



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2011년04월22일  
(11) 등록번호 10-1030847  
(24) 등록일자 2011년04월15일

(51) Int. Cl.

*G02B 26/10* (2006.01) *B81B 3/00* (2006.01)  
*B41J 3/00* (2006.01)

(21) 출원번호 10-2009-0006183(분할)

(22) 출원일자 2009년01월23일

심사청구일자 2010년03월30일

(65) 공개번호 10-2009-0015179

(43) 공개일자 2009년02월11일

(62) 원출원 특허 10-2007-0055486

원출원일자 2007년06월07일

심사청구일자 2007년06월07일

(30) 우선권주장

JP-P-2006-158004 2006년06월07일 일본(JP)  
(뒷면에 계속)

(56) 선행기술조사문헌

JP2003084226 A\*

JP2005326745 A\*

\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

캐논 가부시끼가이사

일본 도쿄도 오오따꾸 시모마루코 3초메 30방 2고

(72) 발명자

가또오 다까히사

일본 도쿄도 오오따꾸 야구찌 3-31-6-408

후루까와 유끼오

미국 94043 캘리포니아주 마운틴 뷰 웨스트 미들  
필드 로드 555

아끼야마 다까히로

일본 가나가와쿄 가와사끼시 다마꾸 슈꾸가와라  
2-21-11-412

(74) 대리인

성재동, 장수길

전체 청구항 수 : 총 11 항

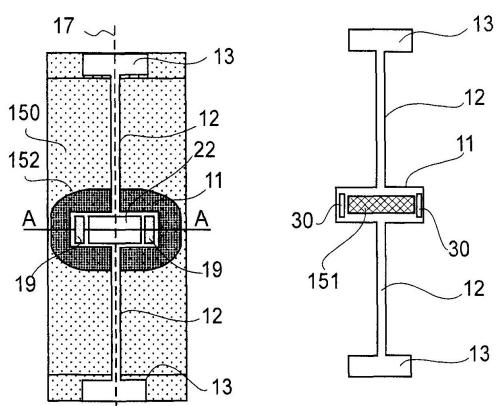
심사관 : 정성용

(54) 진동자 장치의 제조 방법

### (57) 요약

진동 부재의 관성 모멘트 또는 무게 중심 위치의 조정을 넓은 범위에 걸쳐서 고속으로 실시할 수 있는 진동자 장치 및 그의 제조 방법으로서, 진동 부재는 진동축(17)을 중심으로 진동하고 상기 진동 부재는 가동 소자(11)와 질량 조정 부재(19)를 포함하며, 가동 소자(11)와 질량 조정 부재(19)의 일부 사이에 공극(30)이 형성되어, 질량 조정 부재(19)에 레이저 범을 조사함으로써, 공극(30)에 인접한 질량 조정 부재의 재료가 부분적으로 제거되고, 그에 따라 제거되는 재료는 레이저 범이 조사되지 않은 질량 조정 부재의 일부를 포함한다.

### 대표도



(30) 우선권주장

JP-P-2007-065950 2007년03월15일 일본(JP)

JP-P-2007-130619 2007년05월16일 일본(JP)

---

## 특허청구의 범위

### 청구항 1

진동 부재, 탄성 지지부 및 지지 부재를 갖고, 상기 진동 부재는 상기 탄성 지지부에 의해 탄성적으로 지지되어 진동축을 중심으로 진동하는 진동자 장치의 제조 방법이며,

진동 부재의 질량을 조정하기 위한 돌출부를 갖는 가동 소자를 구비한 진동 부재를 형성하는 단계로서, 상기 돌출부는, 상기 가동 소자로부터 상기 진동축에 평행한 방향으로 연장되고, 쌍으로 형성되며, 각각의 쌍이 상기 진동축에 대해 대칭인 위치에 배치되고, 상기 진동축에 직교하는 평면을 따른 각 돌출부의 단면적이 상기 진동 축 방향으로 일정한, 진동 부재의 형성 단계와,

상기 돌출부의 절단 위치에 레이저 빔을 투영하여, 상기 돌출부의 상기 절단 위치에서부터 상기 돌출부의 선단에 이르는, 레이저 빔이 조사되지 않은 부분을 포함하여, 상기 가동 소자를 부분적으로 제거하는 단계를 포함하며,

상기 돌출부의 총 제거 길이가 미리 결정된 길이와 동일하게 되도록 상기 돌출부가 절단되어, 상기 진동 부재의 관성 모멘트를 조정하는 진동자 장치의 제조 방법.

### 청구항 2

제1항에 있어서, 상기 돌출부의 총 제거 길이는 상기 진동자 장치의 진동축을 중심으로 한 고유 진동 모드의 주파수와 목표 주파수 사이의 차이를 기초로 하여 결정되는 진동자 장치의 제조 방법.

### 청구항 3

제2항에 있어서, 상기 진동축에 대해 대칭 위치에 있는 돌출부의 제거량의 비율은 상기 진동축으로부터의 상기 진동 부재의 무게 중심의 오프셋 거리를 감소시키도록 결정되는 진동자 장치의 제조 방법.

### 청구항 4

제3항에 있어서, 상기 돌출부 각각은 상기 진동 부재에 있어서 상기 진동축으로부터 가장 멀리 떨어진 위치에만 형성되는 진동자 장치의 제조 방법.

### 청구항 5

제4항에 있어서, 상기 진동자 장치는 상기 진동 부재를 구동하기 위한 코일 및 영구 자석을 가지며, 상기 영구 자석은 상기 진동 부재에 제공되는 진동자 장치의 제조 방법.

### 청구항 6

제1 진동 부재, 제1 탄성 지지부, 제2 진동 부재, 제2 탄성 지지부 및 지지 부재를 갖고, 상기 제1 진동 부재는 상기 제1 탄성 지지부를 통해 상기 제2 진동 부재에 의해 탄성적으로 지지되어 진동축을 중심으로 진동하고, 상기 제2 진동 부재는 상기 제2 탄성 지지부를 통해 상기 지지 부재에 의해 탄성적으로 지지되어 상기 진동축을 중심으로 진동하며, 상이한 주파수의 적어도 2개의 고유 진동 모드를 갖는 진동자 장치의 제조 방법이며,

상기 제1 진동 부재의 질량을 조정하도록 구성되는 돌출부를 갖는 제1 가동 소자를 구비하며, 상기 돌출부는, 상기 제1 가동 소자로부터 상기 진동축에 평행한 방향으로 연장되고, 쌍으로 형성되며, 각각의 쌍이 상기 진동 축에 대해 대칭인 위치에 배치되고, 상기 진동축에 직교하는 평면을 따른 각 돌출부의 단면적이 상기 진동 축 방향으로 일정한, 상기 제1 진동 부재를 형성하고, 상기 제2 진동 부재의 질량을 조정하기 위한 돌출부를 갖는 제2 가동 소자를 구비하며, 상기 돌출부는, 상기 제2 가동 소자로부터 상기 진동축에 평행한 방향으로 연장되고, 쌍으로 형성되며, 각각의 쌍이 상기 진동축에 대해 대칭인 위치에 배치되고, 상기 진동축에 직교하는 평면을 따른 각 돌출부의 단면적이 상기 진동 축 방향으로 일정한, 상기 제2 진동 부재를 형성하는 단계와,

상기 돌출부의 절단 위치에 레이저 빔을 투영하여, 상기 돌출부의 상기 절단 위치에서부터 상기 돌출부의 선단에 이르는, 레이저 빔이 조사되지 않은 부분을 포함하여, 상기 제1 가동 소자 및 제2 가동 소자 중 적어도 하나를 부분적으로 제거하는 단계를 포함하며,

상기 돌출부의 총 제거 길이가 미리 결정된 길이와 동일하게 되도록 상기 돌출부가 절단되어, 상기 제1 가동 소자 및 제2 가동 소자 중 적어도 하나의 관성 모멘트를 조정하는 진동자 장치의 제조 방법.

#### 청구항 7

제6항에 있어서, 상기 돌출부의 총 제거 길이는 상기 진동자 장치의 진동축을 중심으로 한 고유 진동 모드의 주파수와 목표 주파수 사이의 차이를 기초로 하여 결정되는 진동자 장치의 제조 방법.

#### 청구항 8

제7항에 있어서, 상기 진동축에 대해 대칭 위치에 있는 돌출부의 제거량의 비율은 상기 진동축으로부터의 상기 진동 부재의 무게 중심의 오프셋 거리를 감소시키도록 결정되는 진동자 장치의 제조 방법.

#### 청구항 9

제8항에 있어서, 상기 돌출부 각각은 상기 진동 부재에 있어서 상기 진동축으로부터 가장 멀리 떨어진 위치에만 형성되는 진동자 장치의 제조 방법.

#### 청구항 10

제9항에 있어서, 상기 진동자 장치는 상기 진동 부재를 구동하기 위한 코일 및 영구 자석을 더 포함하며, 상기 영구 자석은 상기 진동 부재에 제공되는 진동자 장치의 제조 방법.

#### 청구항 11

제10항에 있어서, 상기 제2 진동 부재 상에 제공되고 상기 진동축에 대해 대칭 위치에 형성되는 돌출부의 제거량의 비율은 상기 진동축으로부터의 상기 제2 진동 부재의 무게 중심의 오프셋 거리를 감소시키도록 결정되는 진동자 장치의 제조 방법.

#### 청구항 12

삭제

#### 청구항 13

삭제

#### 청구항 14

삭제

#### 청구항 15

삭제

#### 청구항 16

삭제

#### 청구항 17

삭제

#### 청구항 18

삭제

#### 청구항 19

삭제

#### 청구항 20

삭제

청구항 21

삭제

청구항 22

삭제

## 명세서

### 발명의 상세한 설명

#### 기술분야

[0001] 본 발명은, 진동 운동을 위해 지지된 가동 소자를 구비한 진동자 장치, 이러한 진동자 장치를 구비한 광 편향기, 예컨대 이러한 광 편향기를 이용하는 화상 형성 장치 또는 디스플레이 장치와 같은 광학 기기와, 진동자 장치를 제조하는 방법에 관한 것이다. 본 발명의 광 편향기는, 예컨대 화상이 광의 편향 주사를 기초로 하여 투영되는 프로젝션 디스플레이이나, 전자 사진 프로세스를 갖는 레이저빔 프린터 또는 디지털 복사기와 같은 화상 형성 장치에 적합하게 사용 가능하다.

#### 배경기술

[0002] 이러한 광 편향기로서, 반사면을 갖는 가동 소자가 광을 편향시키기 위해 정현 진동되는 여러 종류의 광 주사 시스템 또는 광 주사 장치가 제안되어 왔다. 공명 현상을 기초로 하여 정현 진동되는 광 편향기를 구비한 광 주사 시스템은, 회전식 다각 미러(다각형 미러)를 사용하는 주사 광학 시스템과 비교하면 다음과 같다.

[0003] 즉, 광 편향기는 크기가 상당히 작게 제조될 수 있고, 전력 소모가 적으며, 특히 Si 단결정으로 이루어지고 반도체 프로세스에 의해 제조되는 그런 광 편향기는 이론적으로 금속 피로가 없고 우수한 내구성을 갖는다.

[0004] 이와 같이 공진 현상을 기초로 한 광 편향기에 있어서, 원하는 구동 주파수에 대해, 목표가 되는 고유 진동 모드의 주파수는 미리 결정된다. 동일한 제조 방법에 대해 몇몇 우수한 제안들이 있다.

[0005] 일본공개특허공보 제2002-40355호는, 반사면 및 코일을 구비하여 비틀림 축에 대하여 진동 운동하도록 탄성 지지되는 가동 플레이트를 포함하는 평면 갈바노 미러(planar galvano mirror)가 사용되고, 갈바노 미러가 가동 플레이트의 대향 단부에 형성된 질량 부하부를 갖는 방법을 개시한다. 레이저빔은 질량 부하부에 투사되어 그 질량을 제거하고, 이로써 관성 모멘트를 조정한다. 이럼으로써 원하는 주파수가 얻어진다.

[0006] 일본공개특허공보 제2004-219889호는, 가동 플레이트가 전형적으로 수지와 같은 질량편(mass piece)에 의해 코팅되고, 상술한 바와 동일한 원리를 기초로 하여 주파수가 조정되는 방법을 개시한다.

[0007] [종래기술의 문헌 정보]

[문헌 1] 일본특허공개공보 제2002-40355호

[문헌 2] 일본특허공개공보 제2004-219889호

#### 발명의 내용

#### 해결 하고자 하는 과제

[0010] 상술한 방법에 있어서, 많은 양의 조정이 행해져야만 하면, 조정을 하는데 많은 시간을 요구한다. 게다가, 이를 방법에서 사용된 조정 원리에 따르면, 주파수 및 무게 중심을 신속하고 동시에 조정하는 것은 매우 어렵다.

#### 과제 해결수단

[0011] 본 발명의 태양에 따르면, 이런 불편한 것들은 진동 부재, 탄성 지지부 및 지지 부재를 구비한 진동자 장치를 제조하는 방법에 의해 제거될 수 있고, 진동 부재는 진동축을 중심으로 진동하도록 탄성 지지부에 의해 탄성적

으로 지지된다. 이 방법은, 가동 부재 및 질량 조정 부재의 일부 사이에 공극을 형성하면서, 가동 소자와 진동 부재의 질량을 조정하기 위한 질량 조정 부재를 구비한 진동 부재를 형성하고; 질량 조정 부재를 레이저 범으로 조사하여 공극에 인접한 질량 조정 부재의 재료를 부분적으로 제거하며, 이렇게 제거된 재료는 레이저 범에 의해 조사되지 않은 질량 조정 부재의 부분을 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0012] 본 발명의 다른 태양에 따르면, 진동 부재, 탄성 지지부 및 지지 부재를 구비한 진동자 장치를 제조하는 방법이 제공되어 있고, 진동 부재는 진동축을 중심으로 진동하도록 탄성 지지부에 의해 탄성적으로 지지되고, 상기 방법은, 진동 부재의 질량을 조정하기 위해 돌출부를 갖는 가동 소자를 구비한 진동 부재를 형성하고, 돌출부는 진동축에 평행한 방향으로 가동 소자로부터 연장되고; 가동 소자를 부분적으로 제거하기 위하여 돌출부의 절단 위치에 레이저 범을 투사하고, 레이저 범에 의해 조사되지 않은 부분이 있는 돌출부의 절단 위치로부터 텁 단부까지의 범위의 돌출부 부분을 포함하고; 레이저 범 투사에 의한 제거량은 절단 위치를 제어함으로써 조정되는 것을 특징으로 한다.

[0013] 본 발명의 다른 태양에 따르면, 진동 부재, 탄성 지지부 및 지지 부재를 구비한 진동자 장치를 제조하는 방법이 제공되어 있고, 진동 부재는 진동축을 중심으로 진동하도록 탄성 지지부에 의해 탄성적으로 지지되고, 상기 방법은, 진동 부재의 질량을 조정하기 위해 복수의 돌출부를 갖는 가동 소자를 구비한 진동 부재를 형성하고, 돌출부는 진동축의 대향 측에 배치되고; 가동 소자를 부분적으로 제거하기 위해 절단 라인을 따라 돌출부 중 적어도 하나를 절단하고, 돌출부의 절단 라인으로부터 텁 단부까지의 범위의 돌출부 부분을 포함하고; 절단 라인의 위치는 진동 부재의 관성 모멘트와 진동축으로부터 진동 부재의 무게 중심의 오프셋 거리를 조정하기 위해 제어되는 것을 특징으로 한다.

[0014] 본 발명의 또 다른 태양에 따르면, 진동 부재, 탄성 지지부 및 지지 부재를 포함하는 진동자 장치가 제공되어 있고; 상기 진동 부재는 진동축을 중심으로 진동하도록 상기 탄성 지지부에 의해 탄성적으로 지지되고; 상기 진동 부재는 가동 부재와 상기 진동 부재의 질량을 조정하기 위한 질량 조정 부재를 가지며; 공극이 상기 가동 소자와 상기 질량 조정 부재의 일부 사이에 형성된다.

[0015] 본 발명의 또 다른 태양에 따르면, 진동 부재, 탄성 지지부 및 지지 부재를 포함하는 진동자 장치가 제공되어 있고; 상기 진동 부재는 진동축을 중심으로 진동하도록 상기 탄성 지지부에 의해 탄성적으로 지지되고; 상기 진동 부재는 상기 진동 부재의 질량을 조정하기 위해 돌출부를 구비한 가동 소자를 포함하고; 돌출부는 진동축에 평행한 방향으로 상기 가동 소자로부터 연장되고; 진동축에 수직인 평면을 따른 돌출부의 단면적은 진동축 방향으로 일정하다.

[0016] 본 발명의 다른 태양에 따르면, 진동 시스템, 상기 진동 시스템을 구동하도록 구성된 구동 수단을 포함하는 진동자 장치가 제공되어 있고; 상기 진동 시스템은 제1 진동 부재, 제1 탄성 지지부, 제2 진동 부재, 제2 탄성 지지부 및 지지 부재를 포함하고; 상기 제1 진동 부재는 상기 제1 진동 부재의 질량을 조정하기 위해 돌출부를 구비한 제1 가동 소자를 포함하고; 상기 제2 진동 부재는 상기 제2 진동 부재의 질량을 조정하기 위해 돌출부를 구비한 제2 가동 소자를 포함하고; 각각의 상기 제1 및 제2 가동 소자에 있어서, 돌출부는 진동축에 평행한 방향으로 가동 소자로부터 연장되고, 진동축에 수직인 평면을 따른 돌출부의 단면적은 진동축 방향으로 일정하고; 상기 제1 가동 소자는 진동축을 중심으로 진동하도록 상기 제1 탄성 지지부를 통해 상기 제2 가동 소자에 의해 탄성적으로 지지되고; 상기 제2 가동 소자는 진동축을 중심으로 진동하도록 상기 제2 탄성 지지부를 통해 상기 지지 부재에 의해 탄성적으로 지지되고; 상기 진동 시스템은 다른 주파수를 갖는 적어도 2개의 고유 진동 모드를 갖는다.

[0017] 본 발명의 다른 태양에 따르면, 진동 부재, 탄성 지지부 및 지지 부재를 포함하는 진동자 장치가 제공되어 있고; 상기 진동 부재는 진동축을 중심으로 진동하도록 상기 탄성 지지부에 의해 탄성적으로 지지되고; 상기 진동 부재는 상기 진동 부재의 질량을 조정하기 위해 복수의 돌출부를 구비한 가동 소자를 포함하고; 돌출부는 쌍으로 형성되고, 각 쌍은 진동축에 대해 대칭 위치에 배치되고; 대칭 위치에 배치된 이들 돌출부는 상호 다른 형상을 가지고; 상기 진동 부재의 무게 중심은 진동축 상에 위치된다.

[0018] 본 발명의 다른 실시예에 따르면, 진동 시스템, 상기 진동 시스템을 구동하도록 구성된 구동 수단을 포함하는 진동 장치가 제공되어 있고; 상기 진동 부재는 제1 진동 부재, 제1 탄성 지지부, 제2 진동 부재, 제2 탄성 지지부 및 지지 부재를 포함하고; 상기 제1 진동 부재는 상기 제1 진동 부재의 질량을 조정하기 위해 복수의 제1 돌출부를 구비하는 제1 가동 소자를 포함하고; 상기 제2 진동 부재는 상기 제2 진동 부재의 질량을 조정하기 위해 복수의 제2 돌출부를 구비하는 제2 가동 소자를 포함하고; 상기 복수의 제1 돌출부 및 상기 복수의 제2 돌출부는 진동축에 대하여 대칭 위치에 각각 배치되고; 대칭 위치에 배치된 상기 복수의 제1 돌출부 및/또는 상기 복

수의 제2 돌출부 중 한쪽은 상호 다른 형상을 가지며; 상기 제1 진동 부재의 무게 중심 및 상기 제2 진동 부재의 무게 중심은 진동축에 위치되고; 상기 제1 가동 소자는 진동축을 중심으로 진동하도록 상기 제1 탄성 지지부를 통해 상기 제2 가동 소자에 의해 탄성적으로 지지되고; 상기 제2 가동 소자는 진동축을 중심으로 진동하도록 상기 제2 탄성 지지부를 통해 상기 지지 부재에 의해 탄성적으로 지지되고; 상기 진동 시스템은 다른 주파수를 갖는 적어도 2개의 고유 진동 모드를 갖는다.

[0019] 본 발명의 또 다른 태양에 따르면, 광원, 상술된 진동자 장치를 기초로 하는 광 편향기, 및 감광 부재를 포함하는 화상 형성 장치가 제공되어 있고, 상기 광 편향기는 상기 광원으로부터의 광을 편향시켜서, 적어도 일부의 광이 상기 감광 부재에 입사하게 된다.

[0020] 본 발명의 또 다른 태양에 따르면, 광원, 상술된 진동자 장치를 기초로 하는 광 편향기, 및 화상 디스플레이 부재를 포함하는 화상 디스플레이 장치가 제공되어 있고, 상기 광 편향기는 상기 광원으로부터의 광을 편향시켜서, 적어도 일부의 광이 상기 화상 디스플레이 부재에 입사하게 된다.

[0021] 요약하면, 광 주사를 수행하기 위해 광 편향기와 같은 진동자 장치 또는 이러한 진동자 장치를 제조하는 방법에 있어서, 진동 부재는 가동 소자 및 질량 조정 부재를 포함할 수 있고, 공극은 가동 소자 및 질량 조정 부재 사이에 형성될 수 있다. 이러한 배열에 의해, 비교적 큰 질량이 신속히 제거될 수 있다. 게다가, 가동 소자는 질량 조정을 위한 돌출부와 함께 형성되고, 이는 비교적 큰 질량의 신속한 제거를 보장한다. 이것은 큰 조정 범위에 걸쳐 고속으로 진동 부재의 관성 모멘트 또는 그의 무게 중심 위치의 조정을 보장한다.

[0022] 본 발명의 이들 및 다른 목적, 특징 및 장점은 첨부된 도면과 관련하여 취한 본 발명의 양호한 실시예에 대한 다음의 설명의 고려할 때 더욱 명백하게 될 것이다.

### 효과

[0023] 본 발명에 의하면 비교적 큰 질량이 신속히 제거될 수 있고, 진동 부재의 관성 모멘트 또는 무게 중심 위치의 조정을 큰 조정 범위에 걸쳐 고속으로 실시할 수 있다.

### 발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0024] 본 발명의 양호한 실시예가 첨부된 도면을 참조하여 설명될 것이다.

[0025] 본 발명의 양호한 일 실시예가 이하에 설명될 것이다. 이 실시예에 따른 진동자 장치는 진동축을 중심으로 진동하도록 제공된 적어도 하나의 진동 부재를 구비할 수 있다. 진동 부재는 그 질량을 조정하기 위해 질량 조정 부재를 갖는 가동 소자를 포함할 수 있다. 공극은 가동 소자 및 질량 조정 부재 사이에 형성될 수 있다. 이러한 공극에 의해, 질량 조정 부재의 일부가 가동 소자로부터 이격되어 유지될 수 있다. 공극은 가동 소자 또는 질량 조정 부재 내에 형성된 오목부 또는 노치일 수 있다.

[0026] 진동자 장치는 진동 시스템 및 진동 시스템을 구동하는 구동 수단을 포함할 수 있다. 진동 시스템은 상술한 바와 같은 진동 부재, 지지 부재 및 탄성 지지부를 포함할 수 있다. 가동 부재는 지지 부재에 대하여 진동축 중심으로의 진동을 위해 탄성 지지부에 의해 탄성적으로 지지될 수 있다. 가동 소자는 광 편향기를 제공하기 위해 반사면(광 편향 소자)을 가질 수 있다.

[0027] 상술한 바와 같은 진동자 장치를 제조하는 방법에 있어서, 진동축 중심으로 적어도 하나의 고유 진동 모드의 주파수를 목표 주파수와 동일하게 하는 조정과, 진동 부재의 무게 중심을 진동축에 대한 조정 및 정렬 중 어느 한쪽을 수행하기 위하여, 다음의 절차가 수행될 수 있다. 예컨대, 공극 상의 질량 조정 부재의 일부가 레이저 빔에 의해 절단될 수 있다. 공극 상의 질량 조정 부재의 부분의 형상으로서, 질량 조정 부재의 부분은 공극을 가로질러 연장될 수 있고, 또는 돌출부로서 공극 위로 부분적으로 연장될 수 있다. 후자의 경우에 있어서, 위치(진동축으로부터의 거리) 및 돌출부의 질량이 설정되면, 돌출부를 절단함으로써(예컨대 레이저 빔을 사용하여 돌출부의 기부를 절단함으로써) 달성되는 관성 모멘트 및 무게 중심의 위치의 조정량이 미리 검출될 수 있다. 기술된 바와 같은 복수의 공극 및 돌출부가 제공되면, 관성 모멘트 또는 무게 중심 위치는 매우 정밀하고 신속하게 조정될 수 있다.

[0028] 특히, 이 실시예에서, 질량 조정 부재는 가동 소자 상에 제공될 수 있고, 이것은 가동 소자의 표면적을 크게 할 필요가 없다. 그러므로 질량 조정 부재는 진동축을 중심으로 가동 소자의 진동 중에 공기 저항을 증가시키지 않으면서 제공될 수 있다.

[0029] 본 발명의 다른 실시예에 따른 진동자 장치를 제조하는 방법에 있어서, 진동 부재를 제공하기 위해 레이저 빔에

의해 조사되는 질량 조정 부재의 재료를 제거하기 위해, 예컨대 원주 모양과 같은 루프 형상(폐곡선 형상)을 따라 레이저 빔을 주사식으로 편향시키면서, 레이저 빔이 가동 소자로부터 이격된 질량 조정 부재의 부분 상으로 투사될 수 있다. 폐루프에 의해 둘러싸인 질량 조정 부재의 영역(이 영역은 레이저 빔에 의해 조사되지 않았음)은 가동 소자로부터 이격되어 있기 때문에, 이것은 제거된다. 이것은, 진동축에 대한 진동 부재의 관성 모멘트로부터, 제거된 부분에 의해 생성된 관성 모멘트의 양이 감해진다. 이와 달리, 제거된 부분에 대응하는 질량의 감소로 인하여, 무게 중심 위치가 조정된다.

[0030] 이러한 방식에 의해, 진동 시스템의 고유 진동 모드의 주파수 또는 그 무게 중심 위치는 원하는 바대로 조정될 수 있다. 즉, 질량 조정 부재로부터 제거될 부분의 체적 및 위치를 적절하게 선정함으로써, 관성 모멘트 또는 무게 중심 위치가 원하는 바대로 조정될 수 있다. 특히, 질량 조정 부재의 밀도를 적당하게 선정함으로써(예컨대, 질량 조정 부재의 비중 또는 상대 밀도를 작게 유지시킴으로써), 주파수 조정의 분해능(resolution)은 제거될 체적에 대한 분해능 또는 위치 결정을 위한 분해능에 상관없이 원하는 바대로 선택될 수 있다. 게다가, 공극이 존재하기 때문에, 레이저 빔이 오직 폐곡선을 따라 질량을 제거하도록 투사될 때, 폐곡선에 의해 둘러싸인 질량 조정 부재의 부분은 동시에 제거될 수 있다. 그러므로 큰 질량이 신속하게 제거될 수 있다.

[0031] 이것은 비교적 큰 조정 범위 및 고속에서 관성 모멘트 또는 무게 중심 위치의 조정을 보장한다. 게다가, 공극이 존재하기 때문에, 질량 조정 부재만이 어떠한 가동 소자 재료도 제거하지 않으면서 레이저 빔 조사에 의해 정확하게 제거될 수 있다. 그러므로 고정밀 조정이 보장된다. 즉, 이러한 공극이 없으면, 레이저 빔 조사 도중에, 질량 조정 부재 바로 아래의 가동 소자의 부분이 제거되는 것이 가능하다. 공극의 설치는 이를 확실하게 회피한다.

[0032] 진동축 중심으로 진동하도록 배열된 진동 부재를 구비하는 진동자 장치는 다음과 같이 구현될 수 있다. 이 실시예에서, 진동 부재는 진동 부재의 질량을 조정하기 위해 돌출부를 구비한 가동 소자를 포함한다. 즉, 이 실시예에서, 질량 조정 부재는 별도로 제공되는 것이 아니며, 오히려 가동 소자 그 자체의 일부가 질량 조정 부재로의 역할을 담당하도록 사용될 수 있다. 이러한 돌출부의 형상에 대해, 예로서는 진동축에 평행한 방향으로 연장되는 돌출부 및 진동축에 수직인 방향으로 연장되는 돌출부가 될 수 있다. 대체예로서, 가동 소자는 사다리꼴 형상 또는 스핀들 형상으로 형성될 수 있고, 그 예각 코너부가 돌출부로서 사용될 수도 있다.

[0033] 특히, 진동축에 평행한 방향으로 연장된 돌출부에 대해서는, 레이저 광이 투사되어지는 절단 위치를 조정함으로써, 돌출부의 절단 위치로부터 팁 단부까지의 제거량이 조정될 수 있다.

[0034] 게다가, 이 실시예에 따르면, 레이저 빔 가공 영역의 크기는 제거량의 대소에 관계없이 일정하고 작을 수 있다. 그러므로 제거량이 커지더라도, 레이저 빔 가공으로 인해 진동자 장치로의 열 전달은 작게 유지될 수 있다.

[0035] 게다가, 절단 위치를 조정함으로써, 제거량에 대한 분해능이 개선될 수 있다. 따라서, 큰 조정 범위 및 정확한 분해능이 동시에 달성될 수 있다. 더욱이, 진동축에 수직인 단면으로서, 돌출부는 균일한 단면 형상을 가질 수 있고, 진동축 방향으로 균일할 수 있다. 그 경우에 있어서, 돌출부의 절단 위치로부터 팁 단부까지의 길이 및 진동축을 중심으로 진동 부재의 관성 모멘트 조정량은 대략 비례 관계를 가질 것이다. 그러므로 관성 모멘트는 매우 용이하게 조정될 수 있다.

[0036] 모든 돌출부가 진동축에 평행한 방향으로 연장될 수 있다. 그 경우에 있어서, 돌출부가 진동축에 수직인 방향으로 연장되는 경우와 비교할 때, 진동의 변위 각(displacement angle) 또는 위상(phase)의 불안정성이 감소된다. 이것은 이러한 불안정성이 주변 공기로부터 진동 부재에 인가되는 저항의 변동에 기인한다. 특히, 몇 mm 정도의 매우 작은 크기인 진동자 장치에 있어서, 공기 저항의 변동은 매우 심각한 문제이고, 장치가 진동축으로부터 상당히 면 부분을 가진다면(변위 속도가 크다), 이는 매우 현저해 진다. 모든 돌출부가 진동축에 평행하게 제조될 때, 주사 안정성 및 관성 모멘트의 신속한 조정 모두가 동시에 달성된다. 이것은 돌출부가 진동축으로부터 가장 멀리 떨어진 진동 부재의 위치에서만 형성되는 경우에도 효과적으로 달성 가능하다.

[0037] 반도체 제조 기술을 기초로 한 미세 가공 절차를 통해, 진동 부재의 가동 소자 및 돌출부는 모놀리식으로 제조될 수 있다. 그러므로 관성 모멘트 조정 기구를 갖는 진동 부재는 매우 정밀하게 제조될 수 있다.

[0038] 진동자 장치는 진동축 중심으로 진동하도록 배열된 2개의 진동 부재를 구비한 진동 시스템을 포함할 수 있다. 이 실시예에서, 제1 진동 부재는 진동축에 평행한 방향으로 연장된 돌출부를 갖는 제1 가동 소자를 포함할 수 있다. 유사하게, 제2 진동 부재는 진동축에 평행한 방향으로 연장된 돌출부를 갖는 제2 가동 소자를 포함할 수 있다. 진동축에 대해 법선으로서 기능을 하는 단면에 대하여(즉, 진동축에 수직인 단면), 제1 및 제2 진동 부재에 형성된 각 돌출부의 단면적은 진동축의 방향으로 일정하다. 진동 시스템은 진동축을 중심으로 2개의 고유

진동 모드를 가질 수 있다. 이 실시예에서, 레이저 빔이 각각 투사되는 제1 및 제2 가동 소자의 돌출부의 절단 위치를 조정함으로써, 제거량이 조정될 수 있다.

[0039] 제1 및 제2 진동 부재 모두가 진동 시스템의 공통 축인 진동축에 평행한 방향으로 연장된 돌출부를 구비하기 때문에, 동일한 절단 방향이 제1 및 제2 가동 소자에 대해 사용될 수 있다. 그러므로 절단 장치가 단순화된다.

[0040] 상술한 바와 같은 진동자 장치를 제조하는 방법에 있어서, 진동축을 중심으로 적어도 하나의 고유 진동 모드의 주파수를 목표 주파수와 동일하게 하는 조정과, 진동 부재의 무게 중심 위치의 조정 양쪽을 동시에 수행하기 위하여, 다음의 절차가 행해질 수 있다. 가동 소자로부터 돌출한 돌출부의 일부가 절단될 수 있다. 예컨대, 레이저 빔을 사용하여 절단될 수 있다. 레이저 빔이 투사되는 절단 위치를 조정함으로써, 돌출부의 절단 위치로부터 텁 단부까지의 제거량은 조정될 수 있다. 복수의 돌출부는, 진동축에 대해 대칭 위치에서 초기에 대칭인 형상으로 형성될 수 있다. 통상적으로, 쌍으로 제공되는 이러한 돌출부는 다른 제거량을 가지며, 따라서 이들의 최종 형상은 상이하다.

[0041] 적어도 일부의 돌출부를 제거함으로써, 진동 부재의 관성 모멘트는 제거량에 따라서 조정될 수 있다. 게다가, 쌍을 이루는 돌출부의 제거량의 비대칭적인 관계에 의해, 진동축으로부터 진동 부재의 무게 중심의 오프셋 거리는 동시에 조정될 수 있다. 또한, 이 경우에 있어서, 상술한 바와 같이 돌출부를 제거함으로써 달성 가능한 유사한 효과가 얻어질 수 있다. 게다가, 관성 모멘트, 무게 중심 및 오프셋 거리 모두가 동일한 돌출부를 사용함으로써 동시에 조정할 수 있으므로, 프로세스는 매우 신속하게 행해질 수 있다. 더욱이, 조정을 위한 돌출부의 수는 작을 수 있고, 그러므로 진동 부재의 관성 모멘트 및 질량이 작아질 수 있다. 그러므로 진동자 장치 전체는 소형화될 수 있다. 진동 중에 진동 부재에 인가된 공기 저항이 작기 때문에, 진동 부재의 진동 안정성은 현저하게 개선된다.

[0042] 진동축을 중심으로 진동하도록 배열된 진동 부재를 갖는 진동자 장치는 다음과 같이 구현될 수 있다. 이 실시예에서, 진동자 장치의 모든 돌출부는 진동축에 평행하게 연장될 수 있고, 진동축에 수직인 단면적은 진동축 방향으로 일정할 수 있다. 진동축에 대하여 대칭 위치에 배치된 이들 돌출부는 상호 다른 길이를 가질 수 있다.

[0043] 이 실시예에 따르면, 제거된 길이의 합은 관성 모멘트의 조정량과 관련이 있고, 반면에 돌출부의 제거된 길이의 비는 진동축으로부터 진동 부재의 무게 중심의 오프셋 거리의 조정량과 관련이 있다. 그러므로 각 돌출부로부터 제거될 형태에 대해, 전체량이 관성 모멘트 조정량을 기초로 하여 결정되고 제거 길이의 비가 오프셋 거리 조정량을 기초로 하여 결정되면, 관성 모멘트 및 무게 중심의 오프셋 거리 모두가 동시에 조정될 수 있다. 여기서, 관성 모멘트 조정량 및 제거된 길이의 전체량은 비례 관계에 있다. 그러므로 관성 모멘트 조정량 및 무게 중심 오프셋 거리 조정량은 매우 용이하고 정밀하게 결정될 수 있다.

[0044] 또한, 이 경우에 있어서, 진동축에 평행한 돌출부에 의해 달성될 수 있는 유사한 효과가 얻어질 수 있다. 다시, 반도체 제조 기술을 기초로 한 미세 가공 절차를 통해, 진동 부재의 가동 소자 및 복수의 돌출부는 모놀리식으로 제조될 수 있다. 그러므로 관성 모멘트 및 무게 중심의 오프셋 거리의 고정밀 조정을 가능하게 하는 구조가 간편하게 제공된다.

[0045] 진동축을 중심으로 진동하도록 배열된 진동 부재를 갖는 진동자 장치는 다음과 같이 구현될 수 있다. 이 실시예에서, 구동 수단으로서 영구자석이 가동 소자에 배치될 수 있고, 그래서 진동 시스템 외측에 배치된 코일로부터 인가된 전자기력에 반응하여, 자석을 구비한 가동 소자가 구동될 수 있다. 이 실시예에서, 영구자석이 가동 소자에 배치될 수 있고, 영구자석의 무게 중심은 진동축으로부터 오프셋되는 것이 가능할 수 있다. 예컨대, 프로세스 오차로 인해, 영구자석의 설치 위치는 랜덤하게 편위되어 무게 중심의 오프셋을 초래한다. 그러나 상술한 바와 유사한 방식으로 가동 소자에 형성된 적어도 일부의 돌출부를 제거함으로써, 가동 소자의 무게 중심은, 영구자석의 무게 중심 오프셋이 가동 소자의 무게 중심 오프셋에 의해 상쇄되는 것을 보장하도록 진동축으로부터 오프셋될 수 있다. 즉, 다음의 방식으로 적어도 일부의 돌출부를 제거함으로써, 이들 오프셋은 상호 상쇄된다. 즉, i) 영구자석의 무게 중심으로부터 진동축과 영구자석 및 가동 소자의 무게 중심을 연결하는 선분 사이의 교점까지의 거리와, ii) 가동 소자의 무게 중심으로부터 전술한 교점까지의 거리 사이의 비가 영구자석 및 가동 소자의 질량의 역수의 비와 대략 동일하게 되도록, 돌출부가 제거될 수 있다. 이러한 절차에 의해, 진동 부재 전체의 무게 중심은 진동축 상에 배치될 수 있다.

[0046] 상술한 바와 같이, 진동 부재를 크게 구동할 수 있는 전자기력을 기초로 하는 구동 수단을 포함하는 소형 진동자 장치에 있어서, 주파수의 조정 및 무게 중심의 오프셋 거리의 조정은 동시에 행해질 수 있다. 영구자석의 자기 특성은 열에 의해 쉽게 열화된다. 이를 고려하여, 더욱 많은 제거량이 가공 영역의 확대를 필요로 하지

않는 상술한 실시예는, 레이저 빔 가공으로 인한 열 전달이 작아지게 되고 양호한 자기 특성을 갖는 영구자석을 구비한 가동 소자가 얹어진다는 점에서 상당히 유리하다.

[0047] 이전의 실시예와 다소 상이한 진동자 장치는, 진동축을 중심으로 진동하도록 배치된 2개의 진동 부재를 포함하는 진동 시스템과, 진동 시스템을 구동하기 위한 구동 수단을 포함할 수 있다. 이 실시예에서, 제1 진동 부재는 진동축에 평행한 방향으로 연장되는 복수의 돌출부를 갖는 제1 가동 소자를 포함할 수 있다. 유사하게, 제2 진동 부재는 진동축에 평행한 방향으로 연장되는 복수의 돌출부를 갖는 제2 가동 부재를 포함할 수 있다. 진동 시스템은 진동축을 중심으로 2개의 고유 진동 모드를 가질 수 있다. 레이저 빔이 투사되는 제1 및 제2 가동 소자의 각 돌출부의 절단 위치를 조정함으로써, 이들 돌출부의 제거량은 조정될 수 있다. 제1 및 제2 진동 부재 모두가 진동 시스템의 공통 축인 진동축에 평행하게 연장되는 돌출부를 구비하기 때문에, 동일한 절단 방향이 제1 및 제2 가동 소자에 대해 사용될 수 있다. 그러므로 절단 장치가 단순화된다.

[0048] 전술한 바와 같이, 진동 부재가 질량을 조정하는 질량 조정 부재를 구비한 가동 소자를 포함하고 공극이 가동 소자 및 질량 조정 부재 사이에 형성된 실시예에서, 주파수 조정 및 무게 중심에 대한 오프셋 거리 조정은 다음의 방식으로 동시에 행해질 수 있다. 즉, 질량 조정 부재는 진동축의 대향축에 배치될 수 있고, 이들 질량 조정 부재의 제거량뿐만 아니라 진동축으로부터 질량 조정 부재의 거리는 관성 모멘트 조정량 및 무게 중심의 오프셋 거리 조정량을 기초로 하여 상술한 바와 같이 결정될 수 있다. 그리고 나서, 이러한 결정을 기초로 하여, 질량 조정 부재의 일부가 제거될 수 있다. 이러한 절차에 의해, 주파수 조정 및 무게 중심 오프셋 거리 조정이 간단하고 매우 정밀하게 행해질 수 있다.

[0049] 가동 소자는 광 편향기를 구성하기 위해 반사면을 구비하고, 화상 형성 또는 화상 디스플레이를 위해 원하는 주파수 또는 무게 중심 오프셋량으로 잘 조정된 광 편향기로서 사용될 수 있다. 고유 진동 모드의 주파수가 잘 조정되면, 이러한 광 편향기가 높은 진폭 증폭률에 의해 구동될 수 있기 때문에, 장치는 소형이 될 수 있고 저전력 소모로 구동될 수 있다. 한편, 진동축으로부터의 무게 중심 오프셋량이 잘 조정되면, 진동축은 주사 도중에 거의 이동하지 않는다. 그러므로 주사선의 곡률 또는 저하된 재현성과 같은 성능의 열화가 쉽게 회피된다.

[0050] 이러한 광 편향기를 사용하는 화상 형성 장치는 광원과, 상술한 바와 같은 광 편향기와, 감광 부재를 포함할 수 있고, 광 편향기는 광원으로부터의 광을 편향시켜, 적어도 일부의 광이 감광 부재에 입사된다.

[0051] 이러한 광 편향기를 사용하는 화상 디스플레이 장치는 광원과, 상술한 바와 같은 광 편향기와, 화상 디스플레이 부재를 포함하고, 광 편향기는 광원으로부터의 광을 편향시켜, 적어도 일부의 광이 화상 디스플레이 부재에 입사된다.

[0052] 특히, 진동 시스템은 2개의 진동 부재를 포함할 수 있고, 반사면은 광 편향기를 제공하기 위해 진동 부재 중 하나의 가동 소자에 제공될 수 있다. 이러한 실시예에서, 화상 형성 또는 화상 디스플레이를 위해, 2배 또는 3배 주파수 관계로 잘 조정되고, 진동축 중심으로 2개의 고유 진동 모드를 갖는 광 편향기가 사용될 수 있다. 이러한 광 편향기는, 큰 진폭 증폭률에 의해 구동될 수 있다는 점뿐만 아니라, 전술한 주파수 관계의 정현파를 기초로 한 합성과 구동(combined-wave drive)을 통해 광 주사의 각속도의 균일성이 개선된다는 점에서 유리하다. 그러므로 진동 도중에 각속도의 변동으로 인한 반사면의 변형이 쉽게 회피된다. 게다가,

[0053] 광 스롯 형성을 위한 광원의 변조 타이밍이 각속도의 비균일성을 고려하지 않으면서 설정될 수 있기 때문에, 변조 회로는 단순화된다.

[0054] 게다가, 무게 중심 오프셋량이 잘 조정되면, 진동 시스템의 2개의 고유 진동 모드의 독립성을 저해하는 커플링을 초래하는 원하지 않는 진동 변동이 쉽게 감소된다. 이러한 진동 변동은 무게 중심의 오프셋량을 감소시키고 2개의 고유 진동 모드의 주파수를 "정수배(multiple by an integer)" 관계로 조정함으로써 감소될 수 있다. 이러한 진동 변동이 진동축을 중심으로 진동 부재의 각속도의 변화를 초래하고 광 주사의 불안정성을 초래하기 때문에, 이것들은 회피되어야 한다.

[0055] 다음에, 본 발명의 구체적인 실시예가 도면을 참조하여 설명될 것이다.

[제1 실시예]

[0057] 도1a, 도1b 및 도2는 본 발명의 진동자 장치의 일 실시예에 따른 광 편향기를 도시한다. 도1a는 광 편향기의 상면도, 도1b는 도1a의 이면 측면도이다. 도2는 도1a의 A-A선을 따라 취한 단면도이다. 본 실시예에서는 한 쌍의 질량 조정 부재(19), 반사면(22) 및 한 쌍의 공극(30)은 가동 소자(11)에 설치되어 진동 부재(41)를 구성한다. 진동 시스템은 이러한 진동 부재(41), 한 쌍의 탄성 지지부(12) 및 지지 부재

(13)를 포함한다.

[0058] 먼저, 이하에서 본 실시예의 구성과 함께, 그 구동 원리에 대해서 이들 도면을 참조하여 설명될 것이다. 본 실시예에서, 도1a 및 도1b에 도시된 진동 시스템은 후술하는 구동 수단에 의해 진동축(17)을 중심으로 비틀림 진동을 한다. 가동 소자(11), 탄성 지지부(12) 및 지지 부재(13)는 반도체 제조 방법에 따른 포토리소그래피 프로세스와 에칭 프로세스에 의해, 단결정 실리콘 기판으로부터 일체형으로 만들어진다. 따라서, 매우 소형의 진동 시스템을 비교적 낮은 비용으로 생성할 수 있다. 또한, 단결정 실리콘은, 영의 계수(Young's modulus)가 높고 밀도가 작기 때문에, 가동 소자의 자중에 의한 변형이 매우 작다. 그러므로, 공진시의 진폭 증폭률이 높은 진동 시스템이 달성된다. 본 실시예에서, 가동 소자(11)는 진동축(17)에 수직한 방향의 치수가 3 mm, 이 축에 평행한 방향의 치수가 1 mm이다. 진동 시스템의 전체 길이는 약 12 mm이다.

[0059] 가동 소자(11)는 진동축(17) 중심으로 비틀림 진동하도록 한 쌍의 탄성 지지부(12)에 의해 탄성 지지된다. 한 쌍의 질량 조정 부재(19)와 한 쌍의 공극(30)은 진동축(17)의 대향 측면에 배치된다.

[0060] 가동 소자(11)에 설치된 반사면(22)은 가동 소자(11)의 비틀림 진동에 대한 응답으로 광원으로부터의 광을 편향 주사하는 기능을 한다. 반사면(22)은 알루미늄으로 만들어지며, 진공 증착에 의해 형성된다. 이 반사면은 다른 재질, 예를 들어 금 또는 구리로 만들어 질 수도 있다. 그 최외측 표면에 보호막이 형성될 수 있다. 여기서, 가동 소자(11)는 반사면(22)으로써 형성되어야 하기 때문에, 구동시의 그 평탄성이 특히 중요하다. 본 실시예의 가동 소자(11)는 한 쌍의 탄성 지지부(비틀림 스프링)(12)에 의해 양단 지지된다. 따라서, 단일 스프링 지지부와 비교해서, 그 자중에 의한 변형이 양호하게 억제되고, 보다 양호한 평탄성이 유지될 수 있다.

[0061] 도2에서, 고정 부재(150) 및 구동 수단이 도시된다. 도면에 도시된 바와 같이, 본 실시예의 구동 수단은, 고정 부재(150)에 고정된 고정 코일(152)과, 진동 부재(41)의 가동 소자(11)의 이면에 제공된 영구자석(151)을 포함한다. 도1b 및 도2에 도시된 바와 같이, 진동 부재(41)의 영구자석(151)은, 예를 들면 길이 약 2 mm, 단면 치수  $150 \mu\text{m} \times 150 \mu\text{m}$ 의 프리즘형 금속 자석이다. 영구자석(151)은, 그 길이 방향을 따라 연장하는 극성(자화) 방향을 가지며, 접착제에 의해 가동 소자(11)에 고정된다.

[0062] 도2에 도시된 바와 같이, 고정 부재(150)는 고정 코일(152)의 위치와 함께, 진동 시스템 및 영구자석(151)의 위치를 적절하게 유지하는 기능을 한다. 구동 AC 전류의 인가에 대한 응답으로, 고정 코일(152)은 도2에 도시된 화살표(H)의 방향으로 교류 자기장을 발생시킨다. 영구자석(151)의 자속 밀도방향은 화살표(B)의 방향이기 때문에, 고정 코일(152)에 의해 생성된 자기장은 진동축(17)을 중심으로 토크를 발생시키고, 이로 인해 진동 시스템이 구동된다.

[0063] 다음에 본 실시예에 따른 광 편향기의 구동 원리를 더욱 상세하게 설명한다. 진동축(17)을 중심으로 한 비틀림 진동에 대해서, 본 실시예의 진동 시스템은 주파수( $f_1$ )의 고유 진동 모드를 가진다. 이 고유 진동 모드는, 진동축(17)을 중심으로 진동 부재(41)의 모멘트를 I, 진동축(17) 주위의 한 쌍의 탄성 지지부(12)의 스프링 상수를 K라고 하면, 비틀림 진동 시스템의 고유 진동 모드의 주파수를 나타내는 이하의 수학식 1의 관계에 의거한 계산에 의해 구체화될 수 있고, 여기서  $\sqrt{(K/I)}$ 은 "(K/I)의 제곱근"을 의미한다.

[0064] [수학식 1]

$$f_1 = 1/2\pi \cdot \sqrt{(K/I)}$$

[0066] 상기 수학식 1은 진동 시스템의 감쇠 항 (예를 들어, 공기 저항)이 작을 경우에는 충분한 근사값을 제공한다. 본 실시예의 진동 시스템의 감쇠비는 대략 0.003이다. 적용된 광 편향기의 사양에 의해 결정되는 목표 구동 주파수인 기준 주파수( $f_0$ )에 따라서, 고정 코일(152)은 진동 시스템을 구동한다. 만일 기준 주파수( $f_0$ )와 주파수( $f_1$ )가 일치하면, 진동 시스템은 고유 진동 모드의 가장 진폭 증폭률이 높은 점에서 구동될 수 있다.

[0067] 그러나, 재료의 물성 변동이나 가공 공차와 같은 다양한 오차 요인에 의해, 예컨대, 주파수( $f_1$ )가 기준 주파수( $f_0$ )로부터 어긋날 수 있다. 따라서, 질량 조정 부재(19)가 부분적으로 제거되어 수학식 1의 진동 부재(41)의 관성 모멘트(I)를 조정하고, 이로 인해 주파수( $f_1$ )를 조정하여 기준 주파수( $f_0$ )에 정합시킨다. 본 실시예의 질량 조정 부재(19)는, 도1a, 도1b 및 도2에 도시된 바와 같이 알루미늄 평판을 가동 소자(11)에 접착함으로써 제공된다.

[0068] 전술한 바와 같이, 이 질량 조정 부재(19)로부터 제거된 부분의 체적과 그 진동축(17)으로부터의 거리에 의거하

여, 관성 모멘트의 조정량이 증감 될 수 있다. 예를 들면 주파수( $f_1$ )의 소정 오차 범위를 상정하고, 오차 범위를 포함하는 주파수( $f_1$ )가 기준 주파수( $f_0$ )보다 낮게 유지되도록, 관성 모멘트(I) 및 스프링 상수(K)가 설정될 수 있다. 이렇게 함으로써, 주파수( $f_1$ )가 기준 주파수( $f_0$ )를 향해 조정될 수 있다. 예로써, 질량 조정 부재(19)를 부분적으로 제거하기 전에, 구동 주파수를 소인(sweep)하면서 가동 소자(11)의 진동 진폭이 측정될 수 있다. 이로써 요구되는 만큼의 적절한 제거량이 결정될 수 있다. 여기에서, 질량 조정 부재(19)의 밀도를 적절하게 설정함으로써, 제거되는 부분의 체적과 이의 진동축(17)으로부터의 거리에 관한 분해능과는 독립적으로, 주파수( $f_1$ )에 대한 조정 분해능이 설정될 수 있다.

[0069] 또한, 본 실시예에서, 질량 조정 부재(19)는, 평판 형상의 가동 소자(11)의 영구자석(151)이 장착되어 있는 면의 반대 표면 상에 배치된다. 이 구조는 진동 부재(41)의 무게 중심이 진동축(17)으로부터 어긋나는 것을 효과적으로 감소시키고, 불필요한 진동을 감소시킨다. 또한, 질량 조정 부재(19)의 일부를 제거함으로써 진동 부재(41)의 무게 중심이 진동축(17)으로부터 어긋나는 것을 감소시킨다. 예를 들면 관찰용 레이저 빔이 반사면(22) 상에 입사될 수 있고, 주사 궤적을 관찰함으로써 진동축(17)을 중심으로 비틀림 진동의 궤적이 관찰될 수 있다. 이후에, 불필요한 진동을 감소시키도록 질량 조정 부재(19)를 제거함으로써 무게 중심 편차가 양호하게 감소될 수 있다.

[0070] 다음에 질량 조정 부재(19)를 부분적으로 제거하는 프로세스에 대해서 도면을 참조하여 상세하게 설명될 것이다. 본 실시예의 가동 소자(11)는, 도1b에 도시된 바와 같이 관통공에 의해 형성된 공극(30)을 구비하도록 형성된다. 이러한 공극(30)의 제공으로 인해, 도2에 도시된 바와 같이, 질량 조정 부재(19)는 가동 소자(11)와 접착되지 않는 영역을 가진다. 이러한 공극(30)은, 진동 시스템이 단결정 실리콘 기판으로부터 견식 에칭에 의해 형성될 때 동시에 형성된다.

[0071] 도7a 내지 도7c는 본 실시예의 질량 조정 부재(19)를 부분적으로 제거하는 프로세스를 설명하기 위한 개략도이다. 본 실시예에서 펄스 레이저가 질량 조정 부재(19)의 가공될 부분 상에 조사되고, 이로 인해 질량이 부분적으로 제거된다. 도7a는, 레이저 빔 가공의 초기 단계의 샘플의 상면도이다. 도7b는, 도7a의 상태로부터 프로세스가 더 진행된 상태를 도시하는 상면도이다. 도7c는 도7b의 C-C선을 따라 취한 단면도이다. 도7c에 도시된 바와 같이, 공극(30)의 존재로 인해, 가동 소자(11)에 접착되어있지 않은, 질량 조정 부재의 비접착 영역의 일부인 질량 제거 부분(85)이 최종적으로 제거될 수 있다.

[0072] 우선, 도7a에 도시된 바와 같이, 가공 레이저 빔 스폟(80)은 회전 방향(83)으로 원호형 루프(폐곡선)를 그리도록 가공 궤적(82)을 따라서 주사된다. 가공 레이저 빔 스폟(80)은 질량 조정 부재(19)의 가공에 적합한 출력 및 펄스 주파수로써 발광되고 있다. 도시된 바와 같이, 가공 레이저 빔 스폟(80)에 의해, 가공 궤적(82)에 따른 가공 부분(81)이 형성된다.

[0073] 도7b는 가공 레이저 빔 스폟(80)이 가공 궤적(82)을 따라 적절한 횟수만큼 순환한 후의 상태를 도시한다. 도시된 바와 같이, 가공 궤적(82)을 따라 관통 개구(84)가 형성된다. 도7c는 이 부분의 단면을 도시한다. 가공 레이저 빔 스폟(80)은 더욱 가공 궤적(82)을 따라 순환하고, 질량 제거 부분(85)의 주연부를 원호형 루프를 따라서 제거한다. 도7c에 도시된 바와 같이, 질량 제거 부분(85)은 공극(30)의 존재로 인해 가동 소자(11)에 접착되지 않기 때문에, 전술된 프로세스에 의해 가동 소자(11)로부터 분리되고 제거된다.

[0074] 전술된 프로세스에서, 만일 가공 궤적(82)의 직경이 확대되면, 고속으로 큰 질량이 제거될 수 있다. 물론, 가공 궤적(82)의 형상은 전술된 원호형 루프로 한정되지 않는다.

[0075] 전술된 바와 같이 본 실시예에 따라서, 공극(30)의 존재의 효과로 인해, 레이저 빔이 직접 조사되어서 제거되는 체적보다 큰 체적이 고속으로 제거될 수 있다. 이는 진동 시스템의 고유 진동 모드의 주파수 조정 범위 및 무게 중심 위치 조정 범위를 증가시킬 수 있을 뿐만 아니라, 고속 조정을 가능하게 한다. 또한, 공극(30)의 제공은 가동 소자(11)의 일부를 제거하는 일 없이 레이저 빔 가공에 의해 질량 조정 부재(19) 만을 제거할 수 있게 한다. 그 결과로서, 진동 시스템의 고유 진동 모드 주파수의 조정 및 무게 중심 조정이 매우 정밀하게 이루어질 수 있다.

[0076] 또한, 본 실시예에서와 같이, 가동 소자(11) 내에 형성된 관통공인 공극(30)을 제공함으로써, 질량 조정 부재(19)는 평판 형상을 가질 수 있다. 이는 접착을 위한 조립을 용이하게 한다. 본 실시예의 질량 조정 부재(19)는 가공용 레이저 빔을 흡수하는 금속, 유전체 또는 반도체와 같은 재료로 만들어질 수 있다.

[0077] 본 실시예의 가동 소자(11) 및 질량 조정 부재(19)는 도3에 도시된 바와 같은 형태를 가질 수 있다. 도3은 도

1a의 A-A선을 따라 취한 단면도이다. 도2의 예와 비교하면, 도3에 도시된 구조에서는, 질량 조정 부재(19) 내에 공극(30)이 형성된다. 이러한 경우에도, 레이저 빔 조사를 사용하는 질량 제거와 관련해서 유사한 유익한 효과를 얻을 수 있다.

[0078] 본 발명의 본 실시예에 따른 진동자 장치는 광을 반사하고 편향하는 광 편향기에 관련하여 설명되었다. 그러나, 가동 소자(11) 상의 소정의 외부 질량의 증착으로 인한 구동 주파수의 변화를 측정하는 것에 의거하여, 표면상의 소정 물질의 증착량을 검출하는 센서 등에 응용될 수 있다.

[0079] 또한 전술된 실시예에서는 진동 시스템이 진동축(17)을 중심으로 하나의 고유 진동 모드를 가지는 경우에 대하여 설명했지만, 진동 시스템은 진동축(17)을 중심으로 직렬로 비틀림 진동하도록 탄성 지지되는 복수의 진동 부재를 가질 수 있어서, 진동 시스템은 복수개의 고유 진동 모드를 가질 수 있다. 이 경우도, 전술된 제조 방법에 따라, 각각의 진동 부재의 관성 모멘트를 조정함으로써 이들 고유 진동 모드의 주파수가 각각 조정될 수 있다. 또한, 이들 진동 부재의 무게 중심을 조정함으로써 불필요한 진동이 양호하게 감소될 수 있다.

[제2 실시예]

[0081] 도4a, 도4b, 도5 및 도6은 본 발명의 진동자 장치의 제2 실시예에 따른 광 편향기를 도시한다. 도4a는 상면도이며, 도4b는 도4a의 이면측 으로부터 본 진동 시스템의 상면도다. 도5 및 도6은 각각 도4a 및 도4b의 C-C선 및 D-D선을 따라 취한 단면도이다. 이들 도면에서, 제1 실시예와 같은 유사한 기능을 가지는 성분은 동일한 도면 부호로 지시된다. 이하에서는, 제1 실시예와 유사한 기능을 가지는 부분의 설명은 생략될 것이며, 구별되는 특징부만이 상세하게 설명될 것이다.

[0082] 도4a 및 도4b에 도시된 바와 같이, 본 실시예의 광 편향기는 단 1개의 탄성 지지부(12)를 사용하며, 진동 시스템은 외팔보 구조로써 고정 부재(150)에 의해 지지된다.

[0083] 또한, 본 실시예에서, 질량 조정 부재(19)는 수지로 형성되고, 이는 평판 형상의 가동 소자(11)의 영구자석(151)이 설치되어 있는 면의 반대면에 배치된다. 그 결과, 진동 부재(41)의 무게 중심이 진동축(17)으로부터 어긋나는 것을 감소시키는 것이 용이하고, 불필요한 진동을 감소시킬 수 있다. 즉, 도5에 도시된 바와 같이, 영구자석(151) 및 질량 조정 부재(19)는 진동축(17)을 사이에 두고 가동 소자(11)의 대향 측면 상에 배치된다. 그러므로, 질량 조정 부재(19)의 제공으로 인한, 진동축(17)으로부터 진동 부재(41)의 무게 중심의 편차가 효과적으로 감소될 수 있다.

[0084] 본 실시예의 진동 시스템을 구성하는 가동 소자(11), 탄성 지지부(12), 지지 부재(13)는 후술하는 알칼리 수용액을 이용한 단결정 실리콘의 이방성 에칭으로써 일체로 형성된다. 본 예에서, 도5 및 도6에 도시된 바와 같이, 가동 소자(11), 탄성 지지부(12)는 단결정 실리콘의 결정 등가면(표면)에 의해 둘러싸여진 특징적인 형상을 가진다.

[0085] 도5에 도시된 바와 같이, 본 실시예의 가동 소자(11)는 진동축(17)과 평행하게 신장하는 오목부(31)로써 형성된다. 오목부(31)는 레이저 빔에 의해 질량 조정 부재(19)를 부분적으로 제거하는 프로세스에서, 제1 실시예에서의 공극(30)과 유사한 효과를 가진다. 예컨대, 진동축(17)으로부터의 거리 및 제거될 질량 부분의 체적을 선택함으로써, 예컨대, 제거 질량과 제거 관성 모멘트 사이의 관계를 변화시킬 수 있다. 그러므로, 고유 진동 모드의 주파수를 조정하면서, 진동 부재(41)의 무게 중심 위치가 진동축(17)과 정렬되도록 할 수 있게 된다.

[0086] 또한 공극으로서 오목부(31)를 제공함으로써, 이들 공극은 질량 조정 부재(19)로서 평판 부재를 사용하는 것만으로 형성될 수 있기 때문에, 접착을 위한 조립이 용이하다. 또한 오목부(31)가 형성되는 표면으로부터 이격된 이면에는 공극이 형성되지 않기 때문에, 영구자석(151)이 장착되는 영역을 제외한 이면 전체가 반사면으로서 사용될 수 있다.

[0087] 한편, 도6에 도시된 바와 같이, 탄성 지지부(12)는 단결정 실리콘의 (100) 등가면과 (111) 등가면에 의해 둘러싸여진 X자 형상의 단면 형상을 가진다. 따라서, 탄성 지지부(12)는 도6의 화살표(L) 및 화살표(M) 방향에 대해 큰 강성을 가지지만, 진동축(17)을 중심으로 화살표(N) 방향으로의 강성은 상대적으로 약하다. 즉, 비틀림 스프링으로서 진동축(17)을 중심으로 용이하게 비틀릴 수 있고, 타방향으로는 휘어지기 어렵다. 따라서, 화살표(L 및 M) 방향의 불필요한 진동이 효과적으로 억제된다.

[0088] 또한, 본 실시예는 단 하나의 탄성 지지부(12)를 사용하며, 진동 시스템은 외팔보 구조로써 고정 부재(150)에 의해 지지된다. 따라서, 온도 변화 또는 소정의 외력으로 인해 고정 부재(150)에 변형이 발생하는 경우라 할지라도, 고정 부재(150)로부터 진동축(17) 방향으로 진동 시스템으로 응력이 거의 전달되지 않는다. 그러므로,

이와 같은 축방향으로의 응력이 원인이 되는 고유 진동 모드 주파수의 소정의 변화가 양호하게 억제된다. 또한, 고정 부재(150)가 변형되더라도, 진동 시스템의 변형은 거의 발생하지 않는다. 결과로서, 제조시에 진동 축(17)에 정렬되도록 조정되어 있는 무게 중심 위치가, 온도 변화나 소정의 외력에 의해 변화될 수 없고, 따라서 이러한 온도 변화나 외력에 상관없이 불필요한 진동이 감소된다.

[0089] 다음에, 본 실시예의 가동 소자(11), 탄성 지지부(12) 및 지지 부재(13)를 위한 알칼리 수용액 에칭 프로세스가 설명될 것이다. 도8 및 도9는 도5 및 도6의 단면에 대응하는 알칼리 수용액 내의 형상을 도시한다. 도8 및 도9에서, (a) 내지 (f)의 단면 형상은 각각, 대응하는 타이밍에서의 형상이다. 우선, (a)에서, 도시된 방향으로 (100) 등가면(100)을 가지며 그 위에 형성된 보호막(101)을 가지는 실리콘 기판(99)이 이용되고, 보호막(101)의 패터닝이 수행된다. 본 실시예에서는, 보호막(101)은 질화 실리콘 막을 포함한다. 질화 실리콘 막은 화학기상 합성법을 이용해서 성막될 수 있다. 포토리소그래피와 건식 에칭에 의해, (a)에 도시된 바와 같이 보호막(101) 내에 패턴이 형성될 수 있다.

[0090] 여기서, 도8에 도시된 바와 같이, 폭( $W_k$ )을 가지는 개구가 형성된다. 또한, 도9에 도시된 바와 같이, 폭( $W_b$ ,  $W_g$ )의 개구가 형성된다. 이를 폭은 (111) 등가면과 (100) 등가면이 이루는 각과 실리콘 기판(99)의 두께에 따라서 결정된다. 이를 폭을 적절하게 설정함으로써, 요구되는 비틀림 스프링 상수 및 공극의 치수가 진동 시스템의 사양에 의거하여 달성될 수 있다.

[0091] 다음으로, (b)에서, 기판이 알칼리 수용액 내에 침지되어 에칭이 시작된다. 본 실시예에서는 수산화칼륨의 수용액을 사용하였다. 수산화칼륨 수용액과 같은 알칼리 수용액에서는 단결정 실리콘의 (111) 등가면의 에칭 속도가 다른 면에 비교해서 느리기 때문에 (111) 등가면에 의해 둘러싸여진 형상이 양호하게 형성될 수 있다. 에칭이 진행됨에 따라서, 기판은 (b) 내지 (f)에서 도시된 바와 같은 순서로 에칭된다. 최종적으로, (f)에서, (100) 등가면(100) 및 (111) 등가면(102)에 의해 둘러싸여진 가동 소자(11), 오목부(31), 탄성 지지부(12) 및 지지 부재(13)가 형성된다. 이 후에, 양면의 보호막(101)이 건식 에칭에 의해 제거된다. 이 후에, 반사면(22)이 도4a에 도시된 형상으로 진공 증착에 의해 형성하고, 이로써 진동 시스템이 제공된다.

[0092] 전술된 바와 같이, 본 실시예에서는, 1회의 알칼리 수용액 에칭에 의해, 가동 소자(11), 오목부(31), 탄성 지지부(12) 및 지지 부재(13)가 동시에 형성된다. 그 결과, 제조 프로세스가 단순화되고, 진동 시스템이 낮은 비용으로 제작될 수 있다.

[0093] 특히, 단결정 실리콘의 (111) 등가면은 느린 에칭 속도를 가지고, 이는 오목부(31) 및 탄성 지지부(12)의 형상을 정밀하게 형성할 수 있게 한다. 오목부(31)의 정밀 가공에 의해, 가동 소자(11)의 관성 모멘트나 무게 중심 위치가 매우 정밀하게 결정될 수 있다. 또한, 탄성 지지부(12)의 정밀 가공에 의해, 비틀림 스프링 상수가 매우 정밀하게 결정될 수 있다. 이는 진동 시스템의 고유 진동 모드 주파수와 무게 중심 위치가 매우 정밀하게 결정될 수 있다는 것을 의미한다. 그 결과로서, 고유 진동 모드의 주파수 또는 무게 중심 위치의 조정을 위해 질량 조정 부재(19)를 부분적으로 제거하는 프로세스가 보다 고속으로 수행될 수 있다. 또한, 질량 조정 부재(19)에 의해 점유되는 면적이 작게 만들어질 때 및 보다 정확한 주파수 조정을 위해 작은 밀도의 재료로 질량 조정 부재(19)가 제공되는 경우에, 주파수 조정을 위한 분해능이 보다 개선될 수 있다.

[0094] [제3 실시예]

[0095] 본 발명의 제3 실시예에 따른 진동자 장치가 이하에 설명될 것이다. 도10a는 진동축(304)을 중심으로 진동 운동을 위해 제공된 2개의 진동 부재를 가지는 제3 실시예에 따른 진동자 장치의 평면도이다. 본 실시예에서, 이들 2개의 진동 부재는 진동 부재의 질량을 조정하기 위한 돌출부(303 및 321)를 각각 가지는 제1 및 제2 가동 소자(302 및 320)를 포함한다. 제1 가동 소자(302)는 제2 가동 소자(320)에 상대적으로 진동축(304)을 중심으로 비틀림 진동하도록, 제1 탄성 지지부(비틀림 스프링)(305)에 의해 탄성 지지 된다. 제2 가동 소자(320)는 지지 부재(301)에 상대적으로 진동축(304)을 중심으로 비틀림 진동하도록, 제2 탄성 지지부(비틀림 스프링)(306)에 의해 탄성 지지 된다.

[0096] 본 실시예에서, 질량 조정 부재를 별개로 제공되지 않는다. 오히려, 가동 소자(302 및 320) 자체의 일부가 진동축(304)에 평행한 방향으로 연장되는 돌출부(303 및 321)로서 형성되어 질량 조정 부재의 역할을 담당한다. 레이저 빔을 사용하여 각 돌출부의 소정의 부분을 절단함으로써, 적절한 체적이 이로부터 제거될 수 있다.

[0097] 본 실시예의 진동자 장치는, 기준 주파수( $f_0$ )(시스템 응용의 사양에 의해 결정되는 목표 구동 주파수) 및 상기 기준 주파수의 2배인 주파수( $2f_0$ )에 의거한 합성 구동 신호에 따라서, 도시되지 않은 구동 수단에 의해

구동된다. 진동자 장치는 진동축(304)을 중심으로 2개의 고유 모드 주파수( $f_1$  및  $f_2$ )를 가지며, 이들 주파수는 이하에서 상세하게 설명되는 방법에 따라서 각각 주파수( $f_0$  및  $2f_0$ )와 대략 정합되도록 조정된다. 따라서, 본 실시예에서, 고유 진동 모드의 높은 진폭 증폭률을 이용하는 동시에, 주파수( $f_0$  및  $2f_0$ )를 가지는 2개의 신호에 의거하는 합성파 구동이 달성될 수 있다.

[0098] 합성파 구동 방법이 이하에서 보다 상세하게 설명될 것이다.

[0099] 도11은 횡축을 시간( $t$ )으로 하는 그래프이며, 이는 주파수( $f_0$ )의 비틀림 진동 중의 제1 가동 소자(302)의 변위 각을 설명한다. 구체적으로, 이 도면은  $-T_0/2 < X < T_0/2$ 일 때의, 제1 가동 소자(302)의 비틀림 진동의 1주기 ( $T_0$ )에 상당하는 부분을 도시한다.

[0100] 곡선(61)은 제1 가동 소자(302)의 비틀림 진동의 기준 주파수( $f_0$ )의 정현파 성분을 도시한다. 이는 최대 진폭  $\pm \phi_1$ 의 범위에서 왕복 진동하고, 시간은  $t$ , 각 주파수는  $w_0 = 2\pi f_0$ 인 이하의 수학식 2로 표현되는 정현 진동이다.

[0101] [수학식 2]

$$\Theta_1 = \phi_1 \sin[w_0 t]$$

[0103] 한편, 곡선(62)은 기준 주파수( $f_0$ )의 2배의 주파수의 정현파 성분을 도시하고, 이는 최대 진폭  $\pm \phi_2$ 의 범위에서 진동하고, 이하의 수학식 3으로 표현되는 정현 진동이다.

[0104] [수학식 3]

$$\Theta_2 = \phi_2 \sin[2w_0 t]$$

[0106] 곡선(63)은 전술된 구동의 결과로서 발생된 제1 가동 소자(302)의 비틀림 진동의 변위 각을 도시한다. 진동축(304) 중심의 비틀림 진동에 대해서, 진동자 장치는 전술된 바와 같이 기준 주파수( $f_0$ ) 및 기준 주파수의 2배인 주파수( $2f_0$ ) 근방으로 각각 조정된 주파수( $f_1$ )의 고유 진동 모드와 주파수( $f_2$ )의 2차 고유 진동 모드를 가진다. 따라서,  $\Theta_1$ 에 상응하는 구동 신호에 의해 여기된 공진 및  $\Theta_2$ 에 상응하는 구동 신호에 의해 여기된 공진이 모두 진동자 장치에 발생한다. 즉, 곡선(63)의 제1 가동 소자(302)의 변위 각은 이들 2개의 정현 진동의 중첩에 의해 제공되는 진동에 의거하며, 즉, 수학식 4에 의해 표현될 수 있는 톱니파형 진동이 발생된다.

[0107] [수학식 4]

$$\Theta = \Theta_1 + \Theta_2 = \phi_1 \sin[w_0 t] + \phi_2 \sin[2w_0 t]$$

[0109] 도12는 도11의 곡선(61 및 63)과 직선(64)을 미분함으로써 얻어지는 곡선(61a 및 63a)과 직선(64a)을 도시하며, 이는 이들 곡선의 각속도를 도시한다. 기준 주파수( $f_0$ )의 정현 진동의 각속도를 도시하는 곡선(61a)과 비교하면, 제1 가동 소자(302)의 톱니파형의 왕복 진동의 각속도를 도시하는 곡선(63a)은 N-N' 구간에서, 각속도는 극대점의 각속도( $V_1$ )와 극소점의 각속도( $V_2$ )에 각각 상응하는 상한 및 하한을 가지는 범위 내로 유지된다. 그러므로, 제1 가동 소자(302)에 반사면이 형성되어 광의 편향 주사를 제공하는 진동자 장치 응용 분야에서, 만일  $V_1$  및  $V_2$ 가, 등각속도 주사에 상응하는 직선(64a)으로부터의 각속도의 허용 오차 범위 이내에 존재하면, N-N' 구간은 실질적으로 등각속도 주사 영역으로서 간주될 수 있다.

[0110] 전술된 바와 같이, 정현파를 따르는 변위 각에 의거한 진동과 비교하면, 톱니파형의 왕복 진동은 주사의 각속도는, 편향 주사의 각속도에 대하여, 각속도가 실질적으로 일정한 매우 넓은 영역을 제공한다. 따라서, 이용가능 영역 대 전체 편향 주사 영역의 비가 현저하게 확대된다. 또한, 광 스폿 형성을 위한 광원의 변조 타이밍이 각 속도의 불균일성에 대한 고려 없이 설정될 수 있기 때문에, 변조 회로가 단순화된다.

[0111] 또한, 진동 중의 각속도의 변화는 작기 때문에, 구동 중의 반사면의 변형은 매우 작다.

[0112] 또한, 등간격을 가지는 주사선이 보장되어, 이는 예컨대, 프린터 등의 응용 분야에서 매우 유익하다.

[0113] 전술된 설명은 고유 진동 모드의 주파수( $f_1$  및  $f_2$ )에 있어서 후자가 전자의 대략 2배인 "2배(double)" 관계를 가

지는 예를 참조하여 이루어졌지만, 후자가 대략 전자의 3배인 "3배(triple)" 관계가 설정될 수 있다. 이 경우, "2배" 관계와 유사하게, 정현파의 중첩에 의거한 진동을 통해, 삼각파상의 진동이 제공된다. 이는 광의 왕복 주사의 이용이 가능하기 때문에, 소정의 가용 주파수에서의 주사선의 수가 2배가 될 수 있다.

[0114] 그런데, 2개 이상의 비틀림 진동 방향으로의 고유 진동 모드를 동시에 여기시키면서 구동되는 이러한 진동자 장치에서, 각 모드의 모드 감쇠비가 작을수록 전력 소비가 감소된다. 한편, 만일 모드 감쇠비가 작다면, 복수의 고유 진동 모드의 목적 주파수[예컨대, 본 실시예의 광 편향기에서 주파수( $f_1$  및  $f_2$ )]에 대한 설정 범위는 좁아진다. 그러므로, 광 편향기의 소비 전력이 낮아질 때, 고유 진동 모드의 주파수는 매우 정밀하게 조정되어야 한다.

[0115] 도13을 참조하여, 고유 모드의 주파수( $f_1$  및  $f_2$ )를 주파수( $f_0$  및  $2f_0$ )에 조정하는 방법이 설명될 것이다. 도13은 도10a에 도시된 진동자 장치의 제1 가동 소자(302)와 돌출부(303)를 도시한 부분 확대도이다. 돌출부(303)를 통하는 중심축(C)은, 돌출부(303)의 두께(즉, 도면의 지면에 대한 법선 방향으로의 길이)의 중심을 통과하고, 이는 진동축(304)에 평행하다. 돌출부(303)는 위치에 상관없이 [중심축(C)이 법선으로서 기능하는 단면을 따라서] 균일한 단면 형상 또는 단면적을 가진다. 즉, 예컨대 위치(A)와 위치(B)에서, 이는 동일한 단면 형상을 가진다.

[0116] 돌출부(303)의 제거에 대하여, 제거될 체적은 기준 주파수( $f_0$ )(또는  $2f_0$ )로부터 주파수( $f_1$ )[또는 주파수( $f_2$ )]의 차이(잔여부)에 따라서 결정된다. 제거를 위해, 돌출부(303)는 중심축(C)이 법선으로서 기능하는 절단 단면을 따라서 [즉, 중심선(C)에 수직인 단면을 따라서] 절단된다. 여기서, 절단부의 위치를 조정함으로써, 제거량이 조정된다. 예컨대, 돌출부(303)는 전술된 주파수 차이(잔여부)에 따라 위치(A) 또는 위치(B)에서 절단된다. 제거된 길이(La 또는 Lb)의 관성 모멘트는 중심축(C) 및 진동축(304) 사이의 거리(Dc)의 2승과 제거 질량의 곱과 동일하다. 위치(A 및 B)에서의 관성 모멘트 조정량의 비는 길이(La 및 Lb)의 비와 동일하다. 따라서, 제거량은 길이와 비례하고, 그러므로, 제거량은 신속하게 추정될 수 있다.

[0117] 또한, 절단부로부터 돌출부의 선단까지의 범위의 부분은 절단 조작에 의해 제거되기 때문에, 이 부분은 레이저 빔 가공 영역보다 크고, 제거 프로세스는 매우 신속하게 완료될 수 있다. 이는 가공 시간을 단축시키는 것뿐만 아니라, 레이저 빔 가공 시의 진동자 장치에의 열전달이 감소된다는 점에서 유익하다. 따라서, 불필요한 열적 손상 또는 진동자 장치의 물성치의 변화가 양호하게 방지된다. 또한, 레이저 빔 가공에 의해 발생되는 돌출부로부터의 파편 또는 먼지 입자가 감소되고, 그러므로, 진동자 장치의 오염이 양호하게 방지된다. 게다가, 요구되는 제거량을 달성하기 위한 레이저 및 가공 길이가 위치(A) 또는 위치(B)에 상관없이 균일하기 때문에, 가공 시간 및 가공 이동량(가공용 레이저 주사 길이 또는 가공 스테이지 이동량)이 모두 일정하다. 이는 진동자 장치 조정을 매우 간단하고 낮은 비용으로 하게 만든다.

[0118] 제1 및 제2 가동 소자(302 및 320)의 돌출부(303 및 321)는 모두 진동축(304)에 평행하게 구성된다. 그러므로 돌출부(302 및 320)에 대한 절단 단면이 서로 평행하다. 그러므로, 레이저 빔 가공이 동일 방향으로 수행될 수 있고, 레이저 빔 가공 장치의 구조는 단순화될 수 있다.

[0119] 전술된 방식에서, 만일 제1 및 제2 탄성 지지부(305 및 306) 등내의 가공 오차가 발생하고, 2개 고유 모드 주파수( $f_1$  및  $f_2$ )가 주파수( $f_0$  및  $2f_0$ )에 대하여 큰 차이를 가지는 경우라 하더라도, 이를 주파수는 정확하게 조정될 수 있다.

[0120] [제4 실시예]

[0121] 이제 본 발명의 제4 실시예에 따른 진동자 장치가 설명될 것이다. 도10b는 진동축을 중심으로 진동가능하게 배열된 가동 소자 상에 제공된 질량 조정 부재(419)를 도시한 개략 상면도이다. 본 실시예의 질량 조정 부재(419)는 공극(430) 위에 위치하도록 질량 조정 부재(419)로부터 연장된 복수의 돌출부(420)를 가진다. 본 실시 예에서, 진동축을 중심으로 고유 진동 모드의 주파수를 목표 주파수로의 조정하는 것 또는 진동 부재의 무게 중심 위치를 진동축과 정렬되게 조정하는 것을 위해서, 도10b에서 파선으로 도시된 바와 같이, 돌출부(420)의 기부는 레이저 빔에 의해 절단된다. 보다 구체적으로, 적당한 수의 돌출부(420)가 적당한 제거 체적으로 절단된다. 일단 각 돌출부의 위치(진동축으로부터의 거리) 및 그 질량이 설정되면, 돌출부를 절단함으로써 얻어지는 관성 모멘트 또는 무게 중심 위치의 조정량이 예측될 수 있다. 그러므로, 관성 모멘트 또는 무게 중심 위치가 매우 정밀하게 제어될 수 있다.

[0122] [제5 실시예]

도14, 도15 및 도16은 본 발명의 진동자 장치의 제5 실시예에 따른 광 편향기를 도시한다. 도14는 광 편향기의 진동 시스템의 상면도이고, 도15는 진동 시스템을 구동하는 구동 수단을 가지는 구동 기판의 상면도이다. 도16은 도14의 A-A선을 따라 취한 단면도이며, 이는 진동 시스템과 구동 기판이 조립된 구조를 도시한다. 본 실시 예에서, 도시된 바와 같이 가동 소자(513)는 돌출부(503a, 503b, 503c 및 503d)를 구비하며 형성되며, 이는 진동 부재를 제공한다. 진동 시스템은 이 진동 부재, 한 쌍의 탄성 지지부(512) 및 지지 부재(511)를 포함한다. 가동 소자(513)는 예컨대, 진동축(517)에 수직한 방향으로 1.5 mm의 치수를 가지고, 이에 평행한 방향으로 1 mm의 치수를 가진다.

[0124] 본 실시예에서는, 가동 소자(513)는 한 쌍의 탄성 지지부(512)에 의해, 진동축(517)을 중심으로 비틀림 진동을 위해, 탄성적으로 지지된다. 돌출부(503a 및 503b)와 돌출부(503c 및 503d)는 도시된 바와 같이 진동축을 사이에 두고 대칭적인 위치에서 가동 소자(513)와 결합된다. 이들 모든 돌출부는 진동축(517)에 평행한 방향으로 연장된다. 또한, 한 쌍의 돌출부(503a 및 503b)[또는 돌출부(503c 및 503d)]를 서로 비교하면, 이들이 상이한 길이를 가진다는 것을 알 수 있다. 즉, 대칭 위치에서 가동 소자와 결합하는 돌출부는 진동축(517)에 대해 비대칭적인 형상을 가진다.

[0125] 도15는 구동 기판(518) 및 한 쌍의 구동 전극(519)을 도시한다. 도시된 바와 같이, 구동 전극(519)은 진동축(517)에 대하여 대칭으로 형성된다. 또한, 도16에 도시된 바와 같이, 구동 기판(518)과 진동 시스템은, 이들 사이에 적절한 간격을 유지하기 위해 이들 사이에 개재된 스페이서(520)와 함께 조립된다. 그러므로, 가동 소자(513)는 공극을 사이에 두고 구동 전극(519)에 대향되도록 배치된다. 가동 소자(513)는 전기적으로 접지된다. 따라서, 대칭적으로 배치된 구동 전극(519)에 교대로 고전압을 인가함으로써, 정전 인력이 가동 소자(513)와 전압 인가된 구동 전극(519) 사이에 발생된다. 이는 진동축(517)을 중심으로 토크를 발생시키고, 이는 진동 시스템을 구동한다.

[0126] 본 실시예의 광 편향기의 구동 원리는 제1 실시예의 것과 같다. 그러나, 재료의 물성 변동 또는 가공 공차와 같은 다양한 오차 요인에 의해, 예를 들면 주파수( $f_1$ )가 기준 주파수( $f_0$ )로부터 이동될 수 있다. 도14에 도시된 구성에 있어서, 전식 애칭 프로세스 동안 마스크 형상의 오차에 의해 야기된 가공 오차 결함부(400)가 발생한다. 반도체 제조 프로세스에서의 의도하지 않은 요인에 의해, 이러한 가공 오차 결함부가 발생할 수 있고 그에 따라 제품의 수율이 저하될 수 있다. 가공 오차 결함부(400)는 본원에 도시된 돌기 또는 리세스와 같은 형상의 결함부일 수 있거나, 또는 고착된 파편 등일 수 있다.

[0127] 이러한 가공 오차 결함부(400)는 진동 부재 전체의 관성 모멘트에 대해 오차 요인으로 될 수 있다. 이러한 상황에서, 상기 수학식 1로부터 알 수 있는 바와 같이, 진동 시스템의 고유 진동 모드의 주파수( $f_1$ )에서도 오차가 발생할 수 있어, 더 이상 양호한 진폭 증폭률이 얻을 수 없게 된다. 또한, 가공 오차 결함부(400)는 진동 부재 전체의 무게 중심 위치를 설계 위치로부터 의도하지 않은 방향으로 오프셋시킬 수 있다. 이러한 오프셋 거리가 발생하면, 진동 시스템의 진동에 대해서 아주 바람직하지 않은 불필요한 진동을 발생시킨다. 이는 가동 소자(513)의 반사면의 기울기 오차를 발생시킬 수 있기 때문에, 주사 특성이 악화될 수 있다.

[0128] 이러한 무게 중심 이동이 없는 이상 상태에서, 가동 소자(513)는 주파수( $f_0$ )의 구동 신호에 응답해 진동축(517)을 중심으로 비틀림 진동한다. 한편, 진동축(517)으로부터 무게 중심 이동이 발생한 경우, 비틀림 진동에 의해 가동 소자에는 진동축(517)으로부터 무게 중심 위치 방향으로 관성력이 발생한다. 이러한 관성력은 무게 중심의 오프셋 방향으로 특징적인 주파수의 불필요 진동을 발생시킨다. 그 결과, 주사 특성이 저하된다.

[0129] 전술된 주사 특성의 저하는 고유 진동 모드의 주파수( $f_1$ )와 무게 중심의 오프셋 거리 모두를 조정함으로써 방지될 수 있고, 저소비 전력의 광 편향기가 달성을 할 수 있다.

[0130] 제3 실시예와 관련해 설명된 도13을 참조하면, 고유 진동 모드의 주파수( $f_1$ )와 무게 중심의 오프셋 거리를 동시에 조정하는 방법이 설명된다. 도13에서, 참조부호 302는 도14의 가동 소자(513)에 해당하는 513으로 이해되고, 참조부호 303은 도14의 돌출부(503c)에 해당하는 503c로 이해된다.

[0131] 돌출부(503c)를 지나 연장하는 중심축(C)은 돌출부(503c)의 두께(즉, 지면에 대해 법선 방향의 길이)의 중심을 통과하고, 진동축(517)과 평행하다. 돌출부(503c)는 위치에 상관없이 [중심축(C)이 법선으로서 기능하는 단면을 따라서] 균일한 단면 형상을 갖는다. 즉, 예를 들면 위치(A)와 위치(B)에서, 동일한 단면 형상을 갖는다.

- [0132] 돌출부(503c)의 제거와 관련해, 제거될 체적은 기준 주파수( $f_0$ )로부터 주파수( $f_1$ )의 차이(잔여부)와 무게 중심 위치의 오프셋 거리에 따라서 결정된다. 제거 동안, 돌출부(503c)는 중심축(C)이 법선으로서 기능하는 절단면 [즉, 중심선(C)에 수직인 단면]을 따라서 절단된다. 여기서, 절단 위치를 조정함으로써, 제거량이 조절된다.
- [0133] 예를 들면, 돌출부(503c)는 레이저 빔 조사에 의해 위치(A) 또는 위치(B)에서 절단된다. 제거되는 길이(La 또는 Lb)의 관성 모멘트는 중심축(C)과 진동축(517) 사이의 거리(Dc)의 제곱과 제거 질량을 곱한 것과 같다. 제거량은 길이에 비례하기 때문에, 질량 제거에 의해 제공되는 위치(A, B)에서의 관성 모멘트의 조정량의 비는 길이(La, Lb)의 비와 같다.
- [0134] 한편, 도14에 도시한 바와 같이, 돌출부는 진동축(517)에 대해서 서로 대칭인 위치에 형성된다. 도14는 돌출부가 전술된 방법에 따라 부분적으로 제거된 후의 구조를 도시한다. 이러한 질량 제거 전에, 쌍을 이루는 돌출부(503a, 503b) 및 쌍을 이루는 돌출부(503c, 503d)는 동일한 폭과 길이를 갖도록 형성될 수 있다. 따라서, 쌍을 이루는 돌출부(503a, 503b) 및 쌍을 이루는 돌출부(503c, 503d)와 관련해, 제거 길이는 다르다. 이러한 비율을 조정함으로써, 진동 부재의 무게 중심의 오프셋 거리가 조정될 수 있다.
- [0135] 본 실시예에서, 진동 시스템의 고유 진동 모드의 주파수가 우선 측정되고, 이를 설계값으로 튜닝하기 위한 관성 모멘트의 조정량이 추정된다. 주파수 측정은 수광 소자를 사용해 검출되는 주사 빔의 정보, 탄성 지지부 등에 설치될 수 있는 압전 저항체에 의해 검출되는 정보 등에 근거하여 실시될 수 있다. 추정량에 근거하여, 제거되는 돌출부(503a 내지 503d)의 길이의 합이 결정된다. 진동축을 중심으로 적어도 하나의 고유 진동 모드를 갖는 본 실시예의 진동자 장치의 제조 방법에서, 이러한 프로세스는 하기의 단계를 포함한다. 즉, 진동자 장치의 진동축을 중심으로 고유 진동 모드의 주파수를 측정하는 단계와, 측정된 주파수에 기초해 복수의 돌출부의 제거량의 합을 결정하는 단계를 포함한다.
- [0136] 그 후, 무게 중심 위치의 오프셋 거리에 따라서, 쌍을 이루는 돌출부(503a, 503b) 또는 쌍을 이루는 돌출부(503c, 503d)의 제거 길이의 비율이 결정된다. 무게 중심의 오프셋 거리는 주사 광 빔의 주사 궤적을 측정하고, 이상적인 주사 궤적과의 차이(잔여부)를 조정함으로써 결정될 수 있다. 진동축을 중심으로 적어도 하나의 고유 진동 모드를 갖는 본 실시예의 진동자 장치의 제조 방법에서, 이러한 프로세스는 하기의 단계를 포함한다. 즉, 진동자 장치를 구동하는 단계와, 진동자 장치의 진동 부재의 진동 상태 또는 구동 과정을 검출하는 단계와, 검출된 진동 상태를 목표 진동 상태와 비교하고, 비교 결과에 기초하여, 오프셋 거리를 감소시키도록 돌출부의 제거량의 비율을 결정하는 단계를 포함한다.
- [0137] 전술된 제거량의 합 결정 단계와 제거량의 비율 결정 단계는 하기의 단계, 즉, 진동자 장치를 구동하는 단계와, 진동자 장치의 진동 부재의 진동 상태를 검출하는 단계와, 검출된 진동 상태를 목표 진동 상태와 비교하고, 비교 결과에 기초하여, 돌출부의 제거 형상을 결정하는 단계를 포함하는 공정으로서 요약될 수 있다.
- [0138] 전술한 바와 같이 결정된 제거 길이에 따라서, 레이저 빔 조사 위치가 변하게 되고, 돌출부(503a 내지 503d)는 진동축(517)에 대해서 비대칭 길이를 갖도록 가공된다. 이러한 공정에 의해, 본 실시예에서, 고유 진동 모드의 주파수의 조정과 무게 중심의 오프셋 거리의 조정이 동시에 실시될 수 있다. 특히, 본 실시예에서, 관성 모멘트의 조정량이 프로세스 길이에 비례하므로, 프로세스 목표치가 바로 결정될 수 있다.
- [0139] [제6 실시예]
- [0140] 본 발명의 제6 실시예에 따른 진동자 장치 및 그의 제조 방법이 하기에서 설명된다. 도17은 진동축(604)을 중심으로 진동하도록 마련된 2개의 진동 부재를 포함하는 진동자 장치의 실시예의 평면도이다. 본 실시예에서, 2개의 진동 부재는 각각 진동 부재의 질량을 조정하기 위한 제1 및 제2 돌출부(603, 621)를 각각 갖는 제1 및 제2 가동 소자(602, 620)를 포함한다. 제1 가동 소자(602)는 제2 가동 소자(620)에 대하여 제1 탄성 지지부(비틀림 스프링)(605)에 의해 진동축(604)을 중심으로 비틀림 진동하도록 탄성 지지된다. 제2 가동 소자(620)는 지지 부재(601)에 대하여 제2 탄성 지지부(비틀림 스프링)(606)에 의해 진동축(604)을 중심으로 비틀림 진동하도록 탄성 지지된다. 영구자석(651)이 제2 가동 소자(620)에 고정된다. 영구자석(651)은 제2 가동 소자(620)의 대향 표면에 고착되고, 일 표면이 도17에 도시되어 있다.
- [0141] 본 실시예에서, 제1 및 제2 가동 소자(602, 620) 자체의 일부는 진동축(604)에 평행한 방향으로 연장하는 돌출부(603, 621)로 형성된다. 제5 실시예와 마찬가지로, 이들 돌출부(603, 621)는 진동축(604)에 대하여 대칭 위치에서 대칭 형상으로 초기에 형성된다. 그 후, 제5 실시예와 마찬가지로, 돌출부 중 원하는 부분이 레이저 빔

에 의해 절단되고, 그에 따라 적당한 체적의 비대칭 길이가 이들 돌출부로부터 제거된다.

[0142] 제1 가동 소자(602)와 제1 돌출부(603)는 제1 진동 부재를 구성하고, 제2 가동 소자(620), 제2 돌출부(621) 및 영구자석(651)은 제2 진동 부재를 구성한다. 이들 진동 부재는 진동축(604)을 중심으로 일체로 진동할 수 있다.

[0143] 본 실시예의 진동자 장치는 기준 주파수(본 시스템 어플리케이션의 사양에 의해 결정되는 목표 구동 주파수)( $f_0$ )와 이 기준 주파수의 2배의 주파수( $2f_0$ )에 기초한 합성 구동 신호에 따라서, 영구자석(651)과 고정 코일(652)을 구비하는 구동 수단에 의해 구동된다. 도18은 도17의 A-A선 단면도이다. 도18에 도시한 바와 같이, 고정 코일은 화살표(H) 방향으로 자기장을 발생시킨다. 이 자기장은 제2 가동 소자에 설치된 영구자석(651)에 작용하여, 진동축(304)을 중심으로 토크를 발생시키고, 그에 따라 진동 시스템이 구동된다.

[0144] 진동자 장치는 진동축(604)을 중심으로 2개의 고유 모드 주파수( $f_1$ ,  $f_2$ )를 가지며, 이들 주파수는 주파수( $f_0$ ,  $2f_0$ )와 거의 일치하도록 조정된다. 따라서, 본 실시예에서, 고유 진동 모드의 높은 진폭 증폭률을 이용하면서, 주파수( $f_0$ ,  $2f_0$ )를 갖는 2개의 신호에 기초한 합성파 구동이 달성된다. 합성파 구동 방법은 도11 및 도12를 이용해 설명한 제3 실시예의 것과 동일하다.

[0145] 본 실시예에서, 진동축(604)을 중심으로 진동 시스템의 2개의 고유 진동 모드의 주파수( $f_1$ ,  $f_2$ )는 "정수배"의 관계를 갖는다. 그에 따라, 제1 및 제2 진동 부재의 관성 모멘트는 이하의 수학식 5의 관계를 충족시켜야 한다.

[0146] [수학식 5]

$$I_2/I_1 \geq 4n^2/(n^4 - 2n^2 + 1)$$

[0148] 여기서,  $I_1$ 과  $I_2$ 는 제1 및 제2 진동 부재 각각의 관성 모멘트이고,  $n$ 은  $f_2/f_1$ 을 나타내는 정수이다.

[0149] 본 실시예의 진동 시스템은 주파수( $f_1$ ,  $f_2$ ) 사이에 2배 관계를 가지며, 따라서 하기의 수학식 6의 관계가 만족된다.

[0150] [수학식 6]

$$I_2/I_1 \geq 1.78$$

[0152] 즉, 본 실시예에서, 제2 진동 부재는 제1 진동 부재보다 큰 관성 모멘트를 갖는다. 이러한 관성 모멘트의 크기 관계는 제2 가동 소자(620)에만 영구자석(구동 수단)(651)을 설치함으로써 효과적으로 제공된다. 따라서, 영구자석(651)에 의해, 2배의 주파수 관계를 갖는 2개의 고유 진동 모드를 실현하는데 적합한 진동 부재 구성이 달성된다.

[0153] 여기서, 도17과 도18에 도시한 바와 같이 영구자석(651)이 도면에서 보았을 때 좌측 방향으로 어긋나서 접촉 또는 설치된 경우가 고려된다. 영구자석(651)의 무게 중심(668)은 진동축(604)으로부터 좌측 방향으로 오프셋된다. 한편, 돌출부(621)에 대해서는, 도17에 도시된 바와 같이, 영구자석(651)이 이동된 측에 위치한 돌출부(621) 중 하나의 제거량이 크게 된다. 진동축(604)에 대하여 비대칭한 비대칭 돌출부(621)의 제거 길이의 비율은 예를 들면 제5 실시예를 참조하여 설명한 주사 궤적 측정에 기초한 방법에 의해 결정될 수 있다.

[0154] 지점(669)은 전술된 이러한 비대칭 길이에 의해 부분적으로 제거되는 돌출부(621)를 갖는 제2 가동 소자의 무게 중심을 나타낸다. 무게 중심(668)과 무게 중심(669)을 연결하는 선분은 진동축(604)을 통과한다. 진동축(604)으로부터 영구자석(651)과 제2 가동 소자(620)의 무게 중심의 오프셋 거리의 비율은 영구자석(651)과 제2 가동 소자(620)의 질량의 역수의 비율과 거의 동일하다. 이러한 관계에 의해, 제2 진동 부재 전체의 무게 중심은 진동축(604)상에 배치된다.

[0155] 진동축(604)으로부터 무게 중심의 오프셋을 발생시킬 수 있는 요인과 관련하여, 제5 실시예에서 설명한 바와 같이, 가공 오차와 같은 다른 요인이 있을 수 있다. 어쨌든, 진동 부재의 무게 중심의 오프셋 거리는 전술된 실시예의 방법에 의해 조정될 수 있다.

[0156] 전술한 진동 부재의 무게 중심의 오프셋에 의한 불필요 진동은 진동 시스템이 다자유도 진동 시스템을 포함하는 복수의 고유 진동 모드 사이에 커플링(coupling)을 야기할 수 있고, 그에 따라 주사 재현성이 매우 저하될 수 있다. 특히, 본 실시예에서 2개의 고유 진동 모드의 주파수가 "2배의 관계"를 가지므로, 전술한 불필요 진동의

주파수는 기준 주파수의 2배일 수 있다. 즉, 다른 한쪽의 주파수와 같아질 수 있다. 따라서, 2개의 고유 진동 모드가 강하게 커플링될 수 있다. 그에 따라, 주사 케이스의 굴곡 외에 주사 재현성이 매우 저하된다.

[0157] 본 실시예에서, 돌출부(603, 621)는 비대칭적으로 제거되고, 그에 따라 2개의 고유 진동 모드를 갖는 진동 시스템의 2개의 주파수( $f_1$ ,  $f_2$ ) 뿐만 아니라 2개의 진동 부재의 무게 중심의 오프셋 거리는 동시에 조정될 수 있다. 이는 저소비 전력에서의 합성과 구동뿐만 아니라 우수한 주사 재현성을 실현할 수 있다. 이러한 방법에서, 진동 부재의 관성 모멘트와 무게 중심 위치는 동시에 신속하게 조정될 수 있다.

[0158] [제7 실시예]

[0159] 도19는 본 발명에 따른 광 편향기가 구비된 광학기기의 실시예를 나타내는 개략적인 사시도이다. 본 실시예에서, 화상 형성 장치가 광학기기로서 도시되어 있다. 도19에서, 3003은 본 발명에 따른 광 편향기를 나타내고, 이 광 편향기는 입사광을 1차원적으로 주사하도록 기능한다. 3001은 레이저 광원을 나타내고, 3002는 렌즈 또는 렌즈 그룹을 나타낸다. 3004는 기입 렌즈(writing lens) 또는 렌즈 그룹이며, 3005는 드럼형 감광 부재이다.

[0160] 레이저 광원(3001)으로부터 방출된 레이저 빔은 광의 편향 주사의 타이밍과 관련된 소정의 강도 변조에 의해 변조된다. 강도 변조 광은 렌즈 또는 렌즈 그룹(3002)을 관통하고, 광 주사 시스템(광 편향기)(3003)에 의해 1차원적으로 주사 편향된다. 주사식으로 편향된 레이저 빔은 기입 렌즈 또는 렌즈 그룹(3004)에 의해 감광 부재(3005)상에 초점이 맞추어져 화상을 형성한다.

[0161] 감광 부재(3005)는 주사 방향과 수직한 방향으로 회전축을 중심으로 회전하고, 도시하지 않은 대전기(charger)에 의해 균일하게 대전된다. 감광 부재 표면에 광을 주사함으로써, 정전 잠상이 주사된 표면 부분에 형성된다. 이 후, 도시하지 않은 현상 장치를 이용함으로써, 토너 이미지가 정전 잠상을 따라 형성되고, 그 후 토너 이미지는 도시하지 않은 전사 시트에 전사·정착됨으로써, 화상이 상기 시트상에 형성된다.

[0162] 본 실시예에 따르면, 소망하는 주파수로 양호하게 조정된 광 편향기를 이용할 수 있다. 따라서, 높은 진폭 증폭률로 구동할 수 있고, 그에 따라 장치는 소형화될 수 있고, 소비 전력이 낮아질 수 있다. 또한, 광의 편향 주사의 각속도가 감광 부재(3005) 표면 중 유효 영역 내에서 거의 균일하게 될 수 있다. 또한, 본 발명의 광 편향기를 이용함으로써, 주사 위치 변동이 적어지고, 선명한 화상을 생성할 수 있는 화상 형성 장치가 달성된다.

[0163] 비록 본 발명은 본 명세서에 개시된 구조를 참조하여 설명되었지만, 본 발명은 그 세부 사항으로 국한되지 않으며 본 출원은 개선 목적이나 아래의 특허청구범위에 속하는 변경이나 개조를 포함한다.

## 도면의 간단한 설명

[0164] 도1a는 본 발명의 제1 실시예에 따른 광 편향기의 평면도.

[0165] 도1b는 제1 실시예의 진동 시스템의 반사면이 형성되지 않은 측의 평면도.

[0166] 도2는 본 발명의 제1 실시예의 진동 부재 및 구동 수단을 도시하는 단면도.

[0167] 도3은 본 발명의 제1 실시예에 따른 진동 부재의 대체 구조를 도시하는 단면도.

[0168] 도4a는 본 발명의 제2 실시예에 따른 광 편향기의 평면도.

[0169] 도4b는 제2 실시예의 진동 시스템의 반사면이 형성되지 않은 측의 평면도.

[0170] 도5는 본 발명의 제2 실시예의 진동 부재를 설명하는 단면도.

[0171] 도6은 본 발명의 제2 실시예의 탄성 지지부를 설명하는 단면도.

[0172] 도7a는 본 발명에 따른 레이저 빔 가공 프로세스의 하나의 프로세스를 설명하는 평면도.

[0173] 도7b는 본 발명에 따른 레이저 빔 가공 프로세스의 다른 프로세스를 설명하는 평면도.

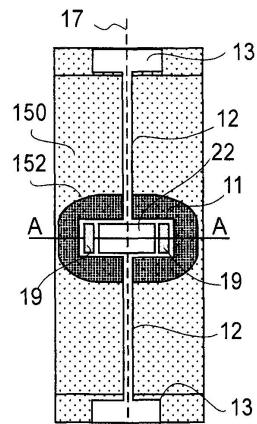
[0174] 도7c는 도7b에 대응하는 프로세스를 설명하는 단면도.

[0175] 도8은 본 발명의 제2 실시예에 따른 오목부를 갖는 가동 소자를 제조하기 위한 프로세스를 설명하는 개략도.

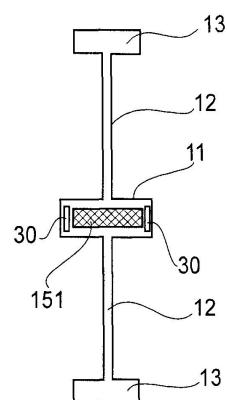
- [0176] 도9는 본 발명의 제2 실시예에 따른 비틀림 스프링을 제조하기 위한 프로세스를 설명하는 개략도.
- [0177] 도10a는 본 발명의 제3 실시예에 따른 진동 시스템의 평면도.
- [0178] 도10b는 본 발명의 제4 실시예에 따른 질량 조정 부재의 평면도.
- [0179] 도11은 본 발명의 제3 실시예에 따른 진동자 장치의 제1 가동 소자의 변위각을 설명하는 그래프.
- [0180] 도12는 본 발명의 제3 실시예에 따른 진동자 장치의 제1 가동 소자의 각속도를 설명하는 그래프.
- [0181] 도13은 본 발명의 제3 실시예의 제1 가동 소자 및 돌출부를 도시하는 부분 평면도.
- [0182] 도14는 본 발명의 제5 실시예에 따른 진동자 장치의 평면도.
- [0183] 도15는 본 발명의 제5 실시예에 따른 진동자 장치의 구동 기판의 평면도.
- [0184] 도16은 본 발명의 제5 실시예에 따른 진동자 장치의 단면도.
- [0185] 도17은 본 발명의 제6 실시예에 따른 진동자 장치의 평면도.
- [0186] 도18은 본 발명의 제6 실시예에 따른 진동자 장치의 단면도.
- [0187] 도19는 본 발명의 실시예에 따른 광 편향기를 구비한 광학 기기의 사시도.
- [0188] 도20은 공지된 종류의 광 편향기의 사시도.
- [0189] <도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명>
- [0190] 11, 302, 320 : 가동 소자
- [0191] 12, 305, 306 : 탄성 지지부
- [0192] 13, 301 : 지지 부재
- [0193] 17, 304 : 진동축
- [0194] 19, 419 : 질량 조정 부재
- [0195] 22 : 반사면
- [0196] 41 : 진동 부재
- [0197] 85 : 질량 제거 부분
- [0198] 151 : 영구자석
- [0199] 152 : 고정 코일
- [0200] 3001 : 레이저 광원
- [0201] 3003 : 광 편향기
- [0202] 3005 : 감광 부재

도면

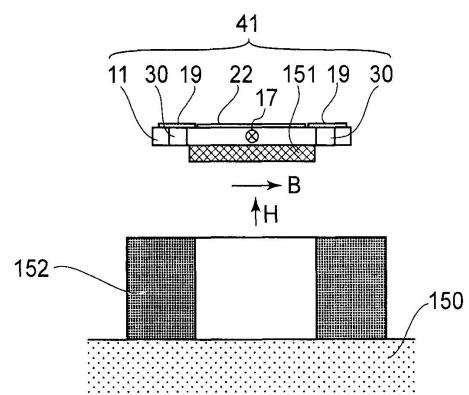
도면1a



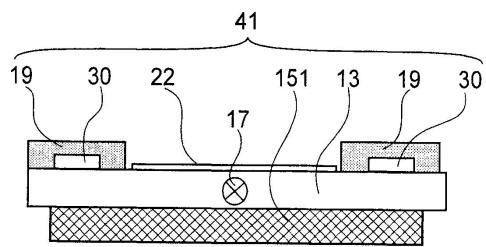
도면1b



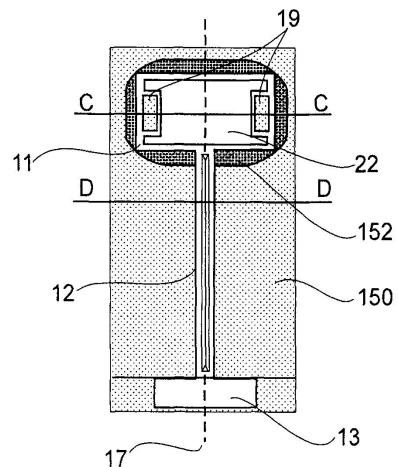
도면2



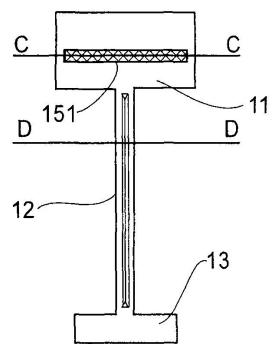
도면3



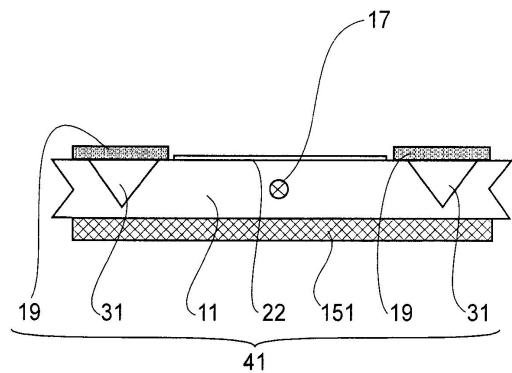
도면4a



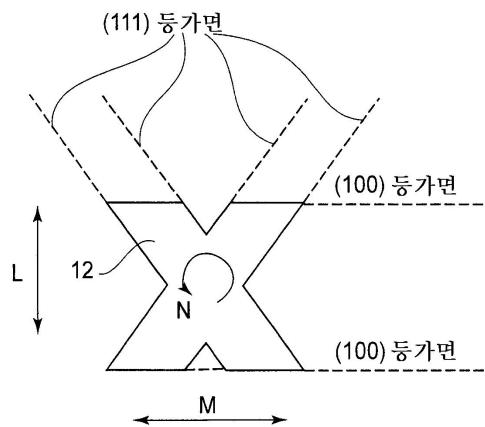
도면4b



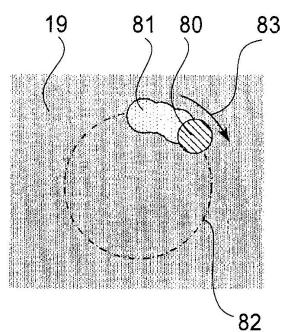
도면5



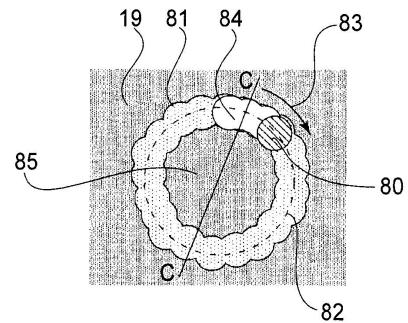
도면6



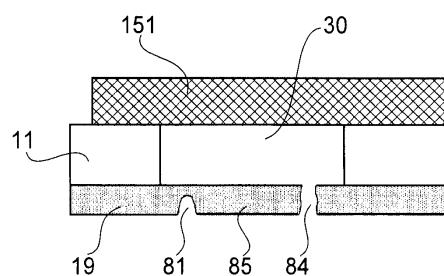
도면7a



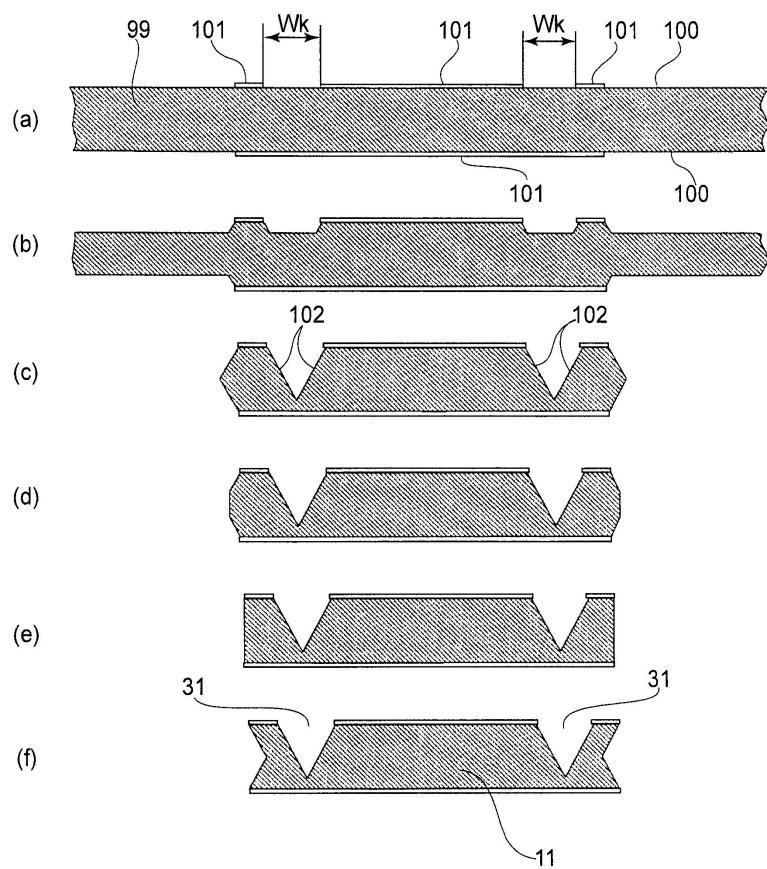
## 도면7b



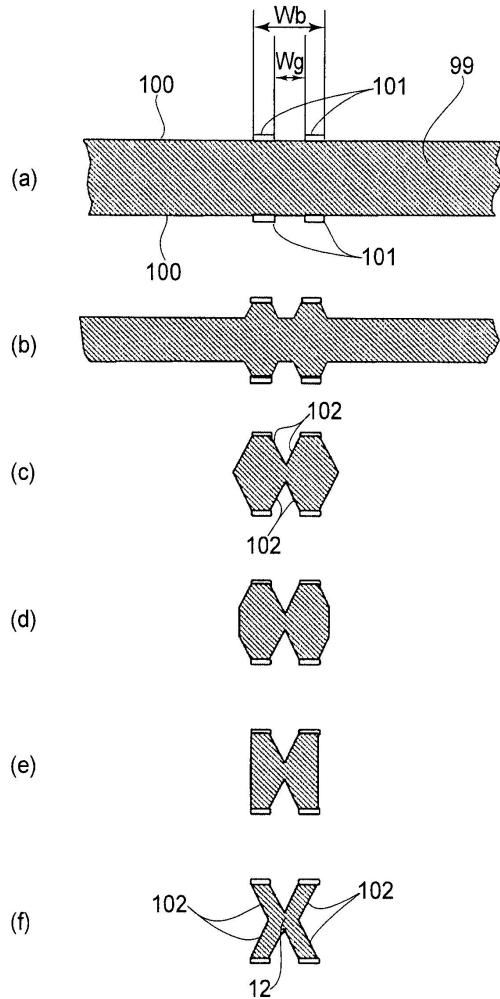
## 도면7c



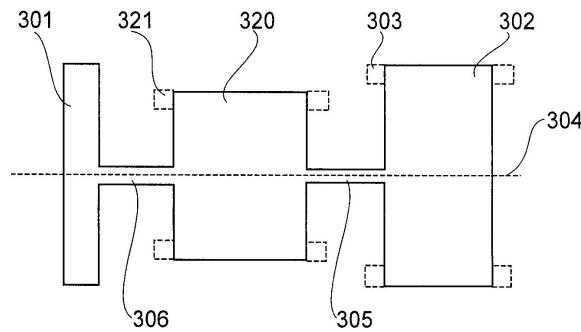
## 도면8



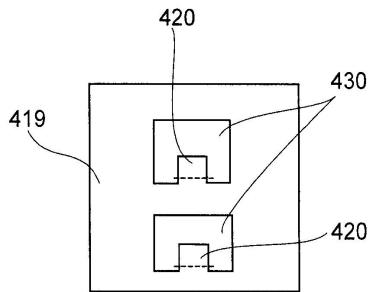
도면9



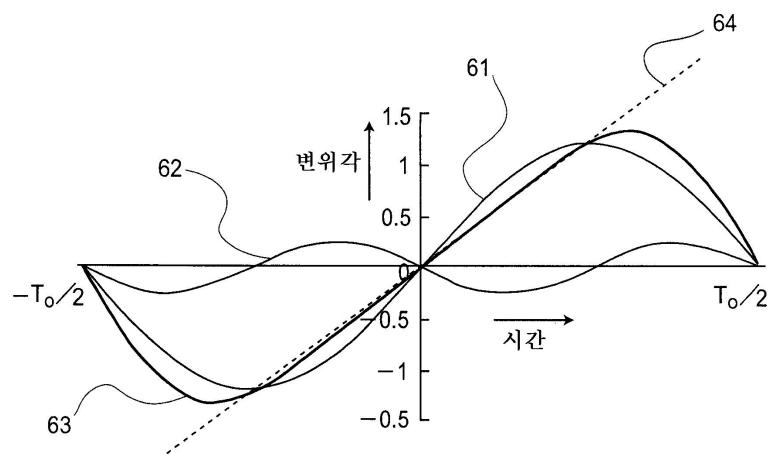
도면10a



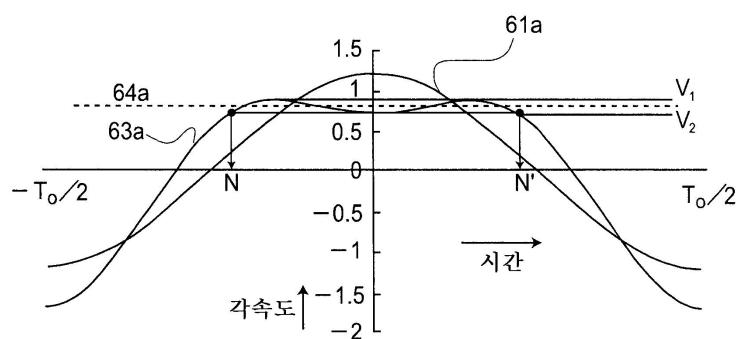
도면10b



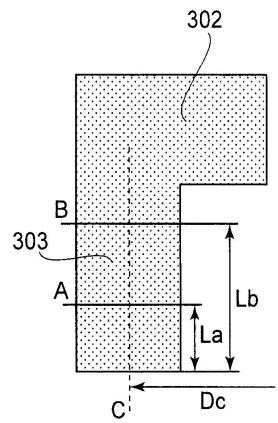
도면11



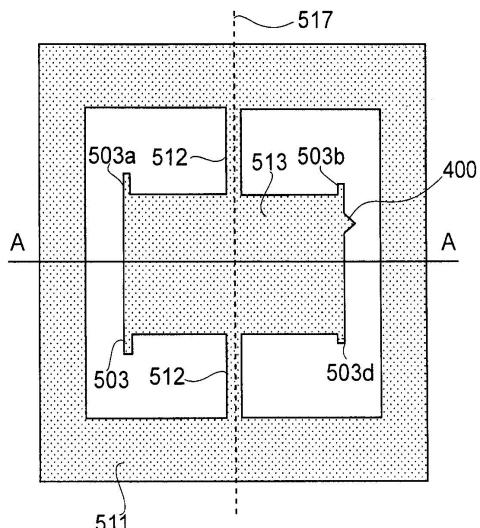
도면12



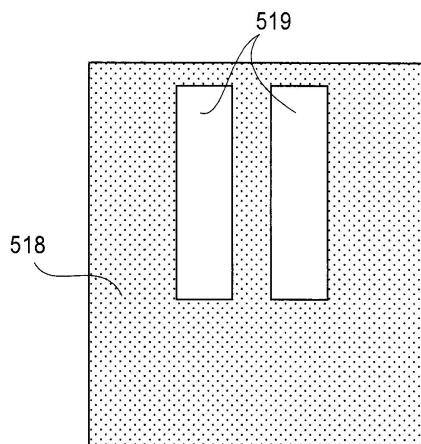
도면13



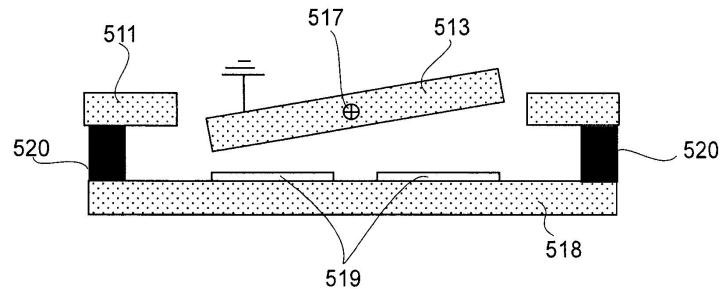
도면14



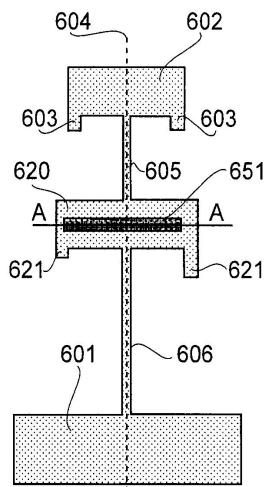
도면15



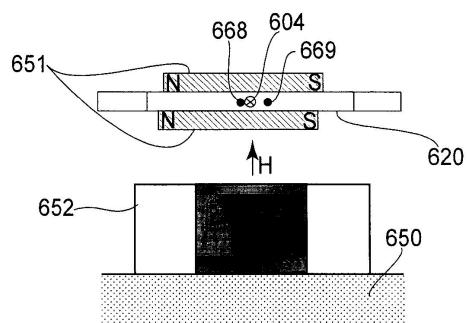
도면16



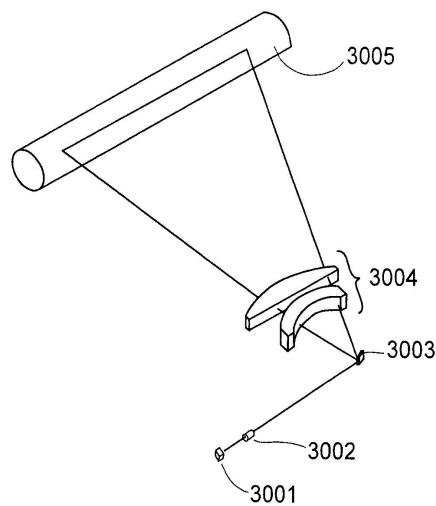
도면17



도면18



도면19



도면20

