



(19) 대한민국특허청(KR)  
 (12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2010년01월29일  
 (11) 등록번호 10-0939499  
 (24) 등록일자 2010년01월22일

(51) Int. Cl.

G02B 26/08 (2006.01) G02B 26/10 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2008-0072060  
 (22) 출원일자 2008년07월24일  
 심사청구일자 2008년07월24일  
 (65) 공개번호 10-2009-0013050  
 (43) 공개일자 2009년02월04일

(30) 우선권주장

JP-P-2007-00197393 2007년07월30일 일본(JP)

(56) 선행기술조사문헌

KR1020040004172 A

KR1020030007131 A

US20010049959 A1

US20020135864 A1

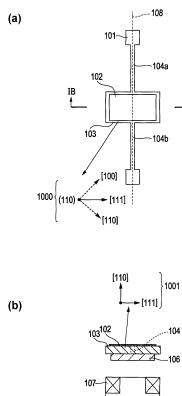
전체 청구항 수 : 총 7 항

심사관 : 박승배

(54) 요동체 장치, 광 편향기, 및 광 편향기를 이용한 화상형 성장치

**(57) 요 약**

구동시 가동부의 평탄성을 유지하는 요동체 장치가 개시되어 있다. 이 요동체 장치는, 지지부와, 가동부와, 상기 가동부가 비틀림 축에 대하여 비틀림 진동 가능하게 상기 가동부를 상기 지지부에 연결하는 비틀림 스프링과, 상기 가동부를 진동시키는 구동 유닛을 구비한다. 상기 가동부는, 단결정 실리콘으로 형성되어 있다. 상기 가동부의 주면은 (110) 결정면에 있으며, 상기 가동부의 주면과 평행하고 상기 비틀림 축에 수직인 결정 방위는 [111] 방위이다.

**대 표 도 - 도1**

## 특허청구의 범위

### 청구항 1

요동체 장치로서,

지지부와,

가동부와,

상기 가동부가 비틀림 축에 대하여 비틀림 진동을 제공하도록 상기 가동부를 상기 지지부에 연결하는 비틀림 스프링과,

상기 가동부를 전자기 방식, 정전기 방식, 또는 피에조 방식 중 하나에 의해 구동시키는 구동 유닛을 구비하고,

상기 가동부 및 상기 비틀림 스프링은 단결정 실리콘으로 형성되고,

상기 지지부, 상기 가동부 및 상기 비틀림 스프링은 상기 가동부를 상기 비틀림 스프링과 함께 상기 지지부에 연결함으로써 일체로 형성되고,

상기 가동부의 주면은 (110) 결정면에 있으며,

상기 가동부의 주면과 평행하고 상기 비틀림 축에 수직인 결정 방위가 [111] 방위인 것을 특징으로 하는 요동체 장치.

### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 비틀림 축과 평행한 비틀림 스프링의 결정 방위가 [111] 방위인 것을 특징으로 하는 요동체 장치.

### 청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 비틀림 스프링은, (111) 결정면을 주면으로 하는 단결정 실리콘으로 형성되는 것을 특징으로 하는 요동체 장치.

### 청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 지지부, 상기 가동부, 및 상기 비틀림 스프링은 단결정 실리콘으로 일체로 형성되는 것을 특징으로 하는 요동체 장치.

### 청구항 5

청구항 1 내지 4 중 어느 한 항에 기재된 요동체 장치를 구비하는 광 편향기로서, 상기 요동체 장치가 상기 가동부 상에 설치된 반사면을 더 갖는 것을 특징으로 하는 광 편향기.

### 청구항 6

제 5 항에 있어서,

복수의 가동부와,

상기 복수의 가동부가 한 개의 비틀림 축에 대하여 비틀림 진동을 제공하도록 상기 복수의 가동부를 지지하는 복수의 비틀림 스프링을 구비하고,

지지부, 상기 복수의 가동부 및 상기 복수의 비틀림 스프링은 상기 지지부를 상기 복수의 비틀림 스프링과 함께 상기 복수의 가동부를 연결시킴으로써 일체로 형성되고,

상기 복수의 가동부 중의 적어도 하나는 상기 반사면을 갖고,

상기 광 편향기는 상기 비틀림 축에 대한 상기 비트림 진동에 관하여 기준 주파수가 되는 고유 주파수와 상기 기준 주파수의 정수 배의 고유 주파수를 갖는 것을 특징으로 하는 광 편향기.

## 청구항 7

화상형성장치로서,

광원과,

청구항 5에 기재된 광 편향기와,

감광체를 구비하고,

상기 광 편향기는, 상기 광원으로부터의 빛을 편향하고, 상기 빛의 일부를 상기 감광체에 조사해서 정전기 잠상을 형성하는 것을 특징으로 하는 화상형성장치.

## 명세서

### 발명의 상세한 설명

#### 기술 분야

[0001] 본 발명은, 요동체 장치, 광 편향기, 및 그 광 편향기를 이용한, 화상형성장치 및 디스플레이 등의 광학 기기에 관한 것이다. 이 광 편향기는, 예를 들면, 광의 편향 주사에 의해 화상을 투영하는 프로젝션 디스플레이나, 전자 사진 프로세스를 이용하는, 레이저빔 프린터 및 디지털 복사기 등의 화상형성장치에 매우 적합하게 이용된다.

#### 배경 기술

[0002] 반사면을 갖는 가동부를 정현 진동시켜 빛을 편향하는, 광 편향기로서 기능을 하는 광 주사계 내지 광 주사장치가 여러 가지 알려져 있다. 공진을 이용해 정현 진동을 행하는 광 편향기를 사용한 광 주사계는, 회전 가능한 다각형 미러를 사용한 광 주사계에 비해, 상당히 작은 광 편향기를 갖고, 소비 전력이 적다. 특히, 반도체 프로세스에 의해 단결정 실리콘으로 형성되는 광 편향기는 이론상 금속 피로가 없고 내구성도 우수하다.

[0003] US4317611은 광 편향기의 일례로서 도 8에 나타낸 것과 같은, 실리콘으로 형성되는 광 편향기에 대해서 개시한다. 도 8은, 광 편향기의 사시도이다.

[0004] 도 8에 나타낸 광 편향기는, 지지부(20)와, 가동부(30)와, 가동부(30)가 비틀림 진동 가능하게 가동부(30)를 지지부(20)에 연결하는 비틀림 스프링 22, 24로 구성된다. 이 광 편향기는 반도체 제조 방법에 사용되는 포토리소그래피 공정과 애칭 공정을 이용해서, 실리콘 웨이퍼로 제작된다.

[0005] 요동체 장치의 가동부는, 소정 각도로 비틀림 진동하기 때문에 큰 각 가속도를 받는다. 이 때문에, 가동부는 구동시에 자신의 중량에 의한 관성력을 받아 변형되는 경우가 있다. 특히, 가동부의 표면에 반사면을 형성한 광 편향기를 이용해 레이저 주사를 행하는 경우, 이 가동부의 변형은 주사 광의 광학 특성에 영향을 준다.

#### 발명의 내용

##### 해결 하고자하는 과제

[0006] 본 발명은, 비틀림의 진동 시에 가동부의 변형량을 줄이는 요동체 장치를 제공한다.

##### 과제 해결수단

[0007] 본 발명에 따른 요동체 장치는, 지지부와, 가동부와, 상기 가동부가 비틀림 축에 대해서 비틀림 진동 가능하게 가동부를 지지부에 연결하는 비틀림 스프링과, 상기 가동부를 진동시키는 구동 수단을 갖는다. 상기 가동부는, 단결정 실리콘으로 형성된다. 상기 가동부의 주면은 (110) 결정면에 있다. 상기 가동부의 주면과 평행하고, 상기 비틀림 축과 수직인 결정 방위는, [111] 방위이다.

## 효과

[0008] 이 구성은, 가동부의 주면이 또 다른 결정면에 있거나 결정 방위를 또 다른 방위로 하는 구성에 비해서, 가동부의 변형량을 작게 할 수가 있다. 따라서, 가동부가 비틀림 진동했을 경우에서도, 가동부의 평탄성을 유지한 요동체 장치를 제공할 수가 있다.

[0009] 본 발명의 또 다른 특징들은 첨부도면을 참조하면서 이하의 예시적인 실시 예로부터 밝혀질 것이다.

### 발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0010] 이하에, 본 발명의 실시 형태에 대해 도 1a 및 1b를 참조해서 설명한다. 도 1a는, 본 발명의 요동체 장치의 상면도이고, 도 1b는 도 1a에 나타낸 IB-IB에 있어서의 요동체 장치의 단면도이다. 본 실시 형태에 따른 요동체 장치는, 지지부(101)와, 가동부(103)와, 가동부(103)가 비틀림 축(108)에 대하여 비틀림 진동 가능하게 가동부(103)를 지지부(101)에 연결하는 비틀림 스프링 104a, 104b를 갖는다. 지지부(101)는 지지 기판 등의 고정 부재에 고정되어 있어 가동부(103)가 비틀림 진동해도 지지부(101)가 움직이지 않는다. 또, 본 실시 형태에 따른 요동체 장치는, 가동부(103)의 표면에 반사면(102)을 형성하는 것으로, 광 편향기로서 이용될 수가 있다. 반사면(102)은 예를 들면 금 또는 동 등의 박막으로 형성되어 있어도 되고, 그 위에 보호막이 형성되어 있어도 된다. 혹은, 반사면(102)은 유전체 다층막에 의해 형성되어도 된다.

[0011] 가동부(103)는 단결정 실리콘 기판으로 형성되고, 가동부(103)의 주면(도 1a 및 도 1b의 반사면(102)이 형성되어 있는 면)은, {110} 결정면, 혹은 그와 등가인 결정면(즉, {110} 면)에 있다. 또, 가동부(103)의 주면과 평행하고, 또 비틀림 축(108)에 수직인 결정 방위가, [111] 방위 혹은 그와 등가인 방위이다.

[0012] 여기에서는, (-1-1-1) 결정면과 (-111) 결정면 등의 (111) 결정면과 등가인 면을, "(111) 등가면"(즉, {111} 면)이라고 칭한다. 또, [-1-1-1] 방위와 [-111] 방위 등의 [111] 방위와 등가인 방위를, "[111] 등가 방위"라고 칭한다.

[0013] 본 실시 형태에 따른 요동체 장치는, 예를 들면, (110) 결정면을 주면으로 하는 단결정 실리콘 기판으로 형성되고, 지지부(101), 가동부(103), 및 비틀림 스프링 104a, 104b를 일체로 형성하고 있다.

[0014] 도 1a 및 1b에 있어서, 가동부(103)의 주면과 평행하고, 비틀림 축(108)에 수직인 가동부(103)의 결정 방위 1000은, [111] 방위이다. 여기서, [111] 방위는, 거의 [100] 방위를 포함하고, 그 범위는 [111] 방위 ±5도의 범위 내이다. 결정 방위 1000가 이 범위 내인 곳에서는, 그들 자신의 중량에 의해 가동부의 변형량이 거의 동등하다.

[0015] 본 실시 형태에 따른 요동체 장치는, 가동부(103)를 구동시키는 구동유닛을 갖는다. 구동유닛의 예들은 구동유닛이 전자기 방식인 경우의 코일 및 자석과, 구동유닛이 정전기 방식인 경우의 전극과, 구동유닛이 피에조 방식인 경우의 압전 소자를 포함한다. 예를 들어, 도 1b를 참조하면, 가동부(103)는, 경자성체(hard magnet; 106)를 갖고, 비틀림 축(108)에 대해서 수직 방향(도 1b의 좌우 방향)으로 자화되어 있다. 경자성체(106)는, 스퍼터링 공정에 의해 가동부(103) 상에 형성되거나, 또는 경자성체(106)가 가동부(103)에 부착될 수도 있다. 구동 제어 유닛(미도시)으로부터 구동 유닛으로서의 코일(107)에 구동 전류를 인가하는 경우에, 자장이 발생한다. 그래서, 가동부(103)에 토크(torque)가 인가됨으로써, 요동체 장치를 구동할 수가 있다. 코일(107)에 AC 전류를 인가하면, 요동체 장치는 AC 전류의 주파수에서 비틀림 진동한다. 게다가, 본 발명의 요동체 장치의 공진 주파수와 같은 주파수를 갖는 AC 전류를 코일(107)에 흘리면, 요동체 장치는 저소비 전력으로 비틀기 및 공진으로 진동한다.

[0016] 다음에, 본 발명의 원리에 대해 설명한다.

[0017] 도 5a는, 비틀림 축에 수직인, 평판(직방체)의 형상의 가동부(401)의 단면도이다. 요동체 장치는, 공진 주파수 부근의 주파수에서 구동되어 비틀림 진동하고 있다고 가정하면, 시간에 대한 가동부(401)의 변위 각은 정현파 형상으로 변화한다. 그리고, 최대의 각 가속도에 걸리기 쉬운 부분에서 가장 큰 변형이 생긴다.

[0018] 도 5b는 변형이 생겼을 때의 가동부(401)의 단면도이다. 도 5b에 나타낸 바와 같이, 가동부(401)에 변형이 생기면, 가동부(401) 상에 형성되어 있는 반사면(402)도 변형된다. 요동체 장치를 광 편향기로서 사용했을 경우, 가동부(401)의 상당한 변형에 의해 반사면(402)의 평탄도가 저하되어, 광 편향기의 광학 특성이 현저하게 저하된다.

[0019] 가동부(401)가, 직방체의 형상인 경우, 도 5b에 나타낸 근사 모델은 비틀림 진동시의 가동부(401)의 변형을 나타낸다. 가동부(401)의 변형은, 비틀림 축(403)을 중심으로 점대칭이며, 도 5c에 나타낸 바와 같이 비틀림 축

(403)에 대응하는 일단에 고정되는 뼈의 변형에 의해 근사될 수가 있다. 가동부(401)가 비틀림 진동하여, 가동부(401)에 각 가속도  $\Theta(2\pi f)^2$  (단,  $\Theta$ 은 변위각,  $f$ 는 비틀림 진동의 주파수)가 부가되었을 경우, 도 5c에 나타낸 뼈의 변형(굴절)  $y$ 는 식 1과 같이 표현된다.

[0020] [식 1]

$$y = 12 \cdot \Theta \cdot (2\pi f)^2 \cdot \frac{\rho W_b^5}{Et^2} \left( \frac{x^5}{120} - \frac{x^3}{12} + \frac{x^2}{6} \right)$$

[0021] 단,  $x$ 는 도 5c에 나타낸 무차원화 거리,  $\rho$ 는 부재의 밀도,  $E$ 는 부재의 영률,  $t$ 는 두께,  $W_b$ 는 미려폭  $W$ 의 절반이다.

[0023] 여기서, 변형(굴절)  $Y$ 와 기준 평면  $Q$ 와의 사이의 거리  $\delta$ 는, 반사면(402)의 광학 특성에 영향을 준다. 기준 평면  $Q$ 를 도 5b에 나타낸 바와 같이 취하면, 거리  $\delta$ 는, 식 2와 같이 표현된다.

[0024] [식 2]

$$\delta \approx 0.23 \cdot \Theta \cdot f^2 \cdot \frac{\rho W^5}{Et^2}$$

[0026] 거리  $\delta$ 는, 변위 각  $\Theta$ , 미려폭  $W$ 의 5승, 주파수  $f$ 의 자승에 비례한다. 이 때문에, 큰 반사면 영역, 큰 편향각, 보다 고주파수 구동이 필요한 경우에는, 그 자신의 중량에 의한 가동부의 변형이 현저해진다.

[0027] 도 6은, 유한요소법을 이용해서 산출한, 본 발명의 가동부의 변형량과 가동부를 제작하는 기판의 결정면과의 관계를 나타내는 그래프이다. 이 계산은, 실리콘의 결정 이방성을 고려한다.

[0028] 유한요소법을 이용한 계산에 이하의 물성치: 실리콘의 밀도=  $2300 \text{ kg/m}^3$  을 이용했고, 단결정 실리콘의 이방성을 고려하기 위해서, 영률(단위 : Pa) 대신에, 이하와 같은 스티프니스(stiffness) 계수(단위 : Pa)를 이용했다.

[0029] [식 3]

$$\begin{pmatrix} C_{11} & C_{12} & C_{12} & 0 & 0 & 0 \\ C_{12} & C_{11} & C_{12} & 0 & 0 & 0 \\ C_{12} & C_{12} & C_{11} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & C_{44} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & C_{44} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & C_{44} \end{pmatrix}$$

[0030] 스티프니스 계수 =

[0031] 여기서,  $C_{11} = 167.4 \text{ GPa}$ ,  $C_{12} = 65.23 \text{ GPa}$ ,  $C_{44} = 79.57 \text{ GPa}$ 이다.

[0032] 이러한 물성치를 이용해, 가동부 및 비틀림 스프링 등의 구성소자의 유한 요소 모델을 작성함으로써, 또 유한요소법을 이용해 계산을 행으로써, 결정 이방성을 고려한 해석을 행할 수가 있다.

[0033] 도 6에서, 종축은, 가동부의 변형량비이며, 횡축은 [110] 방위에 대한 각도이다. 가동부의 변형량비는, 십진법으로서 표현한 가동부의 변형량을 나타내는데, 여기서 1은, 주면이 (100) 결정면에 있는 가동부의 변형량이고, 주면과 평행하고 비틀림 축과 수직인 결정 방위는 [100] 방위이다(이때, [110] 방위에 대한 각도는, 예를 들면 45도이다).

[0034] 또, [110] 방위에 대한 각도는, 가동부의 주면 내에 존재하는 [110] 방위와, 가동부의 주면과 평행하고 비틀림 축과 수직인 결정 방위가 이루는 각도를 나타낸다. 따라서, 가동부의 주면과 평행하고 비틀림 축과 수직인 결정 방위가 [110] 방위인 곳에서는, [110] 방위에 대한 각도는 0도이다.

[0035] 여기서, (100) 기판은, 주면이 (100) 결정면에 있는 기판을 나타낸다. 마찬가지로, (110) 기판 및 (111) 기판도 (100) 결정면 및 (111) 결정면을 주면으로 하는 기판을 나타낸다. 예를 들면, (100) 기판의 경우, [110] 방위에 대하여  $\pm 45$ 도의 각도와  $\pm 135$ 도의 각도를 이루는 결정 방위는, [100] 방위이다. 또, [110] 방위에 대하여 0도

의 각도,  $\pm 90$ 도의 각도, 및  $\pm 180$ 도의 각도를 이루는 결정 방위는, [110] 방위이다. (110) 기판의 경우, [110] 방위에 대하여 0도의 각도와  $\pm 180$ 도의 각도를 이루는 결정방위는, [110] 방위이다. [110] 방위에 대하여  $\pm 90$ 도의 각도를 이루는 결정방위는 [100] 방위이고,  $\pm 35.3$ 도의 각도와  $\pm 144.7$ 도의 각도를 이루는 결정방위는 [111] 방위이다. (111) 기판의 경우, 0도의 각도와  $\pm 180$ 도의 각도를 이루는 결정방위는, [110] 방위이다.

[0036] 도 6에 나타낸 바와 같이, 가동부의 주면과 평행하고, 비틀림 축과 수직인 결정방위가 [110] 방위에 대하여 0도 ~ 60도의 범위 내의 각도를 이루는 곳에서는, (110) 기판의 가동부의 변형량비가, (100) 및 (111) 기판으로 형성된 가동부의 변형량비보다 작다. 게다가, 가동부의 주면과 평행하고 비틀림 축과 수직인 결정 방위가 [110] 방위에 대한 35.3도의 각도를 이루는 곳에서는, (110) 기판으로 형성된 가동부의 변형량비가 가장 작게 된다. 이때, 가동부의 주면과 평행하고 비틀림 축과 수직인 결정 방위는 [111] 방위이다. 가동부의 주면과 평행하고 비틀림 축과 수직인 결정 방위가 [111] 방위  $\pm 5$ 도인 곳에서는, 자신의 중량에 의한 가동부의 변형량은 거의 동등하다.

[0037] 이상과 같이, 본 실시 형태에 따른 요동체 장치에서는, 실리콘 기판의 결정 이방성을 이용해, 고속 구동시의 반사면을 갖는 가동부의 변형량을 줄일 수가 있다. 따라서, 본 실시 형태에 따른 요동체 장치를 이용하는 광 편향기는, 고속 구동시에 있어서의 편향광(반사광)의 스폟(spot) 형상의 열화를 방지할 수가 있다.

[0038] 다음에, 본 실시 형태에 따른 요동체 장치의 비틀림 스프링에 대해 설명한다.

[0039] 본 실시 형태에 따른 요동체 장치의 비틀림 스프링은, 단결정 실리콘으로 형성되고, 그 비틀림 축에 평행한 결정 방위는, [111] 방위이다. 여기서, [111] 방위는, 그 등가인 방위를 포함한다.

[0040] 이 비틀림 스프링을 이용했을 경우의 작용에 대해 설명한다. 도 7은, 유한요소법을 이용하여 계산한, 본 발명의 비틀림 스프링의 비틀림 정수비와 비틀림 스프링을 제작하는 기판의 결정면과의 관계를 나타낸다. 이 계산은, 실리콘의 결정 이방성을 고려한다. 도 7에 나타낸 유한요소법을 이용한 계산은, 도 6에 나타낸 계산과 같은 물성치를 이용했다.

[0041] 도 7에서, 종축은, 비틀림 스프링 정수비이며, 횡축은 [110] 방위에 대한 각도이다. 비틀림 스프링 정수비는, 십진법으로서 표현한 비틀림 스프링 정수를 나타내는데, 여기서 1은 (100) 결정면에 주면이 있는 비틀림 스프링의 비틀림 스프링 정수리고, 비틀림 축과 평행한 결정 방위는 [100] 방위이다(도 7의 (100) 기판에 있어서, [110] 방위에 대한 각도는 45도이다).

[0042] [110] 방위에 대한 각도는, [110] 방위에 대하여 비틀림 축에 평행한 비틀림 스프링의 결정 방위의 각도를 나타낸다. 이와 같이, [110] 방위에 대하여 비틀림 축과 평행한 비틀림 스프링의 결정 방위의 각도가 0도인 경우에 는, 비틀림 축에 평행한 비틀림 스프링의 결정 방위는 [110] 방위이다. 또, 비틀림 스프링의 단면, 즉 비틀림 축에 수직인 단면은 직방체이다.

[0043] 도 7에 나타낸 바와 같이, 비틀림 축에 평행한 비틀림 스프링의 결정 방위가, [110] 방위에 대하여 0도 ~ 60도의 범위 내의 각도를 이루는 곳에서는, (110) 기판으로 형성된 비틀림 스프링의 비틀림 스프링 정수가, (100) 및 (111) 기판으로 형성된 비틀림 스프링의 비틀림 스프링 정수보다 작다. 게다가, 비틀림 축에 평행한 비틀림 스프링의 결정 방위가 [111] 방위인 곳에서는([110] 방위에 대한 각도가, 35.3도), (110) 기판으로 형성된 비틀림 스프링의 비틀림 스프링 정수비가 가장 작게 된다. 여기서, [111] 방위는, 거의 [111] 방위를 포함하고, 그 범위는 [111] 방위  $\pm 10$ 도의 범위 내이다. 비틀림 축과 평행한 비틀림 스프링의 결정 방위가 이 범위 내에 있는 곳에서는, 비틀림 스프링의 비틀림 스프링 정수비가 동등하다. 또, 이 결정 방위는, 그와 등가인 방위여도 상관 없다.

[0044] 비틀림 스프링 정수비가 작은 결정면에 주면이 있는 기판으로 제작된 비틀림 스프링과 비틀림 스프링 정수비가 큰 결정면에 주면이 있는 기판으로 제작된 비틀림 스프링을 비교하면 다음과 같다. 비틀림 스프링 정수가 같은 비틀림 스프링을 제작하는 경우, 결정면 및 방위가 작은 비틀림 스프링 정수비를 갖는 기판은, 결정면이 큰 비틀림 스프링 정수비를 갖는 기판보다 큰 비틀림 스프링을 제작한다. 예를 들면, 비틀림 스프링의 길이가 일정한 경우, 비틀림 스프링 정수비가 작은 비틀림 스프링이 보다 큰 폭을 가질 수가 있다. 비틀림 스프링이 가공 오차가 같은 단결정 실리콘 기판으로 제작되는 경우, 폭이 큰 비틀림 스프링에 대해서는 비틀림 스프링 정수에의 가공 오차의 영향을 크게 할 수가 있다. 따라서, 결정면 및 결정방위가 작은 비틀림 스프링 정수비를 갖는 기판으로 제작된 비틀림 스프링이, 단결정 실리콘 기판의 가공 오차의 영향을 덜 받는다.

[0045] 이 구성에 의해, 비틀림 스프링의 폭 등의 가공 오차에 의한 비틀림 스프링 정수의 변동을 줄일 수가 있다. 따

라서, 고속 구동시의 가동부의 변형량과 가공 오차에 의한 공진 주파수의 변동을 줄일 수가 있다.

[0046] 또, 비틀림 스프링은 (111) 기판으로 제작될 수 있다. 도 7에 나타낸 바와 같이, (111) 기판으로 제작된 비틀림 스프링의 스프링 정수는 [110] 방위에 대한 각도의 전체 범위에 있어서 거의 일정하다. 따라서, 비틀림 스프링을 제작할 때에, 비틀림 축에 평행한 비틀림 스프링의 결정 방위가 의도한 방향과 어긋나 버려도, 비틀림 스프링의 비틀림 스프링 정수는, 거의 일정하다. 따라서, 가공 오차에 의한 공진 주파수의 변동을 줄일 수가 있다.

[0047] 본 실시 형태에 따른 요동체 장치에서는, 도 2에 나타낸 바와 같이, 가동부(203)를, 지지부(201) 및 비틀림 스프링 204a, 204b와 따로 제작할 수도 있다. 이 경우, 각각의 부재를 형성 후, 가동부(203)를 고정부(205)에 접착하거나, 접합한다.

[0048] 게다가, 본 실시 형태에 따른 광 편향기는, 복수의 가동부와, 가동부가 한 개의 비틀림 축에 대하여 비틀림 진동 가능하게 복수의 가동부를 지지하도록 구성된 복수의 비틀림 스프링을 가질 수가 있다. 복수의 가동부의 적어도 1개는 반사면을 갖는다. 복수의 가동부는, 비틀림 축에 대하여 기준 주파수가 되는 고유 주파수와 상기 기준 주파수의 정수 배인 고유 주파수에서 진동할 수도 있다. 광 편향기는 2개 이상의 고유 주파수에서 가동부가 비틀림 축에 대하여 동시에 진동함으로써, 정현파의 광 주사 이외의 광 주사를 행할 수가 있다.

[0049] 본 실시 형태에 따른 화상형성장치는, 광원과, 광 편향기와, 감광체를 갖는다. 이 광 편향기는, 광원으로부터의 빛을 편향하고, 빛의 일부를 감광체에 조사해서 정전기 잠상을 형성할 수도 있다. 고속 구동시 변형량이 작은 가동부를 갖는 광 편향기를 이용하는 경우에는, 반사광의 스포트 형상이 열화하지 않는다. 이 때문에, 화질의 저하를 방지할 수가 있다.

[0050] 다음에, 본 실시 형태에 따른 요동체 장치의 제조 방법에 관해서 설명한다.

[0051] 지지부와, 가동부와, 비틀림 스프링을 단결정 실리콘으로 일체로 형성하는 경우, 예를 들면 이하와 같이 제작한다. 우선, (110) 기판에, 포토리소그래피 기술을 이용해, 지지부, 가동부, 및 비틀림 스프링이 패터닝된다. 이 때, 가동부의 주면과 평행하고, 비틀림 축과 수직인 결정 방위는 [111] 방위이다. 다음에, 웨트(wet) 에칭이나 드라이 에칭 기술을 이용해, 패터닝되지 않은 부분을 제거한다. 이와 같은 가공 정밀도가 높은 반도체 프로세스를 이용해서 지지부, 가동부 및 비틀림 스프링을 일체로 제작함으로써, 보다 고정밀도로 요동체 장치를 제작할 수가 있다.

[0052] 다음에, 가동부를 지지부 및 비틀림 스프링과 따로 제작하는 방법에 대해 설명한다.

[0053] 가동부는, 웨트 에칭이나 드라이 에칭에 의해 또는 다이싱 블레이드(dicing blade)(원형 회전 블레이드)에 의해 (110) 기판으로 제작된다. 이 가동부는, 가동부의 주면과 평행하고 비틀림 축과 수직인 결정 방위가 [111] 방위가 되도록 비틀림 스프링과 일체화된다. 그들은, 접착 혹은 접합 등으로 함께 일체화된다. 이와 같이 이를 부재들을 함께 일체화하는 것에 의해, 고속 구동시 덜 변형되는 가동부를 갖는 광 편향기를 제작할 수가 있다.

[0054] 또, 가동부 및 비틀림 스프링 등의 광 편향기를 구성하는 부재를 마이크로머싱(micromachining) 기술에 의해 개별적으로 실리콘 웨이퍼로 형성할 수도 있다. 이것에 의해, 웨이퍼의 불필요한 부분을 저감할 수가 있어, 한 개의 실리콘 웨이퍼로부터 얻는 부재의 개수를 증가시킬 수가 있다. 따라서, 염가의 광 편향기를 제공할 수가 있다. 게다가, (110) 기판으로 가동부를 제작해서, 비틀림 스프링 등의 부재를 개별적으로 제작함으로써, 비틀림 스프링을 임의의 재료로 제작할 수가 있다. 예를 들면, 공진 주파수를 저감하기 위해 비틀림 스프링을 약하게 하거나, 공진 주파수를 증가시키기 위해서 비틀림 스프링을 단단하게 할 수 있다. 따라서, 공진 주파수가 높은 광 편향기와, 공진 주파수가 낮은 광 편향기를 제공할 수가 있다. 특히, 임의의 방향의 결정 방위의, 실리콘으로 제작된 비틀림 스프링을 갖는 광 편향기를 제공할 수가 있다.

[0055] 게다가, 비틀림 스프링은, (110) 기판으로 제작되어, 비틀림 축과 평행한 결정 방위가, [111] 방위이다. 이 가동부와 비틀림 스프링은, 접합이나 접착에 의해 일체화될 수가 있다. 이것에 의해 비틀림 스프링의 폭 등의 가공 오차에 의한 비틀림 스프링 정수의 변동을 저감할 수가 있다. 따라서, 가공 오차에 의한 비틀림 스프링의 불량품률을 저하할 수가 있어, 제조 비용이 감소한다.

[0056] 게다가, 비틀림 스프링이 (111) 기판으로 제작될 수도 있다. 이것에 의해, 제작할 때의 비틀림 스프링의 결정 방위와 의도한 방위와의 어긋남에 의한 스프링 정수의 변동을 저감할 수가 있다. 따라서, 가공 오차에 의한 비틀림 스프링의 불량품률을 저하할 수가 있어, 제조 비용이 감소한다.

[0057] 이하, 보다 구체적인 실시 예를 들어 본 발명을 상세히 설명한다.

[0058] [실시 예 1]

[0059] 실시 예 1에 따른 광 편향기의 구성을 도 1a 및 1b를 이용해 설명한다. 상술한 바와 같이, 도 1a는, 본 발명의 광 편향기의 상면도이고, 도 1b는 도 1a의 IB-IB에 있어서의 광 편향기의 단면도이다. 본 발명의 광 편향기는, 지지부(101)와, 반사면(102)을 갖는 가동부(103)와, 가동부(103)가 비틀림 축(108)에 대하여 비틀림 진동 가능하게 가동부(103)를 지지부(101)에 연결하는 비틀림 스프링 104a, 104b를 갖는다. 가동부(103)는, (110) 기판으로 제작되어, 가동부(103)의 주면과 평행하고 비틀림 축(108)과 수직인 결정 방위(도 1a 및 1b에 있어서의 반사면(102)을 갖는 면)는 [111] 방위가 된다.

[0060] 즉, 가동부(103)의 결정 방위 1000은, 가동부(103)의 주면이 (110) 결정면에 있고, 가동부(103)의 주면과 평행하고 비틀림 축(108)과 수직인 결정 방위가 [111] 방위인 것을 나타낸다.

[0061] 가동부(103)는, 비틀림 축(108)에 수직인 길이가 3.0 mm이고, 비틀림 축(108)에 평행한 길이가 1.0 mm이며, 두께가 0.3 mm이다. 가동부는, 직방체의 형상이지만, 타원 원주 등의 형상이어도 상관없다. 반사면(102)은 진공 증착에 의해 알루미늄으로 형성되어 있다. 지지부(101), 가동부(103), 비틀림 스프링 104a, 104b는, 반도체 제조 방법에 사용되는 포토리소그래피와 드라이 에칭 기술을 이용해서 (110) 기판으로 제작된다. 가동부(103)의 주면과 평행하고, 또 비틀림 축(108)에 수직인 가동부(103)의 결정 방위는, [111] 방위가 된다.

[0062] 가동부(103)는, 경자성체(106)를 가지고 있어, 비틀림 축(108)에 대해서 수직 방향(도 1b의 좌우 방향)으로 자화된다. 본 실시 예 1에 따른 광 편향기는 약 2000Hz의 공진 주파수를 갖는다. 이 공진 주파수와 같은 주파수를 갖는 AC 전류를 코일(107)에 흘리는 경우, 자장이 발생해, 가동부(103)에 토크가 인가된다. 이와 같이, 가동부(103)는 저소비 전력으로 100도의 광학 각에 의해 비틀림 진동한다.

[0063] 이 구성에 있어서, 가동부(103)의 최대 변형량은 약 40nm이며, 본 발명을 적용하지 않은 가동부의 변형량보다 작다. 따라서, 반사광의 스폿 형상의 열화를 저감할 수가 있다.

[0064] [실시 예 2]

[0065] 실시 예 2의 광 편향기의 구성을 도 2a 및 2b를 참조해서 설명한다. 도 2a는, 본 발명의 광 편향기의 상면도이고, 도 2b는 도 2a의 IIB-IIB에 있어서의 단면도이다. 실시 예 2에 따른 광 편향기는, 실시 예 1에 따른 광 편향기와 거의 같은 구성을 갖는다. 본 실시 예 2에서는, 비틀림 스프링 204a, 204b는, (110) 기판으로 제작된다. 비틀림 축(208)에 평행한 비틀림 스프링 204a, 204b의 결정 방위 2001은, [111] 방위이다. [111] 방위의 비틀림 스프링은, (110) 기판으로 제작될 수가 있다. 비틀림 스프링의 단면, 즉 비틀림 축(208)에 수직인 단면은 직방체이다.

[0066] 가동부(203)는, 반도체 제조 방법에 사용되는 포토리소그래피와 드라이 에칭 기술을 이용해서 (110) 기판으로 제작된다. 가동부(203)와 비틀림 스프링 204a, 204b는, 도 2b에 나타낸 바와 같이, 접합에 의해 일체화되어 있다. 접합할 때는, 가동부(203)의 주면과 평행하고, 비틀림 축(208)에 수직인 결정 방위가 [111] 방위가 되도록 접합한다.

[0067] 가동부, 비틀림 스프링 등의 부재를, 실리콘 웨이퍼를 이용해 각각 개별적으로 형성함으로써, 웨이퍼의 불필요한 부분을 저감할 수가 있어, 한 개의 실리콘 웨이퍼로부터 얻은 부재의 개수를 증가시킬 수가 있고, 또, 제조 비용을 저감할 수가 있다.

[0068] 도 7에 나타낸 바와 같이, 비틀림 축(208)에 평행한 결정 방위가 [111] 방위인 (110) 기판으로 제작된 비틀림 스프링은, 가장 작은 비틀림 스프링 정수를 갖는다.

[0069] 이 구성에 의해, 비틀림 스프링 204a, 204b가 그 폭에 대하여  $1\mu m$  정도의 가공 오차를 갖더라도, 비틀림 스프링 정수의 변동을 저감할 수가 있어, 가공 오차에 의한 공진 주파수의 변동을 저감할 수가 있다. 가동부의 결정 방위를 상기와 같이 하는 것으로, 고속 구동시의 가동부의 변형량을 저감할 수가 있다.

[0070] [실시 예 3]

[0071] 본 실시 예 3에 따른 광 편향기의 구성을 도 3을 참조해서 설명한다. 본 실시 예 3에 따른 광 편향기는, 2개의 가동부(303, 305)를 갖는다. 가동부(303)는 반사면(304)을 갖는다. 가동부 303 및 305는, 가동부 303 및 305가 한 개의 비틀림 축에 대하여 비틀림 진동 가능하게 가동부 303 및 305를 지지부(301)에 연결하는 복수의 비틀림 스프링 302a, 302b에 의해 지지된다.

[0072] 가동부(303)는, 비틀림 축(308)에 수직인 길이가 3.0 mm이고, 비틀림 축(308)에 평행한 길이가 1.0 mm이며, 두

께가 0.3 mm이다. 가동부(305)는, 비틀림 축(308)에 수직인 길이가 3.0 mm이고, 비틀림 축(308)에 평행한 사이즈가 1.0 mm, 두께가 0.3 mm이다. 가동부(305)는 영구자석(미도시)을 갖고, 실시 예 1과 같이, 전자기력에 의해 구동될 수가 있다.

[0073] 비틀림 스프링 302a, 302b는, (111) 기판으로 제작되어 있다. 도 7에 나타낸 바와 같이, (111) 기판으로 제작된 비틀림 스프링의 스프링 정수는, [110] 방위에 하여 각도의 전체 범위에 걸쳐 거의 일정하다. 따라서, 비틀림 스프링을 제작할 때에, 비틀림 축에 평행한 비틀림 스프링의 결정 방위가 의도한 방위와 어긋나 버려도, 비틀림 스프링의 비틀림 스프링 정수는, 거의 일정하다. 이렇게 함으로써, 가공 오차에 의한 공진 주파수의 변동을 저감할 수가 있다.

[0074] 본 실시 예 3에 따른 광 편향기는, 기준 주파수로서 기능하고 1차의 고유 진동 모드라고 하는 f1의 주파수에서 그리고 기준 주파수의 2배이며 2차의 고유 진동 모드라고 하는 f2의 주파수에서, 비틀림 축(308)에 대하여 비틀림 진동한다. 1차 및 2차의 비틀림 진동 모드에서 동시에 광 편향기를 비틀림 진동시키는 것에 의해, 가동부(303)에 형성된 반사면(304)에 의해 반사된 빛의 편향 주사의 변위 각은, 이들 2개의 진동 모드에 의해 제어된다. 본 실시 예 3에 따른 광 편향기는, 기준 주파수가 되는 1차의 비틀림 진동 모드와, 기준 주파수의 2배가 되는 2차의 비틀림 진동 모드를 갖고 있기 때문에, 톱니 과형으로 광 편향기를 진동시킬수가 있다. 이것에 의해, 광 편향기가 각속도의 변동이 적은 광 주사를 행할 수가 있어, 한층더, 반사광의 스포트 형상을 균일하게 하는 것이 가능해진다.

[0075] [실시 예 4]

도 4는 상술한 광 편향기를 이용한 실시 예 4에 따른 광학 기기의 개략도이다. 도 4는, 예시적인 광학 기기인 화상형성장치의 개략도이다. 도 4는, 본 발명의 광 편향기(503)를 나타내고, 이 광 편향기는 입사 광을 편향해서 1차원 주사를 행한다. 도 4는, 레이저 광원(501), 렌즈 혹은 렌즈군(502), 기록 렌즈 혹은 기록 렌즈군(504), 감광체(505), 및 주사 케이스(506)을 나타낸다. 레이저 광원(501)으로부터 사출된 레이저 빔은, 빛의 편향 주사의 타이밍에 따라 변조되고, 광 편향기(503)에 의해 감광체(505)를 1차원적으로 주사한다. 이 레이저 빔의 주사는 기록 렌즈군(504)에 의해, 감광체(505) 상에 화상을 형성한다. 감광체(505)는 대전기(미도시)에 의해 균일하게 대전되어 있다. 감광체(505)에 레이저 빔을 주사함으로써, 그 부분에 정전기 잠상을 형성한다. 다음에, 현상부(미도시)는 정전기 잠상 위에 토너 상을 형성한다. 이 토너 상을 예를 들면 용지(미도시)에 전자·정착하는 것으로, 용지 위에 화상이 형성된다. 반사면의 평탄성을 유지하고, 가공 오차에 의한 주파수 변동을 줄인 광 편향기를 이용하는 것으로, 안정된 화상을 형성할 수가 있다.

[0077] 또, 본 발명의 광 편향기를 프로젝션 디스플레이 등의 화상 표시장치에 이용하는 경우, 화상 표시장치를 이하와 같이 구성해야 한다. 광원은 화상 데이터에 근거해 변조된 광 빔을 발생한다. 본 발명의 광 편향기는 광 빔을 편향하고, 이 광 빔을 피조사체에 조사하는 것으로 화상을 형성한다. 광 편향기는, 광 빔을 피조사체상의 주주사 방향과 부주사 방향으로 편향하도록 구성되어 있다.

[0078] 상술한 바와 같이, 본 발명의 광 편향기는 이러한 광학 기기에도 적용할 수가 있다.

[0079] 본 발명은, 요동체 장치, 광 편향기 및 이 광 편향기를 이용한 화상형성장치에 관한 것이다. 광 편향기는 예를 들면, 빛의 편향 주사에 의해 화상을 투영하는 프로젝션 디스플레이이나, 전자사진 프로세스를 이용하는 레이저 빔 프린터, 디지털 복사기 등의 화상형성장치에 매우 적합하다.

[0080] 본 발명은 상기 실시 예에 한정되는 것이 아니며, 다양한 변경 및 변형은 본 발명의 정신 및 범주 내에서 이루어진다. 따라서, 본 발명의 범주를 공공연히 알리기 위해 이하의 청구항들을 작성했다.

### 도면의 간단한 설명

[0081] 도 1a 및 1b는 각각 본 발명의 실시의 형태에 따른 요동체 장치의 상면도 및 단면도이고, 또 실시 예 1에 따른 광 편향기의 상면도 및 단면도이다.

[0082] 도 2a 및 2b는 각각 본 발명의 실시 예 2에 따른 광 편향기의 상면도 및 단면도이다.

[0083] 도 3은 본 발명의 실시 예 3에 따른 광 편향기의 상면도이다.

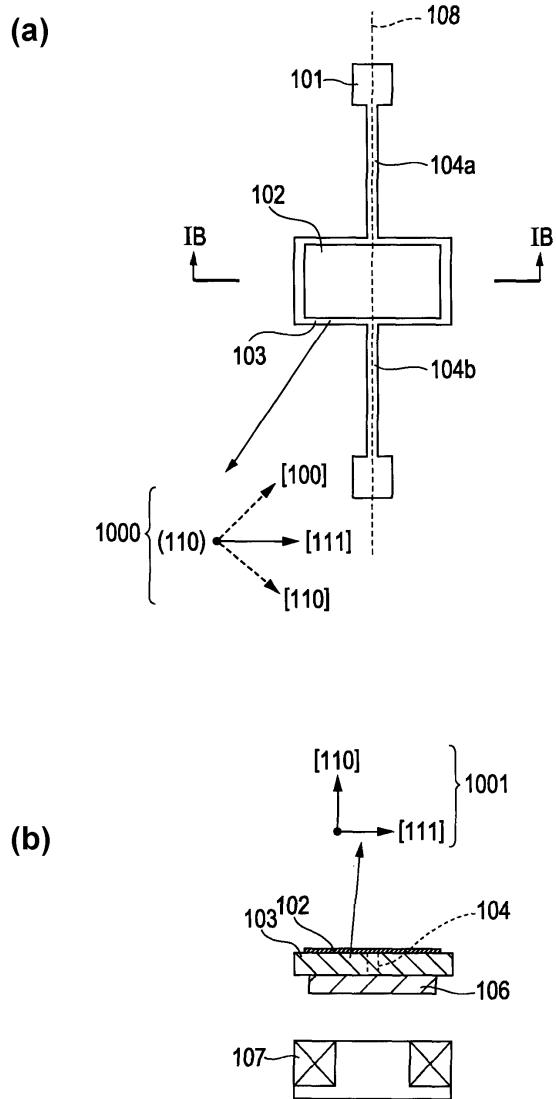
[0084] 도 4는 본 발명의 실시 예 4에 따른 화상형성장치의 개략도이다.

[0085] 도 5a, 5b, 5c는 광 편향기의 변형을 나타낸다.

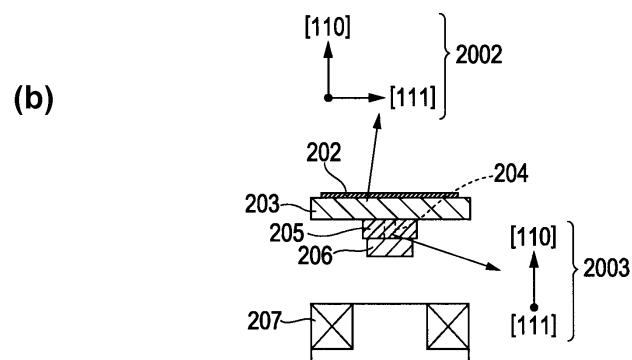
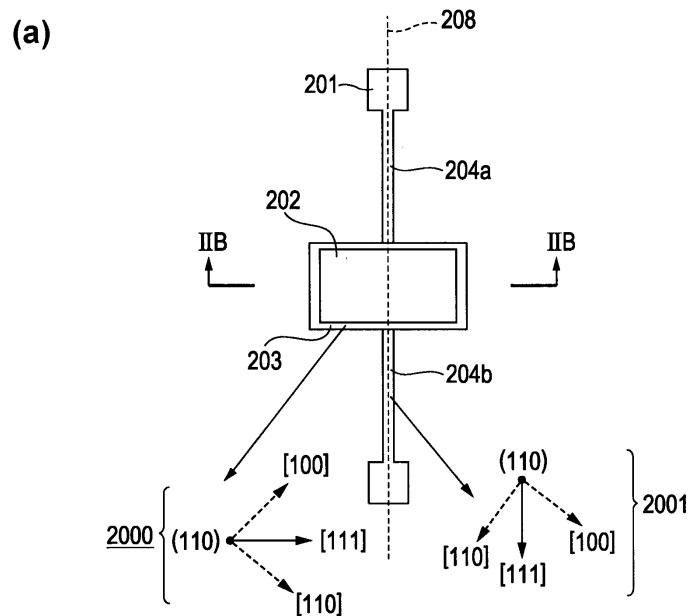
- [0086] 도 6은 본 발명의 가동부의 변형량과 가동부를 형성하는 기판의 결정면과의 관계를 나타내는 그래프이다.
- [0087] 도 7은 본 발명의 비틀림 스프링의 비틀림 스프링 정수와 비틀림 스프링을 형성하는 기판의 결정면과의 관계를 나타내는 그래프이다.
- [0088] 도 8은 종래의 광 편향기의 사시도이다.

### 도면

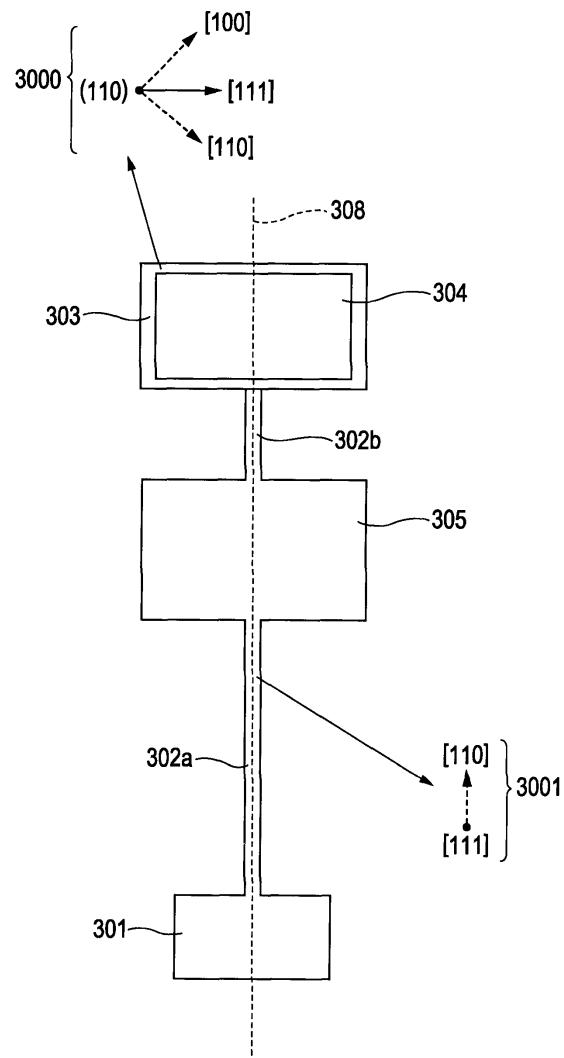
#### 도면1



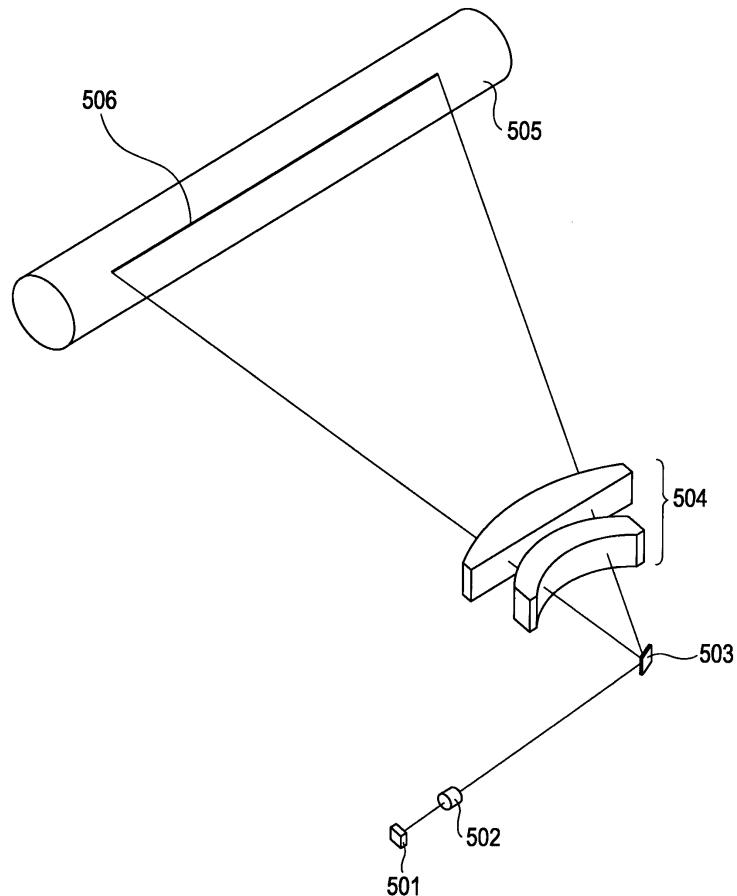
## 도면2



## 도면3

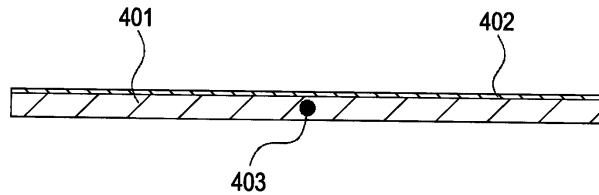


도면4

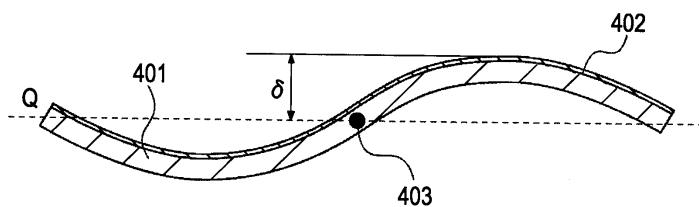


## 도면5

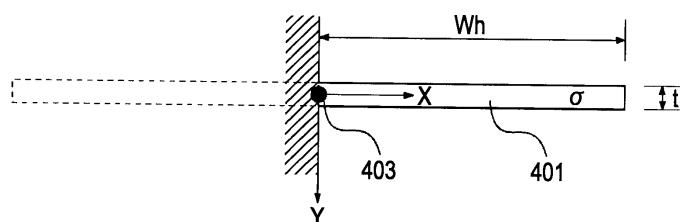
(a)



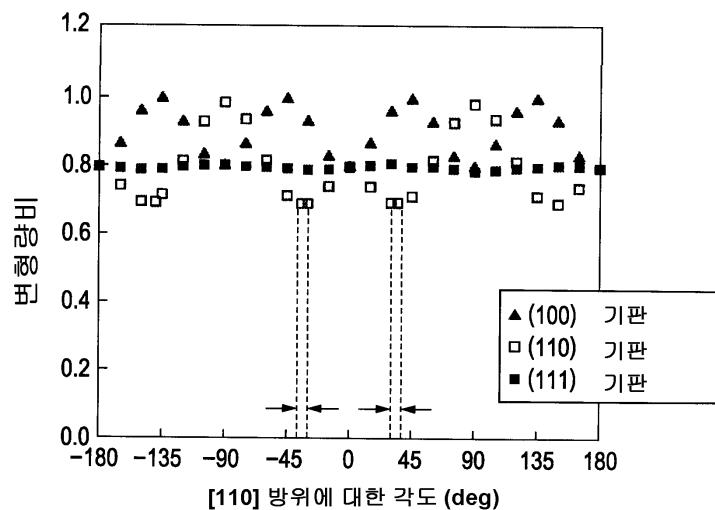
(b)



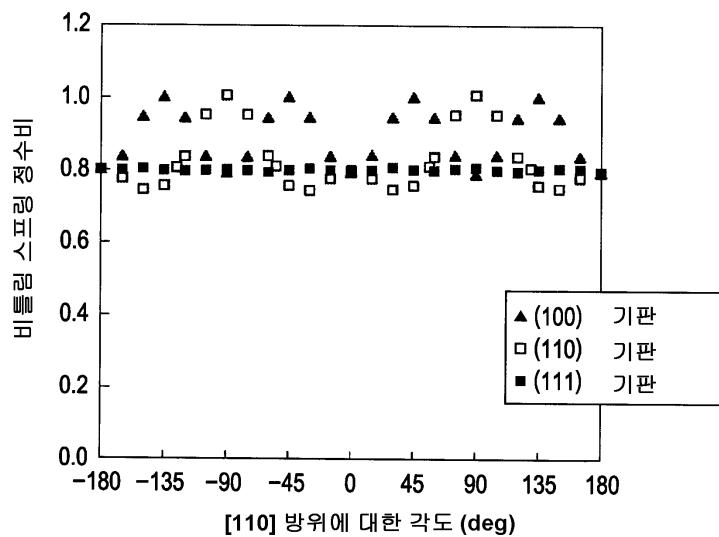
(c)



## 도면6



## 도면7



도면8

증대기술

