



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2007-0109922
(43) 공개일자 2007년11월15일

(51) Int. Cl.

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

G01P 15/14 (2006.01) B81B 7/02 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2007-0045600

(22) 출원일자 2007년05월10일

심사청구일자 없음

(30) 우선권주장

11/382,633 2006년05월10일 미국(US)

(71) 출원인

허니웰 인터내셔널 인코포레이티드

미국 뉴저지 모리스타운 콜롬비아로드 101

(72) 발명자

프렌치 하워드 비.

미국, 미네소타 55113, 펄콘 하이츠, 가든 애브뉴 1597

웨버 마크 더블유.

미국, 미네소타 55398, 짐머맨, 11560-247번가 애브뉴

(74) 대리인

특허법인 씨엔에스·로고스

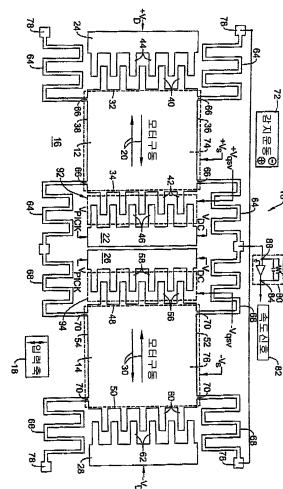
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) MEMS형 자이로스코프 및 자이로스코프에서 오차를감소시키는 방법

(57) 요약

MEMS형 자이로스코프에서 오차를 감소하기 위한 장치 및 방법이 개시된다. 본 발명의 예시적인 실시예에 따른 MEMS형 자이로스코프는 감지 전극 상부의 구동 평면에서 진동하도록 구성된 하나 이상의 관성 질량체를 포함할 수 있으며, 입력축에 대하여 자이로스코프의 운동으로부터 발생하는 상기 하나 이상의 관성 질량체에 작용하는 코리올리의 힘을 측정한다. 하나 이상의 직각 운동 조정 전압 부재는 상기 하나 이상의 관성 질량체 각각에 인접하게 배치될 수 있으며, 직각 운동 및/또는 온도 효과 때문에 상기 관성 질량체의 임의의 원하지 않는 운동을 감소시키도록 감지 전극 방향으로 상기 관성 질량체를 정전기적으로 끌어당기도록 활성화된다. 각 직각 운동 조정 전압 부재에 인가된 전압은 시간에 따라 가변할 수 있으며, 소정의 경우에, 상기 관성 질량체를 구동하는데 사용되는 동일한 전압 신호로부터 유도될 수 있다.

대표도 - 도2



특허청구의 범위

청구항 1

시변 구동 전압원에 연결되고, 지지 기관 상부의 구동 평면에서 진동하는 하나 이상의 관성 질량체;

상기 하나 이상의 관성 질량체 각각에 인접하게 배치된 적어도 하나의 감지 전극;

상기 하나 이상의 관성 질량체에 연결되고, 상기 하나 이상의 관성 질량체 및 대응하는 감지 전극 사이에 전하를 생성하는 감지 바이어스 전압원;

상기 하나 이상의 관성 질량체 상에 작용하는 코리올리의 힘을 측정하고 입력축에 대한 회전 속도에 대응하는 속도 신호를 출력하는 감지 수단; 및

상기 하나 이상의 관성 질량체 각각에 인접하게 배치되고, 전압에 전기적으로 각각 연결된 하나 이상의 직각 운동 조정 전압 부재;

를 포함하는 MEMS형 자이로스코프.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 하나 이상의 직각 운동 조정 전압 부재에 연결된 상기 전압은 DC 전압인 것을 특징으로 하는 MEMS형 자이로스코프.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 하나 이상의 직각 운동 조정 전압 부재에 연결된 상기 전압은 AC 전압인 것을 특징으로 하는 MEMS형 자이로스코프.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 AC 전압은 상기 구동 전압원과 동상인 것을 특징으로 하는 MEMS형 자이로스코프.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 하나 이상의 직각 운동 조정 전압 부재에 연결된 상기 전압은 상기 구동 전압원의 한 성분인 것을 특징으로 하는 MEMS형 자이로스코프.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 하나 이상의 직각 운동 조정 전압 부재에 연결된 상기 전압의 크기는 상기 구동 전압원의 크기보다 작은 것을 특징으로 하는 MEMS형 자이로스코프.

청구항 7

제5항에 있어서,

상기 하나 이상의 직각 운동 조정 전압 부재에 연결된 상기 전압의 크기는 상기 구동 전압원의 크기와 실질적으로 동일한 것을 특징으로 하는 MEMS형 자이로스코프.

청구항 8

제5항에 있어서,

상기 구동 전압원과 각 직각 운동 조정 전압 부재 사이에 직렬로 배치된 저항 요소를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 MEMS형 자이로스코프.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 저항 요소는 가변 저항인 것을 특징으로 하는 MEMS형 자이로스코프.

청구항 10

제8항에 있어서,

상기 저항 요소는 고정형 저항인 것을 특징으로 하는 MEMS형 자이로스코프.

청구항 11

제1항에 있어서,

상기 하나 이상의 직각 운동 조정 전압 부재에 인가된 상기 전압은 0으로 되는 것을 특징으로 하는 MEMS형 자이로스코프.

청구항 12

제1항에 있어서,

상기 감지 요소는 전하 증폭기를 포함하는 것을 특징으로 하는 MEMS형 자이로스코프.

청구항 13

시변 구동 전압원에 연결되고, 지지 기판 상부의 구동 평면에서 진동하는 하나 이상의 관성 질량체;

상기 하나 이상의 관성 질량체 각각에 인접하게 배치된 적어도 하나의 감지 전극;

상기 하나 이상의 관성 질량체 및 대응하는 감지 전극 사이에 전하를 유도하는 감지 바이어스 전압원;

상기 하나 이상의 관성 질량체 각각에 인접하게 배치되고, 상기 구동 전압원과 저항 요소에 직렬로 각각 연결된 하나 이상의 직각 운동 조정 전압 부재; 및

상기 하나 이상의 관성 질량체 상에 작용하는 코리올리의 힘을 측정하고 입력축에 대한 회전 속도에 대응하는 속도 신호를 출력하는 감지 수단;

를 포함하는 MEMS형 자이로스코프.

청구항 14

감지 전극 상부의 구동 평면에서 각각 진동하는 하나 이상의 관성 질량체에 연결된 시변 구동 전압원을 갖는 자이로스코프를 제공하는 단계;

상기 관성 질량체에 인접한 하나 이상의 직각 운동 조정 전압 부재를 제공하는 단계; 및

상기 하나 이상의 관성 질량체의 임의의 원하지 않는 직각 운동을 감소시키기 위하여 상기 감지 전극 방향으로 상기 관성 질량체를 정전기적으로 끌어당기도록 상기 하나 이상의 직각 운동 조정 전압 부재에 시변 전압을 인가하는 단계;

를 포함하는 자이로스코프에서 오차를 감소시키는 방법.

청구항 15

제14항에 있어서,

상기 하나 이상의 직각 운동 조정 전압 부재에 연결된 상기 시변 전압은 AC 전압인 것을 특징으로 하는 자이로스코프에서 오차를 감소시키는 방법.

청구항 16

제15항에 있어서,

상기 AC 전압은 상기 구동 전압원과 동상인 것을 특징으로 하는 자이로스코프에서 오차를 감소시키는 방법.

청구항 17

제14항에 있어서,

상기 하나 이상의 직각 운동 조정 전압 부재에 연결된 상기 시변 전압은 상기 구동 전압원의 한 성분인 것을 특징으로 하는 자이로스코프에서 오차를 감소시키는 방법.

청구항 18

제17항에 있어서,

상기 하나 이상의 직각 운동 조정 전압 부재에 연결된 상기 시변 전압의 크기는 상기 구동 전압원의 크기보다 작은 것을 특징으로 하는 자이로스코프에서 오차를 감소시키는 방법.

청구항 19

제17항에 있어서,

상기 하나 이상의 직각 운동 조정 전압 부재에 연결된 상기 시변 전압의 크기는 상기 구동 전압원의 크기와 실질적으로 동일한 것을 특징으로 하는 자이로스코프에서 오차를 감소시키는 방법.

청구항 20

제14항에 있어서,

상기 하나 이상의 관성 질량체 각각에 감지 바이어스 전압을 제공하는 단계; 및

상기 하나 이상의 관성 질량체 상에 작용하는 코리올리의 힘을 측정하고 입력축에 대한 상기 자이로스코프의 회전 속도에 대응하는 속도 신호를 출력하는 단계;

를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 자이로스코프에서 오차를 감소시키는 방법.

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

- <15> [관련 출원에 대한 교차 참조]
- <16> 본 발명은 2005년 3월 22일 출원된 미국 특허 출원 제10/907,131호(발명의 명칭: 직각 운동 조정 전압을 이용한 MEMS 자이로 장치에서의 직각 운동 감소(Quadrature Reduction in MEMS Gyro Using Quad Steering Voltages))의 일부 계속 출원이다.
- <17> 본 발명은 일반적으로 마이크로 전기기계 시스템(Microelectromechanical system, MEMS)의 분야에 관한 것이다. 더욱 상세하게는, 본 발명은 조정 전극을 이용한 MEMS형 자이로스코프 장치에서의 오차 감소에 관한 것이다.
- <18> 마이크로 전기기계 시스템(MEMS) 자이로스코프 장치는 하나 이상의 차원에서 관성 운동을 감지하기 위한 다양한 적용례에서 사용된다. 특히, 이러한 장치는 운동이나 가속도에 있어서의 작은 변화를 측정 및/또는 검출하는 것이 필수적일 수 있거나 크기 및/또는 중량이 중요한 설계 고려사항인 높은 신뢰도와 정밀도를 요구하는 적용례에 유용하다. 예를 들어, 항법 및 통신 시스템의 설계에 있어서, 이러한 장치는 공간을 이동하는 물체의 선형 및 회전 운동에서의 작은 변화를 측정 및/또는 검출하는데 유용하다. 이러한 장치가 반도체 일괄 제작 기술(예를 들어, 포토리소그라피)을 이용하여 생산될 수 있기 때문에, 더 이전의 생산 기술에 비하여 큰 허용 오차 및

신뢰성이 획득될 수 있다.

- <19> MEMS형 자이로스코프의 설계는 그 특정 목적에 따라 아주 크게 변한다. 예를 들어, 속도 자이로스코프(rate gyroscope)는 코리올리의 힘을 생성하고 측정함으로써 움직이는 물체의 회전 속도를 결정하는데 종종 사용된다. 예를 들어, 진동형 속도 자이로스코프에서, 하나 이상의 관성 질량체를 포함하는 구동 시스템은 운동이 결정되는 입력축(input axis) 또는 "속도 축(rate axis)"에 수직인 구동 평면에서 모터 픽오프 콤에 대하여 앞뒤로 진동하도록 구성될 수 있다. 관성 질량체는 구동 전압원으로부터의 시변 신호로 정전기적으로 충전될 때 서로에 대하여 움직이도록 구성된 다수의 깎지끼워진 콤 핑거를 각각 포함한다. 다수의 서스펜션 스프링 또는 다른 휘어지는 요소는 일반적으로 아래에 놓인 지지 기관의 상부에서 특정 방향으로 각 관성 질량체의 운동을 제한하는데 사용된다.
- <20> 각 관성 질량체에 인접하고 평행한 기관 상에 배치된 감지 전극 또는 다른 감지 수단은 감지 바이어스 전압으로 충전될 수 있다. 각 관성 질량체가 기관의 상부에서 앞뒤로 움직일 때, 움직이는 본체가 입력축에 대하여 회전할 때 움직이는 본체의 모멘텀 보존으로부터 기인하는 코리올리의 힘은 각 관성 질량체와 감지 전극 사이의 간격을 가변시키며, 이에 따라 정전용량에서의 변화를 수반케 한다. 관성 질량체와 감지 전극 사이의 정전용량을 이러한 방법으로 측정함으로써, 움직이는 본체의 회전 운동 및/또는 가속도의 측정을 확실하게 할 수 있다.
- <21> 많은 MEMS형 자이로스코프에 있어서의 오차에 대한 중요한 제공 원인은 감지 전극의 상부에서 앞뒤로 진동하는 관성 질량체의 직각 운동(quadrature motion, 즉, 평면을 벗어나는 운동) 때문이다. 예를 들어, 이러한 직각 운동은 구동 시스템에서 이용되는 콤 핑거와 서스펜션 스프링의 윤곽에 있어서의 불완전성과 제조 공정 동안 생성되는 다른 불완전성으로부터 발생한다. 이러한 직각 운동이 큰 감지 신호를 생성할 때, 속도 신호에서의 민감한 변화를 정밀하게 판별하는 자이로스코프의 성능에 영향을 미친다. 또한, 이러한 직각 운동은 관성 질량체를 구동하는데 사용되는 구동 전자소자와 간섭할 수 있으며, 소정의 경우에는 오차 보정 회로를 더 필요로 한다. 이러한 구동 시스템에서의 불규칙성 때문에, 출력 감지 신호는 원하는 속도 신호 뿐만 아니라 원하지 않는 직각 신호를 포함할 수 있어, 속도 운동을 효과적으로 측정하기 위한 자이로스코프의 성능을 저하시킨다.
- <22> 또한, 소정의 경우에, 자이로스코프의 환경 내의 온도는 속도 신호에서의 민감한 변화를 감지하는 자이로스코프의 성능에 영향을 미칠 수 있다. 일반적으로, 자이로스코프의 온도가 상승하면, 관성 질량체를 구동하는 것이 더욱 힘들어지며, 따라서 관성 질량체를 구동하는데 필요한 전압의 크기가 증가한다. 소정의 설계에서, 열의 존재는 관성 질량체를 감지 축의 방향으로 기관 표면 상부로 상승시켜, 원하지 않는 열 성분을 감지 신호에 유입시킨다.
- <23> 구동 시스템에서의 직각 운동, 진동 및 기타 불규칙성을 보상하기 위하여, 종래 기술에 따른 많은 설계들은 구동 시스템 및/또는 감지 회로에서 복잡한 오차-보정 기술을 이용하여 원하지 않는 직각 신호를 억제하는 방법 및 기술에 초점을 맞추었다. 예를 들어, 어떤 종래 기술에 따른 설계에서는, 종래의 필터링 기술을 사용하여 구동 신호가 감지 신호와 분리될 수 있도록 기 설정된 주파수 범위에서 감지기 출력 신호에 대한 구동 신호의 성분을 억제하기 위하여 주파수 변환 회로가 채용된다. 다른 종래 기술에 따른 설계에서는, 직각 오차는 동기화된 복조 과정을 통해 감소되며, 원하는 속도 신호는 직각 신호와 90° 위상차를 유지한다. 이러한 방법들이 원하지 않는 직각 신호를 보상하기 위하여 채용되었지만, 이러한 기술은 구동 시스템에서의 원하지 않는 직각 운동을 제거하지는 않는다. 이와 같이, 많은 종래 기술에 따른 자이로스코프는 운동에서의 민감한 변화를 효과적으로 정밀하게 검출하고 측정할 수는 없다.
- <24> 도 1을 참조하여, 종래 기술에 따른 MEMS형 자이로스코프(10)의 개략적인 도면이 설명된다. 예시적으로 진동 속도 자이로스코프인 자이로스코프(10)는 제1 관성 질량체(12) 및 제2 관성 질량체(14)를 포함하며, 그 각각은 관성 운동이 판별되는 자이로스코프의 입력축(18)에 직각인 구동 평면 내에서 아래에 놓이는 지지 기관(16)의 상부에서 앞뒤로 진동한다. 좌/우 화살표 세트(20)로 나타낸 바와 같이, 제1 관성 질량체(12)는, 상기 제1 관성 질량체(12)의 운동을 제한하도록 상기 지지 기관(16)의 상부에서 고정되어 있는 제1 모터 픽오프 콤(22)과 제1 구동 전극(24) 사이에서 지지 기관(16) 상부의 앞뒤로 진동하도록 구성될 수 있다. 다음으로, 좌/우 화살표 세트(30)로 나타낸 바와 같이, 제2 관성 질량체는 제2 모터 픽오프 콤(26)과 제2 구동 전극(28) 사이에서 유사한 방법으로 지지 기관(16) 상부의 앞뒤로 진동하도록 구성되나, 상기 제1 관성 질량체(12)와 180°의 위상차를 갖는다.
- <25> 제1 관성 질량체(12)는 제1 단부(32), 제2 단부(34), 제1 측부(36) 및 제2 측부(38)를 갖는 얇은 플레이트 또는 기타 적절한 구조체를 포함할 수 있다. 좌우 화살표 세트(20)에 의해 표시된 방향으로 상기 제1 관성 질량체(12)를 정전기적으로 구동하기 위하여 사용되는 다수의 콤 핑거(40, 42)는 제1 관성 질량체(12)의 각 단부(32,

34)로부터 외측으로 연장한다. 예를 들어, 도 1에 도시된 예시적인 자이로스코프(10)에서, 제1 관성 질량체(12)의 제1 단부(32)로부터 외측으로 연장하는 제1 콤 핑거 세트(40)는 제1 구동 전극(24) 상에 형성된 대응하는 콤 구동 핑거 세트(44)와 짝지끼워질 수 있다. 마찬가지로, 제1 관성 질량체(12)의 제2 단부(34)로부터 외측으로 연장하는 제2 콤 핑거 세트(42)는 제1 모터 픽오프 콤(22) 상에 형성된 대응하는 콤 핑거 세트(46)와 짝지끼워질 수 있다.

<26> 제2 관성 질량체(14)는 제1 관성 질량체(12)와 유사하게 구성되어, 제1 단부(48), 제2 단부(50), 제1 측부(52) 및 제2 측부(54)를 갖는다. 제2 관성 질량체(14)의 제1 단부(48)로부터 외측으로 연장하는 제1 콤 핑거 세트(56)는 제2 모터 픽오프 콤(26) 상에 형성된 대응하는 콤 핑거 세트(58)와 짝지끼워질 수 있다. 마찬가지로, 제2 관성 질량체(14)의 제2 단부(50)로부터 외측으로 연장하는 제2 콤 핑거 세트(60)는 제2 구동 전극(28) 상에 형성된 대응하는 콤 핑거 세트(62)와 짝지끼워질 수 있다.

<27> 상기 제1 및 제2 관성 질량체(12, 14)는 하나 이상의 서스펜션 스프링을 사용하여 아래에 놓인 지지 구조체(16) 상부에서 하나 이상의 방향으로 제한될 수 있다. 예를 들어, 도 1에 도시된 바와 같이, 제1 관성 질량체(12)는 각 단부(66)에서 제1 관성 질량체(12)의 4개의 코너와 연결될 수 있는 4개의 서스펜션 스프링의 제1 세트(64)를 이용하여 지지 기판(16)에 고정되거나 또는 연결될 수 있다. 유사한 방법으로, 제2 관성 질량체(14)는 각 단부(70)에서 제2 관성 질량체(14)의 4개의 코너와 연결될 수 있는 4개의 서스펜션 스프링의 제2 세트(68)를 이용하여 아래에 놓인 지지 기판(16)에 고정될 수 있다. 실제로는, 서스펜션 스프링(64, 68)은, 입력축(18) 방향으로의 원하지 않는 수직 운동을 감소시키고 감지 운동 방향(72)으로의 직각 운동을 감소하기 위하여, 좌우 화살표 세트들(20, 30)로 표시된 방향으로 제1 및 제2 관성 질량체(12, 14)의 진동 운동을 분리하도록 구성될 수 있다. 지지 기판(16) 상부의 관성 질량체(12, 14)를 지지하는 것에 더하여, 상기 서스펜션 스프링(64, 68)은 구동 전압 신호가 각 작동 사이클 동안 영점을 통과할 때 복원력을 제공하도록 구성될 수 있다.

<28> 구동 전압(V_D)은 제1 및 제2 구동 전극(24, 28)에 인가될 수 있으며, 짝지끼워진 콤 핑거들 사이에서 콤 핑거들이 정전기적으로 서로에 대하여 움직이도록 하는 정전기력을 생성한다. 구동 전압(V_D)은 콤 핑거들에게 전달되는 전하를 변화시키기 위하여 시변 전압 신호를 출력하도록 구성되며, 서스펜션 스프링(64, 68)과 결합하여 제1 및 제2 관성 질량체(12, 14)가 지지 기판(16) 상부에서 특정 방법으로 앞뒤로 진동하게 한다. 일반적으로, 구동 전압(V_D)은, 원한다면, 다른 원하는 구동 주파수가 채용될 수 있지만, 제1 및 제2 관성 질량체(12, 14)의 공진 주파수와 일치하는 주파수를 갖는다.

<29> 한 쌍의 감지 전극(74, 76)이 입력축(18)에 대한 회전 운동에 따른 감지 운동 방향(72)으로의 제1 및 제2 관성 질량체(12, 14)의 평면을 벗어난 편향을 검출하고 측정하기 위한 감지 시스템의 일부로서 제공될 수 있다. 도 1의 점선에 의해 도시된 바와 같이, 감지 전극(74, 76)은 관성 질량체들(12, 14)의 아래에 위치하고 각 감지 전극(74, 76)의 상부 면이 해당하는 관성 질량체(12, 14)의 하측부에 수직방향으로 인접하고 평행하게 배치되도록 배향되는 얇고 직사각형 형상의 전극 플레이트를 포함한다. 감지 전극(74, 76)은 구동 전압원(V_D)이 감지 신호로 누출되는 것을 방지하기 위하여 주변의 콤 핑거들(40, 42, 56, 60)과의 전기적인 간섭을 최소화하는 크기 및 형상으로 구성될 수 있다.

<30> 각 감지 전극(74, 76)에 인가된 감지 바이어스 전압(V_S)은 해당하는 감지 전극(74, 76)과 관성 질량체(12, 14) 사이의 정전용량에 비례하는 전하를 제1 및 제2 관성 질량체(12, 14) 상에 유도하는데 사용될 수 있다. 감지 전극(74, 76)은 실리콘과 같이 제1 관성 질량체(12, 14)를 형성하는데 사용되는 재료(예를 들어, 실리콘 도핑된 도전체)와 전기적으로 전도되는 적절한 재료로 형성될 수 있으며, 감지 바이어스 전압(V_S)에 관해서 감지 전극(74, 76) 상에 생성된 전하가 관성 질량체(12, 14)에 전달될 수 있게 한다.

<31> 동작하는 동안, 입력축(18)에 대한 자이로스코프(10)의 회전 운동에서 발생하는 코리올리의 힘은 제1 및 제2 관성 질량체(12, 14)가 감지 전극(74, 76)에 대하여 비평면적으로 움직이게 한다. 이러한 것이 발생하면, 해당하는 각 감지 전극(74, 76)과 관성 질량체(12, 14) 사이의 간격 변화는 감지 전극(74, 76)과 관성 질량체(12, 14) 사이의 정전용량 변화를 유도하며, 이는 다음의 수학적식을 사용하여 관성 질량체(12, 14) 상의 전하로서 측정될 수 있다.

수학적 식 1

$$q = \epsilon_0 A V_s / D$$

<32>

<33>

여기서, A는 감지 전극과 관성 질량체의 중첩된 면적이고, V_s 는 감지 전극에 인가된 감지 바이어스 전압이며, ϵ_0 는 유전상수이며, D는 감지 전극(74, 76)와 해당하는 관성 질량체(12, 14) 사이의 거리 또는 간격이다. 그 다음, 관성 질량체(12, 14) 상에서 받은 결과 전하는 다양한 서스펜션 스프링(64, 68)을 통해 다수의 리드들(78)로 공급된다. 리드들(78)은 제1 및 제2 관성 질량체(12, 14)로부터 받은 전하 신호 또는 전류를 코리올리의 힘을 나타내는 대응하는 속도 신호(82)로 변환하는 전하 증폭기(80)에 전기적으로 연결될 수 있다.

<34>

전하 증폭기(80)로의 입력을 0에서 또는 대략 0에서 균형 맞추는 것을 돕기 위하여, 제1 관성 질량체(12)에 인가된 감지 바이어스 전압(V_s)은 제2 관성 질량체(14)에 인가된 감지 바이어스 전압(V_s)과 반대 극성을 가질 수 있다. 예를 들어, 소정의 설계에서, 불균형 전류가 전하 증폭기(80)의 출력 노드로 흐르는 것을 방지하기 위하여 +5V 및 -5V의 감지 바이어스 전압(V_s)이 각 감지 전극(74, 76)에 각각 인가될 수 있다. 가상 접지에 있는 관성 질량체(12, 14)에 유도된 전하를 유지하기 위하여, 원한다면 상대적으로 큰 값의 저항(86)이 전하 증폭기(80)의 입력 노드(88) 및 출력 노드(84)를 가로질러 연결될 수 있다.

<35>

모터 바이어스 전압(V_{DC})은 구동 전압원(V_b)을 통해 유도된 관성 질량체(12, 14)의 변위를 검출 및/또는 측정하기 위하여 제1 및 제2 모터 픽오프 콤(22, 26)을 가로질러 제공될 수 있다. 제1 및 제2 모터 픽오프 콤(22, 26) 상의 콤 핑거들(46, 58)에 대한 제1 및 제2 관성 질량체(12, 14) 상의 콤 핑거들(42, 56)의 운동으로부터 발생하는 모터 픽오프 전압(V_{ICK})은 제1 및 제2 관성 질량체(12, 14)의 운동을 검출하는데 사용될 수 있다.

<36>

자이로스코프(10)가 작동하는 동안, 구동 및 서스펜션 시스템에서의 불완전성은 제1 및 제2 관성 질량체(12, 14)에서 직각 운동 또는 모터 운동과 동상이며 평면을 벗어난 운동을 생성할 수 있다. 예를 들어, 이러한 직각 운동은 제1 및 제2 관성 질량체(12, 14)를 정전기적으로 구동하는데 사용되는 콤 핑거의 윤곽에 있어서의 불균일성과 지지 기관(16) 상부에서의 관성 질량체(12, 14)의 움직임을 제한하는데 사용되는 비이상적인 서스펜션 스프링 때문에 기인한다. 또한, 자이로스코프(10)를 제조하는 동안에 생성된 다른 불완전성은 관성 질량체(12, 14)의 직각 운동을 야기할 수 있으며, 감지 시스템의 감도에 영향을 준다. 소정의 경우에, 바람직하지 않은 직각 신호는 원하는 속도 신호보다 더 클 수 있으며, 회전 운동에서의 작은 변화를 정밀하게 검출하고 측정하기 위한 감지 시스템의 성능을 감소시킨다.

<37>

또한, 소정의 경우에, 자이로스코프 주변의 환경 내의 온도 변동은 속도를 정밀하게 감지하는 자이로스코프의 성능에 영향을 미칠 수 있다. 또한, 모터 픽오프 콤(22, 26)에 인가된 모터 픽오프 바이어스 전압(V_{DC}) 신호의 전기적 성질에 있어서의 불일치뿐만 아니라, 구동 전압(V_b) 신호의 크기와, 구동 전극(24, 28)과 관성 질량체(12, 14) 사이의 구동 정전 용량과, 모터 픽오프 콤(22, 26)과 관성 질량체(12, 14) 사이의 모터 픽오프 정전 용량에서의 불일치는 속도를 정밀하게 감지하는 자이로스코프의 성능에 영향을 미칠 수 있다. 일반적으로, 온도에 의해 유도된 관성 질량체(12, 14)의 직각 운동은 관성 질량체(12, 14)의 구동 운동과 동상이고, 감지 운동과 위상차를 갖는다.

<38>

직각 운동의 효과를 감소시키기 위하여, 많은 종래 기술에 따른 자이로스코프는 콤 구동 핑거에 인가된 모터 바이어스 전압(V_{DC})을 변화시킴으로써, 또는 원하지 않는 직각 신호를 원하는 속도 신호로부터 필터링하는 필터링 기술을 채용함으로써 원하지 않는 직각 신호에 대해 보상하려고 시도한다. 예를 들어, 소정의 종래 기술에 따른 설계에서, 종래의 필터링 기술을 사용하여 구동 신호가 감지 신호와 분리될 수 있도록 기 설정된 주파수에서 구동 신호의 성분을 억제하기 위하여 주파수 변환 회로가 채용된다. 또한, 복잡한 오차 보상 방법을 채용한 다른 기술이 직각 신호에 대한 보상을 위하여 사용되었으며, 이는 구동 및 감지 전자소자의 비용 및 복잡성을 증가시킨다. 이러한 기술들이 직각 신호를 속도 신호로부터 분리시키는데 사용될 수 있지만, 이러한 기술들은 구동 시스템에서 근본적인 직각 운동을 제거하지 않는다. 따라서, 많은 자이로스코프 장치는 운동에 있어서의 작은 변화를 검출 및/또는 측정하는 성능이 제한된다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

<39> 본 발명은 운동에서의 민감한 변화를 효과적으로 정밀하게 검출하고 측정할 수는 있는 MEMS형 자이로스코프 및 자이로스코프에서 오차를 감소시키는 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

발명의 구성 및 작용

<40> 본 발명은 직각 운동 조정 전압을 이용한 MEMS형 자이로스코프 장치에 있어서의 직각 운동 감소에 관한 것이다. 본 발명의 예시적인 실시예에 따른 MEMS형 자이로스코프는 지지 기판 상부의 구동 평면에서 진동하도록 구성된 하나 이상의 관성 질량체를 포함할 수 있다. 상기 하나 이상의 관성 질량체 각각에 인접하고 평행하게 배치된 감지 전극은 상기 구동 평면과 실질적으로 수직인 방향으로의 상기 관성 질량체의 운동을 감지하는데 사용될 수 있다. 예를 들어, 소정의 실시예에서, 감지 전극 또는 관성 질량체 중 하나에 인가된 감지 바이어스 전압은 입력 축에 대한 자이로스코프의 운동에 의해 발생하는 상기 관성 질량체에 작용하는 코리올리의 힘을 측정하는데 이용될 수 있는 전하를 생성하는데 이용될 수 있다. 그 다음, 상기 관성 질량체와 감지 전극 사이에 유도된 결과 전하는 움직이는 본체의 속도 및/또는 가속도를 나타내는 속도 신호를 출력하도록 구성될 수 있는 전하 증폭기로 공급될 수 있다.

<41> 상기 관성 질량체는 구동 평면에서의 관성 질량체의 움직임을 제한하는 역할을 하는 하나 이상의 서스펜션 스프링 또는 기타 휘는 요소를 이용하여 아래에 놓인 지지 기판에 고정될 수 있다. 소정의 실시예에서, 서스펜션 스프링은 구동 시스템에서의 임의의 비평형 전류가 전하 증폭기의 출력으로 흐르는 것을 방지하기 위하여 지지 기판에 상기 관성 질량체를 물리적으로 접시키는데 사용될 수 있다. 다른 실시예들에서, 서스펜션 스프링은 관성 질량체 각각을 전하 증폭기의 입력으로 전기적으로 연결하는데 사용될 수 있다.

<42> 구동 시스템에서 원하지 않는 운동을 감소시키기 위하여, 하나 이상의 관성 질량체 각각에 인접하게 배치된 하나 이상의 직각 운동 조정 전압 부재는 직각 운동이 발생할 때 감지 전극 쪽으로 관성 질량체를 정전기적으로 끌어당기는데 사용될 수 있다. 예를 들어, 소정의 실시예에서, 각 관성 질량체에 인접하게 배치된 하나의 직각 운동 조정 전압 부재는 감지 전극으로부터 벗어나는 관성 질량체의 직각 운동을 정전기적으로 감소시키는데 사용될 수 있다. 다른 실시예에서, 다수의 직각 운동 조정 전압 부재가 관성 질량체의 직각 운동을 정전기적으로 감소시키기 위하여 채용될 수 있다. 직각 운동 조정 전압 부재 각각에 인가된 전압은 DC 전압 또는 시변 전압 중 하나로 이루어질 수 있다. 예를 들어, 소정의 실시예에서, 상기 전압은 관성 질량체를 구동하는데 사용되는 동일하지만 분압기(potentiometer) 또는 기타 저항 요소를 이용하여 전압 상 스텝-다운된 신호로부터 유도되는 AC 신호를 포함할 수 있다. 직각 운동 조정 전압 부재에 인가된 전압은, 예를 들어, 주변 환경 내에서의 열로부터 기인하는 상승 효과를 감소시키기 위하여, 관성 질량체 운동과 동상일 수 있다.

<43> 소정의 실시예에서, 원한다면, 감지 전극 및 깎지끼워진 콤팩트 핑거들 사이의 전압차와 직각 운동 조정 전압 부재에 인가된 직각 운동 조정 전압에 의해 발생하는 부양력은 관성 질량체의 직각 운동을 감소시키는데 추가로 사용될 수 있다. 직각 운동 조정 전압의 감지 시스템으로의 유입을 감소시키기 위하여, 각 해당 감지 전극 또는 관성 질량체에 인가된 전압의 극성은 반전될 수 있다. 또한, 소정의 실시예에서, 각 감지 전극 또는 관성 질량체에 인가된 전압의 크기는 구동 시스템에서의 접촉 전위와 기타 불균일성을 보상하기 위하여 비대칭으로 이루어질 수 있다.

<44> 소정의 실시예에서, 직각 운동 조정 전압 부재는 지지 기판 상부에서의 관성 질량체의 위치에 따라 가변되는 양의 직각 운동 조정을 제공하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 소정의 실시예에서, 하나 이상의 직각 운동 조정 전압 부재 각각은 관성 질량체가 중앙으로부터 더 움직일 때 더 큰 양의 정전기력을 제공하도록 구성된 내측으로 돌출하는 다수의 핑거를 포함할 수 있다. 다른 예시적인 실시예에서, 하나 이상의 직각 운동 조정 전압 부재는 관성 질량체가 중앙으로부터 더 움직일 때 정전기력을 가변할 수 있도록 감지 전극의 삭제 부분 내에 배치된 내측으로 돌출하는 핑거를 포함할 수 있다.

<45> 또 다른 예시적인 실시예에서, 감지 전극의 하나 또는 두개의 단부에 인접하게 배치된 직각 운동 조정 전압 부재 배열은, 직각 운동 조정 전압 부재의 일부에 상이한 직각 운동 조정 전압을 제공하거나 작동 사이클 동안 다른 횟수로 직각 운동 조정 전압 부재 각각을 선택적으로 작동시킴으로써, 관성 질량체가 중앙으로부터 더 움직일 때 더 많은 또는 더 적은 양의 정전기력을 제공할 수 있도록 구성될 수 있다.

<46> 다음의 설명은 다른 도면에서의 유사한 요소가 유사한 참조번호로 번호가 매겨진 도면들을 참조하여 해석되어야만 한다. 척도에 따라 작도될 필요가 없는 도면은 선택된 실시예를 도시하며, 본 발명의 범위를 한정하기 위한 것이 아니다. 구조, 치수 및 재질에 대한 예가 다양한 구성요소들에 대하여 예시되었으나, 본 발명의 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자는 제공된 다수의 예가 사용 가능한 적합한 대체물을 가진다는 것을 이해할 수 있을

것이다.

- <47> 도 2를 참조하여, 직각 운동을 감소시키기 위한 직각 운동 조정 전압을 이용한 본 발명의 예시적인 실시예에 따른 MEMS형 자이로스코프(90)의 개략도가 설명된다. 자이로스코프(90)는 유사한 구성요소가 유사한 방법으로 참조 번호가 매겨진 도 1을 참조하여 기술한 것과 유사하게 구성될 수 있다. 그러나, 도 2의 예시적인 실시예에서, 자이로스코프(90)는 구동 시스템에서의 직각 운동을 정전기적으로 보상하기 위해 사용될 수 있는 하나 이상의 직각 운동 조정 전압(quad steering voltage, QSV) 부재를 더 포함할 수 있으며, 이에 의해 직각 신호가 감지 시스템으로 유입하는 것을 방지할 수 있다.
- <48> 직각 운동 조정 전압 부재는 제1 및 제2 관성 질량체(12, 14)의 하나 또는 두개의 단부 및/또는 측부에 인접하여 배치될 수 있다. 예를 들어, 도 2의 예시적인 실시예에서, 제1 관성 질량체(12)의 제2 단부(34)에 인접하여 배치된 제1 직각 운동 조정 전압 부재(92)는 감지 운동 방향(72)(즉, 구동 평면에 수직인)으로 제1 관성 질량체(12)의 직각 운동을 감소시키도록 구성될 수 있다. 유사한 방법으로, 제2 관성 질량체(14)의 제1 단부(48)에 인접하여 배치된 제2 직각 운동 조정 전압 부재(94)는 감지 운동 방향(72)으로 제2 관성 질량체(14)의 직각 운동을 감소시키도록 구성될 수 있다.
- <49> 도 2에서 점선으로 표시된 바와 같이, 각 직각 운동 조정 전압 부재(92, 94)는 제1 및 제2 모터 픽오프 콤(22, 26)에 대한 제1 및 제2 관성 질량체(12, 14)의 운동을 감지하는데 사용되는 콤 핑크 아래에 배치된 얇고 직사각형 형상의 전극 플레이트를 포함할 수 있다. 감지 전극(74, 76)과 함께, 직각 운동 조정 전압 부재(92, 94)은 각 직각 운동 조정 전압 부재(92, 94)의 상부면이 콤 핑거의 하부면에 수직으로 인접하고 평행하게 배치되도록 배향될 수 있다.
- <50> 도 2에서 알 수 있듯이, 직각 운동 조정 전압(V_{QSV})은 직각 운동 조정 전압 부재(92, 94) 각각에 인가될 수 있다. 직각 운동 조정 전압(V_{QSV})이 감지 신호에 유입되는 것을 방지하는 것을 돕도록, 각 직각 운동 조정 전압 부재(92, 94)에 인가된 직각 운동 조정 전압(V_{QSV})의 극성은 반전될 수 있으며, 전하 증폭기(80)의 입력 노드(88)에서의 순 직각 운동 조정 전압(V_{QSV})을 반대로 할 수 있다. 각 직각 운동 조정 전압 부재(92, 94)에 인가된 직각 운동 조정 전압(V_{QSV})은 동일한 크기이지만 서로 반대의 극성을 가지거나, 또는 이 대신에, 원한다면 각 관성 질량체(12, 14)에 인가되는 직각 운동 조정 전압을 다르게 하는 것을 허용하도록 크기 및 극성이 모두 상이할 수 있다.
- <51> 도 3은 단일 직각 운동 조정 전압 부재를 이용한 구동 시스템에서의 직각 운동 감소 방법(96)을 예시적으로 보여주는 다이어그램이다. 도 3에 도시된 바와 같이, 도 2에 관하여 기술한 것과 유사한 자이로스코프는 아래에 놓인 감지 전극(100) 상부로 앞뒤로 진동하도록 구성된 관성 질량체(98)를 포함한다. 이상적으로는, 관성 질량체(98)는 진동하는 관성 질량체(98)와 감지 전극(100) 사이의 명목 거리(D)가 단지 움직이는 본체에 의해 작용하는 코리올리의 힘에서의 변화에 응답하여서만 변화되도록 감지 전극(100)에 실질적으로 평행하게 진동한다. 그러나, 참조번호 102로 표시된 바와 같이, 구동 시스템에서의 불완전성은 진동하는 관성 질량체(98)가 감지 전극(100)으로부터 멀어지는 방향으로 움직이게 할 수 있다. 감지 신호가 관성 질량체(98)와 감지 전극(100) 사이의 거리(D)에 의존하기 때문에, 관성 질량체(98)의 직각 운동(102)에 기인하는 거리(D)의 변화는 감지 신호에 유입될 것이며, 코리올리의 힘에서의 작은 변화를 정밀하게 감지할 수 있는 자이로스코프의 성능을 감소시킨다.
- <52> 이러한 직각 운동을 상쇄하기 위하여, 직각 운동 조정 전압 부재(104)는 감지 전극(100)에 측면으로 인접하고 평행하게 배치될 수 있다. 이 예시적인 실시예에서, 직각 운동 조정 전압 부재(104)는 직각 운동(102)이 구동 시스템에서 검출될 때 감지 전극(100) 쪽으로 아래로 관성 질량체(98)를 정전기적으로 끌어당기는데 사용될 수 있다. 예를 들어, 도 3에 도시된 바와 같이, 초기(즉, 좌측) 위치로부터 중간 위치로의 관성 질량체(98)의 운동은 구동측에 수직인 방향에서의 관성 질량체(98)의 원하지 않은 직각 운동이다. 이 운동을 상쇄하기 위해서, 제1 직각 운동 조정 전압이 직각 운동 조정 전압 부재(104)에 인가될 수 있어, 화살표(F_1)으로 표시된 바와 같이 관성 질량체(98)와 직각 운동 조정 전압 부재(104) 사이의 정전기적인 인력을 유도한다. 관성 질량체(98)가 작동 사이클 동안 제2(즉, 우측) 위치로 더 움직임에 따라, 더 큰 화살표(F_2)로 표시된 바와 같이 정전기적 인력이 관성 질량체와 직각 운동 조정 전압 부재(104) 사이의 증가된 중첩부분 때문에 증가할 수 있다.
- <53> 관성 질량체(98)의 직각 운동(102)을 효과적으로 중화하기 위하여, 직각 운동 조정 전압 부재(104)에 인가된 직각 운동 조정 전압은 직각 운동(102)에 의해 발생된 거리(D) 변화만을 상쇄하기에 충분하게 될 수 있다. 예를 들어, 소정의 실시예들에서, 직각 운동 조정 전압 부재(104)에 의해 생성된 정전기적 인력은 관성 질량체(19)

상의 직각 운동력과 동일하거나 비슷하여, 감지 전극(100)에 의해 측정되는 단지 코리올리의 힘 성분 만이 감지 되도록 한다. 소정의 적용례에서 직각 움직임(102)을 이러한 방법으로 상쇄하는 것이 바람직하지만, 직각 운동 조정 전압 부재(104)는 다른 바람직한 방법으로 직각 움직임(102)을 보상하도록 구성될 수 있다는 것을 이해하여야 한다.

<54> 도 4는 구동 시스템에서 직각 운동을 감소시키기 위하여 여러 개의 직각 운동 조정 전압 부재를 이용하는 본 발명의 다른 예시적인 실시예에 따른 MEMS형 자이로스코프(106)의 개략도이다. 예시적으로 진동 속도 자이로스코프인 자이로스코프(106)는 제1 관성 질량체(108) 및 제2 관성 질량체(110)를 포함하며, 그 각각은 아래에 놓이는 지지 기관(16)의 상부에서 좌우 화살표 세트(114, 116)으로 표시된 바와 같이 서로 반대 방향으로 앞뒤로 진동한다.

<55> 제1 관성 질량체(108)는 제1 단부(118), 제2 단부(120), 제1 측부(122) 및 제2 측부(124)를 갖는 얇은 플레이트 또는 기타 적절한 구조체 포함할 수 있다. 좌우 화살표 세트(114)에 의해 표시된 방향으로 상기 제1 관성 질량체(108)를 정전기적으로 구동하기 위하여 사용될 수 있는 다수의 콤펙터(126, 128)는 제1 관성 질량체(108)의 각 단부(118, 120)로부터 외측으로 연장한다. 예를 들어, 도 4에 도시된 예시적인 자이로스코프(106)에서, 제1 관성 질량체(108)의 제1 단부(118)로부터 외측으로 연장하는 제1 콤펙터 세트(126)는 제1 구동 전극(132) 상에 형성된 대응하는 콤펙터 세트(130)와 짝지끼워질 수 있다. 마찬가지로, 제1 관성 질량체(108)의 제2 단부(120)로부터 외측으로 연장하는 콤펙터들(128)는 제1 모터 픽오프 콤펙터(136) 상에 형성된 대응하는 콤펙터 세트(134)와 짝지끼워질 수 있다.

<56> 제2 관성 질량체(110)는 제1 관성 질량체(108)와 유사하게 구성되어, 제1 단부(140), 제2 단부(142), 제1 측부(144) 및 제2 측부(146)를 갖는다. 제2 관성 질량체(110)의 제1 단부(140)로부터 외측으로 연장하는 제1 콤펙터 세트(148)는 제2 모터 픽오프 콤펙터(152) 상에 형성된 대응하는 콤펙터 세트(150)와 짝지끼워질 수 있다. 마찬가지로, 제2 관성 질량체(110)의 제2 단부(142)로부터 외측으로 연장하는 제2 콤펙터 세트(154)는 제2 구동 전극(158) 상에 형성된 대응하는 콤펙터 세트(156)와 짝지끼워질 수 있다.

<57> 상기 제1 및 제2 관성 질량체(108, 110)는 도 1에 대하여 전술한 구조체와 유사한 다수의 서스펜션 스프링(160, 162) 또는 기타 휘는 요소를 사용하여 지지 기관(16) 상부에서 하나 이상의 방향으로 제한될 수 있다. 그러나, 도 4의 예시적인 실시예에서, 서스펜션 스프링(160, 162)은 다수의 접지점(164)에서 지지 기관(112)에 전기적으로 접지되고, 전하 증폭기(166)에는 전기적으로 연결되지 않는다. 실제로는, 이러한 접지점(164)은 불균형 전류가 감지 시스템으로 누출되게 하여 속도 신호 출력(168)에 영향을 줄 수 있는 구동 시스템에서의 진동 감도를 중화하는데 도움을 준다.

<58> 구동 전압(V_D)은 제1 및 제2 구동 전극(132, 158)에 인가될 수 있으며, 짝지끼워진 콤펙터들 사이에서 관성 질량체(108, 110)를 정전기적으로 진동하는데 사용될 수 있는 정전기력을 유도한다. 본 명세서에서의 다른 실시예들과 같이, 구동 전압(V_D)은 콤펙터들에게 전달되는 전하를 변화시키기 위하여 시변 전압 신호를 출력하도록 구성되며, 서스펜션 스프링(160, 162)과 결합하여 제1 및 제2 관성 질량체(108, 110)가 지지 기관(112) 상부에서 특정 방법으로 앞뒤로 진동하게 한다.

<59> 한 쌍의 감지 전극(170, 172)이 입력축에 대한 자이로스코프(106)의 움직임에 응답하여 제1 및 제2 관성 질량체(108, 110)의 평면을 벗어난 편향을 검출하고 측정하기 위하여 제공될 수 있다. 도 4의 점선에 의해 도시된 바와 같이, 감지 전극(170, 172)은 관성 질량체들(108, 110)의 아래에 위치하고 각 감지 전극(170, 172)의 상부면이 해당하는 관성 질량체(108, 110)의 하측부에 수직방향으로 인접하고 평행하게 배치되도록 배향되는 얇고 직사각형 형상의 전극 플레이트를 각각 포함한다.

<60> 도 1에 대하여 전술한 것과 유사하게, 감지 바이어스 전압(V_S)은 움직이는 본체에 의해 작용하는 코리올리의 힘을 나타내는 감지 전극(170, 172)과 관성 질량체(108, 110) 사이의 정전용량에서의 변화를 측정하는데 사용될 수 있다. 도 4의 예시적인 실시예에서, 감지 바이어스 전압(V_S)은 감지 전극(170, 172) 각각에 인가되고, 해당하는 감지 전극(170, 172)과 관성 질량체(108, 110) 사이의 정전용량에 비례하는 전하를 제1 및 제2 관성 질량체(108, 110) 상에 유도한다. 감지 전압(V_S)이 도 4에서 감지 전극(170, 172)에 인가되는 것이 도시되지만, 감지 바이어스 전압(V_S)이 관성 질량체(108, 110)에 직접 인가되어, 감지 전극(170, 172)을 통해 전달되고, 그 다음 도 4에 도시된 것과는 대조적으로 감지 전극(170, 172)에 연결될 수 있는 전하 증폭기(166)의 입력으로 공급되는 전하를 관성 질량체(108, 110) 상에 생성한다.

- <61> 관성 질량체(108, 110)의 움직임을 검출하고 측정하기 위하여, 모터 감지 바이어스 전압(V_{DC}) 신호는 제1 및 제2 모터 픽오프 콤(136, 152) 각각에 인가될 수 있다. 소정의 실시예에서, 제1 및 제2 모터 픽오프 콤(136, 152) 각각은 쪼개어 질 수 있으며, 각각 서로 전기적으로 격리된 두 개의 분리된 모터 픽오프 콤(136a, 136b, 152a, 152b)을 형성한다. 모터 감지 바이어스 전압(V_{DC})이 감지 시스템으로 유입되는 것을 방지하는 것을 돕기 위하여, 각 해당 모터 픽 오프 콤(136a, 136b, 152a, 152b)의 절반에 인가된 전압의 극성은 반전될 수 있거나 동일한 바람직한 방법으로 오프셋될 수 있다. 예를 들어, 도 4에 도시된 바와 같이, 양의 모터 감지 바이어스 전압($+V_{DC}$)은 상부의 쪼개진 모터 픽오프 콤(136a)에 인가될 수 있는 반면, 음의 모터 감지 바이어스 전압($-V_{DC}$)은 하부의 쪼개진 모터 픽오프 콤(136b)에 인가될 수 있다. 각 모터 픽오프 콤(136, 156)의 극성을 이러한 방법으로 반전함으로써, 모터 감지 바이어스 전압(V_{DC})이 감지 시스템으로 누출되는 것을 방지하는 순 영전하가 콤 핑거(148) 상에 제공될 수 있다.
- <62> 전하 증폭기(166)로의 입력을 0에서 또는 대략 0에서 균형 맞추는 것을 돕기 위하여, 감지 전극(170)에 인가된 감지 바이어스 전압(V_s)은 감지 전극(172)에 인가된 감지 바이어스 전압(V_s)과 반대 극성을 가질 수 있다. 예를 들어, 소정의 실시예에서, 불균형 전류가 전하 증폭기(166)의 출력으로 흐르는 것을 방지하기 위하여 $+5V$ 및 $-5V$ 의 감지 바이어스 전압(V_s)이 감지 전극(170, 172)에 각각 인가될 수 있다. 소정의 경우에, 감지 전극(108, 110)에서의 접촉 전위는 제조 공정에서의 불규칙성 때문에 변화할 수 있으며, 이에 따라 구동 시스템 내에 오프셋 오차가 발생된다. 이러한 변동을 보상하기 위하여, 원한다면, 감지 바이어스 전압(V_s)의 크기는 전하 증폭기(166)의 입력에서의 순 감지 바이어스 전압(V)을 0으로 하기 위하여 변경될 수 있다(예를 들어, $4.8V$ 및 $5.2V$).
- <63> 도 4에서 더 볼 수 있듯이, 자이로스코프(106)는 다수의 구동 시스템에서 직각 운동을 감소시키도록 구성된 다수의 직각 운동 조정 전압 부재를 더 포함할 수 있다. 도 4의 예시적인 실시예에서, 제1 및 제2 관성 질량체(108, 110) 각각은 원한다면 하나 이상의 방향으로 직각 운동을 감소시키는데 사용될 수 있는 다수의 직각 운동 조정 전압 부재를 구비한 것이 도시된다. 예를 들어, 제1 관성 질량체(108)에 관하여, 제1 관성 질량체(108)의 제1 단부(118)에 측면으로 인접하여 배치된 제1 직각 운동 조정 전압 부재(174)는 작동 사이클의 전반부 동안 우측에서 좌측으로의 방향으로 움직일 때 제1 관성 질량체(108)의 직각 운동을 감소시키도록 구성될 수 있다. 일부 실시예에서, 제1 관성 질량체(110)의 제2 단부(120)에 측면으로 인접하여 배치된 제2 직각 운동 조정 전압 부재(176)는 작동 사이클의 후반부 동안 좌측에서 우측으로의 방향으로 움직일 때 제1 관성 질량체(108)의 직각 운동을 감소시키도록 구성될 수 있다. 소정의 경우에, 제1 직각 운동 조정 전압 부재(174) 또는 제2 직각 운동 조정 전압 부재(176) 중 둘이 아닌 하나만 특정 장치에서 발생하는 직각 운동에 따라 사용될 수 있다. 그러나, 다른 경우에, 제1 직각 운동 조정 전압 부재(174) 및 제2 직각 운동 조정 전압 부재(176) 모두가 사용될 수 있다. 제2 관성 질량체(110)의 단부들(140, 142)에 측면으로 인접하게 배치된 유사한 직각 운동 조정 전압 부재 세트가 작동 사이클의 각 단계 동안 제2 관성 질량체(110)의 직각 움직임을 방지하도록 구성될 수 있다.
- <64> 직각 운동 조정 전압(V_{QSV})의 감지 신호로의 유입을 더 감소시키기 위하여, 각 직각 운동 조정 전압 부재(174, 176, 178, 180) 각각은 도 4에서 174a, 174b, 176a, 176b, 178a, 178b, 180a, 180b로 각각 도면부호가 붙여진 별개의 직각 운동 조정 전압 부재로 쪼개어질 수 있다. 모터 픽오프 콤(136, 152)와 같이, 쪼개진 직각 운동 조정 전압 부재(174a, 174b, 176a, 176b, 178a, 178b, 180a, 180b) 각각은 서로 전기적으로 분리되고, 직각 운동 조정 전압 부재의 해당하는 각 절반에 인가된 직각 운동 조정 전압(V_{QSV})의 극성은 반전된다.
- <65> 또한, 관성 질량체(108, 110)의 각 측부에 인가된 직각 운동 조정 전압(V_{QSV})의 극성은 순 직각 운동 조정 전압(V_{QSV}) 신호를 더 0으로 하도록 반전될 수 있다. 예를 들어, 제1 관성 질량체(108)에 관하여, 양의 직각 운동 조정 전압($+V_{QSV}$) 상부 좌측의 직각 운동 조정 전압 부재(174a)에 인가될 수 있는 반면, 음의 직각 운동 조정 전압($-V_{QSV}$) 상부 우측의 직각 운동 조정 전압 부재(176a)에 인가될 수 있다. 본 명세서의 다른 실시예와 같이, 직각 운동 조정 전압 부재(174, 176, 178, 180) 각각에 인가된 직각 운동 조정 전압(V_{QSV})의 크기는 서로 동일하게 형성되거나 일정한 원하는 양만큼 오프셋 되도록 형성될 수 있다.
- <66> 도 5는 다수의 직각 운동 조정 전압 부재를 이용한 구동 시스템에서의 직각 운동을 감소시키는 예시적인 방법(182)을 도시한 다이어그램이다. 도 5에 도시된 바와 같이, 도 4에 관하여 기술한 것과 유사한 자이로스코프는 아래에 놓인 감지 전극(186) 상부로 명목 거리(D)에서 앞뒤로 진동하도록 구성된 관성 질량체(184)를 포함한다.

도 5에 도시된 특정 도면에서, 관성 질량체(184)는 감지 전극(186)의 상부에서 초기 위치(즉, 우측)에서 중간 위치로 이동하고 그 다음 좌측 위치로 이동하는 것을 도시한다. 참조 부호(188)로 표시된 바와 같이, 관성 질량체(184)의 직각 운동 성분은 관성 질량체(184)가 감지 전극(186)으로부터 멀어지는 방향으로 이동하도록 하며, 직각 신호 성분을 감지 신호에 유입시킨다.

<67> 이러한 직각 운동(188)을 상쇄하기 위하여, 감지 전극(186)의 좌측면에 측면으로 인접하고 평행하게 배치된 제1 직각 운동 조정 전압 부재(190)는 직각 운동(188)이 구동 시스템에서 발생할 때 아래에 놓인 감지 전극(186) 방향으로 아래로 관성 질량체(184)를 정전기적으로 끌어당기는데 사용될 수 있다. 제1 직각 운동 조정 전압 부재(190)에 인가된 직각 운동 조정 전압의 크기는 검출된 직각 운동(188)의 양에 따라 설정될 수 있다.

<68> 화살표(F_{L1} , F_{L2})로 표시된 바와 같이, 관성 질량체(184)가 우측으로 더 움직일 때, 더 큰 화살표(F_2)로 표시된 바와 같이, 정전기적 인력은 관성 질량체(184)와 직각 운동 조정 전압 부재(190) 사이의 증가된 중첩부분 때문에 증가할 수 있다. 소정의 실시예에서, 직각 운동 조정 전압 부재(190)에 의해 생성된 정전기적 인력은 관성 질량체(98) 상의 직각 운동력과 동일하거나 비슷할 수 있어, 감지 전극(186)에 의해 측정되는 단지 코리올리의 힘 성분 만이 감지되도록 한다. 소정의 적용례에서 직각 운동(188)을 이러한 방법으로 상쇄하는 것이 바람직하지만, 직각 운동 조정 전압 부재(190)는 다른 바람직한 방법으로 직각 운동(188)을 보상하도록 구성될 수 있다는 것을 이해하여야 한다. 소정의 경우에, 직각 운동 조정 전압의 크기는 관성 질량체(192)가 감지 전극(186)으로부터 좌측에서 우측으로 이동할 때 작동 사이클 동안 상이한 횟수로 변경될 수 있어, 직각 운동 조정 전압 부재(190)와 관성 질량체(184) 사이에서 가변하는 정전기력을 유도한다. 임의의 경우에, 제1 직각 운동 조정 전압 부재(190)에 의해 생성된 정전기적 인력(F_{L1} , F_{L2})은 관성 질량체(184)의 직각 운동(180) 성분에 의해 발생하는 거리(D) 변화를 상쇄하기에 충분하도록 형성될 수 있어, 감지 시스템이 움직이는 본체에 의해 생성되는 코리올리의 힘을 정밀하게 검출하고 측정할 수 있게 한다.

<69> 도 6은 반대 방향으로의 직각 운동을 갖는 도 5의 시스템을 도시한 다른 다이어그램이다. 임의의 특정 정치에 대한 직각 운동의 방향은 구동 및 서스펜션 시스템에서의 불완전성을 포함하는 다수의 인자에 의존할 수 있다. 도 6에 도시된 바와 같이, 관성 질량체(184)는 감지 전극(186)의 상부에서 초기 위치(즉, 좌측)에서 중간 위치로 이동하고 그 다음 우측 위치로 이동하는 것을 도시하며, 참조 부호(192)로 표시된 직각 운동은 관성 질량체(184)가 감지 전극(186)으로부터 멀어지는 방향으로 이동하도록 하며, 직각 신호 성분을 감지 신호에 유입시킨다.

<70> 이러한 직각 운동(192)을 상쇄하기 위하여, 감지 전극(194)의 우측 단부에 측면으로 인접하고 평행하게 배치된 제2 직각 운동 조정 전압 부재(194)는 직각 운동(194)이 구동 시스템에서 발생할 때 아래에 놓인 감지 전극(186) 방향으로 아래로 관성 질량체(184)를 정전기적으로 끌어당기는데 사용될 수 있다. 좌측 직각 운동 조정 전압 부재(190)와 유사하게, 제2 직각 운동 조정 전압 부재(194)에 의해 생성된 정전 전하의 양은 앞에서 나타난 바와 같이 검출된 직각 운동(192)의 양에 따라 설정될 수 있다.

<71> 도 7은 다수의 직각 운동 조정 전압 부재를 이용한 구동 시스템에서의 직각 운동을 감소시키는 다른 예시적인 방법(196)을 도시한 다이어그램이다. 도 7에 도시된 바와 같이, 도 4에 관하여 전술한 것과 유사한 자이로스코프는 아래에 놓인 감지 전극(200) 상부로 명목 거리(D)에서 앞뒤로 진동하도록 구성된 관성 질량체(198)를 포함한다. 도 4의 콤펙터(40, 42, 44, 46)와 유사하게, 관성 질량체(198)는 구동 전극(미도시)에 연결된 다수의 구동 콤펙터(204)와 각지끼워진 제1 개수의 콤펙터(202)와, 모터 픽오프 콤펙터(미도시)에 연결된 다수의 콤펙터(208)와 각지끼워진 제2 개수의 콤펙터(206)를 포함한다.

<72> 도 7에 도시된 특정 도면에서, 관성 질량체(198)는 감지 전극(200)의 상부에서 좌측에서 우측으로 이동하는 것을 도시한다. 참조 부호(210)로 표시된 바와 같이, 관성 질량체(198)의 직각 운동 성분은 관성 질량체(198)가 감지 전극(200)으로부터 벗어나는 방향으로 이동하도록 하며, 직각 신호 성분을 감지 신호에 유입시킨다. 감지 전극(200)의 상부에서 우측에서 좌측으로의 관성 질량체(198)의 운동에 의해 야기되는 유사하지만 반대로 배치된 직각 운동 성분은 관성 질량체(198)를 감지 전극(200)으로부터 멀어지는 방향으로 유사하게 이동하게 하여, 직각 신호 성분을 감지 신호에 더 유입시킨다.

<73> 직각 운동을 상쇄하기 위하여, 감지 전극(200)의 좌측면 및 우측면에 각각 측면으로 인접하고 평행하게 배치된 다수의 직각 운동 조정 전압 부재(212, 214)는 직각 운동이 구동 시스템에서 발생할 때 아래에 놓인 감지 전극(200) 방향으로 아래로 관성 질량체(198)를 정전기적으로 끌어당기는데 사용될 수 있다. 소정의 실시예들에서, 직각 운동 조정 전압 부재(212, 214)는 도 4에 관하여 전술한 것과 유사한 쪼개진 구성을 가질 수 있으며, 해당

하는 절반 각각에 인가된 직각 운동 조정 전압의 극성이 반전되어 쪼개진 직각 운동 조정 전압 부재 각각은 서로 전기적으로 격리된다.

<74> 화살표(F_1)로 표시된 바와 같이, 관성 질량체(198)가 감지 전극(200)의 상부에서 좌측에서 우측으로 이동할 때, 정전기적 인력이 관성 질량체(198)와 직각 운동 조정 전압 부재(214) 사이에 생성된다. 도 8에 있는 두번째 도면에 더 도시된 바와 같이, 우측에서 좌측으로의 관성 질량체(198)의 추가 운동은 정전기적 인력(F_2)이 관성 질량체(198)와 직각 운동 조정 전압 부재(214) 사이의 증가된 중첩부분 때문에 증가하도록 한다. 이러한 것이 발생하면, 관성 질량체 콤팩트 핑거(206)와 모터 픽오프 콤팩트 핑거(208) 사이의 중첩부분(216)의 양도 증가하며, 소정의 경우에 감지 전극(200)과 모터 픽오프 콤팩트 핑거(208) 사이의 전압을 증가시킨다.

<75> 소정의 실시예들에서, 감지 전극(200)과 모터 픽오프 콤팩트 핑거(208) 사이의 전압 증가는 관성 질량체(198) 상의 부양력(levitation force) 또는 양력(lift, L)을 생성하여, 감지 전극(200)으로부터 상부로 이동하게 한다. 이러한 상부 방향의 부양력은 직각 운동 조정 전압 부재(214)에 의해 생성되는 아래 방향의 정전기적 인력(F_1 , F_2)과 결합하여 관성 질량체(198)의 직각 운동에 의해 발생하는 거리(D) 변화를 상쇄하는데 더 사용될 수 있어, 감지 시스템이 움직이는 본체에 의해 생성되는 코리올리의 힘을 정밀하게 검출하고 측정할 수 있게 한다. 원한다면, 작동 사이클 동안 좌측에서 우측으로 운동할 때 유사한 부양력이 관성 질량체(198) 상에 유도될 수 있다. 본 명세서의 다른 실시예들과 같이, 직각 운동 조정 전압 부재(214)에 인가된 직각 운동 조정 전압의 크기는 검출된 직각 운동(210)의 양에 따라 설정될 수 있다.

<76> 도 9는 본 발명의 예시적인 실시예에 따른 MEMS형 자이로스코프에서 직각 운동을 감소시키기 위한 대체적인 시스템(218)에 대한 개략적인 도면이다. 도 9에 도시된 바와 같이, 시스템(218)은 도 1에 도시된 것과 유사한 구조체를 가지며, 구동 전극과 모터 픽오프(미도시) 사이에서 앞뒤로 관성 질량체(220)를 정전기적으로 구동하는데 사용될 수 있는 제1 콤팩트 핑거 세트(222)와 제2 콤팩트 핑거 세트(224)를 구비한다. 점선(228)으로 도시된 형상을 갖는 감지 전극(226)은 관성 질량체(220)의 아래에 배치되고 감지 전극(226)의 상부 면이 관성 질량체(220)의 하부측과 수직으로 인접하여 평행하게 배치되는 방법으로 배향될 수 있다.

<77> 감지 전극(226)에 측면으로 인접하고 평행하게 배치된 직각 운동 조정 전압 부재(230, 232) 세트는 도 5 및 6에 관하여 기술한 것과 유사한 방법으로 관성 질량체(220)의 직각 운동을 감소하도록 구성될 수 있다. 그러나, 도 9의 예시적인 실시예에서, 각 직각 운동 조정 전압 부재(230, 232)는 다수의 내측으로 돌출한 핑거(134, 236)를 포함한다. 내측으로 돌출하는 핑거(234, 236) 각각은, 콤팩트 핑거(222, 224)가 내측으로 돌출하는 핑거(234, 236) 방향으로 이동할 때 콤팩트 구동 핑거(222, 224)와 내측으로 돌출하는 핑거(234, 236) 및/또는 감지 전극(226) 사이의 비선형적으로 증가하는 중첩부분의 양이 발생하는 것과 같이 비선형적인 형상을 가질 수 있다. 이러한 배치는 관성 질량체(220)가 지지 기관의 상부에서 중앙 위치로부터 더 벗어나도록 작동될 때 발생하는 직각 운동 조정에 대해 더 양호하게 제어할 수 있게 한다.

<78> 도 10은 MEMS형 자이로스코프에서의 직각 운동을 감소시키기 위한 다른 대체 시스템(238)에 대한 개략적인 도면이다. 도 10에 도시된 바와 같이, 시스템(238)은 도 1에 도시된 것과 유사한 구조체를 가지며, 구동 전극과 모터 픽오프(미도시) 사이에서 앞뒤로 관성 질량체(240)를 정전기적으로 구동하는데 사용될 수 있는 제1 콤팩트 핑거 세트(242)와 제2 콤팩트 핑거 세트(244)를 구비한다. 점선(248)으로 도시된 형상을 갖는 감지 전극(246)은 관성 질량체(240)의 아래에 배치되고 감지 전극(246)의 상부 면이 관성 질량체(240)의 하부측과 수직으로 인접하여 평행하게 배치되는 방법으로 배향될 수 있다.

<79> 감지 전극(246)의 각 단부와 측면으로 인접하고 평행하게 배치된 직각 운동 조정 전압 부재(250, 252) 세트는 도 9에 관하여 기술한 것과 유사한 방법으로 관성 질량체(240)의 임의의 직각 운동을 감소하도록 구성될 수 있다. 그러나, 도 10의 예시적인 실시예에서, 각 직각 운동 조정 전압 부재(250, 252)는 감지 전극(246)의 삭제 부분(cutout; 258, 260)으로 연장하는 내측으로 돌출한 핑거(254, 256)를 포함한다. 실제로는 관성 질량체(240)가 지지 기관의 상부에서 중앙 위치로부터 더 벗어나도록 작동될 때, 내측으로 돌출하는 핑거(254, 256)의 모양이 관성 질량체(240)와 감지 전극(246) 사이의 원하는 중첩부분의 양을 생성하도록 구성될 수 있다.

<80> 도 11은 MEMS형 자이로스코프에서의 직각 운동을 감소시키기 위한 다른 대체 시스템(262)에 대한 개략적인 도면이다. 도 11에 도시된 바와 같이, 시스템(262)은 도 1에 도시된 것과 유사한 구조체를 가지며, 구동 전극과 모터 픽오프(미도시) 사이에서 앞뒤로 관성 질량체(264)를 정전기적으로 구동하는데 사용될 수 있는 제1 콤팩트 핑거 세트(266, 268)를 구비한다. 점선(272)으로 도시된 형상을 갖는 감지 전극(270)은 관성 질량체(264)의 아래에 배치되고 감지 전극(270)의 상부 면이 관성 질량체(264)의 하부측과 수직으로 인접하여 평행하게 배치되는 방법

으로 배향될 수 있다.

- <81> 관성 질량체(264)가 감지 전극(270)의 상부에서 앞뒤로 작동하는 동안, 직각 운동 조정 전압 부재(274, 276)의 제1 및/또는 제2 배열은 직각 운동을 제거하는데 도움을 주는 정전기력을 제공한다. 직각 운동 조정 전압 부재(274, 276) 각각은 관성 질량체의 직각 운동을 감소하도록 원하는 (그리고, 가능하게는 비선형적인) 보정력을 생성하기 위하여 인가된 직각 운동 조정 전압을 갖는다. 소정의 경우에서, 관성 질량체(264)가 각 개별 직각 운동 조정 전압 부재(274, 276)를 넘어서 움직일 때, 직각 운동 조정 전압 부재(274, 276)은 시간에 대하여, 가끔은 계단식으로, 제어될 수 있다. 이러한 방법으로 직각 운동 조정 전압 부재(274, 276)를 작동시킴으로써, 원하는 다양한 양의 직각 운동 조정이 작동 사이클 동안 상이한 단계에서 관성 질량체에 인가될 수 있다.
- <82> 도 12는 MEMS형 자이로스코프에서의 직각 운동을 감소시키기 위한 다른 대체 시스템(278)에 대한 개략적인 도면이다. 도 12에 도시된 바와 같이, 시스템(278)은 도 1에 도시된 것과 유사한 구조체를 가지며, 구동 전극과 모터 픽오프(미도시) 사이에서 앞뒤로 관성 질량체(280)를 정전기적으로 구동하는데 사용될 수 있는 제1 콤 핑거 세트(282)와 제2 콤 핑거 세트(284)를 구비한다. 점선(288)으로 도시된 형상을 갖는 감지 전극(286)은 관성 질량체(280)의 아래에 배치되고 감지 전극(286)의 상부 면이 관성 질량체(280)의 하부측과 수직으로 인접하여 평행하게 배치되는 방법으로 배향될 수 있다.
- <83> 관성 질량체(280)가 감지 전극(286)의 상부에서 앞뒤로 진동할 때 직각 운동을 상쇄하기 위하여, 시스템(278)은 감지 전극(286)의 내부 내에 배치된 다수의 대응하는 삭제 부분(292) 내에 형성된 다수의 직각 운동 조정 전극 패드(290)를 포함할 수 있다. 각 전극 패드(290)를 직각 운동 조정 전압(V_{QSV})에 연결시키는 전기 리드(294)는 관성 질량체(280)의 임의의 직각 운동을 정전기적으로 감소시키기 위해 사용될 수 있다. 직각 운동 조정 전압(V_{QSV})이 감지 신호로 유입하는 것을 방지하기 위하여, 인접한 전극 패드(290) 각각에 인가된 직각 운동 조정 전압(V_{QSV})의 극성은 반전될 수 있다.
- <84> 도 13을 참조하여, AC 직각 운동 조정 전압을 이용하여 직각 운동을 감소시키기 위한 예시적인 시스템(296)의 개략적인 도면이 설명된다. 시스템(296)은 도 4에 관하여 진술한 것과 유사하게 구성될 수 있으며, 유사한 구성 요소는 도면에서 유사한 방법으로 설명된다. 그러나, 도 13의 예시적인 시스템(296)에서, 각 직각 운동 조정 전압 부재(174, 176, 178, 180) 각각에 전압을 가하는 직각 운동 조정 전압원은 구동 전압원($V_0(t)$)과 동상으로 시변(예를 들어, AC) 전압($V_{QSV}(t)$)일 수 있으며, 동작하는 동안, 동작 환경 내에서의 온도 변화에 부분적으로 기인하는 원하지 않는 직각 운동의 감소를 용이하게 할 수 있다. 예를 들어, 온도 변화가 감지축 방향에서 관성 질량체(108, 110)의 평면을 벗어난 상당한 운동을 발생시키는 적용예에서, AC 직각 운동 조정 전압($V_{QSV}(t)$)의 사용은 직각 운동 조정 전압 부재(174, 176, 178, 180)와 관성 질량체(108, 110) 사이에서 더 적은 전력을 사용하면서도 더 큰 정전기력을 생성할 수 있다. 이러한 증가된 정전기력은 있을 수 있는 임의의 다른 직각 운동뿐만 아니라 관성 질량체(108, 110)의 온도에 의해 유도된 평면을 벗어난 운동을 무력화시킬 수 있다.
- <85> 직각 운동 조정 전압($V_{QSV}(t)$)과 각각의 직각 운동 조정 전압 부재(174, 176, 178, 180) 사이에 직렬로 배치된 가변 또는 고정형 저항(300, 302, 304, 306)은 대응하는 각각의 직각 운동 조정 전압 부재(174, 176, 178, 180)에 인가된 직각 운동 조정 전압 신호(308, 310, 312, 314)의 크기를 조정하도록 제공될 수 있다. 예를 들어, 도 13의 예시적인 실시예에서, 저항(300, 302, 304, 306)은 직각 운동의 중대함에 부분적으로 기초하여 직각 운동 조정 전압 부재(174, 176, 178, 180)에 인가된 직각 운동 조정 전압 신호(308, 310, 312, 314)의 크기를 가변시키는데 사용될 수 있는 분압기(potentiometer)로서 각각 도시된다. 원한다면, 기계적 또는 전기적 스위치(316, 318, 320, 322)는 직각 운동 조정 전압($V_{QSV}(t)$)과 직렬로 있는 각 저항(300, 302, 304, 306)을 선택적으로 스위치-인 하기 위해 제공될 수 있다.
- <86> 각 관성 질량체(108, 110)에 인가된 직각 운동 조정 전압($V_{QSV}(t)$)의 극성은 전하 증폭기(166)의 입력 노드(88)에서 순 직각 운동 조정 전압($V_{QSV}(t)$) 신호를 0으로 만들기 위하여 반전될 수 있다. 명료한 표시를 위하여 도 13에는 도시되지 않았지만, 각 직각 운동 조정 전압 부재(174, 176, 178, 180) 각각은 서로로부터 전기적으로 각각 격리된 분리된 직각 운동 조정 전압 부재로 더 쪼개어질 수 있으며, 예를 들어 도 4에 관하여 본 명세서에서 설명된 바와 같이, 각 직각 운동 조정 전압 부재의 절반에 인가된 극성은 반전될 수 있다.
- <87> 도 13의 예시적인 실시예에서, 감지 바이어스 전압(V_s)은 다수의 스위치(324, 326, 328, 330)를 이용하여 관성 질량체(108, 110) 또는 감지 전극들(170, 172) 중 하나에 인가될 수 있다. 예를 들어, 제1 스위치 세트(324,

326)는 각각 제1 및 제2 관성 질량체(108, 110) 상에 감지 바이어스 전압($+V_s$, $-V_s$)을 스위치-인 하도록 구성될 수 있다. 마찬가지로, 제2 스위치 세트(328, 330)는 각각 제1 및 제2 감지 전극(170, 172) 상에 감지 바이어스 전압($+V_s$, $-V_s$)을 스위치-인 하도록 구성될 수 있다. 제1 스위치 세트(324, 326)의 위치는 감지 바이어스 전압($+V_s$, $-V_s$)이 관성 질량체(108, 110) 또는 감지 전극들 중 둘 모두가 아닌 하나에 인가되도록 제2 스위치 세트(328, 330)의 위치와 교번할 수 있다. 그러나, 다른 구성도 가능하다는 것을 이해하여야 한다.

<88> 관성 질량체 운동(108, 110)을 제어하는데 사용되는 AC 직각 운동 조정 전압은 본 명세서에 설명된 임의의 직각 운동 조정 전압 부재에 적용될 수 있다. 따라서, 도 13의 AC 전압 신호(308, 310, 312, 314)는 실질적으로 직각 각형 형상의 직각 운동 조정 전압 부재(174, 176, 178, 180)를 갖지만, 도 9 내지 12에 관하여 설명된 바와 같은 다른 대체 구성도 역시 구현될 수 있다는 것을 이해하여야 한다.

<89> 도 14는 구동 시스템 전압($V_b(t)$)원으로부터 유도된 AC 전압을 이용하여 직각 운동을 감소시키는 다른 대체 시스템(332)을 도시한 개략적인 도면이다. 시스템(332)은 유사한 구성요소는 유사한 방법의 도면 부호를 갖는 전술한 시스템(296)과 유사하게 구성될 수 있다. 그러나, 도 14의 예시적인 실시예에서, 각 직각 운동 조정 전압 부재(174, 176, 178, 180)에 인가된 직각 운동 조정 전압 신호(334, 336, 338, 340)는 관성 질량체(108, 110)를 구동하는데 사용되는 구동 전압($V_b(t)$) 신호 성분을 포함할 수 있다. 이러한 구성에서, 구동 전압($V_b(t)$)원 및 직각 운동 조정 전압 부재(174, 176, 178, 180) 사이에 직렬로 배치된 저항(300, 302, 304, 306)은 구동 전압($V_b(t)$) 신호의 크기의 분수가 되도록 직각 운동 조정 전압 신호(334, 336, 338, 340)의 크기를 스텝-다운하는데 사용할 수 있다.

<90> 직각 운동 조정 전압 부재(174, 176, 178, 180) 각각에 인가된 시변 전압 신호(334, 336, 338, 340)는 구동 전압($V_b(t)$) 신호와 동상이기 때문에, 직각 운동 조정 전압 부재(174, 176, 178, 180)와 해당하는 각 관성 질량체(108, 110) 사이에 유도된 정전기력은 동작 환경 내에서의 온도 변화로부터 발생하는 임의의 직각 운동과 동상이다. 따라서, 이러한 방법으로 구동 전압 신호로부터 직각 운동 조정 전압 신호를 유도하는 것은 시스템(332)이 온도에 의해 유도되는 관성 질량체(108, 110)의 직각 운동을 보상하게 한다.

<91> 본 발명의 여러 가지 실시예를 설명하였지만, 본 발명의 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는 다른 실시예들이 첨부된 특허청구범위의 범위 내에서 실시될 수 있다는 것을 용이하게 이해할 수 있을 것이다. 본 명세서에 의해 다루어진 본 발명의 많은 이점들은 전술한 실시예에서 설명되었다. 많은 관점에서, 이 명세서는 단지 예시적인 것을 이해하여야 한다. 본 발명의 범위를 벗어나지 않으면서, 세부 사항, 특히 구성부분에 대한 형상, 크기 및 배열에서 수정이 이루어질 수 있다.

발명의 효과

<92> 본 발명에 따르면, 운동에서의 민감한 변화를 효과적으로 정밀하게 검출하고 측정할 수는 있다.

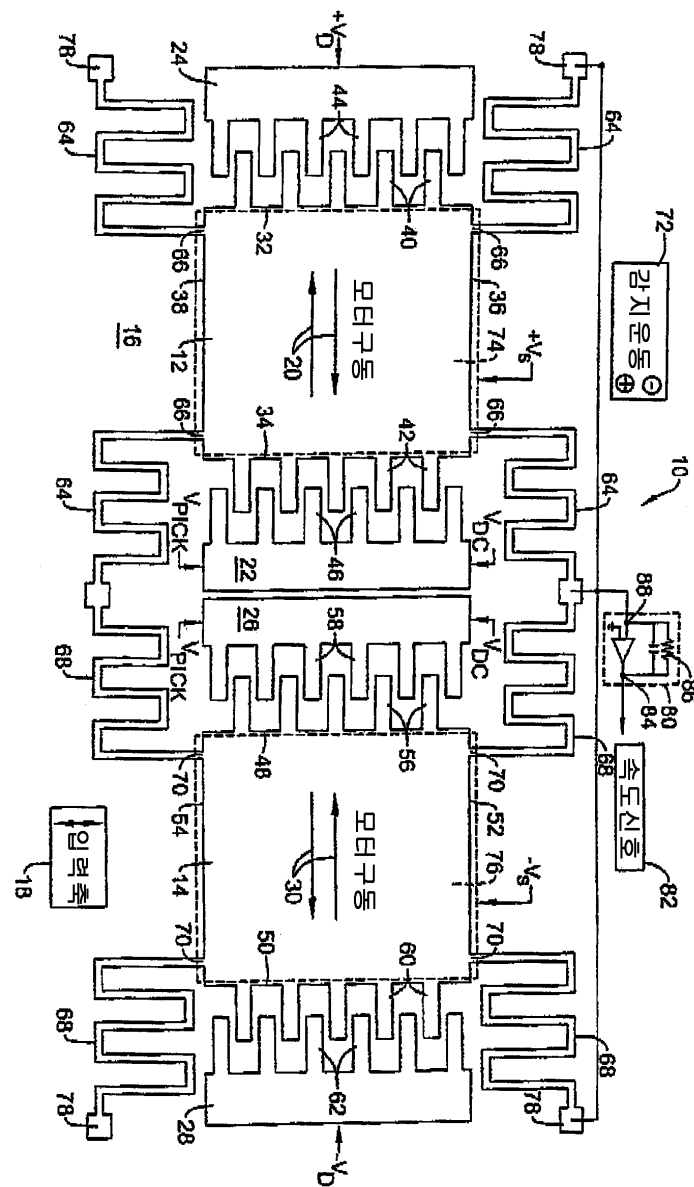
도면의 간단한 설명

- <1> 도 1은 종래 기술에 따른 MEMS형 자이로스코프에 대한 개략적인 도면이다.
- <2> 도 2는 직각 운동을 감소시키기 위하여 직각 운동 조정 전압을 사용하는 예시적인 MEMS형 자이로스코프에 대한 개략적인 도면이다.
- <3> 도 3은 단일 직각 운동 조정 전압 부재를 이용하여 구동 시스템에서의 직각 운동을 제거하는 예시적인 방법을 도시한 다이어그램이다.
- <4> 도 4는 구동 시스템에서의 직각 운동을 감소시키기 위하여 다수의 직각 운동 조정 전압 부재를 사용하는 MEMS형 자이로스코프에 대한 개략적인 도면이다.
- <5> 도 5는 다수의 직각 운동 조정 전압 부재를 이용하여 구동 시스템에서의 직각 운동을 제거하는 예시적인 방법을 도시한 다이어그램이다.
- <6> 도 6은 작동 사이클 동안 상이한 단계에서 도 5의 예시적인 방법을 도시한 다른 다이어그램이다.
- <7> 도 7은 다수의 직각 운동 조정 전압 부재를 이용하여 구동 시스템에서의 직각 운동을 감소시키는 다른 예시적인 방법을 도시한 다이어그램이다.

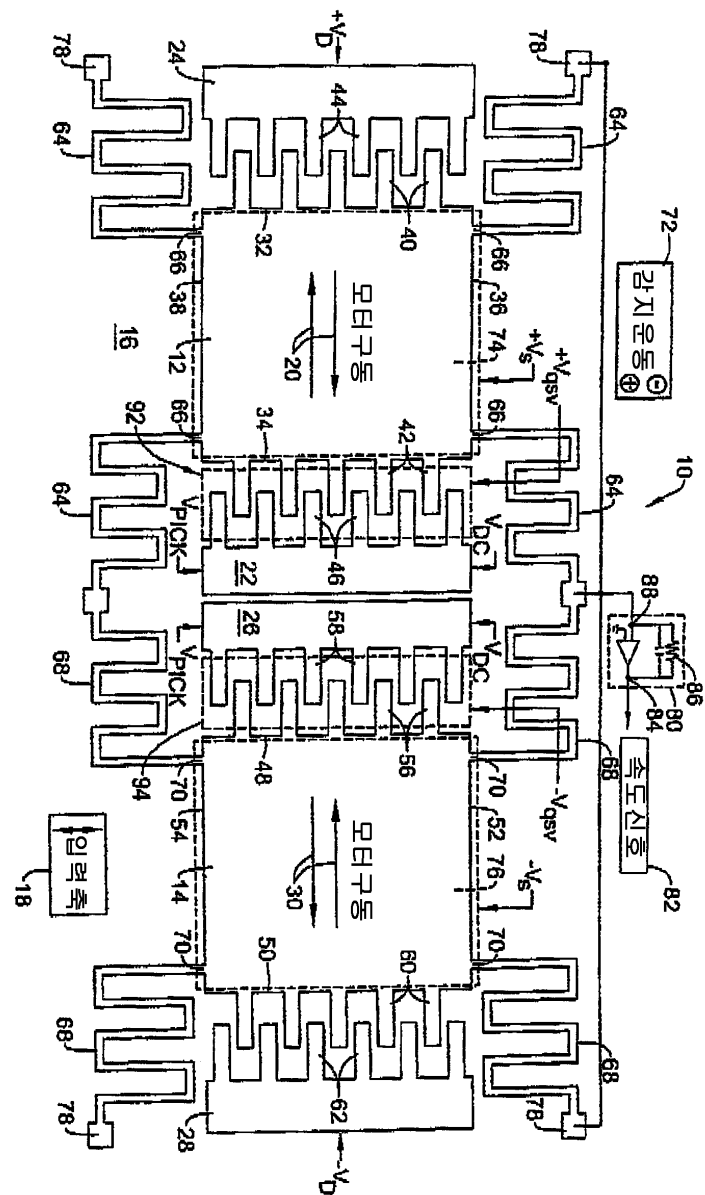
- <8> 도 8은 작동 사이클 동안 상이한 단계에서 도 8의 예시적인 방법을 도시한 다른 다이어그램이다.
- <9> 도 9는 내측으로 돌출하는 다수의 핑거들을 각각 구비한 직각 운동 조정 전압 부재를 이용하여 구동 시스템에서의 직각 운동을 감소시키기 위한 대체 시스템에 대한 개략적인 도면이다.
- <10> 도 10은 내측으로 돌출하는 단일 핑거를 각각 구비한 직각 운동 조정 전압 부재를 이용하여 구동 시스템에서의 직각 운동을 감소시키기 위한 다른 대체 시스템에 대한 개략적인 도면이다.
- <11> 도 11은 직각 운동 조정 전압 부재 배열을 이용하여 구동 시스템에서의 직각 운동을 감소시키기 위한 다른 대체 시스템에 대한 개략적인 도면이다.
- <12> 도 12는 다수의 직각 운동 조정 전압 전극 패드를 이용하여 구동 시스템에서의 직각 운동을 감소시키기 위한 다른 대체 시스템에 대한 개략적인 도면이다.
- <13> 도 13은 AC 직각 운동 조정 전압을 이용하여 직각 운동을 감소시키기 위한 예시적인 시스템을 도시한 개략적인 도면이다.
- <14> 도 14는 구동 전압원으로부터 유도되는 AC 직각 운동 조정 전압을 이용하여 직각 운동을 감소시키기 위한 예시적인 시스템을 도시한 개략적인 도면이다.

도면

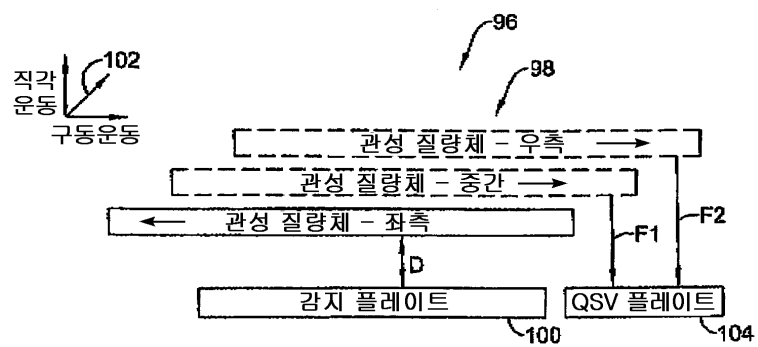
도면1



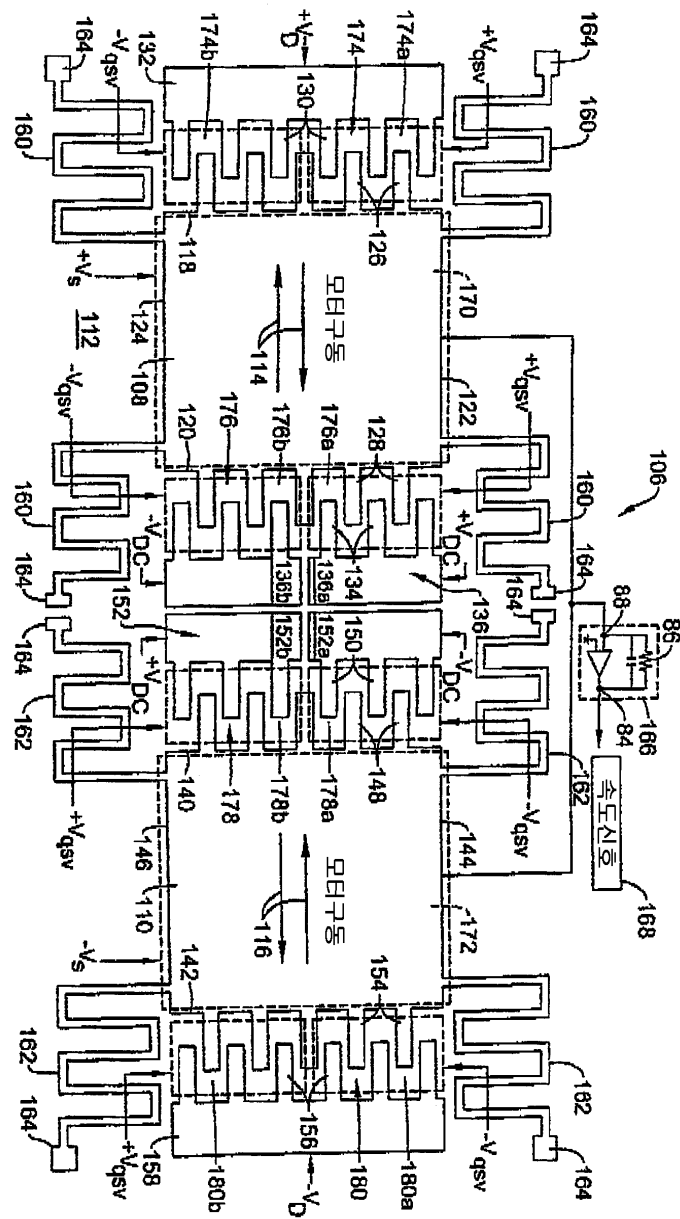
도면2



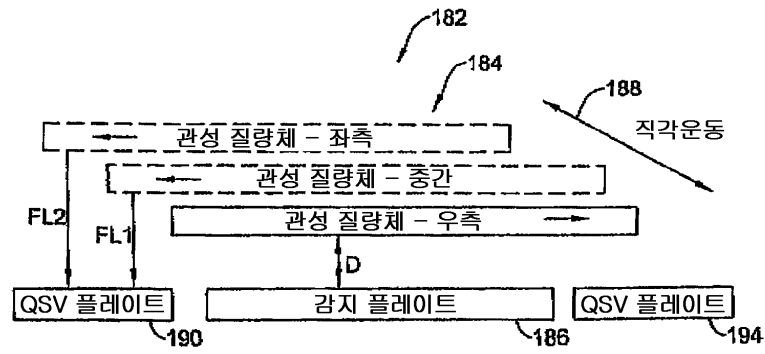
도면3



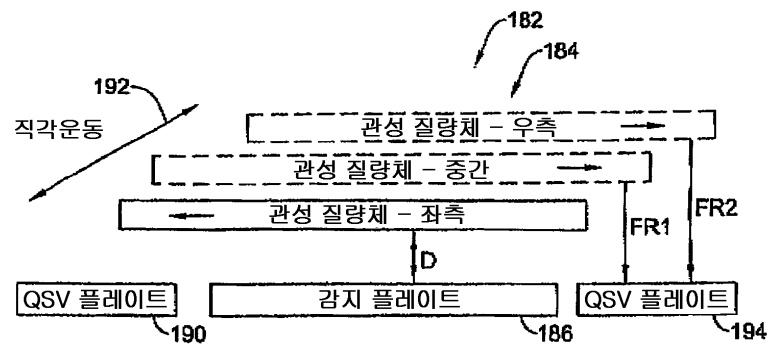
도면4



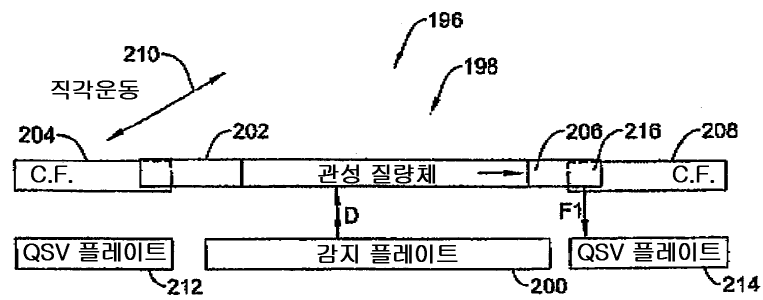
도면5



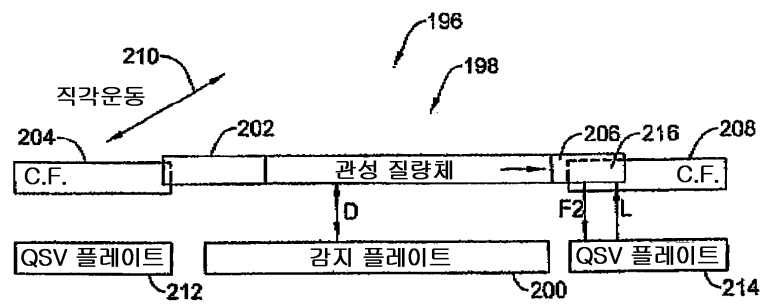
도면6



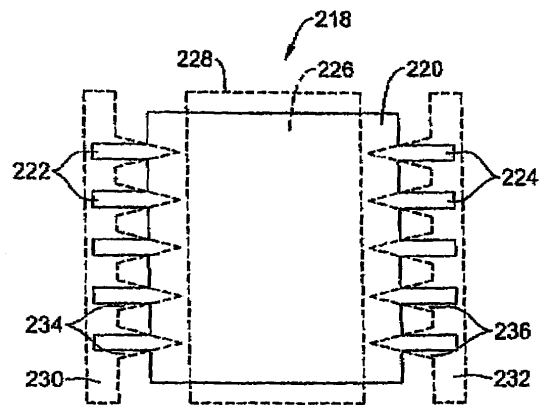
도면7



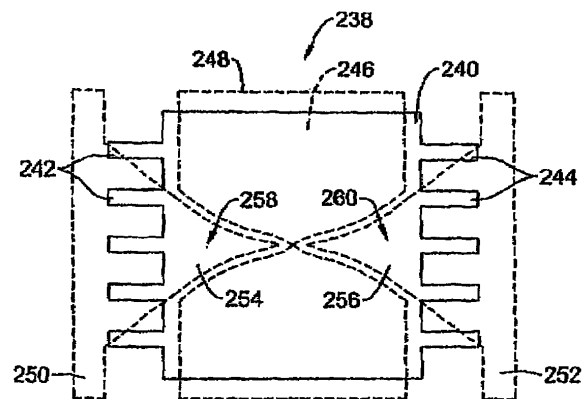
도면8



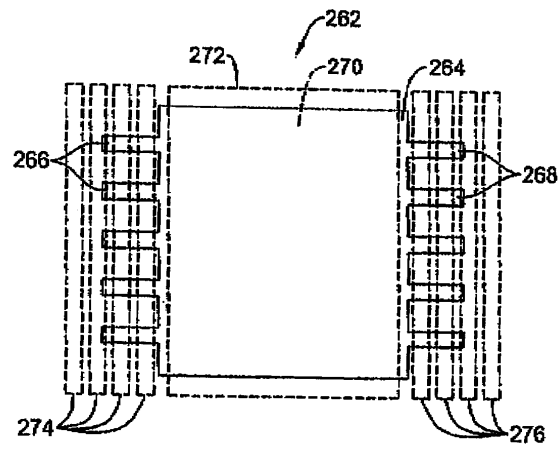
도면9



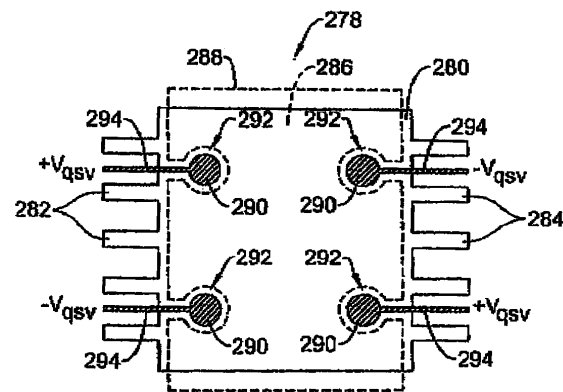
도면10



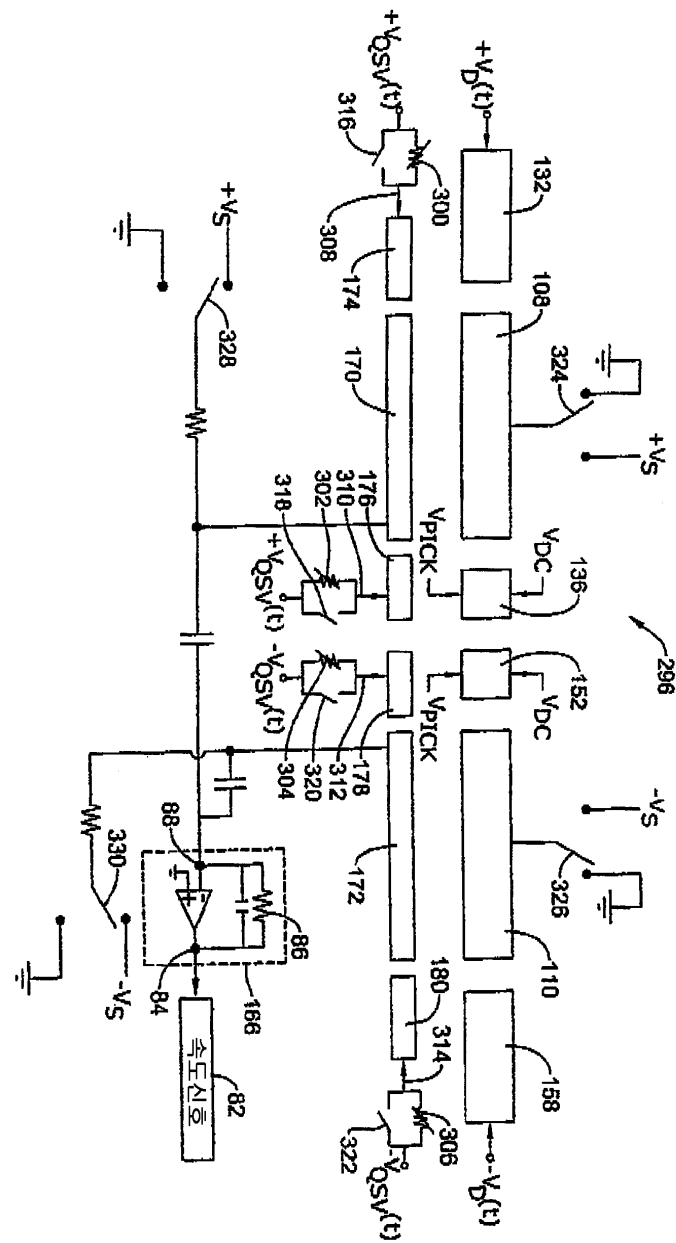
도면11



도면12



도면13



도면14

