



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년02월13일
 (11) 등록번호 10-1700124
 (24) 등록일자 2017년01월20일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01C 19/5712 (2017.01) *G01C 19/5719*
 (2012.01)
G01P 15/08 (2006.01) *G01P 15/125* (2006.01)
G01P 15/18 (2006.01)
- (21) 출원번호 10-2012-7005729
- (22) 출원일자(국제) 2010년08월04일
 심사청구일자 2015년07월22일
- (85) 번역문제출일자 2012년03월02일
- (65) 공개번호 10-2012-0043056
- (43) 공개일자 2012년05월03일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2010/002166
- (87) 국제공개번호 WO 2011/016859
 국제공개일자 2011년02월10일
- (30) 우선권주장
 12/849,742 2010년08월03일 미국(US)
 61/273,494 2009년08월04일 미국(US)
- (56) 선행기술조사문헌
 US20070220973 A1*
 US20080092652 A1*
 US20080202237 A1*
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

- (73) 특허권자
페어차일드 세미컨덕터 코퍼레이션
 미합중국 메인 04106 사우스 포트랜드 엠에스
 35-4이 러닝 힐 로드 82
- (72) 발명자
아자르 첸크
 미국 캘리포니아 92612 어바인 나바르 74
- (74) 대리인
리앤목특허법인

전체 청구항 수 : 총 25 항

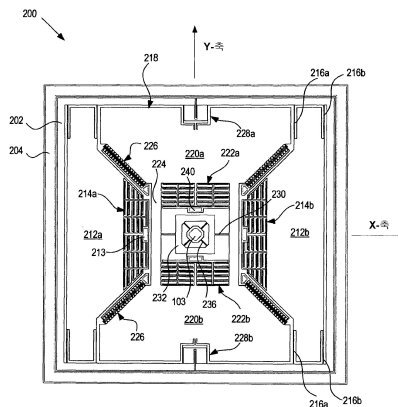
심사관 : 홍정훈

(54) 발명의 명칭 **미세가공된 관성 센서 장치들**

(57) 요약

단일 검정-질량(201)을 포함하거나 6-자유도들을 측정하는 미세가공된 관성 센서(200)가 제공된다. 단일 검정-질량(201)은 프레임(202), 제1 굴곡부에 의해 프레임에 부착된 x-축 검정 질량 영역(212a, 212b), 및 제2 굴곡부(228a, 228b)에 의해 프레임(202)에 부착된 y-축 검정 질량 영역(218)을 포함한다. 단일 검정-질량(201)은 미세가공된 구조의 층 내에 형성되고 단일 구동 운동으로 3개의 축들에 대한 각속도들 및 3개의 축들에 대한 선형 가속도들을 측정하도록 적응된다.

대표도 - 도2



명세서

청구범위

청구항 1

프레임;

제1 굴곡부에 의해 상기 프레임에 부착된 제1 평면 검정 질량 영역;

제2 굴곡부에 의해 상기 프레임에 부착된 제2 평면 검정 질량 영역; 및

상기 제1 평면 검정 질량 영역 및 상기 제2 평면 검정 질량 영역 하부에 배치된 웨이퍼에 고정된 고정부(anchor)를 포함하고,

상기 프레임, 상기 제1 평면 검정 질량 영역, 및 상기 제2 평면 검정 질량 영역은, 미세가공된 층 내에 형성되고, 3개의 축들에 대한 각속도들 및 3개의 축들에 대한 선형 가속도들을 측정하도록 적응되고,

상기 제1 평면 검정 질량 영역 및 상기 제2 평면 검정 질량 영역은 상기 고정부에 대하여 동일-위상으로(in phase) 구동되도록 구성되는 것을 특징으로 하는 운동 측정 센서.

청구항 2

제1항에 있어서,

평면과 수직인 축에 대하여 구동 주파수에서 상기 제1 및 제2 평면 검정 질량 영역들을 구동시키도록 구성되는 적어도 하나의 콤 전극(comb electrode)을 더 포함하고,

상기 센서가 외부적으로 동요되지 않은 경우, 상기 미세가공된 층은 상기 평면 상에 실질적으로 배치되는 것을 특징으로 하는 운동 측정 센서.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 콤 전극은 복수의 정지 핑거들(stationary fingers) 및 복수의 이동 콤 핑거들(moving comb fingers)을 포함하는 것을 특징으로 하는 운동 측정 센서.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 복수의 정지 핑거들은 고정부(anchor)에 연결되고,

상기 고정부는 상기 미세가공된 층 하부에 배치된 웨이퍼에 고정되는 것을 특징으로 하는 운동 측정 센서.

청구항 5

제2항에 있어서,

상기 제2 평면 검정 질량 영역은 제1 축에 대해 대칭적으로 배치된 한 쌍의 날개부들을 포함하고,

상기 날개부들은, 상기 센서가 상기 제1 축과 수직인 제2 축을 따라 각속도로 동요되는 경우 반대 방향으로 이동하도록 적응된 것을 특징으로 하는 운동 측정 센서.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 미세가공된 층 하부에 배치된 한 쌍의 자이로 전극들을 더 포함하고,

상기 제2 축을 따른 상기 각속도는, 상기 한 쌍의 자이로 전극들과 상기 한 쌍의 날개부들 사이의 커패시턴스의

변동을 측정함으로써 감지되는 것을 특징으로 하는 운동 측정 센서.

청구항 7

제5항에 있어서,

상기 한 쌍의 날개부들과 각각 연결되며, 제1 축에 대해 대칭적으로 배치된 한 쌍의 가속도계 전극들을 더 포함하고,

상기 제2 축을 따른 상기 센서의 선형 가속은, 상기 한 쌍의 가속도계 전극들의 커패시턴스의 변동을 측정함으로써 감지되는 것을 특징으로 하는 운동 측정 센서.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 가속도계 전극 각각은 상기 미세가공된 층 하부에 배치된 웨이퍼에 고정된 고정부와 연결된 것을 특징으로 하는 운동 측정 센서.

청구항 9

제2항에 있어서,

상기 제1 평면 검정 질량 영역은 제2 축에 대해 대칭적으로 배치된 한 쌍의 질량들을 포함하고,

상기 한 쌍의 질량들은, 상기 센서가 상기 제2 축에 수직한 제1 축을 따라 각속도로 동요되는 경우 반대 방향으로 이동하도록 적응되는 것을 특징으로 하는 운동 측정 센서.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 미세가공된 층 하부에 배치된 한 쌍의 자이로 전극들을 더 포함하고,

상기 제1 축을 따른 상기 각속도는, 상기 한 쌍의 질량들과 상기 한 쌍의 자이로 전극들 사이의 커패시턴스의 변동을 측정함으로써 감지되는 것을 특징으로 하는 운동 측정 센서.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 평면과 수직한 상기 축을 따른 상기 센서의 선형 가속은, 상기 한 쌍의 질량들과 상기 한 쌍의 자이로 전극들 사이의 커패시턴스의 변동을 측정함으로써 감지되는 것을 특징으로 하는 운동 측정 센서.

청구항 12

제9항에 있어서,

상기 한쌍의 질량들은, 상기 센서가 상기 평면에 수직한 상기 축을 따라 각속도로 동요되는 경우 반대 방향으로 이동하도록 적응되는 것을 특징으로 하는 운동 측정 센서.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 한 쌍의 질량들과 각각 연결되며, 상기 제2 축에 대해 대칭적으로 배치된 한 쌍의 가속도계 전극들을 더 포함하고,

상기 평면과 수직한 상기 축을 따른 상기 각속도는, 상기 한 쌍의 가속도계 전극들의 커패시턴스의 변동을 측정함으로써 감지되는 것을 특징으로 하는 운동 측정 센서.

청구항 14

제13항에 있어서,

상기 가속도계 전극 각각은 상기 미세가공된 층 하부에 배치된 웨이퍼에 고정된 고정부와 연결된 것을 특징으로 하는 운동 측정 센서.

청구항 15

제13항에 있어서,

상기 제1 축을 따른 상기 센서의 선형 가속은, 상기 한 쌍의 가속도계 전극들의 커패시턴스의 변동을 측정함으로써 감지되는 것을 특징으로 하는 운동 측정 센서.

청구항 16

제1항에 있어서,

상기 고정부는 상기 센서의 중심부에 실질적으로 위치되는 것을 특징으로 하는 운동 측정 센서.

청구항 17

제16항에 있어서,

복수의 서스펜션 빔들에 의해 상기 고정부에 연결된 내부 프레임(inner frame); 및

상기 내부 프레임 및 상기 제2 평면 검정 질량 영역과 연결되고 상기 제2 평면 검정 질량 영역에 회복력(restoring force)을 제공하도록 적용된 복수의 굴곡부들을 더 포함하는 운동 측정 센서.

청구항 18

제17항에 있어서,

상기 제2 평면 검정 질량 영역에 및 상기 프레임에 연결되고 상기 제2 평면 검정 질량 영역에 회복 토크를 제공하도록 적용된 한 쌍의 자이로스코프 굴곡부들을 더 포함하는 운동 측정 센서.

청구항 19

제1항에 있어서,

상기 제1 굴곡부는 2개의 쌍들의 자이로스코프 굴곡부들을 포함하고, 각각의 상기 자이로스코프 굴곡부는 2개의 연장 빔들(elongated beams)을 갖는 것을 특징으로 하는 운동 측정 센서.

청구항 20

제1항에 있어서,

상기 프레임 및 상기 제2 평면 검정 질량 영역과 연결된 한 쌍의 굴곡부들을 더 포함하고,

상기 굴곡부 각각은 제2 축을 따른 회복 토크를 제공하도록 구성되는 자이로 스프링 및 상기 제2 축을 따른 회복 토크를 제공하도록 구성되는 2개의 가속도계 스프링들을 포함하는 것을 특징으로 하는 운동 측정 센서.

청구항 21

제20항에 있어서,

상기 굴곡부 각각은 연결부를 포함하고,

상기 연결부의 각 단부는 상기 2개의 가속도계 스프링들 중 상응하는 하나와 연결되며,

상기 자이로 스프링은 상기 연결부의 중점(midpoint)과 연결되는 것을 특징으로 하는 운동 측정 센서.

청구항 22

제1 웨이퍼;

장치 층; 및

제2 웨이퍼를 포함하고,

상기 제1 및 제2 웨이퍼는, 상기 장치 층에 결합되며,

상기 장치 층은,

프레임;

제1 굴곡부에 의해 상기 프레임에 부착된 제1 평면 검정 질량 영역;

제2 굴곡부에 의해 상기 프레임에 부착된 제2 평면 검정 질량 영역; 및

상기 프레임, 상기 제1 평면 검정 질량 영역, 및 상기 제2 평면 검정 질량 영역 하부에 배치된 웨이퍼에 고정되는 고정부를 포함하며,

상기 프레임, 상기 제1 평면 검정 질량 영역, 및 상기 제2 평면 검정 질량 영역은, 미세가공된 층 내에 형성되고, 3개의 축들에 대한 각속도들 및 3개의 축들에 대한 선형 가속도들을 측정하도록 적응되고,

상기 제1 평면 검정 질량 영역 및 상기 제2 평면 검정 질량 영역은 상기 고정부에 대하여 동일-위상으로 구동되도록 구성되는 것을 특징으로 하는 운동 측정 장치.

청구항 23

제22항에 있어서,

상기 제1 웨이퍼는 캡 웨이퍼(cap wafer)인 것을 특징으로 하는 운동 측정 장치.

청구항 24

제23항에 있어서,

상기 제2 웨이퍼는 비아 웨이퍼 또는 ASIC(Application Specific integrated Circuits) 웨이퍼인 것을 특징으로 하는 운동 측정 장치.

청구항 25

제22항에 있어서,

상기 제2 웨이퍼는, 상기 제1 및 제2 평면 검정 질량 영역들 중 적어도 하나의 각속도를 측정하도록 구성되는 하나 이상의 전극들을 포함하는 것을 특징으로 하는 운동 측정 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 일반적으로 관성 센서 장치들에 관한 것으로서, 더욱 구체적으로, 미세가공된 관성 센서 장치들에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 현대 전자 기술의 급속한 발전과 함께, 네비게이션 시스템들, 핸드폰들, 및 전자 게임들과 같은 다양한 전자 장치들은, 작은 크기와 함께 저비용으로 상기 장치들의 움직임들을 정확하게 결정할 수 있는 센서들을 요구한다. 종래의 기술들은 ASIC(Application Specific integrated Circuits) 웨이퍼들 상에 미세전자기계시스템(micro-electromechanical-systems, 이하 'MEMS'라 지칭함) 칩들을 부착시키거나, ASIC 웨이퍼들에 MEMS를 집적화시키도록 개발되어 왔다. 그러나, 현존하는 MEMS 센서들 대부분은 가속 또는 회전 중 어느 하나를 측정하고, 물체의 6 자유도(6개의 독립적인 가속도 및 3개의 독립적인 회전들)를 측정하지 않았다. 따라서, 물체의 움직임을 6 자유도(DOF)로 감지하는 현존하는 ASIC 웨이퍼들은 다수의 MEMS 센서들을 수용하기 위한 큰 크기와 상기 다수의 센서들로부터 수신된 데이터를 처리하기 위한 추가 회로들 또는 알고리즘들을 갖는다. 또한, 다수의 MEMS의 제조 및 ASIC 웨이퍼들로의 MEMS의 집적화/패키징은 센서 장치들의 제조 비용을 증가시킨다. 따라서, 물체의 움직임을 6 자유도로 감지할 수 있는 단일 MEMS 장치가 필요하며, 이를 통해 상기 MEMS를 포함하는 센서 장치의 전체 크기와 제조 비용이 획기적으로 감소될 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0003] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 전체 크기와 제조 비용이 획기적으로 감소될 수 있도록, 물체의 움직임을 다자유도(예를 들어, 6 자유도)로 감지할 수 있는 단일 MEMS 장치를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0004] 본 개시서의 일 실시예에서, 운동 측정 센서는, 프레임; 제1 굴곡부에 의해 상기 프레임에 부착된 제1 평면 검정 질량 영역; 및 제2 굴곡부에 의해 상기 프레임에 부착된 제2 평면 검정 질량 영역을 포함한다. 상기 프레임, 상기 제1 평면 검정 질량 영역, 및 상기 제2 평면 검정 질량 영역은, 미세가공된 층 내에 형성되고, 3개의 축들에 대한 각속도들 및 3개의 축들에 대한 선형 가속도들을 측정하도록 적응된다.

[0005] 본 개시서의 다른 실시예에서, 운동 측정 장치는, 제1 웨이퍼, 장치 층, 및 제2 웨이퍼를 포함하고, 여기서 상기 제1 및 제2 웨이퍼들은 상기 장치 층에 결합되며, 그에 따라 장치 층을 봉지(encapsulate)한다. 상기 장치 층은, 프레임; 제1 굴곡부에 의해 상기 프레임에 부착된 제1 평면 검정 질량 영역; 및 제2 굴곡부에 의해 상기 프레임에 부착된 제2 평면 검정 질량 영역을 포함한다. 상기 프레임, 상기 제1 평면 검정 질량 영역, 및 상기 제2 평면 검정 질량 영역은, 미세가공된 층 내에 형성되고, 3개의 축들에 대한 각속도들 및 3개의 축들에 대한 선형 가속도들을 측정하도록 적응된다.

[0006] 본 발명의 이러한 및 다른 특징들, 측면들, 및 이점들은, 이하의 도면들, 설명들, 및 청구항들을 참조하여 더욱 명확히 이해될 것이다.

발명의 효과

[0007] 본 발명의 기술적 사상에 따른 운동 측정 센서 및 이를 포함하는 장치는, 물체의 움직임을 다자유도(예를 들어, 6 자유도)로 감지할 수 있는 단일 MEMS 장치를 포함한다. 따라서 운동 측정 센서 및 이를 포함하는 장치의 전체 크기와 제조 비용이 획기적으로 감소될 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0008] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 다자유도 장치의 개략적인 단면도를 나타낸다.
- 도 2는 도 1의 다자유도 장치의 센서의 개략적인 평면도를 나타낸다.
- 도 3a는 도 2의 센서의 콤팩트 구동 전극의 확대도를 나타낸다.
- 도 3b는 도 2의 센서의 y-축 가속도계 전극의 확대도를 나타낸다.
- 도 4a는 자이로스코프 구동 동작 모드에서의 도 2의 단일 질량을 나타낸다.
- 도 4b는 x-축에 대한 회전에 응답한 감지 운동 동안의 도 2의 단일 질량을 나타낸다.
- 도 4c는 y-축에 대한 회전에 응답한 감지 운동 동안의 도 2의 단일 질량을 나타낸다.
- 도 4d는 z-축에 대한 회전에 응답한 감지 운동 동안의 도 2의 단일 질량을 나타낸다.
- 도 5a 및 도 5b는 각각 x 및 z 방향들에서의 선형 가속도들에 따른 단일 질량을 나타낸다.
- 도 6은 도 2의 센서의 평면-외 운동들을 측정하기 위한 장치 층 아래의 자이로 전극들의 개략적인 평면도를 나타낸다.
- 도 7은 x-축 자이로 감지 및 z-축 자이로 감지 운동들을 허용하는 굴곡부 구조의 확대도를 나타낸다.
- 도 8은 본 발명에 따른 센서의 다른 실시예의 개략적인 평면도를 나타낸다.
- 도 9a는 본 발명에 따른 센서의 또 다른 실시예의 개략적인 평면도를 나타낸다.
- 도 9b는 도 9a의 센서의 굴곡부 구조들의 확대도를 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0009] 이하의 구체적인 설명은 본 발명을 실시하기 위한 현재 최적의 의도된 실시예를 나타낸다. 본 발명의 권리범위는 청구항으로서만 가장 적합하게 정의되어야 하기 때문에, 상기 설명을 한정적 의미로 보지 않아야 하며, 반대로 상기 설명은 본 발명의 일반적인 원리를 도시하는 목적으로서만 이루어진 것이다.
- [0010] 도 1은 다자유도 장치(100)의 개략적인 단면도를 나타낸다. 설명한 바와 같이, 다자유도 장치(100)는 캡 웨이퍼(102); 미세가공된 구조물들(또는 MEMS 구조물들)을 포함하는 장치 층(또는, 동등하게, 미세가공된 구조물 층 또는 MEMS 층)(106); 및 비아 웨이퍼(108)를 포함한다. 캡 웨이퍼(102)는 장치 층(106)에 금속 결합될 수 있고, 금속 결합물(104)은 동작 동안 캡 웨이퍼(102)와 장치 층(106) 사이의 열적 스트레스를 생성할 수 있다. 상기 미세가공된 구조물들을 상기 열적 스트레스로부터 분리시키기 위해, 스트레스 절감 홈(120)이 장치 층(106)의 주변에 주위에 형성될 수 있다. 금속 결합물(104)은 비-고온 복합 결합물(non-high temperature fusion bond)일 수 있고, 장기 진공(long term vacuum)을 유지하기 위한 게터(getter)의 인가 및 로우-g 가속 센서들(low-g acceleration sensors)에 발생할 수 있는 정지마찰(stiction)을 방지하기 위한 반-정지마찰 코팅의 인가를 가능케 할 수 있다. 상기 비아 웨이퍼(108)는 실리콘-실리콘 복합 결합과 같이 장치 층(106)에 복합 결합될 수 있고, 그에 따라 비아 웨이퍼(108)와 장치 층(106) 사이의 열적 스트레스가 제거된다.
- [0011] 비아 웨이퍼(108)는 돌출부(또는, 동등하게, 고정부(anchor))(103)를 포함할 수 있고, 상기 돌출부(103)는 비아 웨이퍼(108)의 중심부에 실질적으로 위치되며 장치 층(106)의 고정(부착) 구조물을 제공한다. 고정부(103)는 장치 층(106)에 복합 결합될 수 있고, 그에 따라 금속 피로와 연관된 잠재적인 문제들이 제거될 수 있다.
- [0012] 장치 층(106) 내에 형성된 센서들은 각변위들(angular displacements)을 감지하기 위해 커패시턴스의 변화들을 감지한다. 그에 따라, 임의의 외부 전기 또는 자기장은 상기 각변위들의 측정의 정확도에 영향을 미칠 수 있다. 상기 외부 전기 및 자기장들을 막기 위해, 장치 층(106) 및 캡 웨이퍼(102)는 서로 전기적으로 연결되고, 바람직하게는 접지된다.
- [0013] 비아 웨이퍼(108)는 분리 트렌치들(또는, 동등하게, 비아들)(114)에 의해 이격된 다수의 영역들을 포함한다. 각각의 비아(114)는 폴리실리콘 또는 금속과 같은 도전성 비결정질 물질(118)로 충전된다. 상기 도전성 물질(118)은 유전성 물질(116)에 의해 전기적으로 절연되고, 0 전압차(voltage differential)를 생성하기 위해 전극에서의 전압으로 전기적으로 바이어스될(biased) 수 있으며, 그에 따라 비아의 분로 커패시턴스(shunt capacitance)가 제거된다.
- [0014] 분리 트렌치들(114)에 의해 이격된 영역들 각각은 데이터 통신을 위한 전기적 콘택을 갖는다. 예를 들어, 도 1c에 나타난 바와 같이, 비아 웨이퍼(108)는 범프들 또는 와이어-본드들에 의해 ASIC 웨이퍼와 연결될 수 있는 3개의 콘택들(110, 111, 112)을 포함할 수 있다. 다른 예에서, 콘택(110)은 비아(114)와 연결된 전극 콘택일 수 있고, 반면에 콘택(111)은 고정부(103)와 전기적으로 연결된 고정부 콘택일 수 있으며, 콘택(112)은 분리된 영역(또는 섬(island))(119)과 전기적으로 연결된 원형 비아 콘택(circular via contact)이다. 상기 비아들 및 분리된 영역들의 구체적인 설명은 2010년 8월 3일 출원되어 출원계속중인 "Micromachined devices and fabricating the same"라는 제목의 미국 특허 출원 제12/849,787호에 개시되며, 여기서 상기 개시사항 전체는 참조로서 여기에 병합된다.
- [0015] 장치 층(106)은 자이로스코프들(gyroscopes) 및 가속 센서들로서 기능하는 미세가공된 구조물을 포함할 수 있다. 상기 미세가공된 구조물들의 전기적인 연결들은, 고정부들(103)에 통해 그리고 장치 층(106)과 비아 웨이퍼(108)의 분리된 영역들 사이의 용량성 결합에 의해 달성된다. 상기 미세가공된 구조물 동작의 구체적인 설명이 도 4a 내지 도 5b와 관련하여 이하에서 제공된다.
- [0016] 도 2는 도 1의 장치 층(또는 미세가공된 층)(106)에 포함된 미세가공된 집적화된 6축 관성 측정 장치(또는, 동등하게, 미세가공된 장치 또는 센서)(200)의 개략적인 평면도를 나타낸다. 나타난 바와 같이, 센서(200)는 비아 프레임(108) 및 캡 프레임(102)과 결합된 실 프레임(204); 검정-질량 외부 프레임(202); 한 쌍의 x-축 평면 검정 질량 영역들(또는 간략하게, x-축 검정 질량 영역들)(212 a, 212b); 및 y-축 평면 검정 질량 영역(또는 간략하게, y-축 검정 질량 영역)(218)을 포함한다. x-축 평면 질량 영역들(212a, 212b) 각각은, 2개의 쌍들의 z-축 자이로스코프 굴곡부들(gyroscope flexures, 216a, 216b)에 의해, 검정-질량 외부 프레임(202)에 부착되고/매달리고, x-축 가속도계(accelerometer)/z-축 자이로스코프 전극(214a 또는 214b)을 포함한다. 상기 한 쌍의 x-축 검정 질량 영역들(212a, 212b) 각각과 y-축 검정 질량 영역(218)은 실질적으로 평판(plate)에서 형성된다.

각각의 z-축 자이로스코프 굴곡부들(216a, 216b)은 동일한 바(bar) 또는 빔(beam) 형상을 갖는다.

[0017] y-축 검정 질량 영역(218)은, 통합 물체를 형성하는 연장부들(elongated portions)(224)과 연결된 2개의 날개부들(220a, 220b)을 포함한다. y-축 검정 질량 영역(218)은 한 쌍의 x-축 자이로스코프 굴곡부들(228a, 228b)에 의해 프레임(202)에 부착되고, 여기서 상기 굴곡부들은 도 7과 연관되어 설명된다. 연장부들(224)은 2개의 y-축 자이로스코프 굴곡부들(230)을 통해 구동 디커플링 프레임(232)에 부착된다. 날개부(220a 또는 220b)는 y-축 전극(222a 또는 222b) 및 콤 구동 전극들(comb drive electrodes)(225)을 포함한다. 후술된 바와 같이, 검정-질량 외부 프레임(202), 한 쌍의 평면 x-축 검정 질량 영역들(212a, 212b), 및 y-축 검정 질량 영역(218)은 구동 동작 모드 동안 동시에 구동된다. 따라서, 이제부터, 용어 "단일 검정-질량"은, 검정-질량 외부 프레임(202), 한 쌍의 x-축 검정 질량 영역들(212a, 212b); 및 y-축 검정 질량 영역(218)을 집합하여 지칭하기로 한다.

[0018] 또한, 센서(200)는, 실질적으로 상기 센서의 중심부에 배치되고 비아 웨이퍼(108)에 첨부된 고정부(103)를 포함한다. 구동 디커플링 프레임(232)은 4개의 구동 서스펜션 빔들(drive suspension beams)(236)에 의해 고정부(103)에 연결된다.

[0019] 도 3a는 도 2의 센서(200)의 콤 구동 전극(226)의 확대도를 나타내며, 여기서 상기 콤 구동 전극(226)은 z-축에 대해 단일 구동 주파수로 진동하도록 x-축 및 y-축 검정 질량 영역들을 구동하는데 사용된다. 설명된 바와 같이 콤 전극(226)은 고정부(302)와 연결된 정지 핑거들(stationary fingers)(304) 및 날개부(220a)와 연결된 이동 콤 핑거들(moving comb fingers)(306)을 포함한다. 고정부(302)는 비아 웨이퍼(108)에 첨부되고, 동작 동안 고정 핑거들(304)이 공간(space)에서 고정되도록 한다. 고정부(302)는 사각형, 삼각형, 및 오각형과 같은, 임의의 적절한 다각 형상을 가질 수 있다. 고정 핑거들(304)은 이동 핑거들(306)과 깎지킨다(interdigitate). 동작 동안, 구동 주파수에서의 전기 신호들이 고정부(302)를 통해 고정 핑거들(304)에 인가된다. 이후, 고정 핑거들(304)과 이동 콤 핑거들(306) 사이의 상호작용 때문에, y-축 검정 질량 영역(218) 및 x-축 검정 질량 영역들(212a, 212b)은 상기 구동 주파수에서 진동하며, 이에 대해서는 도 4a와 관련하여 후술하기로 한다.

[0020] 도 3b는 도 2의 센서(200)의 y-축 가속도계 전극(또는, 동등하게, y-축 가속도계 트랜스듀서 또는 y-축 가속도계 콤 핑거들)(222b)의 확대도를 나타내고, 여기서 y-축 가속도계 전극(222b)은 y-축 가속에 응답하여 y-축 검정 질량 영역(218)의 움직임들을 감지한다. 설명된 바와 같이, y-축 가속도계 전극(222b)은, 복수의 이격된, 평행 입력 전극들 또는 플레이트들(312) 및 입력 플레이트들(312)과 깎지끼는 상응하는 수의 고정 전극들 또는 플레이트들(314)을 포함한다. 고정 플레이트들(314)은 고정부에 의해 지지되는 고정자(stator)(310)로부터 연장되고, 반면에 입력 플레이트(312)는 y-축 검정 질량 영역(218)의 연장부들(224)로부터 연장된다. y-축 검정 질량 영역(218)이 고정 플레이트들(314)에 대하여 이동하는 경우, 고정 플레이트들(314)과 입력 플레이트들(312) 사이의 전기적 상호작용(또는, 커패시턴스)이 변화한다. 상기 커패시턴스의 변화가 y-축 검정 질량 영역의 움직임을 측정하기 위해 감지된다.

[0021] x-축 가속도계 전극들(또는 동등하게, x-축 가속도계 트랜스듀서들 또는 y-축 가속도계 콤 핑거들)(214a, 214b)은 y-축 전극(222b)과 유사한 구조를 가진다. 따라서, 간결성을 위해, x-축 전극들(214a, 214b)에 대한 구체적인 설명은 반복하기 않기로 한다. 예를 들어, x-축 가속도계 전극(214a)은 복수의 이격된, 평행 입력 전극들 또는 플레이트들 및 상기 입력 플레이트들과 깎지끼는 상응하는 수의 고정 전극들 또는 플레이트들을 포함한다. 상기 고정 플레이트들은 고정부(213)에 연결되고, 반면에 입력 전극들은 x-축 검정 질량 영역(212a)으로부터 연장된다.

[0022] x-축 가속도계 전극들(214a, 214b)은 z-축에 대한 회전 운동들을 측정하는데 사용될 수 있으며, 이에 대해서는 도 4d와 관련하여 후술하기로 한다. 선택적으로, 개별 z-축 자이로 전극들(separate z-axis gyro electrodes)이 x-축 가속도계 전극들이 배치된 영역에 형성될 수 있다.

[0023]

[0024] 도 4a는 자이로스코프 구동 동작 모드에서의 단일 검정-질량(201)을 나타내고, 여기서 상기 단일 검정-질량은 검정-질량 외부 프레임(202), 한 쌍의 평면 x-축 검정 질량 영역들(212a, 212b) 및 y-축 검정 질량 영역(218)을 집합하여 지칭한다. 설명된 바와 같이, y-축 검정 질량 영역(218)의 날개부들(220a, 220b)이 각각 X 및 Y 방향들을 따라 역-위상 방식(anti-phase fashion)으로 진동하도록, 콤 구동 전극들(226)이 구동되고, 그에 따라 소정 구동 주파수에서 z-축에 대한 단일 검정-질량(201)의 토크 운동들(torsional motions)(또는 회전들)이 야기

된다. 상기 토크 운동들은 구동 서스펜션 빔들(236)(도 2에 나타남)이 유연한 방식으로 구부러지도록 하고, 그에 따라 x-축 및 y-축 검정 질량 영역들로의 회복 토크들(restoring torques)이 제공된다.

[0025] 도 4b는 x-축에 대한 회전에 응답한 감지 운동 동안의 단일 검정-질량(201)을 나타낸다. 도 4a에서 전술한 바와 같이, x-축 검정 질량 영역들(212a, 212b)은, 소정 구동 주파수에서 콤팩트 구동 전극들(226)을 자극시킴으로써, z-축에 대해 진동하도록 구동된다. x-축 검정 질량 영역들(212a, 212b)이 x-축에 대한 각속도로 회전되는 경우, 즉, 단일 검정-질량(201)이 Ω_x 의 각속도로 외부적으로 동요되는 경우, Ω_x 에서의 회전 및 구동 진동의 조합에 의해, 단일 검정-질량(201)에 대한 평면-외 코리올리 힘(out-of-plane Coriolis force)이 생성된다. 상기 코리올리 힘은 단일 검정-질량(201)이 y-축에 대하여 토크적으로(torsionally) 자극되도록 한다. 또한, x-축 검정 질량 영역들(212a, 212b)이 z-축 자이로스코프 굴곡부들(216a, 216b)을 통해 검정-질량 외부 프레임(202)에 매달리기 때문에, 상기 코리올리 힘은, 화살표들(402a, 402b)에 표시된 바와 같이, x-축 검정 질량 영역들(212a, 212b)이 반대 방향으로 이동하도록 한다.

[0026] x-축 검정 질량 영역들(212a, 212b)의 운동은 x-축 자이로 전극들(606, 608)(도 6에 나타남)에 의해 감지될 수 있다. 더욱 구체적으로, 상기 코리올리 힘을 측정하기 위해, x-축 자이로 전극들(606, 608)과, 상응하는 x-축 검정 질량 영역들(212a, 212b) 사이의 커패시턴스의 변동이 측정되고, 그에 따라 단일 검정-질량(201)의 각속도 Ω_x 가 측정된다.

[0027] 도 4c는 y-축에 대한 회전에 응답한 감지 운동 동안의 단일 검정-질량(201)을 나타낸다. 도 4a에서 전술한 바와 같이, y-축 검정 질량 영역(218)은, 소정 구동 주파수에서 콤팩트 구동 전극들(226)을 자극시킴으로써, z-축에 대해 진동하도록 구동된다. 단일 검정-질량(201)이 y-축에 대한 각속도로 회전되는 경우, 즉, 단일 검정-질량(201)이 Ω_y 의 각속도로 외부적으로 동요되는 경우, Ω_y 에서의 회전 및 구동 진동의 조합에 의해, y-축 검정 질량 영역(218)에 대해 평면-외 코리올리 힘이 생성된다. 상기 코리올리 힘은 단일 검정-질량(201)이 x-축에 대하여 토크적으로 자극되도록 한다. 또한, y-축 검정 질량 영역(218)이 y-축 자이로스코프 굴곡부들(230)을 통해 구동 디커플링 프레임(232)(도 2에 나타남)에 연결되기 때문에, 상기 코리올리 힘은, 화살표들(404a, 404b)에 표시된 바와 같이, y-축 자이로스코프 굴곡부들(230)이 x-축에 대해 회전하도록 한다. y-축 자이로스코프 굴곡부들(230)은 y-축 검정 질량 영역(218)으로의 회복 토크를 제공한다.

[0028] y-축 검정 질량 영역(218)의 운동은 y-축 자이로 전극들(602, 604)(도 6에 나타남)에 의해 감지될 수 있다. 더욱 구체적으로, 상기 코리올리 힘을 측정하기 위해, y-축 자이로 전극들(602, 604)과, y-축 검정 질량 영역(218)의 상응하는 날개부들(220a, 220b) 사이의 커패시턴스의 변동이 측정되고, 그에 따라 단일 검정-질량(201)의 각속도 Ω_y 가 측정된다.

[0029] 도 4d는 z-축에 대한 회전에 응답한 감지 운동 동안의 단일 검정-질량(201)을 나타낸다. x-축 검정 질량 영역들(212a, 212b)이 Ω_z 의 각속도로, z-축에 대한 각속도에 따른 경우, x-축 검정 질량 영역들(212a, 212b)의 반대 속도들은, 화살표들(406a, 406b)에 의해 표시된 바와 같이, x-방향에서 반대 평면 코리올리 힘들(opposing in-plane Coriolis forces)을 유도한다. x-축 검정 질량 영역(212a) 및 x-축 검정 질량 영역(212b)은, 반대되는 방향의 코리올리 힘들 때문에 x-방향에서 역-위상 방식(anti-phase fashion)으로 진동한다. x-축 검정 질량 영역들(212a, 212b)의 운동들은, x-축 가속도계 전극들(214a, 214b), 또는 동일한 영역에 배치된 개별 유사 전극들에 의해 감지될 수 있다.

[0030] 도 5a는 x 방향에서의 선형 가속에 따른 단일 검정-질량(201)을 나타낸다. x-축 검정 질량 영역들(212a, 212b)이 x-방향을 따라 가속되는 경우, x-축 검정 질량 영역들(212a, 212b)은 x-축을 따라 동일-위상(in-phase)으로 이동한다. z-축 자이로스코프 굴곡부들(216a, 216b)은 x-방향을 따른 선형 가속에 따라 변형(deform)된다. x-축 검정 질량 영역들(212a, 212b)의 운동들을 감지하기 위해 x-축 가속도계 전극들(214a, 214b)의 커패시턴스의 변동이 측정된다. x-축 가속도계 전극들(214a, 214b)은 z-방향에서의 각속도뿐만 아니라 x-축 방향에서의 가속도 측정할 수 있다.

[0031] y-방향에 따른 단일 검정-질량(201)의 선형 가속이, x-축 방향에 따른 선형 가속이 측정된 것과 유사한 방법으

로 측정된다. y-축 가속도계 전극들(또는, y-축 콤팩트 핑거 센서들)(222a, 222b)의 커패시턴스의 변동을 측정함으로써, y-축 검정 질량 영역(218)의 운동이 감지된다. y-축 가속도계 전극(222a, 222b)은 y-축 방향에서의 가속도를 측정하는데 활용될 수 있다. x-축 자이로스코프 굴곡부들(228a, 228b)은 y-축 방향에서의 선형 가속에 따라 변형된다.

[0032] 도 5b는 z-방향에서의 선형 가속에 따른 단일 검정-질량(201)을 나타낸다. 각각의 x-축 검정 질량 영역들(212a, 212b)은 z-축 자이로스코프 굴곡부들(216a, 216b)을 통해 검정-질량 외부 프레임(202)에 매달리고, 반면에 검정 질량 외부 프레임(202)은 x-축 자이로스코프 굴곡부들(228a, 228b)에 의해 y-축 검정 질량 영역(218)에 매달린다. 따라서, 단일 검정-질량(201)이 z-방향을 따라 가속되는 경우, x-축 검정 질량 영역들(212a, 212b)은 z-방향에서 동일-위상으로 이동하고, y-축 검정 질량 영역(218)은 그대로를 유지한다. 따라서, x-축 검정 질량 영역들(212a, 212b)의 운동 또는 가속은 x-축 자이로스코프 전극들(606, 607)(도 6 참조)에 의해 측정될 수 있다. 선택적인 실시예에서, 전용 z-축 전극(dedicated z-axis electrode)(도 5b에 미도시)이 센서(200)에 포함될 수 있고, 따라서 x-축 자이로스코프 전극들(606, 608)을 사용하지 않고 z-축에서의 가속이 측정될 수 있다.

[0033] 도 6은 센서의 측정 운동을 위한 자이로 전극들(600)의 개략적인 평면도를 나타낸다. 설명한 바와 같이, 자이로 전극들(600)은 x-축 자이로 전극들(606, 608) 및 y-축 자이로 전극들(602, 604)을 포함한다. 진술한 바와 같이, 자이로 전극들(600) 각각과 센서(200)의 상응하는 부재 사이의 커패시턴스의 변동이 센서의 운동을 측정하는데 사용된다. 자이로 전극들(600)은 비아 웨이퍼(108)(도 1에 나타남)의 표면 상에 또는 비아 층 내에 탑재될 수 있고, 소정 거리만큼 센서(200)로부터 이격될 수 있다.

[0034] 도 7은 x-축 자이로 감지 및 가속도계 감지 운동들을 허용하는 굴곡부 구조(228a)의 확대도를 나타낸다. 굴곡부는 x-축 자이로 스프링(704), z-축 가속도계 스프링(702), 및 프레임 연결 스프링(706)을 포함한다. 설명된 바와 같이, y-축 검정 질량 영역(218)의 날개부(220a)는, 빔(704) 및 x-축 자이로 스프링(704)을 통해 검정-질량 외부 프레임(202)에 연결되고, 여기서 스프링(704)의 일 단부는 날개부(220a)에 부착되며 스프링(704)의 다른 단부는 연결부(linkage)(703) 및 z-축 가속도계 스프링(702)을 통해 외부 프레임(202)에 부착된다. 연결부(703) 및 z-축 가속도계 스프링(702)은 홈들(grooves)(또는 틈들(gaps))(705)에 의해 날개부(220a)로부터 이격된다. 틈들(705)은, 연결부(703), x-축 자이로 스프링(704), 및 z-축 가속도계 스프링(702)이 날개부(220a)와 충돌함이 없이 그것의 설계 범위에서 이동하는 것을 허용하도록 충분히 크다.

[0035] x-축 자이로 스프링(704)은, 도 4b에 나타난 바와 같이 x-축 검정 질량 영역들(212a, 212b)이 y-축에 대해 토크적으로 자극되는 경우, y-축에 대한 회복 토크를 제공한다. z-축 가속도계 스프링(702)은 토크 경첩(torsional hinge)으로 동작하고, 도 5b에 나타난 바와 같이 y-축 검정 질량 영역(218)이 z-축을 따라 가속되는 경우 y-축에 대한 회복 토크를 제공한다.

[0036] 도 8은 본 발명에 따른 센서(800)의 다른 실시예의 개략적인 평면도를 나타내며, 여기서 센서(800)는 센서(200)(도 2에 나타남)와 유사한 기능들을 갖는다. 설명된 바와 같이, 센서(800)는, 센서(800)가 구동 디커플링 프레임(232)을 포함하지 않는다는 점, 다시 말해, y-축 자이로스코프 굴곡부들(또는 빔들)(804)이 y-축 검정 질량 영역(818)을 고정부(802)에 직접 연결시킨다는 점을 제외하고는, 도 2의 센서(200)와 유사하다. 이 실시예에서, y-축 자이로스코프 빔들(804)은 구동 서스펜션 빔들로서도 또한 활용될 수 있다. (도 4c에 설명된 모드와 유사한) y-축 각속도 응답 모드에서, y-축 자이로스코프 빔들(804)은 x-축에 대하여 뒤틀어(twisted)지고, 그에 따라 x-축에 대한 토크 경첩들(torsional hinges)로 동작한다. 구동 모드에서, y-축 자이로스코프 빔들(804)은 고정된-유도 단부 빔들(fixed-guided end beams)과 같이 빋겨지고(deflect), y-축 검정 질량 영역(818)이 z-축에 대해 회전하는 것을 허용한다. 검정 질량의 서스펜션 원리(suspension mechanism)의 복잡성을 감소시키기 위해 센서(800)가 구동 디커플링 프레임을 포함하지 않음에 유의한다.

[0037] 도 9a는 본 발명에 따른 센서(900)의 또 다른 실시예의 개략적인 평면도를 나타낸다. 도 9b는 도 9a의 센서(900)의 x-축 및 y-축 가속계 굴곡부들의 확대도를 나타낸다. 설명된 바와 같이, 센서(900)는, 센서(900)가 x-

축 가속도계 굴곡부들(908a, 908b) 및 y-축 가속도계 굴곡부들(910a, 910b)을 포함한다는 점을 제외하고는, 도 2의 센서(200)와 유사하다. 센서(900)는, 한 쌍의 날개부들(902a, 902b)을 갖는 y-축 검정 질량 영역(918); 연장부들(904); 및 y-축 검정 질량 영역(918)의 운동들을 측정하는 y-축 전극들(또는 트랜스듀서들)(906a, 906b)을 포함한다. 또한, 센서(900)는 실질적으로 중심에 배치된 고정부(946) 및 다수의 구동 빔들(50)에 의해 고정부(946)와 연결된 구동 디커플링 프레임(948)도 포함한다.

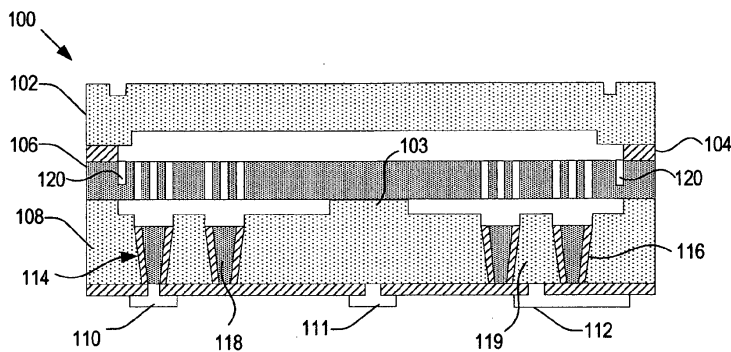
[0038] x-축 가속도계 굴곡부(908a)(또는 908b)는, y-축 검정 질량 영역(918)의 연장부(904) 내에 형성된 연장 슬릿(elongated slit)(홈 또는 틈)(930); 및 고정부들(905) 주변의 영역들로부터 x-축을 향하여 연장되는 2개의 슬릿들(홈들 또는 틈들)(932)을 포함한다. 슬릿들(932)의 말단부들(distal ends)은 서로 이격되어 실질적으로 T-형상을 갖는 서스펜션 연결부(suspension linkage)(934)를 형성한다. 슬릿들(932)은 연장부(904)를 프레임(952)으로부터 분리시키고, 여기서 프레임(952)은 실질적으로 사각형 형상을 갖는다. 슬릿들(930, 932)은 서스펜션 연결부(934)가 연장부(904) 및 프레임(952)과 충돌함이 없이 그것의 설계 범위에서 이동하는 것을 허용하도록 충분히 크다. 고정부(905)는 비아 웨이퍼(108)(도 2에 나타남)에 고정되고, y-축 전극들(906a)(또는 906b)의 고정 플레이트들을 제자리로 유지시킨다.

[0039] y-축 가속도계 굴곡부(910b)(또는, 910a)는 긴 슬릿(홈 또는 틈)(940) 및 상기 긴 슬릿과 실질적으로 평행하게 배열된 2개의 짧은 슬릿들(홈들 또는 틈들)(942)을 포함한다. 2개의 짧은 슬릿들(942)과 긴 슬릿(940) 사이의 틈은 실질적으로 T-형상을 갖는 서스펜션 연결부(944)를 형성한다. 프레임(952)은 슬릿들(940, 942)에 의해 구동 디커플링 프레임(948)로부터 분리된다. 슬릿들(940, 942)은 서스펜션 연결부(944)가 프레임(952) 및 구동 디커플링 프레임(948)과 충돌함이 없이 그것의 설계 범위에서 이동하는 것을 허용하도록 충분히 크다. x-축 가속도계 굴곡부들(908a, 908b) 및 y-축 가속도계 굴곡부들(910a, 910b)은 구동 디커플링 프레임(948)과 연결되고, 가속도계 기능이 자이로스코프 동작으로부터 디커플링되는(decoupled) 것을 허용한다.

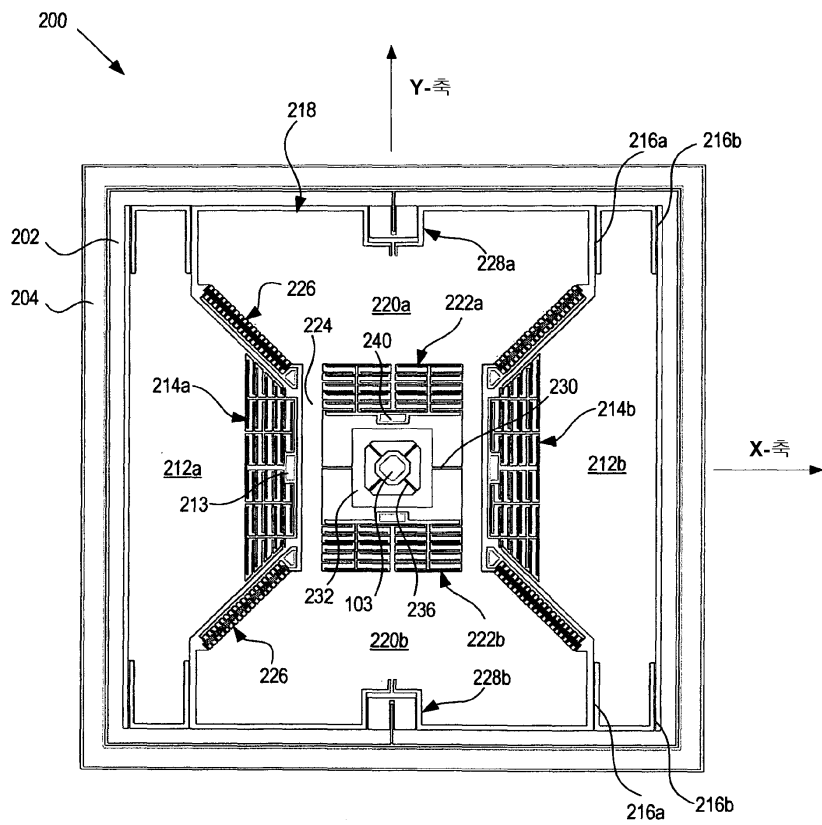
[0040] 이전의 설명들이 본 발명의 예시적인 실시예들과 관련된 것이고, 이하의 청구항들에서 나타난 본 발명의 범위 및 사상으로부터 벗어남이 없이, 수정들이 행하여질 수 있음이, 당연히, 이해되어야 한다.

도면

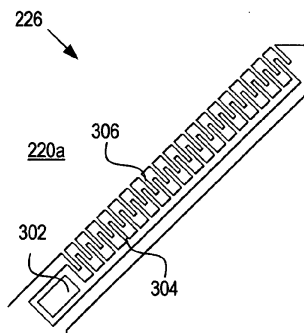
도면1



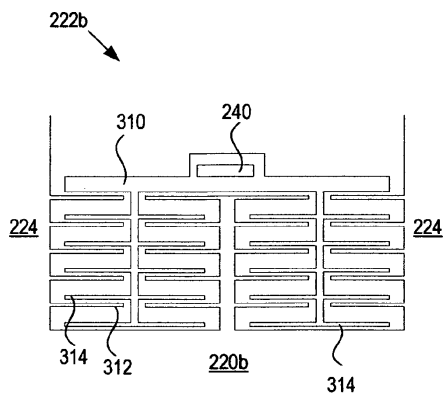
도면2



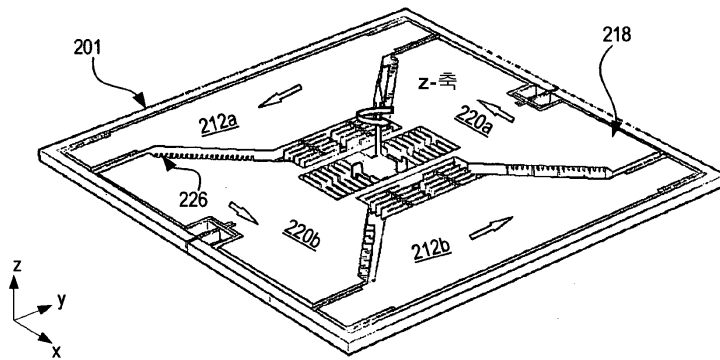
도면3a



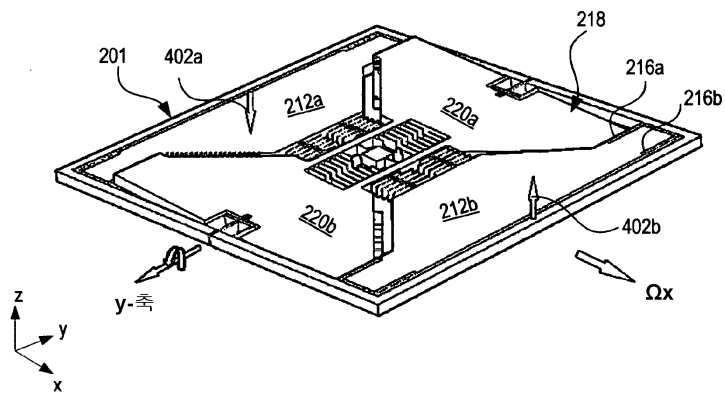
도면3b



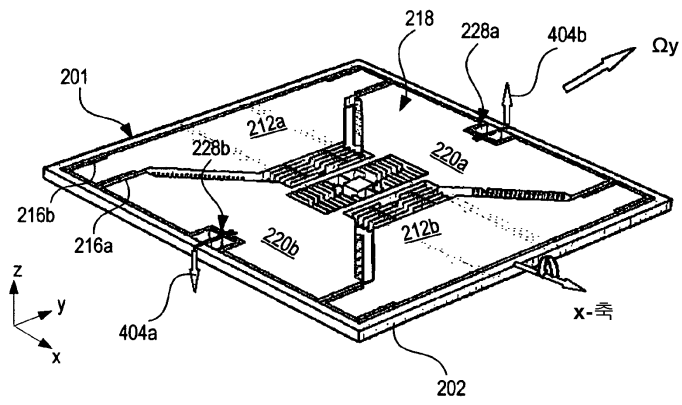
도면4a



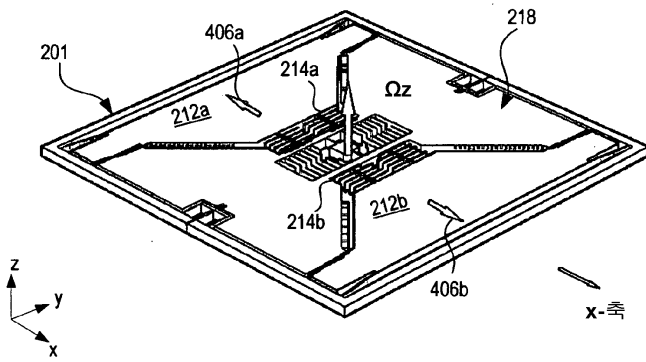
도면4b



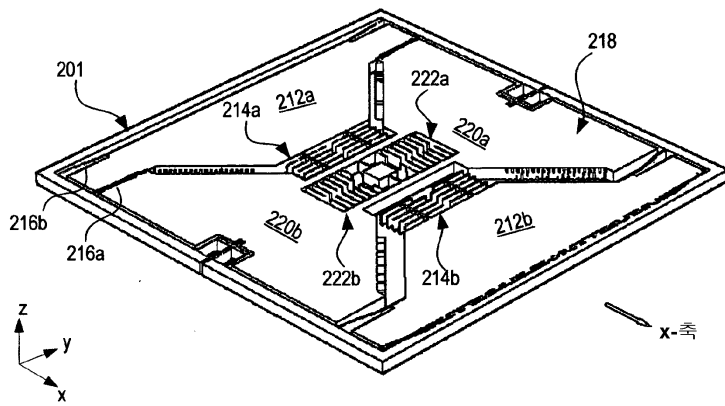
도면4c



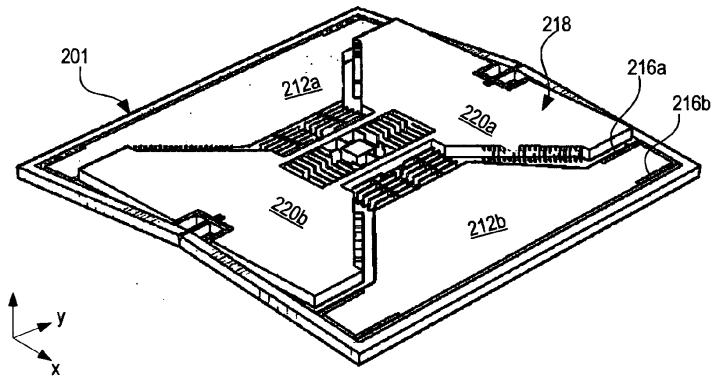
도면4d



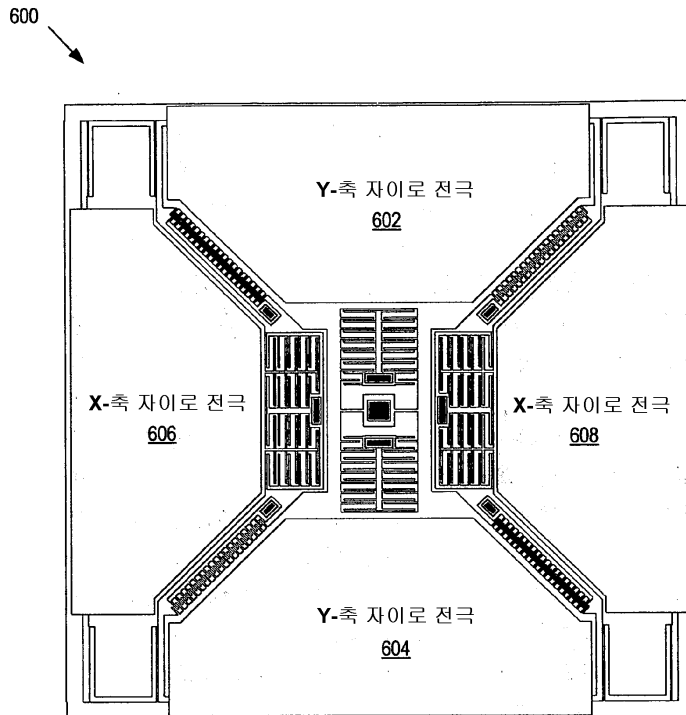
도면5a



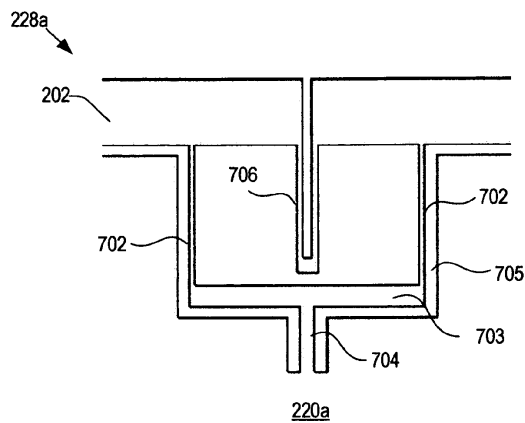
도면5b



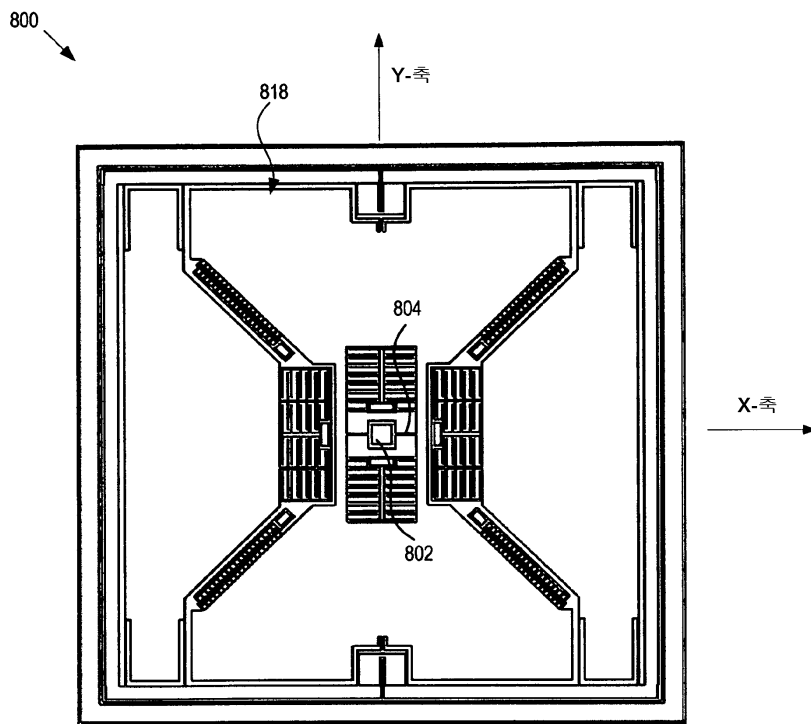
도면6



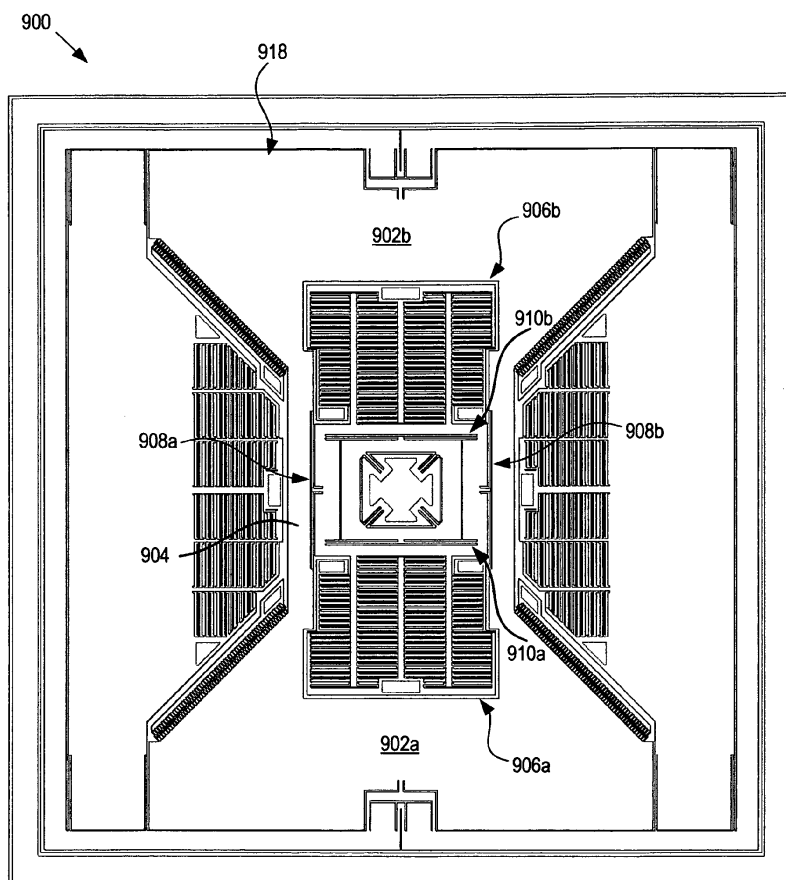
도면7



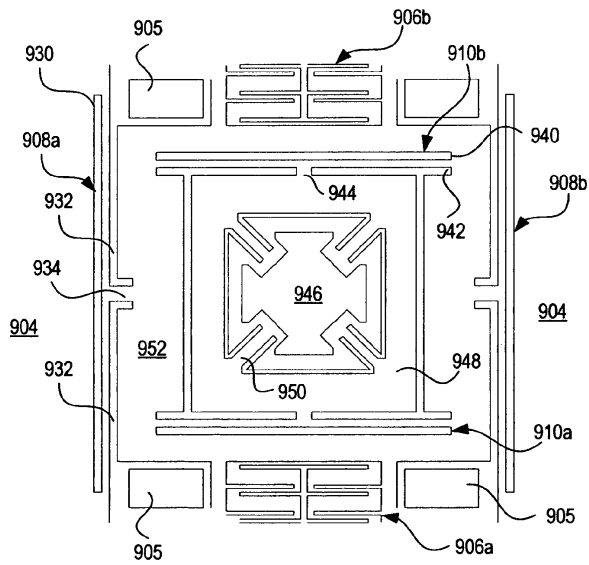
도면8



도면9a



도면9b



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 [청구항 17]

【변경전】

상기 제2 검정 질량

【변경후】

상기 제2 평면 검정 질량

【직권보정 2】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 [청구항 9]

【변경전】

상기 제1 검정 질량

【변경후】

상기 제1 평면 검정 질량