



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2009-0068173  
(43) 공개일자 2009년06월25일

(51) Int. Cl.

B81B 7/02 (2006.01) B81B 7/00 (2006.01)  
H01H 59/00 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2008-0130501

(22) 출원일자 2008년12월19일

심사청구일자 없음

(30) 우선권주장

11/962,178 2007년12월21일 미국(US)

(71) 출원인

제너럴 일렉트릭 캄파니

미합중국 뉴욕, 웨벡터디, 윈 리버 로우드

(72) 발명자

프리머라니 윌리엄 제임스

미국 뉴욕주 12302 스코티아 우드헤븐 드라이브 133

케이멜 크리스토퍼 프레드

미국 뉴욕주 12309 웨벡터디 딘 스트리트 841

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

김창세, 장성구

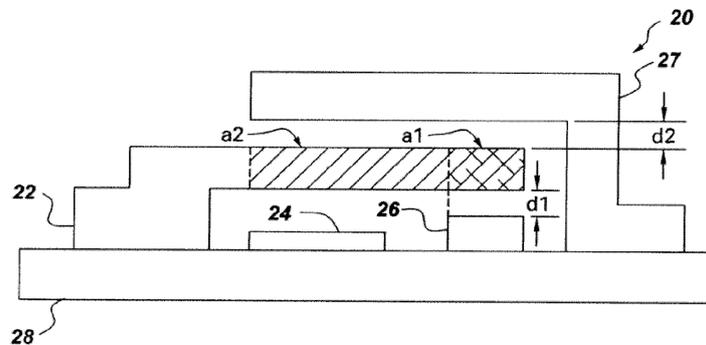
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) MEMS 스위치 및 MEMS 스위치 어레이

(57) 요약

기판(28)과, 기판(28)에 결합되고 제 1 면 및 제 2 면을 구비한 가동 액추에이터(22, 32, 132)와, 기판(28)에 결합되고, 제 1 구동력을 생성하여 가동 액추에이터(22, 32, 132)를 도전 상태 쪽으로 끌어당기도록 가동 액추에이터(22, 32, 132)의 제 1 면 상에 배치되어 있는 제 1 고정 전극(24, 54)과, 기판(28)에 결합되고, 제 2 구동력을 생성하여 가동 액추에이터(22, 32, 132)를 비도전 상태 쪽으로 끌어당기도록 가동 액추에이터(22, 32, 132)의 제 2 면 상에 배치되어 있는 제 2 고정 전극(27, 37, 47)을 포함하는 MEMS 스위치(20, 30, 40)가 제공된다.

대표도 - 도2



(72) 발명자

**수브라마니안 카나카사바파씨**

미국 뉴욕주 12065 클리프톤 파크 하이랜드 오크스  
2

**왕 슈에펩**

미국 뉴욕주 12309 웨넥터디 놀스 로드 9

**에이미 마르코 프란시스코**

미국 뉴욕주 12309 니스카유나 페리 로드 1209

**특허청구의 범위**

**청구항 1**

MEMS 스위치(20, 30, 40)에 있어서,

기관(28),

상기 기관(28)에 결합되고, 제 1 면 및 제 2 면을 구비한 가동 액추에이터(22, 32, 132),

상기 기관(28)에 결합되고, 제 1 구동력을 생성하여 상기 가동 액추에이터(22, 32, 132)를 도전 상태 쪽으로 끌어당기도록 상기 가동 액추에이터(22, 32, 132)의 제 1 면 상에 배치되어 있는 제 1 고정 전극(24, 54),

상기 기관(28)에 결합되고, 제 2 구동력을 생성하여 상기 가동 액추에이터(22, 32, 132)를 비도전 상태 쪽으로 끌어당기도록 상기 가동 액추에이터(22, 32, 132)의 제 2 면 상에 배치되어 있는 제 2 고정 전극(27, 37, 47)을 포함하는

MEMS 스위치.

**청구항 2**

제 1 항에 있어서,

상기 제 2 고정 전극(27, 37, 47)은 상기 제 1 고정 전극 위에 배치되어 있는

MEMS 스위치.

**청구항 3**

제 2 항에 있어서,

상기 제 2 고정 전극(47)은 적어도 2개의 위치(41a, 41b)에서 상기 기관에 결합되어 있는

MEMS 스위치.

**청구항 4**

제 1 항에 있어서,

상기 가동 액추에이터(22, 32, 132)는 비도전 상태로 정지되어 있는

MEMS 스위치.

**청구항 5**

제 1 항에 있어서,

상기 MEMS 스위치(20, 30, 40)는, 상기 가동 액추에이터(22, 32, 132) 위에 배치되어 상기 가동 액추에이터(22, 32, 132)와 상기 제 2 고정 제어 전극(27, 37, 47)과의 접촉을 방지하는 아이솔레이터(isolator)를 더 포함하는

MEMS 스위치.

**청구항 6**

제 1 항에 있어서,

상기 MEMS 스위치(20, 30, 40)는 상기 기관(28)에 기계적으로 결합되고 부하 회로에 전기적으로 연결되는 고정 접점(26)을 더 포함하는

MEMS 스위치.

**청구항 7**

제 6 항에 있어서,

상기 고정 접점(26)과 상기 제 2 고정 전극(27, 37, 47, 57, 67)은 전기적으로 연결되어 있는 MEMS 스위치.

**청구항 8**

제 7 항에 있어서,

상기 MEMS 스위치(20, 30, 40)는, 상기 가동 액추에이터(22, 32, 132) 위에 배치되어 상기 가동 액추에이터(22, 32, 132)와 상기 제 2 고정 전극(27, 37, 47)과의 접촉을 방지하는 아이솔레이터를 더 포함하는

MEMS 스위치.

**청구항 9**

제 8 항에 있어서,

상기 가동 액추에이터(22, 32, 132)는 도전성인

MEMS 스위치.

**청구항 10**

MEMS 스위치 어레이(50, 60)에 있어서,

기관(28),

상기 기관(28)에 결합되고 상부면 및 저부면을 갖는 제 1 가동 액추에이터(32a),

상기 기관(28)에 결합되고 상부면 및 저부면을 갖는 제 2 가동 액추에이터(32b),

상기 기관(28)에 결합되고, 제 1 구동력을 생성하여 상기 가동 액추에이터(32a, 32b)를 도전 상태 쪽으로 끌어당기도록 상기 제 1 및 제 2 가동 액추에이터(32a, 32b)의 저부면 상에 배치되어 있는 제 1 고정 제어 전극(56),

상기 기관(28)에 결합되고, 제 2 구동력을 생성하여 상기 가동 액추에이터(32a, 32b)를 비도전 상태 쪽으로 끌어당기도록 상기 제 1 및 제 2 가동 액추에이터(32a, 32b)의 상부면 상에 배치되어 있는 제 2 고정 제어 전극(57, 67)을 포함하는

MEMS 스위치 어레이.

**명세서**

**발명의 상세한 설명**

**기술분야**

<1> 본 발명의 실시예는 개략적으로 마이크로 전기기계 시스템(micro-electromechanical system; MEMS) 스위치에 관한 것이다.

**배경기술**

<2> 마이크로 전기기계 시스템(MEMS)은 개략적으로 마이크로 제작 기술을 통해 기계 요소, 전기기계 요소, 센서, 액추에이터 및 전자 부품과 같이 기능적으로 별개인 다양한 요소들을 공통 기관 상에 집적화할 수 있는 마이크로 스케일의 구조체를 말한다. MEMS는 대체로 소형의 밀봉된 패키지 내의 마이크로미터 내지 밀리미터 범위의 크기를 갖는다. MEMS 스위치는 기관 상에 배치된 게이트 또는 전극의 영향에 의해 정지 전기 접점 쪽으로 이동하는 가동 액추에이터(movable actuator)를 구비한다.

<3> 도 1은 종래 기술에 따른 개방 또는 비도전 상태에 있는 통상적인 MEMS 스위치를 도시한다. 이 MEMS 스위치(10)는 기관(18), 가동 액추에이터(12), 접점(16) 및 기관(18) 상에 기계적으로 결합된 제어 전극(14)을 포함한다. 작동시, 가동 액추에이터(12)는 가동 액추에이터(12)의 아래에서 기관(18) 상에 배치되어 있는 제어 전극(14)(게이트 또는 게이트 드라이버라고도 칭함)의 영향에 의해 접점(16) 쪽으로 이동된다. 가동 액추에이터

(12)는 정전기 인력, 자기 인력 및 척력, 또는 열 유도 차동 팽창과 같은 인가된 힘 하에서 만족되고, 보의 자유 단부와 고정 접점 사이의 간극을 폐쇄하는 가요성 보일 수도 있다. 가동 액추에이터(12)는 통상적으로 가동 전극의 스프링 강성(spring stiffness)을 통해 전원이 차단된 상태에서는 정지 접점(16)으로부터 이격되어 유지된다. 그러나, 충분히 큰 전압이 정지 접점(16) 및 가동 전극(12)을 가로질러 제공되면, 제어 전극(14)에 의한 게이팅 신호의 제공이 없어도 정전기력의 합력에 의해 가동 전극(12)이 자가 구동(self-actuate)할 수 있게 된다.

<4> MEMS 스위치의 전력 시스템 응용에는 퓨즈, 콘택터 및 차단기의 대체 등으로 나타나기 시작하고 있다. 주어진 전압 및 전류 정격으로 전원 스위칭 장치를 구성함에 있어서 중요한 설계 고려 사항 중 하나는 전원 스위칭 장치를 포함하는 스위치 어레이(array)에 사용되는 각각의 스위치들의 기본적인(underlying) 전압 및 전류 정격이다. 특히, 각각의 스위치가 전원 접점의 양단에서 견딜 수 있는 전압은 중요한 변수이다. 각각의 MEMS 스위치의 전압 정격을 결정하는 몇몇 인자 및 작용 요소가 있다. 그러한 인자 중 하나가 자가 구동 전압이다.

<5> MEMS 스위치에서, 자가 구동 전압은 스위치의 전압 용량의 상계(upper bound)를 정하는 작용 요소이다. 라인과 부하 접점 사이(예컨대, 가동 액추에이터와 정지 접점 사이)의 정전기력은 가동 액추에이터와 접점을 가로지르는 전압이 특정 임계치를 초과하는 경우에 가동 액추에이터로 하여금 정지 접점을 자가 구동시키거나 정지 접점과 접촉하게 할 것이다. 특정 전류 스위칭 응용예에서, 이러한 자가 구동은 스위치 또는 하류측 시스템의 과열적인 고장을 초래할 수 있다.

**발명의 내용**

**해결 하고자하는 과제**

<6> 따라서, 본 발명은 이러한 자가 구동을 방지하기 위한 개량된 스탠드오프 전압 제어부를 갖는 MEMS 스위치 및 MEMS 스위치 어레이를 제공한다.

**과제 해결수단**

<7> 일 실시예에서, 기판과, 기판에 결합되며 제 1 면 및 제 2 면을 구비한 가동 액추에이터와, 기판에 결합되며, 제 1 구동력을 생성하여 가동 액추에이터를 도전 상태 쪽으로 끌어당기도록 가동 액추에이터의 제 1 면 상에 배치되어 있는 제 1 고정 전극과, 기판에 결합되며, 제 2 구동력을 생성하여 가동 액추에이터를 비도전 상태로 끌어당기도록 가동 액추에이터의 제 2 면 상에 배치되어 있는 제 2 고정 전극을 포함하는 MEMS 스위치가 제공된다.

<8> 다른 실시예에서, MEMS 스위치 제작 방법이 제공된다. 이 방법은 기판의 절연층 상에 제 1 고정 제어 전극 및 고정 접점을 형성하는 단계와, 가동 액추에이터가 제 1 고정 제어 전극 및 고정 접점을 오버행(overhang)하도록 절연층 상에 가동 액추에이터를 형성하는 단계와, 절연층 상에 제 2 고정 제어 전극을 형성하고 가동 액추에이터를 오버행하는 단계를 포함한다. 이 방법은 제 1 고정 제어 전극과 가동 액추에이터 사이에 발생된 제 1 구동력에 반응하여 고정 접점과 함께 제 1 도전 상태 쪽으로, 그리고 제 2 고정 제어 전극과 가동 액추에이터 사이에 발생된 제 2 구동력에 반응하여 제 2 비도전 상태 쪽으로 가동 액추에이터가 끌어당겨지도록 가동 액추에이터를 해제하는 단계를 더 포함한다.

<9> 다른 실시예에서, MEMS 스위치 어레이가 제공된다. 이 MEMS 스위치 어레이는 기판, 기판에 결합되며 상부면 및 저부면을 갖는 제 1 가동 액추에이터, 기판에 결합되며 상부면 및 저부면을 갖는 제 2 가동 액추에이터를 포함한다. MEMS 스위치 어레이는, 기판에 결합되며, 제 1 구동력을 생성하여 가동 액추에이터를 도전 상태 쪽으로 끌어당기도록 제 1 및 제 2 가동 액추에이터의 저부면 상에 배치되어 있는 제 1 고정 제어 전극과, 기판에 결합되며, 제 2 구동력을 생성하여 가동 액추에이터를 비도전 상태 쪽으로 끌어당기도록 제 1 및 제 2 가동 액추에이터의 상부면 상에 배치되어 있는 제 2 고정 제어 전극을 더 포함한다.

<10> 본 발명의 이들 및 다른 특징, 실시 형태 및 장점은 유사한 도면 부호가 도면 전체에 걸쳐 유사한 부분을 나타내는 첨부 도면을 참조하여 이하의 상세한 설명을 숙독할 때 더 양호하게 이해될 수 있을 것이다.

**발명의 실시를 위한 구체적인 내용**

<11> 이하의 상세한 설명에서, 본 발명의 다양한 실시예의 완전한 이해를 제공하기 위해 수많은 구체적인 내용들이 설명된다. 그러나, 당 기술 분야의 숙련자들은 본 발명의 실시예가 이러한 구체적인 내용들이 없어도 실시될

수 있고, 본 발명이 서술된 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명은 다양한 대안적인 실시예로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 다른 경우에, 공지된 방법, 절차 및 구성요소는 상세히 설명되어 있지 않다.

<12> 더욱이, 다양한 동작이 본 발명의 실시예를 이해하기 위해 도움이 되는 방식으로 수행된 다수의 개별 단계로서 설명될 수 있다. 그러나, 설명의 순서는 이들 동작이 이들이 제시된 순서로 수행되어야 하는 것을 암시하는 것으로 해석되어서는 안 되고, 또한 이들이 심지어 순서 의존성이 있는 것으로 해석되어서도 안 된다. 더욱이, 구문 "일 실시예에서"의 반복적인 사용은 그럴 수도 있지만 반드시 동일한 실시예를 칭하는 것은 아니다. 마지막으로, 본 명세서에 사용되는 바와 같은 용어 "포함하는", "구비하는", "갖는" 등, 뿐만 아니라 이들의 활용형은 달리 지시되지 않으면 동의어인 것으로 의도된다.

<13> 도 2는 개량된 스탠드오프 전압 제어부(standoff voltage control)를 갖는 MEMS 스위치의 일 실시예를 도시하는 개략도이다. 비록 "MEMS"라는 용어가 통상 마이크론 스케일의 구조체를 말하지만, 본 명세서 전반에 걸쳐 기술된 본 발명의 실시예들은 달리 표시되지 않는 한 마이크론 미만의 스케일의 장치에 한정되지 않아야 한다. 도시된 실시예에서, MEMS 스위치(20)는 기판(28)에 기계적으로 결합된 가동 액추에이터(22)를 포함한다. 일 실시예에서, 가동 액추에이터(22)는 완전히 또는 부분적으로 도전성이다. 기판(28)은 도전성, 반도체성 또는 절연성이다. 기판(28)이 전도성인 실시예에서, 기판은 절연층 또는 전기 격리층으로 코팅되어 스위치 접점/전극과 가동 액추에이터 사이의 바람직하지 않은 단락을 방지할 수도 있다. 도전성 기판의 비한정적인 예는 실리콘 및 게르마늄으로 형성된 것들을 포함하고, 반면에 전기 격리층의 비한정적인 예는 질화 실리콘, 산화 실리콘 및 산화 알루미늄을 포함한다.

<14> MEMS 스위치(20)는 제 1 전극(24)(게이트 또는 제어 전극이라고도 칭함) 및 접점(26)을 더 포함한다. 일 실시예에서, 제 1 전극(24)과 가동 액추에이터(22) 사이에 전압차를 인가한 때에 양 구성요소 사이에서 정전기력이 발생할 수도 있다. 따라서, 구동시, 가동 액추에이터(22)는 제 1 전극(24) 쪽으로 끌어당겨져서 결국 접점(26)과 접촉하게 된다. 그러나, 상술한 바와 같이, 고압 응용예에서, 종래의 MEMS 스위치는 제 1 전극(24)에 어떠한 신호도 인가되지 않은 때에도 자가 구동하는 경향이 있다. 본 발명의 일 실시 형태에 따르면, 자가 구동력에 대항하는 제 2 구동력을 발생시켜서 가동 액추에이터가 접점(26)으로부터 이격되어 비도전 상태 쪽으로 끌어당겨지도록 제 2 전극(카운터 전극이라고도 칭함)(27)이 제공된다.

<15> 일 실시예에서, 제 2 전극(27)은 가동 액추에이터(22)와 동일한 기판(28)에 결합되고, 가동 액추에이터(22) 상에 [예컨대, 기판에 평행하고 그에 대항하는 면 상에] 그리고 적어도 부분적으로 접점(26) 상에 배치되어 있다. 가동 액추에이터(22)와 동일한 기판 상에 카운터 전극(27)을 제조함으로써, 가동 액추에이터(22)와 카운터 전극(27) 사이의 전극 공간에 있어서의 변화는 엄격히 제어되는 포토리소그래프 공정을 통해 제거될 수 있다.

<16> 기판 접점(26)과 가동 액추에이터(22) 사이에 존재하는 정전기력은 식 (1)에 의해 설명되는 바와 같이 커패시터의 판을 가로지르는 힘으로서 대략적으로 계산될 수 있으며, 여기서 판의 면적은 두개의 전극이 오버랩되는 공통 면적이다.

<17>  $F_{\text{electrostatic}} = \epsilon_0 \cdot A \cdot V^2 / g^2$                       식 (1)

<18>  $F_{\text{electrostatic}}$  = 정전기 인력, (N)

<19>  $\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12}$ , (F/m)

<20>  $A$  = 중복 면적, ( $m^2$ )

<21>  $V$  = 간극 양단 전압, (V)

<22>  $g$  = 접점 간극, (m)

<23> 따라서, 접점(26)과 가동 액추에이터(22) 사이의 간극 양단의 전압차가 증가함에 따라, 또는 중복 면적( $a1$ )이 증가함에 따라, 또는 간극( $d1$ )이 감소함에 따라, 보다 큰 정전기력의 합력이 생겨날 것이다. 유사하게, 전극(27)과 가동 액추에이터(22) 사이의 간극 양단의 전압차가 증가함에 따라, 또는 중복 면적( $a2$ )이 증가함에 따라, 또는 간극( $d2$ )이 감소함에 따라, 보다 큰 정전기력의 합력의 생겨날 것이다. 따라서, 카운터 전극(27)은 희망하는 스탠드오프 전압을 기초로 하여 설계될 수도 있다. 일 실시예에서, 거리( $d2$ )는  $d1$ 보다 크다. 일 실시예에서,  $a2$ 는  $a1$ 보다 크다.

- <24> 일 실시예에서, 제 1 전극(24)과 가동 액추에이터(22) 사이의 전압 레벨은 가동 액추에이터(22)와 카운터 전극(27) 사이의 전압 레벨과 별도로 제어된다. 일 실시예에서, 스위치를 비도전(예컨대, 개방) 상태로 유지하는 것이 바람직한 경우, 제 1 전극(24)과 가동 액추에이터(22) 사이에 인가된 전압은 0 또는 그와 다른 비교적 낮은 값으로 셋팅될 수 있는 반면에, 카운터 전극(27)과 가동 액추에이터(22) 사이에 인가된 전압은 비교적 높은 값으로 셋팅될 수 있다. 스위치를 도전(예컨대, 차단) 상태로 유지하는 것이 바람직한 경우, 제 1 전극(24)과 가동 액추에이터(22) 사이에 인가된 전압은 비교적 높은 값으로 셋팅될 수 있는 반면에, 카운터 전극(27)과 가동 액추에이터(22) 사이에 인가된 전압은 0 또는 비교적 낮은 값으로 셋팅될 수 있다.
- <25> 다른 실시예에서, 카운터 전극(27)은 접점(26)에 전기적으로 연결되어 접점(26)과 가동 액추에이터(22) 사이에 어떠한 전압이 존재하게 되더라도 또한 가동 액추에이터(22)와 카운터 전극(27) 사이에 나타나게 될 것이다. 카운터 전극(27)과 가동 액추에이터(22) 사이의 공간 뿐만 아니라 카운터 전극(27)의 크기도 적절하게 선택함으로써, 접점(26)과 가동 액추에이터(22) 사이에 발생하는 자가 구동력이 가동 액추에이터(22)와 카운터 전극(27) 사이의 역구동력과 균형을 이룰 수 있다.
- <26> 본 명세서에 사용된 바와 같이, "위에"라는 용어는 기준 물체보다 기판(28)으로부터 더 멀리 이격되어 있는 위치를 칭할 의도이고, "아래에"라는 용어는 기준 물체보다 기판(28)에 더 근접한 위치를 언급할 의도이다. 예를 들어, 한 물체가 가동 액추에이터(22) "위에" 있으면, 그 물체는 기준이 되는 가동 액추에이터(22)보다 기판(28)으로부터 더 멀리 이격되어 있다. 일 실시예에서, MEMS 스위치(20)는 가동 액추에이터와 카운터 전극(27)과의 접촉을 방지하도록 가동 액추에이터(22) 위에 배치되어 있는 아이솔레이터(isolator)(도시되지 않음)를 포함할 수도 있다. 일 실시예에서, 이 아이솔레이터는 카운터 전극(27)의 부분으로서 또는 별도의 구성요소로서 제조될 수도 있다. 아이솔레이터는 절연성, 고저항성 또는 유전체의 성질을 갖는 재료로 형성될 수도 있다. 또한, 아이솔레이터는 강성 또는 반 강성의 포스트(post) 또는 필라(pillar)의 형태를 취할 수도 있고, 또는 코팅으로서 카운터 전극 상에 증착될 수도 있다. 더욱이, 아이솔레이터는 카운터 전극(27)의 밑면[예컨대, 기판(28)과 동일한 면]에 또는 가동 액추에이터(22)의 상부면[예컨대, 기판(28)으로부터 보다 멀리 이격된 면]에 제조될 수도 있다. 일 실시예에서, 비도전 상태에 있는 동안, 가동 액추에이터(22)는 카운터 전극(27)과 물리적으로는 접촉되어 있으나 전기적으로는 카운터 전극(27)과 격리되어 있는 상태로 배치될 수도 있다. 다른 실시예에서, 비도전 상태에 있는 동안, 가동 액추에이터(22)는 카운터 전극(27) 쪽으로 끌어당겨지지만 기계적 및 전기적으로는 카운터 전극(27)과 격리되어 있을 수도 있다. 이러한 비도전 상태에서, 가동 액추에이터(22)는 정지 위치에 남아 있을 수도 있다.
- <27> 도 3은 도 2의 MEMS 스위치(20)의 평면을 도시하는 개략도이다. 도 3에서 알 수 있는 바와 같이, 카운터 전극(27)은 가동 액추에이터(22)와 평행하게 배치되어 있다. 상술한 바와 같이, 카운터 전극(27)과 가동 액추에이터(22) 사이의 중복 면적은 양 구성요소 사이에 바람직한 정전기력을 기초로 하여 설계될 수 있다. 예를 들어, 도 3에 도시된 바와 같이, 카운터 전극(27)의 폭(w2)은 가동 액추에이터(22)의 폭(w1)보다 넓거나 좁게 설계될 수도 있다.
- <28> 도 4 및 도 5는 본 발명의 대안적인 실시예에 따른 MEMS 스위치(30)의 측면 및 정면을 각각 도시하는 개략도이다. MEMS 스위치(30)는 도 2 및 도 3의 MEMS 스위치(20)와 실질적으로 유사하다. 특히, 가동 액추에이터(32)와 동일한 기판(28)에 결합되어 있는 카운터 전극(37)이 제공된다. 그러나, 도 4 및 도 5의 도시된 실시예에서, 카운터 전극(37)은 가동 액추에이터(32)와 수직의 관계로 접점(26)에 실질적으로 대향하는 가동 액추에이터(32) 위에 배치되어 있다.
- <29> 도 6은 본 발명의 추가 실시예에 따른 MEMS 스위치(40)를 도시하는 개략도이다. 도시된 바와 같이, MEMS 스위치(40)는 MEMS 스위치(30)와 실질적으로 유사하고, 모두 기판(28)에 결합되어 있는 가동 액추에이터(32), 전극(24) 및 접점(26)을 구비한다. 그러나, 도 6에서, 카운터 전극(47)은 적어도 2개의 위치(41a, 41b)에서 기판(28)에 결합되어 있다.
- <30> 도 7은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 MEMS 스위치(50)를 도시하는 개략도이다. MEMS 스위치(50)는 MEMS 스위치(30)와 실질적으로 유사하지만, MEMS 스위치(50)는 적어도 2개의 가동 액추에이터(32)를 오버랩하는 카운터 전극(57)을 포함한다. 가동 액추에이터(32)는 직렬, 또는 병렬, 또는 직병렬의 배열로 전기적으로 격리 또는 연결되어 있을 수도 있다. 도시된 실시예에서, 가동 액추에이터(32)는 공통 부하 접점(56) 및 공통 게이트 드라이버[예컨대, 전극(54)]를 공유하는 것으로 도시되어 있다. 그러나, 가동 액추에이터(32)는 대신에 별도로 구동될 수도 있고, 별도의 부하 회로를 전기적으로 연결할 수도 있다.
- <31> 도 8은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 MEMS 스위치(60)를 도시하는 개략도이다. 도시된 바와 같이, MEMS 스

위치(60)는, 카운터 전극(67)이 적어도 2개의 위치(61a, 61b)에서 기관(28)에 결합되어 있는 점에서 MEMS 스위치(40)와 실질적으로 유사하다. 그러나, 도 8의 카운터 전극(67)은 또한 적어도 2개의 가동 액추에이터(32)를 오버랩한다. 도 7의 MEMS 스위치(50)와 마찬가지로 가동 액추에이터(32)는 직렬, 또는 병렬, 또는 직병렬 배열로 전기적으로 격리 또는 연결되어 있을 수도 있다. 도시된 실시예에서, 가동 액추에이터(32)는 공통 부하 접점(56) 및 공통 게이트 드라이버[예컨대, 전극(54)]을 공유하는 것으로 도시되어 있다. 그러나, 가동 액추에이터(32)는 대신에 별도로 구동될 수도 있고, 별도의 부하 회로를 전기적으로 연결할 수도 있다.

<32> 도 9 내지 도 30은 본 발명의 실시예에 따라 개량된 스탠드오프 전압 제어부를 갖는 MEMS 스위치(70)를 제작하기 위한 제조 공정의 예를 도시한다. 비록 MEMS 스위치(70)가 도 2 및 도 3의 MEMS 스위치(20)와 형태에 있어서 유사하게 보이지만, 하기의 제조 공정은 개량된 스탠드오프 전압 제어부를 갖는 상술한 MEMS 스위치 중 어떠한 것을 제조함에 있어서도 적합할 수 있다. 나아가, 비록 본 명세서에서는 제조 공정의 예가 기술되었지만, 본 발명의 사상과 범위를 벗어나지 않으면서 공정에 있어서의 변화들이 실시될 수도 있다고 여겨진다.

<33> 도 9에서, 기관(28)이 제공된다. 일 실시예에서, 이 기관은 실리콘을 포함한다. 도 10에서, 화학 기상 증착 또는 열산화 방법을 사용하여 기관(28) 상에 전기 격리층(101)이 증착될 수도 있다. 일 실시예에서, 전기 격리층(101)은  $Si_3N_4$ 를 포함한다. 도 11에서, 전기 격리층(101) 상에 도전성 전극이 증착 및 패터닝된다. 보다 구체적으로는, 접점(26), 제어 전극(24) 및 고정 접점(122)이 형성된다. 일 실시예에서, 접점(26), 제어 전극(24) 및 고정 접점(122)은 금과 같은 도전성 재료를 포함하고, 동일한 마스크(mask)로부터 형성될 수도 있다. 고정 접점(122)은 가동 액추에이터(기술된 것임)의 부분으로서 형성될 수 있지만, 고정 접점(122)의 부가를 통해 제작이 보다 간단해질 수 있다는 것을 유의해야 한다. 도 12에서, 가동 액추에이터와 제어 전극(24) 사이의 단락을 방지하기 위해 제어 전극(24) 상에 절연층(103)이 증착된다. 일 실시예에서, 절연층(103)은  $SiN_4$ 로 형성될 수도 있지만, 다른 절연성 또는 고저항성 코팅이 사용될 수도 있다. 다른 실시예에서, 절연층은 가동 전극의 밑면에 형성될 수 있다. 선택적으로, 가동 액추에이터와 제어 전극(24)과의 접촉을 방지하도록 제어 전극(24)과 접점(26) 사이에 기계적인 포스트가 만들어질 수도 있다. 그러한 경우에 절연층(103)이 필요하지 않을 수도 있다.

<34> 도 13 및 도 14는 MEMS 스위치(70)에 바람직한 특성들에 따라서 완전히 생략될 수도 있는 2개의 공정 단계를 도시한다. 보다 구체적으로는, 도 13은 접점(26) 상에 증착되어 접점을 더 크게 만드는 부가의 도전성 재료를 도시한다. 이는 가동 액추에이터가 이동하는데 필요한, 나아가 가동 액추에이터와 제어 전극(24)과의 접촉을 방지하는데 필요한 거리를 감소하기에 유용할 수도 있다. 그러나, 접점(26)이 가동 전극과 가까우면 가까울수록 식 (1)에 나타난 바와 같이 양 구성요소 사이의 정전기력의 합력은 더 커질 것이라는 것을 유의해야 한다. 도 14에서, 접점(26) 상에 부가의 접점 재료(105)가 증착된다. 이 접점 재료는 접점(26)과 가동 액추에이터 사이의 도전성을 향상시키는데 사용되는 동시에 스위치의 수명을 연장시킬 수도 있다.

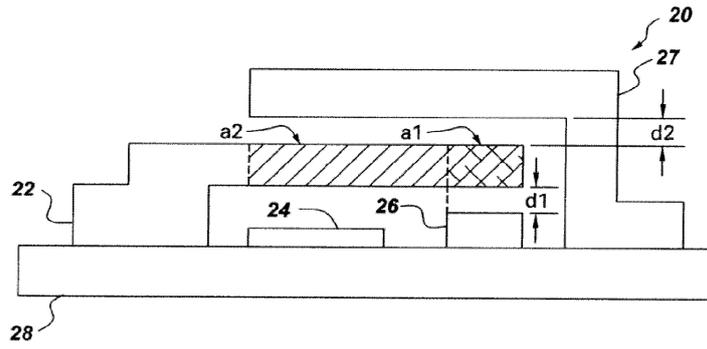
<35> 도 15에서, 접점(26), 제어 전극(24) 및 고정 접점(122)의 상부에 희생층(sacrificial layer)이 증착된다. 일 실시예에서, 희생층(107)은  $SiO_2$ 일 수도 있다. 도 16은 예컨대 화학 기계 연마(chemical-mechanical polishing)에 의해 희생층이 연마되는 선택 가능한 연마 단계를 도시한다. 도 17에서 희생층(107)은 고정 접점(122)을 노출하도록 에칭된다. 가동 액추에이터 상에 접점 재료층을 부가하는 것이 바람직한 경우에는 도 18에 도시된 바와 같이 추가 접점(109)이 패터닝될 수도 있다.

<36> 도 19 내지 도 23은 가동 액추에이터(132)의 형성을 도시한다. 일 실시예에서, 가동 액추에이터(132)는 전기 도금 공정을 통해 형성된다. 도 19에서, 전기 도금 공정을 위해 시드층(seed layer)이 제공된다. 도 20에서 가동 액추에이터(132)를 전기 도금하기 위해 몰드(113)가 패터닝되고, 이 가동 액추에이터(132)의 전기 도금은 도 21에 도시되어 있다. 도 22 및 도 23에서, 전기 도금용 몰드(113) 및 시드층(111)은 제거된다.

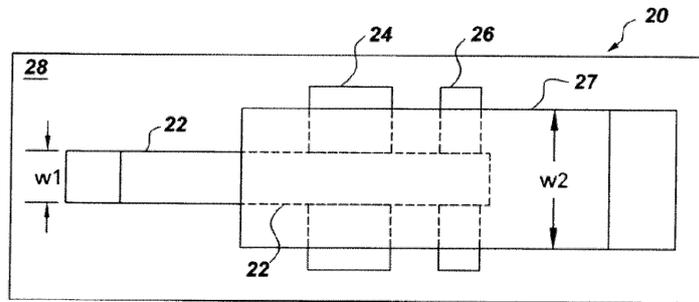
<37> 일단 가동 액추에이터(132)가 형성되면, 본 명세서에 기술된 바와 같은 카운터 전극(137)이 형성될 수도 있다. 카운터 전극 공정의 일부로서, 제 2 희생층(115)이 도 24에 도시된 바와 같이 증착되고, 선택적으로 연마될 수도 있다. 일 실시예에서, 제 2 희생층은  $SiO_2$ 를 포함할 수도 있다. 도 25에서, 카운터 전극(137)이 도시된 바와 같이 형성될 위치에서 희생층(115) 및 희생층(107)이 모두 에칭된다. 그 후에, 전기 도금용 시드층(117) 및 전기 도금용 몰드(119)가 각각 도 26 및 도 27에 도시된 바와 같이 형성된다. 도 28에서 카운터 전극(137)이 전기 도금된다. 일 실시예에서, 카운터 전극(137)은 금과 같은 도전성 재료로 형성된다. 도 29 및 도 30에서, 전기 도금용 몰드(119) 및 시드층(117)은 제거되고, 도 30에서 카운터 전극을 해제하도록 희생층(115)이 제거된다.



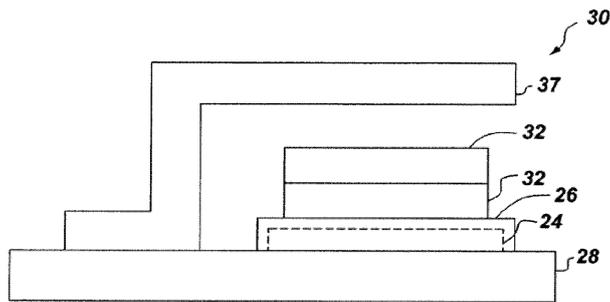
도면2



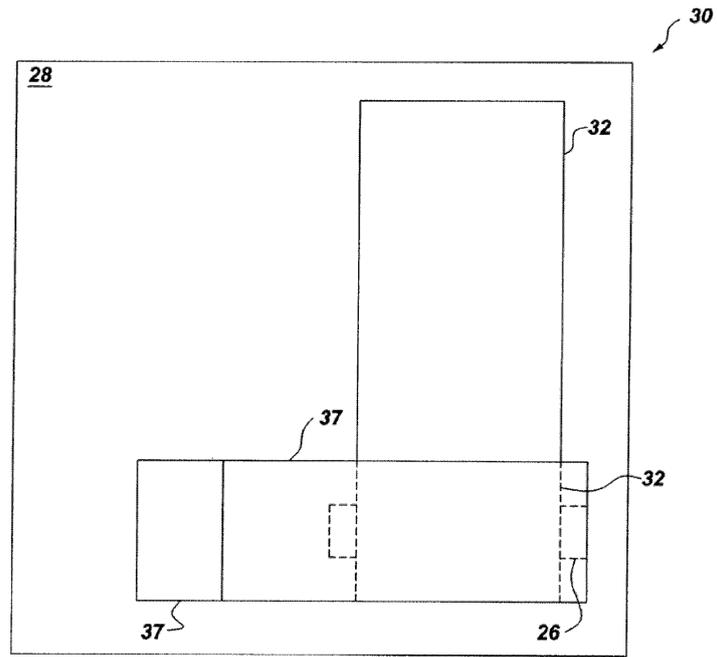
도면3



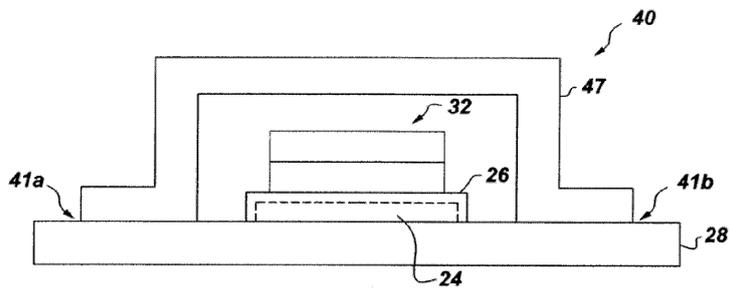
도면4



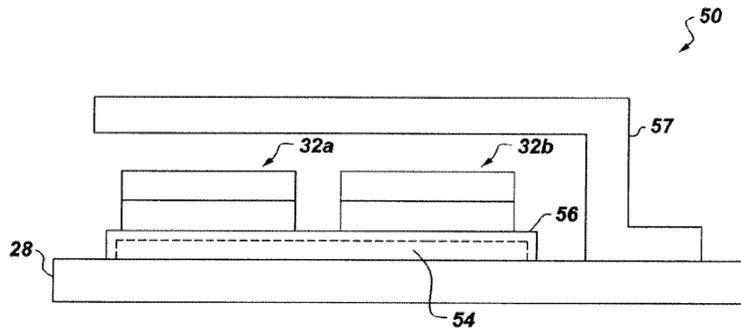
도면5



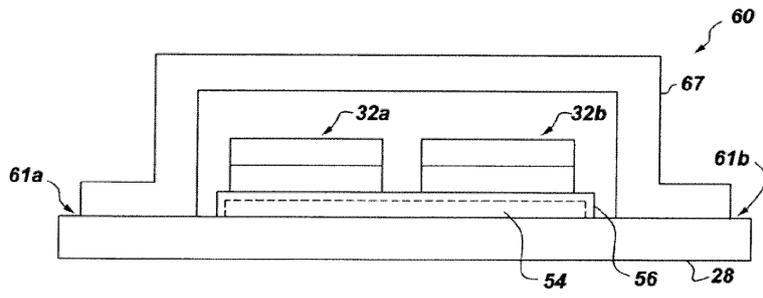
도면6



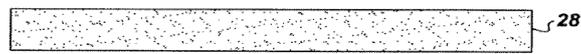
도면7



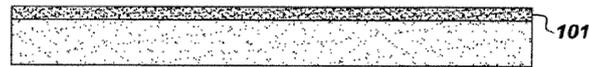
도면8



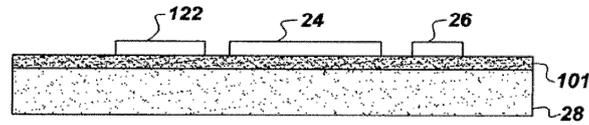
도면9



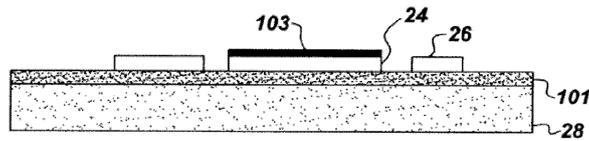
도면10



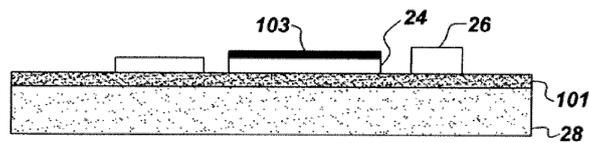
도면11



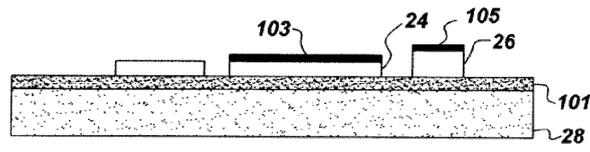
도면12



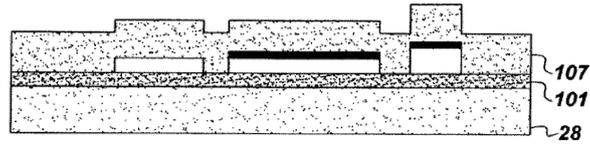
도면13



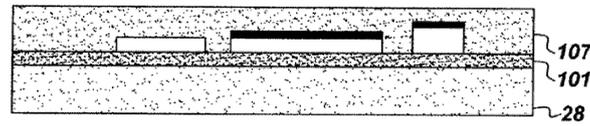
도면14



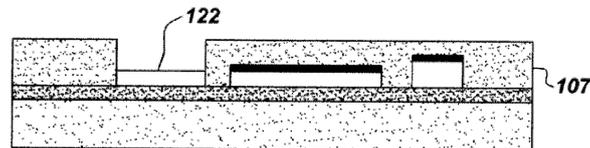
도면15



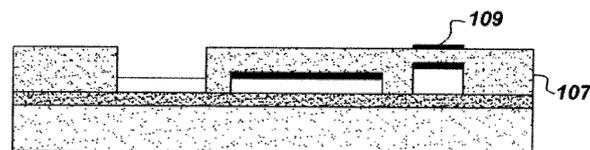
도면16



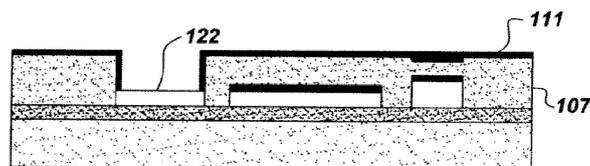
도면17



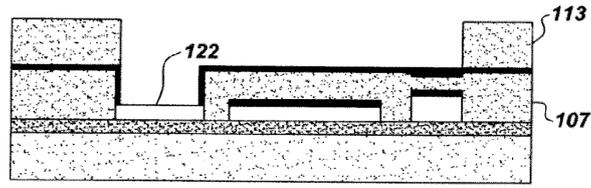
도면18



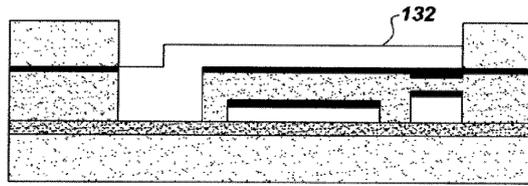
도면19



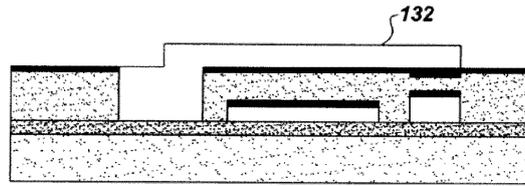
도면20



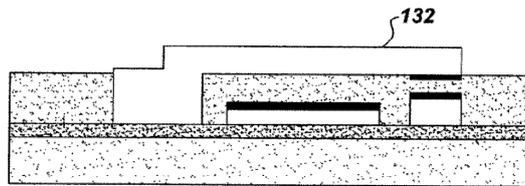
도면21



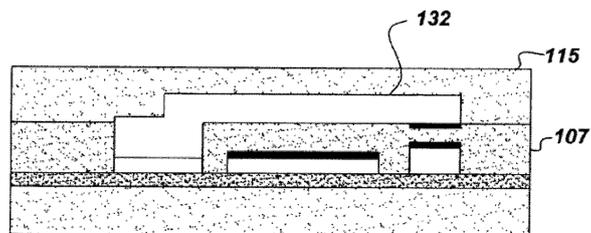
도면22



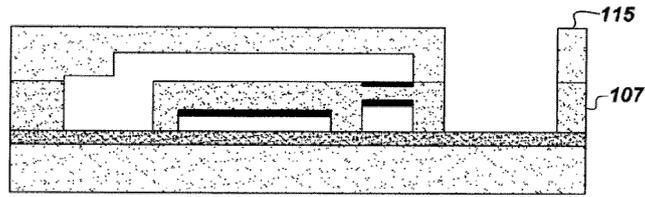
도면23



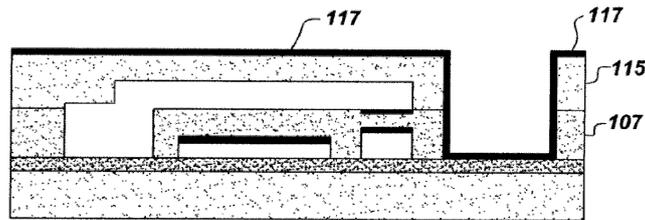
도면24



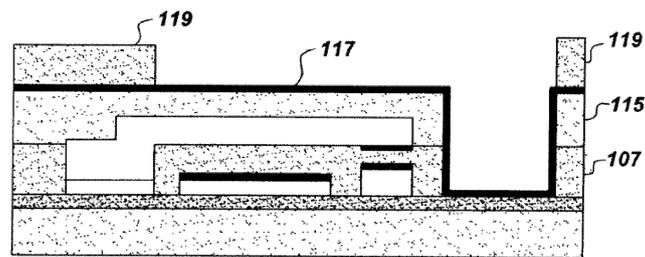
도면25



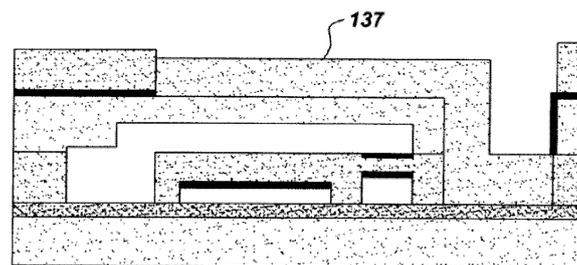
도면26



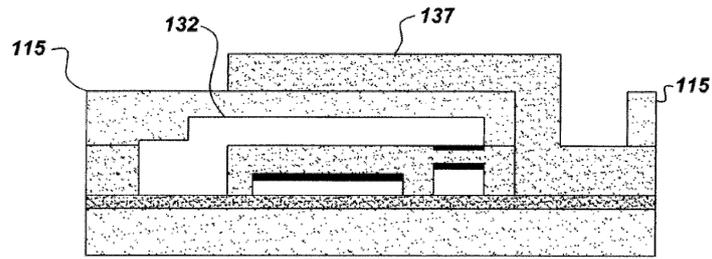
도면27



도면28



도면29



도면30

