



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년03월03일
(11) 등록번호 10-2084133
(24) 등록일자 2020년02월26일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01L 9/00 (2006.01) B81B 7/02 (2017.01)
G01L 1/18 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
G01L 9/0045 (2013.01)
B81B 7/02 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2015-7007095
- (22) 출원일자(국제) 2013년08월19일
심사청구일자 2018년07월30일
- (85) 번역문제출일자 2015년03월20일
- (65) 공개번호 10-2015-0068363
- (43) 공개일자 2015년06월19일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2013/055553
- (87) 국제공개번호 WO 2014/031527
국제공개일자 2014년02월27일
- (30) 우선권주장
61/691,157 2012년08월20일 미국(US)
- (56) 선행기술조사문헌
KR1020020057382 A*
US20100193884 A1*
KR1020070026201 A
JP11311580 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

- (73) 특허권자
로베르트 보쉬 게엠베하
독일 테-70442 슈투트가르트 포스트파흐 30 02 20
- 파이 안도
미국 94306 캘리포니아주 팔로 알토 엔시나 그란
데 드라이브 742
- (72) 발명자
파이 안도
미국 94306 캘리포니아주 팔로 알토 엔시나 그란
데 드라이브 742
- (74) 대리인
양영준

전체 청구항 수 : 총 9 항

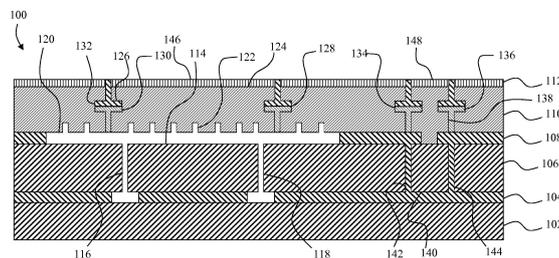
심사관 : 한상호

(54) 발명의 명칭 MEMS 센서 그리고 센서 장치를 형성하는 방법

(57) 요약

본 발명에 따른 센서 장치를 형성하는 방법 및 시스템은, 실리콘 온 인슐레이터(SOI) 웨이퍼의 소자 층 내에 면 내 전극을 한정하는 단계와; 소자 층의 상부 표면 위에 위치되는 실리콘 덮개 층 내에 면외 전극을 형성하는 단계와; 실리콘 덮개 층의 상부 표면 상에 실리사이드-형성 금속을 증착하는 단계와; 증착된 실리사이드-형성 금속을 어닐링하여 실리콘 덮개 층 내에 실리사이드 부분을 형성하는 단계를 포함한다.

대표도



(52) CPC특허분류

G01L 1/18 (2013.01)

G01L 9/0054 (2013.01)

B81B 2201/0264 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

센서 장치를 형성하는 방법이며,

실리콘 온 인슐레이터(SOI) 웨이퍼의 소자 층 내에 면내 전극을 한정하는 단계와;

실리콘 덮개 층 내에 적어도 하나의 비-실리콘 스페이서를 형성함으로써 소자 층의 상부 표면 위에 위치되는 실리콘 덮개 층 내에 면외 전극을 형성하는 단계와;

적어도 하나의 비-실리콘 스페이서의 상부 표면과 실리콘 덮개 층의 상부 표면 상에 실리사이드-형성 금속을 증착하는 단계와;

증착된 실리사이드-형성 금속을 어닐링하여 실리콘 덮개 층 내에 실리사이드 부분을 형성하는 단계를 포함하는 센서 장치 형성 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 증착된 실리사이드-형성 금속을 어닐링하는 단계는 증착된 실리사이드-형성 금속을 급속 열 어닐링하는 단계를 포함하는 센서 장치 형성 방법.

청구항 3

제1항에 있어서, 실리콘 덮개 층의 상부 표면으로부터 잔류 실리사이드-형성 금속을 식각하는 단계를 추가로 포함하는 센서 장치 형성 방법.

청구항 4

제1항에 있어서, 실리사이드-형성 금속을 증착하는 단계는 니켈, 탄탈, 티타늄, 텅스텐 및 백금으로 구성된 그룹으로부터 선택되는 실리사이드-형성 금속을 증착하는 단계를 포함하는 센서 장치 형성 방법.

청구항 5

제1항에 있어서, 증착된 실리사이드-형성 금속을 어닐링하는 단계는 1 초 내지 10 분의 지속 시간 동안 증착된 실리사이드-형성 금속을 어닐링하는 단계를 포함하는 센서 장치 형성 방법.

청구항 6

제1항에 있어서, 증착된 실리사이드-형성 금속을 어닐링하는 단계는 250℃ 내지 800℃의 범위 내의 온도에서 증착된 실리사이드-형성 금속을 어닐링하는 단계를 포함하는 센서 장치 형성 방법.

청구항 7

제6항에 있어서, 어닐링 온도는 450℃ 미만인 센서 장치 형성 방법.

청구항 8

제1항에 있어서, 증착된 실리사이드-형성 금속을 어닐링하는 단계는 전체 덮개 층이 실리사이드로 변환되도록 증착된 실리사이드-형성 금속을 어닐링하는 단계를 포함하는 센서 장치 형성 방법.

청구항 9

제1항에 있어서, 실리사이드-형성 금속을 어닐링한 후 덮개 층 내에 적어도 하나의 비-실리콘 스페이서의 상부 표면에 증착된 실리사이드-형성 금속 부분을 제거하는 단계를 추가로 포함하는 센서 장치 형성 방법.

청구항 10

삭제

청구항 11

삭제

청구항 12

삭제

청구항 13

삭제

청구항 14

삭제

청구항 15

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 출원은 2012년 8월 20일자로 출원된 미국 임시 출원 61/691,157호의 이익을 향유한다.

[0002] 본 발명은 용량성 미세 전기 기계 시스템(MEMS: micro electrical mechanical system) 센서에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 용량성 MEMS 압력 센서는 가해진 압력 하에서 서로에 대해 이동되는 2개의 전극을 요구한다. 이러한 구조물은 가장 빈번하게는 기관 내에 형성되는 고정 전극(이후에서, 하부 전극으로 불림)을 가짐으로써 성취되고, 한편 가동 전극(이후에서, 상부 전극으로 불림)이 감지될 압력에 노출되는 변형성 멤브레인 내에 제공된다. 전극들 중 하나 이상이 전형적으로 전도성 필름의 증착(deposition)에 의해, 전도성 층의 전기 절연에 의해 또는 2개의 전도성 재료 사이에 산화물 층을 추가함으로써 형성된다.

[0004] 도 1은 그 전체 내용이 여기에 참조로 함체되어 있는 2011년 9월 14일자로 출원된 미국 특허 출원 제13/232,005 호에 기재된 것과 같은 MEMS 압력 센서(10)의 측면도를 도시하고 있다. 압력 센서(10)는 서로에 대해 이동되도록 구성되는 한 쌍의 전극을 포함한다. 압력 센서(10)는 핸들 층(handle layer)(12), 매립 산화물 층(14) 및 소자 층(16)을 포함한다. 산화물 층(18)이 덮개 층(20)으로부터 소자 층(16)을 분리한다. 패시브 층(22)이 덮개 층(20) 위에 위치된다.

[0005] 소자 층(16) 내에, 면내 전극(in-plane electrode)(24)이 2개의 식각 부분(26, 28)에 의해 한정된다. 면내 전극(24)은 산화물 층(18)의 식각 부분(30)에 의해 덮개 층(20)으로부터 격리된다. 식각 부분(26, 28, 30)은 덮개 층(20)에 의해 폐쇄되는 벤트 홀(vent hole)(32)을 통해 식각된다.

[0006] 면외 전극(out-of-plane electrode)(34)이 면내 전극(24) 위에 위치되고, 식각 부분(30)에 의해 면내 전극(24)으로부터 전기적으로 절연된다. 면외 전극(34)은 2개의 스페이서(spacer)(36, 38)에 의해 덮개 층(20)의 잔여부로부터 격리된다. 스페이서(36, 38)는 식각 부분(30)으로부터 상향으로 연장되는 하부 절화물 부분(40) 그리고 절화물 부분(40)으로부터 덮개 층(20)의 상부 표면까지 연장되는 상부 산화물 부분(42)을 포함한다.

[0007] 스페이서(36, 38)와 유사하게 형성되는 스페이서(44, 46)가 덮개 층(20)의 잔여부로부터 덮개 층(20) 내의 연결부(48)를 전기적으로 절연한다. 연결부(48)는 소자 층(16) 내의 연결부(50)와 통전된다. 연결부(50)는 면내 전극(24)과 통전되고, 격리 기둥부(52, 54)에 의해 소자 층(16)의 잔여부로부터 격리된다. 격리 기둥부(52, 54)는 매립 산화물 층(14)으로부터 산화물 층(18)까지 연장된다. 접합 패드(bond pad) 또는 트레이스(trace)(56)가 패시브 층(22) 위에 위치되고, 연결부(48)와 통전된다.

[0008] 도 1의 압력 센서(10)의 트레이스(56) 등의 트레이스는 종종 센서 장치의 상부 표면 상에 증착되는 금속의 층으

로부터 형성된다. 그러나, 센서 장치의 상부 표면 상으로의 금속의 배치는 센서 성질의 노화(aging) 및 변동(drifting)으로 이어질 수 있다. 이들 성질 변화는 일반적으로 금속 필름의 기계적 안정성의 부족에 기인한다. 더욱이, 센서의 상부 표면 상에 증착된 금속 층은 전형적으로 다양한 센서 부품으로의 개별적인 전기 연결을 제공하도록 패터닝되고, 그에 의해 추가의 가공 단계를 추가한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 소자 내의 전극으로의 전기 연결을 제공하는 데 가해진 금속 층을 사용하지 않는 용량성 센서가 필요하다. 공지된 제조 공정으로써 제조될 수 있는 가해진 금속 층을 사용하지 않는 센서가 더욱 유리할 것이다.

과제의 해결 수단

[0010] 하나의 실시예에 따르면, 센서 장치를 형성하는 방법은, 실리콘 온 인슐레이터(SOI: silicon on insulator) 웨이퍼의 소자 층 내에 면내 전극을 한정하는 단계와; 소자 층의 상부 표면 위에 위치되는 실리콘 덮개 층 내에 면외 전극을 형성하는 단계와; 실리콘 덮개 층의 상부 표면 상에 실리사이드-형성 금속(silicide-forming metal)을 증착하는 단계와; 증착된 실리사이드-형성 금속을 어닐링하여 실리콘 덮개 층 내에 실리사이드 부분을 형성하는 단계를 포함한다.

[0011] 또 다른 실시예에서, 센서 장치는, 면내 전극과; 면내 전극의 상부 표면으로부터 이격되는 덮개 층과; 덮개 층 내에 한정되는 면외 전극과; 덮개 층 내에 형성되는 실리사이드 부분을 포함한다.

센서 장치의 일 실시예에 따르면, 실리사이드는 덮개 층의 상부 표면 상에 증착되는 실리사이드-형성 금속을 어닐링함으로써 덮개 층 내에 형성된다.

센서 장치의 일 실시예에 따르면, 실리사이드-형성 금속은 니켈, 탄탈, 티타늄, 텅스텐 및 백금 중 하나 이상이다.

센서 장치의 일 실시예에 따르면, 압력 센서 장치이고, 실리사이드는 덮개 층의 전체 깊이에 걸쳐 형성된다.

센서 장치의 일 실시예에 따르면, 압전-저항 압력 센서이고, 실리사이드는 1개 이상의 압전-저항기로의 전기 연결을 제공하도록 덮개 층의 상부 부분 내에 형성된다.

센서 장치의 일 실시예에 따르면, 덮개 층의 상부 표면으로부터 하향으로 연장되는 비-실리콘 스페이서로서, 비-실리콘 스페이서는 실리사이드 부분의 제2 영역으로부터 실리사이드 부분의 제1 영역을 전기적으로 절연하는, 비-실리콘 스페이서를 추가로 포함한다.

도면의 간단한 설명

[0012] 도 1은 센서의 상부 표면 상에 증착 및 패터닝되는 금속 층을 갖는 공지된 센서 장치의 측면도면을 도시하고 있다.

도 2는 덮개 층의 상부 부분 내에 실리사이드를 포함하는 센서 장치를 도시하고 있다.

도 3은 면내 전극을 한정하도록 식각되는 소자 층을 갖는 웨이퍼의 측면도면을 도시하고 있다.

도 4는 도 3의 웨이퍼의 평면도를 도시하고 있다.

도 5는 산화물 재료가 충전된 트렌치(trench) 그리고 소자 층 위에 형성되는 산화물 층을 갖는 도 3의 웨이퍼를 도시하고 있다.

도 6은 도 5의 웨이퍼의 평면도를 도시하고 있다.

도 7은 소자 층의 접촉 부분 위의 산화물 층 내에 식각되는 개구를 갖는 도 5의 웨이퍼를 도시하고 있다.

도 8은 도 7의 웨이퍼의 평면도를 도시하고 있다.

도 9는 산화물 층 위에 형성되는 제1 덮개 층 부분 그리고 산화물 층 내에 형성되는 트렌치를 갖는 도 7의 웨이퍼를 도시하고 있다.

도 10은 도 9의 웨이퍼의 평면도를 도시하고 있다.

- 도 11은 제1 덮개 층 부분 위에 층을 또한 형성하는 절연성 재료가 충전된 트렌치 그리고 절연 층 위에 형성되는 식각 정지 층을 갖는 도 9의 웨이퍼를 도시하고 있다.
- 도 12는 도 11의 웨이퍼의 평면도를 도시하고 있다.
- 도 13은 절연 층 및 식각 정지 층이 면외 전극 및 소자 층 접촉부를 위한 개스킷(gasket)을 한정하도록 식각된 후의 도 11의 웨이퍼를 도시하고 있다.
- 도 14는 도 13의 웨이퍼의 평면도를 도시하고 있다.
- 도 15는 제2 덮개 층 부분이 제1 덮개 층 부분 및 개스킷 위에 증착되고 제2 덮개 층 부분이 평탄화된 후의 도 13의 웨이퍼를 도시하고 있다.
- 도 16은 도 15의 웨이퍼의 평면도를 도시하고 있다.
- 도 17은 증기 식각 벤트 홀이 제1 덮개 층 부분 및 제2 덮개 층 부분을 통해 식각되고 산화물 층의 일부, 소자 층 내의 산화물 재료 그리고 매립 산화물 층의 일부가 식각되고 그에 의해 면내 전극을 전기적으로 절연하고 면내 전극 위의 제1 덮개 층 부분을 방출한 후의 도 15의 웨이퍼를 도시하고 있다.
- 도 18은 도 17의 웨이퍼의 평면도를 도시하고 있다.
- 도 19는 증기 식각 벤트 홀이 제3 덮개 층 부분에 의해 밀봉된 후의 도 17의 웨이퍼를 도시하고 있다.
- 도 20은 도 19의 웨이퍼의 평면도를 도시하고 있다.
- 도 21은 제3 덮개 층 부분 및 제2 덮개 층 부분을 통해 개스킷의 상부 표면까지 형성되는 트렌치를 갖는 도 19의 웨이퍼를 도시하고 있다.
- 도 22는 도 21의 웨이퍼의 평면도를 도시하고 있다.
- 도 23은 트렌치 내에 증착되는 절연성 재료 그리고 제3 덮개 층 부분의 상부 표면을 따라 증착되는 실리사이드-형성 재료를 갖는 도 21의 웨이퍼를 도시하고 있다.
- 도 24는 도 23의 웨이퍼의 평면도를 도시하고 있다.
- 도 25는 덮개 층의 상부 부분 내에 형성되는 실리사이드 층을 포함하는 웨이퍼의 측면도를 도시하고 있다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0013] 본 발명의 원리의 이해를 증진시킬 목적을 위해, 도면에 도시되고 다음의 서면 명세서에 설명된 실시예에 대한 참조가 이제부터 수행될 것이다. 본 발명의 범주에 대한 어떠한 제한도 그에 의해 의도되지 않는다는 것이 이해되어야 한다. 본 발명은 도시된 실시예에 대한 임의의 변경 및 변형을 포함하고 통상의 기술자가 통상적으로 착안할 수 있는 것과 같은 본 발명의 원리의 추가의 응용을 포함한다는 것이 추가로 이해되어야 한다.
- [0014] 이들 실시예 중 많은 실시예에서, MEMS 센서는 가속도, 압력 또는 온도 등의 물리적 상태를 감지하여 감지된 물리적 상태를 나타내는 전기 신호를 제공하는 데 사용될 수 있다. 이들 실시예에는 자동차, 가전 제품, 랩톱, 핸드헬드 또는 포터블 컴퓨터, 이동 전화, 스마트폰, 무선 장치, 태블릿, 개인용 정보 단말기(PDA), MP3 플레이어, 카메라, GPS 수신기 또는 내비게이션 시스템, 전자 판독 디스플레이, 프로젝터, 조종석 제어부, 게임 콘솔, 이어피스, 헤드셋, 보청기, 웨어러블 디스플레이 장치, 보안 시스템 등의 다양한 적용 분야에서 또는 그와 관련하여 실시될 수 있다.
- [0015] 도 2는 압력 센서(100)를 도시하고 있다. 압력 센서(100)는 핸들 층(102), 매립 산화물 층(104) 및 소자 층(106)을 포함한다. 산화물 층(108)이 덮개 층(110)으로부터 소자 층(106)을 분리한다. 실리사이드 층(112)이 덮개 층(110) 위에 위치된다.
- [0016] 소자 층(106) 내에, 면내 전극(114)이 2개의 식각 부분(116, 118)에 의해 한정된다. 면내 전극(114)은 산화물 층(108)의 식각 부분(120)에 의해 덮개 층(110)으로부터 격리된다. 식각 부분(116, 118, 120)은 덮개 층(110)에 의해 폐쇄되는 벤트 홀(122)을 통해 식각된다.
- [0017] 면외 전극(124)이 면내 전극(114) 위에 위치되고, 식각 부분(120)에 의해 면내 전극(114)으로부터 전기적으로 절연된다. 면외 전극(124)은 2개의 비-실리콘 스페이서(126, 128)에 의해 덮개 층(110)의 잔여부로부터 격리된다. 스페이서(126, 128)는 식각 부분(120)으로부터 상향으로 연장되는 하부 질화물 부분(130) 그리고 질화물

부분(130)으로부터 덮개 층(110)의 상부 표면까지 연장되는 상부 산화물 부분(132)을 포함한다. 검출 신호는 전극(114, 124) 사이의 커패시티 및/또는 커패시턴스 변화이다. 전극(124)은 외부측 압력의 함수로서 편향된다.

- [0018] 스페이서(126, 128)와 같이 형성되는 스페이서(134, 136)가 덮개 층(110)의 잔여부로부터 덮개 층(110) 내의 연결부(138)를 전기적으로 절연한다. 연결부(138)는 소자 층(106) 내의 연결부(140)와 통전된다. 연결부(140)는 면내 전극(114)과 통전되고, 격리 기둥부(142, 144)에 의해 소자 층(106)의 잔여부로부터 격리된다. 격리 기둥부(142, 144)는 매립 산화물 층(104)으로부터 산화물 층(108)까지 연장된다.
- [0019] 스페이서(126, 128)는 또한 실리사이드 부분(146)을 한정하고 실리사이드 층(112)의 잔여부로부터 실리사이드 부분(146)을 전기적으로 분리하고, 한편 스페이서(134, 136)는 실리사이드 층(112)의 잔여부로부터 실리사이드 부분(148)을 전기적으로 분리한다.
- [0020] 실리사이드는 반도체 가공에서 통상적인 재료이다. 실리사이드는 금속의 저항에 필적하는 매우 낮은 전기 저항을 갖고, 실리콘의 기계적 성질에 필적하는 기계적 성질을 갖는다. 더욱이, 실리사이드는 높은 전도성을 갖는다. 이와 같이, 실리사이드 재료는 기계적으로 민감한 압력 센서 멤브레인에 적합하다.
- [0021] 도 2의 압력 센서(100) 내의 실리사이드 부분(146, 148)은 압력 센서(100)의 상부 표면으로부터 연결부(138, 140) 및 면내 전극(114)과의 통전을 가능케 한다. 도 1 및 2를 비교함으로써 이해되는 것과 같이, 압력 센서(100) 내의 실리사이드 층(112)은 종래 기술의 압력 센서(10)의 패시브 층(22) 및 트레이스(56)를 대체한다. 결국, 패시브 층(22) 및 트레이스(56)를 형성하는 공정 단계가 없어진다. 대체예에서, 패시브 층(22)이 실리사이드의 상부 상에 추가될 수 있다.
- [0022] 압력 센서(100) 등의 센서를 형성하는 공정이 도 3-25를 참조하여 논의될 것이다. 도 3 및 4를 우선 참조하면, 핸들 층(202), 매립 산화물 층(204) 및 소자 층(206)을 포함하는 SOI 웨이퍼(200)가 우선 면내 전극(208) 그리고 면내 전극(208)을 위한 하부 접촉 부분(210)을 한정하도록 식각된다. 연결부(212)가 면내 전극(208)과 하부 접촉 부분(210) 사이에 식각된다. 면내 전극(208)은 트렌치 부분(214)에 의해 한정되고, 한편 하부 접촉 부분(210)은 트렌치 부분(216)에 의해 한정되고, 연결부(212)는 트렌치 부분(218)에 의해 한정된다. 요구에 따라, 구조 또는 핸들 층(202)은 압력 화학 증착(LPCVD) 또는 에피-폴리실리콘 층(epi-polysilicon layer)일 수 있다.
- [0023] 트렌치 부분(214, 216, 218)에는 그 다음에 등각 산화물 증착(conformal oxide deposition)을 사용하여 도 5 및 6에 도시된 것과 같은 트렌치 산화물 부분(220)이 충전된다. 산화물 증착은 추가로 소자 층(206)의 상부 표면 상의 산화물 층(222)을 가져온다. 산화물 층(222)의 두께는 아래에서 더 충분히 논의되는 것과 같이 2개의 전극 사이의 간극을 설정한다. 산화물 층(222)은 화학 기계 연마(CMP) 등의 임의의 요구 기술에 의해 평탄화될 수 있다.
- [0024] 도 7 및 8을 참조하면, 접촉 개구(224)가 그 다음에 하부 접촉 부분(210)의 상부 표면을 노출시키도록 산화물 층(222)을 통해 식각된다. 에피-폴리 증착은 도 9 및 10에 도시된 것과 같이 산화물 층(222) 위에 하부 덮개 층 부분(228)을 증착하면서 접촉 개구(224)에 에피-폴리의 하부 중간 접촉 부분(226)을 충전한다. 하부 중간 접촉 부분(226)은 그에 의해 하부 접촉 부분(210)의 상부 표면으로부터 하부 덮개 층 부분(228)의 상부 표면까지 연장된다. 대체 실시예에서, 하부 덮개 층 부분(228)은 접합된 웨이퍼의 벌크 부분을 제거하도록 용융 접합 공정 그리고 그에 후속되는 연삭/연마 또는 스마트컷 기술(SmartCut technology)을 사용하여 형성되는 단결정 실리콘일 수 있다. 이러한 대체 실시예에서, 전기 접촉부가 용융 후에 형성되어야 한다. 추가 실시예에서, 연마된 폴리실리콘 소자 층이 사용될 수 있다.
- [0025] 도 9 및 10은 하부 덮개 층 부분(228)의 CMP 후에 식각될 수 있는 트렌치(230, 232)를 추가로 도시하고 있다. 트렌치(230)는 하부 중간 접촉 부분(226)을 한정하도록 하부 덮개 층 부분(228)의 상부 표면으로부터 산화물 층(222)의 상부 표면까지 연장된다. 트렌치(232)는 하부 면외 전극 부분(236)을 한정하는 트렌치 부분(234), 연결부(240)를 한정하는 트렌치 부분(238) 그리고 하부 면외 전극 부분(236)을 위한 하부 접촉 부분(244)을 한정하는 트렌치 부분(242)을 포함한다.
- [0026] 저응력 질화물이 그 다음에 트렌치(230, 232)에 트렌치 질화물 부분(250, 252)을 충전하는 데 사용되고, 한편 저응력 질화물 층(254)이 도 11 및 12에 도시된 것과 같이 하부 덮개 층 부분(228)의 상부 표면 상에 증착된다. 얇은 산화물 층(256)이 저응력 질화물 층(254)의 상부 표면 상에 제공된다. 얇은 산화물 층(256) 및 질화물 층(254)이 그 다음에 패터닝 및 식각되고, 그에 의해 도 13 및 14의 구조물을 가져온다. 도 13 및 14에서, 산화

물 층(256)의 잔여부(258) 그리고 질화물 층(254)의 잔여부(260)가 아래에서 더 충분히 설명되는 면의 전극을 위한 개스킷(262)을 형성한다. 산화물 층(256)의 잔여부(264) 그리고 질화물 층(254)의 잔여부(266)가 면내 전극(208)의 접촉부를 위한 개스킷(268)을 형성한다. 단면도에서 관찰될 때의 개스킷(262, 268)의 측방 크기는 그에 의해 한정된 부품을 위한 요구 절연 특성을 제공하도록 선택될 수 있다.

[0027] 얇은 에피-폴리 증착 층(270)이 그 다음에 중간 덮개 층 부분(272)을 형성하도록 하부 덮개 층 부분(228)의 상부 표면 그리고 개스킷(262, 268)의 상부 표면 상에 형성된다(도 15 및 16 참조). 에피-폴리 증착 층은 "MEMS 공진기를 위한 신규한 단일-웨이퍼 진공 캡슐화의 장기 및 가속 수명 시험(Long-term and Accelerated Life Testing of a Novel Single-Wafer Vacuum Encapsulation for MEMS Resonators)"[캔들러(candler) 등, 미세 전기 기계 시스템 학회지, vol. 15, no. 6, 2006년 12월]에 의해 설명된 방식으로 증착될 수 있다. 중간 덮개 층 부분(272)은 요구에 따라 평탄화될 수 있다.

[0028] 도 17 및 18을 참조하면, 벤트 홀(274)이 형성된 후에, 면내 전극(208)으로부터 중간 덮개 층 부분(272)을 방출하는 HF 증기 식각 방출이 수행된다. 면내 전극(208)의 상부 표면과 중간 덮개 층 부분(272)의 하부 표면 사이의 산화물 층(222)의 식각 부분은 그에 의해 면내 전극(208)과 면외 전극이 될 것의 하부 표면 사이의 간극을 설정한다. 청정 고온 밀봉이 그 다음에 벤트 홀(274)을 밀봉하도록 에피 반응로에서 수행된다. 대체예에서, 벤트 홀(274)은 산화물, 질화물, 실리콘 이동 등을 사용하여 밀봉될 수 있다. 층 부분(276)이 중간 덮개 층 부분(272) 위에 형성되는 그 결과의 구조물이 도 19 및 20에 도시되어 있다.

[0029] 트렌치(280) 및 트렌치(282)가 그 다음에 도 21 및 22에 도시된 것과 같이 식각된다. 트렌치(280)는 층 부분(276)의 상부 표면으로부터 식각 정지부로서 작용하는 개스킷(262)의 상부 표면까지 연장된다. 트렌치(282)는 층 부분(276)의 상부 표면으로부터 식각 정지부로서 작용하는 개스킷(268)의 상부 표면까지 연장된다. 산화물, 질화물 등일 수 있는 패시베이션 재료가 그 다음에 패시베이션 부분(286, 288)을 형성하도록 트렌치(280, 282) 내에 증착되어 패터닝되고, 실리사이드-형성 금속(290)이 층 부분(276)의 상부 표면 상에 증착된다(도 23 및 24 참조). 실리사이드-형성 재료(290)는 티타늄(Ti), 탄탈(Ta), 니켈(Ni), 텅스텐(W) 또는 백금(Pt)일 수 있다.

[0030] 실리사이드-형성 재료(290)가 증착된 후에, 조립체(200)에는 어닐링 공정이 적용된다. 일부 실시예에서, 어닐링 공정의 지속 기간은 1 초 내지 1 분의 범위 내에 있을 수 있다. 이들 실시예에서의 어닐링 공정의 온도는 공정에 사용되는 실리사이드-형성 금속(290)의 종류에 따라 250°C 내지 800°C의 범위 내에 있을 수 있다. 일부 실시예에서, 어닐링 온도는 450°C 미만이다. 이들 실시예에서의 450°C 미만의 어닐링 온도는 단지 짧은 어닐 시간이 실리사이드 형성에 요구되기 때문에 제한적이지 않다는 것이 이해되어야 한다.

[0031] 어닐링 공정에서, 실리콘 재료 바로 위에 있는 실리사이드-형성 재료가 도 25에 도시된 것과 같이 실리사이드(292)를 형성하도록 실리콘 재료와 반응된다. 패시베이션 부분(286, 288) 등의 비-실리콘 재료 위에 있는 실리사이드-형성 재료는 반응되지 않는다. 금속-식각 공정이 실리사이드로 변환되지 않은 잔류 금속을 제거하는 데 사용된다.

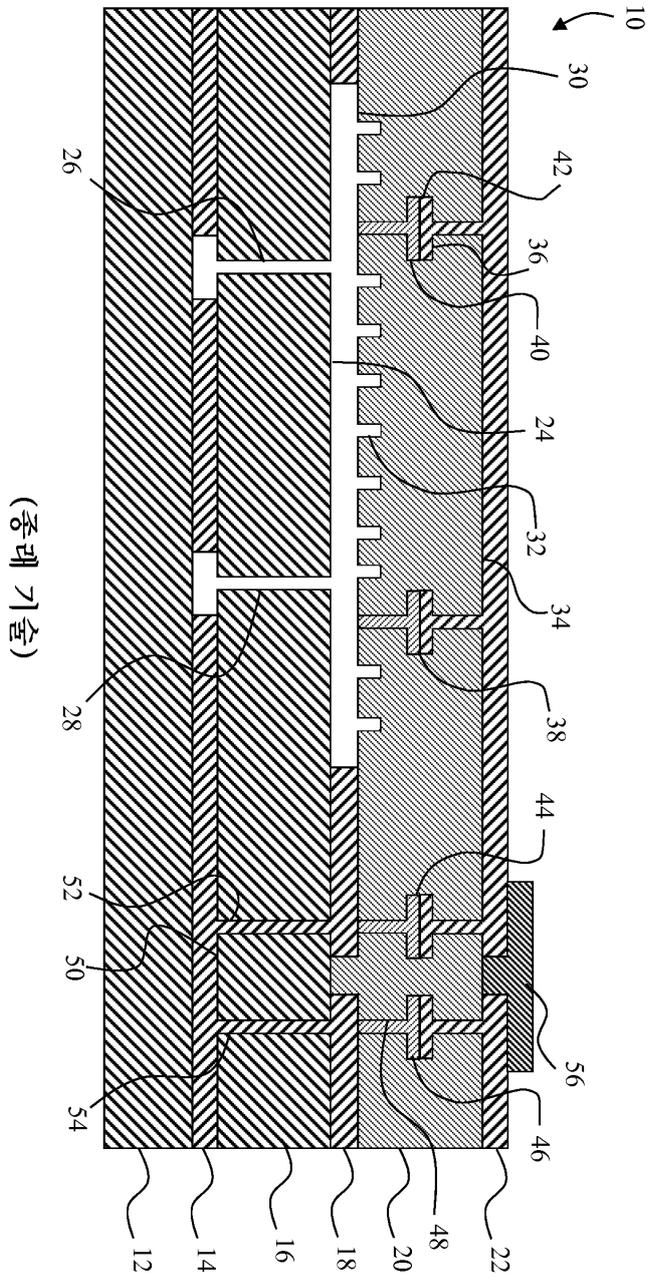
[0032] 일부 실시예에서, 실리사이드가 덮개 층의 상부 부분 내에만 형성된다. 이러한 실시예의 예가 1개 이상의 압전-저항기로의 연결을 제공하도록 덮개 층의 상부 부분 상에 형성된 실리사이드를 갖는 압전-저항 압력 센서이다. 다른 실시예에서, 실리사이드는 덮개 층의 전체 깊이에 걸쳐 형성된다.

[0033] 이러한 선택적인 실리사이드-형성 공정은 그 상부 상에 실리사이드-형성 금속이 증착되는 패터닝된 패시베이션 층을 사용하여 수행될 수 있다. 어닐 및 실리사이드 형성 후에, 과잉의 미반응 금속이 금속 식각을 사용하여 제거된다. 또 다른 선택 사항은 어닐링 공정 전에 실리사이드-형성 금속을 패터닝하는 것이다.

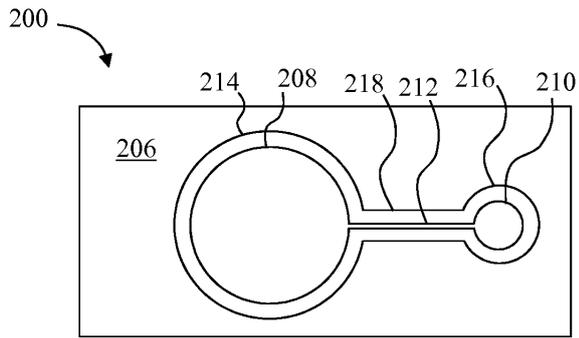
[0034] 설명된 공정은 추가로 기계적 성질에 영향을 미치지 않으면서 압력 센서 멤브레인 상에 그리고 그 옆에 근접하게 낮은 저항을 갖는 전도성 구조물을 구현하는 데 사용될 수 있다.

[0035] 본 발명은 도면 및 위의 설명에서 상세하게 도시 및 설명되었지만, 이들은 성격 면에서 예시로서 그리고 제한이 아닌 것으로서 간주되어야 한다. 양호한 실시예만이 제시되었고 본 발명의 사상 내에 속하는 모든 변화, 변형 및 추가의 응용이 보호될 것이 요구된다는 것이 이해되어야 한다.

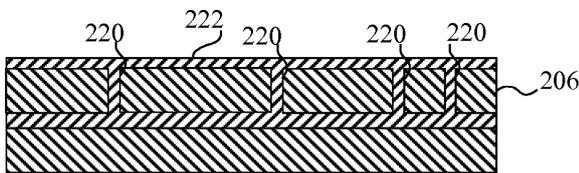
도면
도면1



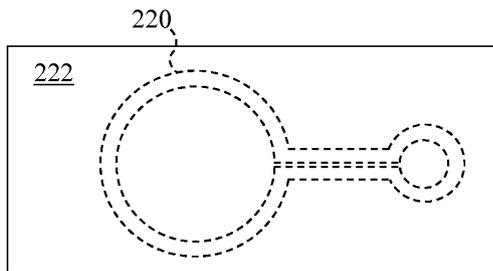
도면4



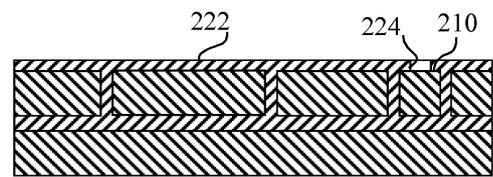
도면5



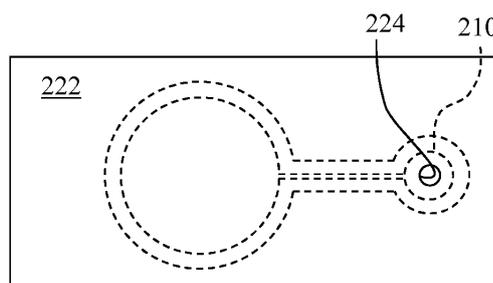
도면6



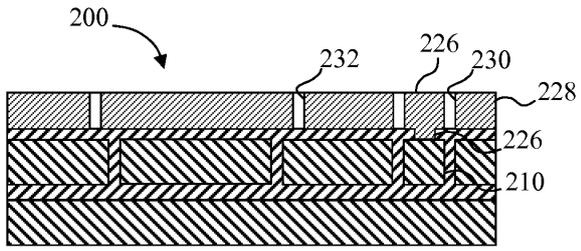
도면7



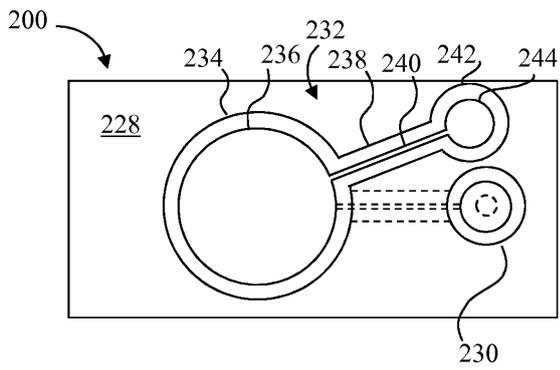
도면8



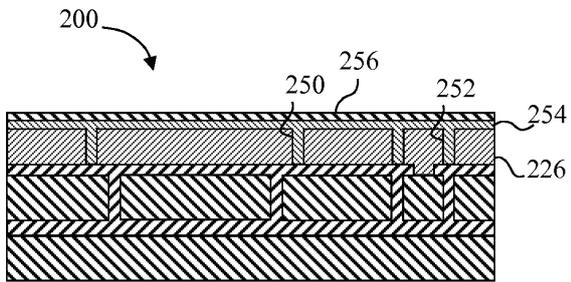
도면9



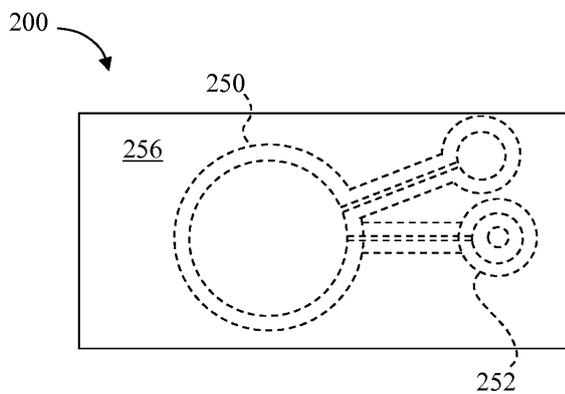
도면10



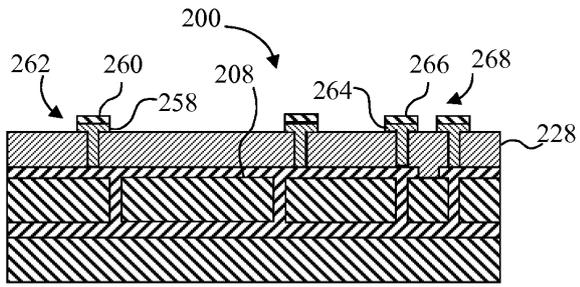
도면11



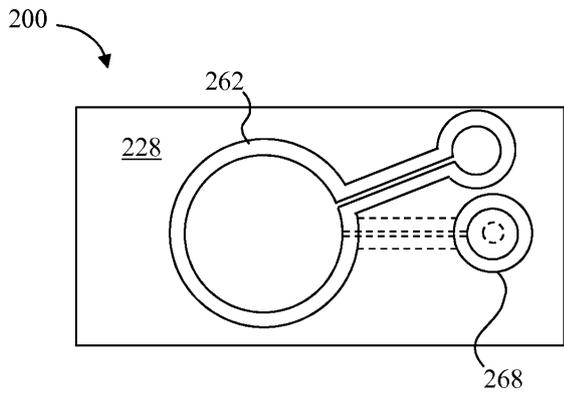
도면12



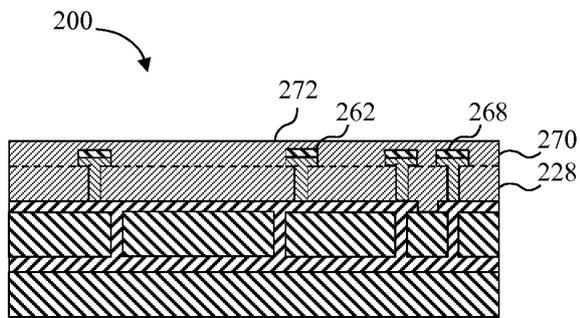
도면13



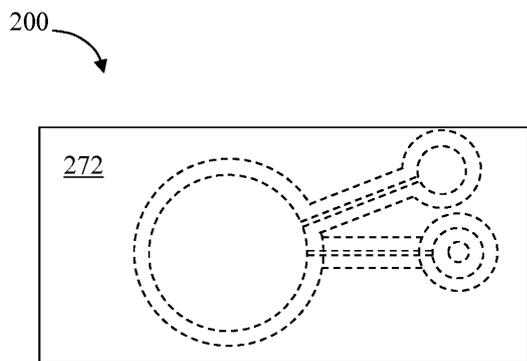
도면14



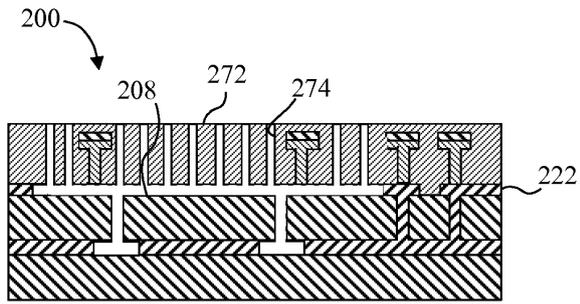
도면15



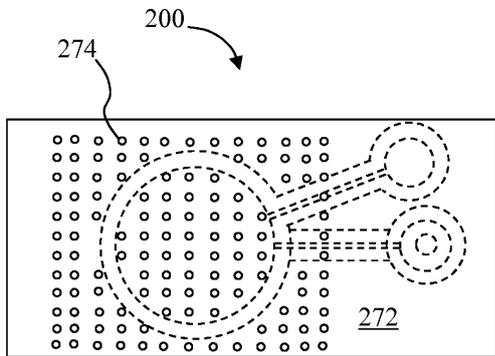
도면16



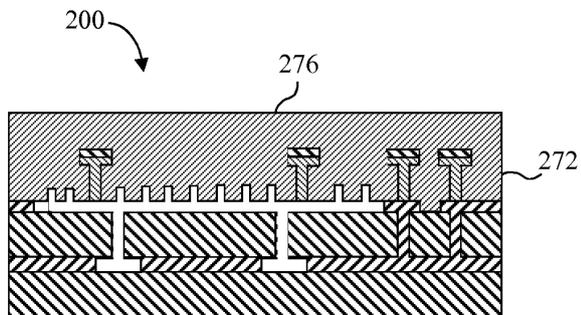
도면17



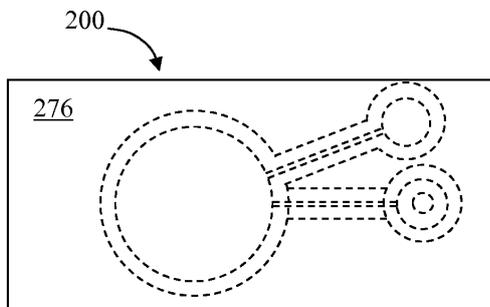
도면18



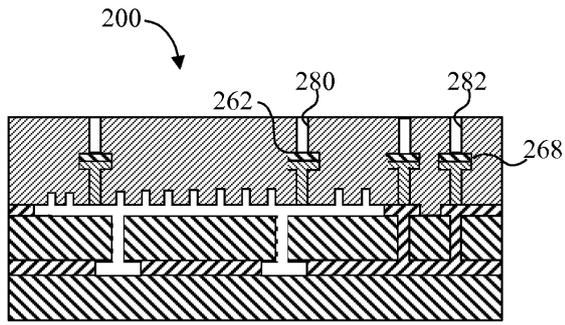
도면19



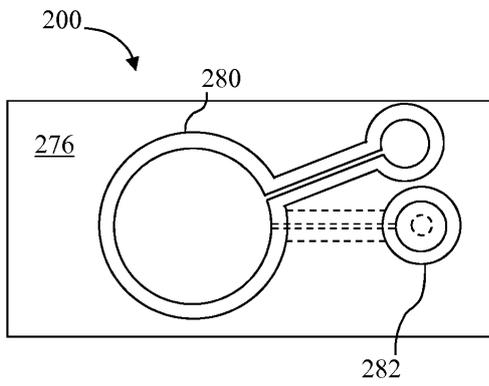
도면20



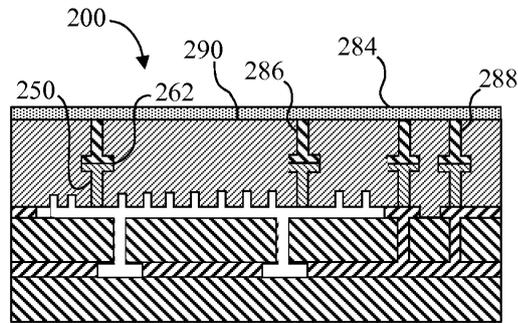
도면21



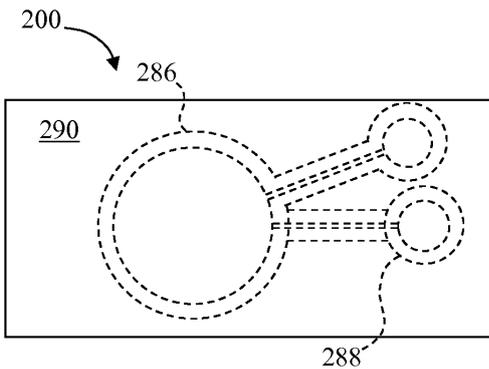
도면22



도면23



도면24



도면25

