(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2008-0055849
(43) 공개일자 2008년06월19일

(51) Int. Cl.
B81C 1/00 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2008-7006538
(22) 출원일자 2008년03월18일
심사청구일자 없음
번역문제출일자 2008년03월18일
(86) 국제출원번호 PCT/US2006/032516
국제출원일자 2006년08월17일
(87) 국제공개번호 WO 2007/022479
국제공개일자 2007년02월22일
(30) 우선권주장
60/710,019 2005년08월19일 미국(US)

(71) 출원인
퀄컴 엠이엠스 테크놀로지스, 인크.
미국 92121-1714 캘리포니아 샌디에고 모어하우스 드라이브 5775
(72) 발명자
취, 청빈
미국 캘리포니아 95014 쿠퍼티노 가든 테라스 드라이브 11482
사사가와, 테루오
미국 캘리포니아 95032 로스 가토스 넘버 18 로스 가토스블러바드 16345
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인아주

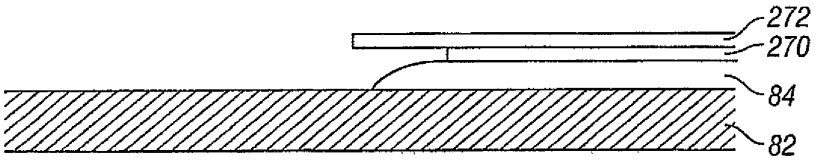
전체 청구항 수 : 총 70 항

(54) 테이퍼링된 에지를 얻기 위해 MEMS 장치 내에 층들을형성하는 방법

(57) 요 약

소정의 MEMS 장치는 테이퍼링된 에지를 가지도록 패터닝된 층을 포함한다. 상기 테이퍼링된 에지를 가진 층을 형성하는 하나의 방법은, 에칭 유도층을 이용하는 것을 포함한다. 상기 테이퍼링된 에지를 가진 층을 형성하는 다른 방법은 상부가 하부보다 빠른 속도로 에칭가능한 층의 증착을 포함한다. 상기 테이퍼링된 에지를 가진 층을 형성하는 또 다른 방법은, 다수의 반복 에칭을 이용하는 것을 포함한다. 상기 테이퍼링된 에지를 가진 층을 형성하는 또 다른 방법은, 음각을 포함하는 개구부를 가진 리프트오프 마스크층을 이용하는 것을 포함하므로, 상기 리프트오프 마스크층 위에 하나의 층이 증착될 수 있고, 마스크층이 제거되어 테이퍼링된 에지를 가진 구조체를 남기게 된다.

대표도 - 도11b



(72) 발명자

텅, 밍-하우

미국 캘리포니아 94122 샌프란시스코 48번가 애비뉴 1712

왕, 천-밍

미국 캘리포니아 94539 프리몬트 매리골드 드라이브 41730

지, 스테픈

미국 캘리포니아 95125 산호세 체리 애비뉴 2724

특허청구의 범위

청구항 1

전극층을 형성하는 단계;

상기 전극층 위에 마스크를 형성하는 단계;

분리된 전극 부재를 형성하도록 상기 마스크를 이용해서 상기 전극층을 패터닝하는 단계; 및

바깥쪽으로 테이퍼링된 에지부를 형성하도록 상기 전극 부재를 테이퍼링(tapering)하는 단계를 포함하되,

상기 마스크의 적어도 일부는 상기 테이퍼링 동안 그 자리에 남아 있는 것인, MEMS 장치의 제조 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 전극층을 패터닝하는 단계 및 상기 전극 부재를 테이퍼링하는 단계는 단일 에칭 공정을 포함하고, 상기 마스크는 상기 에칭 공정 동안 그 자리에 남아 있는 것인, MEMS 장치의 제조 방법.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 전극층 위에 에칭 유도층(etch leading layer)을 형성하는 단계를 추가로 포함하고, 상기 에칭 유도층은 상기 마스크와 상기 전극층 사이에 형성되는 것인, MEMS 장치의 제조 방법.

청구항 4

제3항에 있어서, 상기 전극 부재를 테이퍼링하는 단계는 상기 전극 부재보다 빠른 속도로 상기 에칭 유도층을 에칭하는 에칭액을 이용해서 상기 전극 부재를 에칭하는 단계를 포함하는 것인, MEMS 장치의 제조 방법.

청구항 5

제3항에 있어서, 상기 전극 부재를 테이퍼링하는 단계는

상기 전극 부재를 크게 에칭시키지 않는 제1에칭액에 의해 상기 에칭 유도층의 일부를 에칭하는 단계; 및

이어서, 상기 바깥쪽으로 테이퍼링된 에지부를 형성하도록 상기 전극 부재를 에칭하는 단계를 포함하는 것인, MEMS 장치의 제조 방법.

청구항 6

제3항에 있어서, 상기 전극층의 증착 전에 희생층을 형성하는 단계를 추가로 포함하되, 상기 전극층은 상기 희생층 위에 형성되는 것인, MEMS 장치의 제조 방법.

청구항 7

제6항에 있어서, 상기 에칭 유도층은 상기 희생층을 에칭하는 에칭액에 의해 에칭될 수 있는 것인, MEMS 장치의 제조 방법.

청구항 8

제7항에 있어서, 상기 전극 부재를 테이퍼링하는 단계는

상기 에칭 유도층과 상기 전극 부재에 대해 비선택적인 제1에칭액에 의해 상기 전극 부재 및 상기 에칭 유도층의 일부를 에칭하는 단계; 및

상기 에칭 유도층에 대해서 선택성인 제2에칭액에 의해 상기 전극 부재의 일부를 에칭하는 단계를 추가로 포함하고,

여기서, 상기 제1에칭액은 상기 제1희생층을 노출시키지 않고, 상기 제2에칭액은 상기 제1희생층의 일부를 노출시키는 것인, MEMS 장치의 제조 방법.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 제2에칭액에 의한 에칭을 행한 후에 상기 에칭 유도층 위에 있는 마스크를 제거하는 단계; 및

상기 에칭 유도층을 제3에칭액을 이용해서 제거하는 단계를 더 포함하는 것인, MEMS 장치의 제조 방법.

청구항 10

제9항에 있어서, 상기 제3에칭액은 상기 전극층에 대해서 선택적인 것인, MEMS 장치의 제조 방법.

청구항 11

제1항에 있어서, 상기 전극층을 형성하는 단계는 상기 층의 두께에 대해서 특성을 변화시키면서 상기 전극층을 형성하는 단계를 포함하는 것인, MEMS 장치의 제조 방법.

청구항 12

제11항에 있어서, 상기 층의 두께에 대해서 특성을 변화시키면서 상기 전극층을 형성하는 단계는 상기 전극층의 증착 동안 공정 조건을 변화시키는 단계를 포함하는 것인, MEMS 장치의 제조 방법.

청구항 13

제11항에 있어서, 상기 층의 두께에 대해서 특성을 변화시키면서 상기 전극층을 형성하는 단계는

상기 제1희생층 위에 제1부계층(first sublayer)을 증착시키는 단계; 및

상기 제1부계층 위에 적어도 제2부계층을 증착시키는 단계를 포함하되,

상기 제2부계층은 상기 제1부계층보다 빠른 속도로 테이퍼링할 때 이용되는 에칭액에 의해 에칭될 수 있는 것인, MEMS 장치의 제조 방법.

청구항 14

제1항에 있어서, 상기 전극층 위에 마스크를 형성하는 단계는 상기 전극층에 대한 접착성이 나쁜 마스크를 증착시키는 단계를 포함하는 것인, MEMS 장치의 제조 방법.

청구항 15

제1항에 있어서, 상기 전극 부재를 테이퍼링하는 단계는

상기 전극층의 노출부를 에칭하는 단계;

상기 마스크의 일부를 제거함으로써 상기 전극층의 추가적인 부분을 노출시키는 단계; 및

상기 전극층의 노출부 및 상기 마스크의 일부의 제거에 의해 노출된 상기 추가적인 부분을 에칭하는 단계를 포함하는, MEMS 장치의 제조 방법.

청구항 16

제15항에 있어서, 상기 마스크의 일부를 제거하는 단계는 상기 마스크를 부분적으로 애싱하는 단계를 포함하는 것인, MEMS 장치의 제조 방법.

청구항 17

제15항에 있어서, 상기 전극층 밑에 에칭 중지층을 형성하는 단계를 추가로 포함하는 것인, MEMS 장치의 제조 방법.

청구항 18

제1항에 있어서, 기판 위에 하부 전극층을 형성하는 단계; 및

상기 하부 전극층 위에 제1희생층을 형성하는 단계를 추가로 포함하되,

상기 분리된 전극 부재는 상기 제1희생층 위에 형성되는 것인, MEMS 장치의 제조 방법.

청구항 19

제18항에 있어서,

상기 분리된 전극 부재 위에 제2희생층을 형성하는 단계;

상기 제2희생층을 패터닝해서 상기 분리된 전극 부재의 일부를 노출시키는 단계; 및

상기 분리된 전극 부재의 노출된 부분 및 상기 제2희생층 위에 기계층을 형성하는 단계를 추가로 포함하는 것인, MEMS 장치의 제조 방법.

청구항 20

제18항에 있어서, 상기 제1희생층을 제거하여, 하부 전극층과 상기 분리된 전극 부재 사이에 위치된 에어 갭(air gap)을 형성하는 단계를 추가로 포함하는 것인, MEMS 장치의 제조 방법.

청구항 21

제1항에 있어서, 상기 전극층을 형성하는 단계는 실질적으로 평탄한 하부면을 가진 반사층을 형성하는 단계를 포함하는 것인, MEMS 장치의 제조 방법.

청구항 22

제1항에 있어서, 상기 MEMS 장치는 간섭계 변조기인 것인, MEMS 장치의 제조 방법.

청구항 23

제1항의 방법에 의해 형성된 MEMS 장치.

청구항 24

기판 위에 희생층을 형성하는 단계;

개구부를 형성하도록 상기 희생층을 패터닝하는 단계;

상기 패터닝된 희생층 위에 지지층을 형성하는 단계;

상기 지지층 위에 마스크를 형성하는 단계;

상기 희생층의 개구부 내에 적어도 부분적으로 위치된 적어도 하나의 지지 구조체를 형성하도록 상기 마스크를 이용해서 상기 지지층을 패터닝하는 단계; 및

테이퍼링된 에지를 형성하도록 상기 지지 구조체를 테이퍼링하는 단계를 포함하되,

상기 마스크의 적어도 일부는 테이퍼링하는 동안 그 자리에 남아 있는 것인, MEMS 장치의 제조 방법.

청구항 25

제24항에 있어서, 상기 지지층을 패터닝하는 단계 및 상기 지지 구조체를 테이퍼링하는 단계는 단일 에칭 공정을 포함하고, 상기 마스크는 상기 에칭 공정 동안 그 자리에 남아 있는 것인, MEMS 장치의 제조 방법.

청구항 26

제24항에 있어서, 상기 지지층 위에 에칭 유도층을 형성하는 단계를 추가로 포함하고, 상기 에칭 유도층은 상기 마스크와 상기 지지층 사이에 형성되는 것인 MEMS 장치의 제조 방법.

청구항 27

제26항에 있어서, 상기 지지 구조체를 테이퍼링하는 단계는 상기 지지 구조체보다 빠른 속도로 상기 에칭 유도층을 에칭하는 에칭액을 이용해서 상기 전극 부재를 에칭하는 단계를 포함하는 것인, MEMS 장치의 제조 방법.

청구항 28

제26항에 있어서, 상기 지지 구조체를 테이퍼링하는 단계는

상기 지지 구조체를 크게 에칭시키지 않는 제1에칭액을 이용해서 상기 에칭 유도층의 일부를 에칭하는 단계; 및

이어서, 상기 적어도 지지 구조체를 형성하도록 상기 지지층을 에칭하는 단계를 포함하는 것인, MEMS 장치의 제조 방법.

청구항 29

제24항에 있어서, 상기 지지층을 형성하는 단계는 상기 층의 두께에 대해서 변화되는 특성을 가진 지지층을 형성하는 단계를 포함하는 것인, MEMS 장치의 제조 방법.

청구항 30

제29항에 있어서, 상기 층의 두께에 대해서 변화되는 특성을 가진 지지층을 형성하는 단계는 상기 지지층의 증착 동안 공정 조건을 변화시키는 단계를 포함하는 것인, MEMS 장치의 제조 방법.

청구항 31

제29항에 있어서, 상기 지지층의 두께에 대해서 변화되는 특성을 가진 지지층을 형성하는 단계는

상기 희생층 위에 제1부계층을 증착시키는 단계; 및

상기 제1부계층 위에 적어도 제2부계층을 증착시키는 단계를 포함하되,

상기 제2부계층은 상기 제1부계층보다 빠른 속도로 테이퍼링할 때 이용되는 에칭액에 의해 에칭될 수 있는 것인, MEMS 장치의 제조 방법.

청구항 32

제24항에 있어서, 상기 지지층 위에 마스크를 형성하는 단계는 상기 지지층에 대한 접착성이 나쁜 마스크를 증착시키는 단계를 포함하는 것인, MEMS 장치의 제조 방법.

청구항 33

제24항에 있어서, 상기 지지 구조체를 테이퍼링하는 단계는

상기 지지층의 노출부를 에칭하는 단계;

상기 마스크의 일부를 제거함으로써 상기 지지 구조체의 추가적인 부분을 노출시키는 단계; 및

상기 노출부 및 상기 마스크의 일부의 제거에 의해 노출된 상기 추가적인 부분을 에칭하는 단계를 포함하는, MEMS 장치의 제조 방법.

청구항 34

제33항에 있어서, 상기 마스크의 일부를 제거하는 단계는 상기 마스크를 부분적으로 애싱하는 단계를 포함하는 것인, MEMS 장치의 제조 방법.

청구항 35

제33항에 있어서, 상기 희생층과 상기 지지층 사이에 에칭 중지층을 형성하는 단계를 추가로 포함하는 것인, MEMS 장치의 제조 방법.

청구항 36

제24항에 있어서, 상기 적어도 하나의 지지 구조체에 인접한 가동층을 형성하는 단계를 추가로 포함하는 것인, MEMS 장치의 제조 방법.

청구항 37

제36항에 있어서, 상기 가동층은 지지 재료의 층의 증착 후에 형성되며, 상기 적어도 하나의 지지 구조체 위에 형성되는 것인, MEMS 장치의 제조 방법.

청구항 38

제36항에 있어서, 상기 가동층을 형성하는 단계는

상기 희생층 위에 반사 부계층을 형성하는 단계; 및

상기 반사 부계층 위에 기계적 부계층을 형성하는 단계를 포함하는 것인, MEMS 장치의 제조 방법.

청구항 39

제24항에 있어서, 상기 희생층을 제거하도록 이형 에칭(release etch)을 실시하여, 상기 가동층과 상기 기판 사이에 위치된 에어 갭을 형성하는 단계를 추가로 포함하는 것인, MEMS 장치의 제조 방법.

청구항 40

제24항에 있어서, 상기 희생층의 증착 전에 상기 기판 위에 하부 전극층을 형성하는 단계를 추가로 포함하되, 상기 희생층은 상기 하부 전극층 위에 형성되는 것인, MEMS 장치의 제조 방법.

청구항 41

제24항에 있어서, 상기 MEMS 장치는 간섭계 변조기인, MEMS 장치의 제조 방법.

청구항 42

제24항의 방법에 의해 형성된 MEMS 장치.

청구항 43

기판 위에 전극층을 형성하는 단계;

상기 전극층 위에 희생층을 형성하는 단계;

상기 희생층을 통해 연장되는 적어도 하나의 테이퍼링된 개구부를 형성하도록 상기 희생층을 패터닝하는 단계;

상기 희생층을 통해 연장되는 상기 테이퍼링된 개구부 위에 놓인 개구부를 포함하는 마스크층을 형성하되, 상기 마스크층은 해당 마스크층 내의 개구부 둘레에 연장되는 돌출부를 포함하는 것인 단계;

상기 마스크층 위에 지지층을 증착시키는 단계;

상기 마스크층을 리프트오프 공정(liftoff process)에 의해 제거함으로써, 상기 희생층을 통해 연장되는 상기 테이퍼링된 개구부 내에 적어도 부분적으로 위치된 지지 구조체를 형성하는 단계; 및

상기 지지 구조체에 인접한 가동층을 형성하는 단계를 포함하는 것인, MEMS 장치의 제조 방법.

청구항 44

제43항에 있어서, 상기 지지 구조체는 테이퍼링된 에지를 포함하는 것인, MEMS 장치의 제조 방법.

청구항 45

제43항에 있어서, 상기 지지층은 상기 희생층을 통해 연장되는 상기 테이퍼링된 개구부의 측벽 위에 직접 증착되는 것인, MEMS 장치의 제조 방법.

청구항 46

제43항에 있어서, 상기 희생층을 제거하도록 이형 에칭을 수행하여, 상기 전극층과 상기 가동층 사이에 위치된 에어 갭을 형성하는 단계를 추가로 포함하는 것인, MEMS 장치의 제조 방법.

청구항 47

제43항에 있어서, 상기 가동층을 형성하는 단계는

상기 희생층 위에 반사 부계층을 형성하는 단계; 및

상기 반사 부계층 위에 기계적 부계층을 형성하는 단계를 포함하는 것인, MEMS 장치의 제조 방법.

청구항 48

제43항에 있어서, 상기 MEMS 장치는 간섭계 변조기를 포함하는 것인, MEMS 장치의 제조 방법.

청구항 49

제43항에 있어서, 상기 가동층은 상기 지지 구조체를 형성한 후 형성되는 것인, MEMS 장치의 제조 방법.

청구항 50

제43항에 있어서, 상기 마스크층은 포토레지스트 재료를 포함하는 것인, MEMS 장치의 제조 방법.

청구항 51

제50항에 있어서, 상기 마스크층은 이층 포토레지스트를 포함하는 것인, MEMS 장치의 제조 방법.

청구항 52

제50항에 있어서, 상기 마스크층을 형성하는 단계는

리프트오프 재료의 층을 증착시키는 단계;

포토레지스트 재료의 층을 증착시키는 단계;

상기 포토레지스트 재료를 통해 연장되는 상부 개구부를 형성하도록 상기 포토레지스트 재료를 패터닝하는 단계; 및

상기 포토레지스트 재료를 통해 연장되는 상부 개구부 밑에 있는 상기 리프트오프 재료를 에칭하는 단계를 포함하되, 이때의 에칭은 상기 마스크층의 돌출부를 형성하도록 상기 포토레지스트 재료의 층을 언더커팅(undercutting)하여, 이에 따라 상기 마스크층을 통해 연장되는 개구부를 형성하는 것인 MEMS 장치의 제조 방법.

청구항 53

제50항에 있어서, 테이퍼링된 개구부를 형성하도록 상기 희생층을 패터닝하는 단계는 상기 테이퍼링된 개구부를 형성하도록 상기 마스크층을 이용해서 상기 희생층을 패터닝하는 단계를 추가로 포함하는 것인, MEMS 장치의 제조 방법.

청구항 54

제43항에 있어서, 상기 지지층은 증착 또는 스퍼터링 공정을 통해 증착되는 것인, MEMS 장치의 제조 방법.

청구항 55

제43항에 있어서, 리프트오프 공정을 통해 상기 마스크층을 제거하기 전에 상기 지지층을 초음파 에너지에 노출시키는 단계를 추가로 포함하는 것인, MEMS 장치의 제조 방법.

청구항 56

제43항의 방법에 의해 형성된 MEMS 장치.

청구항 57

기판 위에 전극층을 형성하는 단계;

주변부에 대해서 뻗어 있는 음각(negative angle)을 포함하는 마스크를 상기 전극층 위에 형성하는 단계;

상기 마스크 위에 희생 물질의 층을 증착시키는 단계;

상기 마스크를 리프트오프 공정을 통해 제거하여 테이퍼링된 개구부를 포함하는 희생층을 형성하는 단계;

상기 테이퍼링된 개구부 내에 적어도 부분적으로 위치하는 지지 구조체를 형성하는 단계; 및

상기 지지 구조체에 인접한 가동층을 형성하는 단계를 포함하는 것인, MEMS 장치의 제조 방법.

청구항 58

제57항에 있어서, 상기 희생층을 제거하도록 이형 에칭을 수행하여, 상기 전극층과 상기 가동층 사이에 위치된 에어 갭을 형성하는 단계를 추가로 포함하는 것인, MEMS 장치의 제조 방법.

청구항 59

제57항에 있어서, 상기 지지 구조체를 형성하는 단계는

상기 패터닝된 희생층 위에 지지 재료의 층을 증착시키는 단계;및

상기 개구부 내에 적어도 부분적으로 위치된 지지 구조체를 형성하도록 상기 지지 재료의 층을 패터닝하는 단계를 포함하고,

상기 가동층은 상기 지지 구조체 위에 증착되는 것인, MEMS 장치의 제조 방법.

청구항 60

제57항에 있어서, 상기 마스크는 포토레지스트 재료를 포함하는 것인, MEMS 장치의 제조 방법.

청구항 61

제60항에 있어서, 상기 마스크는 이층 포토레지스트를 포함하는 것인, MEMS 장치의 제조 방법.

청구항 62

제60항에 있어서, 상기 마스크층을 형성하는 단계는

리프트오프 재료의 층을 증착시키는 단계;

포토레지스트 재료의 층을 증착시키는 단계;

상기 포토레지스트 재료를 통해 연장되는 개구부를 형성하도록 상기 포토레지스트 재료를 패터닝하는 단계; 및

상기 포토레지스트 재료를 통해 연장되는 개구부 밑에 있는 상기 리프트오프 재료를 에칭하는 단계를 포함하되, 이때의 에칭은 상기 마스크층의 돌출부를 형성하도록 상기 포토레지스트 재료의 층을 언더커팅하는 단계를 포함하는 것인 MEMS 장치의 제조 방법.

청구항 63

제57항에 있어서, 상기 희생 물질의 층은 물리적 기상 증착 공정에 의해 증착되는 것인 MEMS 장치의 제조 방법.

청구항 64

제57항의 방법에 의해 형성된 MEMS 장치.

청구항 65

기판 위에 하부 전극층을 형성하는 단계;

상기 전극층 위에 희생층을 형성하는 단계;

개구부의 에지 둘레에 뻗어 있는 돌출부를 가진 개구부를 포함하는 마스크층을 상기 희생층 위에 형성하는 단계;

상기 마스크층 위에 전극 재료의 층을 증착시키는 단계; 및

상기 마스크층을 리프트오프 공정을 통해 제거하여 적어도 바깥쪽으로 테이퍼링된 에지를 가진 분리된 전극 부재를 형성하는 단계를 포함하는 것인, MEMS 장치의 제조 방법.

청구항 66

제65항에 있어서,

상기 분리된 전극 부재 위에 놓인 제2희생층을 형성하는 단계;

상기 분리된 전극 부재의 적어도 일부를 노출시키는 개구부를 형성하도록 상기 제2희생층을 패터닝하는 단계; 및

상기 제2희생층 위에 기계층을 증착시키는 단계를 포함하는 것인, MEMS 장치의 제조 방법.

청구항 67

제65항에 있어서, 상기 희생층을 이형 에칭을 통해 제거하고, 이에 따라 상기 분리된 전극 부재와 하부 전극층 사이에 위치된 에어 갭을 형성하는 단계를 추가로 포함하는 것인, MEMS 장치의 제조 방법.

청구항 68

제65항에 있어서, 상기 마스크층은 포토레지스트 재료를 포함하는 것인 MEMS 장치의 제조 방법.

청구항 69

제65항에 있어서, 상기 전극 재료의 층은 증착 또는 스퍼터링 공정에 의해 증착되는 것인, MEMS 장치의 제조 방법.

청구항 70

제65항의 방법에 의해 형성된 MEMS 장치.

명 세 서

기 술 분 야

<1> **관련 출원들의 상호 참조**

<2> 본 출원은 35 U.S.C. § 119(e)에 따라서, 2005년 8월 19일자로 출원된 미국 가출원 일련 번호 60/710,019의 우선권을 주장하며, 그의 전문은 참조로서 본 명세서에 원용된다.

<3> **기술분야**

<4> 본 발명은 MEMS(microelectromechanical systems: 마이크로 전자 기계 시스템) 장치의 제조방법들에 관한 것이다.

배 경 기 술

<5> 마이크로 전자 기계 시스템(MEMS)은 마이크로 기계 부품들, 액추에이터들 및 전자 기기들을 포함한다. 마이크로 기계 부품들은 기판들 및/또는 증착된 물질층들의 일부를 에칭해내거나 층들을 추가하여 전기 및 전자 기계 장치들을 형성하는 증착, 에칭 및/또는 다른 마이크로 머시닝(micromachining) 공정들을 이용하여 형성될 수도 있다. MEMS 장치의 한 형태로는 간섭계 변조기(interferometric modulator)가 있다. 본 명세서에서 사용된 것처럼, 간섭계 변조기 또는 간섭 광 변조기(interferometric light modulator)라는 용어는 광학적 간섭 원리들을 이용하여 광을 선택적으로 흡수 및/또는 반사하는 장치를 의미한다. 소정의 실시형태들에 있어서, 간섭계 변조기는 한 쌍의 도전판들을 포함할 수도 있는데, 상기 한 쌍의 도전판의 어느 하나 또는 양쪽 모두가 전체 또는 부분적으로 투과형 및/또는 반사형일 수도 있고 적절한 전기 신호의 인가시 상대 운동을 할 수 있다. 특별한 실시예에서, 하나의 도전판은 기판에 증착된 고정층을 포함할 수도 있고, 다른 하나의 도전판은 에어 갭(air gap)에 의해 고정층과 분리된 금속막을 포함할 수도 있다. 본 명세서에서 보다 더 상세히 설명하는 바와 같이, 도전판들의 상대적 위치에 의해서 간섭계 변조기로 입사되는 광의 광학적 간섭은 변경될 수 있다. 이러한 장치들의 사용 범위는 광범위한데, 기존의 제품들을 향상시키는데 있어서, 그리고 아직 개발되지 않은 새로운 제품들을 만들어내는 데 있어서 이러한 유형의 장치 특성들이 사용될 수 있도록 이들 장치들의 특징들을 이용 및/또는 변경하는 것은 해당 기술 분야에서 유용할 것이다.

발명의 상세한 설명

<6> 일 실시형태에 있어서, 전극층을 형성하는 단계; 상기 전극층 위에 마스크를 형성하는 단계; 분리된 전극 부재를 형성하도록 상기 마스크를 이용해서 상기 전극층을 패터닝하는 단계; 및 바깥쪽으로 테이퍼링된 에지부를 형성하도록 상기 전극 부재를 테이퍼링하는 단계를 포함하되, 상기 마스크의 적어도 일부는 상기 테이퍼링 동안

그 자리에 남아 있는 것인, MEMS 장치의 제조 방법이 제공된다.

<7> 다른 실시형태에 있어서, 기판 위에 희생층을 형성하는 단계; 개구부를 형성하도록 상기 희생층을 패터닝하는 단계; 상기 패터닝된 희생층 위에 지지층을 형성하는 단계; 상기 지지층 위에 마스크를 형성하는 단계; 상기 희생층의 개구부 내에 적어도 부분적으로 위치된 적어도 하나의 지지 구조체를 형성하도록 상기 마스크를 이용해서 상기 지지층을 패터닝하는 단계; 및 테이퍼링된 에지를 형성하도록 상기 지지 구조체를 테이퍼링하는 단계를 포함하되, 상기 마스크의 적어도 일부는 테이퍼링하는 동안 그 자리에 남아 있는 것인, MEMS 장치의 제조 방법이 제공된다.

<8> 또 다른 실시형태에 있어서, 기판 위에 전극층을 형성하는 단계; 상기 전극층 위에 희생층을 형성하는 단계; 상기 희생층을 통해 연장되는 적어도 하나의 테이퍼링된 개구부를 형성하도록 상기 희생층을 패터닝하는 단계; 상기 희생층을 통해 연장되는 상기 테이퍼링된 개구부 위에 놓인 개구부를 포함하는 마스크층을 형성하되, 상기 마스크층은 해당 마스크층 내의 개구부 둘레에 연장되는 돌출부를 포함하는 것인 단계; 상기 마스크층 위에 지지층을 증착시키는 단계; 상기 마스크층을 리프트오프 공정(liftoff process)에 의해 제거함으로써, 상기 희생층을 통해 연장되는 상기 테이퍼링된 개구부 내에 적어도 부분적으로 위치된 지지 구조체를 형성하는 단계; 및 상기 지지 구조체에 인접한 가동층을 형성하는 단계를 포함하는 것인, MEMS 장치의 제조 방법이 제공된다.

<9> 다른 실시형태에 있어서, 기판 위에 전극층을 형성하는 단계; 주변부에 대해서 뻗어 있는 음각(negative angle)을 포함하는 마스크를 상기 전극층 위에 형성하는 단계; 상기 마스크 위에 희생 물질의 층을 증착시키는 단계; 상기 마스크를 리프트오프 공정을 통해 제거하여 테이퍼링된 개구부를 포함하는 희생층을 형성하는 단계; 상기 테이퍼링된 개구부 내에 적어도 부분적으로 위치하는 지지 구조체를 형성하는 단계; 및 상기 지지 구조체에 인접한 가동층을 형성하는 단계를 포함하는 것인, MEMS 장치의 제조 방법이 제공된다.

<10> 또 다른 실시형태에 있어서, 기판 위에 하부 전극층을 형성하는 단계; 상기 전극층 위에 희생층을 형성하는 단계; 개구부의 에지 둘레에 뻗어 있는 돌출부를 가진 개구부를 포함하는 마스크층을 상기 희생층 위에 형성하는 단계; 상기 마스크층 위에 전극 재료의 층을 증착시키는 단계; 및 상기 마스크층을 리프트오프 공정을 통해 제거하여 적어도 바깥쪽으로 테이퍼링된 에지를 가진 분리된 전극 부재를 형성하는 단계를 포함하는 것인, MEMS 장치의 제조 방법이 제공된다.

실 시 예

<37> 이하의 상세한 설명은 본 발명의 어떤 특정 실시예들에 관한 것이지만, 본 발명은 다양한 방법들로 구현될 수 있다. 본 설명에 있어서, 전체적으로 동일한 구성 요소들은 동일한 참조 번호들로 표기된 도면을 참조한다. 이하의 설명으로부터 명백한 바와 같이, 실시예들은 동영상(예를 들어, 비디오)인지 또는 정지 영상(예를 들어, 스틸 이미지(still image))인지, 그리고 문자인지 그림인지의 여부에 따라 영상을 표시하도록 구성되는 장치이면 어떠한 장치에서도 구현될 수도 있다. 더욱 상세하게는, 휴대폰, 무선 장치들, PDA(personal data assistant), 초소형 또는 휴대용 컴퓨터, GPS 수신기/네비게이션, 카메라, MP3 플레이어, 캠코더, 게임 콘솔(game consoles), 손목 시계, 시계, 계산기, 텔레비젼 모니터, 평면 패널 표시 장치, 컴퓨터 모니터, 자동차 표시 장치(예를 들어, 주행 기록계 디스플레이 등), 콕핏 제어기(cockpit control) 및/또는 디스플레이, 카메라 뷰 디스플레이(예를 들어, 차량의 리어 뷰(rear view) 카메라의 디스플레이), 전자 사진, 전자 광고판 또는 사인(sign), 프로젝터, 건축 구조물, 포장물 및 미술 구조물(예를 들어 보석류에 대한 이미지의 디스플레이)을 포함하지만 이에 한정되지는 않는 다양한 전자 장치들로 또는 그 다양한 전자 장치들과 관련되어 구현될 수 있는 것을 고려할 수 있다. 여기에서 설명하는 것들과 유사한 구조체의 MEMS 장치들이 또한 전자 스위치 장치들에서와 같이 디스플레이 장치가 아닌 응용품들에 사용될 수 있다.

<38> 일련의 순차 증착된 층들을 포함하는 MEMS 장치의 제조에 있어서, 보다 얇은 부분을 파손시키거나 약화시키는 일없이 위에 있는 층들의 순응적(conformal) 증착을 용이하게 하기 위해 테이퍼링된 에지를 가진 하부층 혹은 구조체 등의 테이퍼링된 혹은 각진 구조체를 제공하는 데 유리할 경우가 있다. 소정의 실시예에 있어서, 에칭 방법은 이러한 테이퍼링된 에지를 예를 들어 미러/전극 혹은 지지 구조체로 제공하는 데 이용될 수 있다. 특정 실시예에 있어서, 이들 에칭 방법은 에칭될 층 위에 놓이는 에칭 유도층의 사용을 포함할 수 있다. 다른 특정 실시예에 있어서, 이들 에칭 방법은 반복 에칭 및/또는 애싱 공정을 포함할 수 있다. 다른 실시예에 있어서, 리프트오프 공정들이 테이퍼링된 에지를 가진 구조체를 형성하는 데 이용될 수 있다.

<39> 간섭계 MEMS 디스플레이 소자를 포함하는 간섭계 변조기 디스플레이의 일 실시예가 도 1에 예시되어 있다. 이들 장치에 있어서, 화소들은 밝은 상태 또는 어두운 상태이다. 밝은("온(on) 또는 "열린") 상태에서, 디스플레

이 소자는 입사되는 가시 광선의 많은 부분을 사용자에게 반사시킨다. 어두운("오프(off)" 또는 "닫힌") 상태에서, 디스플레이 소자는 입사되는 가시 광선을 사용자에게 거의 반사하지 않는다. 본 실시예에 따르면, "온" 및 "오프" 상태의 광 반사 특성은 역전될 수도 있다. MEMS 화소들은 선택된 색깔에서 우선적으로 반사하도록 구성되어 흑백 표시 외에도 컬러 표시를 가능하게 한다.

<40> 도 1은 비쥬얼 디스플레이의 일련의 화소에 있어서 두 개의 인접한 화소들을 도시한 등각 투상도인데, 여기서 각 화소는 MEMS 간섭계 변조기를 포함한다. 몇몇 실시예에서, 간섭계 변조기 디스플레이는 이들 간섭계 변조기의 로우/칼럼 어레이를 포함한다. 각각의 간섭계 변조기는 서로 간에 가변적이고 제어 가능한 거리에 위치된 1쌍의 반사층들을 포함하여 적어도 하나의 가변 치수로 공진 광학 캐비티(resonant optical cavity)를 형성한다. 일 실시예에 있어서, 반사층들 중 하나는 두 위치들 사이에서 움직일 수도 있다. 여기서 이완 위치를 의미하는 제1위치에서, 가동 반사층은 고정된 부분 반사층으로부터 상대적으로 먼 거리에 위치한다. 여기서 작동 위치를 의미하는 제2위치에서, 가동 반사층은 상기 부분 반사층에 더 가까이 인접하여 위치한다. 두 반사층에서 반사된 입사광은 가동 반사층의 위치에 따라서 보강 간섭 또는 소멸 간섭하여 각 화소에 대해 전체 반사 상태 또는 비반사 상태를 생성한다.

<41> 도 1에 있어서 화소 어레이의 도시된 부분은 두 개의 인접한 간섭계 변조기(12a), (12b)를 포함한다. 왼쪽에 위치한 간섭계 변조기(12a)에는 부분 반사층을 포함하는 광학 적층부(optical stack)(16a)로부터 소정 거리 떨어진 이완 위치에 가동 반사층(14a)이 예시되어 있다. 오른쪽에 위치한 간섭계 변조기(12b)에는 광학 적층부(16b)에 인접한 작동 위치에 가동 반사층(14b)이 예시되어 있다.

<42> 여기서 참조기호로 표시된 광학 적층부(16a), (16b)(일괄해서 광학 적층부(16)라 표기함)는 전형적으로 수 개의 융합층(fused layer)을 포함하는데, 이들 융합층은 인듐 주석 산화물(indium tin oxide: ITO)과 같은 전극층, 크롬과 같은 부분 반사층 및 투명 유전체를 포함할 수 있다. 따라서, 광학 적층부(16)는 전도성이고, 부분적으로 투명하며, 부분적으로 반사성이며, 예를 들어 하나 이상의 상기 층들을 투명 기판(20) 위에 증착함으로써 제조될 수 있다. 부분 반사층은 다양한 금속류, 반도체류 및 유전체류와 같은 부분 반사성인 다양한 물질들로 형성될 수 있다. 부분 반사층은 하나 이상의 재료 층으로 형성될 수 있는데, 각각의 층은 단일 물질 또는 조합된 물질로 형성될 수 있다.

<43> 이하에 더욱 설명되는 바와 같이, 몇몇 실시예에서, 광학 적층부(16)의 층들은 평행 스트립(strip)들로 패터닝되고, 디스플레이 장치 내에서 로우 전극들을 형성할 수도 있다. 가동 반사층(14a), (14b)은 기둥(18) 사이에 증착되는 중재 희생 물질 및 기둥들(18)의 상부면에 증착된 증착 금속층 또는 증착 금속층들(광학 적층부(16a), (16b)의 전극 전극에 직교)로 이루어진 일련의 평행 스트립들로서 형성될 수도 있다. 희생 물질을 에칭하여 제거했을 때, 가동 반사층(14a), (14b)은 광학 적층부(16b), (16b)로부터 소정의 갭(19) 만큼 분리된다. 알루미늄과 같은 고 전도성 및 반사 물질이 반사층(14)으로 사용될 수 있고, 이들 스트립들은 디스플레이 장치에서 칼럼 전극들을 형성할 수도 있다.

<44> 도 1에 있어서 화소(12a)로 표시된 바와 같이, 전압이 인가되지 않을 경우, 가동 반사층(14a)은 기계적으로 이완 상태인 채로, 캐비티(19)가 가동 반사층(14a)과 광학 적층부(16a) 사이에서 유지된다. 그러나, 선택된 로우 및 칼럼에 전위차가 인가될 경우, 대응하는 화소의 로우 전극과 칼럼 전극의 교차점에 형성된 커패시터는 충전되고, 정전기력은 전극들을 함께 당긴다. 전압이 충분히 높다면, 가동 반사층(14)은 변형이 일어나 광학 적층부(16)에 대해서 힘을 가한다. 도 1의 오른쪽에 위치한 화소(12b)로 도시된 바와 같이, 광학 적층부(16) 내의 유전체 층(이 도면에서는 도시 생략)은 단락이 방지되어 층(14)과 층(16) 간의 이격 거리를 조절한다. 이러한 거동은 인가된 전위차의 극성에 상관없이 동일하다. 이와 같이 해서, 반사 화소 상태 대 비 반사 화소 상태를 조절할 수 있는 로우/칼럼 작동은 종래의 LCD 및 다른 디스플레이 기술들에서 사용되는 것과 여러 면에서 유사하다.

<45> 도 2 내지 도 5b는 디스플레이 적용에 있어서 간섭계 변조기들의 어레이를 사용하기 위한 하나의 예시적 과정 및 시스템을 예시한다.

<46> 도 2는 본 발명의 측면들을 포함할 수도 있는 전자 장치의 일 실시예를 예시한 시스템 블록도이다. 예시적 실시예에 있어서, 전자 장치는 프로세서(21)를 포함하는데, 이 프로세서는 ARM, Pentium®, Pentium II®, Pentium III®, Pentium IV®, Pentium® Pro, 8051, MIPS®, Power PC®, ALPHA®와 같은 범용 단일 칩 프로세서 또는 멀티 칩 마이크로 프로세서, 또는 디지털 신호 프로세서, 마이크로 제어기와 같은 특수 목적의 마이크로 프로세서, 또는 프로그램 가능한 게이트 어레이일 수도 있다. 종래 기술에서와 같이, 상기 프로세서(21)는 하나 이상의

소프트웨어 모듈을 실행하도록 구성될 수도 있다. 오퍼레이팅 시스템(operating system)의 실행과 더불어, 상기 프로세서는 웹 브라우저(web browser), 전화 애플리케이션(application), 이메일 프로그램 또는 기타 임의의 소프트웨어 애플리케이션을 비롯한 하나 이상의 소프트웨어 애플리케이션을 실행하도록 구성될 수도 있다.

<47> 일 실시예에 있어서, 프로세서(21)는 또한 어레이 드라이버(22)와 통신하도록 구성된다. 일 실시예에 있어서, 어레이 드라이버(22)는 디스플레이 어레이 또는 패널(30)에 신호들을 제공하는 로우 드라이버 회로(24) 및 칼럼 드라이버 회로(26)를 포함한다. 도 1에 예시된 어레이의 단면은 도 2의 1-1 라인에 의해 도시된다. MEMS 간섭계 변조기에 대해서, 로우/칼럼 작동 프로토콜은 도 3에 도시된 이들 장치의 히스테리시스(hysteresis) 특성을 이용할 수도 있다. 예를 들어, 이완 상태에서부터 작동 상태로 가동층을 변형시키기 위해 10 볼트 전위차가 필요할 수도 있다. 그러나, 이러한 값으로부터 전압이 감소될 경우, 전압이 10 볼트 미만으로 다시 떨어질 때에 가동층은 그 상태를 유지한다. 도 3의 예시적 실시예에 있어서, 전압이 2 볼트 미만으로 떨어질 때까지 가동층은 완전히 이완되지 않는다. 이와 같이 해서, 도 3에 예시된 예에서 약 3 볼트 내지 7 볼트의 인가 전압 창이 존재하는데, 이 범위 내에서 장치는 이완 또는 작동 상태에서 안정적이다. 이것을 여기서는 "히스테리시스 창" 또는 "안정성 창"이라고 칭한다. 도 3의 히스테리시스 특성들을 가지는 디스플레이 어레이에 대해서, 로우 스트로빙(strobing) 동안 스트로빙된 로우에 있는 작동될 화소들이 약 10 볼트의 전압차에 노출되고, 이완될 화소들이 0 볼트에 근접한 전압차에 노출되도록 로우/칼럼 작동 프로토콜을 설계할 수 있다. 스트로빙 후에, 화소들은 약 5 볼트의 정상 상태 전압차에 노출되므로, 이들은 로우 스트로빙이 화소들을 어떤 상태에 두었던지 그 상태를 유지하게 된다. 이러한 예에서, 쓰기 후에, 각 화소는 3 볼트 내지 7 볼트의 "안정성 창" 내에서 전위차를 보인다. 이러한 특성으로 작동 또는 이완의 기존 상태에서 동일한 인가 전압 조건하에서 도 1에 예시된 화소 설계는 안정화된다. 간섭계 변조기의 각 화소는 작동 상태인지 혹은 이완 상태인지에 따라 본질적으로 고정된 가동 반사층에 의해 형성된 커패시터이기 때문에, 이러한 안정한 상태는 전력 손실이 거의 없이 히스테리시스 창 내의 전압에서 유지될 수 있다. 인가된 전위가 고정되어 있다면 화소로 들어가는 전류 흐름은 실질적으로 없다.

<48> 전형적인 응용들에서, 제1로우(row)에 있는 원하는 세트의 작동 화소에 따라 칼럼(column) 전극 세트를 어서트(assert)함으로써 표시 프레임을 생성할 수도 있다. 다음에, 로우 펄스가 로우 1 전극에 인가되어 어서트된 칼럼 라인들에 대응하는 화소들을 작동시킨다. 그 후, 어서트된 세트의 컬럼 전극은 제2로우에 있는 원하는 세트의 작동 화소에 대응하도록 변경된다. 이어서, 펄스가 로우 2 전극에 인가되어, 어서트된 칼럼 전극들에 따라서 로우 2에 있는 적절한 화소들을 작동시킨다. 로우 1 화소들은 로우 2 펄스들의 영향을 받지 않고 로우 1 펄스 동안 그들이 설정되었던 상태로 유지된다. 이것은 프레임을 작성하기 위하여 일련의 전체 로우들에 대해서 순차적으로 반복될 수도 있다. 일반적으로, 이러한 과정을 초당 원하는 프레임 수만큼 계속적으로 반복함으로써 프레임들은 새로운 표시 데이터로 리프레시(refresh) 및/또는 갱신된다. 더불어, 표시 프레임들을 작성하는 화소 어레이들의 로우 전극들 및 칼럼 전극들을 구동하기 위한 매우 다양한 프로토콜들은 잘 알려져 있고 본 발명과 관련하여 사용될 수도 있다.

<49> 도 4, 도 5a 및 도 5b는 도 2의 3×3 어레이 위에 표시 프레임을 생성하기 위한 가능한 작동 프로토콜을 예시한다. 도 4는 도 3의 히스테리시스 곡선들을 나타내는 화소들을 위해 사용될 수도 있는 가능한 세트의 로우 전압 레벨들 및 칼럼 전압 레벨들을 예시한다. 도 4의 실시예에서, 화소를 작동시키기 위해서는 적절한 칼럼을 $-V_{bias}$로 설정하고 적절한 로우를 $+\Delta V$로 설정하는 것이 필요한데, $-V_{bias}$ 및 $+\Delta V$는 각각 -5 볼트 및 +5 볼트에 대응한다. 화소에 대한 볼트 전위차가 0이 되는 동일한 $+\Delta V$로 적절한 로우를 설정하고 $+V_{bias}$로 적절한 칼럼을 설정함으로써 화소의 이완을 수행한다. 로우 전압이 0볼트로 유지되는 이들 로우에서, 칼럼이 $-V_{bias}$이거나 $+V_{bias}$인 것에 상관없이, 화소들은 그들의 원래 상태가 어떠하든 그 상태에서 안정하다. 도 4에 또한 예시된 바와 같이, 앞서 설명한 것과 반대 극성의 전압이 사용될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 예를 들어, 화소를 작동시키는 것은 적절한 칼럼을 $+V_{bias}$로 설정하고 적절한 로우를 $-\Delta V$로 설정하는 것을 수반할 수 있다. 본 실시예에 있어서, 화소에 대한 0 볼트 전위차를 생성하는 동일한 $-\Delta V$로 적절한 로우를 설정하고 $-V_{bias}$로 적절한 칼럼을 설정함으로써 화소의 이완을 수행한다.

<50> 도 5b는 도 5a에 예시된 디스플레이 구성으로 되는 도 2의 3×3 어레이에 인가되는 일련의 로우 신호들 및 칼럼 신호들을 나타낸 타이밍도로서, 여기서 작동 화소들은 비반사적이다. 도 5a에 예시된 프레임을 쓰기에 앞서, 화소들은 임의의 상태에 있을 수 있고, 이 예에서, 모든 로우들은 0볼트이고 모든 칼럼들은 +5 볼트이다. 이들 인가 전압에 의하면, 화소는 모두 그들의 기존의 작동 또는 이완 상태에서 안정하다.

<51> 도 5a의 프레임에서, (1,1), (1,2), (2,2), (3,2) 및 (3,3) 화소들이 작동된다. 이것을 달성하기 위해서, 로우 1에 대한 "라인 시간(line time)"동안 칼럼 1과 2는 -5볼트로 설정되고, 칼럼 3은 +5볼트로 설정된다. 이것은 임의의 화소들의 상태를 변화시키지 않는데, 그 이유는 모든 화소들이 3볼트 내지 7볼트 안정성 창에 유지되기 때문이다. 다음에, 로우 1은 0볼트에서 5볼트까지 가고 다시 0볼트로 가는 펄스로 스트로빙된다. 이것은 (1,1) 화소 및 (1,2) 화소를 작동시키고 (1,3) 화소를 이완시킨다. 어레이의 다른 화소들은 영향을 받지 않는다. 원하는 로우 2를 설정하기 위하여, 칼럼 2를 -5볼트로 설정하고 칼럼 1 및 칼럼 3을 +5볼트로 설정한다. 다음에, 로우 2에 인가된 동일한 스트로브(strobe)는 (2,2) 화소를 작동시키고 (2,1) 및 (2,3) 화소를 이완시킬 것이다. 재차, 어레이의 다른 화소들은 영향받지 않는다. 로우 3은 칼럼 2 및 칼럼 3을 -5볼트로 설정하고 칼럼 1을 +5볼트로 설정함으로써 마찬가지로 설정된다. 로우 3 스트로브는 도 5a에 도시된 바와 같이 로우 3 화소들을 설정한다. 프레임을 쓴 후에, 로우 전위들은 0이고 칼럼 전위들은 +5볼트 또는 -5볼트로 유지될 수 있게 되어 디스플레이는 도 5a의 배열에서 안정하다. 수십 또는 수백 개의 로우와 칼럼들을 가진 어레이들에 대해서 동일한 과정을 이용할 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 로우 및 칼럼을 작동시키는데 사용되는 타이밍, 수순 및 전압 레벨들은 상기의 일반적인 원리 범위 안에서 매우 다양할 수 있고, 상기 예는 다만 예시적인 것에 불과하며, 다른 작동 전압 방법이 여기에서 설명되는 시스템들 및 방법과 함께 사용될 수 있다는 것을 또한 이해할 수 있을 것이다.

<52> 도 6a 및 도 6b는 디스플레이 장치(40)의 실시예를 예시한 시스템 블록도이다. 예를 들어, 디스플레이 장치(40)는 이동 전화기 또는 휴대 전화기일 수 있다. 그러나, 디스플레이 장치(40)의 동일한 구성 요소들 또는 그것의 약간의 변형으로는 또한 텔레비전 및 휴대용 미디어 플레이어와 같은 다양한 유형의 디스플레이 장치를 들 수 있다.

<53> 디스플레이 장치(40)는 하우징(housing)(41), 디스플레이(30), 안테나(43), 스피커(45), 입력 장치(48) 및 마이크(46)를 포함한다. 일반적으로 하우징(41)은 사출 성형 및 진공 성형을 비롯한 해당 기술 분야의 당업자들에게 잘 알려진 다양한 제조 과정들 중의 어떤 것으로 형성된다. 또한, 하우징(41)은 플라스틱, 금속, 유리, 고무 및 세라믹, 또는 이들의 조합을 포함하지만, 이들로 한정되지 않는 다양한 재료 중의 어떤 것으로 만들어질 수도 있다. 일 실시예에 있어서, 하우징(41)은 다른 색깔을 가지거나 다른 로고, 그림 또는 기호를 포함하는 분리 가능한 부분들과 호환될 수도 있는 분리 가능한 부분(도시 생략)을 포함한다.

<54> 예시적인 디스플레이 장치(40)의 디스플레이(30)는 여기에서 설명되는 바와 같이, 쌍안정(bi-stable) 디스플레이를 비롯한 다양한 디스플레이들 중의 어떤 것일 수도 있다. 다른 실시예에 있어서, 당업자들에게 잘 알려진 바와 같이, 디스플레이(30)는 앞서 설명한 바와 같은 TFT LCD, 플라즈마, EL, OLED, 또는 STN LCD와 같은 평면 패널 디스플레이, 또는 CRT나 다른 종류의 관(tube) 장치와 같은 비평면 패널 디스플레이를 포함한다. 그러나, 본 실시예를 설명할 목적으로, 상기 디스플레이(30)는 여기에서 설명하는 바와 같이 간섭계 변조기를 포함한다.

<55> 예시적 디스플레이 장치(40)의 일 실시예의 구성 요소들은 도 6b에 개략적으로 도시되어 있다. 도시된 예시적 디스플레이 장치(40)는 하우징(41)을 포함하고 적어도 그 속에 부분적으로 수용된 추가적인 구성 요소들을 포함할 수 있다. 예를 들어, 일 실시예에 있어서, 예시적 디스플레이 장치(40)는 트랜시버(transceiver)(47)에 결합된 안테나(43)를 포함하는 네트워크 인터페이스(27)를 포함한다. 트랜시버(47)는 컨디셔닝 하드웨어(conditioning hardware)(52)에 연결된 프로세서(21)에 접속된다. 컨디셔닝 하드웨어(52)는 신호를 조절(예를 들어, 신호를 필터링)하도록 구성될 수도 있다. 컨디셔닝 하드웨어(52)는 스피커(45) 및 마이크(46)에 연결된다. 프로세서(21)는 입력 장치(48) 및 드라이버 제어기(29)에도 연결된다. 드라이버 제어기(29)는 프레임 버퍼(frame buffer)(28)에 그리고 어레이 드라이버(22)에 결합되고, 어레이 드라이버(22)는 이어서 디스플레이 어레이(30)에 결합된다. 전력 공급 장치(50)는 특정한 예시적 디스플레이 장치(40) 설계에 요구되는 바와 같이 모든 구성 요소들에 전력을 제공한다.

<56> 네트워크 인터페이스(27)는 예시적 디스플레이 장치(40)가 네트워크를 통해 하나 이상의 장치와 통신할 수 있도록 안테나(43) 및 트랜시버(47)를 포함한다. 일 실시예에 있어서, 네트워크 인터페이스(27)는 프로세서(21)의 요건을 경감할 수 있는 몇몇 처리 능력도 가질 수 있다. 안테나(43)는 신호들을 전송하거나 수신하기 위해, 당업자들에게 알려진 소정의 안테나이다. 일 실시예에 있어서, 안테나는 IEEE 802.11(a), (b) 또는 (g)를 비롯한 IEEE 802.11 표준에 따라서 RF 신호들을 전송하거나 수신한다. 다른 실시예에 있어서, 안테나는 블루투스(BLUETOOTH) 표준에 따라서 RF 신호들을 전송하고 수신한다. 이동 전화기의 경우, 안테나는 CDMA, GSM, AMPS 또는 무선 이동 전화 네트워크 내에서 통신하기 위해 사용되는 기타 공지 신호들을 수신하도록 설계되어 있다. 트랜시버(47)는 안테나(43)로부터 수신된 신호들을 미리 처리하여 이들 신호가 프로세서(21)에 의해 수신되고 나아가 조작될 수도 있다. 트랜시버(47)는 프로세서(21)로부터 수신된 신호들도 처리하여 이들 신호가 안테나

(43)를 경유하여 예시적 디스플레이 장치(40)로부터 전송될 수 있게 한다.

<57> 대안적인 실시예에 있어서, 트랜시버(47)는 수신기로 대체될 수 있다. 또 다른 대안적인 실시예에 있어서, 네트워크 인터페이스(27)는 프로세서(21)에 보내질 이미지 데이터를 저장하고 생성할 수 있는 이미지 소스(image source)로 대체될 수 있다. 예를 들어, 이미지 소스는 이미지 데이터를 포함하는 디지털 비디오 디스크(DVD: digital video disc)나 하드 디스크 드라이브 등의 메모리 장치, 또는 이미지 데이터를 생성하는 소프트웨어 모듈일 수 있다.

<58> 프로세서(21)는 일반적으로 예시적 디스플레이 장치(40)의 전체적인 동작을 제어한다. 프로세서(21)는 네트워크 인터페이스(27) 또는 이미지 소스로부터의 압축된 이미지 데이터와 같은 데이터를 수신하고, 해당 데이터를 원천 이미지 데이터(raw image data)로 또는 원천 이미지 데이터로 즉시 처리할 수 있는 포맷으로 처리한다. 그 후, 프로세서(21)는 처리된 데이터를 드라이버 제어기(29)로 또는 저장을 위해 프레임 버퍼(28)로 보낸다. 원천 데이터는 전형적으로 이미지 내의 각각의 위치에서 이미지 특성들을 식별하는 정보를 의미한다. 예를 들어, 이러한 이미지 특성들은 색깔, 색의 순도(saturation), 계조 레벨(gray scale level)을 포함할 수 있다.

<59> 일 실시예에서, 프로세서(21)는 마이크로 제어기, CPU, 또는 예시적 디스플레이 장치(40)의 동작을 제어하는 논리 유닛을 포함한다. 컨디셔닝 하드웨어(52)는 일반적으로 신호들을 스피커(45)에 전송하기 위해, 그리고 마이크(46)로부터 신호들을 수신하기 위해 증폭기들 및 필터들을 포함한다. 컨디셔닝 하드웨어(52)는 예시적 디스플레이 장치(40) 내에 있는 별도의 구성 요소일 수도 있거나 프로세서(21) 혹은 기타 구성 요소들 내에 내장되어 있을 수도 있다.

<60> 드라이버 제어기(29)는 프로세서(21)에서 생성된 원천 이미지 데이터를 프로세서(21)로부터 혹은 프레임 버퍼(28)로부터 직접 취하여 어레이 드라이버(22)로 고속 전송하기 위해 원천 이미지 데이터를 적절하게 재포맷한다. 특히, 드라이버 제어기(29)는 원천 이미지 데이터를 래스터 유사 포맷(raster like format)을 가진 데이터 흐름으로 재포맷하여 디스플레이 어레이(30)에 걸쳐 스캐닝하기에 적합한 시간 순서를 가진다. 다음에, 드라이버 제어기(29)는 포맷된 정보를 어레이 드라이버(22)에 보낸다. 비록 LCD 제어기와 같은 드라이버 제어기(29)가 독립형 집적 회로(stand-alone Integrated Circuit(IC))로서 시스템 프로세서(21)와 종종 관련되지만, 이러한 제어기들은 다양한 방법들로 구현될 수도 있다. 이들은 프로세서(21) 내에 하드웨어로서 삽입될 수 있거나, 소프트웨어로서 프로세서 내에 삽입될 수도 있거나, 또는 어레이 드라이버(22)와 함께 하드웨어에 완전히 일체화될 수도 있다.

<61> 전형적으로, 어레이 드라이버(22)는 포맷된 정보를 드라이버 제어기(29)로부터 입수하고 디스플레이의 x-y 매트릭스 화소들로부터 나온 수백, 때로는 수천개의 인출선에 초당 여러번 인가되는 병렬 세트의 파형들로 비디오 데이터를 재포맷한다.

<62> 일 실시예에 있어서, 드라이버 제어기(29), 어레이 드라이버(22) 및 디스플레이 어레이(30)는 여기서 설명하는 디스플레이들의 유형 중 어느 것에나 적합하다. 예를 들어, 일 실시예에 있어서, 드라이버 제어기(29)는 종래의 디스플레이 제어기 또는 쌍안정 디스플레이 제어기(예를 들어, 간섭계 변조기 제어기)이다. 다른 실시예에 있어서, 어레이 드라이버(22)는 종래의 드라이버 또는 쌍안정 디스플레이 드라이버(예를 들어, 간섭계 변조기 드라이버)이다. 일 실시예에 있어서, 드라이버 제어기(29)는 어레이 드라이버(22)와 일체형이다. 이러한 일 실시예는 이동 전화기, 시계 및 기타 소형 디스플레이와 같은 고집적 시스템에 있어서 일반적이다. 또 다른 실시예에 있어서, 디스플레이 어레이(30)는 전형적인 디스플레이 어레이 또는 쌍안정 디스플레이 어레이(예를 들어, 간섭계 변조기들의 어레이를 포함하는 디스플레이)이다.

<63> 입력 장치(48)는 사용자로 하여금 예시적 디스플레이 장치(40)의 동작을 제어하도록 한다. 일 실시예에 있어서, 입력 장치(48)는 QWERTY 키보드 또는 전화기 키패드와 같은 키패드, 버튼, 스위치, 터치 센스 스크린, 또는 감압 또는 감열 막을 포함한다. 일 실시예에 있어서, 마이크(46)는 예시적 디스플레이 장치(40)에 대한 입력 장치이다. 이 장치에 데이터를 입력하기 위해 마이크(46)가 사용되는 경우, 음성 명령들이 사용자들에 의해 제공되어 예시적 디스플레이 장치(40)의 동작들을 제어할 수도 있다.

<64> 전력 공급 장치(50)는 당업계에 잘 알려져 있는 다양한 에너지 저장 장치들을 포함할 수 있다. 예를 들어, 일 실시예에 있어서, 전력 공급 장치(50)는 니켈-카드뮴 배터리 또는 리튬 이온 배터리와 같은 충전용 배터리이다. 다른 실시예에 있어서, 전력 공급 장치(50)는 재생 가능 에너지 원, 커패시터, 또는 플라스틱 태양 전지, 태양 전지 페인트를 비롯한 태양 전지이다. 다른 실시예에 있어서, 전력 공급 장치(50)는 벽에 붙은 콘센트에서 전력을 받도록 구성된다.

<65> 몇몇 실시예에 있어서, 제어 프로그램은 앞서 설명한 바와 같이 전자 디스플레이 시스템 안의 몇몇 장소에 위치될 수 있는 드라이버 제어기 내에서 존재한다. 몇몇 실시예에 있어서, 제어 프로그램은 어레이 드라이버(22) 내에 존재한다. 당업자들은 앞서 설명한 최적화들을 다수의 하드웨어 및/또는 소프트웨어 구성 요소들 및 다양한 형태로 구현할 수도 있음을 인식할 것이다.

<66> 앞서 설명한 원리들에 따라서 작동되는 간섭계 변조기의 상세한 구조는 매우 다양할 수 있다. 예를 들어, 도 7a 내지 도 7e는 가동 반사층(14) 및 그의 지지 구조체들의 다섯 개의 서로 다른 실시예를 나타낸다. 도 7a는 도 1의 실시예의 단면도인데, 여기서 금속물질(14)의 스트립은 직교로 연장된 지지부(18) 상에 증착된다. 도 7b에 있어서, 가동 반사층(14)은 줄(32) 상에 단지 가장자리에서 지지부(18)에 부착된다. 도 7c에 있어서, 가동 반사층(14)은 가요성 금속을 포함할 수도 있는 변형가능한 층(34)으로부터 매달려 있다. 변형가능한 층(34)은 해당 변형가능한 층(34) 주변의 기판(20)에 직접적으로 혹은 간접적으로 연결된다. 여기서, 이들 연결부를 지지 구조체라 칭하며, 이것은 분리된 지주 혹은 기둥 및/또는 연속 벽 혹은 레일의 형태를 취할 수 있다. 도 7d에 예시된 실시예는 변형가능한 층(34)이 안착되는 지지 플러그(42)를 포함하는 지지 구조체(18)를 가진다. 도 7a 내지 도 7c에 도시된 바와 같이, 가동 반사층(14)은 캐비티 위에 떠있지만, 변형가능한 층(34)은 해당 변형가능한 층(34)과 광학 적층부(16) 사이의 홀들을 채움으로써 지지 기둥들을 형성하지 않는다. 오히려, 지지 기둥(18)들은 지지 기둥 플러그(42)를 형성하는데 사용되는 평탄화 재료로 형성된다. 도 7e에 예시된 실시예는 도 7d에 도시된 실시예를 기초로 하지만, 도시되지 않은 추가적인 실시예들뿐만 아니라 도 7a 내지 도 7c에 도시된 실시예 중 어느 것과 함께 작용하도록 채용될 수도 있다. 도 7e에 도시된 실시예에 있어서, 버스 구조체(bus structure)(44)를 형성하는 데 금속 또는 다른 전도성 물질로 이루어진 여분의 층이 사용되고 있다. 이것에 의해 신호는 간섭계 변조기들의 뒤쪽을 따라 흐르는데, 그렇지 않다면 기판(20) 상에 형성될 필요가 있었을 많은 전극들이 필요 없게 된다.

<67> 도 7에 도시된 것들과 같은 실시예에 있어서, 간섭계 변조기들은 직시형(direct-view) 장치로서 기능하는 데, 여기서 이미지들은 투명 기판(20)의 앞면으로부터 보이고 그 반대편에는 변조기들이 배열되어 있다. 이들 실시예에 있어서, 반사층(14)은 변형가능한 층(34)을 포함하는 기판(20)의 반대편 반사층 쪽에 있는 간섭계 변조기의 일부를 광학적으로 차단한다. 이것에 의해 차단된 영역은 화질에 나쁜 영향을 미치는 일없이 구성되고 작동될 수 있게 된다. 이러한 차단은 도 7e의 버스 구조체(44)를 가능하게 하여, 어드레싱(addressing) 및 그 어드레싱에 기인한 움직임과 같은 조절 장치의 전자 기계적 특성들과 상기 변조기의 광학적 특성들을 분리할 수 있는 능력을 제공한다. 이 분리 가능한 변조기 구조체로 인해 해당 변조기의 광학적 측면들 및 전자 기계적 측면들에 대해 사용되는 재질들 및 구조 설계가 선택되어 서로 독립적으로 기능하게 된다. 더욱이, 도 7c 내지 도 7e에 도시된 실시예는 변형가능한 층(34)에 의해 수행되는, 기계적 특성들로부터 반사층(14)의 광학적 특성들을 분리함으로써 얻어지는 추가적인 장점들을 가진다. 이로 인해 반사층(14)에 사용되는 구조 설계 및 재질들이 광학적 특성에 대해서 최적화되고, 변형가능한 층(34)에 사용되는 구조 설계 및 재질들이 원하는 기계적 특성에 대해서 최적화된다.

<68> 소정의 실시예에 있어서, 도 7a에 예시된 가동 반사층(14) 또는 도 7c 내지 도 7e의 가동 반사층(14)과 기계층(34)의 조합과 같은 가동 층에 추가적인 지지부를 제공하는 것이 바람직할 수도 있다. 간섭계 변조기 등의 광학 MEMS 장치에 있어서, 가동 층은 이하에 더욱 상세하게 설명될 반사 부계층(sublayer) 및 기계 부계층을 포함할 수도 있다. 이러한 지지부는 개별 변조기 요소의 에지(즉, 가장자리)를 따라서 및/또는 이러한 요소의 내부에 위치할 수도 있는 일련의 지지 구조체에 의해 제공될 수도 있다. 다양한 실시예에 있어서, 이들 지지 구조체는 가동 층의 위나 아래에 위치할 수도 있다. 대안적인 실시예에 있어서, 지지 구조체는 해당 지지체가 기계층 아래와 위에서부터 제공되도록 기계층 내에 형성된 개구부들을 통해서 연장될 수도 있다. 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, "리벳"이라는 용어는 일반적으로 MEMS 장치 안에 있는 기계층 위에 놓인 패터닝된 층을 의미하는데, 이것은 기둥 또는 지지부 영역 안에 있는 오목부 또는 함몰부 안에 일반적으로 위치하여 기계층을 위한 기계적 지지부를 제공한다. 항상 그런 것은 아니지만, 바람직하게는 리벳은 기계층의 상부면 위에 놓이는 날개들을 포함하여 기계층의 움직임에 안정성 및 예측 가능성을 부가한다. 유사하게는, 기계층을 위한 기계적 지지부를 제공하는 MEMS 장치 내의 기계층 아래에 놓이는 지지 구조체들은 일반적으로 본 명세서에서 지지 "기둥"을 의미한다. 본 명세서의 많은 실시예에 있어서, 바람직한 재료들은 유기 레지스트 재료들에 대하여 안정적인 무기물이다.

<69> 이러한 지지 구조체의 예시적인 레이아웃(layout)이 도 8에 도시되어 있는데, 이것은 MEMS 요소들의 어레이를 나타낸다. 몇몇 실시예들에 있어서, 어레이는 간섭계 변조기들의 어레이를 포함할 수도 있지만, 대안적인 실시예들에 있어서는 MEMS 요소들은 가동 층을 가지는 임의의 MEMS 장치들을 포함할 수도 있다. 예시된 실시예에서

는 아래에 놓인 기둥 구조체이지만 다른 실시예에서는 위에 놓이는 리벳 구조체일 수 있는 지지 구조체(62)는 가동 층(66)의 에지를 따라서 그리고 본 예에서는 간섭계 변조기 요소인 MEMS 요소의 내부 모두에 위치함을 알 수 있다. 임의의 지지 구조체는 레일 구조체(64)를 포함할 수도 있는데, 이것은 두 개의 인접한 가동층(66) 사이에 있는 갭(65)을 가로질러 연장된다. 가동 층(66)은 동일한 칼럼 내에서 다수개의 인접한 요소(60)를 통해 연장되는 변형 가능한 물질로 이루어진 스트립을 포함한다는 것을 알 수 있다. 레일 구조체(64)는 가동층(66)의 스트립에 의해 규정된 상부 전극과 교차하는 로우를 규정하는 하부 전극과 병렬로 배열된다. 상기 지지 구조체(62)는 요소들 또는 화소(60) 내에 있는 가동 층(66)에 강성을 제공하는 기능을 하고, 또한 레일 구조체(64)와 함께, 상부 전극이 수직으로 이동할 수 있는 캐비티를 규정하도록 상부 전극과 하부 전극을 분리하는 기능을 한다.

<70> 유리하게는, 이들 지지 구조체(62)는 변조기 요소(60)의 주변 영역과 관련하여 작게 만들어진다. 지지 기둥은 가동 층(66)의 휘어짐을 억제하고 일반적으로 불투명할 수도 있기 때문에, 지지 구조체(62)를 직접적으로 둘러싸고 그 아래에 위치하는 영역은 디스플레이에서 활성 역역으로서 사용 가능하지 않고, 따라서, 이들 영역에서의 가동 층은 완전 작동 위치(예를 들어, 도 7a의 가동 층(14)의 하부면의 일부가 광학 적층부(16)의 상부면과 접촉하는 곳)로 이동 가능하지 않다. 이것은 기둥을 둘러싸고 있는 영역들에서 바람직하지 않은 광학적 효과들을 야기할 수도 있기 때문에, 의도하는 색깔을 손상시킬 수도 있는 이들 영역에서의 과도한 반사를 피하기 위해, 유리하게는 지지 구조체와 뷰어(viewer) 사이에 어두운 혹은 "흑색" 마스크 층이 제공될 수도 있다.

<71> 임의의 실시예에 있어서, 이들 지지 구조체는 그 형상을 유지하도록 돕는 가동층의 상부 및/또는 하부에 실제적으로 강성을 가진 구조체와 더불어 가동 층 내에 함몰부를 포함할 수도 있다. 이러한 지지 구조체는 폴리머 재료로 형성될 수 있지만, 바람직하게는 보다 강성이 큰 무기물 재료를 사용하여, 폴리머 재료를 포함하는 유사한 구조체를 능가하는 장점을 제공한다.

<72> 예를 들어, 폴리머 지지 구조체는 넓은 범위의 작동 온도에 걸쳐서 바람직한 수준의 강성으로 유지되지 않을 수도 있고, 장치의 수명에 걸쳐 점진적인 변형 또는 기계적인 결함이 발생될 수도 있다. 이러한 결함들은 가동 층과 광학 적층부 사이의 거리에 영향을 미칠 수도 있고, 이 거리는 적어도 부분적으로 간섭계 변조기 요소에 의해 반사되는 파장을 결정하기 때문에 이러한 결함들은 작동 온도의 변화 또는 시간 경과에 따른 마모로 인한 반사된 색의 변화를 초래할 수도 있다. 지지부가 폴리머 재료로 형성된 경우 다른 MEMS 장치들도 유사한 경시 열화를 겪게 된다.

<73> 아래쪽에 놓이는 리벳 지지 구조체를 포함하는 간섭계 변조기 요소를 형성하기 위한 일 공정을 도 9a 내지 도 9j를 참조하여 설명한다. 도 9a에서, 예를 들어 유리 또는 투명 폴리머 재료를 포함할 수도 있는 투명한 혹은 투광성 기판(70)이 제공됨을 알 수 있다. 다음에, 인듐 주석 산화물(ITO)을 포함할 수도 있는 도전층(72)이 투명 기판 위에 증착되고, 크롬을 포함할 수도 있는 부분 반사층(74)이 도전층(72) 위에 증착된다. 일 실시예에서 도전층(72)은 ITO를 포함할 수 있고, 이하의 명세서에서 있어서 여러 곳에서 그렇게 칭해질 수도 있음에도 불구하고, 도전층(72)은 임의의 적당한 도전 재료를 포함할 수도 있고, 비광학적 MEMS 구조체에 대해서는 투명할 필요가 없다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 유사하게는, 크롬층으로 칭해질 경우도 있지만, 부분 반사층(74)은 임의의 적당한 부분 반사층을 포함할 수도 있고, 비광학 MEMS 구조체에 대해서는 생략될 수도 있다.

<74> 다음에, 도전층(72) 및 부분 반사층(74)이 패터닝되고 에칭되어 로우 전극(row electrode)이라고도 불리는 하부 전극을 형성하며, 이것은 도 8의 가동 층(66)과 교차(즉, 직교)하여 뻗어, MEMS 요소의 로우를 어드레스하는 데 이용될 것이다. 임의의 실시예에 있어서, 도전층(72) 및 부분 반사층(74)은 유리하게는 패터닝되고 에칭되어 지지 기둥 구조체가 위치할 영역들 아래에 놓이는 크롬 및 ITO를 제거하여, 도 9b에 도시된 바와 같은 개구부(76)를 형성한다. 바람직하게는, 이러한 패터닝 및 에칭은 로우 전극을 형성하는 동일한 공정에 의해 수행된다. 지지 구조체 아래에 놓이는 ITO 및 크롬(또는 다른 도전 물질들)의 제거에 의해 위에 놓인 도전층, 예컨대 가동 층과 하부 전극 사이의 단락의 위험을 최소화한다. 따라서, 도 9b 및 그 후속의 도면들은 도전층(72) 및 부분 반사층(74)에 의해 형성된 연속적인 로우 전극의 단면을 도시하는데, 여기서 분리된 개구부(76)는 에칭되어 있고 이들 개구를 통해서 연장된 라인을 따라 취해진 단면이 얻어진다. 개구부(76)를 형성하기 위해 도전층(72) 및 부분 반사층(74)을 에칭하지 않는 다른 실시예에 있어서, 이하에 논의되는 유전체층은 하부 전극과 가동 층 사이의 단락을 충분히 방지할 수 있다.

<75> 도전층(72) 및 부분 반사층(74)은 포토리소그래피를 통해 패터닝될 수도 있고, 예컨대 시판중인 습식 에칭액을 이용해서 에칭될 수도 있다. 크롬 습식 에칭액은 아세트산($C_2H_4O_2$) 및 세륨 암모늄 질산염[$Ce(NH_4)_2(NO_3)_6$]의 용액을 포함한다. ITO 습식 에칭액은 HCl, HCl과 HNO_3의 혼합물, 또는 75%/3%/22% 비의 $FeCl_3$/HCl/DI와 H_2O의 혼

합물을 포함한다. 개구부(76)가 일단 형성되면, 도 9c에서 알 수 있는 바와 같이, 유전체 층(78)은 도전층(72) 및 부분 반사층(74) 위에 증착되어, 광학 적층부(16)를 형성한다. 광범위한 적절한 재료를 사용할 수 있지만, 임의의 실시예에 있어서, 유전체 층은 SiO_2 또는 SiN_x를 함유할 수도 있다.

<76> 간섭계 변조기 요소가 작동하여(내려가서) 가동 층(66)이 광학 적층부와 접촉할 때, 광학 적층부(16)를 형성하는 층들의 두께 및 위치는 간섭계 변조기 요소에 의해 반사되는 색깔을 결정한다. 임의의 실시예들에서, 가동층이 작동 위치에 있을 때 간섭계 변조기 요소는 실제적으로 어떤 가시 광선도 반사하지 않도록(검게 보이도록) 광학 적층부가 구성된다. 전형적으로, 바람직한 두께는 내려간 상태에서 간섭계 변조기에 의해 반사된 소망의 색깔 및 재료의 굴절률의 양쪽 모두에 의거해서 변화하는 것을 알 수 있지만, 유전체 층(78)의 두께는 약 450 Å이다. 유전체 층(78)은 간략하게 하기 위하여 평판형(유전체 층(78)이 스핀 온 글라스(spin-on glass)인 경우 얻을 수 있음)으로 도시하였지만, 전형적으로 도전층(72) 및 부분 반사층(74)으로 형성된 패터닝된 하부 전극 위에 순응한다.

<77> 다음에, 도 9d에 나타낸 바와 같이, 이 희생물질 층(즉, 희생층)(82)은 유전체 층(78) 위에 증착된다. 임의의 실시예에 있어서, 이러한 희생층(82)은 불소계 에칭액, 특히 XeF_2에 의해 에칭 가능한 물질로 형성된다. 예를 들어, 희생층(82)은 몰리브덴 또는 비정질 실리콘(a-Si: amorphous silicon)으로 형성될 수도 있다. 다른 실시예에 있어서, 희생층은 탄탈 또는 텅스텐을 포함할 수도 있다. 희생 물질들로서 사용 가능한 다른 물질들은 실리콘 질화물, 임의의 산화물 및 유기 물질을 포함한다. 증착된 희생층(82)의 두께는 광학 적층부(16)와 가동층(66) 사이의 거리를 결정할 것이고, 따라서 간섭계 갭(19)의 치수를 규정한다(도 7a 참조). 상기 갭(19)의 높이가 비작동 위치에서 간섭계 변조기 요소에 의해 반사되는 색깔을 결정하기 때문에, 희생층(82)의 두께는 간섭계 변조기의 목적하는 특성들에 따라 다양할 것이다. 예를 들어, 비작동 위치에서 초록색을 반사하는 변조기 요소가 형성되는 일 실시예에서, 희생층(82)의 두께는 대략 2000 Å일 수도 있다. 다른 실시예에 있어서, 희생층은 상이한 색깔들을 생성하기 위해 상이한 간섭계 갭 사이즈들이 사용되는 다색 디스플레이 시스템 등의 MEMS 장치들의 어레이에 걸쳐서 다양한 두께를 가질 수도 있다.

<78> 도 9e에서, 희생층(82)은 패터닝되고 에칭되어 테이퍼링된 개구부(86)를 형성하였음을 알 수 있다. 상기 개구부(86)는 ITO 및 크롬으로 이루어진 도전층(72) 및 부분 반사층(74) 속에 잘라낸 개구부(76) 위에 놓인다. 이들 개구부(86)는 포토리소그래피를 이용하여 희생층을 마스킹하고 이어서 습식 또는 건식 에칭을 수행하여 희생물질의 일부 영역들을 제거함으로써 형성될 수도 있다. 적당한 건식 에칭액으로는 SF_6, CF_4, Cl_2, 또는 이들 기체의 O_2와의 임의의 혼합물, 또는 He이나 Ar과 같은 불활성 기체를 들 수 있지만, 이들로 한정되는 것은 아니다. Mo를 에칭하기에 적당한 습식 에칭액으로는 PAN 에칭액을 들 수 있으며, 이것은 인산, 아세트산, 질산 및 탈이온수의 16:1:1:2 비의 혼합물일 수 있다. 비정질 실리콘은 KOH 및 HF 질산염을 포함하는 습식 에칭액에 의해 에칭될 수 있다. 그러나, 바람직하게는 건식 에칭이 테이퍼링된 개구부(86)의 모양을 더욱 잘 조절할 수 있기 때문에, 희생층(82)을 에칭하는 데 건식 에칭이 사용된다.

<79> 다음에, 도 9f에서, 패터닝된 희생층(82) 위에 무기물 기둥 재료로 이루어진 층(84)이 증착되므로, 이 무기물 기둥층(84)도 테이퍼링된 개구부(86)의 측벽과 바닥을 피복한다. 임의의 실시예에 있어서, 상기 무기물 기둥층(84)은 희생층(82)보다 얇아, 희생층(82) 위에 순응한다. 임의의 실시예에 있어서, 무기물 기둥층(84)은 실리콘 질화물(SiN_x) 또는 SiO_2를 포함할 수 있지만, 광범위한 다른 재료를 사용할 수 있고 그 중 일부는 이하에 더욱 상세하게 설명한다.

<80> 도 9g에 있어서, 무기물 기둥층(84)이 패터닝되고 에칭되어 무기물 기둥(88)을 형성한다. 따라서, 무기물 기둥층(84)은 희생층(82)에 영향을 미치지 않고 유지하면서 무기물 기둥층(84)의 에칭을 허용하도록 바람직하게는 밑에 있는 희생층(82)에 대해서 선택적으로 에칭가능하다. 그러나, 무기물 기둥층(84)이 희생층(82)에 대해서 선택적으로 에칭가능하지 않다면, 무기물 기둥층(84)과 희생층(82) 사이에 에칭 중지층(도시 생략)을 설치할 수도 있다.

<81> 도 9g에 있어서는, 무기물 기둥(88)은 테이퍼링되어, 개구부(86)의 테이퍼링된 혹은 비탈진 측벽처럼 위에 있는 층들의 연속적이고 순응적인 증착을 용이하게 하는 것이 바람직한 것을 알 수 있다. 또, 예시된 실시예에 있어서 기둥 구조체(88)는 희생층(82)보다 얇은 두께를 가지고, 실질적으로 평탄한 바닥부(89), 비탈진 측벽부(87) 및 희생 물질의 일부를 넘어 뻗어있는 실질적으로 수평방향의 날개부(85)를 포함하는 것을 알 수 있다. 이와 같이 해서, 상기 기둥(88)은 위에 있는 가동층(66)(도 9h 참조)을 지지하여 가동층(66)이 덜 평탄한 에지부 위에 증착되어 있는 경우 일어날 수도 있는 응력 및 얻어지는 바람직하지 않은 휘어짐을 최소화하기 위하여 상기

기둥의 에지부에 실질적으로 평탄한 면을 제공하는 것이 유리하다. 도 9h의 기둥(88)과 같은 구조체를 테이퍼링하는 방법의 상세는 이하 도 11a 내지 21을 참조해서 설명한다.

<82> 일 실시예에 있어서, 무기물 기둥층(84) 및 얻어지는 기둥(88)은 DLC(diamond-like carbon)를 포함한다. DLC 무기물 기둥층(84)은, 매우 경질이고 단단한 것에 부가해서(SiO_2보다 대략 10배 단단함), O_2 건식 에칭에 의해 에칭된다. 유리하게는, O_2 건식 에칭은, 이들로 한정되지는 않지만 Mo 및 a-Si 희생 물질뿐만 아니라 전술한 기타 희생 물질을 비롯한 광범위한 희생 물질에 대해서 고도로 선택적이다. 따라서, DLC를 포함하는 무기물 기둥은, 위에 있는 가동 혹은 기계층을 MEMS 작업 동안 아래쪽으로 잡아당길 때 지지 기둥(88)의 에지의 가능한 하향 굴곡량을 경감시키면서 광범위한 재료에 대해 비교적 온화한 에칭액의 이용을 허용하는 매우 단단한 기둥을 제공한다.

<83> 도 9h에서는, 다음에, 가동층(66)(예컨대, 도 7a의 가동 반사층(14))을 형성하게 될 성분이 테이퍼링된 개구부(86)을 라이닝하는 에칭된 희생층(82) 위에 증착되는 것을 알 수 있다. 도 9h의 실시예에 있어서, 미러 혹은 미러층으로도 불리는 고도의 반사층(90)이 먼저 증착되고, 이어서, 기계층(92)이 증착된다. 상기 고도의 반사층(90)은 넓은 범위의 파장에 걸친 그들의 높은 반사율로 인해 알루미늄 또는 알루미늄 합금 등의 반사성 금속으로 형성될 수 있다. 기계층(92)은 Ni 및 Cr 등의 금속을 포함할 수 있고, 또한, 잔류 인장응력을 수용하도록 형성되는 것이 바람직하다. 상기 잔류 인장응력은 상기 변조기가 비작동되거나 "이완"된 경우, 광학 적층부(16)로부터 가동층(66)을 떼어 놓는 경향이 있는 기계력을 제공한다. 편의상, 고도의 반사층(90)과 기계층(92)의 조합은 일괄적으로 가동층(66)이라 지칭되지만, 본 명세서에서 이용되는 바와 같은 가동층이란 용어는 도 7c의 기계층(34) 및 가동 반사층(14) 등과 같은 부분적으로 분리된 기계 및 반사층도 망라하는 것으로 이해할 필요가 있다.

<84> XeF_2 에칭액에 의해 희생층이 "이형"(release) 에칭되는 일 실시예에 있어서, 반사층(90) 및 기계층(92)은 모두 XeF_2 에칭에 대해 내성이 있는 것이 바람직하다. 이들 층의 어느 한 층이 내성이 없다면, 이형 에칭에 노출된 비내성층 표면을 보호하기 위해 에칭 중지층이 이용될 수 있다. 유사하게는, 기둥(88)은 이형 에칭에 대해 내성이 있거나, 또는 대안적으로 에칭 중지층에 의해 보호되는 것이 바람직하다. 또한, 기둥(88)의 에지의 테이퍼가 반사층(90) 및 기계층(92)의 순응 증착을 용이하게 하는 것도 알 수 있다. 이 테이퍼가 없다면, 이들 층은 개구부(86) 내 및 외부의 면에 대해 실질적으로 균일한 두께를 가지도록 증착되기가 곤란할 수도 있다

<85> 대안적인 실시예에서, 가동 층(66)은 고반사성이고 원하는 기계적 특성을 가지는 단층일 수도 있다. 그러나, 두 개의 별개의 층들의 증착은 가동 층(66)에서 단일 재료로서 사용되는 경우 적당하지 않을 수도 있는 고도의 반사 재료의 선택을 가능하게 하고, 유사하게는 그 반사적 특성들에 상관없이 적당한 기계층(소정의 가요성 및 고유의 장력을 가진)의 선택을 허용한다. 또 다른 실시예에 있어서, 가동 층은 반사층이 구부러지는 일없이 수직으로 병진이동가능하도록 전기 및 기계층으로부터 크게 떨어진 반사 부계층일 수 있다(예를 들어, 도 10a 내지 도 10f 및 이에 따른 설명 참조).

<86> 형성되는 MEMS 장치들이 비광학 MEMS 장치들(예를 들어, MEMS 스위치)을 포함하는 다른 실시예에 있어서, 가동층(66)은 반사 물질을 포함할 필요가 없다는 것이 이해될 것이다. 예를 들어, MEMS 스위치들과 같은 MEMS 장치가 본 명세서에 논의되는 지지 구조체들을 포함하여 형성되는 실시예에 있어서, 가동 층(66)의 아래쪽은 반사될 필요가 없고, 유리하게는 기계적 특성들 또는 다른 원하는 특성들에 기초하여 단독으로 선택된 단일층일 수도 있다.

<87> 다음에, 도 9i에서, 기계층(92)을 패터닝하고 가동층(66)(예컨대 기계층(92) 및 반사층(90))을 에칭하여 에칭 구멍(100)을 형성하기 위해 포토리소그래피가 사용된다는 것을 알 수 있다. 여기서, 에칭 구멍(100)은 희생층의 "이형" 에칭을 용이하게 하기 위해 희생층(82)의 일부 영역들을 노출시킨다. 임의의 실시예에서, 희생층을 노출시키기 위해 다수의 에칭액이 이용된다. 예를 들어, 기계층(92)이 니켈을 포함하고 반사층(90)이 알루미늄을 포함한다면, HNO_3는 기계층을 에칭하는데 사용될 수도 있고, 인산 또는 NH_4OH, KOH, THAM 또는 NaOH와 같은 염기는 반사층(90)을 에칭하는데 사용될 수도 있다. 또한, 이러한 패터닝 및 에칭은 가동 층(66)(도 8 참조)의 스트립들 사이에서 갭(65)들을 에칭하여 MEMS 장치들의 칼럼들을 서로 분리함으로써 도 8에 도시된 스트립 전극들을 규정하는데 사용될 수도 있다.

<88> 마지막으로, 도 9j에서, 희생층을 제거하기 위해 이형 에칭이 수행되어 간섭계 갭(19)을 생성한다는 것을 알 수 있는데, 여기서 가동 층(66)은 간섭계 갭(19)을 통해 움직일 수 있다. 임의의 실시예에서, 희생층(82)를 제거

하기 위해서 XeF_2가 사용된다. XeF_2는 바람직한 희생 물질들을 충분히 에칭하고 앞서 논의된 공정들에서 사용된 다른 재료들에 대해서 매우 선택적이기 때문에, XeF_2의 사용으로 인해 유리하게는 주변 구조체들에 거의 영향을 주지 않고 희생 물질을 제거할 수 있다.

<89> 전술한 바와 같이, MEMS 장치, 특히 간섭계 변조기의 임의의 실시예는 기계층을 부분적으로 분리시키는 반사층을 포함하는 가동층을 포함한다. 도 10a 내지 도 10f는 이러한 MEMS 장치, 예시된 실시예에서는 간섭계 변조기에 있어서 기계층 밑에 있는 개별의 미러 구조체를 형성하는 예시적인 공정을 나타낸다. 이 공정은 예를 들어 광학 적층부가 증착되고 이 광학 적층부 위에 희생층이 적층되는 도 9a 내지 도 9d에 대해서 설명한 단계들을 포함할 수 있다.

<90> 도 10a에 있어서, 반사층(90)은 희생층(82) 위에 증착되는 것을 알 수 있다. 소정의 실시예에 있어서, 반사층(90)은 반사 재료의 단일 층을 포함할 수 있다. 다른 실시예에 있어서, 반사층(90)은 희생 물질의 얇은 층 위에 놓이는 더욱 강성의 재료(도시 생략)의 층으로 반사 재료의 얇은 층을 포함할 수 있다. 본 실시예의 반사층은 위에 놓이는 기계층으로부터 부분적으로 분리될 것이므로, 반사층(90)은 부분적으로 분리되는 경우에도 광학 적층부(16)에 대해서 실질적으로 평탄한 위치에 유지되도록 충분히 강성을 가지는 것이 바람직하며, 상기 광학 적층부로부터 떨어져서 위치된 반사층 쪽 상에 강직성 층을 포함하는 것은 원하는 강성을 제공하는 데 이용될 수 있다.

<91> 도 10b에 있어서, 도 10a의 반사층(90)은 패터닝되어 패터닝된 미러층(200)을 형성한다. 일 실시예에 있어서, 상기 패터닝된 미러층(200)은 지지 구조체(보다 넓거나 좁은)의 위치에 대응하는 개구부가 형성되어 있는 연속층을 포함한다. 다른 실시예에 있어서, 상기 패터닝된 미러층(200)은 서로 분리된 다수의 반사 구역을 포함할 수도 있다.

<92> 도 10c에 있어서, 제2희생층(196)은 패터닝된 미러층(200) 위에 증착된다. 바람직하게는, 제2희생층(196)은 제1희생층(82)과 동일한 재료로 형성되거나, 또는 제1희생층(82)과 동일한 에칭액에 의해 주변 재료에 대해서 선택적으로 에칭될 수 있다.

<93> 도 10d에 있어서, 테이퍼링된 개구부(86)는 제2희생층(196)과 제1희생층(82)의 양쪽 모두를 통해 연장되어 형성된다. 또, 도 10d에 있어서 알 수 있는 바와 같이, 개구부(208)는 패터닝된 미러층(200) 위에 놓이는 제2희생층(196)의 일부에 형성되어, 패터닝된 미러층(200)의 적어도 일부를 노출시킨다.

<94> 도 10e에 있어서, 기계층(92)은 패터닝된 희생층(196), (82) 및 패터닝된 미러층(200)의 노출 부분 위에 증착된다. 특히, 개구부(208)(도 10d 참조)를 적어도 부분적으로 채우므로, 기계층(92) 및 패터닝된 미러층(200)과 연결된 접속부(202)가 형성되는 것을 알 수 있다.

<95> 도 10f에 있어서, 제1희생층(82)과 제2희생층(196)의 양쪽 모두를 제거하는 이형 에칭이 수행됨으로써, 패터닝된 미러층(200)과 광학 적층부 사이에 간섭기 갭(19)을 형성한다. 이와 같이 해서, 광학 MEMS 장치가 형성되고, 이것은 패터닝된 미러층(200)이 매달려 있는 기계층(92)을 포함하는 가동층(66)을 내포하며, 여기서 패터닝된 미러층(200)은 기계층(92)으로부터 부분적으로 분리된다. 이 광학 MEMS 장치는 예를 들어 간섭계 변조기, 예컨대 도 7c 및 다른 곳에서는 응용을 통해서 설명된 것일 수 있다. 비-광학 MEMS에 있어서, 매달린 상부 전극은 반사성일 필요는 없다.

<96> 도 10f의 실시예에 있어서, 패터닝된 미러층(200)이 재진입 에지면을 가지는 것은 바람직하지 않은 데, 그 이유는 미러층을 언더컷(undercut)하는 것은 입사광이 재진입 에지면을 벗어나 반사되어 뷰어를 향해 반사될 경우 바람직하지 않은 광학 효과를 초래할 수 있기 때문이다. 바람직하게는, 패터닝된 미러층(200)은 평탄한 하부면을 포함하므로, 패터닝된 미러층(200)에 의해 반사된 어떠한 광도 균일한 방향으로 반사된다. 패터닝된 미러층(200)이 충분한 언더컷 없이 실질적으로 평탄한 면을 포함하는 것을 확실하게 하는 하나의 방법은 패터닝된 미러층이 테이퍼링된 에지를 포함하도록 미러층을 에칭하는 것이다. 또한, 패터닝된 미러층(200)이 테이퍼링된 에지를 포함할 경우, 제2희생층 및 기타 밑에 있는 층들(예를 들어, 기계층)은 패터닝된 미러층(200) 위에 순응적으로 더욱 용이하게 증착될 수 있어, 보다 첨예한 90도 코너에서 발생되는 두께 불균일성 및 응력의 위험이 적게 된다.

<97> 이와 같이 해서, 위에 있는 층들이 패터닝된 층 위에 순응해서 증착되게 될 경우 또는 재진입 프로파일(re-entrant profile)을 피하기 위해 바람직한 경우를 비롯해서, MEMS 장치를 통해 다양한 위치에 테이퍼링된 에지를 형성하는 것이 바람직할 경우가 있다. 이러한 테이퍼링된 에지의 형성에 대해 이하에 몇몇 방법을

설명한다. 이들은 도 9a 내지 도 9j에 대해서 전술한 기둥 실시예에 대해서 주로 설명되어 있지만, 다른 구조체 및 방법의 사용도 상정되며(예컨대 도 10a 내지 도 10f의 미러층(200)의 패터닝에 있어서), 하기 구조체 및 방법의 변형을 통해 달성될 수도 있다. 소정의 실시예에 있어서, 이들 공정은 층을 패터닝해서 소정의 구조체를 형성하는 단계 및 그 구조체의 에지를 테이퍼링하는 단계를 포함한다. 때로는 2개의 별개의 단계로서 설명했지만, 패터닝과 테이퍼링은 종종 단일 단계를 포함하고, 추가의 실시예에 있어서, 구조체가 패터닝되면서 부분적인 테이퍼링이 일어나므로, 패터닝 및 테이퍼링은 동시에 수행될 수도 있는 것을 알 수 있다.

<98> 도 11a 및 도 11b에 대해서 설명하는 일 실시예에 있어서는, 에칭 유도층을 이용해서 소망의 테이퍼를 가진 에칭을 달성한다. 도 11a에 있어서, 무기물 기둥 재료의 층(84)은 희생층(82) 위에 증착되는 것을 알 수 있다. 에칭 유도층(270)은 기둥층(84) 위에 증착되고, 마스크(272)는 무기물 기둥이 될 영역 위에 형성된다. 본 실시예에 있어서, 에칭 유도층은 특정 에칭에 대해서 예시된 실시예에 있어서 밑에 있는 재료 혹은 기둥 재료(84)보다 에칭 속도가 빠른 재료가 되도록 선택된다. 소정의 실시예에 있어서, 기둥층(84)은 SiO_2 또는 SiN_x를 포함할 수 있다. 에칭 유도층은 SiO_2 또는 SiN_x를 비롯한 광범위한 재료를 포함할 수 있고, 이들 재료는 저온에서 증착되고; 밑에 있는 층보다 상당히 더욱 다공성이며; SiN_x 층 중의 질소의 상이한 조성물로 증착되거나; 또는 특히 산소 혹은 질소가 풍부하게 되도록 형성된다. 유사하게는, 수소 풍부 SiN_x 층이 사용될 수 있거나, 또는 저온에서 증착된 SiN_x의 층이 사용될 수 있다. Si는 HF/HNO_3 에칭액이 사용될 경우 SiO_2보다 빠르게 에칭되고, Al은 $HF + H_3PO_4$ 에칭액을 이용할 경우 SiO_2보다 빠르게 에칭될 것이다. 또한, Mo는 HF/HNO_3 또는 $HF/HNO_3/H_3PO_4$ 에칭액이 사용될 경우 SiO_2보다 빠르게 에칭될 것이다. BHF는 SiN_x를 에칭하는 데 통상 이용되지만, 기타 적절한 에칭액을 이용할 수도 있다. 각종 기타 에칭액 및 에칭 유도층이 무기물 기둥층(84)의 조성에 따라 이용될 수 있다. 사용되는 에칭액에 따라, 마스크(272)는 예컨대 Ni 등의 경질 마스크, 또는 포토레지스트 마스크로 형성될 수 있다. 특히, 습식 에칭액이 이용될 경우, 마스크(272)는 경질 마스크를 포함할 수 있다.

<99> 도 11b는 에칭액, 바람직하게는 등방성 에칭액에 노출된 후의 도 11a의 실시예를 도시하고 있다. 도시된 바와 같이, 에칭 유도층(270)은 기둥층(84)보다 빠르게 에칭되어 기둥층(84)의 상부면 및 측면을 모두 에칭액에 대해 노출시킨다. 기둥층(84)이 상부 및 측면으로부터 에칭되기 때문에, 테이퍼링된 측면이 이 에칭에 의해 형성된다. 이어서, 마스크(272) 및 나머지 에칭 유도층(270)의 한쪽 또는 양쪽 모두가 제거될 수 있다(도시 생략).

<100> 도 11a 및 도 11b의 구조체 및 방법은 테이퍼링된 에지를 가진 패터닝된 미러층의 형성에 이용하기 위해 채용될 수 있다. 일 실시예에 있어서, 도 11a 및 도 11b의 무기물 기둥층(84)은 알루미늄 층으로 대체될 수 있고, 에칭 유도층(270)은 예를 들어 더욱 빠르게 에칭되도록 증착된 알루미늄 층일 수 있다. 이것은, 예를 들어, 에칭 유도층이 보다 낮은 알루미늄 층의 증착보다 고압에서 증착되더라도 달성될 수 있다. 대안적인 실시예에 있어서, 에칭 유도층은 알루미늄보다 높은 에칭 속도를 가진 알루미늄 합금을 포함할 수 있다. 다른 실시예에 있어서, 알루미늄보다 높은 에칭 속도 및 바람직한 기계적 특성을 가진 임의의 적절한 재료를 이용할 수도 있다.

<101> 상기 실시예의 변형예를 도 12a 및 도 12b를 참조해서 설명하며, 이 변형예는 도 11a의 단계를 포함한다. 본 실시예에 있어서, 에칭 유도층(270) 및 밑에 있는 층(예시된 실시예에서는, 무기물 기둥 재료(84))은 서로에 대해서 선택적으로 에칭가능하다. 도 12a에 있어서, 에칭 유도층(270)은 제1(바람직하게는 등방성) 에칭액을 통해 기둥층(84)에 대해서 선택적으로 에칭되어, 기둥층(84)의 정상부의 일부를 노출시키는 것을 알 수 있다. 도 12b에 있어서, 제2(바람직하게는, 등방성) 에칭액을 이용해서 기둥층(84)을 상부 및 측면으로부터 에칭하고, 그 결과, 해당 도면에 도시된 테이퍼링된 에지로 된다. 테이퍼의 각도는 제1에칭액이 에칭 유도층(270)을 제거하도록 허용되는 정도에 의해, 그리고 제2에칭액이 마스크(272)와 기둥층(84) 사이의 공간 속으로 확산되는 속도에 의해 제어될 수 있다. 에칭 유도층(270)을 언더컷하도록 제2에칭액이 기둥층(84)을 에칭할 경우, 제1에칭액과 동일한 에칭액을 이용할 수 있는 제3에칭은 에칭 유도층(270)의 돌출부를 제거하기 위해 수행되어, 테이퍼링된 에지가 바람직하지 않은 돌출부 없이 형성될 수 있게 된다.

<102> 도 12a 및 도 12b의 구조체 및 방법도 테이퍼링된 에지를 가진 패터닝된 미러층의 형성에 사용하기 위해 채용될 수 있다. 일 실시예에 있어서, 도 12a 및 도 12b의 무기물 기둥층(84)은 알루미늄 층으로 대체될 수 있고, 에칭 유도층(270)은 니켈 층을 포함할 수 있고, 이것은 알루미늄에 대해서 선택적으로 에칭될 수 있다. 니켈 에칭 유도층은 먼저 HNO_3 습식 에칭 등을 통해서 에칭될 수 있고, 이것은 알루미늄 층에 대해서 선택적이다. 알루미늄 층은 다음에 H_3PO_4 습식 에칭을 통해 에칭될 수 있고, 이것은 니켈층에 대해서 선택적이다. 필요한

경우, 후속의 HNO_3 에칭이 수행되어, 테이퍼링된 알루미늄 층을 돌출시키는 니켈층의 어느 부분도 제거된다.

<103> 전술한 바와 같이, 에칭 유도층 및 마스크의 한쪽 또는 양쪽 모두는 무기물 기둥층을 에칭한 후 제거될 수 있다. 추가의 실시예에 있어서, 본 명세서에서 논의되는 임의의 실시예의 에칭 유도층이 선택되므로 단일 공정에서 에칭제거되거나 그렇지 않으면 제거될 수 있다. 특정 실시예에 있어서, 에칭 유도층은 PMGI 또는 PMMA 등의 폴리머 재료이고, 마스크는 포토레지스트 마스크이다. 포토리소그래피 공정 동안 언더컷이 수행되며, 추가의 에칭 단계를 필요로 하지 않는다. 본 실시예에 있어서, PR 마스크 및 폴리머 에칭 유도층의 양쪽 모두를 단일 에칭(제1에칭액과는 다른) 및 제거에 의해 제조공정을 간략화한다.

<104> 다른 실시예에 있어서, 소망의 테이퍼는 층에서의 상이한 높이에서 상이한 특성을 가지는 기둥층(84)의 퇴적을 통해서 달성될 수 있으므로, 별도의 에칭 유도층을 채용하기보다 오히려, 층(84)의 하부보다 빠른 속도로 에칭될 것이다. 도 13은 이러한 실시예를 도시한 것으로, 여기서, 층(84)의 특성은 해당 층의 형성(예를 들어, 증착) 동안 변화되므로, 층(84)은 테이퍼링된 형상으로 에칭되어 있다. 이러한 변화되는 특성은 다수의 방식으로 달성될 수 있다. 예를 들어, 플라즈마 화학적 증착 동안, 기체, 파워 및/또는 압력 등의 공정 조건은 특정 에칭에 의해 더욱 신속하게 에칭가능한 나중에 증착되는 재료의 조성을 만들기 위해 (두께를 통해 단계적으로) 변화될 수 있다. 이 변화는 또한 스퍼터 에칭 공정을 이용해서 달성될 수도 있다.

<105> 마찬가지로, 도 14에서 알 수 있는 바와 같이, 특성의 변화를 가진 무기물 기둥 재료의 단일층(84)은 약간 상이한 특성을 가진 다수 층의 증착을 통해 근사하게 될 수 있다. 본 실시예에 있어서, 3개의 별도의 층(84a), (84b) 및 (84c)이 제작되므로, 특정 에칭액에 노출시 층(84b) 및 (84c)의 에칭 속도는 층(84a)보다 빠르고, 층(84c)의 에칭 속도는 층(84b)보다 빠르다. 다양한 실시예에 있어서, 변화하는 혹은 균일한 두께를 가진 다소의 층은 이러한 희생 기둥층을 형성하도록 증착될 수 있다. 전술한 바와 같이, CVD 또는 스퍼터 에칭 공정의 각종 특성은 각 층에 대해 바람직한 상대적인 에칭 속도를 달성하기 위해서 다양한 기둥 층들의 증착 간에 변형될 수 있다. 이 공정은 또한 미러층 또는 임의의 기타 층의 증착에 대해서 적용될 수도 있다.

<106> 다른 실시예에 있어서, 도 15에 있어서 도시된 바와 같이, 마스크층(272)은 기둥층(84) 위에 증착될 수 있으므로, 마스크(272)와 기둥층(84) 간의 접착성은 의도적으로 나쁘다. 기둥층(84)의 에칭 동안, 마스크(272)는 기둥층(84)으로부터 떼어놓아, 기둥층(84)을 측면으로부터 뿐만 아니라 상부로부터 에칭시켜, 원하는 테이퍼링된 형상을 형성한다. 바람직하게는, 기둥층(84)을 에칭하는 데 이용되는 에칭은 습식 에칭 또는 등방성 건식 에칭이다. 레지스트 접착성은 예컨대 마스크(272)의 소성 온도를 낮추거나 혹은 기둥층(84)의 상부면을 화학 처리하여 레지스트(272) 혹은 기타 마스크 재료와의 접착성을 감소시킴으로써 제작 공정 동안 변질될 수 있다. 이 공정은 또한 미러층 또는 임의의 다른 층의 에칭에도 적용될 수 있다.

<107> 또 다른 실시예에 있어서, 테이퍼링된 에지는 무기물 기둥층 위에 포토레지스트 마스크의 증착 및 연속적인 에칭 및 애싱 공정들의 이용을 통해 포토레지스트 마스크의 일부를 점차로 제거하여 계단형상 구조물을 형성함으로써 근사하게 될 수 있다. 도 16a 내지 도 16d는 도 9j이 기둥 등의 무기 구조체의 에지에서 계단형상 패턴을 형성하는 방법을 도시하고 있다. 도 16a에 있어서, 에칭 배리어층(280)은 기둥 재료의 층(84)과 희생층(82) 사이에 형성된 것을 볼 수 있다. 이어서, 마스크층(282)은 기둥층(84) 위에 증착된다.

<108> 도 16b에 있어서, 노출된 기둥층(84)의 일부를 제거하기 위해 에칭을 수행한다. 예시된 실시예에 나타낸 바와 같이, 이 에칭은 단지 노출된 기둥층(84)의 일부를 제거할 수 있지만, 다른 실시예에 있어서, 제1에칭액은 기둥층의 전체 노출된 부분을 에칭하여 에칭 중지층(280) 상에서 중지될 수 있다.

<109> 도 16c에 있어서, 마스크(282)의 일부는 예컨대 애싱 공정에 의해 제거되고, 다른 에칭은 기둥층(84)의 또 다른 새롭게 노출된 부분을 제거하도록 수행된다. 이 공정은 이어서 기둥층(84)이 도 16d에 있어서 도시된 바와 같이 소정의 장소에 에칭 배리어층(282)까지 아래쪽으로 줄곧 에칭될 때까지 반복된다. 이와 같이 해서, 무기물 기둥(290)은 테이퍼링된 에지에 근사하는 계단형상 프로파일을 가진 에지를 갖도록 제작될 수 있다. 연속적인 에칭 및 애싱(또는 기타 마스트 감축 혹은 수축) 단계의 임의의 적절한 수가 사용될 수 있지만, 일 실시예에 있어서, 3회의 이러한 반복은 테이퍼링된 에지의 허용가능한 근사를 제공한다.

<110> 이 반복 에칭 및 애싱(또는 기타 마스크 감소 혹은 수축) 공정은 미러층의 에칭에도 적용될 수 있다. 일 실시예에 있어서, 미러층은 마스크되고, H_3PO_4 에칭액일 수도 있는 제1에칭액을 이용해서 노출된 미러층의 일부를 에칭한다. 다음에, 마스크는 부분적으로 애싱되어, 미러층의 이미 미에칭된 부분을 노출시키고, 이어서, 미러층은 제2에칭액을 이용해서 에칭하며, 제2에칭액은 임의의 실시예에 있어서는 제1에칭액과 동일할 수 있고 다른 실시예에서는 밑에 있는 희생 혹은 에칭 중지층에 대해서 더욱 선택적일 수 있는 TMAH 에칭액과 같이 상이한 에

칭액일 수도 있다.

<111> 다른 실시예에 있어서, 대안적인 반복 에칭 공정을 이용해서 테이퍼링된 에지를 가진 패터닝된 미러층을 형성할 수도 있다. 도 17a에 있어서, 반사층(90)은 제1희생층(82) 위에 증착되고, 에칭 유도층(290)은 그 반사층(90) 위에 증착되고, 이어서 포토레지스트 마스크(292)를 형성하는 것을 알 수 있다. 예시된 실시예에 있어서, 에칭 유도층(290)은 희생층(82)을 또한 에칭하게 되는 에칭액(예컨대, 불소 함유)에 의해 에칭가능하며, 특히 희생층, 예컨대, 몰리브덴과 동일한 재료를 포함할 수도 있다.

<112> 도 17b에 있어서, 반사층(90)은, 예컨대 알루미늄 및 몰리브덴의 양쪽 모두를 에칭하는 PAN 에칭액의 이용을 통해서 부분적으로 에칭되지만, 밑에 있는 희생층(82)은 이 에칭에 의해 노출되지 않는 것을 알 수 있다. 도 17c에 있어서, 노출된 반사층(90)의 나머지는 희생 물질에 대해서 선택적인 에칭액, 예컨대 H_3PO_4 에칭액을 이용해서 에칭된다. 희생 물질을 상당히 에칭하게 되는 에칭액에 대해서 밑에 있는 희생 물질을 노출시키지 않음으로써, 반사층(90)의 언더컷이 회피되어 원하는 테이퍼링된 형상이 얻어지게 된다.

<113> 도 17d에 있어서, 마스크(292)는 박리되어 있다. 도 17e에 있어서, 에칭 유도층(290)은 반사층(90)에 대해서 선택적인 에칭액, 예컨대 SF_6/O_2 에칭액에 의해 제거되어 있다. 밑에 있는 희생 물질(92)의 일부는 이 에칭액에 의해 제거될 수 있지만, 에칭액이 반사층(90)에 대해서 선택적이므로, 패터닝된 반사층(90)의 테이퍼링된 형상에 대해 영향을 미치지 않고, 따라서, 그 밑으로부터 반사층(90)을 에칭하지 않을 것이다.

<114> 테이퍼링된 에지를 형성하는 상기 방법은 주로 기둥의 에지를 정형하는 것에 관해서 설명되어 있었지만, 이들 방법은, 특히 지지체 영역에서 테이퍼링된 개구부를 개방할 때, 논의된 MEMS 장치의 다른 층, 예컨대, 전극층 또는 희생층의 테이퍼링된 에지를 형성하는 데 변형되어 적용될 수도 있음을 이해할 수 있을 것이다. 또한, 본 명세서에서 개시되고 설명된 공정들은, 해당 공정들이 테이퍼링된 에지를 포함하도록 하는 층의 에칭의 혜택을 받을 수 있을 때는 언제든지 이들 단계를 병합하도록 변형될 수도 있다. 이들 공정은 또한 MEMS 장치, 예컨대 개시된 간섭계 변조기를 형성하는 다른 방법과 관련해서 활용되는 것도 가능하다.

<115> 층 상에 테이퍼링된 에지의 형성과 관련되거나 그 대신에, 위에 있는 층들의 증착은 해당 층들이 에지에서 단차 피복을 향상하는 수개의 대안적인 방법에 의해 용이하게 수행될 수도 있다. 소정의 실시예에 있어서, 스퍼터 증착이 편향될 수 있으므로, 증착중인 재료의 일부 혹은 모두가 소정 각도로 증착되어, 모서리에서 더욱 피복을 제공하여 단차들을 테이퍼링하는 필요성을 감소시킬 수 있다. 다른 실시예에 있어서, 이들 층이 증착되고 있는 기판은 표적 구조체에 대해서 소정 각도로 기울어져 있을 수 있고, 또 다른 실시예에서는 증착 동안 회동시킬 수 있다. 다른 실시예에 있어서, 스퍼터 증착에 이용되는 표적 구조체의 프로파일은 소정의 부분들이 재료가 스퍼터되는 기판에 대해서 원하는 각도로 되도록 최적화될 수 있다. 또 다른 실시예에 있어서, 층이 증착되는 기판은 전후로 요동된다.

<116> 스퍼터 에칭은 또한 본 명세서에 기재된 처리들에 유리하게 이용될 수도 있다. 다른 층이 증착될 표면을 조면화 및 청정화하는 것에 부가해서, 스퍼터 증착과 관련해서 스퍼터 에칭을 이용할 수도 있다. 일 실시예에 있어서, 필요 이상으로 두꺼운 층이 증착되면, 원하는 두께로 스퍼터 에칭을 실시하여 보다 평활한 층(예컨대, 라운딩 코너에 의해)을 제공한다. 또 다른 실시예에 있어서, 스퍼터 에칭 및 증착이 교대로 실시될 수도 있다. 편향된 스퍼터를 이용해서 도전성 기판, 도전층, 혹은 도전성 지지체(예컨대, 척) 상의 기판 상에 단체 피복을 향상시키는 데 이용될 수도 있다. 예컨대, ALD(atomic layer deposition), AP-CVD(atmospheric pressure chemical vapor deposition), LP-CVP(low pressure chemical vapor deposition), HDP-CVD(high-density plasma chemical vapor deposition) 등의 기타 증착 공정들도 이용될 수 있고, 또한, 또 다른 실시예에 있어서, 이들 증착 공정들은 편향을 포함하도록 변형될 수도 있다. 이들 방법의 어느 것도 단차 피복을 향상시키기 위해 본 명세서에 기재된 처리들의 어느 것과 함께 사용될 수 있다. 또한, 소정의 실시예에 있어서, 이들 방법의 이용은 층 상에 테이퍼링된 에지를 형성할 필요성을 감소 혹은 제거하거나 또는 테이퍼링된 에지의 이점을 증대시킬 수 있다.

<117> 다른 실시예에 있어서, 리프트오프 공정들을 활용해서, 간섭계 변조기의 제작 동안 원하는 층들을 형성할 수 있다. 도 18a 내지 도 18c를 참조하여 설명하는 일 실시예에 있어서, 리프트오프 공정을 활용해서 가동층에 인접한 바람직한 지지 구조체, 특히 가동층 밑에 있는 지지 기둥 구조체를 형성할 수 있다. 유리하게는, 이 리프트오프 공정에 의하면, 층들, 예컨대 소망의 테이퍼를 가진 무기물 기둥의 증착을 가능하게 하여, 위에 있는 층들의 증착을 용이하게 한다. 또한, 이 공정은 밑에 있는 재료에 대해서 기둥 재료를 선택적으로 에칭할 필요를 제거할 수 있다. 도 18a에 있어서, 희생 물질의 층(82)이 패터닝되고 에칭되어 테이퍼링된 개구부(86)을 형성

하고 있고, 에지에 음각을 가진 마스크(222)가 희생층(82) 위에 증착되므로, 마스크(222)는 개구부(86)의 에지까지 연장되지 않는 것을 알 수 있다. 소정의 실시예에 있어서, 이 마스크(222)는 포토레지스트 재료(특정 실시예에 있어서는, 음각의 형성을 용이하게 하기 위해 이층 포토레지스트일 수 있음)를 포함하지만, 경질 마스크일 수도 있다. 특정 실시예에 있어서, 마스크(222)는 희생층(82)을 패터닝하는 데 이용되는 포토레지스트를 포함할 수 있다.

<118> 도 18b에 있어서, 기둥 재료 층(84)은 마스크(222) 위에 증착되어 있는 것을 알 수 있다. 마스크(222)의 음각은 증착시의 음영 효과로 인해 테이퍼링된 에지를 가지는 원하는 무기물 기둥(188)의 형상의 기둥 재료(84)의 증착으로 된다. 마스크(222)의 두께 및 음각의 정도에 따라, 마스크(222)의 형상도 유리하게는 마스크(222) 위쪽의 기둥 재료(84) 간의 갭으로 되고, 이 기둥 재료(84)는 무기물 기둥을 형성할 것이다. 본 실시예에 있어서, 마스크(222)는 증착될 재료보다 두꺼워, 에칭액 혹은 애싱 화학 약품에 의해 마스크(222)에의 접근을 허용하도록 하는 것이 유리하다. 바람직하게는, 기둥 재료는 물리적 기상 증착(예를 들어, 증발 혹은 스퍼터링 공정)을 통해 증착되어, 마스크(222) 위에 놓이는 재료의 원치 않는 부분의 리프트오프를 억제하는 해당 마스크(222)의 아래쪽에 재료의 증착을 피하도록 한다. 그러나, 이러한 접속부가 형성되면, 예컨대 CVD 공정이 기둥층(84)을 증착하는 데 이용되면, 초음파 에너지를 이용해서 임의의 접속부를 파괴할 수 있고, 따라서, 이들은 일반적으로 기둥층(84)의 두께에 대해서 돌출한 마스크 밑의 음영 영역에서 얇게 되기 쉽다.

<119> 도 18c에 있어서, 리프트오프 공정을 이용해서 마스크(222)를 제거하고, 동시에 마스크(222) 위에 놓인 기둥 재료(84)를 제거하는 것을 알 수 있다. 이 리프트오프 공정은 마스크(222)를 제거하는 에칭액, 예컨대 습식 에칭액, 또는 기체 혹은 증기상 에칭액을 포함할 수 있다. 상기 리프트오프 공정은 또한 더이상 부착되지 않는 재료들을 제거하도록 주름 소성(wrinkle bake) 및 린스 공정을 포함할 수도 있다. 상기 제작 공정은 전술한 바와 같이 가동층의 후속의 증착, 패터닝 및 MEMS 장치의 이형 공정을 더 포함한다.

<120> 유사한 리프트오프 공정도 이용해서 가동층 위에 있는 리벳 구조체를 형성할 수도 있다. 특히, 도 18a 내지 도 18c의 공정은 마스크를 증착하기 전에 패터닝된 희생층 위에 가동층(예컨대, 가동층(66))을 증착함으로써 변경할 수도 있다. 원하는 리벳 재료의 층은 이어서 마스크 위에 증착되고, 그 후, 이 마스크는 제거되어 여분의 리벳층을 제거하여, 리벳을 형성한다. 유리하게는, 전술한 바와 같이, 이것은 밑에 있는 기계층에 대해서 리벳층을 선택적으로 에칭할 필요를 제거할 수 있다. 따라서, 리벳은 두 층 사이에 에칭 배리어층을 필요로 하는 일없이 기계층과 동일한 재료로 형성될 수 있다.

<121> 일 실시예에 있어서, 음각을 가진 마스크(222)는 리프트오프 재료의 밑에 있는 층과 함께 포토레지스트 마스크의 이용을 통해 형성될 수 있다. 도 19a 내지 도 19c는 이러한 마스크를 형성하는 공정을 도시하고 있다. 도 19a에 있어서, 리프트오프 재료의 층(224)은 밑에 있는 층(226)(예컨대, 희생층일 수 있음) 위에 증착되어 있고, 포토레지스트 재료(228)의 층은 리프트오프층(224) 위에 증착되어 있는 것을 알 수 있다. 도 19b에 있어서, 포토레지스트 재료(228)는 패터닝되고 선택적으로 제거되어 개구부(229)를 형성하고, 이것은 밑에 있는 리프트오프층(224)의 에칭을 허용할 것이다.

<122> 도 19c에 있어서, 리프트오프층(224)은 전술한 바와 같이 에지가 음각 혹은 돌출부를 가지면서 포토레지스트(228) 밑에 횡방향으로 오목하게 되고 캐비티(230)를 형성하도록 어느 정도의 이방성으로 선택적으로 에칭되어 있는 것을 알 수 있다. 이 음각은 예를 들어 리프트오프층(224)을 선택적으로 과잉에칭함으로써 달성될 수 있다. 일 실시예에 있어서, 리프트오프층(224)은 폴리이미드 이형층을 포함한다. 일 실시예에 있어서, 리프트오프층(224)은 그 자체로 포토패터닝가능할 수 있다. 일 실시예에 있어서, 리프트오프층(224)은 현상에 의해 형성되는 언더컷을 가진 이층 포토레지스트일 수 있다. 일 실시예에 있어서, 도 18에 이미 도시한 바와 같이, 마스크(222)는 포토레지스트 마스크와 함께 리프트오프층으로부터라기 보다는 오히려 단일의 리프트오프층으로부터 형성될 수 있다.

<123> 리프트오프 공정이 MEMS 장치, 예컨대 예시된 간섭계 변조기에 대한 지지체의 제조 동안 다른 바람직한 형상을 형성하는 데 이용될 수도 있다. 도 20에 대해서 설명된 다른 실시예에 있어서, 리프트오프 공정을 이용해서 희생층(82)에 테이퍼링된 개구부를 형성한다. 본 실시예에 있어서, 마스크(222)는 희생층(82)의 증착 전에 먼저 광학 적층부(16) 위에 형성된다. 도시된 바와 같이, 이 마스크(222)는 증착된 희생층(82)의 형상을 제어하는 음각을 포함한다. 도 20에 대해서는 또한, 기판 위에 위치되는 희생 물질이 마스크(222) 및 위에 놓이는 희생 물질의 리프트오프시 소망의 테이퍼링된 개구부를 가진 형상을 지니도록 희생 물질의 층(82)이 적층되는 것을 알 수 있다.

<124> 도 21에 대해서 설명된 다른 실시예에 있어서, 리프트오프 공정이 분리된 전극 부재를 형성하는 데 이용되고,

이 전극 부재는 광학 MEMS를 포함하는 다른 실시예에서는 미러일 수 있다. 본 실시예는 도 9a 내지 도 9d의 단계들을 포함한다. 도 21에 있어서, 마스크(222)는 희생층(82) 위에 증착되고, 이 마스크층(222)은 해당 마스크층(222)의 측면을 따라 재진입 프로파일을 가지며, 이어서 이 마스크층(222) 위에 반사 재료 층(90)이 증착되는 것을 알 수 있다. 나중의 단계에 있어서, 마스크(222)는 반사층(90)의 위에 놓이는 부분과 함께 리프트오프 공정에 의해 제거되어, 본 실시예에서는 미러를 포함하는 분리된 전극 부재를 형성한다. 제작 공정은 도 10c 내지 도 10f에 대해서 설명한 바와 같이 계속될 수 있다.

<125> 전술한 실시예의 다양한 조합도 가능하다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 전술한 방법들의 다양한 기타 조합이 상정되며, 이것은 본 발명의 범위 내이다. 또한, 전술한 방법의 어느 것에 의해 형성된 구조체는 MEMS 장치 내의 구조체를 형성하는 다른 방법과 조합해서 이용될 수 있는 것도 이해할 수 있을 것이다.

<126> 앞서 언급한 실시예들에서 층들을 형성하는 이러한 층들과 재료들의 순서는 단지 예시적인 것에 불과하다는 것이 또한 인지될 것이다. 더욱이, 몇몇 실시예에 있어서, 도시되지 않은 다른 층들이 기판상에 MEMS 장치의 일부를 형성하거나 혹은 다른 구조체들을 형성하도록 증착되고 처리될 수도 있다. 다른 실시예에 있어서, 당업자에게 공지된 바와 같이, 이들 층은 대안적인 증착, 패터닝 및 에칭 재료들 및 공정들을 이용하여 형성될 수도 있거나, 다른 순서로 증착될 수도 있거나, 또는 다른 물질들로 이루어질 수도 있다.

<127> 또한, 실시예에 따라서, 본 명세서에서 설명된 임의의 방법들로 이루어진 행위들 또는 사건들은 본문 내용이 특히 분명하게 다른 것을 언급하지 않는다면,다른 일련의 과정들로 수행될 수도 있거나, 추가, 병합 또는 모두 생략될 수도 있다(예를 들어, 모든 행위들 또는 사건들이 앞서 언급한 방법들의 실행을 위해서 필요한 것은 아니다)는 것이 인지될 것이다.

<128> 앞서의 상세한 설명에서는 다양한 실시예들에 적용된 본 발명의 신규한 특징들을 제시하여 설명하고 나타내었지만, 예시된 장치 또는 과정의 형태 및 상세 사항에 있어서 다양한 생략, 대체 및 변경이 본 발명의 사상을 벗어나는 일없이 당업자들에 의해 행해질 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 본 발명은, 일부 특징들이 다른 특징들과 별도로 사용되거나 실시될 수도 있는 바와 같이, 본 명세서에서 설명한 특징들 및 이익들을 모두 제공하지 않는 형태 내에서 구현될 수도 있다는 것을 인지할 것이다.

도면의 간단한 설명

<11> 도 1은 제1간섭계 변조기의 가동 반사층이 이완(relaxed) 위치에 있고, 제2간섭계 변조기의 가동 반사층이 작동 위치에 있는 간섭계 변조기 디스플레이의 일 실시예의 일부를 도시하는 등각 투상도;

<12> 도 2는 3×3 간섭계 변조기 디스플레이를 내장한 전자 장치의 일 실시예를 도시하는 시스템 블록도;

<13> 도 3은 도 1의 간섭계 변조기의 예시적인 일 실시예에 대해 가동 미러(movable mirror)의 위치 대 인가된 전압을 도시하는 도면;

<14> 도 4는 간섭계 변조기 디스플레이를 구동하는데 사용될 수 있는 1세트의 로우(row) 전압 및 칼럼(column) 전압을 나타낸 도면;

<15> 도 5a는 도 2의 3×3 간섭계 변조기 디스플레이에서 표시 데이터의 하나의 예시적인 프레임(frame)을 나타낸 도면;

<16> 도 5b는 도 5a의 프레임을 쓰기(write)에 이용할 수도 있는 로우 신호들과 칼럼 신호들에 대한 예시적인 타이밍 선도를 도시한 도면;

<17> 도 6a 및 도 6b는 복수개의 간섭계 변조기들을 포함하는 비쥬얼 디스플레이(visual display) 장치의 일 실시예를 나타낸 시스템 블록도;

<18> 도 7a는 도 1의 장치의 단면도;

<19> 도 7b는 간섭계 변조기의 대안적인 실시예의 단면도;

<20> 도 7c는 간섭계 변조기의 다른 대안적인 실시예의 단면도;

<21> 도 7d는 간섭계 변조기의 또 다른 대안적인 실시예의 단면도;

<22> 도 7e는 간섭계 변조기의 추가적이고 대안적인 실시예의 단면도;

<23> 도 8은 개별 소자가 기기 구조체를 포함하는 간섭계 변조기 요소의 어레이(array)의 상부 평면도;

<24> 도 9a 내지 도 9j는 가동층 위에 위치된 지지 구조체를 포함하는 간섭계 변조기 소자를 제조하는 방법을 나타낸 개략 단면도;

<25> 도 10a 내지 도 10f는 기계층(mechanical layer)으로부터 부분적으로 분리된 반사층을 포함하는 간섭계 변조기 요소를 나타낸 개략 단면도;

<26> 도 11a 및 도 11b는 에칭 유도층(etch leading layer)의 이용을 통해서 테이퍼링된 에지를 가진 MEMS 구조체를 형성하는 방법을 나타낸 개략 단면도;

<27> 도 12a 및 도 12b는 에칭 유도층의 이용을 통해서 테이퍼링된 에지를 가진 MEMS 구조체를 형성하는 다른 방법을 나타낸 개략 단면도;

<28> 도 13은 MEMS 구조체 층을 형성하는 동안 지지 구조체층의 특성을 변경시킴으로써 테이퍼링된 에지를 가진 MEMS 구조체의 형성 방법에 있어서의 하나의 단계를 나타낸 개략 단면도;

<29> 도 14는 MEMS 구조체 층을 형성하도록 상이한 특성을 가진 일련의 부계층을 형성함으로써 테이퍼링된 에지를 가진 MEMS 구조체를 형성하는 방법에서의 하나의 단계를 나타낸 개략 단면도;

<30> 도 15는 MEMS 구조체 층에 대해서 접착성이 나쁜 위에 놓이는 마스크층을 형성함으로써 테이퍼링된 에지를 가진 MEMS 구조체를 형성하는 방법에서의 하나의 단계를 나타낸 개략 단면도;

<31> 도 16a 내지 도 16d는 반복 애싱 및 에칭 공정의 이용을 통해 테이퍼링된 에지를 가진 MEMS 구조체를 형성하는 방법을 예시한 개략 단면도

<32> 도 17a 내지 도 17e는 다수의 에칭을 이용해서 테이퍼링된 에지를 가진 MEMS 구조체를 형성하는 방법을 예시한 개략 단면도;

<33> 도 18a 내지 도 18c는 리프트오프 공정을 이용해서 테이퍼링된 에지를 가진 지지 구조체를 형성하는 방법을 예시한 개략 단면도;

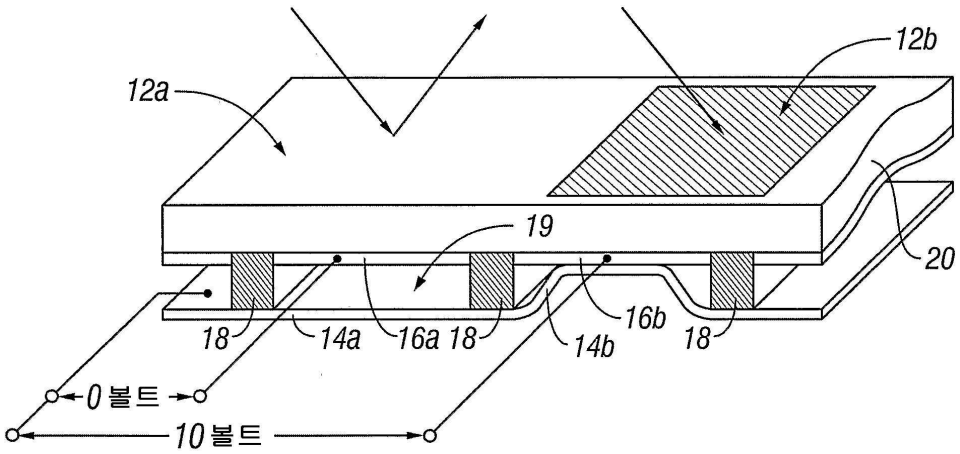
<34> 도 19a 내지 도 19c는 리프트오프 공정에서 사용하기 위한 음의 테이퍼(negative taper)를 가진 마스크층을 형성하는 방법을 예시한 개략 단면도;

<35> 도 20은 테이퍼링된 개구부를 가진 희생층을 형성하는 방법에서의 하나의 단계를 예시한 개략 단면도;

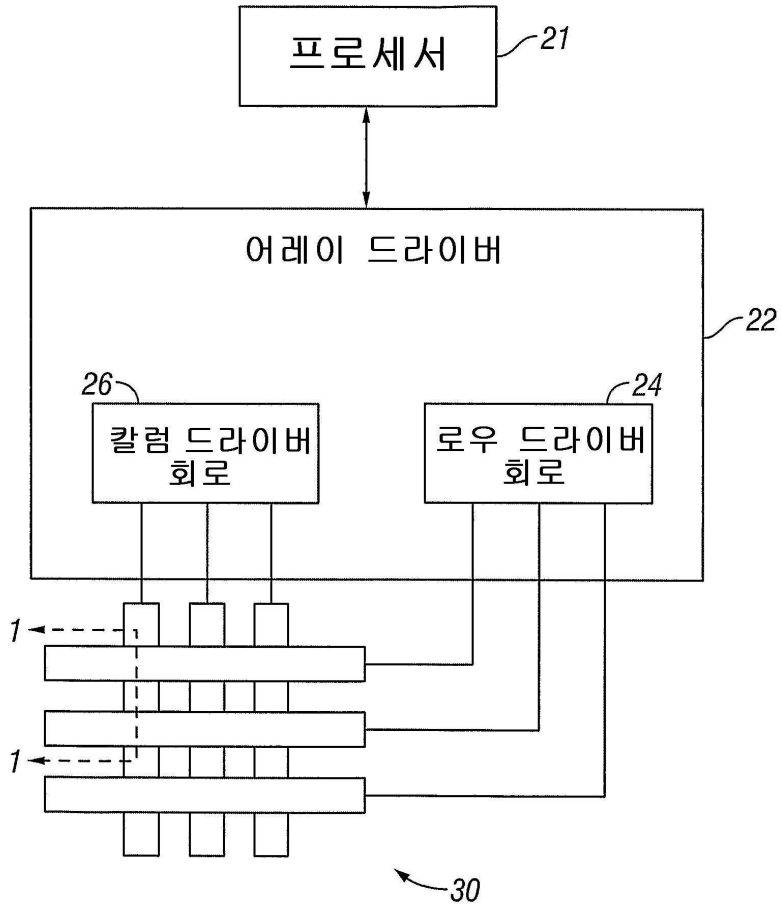
<36> 도 21은 테이퍼링된 개구부를 가진 분리된 전극 부재를 형성하는 방법에서의 하나의 단계를 예시한 개략 단면도.

도면

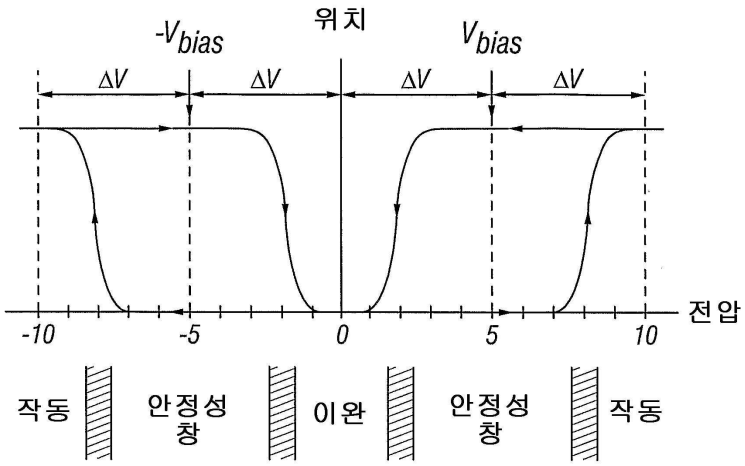
도면1



도면2


프로세서
21
어레이 드라이버
22
26
칼럼 드라이버 회로
24
로우 드라이버 회로
1
1
30

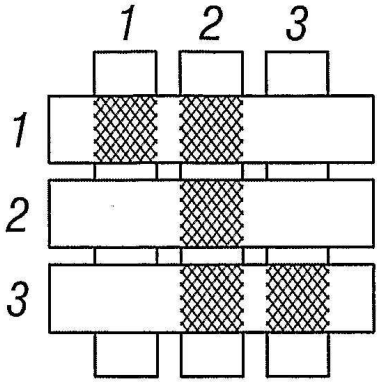
도면3


위치
-Vbias
Vbias
ΔV
ΔV
ΔV
ΔV
-10
-5
0
5
10
전압
작동
안정성 창
이완
안정성 창
작동

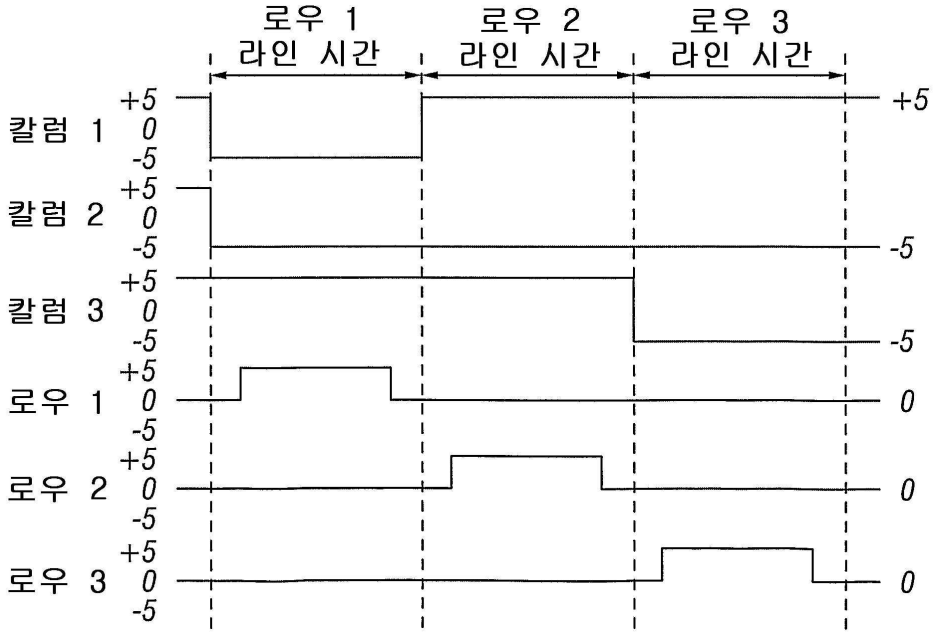
도면4

로우 출력 신호	칼럼 출력 신호 $+V_{bias}$	칼럼 출력 신호 $-V_{bias}$
0	안정	안정
$+\Delta V$	이완	작동
$-\Delta V$	작동	이완

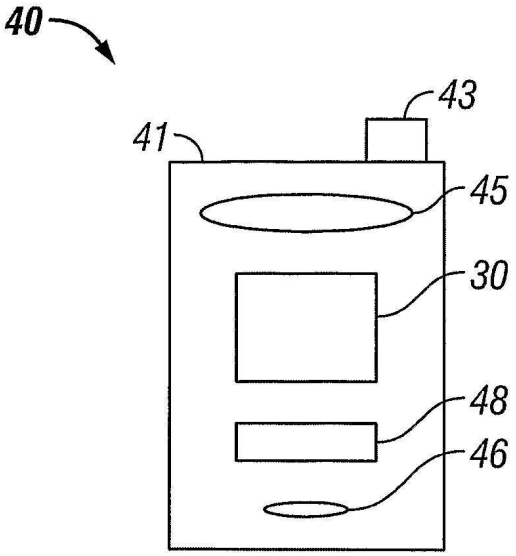
도면5a



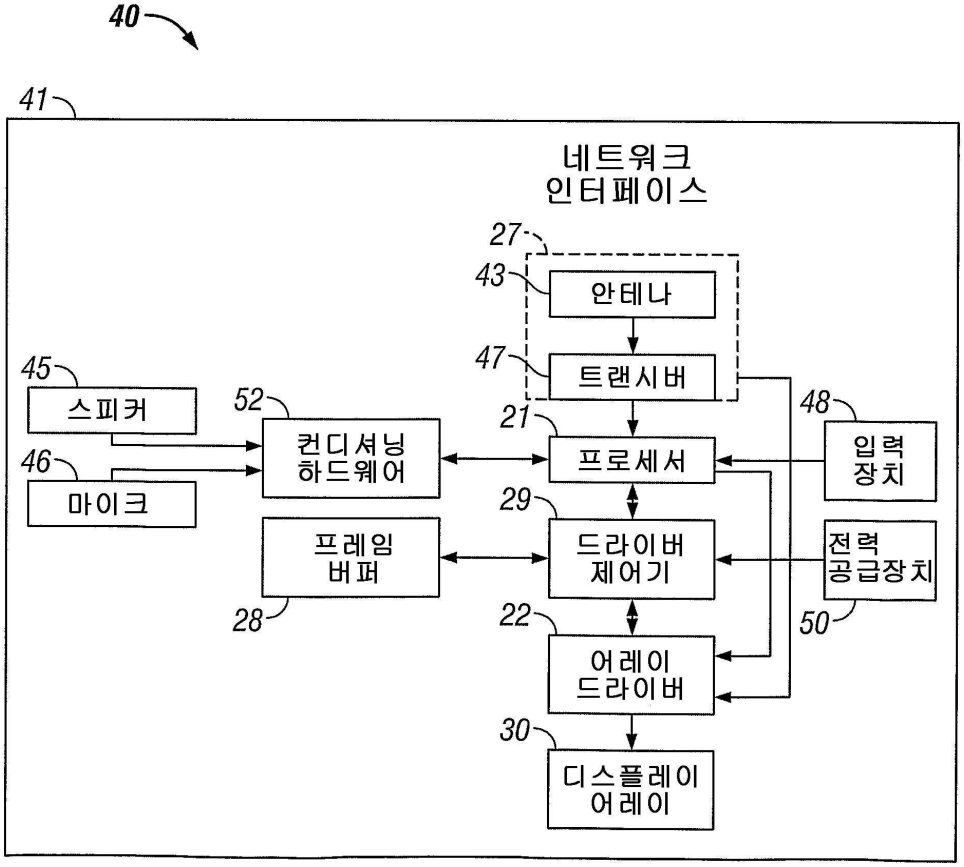
도면5b


로우 1
라인 시간
로우 2
라인 시간
로우 3
라인 시간
칼럼 1
칼럼 2
칼럼 3
로우 1
로우 2
로우 3
+5
0
-5
+5
-5
-5
0
0
0

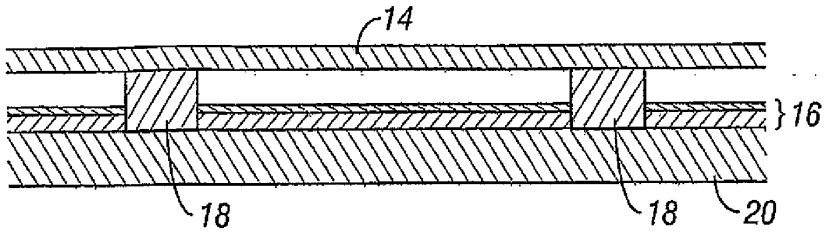
도면6a


40
41
43
45
30
48
46

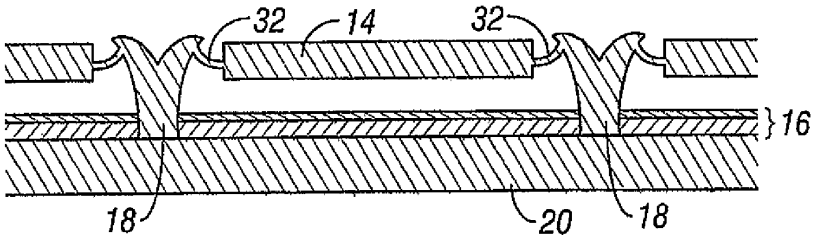
도면6b



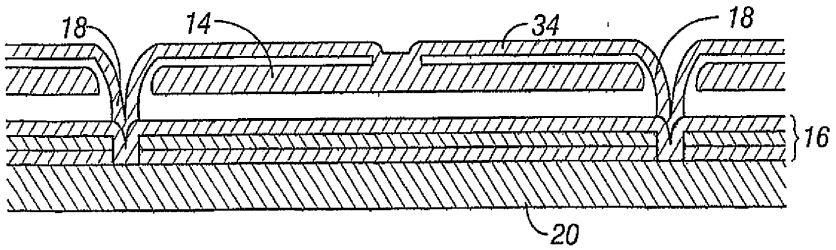
도면7a



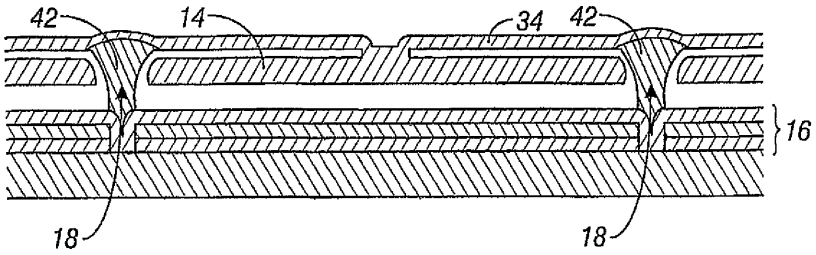
도면7b



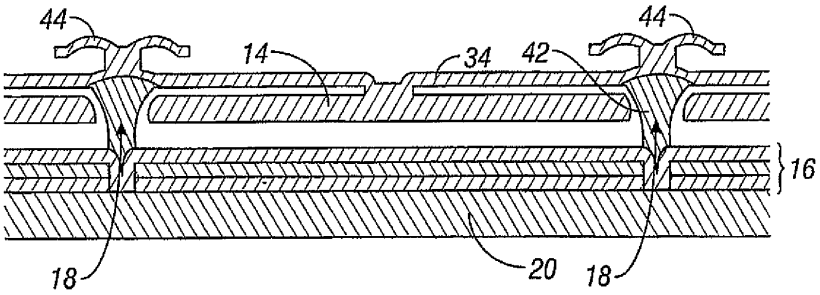
도면7c



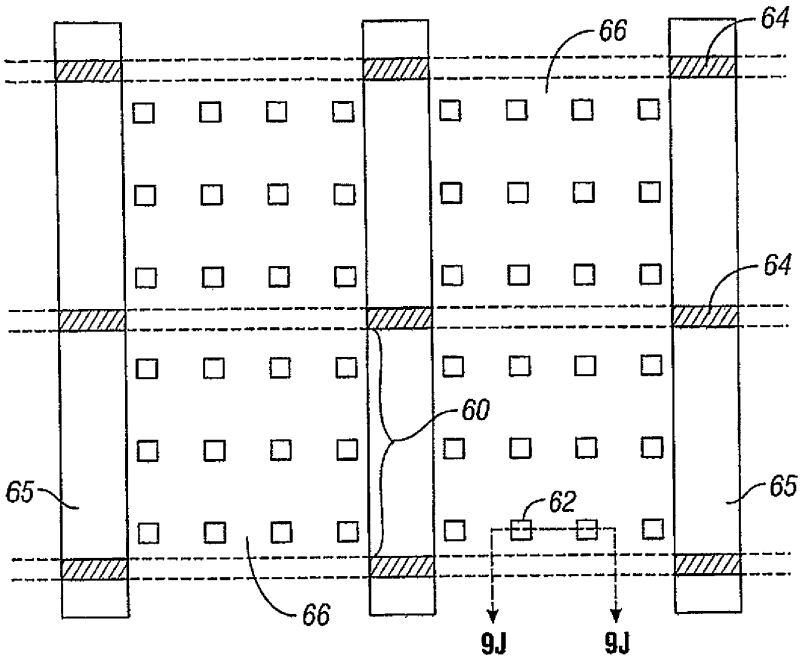
도면7d



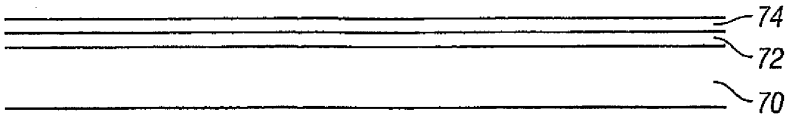
도면7e



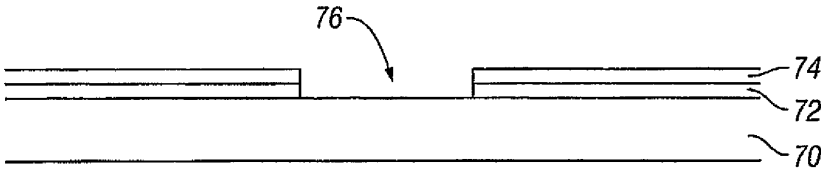
도면8



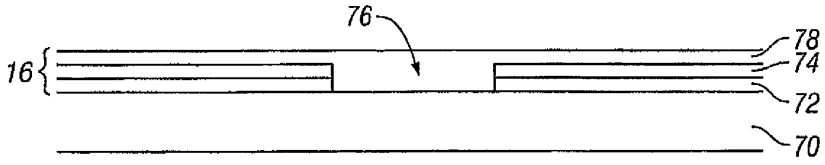
도면9a



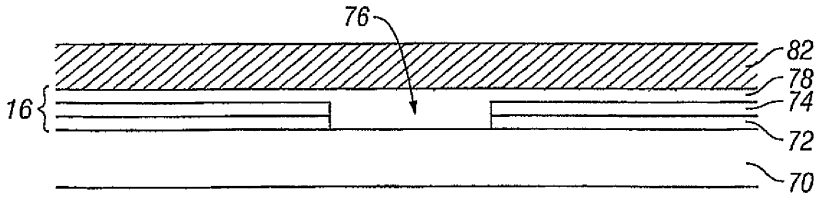
도면9b



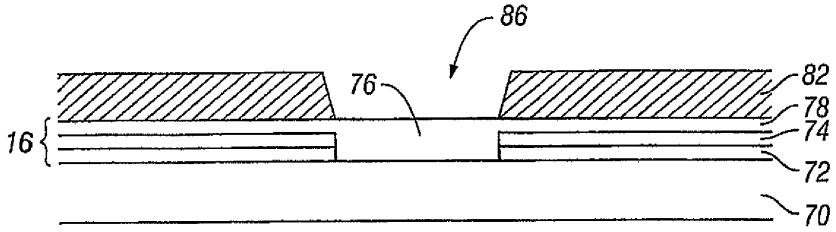
도면9c



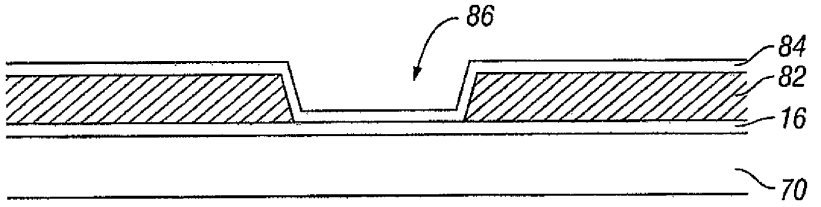
도면9d



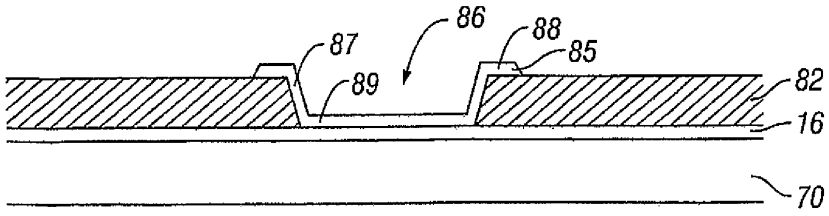
도면9e



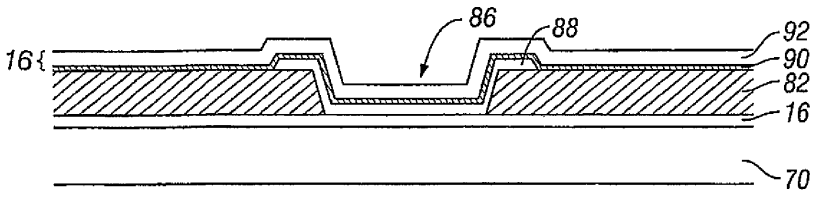
도면9f



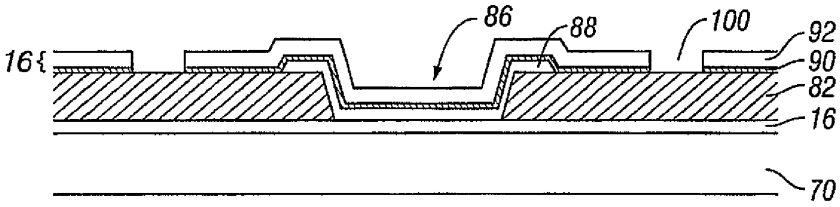
도면9g



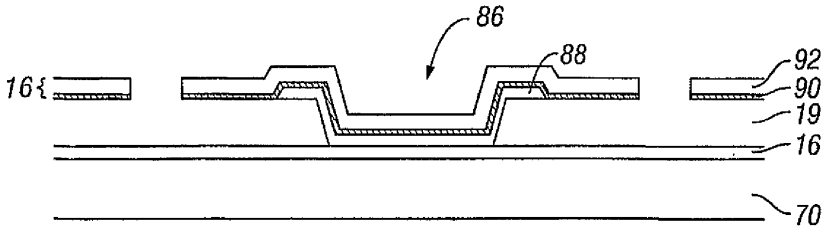
도면9h



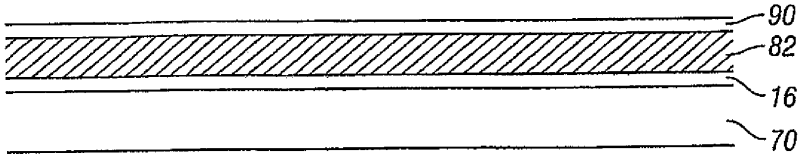
도면9i



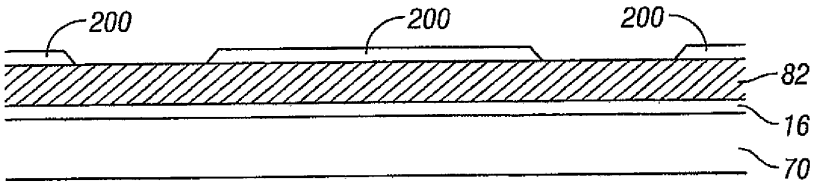
도면9j



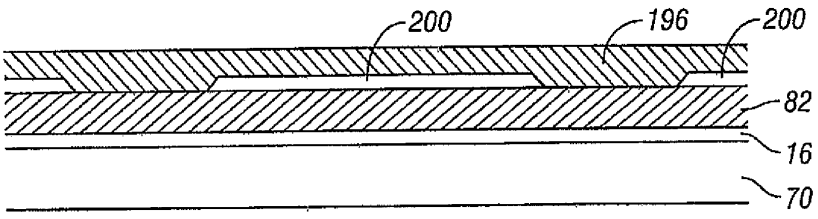
도면10a



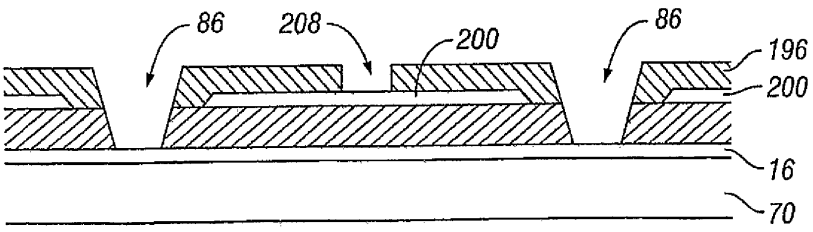
도면10b



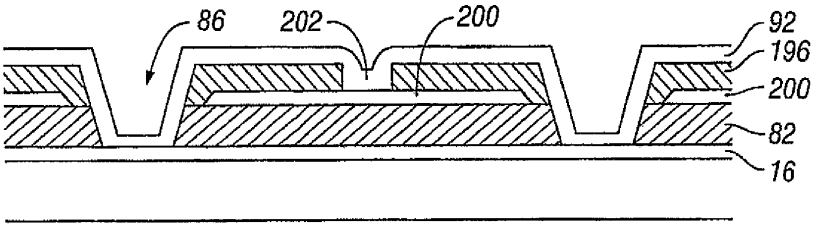
도면10c



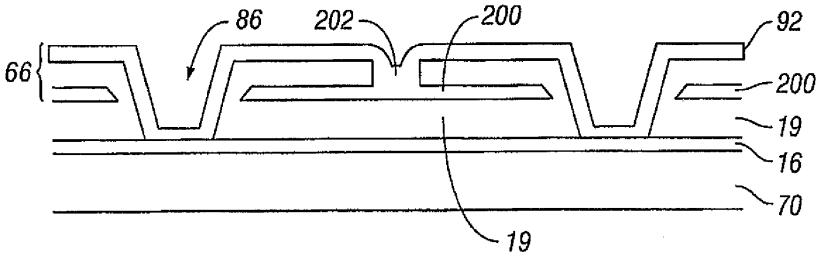
도면10d



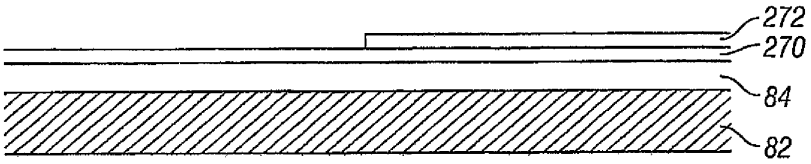
도면10e



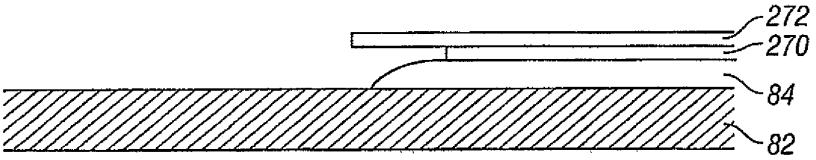
도면10f



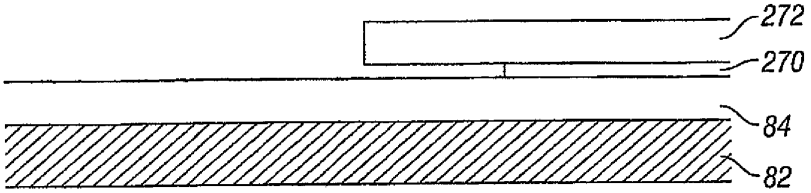
도면11a



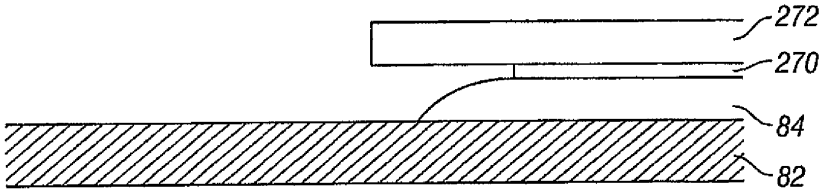
도면11b



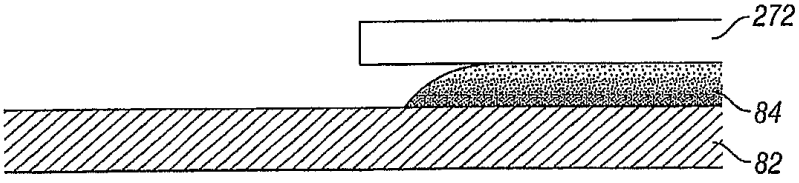
도면12a



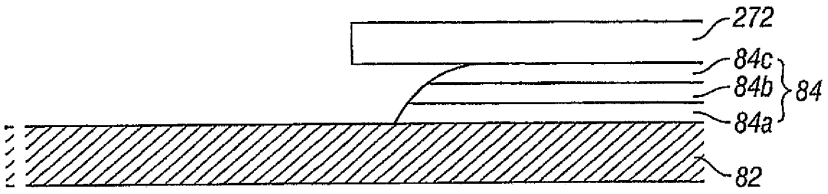
도면12b



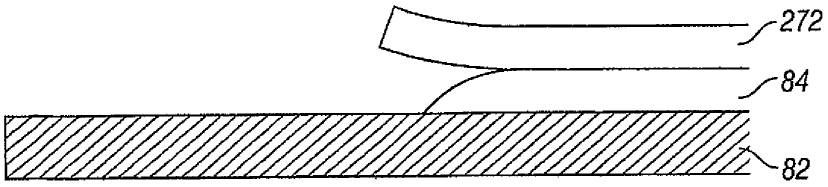
도면13



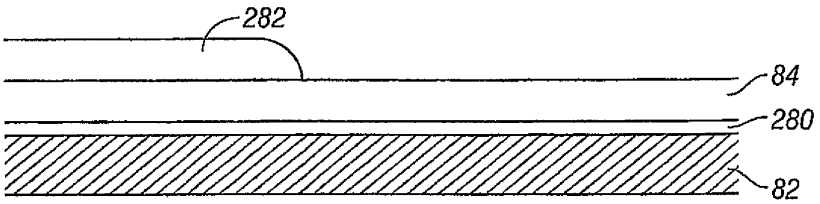
도면14



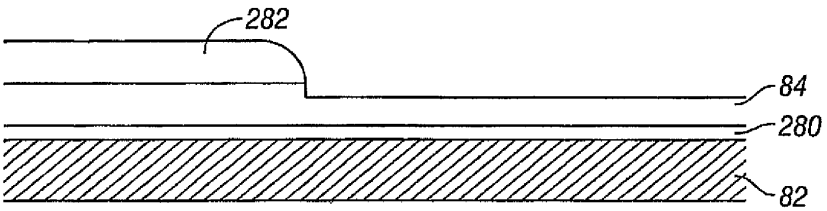
도면15



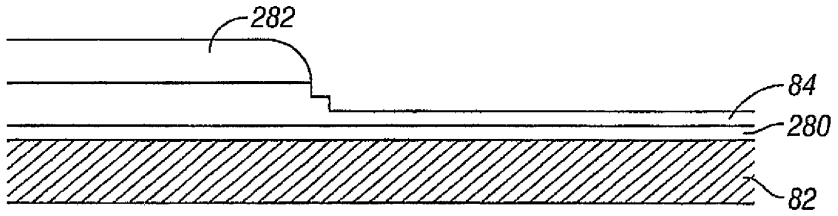
도면16a



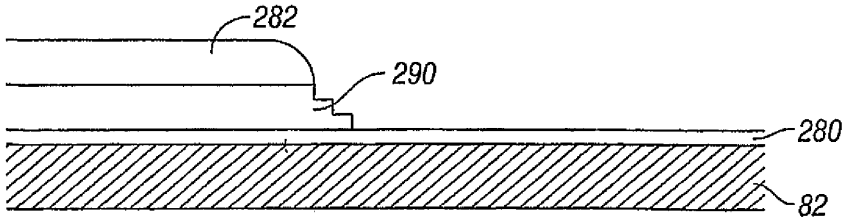
도면16b



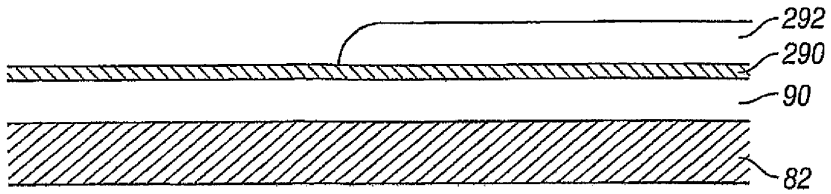
도면16c



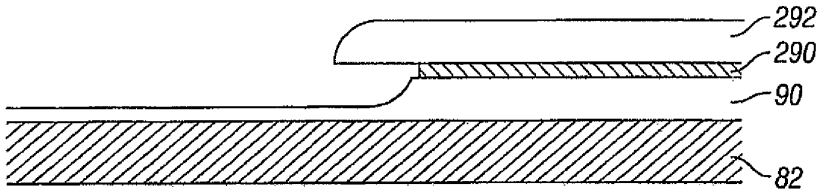
도면16d



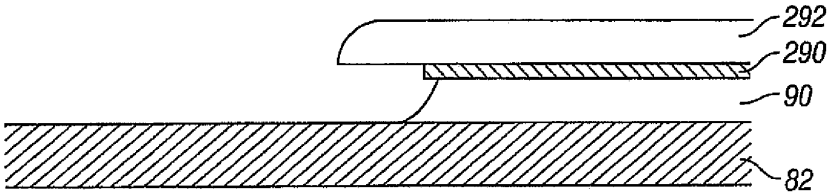
도면17a



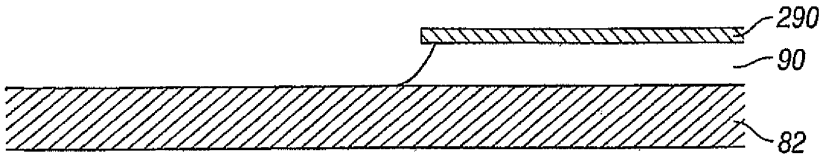
도면17b



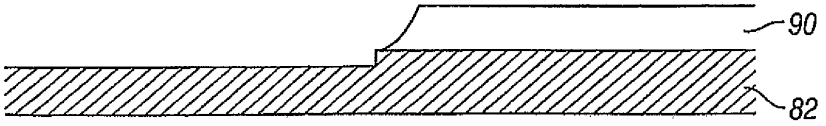
도면17c



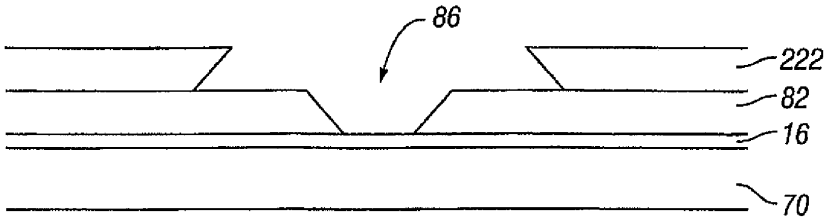
도면17d



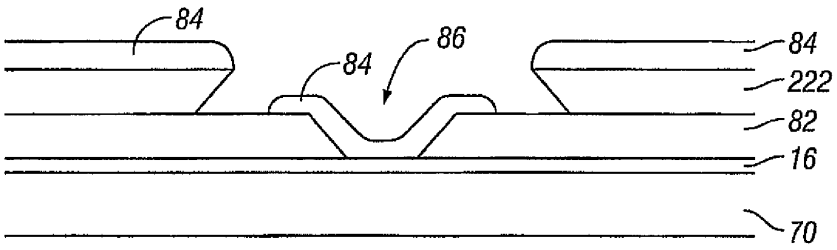
도면17e



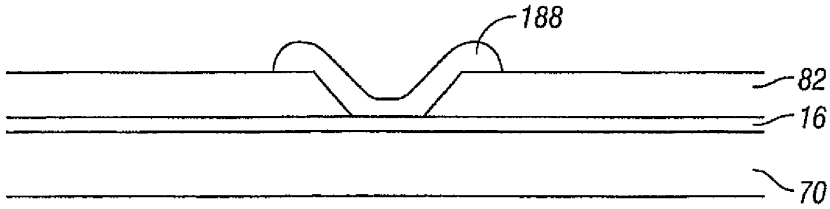
도면18a



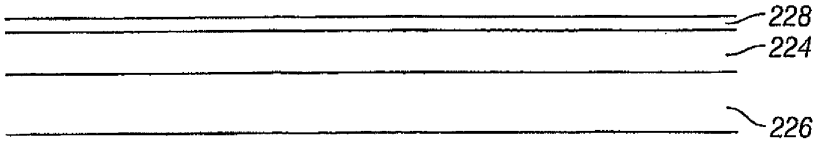
도면18b



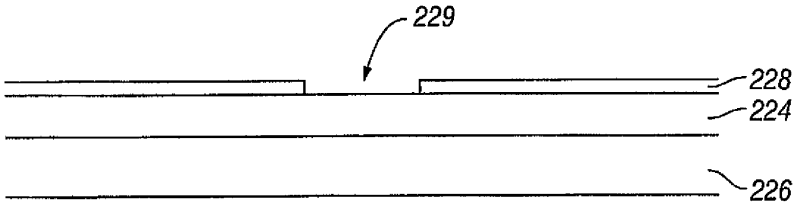
도면18c



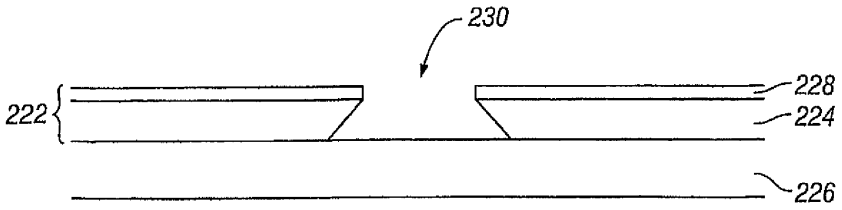
도면19a



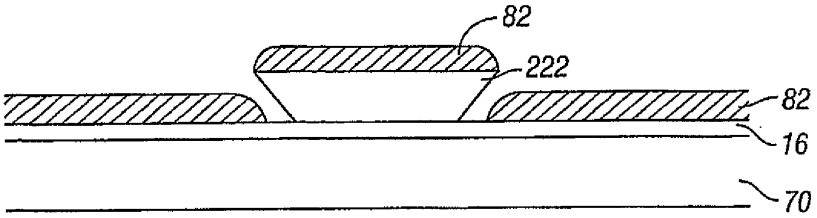
도면19b



도면19c



도면20



도면21

