



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2009-0129053
(43) 공개일자 2009년12월16일

(51) Int. Cl.

G01C 19/00 (2006.01) G01C 19/56 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2008-0055122

(22) 출원일자 2008년06월12일

심사청구일자 없음

(71) 출원인

세종대학교산학협력단

서울 광진구 군자동 98 세종대학교

(72) 발명자

김해동

대전시 유성구 지족동 반석마을 아파트 207동 1801호

(74) 대리인

권오식, 박창희, 김종관

전체 청구항 수 : 총 3 항

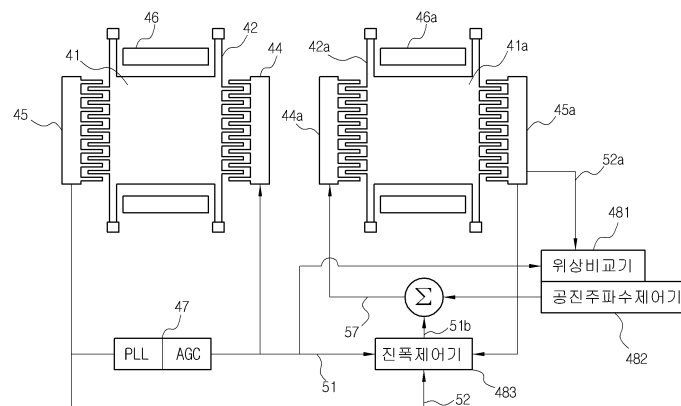
(54) 듀얼매스 자이로스코프의 진동 제어방법

(57) 요약

본 발명은 진동형 마이크로 자이로스코프에 관한 것으로, 본 발명의 목적은 2개의 질량소자가 장착된 진동형 마이크로 자이로스코프에서, 종래에 2개의 질량소자의 공진주파수를 맞추기 위하여 구동신호의 주파수를 조정했던 것과는 달리, 본 발명의 목적은 상기 2개의 질량소자의 고유진동수를 조정함으로써 2개의 질량소자가 서로 동일한 공진주파수와 진폭을 가지고 역상으로 진동할 수 있도록 제어하는 제어방법을 제공함에 있다.

본 발명의 2개의 질량소자가 장착된 진동형 마이크로 자이로스코프의 진동 제어방법은, a) 2개의 질량소자 중 제 1 질량소자를 일정 진폭을 갖는 공진주파수로 진동시키는 단계; b) 상기 제 1 질량소자를 구동하는데 필요한 힘과 크기가 같고 위상이 반대인 힘을 제 2 질량소자에 가하는 단계; c) 상기 제 2 질량소자에 가해진 힘과 이로 인해 유발되는 제 2 질량소자의 진동주파수를 비교하는 단계; d) 상기 비교 결과를 바탕으로 제 2 질량소자의 공진주파수를 조정하여 제 1 질량소자의 공진주파수와 일치시키는 단계; e) 제 1 질량소자의 진폭과 제 2 질량소자의 진폭을 일치시키는 단계; 를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 한다.

대표도 - 도4



특허청구의 범위

청구항 1

- a) 2개의 질량소자 중 제 1 질량소자를 일정 진폭을 갖는 공진주파수로 진동시키는 단계;
- b) 상기 제 1 질량소자를 구동하는데 필요한 힘과 크기가 같고 위상이 반대인 힘을 제 2 질량소자에 가하는 단계;
- c) 상기 제 2 질량소자에 가해진 힘과 이로 인해 유발되는 제 2 질량소자의 진동주파수를 비교하는 단계;
- d) 상기 비교 결과를 바탕으로 제 2 질량소자의 공진주파수를 조정하여 제 1 질량소자의 공진주파수와 일치시키는 단계;
- e) 제 1 질량소자의 진폭과 제 2 질량소자의 진폭을 일치시키는 단계;

를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 2개의 질량소자가 장착된 진동형 마이크로 자이로스코프의 진동 제어방법.

청구항 2

제 1항에 있어서, 상기 d) 단계는

- d-1) 제 2 질량소자의 구동신호와 변위신호를 곱해서 저주파필터링하는 단계;
- d-2) 상기 d-1) 단계에서의 결과를 바탕으로 비례적분제어기로 제 2 질량소자의 공진주파수와 진동주파수의 차이를 계산하는 단계;
- d-3) 상기 비례적분제어기의 출력신호를 제 2 질량소자의 변위신호와 곱하는 단계;

를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 2개의 질량소자가 장착된 진동형 마이크로 자이로스코프의 진동 제어방법.

청구항 3

제 1항에 있어서, 상기 e) 단계는

- e-1) 제 2 질량소자의 진폭과 제 1 질량소자의 진폭을 측정하는 단계;
- e-2) 상기 e-1) 단계에서의 상기 결과를 바탕으로 제 2 질량소자의 구동신호의 크기를 가변게인으로 조정하는 단계;

를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 2개의 질량소자가 장착된 진동형 마이크로 자이로스코프의 진동 제어방법.

명 세 서

발명의 상세한 설명

기술 분야

- <1> 본 발명은 소형 비행체, 이동차량의 자동항법, 카메라의 안정화 장치, 자세 제어시스템 등에 널리 활용되고 있는 진동형 마이크로 자이로스코프에 관한 것으로, 특히 2개의 질량소자가 장착된 진동형 마이크로 자이로스코프 센서에서, 2개의 질량소자 중 제 2 질량소자를 제 1 질량소자와 동일한 공진주파수와 진폭을 갖고 역상으로 진동시키는 방법에 관한 것이다.
- <2> 진동형 마이크로 자이로스코프는 고감도·저가격·소형화가 가능하며, 종래의 회전형 또는 광학형 자이로스코프가 가지고 있는 단점을 해결하고 있는데, 이는 1개의 질량소자, 2개의 질량소자, 또는 1개의 실린더 및 원형 질량소자를 전자기력 또는 정전기력을 이용하여 공진시키면서 회전 각속도에 비례하여 질량소자가 공진의 직각방향으로 변위하는 양이 코리올리스 힘에 비례하는 특성을 측정함으로써 각속도를 계측할 수 있도록 한 것이다.
- <3> 일반적으로 선형 진동형 마이크로 자이로스코프는 2개의 질량소자가 장착되어 서로 역상으로 진동하도록 구동된

다. 그 이유는 2개의 질량소자가 서로 역상으로 진동할 경우, 2개의 질량소자에서 야기되는 코리올리스 힘은 서로 상반되지만 선형 관성력은 동일한 방향으로 작용하므로, 2개의 질량소자의 변위 신호를 차분하면 선형 관성력 성분을 상쇄할 수 있기 때문이다. 이러한 상쇄효과를 얻기 위해서는 2개의 질량소자는 동일한 진동주파수와 역상으로 진동하여야 한다.

- <4> 진동형 마이크로 자이로스코프의 질량소자는 일반적으로 그 공진주파수에서 진동시킨다. 그 이유는 공진주파수에서 진동시키면 질량소자의 기계적 Q값만큼 증폭된 진폭을, 적은 구동력으로 얻을 수 있기 때문이다. 질량소자의 진폭 상승은 인가된 각속도에 대한 감도를 향상시킬 수 있다.
- <5> 2개의 질량소자가 장착된 진동형 마이크로 자이로스코프에서, 2개의 질량소자는 일반적으로 동일한 진폭으로 진동시킨다. 그 이유는 2개의 질량소자가 상이한 진폭으로 진동하면, 비록 인가된 관성력의 상쇄에는 영향을 미치지 않지만, 인가된 각속도에 대한 상이한 감도를 갖기 때문에, 자이로스코프의 성능에서 만족스럽지 못하기 때문이다.

배 경 기 술

- <6> 도 1에 종래 2개의 질량소자(11, 11a)를 장착한 진동형 마이크로 자이로스코프의 구성의 예가 도시되어 있다. 질량소자는 각각 구동 빔(12, 12a)에 의해 지지되어, 질량소자가 각각 도 1에 정의된 X축 방향으로 진동할 수 있다. 2개의 질량소자는 머리핀 형태의 연결 빔(13)에 의해 서로 연결되어 있다. 질량소자(11, 11a)를 진동시키기 위한 구동전극(14, 14a)과 질량소자의 진동을 검출하기 위한 검출전극(15, 15a)이 빗살형태로 형성되어 있다. 자이로스코프 센서로부터의 신호를 검출하기 위한 검출전극(16, 16a)은 평판형태로 형성되어 있다.
- <7> 각각의 질량소자(11, 11a)가 X방향으로 진동할 때, 질량소자의 전극 사이에 형성되는 대향면적이 변화되어 전극 사이의 커패시턴스(capacitance)가 변화하게 된다. 이를 대응하는 전압값으로 변환하여 페이즈락루프(PLL, phase lock loop)와 자동게인제어기(AGC, automatic gain control)(17)로 피드백시켜, 진폭이 일정한 고유진동수로 진동시키게 된다. 이때, 구동전극(14, 14a)에 구동력이 서로 반대로 작용되도록 하여 질량소자(11, 11a)가 서로 역상으로 진동하도록 한다.
- <8> 2개의 질량소자(11, 11a)의 고유진동수는 질량소자의 질량, 구동 빔(12, 12a)과 연결 빔(13)의 기계적인 특성에 의하여 결정되기 때문에, 2개의 질량소자가 동일한 고유진동수로 역상으로 진동하기 위해서는 자이로스코프 센서 제조과정에서 고정밀도의 제조공정이 필요한 바, 이는 제조비의 상승을 초래하며, 뿐만 아니라 온도변화에 따른 구동 빔과 연결 빔의 기계적인 특성의 변화로 인한 고유진동수의 불일치는 피할 수 없다.
- <9> 도 2에 종래 2개의 질량소자(21, 21a)를 장착한 진동형 마이크로 자이로스코프의 구성의 다른 예가 도시되어 있다. 질량소자는 각각 구동 빔(22, 22a)에 의해 지지되어, 질량소자가 각각 X축 방향으로 진동할 수 있다. 2개의 질량소자는 각각 다수의 구동전극(24, 24a)과 검출전극(25, 25a)을 갖도록 형성된다. 2개의 질량소자는 도 1에 예시되어 있는 자이로스코프와 달리 기계적인 연결은 존재하지 않는다.
- <10> 2개의 질량소자 중 제 1 질량소자(21, 21a)가 X방향으로 진동할 때, 질량소자의 전극사이에 형성되는 대향면적이 변화되어 전극 사이의 커패시턴스가 변화하게 된다. 이를 대응하는 전압값으로 변환하여 페이즈락루프(PLL, phase lock loop)와 자동게인제어기(AGC, automatic gain control)(27)로 피드백 시켜, 진폭이 일정한 고유진동수로 진동시키게 된다. 제 2 질량소자의 구동전극(24a)에는 제 1 질량소자의 구동전극(24)에 가해지는 구동력과 동일한 크기의 구동력을 가한다. 제 1 질량소자의 구동전극과 배치가 대칭이므로 제 2 질량소자에는 제 1 질량소자의 역상인 구동력이 가해지게 된다. 따라서, 제 2 질량소자는 제 1 질량소자와 동일한 진동주파수로 진동하게 되지만, 자신의 공진주파수로 진동하는 것은 아니며, 제 1 질량소자와의 위상차가 반드시 역상이라고도 할 수 없다.
- <11> 그 이유는 통상의 질량소자의 진동특성에 의하면, 질량소자가 자신의 고유진동수로 진동할 때에만 구동신호와 질량소자의 진동사이에는 90도의 위상차가 존재하는 위상특성을 보이기 때문이다. 질량소자의 Q값이 클수록 위상차는 90도에서 멀어지게 된다.
- <12> 도 3은 도 2의 방법에 따른 2개의 질량소자의 진동을 도시한 그래프이다. 진동주파수는 서로 같지만 진폭이 다르며, 또한 진동도 서로 역상이 아니다.
- <13> 일반적으로 인가된 각속도에 대한 감도를 높이기 위해, 각 질량소자(21, 21a)의 Q값은 큰 값으로 설계된다. 그러나, 제조시의 여러 요인들과 온도변화 등으로 인해 2개의 공진주파수 사이에 차이가 존재하는 경우, 제 2 질량소자(21a)는 제 1 질량소자(21)보다 아주 작은 진폭을 나타낸다. 결과적으로, 인가된 각속도에 대한 상이한

감도를 갖기 때문에, 자이로스코프의 성능에서 만족스럽지 못하게 된다. 일부 이러한 경우에, 제 2 질량소자에 인가되는 각속도에 대한 충분한 출력 신호의 크기가 얻어질 수 없게 된다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

<14> 따라서, 본 발명은 상기한 바와 같은 종래 기술의 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로, 본 발명의 목적은 2개의 질량소자가 장착된 진동형 마이크로 자이로스코프에서, 2개의 질량소자 중 제 2 질량소자를 제 1 질량소자와 동일한 공진주파수와 진폭을 가지며 역상으로 진동시키는 제어방법을 제공함에 있다. 보다 상세하게는, 종래에 2개의 질량소자의 공진주파수를 맞추기 위하여 구동신호의 주파수를 조정했던 것과는 달리, 본 발명의 목적은 상기 2개의 질량소자의 고유진동수를 조정함으로써 2개의 질량소자가 서로 동일한 공진주파수와 진폭을 가지고 역상으로 진동할 수 있도록 제어하는 제어방법을 제공함에 있다.

과제 해결수단

<15> 상기한 바와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명의 2개의 질량소자가 장착된 진동형 마이크로 자이로스코프의 진동 제어방법은, a) 2개의 질량소자 중 제 1 질량소자를 일정 진폭을 갖는 공진주파수로 진동시키는 단계; b) 상기 제 1 질량소자를 구동하는데 필요한 힘과 크기가 같고 위상이 반대인 힘을 제 2 질량소자에 가하는 단계; c) 상기 제 2 질량소자에 가해진 힘과 이로 인해 유발되는 제 2 질량소자의 진동주파수를 비교하는 단계; d) 상기 비교 결과를 바탕으로 제 2 질량소자의 공진주파수를 조정하여 제 1 질량소자의 공진주파수와 일치시키는 단계; e) 제 1 질량소자의 진폭과 제 2 질량소자의 진폭을 일치시키는 단계; 를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 한다.

<16> 이 때, 상기 d) 단계는 d-1) 제 2 질량소자의 구동신호와 변위신호를 곱해서 저주파필터링하는 단계; d-2) 상기 d-1) 단계에서의 결과를 바탕으로 비례적분제어기로 제 2 질량소자의 공진주파수와 진동주파수의 차이를 계산하는 단계; d-3) 상기 비례적분제어기의 출력신호를 제 2 질량소자의 변위신호와 곱하는 단계; 를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 한다.

<17> 또한, 상기 e) 단계는 e-1) 제 2 질량소자의 진폭과 제 1 질량소자의 진폭을 측정하는 단계; e-2) 상기 e-1) 단계에서의 상기 결과를 바탕으로 제 2 질량소자의 구동신호의 크기를 가변제어기로 조정하는 단계; 를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 한다.

효과

<18> 본 발명에 의한 자이로스코프 진동 제어방법에 의하면, 2개의 질량소자의 실제 고유 공진주파수가 달라도 그 제작오류에 따른 영향을 제거함으로써 이상적인 자이로스코프와 같이 2개의 질량소자를 동일한 공진주파수와 진폭을 갖고 서로 역상으로 진동시킬 수 있는 진동형 마이크로 자이로스코프를 제공할 수 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

<19> 이하, 상기한 바와 같은 구성을 가지는 본 발명에 의한 2개의 질량소자가 장착된 진동형 마이크로 자이로스코프의 진동 제어방법을 첨부된 도면을 참고하여 상세하게 설명한다.

<20> 도 4는 본 발명에 따른 2개의 질량소자를 장착한 진동형 마이크로 자이로스코프의 개략적인 구성을 도시하고 있다. 상기 도 4의 2개의 질량소자를 장착한 진동형 마이크로 자이로스코프는, 도 2에 도시된 것과 유사한 방식으로 형성되되, 제 2 질량소자를 구동함에 있어서 제 1 질량소자의 검출신호를 그대로 이용하는 것이 아니라 제어기를 더 구비하여 제 1 질량소자의 검출신호 및 제 2 질량소자 자신의 검출신호를 이용하여 구동하고 있다는 점이 상이하다.

<21> 종래 2개의 질량소자를 장착한 자이로스코프와 같이, 질량소자는 각각 구동 빔(42, 42a)에 의해 지지되어, 질량소자가 각각 X축 방향으로 진동할 수 있다. 2개의 질량소자는 각각 다수의 구동전극(44, 44a)과 검출전극(45, 45a)을 갖도록 형성된다. 2개의 질량소자에는 기계적인 연결은 존재하지 않는다.

<22> 전술한 것과 유사한 방식으로, 2개의 질량소자 중 제 1 질량소자(41, 41a)가 X방향으로 진동할 때, 질량소자의 전극사이에 형성되는 대향면적이 변화되어 전극사이의 커패시턴스가 변화하게 된다. 이를 대응하는 전압값으로 변환하여 페이즈락루프(PLL, phase lock loop)와 자동게인제어기(AGC, automatic gain control)(47)로 피드백

시커, 진폭이 일정한 고유진동수로 진동시키게 된다. 제 2 질량소자의 구동전극(44a)에는 제 1 질량소자의 구동전극(44)에 가해지는 구동력과 동일한 크기의 구동력을 가한다. 제 1 질량소자의 구동전극과 대칭되게 전극을 배치시킴으로써, 제 2 질량소자에는 제 1 질량소자의 역상인 구동력이 가해지게 된다. 따라서 제 2 질량소자는 제 1 질량소자와 동일한 진동주파수로 진동하게 되지만, 자신의 공진주파수로 진동하는 것은 아니며, 제 1 질량소자와의 위상차도 반드시 역상은 아니다. 여기까지는 도 2로써 설명한 것과 같은 종래의 2개의 질량소자를 가진 자이로스코프와 동일한 기술사상을 가지고 있다. 이제, 제 2 질량소자의 공진주파수를 진동주파수와 일치시키기 위하여 하기와 같은 제어방법을 도입한다.

<23> 도 4 및 도 5의 위상비교기(481)는 구동신호(51)와 제 2 질량소자의 진동 사이의 위상을 비교한다. 구동신호(51)는 제 1 질량소자에서의 구동신호와 동일한 크기의 신호로서 제 2 질량소자에 가해지는 구동신호이며, 질량소자의 진동상태는 검출전극(45a)으로부터의 신호에 기반하여 측정된다. 도 4의 공진주파수제어기(482)는 제 2 질량소자가 자신의 고유진동수로 진동하면 구동신호와와의 위상차가 90도가 되는 점을 이용하여, 위상비교기(481)의 결과를 바탕으로 제 2 질량소자의 고유 공진주파수가 진동주파수와 일치되도록 조정한다. 이 때, 구동신호의 주파수를 조정하지 않고, 질량소자의 고유진동수를 조정하는데 본 발명상의 공진주파수제어기의 특징이 있다. 도 4의 진폭제어기(483)는 도 5에 실시예가 도시되어 있듯이, 제 2 질량소자의 진폭을 제 1 질량소자의 검출신호(52)의 진폭과 일치하도록, 구동신호(51)에 곱해지는 가변게인기(56)의 값을 조정한다.

<24> 도 5에 위상비교기(481)·공진주파수제어기(482)·진폭제어기(483)의 실시예가 도시되어 있다. 도 5의 구동신호(51)는 제 2 질량소자의 구동전극에 가해지는 구동신호로 제 1 질량소자의 구동전극에 가해지는 구동신호와 크기가 같다. 이 구동신호(51)는 제 2 질량소자의 검출전극(45a)으로부터 측정된 제 2 질량소자의 검출신호(52a)와 곱해져서 저주파필터기(53)를 통과한 후, 비례분배제어기(54)로 전달된다. 비례분배제어기의 출력신호(55)는 제 2 질량소자의 검출신호(52a)와 곱해진 후(56), 진폭이 조정된 구동신호(51b)와 더해지며, 상기와 같이 조정된 구동신호(57)가 제 2 질량소자의 구동전극(44a)에 전달되어 제 2 질량소자를 구동하게 된다.

<25> 도시된 도 6의 그래프는 상술한 본 발명의 실시예 따른 2개의 질량소자의 진동을 도시한 그래프이다. 2개의 질량소자가 동일한 공진주파수와 진폭을 갖고 서로 역상으로 진동함을 보여주고 있다.

<26> 본 발명은 상기한 실시예에 한정되지 아니하며, 그 적용범위가 다양함은 물론이고, 청구범위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 당해 본 발명이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 누구든지 다양한 변형 실시가 가능한 것은 물론이다.

도면의 간단한 설명

<27> 도 1은 종래 2개의 질량소자를 장착한 진동형 마이크로 자이로스코프의 구성 예를 보인 개략도.

<28> 도 2는 종래 2개의 질량소자를 장착한 진동형 마이크로 자이로스코프의 다른 구성 예를 보인 개략도.

<29> 도 3은 도 2의 종래 방법에 따른 2개의 질량소자의 진동을 도시한 그래프.

<30> 도 4는 본 발명에 따른 2개의 질량소자를 장착한 진동형 마이크로 자이로스코프의 구성을 보인 개략도.

<31> 도 5는 본 발명에 따른 제어방법을 설명하기 위한 개략도.

<32> 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 2개의 질량소자의 진동을 도시한 그래프.

<33> **도면의 주요부분에 대한 부호의 설명**

<34> 11: 제 1 질량소자 11a: 제 2 질량소자

<35> 12, 12a: 구동 빔 13: 연결 빔

<36> 14, 14a: 구동 전극 15, 15a: 검출 전극

<37> 16, 16a: 센서 검출 전극 17: PLL & AGC

<38> 21: 제 1 질량소자 21a: 제 2 질량소자

<39> 22, 22a: 구동 빔

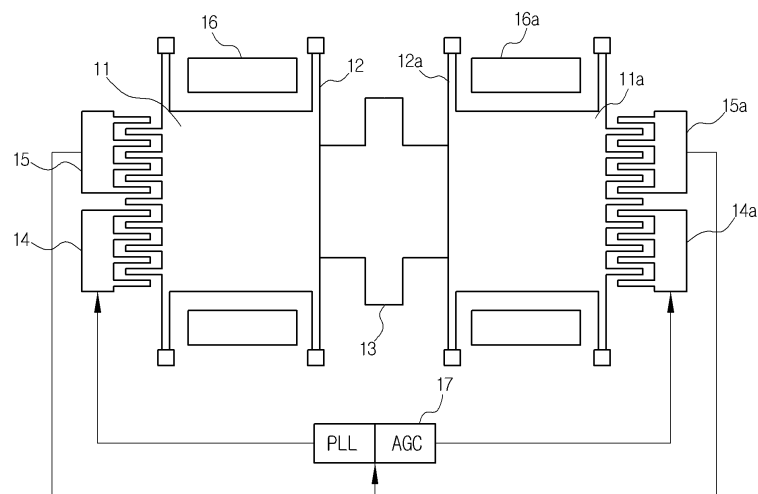
<40> 24, 24a: 구동 전극 25, 25a: 검출 전극

<41> 27: PLL & AGC (Phase Lock Loop & Automatic Gain Control)

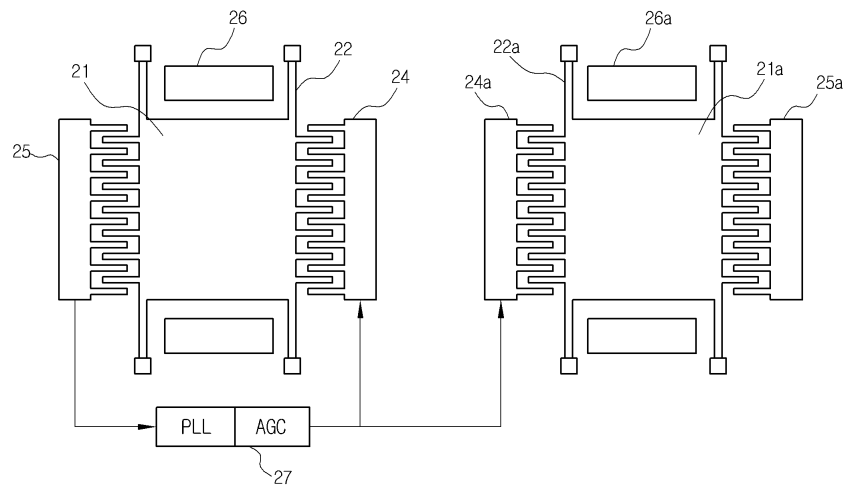
- | | | |
|------|--|-------------------|
| <42> | 41: 제 1 질량소자 | 41a: 제 2 질량소자 |
| <43> | 42, 42a: 구동 빔 | |
| <44> | 44, 44a: 구동 전극 | 45, 45a: 검출 전극 |
| <45> | 47: PLL & AGC (Phase Lock Loop & Automatic Gain Control) | |
| <46> | 481: 위상비교기 | |
| <47> | 482: 공진주파수제어기 | |
| <48> | 483: 진폭제어기 | |
| <49> | 51: 제 2 질량소자의 구동신호 | 51b: 진폭이 조정된 구동신호 |
| <50> | 52: 제 1 질량소자의 검출신호 | |
| <51> | 52a: 제 2 질량소자의 검출신호 | |
| <52> | 53: 저주파통과필터(LPF, Low Pass Filter) | |
| <53> | 54: 비례적분제어기 | 55: 비례적분제어기 출력신호 |
| <54> | 56: 가변게인기 | |
| <55> | 57: 제 2 질량소자의 최종 구동신호 | |

도면

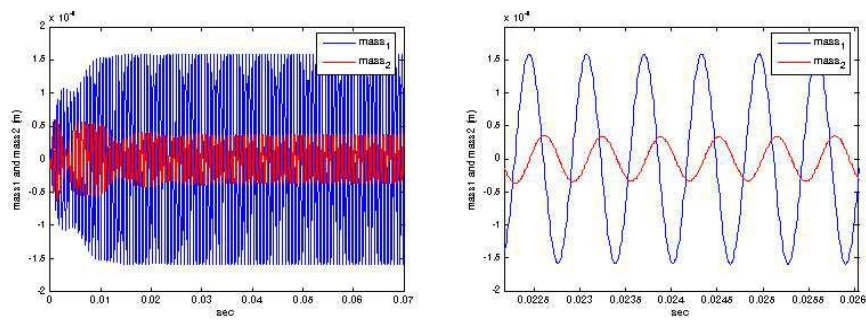
도면1



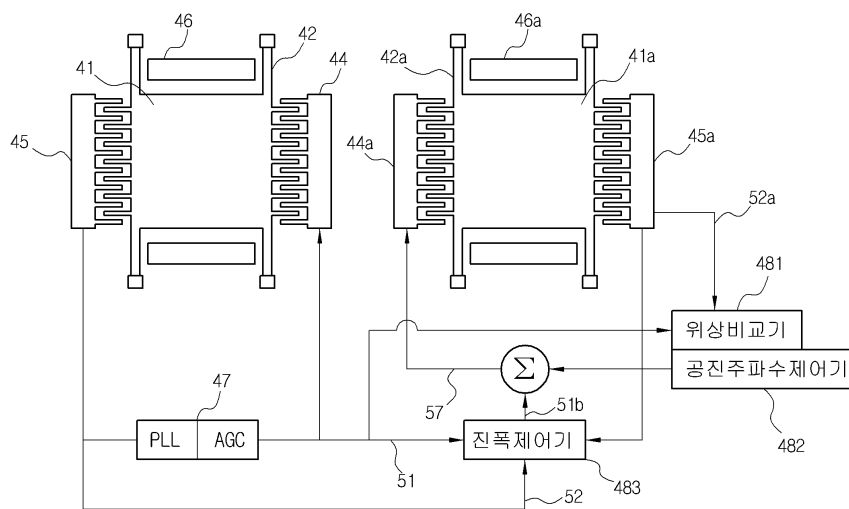
도면2



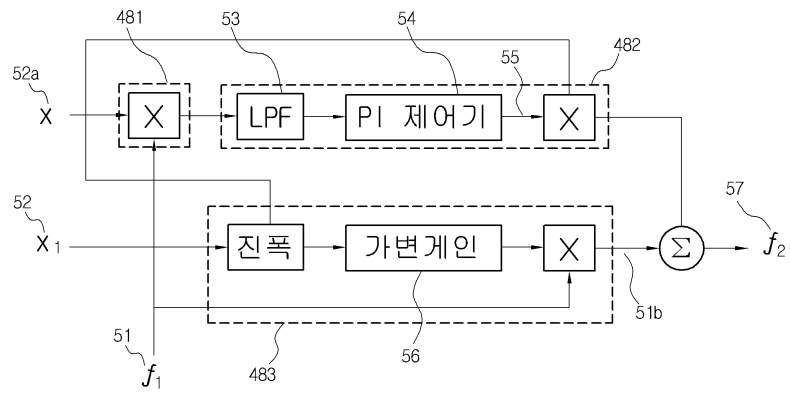
도면3



도면4



도면5



도면6

