



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2013년10월16일
(11) 등록번호 10-1317870
(24) 등록일자 2013년10월07일

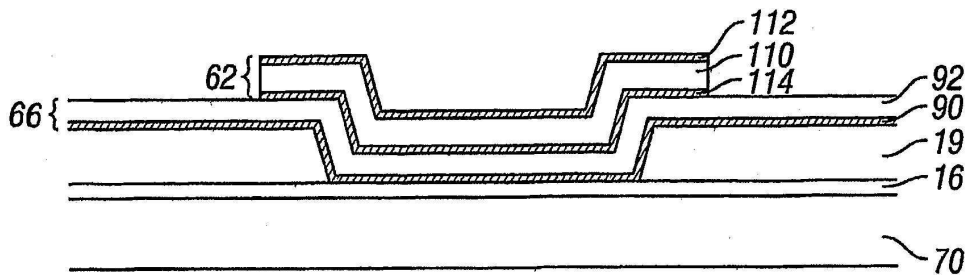
- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B81B 3/00 (2006.01)
- (21) 출원번호 10-2008-7006588
(22) 출원일자(국제) 2006년08월17일
심사청구일자 2011년08월12일
- (85) 번역문제출일자 2008년03월18일
(65) 공개번호 10-2008-0055851
(43) 공개일자 2008년06월19일
(86) 국제출원번호 PCT/US2006/032511
(87) 국제공개번호 WO 2007/022476
국제공개일자 2007년02월22일
- (30) 우선권주장
60/710,019 2005년08월19일 미국(US)
- (56) 선행기술조사문헌
JP2004141995 A
JP2004530253 A
JP2006095673 A
JP2007513782 A
- 전체 청구항 수 : 총 61 항
- (73) 특허권자
퀄컴 엠이엠에스 테크놀로지스, 인크.
미국 92121-1714 캘리포니아 샌디에고 모어하우스 드라이브 5775
- (72) 발명자
코구트, 라이어
미국 캘리포니아 94087 썬니베일 아파트먼트 9에 이 록펠러드라이브 920
쥬, 판
미국 캘리포니아 94536 프리몬트 썸머 홀리 커먼 37497
- (74) 대리인
특허법인아주양현
- 심사관 : 정세환

(54) 발명의 명칭 변형과 관련된 응력을 최소화하도록 구성된 지지 구조들을 가진 MEMS 장치와 그 제조 방법

(57) 요약

MEMS 장치들의 실시예들은 상부 지지 구조들에 의해 지지되는 이동층을 포함할 수도 있고, 또한 하부 지지 구조들을 포함할 수도 있다. 일 실시예에 있어서, 상부 지지 구조들과 이동층의 범위 내에 있는 잔류 응력들은 실질상 동일하다. 다른 실시예에 있어서, 상부 지지 구조들과 하부 지지 구조들 내의 잔류 응력들은 실질상 동일하다. 특정한 실시예들에 있어서, 실질상 동일한 잔류 응력들은 동일한 두께를 가진 동일한 재료들로서 만들어진 층들의 사용을 통해서 얻어진다. 추가적인 실시예들에 있어서, 실질상 동일한 잔류 응력들은 서로 간에 미러 이미지들인 지지 구조들 및/또는 이동층들의 사용을 통해서 얻어진다.

대표도 - 도11



특허청구의 범위

청구항 1

MEMS(microelectromechanical systems) 장치를 제조하는 방법으로서,

기판을 제공하는 단계;

상기 기판 위에 전극층을 증착시키는 단계;

상기 전극층 위에 희생층을 증착시키는 단계;

개구부(apertures)를 형성하기 위해 상기 희생층을 패터닝하는 단계;

상기 희생층 위에 이동층(movable layer)을 증착시키는 단계;

상기 이동층에 인접하고 적어도 일부분이 상기 희생층의 개구부 내에 있는 지지 구조체들을 형성하는 단계를 포함하되,

상기 이동층은 내부 잔류 응력(internal residual stress)을 지니고, 또한 상기 지지 구조체들은 내부 잔류 응력을 지니며, 상기 이동층과 상기 지지 구조체들의 재료는 상기 이동층 내의 잔류 응력이 상기 지지 구조체들 내의 잔류 응력에 의해 균형을 이루도록 선택되는 것인, MEMS 장치의 제조 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 희생층을 에칭하여 해당 희생층을 제거함으로써 상기 이동층과 상기 전극층 사이에 캐비티(cavity)를 형성하는 단계를 더 포함하는, MEMS 장치의 제조 방법.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 지지 구조체들은 상기 이동층 아래에 형성되는 것인, MEMS 장치의 제조 방법.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 지지 구조체들은 상기 이동층 위에 형성되는 것인, MEMS 장치의 제조 방법.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 이동층의 열 팽창 계수가 상기 지지 구조체들의 열 팽창 계수와 동일한 것인, MEMS 장치의 제조 방법.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 지지 구조체들과 상기 이동층은 동일한 재료를 포함하는 것인, MEMS 장치의 제조 방법.

청구항 7

제6항에 있어서, 상기 지지 구조체들과 상기 이동층 사이에서 상기 이동층 위에 에칭 배리어층을 형성하는 단계를 더 포함하는, MEMS 장치의 제조 방법.

청구항 8

제6항에 있어서, 상기 이동층을 형성하는 단계는

반사 부계층(sublayer)을 형성하는 단계; 및

상기 반사 부계층 위에 기계 부계층(mechanical sublayer)을 형성하는 단계를 포함하는 것인, MEMS 장치의 제조 방법.

청구항 9

제8항에 있어서, 상기 지지 구조체들을 형성하는 단계는

상기 기계 부계층과 동일한 재료를 포함하는 제1부계층을 형성하는 단계; 및

상기 반사 부계층과 동일한 재료를 포함하는 제2부계층을 형성하는 단계를 포함하는 것인, MEMS 장치의 제조 방법.

청구항 10

제9항에 있어서, 상기 제1부계층은 상기 기계 부계층과 동일한 두께를 갖고, 상기 제2부계층은 상기 반사 부계층과 동일한 두께를 갖는 것인, MEMS 장치의 제조 방법.

청구항 11

제9항에 있어서, 상기 제1부계층의 두께는 상기 기계 부계층의 두께의 5% 범위 내이고, 상기 제2부계층의 두께는 상기 반사 부계층의 두께의 5% 범위 내인, MEMS 장치의 제조 방법.

청구항 12

제10항에 있어서, 상기 제1부계층은 상기 제2부계층 위에 형성되는 것인, MEMS 장치의 제조 방법.

청구항 13

제10항에 있어서, 상기 제2부계층은 상기 제1부계층위에 형성되는 것인, MEMS 장치의 제조 방법.

청구항 14

제7항에 있어서, 상기 희생층을 형성하기 전에 상기 기판 위에 부분 반사 재료의 층을 형성하는 단계를 더 포함하는, MEMS 장치의 제조 방법.

청구항 15

제7항에 있어서, 상기 MEMS 장치는 간섭계 변조기(interferometric modulator)를 포함하는 것인, MEMS 장치의 제조 방법.

청구항 16

제1항의 방법에 의해 제조된 MEMS 장치.

청구항 17

기판;

상기 기판 위에 위치한 전극층;

상기 전극층 위에 위치되어, 에어 갭(air gap)에 의해 상기 전극층으로부터 이격되어 있는 이동층; 및

상기 이동층에 인접하여 형성된 동시에 적어도 일부분이 상기 이동층에 있는 함몰부들(depressions) 내에 형성된 강성의 지지 구조체들을 포함하되,

상기 이동층은 내부 잔류 응력을 지니고, 또한 상기 강성의 지지 구조체들은 내부 잔류 응력을 지니며, 상기 이동층과 상기 지지 구조체들의 재료는 상기 이동층 내의 잔류 응력이 상기 지지 구조체들 내의 잔류 응력에 의해 균형을 이루도록 선택된 것인 MEMS 장치.

청구항 18

제17항에 있어서, 상기 이동층의 열 팽창 계수는 상기 지지 구조체들의 열 팽창 계수와 동일한 것인 MEMS 장치.

청구항 19

제17항에 있어서, 상기 강성의 지지 구조체들은 상기 이동층 위에 놓여 있는 것인 MEMS 장치.

청구항 20

제17항에 있어서, 상기 강성의 지지 구조체들은 상기 이동층 아래에 놓여 있는 것인 MEMS 장치.

청구항 21

제17항에 있어서, 상기 지지 구조체들과 상기 이동층은 동일한 재료를 포함하는 것인 MEMS 장치.

청구항 22

제21항에 있어서, 상기 이동층은 반사 부계층과 기계 부계층을 포함하되, 상기 이동층 쪽에 있는 상기 반사 부계층은 상기 전극층과 대면하고 있는 것인 MEMS 장치.

청구항 23

제22항에 있어서, 상기 지지 구조체들은 상기 기계 부계층과 동일한 재료를 포함하는 제1부계층과 상기 반사 부계층과 동일한 재료를 포함하는 제2부계층을 포함하는 것인 MEMS 장치.

청구항 24

제23항에 있어서, 상기 제1부계층은 상기 기계 부계층과 동일한 두께를 갖고, 상기 제2부계층은 상기 반사 부계층과 동일한 두께를 갖는 것인 MEMS 장치.

청구항 25

제23항에 있어서, 상기 제1부계층의 두께는 상기 기계 부계층의 두께의 5% 범위 내이고, 상기 제2부계층의 두께는 상기 반사 부계층의 두께의 5% 범위 내인 것인 MEMS 장치.

청구항 26

제23항에 있어서, 상기 제1부계층은 상기 제2부계층 위에 위치된 것인 MEMS 장치.

청구항 27

제23항에 있어서, 상기 제2부계층은 상기 제1부계층 위에 위치된 것인 MEMS 장치.

청구항 28

제22항에 있어서, 상기 전극층과 같은 쪽의 상기 에어 갭 쪽에 위치된 부분 반사층을 더 포함하는 MEMS 장치.

청구항 29

제17항에 있어서, 상기 MEMS 장치는 간접계 변조기를 포함하는 것인 MEMS 장치.

청구항 30

제17항에 있어서,
상기 전극층과 상기 이동층 중 적어도 한쪽과 통신하고, 이미지 데이터를 처리하도록 구성된 프로세서; 및
상기 프로세서와 통신하도록 구성된 메모리 장치를 더 포함하는 MEMS 장치.

청구항 31

제30항에 있어서, 적어도 하나의 신호를 상기 전극층과 상기 이동층 중 적어도 한쪽에 보내도록 구성된 드라이버 회로를 더 포함하는 MEMS 장치.

청구항 32

제31항에 있어서, 이미지 데이터의 적어도 일부를 상기 드라이버 회로에 보내도록 구성된 콘트롤러를 더 포함하는 MEMS 장치.

청구항 33

제30항에 있어서, 상기 프로세서에 상기 이미지 데이터를 보내도록 구성된 이미지 소스 모듈을 더 포함하는 MEMS 장치.

청구항 34

제33항에 있어서, 상기 이미지 소스 모듈은 리시버, 트랜시버 및 트랜스미터 중 적어도 하나를 포함하는 것인 MEMS 장치.

청구항 35

제30항에 있어서, 입력 데이터를 수신하고 상기 프로세서에 상기 입력 데이터를 전달하도록 구성된 입력 장치를 더 포함하는 MEMS 장치.

청구항 36

기판을 제공하는 단계;

상기 기판 위에 전극층을 증착시키는 단계;

상기 전극층 위에 희생층을 증착시키는 단계;

개구부를 형성하도록 상기 희생층을 패터닝하는 단계;

적어도 일부가 상기 개구부 내에 있는 하부 지지 구조체들을 형성하는 단계;

상기 하부 지지 구조체들 위에 이동층을 형성하는 단계;

상기 이동층 위에 놓이고 적어도 일부가 상기 희생층의 개구부 내에 있는 상부 지지 구조체들을 형성하는 단계를 포함하되,

상기 이동층은 내부 잔류 응력을 지니고, 또한, 상기 상부 지지 구조체들은 내부 잔류 응력을 지니며, 상기 이동층과 상기 지지 구조체들의 재료는 상기 상부 지지 구조체들 내의 잔류 응력이 상기 하부 지지 구조체 내의 잔류 응력에 의해 균형을 이루도록 선택된 것인, MEMS 장치의 제조 방법.

청구항 37

제36항에 있어서, 상기 상부 지지 구조체들과 상기 하부 지지 구조체들은 동일한 재료를 포함하는 것인, MEMS 장치의 제조 방법.

청구항 38

제37항에 있어서, 상기 상부지지 구조체들은 상기 하부 지지 구조체들과 동일한 두께를 갖는 것인, MEMS 장치의 제조 방법.

청구항 39

제37항에 있어서, 상기 상부 지지 구조체들의 두께는 상기 하부 지지 구조체들의 두께의 5% 범위 내인 것인, MEMS 장치의 제조 방법.

청구항 40

제36항에 있어서, 상기 이동층을 형성하는 단계는:

반사 부계층을 증착시키는 단계; 및

상기 반사 부계층 위에 기계 부계층을 증착시키는 단계를 포함하는 것인, MEMS 장치의 제조 방법.

청구항 41

제40항에 있어서, 상기 기계 부계층 위에 상부의 부계층을 증착시키는 단계를 더 포함하는, MEMS 장치의 제조 방법.

청구항 42

제41항에 있어서, 상기 상부의 부계층은 상기 반사 부계층과 동일한 재료를 포함하는 것인, MEMS 장치의 제조 방법.

청구항 43

제41항에 있어서, 상기 상부의 부계층은 상기 반사 부계층과 동일한 두께를 갖는 것인, MEMS 장치의 제조 방법.

청구항 44

제41항에 있어서, 상기 상부의 부계층의 두께는 상기 반사 부계층의 두께의 5% 범위 내인 것인, MEMS 장치의 제조 방법.

청구항 45

제40항에 있어서, 상기 희생층을 증착시키기 전에 상기 기판 위에 부분 반사 재료의 층을 형성하는 단계를 더 포함하는, MEMS 장치의 제조 방법.

청구항 46

제36항의 방법에 의해 형성되는 MEMS 장치.

청구항 47

기판;

상기 기판 위에 위치한 전극층;

상기 전극층 위에 위치되어, 에어 갭에 의해 상기 전극층으로부터 이격되어 있는 이동층;

상기 이동층 밑에 형성된 하부 지지 구조체들; 및

상기 이동층 위에 형성된 상부 지지 구조체들을 포함하되,

상기 이동층은 내부 잔류 응력을 지니고, 또한 상기 상부 지지 구조체들은 내부 잔류 응력을 지니며, 적어도 일부의 상기 상부 지지 구조체들은 상기 이동층 밑에 형성된 상기 하부 지지 구조체들 위에 놓이며, 상기 이동층과 상기 지지 구조체들의 재료는 상기 하부 지지 구조체 내의 잔류 응력이 상기 상부 지지 구조체 내의 잔류 응력에 의해 균형을 이루도록 선택된 것인 MEMS 장치.

청구항 48

제47항에 있어서, 상기 상부 지지 구조체들과 상기 하부 지지 구조체들은 동일한 재료를 포함하는 것인 MEMS 장치.

청구항 49

제48항에 있어서, 상기 상부 지지 구조체들은 상기 하부 지지 구조체들과 동일한 두께를 가지는 것인 MEMS 장치.

청구항 50

제48항에 있어서, 상기 상부 지지 구조체들의 두께는 상기 하부 지지 구조체들의 두께의 5% 범위 내인 것인 MEMS 장치.

청구항 51

제47항에 있어서, 상기 이동층은 기계 부계층 및 상기 에어 갭에 대면하는 상기 기계 부계층 쪽에 있는 반사 부계층을 포함하는 것인 MEMS 장치.

청구항 52

제51항에 있어서, 상기 이동층은 상기 반사 부계층으로부터 상기 기계 부계층의 반대쪽에 있는 상부의 부계층을 더 포함하는 것인 MEMS 장치.

청구항 53

제52항에 있어서, 상기 상부 부계층과 상기 반사 부계층은 동일한 재료를 포함하는 것인 MEMS 장치.

청구항 54

제52항에 있어서, 상기 상부 부계층은 상기 반사 부계층과 동일한 두께를 갖는 것인 MEMS 장치.

청구항 55

제52항에 있어서, 상기 상부 부계층의 두께는 상기 반사 부계층의 두께의 5% 범위 내에 있는 것인 MEMS 장치.

청구항 56

제51항에 있어서, 상기 전극층과 같은 쪽의 상기 에어 갭 쪽에 위치한 부분 반사층을 더 포함하는 MEMS 장치.

청구항 57

전기적으로 도전성을 갖는 제1전도수단;

전기적으로 도전성을 갖는 제2전도수단; 및

상기 제1전도수단 위에 상기 제2전도수단을 지지하는 지지수단을 포함하되,

상기 제2전도수단은 상기 제1전도수단과 제2전도수단 사이에 발생하는 정전기 전위(electrostatic potential)에 응하여 상기 제1전도수단에 대해 이동 가능하고, 상기 지지 수단은 해당 지지수단 내의 잔류 응력으로 인한 상기 제2전도수단의 휨을 최소화하도록 구성된 것인 MEMS 장치.

청구항 58

제57항에 있어서, 제1전도수단은 기판에 의해 지지된 전극층을 포함하는 것인 MEMS 장치.

청구항 59

제57항에 있어서, 제2전도수단은 내부 잔류 응력을 지니는 이동층을 포함하되, 해당 이동층의 일부분은 간접계 갭에 의해 상기 제1전도수단으로부터 이격되어 있는 것인 MEMS 장치.

청구항 60

제57항에 있어서, 상기 지지 수단은 상기 제2전도수단에 인접하여 위치되어 내부 잔류 응력을 지니는 지지 구조체를 포함하고, 상기 지지 구조체와 상기 제2전도수단의 재료는 상기 지지 구조체의 내부 잔류 응력이 상기 제2전도수단의 내부 잔류 응력에 의해 균형을 이루도록 선택된 것인 MEMS 장치.

청구항 61

제57항에 있어서, 상기 지지수단은 상기 제2전도수단 밑에 놓여 있는 하부 지지 구조체와, 상기 제2전도수단과 상기 하부 지지 구조체 위에 놓여 있는 상부 지지 구조체를 포함하고, 상기 상부 지지 구조체 내의 잔류 응력은 상기 하부 지지 구조체 내의 잔류 응력과 동일한 것인 MEMS 장치.

청구항 62

삭제

청구항 63

삭제

청구항 64

삭제

청구항 65

삭제

명세서

기술분야

[0001] **관련 출원들의 상호 참조**

[0002] 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 인용된다.

[0003] **기술분야**

[0004] 본 발명은 변형과 관련된 응력을 최소화하도록 구성된 지지 구조들을 가진 MEMS(microelectromechanical systems) 장치와 그 제조 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0005] 마이크로 전자 기계 시스템(MEMS)은 마이크로 기계 부품들, 액추에이터들 (actuators), 및 전자 기기들을 포함한다. 마이크로 기계 부품들은 기관들 및/또는 증착된 재료층들의 일부분들을 에칭해내거나 층들을 추가하여 전기 및 전자 기계 장치들을 형성하는 증착, 에칭, 및/또는 다른 마이크로머시닝(micromachining) 공정들을 이용하여 생성될 수도 있다. MEMS 장치의 한 형태로는 간섭계 변조기(interferometric modulator)가 있다. 본 명세서에서 사용된 것처럼, 간섭계 변조기 또는 간섭 광 변조기라는 용어는 광학적 간섭 원리들을 이용하여 빛을 선택적으로 흡수 및/또는 반사하는 장치를 의미한다. 어떤 실시예들에 있어서, 간섭계 변조기는 한 쌍의 전도판들을 포함할 수도 있는데, 상기 한 쌍의 전도판은 적어도 하나가 전체 또는 부분적으로 투과형 및/또는 반사형일 수도 있고 적절히 인가된 전기 신호에 의해 상대 운동을 할 수 있다. 특별한 실시예에서, 하나의 전도판은 기관에 증착된 고정층을 포함할 수도 있고, 다른 하나의 전도판은 에어 갭(air gap)에 의해 고정층과 분리된 금속막을 포함할 수도 있다. 본 명세서에서 보다 더 상세히 설명하는 바와 같이, 전도판들의 상대적 위치에 의해서 간섭계 변조기로 입사되는 빛의 광학적 간섭은 변경될 수 있다. 이러한 장치들의 사용범위는 광범위한데, 기존의 제품들을 향상시키는데 있어서, 그리고 아직 개발되지 않은 새로운 제품들을 만들어 내는데 있어서 이러한 유형의 장치 특성들이 사용될 수 있도록 이들 장치들의 특징들을 이용 및/또는 변경하는 것은 해당 기술 분야에서 유용할 것이다.

발명의 상세한 설명

[0006] 일 실시예에서, 기관을 제공하는 단계, 기관 위에 전극층을 증착시키는 단계, 전극층 위에 희생층을 증착시키는 단계, 개구부(apertures)를 형성하도록 희생층을 패터닝하는 단계, 희생층 위에 이동층을 증착시키는 단계, 이동층과 인접하고 적어도 일부분이 희생층의 개구부 내에 있는 지지 구조들을 형성하는 단계를 포함하고, 지지 구조들이 이동층에 대해 횡방향으로 변형이 되는 지지 구조들의 경향을 최소화시키도록 선택된 재료를 포함하는 MEMS 장치를 제조하는 방법이 제공된다.

[0007] 다른 실시예에서, 기관, 기관 위에 위치한 전극층, 전극층 위에 위치되어, 에어 갭에 의해 전극층으로부터 대체로 이간되어 있는 이동층, 이동층에 대해 횡방향으로 변형이 되는 지지 구조들의 경향을 최소화시키도록 선택된 재료를 포함하는, 이동층과 인접하고 적어도 일부분이 이동층의 함몰부들 내에 있도록 형성된 단단한 지지 구조들을 포함하는 MEMS 장치가 제공된다.

[0008] 다른 실시예에서, 기관을 제공하는 단계, 기관 위에 전극층을 증착시키는 단계, 전극층 위에 희생층을 증착시키는 단계, 개구부를 형성하도록 희생층을 패터닝하는 단계, 적어도 일부분이 개구부 내에 있는 하부 지지 구조들을 형성하는 단계, 이동층 위에 놓여있고 적어도 일부분이 희생층의 개구부 내에 있는 상부 지지 구조들을 형성하는 단계를 포함하고, 지지 구조들은 하부 지지 구조에 대하여 횡방향으로 확장되거나 수축하는 상부 지지 구조의 경향으로부터 기인하는 휨(deflection)을 최소화하도록 구성된 MEMS 장치를 제조하는 방법이 제공된다.

[0009] 다른 실시예에서, 기관, 기관 위에 위치한 전극층, 전극층 위에 위치되어, 에어 갭에 의해 전극층으로부터 대체로 이간되어 있는 이동층, 이동층 하부에 형성된 하부 지지 구조들, 및 이동층 위에 형성된 상부 지지 구조들을 포함하고, 적어도 몇몇의 상부 지지 구조들은 이동층 하부에 형성된 하부 지지 구조들이며, 지지 구조들은 하부 지지 구조에 대해 횡방향으로 확장되거나 수축하는 상부 지지 구조의 경향으로부터 기인하는 휨을 최소화시키도록 구성된 MEMS 장치가 제공된다.

[0010] 다른 실시예에서, 전기적인 전도성을 갖는 제1수단들, 전기적 전도성을 갖는 제2수단들, 제1 전도성 수단들 위에 제2 전도성 수단들을 지지하는데 사용되는 수단들을 포함하고, 제2 전도성 수단들은 제1 및 제2 전도성 수단들 사이에서 정전기 전위를 생산하는데 응하여 제1 전도성 수단들과 대응하여 이동가능하며, 지지 수단들은 서

로서로 간에 횡방향으로 확장되거나 수축되는 지지 영역 내에 있는 요소들의 경향으로부터 기인하는 힘을 최소화시키도록 구성된 MEMS 장치가 제공된다.

실시예

- [0031] 아래의 상세한 설명은 본 발명의 어떤 특정 실시예들에 관한 것이지만, 본 발명은 다양한 방법들로 구현될 수 있다. 본 설명에서, 전체적으로 동일한 구성 요소들은 동일한 참조 번호들로 표시된다. 아래의 설명을 통해서 분명해지겠지만, 실시예들은 동영상(예를 들어, 비디오) 또는 정지 영상(예를 들어, 스틸 이미지(still image)), 및 문자 영상 또는 그림 영상과 같은 영상을 보여주도록 구성되는 어떠한 장치에서 구현될 수도 있다. 더 상세하게는, 휴대폰, 무선 장치들, PDA(personal data assistant), 초소형 또는 휴대용 컴퓨터, GPS 수신기/내비게이션, 카메라, MP3 플레이어, 캠코더, 게임 콘솔(game consoles), 손목 시계, 시계, 계산기, 텔레비전 모니터, 평면 패널 디스플레이 장치, 컴퓨터 모니터, 자동차 디스플레이 장치(예를 들어, 주행 기록계 디스플레이 장치), 콕핏 제어기(cockpit control) 및/또는 디스플레이 장치, 카메라 뷰 디스플레이 장치(예를 들어, 차량의 리어 뷰(rear view) 디스플레이 장치), 전자 사진, 전자 광고판 또는 사인(sign), 프로젝터, 건축 구조물, 포장물, 및 미술 구조물(예를 들어 보석류의 이미지 디스플레이 장치)를 포함하지만 이에 한정되지는 않는 다양한 전자 장치들로 또는 그 다양한 전자 장치들과 관련되어 구현될 수도 있다는 것은 주목할 만하다. 여기에서 설명하는 것들과 유사한 구조체의 MEMS 장치들은 또한 전자 스위치 장치들에서와 같이 디스플레이 장치가 아닌 응용품들에 사용될 수 있다.
- [0032]간접계 변조기 요소들과 같은 개개의 MEMS 요소들은 개개 요소들의 내 및 그의 가장자리에서 지지 구조들로서 제공될 수도 있다. 특정한 실시예들에 있어서, 이러한 지지 구조들은 이동층 위에 있는 "리벳" 구조들 및/또는 이동층 아래에 있는 "기둥" 구조들을 포함할 수도 있다. 증착된 층들의 잔류 응력들과 작동 조건들 하에서의 변화들로부터 기인하는 응력들의 변화들때문에(열 팽창 계수들의 차이들에 의해 야기되는 내부적인 변형 또는 응력), 이동층은 MEMS 장치의 작동을 변경시킴으로써, 바람직하지 않게는 휘(deflect) 수도 있다. 그러한 바람직하지 않은 응력들은, 이동층 또는 하부 지지 구조 중 어느 하나에 있어서 동일한 재료 및 두께를 가진 지지 구조들과 같이, 재료의 선택과 지지 구조들의 대칭적인 배열을 통해서 최소화되거나 제거될 수 있다. 추가적인 실시예에 있어서, MEMS 장치 내에 있는 두 층들 간의 응력 불일치는 층들이 서로 간에 미러 이미지들인 경우에 최소화될 수 있다.
- [0033]간접계 MEMS 디스플레이 소자를 포함하는 간접계 변조기 디스플레이의 일 실시예가 도 1에 도시된다. 이들 장치들에서 화소들은 밝은 상태나 어두운 상태이다. 밝은("온(on) 또는 "열린") 상태에서, 디스플레이 구성 소자는 입사되는 가시 광선의 많은 부분을 사용자에게 반사한다. 어두운("오프(off)" 또는 "닫힌")상태에서, 디스플레이 소자는 입사되는 가시 광선을 사용자에게 거의 반사하지 않는다. 실시예에 따라서, "온" 및 "오프" 상태의 빛의 반사 특성들은 역전될 수도 있다. MEMS 화소들은 선택되는 색깔에서 주로 반사하도록 구성되어 흑백 디스플레이 외에도 컬러 디스플레이가 가능하다.
- [0034]도 1은 비주얼 디스플레이의 화소들의 집합에 있어서, 두 개의 인접하는 화소들을 도시하는 등각 투상도인데, 여기서 각 화소는 MEMS 간접계 변조기를 포함한다. 몇몇 실시예에서, 간접계 변조기 디스플레이는 이러한 간접계 변조기들의 로우/칼럼 어레이를 포함한다. 각각의 간접계 변조기는 서로 간에 가변적이고 제어 가능한 거리에 위치한 한 쌍의 반사층들을 포함하여 적어도 하나의 가변 치수로 공진 광학 갭(resonant optical gap)을 형성한다. 일 실시예에서, 반사층들 중 하나는 두 위치들 사이에서 움직일 수도 있다. 이완 위치를 의미하는 제1 위치에서, 이동가능한 반사층은 고정된 부분 반사층으로부터 상대적으로 먼 거리에 위치한다. 작동 위치를 의미하는 제2위치에서, 이동가능한 반사층은 고정된 부분 반사층에 더 가까이 인접하여 위치한다. 두 반사층에서 반사된 입사광은 이동가능한 반사층의 위치에 따라서 보강 간섭 또는 소멸 간섭하여 각 화소에 대해 전체 반사 상태 또는 비반사 상태를 생성한다.
- [0035]도 1의 화소 어레이의 묘사된 부분은 두 개의 인접하는 간접계 변조기들(12a, 12b)을 포함한다. 왼쪽에 위치한 간접계 변조기(12a)에는 광학 적층부(optical stack)(16a)에서 소정 거리 이격되고 이완 위치에 있는 이동가능한 반사층(14a)이 도시되는데, 광학 적층부(16a)는 부분 반사층을 포함한다. 오른쪽에 위치한 간접계 변조기(12b)에는 광학 적층부(16b)에 인접한 작동 위치에 있는 이동가능한 반사층(14b)이 도시된다.
- [0036]여기서 참조기호로 표시된 (16a), (16b)(일괄해서 광학 적층부(16)라 칭함)는 몇 개의 퓨즈층들(fused layers)을 일반적으로 포함하는데, 퓨즈층들은 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 반사한다. 그리고, 예를 들어 하나 이상의 상기 층들을 투명 기판(20)에 증착함으로써 제조할 수도

있다. 부분 반사층은 다양한 금속들, 반도체들, 및 유전체들과 같이 부분 반사적인 다양한 재료들로 형성될 수 있다. 부분 반사층은 하나 이상의 층으로 형성될 수 있는데, 각각의 층은 단일 재료 또는 조합된 재료들로 형성될 수 있다.

[0037] 아래에 설명되는 바와 같이, 몇몇 실시예에서, 광학 적층부(16)의 층들은 패터닝되어 병렬 스트립(strip)들이 되고 디스플레이 장치 내에서 로우 전극들을 형성할 수도 있다. 이동가능한 반사층들(14a, 14b)은 기둥들(18) 사이에 증착되는 중재 희생 재료 및 기둥들(18)의 상면에 증착된 증착 금속층 또는 증착 금속층들(광학 적층부(16a, 16b)의 로우 전극들에 직교)로 이루어진 일련의 병렬 스트립들로 형성될 수도 있다. 희생 재료를 에칭하여 제거했을 때, 이동가능한 반사층들(14a, 14b)은 정의된 갭(19)에 의해 광학 적층부(16a, 16b)로부터 분리된다. 알루미늄과 같은 고 전도 및 반사 재료가 반사층들(14)로 사용될 수 있고, 이들 스트립들은 디스플레이 장치에서 칼럼 전극들을 형성할 수도 있다.

[0038] 도 1에 도시된 화소(12a)에서와 같이, 이동가능한 반사층(14a)은 인가된 전압 없이 기계적으로 이완 상태인 채로, 갭(19)은 이동가능한 반사층(14a)과 광학 적층부(16a) 사이에서 유지된다. 그러나, 전위차가 선택된 로우 및 칼럼에 인가될 경우, 대응하는 화소의 로우 전극들과 칼럼 전극들의 교차점에 형성된 캐패시터는 충전되고 정전기력은 전극들을 함께 끌어당긴다. 전압이 충분히 높다면, 이동가능한 반사층(14)은 변형이 일어나고 광학 적층부(16)에 반하여 힘을 받는다. 도 1의 오른쪽에 위치한 화소(12b)에 도시된 바와 같이, 광학 적층부(16) 내에 있는 유전층(도시 생략)은 단락을 방지할 수도 있고 층들(14 및 16)간의 이격 거리를 조절할 수도 있다. 상기 거동은 인가된 전위차의 극성에 상관없이 동일하다. 이와 같이, 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.

[0039] 도 2 내지 도 5b는 디스플레이 애플리케이션에 있어서 간섭계 변조기들의 어레이를 사용하기 위한 하나의 예시적 과정 및 시스템을 도시한다.

[0040] 도 2는 본 발명의 측면들을 포함할 수도 있는 전자 장치의 일 실시예를 도시하는 시스템 블록도이다. 예시적 실시예에서, 전자 장치는 프로세서(21)를 포함하는데, 상기 프로세서(21)는 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, 프로세서(21)는 하나 이상의 소프트웨어 모듈을 실행하도록 구성될 수도 있다. 오퍼레이팅 시스템(operating system)의 실행과 더불어, 프로세서는 웹 브라우저(web browser), 전화 애플리케이션(application), 이메일 프로그램, 또는 다른 어떤 소프트웨어 애플리케이션을 포함하는 하나 이상의 소프트웨어 애플리케이션들을 실행하도록 구성될 수도 있다.

[0041] 일 실시예에서, 프로세서(21)는 또한 어레이 드라이버(22)와 통신하도록 구성된다. 일 실시예에서, 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 도시된 어레이의 단면이 도 2의 1-1 라인들을 통해 도시된다. MEMS 간섭계 변조기들에 대해서, 로우/칼럼 작동 프로토콜은 도 3에 도시된 이러한 장치들의 히스테리시스(hysteresis) 특성을 이용할 수도 있다. 예를 들어, 이완 상태에서부터 작동 상태로 이동가능층을 변화시키기 위해 10 볼트 전위차가 요구될 수도 있다. 그러나, 이러한 값에서 전압이 줄어들어, 전압이 10 볼트 미만으로 다시 떨어질 때에 이동가능층의 상태는 유지되고, 도 3의 예시적 실시예에서, 전압이 2 볼트 미만으로 떨어진 이후에야 이동가능층은 완전히 이완된다. 따라서, 도 3에 도시되는 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 제로 볼트에 근접한 전압차에 노출되도록 로우/칼럼 작동 프로토콜을 설계할 수 있다. 스트로빙 후에, 화소들은 약 5 볼트의 정상 상태 전압차에 노출되고 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 상태에 있는 동일한 인가 전압 조건들하에서 도 1에 도시된 화소 설계는 안정된다. 작동 상태나 이완 상태에서, 본질적으로, 간섭계 변조기의 각 화소는 고정된 이동가능한 반사층들에 의해 형성된 캐패시터이기 때문에, 이러한 안정한 상태는 전력 손실이 거의 없이 히스테리시스 창 안의 전압에서 유지될 수 있다. 본질적으로, 인가된 전위가 고정되어 있다면 화소로 들어가는 전류 흐름은 없다.

[0042] 전형적인 응용들에서, 제1로우에 있는 원하는 작동 화소들의 세트에 따라 칼럼 전극들의 세트를 어서트(asser

t)함으로써 디스플레이 프레임을 생성할 수도 있다. 다음으로 로우 펄스가 로우 1(row 1) 전극에 인가되어 어서트된 칼럼 라인들에 대응하는 화소들을 작동시킨다. 이후 칼럼 전극들 중 어서트된 세트는 제2로우에 있는 작동 화소들의 원하는 세트에 대응하도록 변경된다. 다음으로 펄스가 제2로우 전극에 인가되어, 어서트된 칼럼 전극들에 따라서 제2로우에 있는 적절한 화소들을 작동시킨다. 로우 1 화소들은 로우 2 펄스들의 영향을 받지 않고 로우 1 펄스 동안 그것들이 설정되었던 상태로 유지된다. 이는 프레임을 생성하기 위하여 일련의 전체 로우들에 대해서 순차적으로 반복될 수도 있다. 일반적으로, 이러한 과정을 초 당 원하는 프레임 수만큼 끊임없이 반복함으로써 프레임들은 새로운 디스플레이 데이터로 업데이트 및/또는 리프레시(refresh)된다. 더불어, 디스플레이 프레임들을 생성하는 화소 어레이들의 행 전극들 및 칼럼 전극들을 구동하기 위한 매우 다양한 프로토콜들은 잘 알려져 있고 본 발명과 관련하여 사용될 수도 있다.

[0043] 도 4, 도 5a, 및 도 5b는 도 2의 3×3 어레이 위에 디스플레이 프레임을 생성하기 위한 가능한 작동 프로토콜을 도시한다. 도 4는 도 3의 히스테리시스 곡선들을 나타내는 화소들을 위해 사용될 수도 있는, 가능한 로우 전압 레벨들 및 칼럼 전압 레벨들의 세트를 도시한다. 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 -5 볼트 및 +5 볼트에 각각 대응한다. 화소에 대한 볼트 전위차가 제로가 되는 동일한 $+\Delta V$ 로 적절한 로우를 설정하고 $+V_{bias}$ 로 적절한 칼럼을 설정함으로써 화소를 이완한다. 로우 전압이 제로 볼트로 유지되는 이러한 로우들에서, 칼럼이 $-V_{bias}$ 이거나 $+V_{bias}$ 인 것에 상관없이, 화소들은 그것들의 원래 상태가 어떠한 그 상태에서 안정하다. 도 4에 또한 도시된 바와 같이, 앞서 설명한 것과 반대 극성의 전압이 사용될 수 있다는 것을 이해할 것이다. 예를 들어, 화소를 작동시키는 것은 적절한 칼럼을 $+V_{bias}$ 로 설정하고 적절한 로우를 $-\Delta V$ 로 설정하는 것을 수반한다. 본 실시예에서, 화소에 대한 제로 볼트 전위차를 생성하는 동일한 $-\Delta V$ 로 적절한 로우를 설정하고 $-V_{bias}$ 로 적절한 칼럼을 설정함으로써 화소를 이완한다.

[0044] 도 5b는 도 5a에 도시된 디스플레이 배열을 나타내는 도 2의 3×3 어레이에 인가되는 일련의 로우 신호들 및 칼럼 신호들을 도시하는 타이밍도로서, 여기서 작동 화소들은 비반사적이다. 도 5a에 도시된 프레임을 쓰기에 앞서, 화소들은 어떤 상태에 있을 수 있고, 이 예에서, 모든 로우들은 제로 볼트이고 모든 칼럼들은 +5 볼트이다. 이러한 인가 전압들로, 모든 화소들은 그것들의 현재 작동 또는 이완 상태에서 안정하다.

[0045] 도 5a의 프레임에서, (1,1), (1,2), (2,2), (3,2) 및 (3,3) 화소들이 작동된다. 이렇게 하기 위해서, 로우 1에 대한 "라인 시간(line time)"동안 칼럼 1과 2는 -5 볼트로 설정되고, 칼럼 3은 +5 볼트로 설정된다. 이러한 설정은 화소들의 상태를 변화시키지 않는데, 이는 모든 화소들이 3 볼트 내지 7 볼트 안정성 창에 유지되기 때문이다. 다음으로 로우 1은 0 볼트에서 5 볼트로 가서 다시 0 볼트로 가는 펄스로 스트로빙된다. 이는 (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 -5 볼트로 설정하고 칼럼 1 및 칼럼 3을 +5 볼트로 설정한다. 다음으로 로우 2에 동일한 스트로빙을 적용하여 (2,2) 화소를 작동시키고 (2,1) 및 (2,3) 화소를 이완시킬 것이다. 어레이의 다른 화소들은 또한 영향을 받지 않는다. 로우 3은 칼럼 2 및 칼럼 3을 -5 볼트로 설정하고 칼럼 1을 +5 볼트로 설정함으로써 유사하게 설정된다. 도 5a에 도시된 바와 같이, 로우 3 스트로브(strobe)는 로우 3 화소들을 설정한다. 프레임을 쓴 후에, 로우 전위들은 제로이고 칼럼 전위들은 +5 볼트 또는 -5 볼트로 유지될 수 있게 되어 디스플레이는 도 5a의 배열에서 안정하다. 수십 수백 개의 로우와 칼럼들을 가진 어레이들에 대해서 동일한 과정을 이용할 수 있다는 것을 인지할 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, 여기에서 설명되는 시스템들 및 방법들을 이용하여 다른 작동 전압 방법이 사용될 수 있다는 것을 또한 인지할 것이다.

[0046] 도 6a 및 도 6b는 디스플레이 장치(40)의 실시예를 도시하는 시스템 블록도이다. 예를 들어, 디스플레이 장치(40)는 이동 전화기 또는 휴대 전화기일 수 있다. 그러나, 텔레비전 및 휴대용 미디어 플레이어와 같은 디스플레이 장치(40)의 동일한 구성 요소들 또는 그것의 약간의 변형들이 다양한 유형으로 또한 예시된다.

[0047] 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 포함하는 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, 이에 한정되지않는 다양한 재질들 중의 어떤 것으로 만들어질 수도 있다. 일 실시예에서, 하우징(41)은 다른 색깔을 가지거나 다른 로고, 그림 또는 심볼을 포함하는 분리 가

능한 부분들과 상호 교환할 수도 있는 분리 가능한 부분(도시 생략)을 포함한다.

- [0048] 예시적인 디스플레이 장치(40)의 디스플레이(30)는 여기에서 설명되는 바와 같이, 쌍안정(bi-stable) 디스플레이를 포함하는 다양한 디스플레이들 중의 어떤 것일 수도 있다. 다른 실시예들에서, 해당 기술 분야의 당업자들에게 잘 알려진 바와 같이, 디스플레이(30)는 앞서 설명한 바와 같은 플라즈마, EL, OLED, STN LCD 또는 TFT LCD와 같은 평면 패널 디스플레이, 또는 CRT나 다른 종류의 튜브(tube) 장치와 같은 비평면 패널 디스플레이를 포함한다. 그러나, 본 실시예를 설명하기 위해서, 여기에서 설명하는 바와 같이, 디스플레이(30)는 간접계 변조기 디스플레이를 포함한다.
- [0049] 예시적 디스플레이 장치(40)의 일 실시예에 포함되는 구성 요소들이 도 6b에 개략적으로 도시된다. 도시된 예시적 디스플레이 장치(40)는 하우징(41)을 포함하고 적어도 여기에서 부분적으로 개시된 추가적인 구성 요소들을 포함할 수 있다. 예를 들어, 일 실시예에서, 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 연결된다. 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) 및 어레이 드라이버(22)에 결합된다. 어레이 드라이버(22)는 디스플레이 어레이(30)에 교대로 결합된다. 전력 공급 장치(50)는 특정한 예시적 디스플레이 장치(40) 설계에 요구되는 바와 같이 모든 구성 요소들에게 전력을 제공한다.
- [0050] 예시적 디스플레이 장치(40)가 네트워크를 통해 하나 이상의 장치와 통신할 수 있도록 네트워크 인터페이스(27)는 안테나(43) 및 트랜시버(47)를 포함한다. 일 실시예에서, 네트워크 인터페이스(27)는 프로세서(21)의 요구 사항들을 분담할 수 있는 몇몇 프로세싱 성능들을 또한 가질 수도 있다. 안테나(43)는 신호들을 전송하거나 수신하기 위해, 해당 기술 분야의 당업자들에게 알려진 어떤 안테나이다. 일 실시예에서, 안테나는 IEEE 802.11(a), (b), 또는 (g)를 포함하는 IEEE 802.11 표준에 따라서 RF 신호들을 전송하거나 수신한다. 다른 실시예에서, 안테나는 블루투스(BLUETOOTH) 표준에 따라서 RF 신호들을 전송하고 수신한다. 이동 전화기의 경우, 안테나는 CDMA, GSM, AMPS, 또는 무선 이동 전화 네트워크 안에서 통신하기 위해 사용되는 다른 기존의 신호들을 수신하도록 설계된다. 트랜시버(47)는 안테나(43)로부터 수신된 신호들을 미리 처리하여 신호들이 프로세서(21)에 의해 수신되고 나아가 조작될 수도 있다. 트랜시버(47)는 프로세서(21)로부터 수신된 신호들도 처리하여 신호들이 안테나(43)를 경유하여 예시적 디스플레이 장치(40)로부터 전송될 수 있게 한다.
- [0051] 대안적인 실시예에서, 트랜시버(47)는 수신기로 대체될 수 있다. 또 다른 대안적인 실시예에서, 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(digital video disc (DVD))나 하드 디스크 드라이브 또는 이미지 데이터를 생성하는 소프트웨어 모듈과 같은 메모리 장치일 수 있다.
- [0052] 일반적으로 프로세서(21)는 예시적 디스플레이 장치(40)의 전체적인 동작을 제어한다. 프로세서(21)는 네트워크 인터페이스(27) 또는 이미지 소스에서 나온 압축된 이미지 데이터와 같은 데이터를 수신하고 데이터를 원천 이미지 데이터(raw image data) 또는, 원천 이미지 데이터로 즉시 처리할 수 있는 포맷으로 처리한다. 이후 프로세서(21)는 처리된 데이터를 드라이버 제어기(29) 또는 저장을 위해 프레임 버퍼(28)로 보낸다. 일반적으로 원천 데이터는 이미지 안의 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.
- [0053] 일 실시예에서, 프로세서(21)는 마이크로 제어기, CPU, 또는 예시적 디스플레이 장치(40)의 동작을 제어하는 제어부를 포함한다. 일반적으로 컨디셔닝 하드웨어(52)는 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) 안에 있는 별도의 구성 요소일 수도 있거나 프로세서(21) 또는 다른 구성 요소들 안에서 결합되어 있을 수도 있다.
- [0054] 드라이버 제어기(29)는 프로세서(21)에서 생성된 원천 이미지 데이터를 프로세서(21)에서 직접 받거나 프레임 버퍼(28)로부터 받고 어레이 드라이버(22)로 고속 전송하기 위해 원천 이미지 데이터를 적절히 재포맷한다. 특히, 드라이버 제어기(29)는 래스터 형상 포맷(raster like format)을 가진 데이터 흐름으로 원천 이미지 데이터를 재포맷하여 디스플레이 어레이(30)에 걸쳐 스캐닝하기에 적합한 시간 순서를 가진다. 다음으로 드라이버 제어기(29)는 포맷된 정보를 어레이 드라이버(22)에 보낸다. 비록 LCD 제어기와 같은 드라이버 제어기(29)가 독립

형 집적 회로(stand-alone Integrated Circuit (IC))로서 시스템 프로세서(21)와 종종 관련되지만, 이러한 제어기들은 다양한 방법들로 구현될 수도 있다. 이러한 제어기들은 프로세서(21) 안에 하드웨어로서 끼워질 수도 있고, 소프트웨어로서 프로세서 안에 넣어질 수도 있거나 어레이 드라이버(22)와 함께 하드웨어에 완전 일체형으로 결합될 수도 있다.

[0055] 일반적으로, 어레이 드라이버(22)는 포맷된 정보를 드라이버 제어기(29)로부터 받고 디스플레이의 x-y 매트릭스 화소들로부터 나온 수 백 리드들(leads), 때에 따라서는 수 천 리드들에 초당 여러번 인가되는 병렬 세트의 파형들로 비디오 데이터를 재포맷한다.

[0056] 일 실시예에서, 드라이버 제어기(29), 어레이 드라이버(22), 및 디스플레이 어레이(30)는 여기서 설명하는 디스플레이들의 유형 중 어느 것에나 적합하다. 예를 들어, 일 실시예에서, 드라이버 제어기(29)는 종래의 디스플레이 제어기 또는 쌍안정 디스플레이 제어기(예를 들어, 간섭계 변조기 제어기)이다. 다른 실시예에서, 어레이 드라이버(22)는 종래의 드라이버 또는 쌍안정 디스플레이 드라이버(예를 들어, 간섭계 변조기 드라이버)이다. 일 실시예에서, 드라이버 제어기(29)는 어레이 드라이버(22)와 일체형이다. 이러한 일 실시예는 이동 전화기, 시계, 및 다른 소형 디스플레이와 같은 고집적 시스템에 일반적이다. 또 다른 실시예에서, 디스플레이 어레이(30)는 일반적인 디스플레이 어레이 또는 쌍안정 디스플레이 어레이이다(예를 들어, 간섭계 변조기들의 어레이를 포함하는 디스플레이).

[0057] 입력 장치(48)는 사용자로 하여금 예시적 디스플레이 장치(40)의 동작을 제어하도록 한다. 일 실시예에서, 입력 장치(48)는 QWERTY 키보드 또는 전화기 키패드와 같은 키패드, 버튼, 스위치, 터치 센스 스크린, 또는 압력 또는 열 센스 막을 포함한다. 일 실시예에서, 마이크(46)는 예시적 디스플레이 장치(40)에 대한 입력 장치이다. 장치에 데이터를 입력하기 위해 마이크(46)가 사용되는 경우, 음성 명령들이 사용자들에 의해 제공되어 예시적 디스플레이 장치(40)의 동작들을 제어할 수도 있다.

[0058] 전력 공급 장치(50)는 해당 기술 분야에서 잘 알려져 있는 다양한 에너지 저장 장치들을 포함할 수 있다. 예를 들어, 일 실시예에서, 전력 공급 장치(50)는 니켈-카드뮴 배터리 또는 리튬 이온 배터리와 같은 충전용 배터리이다. 다른 실시예에서, 전력 공급 장치(50)는 재생 가능 에너지 원, 캐패시터, 또는 플라스틱 태양 전지와 태양 전지 페인트를 포함하는 태양 전지이다. 다른 실시예에서, 전력 공급 장치(50)는 벽에 붙은 콘센트에서 전력을 받도록 구성된다.

[0059] 몇몇 실시예에서, 앞서 설명한 바와 같이, 전자 디스플레이 시스템 안의 몇몇 장소에 위치될 수 있는 드라이버 제어기 안에서 제어 프로그램이 가능하다. 몇몇 실시예들에서는 어레이 드라이버(22) 안에서 제어 프로그램이 가능하다. 해당 기술 분야의 당업자들은 앞서 설명한 최적화들을 다양한 하드웨어 및/또는 소프트웨어 구성 요소들 및 다양한 구성물들 안에서 구현할 수도 있음을 인식할 것이다.

[0060] 앞서 설명한 원리들에 따라서 작동되는 간섭계 변조기의 상세한 구조는 매우 다양할 수 있다. 예를 들어, 도 7a 내지 도 7e는 이동가능한 반사층(14) 및 그의 지지 구조물들에 대한 다섯 개의 서로 다른 실시예들을 도시한다. 도 7a는 도 1의 실시예에 대한 단면도인데, 여기서 금속 재료(14)의 스트립은 직교로 연장된 지지부들(18) 상에 증착된다. 도 7b에서, 이동가능한 반사층(14)은 지지부들(18)의 가장자리에 있는 줄(32)에 부착된다. 도 7c에서, 이동가능한 반사층(14)은 연성 금속을 포함할 수도 있는 변형 가능층(34)으로부터 떨어져 있다. 변형 가능층(34)은 변형가능층(34) 주변의 기관(20)에 직접적으로나 간접적으로 연결된다. 여기서 이러한 연결부들은 고립된 필라들 또는 기둥들 및/또는 연속적인 벽들 또는 가로대들(rails)의 형태를 취할 수 있는, 지지 구조들을 의미한다. 도 7d에 도시된 실시예는 변형 가능층(34)이 안착되는 지지 기둥 플러그들(42)을 포함하는 지지 구조들(18)을 가진다. 도 7a 내지 도 7c에 도시된 바와 같이, 이동가능한 반사층(14)은 캐비티 위에 떠있지만, 변형 가능층(34)은 변형 가능층(34)과 광학 적층부(16) 사이의 홈들을 채움으로써 지지 기둥들을 형성하지 않는다. 오히려, 지지 기둥들은 지지 기둥 플러그들(42)을 형성하는데 사용하기 위한 평탄화 재료들로 형성된다. 도 7e에 도시된 실시예는 도 7d에 도시된 실시예를 기초로 하지만, 도시되지 않은 추가적인 실시예들 뿐만 아니라 도 7a 내지 도 7c에 도시된 다른 실시예들 중 어느 것과 함께 기능하도록 적용할 수도 있다. 도 7e에 도시된 실시예에서, 버스 구조(bus structure)(44)를 형성하기 위해 금속 또는 다른 전도성 재료로 이루어진 별도층이 사용되었다. 이 버스 구조(44)로 인해 신호는 간섭계 변조기들의 뒤쪽을 따라 흐르는데, 버스 구조(44)가 없었다면 기관(20)상에 형성되었을 많은 전극들이 필요 없게 된다.

[0061] 도 7에 도시된 것들과 같은 실시예들에서, 간섭계 변조기들은 직시형(direct-view) 장치들로 기능하는데, 직시형 장치들에서 이미지들은 투명 기관(20)의 앞면에 나타나고 반대편에는 조절 장치들이 배열된다. 이러한 실시예들에서, 반사층(14)은 변형 가능층(34)을 포함하는 기관(20)의 반대편 반사층 면 상에 있는 간섭계 변조기의

일부를 광학적으로 차단한다. 이렇게 해서 차단된 영역은 화질에 나쁜 영향을 미치지 않게 구성되고 작동된다. 어드레싱(addressing) 및 어드레싱에 기인한 움직임과 같은 조절 장치의 전자 기계적 특성들과 광학적 특성들을 분리할 수 있는 도 7e의 버스 구조(44)에도 이러한 차단 방법이 적용된다. 이러한 분리 가능한 구조로 조절 장치의 광학적 측면들 및 전자 기계적 측면들에 대해 사용되는 재질들 및 구조 설계가 선택되어 서로 독립적으로 기능 하게 된다. 더욱이, 도 7c 내지 도 7e에 도시된 실시예들은 변형 가능층(14)에 의해 수행되는, 기계적 특성들로부터 반사층(14)의 광학적 특성들을 분리함으로써 얻어지는 추가적인 장점들을 가진다. 이로 인해 반사층(14)을 위한 구조 설계 및 재질들이 광학적 특성들과 관련되어 최적화되고, 변형가능층(34)을 위한 구조 설계 및 재질들이 원하는 기계적 특성들과 관련되어 최적화된다.

[0062] 특정한 실시예들에 있어서, 도 7a에 도시된 이동가능한 반사층(14), 또는 도 7c 내지 도 7e의 기계층(34)과 이동가능한 반사층(14)의 결합과 같은 이동층에 추가적인 지지를 제공하는 것은 바람직할 수도 있다. 간접계 변조기들과 같은 광학 MEMS 장치들에 있어서, 아래에서 더욱 자세히 설명이 되겠지만, 이동층은 반사 부계층과 기계 부계층을 포함할 수도 있다. 그러한 지지는 개개의 변조기 요소의 가장자리들을 따라서 및/또는 그러한 요소의 내부에서 위치할 수도 있는 일련의 지지 구조들에 의해 제공 될 수도 있다. 다양한 실시예들에 있어서, 이러한 지지 구조들은 이동층 위에 또는 아래에 위치할 수도 있다. 대안적인 실시예들에 있어서, 지지 구조들은 기계층에서 형성된 개구부를 통해 확장될 수도 있고, 이 지지는 기계층의 위 및 아래 양쪽으로부터 제공된다. 여기에서 사용되는 것처럼, 용어 "리벳"은 일반적으로, 보통 기둥 또는 지지 영역의 오목한 곳 또는 함몰부(depression)에 있어서, 기계층에 대해 기계적 지지를 더하기 위한, MEMS 장치의 기계층 위에 놓여 있는 터닝된 층을 의미한다. 바람직하게는, 항상 그렇지는 않더라도, 리벳은 기계층의 움직임에 안정성과 예측가능성을 더하기 위해 기계층의 상부면 위에 놓여 있는 날개들을 포함한다. 유사하게, MEMS 장치에 있어서 기계층의 기계적 지지를 위해 기계층 아래에 놓여 있는 지지 구조들은 일반적으로 여기에서는 지지 "기둥들"을 의미한다. 여기에는 많은 실시예들에 있어서, 바람직한 재료들은 유기체 저항 재료들에 대하여 안정성을 갖는 무기물이다.

[0063] 그러한 지지 구조들의 예시적 배열은 MEMS 요소들의 배열을 묘사하는, 도 8에 도시되어 있다. 특정한 실시예들에 있어서, 배열은 간접계 변조기들의 배열을 포함할 수도 있으나, 대안적인 실시예들에 있어서, MEMS 요소들은 이동층을 가진 어떤 MEMS 장치를 포함할 수도 있다. 도시된 실시예에 있어서 위에 있는 리벳 구조들이지만 다른 실시예들에 있어서 아래에 있는 기둥 구조들을 포함할 수도 있는, 지지 구조들(62)은, 간접계 변조기 요소(60)의 예에 있어서, 이동층(66)의 가장자리들을 따라서 그리고 MEMS 요소의 내부에서 위치하고 있다. 특정 지지 구조들은 두개의 인접한 이동층들(66) 사이에 있는 갭(65)을 가로질러 확장할 수 있는 레일(rail) 구조들(64)을 포함할 수도 있다. 이동층(66)은 동일한 칼럼 내에 있는 다수의 인접한 요소들(60)을 통하여 확장하는 변형가능한 재료의 스트립을 포함한다는 것을 알수 있다. 레일 구조들(64)은 이동층(66)의 스트립들에 의해 정의된 전극들을 가로지르는 로우들(rows)을 정의하는 더 낮은 전극들과 평행으로 움직인다. 지지 구조들(62)은 요소들 또는 화소들(60) 내에서 이동층(66)을 강화시키는데 일조한다.

[0064] 유리하게는, 이러한 지지 구조들(62)은 변조기 요소(60)의 주변 영역에 비교하여 작게 만들어져 있다. 지지 기둥들이 이동층(66)의 휨을 강요하고 일반적으로 불투명할 수도 있음에 따라, 지지 구조들(62) 밑에 있고 밀착하여 둘러싼 영역은 디스플레이에 있는 활동 영역처럼 사용할만한 것은 아니고, 그러한 영역들에 있는 이동층은 완전히 작동 위치에서 이동가능한 것은 아니다.(예를 들어, 도 7a의 이동층(14)의 더 낮은 표면의 부분에 있는 것은 광학 적층부(16)의 높은 표면과 접촉되어 있다). 이것은 기둥을 둘러싸는 영역들에서 바람직하지 않은 광학 효과들을 초래하기 때문에, 어둡거나 "검정" 마스크층은 의도된 색을 없애버릴 수도 있는 이러한 영역들에서 과도한 반사를 피하기 위해서 지지구조들과 뷰어(viewer)의 사이에서 유리하게는 제공이 될 수도 있다.

[0065] 특정한 실시예들에 있어서, 이러한 지지 구조들은, 모양을 유지하는데 도움이 되는 이동층 위 및/또는 아래에 있는 실질상 단단한 구조(들)을 따라서, 이동층에 있는 함몰부를 포함할 수도 있다. 그러한 지지 구조들이 폴리머 재료로 형성될 수 있을지라도, 더욱 큰 단단함을 가진 무기 재료가 바람직하게는 사용되고, 폴리머 재료들을 포함하는 유사한 구조들에 비해 유리함을 제공한다.

[0066] 예를 들어, 폴리머 지지 구조는 작동 온도들의 넓은 범위에 걸쳐서 원하는 수준의 단단함을 유지할지 못할 수도 있으며, 장치의 수명에 걸쳐서 점차적인 변형 또는 기계적 실패에 영향을 받을 수도 있다. 그러한 실패들이 이동층과 광학 적층부 사이의 거리에 영향을 미칠 수도 있고, 이 거리가 간접계 변조기 요소에 의해 반사되는 파장들을 적어도 부분적으로 결정하기 때문에, 그러한 실패들은 작동하는 온도들에서 시간 또는 변화에 대해 닳아 지게 하는 것에 기인하는 반사된 색에서의 변화로 이끌 수도 있다. 다른 MEMS 장치들은 지지대들이 폴리머 재료로 형성될 때 시간에 대해 유사한 하락을 경험한다.

- [0067] 위에 있는 리벳 지지 구조들을 포함하는 간섭계 변조기 요소들을 형성하는 하나의 프로세스는 도 9a 내지 도 9j에서 설명되고 있다. 도 9a에서, 예를 들어, 유리 또는 투명한 폴리머 재료를 포함할 수도 있는, 투명하거나 빛 투과성 기판(70)이 제공되는 것을 알 수 있다. ITO를 포함할 수도 있는 전도층(72)은 투명 기판 위에 증착되고, 크롬을 포함할 수도 있는 부분 반사층(74)은 전도층(72) 위에 증착된다. 일 실시예에 있어서 전도층(72)은 ITO를 포함할 수도 있고, 아래 상세 설명에서 다양한 관점에서 설명되어 질수도 있을지라도, 전도층(72)이 어떤 적당한 전도 재료를 포함할 수도 있고, 비광학 MEMS 구조들에 대해 투명할 필요는 없다는 것을 알 수 있을 것이다. 유사하게, 때때로 크롬층으로서 언급되어 질지라도, 부분 반사층(74)은 어떤 적당한 부분 반사층을 포함할 수도 있으며, 비광학 MEMS 구조들에 대해 생략될 수도 있다.
- [0068] 전도층(72)과 부분 반사층(74)은 바닥 전극들을 형성하기 위해 패터닝되고 에칭이 되며, 또한 도 8의 이동층(66)에 십자형(예를 들어 수직)으로 지나가고 MEMS 요소들의 로우(row)를 칭하는데 사용될, 로우 전극들로서 설명된다. 특정한 실시예들에 있어서, 전도층(72)과 부분 반사층들(74)은, 또한 지지 기둥 구조들이 위치하게 될 영역들 밑에 놓여 있는 ITO와 크롬을 제거하기 위해 유리하게는 패터닝되고 에칭될 수도 있으며, 도 9b에 도시된 것처럼 개구부(76)를 형성하게 된다. 이 패터닝과 에칭은 바람직하게는 로우 전극들을 형성하는 동일한 프로세스에 의해 행해진다. 지지 구조들 밑에 놓여 있는 ITO와 크롬(다른 전도성 재료들)의 제거는, 이동층과 같은 위에 있는 전도층과 바닥 전극 사이에서 단락(shorting)의 위험을 최소화시키는데 도움이 된다. 따라서, 도 9b와 그 후속의 도면은 층들(72, 74)에 의해 형성되는 연속적인 로우 전극의 교차점을 도시하고 있으며, 고립된 개구부(76)는 에칭되고, 그러한 개구부를 통해서 확장하는 선을 따라가게 되어 있다. 전도층(72)과 부분 반사층(74)이 개구부(76)를 형성하기 위해 에칭되지 않은 다른 실시예들에 있어서, 아래에서 설명되는 유전체층은, 바닥 전극과 이동층사이에서 쇼팅에 대한 충분한 보호를 제공할 수도 있다.
- [0069] 전도층(72)과 부분 반사층(74)은 포토리소그래피를 통해 패터닝될 수도 있고, 예를 들어, 상업적으로 가능한 습식 에칭에 의해 에칭될 수도 있다. 크롬 습식 에칭들은 아세트산($C_2H_4O_2$)과 세륨암모늄질화물($Ce(NH_4)_2(NO_3)_6$)의 용액들을 포함한다. ITO 습식 에칭들은 HCl, HCl과 HNO_3 의 혼합물, 또는 75%/3%/22% 비율의 $FeCl_3/HCl/DI$ 와 H_2O 의 혼합물을 포함한다. 일단 개구부(76)가 형성되면, 도 9c에 도시된 것처럼, 유전체층(78)은 전도층(72)과 부분 반사층들(74) 위에 증착되어, 광학 적층부(16)를 형성한다. 특정한 실시예에 있어서, 다양한 범위의 적당한 재료들이 사용될 수 있을지라도 유전체층은 SiO_2 또는 SiN_x 를 포함할 수도 있다.
- [0070] 다양한 방법들은 여기에서 설명되는 다양한 실시예들과 관련하여 논의되는 패터닝과 에칭 프로세스를 수행하는데 사용될 수 있다. 사용되는 에칭들은 건식 에칭 또는 습식 에칭중 하나 일 수도 있고, 등방성 또는 이방성일 수도 있다. 적절한 건식 에칭은, 이에 한정되는 것은 아니지만: SF_6/O_2 , CHF_3/O_2 , SF_2/O_2 , CF_4/O_2 및 NF_3/O_2 를 포함한다. 일반적으로, 이러한 에칭들은 하나 또는 그 이상의 SiO_x , SiN_x , SiO_xN_y , 스핀 온 글래스(spin on glass), Nissan™ 하드 코트, 및 TaO_x 를 에칭하는데 적절하지만, 다른 재료들도 또한 이 프로세스에 의해 에칭될 수도 있다. 하나 또는 그 이상의 이러한 에칭에 저항력을 가진 재료들은 따라서, 이에 한정되지는 않지만 Al, Cr, Ni, 및 Al_2O_3 를 포함하는 에칭 배리어(barrier)층으로서 사용될 수도 있다. 게다가, 이에 한정되지는 않지만 PAD 에칭, BHF, KOH, 및 인산(phosphoric acid)을 포함하는 습식 에칭이 여기에서 설명되는 프로세스들에서 이용될 수도 있고, 일반적으로 금속 재료들을 에칭하는데 사용될 수도 있다. 일반적으로, 이러한 에칭들은 등방성일 수도 있지만, 에칭 약품을 이온화시키는 것과 기판에 이온들을 쬐주는 것에 의해, RIE(reactive ion etch)의 이용을 통해 이방성으로 만들어질 수 있다. 패터닝은, 마스크를 형성하는데 사용되는, 포토레지스트(PR)층(포지티브 또는 네가티브 포토레지스트)의 증착을 포함할 수도 있다. 양자택일로, 하드 마스크가 이용될 수 있다. 몇몇 실시예들에 있어서, 하드 마스크는 금속 또는 SiN_x 를 포함할 수도 있지만, 하드 마스크의 구성은 에칭되는 아래에 있는 재료들과 사용되는 에칭의 선택에 달려 있을 수도 있다. 하드 마스크는 전형적으로, 그 후에 제거되는, PR층을 이용하여 패터닝되고, 하드 마스크는 아래에 있는 층을 에칭하는 마스크로써 사용된다. 하드 마스크의 사용은 특히 습식 에칭이 사용될 때, 또는 PR 마스크가 다룰수 없는 조건들 하에서(높은 온도나 산소를 기반으로 한 에칭을 사용하는 경우)마스크를 통해 진행시킬 때마다, 유리한 점을 갖을 수도 있다. 층들을 제거하는 대안적인 방법들은 또한, 애싱(ashing) 에칭 또는 리프트오프 프로세스(liftoff process)들에 의해 이용될 수도 있다.
- [0071] 광학 적층부(16)를 형성하는 층들의 두께와 위치는 요소들이 작동될때(쓰러질때) 간섭계 변조기 요소에 의해 반사되는 색을 결정하고, 이동층(66)을 광학 적층부와 접촉토록 만든다. 특정한 실시예들에 있어서, 광학 적층부는 이동층이 작동 위치에 있을때 간섭계 변조기 요소가 실질적으로 보이지 않는 빛(검정으로 보이는)을 반사하

도록 구성된다. 전형적으로, 바람직한 두께가 재료의 굴절률과 쓰러진(collapsed) 상태에 있는 간섭계 변조기에 의해 반사되는 바람직한 색 모두에 기초하여 변화될 것이라는 것을 알 수 있을지라도, 유전체층(78)의 두께는 대략 450Å이다. 평면으로 간단하게 도시되어 있을지라도(유전체층(78)이 스핀 온 글래스라면 달성될 수 있는), 유전체층(78)은 전형적으로 층들(72, 74)로부터 형성되어 패터닝된 낮은 전극에 대해 순응(conformal)한다.

[0072] 도 9d에서 도시된 것처럼, 희생 재료층(82)은 유전체층(78) 위에 증착된다. 특정한 실시예에 들에 있어서, 이 희생층(82)은 염소를 기반으로 한 에칭액들, 특히 XeF₂에 의해 에칭될 수 있는 재료로 형성된다. 예를 들어, 희생층(82)은 몰리브덴(molybdenum) 또는 비결정질 실리콘(a-Si)으로부터 형성될 수도 있다. 다른 실시예들에 있어서, 희생층은 탄탈(tantalum) 또는 텅스텐을 포함할 수도 있다. 희생 재료들로 쓸 수 있는 다른 재료들은 실리콘 질화물, 특정한 산화물들, 및 유기체 재료들을 포함한다. 증착된 희생층(82)의 두께는 광학 적층부(16)와 이동층(66)사이의 거리를 결정할 것이며, 그에 따라 간섭계 갭(19)(도 7a에서 도시된)의 치수들을 정의한다. 갭(19)의 높이가 작동되지않는 위치에 있을 때 간섭계 변조기 요소에 의해 반사되는 색을 결정함에 따라, 희생층(82)의 두께는 간섭계 변조기의 바람직한 특성들에 따라 변화될 것이다. 예를 들어, 작동되지 않는 위치에 있는 녹색을 반사하는 변조기 요소가 형성되는 실시예에 있어서, 희생층(82)의 두께는 대략 2000Å일 수도 있다. 추가적인 실시예에 있어서, 다른 간섭계 갭 크기들이 다른 색들을 생산해내는데 사용되는 다색 디스플레이 시스템에서와 같이, 희생층은 MEMS 장치들의 배열을 가로지르는 다수의 두께를 가질 수도 있다.

[0073] 도 9e에서, 희생층(82)은 패터닝되고 테이퍼링된 개구부(86)를 형성하도록 에칭된 것을 볼 수 있다. 개구부(86)는 ITO와 크롬의 층들(72, 74)로 잘라낸 개구부(76) 위에 놓여 있다. 이러한 개구부(86)는 희생층을 마스킹하고, 포토리소그래피를 이용하는 것과, 그 후에 희생층의 부분들을 제거하기 위해 습식 또는 건식 에칭중 어느 하나를 수행함으로써 형성될 수도 있다. 적절한 건식 에칭들은, 이에 한정되지는 않지만, SF₆, CF₄, Cl₂, 또는 O₂를 가진 이러한 가스들의 어떤 혼합, 또는 He 이나 Ar과 같은 비활성 기체(noble gas)를 포함한다. Mo를 에칭하는데 적절한 습식 에칭들은 16:1:1:2 비율로 인산, 아세트산, 질산 및 탈이온수를 혼합할 수도 있는 PAN 에칭을 포함한다. 비결정질 실리콘은 KOH 및 HF 질산염을 포함하는 습식 에칭에 의해 에칭될 수 있다. 바람직하게는, 건식 에칭이 희생층(82)을 에칭하는데 사용될지라도, 건식 에칭은 테이퍼링된 개구부(86)의 형상을 조절할 수 있도록 허용한다.

[0074] 도 9f에서, 이동층(66)을 형성하는 구성요소들(예를 들면, 도 7a에서 이동가능한 반사층(14))은 에칭된 희생층(82)위에 증착되고, 테이퍼링된 개구부(86)를 라이닝(lining)한다. 도 9f의 실시예에 있어서, 미러 또는 미러층으로도 설명이 되는 높은 반사층(90)은 첫번째로 증착되고, 기계층(92)이 뒤따른다. 폭이 넓은 파장들의 스펙트럼에 대한 높은 반사율 때문에, 높은 반사층(90)은 알루미늄 또는 알루미늄 합금으로부터 형성될 수도 있다. 기계층(92)은 Ni 및 Cr과 같은 금속을 포함할 수도 있고, 바람직하게는 기계층(92)이 잔류 인장 응력을 포함하는 것과 같이 형성될 수 있다. 잔류 인장 응력은 변조기가 작동되지 않는, 또는 "이완된" 경우에 광학 적층부(16)로부터 떨어져서 이동층(66)을 잡아당기는 기계적인 힘을 제공한다. 여기에서 사용되는 이동층이라는 용어는 또한, 도 7c의 기계층(34)과 이동반사층(14)과 같이 부분적으로 떨어진 기계층과 반사층을 포함하는 것으로 이해될 수도 있지만, 편의상, 높은 반사층(90)과 기계층(92)의 조합은 총괄하여 이동층(66)으로 설명될 수도 있다.

[0075] 희생층이 XeF₂ 에칭에 의해 에칭되는 실시예에 있어서, 반사층(90)과 기계층(92) 모두 바람직하게는 XeF₂ 에칭에 저항력을 갖는다. 만약 이러한 층들 중 어느 하나가 저항력을 갖지 않는다면, 에칭 중지층이 저항력을 갖지 못하는 층을 보호하기 위해 사용될 수도 있다. 테이퍼링된 개구부(86)의 테이퍼는 반사층(90)과 기계층(92)의 등각 증착을 용이하게 할 수 있는 것을 또한 알 수 있을 것이다. 이 테이퍼가 없다면, 층들이 개구부(86)의 바깥과 안쪽의 표면들에 대해서 실질상 평평한 두께를 갖는 것과 같이 이러한 층들을 증착시키기는 어려울 수도 있다.

[0076] 대안적인 실시예에 있어서, 이동층(66)은 매우 반사적이고 바람직한 기계적 특성들을 갖는 단일층을 포함할 수도 있다. 그러나, 두 개의 구별된 층들의 증착은, 만약 이동층(66)에 있어서 독립된 재료로서 사용된다면 부적절할지도 모르는, 높은 반사 재료의 선택을 허용하고, 유사하게 그것의 반사 특징에 관련됨이 없이 적절한 기계층의 선택을 허용한다. 또 다른 실시예에 있어서, 반사층이 벤딩(bending) 없이 수직으로 변형될 수도(translated) 있는 것과 같이(예를 들어, 도 7c 내지 도 7e 및 부수적인 설명), 이동층은 기계층으로부터 멀리 분리되어 있는 반사 부계층(sublayer)을 포함할 수도 있다. 그러한 실시예를 형성하는 하나의 방법은 각각의 반사 부계층들을 형성하기 위해 패터닝되는, 희생층 위에 반사층을 증착시키는 것을 포함한다. 희생 재료의 제2층은 희생층 위에 증착되고, 지지 구조들에 대한 테이퍼링된 개구부뿐만 아니라, 기계 부계층과 반사 부계층들 사이에 있는 제2 희생층을 통해서 만들어지는 연결부들을 허용하도록 패터닝된다.

- [0077] 형성된 MEMS 장치들이 비광학 MEMS 장치들(예를 들어, MEMS 스위치)을 포함하는 다른 실시예들에 있어서, 이동층(66)은 반사 재료를 포함할 필요가 없다는 것을 알 수 있을 것이다. 예를 들어, MEMS 스위치들과 같은 MEMS 장치들이 여기에서 논의되는 지지 구조들을 포함하여 형성되는 실시예들에 있어서, 이동층(66)의 아래면은 반사적일 필요는 없고, 그것의 기계적 특성들이나 다른 바람직한 특성들에 기초하여 단독으로 선택되는, 단층을 유리하게는 포함할 수도 있다.
- [0078] 도 9g에서, 리벳층으로서도 설명되는, 단단한 층(96)은 기계층(92) 위에 증착된다. 변조기의 작동 동안에 실질상 변형되지 않을 것이지만 리벳층(96)이 아래에 있는 기계층(92)에 지지와 안정성을 제공하는 구조를 형성할 것처럼, 리벳층(96)을 형성하는 재료는 기계층(92)을 형성하는 것처럼 유연할 필요는 없다. 리벳층(96)에서 사용되는 적절한 재료들은, 이에 한정되지는 않지만, 알루미늄, AlO_x , 실리콘 산화물, SiN_x , 니켈 및 크롬을 포함한다. 리벳 구조를 형성하는데 사용될 수도 있는 대안적인 재료들은 다른 금속들, 세라믹들, 및 폴리머들을 포함한다. 리벳층(96)의 두께는 사용된 재료의 기계적 특성들에 따라 달라질 것이다.
- [0079] 기계층들과 반사층들에 관해 논의됨에 있어서, 특정한 실시예들에 있어서는 희생층을 에칭하는데 사용될 수도 있는, XeF_2 에칭에 저항력을 가진 재료를 리벳층(96)을 위해 선택하는 것이 바람직할 수도 있다. 게다가, 리벳층(96)은, 영향을 받지 않는 이동층(66)을 남겨두는 동안 리벳층(96)의 에칭을 허용하도록, 도식된 실시예에 있어서 기계층(92)인, 아래에 있는 이동층(66)의 상부면에 대해 바람직하게는 선택적으로 에칭 가능하다. 그러나, 만약 리벳층(96)이 이동층(66)과 비교하여 선택적으로 에칭 가능하지 않다면, 에칭 중지층(도시 생략)이 리벳층(96)과 이동층(66)사이에서 제공될 수도 있다.
- [0080] 도 9h에서, 리벳층(96)은 포토리소그래피를 통해서 패터닝되고 개구부(86)로부터 떨어져 있는 리벳층(96)의 부분들을 제거하기 위해 에칭됨으로써, 리벳 구조로서도 설명되는, 이동층(66)과 인접하여 위치한 지지 구조들(62)을 형성한다. 비록 에칭 장벽층과 같은, 개입(intervening)층이 지지 구조 사이에 위치할지라도, 지지 구조들은 이동층과 인접한 것을 알 수 있을 것이다. 리벳층(96)의 에칭은 습식 에칭 또는 건식 에칭 중 어느 하나에 의해 수행될 수도 있다. 리벳층(96)이 알루미늄을 포함하는 실시예들에 있어서, 적절한 습식 에칭은 인산 또는 KOH, TMAH, 및 NaOH와 같은 염기들을 포함하고, 적절한 건식 에칭은 Cl_2 를 사용한다. 리벳층(96)이 SiO_2 를 포함하는 다른 실시예들에 있어서, 불소계 가스들의 혼합물과 O_2 또는 비활성 기체들은 건식 에칭으로서 사용될 수도 있고, HF 또는 BOE(buffered oxide etch)은 적절한 습식 에칭들이다.
- [0081] 여전히 도 9h에서 살펴보면, 지지 구조(62)가 기계층(92)의 상부면 위에 테이퍼링된 개구부(86)의 바깥쪽으로 확장되는, 립(lip) 지역(98)을 포함할 수도 있다. 유리하게는, 립이 아래에 있는 기계층이 휘는 것을 발생시킴으로써, 이 립의 크기는 최소화 될 수 있고, 간접계 변조기 요소의 활동 지역을 감소시킨다. 그러나, 특정한 실시예들에 있어서, 몇몇의 최소한의 립 부분(98)은 지지를 하는데 바람직하다. 도시된 실시예에서 볼 수 있는 것처럼, 지지 구조들(62)은 또한 경사진 측벽 부분(97)과 실질상 평평한 부분(99)을 포함할 수도 있다.
- [0082] 다음으로, 도 9i에 있어서, 포토리소그래피는 기계층(92)을 패터닝 하는데 사용되고, 희생층의 에칭을 용이하게 하기 위해, 희생층(82)의 부분들을 노출시키는, 에칭 홀들(100)을 형성하기 위해 이동층(66)을 에칭시키는데 사용되는 것을 알 수 있을 것이다. 특정한 실시예들에 있어서, 다수의 에칭들은 희생층을 노출시키는데 사용된다. 예를 들어, 만약 기계층(92)이 니켈을 포함하고 반사층(90)이 알루미늄을 포함한다면, HNO_3 는 기계층(92)을 에칭시키는데 사용될 수도 있고, 인산 또는 NH_4OH , KOH, THAM, 또는 NaOH와 같은 염기는 반사층(90)을 에칭시키는데 사용될 수도 있다. 이 패터닝과 에칭은 또한, 이동층(66)의 스트립들 사이에 있는 갭들(65)을 에칭하는 것에 의해(도 8에서 보는 것처럼), 도 8에서 보여지는 스트립 전극들을 정의하는데 사용될 수도 있고, MEMS 장치들의 칼럼들을 서로 간에 분리시킨다.
- [0083] 최종적으로, 도 9j에 있어서, 이형 에칭(release etch)은 희생층을 제거하는데 수행되고, 이동층(66)이 이동할 수 있는 것을 통해서 간접계 갭(19)을 생성하는 것을 알 수 있을 것이다. 특정한 실시예에 있어서, XeF_2 에칭은 희생층(82)을 제거하는데 사용된다. XeF_2 이 희생 재료들을 잘 에칭하고, 상기에서 논의된 과정들에서 사용된 다른 재료들에 비해 매우 선택적이기 때문에, XeF_2 에칭의 사용은 유리하게는 주위 구조들에 매우 작은 영향을 주면서 희생 재료의 제거를 허용한다.
- [0084] 따라서, 도 9j는, 9J-9J라인을 따라 보여지는, 도 8의 간접계 변조기 요소들의 하나처럼 간접계 변조기 요소의 부분을 묘사한다. 이 실시예에서, 이동층(66)은 이동층(66)에 있는 함몰부들(86) 위에 형성된 지지 구조들(62)에 의해 갭(19)의 구성구석까지 지지 된다. 상기에서 논의된 것처럼, 비록 이 과정이 모든 실시예들에 있어서

수행될 필요가 없다 하더라도, 아래에 있는 광학 적층부(16)의 부분들은 유리하게는 이동층(66)에 있는 광학 적층부의 전도성 부분들과 전도층들 사이에서 쇼팅(shorting)의 위험을 최소화시키도록 예칭되어 있다.

[0085] 다른 실시예에 있어서, 지지 구조들은, 이동층 밑에 놓여 있는, 기둥들 및 바람직하게는 무기물 기둥들의 형태를 취할 수도 있다. 무기물 지지 기둥들을 포함하는 간섭계 변조기를 제조하는 예시적인 프로세스는 도 9a 내지 9e의 단계들을 포함하고, 도 10a 내지 10d에 대해서 논의된다. 편의상, 층들 72, 74, 및 78의 조합은 여기에서 광학 적층부(16)로서 설명되고, 뒤의 그림들에서 단층으로서 지시된다. 상기에서 논의된 바대로, 광학 적층부(16)의 구성은 층들의 숫자와 그러한 층들의 구성성분들에 있어서 달라질 수도 있고, 상기에서 논의된 층들은 단지 예시적인 것에 불과하다는 것을 알 수 있을 것이다.

[0086] 도 10a에 있어서, 무기물 기둥 재료의 층(84)이 패터닝된 희생층(82)위에 증착되는 것과 같이, 무기물 기둥층(84)은 또한 테이퍼형 개구부(86)의 측벽들과 바닥을 뒤덮게 된다. 특정한 실시예들에 있어서, 무기물 기둥층(84)은 희생층(82)보다 더 얇고, 희생층(82)에 대해 등각이다. 특정한 실시예들에 있어서, 무기물 기둥층(84)은 실리콘 질화물(SiN_x) 또는 SiO_2 를 포함할 수도 있고, 다른 재료들이 매우 다양하게 사용될 수 있을지라도, 몇몇에 대해서는 하기에 더욱 상세하게 논의될 것이다. 도 10b에 있어서, 무기물 기둥층(84)은 무기물 기둥들(88)을 형성하기 위해 패터닝되고 예칭된다. 도 10b에 있어서, 무기물 포스트들(88)의 가장자리들은 바람직하게는, 개구부(86)의 테이퍼형 또는 경사진 측벽들과 같이, 연속적이고 등각인 위에 있는 층들의 증착을 용이하게 하는 것을 테이퍼하는 것을 알 수 있을 것이다. 도시된 실시예에 있어서 기둥 구조(88)는 희생층(82)의 두께보다도 더 얇은 두께를 가지고, 실질상 평평한 바닥 부분(89), 경사진 측벽 부분(87), 및 희생 재료의 부분 위로 퍼져 있는 실질상 수평의 날개 부분(85)을 포함하는 것을 알 수 있을 것이다. 따라서, 기둥(88)은 유리하게는 위에 있는 이동층(66) (도 10d)을 지지하는 기둥의 가장자리에 있는 실질상 평평한 면을 제공하고, 만약 이동층(66)이 덜 평평한 가장 자리 위에 증착이 된다면 발생할 수도 있는 결과로서 생기는 바람직하지 않은 휨과 응력을 최소화한다.

[0087] 일 실시예에서, 무기물 기둥층(84)과 얻어진 기둥(88)은 DLC(diamond-like carbon)를 포함한다. DLC 무기물 기둥층(84)은, 매우 단단하고 강직성(SiO 보다 대략 10배가 더 단단함)인 것에 더하여, O_2 건식 예칭으로 예칭될 수 있다. 유리하게는, O_2 건식 예칭은 매우 다양한 희생 재료들에 대해 매우 선택적이고, 이에 한정되는 것은 아니지만, 위에서 언급된 다른 희생 재료들뿐만 아니라 Mo 및 a-Si 희생 재료를 포함한다. DLC를 포함하는 무기물 기둥은 따라서 매우 강직성의 기둥을 제공하고, 위에 있거나 MEMS가 작동하는 동안 기계층들을 아래쪽으로 잡아당길때 지지 기둥(88)의 가장자리들의 아래쪽 휨의 가능성이나 양을 감소시키는 한편, 매우 다양한 재료들에 상대적으로 관대한 예칭의 사용을 허용한다.

[0088] 도 10c에 있어서, 높은 반사층(90)은 무기물 기둥들(88)과 희생층(82)의 노출된 부분들 위에 증착된다. 기계층(92)은 그 다음에 높은 반사층(90)위에 증착된다. 편의상, 상기에서 설명된 것처럼, 높은 반사층(90)과 기계층(92)은 이동층(66)(도 10d 참조)으로서, 또는 더욱 상세히는 기계층(92)이 높은 반사층(90) 바로 위에 증착될 때에는 변형가능한 반사층으로서 이어지는 그림들에서 묘사되고 설명될 수도 있다. 대안적인 실시예들에 있어서, 이동층(66)은 바람직한 광학 및 기계적 특성들을 가진 단층을 포함할 수도 있다. 예를 들어, MEMS 기계적 스위치들에 대한 기계층들 또는 이동층들은 반사층들을 포함할 필요는 없다. 더 추가적인 실시예들에 있어서, 이미 논의된 것처럼, 이동층은 도 7c의 층들(14, 34)과 같이, 기계층과 실질상 분리된 반사층을 포함할 수도 있다. 도 10d에 있어서, 릴리즈 예칭은 선택적으로 희생층(82)을 제거하는데 사용되고, 간섭계 변조기 요소(60)에 의해 반사되는 색을 변화시키기 위하여 이동층(66)이 이동될 수 있는 것을 통하여 간섭계 잭(19)을 가진 간섭계 변조기 요소(60)를 형성한다. 릴리즈 예칭 전에, 이동층(66)은 바람직하게는 칼럼들을 형성하도록 패터닝 되고(도시 생략), 유리하게는 릴리즈 예칭에 의해 희생층에 접근을 용이하게 하는 예칭 홀들(예를 들어, 도 9j에 있는 예칭 홀들(100) 참조)을 형성하기 위해 패터닝될 수도 있다.

[0089] 지지 구조들과 기계층의 바람직하지 않은 휨은 층들의 길이를 따라서 휨 방향에 있는 다른 층들과 비교하여 확장되거나 수축시키는 지지 구조 내에 있는 층들, 상세히는 지지 구조들과 이동층 내의 층들에 대한 경향의 결과로서 발생할 수도 있다. 몇몇의 상황들에 있어서, 이러한 경향들은, 그러한 층들을 형성하는 재료들의 기능과 증착 방법인, 지지구조들과 이동층을 형성하는 재료들의 범위 내에 있는 고유의 응력들의 결과이다. 상대적인 변형에 대한 그러한 경향의 추가적인 소스는, 두 개의 다른 재료들이 열팽창 계수들 사이에서 부정합(mismatch)의 기능; MEMS 장치의 작동하는 온도; 재료들의 탄성률; 및 재료 증착 조건들인, 층들의 차별적인 열팽창이다. 서로 접하거나 그렇지 않다면 통합된 층들이 다른 열팽창 계수들을 가지는 경우, 휨은 통합된 층들의 크기에 있어서 상대적인 변화에 의해 야기될 수도 있을 뿐만 아니라, 모든 휨은 작동하는 온도의 결과에 따

라 변화될 수도 있다. 그러한 힘이 간섭계 캐비티의 높이를 변경할 것이고, 결국 간섭계 변조기 요소에 의해 반사되는 색에 영향을 끼칠 것이기 때문에, 그러한 힘을 가능한 정도로 제거하거나 최소화시키는 것은 바람직하다. 유사한 문제들이 비광학 MEMS에서 생길 수 있다. 용어 "확장하거나 수축하는 경향" 과 유사한 용어들은 영향을 받은 영역(지지 기둥 영역과 같은)에 있어서 불안정한 잔류 응력들의 결과로서 야기되는 상대적인 변형에 대한 경향들과, 예를 들어, 통합되거나 서로 접하는 층들에 있어서 다른 열팽창 계수들의 결과로서 야기되는 변형에 기인하는 결과로서 생기는 응력들 모두를 언급하는 것으로 여기에서 사용되는 것을 알 수 있을 것이다.

[0090] 일 실시예에서, 지지 구조들의 재료들과 두께는 서로에 대하여 측면으로 확장하거나 수축하는 지지 구조들의 영역에 있어서 특정층들의 경향이 최소화되도록 선택되고, 그 결과 지지 구조의 가장자리들의 힘은 최소화되거나 제거된다. 도 11에 도시된 특정한 실시예에 있어서, 간섭계 변조기 요소는, 함께 이동층(66)을 형성하는, 기계층(92)과 반사층(90)위에 형성된 리벳 구조(62)를 포함한다. 리벳(62)의 가장자리에 있는 재료들의 상대적인 변형에 대한 그러한 경향들을 피하기 위해서, 리벳(62)이 실질상 이동층(66)의 미리 이미지인 것처럼, 리벳(62)은 기계층(92) 및 반사층(90)과 같은 동일한 내부 응력들, 바람직하게는 동일한 재료들과 두께를 가진 층들로부터 형성된다. 바람직하게는, 상응하는 층들의 두께는 서로 간에 5% 내이다. 따라서, 현 실시예에서, 리벳(62)은, 기계층(92)과 같은 두께와 재료를 가진, 제1 부계층(110)을 포함하고, 또한 반사층(90)과 같은 두께와 재료를 갖는 제2 부계층(112)을 포함한다. 유리하게는, 리벳(62)과 변형가능한 이동층(66)이 동일한 재료(66)로 형성되기 때문에, 상응하는 층들의 열팽창 계수들은 동일하다. 부계층(110)이 다른 열팽창 계수들에 기인한 부계층(120)보다 다른 비율로 확장하거나 수축할 수 있을지라도, 이 불균형에 의해 야기되는 어떤 응력들은 실질상 대칭적인 아래에 있는 층들에서 반대 응력들에 의해 상쇄될 것이다.

[0091] 부계층(110)은 리벳 구조(62)를 형성하기 위하여 기계층(92)에 대해 선택적으로 에칭될 것이기 때문에, 기계층(124)으로서 동일한 재료로부터 형성이 되지만, 도시된바와 같이, 에칭 중지층(114)은 부계층(110)과 기계층(92) 사이에서 증착될 수도 있다. 에칭 중지층(114) 내의 잔류 응력들이 어떤 다른 층 내의 응력들에 의해서 균형이 잡히지 않을지라도, 이 실시예의 균형은 에칭 중지층(114)이 구조의 중립 축을 따라서 또는 매우 가깝게 위치하도록 하는 결과를 초래한다. 따라서, 에칭 중지층(114) 내의 어떤 응력들, 또는 다른 층과 관련된 층(114)의 열팽창에 기인한 어떤 응력들은, 구조에 중요한 힘들을 행사하지 않을 것이고, 위쪽으로 또는 아래쪽으로 중요한 힘을 초래하지 않을 것이다. 특정한 실시예들에 있어서, 에칭 중지층(114)은, 이에 한정되지는 않지만 SiO₂, TEOS, 탄소가 도핑된 산화물, 또는 SiN_x을 포함하는, 케미컬 증기 증착 또는 플라즈마가 강화된 케미컬 증기 증착중 어느 하나에 의해 증착된 재료들을 포함한다. 실리콘 산화물을 기초로 한 재료들은 리벳 및 기계층들이 Ni, Cr, 또는 NiCr 합금들을 포함하는 경우 적절한 에칭 중지층들로서 작용한다. 이러한 에칭 중지층들은 200Å과 2000Å 사이의 두께를 가질 수도 있지만, 또한 더 두꺼워지거나 얇아질 수도 있다. 다른 에칭 방해 층들이 또한 사용될 수도 있다. 에칭 중지층(예를 들어, 실리콘 산화물 또는 실리콘 질화물의 형태)에 관해 특정한 리벳층들(예를 들어, Ni, Cr 또는 NiCr 합금들)을 에칭하는데 적당한 에칭은 질산(HNO₃) 에칭이다. 리벳/기계층들에 관해 선택적으로 그러한 에칭 배리어 층들의 제거에 적절한 에칭들은, 이에 한정되는 것은 아니지만, 염소를 기반으로 한(예를 들어, 반응 이온 에칭) 에칭들 또는 BOE 습식 에칭을 포함한다.

[0092] 상기 구조에 대해서는 다양한 변화들이 가능하다. 이동층(66)에 있는 유사하건 동일한 순 잔류 응력을 포함할 것이지만, 이동층(66)에 있는 재료들과 동일하지 않은 리벳 구조(62)에 있어서 재료 또는 재료들에 대한 사용을 선택하는 것이 가능하고, 이로써 바람직한 효과를 제공한다. 유리하게는, 몇몇의 이러한 재료들은 기계층(92)에 관해 선택적으로 에칭이 가능할 수도 있으며, 에칭 배리어 층(114)을 제거한다. 유사하게, 구성요소 층들의 다른 열팽창의 결과로서 전체 구조의 힘을 제거하거나 최소화할 재료들이 선택될 수도 있다.

[0093] 추가적인 실시예에 있어서, 무기물 기둥들(88)위에 놓여 있는 리벳 구조들(62)이 있는 실시예들에 있어서, 특히 가장자리들에 있는, 상기 구조들은 지지 구조들의 힘을 제거하거나 최소화시키도록 변형될 수도 있다. 도 12에서 보여지는 하나의 특정한 실시예에서, 리벳들(62)과 무기물 기둥들(88)은 실질상 동일한 두께를 갖는 층들에 있어서 실질상 동일한 재료들로서 형성된다. 만약 리벳들(62)과 무기물 기둥들(88)이 다수층들을 포함한다면, 그것들은 바람직하게는 리벳(62)이 무기물 기둥(88)의 미리 이미지(층들의 용어으로써)인 것과 같이 대칭인 방식으로 형성된다. 도 11의 실시예에 관해서 상기에서 논의된 유사한 방식에 있어서, 리벳들(62)과 무기물 기둥들(88) 내의 잔류 응력들은 서로 간에 균형을 이룰 것이다. 이동층(66) 내의 어떤 잔류 응력들은 균형을 이루지 못할 것이지만, 지지 구조의 중립축에 가까운 라인을 따라 행동할 응력들로서, 이러한 응력들로부터 기인하는 어떤 변형은 최소화되거나 제거될 것이다. 무기물 기둥들(88)과 리벳들(62)이 이동층(66)에 대해 두껍거나, 또

는 매우 더 뾰뚱한 재료로 형성되는 실시예에 있어서, 어떤 힘은 더욱 최소화될 것이다.

[0094] 추가적인 실시예에 있어서, 도 13에서 도시된 것처럼, 이동층(66)은 그 자체로 대칭으로 만들어 질수도 있다. 광학 MEMS 장치에 있어서, 기관(70)측면에서 보이는, 간섭계 변조기처럼, 비록 이동층(66)의 상부면이 반사적일 필요는 없을지라도, MEMS 장치의 상부면에 반사층을 추가하는 것은 광학 MEMS 장치들의 특정한 실시예들에 불리한 영향을 갖지는 않을 것이다. 따라서, 반사층(90)으로서 동일한 재료를 포함하는 일 실시예에 있어서, 도 13의 실시예는 상부 부계층(120)을 포함하는 이동층(66)을 포함한다. 대칭적인 기둥들(88)과 리벳들(62)에 더하여, 반사층(90)과 상부 부계층(120) 내의 어떤 잔류 응력들이 서로 간을 상쇄하는 것과 같이, 이동층(66)은 그 자체로 대칭적이고, 이러한 스트레스들에 의해 쓰여 질 중요한 모멘트들이 없는 것처럼, 기계층(92)의 범위 내에 있는 어떤 스트레스들은 실질상 구조들의 중립축을 따라서 행동할 것이다. 유리하게는, 상부 부계층(120)은 추가적으로 에칭 배리어 층으로서 작용할 수도 있으며, 기계층에 대해 선택적으로 에칭이 가능하지 않은 리벳과 기둥 재료들의 사용(예를 들어, 각각의 분리되고 패터닝된 기계층, 기둥, 및 리벳에 대한 니켈, 크롬, 또는 니켈-크롬 합금의 사용)을 가능하게 한다.

[0095] 다른 실시예에 있어서, 부계층들(110, 112)의 위치들이 역전되는, 도 14에서 보여지는 다양성은 도 11에 있는 실시예로서 만들어진다. 따라서, 일 실시예에 있어서, 반사층(90)과 같이 대략 동일한 재료와 두께의 제2 부계층(112)은 기계층(92) 위에 증착되고, 기계층(92)과 같이 대략 동일한 재료와 두께의 제1 부계층(110)은 제2 부계층(112) 위에 증착된다. 결국, 리벳(62)은 변형 가능한 반사층(기계층들과 반사층들을 포함하는)과 같이 동일한 구조를 가지고, 도 11의 실시예와 동일하지는 않지만, 리벳은 변형가능한 반사층의 미리 이미지가 아니라, 오히려 단지 대칭적이다. 제2 부계층(112)은 그 자체로 에칭 배리어 층으로서 작용할 수도 있고, 또는 분리된 에칭 배리어 층(도시 생략, 도 13의 것과 유사) 위에 증착될 수도 있다. 특정한 실시예에 있어서, 반사층은 Al을 포함하고, 기계층은 Ni를 포함한다. 유리하게는, Al은 Ni보다 더 나은 다양한 에칭 중지층들에 부착할 것이고, 리벳층과 변형가능한 반사층이 미리 이미지들이 아닐지라도, 리벳층과 변형가능한 반사층의 대칭은 바람직하지 않은 힘을 최소화시킨다.

[0096] 다른 실시예에 있어서, 상기에서 논의된 구조들은 리벳 구조들보다는, 기둥 구조들에 적용될 수도 있다. 따라서, 도 15는 기둥 구조(88)이 실질상 동일한 두께를 갖고 기계층(92)과 같이 실질상 동일한 재료를 포함하는 실시예를 묘사한다. 반사층(90)이 필수적으로 기둥 구조의 중앙 부분을 따라서 움직이는 것처럼, 측면으로 변형되는 경향은, 설사 있다 해도, 지지 구조의 가장자리의 최소한의 힘을 초래한다. 도시된 실시예에 있어서 기둥층이 기계층(92)과 같이 실질상 동일한 재료를 포함하는 것처럼, 그러한 형성된 기둥은 바람직하게는, 니켈이나 크롬과 같은 금속을 포함한다는 것을 알 수 있을 것이다.

[0097] 상기 구조들은, 도 7c 내지 7e에 대해 묘사되고 그려진 간섭계 변조기들과 같이, 실질상 분리된 기계층과 반사층을 가진 MEMS 요소에 있어서 지지 구조 영역의 상대적인 변형에 대한 경향들을 최소화시키도록 변경될 수도 있다. 그러한 실시예에 있어서, 반사층은 지지 기둥 영역 내에 위치한 기계층의 부분으로부터 분리되고, 미러층 내에 있는 변형에 대한 어떤 경향은 지지 구조의 힘을 초래할 것이다. 따라서, 일 실시예에 있어서, 기둥 또는 리벳 구조와 같은, 인접한 지지 구조는 기계층과 같이 동일한 재료와 동일한 두께로부터 형성될 수 있고, 에칭 중지층은 지지 구조와 기계층 사이에서 형성될 수 있으며, 지지 구조 또는 기계층의 하나를 선택적으로 에칭하도록 허락한다. 다른 실시예에 있어서, 실질상 대칭인 기둥 및 리벳 구조들은 기계층의 어느 한쪽 측에서 형성될 수도 있고, 바람직하게는, 에칭 중지 층들은 지지 구조들과 기계층들 사이에서 형성될 수도 있다.

[0098] 전술한 실시예의 다양한 조합도 가능하다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 전술한 방법들의 다양한 기타 조합이 상정되며, 이것은 본 발명의 범위 내이다. 게다가, 이러한 지지 구조들의 단단함과 내구성을 향상시키거나, 또는 서로간에 대해 측면으로 변형시키는 지지 구조들 영역 내에 있는 층들의 경향을 최소화시키기 위해서, 상기의 어떤 방법들에 의해 형성된 지지 구조들은 지지 구조들을 형성하는 다른 방법들과의 조합에 있어서 사용될 수도 있다.

[0099] 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 기관상에 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 재료들로 이루어질 수도 있다.

[0100] 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 생

략될 수도 있다(예를 들어, 모든 행위들 또는 사건들이 앞서 언급한 방법들의 실행을 위해서 필요한 것은 아니다)는 것이 인지될 것이다.

[0101] 앞서의 상세한 설명에서는 다양한 실시예들에 적용된 본 발명의 신규한 특징들을 제시하여 설명하고 나타내었지만, 예시된 장치 또는 과정의 형태 및 상세 사항에 있어서 다양한 생각, 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

[0011] 도 1은 제1간접계 변조기의 이동가능한 반사층이 이완 위치에 있고, 제2간접계 변조기의 이동가능한 반사층이 작동 위치에 있는 간접계 변조기 디스플레이의 일 실시예의 일부를 도시하는 등각 투상도이다.

[0012] 도 2는 3×3 간접계 변조기 디스플레이를 결합한 전자 장치의 일 실시예를 도시하는 시스템 블록도이다.

[0013] 도 3은 도 1의 간접계 변조기의 예시적 일 실시예에 대해 이동가능한 미러(mirror)의 위치 대 인가된 전압을 도시하는 도면이다.

[0014] 도 4는 간접계 변조기 디스플레이를 구동하는데 사용될 수도 있는 로우(row) 전압들 및 칼럼(column) 전압들의 세트를 도시하는 도면이다.

[0015] 도 5a는 도 2의 3×3 간접계 변조기 디스플레이에 있어서 디스플레이 데이터의 프레임의 일 예를 도시한다.

[0016] 도 5b는 도 5a의 프레임을 쓰기(writing)에 이용될 수도 있는 로우 신호들 및 칼럼 신호들에 대한 예시적인 일 타이밍 도면을 도시한다.

[0017] 도 6a와 도 6b는 복수개의 간접계 변조기들을 포함하는 비주얼 디스플레이 장치의 일 실시예를 도시하는 시스템 블록도들이다.

[0018] 도 7a는 도 1의 장치를 도시하는 단면도이다.

[0019] 도 7b는 간접계 변조기의 대안적인 실시예를 도시하는 단면도이다.

[0020] 도 7c는 간접계 변조기의 다른 대안적인 실시예를 도시하는 단면도이다.

[0021] 도 7d는 간접계 변조기의 또 다른 대안적인 실시예를 도시하는 단면도이다.

[0022] 도 7e는 간접계 변조기의 추가적이고 대안적인 실시예를 도시하는 단면도이다.

[0023] 도 8은 지지 구조들을 포함하는 개개 요소들이 있는 간접계 변조기 요소들의 어레이(array)의 평면도(top plan view)이다.

[0024] 도 9a 내지 도 9j는 이동층 위에 위치한 지지 구조들을 포함하는 간접계 변조기를 제조하는 방법을 도시하는 개략적인 단면도들이다.

[0025] 도 10a 내지 도 10d는 이동층 밑에 위치한 지지 구조들을 포함하는 간접계 변조기를 제조하는 방법을 도시하는 개략적인 단면도들이다.

[0026] 도 11은 위에 있는 리벳(rivet) 구조가 이동층의 미러 이미지인 간접계 변조기 요소의 일 실시예를 도시하는 개략적인 단면도이다.

[0027] 도 12는 위에 있는 리벳 구조가 아래에 있는 기둥(post) 구조와 재료 및 두께가 실질상 동일한 간접계 변조기 요소의 일 실시예를 도시하는 개략적인 단면도이다.

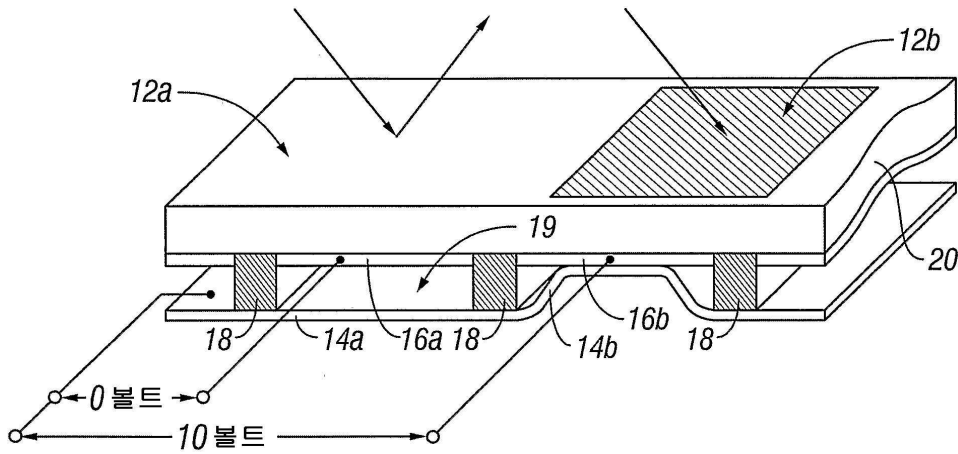
[0028] 도 13은 이동층이 서로간에 대하여 대칭인 층들로부터 형성된 도 12의 변조기 요소와 같은 간접계 변조기 요소의 개략적인 단면도이다.

[0029] 도 14는 위에 있는 리벳 구조가 이동층과 재료 및 두께가 실질상 동일한 간접계 변조기 요소의 개략적인 단면도이다.

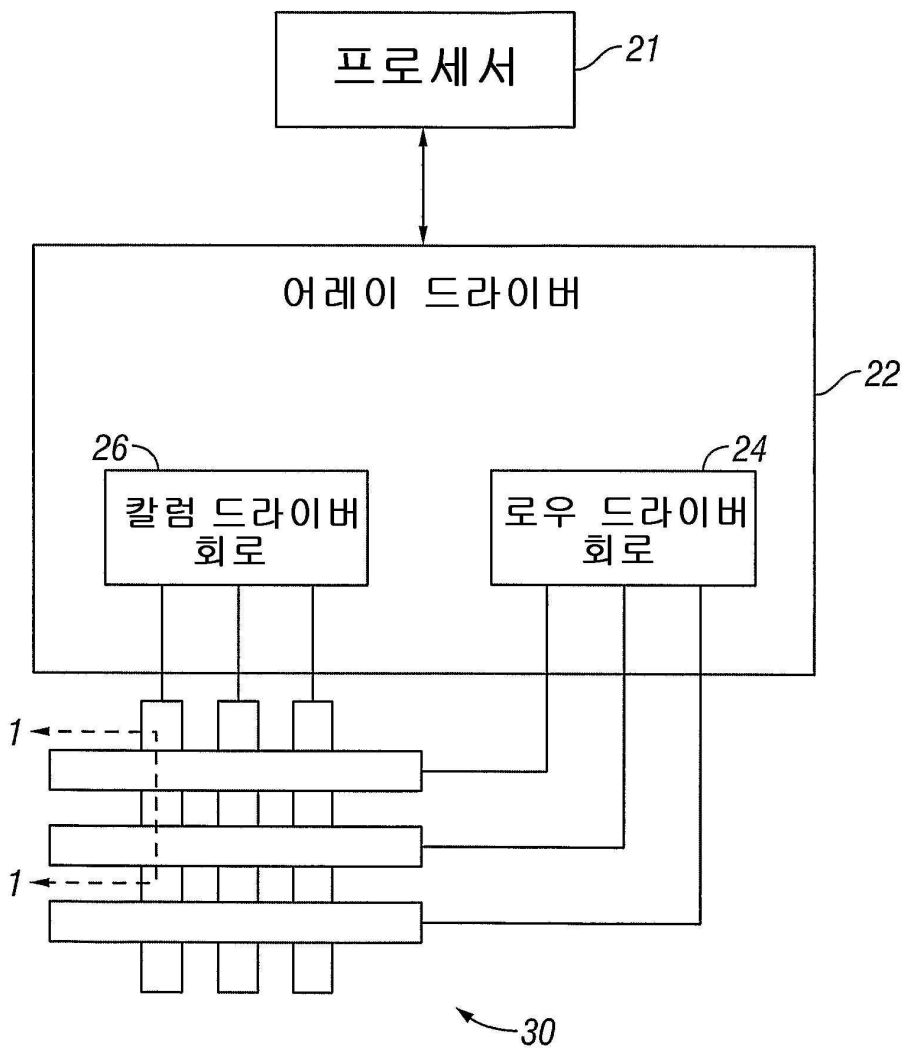
[0030] 도 15는 아래에 있는 기둥 구조가 이동층과 재료 및 두께가 실질상 동일한 간접계 변조기 요소의 개략적인 단면도이다.

도면

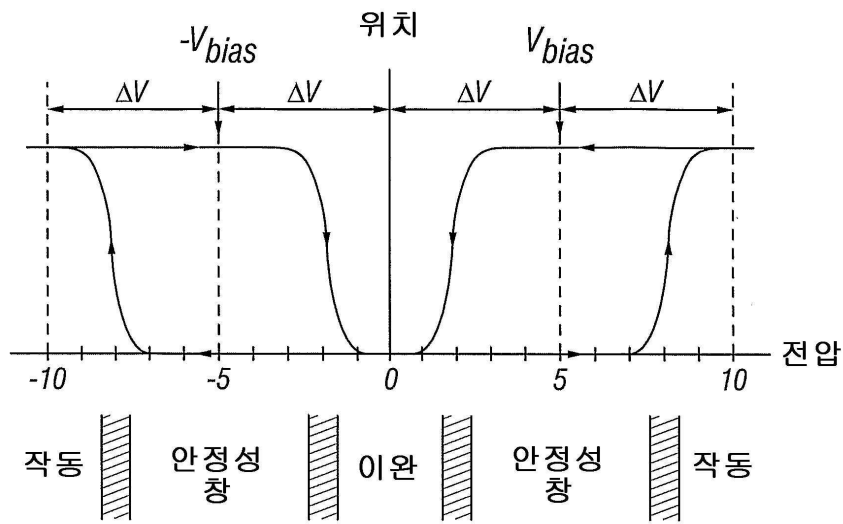
도면1



도면2



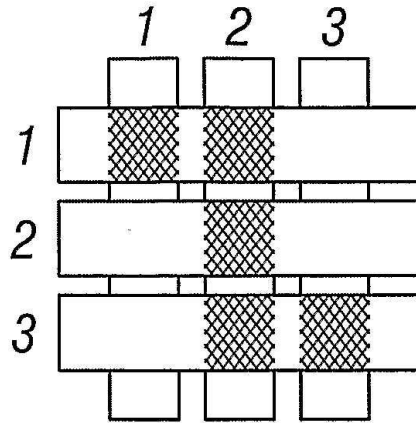
도면3



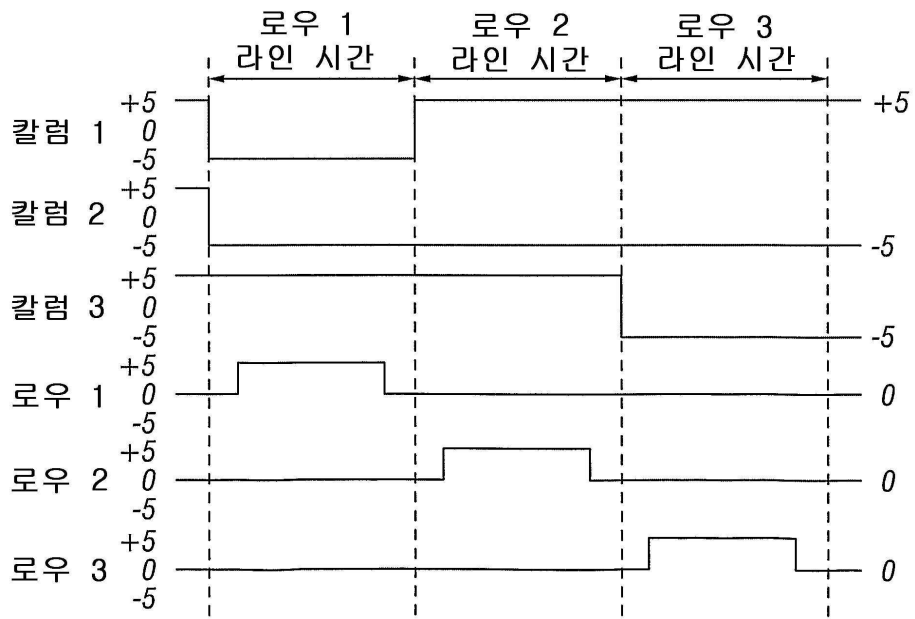
도면4

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

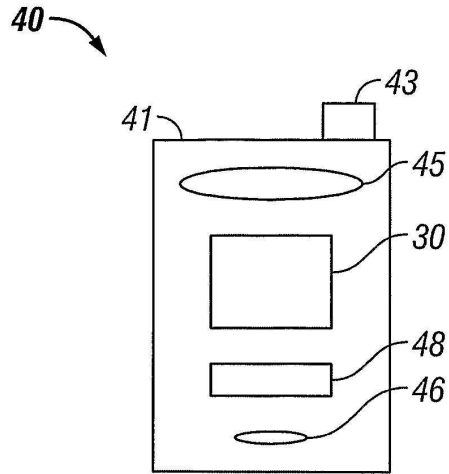
도면5a



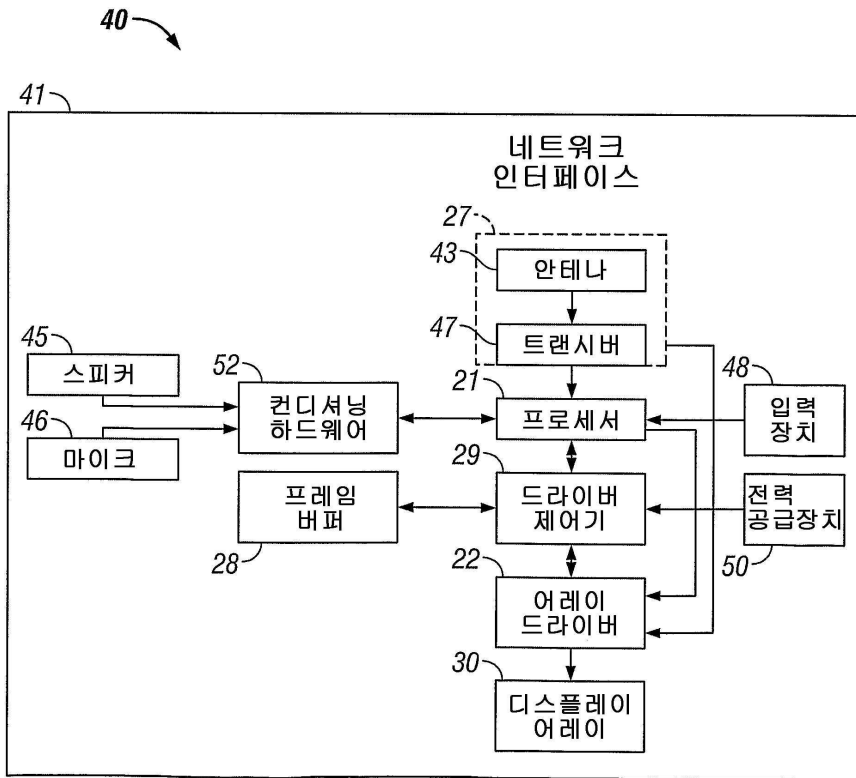
도면5b



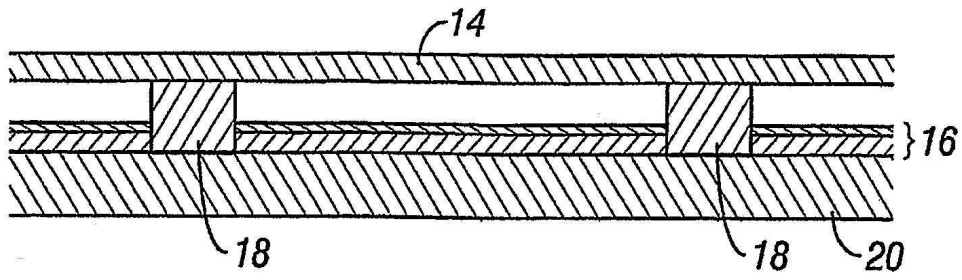
도면6a



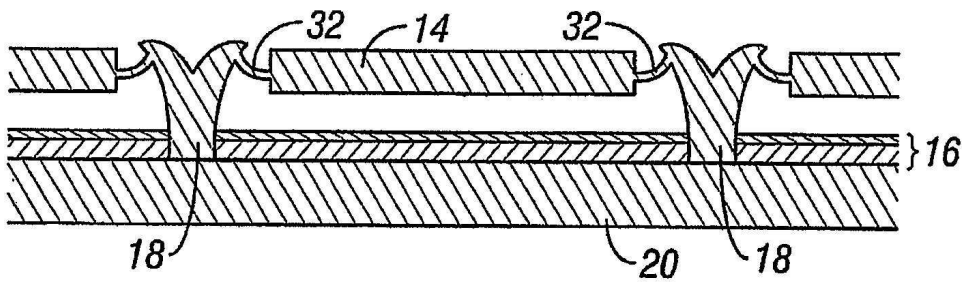
도면6b



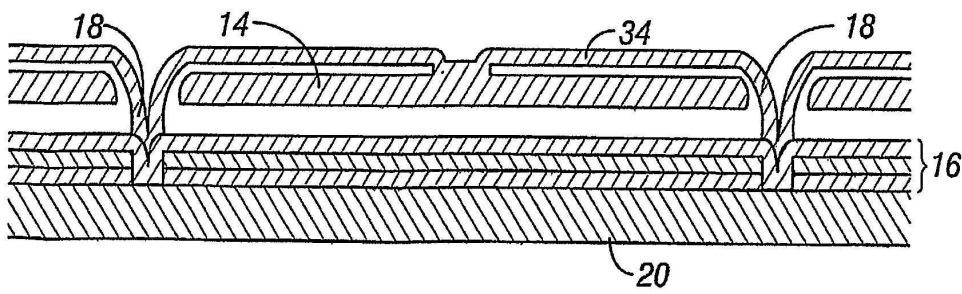
도면7a



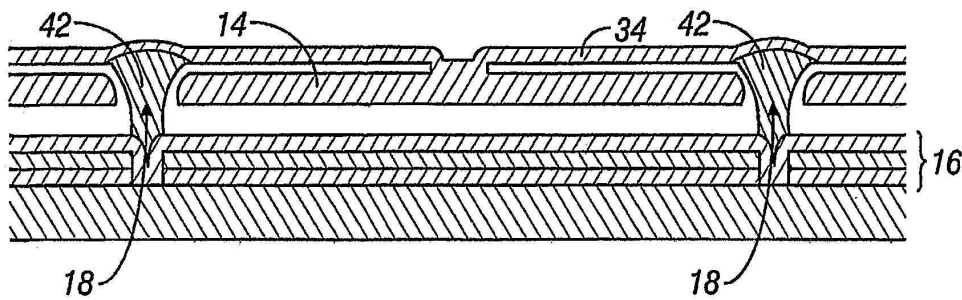
도면7b



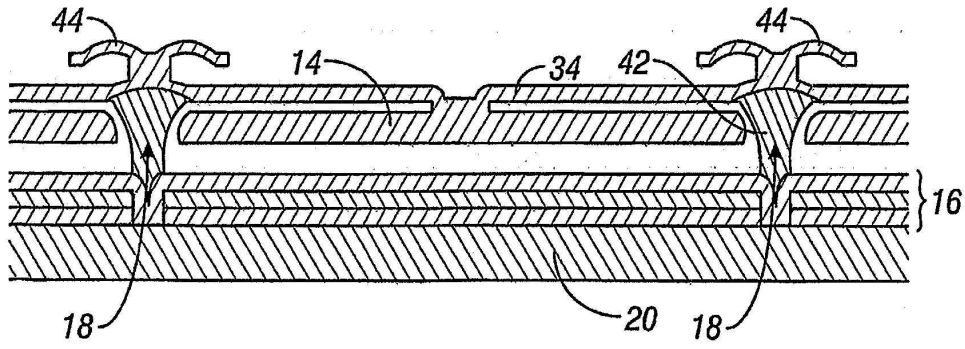
도면7c



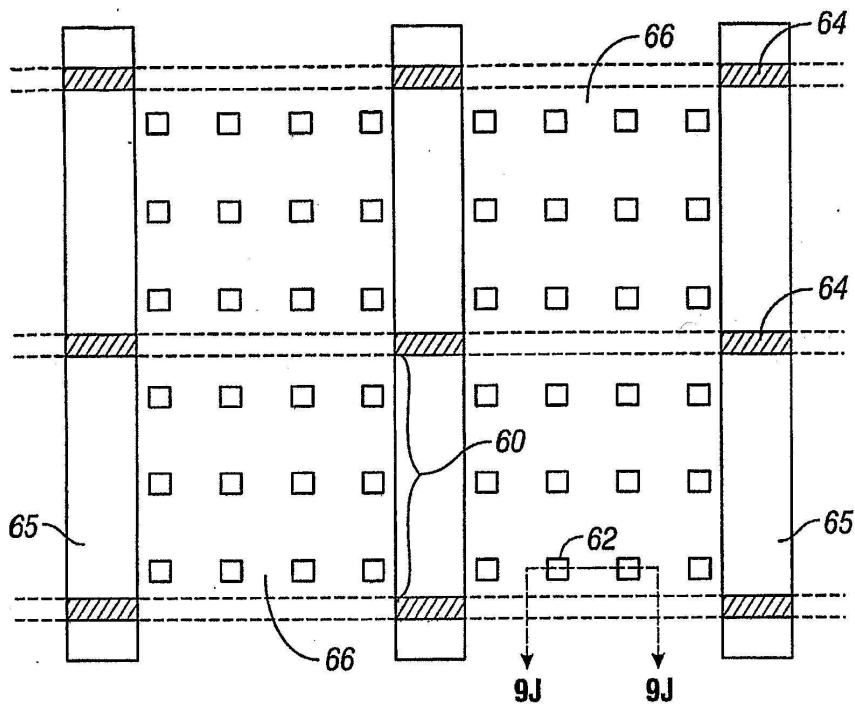
도면7d



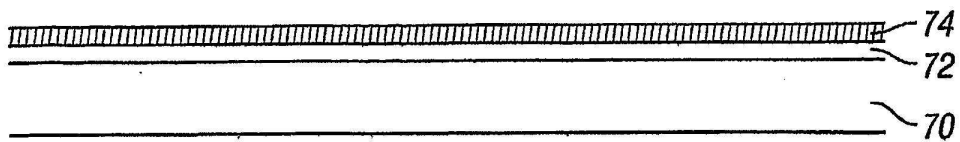
도면7e



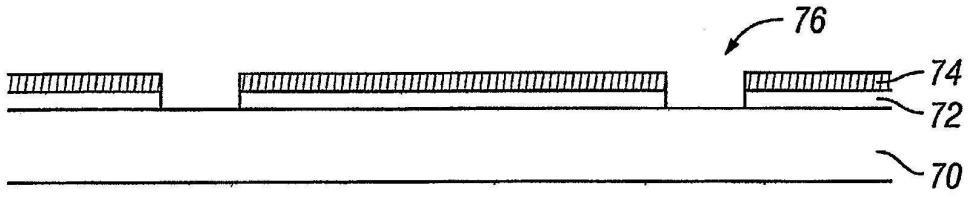
도면8



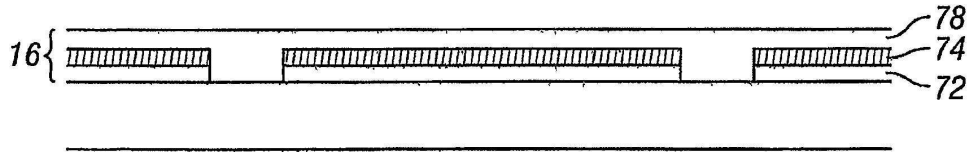
도면9a



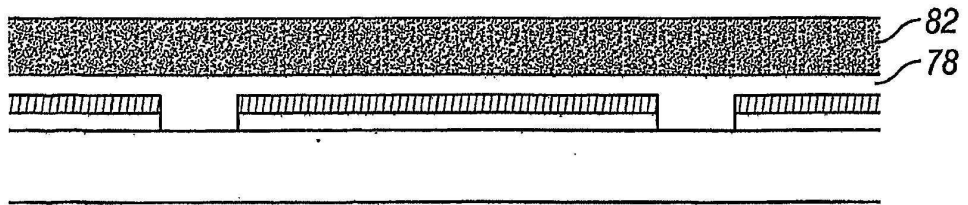
도면9b



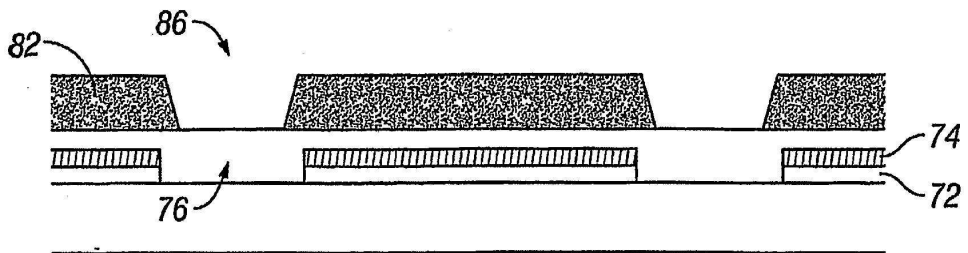
도면9c



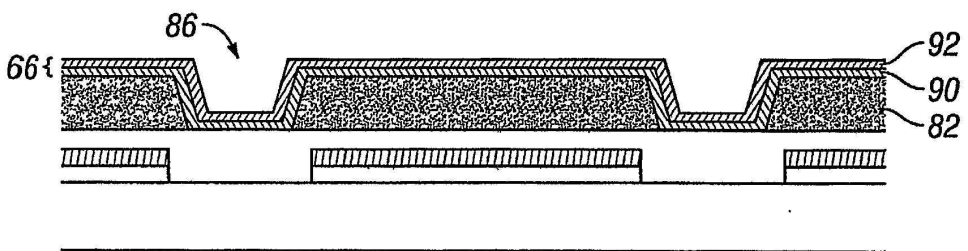
도면9d



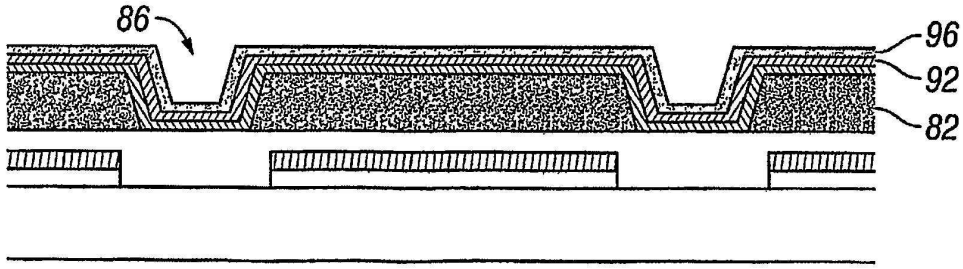
도면9e



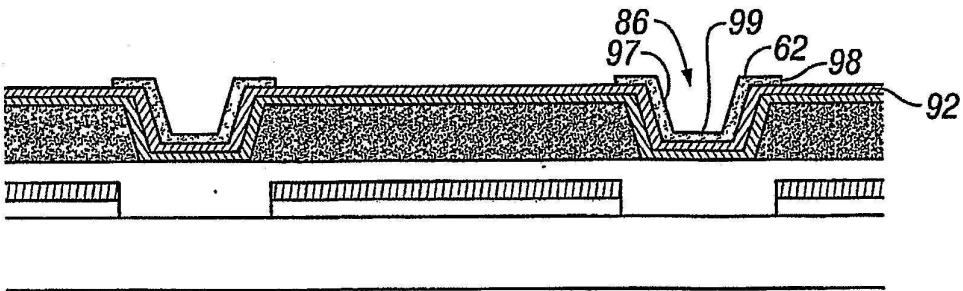
도면9f



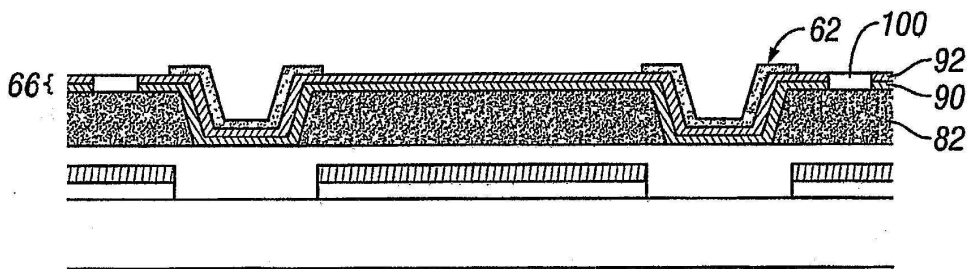
도면9g



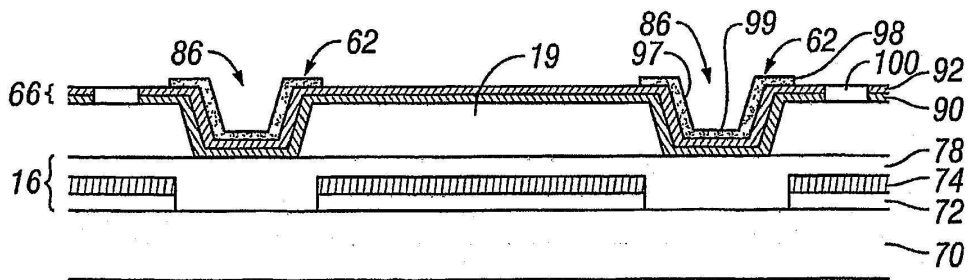
도면9h



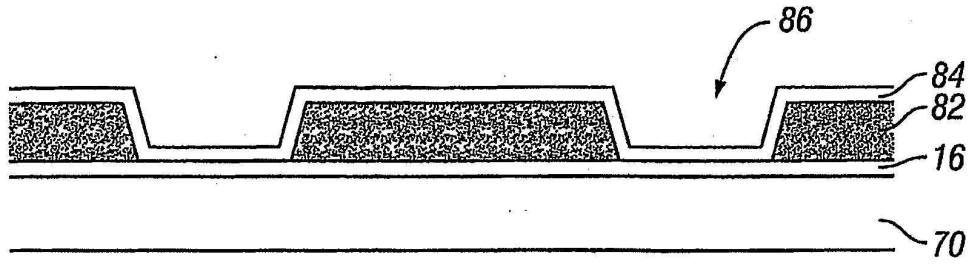
도면9i



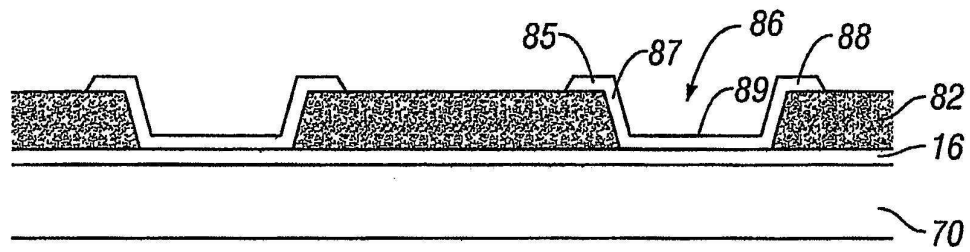
도면9j



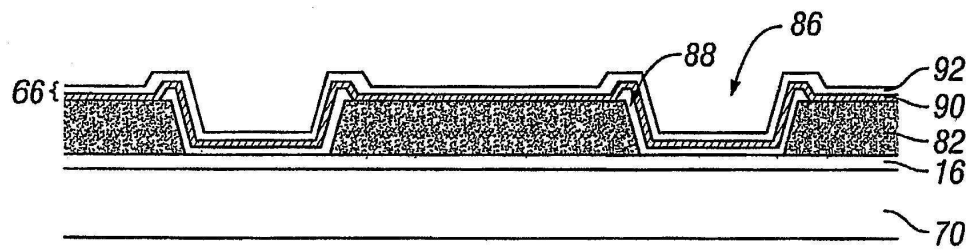
도면10a



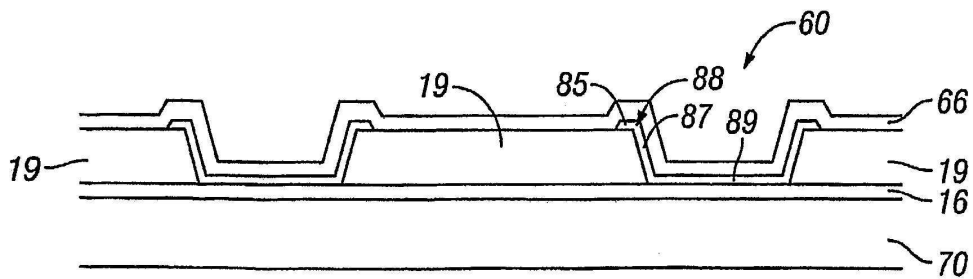
도면10b



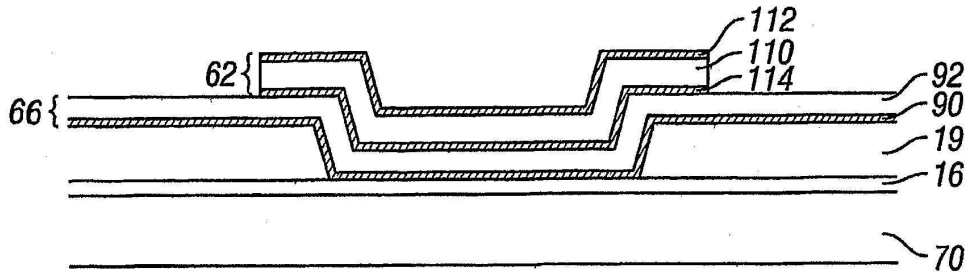
도면10c



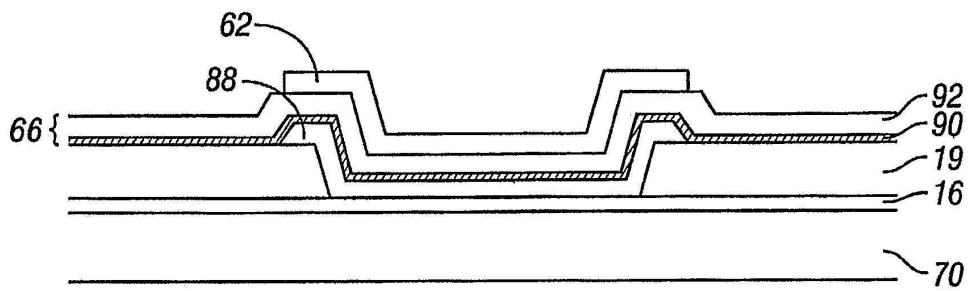
도면10d



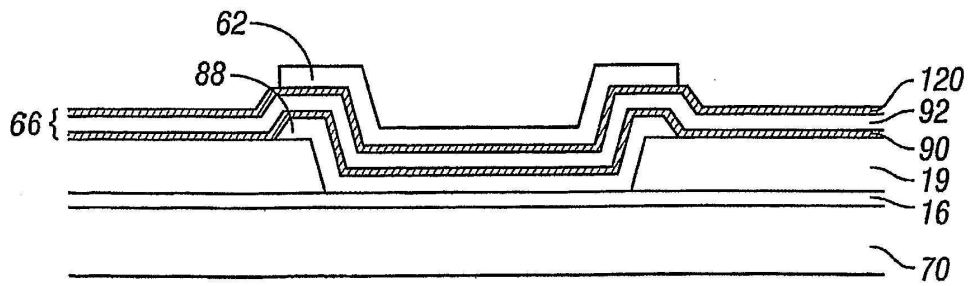
도면11



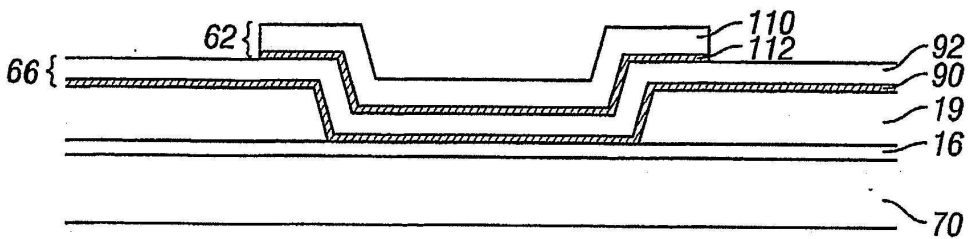
도면12



도면13



도면14



도면15

