



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2013년08월27일
(11) 등록번호 10-1300576
(24) 등록일자 2013년08월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01P 15/00 (2006.01) G01C 19/56 (2006.01)
B81B 7/02 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2011-0048430
(22) 출원일자 2011년05월23일
심사청구일자 2011년05월23일
(65) 공개번호 10-2011-0131106
(43) 공개일자 2011년12월06일
(30) 우선권주장
JP-P-2010-122959 2010년05월28일 일본(JP)
(56) 선행기술조사문헌
JP2008292451 A*
US20070220973 A1*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
세이코 엡슨 가부시키키가이샤
일본 도쿄도 신주쿠구 니시신주쿠 2초메 4-1
(72) 발명자
가네모토 케이
392-8502 일본국 나가노켄 스와시 오와 3초메 3반
5고 세이코 엡슨 가부시키키가이샤 나이
(74) 대리인
이철

전체 청구항 수 : 총 13 항

심사관 : 김창주

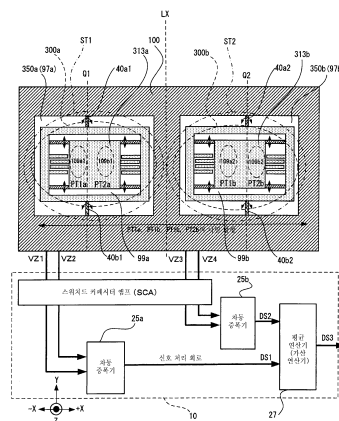
(54) 발명의 명칭 물리량 센서 및 전자 기기

(57) 요약

(과제) 검출축 이외의 방향으로 발생하는 가속도에 의해 물리량 센서의 검출 감도가 저하되는 것을 억제한다.

(해결 수단) 물리량 센서는, 제1 요동체(300a)와 제2 요동체(300b)를 갖고, 각 요동체(300a, 300b)는, 제1 지지부(40a)와 제2 지지부(40b)에 의해 기관에 지지되고, 그리고, 제1 요동체(300a)는, 평면에서 볼 때 제1축(지지축)(Q1)에 의해 제1 영역(PT1a)과 제2 영역(PT2a)으로 구획되고, 제2 요동체(300b)는, 평면에서 볼 때 제2축(지지축)(Q2)에 의해 제3 영역(PT1b)과 제4 영역(PT2b)으로 구획되고, 제2 영역(PT2a)의 질량은 제1 영역의 질량보다도 무겁고, 제3 영역의 질량은 제4 영역의 질량보다도 무겁고, 제1 영역과 제2 영역의 나열 방향과 제3 영역과 제4 영역의 나열 방향과는 서로 동일하고, 그리고, 중력을 받은 상태에 있어서 제1 요동체(300a) 및 제2 요동체(300b)는 서로 반대 방향으로 경사져 있다.

대표도 - 도12



특허청구의 범위

청구항 1

베이스와,

상기 베이스 상에 공극을 개재하여 배치된 제1 요동체 및 제2 요동체를 갖고,

상기 제1 요동체는, 제1 지지부와 제2 지지부와 제1 가동 전극을 포함하고, 제1축 상에 배치된 상기 제1 지지부와 상기 제2 지지부에 의해 상기 베이스의 상방에 지지되고, 그리고, 평면에서 볼 때 상기 제1축에 의해 제1 영역과 제2 영역으로 구획되고, 각각의 영역에 상기 제1 가동 전극이 형성되고,

상기 제2 요동체는, 제3 지지부와 제4 지지부와 제2 가동 전극을 포함하고, 제2축 상에 배치된 상기 제3 지지부와 상기 제4 지지부에 의해 상기 베이스의 상방에 지지되고, 그리고, 평면에서 볼 때 상기 제2축에 의해 제3 영역과 제4 영역으로 구획되고, 각각의 영역에 상기 제2 가동 전극이 형성되고,

상기 베이스에는, 상기 제1 가동 전극과 상기 제2 가동 전극에 대향하여 고정 전극이 형성되고,

상기 제2 영역의 질량은 상기 제1 영역의 질량보다도 무겁고, 상기 제3 영역의 질량은 상기 제4 영역의 질량보다도 무겁고,

상기 제1 요동체의 상기 제1 영역으로부터 상기 제2 영역으로의 나열 방향과, 상기 제2 요동체의 상기 제3 영역으로부터 상기 제4 영역으로의 나열 방향과는 서로 동일하며,

검출 신호에 기초하여 신호 처리를 실행하는 신호 처리 회로를 갖고,

상기 검출 신호는, 상기 제1 영역의 상기 제1 가동 전극과 상기 고정 전극과의 사이의 변위에 기초하여 변동하는 제1 검출 신호와, 상기 제2 영역의 상기 제1 가동 전극과 상기 고정 전극과의 사이의 변위에 기초하여 변동하는 제2 검출 신호와, 상기 제3 영역의 상기 제2 가동 전극과 상기 고정 전극과의 사이의 변위에 기초하여 변동하는 제3 검출 신호와, 상기 제4 영역의 상기 제2 가동 전극과 상기 고정 전극과의 사이의 변위에 기초하여 변동하는 제4 검출 신호를 포함하고,

상기 신호 처리 회로는,

상기 제1 검출 신호와 상기 제2 검출 신호와의 차를 나타내는 제1 차동 신호를 생성하고,

상기 제3 검출 신호와 상기 제4 검출 신호와의 차를 나타내는 제2 차동 신호를 생성하고,

상기 제1 차동 신호와 상기 제2 차동 신호를 가산하여 얻어지는 신호에 기초하여 가속도 검출 신호를 생성하는 것을 특징으로 하는 물리량 센서.

청구항 2

제1항에 있어서,

중력을 받은 상태에 있어서 상기 제1 요동체 및 상기 제2 요동체는 서로 반대 방향으로 경사져 있는 것을 특징으로 하는 물리량 센서.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 제1축 및 상기 제2축의 적어도 한쪽은, 상기 제1 요동체 또는 상기 제2 요동체의 중심을 통과하는 선과 평행인 것을 특징으로 하는 물리량 센서.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 제1 영역 및 상기 제2 영역의 적어도 한쪽, 또는, 상기 제3 영역 및 상기 제4 영역의 적어도 한쪽은, 질량부에 의해 질량이 부가되어 있는 것을 특징으로 하는 물리량 센서.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 제2 요동체는, 평면에서 볼 때, 상기 제1 영역과 상기 제2 영역의 나열 방향에 직교하는 축에 대하여 상기 제1 요동체를 반전시킨 형상인 것을 특징으로 하는 물리량 센서.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 베이스는, 평면에서 볼 때, 상기 제1 영역에 대향하는 제5 영역과, 상기 제2 영역에 대향하는 제6 영역과, 상기 제3 영역에 대향하는 제7 영역과, 상기 제4 영역에 대향하는 제8 영역을 갖고,

상기 고정 전극은, 상기 제5~8의 영역의 각각에 형성된 것을 특징으로 하는 물리량 센서.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 제1 가동 전극은, 상기 제1 영역과 상기 제2 영역에 걸쳐 공통으로 형성된 것을 특징으로 하는 물리량 센서.

청구항 8

제6항에 있어서,

상기 제2 가동 전극은, 상기 제3 영역과 상기 제4 영역에 걸쳐 공통으로 형성된 것을 특징으로 하는 물리량 센서.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 제1~제4 지지부는, 토션 스프링을 이용하여 형성된 것을 특징으로 하는 물리량 센서.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 제1 요동체 및 상기 제2 요동체의 적어도 한쪽은, 개구부를 갖고,

상기 개구부에 배치된 가동 추부(錘部)와,

상기 가동 추부와 상기 제1 요동체 또는 상기 제2 요동체를 연결하는 연결부와,

상기 제1 요동체 또는 상기 제2 요동체로부터 상기 가동 추부를 향하여 돌출되어 형성된 제1 아암 형상 전극부와,

상기 가동 추부로부터 상기 제1 요동체 또는 상기 제2 요동체를 향하여 돌출되어 형성된 제2 아암 형상 전극부에 대향하는 제2 아암 형상 전극부를 갖는 것을 특징으로 하는 물리량 센서.

청구항 11

삭제

청구항 12

베이스와,

상기 베이스 상에 공극을 개재하여 배치된 요동체를 갖고,

상기 요동체는, 제1 지지부와 제2 지지부를 포함하고, 제1축 상에 배치된 상기 제1 지지부와 상기 제2 지지부에 의해 상기 베이스의 상방에 지지되고, 그리고, 평면에서 볼 때 상기 제1축에 의해 제1 영역과 제2 영역으로 구

획되고, 각각의 영역에 가동 전극이 형성되고,

상기 베이스에는, 상기 가동 전극에 대향하여 고정 전극이 형성되고,

상기 제1 영역 및 상기 제2 영역의 적어도 한쪽은, 질량부에 의해 질량이 부가되어 있는 것을 특징으로 하는 물리량 센서.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 제1측은, 상기 요동체의 중심을 통과하는 선과 평행인 것을 특징으로 하는 물리량 센서.

청구항 14

제1항 또는 제12항에 기재된 물리량 센서를 갖는 것을 특징으로 하는 전자 기기.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은, 예를 들면, MEMS 센서(Micro Electro Mechanical System Sensor : 마이크로 일렉트로 메커니컬 시스템 센서) 등의 물리량 센서 및 전자 기기 등에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 최근, MEMS(Micro Electro Mechanical System : 미소 전기 기계 시스템) 기술을 사용하여, 소형이고 고감도인 물리량 센서를 실현하는 기술이 주목받고 있다.

[0003] 예를 들면, 특허문헌 1에는, 진자식(振子式) 용량성 가속도계가 개시되어 있다. 특허문헌 1의 진자식 용량성 가속도계는, 기관과, 검지(檢知) 플레이트와, 기관 상에서 검지 플레이트를 지지하는 중심 앵커부와, 검지 플레이트에 설치된 전극과, 기관 상에 설치되는 전극을 갖는다. 검지 플레이트는, 중심 앵커부에 대하여 좌측에 설치되는, 중공부를 갖지 않는 프루프 매스(proof mass : 관성 질량)와, 중공부를 갖는 프루프 매스를 갖는다. 가속도에 의해 각 프루프 매스에 회전 모멘트가 가해지면, 검지 플레이트는, 중심 앵커부(한지축)를 중심으로 하여 시소 동작을 행한다. 검지 플레이트의 시소 동작에 대응하여 정전 용량의 용량치가 변화해, 차동 용량성 출력 신호가, 진자식 용량성 가속도계로부터 출력된다.

[0004] 또한, 특허문헌 2에는, 실리콘 기관 상에, 비대칭으로 배치된 회전축선에 의해 지지된 요동체를 형성하고, Z방향의 가속도를 받았을 때에 요동체의 기울기가 한쪽으로 치우치는 것(시소 요동)을 이용하여, 용량을 차동 검출하여, Z축 방향의 가속도를 검출하는 가속도 센서가 개시되어 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0005] (특허문헌 0001) 일본공개특허공보 2009-109494호

(특허문헌 0002) 일본공개특허공보 평9-189716호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 특허문헌 1에 개시되는 진자식 용량성 가속도계에서는, 가속도계를 보호하는 패키지의 형성에 대해서는 아무런 고려가 되어 있지 않다.

[0007] 또한, 특허문헌 2의 가속도 센서에서는, Z방향 이외의 X방향이나 Y방향으로 가속도가 발생한 경우에 있어서도, 요동체에 요동이 발생해 버려, 외관상, Z방향의 가속도가 변화한 것이 된다. 이러한 검출 방향과는 상이한 방향으로 검출 감도를 갖는 것은, 물리량 센서의 검출 정밀도의 저하의 원인이 되어 문제가 되고 있었다.

[0008] 본 발명의 적어도 하나의 실시 형태에 의하면, 예를 들면, 패키지를 포함한 물리량 센서의 조립성을 향상할 수 있다. 또한, 본 발명의 적어도 하나의 실시 형태에 의하면, 예를 들면, 검출축 이외의 방향으로 발생하는 가속도에 의해 물리량 센서의 검출 감도가 저하되는 것을 억제할 수 있다.

과제의 해결 수단

[0009] (1) 본 발명의 물리량 센서의 일 실시 형태는, 베이스와, 상기 베이스 상에 공극을 개재하여 배치된 제1 요동체 및 제2 요동체를 갖고, 상기 제1 요동체는, 제1 지지부와 제2 지지부와 제1 가동 전극을 포함하고, 제1축 상에 배치된 상기 제1 지지부와 상기 제2 지지부에 의해 상기 베이스의 상방에 지지되고, 그리고, 평면에서 볼 때 상기 제1축에 의해 제1 영역과 제2 영역으로 구획되고, 각각의 영역에 상기 제1 가동 전극이 형성되고, 상기 제2 요동체는, 제3 지지부와 제4 지지부와 제2 가동 전극을 포함하고, 제2축 상에 배치된 상기 제3 지지부와 상기 제4 지지부에 의해 상기 베이스의 상방에 지지되고, 그리고, 평면에서 볼 때 상기 제2축에 의해 제3 영역과 제4 영역으로 구획되고, 각각의 영역에 상기 제2 가동 전극이 형성되고, 상기 베이스에는, 상기 제1 가동 전극과 상기 제2 가동 전극에 대향하여 고정 전극이 형성되고, 상기 제2 영역의 질량은 상기 제1 영역의 질량보다도 무겁고, 상기 제3 영역의 질량은 상기 제4 영역의 질량보다도 무겁고, 상기 제1 요동체의 상기 제1 영역으로부터 상기 제2 영역으로의 나열 방향과, 상기 제2 요동체의 상기 제3 영역으로부터 상기 제4 영역으로의 나열 방향과는 서로 동일하다.

[0010] (2) 본 발명의 물리량 센서의 다른 실시 형태는, 중력을 받은 상태에 있어서 상기 제1 요동체 및 상기 제2 요동체는 서로 반대 방향으로 경사져 있다.

[0011] 본 실시 형태는, 시소 구조를 이용한 물리량 센서의 검출 정밀도를 보다 향상시키기 위한 구성에 관계한다. 예를 들면 중력 가속도가 작용하고 있는 상태에서는, 요동체는, 질량의 불균형에 의해 회전 모멘트가 불균형이 되어, 기울 상태로 되어 있다(중력 가속도가 가해지고 있음에도 불구하고, 요동체가 수평 상태를 유지하고 있어서는, 중력 가속도를 검출할 수 없기 때문임). 이 상태에서, 요동체에, 요동체의 연재(extend) 방향(요동체가 수평인 상태일 때의 연재 방향)인 제1 방향의 가속도가 작용했을 경우를 상정한다. 기울어 있는 요동체에 대하여 제1 방향의 가속도가 작용하면, 요동체에는, 제1 방향의 가속도의 방향과는 역방향으로 관성력이 작용한다(관성력의 크기는, 제1 방향의 가속도에 비례함). 이 관성력은, 기울어 있는 요동체를 회전시키는 힘(즉, 기울어 있는 요동체에 수직으로 작용하는 힘)의 성분을 갖는 것으로부터, 요동체의 기울기가 변화한다. 즉, 실제로는 제3 방향(중력 방향)의 가속도는 변화되어 있지 않음에도 불구하고, 제1 방향의 가속도(검출 방향과는 상이한 방향의 가속도)에 의해, 외관상, 제3 방향(중력 방향)의 가속도가 변화된 것이 된다. 이러한 검출 방향과는 상이한 방향으로 검출 감도를 갖는 것은, 물리량 센서의 검출 정밀도의 저하의 원인이 된다.

[0012] 제1 요동체와 제2 요동체는 모두 제1 방향으로 연재하지만, 제1 요동체의 경사의 방향과, 제2 요동체의 경사의 방향은 서로 반대 방향이고, 그리고, 수평면을 기준으로 한 회전각의 절대값은 동일하다. 예를 들면, 제1 요동체는 시계 방향으로, 수평면을 기준으로 하여 $+\theta$ 만큼 기울어 있고, 한편, 제2 요동체는 시계 반대 방향으로, 수평면을 기준으로 하여 $-\theta$ 만큼 기울어 있다. 이 상태에서, 제1 방향의 가속도가 가해져, 그 반대 방향으로 관성력이 작용하면, 제1 요동체의 제1 영역 및 제2 영역, 제2 요동체의 제3 영역 및 제4 영역의 각각에, 동일한 크기의 외관상의 회전력이 발생한다. 단, 제1 요동체에서는, 예를 들면 질량이 무거운 제2 영역의 회전 모멘트가 우세하고, 한편, 제2 요동체에서는, 예를 들면 질량이 무거운 제3 영역의 회전 모멘트가 우세한 점에서, 외관상의 회전력에 의한 제1 요동체의 회전 방향과 제2 요동체의 회전 방향은 역방향이 된다(한쪽은, 요동체의 기울기가 보다 깊어지는 방향이며, 다른 한쪽은 요동체의 기울기가 얕아지는 방향임).

[0013] 그래서, 본 실시 형태와 같이 함으로써, 검출 방향 이외의 방향으로 검출 감도를 갖는 것에 의한 오차를, 신호 처리에 의해 캔슬할 수 있다. 따라서, 시소 구조를 이용한 물리량 센서의 검출 정밀도를, 보다 향상시킬 수 있다.

[0014] 또한, 베이스로서는, SOI(Silicon on Insulator) 기판을 사용할 수 있고, 또한, 반도체 제조 기술에 의해 제조된 다층 배선 구조를 갖는 반도체 기판을 사용할 수도 있다. 또한, 덮개체로서는, 유리 기판이나 실리콘 기판(단층)을 사용할 수 있다(실리콘 기판의 표면에 절연막을 형성하면, 실리콘 기판 상에 전극을 형성할 수도 있음). 또한, 제1 요동체 또는 제2 요동체는, 예를 들면, 지지축을 중심으로 하여 어긋나게 하거나, 요동체의 한쪽측의 질량을 다른 한쪽측의 질량보다 무겁게 함으로써 시소 요동시키는 것이 가능해진다.

[0015] (3) 본 발명의 물리량 센서의 다른 실시 형태에서는, 상기 제1축 및 상기 제2축의 적어도 한쪽은, 상기 제1 요동체 또는 상기 제2 요동체의 중심을 통과하는 선과 평행이다.

- [0016] 본 실시 형태에 의하면, 제1 요동체 및 제2 요동체의, 단면 형상에 있어서의 두께를 동일하게 함으로써, 제1 요동체와 제2 요동체의 제조 공정이 간소화된다는 이점이 있다. 또한, 제1 시소편과 제2 시소편의 평면에서 볼 때에 있어서의 형상의 치수(세로 치수, 가로 치수 등)는, 예를 들면, 포토리소그래피용의 마스크 형상을 변경함으로써, 자유롭게 설정할 수 있다.
- [0017] (4) 본 발명의 물리량 센서의 다른 실시 형태에서는, 상기 제1 영역 및 상기 제2 영역의 적어도 한쪽, 또는, 상기 제3 영역 및 상기 제4 영역의 적어도 한쪽에는, 질량부가 형성되어 있다.
- [0018] 본 실시 형태에 의하면, 요동체의 한쪽측의 질량을 다른 한쪽측의 질량보다 무겁게 함으로써 시소 요동시키는 것이 가능해진다. 또한, 질량부를 금속막이나 절연막 등으로 형성함으로써, 질량부를 레이저, 에칭 등으로 깎거나 스퍼터링, 증착 등으로 성막함으로써 질량을 간단히 증감할 수 있기 때문에, 시소 요동의 미세조정을 간이하게 할 수 있다.
- [0019] (5) 본 발명의 물리량 센서의 다른 실시 형태에서는, 상기 제2 요동체는, 평면에서 볼 때, 상기 제1 영역과 상기 제2 영역의 나열 방향에 직교하는 축에 대하여 상기 제1 요동체를 반전시킨 형상이다.
- [0020] 본 실시 형태에서는, 제2 요동체는 제1 요동체를 반전시킨 구조이기 때문에, 동일한 마스크 패턴을 이용하여 제1 요동체 및 제2 요동체를 형성할 수 있어, 제조 공정을 간소화할 수 있다. 또한, 소정 방향으로 가속도를 받았을 때의 제1 요동체와 제2 요동체의 요동의 정도가 양자 동일하기 때문에 검출 감도가 보다 향상된다.
- [0021] (6) 본 발명의 물리량 센서의 다른 실시 형태에서는, 상기 베이스는, 평면에서 볼 때, 상기 제1 영역에 대향하는 제5 영역과, 상기 제2 영역에 대향하는 제6 영역과, 상기 제3 영역에 대향하는 제7 영역과, 상기 제4 영역에 대향하는 제8 영역을 갖고, 상기 고정 전극은, 상기 제5~8의 영역의 각각에 형성된다.
- [0022] 본 실시 형태에서는, 제1 가동 전극 및 제2 가동 전극에 대향하도록 개별적으로 고정 전극을 설치함으로써, 차동 용량의 값을 정밀도 좋게 검출할 수 있다.
- [0023] (7) 본 발명의 물리량 센서의 다른 실시 형태에서는, 상기 제1 가동 전극은, 상기 제1 영역과 상기 제2 영역에 걸쳐 공통으로 형성된다.
- [0024] (8) 본 발명의 물리량 센서의 다른 실시 형태에서는, 상기 제2 가동 전극은, 상기 제3 영역과 상기 제4 영역에 걸쳐 공통으로 형성된다.
- [0025] 본 실시 형태에서는, 제1 가동 전극 또는 제2 가동 전극은, 동일 전위의 공통 전극에 의해 구성된다. 전극의 공통화에 의해, 전극에 접속되는 배선의 수를 줄일 수 있어, 배선 패턴을 간소화할 수 있다. 예를 들면, 도전성을 갖는 요동체 자체를 접지 전위의 공통 전극으로서 사용할 수 있다. 이 예에서는, 요동체가 전극을 겸하기 때문에, 전극을 별도로 형성할 필요가 없어 제조 공정이 간소화된다. 또한, 다층 배선 구조를 갖는 반도체 기판(이들을 총칭하여 다층 구조체라고 할 수 있음)에 의해 요동체를 구성하고, 예를 들면 최상층의 층간 절연층상에, 접지 전극이 되는 금속막을 형성할 수도 있다. 이 예에서는, 반도체 제조 기술(다층 배선 기판 기술)에 의해 가동 전극을 무리없이 형성할 수 있다.
- [0026] (9) 본 발명의 물리량 센서의 다른 실시 형태에서는, 상기 제1~제4 지지부는, 토션 스프링을 이용하여 형성된다.
- [0027] 본 실시 형태에서는, 제1~제4 지지부에 토션 스프링을 이용함으로써, 요동체가 시소 요동했을 때에 발생하는 비틀림 변형에 대하여 강한 복원력을 갖기 때문에, 지지부가 파손되는 것을 방지할 수 있다. 또한, 토션 스프링에 의해 시소 요동의 움직임을 크게 할 수 있기 때문에 검출 감도를 향상시킬 수 있다.
- [0028] (10) 본 발명의 물리량 센서의 다른 실시 형태에서는, 상기 제1 요동체 및 상기 제2 요동체의 적어도 한쪽은 개구부를 갖고, 상기 개구부에 배치된 가동 추부(錘部)와, 상기 가동 추부와 상기 제1 요동체 또는 상기 제2 요동체를 연결하는 연결부와, 상기 제1 요동체 또는 상기 제2 요동체로부터 상기 가동 추부를 향하여 돌출되어 형성된 제1 아암 형상 전극부와, 상기 가동 추부로부터 상기 제1 요동체 또는 상기 제2 요동체를 향하여 돌출되어 형성됨과 함께, 상기 제1 아암 형상 전극부에 대향하는 제2 아암 형상 전극부를 갖는다.
- [0029] 본 실시 형태에서는, 요동체는, 중력 방향의 변위를 검출하기 위한 검출 플레이트로서의 역할 외에, 중력 방향 이외의 방향의 변위를 검출하기 위한 검출 플레이트로서의 역할을 수행한다. 이에 따라, 하나의 요동체를 이용하여, 상이한 2개의 방향의 변위의 각각에 대응한 정전 용량의 변화를 검출할 수 있다.
- [0030] (11) 본 발명의 물리량 센서의 다른 실시 형태는, 검출 신호에 기초하여 신호 처리를 실행하는 신호 처리 회로

를 갖고, 상기 검출 신호는, 상기 제1 영역의 상기 제1 가동 전극과 상기 고정 전극과의 사이의 변위에 기초하여 변동하는 제1 검출 신호와, 상기 제2 영역의 상기 제1 가동 전극과 상기 고정 전극과의 사이의 변위에 기초하여 변동하는 제2 검출 신호와, 상기 제3 영역의 상기 제2 가동 전극과 상기 고정 전극과의 사이의 변위에 기초하여 변동하는 제3 검출 신호와, 상기 제4 영역의 상기 제2 가동 전극과 상기 고정 전극과의 사이의 변위에 기초하여 변동하는 제4 검출 신호를 포함하고, 상기 신호 처리 회로는, 상기 제1 검출 신호와 상기 제2 검출 신호와의 차를 나타내는 제1 차동 신호를 생성하고, 상기 제3 검출 신호와 상기 제4 검출 신호와의 차를 나타내는 제2 차동 신호를 생성하고, 상기 제1 차동 신호와 상기 제2 차동 신호를 가산하여 얻어지는 신호에 기초하여 가속도 검출 신호를 생성한다.

[0031] 본 실시 형태에서는, 신호 처리 회로를 설치하여, 각 요동체로부터 얻어지는 신호에 기초하여, 검출 오차를 보상하기 위한 신호 처리를 실행하여 검출 오차를 억제한다.

[0032] 제1 요동체의 경사의 방향과, 제2 요동체의 경사의 방향은 서로 반대 방향이고, 그리고, 수평면을 기준으로 한 회전각의 절대값은 동일하다. 예를 들면, 제1 요동체는 시계 방향으로, 수평면을 기준으로 하여 $+\theta$ 만큼 기울어 있고, 한편, 제2 요동체는 시계 반대 방향으로, 수평면을 기준으로 하여 $-\theta$ 만큼 기울어 있다. 이 상태에서, 중력 방향 이외의 방향의 가속도가 가해져, 그 반대 방향으로 관성력이 작용하면, 제1 요동체의 제1 영역 및 제2 영역, 제2 요동체의 제3 영역 및 제4 영역의 각각에, 동일한 크기의 외관상의 회전력이 발생한다. 단, 제1 요동체에서는, 예를 들면 질량이 무거운 제2 영역의 회전 모멘트가 우세하고, 한편, 제2 요동체에서는, 예를 들면 질량이 무거운 제3 영역의 회전 모멘트가 우세한 점에서, 외관상의 회전력에 의한 제1 요동체의 회전 방향과 제2 요동체의 회전 방향과는 역방향이 된다.

[0033] 여기에서, 검출 신호로서 제1 요동체의 제1 영역의 변위에 기초하여 변동하는 제1 검출 신호와, 제1 요동체의 제2 영역의 변위에 기초하여 변동하는 제2 검출 신호와, 제2 요동체의 제3 영역의 변위에 기초하여 변동하는 제3 검출 신호와, 제2 요동체의 제4 영역의 변위에 기초하여 변동하는 제4 검출 신호가 출력된다고 한다.

[0034] 이때, 제1 검출 신호에 중첩되어 있는 외관상의 회전력에 의한 오차 변위에 기인하는 가변 용량(정전 용량)의 용량치의 변동분을 예를 들면 「 $+\delta C$ 」라고 했을 때, 제2 검출 신호에 관한 용량치의 변동분은 「 $-\delta C$ 」가 되고, 마찬가지로 제3 검출 신호에 중첩되어 있는 외관상의 회전력에 의한 오차 변위에 기인하는 가변 용량(정전 용량)의 용량치의 변동분은 「 $+\delta C$ 」이며, 제4 검출 신호에 관한 용량치의 변동분은 「 $-\delta C$ 」가 된다.

[0035] 신호 처리 회로에 있어서, 제1 검출 신호와 제2 검출 신호와의 차를 나타내는 제1 차동 신호를 생성했을 때, 제1 차동 신호에 중첩되는, 외관상의 회전력에 의한 오차 변위에 기인하는 가변 용량(정전 용량)의 용량치의 변동분은, 「 $2\delta C(=+\delta C-(-\delta C))$ 」가 된다. 또한, 제4 검출 신호와 제3 검출 신호와의 차를 나타내는 제2 차동 신호가 생성되었을 때, 제2 차동 신호에 중첩되는, 외관상의 회전력에 의한 오차 변위에 기인하는 가변 용량(정전 용량)의 용량치의 변동분은, 「 $-2\delta C(=-\delta C-(+\delta C))$ 」가 된다. 그리고, 신호 처리 회로가, 제1 차동 신호와 제2 차동 신호를 가산하면, 제1 차동 신호에 중첩되는 오차 성분 「 $+2\delta C$ 」와, 제2 차동 신호에 중첩되는 오차 성분 「 $-2\delta C$ 」가 상쇄되어, 오차가 캔슬된다. 또한, 제1 차동 신호와 제2 차동 신호가 가산되면, 신호 진폭이 2배가 된다. 이 점이 문제가 되는 경우에는, 제1 차동 신호와 제2 차동 신호를 가산하여 얻어지는 신호의 진폭을, 예를 들면 절반으로 하는 신호 처리 등을 적절히 행할 수도 있다.

[0036] 즉, 신호 처리 회로가, 제1 검출 신호와 제2 검출 신호와의 차를 나타내는 제1 차동 신호를 생성하고, 또한, 제3 검출 신호와 제4 검출 신호와의 차를 나타내는 제2 차동 신호를 생성하고, 제1 차동 신호와 제2 차동 신호를 가산하여 얻어지는 신호에 기초하여, 제1 방향의 가속도에 기초하는 오차가 억제된, 제3 방향의 가속도 검출 신호를 생성하는 것이 가능하다.

[0037] 이와 같이 하여, 본 실시 형태에 의하면, 검출 방향 이외의 방향으로 검출 감도를 갖는 것에 의한 오차를, 신호 처리에 의해 캔슬할 수 있다. 따라서, 시소 구조를 이용한 물리량 센서의 검출 정밀도를 보다 향상시킬 수 있다.

[0038] (12) 본 발명의 물리량 센서의 다른 실시 형태는, 베이스와, 상기 베이스 상에 공극을 개재하여 배치된 요동체를 갖고, 상기 요동체는, 제1 지지부와 제2 지지부를 포함하고, 제1축 상에 배치된 상기 제1 지지부와 상기 제2 지지부에 의해 상기 베이스의 상방에 지지되고, 그리고, 평면에서 볼 때 상기 제1축에 의해 제1 영역과 제2 영역으로 구획되고, 각각의 영역에 가동 전극이 형성되고, 상기 베이스에는, 상기 가동 전극에 대향하여 고정 전극이 형성되고, 상기 제1 영역 및 상기 제2 영역의 적어도 한쪽에는 질량부가 형성되어 있다.

[0039] 본 실시 형태에 의하면, 요동체의 한쪽측의 질량을 다른 한쪽측의 질량보다 무겁게 함으로써 시소 요동시키는

것이 가능해진다. 또한, 질량부를 금속막이나 절연막 등으로 형성함으로써, 질량부를 레이저, 에칭 등으로 깎거나 스퍼터링, 증착 등으로 성막함으로써 질량을 간단히 증감할 수 있기 때문에, 시소 요동의 미조정을 간이하게 할 수 있다.

[0040] (13) 본 발명의 물리량 센서의 다른 실시 형태는, 상기 제1측은, 상기 요동체의 중심을 통과하는 선과 평행이다.

[0041] 본 실시 형태에 의하면, 예를 들면, 요동체의 지지축을 어긋나게 하여 제1 영역이 제2 영역보다도 넓어졌을 경우, 제1 영역에 질량부를 형성하면, 보다 시소 요동이 보다 현저하게 되어, 그에 수반하여 용량의 검출 감도를 향상할 수 있다. 한편, 제2 영역에 질량부를 형성하면, 시소 요동을 억제할 수 있고, 이에 수반하여 요동체를 지지하는 지지부에 과잉의 비틀림이 발생하는 것을 억제할 수 있어, 지지부가 파손되는 것을 방지할 수 있다.

[0042] (14) 본 발명의 전자 기기의 일 실시 형태는, 상기 중 어느 물리량 센서를 갖는다.

[0043] 상기 실시 형태의 물리량 센서를 이용하면, 소형이고 고성능인 전자 기기(복수의 센서를 포함하는 센서 유닛이나, 그 센서 유닛을 탑재하는 보다 상위의 전자 기기(예를 들면 FA 기기 등))를 실현할 수 있다.

[0044] 이와 같이, 본 발명의 적어도 하나의 실시 형태에 의하면, 예를 들면, 패키지를 포함한 물리량 센서의 조립성을 향상할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0045] 도 1(A)~도 1(F)는 물리량 센서의 구조와 동작의 일 예를 나타내는 도면이다.

도 2(A), 도 2(B)는 봉지체의 구조의 일 예를 나타내는 도면이다.

도 3(A)~도 3(D)는 봉지체의 제조 방법의 일 예를 나타내는 도면이다.

도 4(A)~도 4(C)는 검출 회로의 구성예를 나타내는 도면이다.

도 5(A)~도 5(C)는 C/V 변환 회로의 구성과 동작에 대해서 설명하기 위한 도면이다.

도 6은 2개의 상이한 방향의 가속도를 검출할 수 있는 물리량 센서(가속도 센서)의 구성의 일 예를 나타내는 도면이다.

도 7(A), 도 7(B)는 도 6에 나타나는 평면도 및 길이 방향(횡방향)의 단면도를 간소화하여 나타내는 도면이다.

도 8은 제1 방향(X축 방향), 제2 방향(Y축 방향) 및 제3 방향(Z축 방향)의 각각의 용량치의 변화를 검출할 수 있는, 3축 감도를 갖는 물리량 센서의 구성예를 나타내는 평면도이다.

도 9는 2개의 상이한 방향의 가속도를 검출할 수 있는 물리량 센서(가속도 센서)의 구성의 다른 예를 나타내는 도면이다.

도 10은 도 6 및 도 7에 나타나는 구조의 요동체를 2개 사용하여, 상이한 3개의 방향의 가속도를 검출 가능하게 한 가속도 센서의 구성을 나타내는 평면도이다.

도 11(A)~도 11(H)는, 시소 구조를 이용한 물리량 센서의 검출 정밀도를, 보다 향상시키기 위한 신호 처리 방법에 대해서 설명하기 위한 도면이다.

도 12는 도 11에 나타나는 신호 처리 방법을 채용한 물리량 센서의 구성의 일 예를 나타내는 도면이다.

도 13은 물리량 센서(가속도 센서)의 다른 예(도 12의 구성에, 추가로 제1 방향(X축 방향)의 가속도를 검출하기 위한 구성을 추가한 예)를 나타내는 평면도이다.

도 14는 물리량 센서의 구조의 다른 예를 나타내는 도면이다.

도 15(A)~도 15(D)는 물리량 센서의 구조의 다른 예를 나타내는 도면이다.

도 16은 전자 기기의 구성의 일 예를 나타내는 도면이다.

도 17은 전자 기기의 구성의 다른 예를 나타내는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0046] (발명을 실시하기 위한 형태)
- [0047] 이하, 본 발명의 적합한 실시 형태에 대해서 상세하게 설명한다. 또한 이하에 설명하는 본 실시 형태는 특허청구의 범위에 기재된 본 발명의 내용을 부당하게 한정하는 것이 아니고, 본 실시 형태로 설명되는 구성의 모두가 본 발명의 해결 수단으로서 필수라고는 할 수 없다.
- [0048] (제1 실시 형태)
- [0049] 도 1(A)~도 1(F)는, 물리량 센서의 구조와 동작의 일 예를 나타내는 도면이다. 물리량 센서는 관성 센서로서 사용할 수 있으며, 구체적으로는, 예를 들면, 연직 방향(수평면에 수직인 방향)의 가속도(예를 들면 중력 가속도)를 측정하기 위한 가속도 센서(정전 용량형 가속도 센서, 정전 용량형 MEMS 가속도 센서)로서 이용 가능하다.
- [0050] 도 1(A)는, 물리량 센서(패키지를 포함함)의 단면 구조를 나타내고, 도 1(B)는, 가속도 등의 물리량의 검출하기 위한 가변 용량(정전 용량, 검출 용량, 용량 소자)의 평면에서 볼 때에 있어서의 구조의 일 예(가동 전극으로서 요동체를 구성하는 시소 플레이트 자체를 사용하는 예)를 나타내는 평면도로서, 도 1(B)는 도 1(A)에 대응한다. 도 1(C)는, 가변 용량의 평면에서 볼 때에 있어서의 구조의 다른 예(가동 전극으로서 다층 구조체 상에 형성되는 도체층을 사용하는 예)를 나타내는 평면도이다. 도 1(D)~도 1(F)는, 요동체의 시소 동작에 수반하는 가변 용량의 용량치의 변화를 나타내는 도면이다.
- [0051] 도 1(C)의 예는 변형예인 점에서, 우선, 도 1(A) 및 도 1(B)에 나타나는 기본예에 대해서 설명한다.
- [0052] (도 1(A), 도 1(B)에 나타나는 예의 구조에 대해서)
- [0053] 도 1(A)에 나타내는 바와 같이, 물리량 센서(여기에서는, 정전 용량형 가속도 센서라고 함)는, 지지체(100) 및 덮개체(200)에 의해 구성되는 봉지체(250)와, 봉지체(250)의 내부의 공간에 설치되는 요동체(300)와, 요동체(300)를, 지지축(Q1)을 지점(支点)으로 하여 시소 요동 가능하게 양쪽 지지하는 제1 지지부(40a)(도 1(A)에서는 도시하지 않음, 도 1(B), 도 1(C) 참조) 및 제2 지지부(40b)와, 요동체(300)의 시소 요동에 따라서 위치가 변화하는 가동 전극(제1 가동 전극(109a), 제2 가동 전극(109b)), 그리고 베이스(102) 상의, 가동 전극에 대향하는 위치에 설치되는 고정 전극(제1 고정 전극(208a), 제2 고정 전극(208b))을 갖는 가변 용량(제1 가변 용량(c1), 제2 가변 용량(c2))을 포함한다.
- [0054] 또한, 덮개체(200)를 설치하지 않고, 예를 들면, 요동체(300)가 대기에 노출되어 있는 상태로 사용하는 경우도 있을 수 있다. 기밀 봉지 패키지가 필요한 경우에는, 덮개체(200)가 설치된다.
- [0055] 또한, 제1 지지부(40a)는 제1 토션 스프링(비틀림 스프링)으로서 기능하고, 제2 지지부(40b)는 제2 토션 스프링(비틀림 스프링)으로서 기능한다.
- [0056] 제1 지지부(40a)와 제2 지지부(40b)를 토션 스프링으로 함으로써, 요동체(300)가 시소 요동함으로써 스프링에 발생하는 비틀림 변형에 대하여 강한 복원력을 가져, 지지부가 파손되는 것을 방지할 수 있다.
- [0057] 제1 지지부(제1 토션 스프링)(40a) 및 제2 지지부(제2 토션 스프링)(40b)는, 요동체(300)의 회전 중심이 되는 지지축(Q1)의 위치를 결정하는 부재이다. 요동체(300)는, 예를 들면, 제1 지지부(제1 토션 스프링)(40a) 및 제2 지지부(제2 토션 스프링)(40b)의 각각을 개재하여, 지지체(100)(예를 들면 지지체(100)를 구성하는 기판(106)의 틀 형상의 부분) 혹은 덮개체(200)에 고정될 수 있다.
- [0058] 도 1(A)에 나타내는 바와 같이, 본 실시예에서는, 요동체(300)의 무게 중심선(GL)을, 중심선(GL)에 평행하게 소정 거리(d1)만큼 시프트하여 얻어지는 선분(SL) 상에 지지축(Q1)이 형성된다. 또한, 무게 중심선(GL)은, 요동체(300)의 무게 중심(G1)을 통과하는 연직선이며, 도 1(A)에서는, 굵은 일점쇄선으로 나타나 있다. 선분(SL)은 굵은 점선으로 나타나 있다. 도 1(B)에 나타내는 바와 같이, 제1 지지부(제1 토션 스프링)(40a) 및 제2 지지부(제2 토션 스프링)(40b)는, 지지축(Q1)에 겹쳐져 있다. 제1 지지부(제1 토션 스프링)(40a) 및 제2 지지부(제2 토션 스프링)(40b)의 연재 방향은, 지지축(Q1)의 연재 방향에 일치한다.
- [0059] 지지체(100)로서, 예를 들면, SOI(Silicon on Insulator) 기판을 이용할 수 있다(도 1(A) 및 도 1(B)의 예). 또한, 덮개체(200)로서, 실리콘, 유리 등의 기판을 이용할 수 있다. 또한, 도 1(C)에 나타나는 변형예에서는, 지지체(100)(및 덮개체(200))로서 CMOSIC 등의 반도체 제조 기술에 의해 제조되는 다층 구조체를 사용하고 있다.
- [0060] 도 1(A), 도 1(B)에 나타나는 예에서는, 지지체(100)는, 베이스(102)(SOI 기판의 하지(base) 기판이며, 예를 들

면 Si로 이루어짐)와, 베이스(102) 상의 절연층(104)(이 절연층은 불필요한 경우가 있음)과, 절연층(104) 상에 형성되는 기관(106)을 갖는다. 이 기관(106)은, 구체적으로는, 도전성이 부여된 활성층으로 할 수 있다. 이하의 설명에서는, 활성층(106)으로 기재하는 경우가 있다.

[0061] 베이스(102)와 기관(106)과의 사이에는 공극(95)이 형성되어 있다. 또한, 기관(106)의 일부가 제거되어 개구부(97)가 형성되어 있고, 이 개구부(97)에 요동체(300)가 배치되어 있다. 요동체(300)의 주위에 개구부(97)(그리고 공극(95))가 존재함으로써, 요동체(300)는 시소 요동 할 수 있다.

[0062] 요동체(300) 그리고 요동체(300)를 양쪽 지지하는 제1 지지부(40a) 및 제2 지지부(40b)(토션 스프링)는, 절연층(104)이 노출될 때까지 활성층(106)(기관(106))을 드라이 에칭 등으로 에칭하고, 다음으로 절연층(104)을 HF 베이퍼(HF vapor) 등으로 선택적으로 등방성 에칭함으로써 형성된다.

[0063] 제1 지지부(40a) 및 제2 지지부(40b)는, 예를 들면, 활성층(106)(기관(106))의 주위의 틀 형상 부분(도 1에서는 도시하지 않음: 예를 들면 도 6 참조)에 연결된다. 따라서, 요동체(300)는, 지지축(Q1)에 배치된 제1 지지부(40a)와 제2 지지부(40b)에 의해, 기관(활성층)(106)(예를 들면 주위의 틀 형상의 부분)에 지지된다.

[0064] 요동체(300)는 가동 전극(109a, 109b)으로서 기능한다. 요동체(300)가 도전성 재료(불순물이 도핑된 실리콘 등)로 구성됨으로써 가동 전극(109a, 109b)이 형성되어도 좋고, 또한, 요동체(300) 상에 금속 등의 도체층으로 이루어지는 가동 전극(109a, 109b)을 형성할 수도 있다. 도 1의 예에서는, 요동체(300)가 도전성 재료(불순물이 도핑된 실리콘)로 구성됨으로써 가동 전극(109a, 109b)이 형성되어 있다.

[0065] 또한, 베이스(102)의, 가동 전극(109a)에 대향하는 위치에 고정 전극(208a)이 설치되고, 또한, 가동 전극(109b)에 대향하는 위치에 고정 전극(208b)이 설치된다. 또한, 덮개체(200)가 설치되는 경우에는, 덮개체(200)의, 가동 전극(109a)에 대향하는 위치에 고정 전극(208a)을 설치하고, 가동 전극(109b)에 대향하는 위치에 고정 전극(208b)을 설치할 수도 있다.

[0066] 또한, 요동체(300)는, 제1 시소편(제1 영역)(PT1)과, 제2 시소편(제2 영역)(PT2)을 갖는다. 제1 시소편(제1 영역)(PT1)은, 평면에서 볼 때 지지축(Q1)에 의해 구획되는 2개의 부분 중 한쪽(도 1(B)에서는 좌측에 위치하는 부분)에 대응한다. 제2 시소편(제2 영역)(PT2)은, 평면에서 볼 때 지지축(Q1)에 의해 구획되는 2개의 부분 중 다른 한쪽(도 1(B)에서는 우측에 위치하는 부분)에 대응한다.

[0067] 또한, 제1 영역, 제2 영역이라는 용어는, 주로 요동체(300)의 평면에서 볼 때에 있어서의 형상(지지축(Q1)으로 이분되는, 시소편(PT1, PT2)의 각각에 대응하는 영역)이라는 의미로 사용된다. 이하의 설명에서는, 제1 시소편(제1 영역)(PT1), 제2 시소편(제2 영역)(PT2)으로 기재하는 경우가 있다.

[0068] 도 1(B)의 예에서는, 제1 시소편(제1 영역)(PT1)의 두께, 그리고 제2 시소편(제2 영역)(PT2)의 두께는, 모두 DT이다(단, 이것에 한정되는 것이 아니고, 회전 모멘트의 조정을 위해, 각 시소편의 두께를 상이하게 할 수도 있음). 또한, 제1 시소편(제1 영역)과 제2 시소편(제2 영역)의 나열 방향은, 요동체의 장변 방향과 수평(평행)인 방향으로 되어 있다.

[0069] 예를 들면, 연직 방향의 가속도(예를 들면 중력 가속도)가 요동체(300)에 가해졌을 때에, 제1 시소편(제1 영역)(PT1)과 제2 시소편(제2 영역)(PT2)의 각각에 회전 모멘트(힘의 모멘트)가 발생한다. 여기에서, 제1 시소편(제1 영역)(PT1)의 회전 모멘트(예를 들면 시계 반대 방향의 회전 모멘트)와 제2 시소편(제2 영역)(PT2)의 회전 모멘트(예를 들면 시계 방향의 회전 모멘트)가 균형을 이룬 경우에는, 요동체(300)의 기울기에 변화가 발생하지 않아, 가속도의 변화를 검출할 수 없다. 따라서, 예를 들면 연직 방향의 가속도가 가해졌을 때의 제1 시소편(제1 영역)(PT1)의 회전 모멘트와, 제2 시소편(제2 영역)(PT2)의 회전 모멘트가 균형을 이루지 않고, 요동체(300)에 소정의 기울기(허용 범위 내의 기울기)가 발생하도록, 요동체(300)가 설계된다. 예를 들면, 지지축(Q1)을, 요동체(300)의 중심으로부터 벗어난 위치에 배치하는 방법(지지축(Q1)으로부터 각 시소편(PT1, PT2)의 선단까지의 거리를 상이하게 하는 방법)을 채용할 수 있고, 또한, 지지축(Q1)을 요동체(300)의 중심에 배치하고, 그리고 각 시소편(PT1, PT2)의 두께를 상이하게 하는 등의 방법에 의해, 각 시소편(PT1, PT2)의 질량에 차이를 형성하는 방법을 채용할 수도 있지만, 본 실시 형태에서는, 전자의 방법(지지축(Q1)을 요동체(300)의 중심으로부터 벗어난 위치에 배치함으로써, 지지축(Q1)으로부터 각 시소편(PT1, PT2)의 선단까지의 거리를 상이하게 하는 방법)이 채용된다.

[0070] 제1 시소편(제1 영역)(PT1) 및 제2 시소편(제2 영역)(PT2)의, 단면 형상에 있어서의 두께를 동일하게 함(즉, 모두 두께(DT)로 설정함)으로써, 제1 시소편(PT1)과 제2 시소편(PT2)을 동일한 제조 공정으로 제조할 수 있다. 즉, 각 시소편의 두께에 차이를 형성하기 위한 공정(에칭 프로세스 등)이 불필요해져, 제조 공정이 간소화된다는

는 이점이 있다.

- [0071] 제1 시소편(PT1)과 제2 시소편(PT2)의 평면에서 볼 때에 있어서의 형상의 치수(세로 치수, 가로 치수 등)는, 예를 들면, 포토리소그래피용의 마스크 형상을 변경함으로써, 자유롭게 설정할 수 있다. 도 1(B)의 예에서는, 요동체(300)는, 평면에서 볼 때 장방형이 되도록 가공되어 있다. 이하의 설명에서는, 요동체(300)의 길이 방향을 제1 방향(X축 방향)으로 하고, 수평면 내에서 제1 방향에 직교하는 방향(지지축(Q1)의 방향이라고 할 수도 있음)을 제2 방향(Y축 방향)으로 하고, 제1 방향 및 제2 방향에 직교하는 방향(수평면에 직교하는 방향)을 제3 방향(Z축 방향)으로 한다.
- [0072] 또한, 요동체(300)에 설치되는 가동 전극(109)(제1 가동 전극(109a), 제2 가동 전극(109b))은, 요동체(300)의 시소 요동에 따라서 위치가 변화한다. 예를 들면, 도전성을 갖는 요동체(300) 자체를 가동 전극으로 할 수 있고, 또한, 요동체(300) 상이나 요동체 중에, 도전 재료(금속 등)로 이루어지는 전극을 선택적으로 형성하고, 그 전극을, 가동 전극(제1 가동 전극(109a), 제2 가동 전극(109b))으로 할 수도 있다.
- [0073] 도 1(B)의 예에서는, 가변 용량(c1, c2)의 구성 요소인 가동 전극(109)(제1 가동 전극(109a) 및 제2 가동 전극(109b))은, 도전성을 갖는 요동체(300) 자체에 의해 구성된다. 구체적으로는, 도전성의 활성층을 패터닝하여 형성되는 시소 플레이트(불순물이 도입된 실리콘 플레이트)(311)에 의해, 가동 전극(109)((제1 가동 전극(109a), 제2 가동 전극(109b)))이 구성(형성)된다. 즉, 도 1(B)의 예에서는, 가동 전극(109)(제1 가동 전극(109a), 제2 가동 전극(109b))은, 공통 전극에 의해 구성되어 있고, 그 공통 전극은, 공통 전위(기준 전위(VCOM)(예를 들면 GND))에 접속된다. 전극의 공통화에 의해, 전극에 접속되는 배선의 수를 줄일 수 있어, 배선 패턴을 간소화할 수 있다. 또한, 요동체(300)가 전극을 겹하기 때문에, 전극을 별도 형성할 필요가 없어 제조 공정이 간소화된다.
- [0074] 또한, 덮개체(200)도, 지지체(100)와 동일하게, SOI 기판으로 구성해도 좋다.
- [0075] 전술한 바와 같이, 베이스(패키지의 토대가 되는 기판 혹은 기체(基體) 등)(100)와 덮개체(200)에 의해 봉지체가 구성된다. 지지체(100)와 덮개체(200)에 의해 기밀 봉지 패키지를 구성하기 위해, 지지체(100)와 덮개체(200)의 경계 부근에는 시일링 부재(예를 들면 스페이서)(90)가 이용된다.
- [0076] 또한, 베이스(102) 상의 표면에는, 가변 용량(용량 소자)(c1, c2)의 구성 요소인 고정 전극(208)(제1 고정 전극(208a), 제2 고정 전극(208b))이 설치된다. 베이스(102)의 표면에 절연막(도시 생략)을 형성하고, 그 절연막 상에 제1 고정 전극(208a), 제2 고정 전극(208b)을 설치하는 것이 바람직하다. 이 제1 고정 전극(208a), 제2 고정 전극(208b)은, 요동체(300)에 설치되는 가동 전극(109)(제1 가동 전극(109a) 및 제2 가동 전극(109b))에 대응하는 위치(대향하는 위치)에 설치되어 있다. 또한, 제1 고정 전극(208a), 제2 고정 전극(208b)은, 덮개체(200)의 내표면의, 제1 가동 전극(109a) 및 제2 가동 전극(109b)에 대응하는 위치(대향하는 위치) 상에 설치할 수도 있다.
- [0077] 또한, 가동 전극(109)을 공통화함(즉, 제1 영역(PT1)과 제2 영역(PT2)에 걸쳐 설치함)으로써, 전극에 접속되는 배선의 수를 줄일 수 있어, 배선 패턴을 간소화할 수 있다.
- [0078] 도 1(A), 도 1(B)의 예에서는, 제1 가동 전극(109a)과 제2 가동 전극(109b)을 공통화하고 있었지만, 고정 전극(208)(제1 고정 전극(208a)과 제2 고정 전극(208b))을 동일 전위의 공통 전극으로 할 수도 있다(이 경우는, 제1 가동 전극(109a)과 제2 가동 전극(109b)은, 서로 전기적으로 독립한 전극으로서 형성됨). 전술한 바와 같이, 전극의 공통화에 의해, 전극에 접속되는 배선의 수를 줄일 수 있어 배선 패턴을 간소화할 수 있다.
- [0079] 또한, 제1 가동 전극(109a) 및 제2 가동 전극(109b)에 대향하도록 개별적으로 고정 전극을 설치함으로써, 차동 용량의 값을 정밀도 좋게 검출할 수 있다.
- [0080] 다음으로, 도 1(C)에 나타나는 변형예에 대해서 설명한다. 도 1(C)의 예에서는, 다층 배선 구조를 갖는 반도체 기판(이들을 총칭하여 다층 구조체라고 할 수 있음)에 의해 요동체(300)를 구성하고 있다. 즉, 반도체 기판(도 1(A)의 참조 부호 102에 상당함) 상에, CMOSIC 프로세스에 의해, 복수층의 절연층(층간 절연층을 포함함)이 적층 형성된 다층 구조체가 형성된다. 도 1(C)의 예에서는, 최상층의 절연층(107) 상에, 공통 전위(VCOM: 여기에서는 GND)용의 전극이 되는 금속층(111)이 형성되어 있다. 도 1(C)의 예에서는, 반도체 제조 기술(다층 배선 기판 기술 등)에 의해, 가동 전극(109)(제1 가동 전극(109a), 제2 가동 전극(109b))을, 무리없이 형성할 수 있다.
- [0081] 이상의 예 외에, 여러 가지의 변형예를 생각할 수 있다. 변형예의 일 예가, 도 14에 나타난다. 도 14는, 물리

량 센서의 구조의 다른 예를 나타내는 도면이다.

- [0082] 도 14에 나타나는 예에서는, 제1 지지부(40a)의 위치와 제2 지지부(40b)의 위치가 상이하다(요동체의 길이 방향으로 소정 거리 어긋나 있음). 이 경우, 제1 지지부(40a)와 제2 지지부(40b)를 잇는 지지축(Q1)(도면 중, 2점 쇄선으로 나타남)은 비스듬해지고, 요동체(300)는, 평면에서 볼 때, 지지축(Q1)에 의해 제1 영역(제1 시소편)(PT1)과 제2 영역(제2 시소편)(PT2)으로 구획된다. 또한, 이 경우에 있어서, 제1 영역(PT1)과 제2 영역(PT2)의 나열 방향은, 요동체의 장변 방향과 수평(평행)인 방향이 된다.
- [0083] 여기에서, 도 1로 되돌아가 설명을 계속한다. 다음으로, 요동체(300)의 요동 동작과 그 요동 동작에 수반되는 가변 용량의 용량치의 변화에 대해서 설명한다. 이하, 도 1(D)~도 1(F)을 참조한다. 또한, 도 1(D)~도 1(F)에서는, 제1 고정 전극(208a), 제2 고정 전극(208b)은, 설명의 편의상, 요동체(300)의 상측에 기재되어 있다.
- [0084] 도 1(D)에서는, 요동체(300)는, 수평 상태를 유지하고 있다(이 상태는, 중력 가속도가 없는 상태(무중력 상태)에 대응함). 도 1(D)에 나타내는 바와 같이, 가변 용량으로서 제1 가변 용량(c1) 및 제2 가변 용량(c2)이 설치되어 있다. 제1 가변 용량(c1)은, 제1 시소편(PT1)의 시소 요동에 따라서 위치가 변화하는 제1 가동 전극(109a)과, 덮개체(200)의, 제1 가동 전극(109a)에 대향하는 위치에 설치되는 제1 고정 전극(208a)을 갖는다. 또한, 제2 가변 용량(c2)은, 제2 시소편(PT2)의 시소 요동에 따라서 위치가 변화하는 제2 가동 전극(109b)과, 덮개체(200)의, 제2 가동 전극(109b)에 대향하는 위치에 설치되는 제2 고정 전극(208b)을 갖는다.
- [0085] 가변 용량(검출 용량)으로서 제1 가변 용량(c1) 및 제2 가변 용량(c2)을 사용하면, 가속도의 크기뿐만 아니라, 가속도의 방향도 검출할 수 있다는 이점이 있다(단, 이것으로 한정되는 것은 아님).
- [0086] 도 1(D)에 있어서, 지지축(Q1)으로부터, 제1 시소편(PT1)의 선단까지의 거리는 T10이며, 지지축(Q1)으로부터, 제2 시소편(PT2)의 선단까지의 거리는 T20(>T10)이다. 따라서, 도 1(D)의 예에서는, 예를 들면, 연직 하향으로 가속도가 발생했을 때, 제1 시소편(PT1)에 발생하는 회전 모멘트보다도, 제2 시소편(PT2)에 발생하는 회전 모멘트가 커, 요동체(300)는 시계 방향으로 회전하게 된다. 이하, 도 1(E) 및 도 1(F)을 참조하여 구체적으로 설명한다.
- [0087] 도 1(E) 상태에서는, 요동체(300)에, 예를 들면, 중력 가속도(G)1(=1G)가 가해진다. 이것에 수반하여, 요동체(300)(제1 시소편(PT1) 및 제2 시소편(PT2))은 시계 방향으로 회전하여, 요동체(300)에 기울기가 발생한다. 요동체(300)의 시소 요동에 의해, 제1 가변 용량(c1)의 전극간 거리가 축소되고, 그 결과, 제1 가변 용량(c1)의 용량치(C1)가 증대된다. 한편, 제2 가변 용량(c2)의 용량치(C2)는, 전극간 거리의 확대에 의해 감소된다. 이와 같이, 도 1(E)의 예에서는, 차동 검출 출력력을 얻을 수 있다. 2개의 출력 신호의 각각의 변화의 정도에 의해, 중력 가속도(G)1의 값(=1G)을 검출할 수 있다. 또한, 2개의 출력 신호의 각각의 변화의 방향에 의해, 가속도의 방향(연직 하향)을 특정할 수 있다.
- [0088] 도 1(F) 상태에서는, 중력 가속도(=1G)가 요동체(300)에 가해지고 있는 상태에서, 요동체(300)에, 추가로 연직 상향의 가속도(G2)가 가해진다. 이 경우는, 요동체(300)(제1 시소편(PT1) 및 제2 시소편(PT2))은 시계 반대 방향으로 회전하여, 요동체(300)에, 도 1(E)의 경우와는 반대의 기울기가 발생한다. 요동체(300)의 시소 요동에 의해, 제1 가변 용량(c1)의 전극간 거리가 확대되고, 그 결과, 제1 가변 용량(c1)의 용량치(C1)는 감소된다. 한편, 제2 가변 용량(c2)의 용량치(C2)은, 전극간 거리의 축소에 의해 증대된다.
- [0089] 도 1(E) 상태에서 얻어지는 검출 신호(즉, 중력 가속도의 크기와 방향)를 기준으로 하여, 도 1(F) 상태에 있어서의 검출 신호를 판정함으로써, 도 1(F) 상태에서, 어느 방향으로 어느 정도의 가속도가 작용하고 있는지를 검출할 수 있다. 즉, 도 1(F) 상태에서 얻어지는 2개의 출력 신호(차동 신호)에 기초하여, 2개의 출력 신호의 각각의 변화의 정도에 의해, 가해진 가속도(G2)의 값을 검출할 수 있다. 또한, 2개의 출력 신호의 각각의 변화의 방향을 검출함으로써, 가속도(G2)의 방향(연직 상향)을 특정할 수 있다.
- [0090] 예를 들면, 연직 방향의 가속도를 측정하는 경우에는, 물리량 센서의 봉지체(패키지)를 구성하는 지지체(100)의 주면(저면)은, 예를 들면, 패키지가 부착되는 전자 부품 등이 갖는 수평면 상에 고정된다. 예를 들면, 중력 가속도가 가해지면, 회전 모멘트에 의해 요동체(300)의 기울기가 변화하고, 이에 수반하여 가변 용량(c1, c2)의 용량치가 변화한다. 따라서, 예를 들면 중력 가속도를, 가변 용량(정전 용량 소자)의 용량치의 변화를 나타내는 전기 신호로서 검출할 수 있다.
- [0091] 전술한 바와 같이, 물리량 센서는, 가속도 센서나 자이로(gyro) 센서 등의 관성 센서로서 사용할 수 있고, 구체적으로는, 예를 들면, 연직 방향(수평면에 수직인 방향)의 가속도(예를 들면 중력 가속도)를 측정하기 위한 정

전 용량형 가속도 센서로서 사용할 수 있다. 연직 방향의 가속도를 측정하는 경우에는, 물리량 센서의 봉지체(패키지)를 구성하는 베이스의 주면(저면)은, 예를 들면, 패키지가 부착되는 전자 부품 등이 갖는 수평면 상에 고정된다. 예를 들면, 중력 가속도가 가해지면, 회전 모멘트에 의해 요동체(300)의 기울기가 변화하고, 이에 수반하여 가변 용량(c_1 , c_2)의 용량치가 변화한다. 따라서, 예를 들면 중력 가속도의 크기와 방향을, 가변 용량(c_1 , c_2)의 용량치의 변화를 나타내는 상기 신호에 의해 검출할 수 있다.

[0092] 도 1(A)~도 1(F)에 나타나는 예에 의하면, 예를 들면, 지지체(100) 상에, 제1 지지부(제1 토션 스프링)(40a) 및 제2 지지부(제2 토션 스프링)(40b)에 의해 시소 요동이 자유롭게 지지되는 요동체(300)를 설치하고, 소정 위치에 덮개체(200)를 올려놓고, 지지체(100)와 덮개체(200)를 예를 들면 봉지재(접착재 등)에 의해 봉지함으로써, 봉지체(예를 들면 기밀 봉지 패키지)를 효율적으로 형성할 수 있다. 이때, 덮개체(200)가 지지체(100) 상에 고정됨으로써, 가변 용량(c_1 , c_2)의 구성 요소인 고정 전극(208a, 208b)의 위치도 자동적으로 위치 결정되어, 시소식(式)의 물리량 센서가 자동적으로 형성된다.

[0093] 또한, 덮개체(200)의 주면이 수평이 되도록 고정함으로써, 지지체(100)의 표면과 덮개체(200)의 주면(내표면을 포함함)과의 평행성도 확보되는 점에서, 평행 평판 콘덴서(가변 용량)(c_1 , c_2)의 전극간의 거리(요동체(300)가 수평 상태일 때의 거리)도 정밀도 좋게 결정된다. 따라서, 봉지체(패키지)를 포함한 물리량 센서의 조립성을 향상할 수 있다.

[0094] (봉지체의 봉지 구조의 예)

[0095] 도 2(A), 도 2(B)는, 봉지체의 구조의 일 예를 나타내는 도면이다. 도 2(A)는 봉지체의 전체 구성을 나타내는 사시도이며, 도 2(B)는, 베이스와 덮개체와의 접속부의 단면 구조의 일 예를 나타내는 도면이다.

[0096] 도 2(A)에 나타내는 바와 같이, 지지체(100) 상에 덮개체(200)가 고정되고, 봉지체(여기에서는 기밀 봉지 패키지)(250)가 형성된다. 베이스(BS1)의 표면에는 패드(외부 접속 단자)(PA)와, 검출 회로(13)와, 배선(EL) 그리고 배선(IL)이 설치되어 있다. 봉지체 내부에 설치되는 가변 용량(c_1 , c_2 등)과 검출 회로(13)는 배선(IL)을 통하여 접속된다. 또한, 검출 회로(13)와 패드(PA)는 배선(EL)에 의해 접속된다. 또한, 봉지체 내부에, 복수의 센서가 탑재되는 경우에는, 각 센서의 출력 신호가, 배선(IL)을 경유하여 검출 회로(13)에 도출된다. 또한, 도 2(A)의 예에서는, 베이스(BS1) 상에, 검출 회로(신호 처리 회로를 포함함)(13)가 탑재되어 있다(단, 이것은 일 예이며, 이 예로 한정되는 것은 아님). 베이스(BS1) 상에 검출 회로(13)를 탑재함으로써, 예를 들면, 신호 처리 기능을 구비한, 고기능의 관성 센서(MEMS 관성 센서)를 실현할 수 있다.

[0097] 다음으로, 도 2(B)를 참조하여, 베이스와 덮개체와의 접속부의 단면 구조에 대해서 설명한다. 앞서 설명한 바와 같이, 지지체(100)는, 실리콘 기판(하지 기판)(102)과, 절연층(104)과, 활성층(106)을 갖고 있다. 활성층(106)은, 예를 들면, 불순물이 도프된 실리콘층(121)과, 2층의 절연층(123, 125)을 포함한다.

[0098] 한편, 덮개체(200)는, 예를 들면, 유리 기판(단층)에 의해 구성할 수 있고 또한, 예를 들면, 표면에 절연막이 형성된 실리콘 기판(단층)에 의해 형성할 수도 있다. 또한, 덮개체 측에도 다른 센서 소자를 구성하거나, 혹은, 다른 회로를 형성할 때에는, 덮개체(200)를 구성하기 위해, 지지체(100)와 동일한 구성을 갖는 SOI 기판을 사용할 수도 있다.

[0099] 봉지체 내부에 설치되어 있는 가변 용량으로부터 인출된 배선(Me1)(1층째 배선)은, 콘택트 플러그(Me2), 2층째 배선(Me3), 콘택트 플러그(Me4), 3층째 배선(Me5), 산 형상으로 부풀어오른 형상을 갖는 배선(Me6)을 통하여, 지지체(100) 상에 설치되는 배선(Me7)에 접속된다. 또한, 도 2(B)에 있어서, 참조 부호 191은, 스페이스 부재(예를 들면, 수지 재료)이다. 스페이스 부재(191)가 설치됨으로써, 지지체(100)와, 지지체(100) 상에 마운트되는 덮개체(200)와의 평행도를, 보다 정밀도 좋게 유지할 수 있다. 또한, 참조 부호 193은 접착 필름이다. 스페이스(191) 및 접착 필름(193)은, 봉지재(90)로서의 역할을 수행한다.

[0100] (봉지체의 제조 방법의 일 예)

[0101] 도 3(A)~도 3(D)는, 봉지체의 제조 방법의 일 예를 나타내는 도면이다. 이 예에서는, 2매의 SOI 기판을 접합하여 봉지체를 제조한다.

[0102] 도 3(A)에 나타내는 바와 같이, 지지체(100)가 되는 SOI 기판을 준비한다. 또한, 베이스(102) 상에는, 고정 전극(208a, 208b)으로서의 금속층이 형성되어 있다(도 3(D) 참조, 도 3(A)~도 3(C)에서는 도시 생략).

[0103] 활성층(기판)(106)은, 도 3(A)의 하측에 일점쇄선으로 둘러싸서 나타내는 바와 같이, 실리콘 단결정(121)과, 실리콘 단결정(121) 상에 형성되는 다층 구조(복수층의 절연층(123, 125)을 갖고, 추가로 도체층(Me1~Me6) 등을

갖는 경우도 있음)를 포함한다. 실리콘 단결정(121)에는, 불순물(예를 들면 N형 불순물인 As 등)이 고농도로 도핑되어 있다. 따라서, 실리콘 단결정(121)(제1 시소편(PT1), 제2 시소편(PT2)) 자체를, 가동 전극(도 1에 나타나는 참조 부호 109a, 109b)으로서 사용할 수 있다.

[0104] 다음으로, 도 3(B)에 나타내는 바와 같이, 활성층(기관)(106)을 포토리소그래피에 의해 패터닝하여, 요동체(300)(제1 시소편(PT1)과 제2 시소편(PT2)), 그리고 제1 지지부(40a), 제2 지지부(40b)를 형성한다.

[0105] 다음으로, 도 3(C)에 나타내는 바와 같이, HF 베이퍼 혹은 웨트 에칭에 의해 희생층인 절연층(104b)을 제거한다. 이에 따라, 요동체(300)의 주위에 공동부(空洞部; 350)(도 1에 나타낸 공극(95) 그리고 개구부(97))를 포함함)가 형성된다. 요동체(300)는, 공동부(350) 상에 있어서, 제1 지지부(40a)(제1 토션 스프링) 및 제2 지지부(40b)(제2 토션 스프링)에 의해 시소 요동 가능하게 지지된다.

[0106] 다음으로, 도 3(D)에 나타내는 바와 같이, 덮개체(200)를, 지지체(100)로서의 SOI 기관 상에, 봉지재(90)를 통하여 마운트한다. 또한, 베이스(102) 상에는, 제1 고정 전극(208a) 그리고 제2 고정 전극(208b)(모두, Al 등의 금속층으로 이루어짐)이 형성되어 있다. 제1 고정 전극(208a) 그리고 제2 고정 전극(208b)은, 활성층(106) 상(최상층의 절연층 상)의, 가동 전극으로서의 제1 시소편(PT1) 및 제2 시소편(PT2)의 각각에 대향하는 위치에 설치되어 있다.

[0107] 또한, 도 3(D)에 나타내는 바와 같이, 가동 전극으로서의 제1 시소편(PT1) 및 제2 시소편(PT2)은, 예를 들면, 도 3(D) 아래 형태로 나타내는 바와 같이, 전극체로서의 Si 단결정(121)과, Si 단결정 상에 형성되는 2층의 절연층(예를 들면 CVD SiO₂층)(123, 125)을 포함한다. 절연층(123, 125)은, 콘텐서의 유전체막으로서 기능하고, 또한, 가동 전극의 보호막(가동 전극과 고정 전극이 만일 접촉했을 때에, 각 전극의 파손을 방지하는 등이 역할을 수행함)으로도 기능한다.

[0108] (제2 실시 형태)

[0109] 본 실시 형태에서는, 검출 회로의 구성예에 대해서 설명한다. 도 4(A)~도 4(C)는, 검출 회로의 구성예를 나타내는 도면이다. 검출 회로(13)는, 우선 도 2(A)를 이용하여 설명한 바와 같이, 예를 들면 지지체(100) 상의 빈 스페이스에 설치되고, 그리고, 신호 처리 회로(10)를 내장한다. 도 4(A)의 예에서는, 물리량 센서(여기에서는 정전 용량형 가속도 센서로 함)에 포함되는 제1 가변 용량(c1), 제2 가변 용량(c2)은, 공통의 접지 전극인 고정 전극(208)과, 제1 가동 전극(109a) 및 제2 가동 전극(109b)을 갖고 있다.

[0110] 검출 회로(13)는, 신호 처리 회로(10)와 CPU(28)와, 인터페이스 회로(30)를 갖는다. 신호 처리 회로(10)는, C/V 변환 회로(용량치/전압 변환 회로)(24)와, 아날로그 교정 및 A/D 변환 회로(26)을 갖는다. 단, 이 예는 일 예이며, 신호 처리 회로(10)는, 추가로 CPU(28)나 인터페이스 회로(I/F)(30)를 포함하는 것도 가능하다.

[0111] 도 4(B)의 예에서는, 제1 가변 용량(c1), 제2 가변 용량(c2)은, 제1 고정 전극(208a) 및 제2 고정 전극(208b)과, 공통의 접지 전극인 가동 전극(109)을 갖고 있다. 검출 회로(13)의 구성은, 도 4(A)의 예와 동일하다. 또한, 도 4(C)의 예에서는, 제1 가변 용량(c1) 및 제2 가변 용량(c2)은, 접지 전위인 제1 고정 전극(208a) 및 제2 고정 전극(208b)과, 제1 가동 전극(109a) 및 제2 가동 전극(109b)을 갖고 있다. 검출 회로(13)의 구성은, 도 4(A)의 예와 동일하다.

[0112] (C/V 변환 회로의 구성예)

[0113] 여기에서, 도 5(A)~도 5(C)를 이용하여, C/V 변환 회로(C/V 변환 앰프)의 구성과 동작의 일 예에 대해서 설명한다. 도 5(A)~도 5(C)는, C/V 변환 회로의 구성과 동작에 대해서 설명하기 위한 도면이다.

[0114] 도 5(A)는, 스위치드 커패시터(switched capacitor)를 이용한 C/V 변환 앰프(차지(charge) 앰프)의 기본 구성을 나타내는 도면이며, 도 5(B)는, 도 5(A)에 나타나는 C/V 변환 앰프의 각부의 전압 파형을 나타내는 도면이다.

[0115] 도 5(A)에 나타내는 바와 같이, 기본적인 C/V 변환 회로(24)는, 제1 스위치(SW1) 및 제2 스위치(SW2)(가변 용량(c1)(또는 c2)와 함께 입력부의 스위치드 커패시터를 구성함)와, 오피 앰프(OPA)(1)와, 귀환 용량(적분 용량)(Cc)과, 귀환 용량(Cc)을 리셋하기 위한 제3 스위치(SW3)와, 오피 앰프(OPA)(1)의 출력 전압(Vc)을 샘플링하기 위한 제4 스위치(SW4)와, 홀딩 용량(holding capacitance; Ch)을 갖고 있다.

[0116] 또한, 도 5(B)에 나타내는 바와 같이, 제1 스위치(SW1) 및 제3 스위치(SW3)는 동상(同相)의 제1 클럭으로 온/오프가 제어되며, 제2 스위치(SW2)는, 제1 클럭과는 역상(逆相)의 제2 클럭으로 온/오프가 제어된다. 제4 스위치

(SW4)는, 제2 스위치(SW2)가 온 되어 있는 기간의 최후에 있어서 짧게 온 된다. 제1 스위치(SW1)가 온 되면, 가변 용량($c1(c2)$)의 양단에는, 소정의 전압(V_d)이 인가되고, 가변 용량($c1(c2)$)에 전하가 축적된다. 이때, 귀환 용량(C_c)은, 제3 스위치가 온 상태인 점에서, 리셋 상태(양단이 쇼트된 상태)이다. 다음으로, 제1 스위치(SW1) 및 제3 스위치(SW3)가 오프되어, 제2 스위치(SW2)가 온 되면, 가변 용량($c1(c2)$)의 양단은 모두 접지 전위가 되기 때문에, 가변 용량($c1(c2)$)에 축적되어 있던 전하가, 오피 앰프(OPA)(1)를 향하여 이동한다. 이때, 전하량이 보존되기 때문에, $V_d \cdot C1(C2) = V_c \cdot C_c$ 가 성립되고, 따라서, 오피 앰프(OPA)(1)의 출력 전압(V_c)은, $(C1/C_c) \cdot V_d$ 가 된다. 즉, 차지 앰프의 게인(gain)은, 가변 용량($c1$ (혹은 $c2$))의 용량치($C1$ 또는 $C2$)와, 귀환 용량(C_c)의 용량치와의 비(比)에 의해 결정된다. 다음으로, 제4 스위치(샘플링 스위치)(SW4)가 온 되면, 오피 앰프(OPA)(1)의 출력 전압(V_c)이, 홀딩 용량(Ch)에 의해 보지(保持)된다. 보지된 전압이 V_o 이며, 이 V_o 가 차지 앰프의 출력 전압이 된다.

[0117] 앞서 설명한 바와 같이, C/V 변환 회로(24)는, 실제로, 2개의 가변 용량(제1 가변 용량($c1$), 제2 가변 용량($c2$))의 각각으로부터의 차동 신호를 받는다. 이 경우에는, C/V 변환 회로(24)로서, 예를 들면, 도 5(C)에 나타나는 바와 같은, 차동 구성의 차지 앰프를 사용할 수 있다. 도 5(C)에 나타나는 차지 앰프에서는, 입력단(段)에 있어서, 제1 가변 용량($c1$)으로부터의 신호를 증폭하기 위한 제1 스위치드 커패시터 앰프(SW1a, SW2a, OPA1a, Cca, SW3a)와, 제2 가변 용량($c2$)으로부터의 신호를 증폭하기 위한 제2 스위치드 커패시터 앰프(SW1b, SW2b, OPA1b, Ccb, SW3b)가 설치된다. 그리고, 오피 앰프(OPA)(1a 및 1b)의 각 출력 신호(차동 신호)는, 출력단에 설치된 차동 앰프(OPA2, 저항 $R1 \sim R4$)에 입력된다.

[0118] 이 결과, 증폭된 출력 신호(V_o)가, 오피 앰프(OPA)(2)로부터 출력된다. 차동 앰프를 이용함으로써 베이스 노이즈(동상 노이즈)를 제거할 수 있다는 효과가 얻어진다. 또한, 이상 설명한 C/V 변환 회로(24)의 구성에는 일 예이며, 이 구성으로 한정되는 것은 아니다.

[0119] (제3 실시 형태)

[0120] 본 실시 형태에서는, 2개의 상이한 방향의 가속도를 검출할 수 있는 정전 용량형 센서의 일 예에 대해서 설명한다. 이하의 설명에서는, 정전 용량형 가속도 센서에 대해서 설명한다.

[0121] 본 실시 형태에서는, Z축 방향의 가속도를, 요동체의 시소 요동에 의한, Z축 방향의 가속도 검출용의 가변 용량의 용량치 변화에 기초하여 검출한다. 또한, 요동체에는, 또한, X축 방향 또는 Y축 방향의 가속도 검출용의 가변 용량이 부가되어 있어, 이 X축 방향 또는 Y축 방향의 가속도 검출용의 가변 용량의 용량치 변화에 기초하여, X축 방향 또는 Y축 방향의 가속도를 검출할 수 있다.

[0122] 도 6은, 2개의 상이한 방향의 가속도를 검출할 수 있는 가속도 센서의 구성의 일 예를 나타내는 도면이다. 도 6에는, 지지체(100)와 덮개체(200)에 의해 구성되는 봉지체의 평면도와, 길이 방향(횡방향)의 단면도, 길이 방향에 직교하는 방향(종방향)의 단면도가 나타나 있다. 길이 방향(횡방향)의 단면도는, 평면도의 A-A선을 따르는 단면도이다. 길이 방향에 직교하는 방향(종방향)의 단면도는, 평면도의 B-B선을 따르는 단면도면이다.

[0123] 도 6의 평면도에 있어서, 덮개체(200)는, 굽은 선의 일점쇄선으로 나타나 있다. 또한, 도 6의 평면도에서는, 전극, 배선 그리고 패드(외부 접속 단자)의 배치에도 기재되어 있다.

[0124] 우선, 3차원 공간에 있어서의 방향을 정의하여, 가속도 센서에 있어서의 각부의 연재 방향이나, 가변 용량을 구성하는 가동 전극의 변위의 방향을 명확화한다. 즉, 요동체(300)가 수평인 상태일 때의, 수평면(요동체(300)의 주면이 포함되는 면이라고 할 수도 있음) 내에 있어서의 요동체의 길이 방향을 제1 방향(X축 방향)으로 한다. 수평면 내에 있어서의 제1 방향(X축 방향)에 직교하는 방향(즉, 상기의 수평면에 직교하는 방향)을 제2 방향(Y축 방향)으로 하고, 제1 방향(X축 방향) 및 제2 방향(Y축 방향)의 각각에 직교하는 방향을 제3 방향(Z축 방향)으로 한다. 또한, X축 방향에는, 정(正)의 X축 방향(+X) 및 부(負)의 X축 방향(-X)이 포함된다. 이 점에 대해서는, Y축 방향 그리고 Z축 방향에 대해서도 동일하다.

[0125] 도 6의 예에서는, 도 1의 예와 동일하게, 요동체(300)는, 제1 지지부(40a) 및 제2 지지부(40b)에 의해, 시소 요동이 자유롭게 양쪽 지지된다. 제1 지지부(40a)는, 제2 방향(Y축 방향)으로 연재하는 제1 토션 스프링에 의해 구성되고, 제2 지지부(40b)는, 제2 방향(Y축 방향)으로 연재하는 제2 토션 스프링에 의해 구성된다. 제1 토션 스프링(제1 지지부)(40a)의 일단은 요동체(300)에 연결(고정)되고, 그리고 제1 토션 스프링(40a)의 타단은 지지체(100) 또는 덮개체(200)에 연결(고정)된다. 제2 토션 스프링(제2 지지부)(40b)도 동일하게, 그 일단은 요동체(300)에 연결(고정)되고, 그리고 제2 토션 스프링(40b)의 타단은, 지지체(100) 또는 덮개체(200)에 연결(고정)된다. 또한, 제1 토션 스프링(40a) 및 제2 토션 스프링(40b)의 각각은, 제2 방향(Y축 방향)으로 연

재한다. 예를 들면, 제1 토션 스프링(40a) 및 제2 토션 스프링(40b)의 각각은, 평면에서 볼 때, 요동체(300)의 지지축(Q1)에 겹쳐지도록, 제2 방향(Y축 방향)으로 연재되어 설치된다.

[0126] 요동체(300)의 시소 요동에 의해, 가변 용량(c1, c2)을 구성하는 제1 가동 전극(109a) 및 제2 가동 전극(109b)(도 6의 예에서는, 요동체 자체가 공통 전위의 가동 전극으로서 기능함)과, 제1 고정 전극(208a) 및 제2 고정 전극(208b)과의 사이의, 제3 방향(Z축 방향)의 거리(전극간 거리)가 변화된다. 즉, 요동체(300)의 시소 요동을 이용하여, Z축 방향(연직 방향)의 가속도(중력 가속도)를 검출할 수 있다.

[0127] 도 6의 예에서는, 요동체(300)에는, 추가로 제2 방향(Y축 방향)의 가속도를 검출하기 위한 정전 용량(제3 용량(c3) 및 제4 용량(c4))이 설치되어 있다. 제3 용량(c3) 및 제4 용량(c4)은 빗살 전극에 의해 구성된다. 이하, 구체적으로 설명한다.

[0128] 도 6에 나타내는 바와 같이, 요동체(300)는, 또한, 제1 지지부로서의 제1 토션 스프링(40a) 및 제2 지지부로서의 제2 토션 스프링(40b)의 각각에 연결되는 틀체(310)와, 제2 방향(Y축 방향)으로 변위 가능한 제2 방향 변위용 스프링(연결부라고 하기도 함)(1a, 1b, 1c, 1d)을 통하여 틀체(310)에 연결됨과 함께, 주위에 공동부(350)가 형성되어 있는 가동 추부(313)와, 틀체(310)로부터 공동부(350)(혹은 가동 추부(313))를 향하여 돌출 형성된 고정 전극부(제1 아암 형상 전극부라고 하는 경우가 있음)(2a, 2b, 2c, 2d)와, 가동 추부(313)로부터 요동체(300)(의 틀체(310))를 향하여 돌출되어 형성되어, 가동 추부(313)와 일체적으로 변위됨과 함께, 고정 전극부(제1 아암 형상 전극부)(2a, 2b, 2c, 2d)에 대향하는 가동 전극부(제2 아암 형상 전극부라고 하는 경우가 있음)(3a, 3b, 3c, 3d)를 갖는다. 고정 전극부(2a, 2b, 2c, 2d) 그리고 가동 전극부(3a, 3b, 3c, 3d)는, 각각이 빗살 전극을 구성하고, 각각의 전극은, 제1 방향(X축 방향)으로 연재된다.

[0129] 즉, 요동체(300)는 개구부(97)(예를 들면, 에칭에 의해 기판으로서의 활성층(106)이 제거되어 형성됨)를 갖고, 그 개구부(97)에, 가동 추부(313)가 배치되어 있다. 또한, 가동 추부(313)와 요동체(300)를 연결하는 연결부(제2 방향 변위용의 스프링부 혹은 탄성 변형부)(1a, 1b, 1c, 1d)가 형성되어 있다. 또한, 요동체(300)(의 틀체(310))로부터 가동 추부(313)를 향하여 돌출되어 형성된 제1 아암 형상 전극부(고정 전극부(2a, 2b, 2c, 2d)와, 가동 추부(313)로부터 요동체(300)를 향하여 돌출되어 형성됨과 함께, 제1 아암 형상 전극부(고정 전극부)(2a, 2b, 2c, 2d)에 대향하는 제2 아암 형상 전극부(가동 전극부)(3a, 3b, 3c, 3d)를 갖는다.

[0130] 또한, 제2 방향 변위용 스프링(1a, 1b, 1c, 1d)의 각각은, 아이솔레이션 영역(IS01, IS04, IS05, IS08)의 각각에 의해, 틀체(310)로부터 전기적으로 분리되어 있다. 마찬가지로 고정 전극부(2a, 2b, 2c, 2d)의 각각은, 아이솔레이션 영역(IS02, IS03, IS06, IS07)의 각각에 의해, 틀체(310)로부터 전기적으로 분리되어 있다. 아이솔레이션 영역(IS01~IS08)의 각각은, 예를 들면, 실리콘 단결정에 부분적으로 형성된 오목부에, SiO₂ 등의 절연막을 매입함으로써 형성되어 있다.

[0131] 제2 방향(Y축 방향)의 가속도에 의해, 제2 방향 변위용 스프링(1a, 1b, 1c, 1d)이 제2 방향(Y축 방향)으로 변위하면, 고정 전극부(2a, 2b, 2c, 2d) 그리고 가동 전극부(3a, 3b, 3c, 3d)와의 사이의 거리(전극간 거리)가 변화되어, 제3 용량(c3) 및 제4 용량(c4)의 용량치가 변화된다. 이 용량치의 변화를, 미소한 전기 신호(전류 신호)의 변화로서 검출함으로써, 제2 방향(Y축 방향)의 가속도를 검출할 수 있다.

[0132] 또한, 제2 방향 변위용 스프링(1a, 1b, 1c, 1d)은, 예를 들면, 제1 방향(X축 방향)으로 직선 형상으로 연재하는 막대 형상의 스프링이다. 제2 방향 변위용 스프링(1a, 1b, 1c, 1d)은, 예를 들면, SOI 기판의 활성층을 구성하는 실리콘 단결정(그리고 층간 절연막이나 금속막 등을 포함하는 다층 구조체)을 패터닝하여 형성할 수 있다. 실리콘 단결정이나 다층 구조체는, 어느 정도의 탄성(그리고 어느 정도의 강성(剛性))을 갖는 점에서, 막대 형상으로 패터닝함으로써, 탄성 변형 부재(탄성 스프링)로서 사용할 수 있다. 요동체(300)의 제조 방법으로서, 도 3(A), 도 3(B)에 나타난 방법을 채용할 수 있다.

[0133] 이러한 구조를 가짐으로써, 요동체(300)는, 제3 방향(Z축 방향)의 변위를 검출하기 위한 제3 방향 검출 플레이트로서의 역할 외에, 제2 방향(Y축 방향)의 변위를 검출하기 위한 제2 방향의 검출 플레이트로서의 역할도 수행한다. 이에 따라, 1개의 요동체(300)를 이용하여, 다른 2개의 방향의 변위의 각각에 대응한 정전 용량의 변화를 검출할 수 있다. 이에 따라, 예를 들면, 상이한 2개의 방향(제3 방향과 제2 방향)의 가속도를 검출하는 것이 가능한, 소형이고 그리고 고기능인 가속도 센서가 실현된다.

[0134] 다음으로, 패드 및 배선의 배치에 대해서 설명한다. 지지체(100)의 주변에는, 제1 패드(PA1)~제5 패드(PA5)가 설치되어 있다. 제1 패드(PA1)는, 공통 전위(VCOM(GND))를 공급하기 위한 패드이다. 제2 패드(PA2)는, 제1 가변 용량(c1)으로부터 얻어지는, Z축 방향의 제1 검출 출력(VZ1)을 외부로 도출하기 위한 패드이다. 제2 패드

(PA2) 대신에, 검출 회로(13)(도 2(A) 참조)를 설치하고, 가변 용량(c1)으로부터 얻어지는, Z축 방향의 제1 검출 출력(VZ1)을 검출 회로(13)에 입력하는 구성으로 해도 좋다. 이 점에 대해서는, 다른 검출 신호에 대해서는 동일하다.

[0135] 제3 패드(PA3)는, 제2 방향(Y축 방향)의 가속도를 검출하기 위한 제3 용량(c3)으로부터 얻어지는, Y축 방향의 제1 검출 출력(VY1)을 외부로 도출하기 위한 패드이다. 제4 패드(PA4)는, 제2 방향(Y축 방향)의 가속도를 검출하기 위한 제4 용량(c4)으로부터 얻어지는, Y축 방향의 제2 검출 출력(VY2)을 외부로 도출하기 위한 패드이다. 제5 패드(PA5)는, 제2 가변 용량(c2)으로부터 얻어지는, Z축 방향의 제2 검출 출력(VZ2)을 외부로 도출하기 위한 패드이다.

[0136] 또한, 요동체(300)의 일부인 틀체(310)에는, 3개의 배선(L1)(굵은 선의 일점쇄선), L2(굵은 선의 띄엄띄엄한 점선), L3(굵은 선의 촘촘한 점선)이 설치되어 있다. 배선(L1)은, 요동체(300)에, 공통 전위(VCOM(GND))를 공급하기 위한 배선이다. 또한, 배선(L2)은, 제4 용량(c4)로부터 얻어지는, Y축 방향의 제2 검출 출력(VY2)을 외부로 도출하기 위한 배선이다. 배선(L3)은, 제3 용량(c3)으로부터 얻어지는, Y축 방향의 제1 검출 출력(VY1)을 외부로 도출하기 위한 배선이다. 또한, 전자 회로를 구성하기 위해 필요한, 그 외의 배선(L4~L10)이 설치되어 있다.

[0137] 도 7(A), 도 7(B)는, 도 6에 나타나는 평면도 및 길이 방향(횡방향)의 단면도를 간소화하여 나타내는 도면이다. 도 7(A)는 가속도 센서의 평면도(덮개체는 생략)이며, 도 7(B)는 도 7(A)의 A-A선을 따르는 단면도이다.

[0138] 앞서 설명한 바와 같이, 요동체(300)는, 제1 시소편(PT1)과 제2 시소편(PT2)를 갖는다. 요동체(300)의 일부인 틀체(310)에는, 제1 지지부(제1 토션 스프링)(40a)의 일단 및 제2 지지부(제2 토션 스프링)(40b)의 일단이 연결(고정)된다. 또한, 제1 지지부(제1 토션 스프링)(40a)의 타단 및 제2 지지부(제2 토션 스프링)(40b)의 타단은, 지지체(100)에 접속되어 있다.

[0139] 요동체(300)는, 틀체(310)와, 가동 추부(313)와 제2 방향 변위 스프링(탄성 변형부)(1a~1d)과, 고정 전극부(2a~2d)와 가동 전극(3a~3d)을 갖는다. 고정 전극부(2a)와 가동 전극부(3a), 그리고 고정 전극부(2c)와 가동 전극부(3c)에 의해, 제3 용량(c3)이 구성된다. 마찬가지로 고정 전극부(2b)와 가동 전극부(3b), 그리고 고정 전극부(2d)와 가동 전극부(3d)에 의해, 제4 용량(c4)이 구성된다.

[0140] 본 실시 형태에서는, 강성을 갖는 틀체(310)에 제1 토션 스프링(40a) 및 제2 토션 스프링(40b)이 접속된다. 따라서, 제1 토션 스프링(40a) 및 제2 토션 스프링(40b)에 의한 제3 방향(Z축 방향)의 변위와, 제2 방향 변위 스프링(1a~1d)에 의한 제2 방향(Y축 방향)의 변위가 서로 간섭되는 것이 억제된다(각 스프링의 변위가 서로 독립되어 있다고 간주할 수 있음). 따라서, 검출 정밀도로서의 악영향은 충분히 저감된다. 이에 따라, 예를 들면, 상이한 2개의 방향(Y축 방향 그리고 Z축 방향)의 가속도를 검출하는 것이 가능하며, 소형이고 그리고 고기능인 가속도 센서가 실현된다.

[0141] (제4 실시 형태)

[0142] 본 실시 형태에서는, 제1 방향(X축 방향), 제2 방향(Y축 방향) 및 제3 방향(Z축 방향)의 각각의 용량치의 변화를 검출할 수 있는, 3축 감도를 갖는 물리량 센서에 대해서 설명한다. 도 8은, 제1 방향(X축 방향), 제2 방향(Y축 방향) 및 제3 방향(Z축 방향)의 각각의 용량치의 변화를 검출할 수 있는, 3축 감도를 갖는 물리량 센서의 구성예를 나타내는 평면도이다. 도 8에 있어서, 이전의 실시 형태와 공통되는 요소에는 동일한 참조 부호를 붙이고 있다. 이하의 설명에서는, 가속도 센서를 예를 들어 설명한다.

[0143] 도 8에 나타나는 가속도 센서에서는, 요동체(300)는, 제1 지지부로서의 제1 토션 스프링(40a) 및 제2 지지부로서의 제2 토션 스프링(40b)의 각각에 연결되는 틀체(310)와, 제1 방향(X축 방향) 및 제2 방향(Y축 방향)의 각 방향으로 변위 가능한, 제1 방향 및 제2 방향 변위용 스프링(11a~11d)과, 제1 방향 및 제2 방향 변위용 스프링(11a~11d)의 각각을 통하여 틀체(310)에 연결됨과 함께, 주위에 공동부(350)가 형성되어 있는 가동 추부(313)와, 틀체(310)로부터 공동부(350)를 향하여 돌출 형성된 고정 전극부(2a, 2b, 2c, 2d, 2a', 2b', 2c', 2d')와, 가동 추부(313)와 일체적으로 변위됨과 함께, 고정 전극부(2a, 2b, 2c, 2d, 2a', 2b', 2c', 2d')의 각각에 대향하는 가동 전극부(3a, 3b, 3c, 3d, 3a', 3b', 3c', 3d')를 갖는다.

[0144] 주요한 구성은, 도 6 및 도 7에 나타나는 실시 형태에 따른 물리량 센서의 구성과 동일하다. 단, 도 6 및 도 7의 예에서는, 제2 방향 변위 스프링을 사용하고 있었던 것에 대하여, 본 실시 형태에서는, 제1 방향(X축 방향) 및 제2 방향(Y축 방향)의 각 방향으로 변위 가능한, 제1 방향 및 제2 방향 변위용 스프링(11a~11d)을 사용한다. 제1 방향 및 제2 방향 변위용 스프링(11a~11d)의 각각은, 평면에서 볼 때, 사각형의 틀체(310)의

네 귀퉁이로부터, 틀체(310)와 대략 45도의 각도를 이루는 방향으로 연재된다.

[0145] 본 실시 형태에서는, 제3 방향(Z축 방향) 가속도의 검출용의 제1 가변 용량(c1), 제2 가변 용량(c2)과, 제2 방향(Y축 방향) 가속도의 검출용의 제3 용량(c3), 제4 용량(c4)과, 제1 방향(X축 방향) 가속도의 검출용의 제5 용량(c3'), 제6 용량(c4')을 갖는다.

[0146] 본 실시 형태에서는, 강성을 갖는 틀체(310)에 제1 토션 스프링(40a) 및 제2 토션 스프링(40b)이 접속된다. 따라서, 제1 토션 스프링(40a) 및 제2 토션 스프링(40b)에 의한 제3 방향(Z축 방향)의 변위와, 제1 방향 및 제2 방향 변위 스프링(11a~11d)에 의한 제1 방향(X축 방향) 또는 제2 방향(Y축 방향)의 변위가 서로 간섭되는 것이 억제된다(각 변위가 상호 독립되어 있다고 간주할 수 있음). 따라서, 검출 정밀도로서의 악영향은 충분히 저감된다. 이에 따라, 예를 들면, 상이한 3개의 방향(제1 방향~제3 방향의 각각)의 가속도를 검출하는 것이 가능한, 소형이고 그리고 고기능의 가속도 센서가 실현된다.

[0147] (제5 실시 형태)

[0148] 본 실시 형태에서는, 2개의 상이한 방향의 가속도를 검출할 수 있는 정전 용량형 가속도 센서의 다른 예에 대해서 설명한다. 이하의 설명에서는, 정전 용량형 가속도 센서에 대해서 설명한다.

[0149] 도 9는, 2개의 상이한 방향의 가속도를 검출할 수 있는 가속도 센서의 구성의 다른 예를 나타내는 도면이다. 도 9에 있어서, 전술의 실시 형태의 예와 공통되는 부분에는 동일한 참조 부호를 붙이고 있다.

[0150] 앞서 설명한 도 6 그리고 도 7의 예에서는, 제1 토션 스프링(40a) 및 제2 토션 스프링(40b)을 틀체(310)에 연결하고 있었지만, 본 실시 형태에서는, 틀체를 사용하지 않고, 제2 방향(Y축 방향)으로 변위 가능한 제2 방향 변위용 스프링(1e, 1f)에, 제1 토션 스프링(40a) 및 제2 토션 스프링(40b)의 각각을 직접 연결하고 있다. 제3 용량(c3) 및 제4 용량(c4)이 설치되는 것은, 도 6 그리고 도 7의 예와 동일하다.

[0151] 본 실시 형태에 의하면, 예를 들면, 상이한 2개의 방향(제3 방향과 제2 방향)의 가속도를 검출하는 것이 가능한, 고기능의 가속도 센서가 실현된다. 또한, 틀체를 생략할 수 있는 점에서, 보다 한층 소형화(점유 면적의 삭감)가 가능하다.

[0152] (제6 실시 형태)

[0153] 도 10은, 도 6 및 도 7에 나타나는 구조의 요동체를 2개 사용하여, 상이한 3개의 방향의 가속도를 검출 가능하게 한 물리량 가속도 센서의 구성을 나타내는 평면도이다. 도 10의 예에서는, 공통의 지지체(100)에, 요동체(300)와, 요동체(300')가 설치된다. 요동체(300) 및 요동체(300')의 구성은, 도 6 및 도 7에 나타나는 요동체(300)의 구성과 동일하다. 또한, 요동체(300')의 구성 요소의 참조 부호에는, 대시 기호가 붙여져 있다.

[0154] 요동체(300)의 지지축(Q1)은 제2 방향(Y축 방향)으로 연재되어 있다. 요동체(300')의 지지축(Q1')은 제1 방향(X축 방향)으로 연재되어 있다. 요동체(300)는, 앞서 설명한 바와 같이, 제3 방향(Z방향)의 가속도를 검출하기 위한 검출 플레이트로서의 기능과, 제2 방향(Y방향)의 가속도를 검출하기 위한 검출 플레이트로서의 기능을 아울러 갖는다. 한편, 요동체(300')는, 제3 방향(Z방향)의 가속도를 검출하기 위한 검출 플레이트로서의 기능과, 제1 방향(X방향)의 가속도를 검출하기 위한 검출 플레이트로서의 기능을 아울러 갖는다.

[0155] 본 실시 형태에 의하면, 제1 방향(X축 방향)의 가속도, 제2 방향(Y축 방향)의 가속도 그리고 제3 방향(Z축 방향)의 가속도를 검출하는 것이 가능한, 고기능의 물리량 센서(가속도 센서)를 실현할 수 있다.

[0156] (제7 실시 형태)

[0157] 본 실시 형태에서는, 시소 구조를 이용한 물리량 센서의 검출 정밀도를, 보다 향상시키기 위한 신호 처리 방법과, 그 신호 처리 방법을 이용한 물리량 센서의 구성에 대해서 설명한다.

[0158] 도 11(A)~도 11(H)는, 시소 구조를 이용한 물리량 센서의 검출 정밀도를, 보다 향상시키기 위한 신호 처리 방법에 대해서 설명하기 위한 도면이다. 도 11(A)는, 요동체(300)가 수평 상태를 유지하고 있는 상태(Z축 방향 가속도가 0G인 상태)를 나타내고 있다. 도 11(B)에서는, Z축 방향 가속도가 1G일 때의 요동체(300)의 상태를 나타내고 있다. 도 11(B)에 있어서의 요동체(300)는, 제1 시소편(PT1)의 회전 모멘트와 제2 시소편(PT2)의 회전 모멘트의 불균형에 의해 기운 상태로 되어 있다(중력 가속도가 가해지고 있음에도 불구하고, 요동체(300)가 수평 상태를 유지하고 있어서는, 중력 가속도를 검출할 수 없기 때문임).

[0159] 이 상태에서, 요동체(300)에, 요동체(300)의 연재 방향인 제1 방향(X축 방향)의 가속도가 작용한 경우를 상정한

다(도 11(C) 참조). 도 11(C)에 나타내는 바와 같이, 기울어 있는 요동체(300)에 대하여 제1 방향(X축 방향: 수평시의 요동체의 연재 방향)의 가속도(G)가 작용하면, 요동체(300)에는, 제1 방향(X축 방향)의 가속도(G)의 방향과는 역방향으로 관성력(F')이 작용한다(관성력의 크기는, 제1 방향의 가속도(G)에 비례함). 이 관성력(F')은, 기울어 있는 요동체(300)를 회전시키는 힘(즉, 기울어 있는 요동체(300)에 수직으로 작용하는 힘)의 성분을 갖는 점에서, 요동체(300)의 기울기가 변화한다(도 11(D) 참조). 즉, 실제로는 제3 방향의 가속도는 변화하고 있지 않음에도 불구하고, 제1 방향의 가속도(검출 방향(제3 방향)과는 상이한 방향의 가속도)(G)에 의해, 외관상, 제3 방향의 가속도가 변화한 것이 된다. 이러한 검출 방향과는 상이한 방향으로 검출 감도를 갖는 것은, 물리량 센서의 검출 정밀도의 저하의 원인이 된다.

[0160] 이 문제점에 대해서 구체적으로 설명한다. 도 11(D)에 나타내는 바와 같이, 동일한 크기의 관성력(F')이, 요동체(300)의, 제1 시소편(제1 영역)(PT1) 및 제2 시소편(제2 영역)(PT2)의 각각에 작용한다. 제1 시소편(PT1)에 가해지는 관성력(F')은, 요동체(300)의 연장선의 방향의 힘 성분(Fa1)과, 요동체(300)에 수직인 방향의 힘 성분(Fb1)으로 나눌 수 있다. 마찬가지로, 제2 시소편(PT2)에 작용하는 관성력(F')은, 요동체(300)의 연장선의 방향의 힘 성분(Fa2)과, 요동체(300)에 수직인 방향의 힘 성분(Fb2)으로 나눌 수 있다. 제1 시소편(PT1)에 작용하는 요동체(300)에 수직인 방향의 힘 성분(Fb1)은, 요동체(300)의 제1 시소편(PT1)에 대하여, 시계 반대 방향의 모멘트를 발생시킨다. 한편, 제2 시소편(PT2)에 작용하는 요동체(300)에 수직인 방향의 힘 성분(Fb2)은, 요동체(300)의 제2 시소편(PT2)에 대하여, 시계 방향의 모멘트를 발생시킨다. 힘 성분(Fb1)과 힘 성분(Fb2)의 크기는 동일하다.

[0161] 단, 도 11(D)의 예에서는, 제1 시소편(PT1)의 아암의 길이에 비하여 제2 시소편(PT2)의 아암의 길이 쪽이 긴(즉, 제2 시소편(PT2)의 질량 쪽이 무거운) 점에서, 회전 모멘트에 차이가 발생한다. 즉, 아암이 긴 제2 시소편(PT2)에 작용하는 시계 방향의 회전 모멘트가 우세해지고, 그 결과, 요동체(300) 전체가, 시계 방향으로 회전하게 된다. 이 시계 방향의 회전 모멘트는, 기울어 있는 요동체(300)에 대하여 제1 방향(X축 방향: 수평시의 요동체의 연재 방향)의 가속도(G)가 작용함으로써 발생하는, 외관상의 회전 모멘트라고 할 수 있다.

[0162] 또한, 도 11(E)에 나타내는 바와 같은 요동체(300)(도 11(D)의 예와는 기울기의 방향이 반대로 되어 있음)에, 관성력(F')이 작용했을 때도, 동일한 이유에 의해 외관상의 회전 모멘트가 발생하여, 요동체(300)의 기울기가 변화한다. 도 11(E)에 있어서, 제1 시소편(PT1)에 작용하는 요동체(300)에 수직인 방향의 힘 성분(Fb1)은, 요동체(300)의 제1 시소편(PT1)에 대하여, 시계 방향의 모멘트를 발생시킨다. 한편, 제2 시소편(PT2)에 작용하는 요동체(300)에 수직인 방향의 힘 성분(Fb2)은, 요동체(300)의 제2 시소편(PT2)에 대하여, 시계 반대 방향의 모멘트를 발생시킨다. 힘 성분(Fb1)과 힘 성분(Fb2)의 크기는 동일하다.

[0163] 단, 도 11(E)의 예에서는, 제1 시소편(PT1)의 아암의 길이 쪽이, 제2 시소편(PT2)의 아암의 길이보다도 긴(즉, 제1 시소편(PT1)의 질량 쪽이 무거운) 점에서, 회전 모멘트에 차이가 발생한다. 즉, 아암이 긴 제1 시소편(PT1)에 작용하는 시계 방향의 회전 모멘트가 우세해지고, 그 결과, 요동체(300) 전체가, 시계 방향으로 회전하게 된다. 즉, 도 11(D)의 예와 동일하게, 외관상의 시계 방향의 회전 모멘트에 의해, 요동체(300)의 경사가 변화한다.

[0164] 여기에서, 도 11(D)의 예와, 도 11(E)의 예를 비교한다. 도 11(D)의 예에서는, 외관상의 회전 모멘트에 의해, 요동체(300)는, 그 경사가 보다 깊어지도록 회전한다. 예를 들면, 외관상의 회전 모멘트가 발생하기 전의 경사각(수평선과 요동체가 이루는 각도)을 θ 로 했을 때, 외관상의 회전 모멘트에 의해 경사가 변화된 후의 경사각은, $\theta + \delta\theta$ 가 된다. 한편, 도 11(E)의 예에서는, 외관상의 회전 모멘트에 의해, 요동체(300)는, 경사져 있는 요동체가 되돌려져, 그 경사각이 얕아지도록 회전한다. 예를 들면, 외관상의 회전 모멘트가 발생하기 전의 경사각(수평선과 요동체가 이루는 각도)을 θ 로 했을 때, 외관상의 회전 모멘트에 의해 경사가 변화된 후의 경사각은, $\theta - \delta\theta$ 가 된다.

[0165] 즉, 요동체(300)가 경사져 있는 방향을 기준으로 하여 생각하면, 도 11(D)의 예에 있어서의 외관상의 회전 모멘트의 방향과, 도 11(E)의 예에 있어서의 외관상의 회전 모멘트의 방향은 서로 역방향이다. 예를 들면, 요동체(300)가 경사져 있는 방향을 정(正)의 방향으로 했을 때, 도 11(D)의 예에 있어서의 외관상의 회전 모멘트의 방향은 정의 방향이며, 도 11(E)의 예에 있어서의 외관상의 회전 모멘트의 방향은 부(負)의 방향이 된다. 즉, 도 11(D) 및 도 11(E)에 있어서, 외관상의 회전 모멘트에 의해, 요동체(300)는 동일한 각도만큼 회전하지만, 그 방향이 반대이다. 본 실시 형태에서는, 이 점에 주목하여, 도 11(D)의 구조를 갖는 요동체(300a)와, 도 11(E)의 구조를 갖는 요동체(300b)를 병용하여, 각 요동체로부터 얻어지는 신호를 기초로 하여 소정의 연산을 실행하고, 이에 따라, 외관상의 회전 모멘트에 의해 발생하는 오차를 억제한다.

- [0166] 즉, 본 실시 형태에서는, 도 11(F)에 나타내는 바와 같이, 2개의 요동체(즉 제1 요동체(300a) 및 제2 요동체(300b))를 설치한다. 그리고, 앞서 설명한 신호 처리 회로(도 3의 참조 부호 10)가, 각 요동체(300a, 300b)로부터 얻어지는 신호에 기초하여, 검출 오차를 보상하기 위한 신호 처리를 실행해 검출 오차를 억제한다.
- [0167] 여기에서, 제1 요동체(300a)는, 도 11(D)에 나타나는 요동체에 대응한다. 제2 요동체(300b)는, 도 11(E)에 나타나는 요동체에 대응한다. 제1 요동체(300a)는, 제1 시소편(제1 영역)(PT1a) 및 제2 시소편(제2 영역)(PT2a)을 갖는다. 제2 요동체(300b)는, 제3 시소편(제3 영역)(PT1b) 및 제4 시소편(PT2b)(제4 영역)을 갖는다.
- [0168] 즉, 제1 요동체(300a)는, 평면에서 볼 때, 지지축(Q1)(제1축)에 의해 제1 영역(제1 시소편)(PT1a)과 제2 영역(제2 시소편)(PT2a)으로 구획된다. 또한, 제2 요동체(300b)는, 평면에서 볼 때 지지축(Q2)(제2축)에 의해 제3 영역(제3 시소편(PT1b))과 제4 영역(제4 시소편(PT2b))으로 구획되어 있다.
- [0169] 본 실시예에 있어서는, 제1 요동체(300a)와 제2 요동체(300b)는 서로 거울상으로 배치되어 있다. 「거울상으로 배치」란, 예를 들면 도 12의 평면도에 나타내는 바와 같은 배치를 말한다. 여기에서, 도 12를 참조한다. 도 12에 있어서, 제2 요동체(300b)는, 평면에서 볼 때, 제1 영역(제1 시소편)(PT1a)과 제2 영역(제2 시소편)(PT2a)의 나열 방향에 직교하는 축(LX)에 대하여, 제1 요동체(300a)를 반전시킨(접어 꺾은) 형상이다.
- [0170] 도 11(F)~도 11(H)로 되돌아가 설명을 계속한다. 도 11(F) 및 도 11(G)에 있어서, 제2 영역(제2 시소편)(PT2a)의 질량은, 제1 영역(제1 시소편)(PT1a)의 질량보다도 무겁고(아암의 길이가 길기 때문에), 또한, 제3 영역(제3 시소편(PT1b))의 질량은, 제4 영역(제4 시소편(PT2b))의 질량보다도 무겁다(아암의 길이가 길기 때문이다).
- [0171] 또한, 제1 영역(제1 시소편)(PT1a)과 제2 영역(제2 시소편)(PT2a)의 나열 방향과, 제3 영역(제3 시소편(PT1b))과 제4 영역(제4 시소편(PT2b))의 나열 방향은, 서로 동일하다. 또한, 중력을 받은 상태에 있어서는, 우선, 도 11(D), 도 11(E)의 예에서 설명한 바와 같이, 제1 요동체(300a) 및 제2 요동체(300b)는 서로 반대 방향으로 경사져 있다(도 11(G) 참조).
- [0172] 제1 요동체(300a), 제2 요동체(300b)의 각각에 의해, 2개의 가변 용량이 형성되기 때문에, 합계로 4개의 가변 용량이 설치되게 된다. 도 11(F)의 상태에서는, 제1 요동체(300a) 및 제2 요동체(300b)는 수평 상태이며, 4개의 가변 용량의 각각의 용량치는 C0이다.
- [0173] 여기에서, 검출 신호로서, 제1 요동체(300a)의 제1 시소편(제1 영역)(PT1a)의 변위에 기초하여 변동하는 제1 검출 신호와, 제1 요동체(300a)의 제2 시소편(제2 영역)(PT2a)의 변위에 기초하여 변동하는 제2 검출 신호와, 제2 요동체(300b)의 제3 시소편(제3 영역)(PT1b)의 변위에 기초하여 변동하는 제3 검출 신호와, 제2 요동체(300b)의 제4 시소편(제4 영역)(PT2b)의 변위에 기초하여 변동하는 제4 검출 신호가 출력된다고 한다.
- [0174] 이하의 설명에서는, 제1 검출 신호 및 제2 검출 신호를 차동 출력1로 표현하고, 또한, 제3 검출 신호 및 제4 검출 신호를 차동 출력2로 표현한다. 도 11(F)의 상태에서는, 차동 출력1은(C0, C0)이 되고, 차동 출력2도 (C0, C0)이 된다.
- [0175] 중력 가속도(1G)가 있는 상태에서는, 도 11(G)에 나타내는 바와 같이, 제1 요동체(300a) 및 제2 요동체(300b)의 각각은, 회전 모멘트를 받아 기운다.
- [0176] 여기에서, 제1 요동체(300a)와 제2 요동체(300b)는 모두 제1 방향(X축 방향)으로 연재되지만, 제1 요동체(300a)의 기울기의 방향과, 제2 요동체(300b)의 기울기의 방향은 서로 반대 방향이고, 그리고, 수평면을 기준으로 한 회전각의 절대값은 동일하다. 예를 들면, 제1 요동체(300a)는 시계 방향으로, 수평면을 기준으로 하여 + θ 만큼 기울어 있고, 한편, 제2 요동체(300b)는 시계 반대 방향으로, 수평면을 기준으로 하여 - θ 만큼 기울어 있다.
- [0177] 도 11(G)의 상태에서는, 차동 출력1은, (C0+ ΔC , C0- ΔC)가 된다. 차동 출력2는, (C0- ΔC , C0+ ΔC)가 된다. ΔC 는, 요동체(300a, 300b)가 기운 것에 의한 각 용량의 용량치의 변화분을 나타낸다.
- [0178] 이 상태에서, 도 11(C)의 경우와 동일하게, 제1 방향(X축 방향)의 가속도(G)가 가해져, 그 반대 방향으로 관성력(F')이 작용했을 경우를 상정한다. 이 경우, 제1 요동체(300a) 및 제2 요동체(300b)의 각각에는, 도 11(H)에 나타내는 바와 같은 기울기가 발생한다. 즉, 제1 요동체(300a)에는, 도 11(D)에 나타낸 바와 같이, 시계 방향의 외관상의 회전 모멘트가 발생한다. 한편, 제2 요동체(300b)에도 동일하게 도 11(E)에 나타낸 바와 같이, 외관상의 시계 방향의 회전 모멘트가 발생한다. 단, 요동체(300a, 300b)의 각각이 경사져 있는 방향을 기준으로 하여 생각하면, 제1 요동체(300a)에 발생하는 외관상의 회전 모멘트의 방향과, 제2 요동체(300b)에 발생하는 외

관상의 회전 모멘트의 방향은, 서로 역방향이다(전자는 제1 요동체(300a)의 기울기가 증대하는 방향, 후자는, 제2 요동체(300b)의 기울기가 감소하는 방향임). 제1 요동체(300a)에 발생하는 외관상의 회전 모멘트와, 제2 요동체(300b)에 발생하는 외관상의 회전 모멘트는, 동일한 크기이고, 그리고, 방향이 반대이다.

[0179] 따라서, 제1 요동체(300a) 및 제2 요동체(300b)의 각각에는, 도 11(H)에 나타내는 바와 같은 기울기가 발생한다. 여기에서, 제1 검출 신호에 중첩되어 있는 외관상의 회전력에 의한 오차 변위에 기인하는 가변 용량(정전 용량)의 용량치의 변동분을 예를 들면 「+ δC 」라고 했을 때, 제2 검출 신호에 관한 용량치의 변동분은 「- δC 」가 되고, 마찬가지로 제3 검출 신호에 중첩되어 있는 외관상의 회전력에 의한 오차 변위에 기인하는 가변 용량(정전 용량)의 용량치의 변동분은 「+ δC 」이며, 제4 검출 신호에 관한 용량치의 변동분은 「- δC 」가 된다.

[0180] 즉, 도 11(G)의 상태에서는, 차동 출력1은, $(C0 + \Delta C + \delta C, C0 - \Delta C - \delta C)$ 가 된다. 또한, 차동 출력2는, $(C0 - \Delta C + \delta C, C0 + \Delta C - \delta C)$ 가 된다.

[0181] 신호 처리 회로에 있어서, 차동 출력1에 기초하여, 제1 검출 신호와 제2 검출 신호와의 차를 나타내는 제1 차동 신호를 생성하면, 제1 차동 신호는 $2(\Delta C + \delta C)$ 가 된다. 즉, 제1 차동 신호에 중첩되는, 외관상의 회전력에 의한 오차 변위에 기인하는 가변 용량(정전 용량)의 용량치의 변동분은, 「 $2\delta C(= +\delta C - (-\delta C))$ 」가 된다.

[0182] 또한, 제4 검출 신호와 제3 검출 신호와의 차를 나타내는 제2 차동 신호가 생성되면, 제2 차동 신호는, $2(\Delta C - \delta C)$ 가 된다. 즉, 제2 차동 신호에 중첩되는, 외관상의 회전력에 의한 오차 변위에 기인하는 가변 용량(정전 용량)의 용량치의 변동분은, 「 $-2\delta C(= -\delta C - (+\delta C))$ 」가 된다.

[0183] 그리고, 신호 처리 회로가, 제1 차동 신호와 제2 차동 신호를 가산하면, 제1 차동 신호에 중첩되는 오차 성분 「+ $2\delta C$ 」과, 제2 차동 신호에 중첩되는 오차 성분 「- $2\delta C$ 」이 상쇄되어, 오차가 캔슬된다.

[0184] 또한, 제1 차동 신호와 제2 차동 신호가 가산되면, 신호 진폭이 필요 이상으로 커지는 경우가 있다. 이 점이 문제가 되는 경우에는, 제1 차동 신호와 제2 차동 신호를 가산하여 얻어지는 신호의 진폭을, 예를 들면 절반으로 하는 신호 처리(즉, (제1 차동 신호+제2 차동 신호)/2) 등을 적절히 행할 수도 있다.

[0185] 즉, 신호 처리 회로가, 제1 검출 신호와 제2 검출 신호와의 차를 나타내는 제1 차동 신호를 생성하고, 또한, 제3 검출 신호와 제4 검출 신호와의 차를 나타내는 제2 차동 신호를 생성하고, 제1 차동 신호와 제2 차동 신호를 가산하여 얻어지는 신호에 기초하여, 제1 방향의 가속도에 기초하는 오차가 억제된, 제3 방향의 가속도 검출 신호를 생성하는 것이 가능하다.

[0186] 이와 같이 하여, 본 실시 형태의 신호 처리 방법에 의하면, 검출 방향 이외의 방향으로 검출 감도를 갖는 것에 의한 오차를, 신호 처리에 의해 캔슬할 수 있다. 따라서, 시소 구조를 이용한 물리량 센서의 제3 방향의 가속도 등의 검출 정밀도를, 보다 향상시킬 수 있다.

[0187] 도 12는, 도 11에 나타나는 신호 처리 방법을 채용한 물리량 센서의 구성의 일 예를 나타내는 도면이다. 도 12의 물리량 센서는, 제1 시소 구조체(ST1)와, 제2 시소 구조체(ST2)와, 제1 시소 구조체(ST1) 및 제2 시소 구조체(ST2)의 각각으로부터 출력되는 검출 신호에 기초하여, 소정의 신호 처리를 실행하는 신호 처리 회로(10)를 갖고 있다.

[0188] 신호 처리 회로(10)는, 스위치드 커패시터 앰프(SCA: 도 5 참조)와, 차동 증폭기(25a, 25b)와, 평균 연산기(또는 가산 연산기)(27)를 갖는다. 스위치드 커패시터 앰프(SCA) 및 차동 증폭기(25a, 25b)는, 도 4에 나타나는 C/V 변환 회로(24)에 대응한다. 또한, 평균 연산기(또는 가산 연산기)(27)는, 예를 들면, 도 4에 나타나는 아날로그 교정 및 A/D 변환 회로(26)에 포함된다.

[0189] 또한, 제1 시소 구조체(ST1)는, 제1 요동체(300a)와, 제1 요동체(300a)를, 제1 지지축(Q1)(제1축)을 지점으로 하여 시소 요동 가능하게 양쪽 지지하는, 제1 요동체용의 제1 지지부(40a1) 및 제1 요동체용의 제2 지지부(40b1)와, 제1 요동체(300a)의 시소 요동에 따라서 위치가 변화하는 제1 요동체용의 제1 가동 전극(109a1, 109b1)과, 제1 요동체용의 가동 전극(109a1, 109b1)에 대향하는 위치에 설치되는 제1 요동체용의 고정 전극(도시하지 않음)을 갖는 제1 가변 용량부(도시하지 않음)를 갖는다.

[0190] 그리고, 제1 요동체(300a)는, 평면에서 볼 때 제1 지지축(Q1)에 의해 구획되는 2개의 부분 중 한쪽에 대응하는 제1 요동체의 제1 시소편(제1 영역)(PT1a)과, 2개의 부분 중 다른 한쪽에 대응하는 제1 요동체(300a)의 제2 시소편(제2 영역)(PT2a)을 갖는다.

- [0191] 또한, 제2 시소 구조체(ST2)는, 제2 요동체(300b)와, 제2 요동체(300b)를, 제2 지지축(Q2)(제2축)을 지점으로 하여 시소 요동 가능하게 양쪽 지지하는, 제2 요동체용의 제1 지지부(40a2) 및 제2 요동체용의 제2 지지부(40b2)와, 제2 요동체(300b)의 시소 요동에 따라서 위치가 변화하는 제2 요동체용의 가동 전극(도시하지 않음)과 제2 요동체용의 가동 전극에 대향하는 위치에 설치되는 제2 요동체용의 고정 전극(도시하지 않음)을 갖는 제2 가변 용량부(도시하지 않음)를 갖는다.
- [0192] 제2 요동체(300b)는, 평면에서 볼 때 제2 지지축(Q2)(제2축)에 의해 구획되는 2개의 부분 중 한쪽에 대응하는 제3 시소편(제3 영역)(PT1b)과, 2개의 부분 중 다른 한쪽에 대응하는 제4 시소편(제4 영역)(PT2b)을 갖고, 평면에서 볼 때에 있어서의 제1 요동체(300a)의 길이 방향 그리고 제2 요동체(300b)의 길이 방향을 제1 방향(예를 들면 X축 방향)으로 하고, 평면에서 볼 때에 있어서의 제1 방향에 직교하는 방향을 제2 방향(예를 들면 Y축 방향)으로 하고, 제1 방향 및 제2 방향의 각각에 직교하는 방향을 제3 방향(예를 들면 Z축 방향)으로 했을 때, 제3 방향의 동일한 크기의 가속도가 제1 요동체(300a) 및 제2 요동체(300b)의 각각에 작용하고 있는 상태에 있어서, 제1 요동체(300a)의 기울기의 방향과, 제2 요동체(300b)의 기울기의 방향은 서로 반대 방향이며, 또한, 제1 요동체(300a) 및 제2 요동체(300b)의 각각의, 수평면을 기준으로 한 회전각의 절대값은 동일하다.
- [0193] 그리고, 제1 시소 구조체(ST1)로부터는, 검출 신호로서 제1 요동체(300a)의 제1 시소편(PT1a)의 변위에 기초하여 변동하는 제1 검출 신호(VZ1)와, 제1 요동체(300a)의 제2 시소편(PT2a)의 변위에 기초하여 변동하는 제2 검출 신호(VZ2)가 출력된다. 또한, 제2 시소 구조체(ST2)로부터는, 검출 신호로서, 제2 요동체(300b)의 제3 시소편(제3 영역)(PT1b)의 변위에 기초하여 변동하는 제3 검출 신호(VZ3)와, 제2 요동체(300b)의 제4 시소편(제4 영역)(PT2b)의 변위에 기초하여 변동하는 제4 검출 신호(VZ4)가 출력된다.
- [0194] 신호 처리 회로(10)에 포함되는 차동 증폭기(25a)는, 제1 검출 신호(VZ1)와 제2 검출 신호(VZ2)와의 차를 나타내는 제1 차동 신호(DS1)를 생성한다. 또한, 차동 증폭기(25b)는, 제4 검출 신호(VZ4)와 제3 검출 신호(VZ3)와의 차를 나타내는 제2 차동 신호(DS2)를 생성한다. 제1 차동 신호(DS1) 및 제2 차동 신호(DS2)는, 평균 연산기(또는 가산 연산기)(27)에 입력된다. 평균 연산기(또는 가산 연산기)(27)는, 제1 차동 신호(DS1)와 제2 차동 신호(DS2)를 가산하는 처리를 실행한다. 예를 들면, $(DS1+DS2)$, 혹은, $((DS1+DS2)/2)$ 라는 신호 처리가 실행되고, 이 결과로서 얻어지는 신호에 기초하여, 제1 방향(X축 방향)의 가속도에 기초하는 오차가 억제된, 제3 방향(Z축 방향)의 가속도 등의 검출 신호(DS3)가 생성된다. 검출 신호(DS3)는, $(DS1+DS2)$, 혹은, $((DS1+DS2)/2)$ 라는 신호 처리의 결과를 나타내는 신호 그 자체라도 좋고, 또한, 아날로그 교정 처리가 시행된 후의 신호라도 좋다.
- [0195] (제8 실시 형태)
- [0196] 도 13은, 물리량 가속도 센서의 다른 예(도 12의 구성에, 추가로 제1 방향(X축 방향)의 가속도를 검출하기 위한 구성을 추가한 예)를 나타내는 평면도이다. 도 13의 예에서는, 도 12의 구성에 더하여, 제1 방향(X축 방향)의 가속도를 검출하기 위한 정전 용량형 물리량 센서(370)가 추가되어 있다. 이 물리량 가속도 센서(370)는, 제1 방향(X축 방향)의 가속도를 검출하기 위한 기능만을 갖고, 시소 요동에 의한 제3 방향(Z축 방향)의 가속도를 검출하는 기능은 갖지 않는다(한 쌍의 요동체(300a, 300b)를 이용하여, 고정밀도로 제3 방향의 가속도를 검출할 수 있기 때문에, 그 이상, 요동체를 설치할 필요가 없기 때문임).
- [0197] 제1 방향(X축 방향)의 가속도를 검출하기 위한 가속도 센서(370)는, 가동 추부(313)와, 제1 방향으로 변형 가능한 스프링(1a, 1b, 1c, 1d)과, 고정 전극(2a, 2b, 2a', 2b')과, 가동 전극(3a, 3b, 3a', 3b')을 갖는다. 가동 추부(313)가 X축 방향으로 변위하면, 가동 전극(3a, 3b, 3a', 3b')도 동일하게 변위하고, 고정 전극(2a, 2b, 2a', 2b') 그리고 가동 전극(3a, 3b, 3a', 3b')의 각각에 의해 구성되는 가변 용량의 용량치가 변화하고, 이에 대응해 전하가 이동하여, 미소한 전기 신호(전류 신호)가 생성된다. 따라서, 그 전기 신호에 기초하여, 제1 방향(X축 방향)의 가속도를 검출할 수 있다.
- [0198] 도 13의 물리량 센서는, 제1 방향(X축 방향)의 가속도 그리고 제3 방향(Z축 방향)의 가속도를 검출할 수 있고, 그리고, 제3 방향(Z축 방향)의 가속도는, 오차 보상 처리에 의해, 타축 감도에 수반하는 오차를 억제하는 것이 가능한 점에서, 보다 고정밀도의 제3 방향(Z축 방향)의 가속도의 검출이 가능하다.
- [0199] (제9 실시 형태)
- [0200] 이상의 실시 형태에 있어서는, 요동체의 지지부를 요동체의 중심을 통과하는 선과 평행한 위치로 어긋나게 함으로써 요동체를 시소 요동 가능하게 했지만, 이에 한하지 않고, 여러 가지 변형이나 응용이 가능하다.

- [0201] 도 15(A)~도 15(D)는, 물리량 센서의 구조의 다른 예를 나타내는 도면이다. 도 15에 있어서, 이전의 도면과 공통되는 부분에는 동일한 참조 부호를 붙이고 있다. 도 15(A), 도 15(B)의 예에서는, 요동체(300)의 일단에 질량부(900)가 설치되어 있다. 도 15(A)는 물리량 센서(센서 소자 구조체)의 단면도이며, 도 15(B)는, 도 15(A)에 대응하는, 요동체(300)의, 평면에서 볼 때에 있어서의 구조를 나타낸다. 질량부(900)가 설치됨으로써, 예를 들면, 제1 시소편(PT1)과 제2 시소편(PT2)의 길이 방향의 길이가 동일한 경우라도, 요동체(300)를 시소 요동시킬 수 있다.
- [0202] 즉, 도 15(A), 도 15(B)의 예에서는, 지지축(Q1) 및 요동체(300)의 중심을 통과하는 선(중심선)(KL)은 일치되어 있다. 즉, 제1 지지부(40a) 및 제2 지지부(40b)는, 요동체(300)의 중심을 통과하는 선(중심선)(KL) 상에 설치되어 있다. 이러한 구성이라도, 질량부(900)에 의해 회전 모멘트를 발생시킬 수 있고, 따라서, 요동체(300)를 시소 요동시키는 것이 가능해진다.
- [0203] 질량부(900)는, 예를 들면, 금속막이나 절연막 등의 막에 의해 형성할 수 있고, 또한, 요동체(300)를 에칭 가공해 후막화하는 등 하여 형성할 수 있다. 질량부(900)를 레이저에 의해 트리밍하거나, 에칭 등으로 깎거나, 스퍼터링이나 증착 등으로 성막하거나 함으로써, 질량을 간단히 증감할 수 있다. 따라서, 시소 요동의 미조정을 간이하게 할 수 있다.
- [0204] 또한, 도 15(C), 도 15(D)에 나타나는 예에서는, 지지축(Q1)과 중심선(KL)이 일치하지 않는다. 즉, 제1 지지부(40a) 및 제2 지지부(40b)의 각각을, 요동체(300)의 중심을 통과하는 선(중심선)(KL)에 대하여 평행으로 시프트한다. 그리고, 요동체(300)의 일단에 질량부(900)가 설치되어 있다.
- [0205] 예를 들면, 요동체(300)의 지지축(Q1)을 어긋나게 함으로써, 요동체(300)의 제1 시소편(PT1)(제1 영역)의 평면에서 볼 때에 있어서의 면적, 제2 시소편(제2 영역)의 평면에서 볼 때에 있어서의 면적보다도 좁아진 경우, 도 15(C)에 나타내는 바와 같이, 제2 시소편(제2 영역)(PT2)에 질량부(900)를 형성하면, 요동체(300)의 시소 요동이 보다 현저해져, 용량의 검출 감도를 향상할 수 있다.
- [0206] 또한, 도 15(D)에 나타내는 바와 같이, 제2 시소편(제2 영역)(PT2)에 질량부(900)를 형성하면, 요동체(300)의 시소 요동을 억제할 수 있다. 이에 수반하여, 요동체(300)를 지지하는 지지부(제1 지지부(40a), 제2 지지부(40b))에, 과잉인 비틀림이 발생하는 것을 억제할 수 있다. 따라서, 지지부(제1 지지부(40a), 제2 지지부(40b))가 파손되는 것을 방지할 수 있다.
- [0207] 상기 이외에도, 요동체의 전면(全面)에 질량부를 형성하여, 질량부의 질량을 증감시켜 요동체의 제1 영역과 제2 영역의 질량 밸런스를 변화시켜 시소 요동 가능하게 해도 좋다.
- [0208] (제10 실시 형태)
- [0209] 도 16은, 전자 기기의 구성의 일 예를 나타내는 도면이다. 도 16의 전자 기기에는, 상기 어느 실시 형태에 따른 물리량 센서(예를 들면 정전 용량형 물리량 가속도 센서 등)가 포함된다. 전자 기기는, 예를 들면, 게임 컨트롤러나 모션 센서 등이다.
- [0210] 도 16에 나타내는 바와 같이, 전자 기기는, 센서 디바이스(정전 용량형 가속도 센서 등)(410)과, 화상 처리부(420)와, 처리부(430)와, 기억부(440)와, 조작부(450)와, 표시부(460)를 포함한다. 또한, 전자 기기의 구성은, 도 16의 구성으로 한정되지 않고, 그 구성 요소의 일부(예를 들면 조작부, 표시부 등)를 생략하거나, 다른 구성 요소를 추가하거나 하는 등의 여러 가지의 변형 실시가 가능하다.
- [0211] 도 17은, 전자 기기의 구성의 다른 예를 나타내는 도면이다. 도 17에 나타나는 전자 기기(510)는, 상기 어느 실시 형태에 따른 가속도 센서로서의 물리량 센서(470)와, 가속도와는 상이한 물리량을 검출하는 검출 소자(여기에서는, 각속도를 검출하는 자이로 센서로 함)(480)를 포함하는 센서 유닛(490)과, 센서 유닛(490)으로부터 출력되는 검출 신호에 대하여 소정의 신호 처리를 시행하는 CPU(500)를 갖는다. 센서 유닛(490)은, 그 자체가 하나의 전자 기기로 간주될 수 있다.
- [0212] 즉, 조립성이 우수하고, 그리고, 소형이고 그리고 고성능인 정전 용량형 물리량 가속도 센서(470)와, 상이한 종류의 물리량을 검출하는 다른 센서(예를 들면, 물리량 구조를 이용한 진동형 자이로 센서)(480)를 병용함으로써, 소형이고 고성능인 전자 기기를 실현할 수 있다. 즉, 복수의 센서를 포함하는, 전자 기기로서의 센서 유닛(490)이나, 그 센서 유닛(490)을 탑재하는, 보다 상위의 전자 기기(예를 들면 FA 기기 등)(510)를 실현할 수 있다.
- [0213] 이와 같이, 본 발명의 적어도 하나의 실시 형태에 의하면, 예를 들면, 검출축 이외의 방향으로 가속도가 발생했

다고 해도 검출 감도가 양호한 물리량 센서의 검출 정밀도를 향상할 수 있다. 또한, 예를 들면, 봉지체(패키지)를 포함한 물리량 센서의 조립성을 향상할 수 있다. 또한, 소형이고 고성능인 전자 기기를 실현할 수 있다.

[0214] 이상, 몇 가지 실시 형태에 대해서 설명했지만, 본 발명의 신규 사항 및 효과로부터 실제로 일탈하지 않는 많은 변형이 가능함은 당업자에게는 용이하게 이해할 수 있는 것이다. 따라서, 이러한 변형에는 모두 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 한다. 예를 들면, 명세서 또는 도면에 있어서, 적어도 한 번, 보다 광의 또는 동의인 상이한 용어와 함께 기재된 용어는, 명세서 또는 도면의 어떠한 개소에 있어서도, 그 다른 용어로 바꿀 수 있다. 본 발명은, 관성 센서에 적용 가능하다. 예를 들면, 정전 용량형 가속도 센서, 정전 용량형 자이로 센서로서 사용 가능하다.

부호의 설명

[0215] 10 : 신호 처리 회로
 13 : 검출 회로
 40a : 제1 지지부(제1 토션 스프링)
 40b : 제2 지지부(제2 토션 스프링)
 90 : 봉지체
 95 : 공극
 97, 99 : 개구부
 100 : 지지체(예를 들면 SOI 기판)
 102 : 베이스(실리콘판 등)
 104 : 절연층
 106 : 기관(예를 들면 SOI 기관의 활성층)
 109a : 제1 가동 전극
 109b : 제2 가동 전극
 200 : 덮개체
 208a : 제1 고정 전극
 208b : 제2 고정 전극
 250 : 봉지체(기밀 봉지체)
 300(300a, 300b) : 요동체
 311 : 실리콘을 패터닝하여 형성되는 시소 플레이트
 900 : 질량부(부분적인 추)
 Q1, Q2 : 지지축(제1축, 제2축)
 GL : 중력선
 SL : 중력선을 d1만큼 평행으로 시프트시킨 선분
 QL : 요동체의 중심선
 G1 : 요동체의 무게 중심
 PT1 : 제1 시소판(제1 영역)
 PT2 : 제2 시소판(제2 영역)

PT1a : 제1 시소편(제1 영역)

PT2a : 제2 시소편(제2 영역)

PT1b : 제3 시소편(제3 영역)

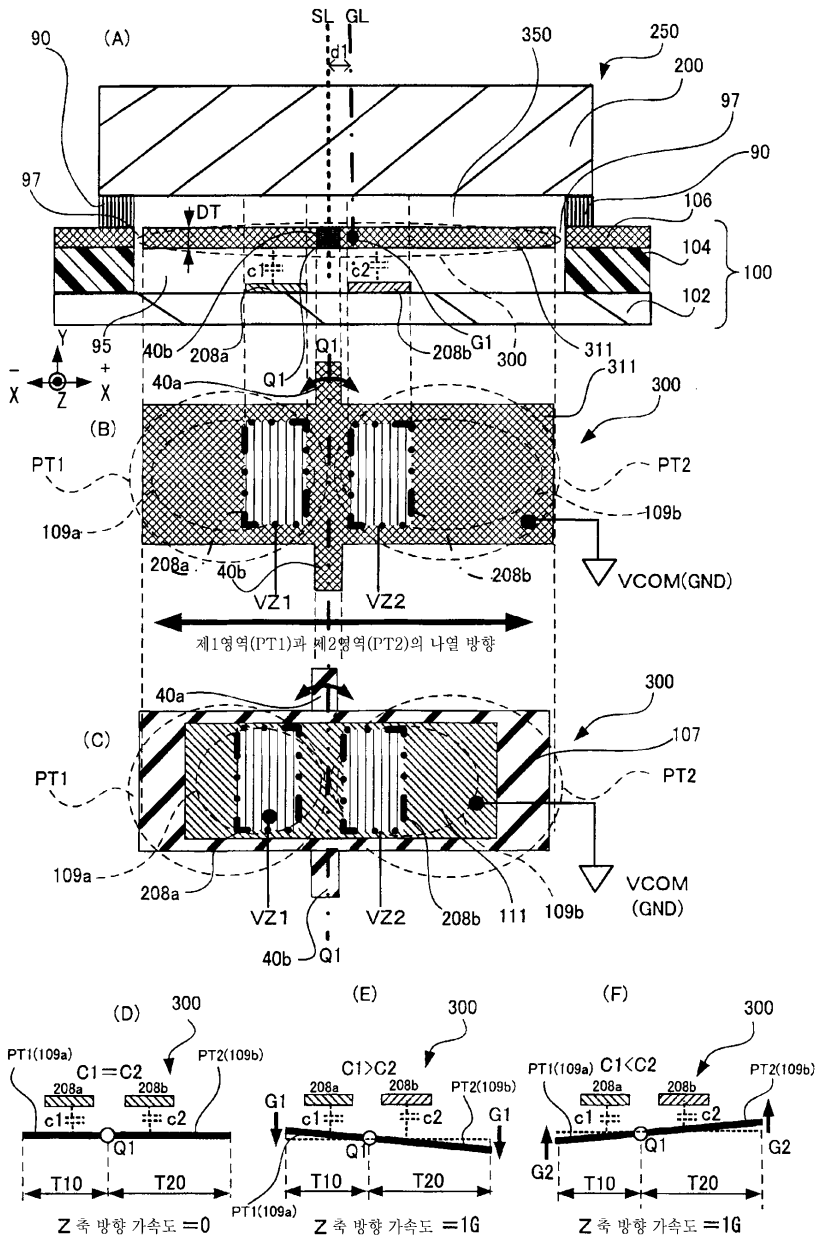
PT2b : 제4 시소편(제4 영역)

c1 : 제1 가변 용량

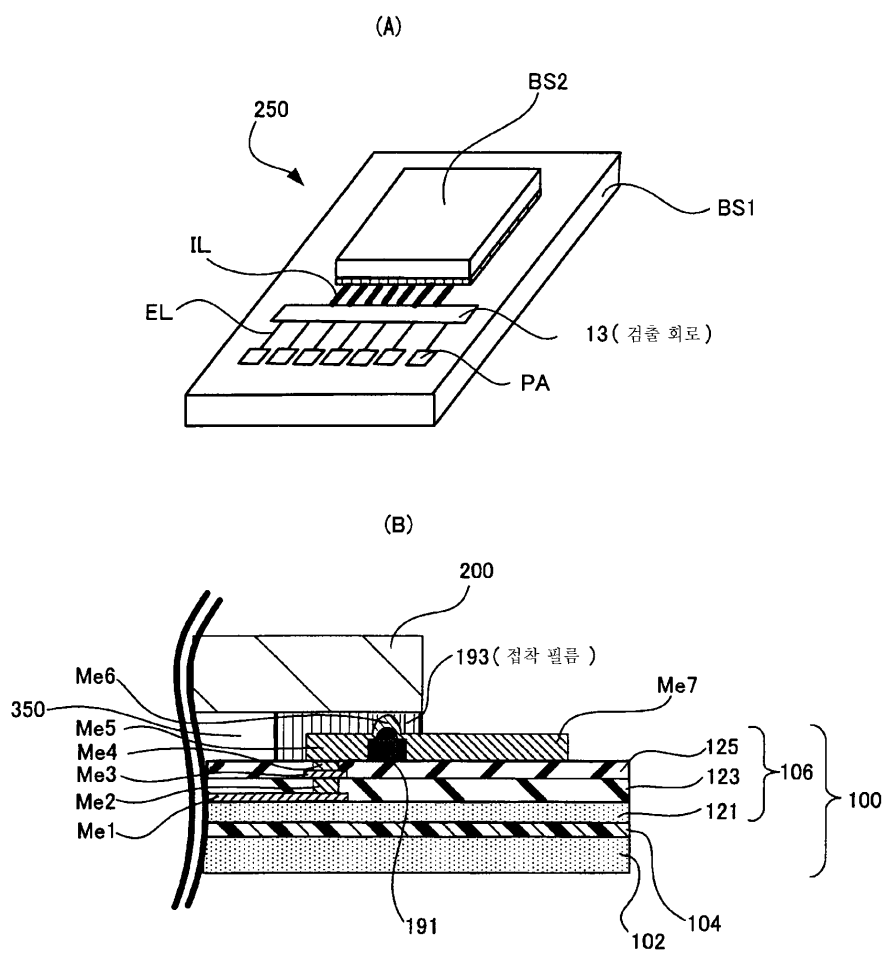
c2 : 제2 가변 용량

도면

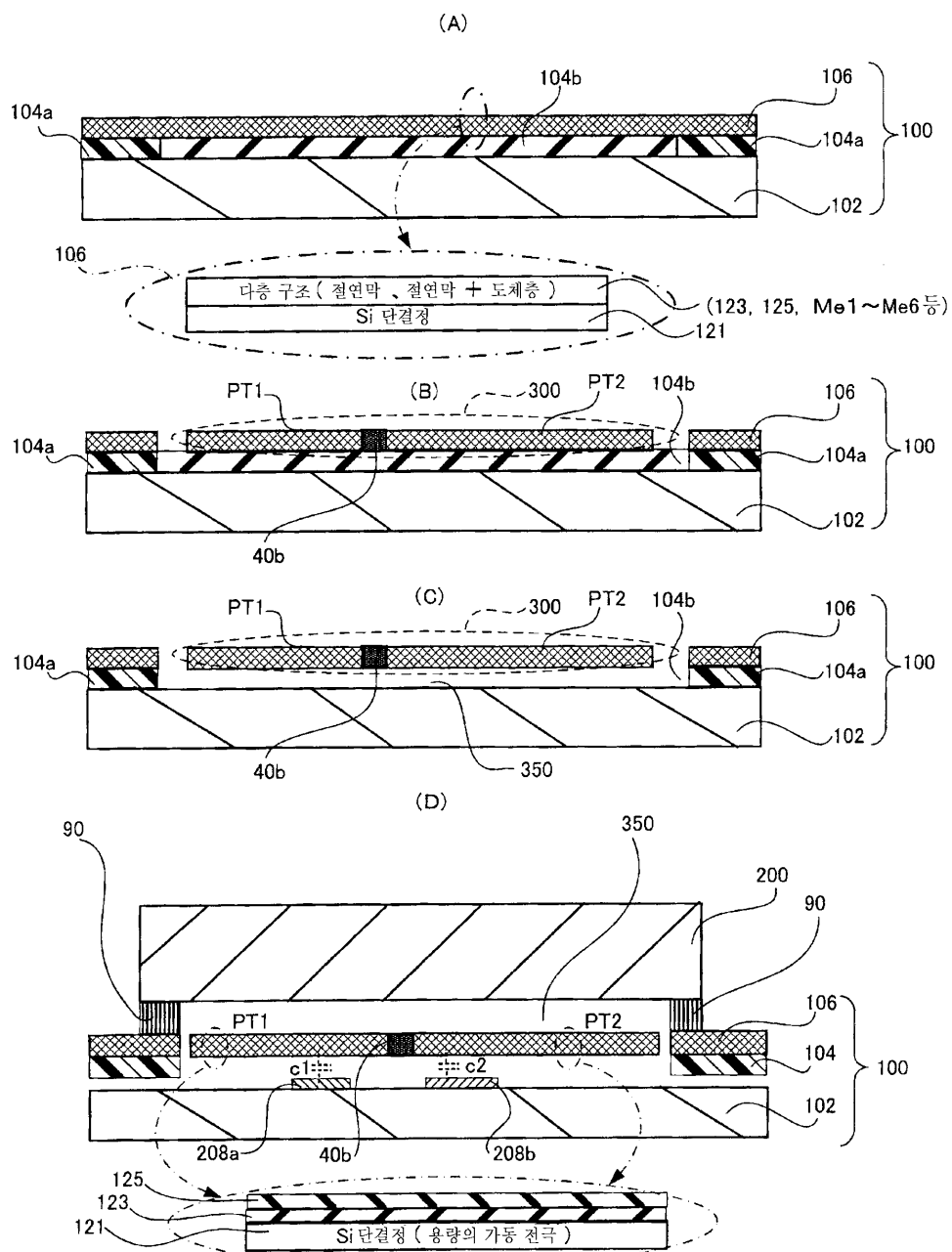
도면1



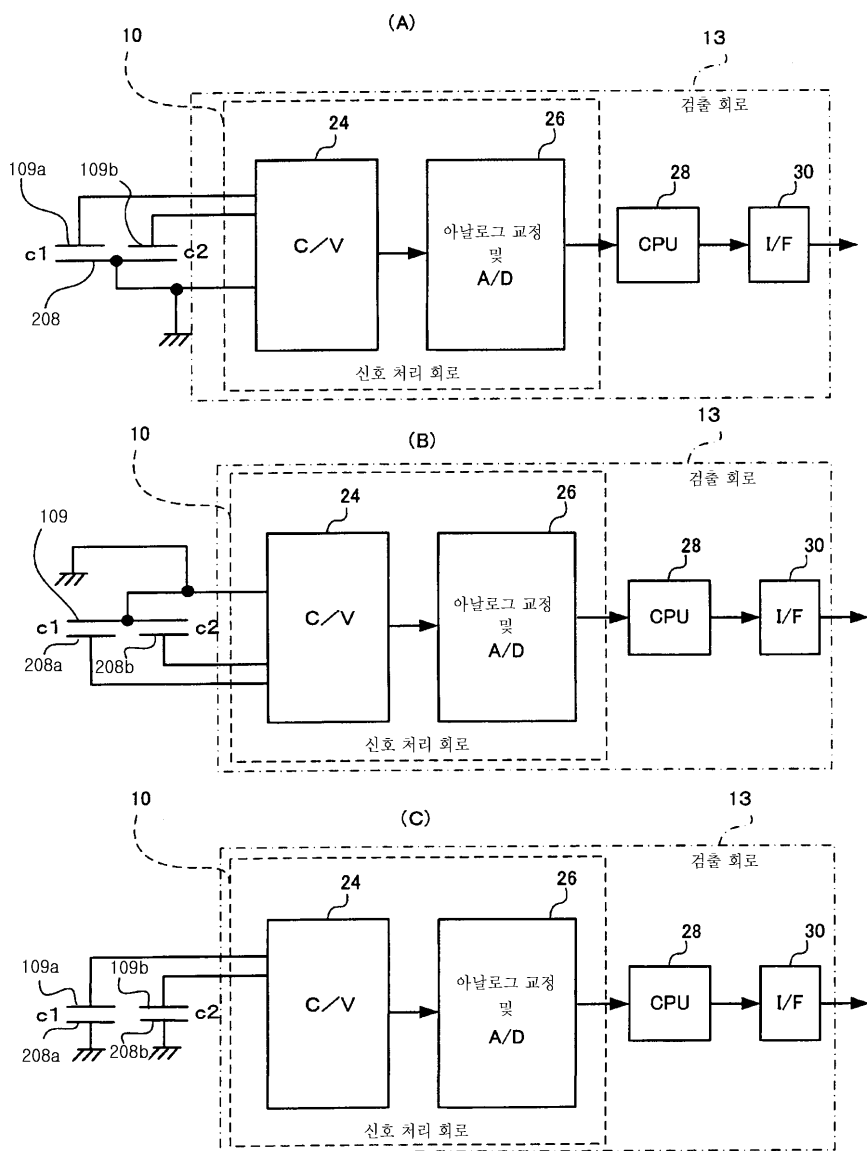
도면2



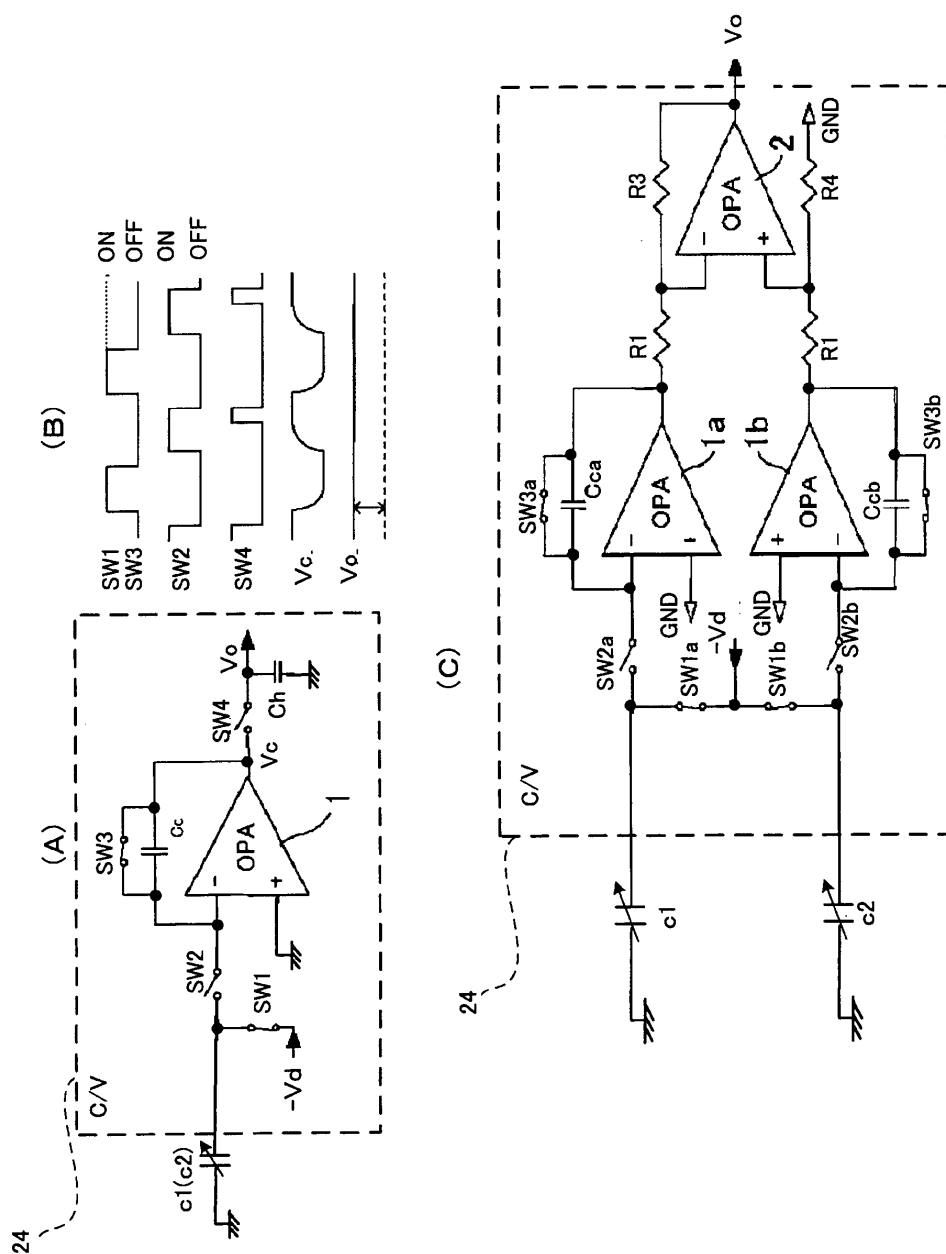
도면3



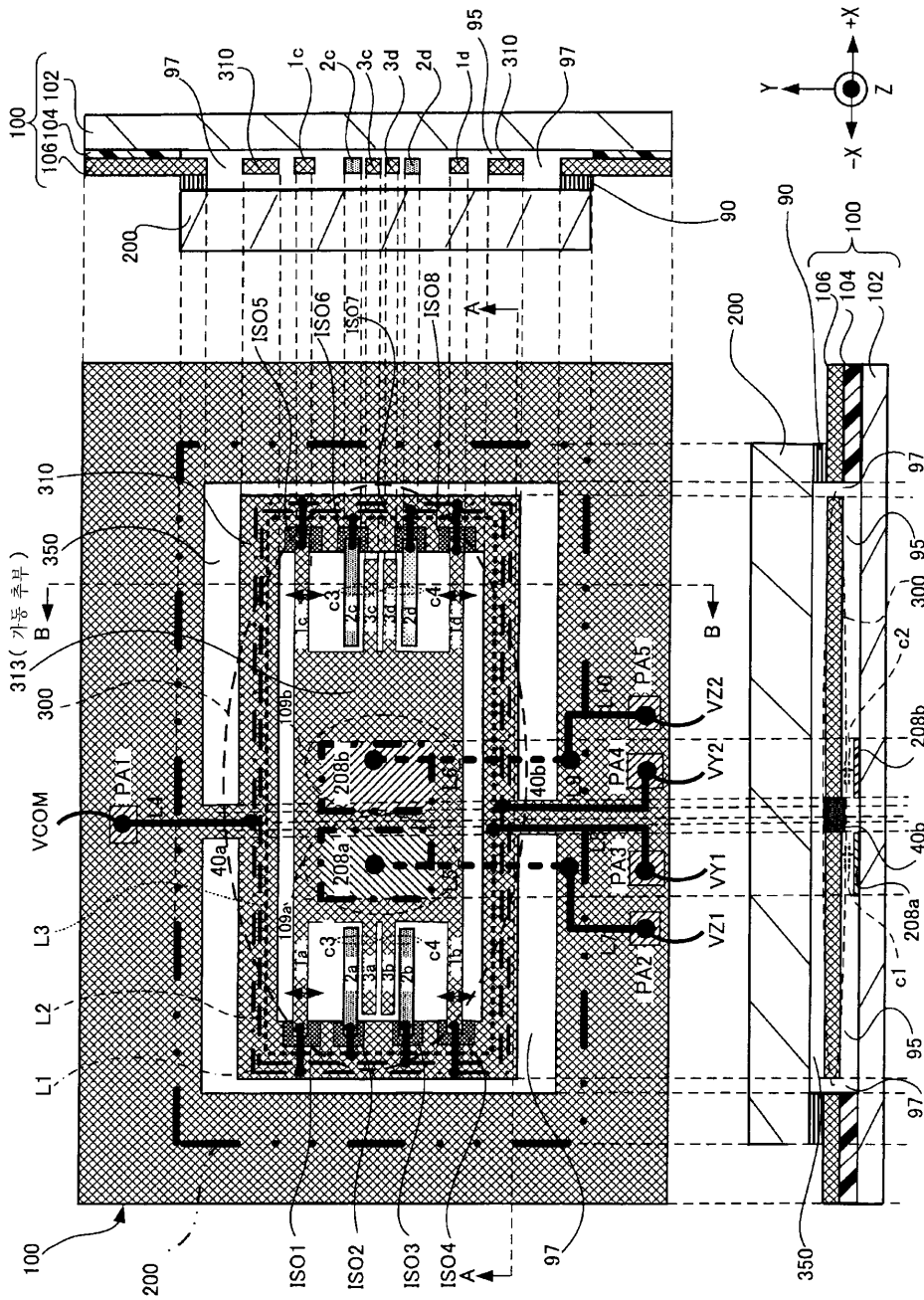
도면4



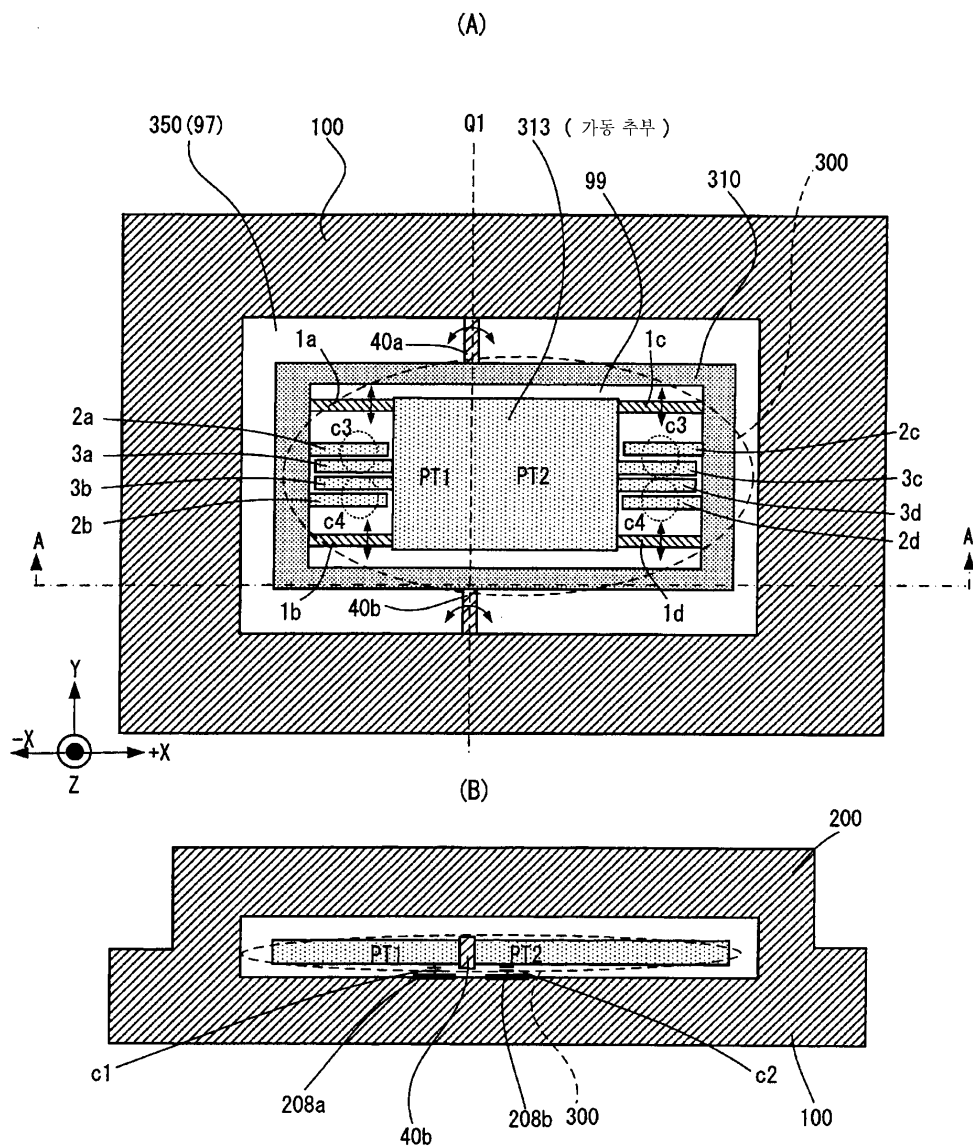
도면5



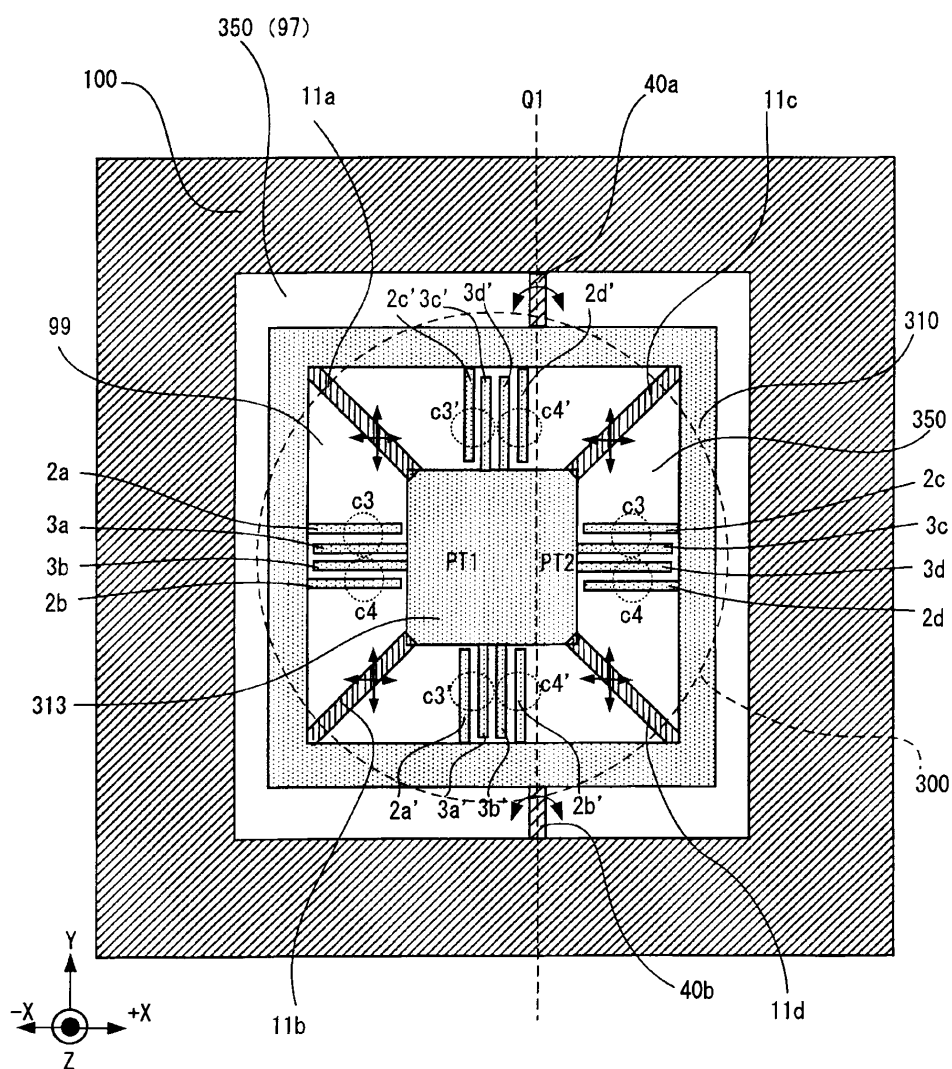
도면6



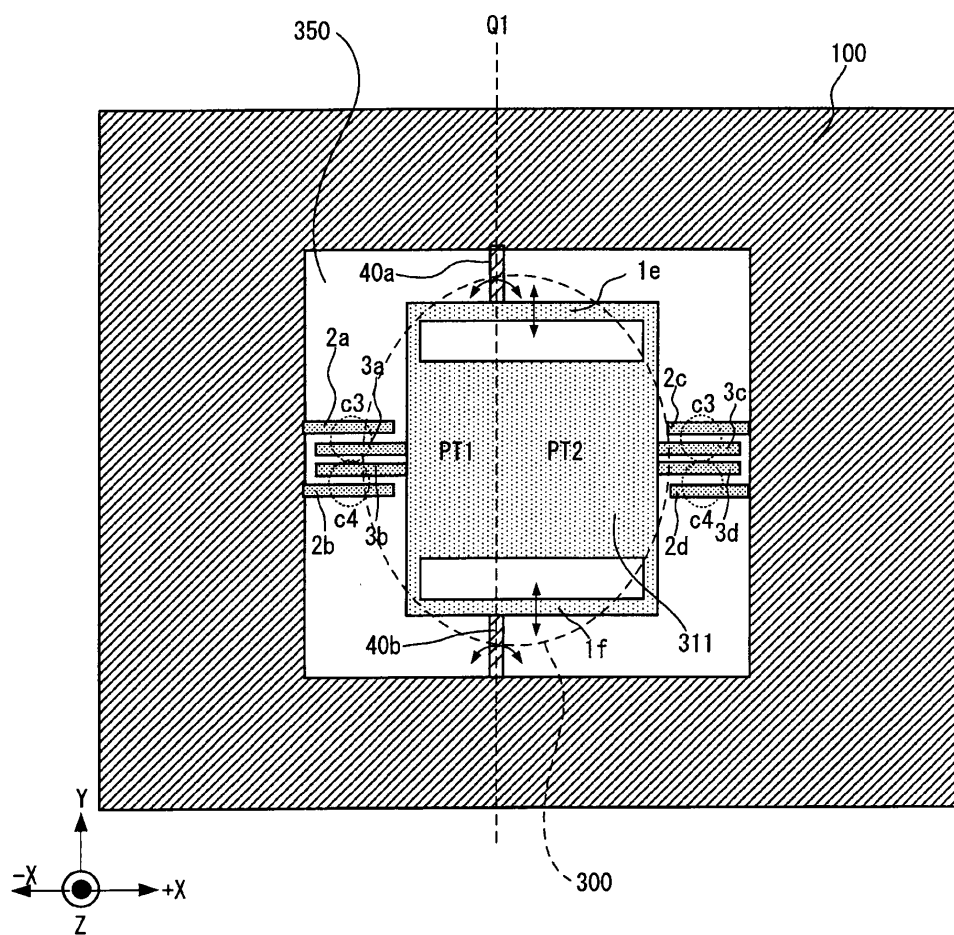
도면7



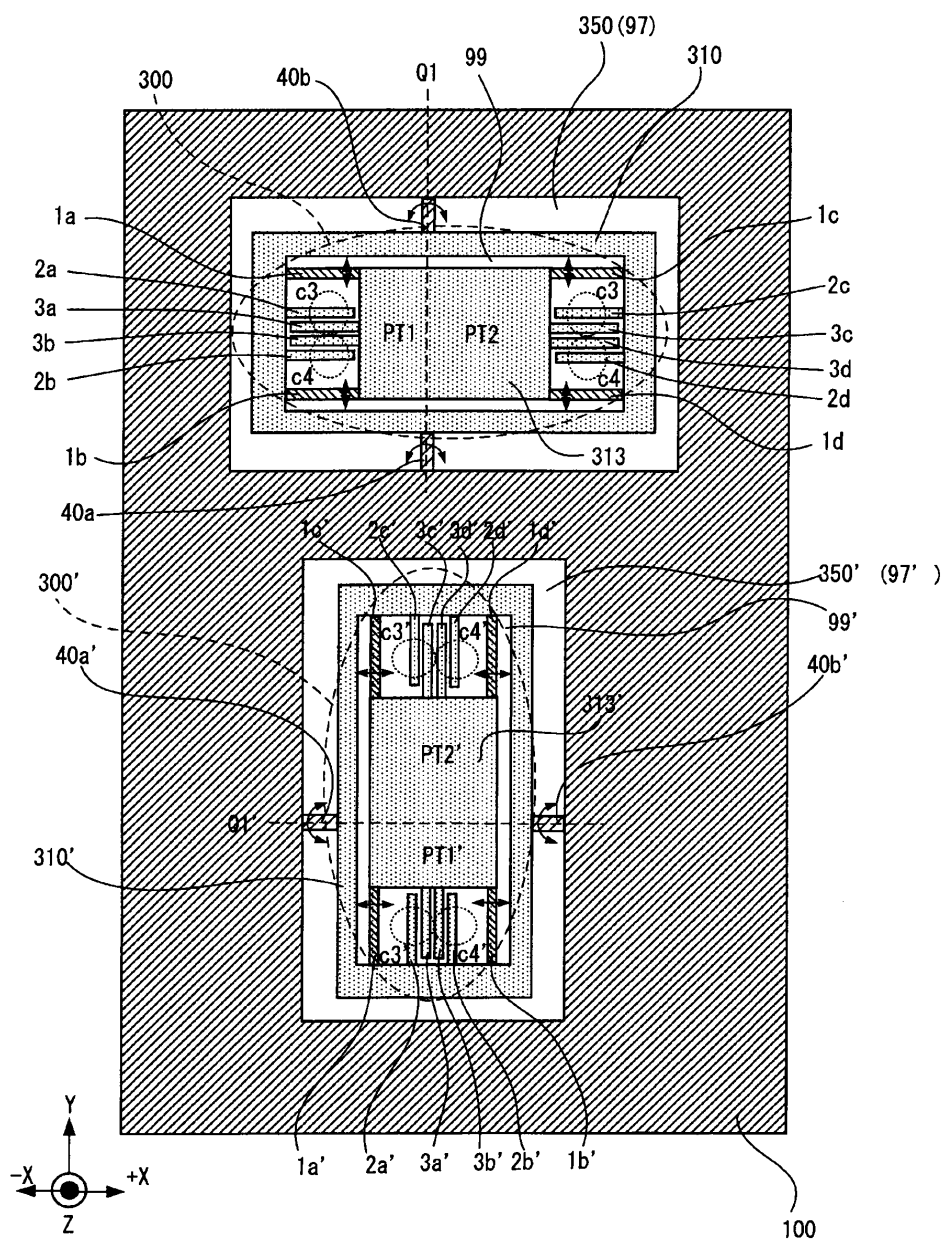
도면8



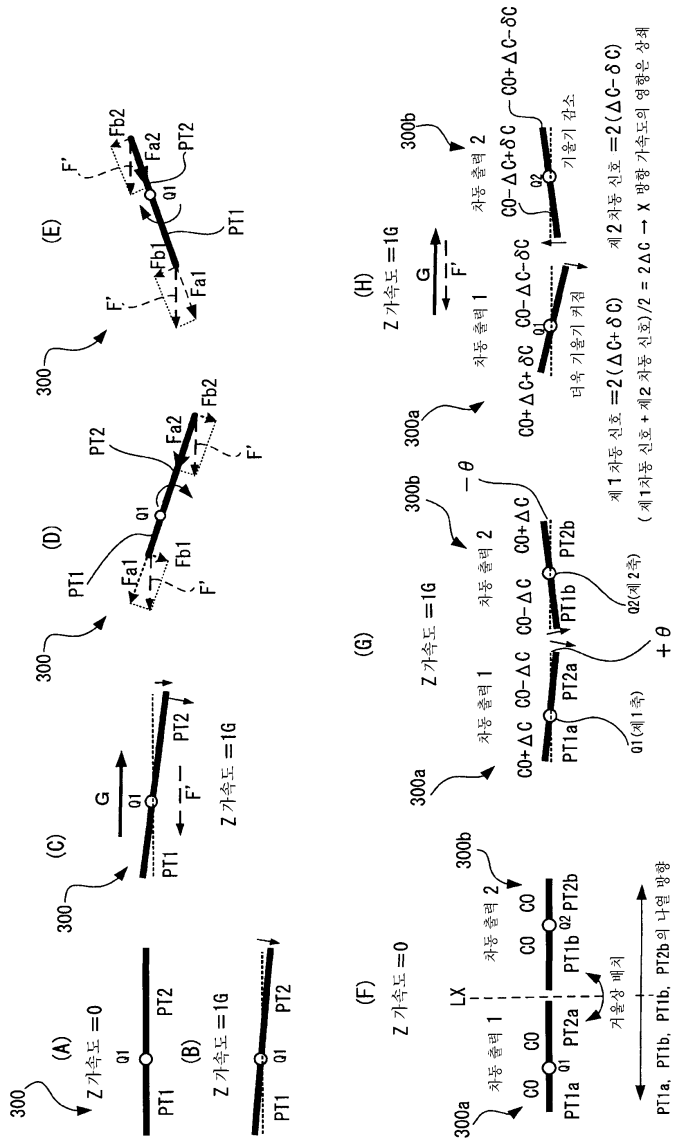
도면9



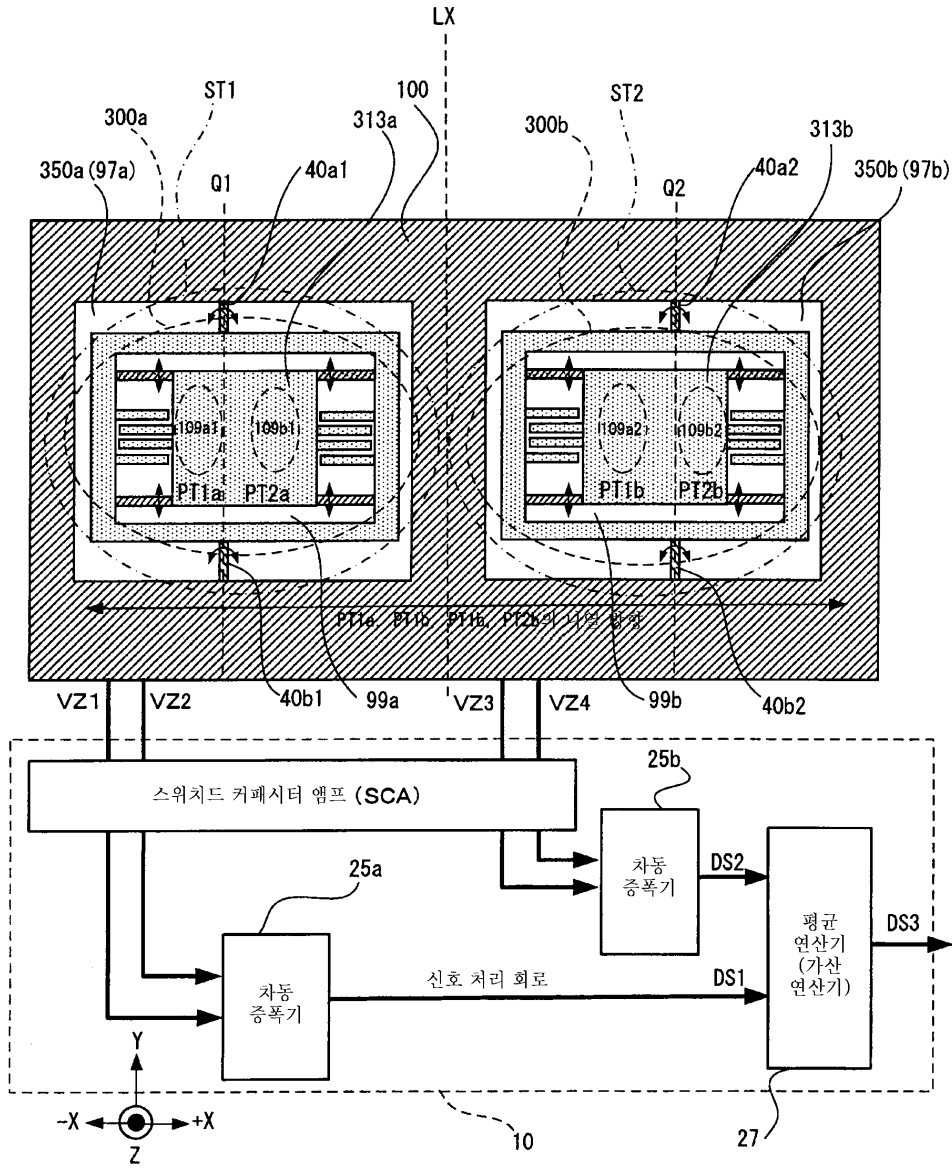
도면10



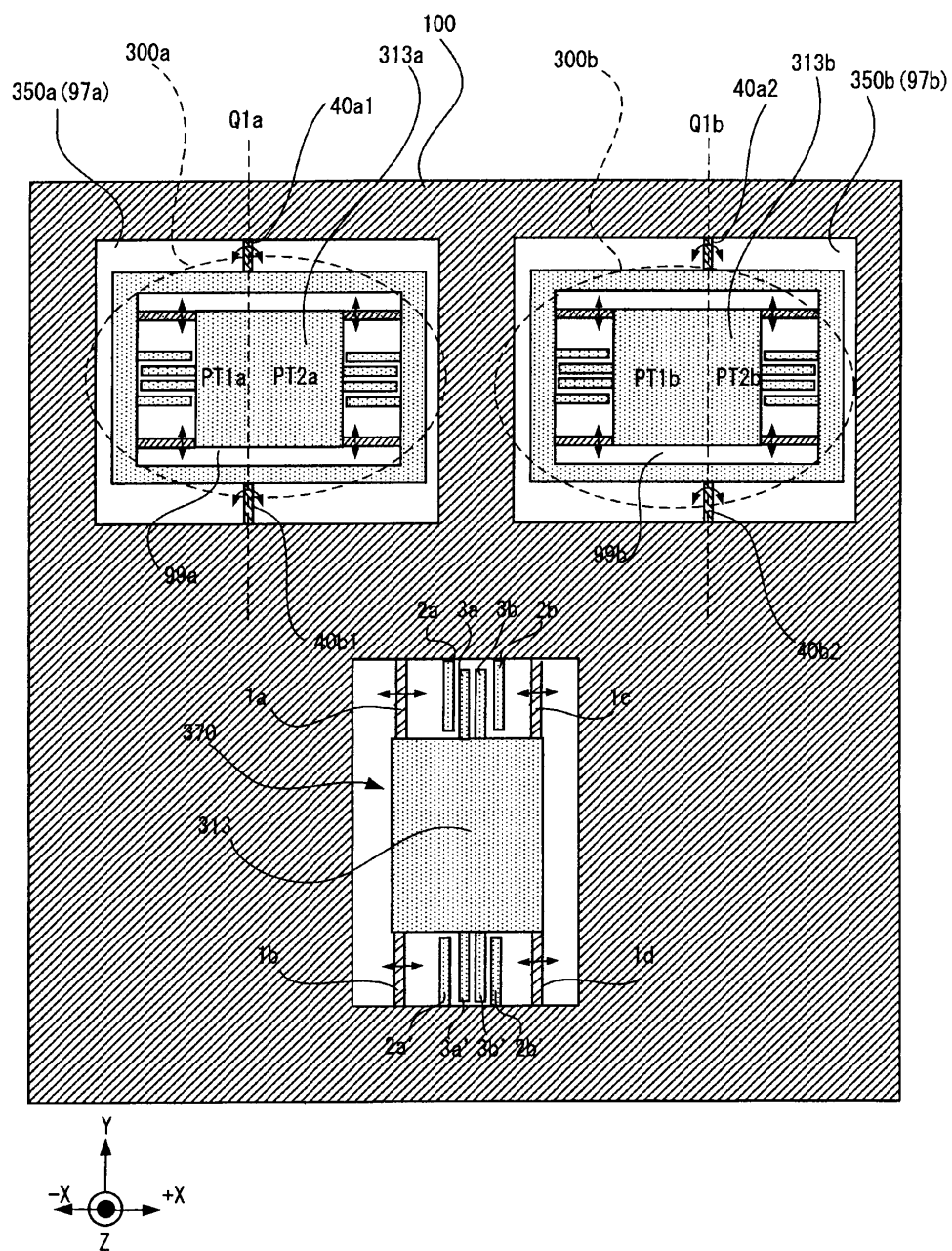
도면11



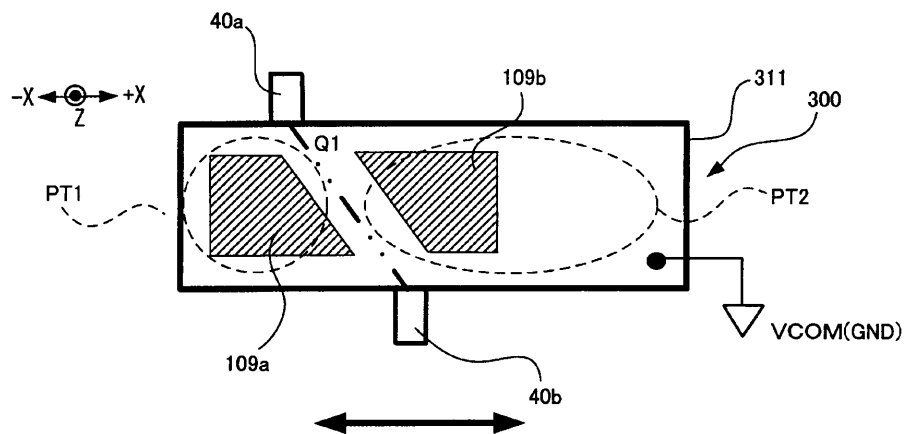
도면12



도면13

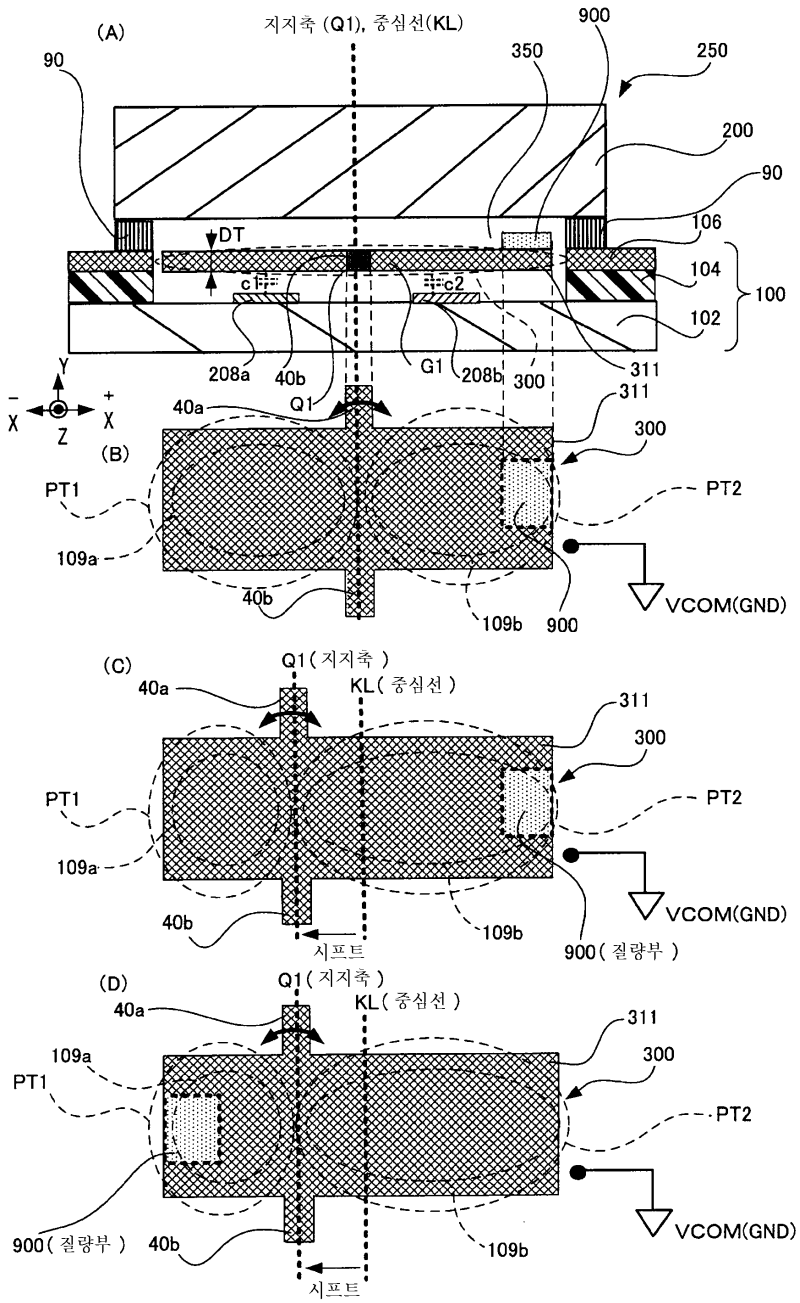


도면14

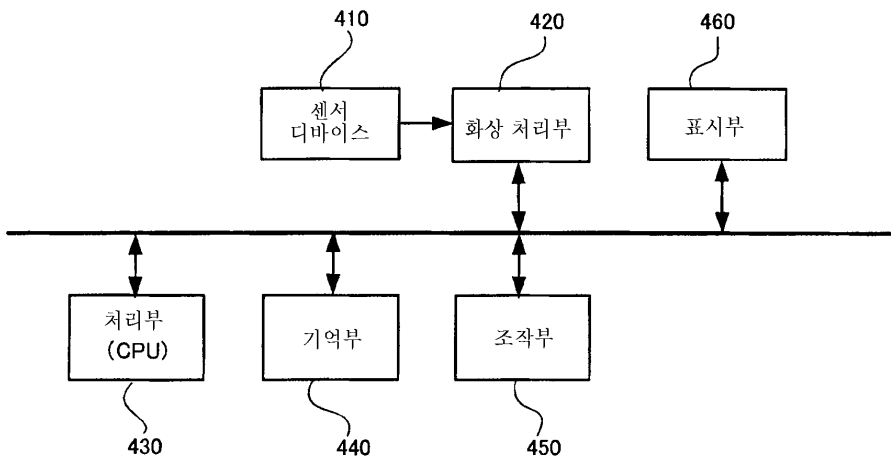


제 1영역(PT1)과 제 2 영역(PT2)의 나열 방향

도면15



도면16



도면17

