 노광장치는, 스테이지 장치의 위치 정보, 속도 정보, 가속도 정보 중 적어도 하나의 동작 물리량의 검출 신호와, 카운터 매스의 위치 정보, 속도 정보, 가속도 정보 중 적어도 하나의 동작 물리량의 검출 신호에 의거해서 정반에 제어력을 가하는 액튜에이터를 동작시키는 보상기를 구비하고 있다. 이 보상기도, 상기와 같은 하중의 중심 이동에 의거한 제어 연산을 실시하면, 정반의 진동을 최소화할 수 있다. 보다 구체적으로는, 예를 들면 액튜에이터로서 응답성이 높은 전자 구동의 리니어 모터를 이용하는 경우에는, 스테이지 장치와 카운터 매스의 위치 정보에 의거해서 제어를 실시해도 된다. 응답이 늦은 공기압 구동식의 액튜에이터를 이용하는 경우는, 필요한 제어 대역에서 실질적으로 적분 특성이나 1차 지연 특성을 나타내는 액튜에이터의 응답성을 고려해서, 스테이지 장치와 카운터 매스의 위치의 미분 정보에 상당하는 속도 정보에 의거해서 제어를 실시해도 된다.

이상에서 설명한 바와 같이, 스테이지 장치 및 카운터 매스를 구비하고 그 상호작용에 의거해서 스테이지 구동반력을 상쇄해서 저감하는 장치에 있어서는, 스테이지 장치와 카운터 매스를 탑재하는 정반에 작용하는 힘을 큰폭으로 저감하는 것이 가능하고, 스테이지 구동반이 큰 경우라도, 효과적으로 정반의 진동을 저감할 수 있다. 그러나, 스테이지 장치 및 카운터 매스의 상호작용에 의해 스테이지 구동반력을 모두 상쇄하지 못하고, 스테이지 장치와 카운터 매스를 탑재하는 정반에 전해지는 추력 및 모멘트가 있는 경우는, 어떠한 보조부를 이용해서 정반에의 작용력을 저감할 필요가 있다.

본 실시예에 따른 반도체 노광장치는, 상술한 바와 같이, 스테이지 장치 및 카운터 매스의 위치 정보(변위), 속도 정보, 가속도 정보 등의 동작 물리량을 측정하는 수단으로부터의 신호에 의거해서, 상기 스테이지 장치 및 카운터 매스의 상호동작에 의해 모두 상쇄되지 않고 정반에 전해지는 추력 및 모멘트를 추정하고, 이 추정된 추력 및 모멘트에 의거해서 정반에 제어력을 가하는 액튜에이터를 제어한다. 이와 같이 해서, 스테이지 장치 및 카운터 매스의 상호동작에 의해 스테이지 구동반력을 모두 상쇄하지 못하는 경우에도, 스테이지 장치 및 카운터 매스를 탑재하는 정반에 전해지는 추력 및 모멘트를 상쇄할 수 있어서, 종래의 장치에서는 얻을 수 없는 고도의 제진성능을 얻을 수 있다. 그 결과, 정반에 탑재된 스테이지 장치나 그 외의 정밀 기기의 진동을 저감해서 노광장치 등에 탑재된 기기의 성능 향상을 실현할 수 있다.

#### [응용예]

다음에, 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 노광장치를 이용하는 반도체 디바이스의 제조 프로세스를 설명한다. 도 10은 반도체 디바이스의 전체적인 제조 프로세스의 플로우를 표시하는 플로우차트이다. 스텝 1(회로설계)에서는, 반도체 디바이스의 회로설계를 실시한다. 스텝 2(마스크 제작)에서는, 설계한 회로 패턴에 의거해서 마스크를 제작한다. 스텝 3(웨이퍼 제조)에서는, 실리콘 등의 재료를 이용해서 웨이퍼를 제조한다. 스텝 4(웨이퍼 프로세스)는 전공정이라 칭하고, 상기의 마스크와 웨이퍼를 이용해서, 상기의 노광장치에 의해 리소그래피 기술에 따라서 웨이퍼위에 실제의 회로를 형성한다. 다음의 스텝 5(조립)는 후공정이라 칭하고, 스텝 4에서 제작된 웨이퍼를 이용해서 반도체 칩화하는 공정이며, 어셈블리공정(다이싱 및 본딩), 패키징(칩 밀봉) 등의 공정을 포함한다. 스텝 6(검사)에서는, 스텝 5에서 제작된 반도체 디바이스의 동작 확인 테스트 및 내구성 테스트 등의 검사를 실시한다. 이들 공정을 거쳐 반도체 디바이스가 완성하고, 스텝 7에서 이것을 출하한다.

스텝 4의 웨이퍼 프로세스는 이하의 스텝, 즉, 웨이퍼의 표면을 산화시키는 산화 스텝, 웨이퍼 표면에 절연막을 성막하는 CVD스텝, 웨이퍼 위에 전극을 증착에 의해서 형성하는 전극형성 스텝, 웨이퍼에 이온을 주입하는 이온주입 스텝, 웨이퍼에 감광제를 도포하는 레지스트 처리 스텝, 상기의 노광장치에 의해 회로 패턴을 레지스트 처리 스텝 후의 웨이퍼에 전사하는 노광 스텝, 노광 스텝에서 노광한 웨이퍼를 현상하는 현상 스텝, 현상 스텝에서 현상한 레지스트상 이외의 부분을 제거하는 에칭 스텝, 에칭이 끝나 불필요해진 레지스트를 제거하는 레지스트 박리 스텝을 가진다. 이들 스텝을 반복해 실시하는 것에 의해, 웨이퍼 상에 다중으로 회로 패턴을 형성한다.

본 발명은 그 정신 및 범위에서 일탈하지 않고 명백하게 다른 많은 실시예가 이루어질 수 있기 때문에, 본 발명은 청구범위에 기재된 것을 제외하고 그 특정 실시예에 한정되지 않는 것으로 이해되어야 한다.

### **발명의 효과**

본 발명에 의하면, 카운터 매스 시스템으로도 충분하게 상쇄할 수 없는, 스테이지 장치의 구동반력에 의한 스테이지 장치를 탑재하는 정반에의 영향을 저감하고, 정반의 진동을 저감 및 억제하는 장치 및 방법을 제공할 수가 있다.

### **도면의 간단한 설명**

도 1은 본 발명의 바람직한 제 1실시예에 따른 노광장치의 구성을 나타내는 평면도

도 2는 본 발명의 바람직한 제 1실시예에 따른 노광장치의 구성을 나타내는 측면도

도 3은 본 발명의 바람직한 제 1실시예에 따른 노광장치의 구성을 나타내는 블록도

도 4는 본 발명의 바람직한 제 2실시예에 따른 노광장치의 구성을 나타내는 평면도

도 5는 본 발명의 바람직한 제 2실시예에 따른 노광장치의 구성을 나타내는 측면도

도 6은 본 발명의 바람직한 제 2실시예에 따른 노광장치의 제어 구성을 나타내는 블럭도

도 7은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 노광장치의 구성을 나타내는 도면

도 8은 종래의 카운터 매스 시스템을 구비한 스테이지 장치의 일례를 나타내는 도면

도 9는 종래의 카운터 매스 시스템을 구비한 스테이지 장치의 다른 예를 나타내는 도면

도 10은 반도체 디바이스의 전체적인 제조 프로세스의 플로우를 나타내는 플로우챠트.

<도면의 주요부분에 대한 부호의 설명>

1(1a, 1b): 정반 51: 스테이지 장치

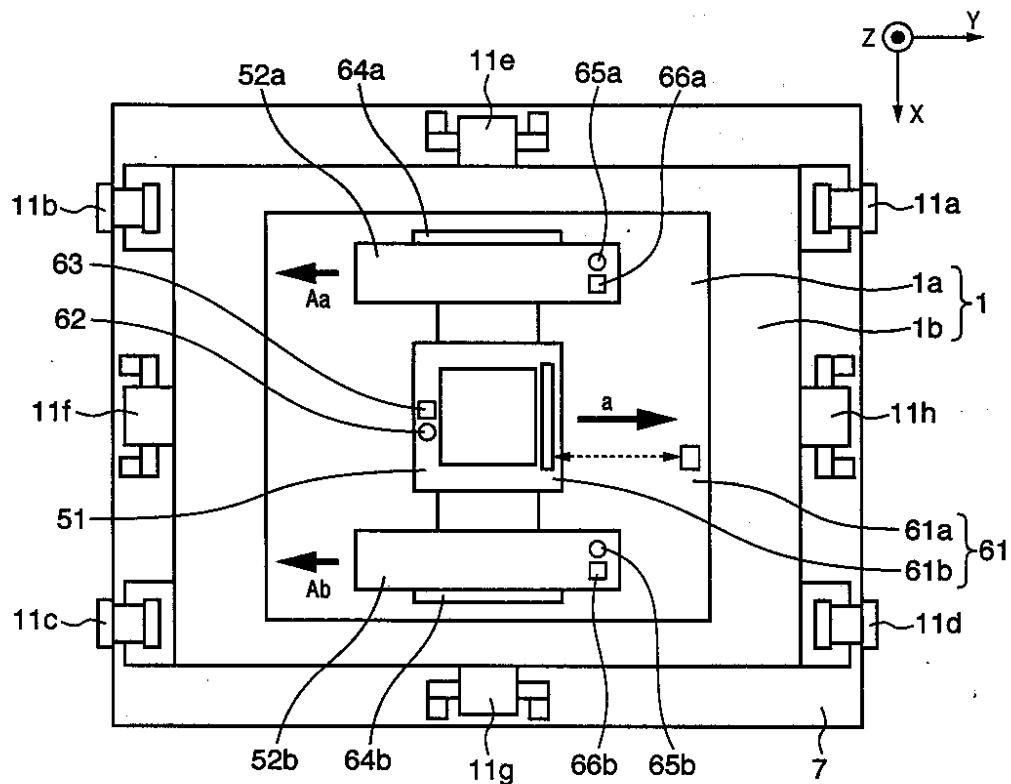
52a, 52b: 카운터 매스 61(61a, 61b), 64a, 64b: 위치 센서

62, 65a, 65b: 속도 센서 63, 66a, 66b: 가속도 센서

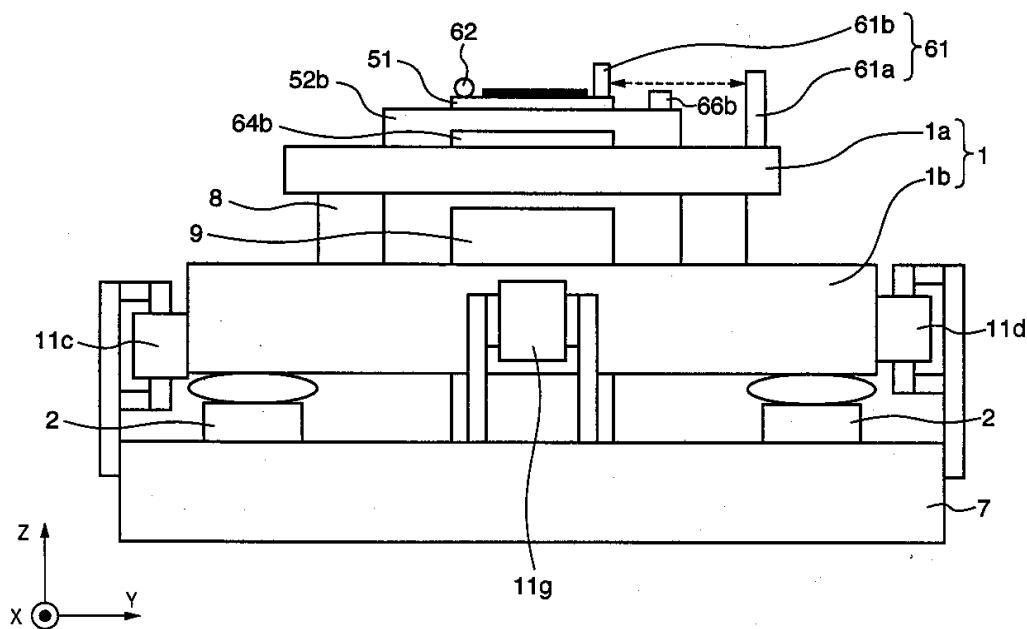
11(11a~11h): 액튜에이터

### **도면**

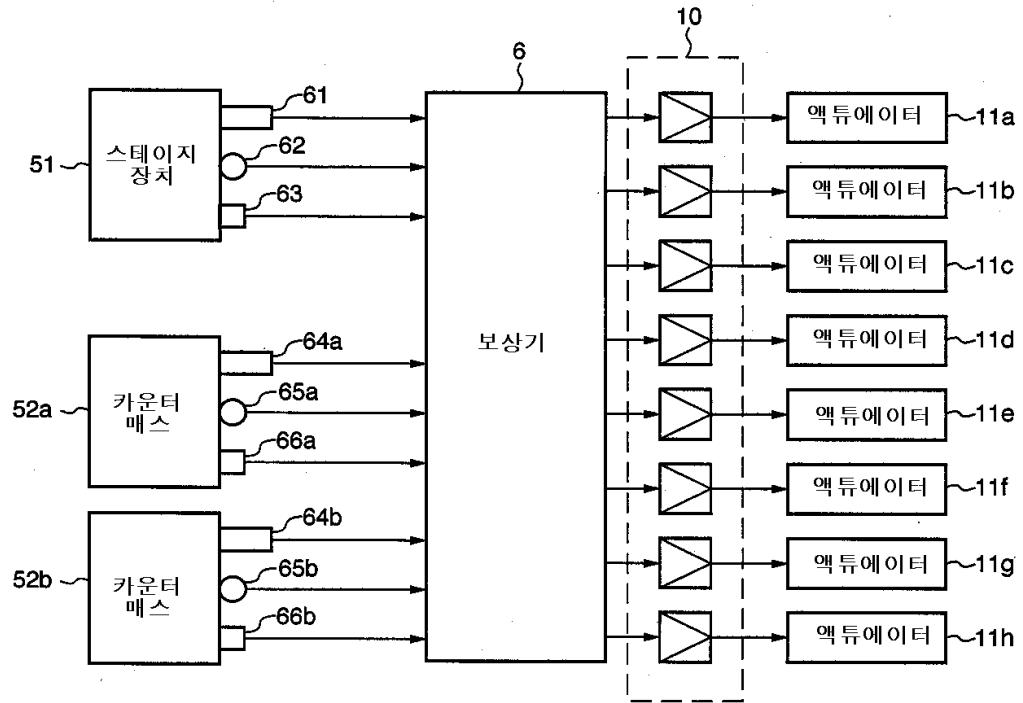
도면1



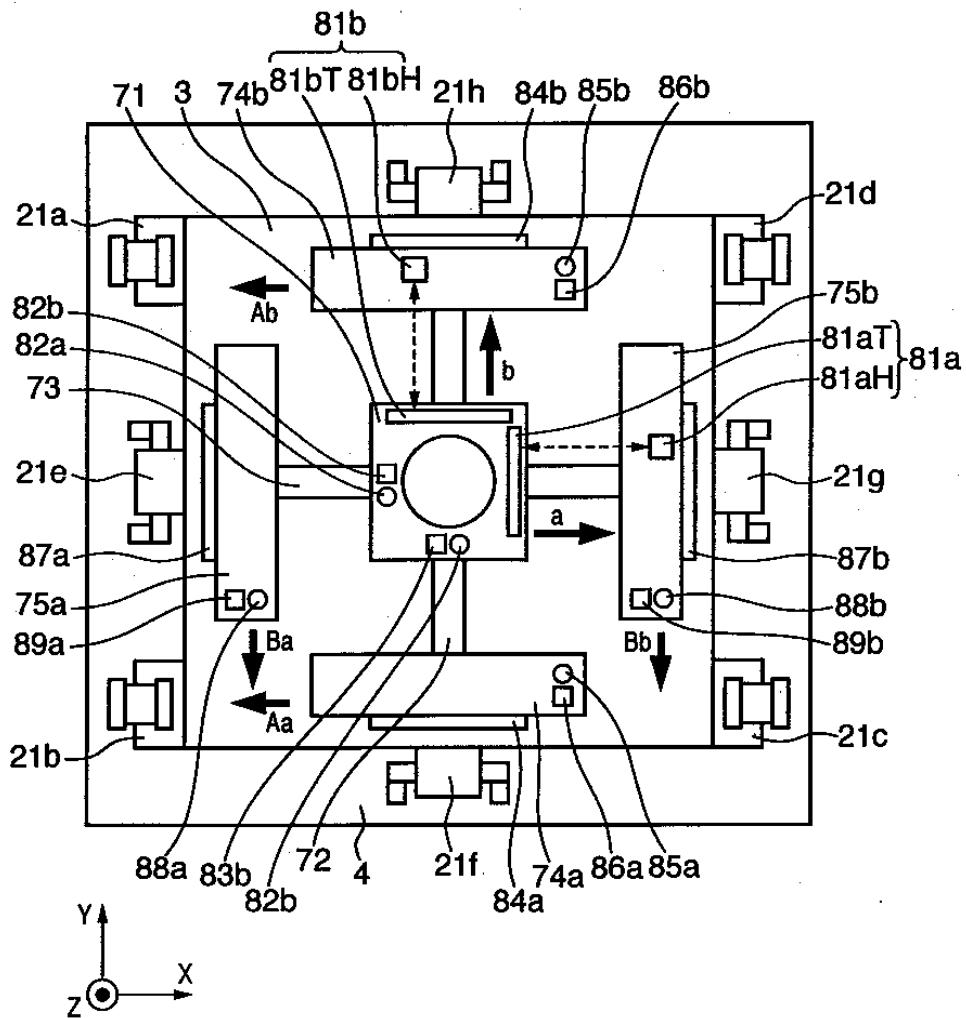
도면2



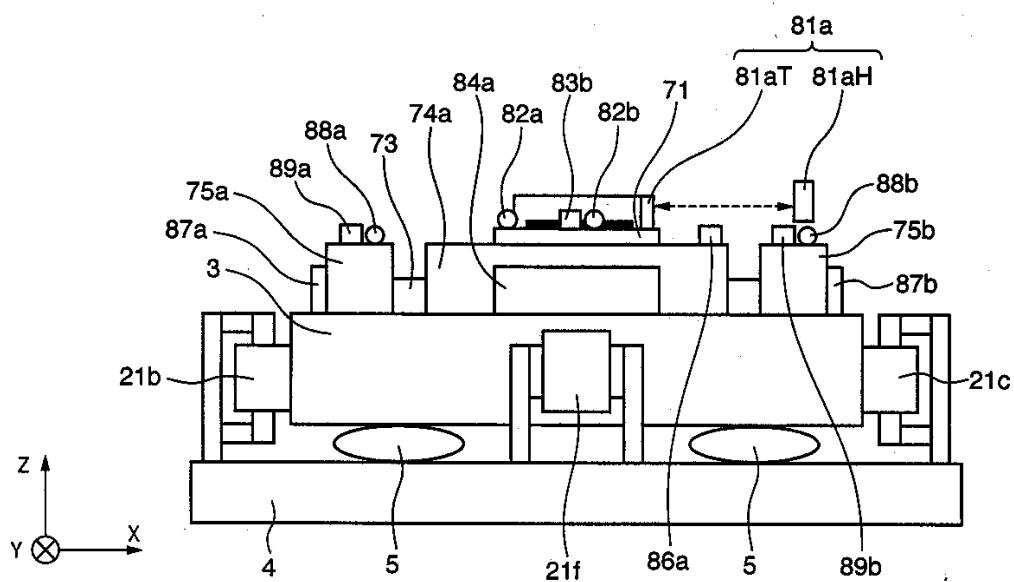
도면3



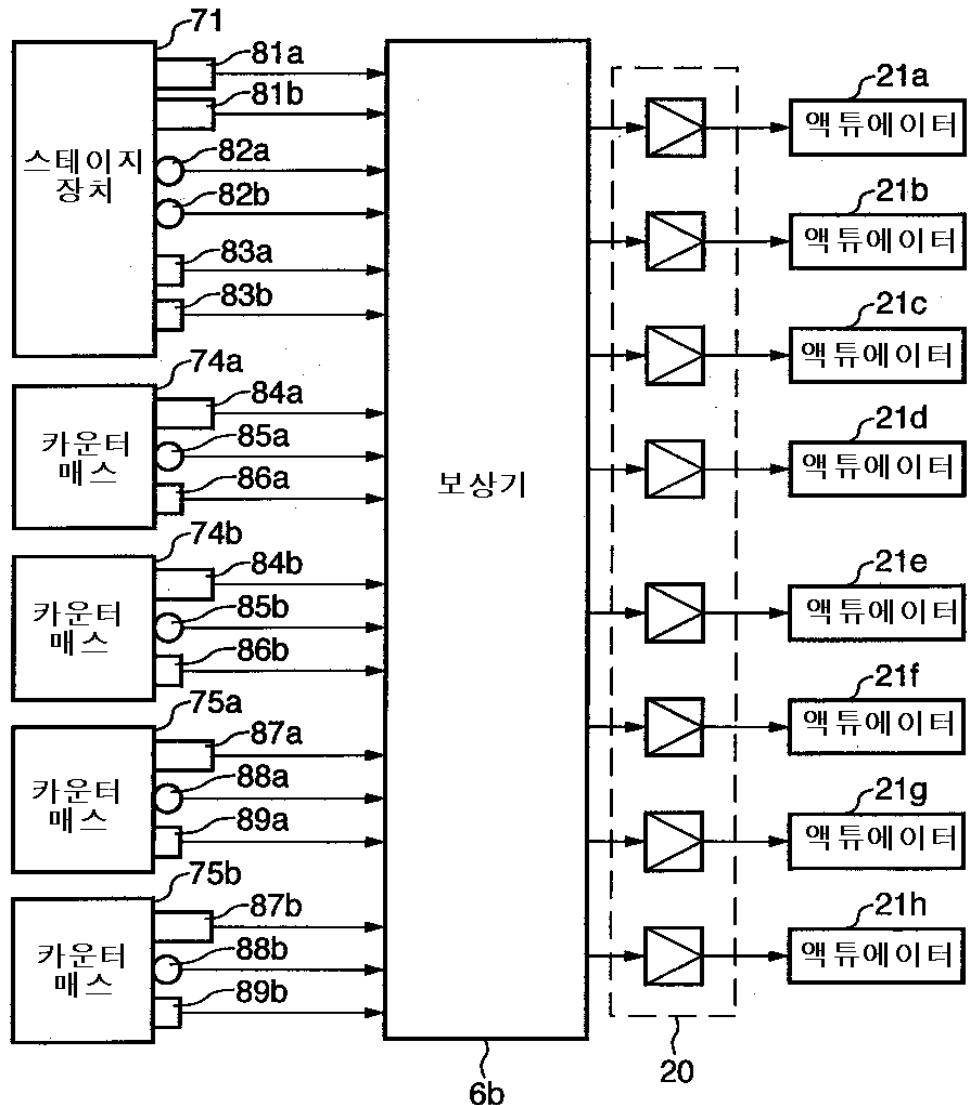
## 도면4



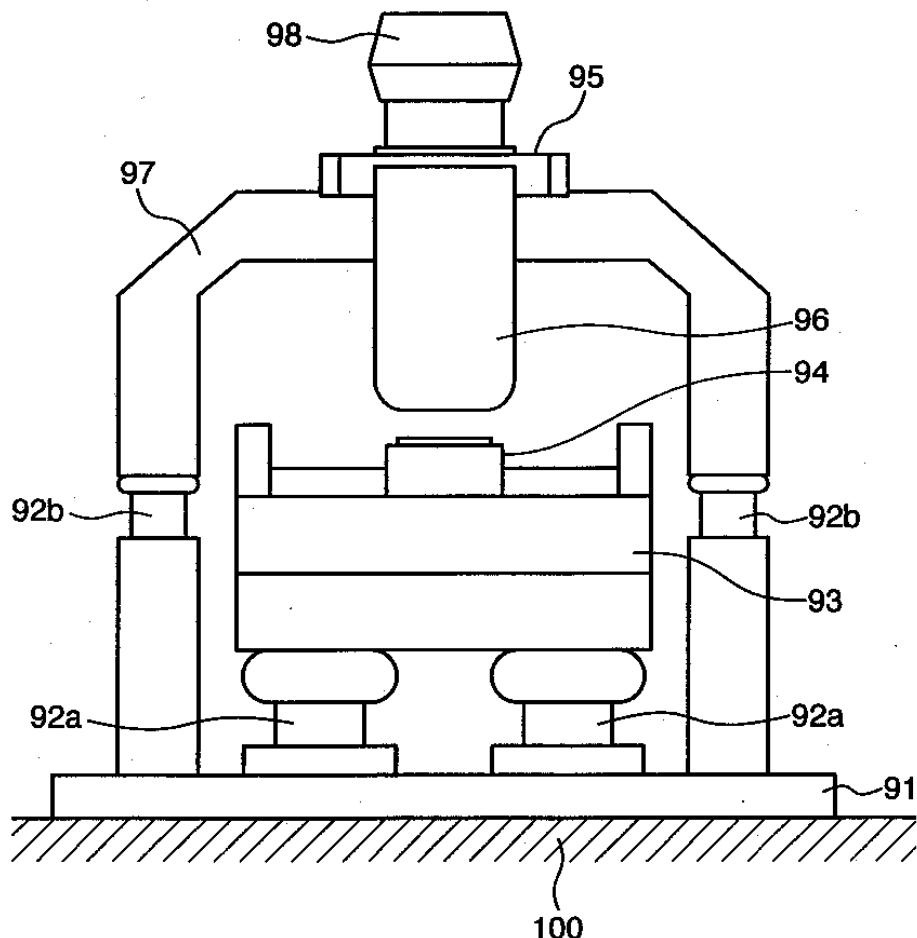
도면5



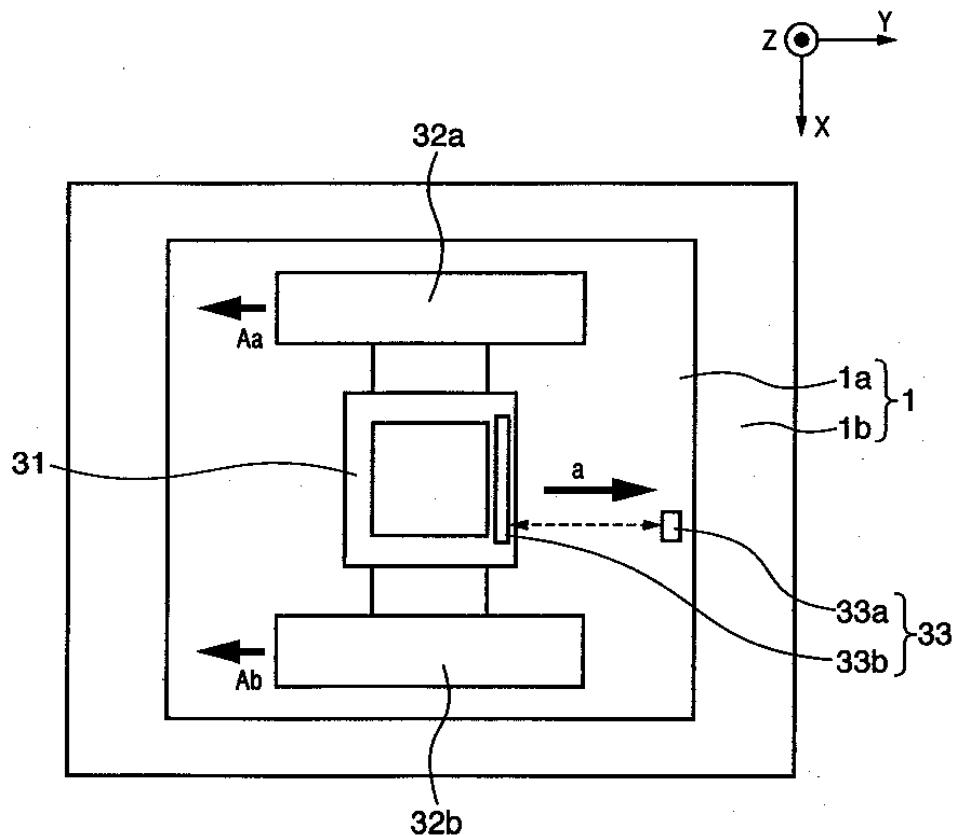
도면6



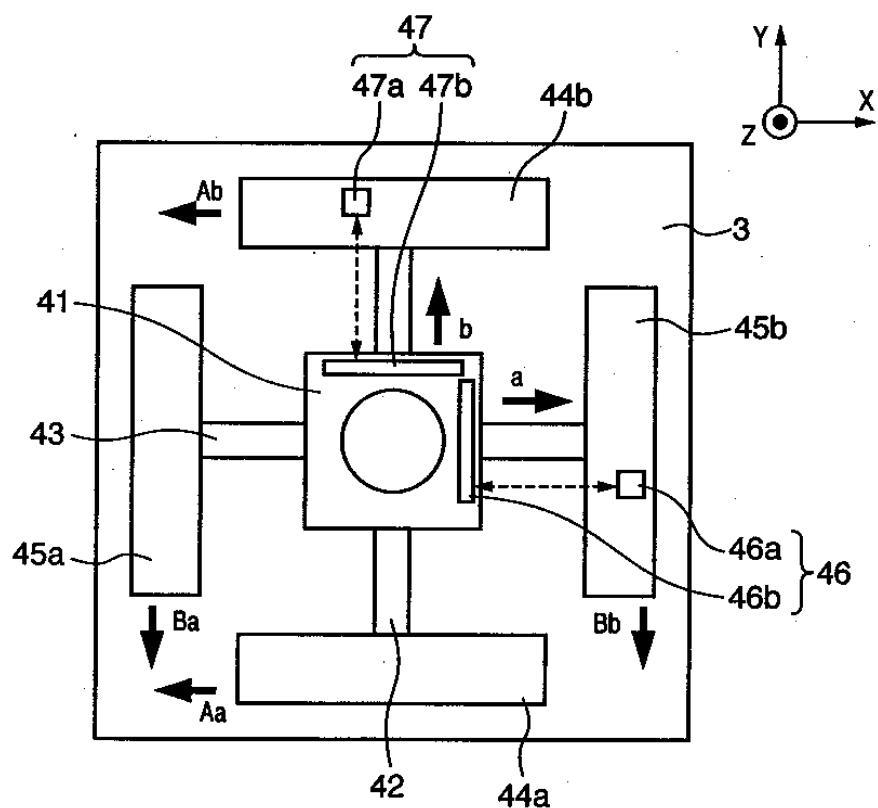
도면7



도면8



도면9



## 도면10

