



(19)대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。 Int. Cl. G01P 3/22 (2006.01)	(45) 공고일자 (11) 등록번호 (24) 등록일자	2007년07월11일 10-0737708 2007년07월04일
--	-------------------------------------	--

(21) 출원번호 (22) 출원일자 심사청구일자	10-2000-0046285 2000년08월10일 2005년08월10일	(65) 공개번호 (43) 공개일자	10-2001-0021258 2001년03월15일
----------------------------------	---	------------------------	--------------------------------

(30) 우선권주장      19938206.9      1999년08월12일      독일(DE)

(73) 특허권자      로베르트 보쉬 게엠베하  
독일 테-70442 스투트가르트 포스트파흐 30 02 20

(72) 발명자      쇼에프탈리마르틴  
독일테-72762로이트링겐캄베그64

에머리히하랄트  
독일테-73557무트랑겐부에르그레스라인13

(74) 대리인      이병호  
장훈

(56) 선행기술조사문헌 KR1019990014303 A DE1981731 A US6360605 A	KR1019980031892 A WO9528009 A
--	----------------------------------

심사관 : 우귀애

전체 청구항 수 : 총 9 항

(54) 마이크로메카니컬 각 가속도 센서

(57) 요약

본 발명은 기관(100)에 제공되는 고정 장치(20; 20")를 갖는 기관(100);

상기 고정 장치(20)가 실질적으로 링 중심에 놓임으로써, 링형 관성 질량체(10; 10'; 10")가 적어도 하나의 회전축(z, y)을 중심으로 검출될 각 가속도 자체에 의해 탄성적으로 정지 위치로부터 변위될 수 있도록 비틀림 스프링 장치(15a, 15b, 15c; 15a', 15b')를 통해 고정 장치(20; 20")에 연결되는 링형 관성 질량체(10; 10'; 10"); 및

상기 링형 관성 질량체(10; 10'; 10")에 제공된 변위 가능한 제 1 커패시터 플레이트 장치(101 내지 106; PM) 및 상기 기관(100)에 제공된 고정된 제 2 커패시터 플레이트 장치(201 내지 218; PS)를 포함하고,

상기 제 1 커패시터 플레이트 장치(101 내지 106; PM) 및 상기 제 2 커패시터 플레이트 장치(201 내지 218; PS)는 회전축(z, y)을 중심으로 하는 각 가속도를 나타내는 변위(a)를 검출하기 위한 차동 커패시터 장치(S1 내지 S3; C1, C2)로서 형성되는 마이크로메카니컬 각 가속도 센서에 관한 것이다.

## 대표도

도 1

## 특허청구의 범위

### 청구항 1.

기판(100)에 제공되는 고정 장치(20; 20")를 갖는 기판(100);

상기 고정 장치(20)가 실질적으로 링 중심에 놓임으로써, 링형 관성 질량체(10; 10'; 10")가 적어도 하나의 회전축(z, y)을 중심으로 검출될 각 가속도 자체에 의해 탄성적으로 정지 위치로부터 변위될 수 있도록 비틀림 스프링 장치(15a, 15b, 15c; 15a', 15b')를 통해 상기 고정 장치(20; 20")에 연결되는 링형 관성 질량체(10; 10'; 10"); 및

상기 링형 관성 질량체(10; 10'; 10")에 제공된 변위 가능한 제 1 커패시터 플레이트 장치(101 내지 106; PM) 및 상기 기판(100)에 제공된 고정된 제 2 커패시터 플레이트 장치(201 내지 218; PS)를 포함하고,

상기 제 1 커패시터 플레이트 장치(101 내지 106; PM) 및 상기 제 2 커패시터 플레이트 장치(201 내지 218; PS)는 상기 회전축(z, y)을 중심으로 하는 각 가속도를 나타내는 변위(a)를 검출하기 위한 차동 커패시터 장치(S1 내지 S3; C1, C2)로서 형성되는, 마이크로메카니컬 각 가속도 센서.

### 청구항 2.

제 1 항에 있어서,

상기 센서가 상기 링형 관성 질량체(10; 10'; 10")에 제공된 변위 가능한 제 3 커패시터 플레이트 장치(111 내지 113) 및 상기 기판(100)에 제공된 고정 제 4 커패시터 플레이트 장치(40a 내지 40c)를 포함하고,

상기 제 3 커패시터 플레이트 장치(111 내지 113) 및 상기 제 4 커패시터 플레이트 장치(40a 내지 40c)는 상기 비틀림 스프링 장치(15a, 15b, 15c; 15a', 15b')의 스프링 강성을 정전기적으로 튜닝하기 위한 강성 튜닝 장치(T1 내지 T6)로서 형성되는 것을 특징으로 하는, 마이크로메카니컬 각 가속도 센서.

### 청구항 3.

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 관성 질량체(10; 10')는 원형 링 구조를 가지며 기판 표면에 대해 수직인 회전축(z)을 중심으로 변위 가능한 것을 특징으로 하는, 마이크로메카니컬 각 가속도 센서.

### 청구항 4.

제 3 항에 있어서,

상기 제 1 커패시터 플레이트 장치(101 내지 106) 및 상기 제 3 커패시터 플레이트 장치(111 내지 113)는 상기 원형 링 구조의 리세스 내에 형성되는 것을 특징으로 하는, 마이크로메카니컬 각 가속도 센서.

## 청구항 5.

제 3 항에 있어서,

상기 제 2 커패시터 플레이트 장치(201 내지 218) 및 상기 제 4 커패시터 플레이트 장치(40a 내지 40c)는 상기 원형 링 구조의 리세스 내로 돌출하는 것을 특징으로 하는, 마이크로메카니컬 각 가속도 센서.

## 청구항 6.

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 관성 질량체(10; 10')는 이중 원형 링 구조를 가지고 상기 기판 표면에 대해 수직인 회전축(z)을 중심으로 변위 가능하며, 상기 차동 커패시터 장치(S1 내지 S3) 및/또는 상기 강성 튜닝 장치(T1 내지 T6)가 두 원형 링 사이에 배치되는 것을 특징으로 하는, 마이크로메카니컬 각 가속도 센서.

## 청구항 7.

제 6 항에 있어서,

상기 비틀림 스프링 장치(15a 내지 15c)는 내부 원형 링 내의 중단부를 통해 외부 원형 링까지 안내되는 것을 특징으로 하는, 마이크로메카니컬 각 가속도 센서.

## 청구항 8.

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 관성 질량체(10")는 직사각형 링 구조를 가지며 상기 기판 표면에 대해 평행한 회전축(y)을 중심으로 변위 가능한 것을 특징으로 하는, 마이크로메카니컬 각 가속도 센서.

## 청구항 9.

제 8 항에 있어서,

상기 제 1 커패시터 플레이트 장치(PM)는 상기 회전축(y)에 대해 평행하게 연장되는 직사각형 측면에 제공되고, 상기 제 2 커패시터 플레이트 장치(PS)는 그 아래에 놓인 기판 영역 내에 제공되는 것을 특징으로 하는, 마이크로메카니컬 각 가속도 센서.

명세서

## 발명의 상세한 설명

### 발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 마이크로메카니컬 각 가속도 센서에 관한 것이다.

통상적으로 각 가속도를 결정하기 위해 회전 속도 센서(자이로스코프, 회전 속도 센서)가 사용된다. 여기서, 시간적 미분에 의해 회전 속도로부터 각 가속도가 추정된다.

엠. 루츠, 더블유. 골데러, 제이. 게르스텐마이어, 제이. 마렉, 비. 마이회퍼, 디. 슈베르트(M. Lutz, W. Golderer, J. Gerstenmeier, J. Marek, B. Maihofer, D. Schubert)가 저술한 SAE 기술지, 980267의 "실리콘 마이크로 가공에서의 정밀한 요율 센서"(A Precision Yaw Rate Sensor in Silicon Micromachining; SAE Technical Paper, 980267) 및 케이. 펑크, 에이. 쉴프, 엠. 오펜버그, 비. 엘스너, 에프. 래머(K. Funk, A. Schilp, M. Offenber, B. Elsner, F. Laermer)가 저술한, 1995년 6월 25-29일에 스웨덴 스톡홀름에서 열린 유로센서 IX, 고체 상태의 센서 및 액추에이터에 대한 제8차 국제 회의에서의 "공진 실리콘 구조체의 표면-마이크로 가공"(Surface-micromachining of Resonant Silicon Structures; The 8th International Conference on Solid-State Sensors and Actuators, Eurosensors IX, Stockholm, Sweden, 25.-29. Juni 1995) 50-52쪽에는 통상적으로 비교적 복잡한 전자 평가 장치를 필요로 하는 회전 속도 센서가 공지되어 있다.

DE 196 323 63 C1에는 각 가속도 검출이 공지되어 있으며, 복수의 가속도 센서가 전기적으로 평가되며, 가속도 센서 신호들을 조합하여, 즉 가속도 센서 신호들의 차값(differential value), 총합값(cumulative value), 평균값(average value) 형성에 의해 각 가속도가 얻어진다.

미즈노 제이., 노트메이어 케이., 카나이 와이., 베버리히 오., 고바야시 티., 에사시 엠.(Mizuno J., Nottmeyer K., Kanai Y., Berberig O., Kobayashi T., Esashi M.)이 저술한 99 트랜스듀서 회보 제1302쪽 내지 제1305쪽(Proc. Transducers '99, Sendai, Japan, 7.-10. Juni 1999, 1302-1305)에는 복잡한 조합형 선형/각 가속도 센서가 기술되어 있다.

본 발명의 과제는 비교적 간단한 전자 평가 장치를 필요로 하는 마이크로메카니컬 각 가속도 센서를 제공하는데 있다.

### 발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명의 기본 사상은, 특정 센서 구조물의 사용에 의해 각 가속도가 회전 속도의 시간적 미분 없이 결정될 수 있다는 데 있다. 이를 위해, 간단한 용량성 차동 커패시턴스 측정 장치가 사용될 수 있으며, 상기 장치는 공지된 용량성 가속도 센서를 거의 변화시키지 않으면서 얻어질 수 있다.

특히 청구범위 제 1 항의 특징을 갖는 본 발명에 따른 마이크로메카니컬 각 가속도 센서는 알려진 해결책에 비해, 더 작은 크기를 가지고 예를 들어, 표준 표면 마이크로 메카닉 제조 공정으로 저렴한 비용으로 제조될 수 있다는 장점을 갖는다.

대량 제조 공정은 마찬가지로 콤 패턴(comb pattern)을 갖는 가속도 센서의 제작으로부터 알려져 있는 공정이다. 표면 마이크로메카닉의 사용, 특히 통상적으로 10 $\mu$ m 두께의 두꺼운 에피폴리층을 갖는 대량 제조 공정의 사용은 얼마되지 않는 횡방향 감도를 얻을 수 있는 강성 센서 구조의 형성을 가능하게 한다.

삭제

청구범위 제 1 항에 제시된 마이크로메카니컬 각 가속도 센서의 바람직한 실시 및 개선은 종속항에 나타난다.

바람직한 실시예에 따르면, 링형 관성 질량체(centrifugal mass)에 부착된 변위 가능한 제 3 커패시터 플레이트 장치 및 기판에 부착된 고정된 제 4 커패시터 플레이트 장치가 제공된다. 상기 제 3 및 제 4 커패시터 플레이트 장치는 비틀림 스프링 장치의 스프링 강성의 정전기적 튜닝을 위한 강성 튜닝 장치로서 형성된다. 따라서, 측정 감도는 공정 기술적 한계를 넘어서서 조절될 수 있다.

다른 바람직한 실시예에 따르면, 상기 관성 질량체는 원형 링 구조를 가지고 기판 표면에 대해 수직인 회전축을 중심으로 변위될 수 있다.

또 다른 바람직한 실시예에 따르면, 제 1 커패시터 플레이트 장치 및 제 3 커패시터 플레이트 장치는 원형 링 구조의 리세스 내에 형성된다. 이는 고가의 레이아웃 공간을 절약한다.

또 다른 바람직한 실시예에 따르면, 제 2 커패시터 플레이트 장치 및 제 4 커패시터 플레이트 장치는 원형 링 구조의 리세스 내로 돌출한다. 이는 외부의 각 가속도에 의한 각도 변화를 가능한 한 큰 거리 변화로 변환하기 위해 회전 점으로부터 멀리 떨어진 질량체(최대의 관성 모멘트)와 마찬가지로 멀리 외부에 놓인 전극 사이의 절충을 제공한다.

또 다른 바람직한 실시예에 따르면, 상기 관성 질량체는 이중 원형 링 구조를 가지고 기관 표면에 대해 수직인 회전축을 중심으로 변위될 수 있다. 이러한 경우, 차동 커패시터 장치 및/또는 강성 튜닝 장치는 바람직하게는 두 개의 원형 링 사이에 배치된다.

또 다른 바람직한 실시예에 따르면, 비틀림 스프링 장치는 내부 원형 링 내의 중단부를 통해 외부 원형 링까지 안내된다. 따라서, 휨 강성이 감소됨으로써 감도가 증가될 수 있다.

또 다른 바람직한 실시예에 따르면, 상기 관성 질량체는 직사각형 링 구조를 가지고 기관 표면에 대해 평행하게 연장되는 회전축을 중심으로 변위 가능하다. 이로부터, 상기 회전축에 대해 상기 관성 질량체의 회전 대칭 구조가 얻어진다.

또 다른 바람직한 실시예에 따르면, 제 1 커패시터 플레이트 장치는 회전축에 대해 평행하게 연장되는 직사각형 측면에 제공되고, 제 2 커패시터 플레이트 장치는 그 아래에 놓인 기관 영역 내에 제공된다. 따라서, 차동 커패시터는 로커(rocker) 원리에 따라 구현될 수 있다.

### 발명의 구성

도면에서 동일하거나 기능이 동일한 부품에는 동일한 도면 부호가 사용된다.

도 1은 본 발명에 따른 마이크로메카니컬 각 가속도 센서의 제 1 실시예의 개략적인 평면도를 나타낸다.

제 1 실시예에 따른 마이크로메카니컬 각 가속도 센서의 경우, 도시되지 않은 기관, 예를 들어 Si 웨이퍼가 제공되며, 상기 웨이퍼는 기관에 제공되는 고정 장치(20), 예를 들어 포스트를 갖는다.

링형 관성 질량체(10)는 세 개의 비틀림 스프링 장치(15a, 15b, 15c)로 이루어진 비틀림 스프링 장치에 의해, 고정 장치(20)가 실질적으로 링 중심에 놓임으로써, 상기 링형 관성 질량체(10)가 검출될 각 가속도에 의해 그 정지 위치로부터 탄성적으로 z축을 중심으로 변위될 수 있도록, 고정 장치(20)에 연결된다. x방향 또는 y방향으로의 가속도에 대한 감도를 작게 유지시키기 위해 적어도 세 개의 비틀림 스프링이 바람직하다.

변위 가능한 제 1 커패시터 플레이트 장치는 6개의 커패시터 플레이트 장치(101 내지 106)로 이루어져서 링형 관성 질량체(10)에 제공된다. 또한 인접하는 링 재료는 커패시터의 일부로서 작용한다. 18개의 커패시터 플레이트 장치(201 내지 218)로 이루어진 고정의 제 2 커패시터 플레이트 장치가 기관상에 제공된다.

상기 제 1 및 제 2 커패시터 플레이트 장치는 알려진 방식으로, 회전축을 중심으로 한 각 가속도를 나타내는 파라미터, 즉 이 경우에 변위(a)를 검출하기 위한 차동 커패시터 장치로서 형성되고, a는 거리 반경(R) × 회전각( $\phi$ )과 거의 동일하다.

여기서, 간단하게 말하자면, 측정 신호의 인가시 두 개의 커패시턴스가 반대 방향으로 변경되기 때문에, 가속도 센서로부터 알려진 평가 방법, 즉 차동 커패시터 원리가 변위(a)의 평가를 위해 사용될 수 있다. 단지 정지(resting) 커패시턴스(센서 디자인)의 크기 또는 전자 평가 장치의 게인만이 평가 IC 또는 측정 영역에 매칭되면 된다.

상기 링형 관성 질량체(10)에 설치된, 세 개의 커패시터 플레이트 장치(111 내지 113)를 가진 변위 가능한 제 3 커패시터 플레이트 장치 및, 기관에 설치된, 세 개의 커패시터 플레이트 쌍(41a 내지 41c)으로 이루어진 고정의 제 4 커패시터 플레이트 장치는, 하기에 보다 상세하게 설명되는 바와 같은 비틀림 스프링 장치(15a, 15b, 15c)의 스프링 강성의 정전기적 튜닝을 위한 강성 튜닝 장치로서 사용된다.

공간 절약의 이유로, 상기 제 1 커패시터 플레이트 장치(101 내지 106) 및 제 3 커패시터 플레이트 장치(111 내지 113)는 원형 링 구조의 리세스 내에 형성되며, 제 2 커패시터 플레이트 장치(201 내지 218) 및 제 4 커패시터 플레이트 장치(40a 내지 40c)는 원형 링 구조의 리세스 내로 돌출되어 대응하는 변위 가능한 커패시터 플레이트와 정전기적으로 상호 작용한다.

여기서 기술되는 각 가속도 센서의 기능은 하기의 물리학적 관계를 기초로 한다.

각 가속도, 즉 회전 속도의 제 1 시간적 도함수가 발생하면, 강제 운동에 결합된 바디(body), 즉 관성 질량체(10, 10', 10'')에 토크(M)가 가해진다. 상기 토크( $M = J \cdot d\omega/dt$ )는 상응하는 회전축을 중심으로 회전할 때 결합된 바디의 각 가속도

( $d^2\alpha/dt^2 = d\omega/dt$ ) 및 질량 관성 모멘트( $J = \int r^2 dm$ )에 선형적으로 의존한다. 여기서, 극소 크기(dm)는 회전축에 대한 반경(r)의 끝에 있는 질량 요소를 나타낸다. 회전축을 중심으로 한 토크(M)는 비틀림 스프링을 통해 현수된 질량(m)에 작용하여, 회전축을 중심으로 한 각( $\phi$ ) 만큼 비틀림 스프링이 변위되어, 최종적으로 각 가속도에 의한 토크(M)와 비틀림 스프링에 의한 복원 모멘트( $M_R = D \cdot \phi$ ) 사이의 힘의 평형을 야기한다. 여기서, D는 방향 모멘트, 즉 회전축에 대한 유효 스프링 상수를 표시한다. 평형 상태에 있어서는 하기의 식이 적용된다:

$$M = M_R \text{ 또는 } \phi = \frac{J}{D} d^2\alpha/dt^2$$

도 2는 본 발명에 따른 마이크로메카니컬 각 가속도 센서의 제 2 실시예의 개략적인 평면도를 도시한다.

제 2 실시예에 따른 마이크로메카니컬 각 가속도 센서에서, 관성 질량체(10')는 이중 원형 링 구조를 가지고, 마찬가지로 z 축을 중심으로 변위가능하다. 차동 커패시터 장치는 명확성을 위해 S1 내지 S3로 일괄적으로 표시되고 강성 튜닝 장치는 T1 내지 T6으로 표시된다.

두 커패시터 장치는 이중 원형 링 구조의 두 원형 링 사이에 배치된다. 여기서, 변위가능한 커패시터 플레이트는 내부 원형 링(원칙적으로 외부 원형 링의 내부 주변에도 놓여 있을 수 있다)의 외주면에 놓여 있다. 비틀림 스프링(15a, 15b, 15c)은 내부 원형 링 내의 중단부를 통해 외측 원형 링까지 안내되어 거기에 작용한다.

도 2에서는 긴 비틀림 스프링이 사용되고 동시에 얇은 링이 외측 영역에서 질량 관성 모멘트를 형성하는 관성 질량체(10')로서 제공되는 것이 바람직하다는 것이 나타난다. 그 이유는 마이크로메카닉에서 측정 효과가 훨씬 적기 때문이다. 최종적으로 측정가능한 커패시턴스 변경을 발생시키는 변위(a)는 하기의 식에 의해 주어진다:

$$a = \frac{J \cdot R}{D} \cdot \frac{d^2\alpha}{dt^2}$$

각 가속도가 측정되어야 하기 때문에, 가능한 한 큰 측정 효과를 달성하기 위해, 상기 질량 관성 모멘트는 최대화되고, 방향 모멘트는 최소화되고, 변위 반경, 즉 스프링 현수부(spring hanger)에 대한 커패시터 플레이트의 위치는 최대화되어야만 한다.

질량 관성 모멘트(J)는 질량(1차: linear) 및 현수 지점에 대한 상기 질량의 위치(2차: quadratically)에 의해 결정된다.

방향 모멘트는 스프링 수(1차), 스프링 높이(1차), 스프링 폭(3차: cubic) 및 스프링 길이(역3차: inverse cubic)에 의존한다. 이는 하기와 같이 나타난다.

개별 빔(beam) 형태의 비틀림 스프링의 횡방향 스프링 강성( $k_R$ )은 다음과 같이 결정된다:

$$k_R = E \frac{h \cdot b^3}{l^3}$$

상기 식에서,  $l$ 은 빔의 길이이고, 높이는 h로, 그리고 폭은 b로 표시된다. 도 2에 도시된 3개의 비틀림 스프링을 갖는 실시예에서, 얻어진 스프링 강성의 3배가가 나타난다. 방향 모멘트는 하기의 고려에 의해 얻어질 수 있다. 회전자 구조의 꼬임(twisting)에 의해, 반경( $r_{mech}$ )을 갖는 빔 스프링의 단부에는 복원력( $F_R$ )이 작용하며, 상기 복원력은 단부의 변위

( $x \approx r_{mech} \cdot \phi$ )에 의존한다:

$$F_R = k_R \cdot r_{\text{mech}} \cdot \phi$$

이에 상응하게, 관련 토크( $M_R$ ) 또는 방향 모멘트( $D_{\text{mech}}$ )는 벤딩 빔( $n_B$ )의 수를 고려해서 검출될 수 있다:

$$M_R = n_B \cdot k_R \cdot r_{\text{mech}}^2 \cdot \phi \quad D_{\text{mech}} = n_B \cdot k_R \cdot r_{\text{mech}}^2$$

상기 방정식에 나타나는 바와 같이, 좁고 긴 빔 장치에 의해 유연한(flexible) 스프링이 얻어진다. 빔의 높이는 처음에는 디자인 파라미터로서 사용되지 않는다. 왜냐하면, 이는 공정 기술로는 쉽게 변경될 수 없기 때문이다.

구조물 높이의 감소는 외부  $z$ 가속도에 대한 구조물의 현저히 증가된 감도로 나타난다. 개별 빔의  $z$ 방향 스프링 강성은 하기와 같다:

$$k_z = E \frac{h^3 \cdot b}{l^3}$$

측정 효과는 기술적으로 가능한 최소 구조물 폭(스프링 폭), 센서 구조물(칩 표면)의 최대 크기 및  $z$ 방향, 다시 말해 칩 표면에 대해 수직으로 작용하는 가속도에 대한 구조물의 횡방향 감도에 의해 제한된다.

도 2에 도시된 디자인은 부분적으로 반대의 요구를 고려한다. 길고 좁은 비틀림 스프링, 가능한 적은 질량(다시 말해,  $F=m \cdot a$ 이기 때문에 선형 가속도에 대한 낮은 감도), 그리고 동시에 고정 지점과 질량체의 큰 거리에 의해 최대화된 질량 관성 모멘트를 고려한다. 가능한 큰 반경을 가진 변위의 스케일링을 얻기 위해, 차동 커패시터 장치(S1 내지 S3)의 검출 전극은 마찬가지로 가능한 멀리 외부에 배치된다.

도 3은 본 발명에 따른 마이크로메카니컬 각 가속도 센서의 제 3 실시예의 개략적인 사시도를 보여준다.

제 3 실시예에 따른 마이크로메카니컬 각 가속도 센서의 경우, 관성 질량체(10")는 직사각형 링구조를 가지고, 여기서는  $y$  축으로 표시되어 있는, 기판 표면에 대해 평행하게 연장되는 회전축을 중심으로 변위가능하다. 제 1 커패시터 플레이트 장치(PM)는 회전축에 대해 평행하게 연장되는 직사각형 측면에 제공되고, 제 2 커패시터 플레이트 장치(PS)는 그 아래에 놓인 기판 영역에 제공된다. 이러한 차동 커패시터(C1, C2)는 가동 센서 구조와 기판 사이에 형성된다.

또한, 제 3 실시예에서 관성 질량체(10")는 가능한 큰 질량 관성 모멘트와 동시에 최소화된 질량(횡방향 감도)을 달성하기 위해, 회전축으로부터 가능한 멀리 떨어져 제공된다. 여기서, 스프링 복원 모멘트는 빔 형태의 비틀림 스프링(15a', 15b')에 의해 제공되며, 상기 스프링은 얇지만, 가능한 강성의 고정부(18)에 의해 관성 질량체(10")에 연결된다.

또한, 이러한 디자인에는 제 1 및 제 2 실시예와 유사하게, 하기의 디자인이 고려된다. 센서 질량은 횡방향 감도에 의해 최소화될 수 있으며, 이에 반해 질량 관성 모멘트는 최대이어야만 한다. 이는 현수부 축에 대해 긴 캔틸레버의 단부에 관성 질량체(10")를 설치함으로써 달성된다.

도 4는 전기 스프링 강성의 도출을 설명하기 위한 두 개의 고정 전극 사이의 가동 전극을 개략적으로 도시한 것이다.

도 4에서 PF1 및 PF2는 고정 커패시터 플레이트를 표시하고, PB는 이동 커패시터 플레이트를, U는 전압을, d는 플레이트 거리를 그리고 a는 변위를 표시한다.

보다 작은 각 가속도를 측정하기 위해, 또는 측정 변수(각 가속도)와 횡방향 효과( $z$ 가속도) 사이의 보다 큰 감도 간격을 달성하기 위해, 위에 기술된 제 1 및 제 2 실시예에서는 예를 들어, 1998년 1월 25일 내지 29일까지의 독일 하이델베르크에서의 MEMS98 회보 제637쪽 내지 제642쪽(Proc. MEMS98, 25. 내지 29. Januar 1998, Heidelberg, Deutschland, 637-642)에서의 케이.와이.박, 씨.디블유.리, 에이치.에스.장, 와이.에스.오, 및 비.제이.하(K. Y. Park, C. W. Lee, H. S. Jang, Y. S. Oh and B. J. Ha)의 "강성 튜닝 성능을 갖는 용량 감지형 표면 마이크로 가공된 실리콘 가속도계(Capacitive Sensing Type Surface Micromachined Silicon Accelerometer with A Stiffness Tuning Capability)"에 기술된 바와 같이, 소위 강성 튜닝 장치가 제공된다.

이는 직류에 의해 전기적 흡인력을 발생시킨다. 이러한 흡인력의 작용은 네거티브한 스프링 상수로서 고려될 수 있다.

기계적 및 전기적 스프링 강성을 가산함으로써 필요한 스프링 강성이 감소되고, 센서 질량의 변위를 위해 감소된 모멘트가 필요하다. 전체 방향 모멘트에 있어서, 기계적 및 전기적 방향 모멘트의 합도 기술될 수 있다.

따라서  $k = k_{\text{mech}} + k_{\text{el}}$  또는  $D = D_{\text{mech}} + D_{\text{el}}$  이 적용된다.

하기에서, 물리적 배경을 설명하기 위해 도 5에 도시된 바와 같이, 면적(A)을 갖는 플레이트 커패시터의 에너지 함량이 사용된다. 전기 에너지에 있어서 하기식이 적용된다:

$$W_{\text{el}} = \frac{1}{2} C \cdot U^2 = \frac{1}{2} \cdot \epsilon_0 \cdot A \cdot U^2 \left( \frac{1}{d-x} + \frac{1}{d+x} \right)$$

변위에 따른 한 번의 에너지 미분에 의해 x방향으로의 힘 작용이 결정될 수 있다. 한번 더 x에 대해 미분되면, 전기 스프링 강성이 얻어진다.

$$k_{\text{el}} = -\frac{\partial^2 W_{\text{el}}}{\partial x^2} = -\epsilon_0 \cdot A \cdot U^2 \left( \frac{1}{(d-x)^3} + \frac{1}{(d+x)^3} \right) = -2 \cdot \epsilon_0 \cdot A \cdot U^2 \cdot \frac{d^3 + 3 \cdot d \cdot x^2}{(d^2 - x^2)^3}$$

스프링 강성의 네거티브 부호는 기계적 빔 스프링에 반대하는 힘 작용에 의해 생긴다. 전기적 스프링 강성은 위의 등식에 나타난 바와 같이, 변위에 의존하고 비선형적이다. 평가를 위해 정지 위치, 즉  $x=0$ 을 중심으로 하는 상기 스프링 강성은, 다음과 같이 간소화될 수 있다:

$$k_{\text{el}} = -2 \cdot \epsilon_0 \cdot A \cdot U^2 \frac{1}{d^3}$$

상기 전기적 스프링 강성은 인가된 전압의 변동에, 그리고 갭 거리(d) 또는 그것의 공정 기술적 변동에 심하게 의존한다. 따라서 본 디자인에 있어서, 강성 튜닝 전극의 갭 거리는 최대의 측정 영역에서 센서 구조물의 변위와 비교해 볼 때 크게 선택된다.

요약하자면 이러한 조치는 측정축을 중심으로 센서의 유연성에 영향을 미치는 반면, 횡방향 감도는 상기 조치에 의해 영향을 받지 않는다.

강성 튜닝 전극을 이용한 전기적 정궤환(positive feedback)에 의해 제공된 시스템의 비선형성은 공칭 변위와 비교해 볼 때 전극 거리의 적합한 선택에 의해 최소화될 수 있다.

도 5는 도 1 내지 도 3에 따른 본 발명에 따른 마이크로메카니컬 각 가속도 센서의 제 1 내지 제 3 실시예에 대한 가능한 캡슐화의 횡단면도를 보여준다.

도 5에는 이미 제시된 도면 부호에 추가해서, 50은 도 1 내지 도 3에 따른 마이크로메카니컬 각 가속도 센서; 100은 기관; 120은 알루미늄으로 이루어진 제 1 스트립 도체층; 135는 베이스; 140은 이산화 규소로 이루어진 절연층; 150은 납땀 유리; 160은 규소 웨이퍼 형태의 캡; 170은 본딩 패드용 알루미늄으로 이루어진 제 2 도체층; 175는 본딩 패드 베이스, 그리고 180은 본딩 패드 개구를 나타낸다.

이하, 도 5를 참고로, 본 발명에 따른 마이크로메카니컬 각 가속도 센서를 패키징(packaging)하기 위한 방법을 상세하게 설명한다.

제공된 기관(100)에서 우선 표면 마이크로메카닉의 알려진 공정 단계로 본 발명에 따른 마이크로메카니컬 각 가속도 센서의 제조가 이루어진다. 예를 들어, 트랜스듀서 95(Transducer 95)의 엠. 오펜버그, 에프. 리머, 비. 엘스너, 에이치. 뮌첼, 및 더블유. 리트뮐러(M. Offenber, F. Laermer, B. Elsner, H. Muenzel, W. Riethmueller)의 "모노리식 집적 가속도계



의 신규한 공정(Novel process for a monolithic integrated accelerometer)"에는 표면 마이크로 메카닉 공정이 공지되어 있다. 특히 작은 각 가속도의 측정에 있어서, 그렇게 달성될 수 있는 작은 구조물 폭과 큰 층 두께(큰 종횡비)가 바람직하다.

특히 이산화규소로 이루어진 제 1 절연층(110)의 증착 또는 성장 및 패터닝이 이루어진다.

그리고 나서, 각 가속도 센서(50) 및 커패시터 장치를 위한 전기 접속부를 형성하기 위한 (매립될) LPCVD 폴리규소로 이루어진 제 1 도체층(120)이 증착되고 패터닝된다.

그리고 나서, 결과되는 패턴 상에 이산화규소로 이루어진 제 2 절연층(140)의 증착 및 패터닝이 이루어진다.

커패시터 장치를 갖는 각 가속도 센서(50)를 형성하기 위해, 결과되는 패턴 상에 에피택셜 폴리규소로 이루어진 제 2 도체층(130)의 증착 및 패터닝이 이루어진다. 또한 캡 웨이퍼(160)용 베이스(135) 및 본딩 패드 베이스(175)가 제 2 도체층(130)으로부터 형성된다.

산화물의 언더에칭에 의해, 변위가능한 소자들이 기관(100) 위에서 자유로이 이동된다.

최종적으로, 변위가능한 소자들의 캡슐화가 이루어진다. 캡슐화 공정을 위해, 여기서는 예시적으로 납땜 유리 결합 기술이 도시된다. 상기 공정에 의해 센서가 밀봉 방식으로 캡슐화되고 동시에 진공을 포함할 수 있다(상기 진공을 통해, 시스템의 기계적 품질 또는 댐핑이 조절될 수 있다). 그러나 다른 기술, 예를 들어 양극 본딩이 캡슐화를 위해 사용될 수 있다.

본 발명이 바람직한 실시예로 기술되지만, 거기에 국한되는 것은 아니며, 다양한 방식으로 변형될 수 있다.

특히, 관성 질량체 및 비틀림 스프링과 커패시터 장치의 구조는 도시된 실시예에 제한되는 것은 아니다. 물론, 외부 가속도의 선형 성분이 측정 결과에 에러를 야기할 위험이 있을 경우, 고정부를 중심으로 하는 대칭 배치와의 비교적 큰 편차가 방지되어야 한다.

기술된 방식의 패키징 및 제조 방법은 마찬가지로 예시로서만 이해되어야 하고, 예를 들어 전기 도금 방법과 같은 다른 방법도 마찬가지로 각 가속도 센서의 제조를 위해 사용될 수 있다.

### 발명의 효과

본 발명은 공지된 용량성 가속도 센서와 유사하게 사용될 수 있는 간단한 용량성 차동 커패시터 장치를 사용함으로써 특정 센서 구조물의 사용에 의해 각 가속도를 회전 속도의 시간적 미분 없이 결정할 수 있도록 한다.

### 도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명에 따른 마이크로메카니컬 각 가속도 센서의 제 1 실시예의 개략적인 평면도.

도 2는 본 발명에 따른 마이크로메카니컬 각 가속도 센서의 제 2 실시예의 개략적인 평면도.

도 3은 본 발명에 따른 마이크로메카니컬 각 가속도 센서의 제 3 실시예의 개략적인 사시도.

도 4는 전기 스프링 강성의 도출을 설명하기 위한 두 고정 전극 사이의 가동 전극의 개략도.

도 5는 도 1 내지 도 3에서의 본 발명에 따른 마이크로메카니컬 각 가속도 센서의 제 1 내지 제 3 실시예에 대한 가능한 캡슐화의 횡단면도.

\* 도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명 \*

10, 10', 10": 관성 질량체 15a, 15b, 15c: 비틀림 스프링

20: 고정 장치 50: 각 가속도 센서

100: 기판

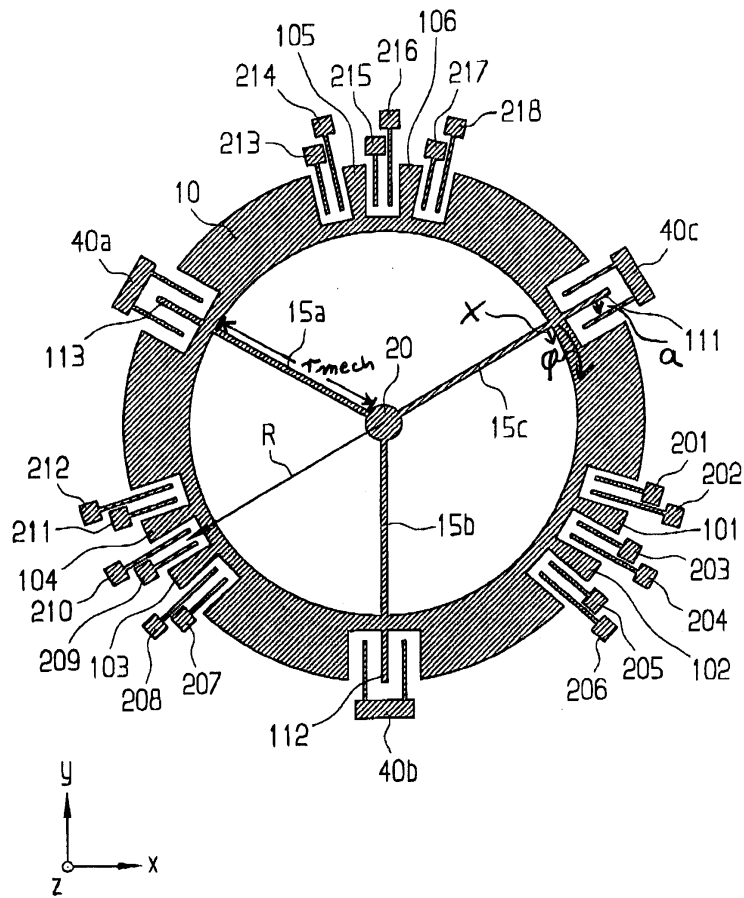
101 내지 106, 111 내지 113, 201 내지 218: 커패시터 플레이트

120, 130: 도체층 140: 절연층

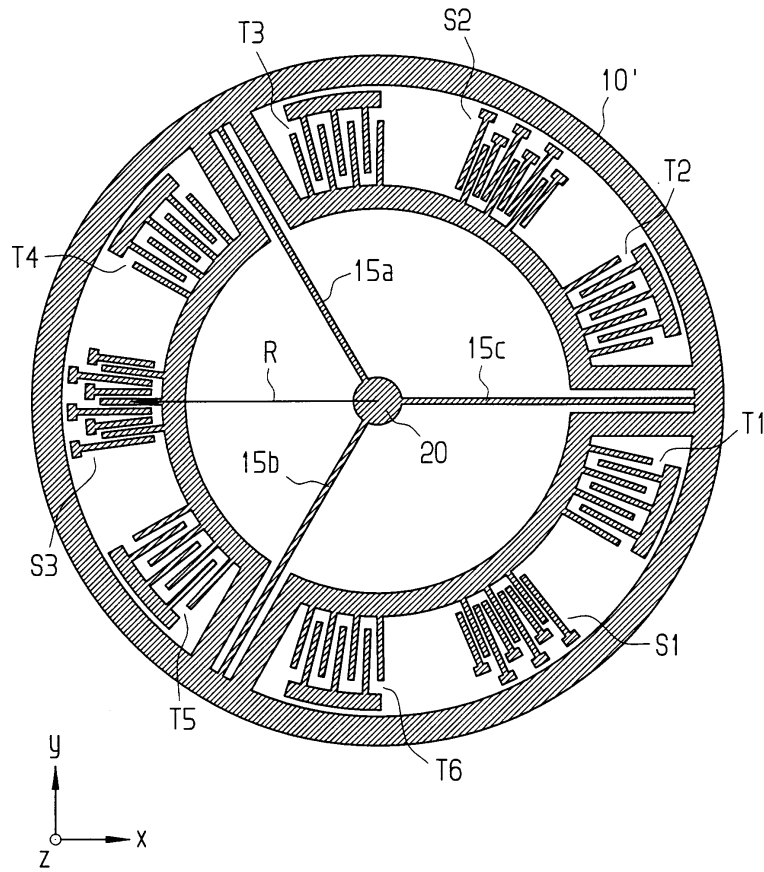
S1 내지 S3: 차동 커패시터 장치 T1 내지 T6: 강성 튜닝 장치

도면

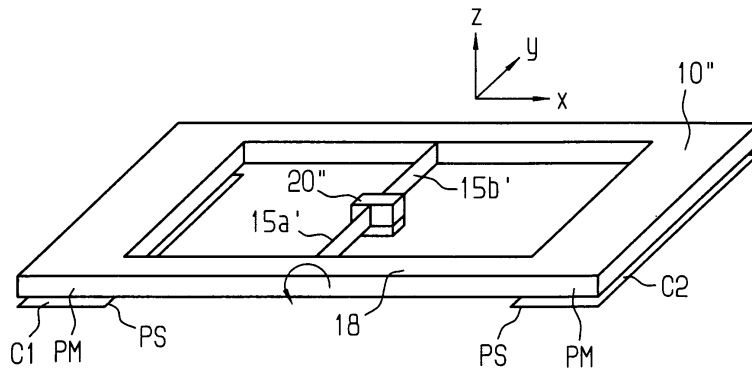
도면1



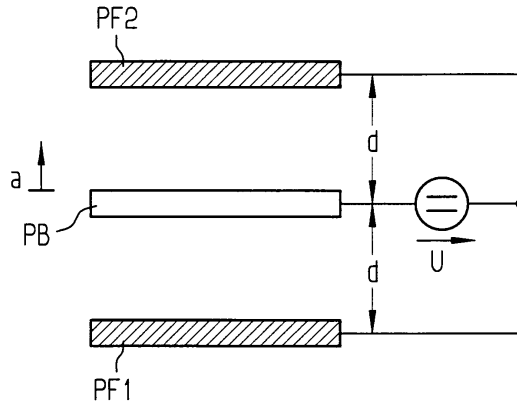
도면2



도면3



도면4



도면5

