



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0141912

(43) 공개일자 2015년12월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G01P 15/14 (2006.01)

(52) CPC특허분류

G01P 15/14 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2015-0082025

(22) 출원일자 2015년06월10일

심사청구일자 없음

(30) 우선권주장

10 2014 211 054.8 2014년06월10일 독일(DE)

(71) 출원인

로베르트 보쉬 게엠베하

독일 데-70442 스투트가르트 포스트파흐 30 02 20

(72) 발명자

울리히 귄터-니노-카를로

독일 72766 로이틀링엔 후고-헤르만-슈트라쎈 8

데브예 라르스

독일 72770 로이틀링엔 라이렌바흐슈트라쎈 17/1

(74) 대리인

양영준, 안국찬

전체 청구항 수 : 총 4 항

(54) 발명의 명칭 마이크로기계 가속도 센서

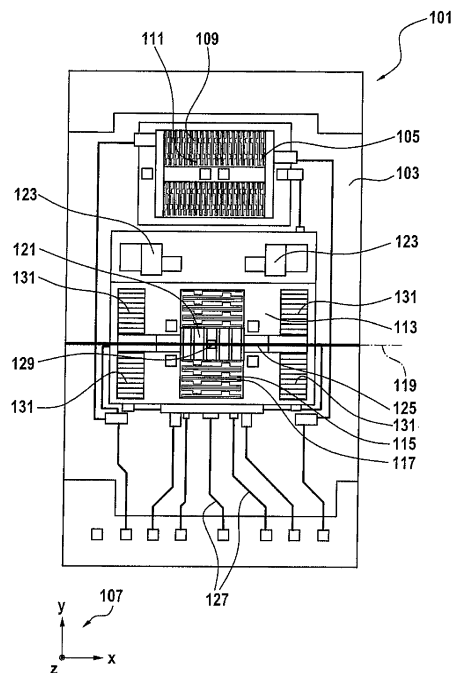
(57) 요약

본 발명은 마이크로기계 가속도 센서에 관한 것으로, 이 마이크로기계 가속도 센서는,

기판과,

상기 기판에 운동 가능하게 현수되고, 제1 방향으로 기판 상에 작용하는 가속도에서 편향될 수 있는 제1 진동 질
(뒷면에 계속)

대표도 - 도1



량과,

제1 방향으로 기관 상에 작용하는 가속도에서 제1 진동 질량의 편향을 검출하는 제1 검출 수단과,

상기 기관에 운동 가능하게 현수되고, 제1 방향에 대해 수직으로 연장되는 제2 방향으로 기관 상에 작용하는 가속도에서 편향될 수 있는 제2 진동 질량과,

상기 제2 방향으로 기관 상에 작용하는 가속도에서 제2 진동 질량의 편향을 검출하는 제2 검출 수단으로서, 이때 제2 진동 질량은 또한 제1 방향 및 제2 방향에 대해 수직으로 연장되는 제3 방향으로 기관 상에 작용하는 가속도에서 편향될 수 있는, 제2 검출 수단과,

상기 제3 방향으로 기관 상에 작용하는 가속도에서 제2 진동 질량의 편향을 검출하는 제3 검출 수단을 포함한다.

명세서

청구범위

청구항 1

마이크로기계 가속도 센서(101, 201)이며, 이 마이크로기계 가속도 센서는,
기관(103)과,

상기 기관(103)에 운동 가능하게 현수되고, 제1 방향으로 기관(103) 상에 작용하는 가속도에서 편향될 수 있는 제1 진동 질량(105)과,

제1 방향으로 기관(103) 상에 작용하는 가속도에서 제1 진동 질량(105)의 편향을 검출하는 제1 검출 수단(109)과,

상기 기관(103)에 운동 가능하게 현수되고, 제1 방향에 대해 수직으로 연장되는 제2 방향으로 기관(103) 상에 작용하는 가속도에서 편향될 수 있는 제2 진동 질량(113)과,

제2 방향으로 기관(103) 상에 작용하는 가속도에서 제2 진동 질량(113)의 편향을 검출하는 제2 검출 수단(115)으로서, 이때 제2 진동 질량(113)은 또한 제1 방향 및 제2 방향에 대해 수직으로 연장되는 제3 방향으로 기관(103) 상에 작용하는 가속도에서 편향될 수 있는, 제2 검출 수단과,

제3 방향으로 기관(103) 상에 작용하는 가속도에서 제2 진동 질량(113)의 편향을 검출하는 제3 검출 수단(121)을 포함하는, 마이크로기계 가속도 센서(101, 201).

청구항 2

제1항에 있어서, 제1 진동 질량(105)은 오직 제1 방향으로 병진 편향될 수 있는, 마이크로기계 가속도 센서(101, 201).

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서, 제2 진동 질량(113)은 제2 방향으로 기관(103) 상에 작용하는 가속도에서 제2 방향으로 병진 편향될 수 있는, 마이크로기계 가속도 센서(101, 201).

청구항 4

제1항 또는 제2항에 있어서, 제2 진동 질량(113)은 제3 방향으로 기관(103) 상에 작용하는 가속도에서, 제3 방향에 대해 수직으로 연장되는 회전 축(119)을 중심으로 회전 편향될 수 있는, 마이크로기계 가속도 센서(101, 201).

발명의 설명

기술분야

본 발명은 마이크로기계 가속도 센서에 관한 것이다.

배경기술

공개 공보 DE 197 19 779 A1호로부터 공지된 가속도 센서는, 기관에 운동 가능하게 현수되어 가속도 작용으로 인해 편향될 수 있으며 진동 질량으로서 형성된 진동 구조물 및 가속도로 인한 진동 구조의 편향을 검출하는 평가 수단을 포함한다. 이때, 진동 질량은 단지 한 방향으로만 편향될 수 있기 때문에, 단일 방향으로의 가속도만 검출될 수 있다. 즉, 공지된 가속도 센서에서는 가속도의 검출을 위해 가속도 방향 당 하나씩의 진동 질량이 제공된다.

공개 공보 DE 10 2008 001 442 A1로부터 공지된 마이크로 기계 부품은 진동 질량을 가진 기관을 포함한다. 기관에 작용하는 가속도들이 상이할 경우, 질량은 상이한 방향으로 편향될 수 있다. 즉, 상이한 방향으로의 가속

도를 검출하기 위해, 단일 진동 질량이 사용된다. 공간상의 이유로, 공지된 마이크로 기계 부품의 경우, 제1 방향으로의 가속도에 기반하는 진동 질량의 편향이 제2 방향으로의 가속도에 기반하는 진동 질량의 편향보다 검출이 잘 안 될 수 있다. 즉, 상이한 방향으로의 가속도는 상이한 신뢰도로 검출될 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 본 발명의 과제는, 공지된 단점을 극복하는 마이크로기계 가속도 센서를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0005] 상기 과제는 독립 청구항 제1항의 대상에 의해 해결된다. 본 발명의 바람직한 구성은 종속 청구항의 대상이다.
- [0006] 일 양태에 따르면,
- [0007] 기관과,
- [0008] 상기 기관에 운동 가능하게 현수되고, 제1 방향으로 기관 상에 작용하는 가속도에서 편향될 수 있는 제1 진동 질량과,
- [0009] 제1 방향으로 기관 상에 작용하는 가속도에서 제1 진동 질량의 편향을 검출하는 제1 검출 수단과,
- [0010] 운동 가능하게 기관에 현수되고, 제1 방향에 대해 수직으로 연장되는 제2 방향으로 기관 상에 작용하는 가속도에서 편향될 수 있는 제2 진동 질량과,
- [0011] 제2 방향으로 기관 상에 작용하는 가속도에서 제2 진동 질량의 편향을 검출하는 제2 검출 수단으로서, 이때 제2 진동 질량은 또한 제1 방향 및 제2 방향에 대해 수직으로 연장되는 제3 방향으로 기관 상에 작용하는 가속도에서 편향될 수 있는, 제2 검출 수단과,
- [0012] 제3 방향으로 기관 상에 작용하는 가속도에서 제2 진동 질량의 편향을 검출하는 제3 검출 수단을 포함하는 마이크로기계 가속도 센서가 제공된다.
- [0013] 제1 질량이 오직 제1 방향으로의 가속도를 검출하기 위해서만 제공되고, 제2 및/또는 제3 방향으로의 검출을 위해서는 추가로 사용되지 않음으로써, 특히 제1 질량 및 기관 상에서의 상기 제1 질량의 상응하는 배치가, 제1 방향으로의 가속도에서 도출되는 최적의 편향으로 최적화될 수 있도록 하는 기술적 장점이 구현된다. 제2 및 제3 방향으로의 가속도 검출을 위해 제1 질량이 사용될 필요가 없기 때문에, 상기 가속도를 제1 질량을 이용해서도 추가로 검출하기 위한 디자인 및 구성과 관련한 절충이 불필요하다. 제2 및 제3 방향으로의 가속도를 검출하기 위해, 제2 진동 질량이 제공된다.
- [0014] 따라서, 제1 질량은 바람직하게 제2 진동 질량의 제1 방향으로의 가속도의 경우에 따른 검출 약화를 보상할 수 있다. 즉, 본 발명은 특히 두 개의 진동 질량을 갖는 기관을 제공하는 구성을 포함하며, 이 경우 하나의 질량은 오직 제1 방향으로의 가속도의 검출을 위해서만 사용되고, 또 다른 질량은 오직 제2 방향 및 제3 방향으로의 각각의 가속도의 검출을 위해서만 사용된다. 제1 질량은 바람직하게 제2 질량의 검출 약화를 보상한다. 제2 질량은 원칙적으로 제1 방향으로의 가속도의 검출을 위해서도 사용될 수 있다. 그러나 이는 본 발명에 따라 생략될 수 있다. 그 대신, 제2 질량이 오직 제2 방향 및 제3 방향으로의 가속도의 검출을 위해 사용된다.
- [0015] 공개 공보 DE 10 2008 001 442 A1호에 설명된 바와 같이, 단일 진동 질량만으로도 충분히 세 방향으로의 가속도를 검출할 수 있을 것이다. 그러나 세 방향에 대한 검출 신뢰도는 상이할 수 있다. 공개 공보 DE 197 19 779 A1호에 공지된 바와 같이, 세 개의 상이한 방향으로의 가속도의 검출을 위해 세 개의 가속도 센서가 사용된다면, 이러한 해결안에서는 많은 공간이 필요할 수도 있다. 그 이유는 상기 해결안의 경우 세 개의 진동 질량이 필요하기 때문이다. 본 발명은 가능한 한 적은 공간 요구와, 세 개의 상이한 방향으로의 가속도의 고성능 검출 사이의 바람직한 절충을 구현한다. 따라서, 본 발명은 단 두 개의 진동 질량으로 충분하며(세 개의 진동 질량보다 공간 요구가 더 적음), 그럼에도 가속도의 고감도 감지 또는 검출을 구현한다(한 방향에 대해 제1 질량, 나머지 두 방향에 대해 제2 질량). DE 10 2008 001 442 A1호의 기술적 사상에 반해, 단일 진동 질량을 이용한 세 개의 상이한 방향으로의 가속도의 검출이 배제된다. 그 대신, 두 개의 가속도 방향은 하나의 질량을 이용해서 검출되고, 세 번째 가속도 방향은 또 다른 질량을 이용하여 검출된다. 원칙적으로는, 제1 질량을 이용하여 검출되는 가속도 방향에 대해 제2 질량도 추가로 사용될 수 있다. 그러나 예를 들어 변형으로 인해 이

른바 오프셋 에러, 즉, 상기 방향으로의 가속도 작용에 기인한 것이 아니라 변형에서 기인하는 신호가 발생할 수 있다. 보통 상기 방향으로의 가속도의 측정 또는 검출과 관련된 경우, 제2 질량은 상기와 같은 오프셋 에러에 대해 민감하다. 그러나 바로 이러한 가속도 작용은 제1 질량을 이용하여 검출되기 때문에, 이러한 오프셋 민감도는 더 이상 의미가 없다. 이와 관련된 제2 질량의 약화는 제1 질량에 의해 보상된다.

[0016] 제2 진동 질량은 두 개의 상이한 가속도 방향에서 각각 편향될 수 있기 때문에, 예를 들어, 제2 진동 질량이 변형에 대해 덜 민감하다는 기술적 장점이 구현된다. 이는, 특히 제2 진동 질량이 토션 스파이럴 스프링에 의해 기관에 현수되는 경우에 해당한다.

[0017] 제1 검출 수단을 갖는 제1 진동 질량과, 제2 및 제3 검출 수단을 갖는 제2 진동 질량은 각각 하나의 센서 코어를 형성한다. 즉, 가속도가 검출되어야 하는 방향의 센싱 방향마다 하나의 진동 질량이 제공되는 센서 코어를 특히 다중 질량 진동자로 지칭할 수 있다. 그 이유는 상이한 방향들로의 가속도를 검출하기 위해, 복수의 질량이 사용되어야 하기 때문이다. 복수의 센싱 방향에 대해 하나의 질량이 사용되는 센서 코어는 특히 단일 질량 진동자로 지칭될 수 있다. 이 센서 코어 내에 복수의 센서 코어(단일 질량 진동자)가 조합되거나 일체된다. 즉, 본 발명은 두 개의 센싱 방향에 대한 단일 질량 진동자를 하나의 센싱 방향에 대한 다중 질량 진동자와 결합한다.

[0018] 일 실시예에서, 상기 진동 질량(또는 센서 코어)은 실리콘 소재의 마이크로 기계 구조를 포함한다. 그럼으로써, 특히, 가속도 센서 제조가 포토리소그래피 공정을 이용하여 수행될 수 있는 기술적 장점이 구현된다.

[0019] 일 실시예에 따르면, (제1 및/또는 제2 및/또는 제3) 검출 수단의 신호를 평가하는 전자 평가 장치가 제공된다. 그럼으로써, 특히, 검출 수단의 신호가 평가될 수 있음으로써 이를 기초로 하여 방향에 상응하는 가속도가 결정될 수 있는 기술적 장점이 구현된다.

[0020] 일 실시예에서는 제1 진동 질량이 오직 제1 방향으로만 병진(translative) 편향될 수 있다. 그럼으로써 예를 들어, 제1 방향으로의 가속도가 매우 간단하게 검출될 수 있는 기술적 장점이 구현된다. 제1 진동 질량이 오직 제1 방향으로만 편향될 수 있음으로써, 예를 들어, 제1 질량이 제1 방향으로는 연성으로 기관에 현수되고, 이에 대해 수직 방향으로는 강성으로 현수될 수 있다.

[0021] 또 다른 한 실시예에서는, 제1 진동 질량이 제2 방향으로 기관 상에 작용하는 가속도에서 제2 방향으로 병진 편향될 수 있다. 병진 편향으로 인해, 예를 들어 편향을 매우 간단하게 검출할 수 있는 기술적 장점이 구현된다.

[0022] 또 다른 한 실시예에 따라, 제2 진동 질량이 제3 방향으로 기관 상에 작용하는 가속도에서, 제3 방향에 대해 수직으로 연장되는 회전 축을 중심으로 회전 편향될 수 있다. 그럼으로써, 예를 들어, 진동 질량이 제3 방향으로의 가속도에서 매우 간단하게 편향될 수 있는 기술적 장점이 구현됨으로써, 상기 가속도의 고감도 검출이 구현된다. 예를 들어 제2 진동 질량은 회전 축을 중심으로 하는 대칭형 질량 분배를 보인다. 그럼으로써, 예를 들어, 제3 방향으로의 가속도에서, 제2 진동 질량에 작용하는 전체 토크가 0이 아닌 기술적 장점이 구현되어, 결국 회전 축을 중심으로 하는 회전이 유도된다.

[0023] 또 다른 한 실시예에서, 제2 진동 질량이 스프링, 특히 토션 스파이럴 스프링에 의해 기관에 운동 가능하게 현수된다. 특히 회전 축은 스프링의 종축에 상응한다.

[0024] 또 다른 한 실시예에 따르면, 검출 수단, 즉, 제1 및/또는 제2 및/또는 제3 검출 수단이 전극을 포함한다. 제1 및/또는 제2 진동 질량이 상기 전극에 대응하는 상대 전극을 포함함에 따라, 전극 및 상대 전극이 각각 하나의 콘덴서 또는 복수의 콘덴서를 형성한다. 그럼으로써, 예를 들어, 특히, 진동 질량의 편향의 용량성 검출이 구현되는 기술적 장점이 획득된다. 제3 검출 수단은 예를 들어 기관상에 배치된 하나 이상의 전극을 포함한다.

[0025] 일 실시예에서, 전극 및 대응하는 상대 전극의 적어도 일부가 빗살형 구조를 가짐으로써, 전극과 상대 전극이 서로 교차된다(combing). 그럼으로써, 예를 들어, 작은 공간에 많은 콘덴서가 형성되어 가속도의 고감도 검출이 구현되는 기술적 장점이 획득된다. 각각 하나의 빗살 구조를 갖는 전극 및 상대 전극을 특히 빗살형 전극이라고도 지칭할 수 있다.

[0026] 일 실시예에 따르면, 기관은 인쇄 회로 기판이다. 그럼으로써, 예를 들어, 검출 수단의 전기적 접촉이 간단하게 형성될 수 있는 기술적 장점이 구현된다. 인쇄 회로 기판의 도체 스트립은 예를 들어 제3 검출 수단의 전극을 형성한다.

[0027] 이하, 바람직한 실시예들을 토대로 본 발명을 상세히 설명한다.

도면의 간단한 설명

[0028] 도 1은 마이크로기계 가속도 센서의 평면도이다.

도 2는 마이크로기계 가속도 센서의 부분 평면도이다.

도 3은 도 2의 마이크로기계 가속도 센서에 절단선이 표시된 도이다.

도 4는 도 3의 절단선을 따라 잘라낸 단면도이다.

도 5는 도 2의 마이크로기계 가속도 센서의 상세도이다.

도 6은 도 2의 마이크로기계 가속도 센서의 또 다른 뷰를 도시한 도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0029] 하기에 동등한 특징부에 대해서는 동일한 도면 부호를 사용할 수 있다.

[0030] 도 1은 마이크로기계 가속도 센서(101)의 평면도이다.

[0031] 마이크로기계 가속도 센서(101)는 기관(103)을 포함한다. 운동 가능하게 기관(103)에 현수되고 제1 방향으로 기관 상에 작용하는 가속도에서 병진 편향될 수 있는 제1 진동 질량(105)이 제공된다. 제1 방향은 x,y,z 좌표계(107)의 x-축에 상응한다. 또한, 제1 방향으로 기관(103)에 작용하는 가속도에서 제1 진동 질량(105)의 편향을 검출하는 제1 검출 수단으로서 빗살형 전극들(109), 즉, 빗살 구조를 가진 전극들이 제공된다. 제1 진동 질량(105)은 마찬가지로 빗살형 전극으로서 형성된 대응하는 상대 전극(111)을 갖는다. 상대 전극들(111)과 빗살형 전극들(109)이 콘덴서들을 형성함으로써, x-방향으로의 제1 진동 질량(103)의 편향의 용량성 검출이 구현된다. 제1 진동 질량(105)은 오직 제1 방향(x-방향)으로만 편향될 수 있고, 이는 예를 들어, 제1 진동 질량(105)이 제1 방향으로 유연하게 기관(103)에 현수되고, 이에 대해 수직 방향(y-방향)으로는 강하게 현수되도록 작용한다.

[0032] 또한, 운동 가능하게 기관(103)에 현수되고, 제2 방향으로 기관(103) 상에 작용하는 가속도에서 병진 편향될 수 있는 제2 진동 질량(113)이 제공되며, 이때 제2 방향은 제1 방향에 대해 수직으로 연장된다. 제2 방향은 x,y,z 좌표계(107)의 y-축에 상응한다. 빗살형 전극(109)과 유사하게, 빗살형 전극(115)은 제2 방향으로 기관(103) 상에 작용하는 가속도에서 제2 진동 질량(113)의 편향을 검출하는 제2 검출 수단으로서 형성된다. 진동 질량(113)의 빗살형 구조를 갖는 대응되는 상대 전극에는 도면 부호 "117"이 부여되어 있다. 따라서, 제2 진동 질량(105)의 y-방향 편향의 용량성 검출이 구현된다.

[0033] 제2 진동 질량(113)은 제3 방향으로 기관 상에 작용하는 가속도에서, 제3 방향에 대해 수직으로 연장하는 회전 축(119)을 중심으로 회전 편향될 수 있으며, 이때 제3 방향은 제1 방향 및 제2 방향에 대해 수직으로 연장된다. 제3 방향은 x,y,z 좌표계(107)의 z-축에 상응한다. z-방향으로의 회전 시, 시소와 유사하게, 제2 진동 질량(113)은 상기 제2 진동 질량(113)을 통해 연장되는 회전 축(119)을 중심으로 기울어지고, 이때 제2 진동 질량(113)의 질량 분배는 회전 축(119)을 기준으로 대칭으로 이루어진다. 제2 진동 질량(113)의 기관(103) 쪽 측면에 (도시되지 않은) 상응하는 상대 전극과 함께 콘덴서를 형성하는 전극(121)이 기관(103) 상에 형성됨에 따라, 톨딩 운동의 용량성 검출이 구현된다. 전극들(121)은 예를 들어 도체 스트립으로서 형성된다. 이는 특히, 기관(103)이 일 실시예에 따른 인쇄 회로 기관으로서 형성되는 경우에 해당한다. 그럼으로써 전극들(121)은, 제3 방향으로 기관(103) 상에 작용하는 가속도에서 제2 진동 질량(113)의 편향을 검출하는 제3 검출 수단을 형성한다.

[0034] 도면 부호 "123"은 기관(103)과 연결된, 과부하용 고정 정지부를 나타낸다. 도면 부호 "125"는, 제2 진동 질량(113)을 운동 가능하게 기관(103)에 현수하는 데 이용되는 스프링을 나타낸다. 스프링(125)은 특히 토션 스프링 스프링으로서 형성된다. 회전 축(119)은 스프링(125)의 중방향을 관통하여 연장된다. 도면 부호 "127"은 예를 들어 전극들과 상대 전극들을 결선하여 전기적으로 접촉시키는 데 이용되는 배선들을 나타낸다. 도면 부호 "129"는 스프링(125)이 기관(103)과 연결되는 연결 영역을 나타낸다. 도면 부호 "131"은 빗살형 전극 구조를 나타내며, 이 빗살형 전극 구조는 x-방향으로의 가속도 작용의 검출에 사용될 수 있는데, 그 이유는, z-축에 대해 평행하고 연결 영역(129)을 통해 연장되는 회전 축을 중심으로 제2 진동 질량(113)이 회전할 수 있기 때문이다. 그러나 x-가속도 작용은 제1 진동 질량(105)을 이용하여 검출된다. 즉, 빗살형 전극 구조(131)가 생략

될 수 있다. 그 대신, 상기 비워진 영역에 상응하게 제2 진동 질량(113)이 커질 수 있다(도 2, 3, 5, 6 참조).

[0035] 기관(103)의 변형 시, x-방향으로의 가속도가 존재하지 않더라도 빗살형 전극 구조(131)가 편향될 수 있다. 즉, x-방향으로의 가속도에 상응하지 않을 수도 있는 신호가 측정될 수 있다. 이러한 신호를 오프셋 에러라고 칭할 수 있다. 그러나 제1 진동 질량(105)이 x-방향으로는 연성으로 현수되고 y-방향으로는 강성으로 현수됨에 따라, 그러한 변형에 대해 제2 진동 질량(113)보다 덜 민감하다. x-방향으로의 제2 진동 질량(113)의 검출 약화는 제1 진동 질량(105)을 통해 바람직하게 보상된다.

[0036] 도 2는 도 1의 마이크로기계 가속도 센서(101)와 유사하게 구성된 또 다른 마이크로기계 가속도 센서(201)의 부분 평면도이다. 따라서, 본 부분 평면도에서는 제1 진동 질량(105)을 볼 수 없다. 상기 제1 진동 질량은 도 1과 유사하게 형성된다. 도 1에 반해, 추가의 빗살형 전극 구조(131)는 형성되어 있지 않다. 그 비워진 공간은 상응하게 더 크게 형성된 제2 진동 질량(113)을 수용한다. 그러나 이해를 돕기 위해, 도 2에는 더 이상 빗살형 전극 구조가 아닌 제2 진동 질량(113)의 확대된 영역을 나타내는 도면 부호 "131"이 표시되어 있다.

[0037] 도 3에는 도 2와 동일한 뷰가 도시되어 있다. 편의상 대부분의 도면 부호를 생략하였다. 도면 부호 "301"은 절단선을 나타낸다.

[0038] 도 4는 절단선(301)을 따라 잘라낸 단면도이다.

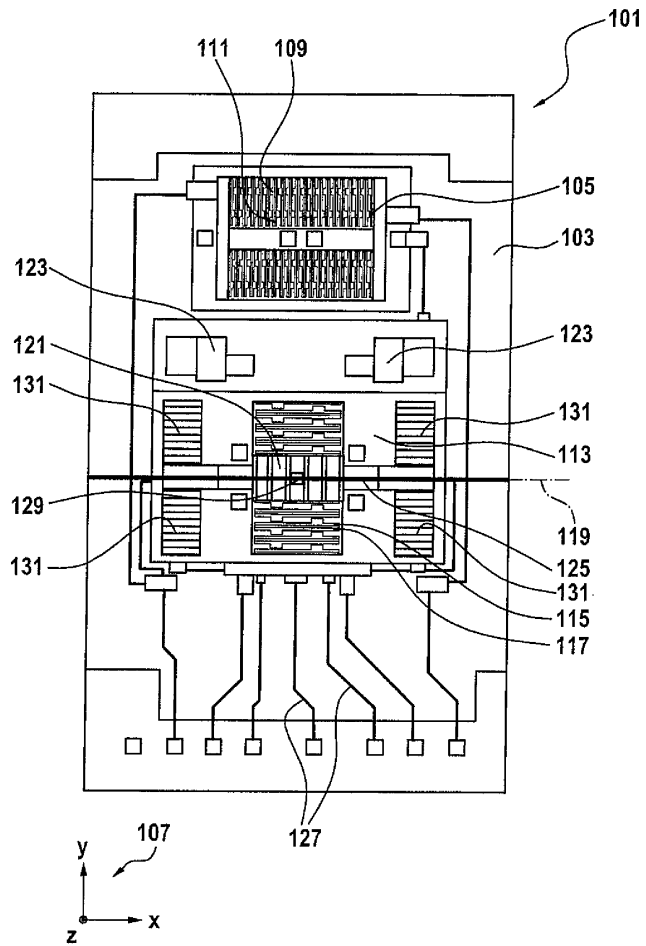
[0039] 도 5는 도 2의 마이크로기계 가속도 센서(201)의 상세도이다.

[0040] 도 6은 도 2의 마이크로기계 가속도 센서(201)의 또 다른 뷰를 도시한 도이다.

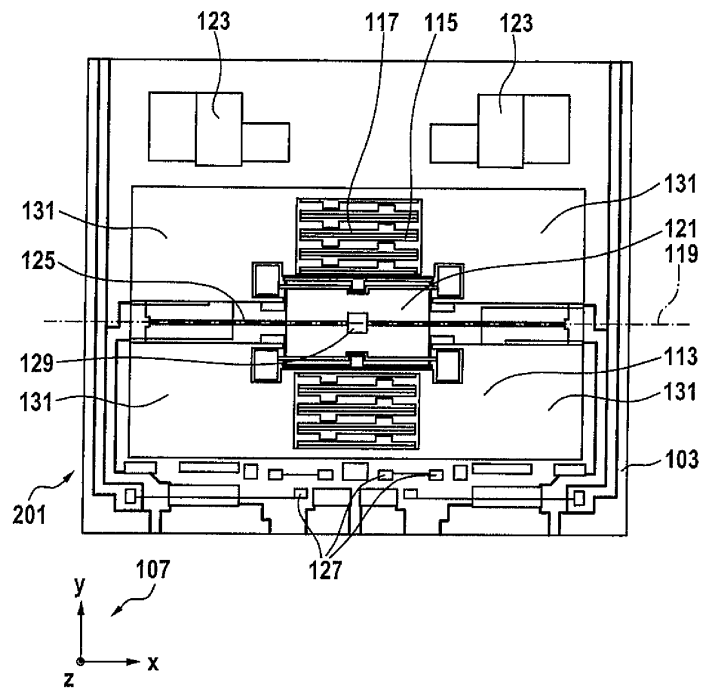
[0041] 상술된 실시예들에서는 제1 진동 질량(105)을 이용하여 x-가속도 작용이 측정되었다. 제2 진동 질량(113)을 이용해서는 y-가속도 작용과 z-가속도 작용이 측정되었다. 이는 한정하는 것이 아니라 예시일 뿐이다. 도시되지 않은 실시예에서는, 제1 진동 질량(105)을 이용하여 y-가속도 작용이 측정되고, 제2 진동 질량(113)을 이용하여 x-가속도 작용 및 z-가속도 작용이 측정된다. 하나의 진동 질량을 이용하여 단일 축 가속도 작용이 측정되고, 또 다른 진동 질량을 이용하여 두 개의 나머지 축 가속도 작용이 측정되는 한, 또 다른 조합들도 제공된다.

도면

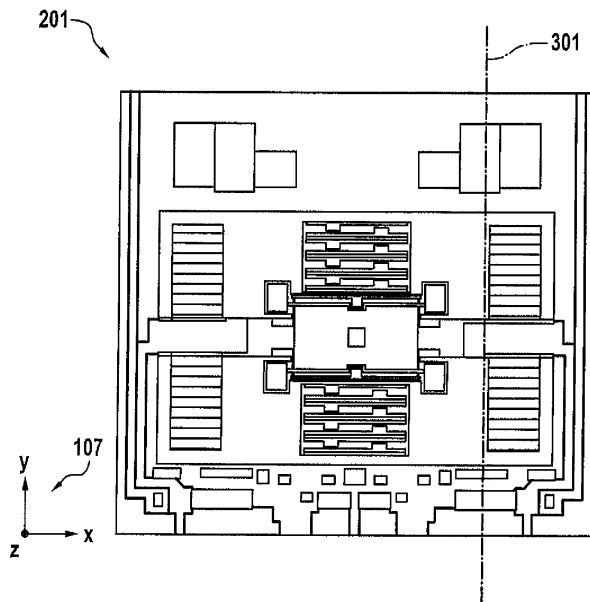
도면1



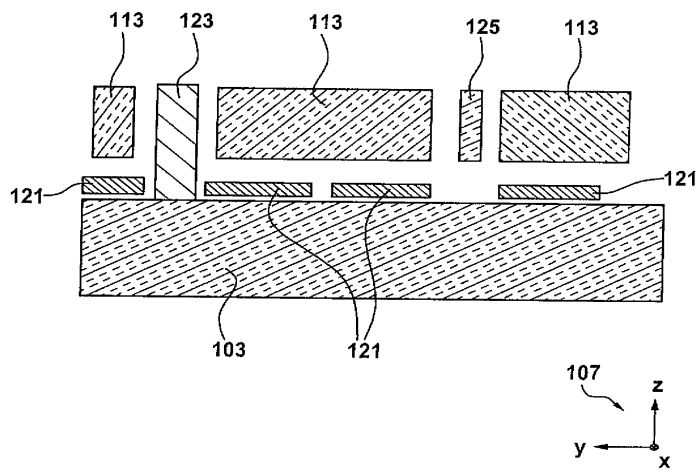
도면2



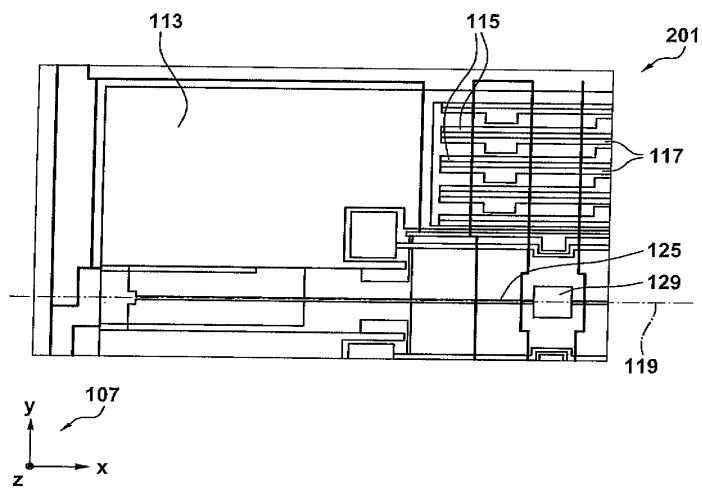
도면3



도면4



도면5



도면6

