(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2014-0111711
(43) 공개일자 2014년09월19일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
*G02B 26/00* (2006.01) *B81B 3/00* (2006.01)
*B81C 1/00* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2014-7023926(분할)
(22) 출원일자(국제) 2008년06월24일
심사청구일자 없음
(62) 원출원 특허 10-2010-7002342
원출원일자(국제) 2008년06월24일
심사청구일자 2013년06월21일
(85) 번역문제출일자 2014년08월26일
(86) 국제출원번호 PCT/US2008/068063
(87) 국제공개번호 WO 2009/006120
국제공개일자 2009년01월08일
(30) 우선권주장
08075221.5 2008년03월28일
유럽특허청(EPO)(EP)
11/772,777 2007년07월02일 미국(US)

(71) 출원인
**퀄컴 엠이엠에스 테크놀로지스, 인크.**
미국 92121-1714 캘리포니아 샌디에고 모어하우스 드라이브 5775
(72) 발명자
**츄이, 클라렌스**
미국 캘리포니아 95134 산호세 #3113 데스칸소 드라이브 80
**커밍스, 윌리엄**
미국 캘리포니아 94030 밀브래 애쉬톤 애비뉴 149
*(뒷면에 계속)*
(74) 대리인
**특허법인아주양헌**

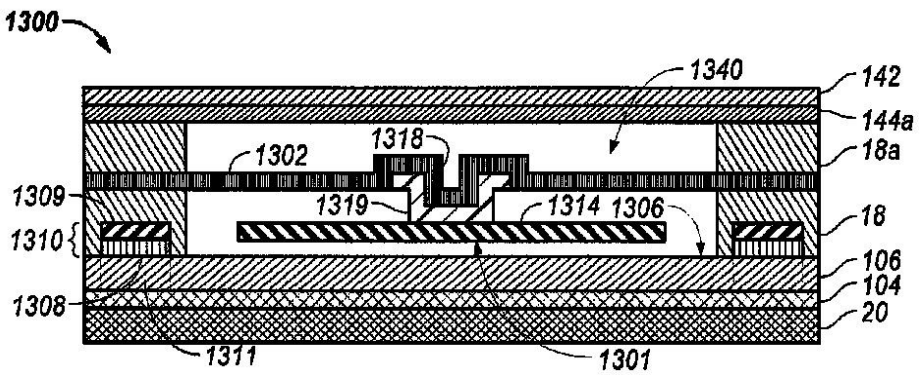
전체 청구항 수 : 총 36 항

(54) 발명의 명칭 **기계적 및 전기적 기능과 분리된 광학적 기능을 구비한 마이크로전자기계시스템 장치**

## (57) 요 약

마이크로전자기계시스템(MEMS) 장치(1300)는 기판(20), 해당 기판(20) 위에 있는 이동식 소자(1340), 및 상기 이동식 소자(1340) 위에 있는 작동 전극(142)을 포함한다. 상기 이동식 소자(1340)는 변형가능한 층(1302)과 반사 소자 (1314)를 포함한다. 상기 변형가능한 층(1302)은 상기 반사 소자(1314)로부터 이간되어 있다.

*대 표 도* - 도13a



(72) 발명자

**갤리, 브라이언, 제이.**

미국 캘리포니아 95032 로스 가토스 벨라 비스타 애비뉴 346

**코굿, 라이어**

이스라엘 하이파 34816 알렉산더 야나이 46에이

**텅, 밍-하우**

미국 캘리포니아 94122 샌프란시스코 48 애비뉴 1712

**텅, 예-지운**

미국 캘리포니아 94087 써니베일 피멘토 애비뉴 1134

**치앙, 치-웨이**

중화민국 대만 신츄 시티 섹션 3 친-쿠오 로드 레인 넘버 73 13에프-1 넘버 5

**엔디쉬, 데니스**

미국 캘리포니아 95014 쿠퍼티노 퍼우드 드라이브 10100

## *특허청구의 범위*

**청구항 1**

전자기계 장치에 있어서,

기판;

작동 전극;

이동식 소자로서, 상기 기판과 작동 전극 사이에 위치되고, 각각이 상기 기판과 상기 작동 전극 사이에 있는 변형가능한 층(deformable layer)과 반사 소자를 포함하고, 상기 변형가능한 층은 상기 반사 소자에 수직인 방향을 따라 상기 반사 소자로부터 이간되어 있고, 상기 반사 소자에 의해 반사된 광은 상기 작동 전극을 통해 전파되지 않는 것인, 이동식 소자를

포함하는 전자기계 장치.

**청구항 2**

제1항에 있어서, 상기 이동식 소자의 이동에 대한 정지부로서 작용하도록 구성된 고정 소자를 추가로 포함하되, 해당 고정 소자는 조면화된 면(roughened surface) 및 정지마찰 방지층(anti-stiction layer) 중 적어도 하나를 포함하는, 전자기계 장치.

**청구항 3**

제 2항에 있어서, 상기 고정 소자는 상기 변형가능한 층과 반사 소자 사이에 위치하는 것인 전자기계 장치.

**청구항 4**

제 2항에 있어서, 상기 고정 소자는 상기 변형가능한 층과 상기 작동 전극 사이에 있는 절연층을 포함하는 것인 전자기계 장치.

**청구항 5**

제 1항에 있어서, 상기 기판은 광학적 층을 포함하는 것인 전자기계 장치.

**청구항 6**

제 1항에 있어서, 상기 작동 전극은 비투과성 도체를 포함하는 것인 전자기계 장치.

**청구항 7**

제 6항에 있어서, 상기 비투과성 도체는 알루미늄, 구리, 은 및 금 중 적어도 하나를 포함하는 것인 전자기계 장치.

**청구항 8**

제 1항에 있어서, 상기 기판과 상기 변형가능한 층 사이에 있는 지지 구조체를 더 포함하는 것인 전자기계 장치.

**청구항 9**

제 1항에 있어서, 상기 작동 전극에 전압이 인가되지 않은 경우 상기 기판의 상부면은 상기 반사 소자로부터 이간되는 것인 전자기계 장치.

**청구항 10**

제 1항에 있어서, 상기 이동식 소자는 상기 변형가능한 층을 상기 반사 소자에 기계적으로 결합시키는 연결 소

자를 포함하는 것인 전자기계 장치.

**청구항 11**

제 10항에 있어서, 상기 연결 소자는 전기적으로 전도성인 것인 전자기계 장치.

**청구항 12**

제 10항에 있어서, 상기 연결 소자는 전기적으로 절연성인 것인 전자기계 장치.

**청구항 13**

제 1항에 있어서,

표시장치(display);

상기 표시장치와 통신하며, 화상 데이터를 처리하도록 구성된 프로세서; 및

상기 프로세서와 통신하도록 구성된 메모리 장치를 추가로 포함하는 전자기계 장치.

**청구항 14**

제13항에 있어서, 상기 표시장치에 적어도 하나의 신호를 전송하도록 구성된 드라이버 회로를 추가로 포함하는 전자기계 장치.

**청구항 15**

제14항에 있어서, 상기 화상 데이터의 적어도 일부를 상기 드라이버 회로로 전송하도록 구성된 제어기를 추가로 포함하는 전자기계 장치.

**청구항 16**

제13항에 있어서, 상기 화상 데이터를 상기 프로세서에 전송하도록 구성된 화상 공급원 모듈(image source module)을 추가로 포함하는 전자기계 장치.

**청구항 17**

제16항에 있어서, 상기 화상 공급원 모듈은 수신기, 트랜스시버(transceiver) 및 송신기 중 적어도 하나를 포함하는 것인 전자기계 장치.

**청구항 18**

제13항에 있어서, 입력 데이터를 수신하여 해당 입력 데이터를 상기 프로세서에 전달하도록 구성된 입력 장치를 추가로 포함하는 전자기계 장치.

**청구항 19**

제 1항 내지 제 18항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 기판은 제 2 작동 전극을 포함하는 전자기계 장치.

**청구항 20**

전자기계 장치에 있어서,

상기 장치의 일부를 이동시키는 이동 수단으로서, 상기 이동 수단은 변형 수단(means for deforming) 및 반사 수단(means for reflecting)을 포함하고, 상기 변형수단은 상기 반사 수단에 수직인 방향을 따라 상기 반사 수단으로부터 이간되어 있는, 이동 수단;

상기 이동 수단을 지지하는 지지 수단;

상기 이동 수단을 작동시키는 작동 수단으로서, 상기 이동 수단은 각각이 상기 지지 수단과 상기 작동 수단 사이에 있는 상기 변형 수단과 반사 수단 모두를 포함하고, 상기 반사 수단에 의해 반사된 광은 상기 작동 수단을 통해 전파되지 않는 것인, 전자기계 장치.

**청구항 21**

제 20항에 있어서,

상기 지지 수단이 기판을 포함하거나, 상기 이동 수단이 이동식 소자를 포함하거나, 상기 변경 수단이 변형가능한 층을 포함하거나, 상기 반사 수단이 반사 소자를 포함하거나, 상기 작동 수단이 작동 전극을 포함하는 것인 전자기계 장치.

**청구항 22**

제 20항에 있어서, 상기 작동 전극은 비투과성 도체를 포함하는 것인 전자기계 장치.

**청구항 23**

제 20항에 있어서, 상기 이동 수단의 이동을 정지시키는 정지 수단을 더 포함하되, 상기 정지 수단은 조면화된 면(roughened surface) 및 정지마찰 방지층(anti-stiction layer) 중 적어도 하나를 포함하는 것인, 전자기계 장치.

**청구항 24**

제 23항에 있어서, 상기 정지 수단은 상기 변형 수단과 상기 반사 수단 사이에 있는 고정 소자를 포함하는 것인 전자기계 장치.

**청구항 25**

제 23항에 있어서, 상기 정지 수단은 상기 변형 수단과 상기 작동 수단 사이에 있는 절연층을 포함하는 것인 전자기계 장치.

**청구항 26**

제 20항 내지 제 25항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 지지 수단은 상기 이동 수단을 작동시키기 위한 제 2 작동 수단을 포함하는 것인 전자기계 장치.

**청구항 27**

제 26항에 있어서, 상기 제 2 작동 수단은 제 2 작동 전극을 포함하는 전자기계 장치.

**청구항 28**

광을 변조하는 방법에 있어서,

기판, 이동식 소자 및 작동 전극을 포함하는 표시 소자를 제공하는 단계로서, 상기 이동식 소자는 각각이 상기 기판과 상기 작동 전극 사이에 있는 변형가능한 층과 반사 소자를 포함하고, 상기 변형가능한 층은 상기 반사 소자에 수직인 방향을 따라 상기 반사 소자로부터 이간되어 있는, 표시 소자를 제공하는 단계; 및

상기 작동 전극에 전압을 인가하는 단계로서, 상기 전압은 상기 이동식 소자에 인력을 발생시키는, 전압의 인가 단계를 포함하되,

상기 반사 소자에 반사된 광은 상기 작동 전극을 통해 전파되지 않는 것인, 광 변조 방법.

**청구항 29**

제 28항에 있어서, 상기 작동 전극은 비투과성 도체를 포함하는 것인 광 변조 방법.

**청구항 30**

제 28항에 있어서, 상기 표시 소자는 조면화된 면(roughened surface) 및 정지마찰 방지층(anti-stiction layer) 중 적어도 하나를 포함하는 고정 소자를 포함하고,

상기 방법은 상기 고정 소자를 접촉하는 단계 및 상기 이동식 소자의 이동을 정지시키는 단계를 더 포함하는 것인 광 변조 방법.

**청구항 31**

제 30항에 있어서, 상기 고정 소자를 접촉하는 단계는 상기 변형가능한 층을 상기 고정 소자에 접촉시키는 단계를 포함하는 것인 광 변조 방법.

**청구항 32**

제 30항에 있어서, 상기 고정 소자를 접촉하는 단계는 상기 반사 소자를 상기 고정 소자에 접촉시키는 단계를 포함하는 것인 광 변조 방법.

**청구항 33**

제 28항 내지 제 32항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 표시 소자는 제 2 작동 전극을 포함하고,

상기 방법은 제 2 전압을 상기 제 2 작동 전극에 인가하는 단계를 더 포함하고, 상기 2 전압은 상기 이동식 소자에 제 2 인력을 발생시켜 해당 이동식 소자를 상기 기판쪽으로 이동시키는 것인 광 변조 방법.

**청구항 34**

제 30항에 있어서,

상기 제 2 전압을 인가하는 단계는 상기 전압의 인가 단계 후에 수행되는 것인 광 변조 방법.

**청구항 35**

제 30항에 있어서, 상기 기판은 상기 제 2 작동 전극을 포함하는 것인 광 변조 방법.

**청구항 36**

도면에 도시되고, 발명의 상세한 설명에 기재된 장치 및 방법.

# *명 세 서*

## *기 술 분 야*

[0001] **관련 출원에 대한 교차 참조**

[0002] 본 출원은 미국 가출원 제60/613,486호(출원일: 2004년 9월 27일) 및 미국 가출원 제60/613,499호(출원일: 2004년 9월 27일)의 우선권의 이득을 주장하는 미국 특허 출원 제11/112,734호(출원일: 2005년 4월 22일)의 일부 계속 출원이며, 이들 기초 출원은 참조로 그의 전문이 본원에 원용된다.

[0003] **발명의 기술분야**

[0004] 본 발명의 기술분야는 MEMS(microelectromechanical systems: 마이크로전자기계 시스템) 장치 및 그의 제조방법, 그리고 광을 변조하는 방법에 관한 것이다.

## *배 경 기 술*

[0005] 마이크로전자기계 시스템(MEMS)은 마이크로기계 소자, 작동기 및 전자 기기를 포함한다. 마이크로기계 소자는 기판 및/또는 증착(혹은 침착(deposition); 이하 본 명세서에서는 "증착"이라 표기함)된 재료층의 일부를 에칭해내거나 층들을 추가하여 전기 및 전자기계 장치를 형성하는 증착, 에칭 및/또는 기타 미세기계가공(micromachining) 공정들을 이용하여 형성될 수도 있다. MEMS 장치의 한 유형은 간섭계 변조기라 불린다. 본 명세서에서 이용되는 바와 같이, 간섭계 변조기(interferometric modulator) 또는 간섭계 광 변조기(interferometric light modulator)라는 용어는 광학적 간섭의 원리를 이용하여 광을 선택적으로 흡수 및/또는 반사하는 장치를 의미한다. 소정의 실시형태에 있어서, 간섭계 변조기는 1쌍의 도전판을 포함할 수도 있는 데, 상기 1쌍의 도전판의 어느 하나 또는 양쪽 모두가 전체 또는 부분적으로 투과형 및/또는 반사형일 수도 있고 적

절한 전기 신호의 인가시 상대 운동을 할 수 있다. 특별한 실시형태에 있어서, 하나의 도전판은 기판에 증착된 고정층을 포함할 수도 있고, 다른 하나의 도전판은 공기 간극(air gap)에 의해 고정층과는 분리된 금속막을 포함할 수도 있다. 본 명세서에서 보다 더 상세히 설명하는 바와 같이, 도전판의 상대적 위치에 의해서 간섭계 변조기에 입사되는 광의 광학적 간섭은 변화될 수 있다. 이러한 장치들의 적용 범위는 광범위하며, 기존의 제품들을 개선시키는 데 있어서, 그리고 아직 개발되지 않은 새로운 제품들을 만들어내는 데 있어서 이러한 유형의 장치 특성들이 사용될 수 있도록 이들 장치의 특징들을 이용 및/또는 변경하는 것은 해당 기술 분야에서 유용할 것이다.

## *발명의 내용*

### *해결하려는 과제*

[0006] 본 발명의 목적은 마이크로전자기계시스템 장치를 제공하는 데 있다. 또, 본 발명의 다른 목적은 상기 마이크로전자기계시스템 장치를 제조하는 방법을 제공하는 데 있다. 또한, 본 발명의 또 다른 목적은 광을 변조하는 방법을 제공하는 데 있다.

[0007] 본 명세서에 개시된 시스템, 방법 및 장치는 각각 수개의 측면들을 지니고 있으며, 이들 각각의 어느 하나만이 단독으로 그것의 목적으로 하는 속성을 담당하지는 않는다. 본 발명의 범위를 한정하는 일없이, 본 발명의 더욱 뛰어난 특징들이 지금부터 간단하게 논의될 것이다. 당업자는, 이 논의를 고려한 후에, 그리고 특히 "발명을 실시하기 위한 구체적인 내용" 부분을 읽은 후에, 본 발명의 특징들이 어떻게 다른 표시장치에 비해 장점을 제공하는지 이해할 수 있을 것이다.

### *과제의 해결 수단*

[0008] 소정의 실시형태에 있어서, 마이크로전자기계시스템(MEMS) 장치는 기판; 상기 기판 위에 위치된 이동식 소자(movable element); 및 상기 이동식 소자 위쪽에 있는 작동 전극을 포함한다. 상기 이동식 소자는 변형가능한 층(deformable layer)과 반사 소자를 포함한다. 상기 변형가능한 층은 상기 반사 소자로부터 이간되어 있다.

[0009] 소정의 실시형태에 있어서, 마이크로전자기계시스템(MEMS) 장치는 해당 장치의 일부분을 이동시키는 이동 수단; 상기 이동 수단을 지지하는 지지 수단; 및 상기 이동 수단을 작동시키는 작동 수단을 포함한다. 상기 이동 수단은 변형 수단과 반사 수단을 포함한다. 상기 변형 수단은 상기 반사 수단으로부터 이간되어 있다.

[0010] 소정의 실시형태에 있어서, 마이크로전자기계시스템(MEMS) 장치의 제조방법은, 기판 위에 제1희생층을 형성하는 단계; 상기 제1희생층 위에 반사 소자를 형성하는 단계; 상기 반사 소자 위에 제2희생층을 형성하는 단계; 상기 제2희생층 위에 변형가능한 층을 형성하는 단계; 상기 변형가능한 층 위에 제3희생층을 형성하는 단계; 상기 제3희생층 위에 작동 전극을 형성하는 단계; 및 상기 제1, 제2 및 제3희생층을 제거하는 단계를 포함한다. 상기 변형가능한 층은 상기 반사 소자에 기계적으로 결합되어 있다.

[0011] 소정의 실시형태에 있어서, 광을 변조하는(modulating) 방법은 기판, 해당 기판 위에 있는 이동식 소자, 및 작동 전극을 포함하는 표시 소자를 제공하는 단계를 포함한다. 상기 이동식 소자는 변형가능한 층과 반사 소자를 포함한다. 상기 변형가능한 층은 상기 반사 소자로부터 이간되어 있다. 상기 작동 전극은 상기 이동식 소자의 위쪽에 있다. 상기 방법은 상기 작동 전극에 전압을 인가하는 단계를 포함한다. 상기 전압은 상기 이동식 소자에 인력(attractive force)을 발생시켜 해당 이동식 소자를 상기 기판으로부터 멀리 이동시킨다.

### *발명의 효과*

[0012] 본 발명에 따르면, 마이크로전자기계시스템 장치, 상기 마이크로전자기계시스템 장치를 제조하는 방법, 및 광을 변조하는 방법을 제공할 수 있다.

## *도면의 간단한 설명*

[0013] 도 1은 제1간섭계 변조기의 이동식 반사층이 이완 위치에 있고, 제2간섭계 변조기의 이동식 반사층이 작동 위치에 있는 간섭계 변조기 디스플레이(표시장치)의 일 실시형태의 일부를 나타낸 등각 투상도;

도 2는 3×3 간섭계 변조기 디스플레이를 내장하는 전자 장치의 일 실시형태를 예시한 시스템 블록도;

도 3은 도 1의 간섭계 변조기의 예시적인 일 실시형태에 대해 이동식 미러(movable mirror)의 위치 대 인가된 전압을 나타낸 선도;

도 4는 간섭계 변조기 디스플레이를 구동하는 데 사용될 수 있는 한 세트의 행방향 전압(row voltage) 및 열방향 전압(column voltage)을 나타낸 도면;

도 5a는 도 2의 3×3 간섭계 변조기 디스플레이에 있어서의 표시 데이터의 하나의 예시적인 프레임을 예시한 도면;

도 5b는 도 5a의 프레임을 기록하는(write) 데 이용될 수 있는 행방향 신호 및 열방향 신호의 하나의 예시적인 타이밍 선도를 나타낸 도면;

도 6a 및 도 6b는 복수개의 간섭계 변조기를 포함하는 비쥬얼 표시장치(visual display device)의 일 실시형태를 나타낸 시스템 블록도;

도 7a는 도 1의 장치의 단면도;

도 7b는 간섭계 변조기의 대안적인 실시형태의 단면도;

도 7c는 간섭계 변조기의 다른 대안적인 실시형태의 단면도;

도 7d는 간섭계 변조기의 또 다른 대안적인 실시형태의 단면도;

도 7e는 간섭계 변조기의 추가의 대안적인 실시형태의 단면도;

도 8은 생성광의 분광 특성을 예시하는 간섭계 변조기의 일례의 측면 단면도;

도 9는 수개의 예시적인  간섭계 변조기의 미러의 반사율 대 파장을 표시한 그래프;

도 10은 적색, 녹색 및 청색 간섭계 변조기의 예시적인 세트를 포함하는 컬러 표시장치에 의해 생성될 수 있는 색을 나타내고 있는 색도 다이어그램;

도 11은 다상 간섭계 변조기의 일례의 측면 단면도;

도 12a 내지 도 12c는 다상 간섭계 변조기의 다른 예의 측면 단면도;

도 13a는 전기적 기능 및 기계적 기능과 분리된 광학적 기능을 지닌 MEMS 장치의 예시적인 실시형태의 단면도;

도 13b는 작동 상태에서 도 13a의 MEMS 장치의 단면도;

도 13c는 전기적 기능 및 기계적 기능과 분리된 광학적 기능을 지닌 MEMS 장치의 다른 예시적인 실시형태의 단면도;

도 14a는 전기적 기능 및 기계적 기능과 분리된 광학적 기능을 지닌 MEMS 장치의 또 다른 예시적인 실시형태의 단면도;

도 14b 및 도 14c는 작동 상태에서 도 14a의 MEMS 장치의 단면도;

도 15a 및 도 15b는 전기적 기능 및 기계적 기능과 분리된 광학적 기능을 지닌 MEMS 장치의 작동 전극의 예시적인 실시형태의 과장된 단면도;

도 16a는 전기적 기능 및 기계적 기능과 분리된 광학적 기능을 지닌 MEMS 장치의 다른 예시적인 실시형태의 단면도;

도 16b 및 도 16c는 작동 상태에서 도 16a의 MEMS 장치의 단면도;

도 17a 내지 도 17h는 전기적 기능 및 기계적 기능과 분리된 광학적 기능을 지닌 MEMS 장치의 일 실시형태를 형성하는 일련의 처리단계의 예를 개략적으로 나타낸 도면;

도 18a 내지 도 18g는 전기적 기능 및 기계적 기능과 분리된 광학적 기능을 지닌 MEMS 장치의 다른 실시형태를

형성하는 일련의 처리단계의 예를 개략적으로 나타낸 도면;

도 19a 내지 도 19d는 전기적 기능 및 기계적 기능과 분리된 광학적 기능을 지닌 MEMS 장치의 또 다른 실시형태를 형성하는 일련의 처리단계의 예를 개략적으로 나타낸 도면.

## *발명을 실시하기 위한 구체적인 내용*

[0014] 이하의 상세한 설명은 본 발명의 임의의 특정 실시형태들에 관한 것이지만, 본 발명은 다양한 방법들로 구현될 수 있다. 본 설명에 있어서, 도면 전체에 걸쳐서 동일한 구성 요소들은 동일한 참조 번호들로 표기된 도면을 참조한다. 이하의 설명으로부터 명백한 바와 같이, 각 실시형태는 동화상(예를 들어, 비디오)인지 또는 정지화상(예를 들어, 스틸 이미지(still image))인지, 그리고 문자인지 그림인지의 여부에 따라 화상을 표시하도록 구성되는 장치이면 어떠한 장치에서도 구현될 수도 있다. 더욱 상세하게는, 휴대폰, 무선 장치, PDA(personal data assistant), 초소형 또는 휴대용 컴퓨터, GPS 수신기/네비게이션, 카메라, MP3 플레이어, 캠코더, 게임 콘솔(game console), 손목 시계, 시계, 계산기, 텔레비전 모니터, 플랫 패널 디스플레이, 컴퓨터 모니터, 자동차 디스플레이(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 간판, 프로젝터, 건축 구조물, 포장물 및 미술 구조물(예를 들어, 보석류에 대한 화상의 디스플레이)을 포함하지만 이들로 한정되지는 않는 다양한 전자 장치들로 구현되거나 또는 그 다양한 전자 장치들과 관련될 수 있는 것을 고려할 수 있다. 본 명세서에 기재된 것과 마찬가지의 구조체의 MEMS 장치는 또한 전자 전환(즉, 스위칭) 장치 등에서와 같은 표시장치가 아닌 용도에도 이용될 수 있다. 또, 본 명세서에 있어서의 도면은 모두 소정의 소자 간의 상호 관계를 묘사하기 위해 도시된 것으로, 따라서, 매우 개략적이므로, 일정 비율로 되어 있는 것으로 생각해서는 안된다.

[0015] 소정의 실시형태에 있어서, 반사 소자 위쪽에 배치된 작동 전극과 이동식 소자의 변형가능한 층이 제공된다. 상기 작동 전극은 광로(optical path) 내에 있지 않고, 이것으로 인해 비투명한(non-transparent)(혹은 비투과성) 도체를 포함하여 더욱 두껍게 되어 있어, 전력 소비를 개선시킬 수 있다. 소정의 실시형태에 있어서, 상기 반사면보다는 오히려, 상기 변형가능한 층이 작동 시 MEMS 장치의 정지 부분 혹은 고정 부분(stationary portion)과 접촉하여, 정지 마찰, 스프링 상수, 정전력 및 커패시터 면적을 저감시키고, 따라서, 신속하고 낮은 전력 작동을 가능하게 한다. 소정의 실시형태에 있어서, 표면 조면화(surface roughening) 및 기타 정지 마찰 방지 특성부들은 이들 특성부가 광로 내에 있지 않기 때문에 광학적 성능에 영향을 미치는 일없이 상기 작동 전극과 변형가능한 층 사이에 형성될 수 있다. 소정의 실시형태에 있어서, 상기 반사면은 작동 시 어떠한 것과도 접촉하지 않으므로, 정지 마찰의 위험 없이 실질적으로 평활하고 평탄할 수 있다. 소정의 실시형태에 있어서, 상기 이동식 소자의 아래에 혹은 상기 변형가능한 층과 반사면 사이에 제2작동 전극이 설치되므로, 해당 반사면은 적어도 3가지 상태에서 안정적이다.

[0016] 간섭계 MEMS 표시 소자를 포함하는 간섭계 변조기 디스플레이의 일 실시형태가 도 1에 예시되어 있다. 이들 장치에 있어서, 화소들은 명 상태(bright state) 또는 암 상태(dark state)이다. 명("온(on) 또는 "열린") 상태에서, 표시 소자는 입사되는 가시 광선의 많은 부분을 사용자에게 반사시킨다. 암("오프(off)" 또는 "닫힌") 상태에 있을 경우, 표시 소자는 입사되는 가시 광선을 사용자에게 거의 반사하지 않는다. "온" 및 "오프" 상태의 광 반사 특성은 실시형태에 따라서 반대로 되어 있을 수도 있다. MEMS 화소들은 선택된 색에서 우선적으로 반사하도록 구성되어 흑색 및 백색에 부가해서 컬러 표시를 가능하게 한다.

[0017] 도 1은 비쥬얼 디스플레이의 일련의 화소에 있어서 두 개의 인접한 화소들을 나타낸 등각 투상도인 데, 여기서 각 화소는 MEMS 간섭계 변조기를 포함한다. 소정의 실시형태에서, 간섭계 변조기 디스플레이는 이들 간섭계 변조기의 행/열 어레이를 포함한다. 각각의 간섭계 변조기는 서로 간에 가변적이고 제어 가능한 거리에 위치된 1쌍의 반사층을 포함하여 적어도 하나의 가변 치수를 가진 공진 광학적 간극(resonant optical gap)을 형성한다. 일 실시형태에 있어서, 반사층들 중 하나는 두 위치 사이에서 움직일 수도 있다. 여기서 이완 위치라고도 지칭되는 제1 위치에서, 이동식 반사층은 고정된 부분 반사층으로부터 상대적으로 먼 거리에 위치된다. 여기서 작동 위치라고도 지칭되는 제2 위치에서, 이동식 반사층은 상기 부분 반사층에 더 가까이 인접하여 위치된다. 이들 두 층에서 반사된 입사광은 이동식 반사층의 위치에 따라서 보강(constructively) 간섭 또는 소멸(destructively) 간섭하여 각 화소에 대해 전체 반사 상태 또는 비반사 상태를 생성한다.

[0018] 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 광학적 적층부(16a)로부터 소정 거리 떨어진 이완 위치에 이동식 반사층(14a)이 예시되어 있다. 오른쪽에 위치한 간섭계 변조기(12b)에는 광학적 적층부(16b)에 인접

한 작동 위치에 이동식 반사층(14b)이 예시되어 있다.

[0019] 여기서 참조 기호로 표시되는 바와 같은 광학적 적층부(16a), (16b)(일괄해서 광학적 적층부(16)라 표기함)는 전형적으로 수 개의 융합층(fused layer)을 포함하는 데, 이들 융합층은 산화인듐주석(indium tin oxide: ITO)과 같은 전극층, 크롬과 같은 부분 반사층 및 투명 유전체를 포함할 수 있다. 따라서, 광학적 적층부(16)는 전기 전도성이고, 부분적으로 투명하며, 부분적으로 반사성이고, 예를 들어 하나 이상의 상기 층들을 투명한(혹은 투과성) 기판(20) 위에 증착함으로써 제조될 수 있다. 부분적으로 반사성인 층은 각종 금속, 반도체 및 유전체 등과 같이 부분적으로 반사성인 각종 재료로부터 형성될 수 있다. 이 부분적으로 반사성인 층은 하나 이상의 재료의 층으로 형성될 수 있고, 이들 층의 각각은 단일 재료 혹은 이들 재료의 조합으로 형성될 수 있다.

[0020] 몇몇 실시형태에 있어서, 이하에 더욱 설명되는 바와 같이, 광학적 적층체(16)의 층들은 평행 스트립들로 패턴화되고, 표시장치 내에서 행방향 전극들을 형성할 수도 있다. 이동식 반사층(14a), (14b)은 기둥부(즉, 지지부 혹은 지지 구조체)(18) 사이에 증착되는 중재 희생 재료 및 기둥부(18)의 상부면에 증착된 증착 금속층 또는 증착 금속층들(광학적 적층부(16a), (16b)의 행방향 전극에 직교)로 이루어진 일련의 평행 스트립들로서 형성될 수도 있다. 희생 재료를 에칭하여 제거하면, 변형가능한 금속층(14a), (14b)은 광학적 적층부(16b), (16b)로부터 소정의 간극(19)만큼 분리되게 된다. 알루미늄과 같은 고 전도성·반사성 재료가 반사층(14)에 사용될 수 있고, 이들 스트립들은 표시장치에서 열방향 전극들을 형성할 수도 있다.

[0021] 도 1에 있어서 화소(12a)로 예시된 바와 같이, 전압이 인가되지 않을 경우, 이동식 반사층(14a)이 기계적으로 이완된 상태에서, 간극(19)이 이동식 반사층(14a)과 광학적 적층부(16a) 사이에서 유지된다. 그러나, 선택된 행 및 열에 전위차가 인가될 경우, 대응하는 화소에서 행방향 전극과 열방향 전극의 교차점에 형성된 커패시터는 충전되고, 정전기력은 전극들을 함께 당긴다. 전압이 충분히 높다면, 이동식 반사층(14)은 변형이 일어나 광학적 적층부(16)에 대해서 힘을 가한다. 도 1의 오른쪽에 위치한 화소(12b)로 표시된 바와 같이, 광학적 적층부(16) 내의 유전체 층(도 1에서는 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 비반사 화소 상태를 제어할 수 있는 행/열방향 작동은 종래의 LCD 및 다른 디스플레이 기술에서 사용되는 것과 여러 면에서 유사하다.

[0022] 도 2 내지 도 5b는 디스플레이 적용에 있어서 간섭계 변조기들의 어레이를 사용하기 위한 하나의 예시적 과정 및 시스템을 예시한다.

[0023] 도 2는 본 발명의 양상들을 내포할 수도 있는 전자 장치의 일 실시형태를 예시한 시스템 블록도이다. 예시적 실시형태에 있어서, 전자 장치는 프로세서(21)를 포함하는 데, 이 프로세서는 ARM, 펜티엄(Pentium)(등록상표), 펜티엄 II(등록상표), 펜티엄 III(등록상표), 펜티엄 IV(등록상표), 펜티엄(등록상표) Pro, 8051, MIPS(등록상표), Power PC(등록상표), ALPHA(등록상표)와 같은 범용 단일 칩 프로세서 또는 멀티 칩 마이크로 프로세서, 또는 디지털 신호 프로세서, 마이크로제어기와 같은 소정의 특수 목적의 마이크로프로세서, 또는 프로그래밍가능한 게이트 어레이일 수도 있다. 당업계에 있어서 통상적인 바와 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.

[0024] 일 실시형태에 있어서, 프로세서(21)는 또한 어레이 드라이버(22)와 통신하도록 구성된다. 일 실시형태에 있어서, 어레이 드라이버(22)는 디스플레이 어레이 혹은 패널(30)에 신호를 제공하는 행방향 드라이버 회로(24) 및 열방향 드라이버 회로(26)를 포함한다. 도 1에 예시된 어레이의 단면은 도 2의 1-1선에 의해 표시된다. MEMS 간섭계 변조기에 대해서, 행/열방향 작동 프로토콜은 도 3에 도시된 이들 장치의 히스테리시스 특성을 이용할 수도 있다. 예를 들어, 이완 상태에서 작동 상태로 이동식 층을 변형시키기 위해 10 볼트의 전위차가 필요할 수도 있다. 그러나, 이러한 값으로부터 전압이 감소될 경우, 전압이 10 볼트 미만으로 다시 떨어질 때에 이동식 층은 그 상태를 유지한다. 도 3의 예시적 실시형태에 있어서, 전압이 2 볼트 미만으로 떨어질 때까지 이동식 층은 완전히 이완되지 않는다. 이와 같이 해서, 도 3에 예시된 예에서 약 3 내지 7 V의 인가된 전압의 창이 존재하고, 이 범위 내에서 장치가 이완 또는 작동 상태에서 안정적이다. 이것을 여기서는 "히스테리시스 창" 또는 "안정성 창"이라고 칭한다. 도 3의 히스테리시스 특성을 가지는 디스플레이 어레이에 대해서, 행방향 스트로빙(strobing) 동안 스트로빙된 행에 있는 작동될 화소들이 약 10 볼트의 전압차에 노출되고, 이완될 화소들이 0 볼트에 근접한 전압차에 노출되도록 행/열방향 작동 프로토콜을 설계할 수 있다. 스트로빙 후에, 화소들은 약 5 볼트의 정상 상태 전압차에 노출되므로, 이들은 행방향 스트로빙이 화소들을 어떤 상태에 두었던지 그

상태를 유지하게 된다. 이러한 예에서, 각 화소는, 기록된 후에, 3 내지 7 볼트의 "안정성 창" 내에서 전위차를 보인다. 이러한 특성으로 작동 또는 이완의 기존 상태에서 동일한 인가 전압 조건 하에서 도 1에 예시된 화소 설계가 안정화된다. 간섭계 변조기의 각 화소는 작동 상태인지 혹은 이완 상태인지에 따라 본질적으로 고정식 반사층 및 이동식 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.

[0025] 전형적인 응용에 있어서, 제1행에 있는 원하는 세트의 작동 화소에 따라 열방향 전극 세트를 어서트(assert)함으로써 표시 프레임을 생성할 수도 있다. 다음에, 행방향 펄스가 제1행의 전극에 인가되어 어서트된 열방향 라인에 대응하는 화소를 작동시킨다. 그 후, 어서트된 세트의 열방향 전극은 제2행에 있는 원하는 세트의 작동 화소에 대응하도록 변경된다. 이어서, 펄스가 제2행의 전극에 인가되어, 어서트된 열방향 전극들에 따라서 제2행에 있는 적절한 화소들을 작동시킨다. 제1행의 화소들은 제2행의 펄스의 영향을 받지 않고 제1행의 펄스 동안 그들이 설정되었던 상태로 유지된다. 이것은 프레임을 작성하기 위하여 일련의 전체 행들에 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 프레임을 작성하는 화소 어레이의 행방향 전극 및 열방향 전극을 구동하기 위한 매우 다양한 프로토콜은 잘 알려져 있고, 이것은 본 발명과 관련하여 사용될 수도 있다.

[0026] 도 4, 도 5a 및 도 5b는 도 2의 3×3 어레이 위에 표시 프레임을 생성하기 위한 하나의 가능한 작동 프로토콜을 예시한다. 도 4는 도 3의 히스테리시스 곡선을 나타내는 화소를 위해 사용될 수도 있는 가능한 세트의 행방향 전압 레벨들 및 열방향 전압 레벨들을 예시한다. 도 4의 실시형태에서, 화소를 작동시키기 위해서는 적절한 열을 $-V_{bias}$로 설정하고 적절한 행을 $+\Delta V$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 행을 설정하고 $+V_{bias}$로 적절한 열을 설정함으로써 화소의 이완을 수행한다. 행방향 전압이 0볼트로 유지되는 이들 행에서, 열이 $-V_{bias}$이거나 $+V_{bias}$인 것에 상관없이, 화소들은 그들의 원래 상태가 어떠하든 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 열을 $+V_{bias}$로 설정하고 적절한 행을 $-\Delta V$로 설정하는 것을 수반할 수 있다. 본 실시형태에 있어서, 화소에 대한 0 볼트 전위차를 생성하는 동일한 $-\Delta V$로 적절한 행을 설정하고 $-V_{bias}$로 적절한 열을 설정함으로써 화소의 이완을 수행한다.

[0027] 도 5b는 도 5a에 예시된 디스플레이 구성으로 되는 도 2의 3×3 어레이에 인가되는 일련의 행방향 신호 및 열방향 신호를 나타낸 타이밍도로서, 여기서 작동 화소들은 비반사형이다. 도 5a에 예시된 프레임을 기록하기에 앞서, 화소들은 임의의 상태에 있을 수 있고, 이 예에서, 모든 행들은 0볼트이고 모든 열들은 +5 볼트이다. 이들 인가 전압에 의하면, 화소는 모두 그들의 기존의 작동 또는 이완 상태에서 안정하다.

[0028] 도 5a의 프레임에서, (1,1), (1,2), (2,2), (3,2) 및 (3,3) 화소들이 작동된다. 이것을 달성하기 위해서, 제1행에 대한 "라인 시간"(line time) 동안 제1열과 제2열은 -5볼트로 설정되고, 제3열은 +5볼트로 설정된다. 이것은 임의의 화소들의 상태를 변화시키지 않는 데, 그 이유는 모든 화소들이 3 내지 7볼트 안정성 창에 유지되기 때문이다. 다음에, 제1행은 0볼트에서 5볼트까지 가고 다시 0볼트로 가는 펄스로 스트로빙된다. 이것은 (1,1) 화소 및 (1,2) 화소를 작동시키고 (1,3) 화소를 이완시킨다. 어레이 내의 다른 화소들은 영향을 받지 않는다. 원하는 바와 같이 제2행을 설정하기 위하여, 제2열을 -5볼트로 설정하고 제1열 및 제3열을 +5볼트로 설정한다. 다음에, 제2행에 인가된 동일한 스트로브(strobe)는 (2,2) 화소를 작동시키고 (2,1) 및 (2,3) 화소를 이완시킬 것이다. 재차, 어레이의 다른 화소들은 영향받지 않는다. 제3행은 제2열 및 제3열을 -5볼트로 설정하고 제1열을 +5볼트로 설정함으로써 마찬가지로 설정된다. 제3행의 스트로브는 도 5a에 도시된 바와 같이 제3행의 화소들을 설정한다. 프레임을 기록한 후에, 행방향 전위들은 0이고 열방향 전위들은 +5볼트 또는 -5볼트로 유지될 수 있게 되어, 디스플레이는 도 5a의 구성에서 안정적이다. 수십 또는 수백 개의 행과 열들을 가진 어레이들에 대해서 동일한 과정을 이용할 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 또, 행 및 열 작동을 수행시키는 데 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 본 명세서에 기재된 시스템 및 방법과 함께 사용될 수 있다는 것을 또한 이해할 수 있을 것이다.

[0029] 도 6a 및 도 6b는 표시장치(40)의 일 실시형태를 예시한 시스템 블록도이다. 예를 들어, 표시장치(40)는 이동

전화기 또는 휴대 전화기일 수 있다. 그러나, 표시장치(40)의 동일한 구성 요소들 또는 그것의 약간의 변경으로는 또한 텔레비전 및 휴대용 미디어 플레이어와 같은 다양한 유형의 표시장치를 들 수 있다.

[0030] 표시장치(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 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 실시형태에 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.

[0031] 예시적인 표시장치(40)의 디스플레이(30)는 여기에서 설명되는 바와 같이, 쌍안정 디스플레이를 비롯한 다양한 디스플레이들 중의 어떤 것일 수도 있다. 다른 실시형태에 있어서, 당업자들에게 잘 알려진 바와 같이, 디스플레이(30)는 앞서 설명한 바와 같은 플라즈마, EL, OLED, STN LCD 또는 TFT LCD와 같은 평판형 디스플레이, 또는 CRT나 다른 종류의 관(tube) 장치와 같은 비평판형(non-flat-panel) 디스플레이를 포함한다. 그러나, 본 실시형태를 설명할 목적으로, 상기 디스플레이(30)는 여기에서 설명하는 바와 같이 간섭계 변조기 디스플레이를 포함한다.

[0032] 예시적 표시장치(40)의 일 실시형태의 구성 요소들은 도 6b에 개략적으로 도시되어 있다. 도시된 예시적 표시장치(40)는 하우징(41)을 포함하고 적어도 그 속에 부분적으로 수용된 추가적인 구성 요소들을 포함할 수 있다. 예를 들어, 일 실시형태에 있어서, 예시적 표시장치(40)는 트랜스시버(transceiver)(47)에 결합된 안테나(43)를 포함하는 네트워크 인터페이스(27)를 포함한다. 트랜스시버(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 표시장치(40) 설계에 요구되는 바와 같이 모든 구성 요소들에 전력을 제공한다.

[0033] 네트워크 인터페이스(27)는 예시적 표시장치(40)가 네트워크를 통하여 하나 이상의 장치와 연통할 수 있도록 안테나(43) 및 트랜스시버(47)를 포함한다. 일 실시형태에 있어서, 네트워크 인터페이스(27)는 프로세서(21)의 요건을 완화시킬 수 있는 몇몇 처리 능력도 가질 수 있다. 안테나(43)는 신호를 송수신하기 위해, 당업자들에게 알려진 소정의 안테나이다. 일 실시형태에 있어서, 안테나는 IEEE 802.11(a), (b) 또는 (g)를 비롯한 IEEE 802.11 표준에 따라서 RF 신호를 송수신한다. 다른 실시형태에 있어서, 안테나는 블루투스(BLUETOOTH) 표준에 따라서 RF 신호를 송수신한다. 이동 전화기의 경우, 안테나는 CDMA, GSM, AMPS 또는 무선 이동 전화 네트워크 내에서 연통하기 위해 사용되는 기타 공지된 신호를 수신하도록 설계되어 있다. 트랜스시버(47)는 안테나(43)로부터 수신된 신호를 미리 처리하여 이 신호가 프로세서(21)에 의해 수신되고 나아가 조작될 수도 있다. 또, 트랜스시버(47)는 프로세서(21)로부터 수신된 신호도 처리하여 이 신호가 안테나(43)를 거쳐서 예시적 표시장치(40)로부터 전송될 수 있게 한다.

[0034] 대안적인 실시형태에 있어서, 트랜스시버(47)는 수신기로 대체될 수 있다. 또 다른 대안적인 실시형태에 있어서, 네트워크 인터페이스(27)는 프로세서(21)에 전송될 화상 데이터를 저장하거나 생성할 수 있는 이미지 소스(즉, 화상 공급원(image source))로 대체될 수 있다. 예를 들어, 화상 공급원은 화상 데이터를 포함하는 디지털 비디오 디스크(DVD: digital video disc)나 하드 디스크 드라이브, 또는 화상 데이터를 생성하는 소프트웨어 모듈일 수 있다.

[0035] 프로세서(21)는 일반적으로 예시적 표시장치(40)의 전체적인 동작을 제어한다. 프로세서(21)는 네트워크 인터페이스(27) 또는 화상 공급원으로부터의 압축된 화상 데이터와 같은 데이터를 수신하고, 해당 데이터를 원천 화상 데이터(raw image data)로 또는 원천 화상 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 전송한다. 원천 데이터는 전형적으로 화상 내의 각각의 위치에서 화상 특성들을 식별하는 정보를 의미한다. 예를 들어, 이러한 화상 특성들은 색깔, 채도(saturation), 그레이 스케일 레벨(회색 scale level)을 포함할 수 있다.

[0036] 일 실시형태에서, 프로세서(21)는 예시적 표시장치(40)의 동작을 제어하는 마이크로 제어기, CPU 또는 논리 유닛을 포함한다. 컨디셔닝 하드웨어(52)는 일반적으로 신호를 스피커(45)에 전송하기 위해, 그리고 마이크(46)로부터 신호를 수신하기 위해 증폭기들 및 필터들을 포함한다. 컨디셔닝 하드웨어(52)는 예시적 표시장치(40)

내에 있는 별도의 구성 요소일 수도 있거나 프로세서(21) 혹은 기타 구성 요소들 내에 내장되어 있을 수도 있다.

[0037] 드라이버 제어기(29)는 프로세서(21)에서 생성된 원천 화상 데이터를 프로세서(21)로부터 혹은 프레임 버퍼(28)로부터 직접 취하여 어레이 드라이버(22)로 고속 전송하기 위해 원천 화상 데이터를 적절하게 재포맷한다. 특히, 드라이버 제어기(29)는 원천 화상 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 전송한다. 비록 LCD 제어기와 같은 드라이버 제어기(29)가 자립형 집적 회로(stand-alone Integrated Circuit(IC))로서 시스템 프로세서(21)와 종종 연관되지만, 이러한 제어기들은 다양한 방법들로 구현될 수도 있다. 이들은 프로세서(21) 내에 하드웨어로서 삽입될 수 있거나, 소프트웨어로서 프로세서(21) 내에 삽입될 수도 있거나, 또는 어레이 드라이버(22)와 함께 하드웨어에 완전히 일체화될 수도 있다.

[0038] 전형적으로, 어레이 드라이버(22)는 포맷된 정보를 드라이버 제어기(29)로부터 수신하고 디스플레이의 x-y 매트릭스 화소들로부터 나온 수백, 때로는 수천개의 인출선에 초당 여러 번 인가되는 병렬 세트의 파형들로 비디오 데이터를 재포맷한다.

[0039] 일 실시형태에 있어서, 드라이버 제어기(29), 어레이 드라이버(22) 및 디스플레이 어레이(30)는 여기서 설명하는 디스플레이들의 유형 중 어느 것에나 적합하다. 예를 들어, 일 실시형태에 있어서, 드라이버 제어기(29)는 종래의 디스플레이 제어기 또는 쌍안정 디스플레이 제어기(예를 들어, 간섭계 변조기 제어기)이다. 다른 실시형태에 있어서, 어레이 드라이버(22)는 종래의 드라이버 또는 쌍안정 디스플레이 드라이버(예를 들어, 간섭계 변조기 디스플레이)이다. 일 실시형태에 있어서, 드라이버 제어기(29)는 어레이 드라이버(22)와 일체형이다. 이러한 일 실시형태는 이동 전화기, 시계 및 기타 소형 디스플레이와 같은 고집적 시스템에 있어서 일반적이다. 또 다른 실시형태에 있어서, 디스플레이 어레이(30)는 전형적인 디스플레이 어레이 또는 쌍안정 디스플레이 어레이(예를 들어, 간섭계 변조기들의 어레이를 포함하는 디스플레이)이다.

[0040] 입력 장치(48)는 사용자로 하여금 예시적 표시장치(40)의 동작을 제어하도록 한다. 일 실시형태에 있어서, 입력 장치(48)는 QWERTY 키보드 또는 전화기 키패드와 같은 키패드, 버튼, 스위치, 터치 센스 스크린, 감압막 또는 감열막을 포함한다. 일 실시형태에 있어서, 마이크(46)는 예시적 표시장치(40)에 대한 입력 장치이다. 이 장치에 데이터를 입력하기 위해 마이크(46)가 사용되는 경우, 음성 명령들이 사용자에 의해 제공되어 예시적 표시장치(40)의 동작들을 제어할 수도 있다.

[0041] 전력 공급 장치(50)는 당업계에 잘 알려져 있는 다양한 에너지 저장 장치들을 포함할 수 있다. 예를 들어, 일 실시형태에 있어서, 전력 공급 장치(50)는 니켈-카드뮴 배터리 또는 리튬 이온 배터리와 같은 충전용 배터리이다. 다른 실시형태에 있어서, 전력 공급 장치(50)는 재생 가능 에너지 원, 커패시터, 또는 플라스틱 태양 전지, 태양 전지 도료를 비롯한 태양 전지이다. 다른 실시형태에 있어서, 전력 공급 장치(50)는 벽에 붙은 콘센트에서 전력을 받도록 구성된다.

[0042] 소정의 실시형태에 있어서, 제어 프로그램은 앞서 설명한 바와 같이 전자 디스플레이 시스템 안의 몇몇 장소에 위치될 수 있는 드라이버 제어기 내에 존재한다. 소정의 실시형태에 있어서, 제어 프로그램은 어레이 드라이버(22) 내에 존재한다. 당업자들은 앞서 설명한 최적화 조건들을 다수의 하드웨어 및/또는 소프트웨어 구성 요소들 및 다양한 형태로 구현할 수도 있다는 것을 인식할 것이다.

[0043] 앞서 설명한 원리들에 따라서 작동되는 간섭계 변조기의 상세한 구조는 매우 다양할 수 있다. 예를 들어, 도 7a 내지 도 7e는 이동식 미러 구조체의 다섯 개의 서로 다른 실시형태를 나타낸다. 도 7a는 도 1의 실시형태의 단면도인데, 여기서 금속 재료(14)의 스트립은 직교 방향으로 연장된 지지부(18) 상에 증착된다. 도 7b에 있어서, 이동식 반사층(14)은 줄(tether)(32) 상에 단지 모서리에서 지지부에 부착된다. 도 7c에 있어서, 이동식 반사층(14)은 가요성 금속을 포함할 수도 있는 변형가능한 층(34)으로부터 매달려 있다. 이 변형가능한 층(34)은 해당 변형가능한 층(34) 주변의 기판(20)에 직접적으로 혹은 간접적으로 접속된다. 이들 접속부(혹은 연결부)는 여기서는 지지 기둥부라고도 칭한다. 도 7d에 나타낸 실시형태는 변형가능한 층(34)이 안착되는 지지 기둥 플러그(42)를 가진다. 이동식 반사층(14)은 도 7a 내지 도 7c에 있어서와 마찬가지로 간극부 위에 매달린 채 유지되지만, 변형가능한 층(34)은 해당 변형가능한 층(34)과 광학적 적층부(16) 사이의 구멍들을 채움으로써 지지 기둥부를 형성하지 않는다. 오히려, 지지 기둥부는 평탄화 재료로 형성되고, 이것은 지지 기둥 플러그(42)를 형성하는 데 이용된다. 도 7e에 나타낸 실시형태는 도 7d에 나타낸 실시형태에 의거한 것이지만, 도 7a 내지 도 7c에 나타낸 실시형태뿐만 아니라 도시하지 않은 추가적인 실시형태의 어느 것과 함께 작용하도록 적합

화될 수도 있다. 도 7e에 나타낸 실시형태에 있어서, 금속 또는 기타 전도성 재료의 여분의 층은 버스 구조체(44)를 형성하는 데 이용되어왔다. 이것에 의해 신호가 간섭계 변조기의 이면을 따라 송신될 수 있고, 그렇지 않으면 기판(20) 상에 형성될 수도 있는 다수의 전극을 제거할 수 있다.

[0044] 도 7a 내지 도 7e에 나타낸 것과 같은 실시형태에 있어서, 간섭계 변조기는 직시형(direct-view) 장치로서 기능하는 데, 여기서 화상들은 투명한 기판(20)의 앞면 쪽으로부터 보이고 그 반대편에는 변조기들이 배열되어 있다. 이들 실시형태에 있어서, 반사층(14)은 변형가능한 층(34)을 비롯한, 기판(20)의 반대편의 반사층 쪽에 있는 간섭계 변조기의 일부를 광학적으로 차단한다. 이것에 의해 상기 차단된 영역은 화질에 부정적으로 영향을 미치는 일없이 구성되고 작동될 수 있게 된다. 이러한 차단은 도 7e에서 버스 구조체(44)를 허용하며, 이것은 어드레싱 및 그 어드레싱으로부터 기인하는 이동 등과 같은, 상기 변조기의 전자기계 특성으로부터 해당 변조기의 광학적 특성을 분리시키는 능력을 제공한다. 이 분리가능한 변조기 구조체로 인해 해당 변조기의 광학적 측면들 및 전자기계적 측면들에 대해 사용되는 재질들 및 구조 설계가 선택되어 서로 독립적으로 기능하게 된다. 더욱이, 도 7c 내지 도 7e에 도시된 실시형태는 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.

[0045] 전술한 간섭계 변조기의 실시형태는 반사 상태(백색 광, 혹은 광학적 적층부(16)의 미러(14)와 부분 반사층 사이의 거리에 의해 정해지는 색의 광을 생성함) 혹은 비반사 예를 들어 흑색 상태 중 하나에서 작동한다. 다른 실시형태, 예를 들어, 미국 특허 제5,986,796호 공보에 개시된 실시형태에 있어서, 이동식 미러(14)는 광학적 적층부(16) 내의 부분 반사층에 대해서 여러 위치의 범위에 위치되어 공진 간극(19)의 크기를 변화시키고, 이에 따라서 반사광의 색을 변화시킬 수 있게 된다.

[0046] 도 8은 위치(111) 내지 (115)의 범위에서 이동식 미러(14)를 위치결정함으로써 생성될 수 있는 광의 분광 특성을 예시한 간섭계 변조기(12)의 일례의 측면 단면도이다. 전술한 바와 같이, 행방향 전극과 열방향 전극 사이의 전위차로 인해 이동식 미러(14)가 편향된다. 상기 변조기(12)는 열방향 전극으로서 작용하는 산화인듐주석(indium tin oxide: ITO)의 전도층(102)을 포함한다. 상기 변조기(12)의 일례에 있어서, 미러(14)는 행방향 전극을 포함한다.

[0047] 일 실시형태에 있어서, 산화알루미늄($Al_2O_3$ 혹은 "알루미나") 등의 재료의 유전체층(106)이 부분 반사 재료(예컨대, 크롬으로 이루어짐)의 층(104) 위에 위치결정되고, 상기 부분 반사 재료의 층(이하 "부분 반사층"이라 칭함)(104)은 광학적 적층부(16)의 반사면을 형성한다. 도 1을 참조하여 전술한 바와 같이, 유전체층(106)은 단락을 억제하고 미러(14)가 편향될 경우 미러(14)와 부분 반사층(104) 사이의 이격 거리를 제어한다. 따라서, 미러(14)와 부분 반사층(104) 사이에 형성된 광학적 공동부(optical cavity)는 유전체층(106)을 포함한다. 도 8에 있어서의 각 항목의 상대적 크기는 통상 변조기(12)를 예시할 목적으로 선택되어 있다. 그러므로, 이러한 거리와 두께는 일정 비율로 되어 있지 않고, 변조기(12)의 소정의 특정 실시형태를 대표하도록 의도되어 있는 것은 아니다.

[0048] 도 9는 각종 두께의 유전체층(106)을 지닌 수개의 예시적인 광학적 적층부(16)용의 반사율 대 파장을 나타낸 그래프이다. 수평축은 광학적 적층부에 입사하는 가시광의 파장의 범위를 나타낸다. 수직축은 특정 파장에서 입사광의 퍼센트로서 각 광학적 적층부(16)의 반사율을 나타낸다. 광학적 적층부(16)가 유전체층(106)을 포함하지 않는 실시형태에 있어서, 크롬 층을 포함하는 광학적 적층부(16)의 반사율은 대략 75%이다. 100 Å 두께의 알루미나 층을 구비한 유전체층(106)을 포함하는 광학적 적층부(16)는 반사율이 대략 65%로 되고, 200 Å 두께의 알루미나층을 구비한 유전체층(106)을 포함하는 광학적 적층부(16)는 반사율이 대략 55%로 된다. 표시된 바와 같이, 반사율은 이들 특정 실시형태에 있어서 파장에 따라 변하지 않는다. 따라서, $Al_2O_3$ 층(106)의 두께를 조정함으로써, 광학적 적층부(16)의 반사율은 간섭계 변조기(12)의 특정 성질이 선택될 수 있도록 가시광 스펙트럼에 대해서 일관되게 제어될 수 있다. 소정의 실시형태에 있어서, 유전체층(106)은 약 50 내지 250 Å 두께를 지닌 $Al_2O_3$ 층을 포함한다. 소정의 실시형태에 있어서, 유전체층(106)은 약 50 내지 100 Å 두께의 $Al_2O_3$ 층과, 약 400 내지 2,000Å 두께의 대형 $SiO_2$ 층을 포함한다.

[0049] 전술한 바와 같이, 변조기(12)는 광학적 적층부(16)의 반사면과 미러(14) 사이에 형성된 광학적 공동부를 포함한다. 광학적 공동부의 특징적인 거리 혹은 유효 광로 길이(L)는 광학적 공동부(19), 따라서 간섭계 변조기(12)의 공진 파장(λ)을 결정한다. 간섭계 변조기(12)의 공진 파장(λ)은 일반적으로 변조기(12)에 의해 반사

된 광의 인지되는 색에 대응한다. 수학적으로, 거리 L = ½ × N × λ(여기서, N은 정수이다). 따라서, 주어진 공진 파장(λ)은 λ/2(N=1), λ(N=2), 3λ/2(N=3) 등의 거리(L)을 지닌 간섭계 변조기(12)에 의해 반사된다. 정수 N은 반사광의 간섭의 "차수"(order)로 지칭될 수 있다. 본 명세서에서 이용되는 바와 같이, 변조기(12)의 차수는 또한 미러(14)가 적어도 하나의 위치에 있을 때 변조기(12)에 의해 반사된 광의 차수 N을 의미한다. 예를 들어, 1차 적색 간섭계 변조기(12)는 약 650 ㎚의 파장(λ)에 대응하는 약 325 ㎚의 거리(L)를 지닐 수 있다. 따라서, 2차 적색 간섭계 변조기(12)는 약 650 ㎚의 거리(L)을 지닐 수 있다. 일반적으로, 고차의 변조기(12)는 보다 좁은 범위의 파장에 걸쳐서 광을 반사하고, 따라서, 더욱 포화된(즉, 진한) 채색된 광을 생성할 수 있다.

[0050] 단, 소정의 실시형태에 있어서, 거리(L)는 미러(14)와 부분 반사층(104) 간의 거리와 실질적으로 동일하다. 미러(14)와 부분 반사층(104) 사이의 공간이 대략 1의 굴절률을 지닌 기체(예컨대, 공기)만을 포함하고 있는 경우, 유효 광로 길이는 미러(14)와 부분 반사층(104) 간의 거리(L)와 실질적으로 동일하다. 1보다 큰 굴절률을 지닌 유전체층(106)을 포함하는 실시형태에 있어서, 광학적 공동부(19)는 미러(14)와 부분 반사층(104) 간의 거리를 선택함으로써 그리고 유전체층(106)의, 또는 미러(14)와 부분 반사층(104) 간의 어떠한 다른 층의 두께와 굴절률을 선택함으로써 원하는 광로 길이를 지니도록 형성된다. 일 실시형태에 있어서, 미러(14)는 대응하는 색의 범위를 출력하는 위치들의 범위 내에서 하나 이상의 위치로 편향될 수 있다. 예를 들어, 행방향 전극과 열방향 전극 간의 전압 전위차는 부분 반사층(104)에 대해서 위치들의 범위 중 하나로 미러(14)를 편향시키도록 조정될 수 있다. 일반적으로, 전압을 조정함으로써 미러의 위치의 제어의 가장 큰 레벨은 미러(14)의 경로의 미편향 위치 부근(예를 들어, 보다 작은 편향에 대해서, 미러(14)의 미편향 위치로부터 최대 편향의 약 1/3 내의 편향 등과 같이)이다.

[0051] 이동식 미러(14)의 위치(111) 내지 (115)의 특정 그룹의 각각은 부분 반사층(104)으로부터 위치(111) 내지 (115)를 나타내는 화살표 지점까지 뻗어 있는 선으로 도 8에 표시되어 있다. 이와 같이 해서, 거리(111) 내지 (115)는 유전체층(106)의 두께 및 굴절률을 고려하도록 선택된다. 이동식 미러(14)가 위치(111) 내지 (115)(각각 상이한 거리(L)에 대응함)의 각각으로 편향될 경우, 변조기(12)는 해당 변조기(12)에 의해 반사되는 입사광의 상이한 색에 대응하는 상이한 분광 응답을 지닌 관찰 위치(101)에 광을 출력한다. 게다가, 위치(111)에서, 이동식 미러(14)는 간섭 효과가 무시될 수 있는 부분 반사층(104)(예컨대, 약 200 Å 이하, 바람직하게는 약 100 Å)에 충분히 가깝고, 변조기(12)는 실질적으로 동등하게, 예컨대, 백색 광으로서 입사하는 가시광의 실질적으로 모든 색을 반사하는 미러로서 작용한다. 광대역 미러 효과는, 거리(L)가 가시광 대역에서의 광학적 공진에 대해서 너무 작기 때문에 초래된다. 따라서, 미러(14)는 단지 가시광에 대해서 반사면으로서 작용한다.

[0052] 간극(19)이 위치(112)까지 증대됨에 따라, 변조기(12)는 회색 음영을 나타내고, 증대된 간극(19)으로서, 미러(14)와 부분 반사층(104) 간의 거리는 미러(14)의 반사율을 감소시킨다. 위치(113)에서, 거리(L)는 공동부(19)가 간섭계측적으로(interferometrically) 작동하지만 실질적으로 가시광 파장을 반사하지 않도록 하는 데, 그 이유는 공진 파장이 가시광 영역 바깥쪽에 있고, 따라서 흑색을 생성하기 때문이다.

[0053] 거리(L)가 더욱 증가함에 따라, 변조기(12)의 피크 분광 응답은 가시 파장으로 이동한다. 이와 같이 해서, 이동식 미러(14)가 위치(114)에 있을 경우, 변조기(12)는 청색광을 반사한다. 또, 이동식 미러(14)가 위치(115)에 있을 경우, 변조기(12)는 녹색광을 반사한다. 또한, 이동식 미러(14)가 비편향 위치(116)에 있을 경우, 변조기(12)는 적색광을 반사한다.

[0054] 간섭계 변조기(12)를 이용해서 표시장치를 설계함에 있어서, 변조기(12)는 반사광의 채도를 증가시키도록 형성될 수 있다. 채도란 색깔 광의 색상의 각도를 의미한다. 고도로 포화된 색상은 선명하고 강렬한 색인 한편, 덜 포화된 색상은 더욱 부드럽고 회색을 나타낸다. 예를 들어, 매우 좁은 범위의 파장을 생성하는 레이저는 고도로 포화된 광을 생성한다. 역으로, 전형적인 백열광 전구는 포화도가 저감된 적색이나 청색을 지닐 수 있는 백색 광을 생성한다. 소정의 실시형태에 있어서, 변조기(12)는 반사된 컬러 광의 채도를 증가시키기 위하여 보다 고차의 간섭, 예컨대, 2차 혹은 3차의 간섭에 대응하는 거리(L)로 형성된다.

[0055] 예시적인 컬러 표시장치는 적색, 녹색 및 청색 표시 소자를 포함한다. 적색, 녹색 및 청색 소자에 의해 생성된 광의 상대 강도를 변화시킴으로써 이러한 표시장치에서 기타 색이 생성될 수 있다. 적색, 녹색 및 청색 등의 원색의 혼합물은 인간에게 다른 색으로서 감지된다. 이러한 색 체계(color system)에서 적색, 녹색 및 청색의 상대적인 값은 인간의 눈의 적색, 녹색 및 청색광 감지 부분의 자극을 기준으로 해서 삼색 자극값(tristimulus value)이라 칭해질 수 있다. 일반적으로, 원색이 더욱 포화될수록, 표시장치에 의해 생성될 수 있는 색의 범위

도 커진다. 다른 실시형태에 있어서, 표시장치는 적색, 녹색 및 청색 이외의 원색의 집합(예컨대, 적색, 황색 및 청색; 마젠타, 황색 및 사이안)의 관점에서 다른 색 체계를 규정하는 색의 집합을 지니는 변조기(12)를 포함할 수 있다.

[0056] 도 10은 예시적인 적색, 녹색 및 청색 간섭계 변조기의 두 세트를 포함하는 컬러 표시장치에 의해 생성될 수 있는 색을 예시한 색도 다이어그램이다. 수평축과 수직축은 스펙트럼 삼색 자극값이 표시될 수 있는 색도 좌표계를 규정한다. 특히, 점(120)들은 예를 들어 적색, 녹색 및 청색 간섭계 변조기(12)에 의해 반사된 광의 색을 나타낸다. 백색 광은 점(122)으로 표시된다. 각 점(120)에서 백색 광의 점(122)까지의 거리, 예를 들어, 백색광용의 점(122)과 적색광용의 점(120) 간의 거리는 대응하는 변조기(12)에 의해 생성된 광의 포화도를 나타낸다. 삼각형 자취(126)에 의해 둘러싸인 영역은 점(120)들에서 생성된 광을 혼합함으로써 생성될 수 있는 색의 범위에 대응한다. 색의 이 범위는 표시장치의 "색 재현범위"(color gamut)라고도 칭해질 수 있다.

[0057] 점(128)들은 예시적인 변조기(12)의 다른 세트의 스펙트럼 응답을 나타낸다. 점(120)들과 점(122) 간의 거리보다 백색광용의 점(122)과 점(128)들 간의 거리를 보다 작게 표시함으로써, 점(128)들에 대응하는 변조기(12)는 점(120)들에 대응하는 변조기(12)보다 덜 포화된 광을 생성한다. 자취(130)는 점(128)들의 광을 혼합함으로써 생성될 수 있는 색들의 범위를 나타낸다. 도 10에 나타낸 바와 같이, 자취(126)는, 표시장치의 색 재현범위의 크기와 표시 소자(12)의 포화 간의 관계를 그래픽으로 표시하고 있는, 자취(130)가 둘러싸고 있는 것보다 큰 영역을 둘러싸고 있다.

[0058] 반사형 표시장치에 있어서, 이러한 포화된 간섭계 변조기(12)를 이용해서 생성된 백색 광은 입사 파장의 작은 범위만이 반사되어 백색 광을 형성하기 때문에 관찰자(viewer)에 대해서 상대적으로 낮은 강도를 지니는 경향이 있다. 이에 대해서, 광대역의 백색 광, 예를 들어, 실질적으로 모든 입사 파장을 반사하는 미러는, 입사파장의 보다 큰 범위가 반사되기 때문에 보다 큰 강도를 지닌다. 따라서, 백색 광을 생성하기 위해서 원색의 조합을 이용하여 반사형 표시장치를 설계함으로써, 일반적으로, 표시장치의 채도와 색 재현범위 그리고 표시장치에 의해 출력되는 백색 광의 휘도 간의 조화를 가져온다.

[0059] 도 11은 하나의 상태에서 고도로 포화된 색채의 광을 생성하고 다른 상태에서는 상대적으로 강렬한 백색 광을 생성할 수 있는 다상 간섭계 변조기(140)의 예의 측면 단면도이다. 이와 같이 예시적인 변조기(140)는 출력 백색광의 휘도로부터 채도를 분리한다. 변조기(140)는 두 전극(102), (142) 사이에 위치된 이동식 미러(14)를 포함한다. 변조기(140)는 또한 기둥부(18)로서 미러(14)의 반대쪽 상에 형성된 기둥부(18a)의 제2세트를 포함한다.

[0060] 소정의 실시형태에 있어서, 미러(14) 및 부분 반사층(104)은 각각 광을 반사시키는 것 이외의 기능을 수행하는 반사기 혹은 반사형 부재를 규정하는 층들의 적층부의 일부일 수 있다. 예를 들어, 도 11의 예시적인 변조기에 있어서, 미러(14)는 알루미늄 등의 도전성 및 반사성 재료의 하나 이상의 층으로 이루어진다. 이와 같이 해서, 미러(14)는 또한 도체로서도 기능할 수 있다. 마찬가지로, 부분 반사층(104)은 전극(102)의 기능을 수행하도록 도전성 재료의 하나 이상의 층과 반사성 재료의 하나 이상의 층으로 이루어질 수 있다. 또한, 미러(14) 및 부분 반사층(104)은 각각 미러(14)의 편향에 영향을 미치는 기계적 특성을 제어하는 등과 같은 기타 기능을 지니는 하나 이상의 층을 포함할 수도 있다. 일 실시형태에 있어서, 이동식 미러(14)는 도 7c 내지 도 7e와 관련하여 설명된 그러한 추가의 변형가능한 층으로부터 현가되어 있다.

[0061] 적색, 녹색 및 청색 광을 반사하는 변조기(12)를 포함하는 일 실시형태에 있어서, 상이한 반사성 재료가, 이러한 변조기(12)의 스펙트럼 응답을 향상시키기 위하여, 상이한 색을 반사시키는 변조기(12)의 미러(14)에 이용된다. 예를 들어, 이동식 미러(14)는 적색 광을 반사시키도록 구성된 변조기(12)에 금을 포함할 수 있다.

[0062] 일 실시형태에 있어서, 유전체층(144), (144a)은 도체(142)의 어느 한쪽에 위치결정되어 있을 수 있다. 유전체층(144a), (106)은 유리하게는 미러(14)의 도전성 부분과 변조기(140)의 다른 부분 사이의 전기적 단락을 억제한다. 일 실시형태에 있어서, 부분 반사층(104)과 전극(102)은 일괄적으로 반사형 부재를 형성한다.

[0063] 소정의 실시형태에 있어서, 그의 미구동 위치에서 부분 반사층(104)과 이동식 미러(14) 간의 거리는 변조기(140)가 비반사 혹은 "흑색"인 때의 광로 길이(L)에 대응한다. 소정의 실시형태에 있어서, 부분 반사층(104)을 향하여 구동될 때의 부분 반사층(104)과 이동식 미러(14) 간의 광로 길이(L)는 변조기(140)가 백색 광을 반사하는 때의 광로 길이(L)에 대응한다. 예시적인 실시형태에 있어서, 도체(142)를 향하여 구동될 때의 부분 반사층(104)과 이동식 미러(14) 간의 거리는, 변조기(140)가 적색, 청색 혹은 녹색 등의 색의 광을 반사할 때의 광로 길이(L)에 대응한다. 소정의 실시형태에 있어서, 미구동 부분 반사층(104)과 이동식 미러(14) 간의 거리(L)는

미구동 이동식 미러(14)와 전극(142) 간의 거리(L)와 실질적으로 동등하다. 이러한 실시형태는 단일의 이동식 미러(14) 주위에 위치된 2개의 변조기인 것으로 여겨질 수 있다.

[0064] 미러(14)와 전극(102) 혹은 전극(142) 사이에 전위차가 적거나 없을 경우, 미러(14)는 미구동 상태에 대응하는 제1광로 길이를 규정하도록 부분 반사층(104)에 대해서 편향되지 않는다. 미러(14)와 전극(102) 사이에 제1전압차가 인가될 경우, 미러(14)는 제1구동 상태에 대응하는 제2광로 길이를 규정하도록 부분 반사층(104)을 향하여 편향된다. 이 제1구동 상태에서, 이동식 미러(14)는 미구동 상태에서보다 부분 반사층(104)에 더욱 가깝게 된다. 미러(14)와 전극(142) 사이에 제2전압차가 인가될 경우, 미러(14)는 제2구동 상태에 대응하는 제3광로 길이를 규정하도록 부분 반사층(104)으로부터 멀리 편향된다. 이 제2구동 상태에 있어서, 이동식 미러(14)는 미구동 상태에서보다 부분 반사층(104)로부터 더욱 멀어지게 된다. 소정의 실시형태에 있어서, 제1구동 상태와 제2구동 상태 중 적어도 한쪽은 미러(14)와 전극(102) 사이 그리고 미러(14)와 전극(104) 사이의 양쪽 모두에 전압차를 인가함으로써 얻어진다. 소정의 실시형태에 있어서, 제2전압차는 미러(14)의 원하는 편향을 제공하도록 선택된다.

[0065] 도 11에 예시된 바와 같이, 제1구동 상태에 있어서, 미러(14)는 대시선(dashed line)(159)으로 표시된 위치로 편향된다. 예시적인 변조기(140)에 있어서, 이 제1구동 상태에서의 미러(14)와 부분 반사층(104) 간의 거리는 유전체층(106)의 두께에 상당한다. 예시적인 변조기(140)에 있어서, 미러(14)는, 실질적으로 모든 가시광 파장의 광을 반사시키는, 이 구동 위치에서의 광대역 미러로서 작용한다. 이와 같이, 변조기(140)는 광대역 백색광에 의해 조명될 경우 광대역 백색 광을 생성한다.

[0066] 제2구동 상태에 있어서, 미러(14)는 대시선(158)으로 표시된 위치로 편향된다. 예시적인 변조기(140)에 있어서, 이 거리는 컬러 광, 예를 들어, 청색 광에 상당한다. 미구동 상태에 있어서, 미러(14)는 도 11에 도시된 바와 같이 위치된다. 미편향 위치에서, 미러(14)는 실질적으로 어떠한 가시광도 반사되지 않도록, 예를 들어 "오프" 혹은 비반사 상태"에서 부분 반사층(104)으로부터의 소정의 거리에 이간되어 있다. 이와 같이 해서, 변조기(140)는 적어도 3개의 별개의 상태를 지니는 간섭계 변조기를 규정한다. 다른 실시형태에 있어서, 이 3가지 상태에서의 이동식 미러(14)의 위치는, 원하는 바대로, 흑색과 백색을 비롯한 상이한 세트의 색을 생성하도록 선택될 수 있다.

[0067] 일 실시형태에 있어서, 광은 기판(20)을 통해서 변조기(12)에 입사되고 관측 위치(141)로 출력된다. 다른 실시형태에 있어서, 도 11에 예시된 층들의 적층부는 역전되어, 층(144)이 층(102)보다 기판(20)에 가장 가깝게 된다. 소정의 이러한 실시형태에 있어서, 변조기(12)는 기판(20)을 통해서라기보다는 오히려 기판(20)으로부터 상기 적층부의 반대쪽을 통해서 볼 수 있다. 이러한 실시형태에 있어서, 이산화규소의 층은 ITO 층(102)을 전기적으로 절연시키기 위하여 해당 ITO 층(102) 상에 형성된다.

[0068] 전술한 바와 같이, 변조기(140)에서 백색 광을 출력하기 위한 별도의 상태를 지니는 것은 백색 출력의 휘도에 영향을 미치는 해당 변조기의 특성으로부터 채도를 제어하는 해당 변조기의 특성의 선택을 분리시킨다. 변조기(140)의 거리 및 기타 특징은 이와 같이 해서 제1상태에서 생성된 백색 광의 휘도에 영향을 미치는 일없이 고도로 포화된 색을 제공하도록 선택될 수 있다. 예를 들어, 예시적인 컬러 표시장치에 있어서, 적색, 녹색 및 청색 변조기(140) 중 하나 이상은 보다 고차의 간섭에 대응하는 광로 길이로 형성될 수 있다.

[0069] 변조기(140)는 당업계에 공지된 리소그래피 기술을 이용해서 형성될 수 있고, 변조기(12)를 참조하여 전술한 바와 같이, 예를 들어, 부분 반사층(104)은 실질적으로 투명 기판(20) 상에 크롬의 하나 이상의 층을 증착함으로써 형성될 수 있다. 전극(102)은 기판(20) 상에 ITO 등의 투명 도체의 하나 이상의 층을 증착시킴으로써 형성될 수 있다. 상기 도체 층들은 평행한 스트립 형상으로 패턴화되고, 전극의 열을 형성할 수 있다. 이동식 미러(14)는 기둥부(18)의 상부에 증착된 금속 증착층 혹은 층들(예컨대, 열방향 전극(102)과 실질적으로 직교하여 배향됨)의 일련의 평행한 스트립들과 기둥부(18)들 사이에 증착된 중개 희생 재료로서 형성될 수 있다. 전술한 층들의 하나 이상을 통한 관통 구멍은, 해당 희생층이 몰리브덴으로 이루어진 실시형태에 있어서 이불화제논($XeF_2$) 등과 같은 에칭제 가스가 희생층에 도달할 수 있도록 제공될 수 있다. 상기 희생 재료가 에칭에 의해 제거된 경우, 변형가능한 금속층은 공기 간극에 의해 광학적 적층부(16)로부터 분리된다. 이러한 알루미늄 등의 고도로 도전성 및 반사성 재료는 변형가능한 층에 이용될 수 있고, 이들 스트립들은 표시 장치에서 행방향 전극을 형성할 수 있다. 도체(142)는 이동식 미러(14) 위에 기둥부(18a)들을 증착시키고, 이들 기둥부(18a) 사이에 중개 희생 재료를 증착시키고 나서, 기둥부(18a)의 상부에 알루미늄 등의 도체의 하나 이상의 층을 증착시키고, 상기 희생 재료 위에 전도층을 증착시킴으로써 형성될 수 있다. 상기 희생 재료가 에칭에 의해 제거된 경우, 상기 전도층은 전극(142)으로서 역할할 수 있고, 이것은 제2공기 간극에 의해 미러(14)로부터 분리된다.

공기 간극의 각각은 공동부를 제공하며, 해당 공동부 내로 미러(14)가 전술한 상태의 각각을 얻기 위해 이동할 수 있다.

[0070] 도 11에 더욱 예시된 바와 같이, 예시적인 변조기(140)에 있어서, 전도성 미러(14)는 어레이 제어기(152)의 행 방향 드라이버(154)로 접속된다. 예시적인 변조기(140)에 있어서, 도체(102), (142)는 열방향 드라이버(156)의 열을 분리하도록 접속된다. 일 실시형태에 있어서, 변조기(140)의 상태는 도 3 및 도 4를 참조하여 설명된 방법에 따라 열방향 도체(102), (104)와 미러(14) 사이에 적절한 전압차를 인가함으로써 선택된다.

[0071] 도 12a 내지 도 12c는 두 상태 이상을 제공하는 다른 예시적인 간섭계 변조기(150)를 예시한다. 예시적인 변조기(150)에 있어서, 광학적 적층부(16)는 도 11의 전극(102)의 기능을 수행하도록 반사층과 전도층을 모두 포함한다. 또한, 전도층(142)은 제2유전체층(144a)에 의해 보호되고, 제2세트의 지지부(18a)를 통해서 이동식 미러(14) 위쪽에서 소정 거리에 유지된 지지면(148)에 의해 지지될 수 있다.

[0072] 도 12a는 변조기(150)의 미구동 상태를 예시하고 있다. 도 11의 변조기(140)에서와 마찬가지로, 도 12a 내지 도 12c의 예시적인 변조기(150)의 미러(14)는, 도 12b에 예시된 구동 상태에서처럼 유전체층(104)을 향하여(예컨대, 아래쪽으로) 편향될 수 있고, 도 12c에 예시된 바와 같이 역 혹은 반대 방향으로(예컨대, 위쪽으로) 편향될 수 있다. 이 "위쪽으로" 편향된 상태는 "역 구동 상태"(reverse driven state)라 지칭될 수 있다.

[0073] 당업자가 인지할 수 있는 바와 같이, 이 역 구동 상태는 많은 방식으로 얻어질 수 있다. 일 실시형태에 있어서, 역 구동 상태는, 도 12c에 도시된 바와 같이, 위쪽 방향으로 미러(14)를 정전기적으로 잡아당길 수 있는 추가의 하전판 혹은 전도층(142)의 이용을 통해서 달성된다. 예시적인 변조기(150)는, 기본적으로 단일의 이동식 미러(14) 둘레에 대칭적으로 위치된 2개의 간섭계 변조기를 포함한다. 이 구성에 의해, 광학적 적층부(16)의 전도층과 전도층(142)이 각각 반대 방향으로 미러(14)를 끌어당길 수 있게 된다.

[0074] 소정의 실시형태에 있어서, 추가의 전도층(142)은, 미러(14)가 유전체층(106)에 근접하거나 접촉할 경우 전개될 수 있는 정지 마찰력(정적 마찰)을 극복함에 있어서 전극으로서 유용할 수 있다. 이러한 힘은 판데르 발스 혹은 정전기력뿐만 아니라 당업자가 이해할 수 있는 바와 같은 기타 가능한 것도 포함할 수 있다. 일 실시형태에 있어서, 광학적 적층부(16)의 전도층에 인가된 전압 펄스는 도 12b의 "정상" 구동 상태로 이동식 미러(14)에 전송될 수 있다. 마찬가지로, 그 다음 전압 펄스는 광학적 적층부(16)로부터 멀리 이동식 미러(14)를 끌어당기도록 전도층(142)에 인가될 수 있다. 소정의 실시형태에 있어서, 전도층(142)에 인가된 이러한 전압 펄스는 역 구동 상태 쪽으로 이동식 미러(14)를 구동시킴으로써 도 12b에 도시된 구동 상태로부터 도 12a에 도시된 미구동 상태로 도로 이동식 미러(14)의 복원을 촉진시키는데 이용될 수 있다. 이와 같이 해서, 소정의 실시형태에 있어서, 변조기(150)는 두 상태, 즉, 도 12a의 미구동 상태와 도 12b의 구동 상태에서만 작동할 수 있고, 정지 마찰력을 극복하는 것을 돕기 위하여 전극으로서 전도층(142)을 이용할 수 있다. 일 실시형태에 있어서, 전도층(142)은 변조기(150)가 도 12b의 구동 위치로부터 도 12a의 미구동 위치로 변화될 때마다 전술한 바와 같이 구동될 수 있다.

[0075] 당업자가 인지할 수 있는 바와 같이, 이들 소자의 모두가 각 실시형태에서 필요한 것은 아니다. 예를 들어, 상향 편향의 정확한 상대량(예컨대, 도 12c 참조)이 이러한 실시형태의 작동에 관련되지 않은 경우, 전도층(142)은 이동식 미러(14)로부터 각종 거리에 위치될 수 있다. 이와 같이 해서, 지지부(18a), 유전체층(144a) 혹은 별도의 지지면(148)은 필요하지 않을 수도 있다. 이들 실시형태에 있어서, 이동식 미러(14)가 어떻게 더욱 위쪽으로 편향되는가는 반드시 중요하지 않지만, 전도층(142)은, 변조기(12)를 탈착시키는 등과 같이, 미러(14)를 적절한 시간에 끌어당기도록 위치결정되어 있다. 다른 실시형태에 있어서, 도 12c에 도시된 바와 같은 이동식 미러(14)의 위치는 간섭계 변조기(150)의 개질된 바람직한 광학적 특성을 가져올 수 있다. 이들 실시형태에 있어서, 이동식 미러(14)의 상향 방향으로의 편향의 정확한 거리는 장치의 화질을 향상시키는데 관련될 수 있다.

[0076] 당업자가 인지할 수 있는 바와 같이, 층(142), (144a) 및 지지면(148)을 생성하는데 이용되는 재료는 각각 대응하는 층(102), (104), (20)을 형성하는데 이용되는 재료와 유사할 필요는 없다. 예를 들어, 광은 층(148)을 통해 통과할 필요는 없다. 또한, 전도층(142)이 그의 변형된 상향 위치에서 이동식 미러(14)의 도달 부위를 넘어 위치된다면, 변조기(150)는 유전체층(144a)을 포함하지 않을 수 있다. 또한, 전도층(142) 및 이동식 미러(14)에 인가된 전압은 따라서 상기 차이에 기초하여 상이할 수 있다.

[0077] 당업자가 인지할 수 있는 바와 같이, 도 12b의 구동 상태로부터 도로 도 12a의 미구동 상태로 이동식 미러(14)를 구동시키기 위하여 인가된 전압은, 전도층(142)과 이동식 미러(14) 간의 거리가 두 상태에서 상이할 수 있으므로, 도 12a의 미구동 상태로부터 도 12c의 상향 혹은 역 구동 상태로 이동식 미러(14)를 구동시키는데 필요로

하는 것과는 다를 수 있다. 이러한 요건은 원하는 용도 및 편향량에 좌우될 수 있고, 또한 본 발명의 개시를 고려해서 당업자에 의해 결정될 수 있다.

[0078] 소정의 실시형태에 있어서, 전도층(142)과 이동식 미러(14) 사이에 힘이 인가되는 기간 혹은 힘의 양은, 간섭계 변조기(150)가 구동 상태와 미구동 상태 간에 변천하는 속도를 단지 증가시키도록 하면 된다. 이동식 미러(14)는 해당 이동식 미러(14)의 반대쪽에 위치되어 있는 전도층(142) 혹은 광학적 적층부(16)의 전도층으로 끌려갈 수 있으므로, 반대층과의 이동식 미러(14)의 상호작용을 약화시키기 위해 매우 간단한 구동력이 제공될 수 있다. 예를 들어, 광학적 적층부(16)와 상호작용하도록 이동식 미러(14)가 구동됨에 따라, 반대쪽 전도층(142)에의 에너지의 펄스는 이동식 미러(14)와 광학적 적층부(16)의 상호작용을 약화시키는데 이용될 수 있고, 이에 따라 이동식 미러(14)가 미구동 상태로 이동하는 것을 더욱 용이하게 한다.

[0079] 소정의 실시형태에 있어서, MEMS 장치는 기판; 상기 기판 위에 위치된 이동식 소자; 및 작동 전극을 포함한다. 상기 이동식 소자는 변형가능한 층과 해당 변형가능한 층으로부터 이간된 반사 소자를 포함한다. 전술한 바와 같이, 소정의 실시형태에 있어서, 이동식 소자의 광학적 특성은 (예컨대, 변형가능한 층과 반사 소자를 제공함으로써) 이동식 소자의 기계적 특성과 분리되어 있다. 소정의 이러한 실시형태에 있어서, 이동식 소자의 광학적 특성은 해당 이동식 소자 위쪽에 작동 전극을 위치결정함으로써 이동식 소자의 기계적 특성뿐만 아니라 이동식 소자의 전기적 특성과 분리되어 있다.

[0080] 도 13a는 비작동(혹은 "이완") 상태에서 MEMS 장치(1300)의 실시형태를 예시하고 있다. MEMS 장치(1300)는 기판(20) 위쪽에 이동식 소자(1340)를 포함한다. 이동식 소자(1340)는 변형가능한 층(1302) 및 반사면(1301)을 지닌 반사 소자(1314)를 포함한다. MEMS 장치(1300)는 이동식 소자(1340) 위쪽에 작동 전극(142)을 추가로 포함한다. 소정의 실시형태에 있어서, 변형가능한 층(1302)은 작동 전극(142) 쪽으로 정전기력에 의해 끌리고, 따라서, 변형가능한 층(1302)을 작동 전극(142) 쪽으로 잡아당긴다. 반사 소자(1314)는, 변형가능한 층(1302)이 작동 전극(142) 쪽으로 이동함에 따라, 반사 소자(1314)가 제1반사면(104)(이것은 몇몇 실시형태에서는 기판(20) 상에 형성되어 있음)에 대해서 그리고 해당 제1반사면(104)을 향해서 상대적으로 대응하는 거리를 이동하도록, 변형가능한 층(1302)에 기계적으로 결합되어 있다. 반사면(1301)의 이동은 전술한 바와 같이 MEMS 장치(1300)를 "온" 혹은 "오프" 상태로 전환한다. 전기적 기능을 광학적 기능과 분리시킴으로써, 이동식 소자(1340)의 전기적 활성 부분의 면적을 이동식 소자(1340)의 광학적 부분의 면적보다 작게 감소시킬 수 있다.

[0081] 도 13b는 작동 상태에서 도 13a의 MEMS 장치(1300)를 예시하고 있다. 작동 전극(142)에 전압을 인가함으로써 생성된 정전기적 인력은 변형가능한 층(1302)에 작용한다. 이동식 소자(1340)는, 화살표(1320)로 표시된 바와 같이, 작동 전극(142) 쪽으로 향하는 방향으로 이동함으로써 인력에 응답한다. 변형가능한 층(1302)의 상부면은 MEMS 장치(1300)의 고정 부분(예컨대, 절연층(144a))과 접촉하여, 이동식 소자(1340)의 이동을 정지시킨다.

[0082] MEMS 장치(1300)는 기판(20)과 변형가능한 층(1302) 사이에 제1지지 구조체(혹은 "기둥부")(19), 변형가능한 층(1302)과 작동 전극(142) 사이에 제2지지 구조체(18a), 그리고 절연층(106), (144a)을 추가로 포함한다. 기타 구성도 가능하다. 예를 들어, 예시된 실시형태는 지지 구조체(18)에 의해 지지된 변형가능한 층(1302)을 지니고 있지만, 다른 실시형태(예컨대, 전술한 바와 같은 도 7c 내지 도 7e 참조)도 가능하다. 다른 예를 위해서, 절연층(106), (144a) 중 한쪽 혹은 양쪽 모두는 몇몇 실시형태에서는 생략될 수도 있다.

[0083] MEMS 장치(1300)는 광학적 층(제1반사층)(104)을 추가로 포함한다. 소정의 실시형태에 있어서, 기판(20)은 (예컨대, 제1반사층(104)이 기판(20) 위에 형성된 실시형태에 있어서) 광학적 층(104)을 포함한다. 반사 소자(1314)에의 입사광은 반사 소자로부터 반사된다. 해당 입사광과 반사광은 광학적 층(104)을 통해 전파되지만, (예컨대, 작동 전극(142)이 반사 소자(1314) 위쪽에 위치되어 있기 때문에) 작동 전극(142)을 통해 전파되지는 않는다. 이와 같이 해서, 간섭계 변조기(140), (150)와 대조적으로, MEMS 장치(1300)는 광로 내에 전극을 지니지 않는다.

[0084] 소정의 실시형태에 있어서, 이동식 소자(1340)는 변형가능한 층(1302)과 반사 소자(1314)를 함께 기계적으로 결합하는 접속 소자(1318)를 포함한다. 접속 소자(1318)가 도전성이고 변형가능한 층(1302)과 반사 소자(1314)를 함께 전기적으로 결합하는 실시형태에 있어서, 반사 소자(1314) 상에 형성되는 어떠한 전위도 변형가능한 층(1302)을 통해서 방전될 수 있다. 이러한 방전은 상이한 전위에 있는 두 도체(예컨대, 반사 소자(1314) 및 제1반사층(104))로부터 기인된다. 소정의 실시형태에 있어서, 이동식 소자(1340)는, 도 13a 내지 도 13c에 개략적으로 도시된 바와 같이, 접속 소자(1319)를 추가로 포함한다. 접속 소자(1319)는 절연성(예컨대, $SiO_2$ 혹은 $Al_2O_3$로 이루어짐)이거나 전도성(예컨대, 니켈, 알루미늄, 등으로 이루어짐)일 수 있다. 접속층(1319)이 도전성

인 소정의 실시형태는 유리하게는 반사 소자(1314)의 곡률 및/또는 경사량을 저감시킬 수 있다(예컨대, 변형가능한 층(1302)과 반사 소자(1314)용의 재료가 상이한 내부 응력 및/또는 열팽창계수를 지니는 실시형태에 있어서, 접속 소자(1319)는 응력을 저감시키고/시키거나 흡수할 수 있다).

[0085] MEMS 장치(1300)는 제1층(1308)과 반사층(1309)을 포함하는 흑색 마스크(1310)를 추가로 포함한다. 흑색 마스크(1310)에의 입사광은 영역(1311) 내에서 반사층(1309)과 제1반사층(104) 사이에서 반사되므로, 반사되기보다는 오히려 MEMS 장치(1300)에 의해 흡수된다. 그와 같이, 흑색 마스크(1310)를 포함하는 MEMS 장치(1300)의 부분들은 MEMS 장치(1300)의 관찰자에게 흑색으로 보인다. 흑색 마스크는 또한, 예를 들어, 광의 원치 않는 변조를 방지하기 위하여 및/또는 광을 변조시키지 않는 영역의 반사율을 최소화함으로써 콘트라스트 비를 향상시키기 위하여, MEMS 장치(1300)의 다른 부분에서 이용될 수도 있다.

[0086] 도 13a에 예시된 바와 같이, 소정의 실시형태에 있어서, 전압이 작동 전극(142)에 인가되지 않은 경우, 기판(20)의 상부면(1306)은 반사 소자(1314)로부터 이간되어 있다. 소정의 대안적인 실시형태에 있어서, 전압이 작동 전극(142)에 인가되지 않은 경우, 기판(20)의 상부면(1306)은 반사 소자(1314)와 접촉한다. 도 13c는 이동식 소자(1340)가 이완 상태에서 부정적으로 (예를 들어, 기판(20) 쪽으로) "움직이도록" 변형가능한 층(1302)이 구성되어 있는 MEMS 장치(1305)의 실시형태를 예시하고 있다. 예를 들어, 변형가능한 층(1302)과 지지 구조체(18) 및/또는 지지 구조체(18a) 간의 잔류 응력은, 변형가능한 층(1302)이 희생층의 제거 시 아래쪽으로 편향되도록 설계되어 있을 수 있다. 도 13c의 MEMS 장치(1305)의 작동 상태는 도 13b에 도시된 것과 실질적으로 동일할 수 있다.

[0087] MEMS 장치의 응답 시간은 도체의 저항과 정전 용량의 곱에 비례한다. 이동식 소자(1340) 위쪽에 작동 전극(142)을 포함하는 MEMS 장치는, 유리하게는, 저항 및/또는 정전 용량을 저감시킬 수 있고, 이에 따라 응답 시간을 감소시킬 수 있다. 응답 시간의 감소는 화면 갱신속도를 증가시키고 일시적인 변조를 증강시킬 수 있다. 응답 시간의 감소에 부가해서, MEMS 장치의 정전 용량의 감소는 MEMS 장치의 전력 소비를 저감시킬 수 있다.

[0088] 작동 전극(102)이 MEMS 장치의 광로 내에 있는 실시형태(예컨대, 도 8 참조)에 있어서, 광을 투과시키는 재료, 예를 들어, ITO, ZnTO, 인듐 아연 산화물(IZO: indium zinc oxide) 및 인듐 산화물(IO: indium oxide)을 포함하지만, 이들로 제한되는 것은 아니다. 일반적으로, 투명한 도체는 비투명한 도체에 비해서 열등한 전기 저항을 지녀, 투명한 작동 전극(102)을 포함하는 MEMS 장치에 대해서 열등한 전력 소실 및 높은 전기적 시간 규제를 가져온다. 그러나, 이동식 소자(1340) 위쪽의 작동 전극(142)은 광로 내에 있지 않아, 작동 전극(142)이 알루미늄, 구리, 은, 금 등의 비투명한 도체뿐만 아니라 투명한 도체로 이루어지게 할 수 있다. 비투명한 작동 전극(142)을 포함하는 소정의 MEMS 장치는 유리하게는, 비투명한 도체가 투명한 도체보다 낮은 저항을 지니기 때문에 투명한 작동 전극(102)을 포함하는 MEMS 장치보다 낮은 전력 소실 및/또는 보다 짧은 전기적 응답 시간을 지닐 수 있다.

[0089] ITO 등과 같은 소정의 투명한 도체는 고온 과정에 대해 민감하므로, 작동 전극(102)의 형성 후에 MEMS 장치의 최대 처리 온도가 제한된다. 예를 들어, ITO는 350℃ 이상 정도의 온도에서 열화되므로, ITO를 포함하는 작동 전극(102)의 저항률을 증가시킨다. 그와 같이, 소정의 처리(예를 들어, 350℃ 이상의 화학적 기상 증착(CVD: chemical vapor deposition))는 전형적으로 ITO를 포함하는 구조체 상에서 수행되지 못한다. 그러나, 이동식 소자(1340) 위쪽에 작동 전극(142)을 포함하는 MEMS 장치는 고온 처리에 견딜 수 있는 다양한 도체를 포함하는 작동 전극(142)을 지닐 수 있고, 따라서, MEMS 장치의 구성 요소의 처리 유연성을 증대시킨다. 예를 들어, 소정의 증착은 고온에서 수행될 수 있다. 다른 예에 대해서, 소정의 증착 처리는 물리적 기상 증착(PVD: physical vapor deposition)(예컨대, 스퍼터링)보다 오히려 CVD일 수 있고, 따라서, 증착 형태 일치성(conformality) 및 균일성을 증강시킬 수 있다. 게다가, 작동 전극(142)이 이동식 소자(1340) 위쪽에 있는 소정의 실시형태에 있어서, 작동 전극(142)은 제조 공정의 말기 쪽에서(예컨대, 고온 처리가 수행된 후) 형성될 수 있다.

[0090] 광로 내의 작동 전극(102)의 두께는 MEMS 장치의 광학적 특성에 역으로 영향을 미치는 것을 피하기 위하여 제한되지만, 이동식 소자(1340) 위쪽의 작동 전극(142)은, 광로 내에 있지 않기 때문에 다양한 두께를 지닐 수 있다. 작동 전극(142)의 두께를 증가시키는 것은, 예를 들어, 전도도를 유리하게 증가시킬 수 있고, 이에 따라 MEMS 장치의 응답 시간 및/또는 전력 소비를 저감시킬 수 있다. 또한, 두꺼운 작동 전극(142)은 대안적인 증착 방법(예를 들어, 코팅, 잉크젯 인쇄, 인쇄가능한 도체)의 사용을 가능하게 하여, 제조비를 낮출 수 있다.

[0091] 미러(14)를 기판(20) 쪽으로 잡아당기도록 작동 전극(102)이 MEMS 장치의 광로 내에 있는 실시형태에 있어서, 미러(14)는 일반적으로 기판(20)의 상부면(1306)(예컨대, 기판(20) 상의 절연층(106)의 상부면)을 미러(14)의

이동에 대한 "정지부"로서 작용하는 기판(20)의 상부면(1306)과 접촉시킨다. 미러(14)의 반사면과 기판(20)의 상부면(1306)이 (예를 들어, 색 재현 범위를 증강시키기 위하여) 평탄한 실시형태에 있어서, 상기 면들 간의 정지 마찰은 이들이 접촉하고 있는 MEMS 장치의 동작에 불리하게 영향을 미칠 수 있다. 표면 조면화 및 정지 마찰 방지층 등의 소정의 특성부는 이러한 정지 마찰을 저감시키는데 이용될 수 있지만, 이들 특성부는 MEMS 장치의 광학적 성능에 악영향을 미칠 수 있다. 그러나, 이동식 소자(1340) 위쪽의 작동 전극(142)은, 이동식 소자(1340)의 일부분이 작동 전극(142)과 접촉하여 기판(20)의 상부면(1306)보다는 오히려 이동식 소자(1340)의 이동에 대한 정지부로서 작용하도록 하는 MEMS 장치(1300)의 구성을 가능하게 한다. 이동식 소자(1340)의 일부분이 작동 전극(142)과 접촉하는 계면은 유리하게는 광로 내에 있지 않기 때문에 광학적 성능에 영향을 미치는 일 없이 정지 마찰을 저감시키도록 적합화되어 있을 수 있다. 예를 들어, 상기 절연층(144a)의 표면 형태(surface topography)는 접촉점의 수를 저감시키기 위해 조면화되어 있을 수 있거나 정지 마찰 방지층이 작동 전극(142) 상에 형성되어 있을 수 있다.

[0092] 투명한 작동 전극(102)은 일반적으로 작동 전극(102)에 전압을 인가함으로써 생성된 정전기력이 MEMS 장치를 작동시키는데 충분하도록 미러(14)(예컨대, 도 8 참조)의 전체 반사면 밑에 있다. 이와 같이 해서, MEMS 장치의 커패시터가 미러(14) 및 작동 전극(102)을 포함하는 실시형태에 있어서, 커패시터의 면적 및 MEMS 장치의 정전 용량은 높다. (예컨대, 충전율(fill factor)을 증대시키기 위하여) 보다 큰 미러(14)를 이용하는 실시형태에 있어서, MEMS 장치는 훨씬 높은 정전 용량을 지닐 수 있다. 커패시터가 작동 전극(142) 및 변형가능한 층(1302)의 상부면의 일부분(예컨대, 도 13a 참조)을 포함하는 MEMS 장치(1300)는, 유리하게는, 커패시터의 면적을 감소시키고 MEMS 장치(1300)의 정전 용량을 감소시킬 수 있다.

[0093] 커패시터가 작동 전극(142) 및 변형가능한 층(1302)의 상부면의 일부분(예컨대, 도 13a 참조)을 포함하는 MEMS 장치(1300)는, 또한 유리하게는, 기계적 기능이 광학적 기능과는 적어도 부분적으로 분리되어 있기 때문에, MEMS 장치를 작동시키는 데 이용되는 기계력을 저감시키고 변형가능한 층(1302)의 소정의 치수를 저감시킬 수 있다. MEMS 장치의 작동 전극(142)이 변형가능한 층(1302)과 반사 소자(1314) 사이에 있고 변형가능한 층(1302) 혹은 반사 소자(1314)에 대한 정지부로서 작용하는 소정의 실시형태에 있어서, 그 접촉 면적은 반사면(1301)의 면적보다 작을 수 있다. 보다 작은 접촉 면적은 보다 적은 정지 마찰을 초래하므로, 보다 낮은 기계적이 이용될 수 있어, 변형가능한 층(1302)의 치수를 저감시킬 수 있다. 커패시터가 변형가능한 층(1302) 및 작동 전극(142)을 포함하는 실시형태에 있어서, 변형가능한 층(1302)의 저감된 치수는 커패시터의 면적을 저감시킬 수 있으므로, 유리하게는, MEMS 장치(1300)의 정전 용량 및 전력 소비를 저감시킬 수 있다.

[0094] MEMS 장치의 제1반사층과 제2반사층 간의 거리가 무시할 수 있는 정도(예컨대, 약 100 Å 이하)인 고반사율의 광대역 백색은, 작동 전극(102)이 광로 내에 있어, 절연층(106)이 그 정도로 얇은 경우 작동 전극(102)과 미러(14) 사이에 단락이 일어날 수 있는 실시형태에서는 가능하지 않다. MEMS 장치의 제1반사층과 제2반사층 간의 거리가 약 90 내지 110 ㎚(예컨대, 약 100 ㎚)인 저반사율의 흑색 및 특정 색(예컨대, 적색, 녹색, 청색 등)은 또한, 절연층(106)이 반사율을 저감시키기 때문에(예컨대, 도 9에 대해서 전술한 바와 같이) 작동 전극(102)이 광로 내에 있는 실시형태에서는 불가능하다.

[0095] 도 8에 예시된 실시형태에 있어서, 미러(14)는 전술한 바와 같이 절연층(106)에 의해 작동 전극(102) 및 제1반사층(104)으로부터 전기적으로 절연되어 있다. MEMS 장치가 이동식 소자(1340) 위쪽에 작동 전극(142)을 포함하는 소정의 실시형태, 예를 들어, 반사 소자(1314)가 기판(20)의 상부면(1306)과 접촉하지 않는 실시형태(예컨대, 도 13a의 MEMS 장치(1300)에 의해 도시된 바와 같이, 이완 상태가 기판(20)의 상부 위쪽에 있는 경우) 및 반사 소자(1314)가 제1반사층(104)과 접촉하는 실시형태(예컨대, 도 13c의 MEMS 장치(1300)에 의해 도시된 바와 같이, 음의 방향의 움직임으로 인해)에 있어서, 절연층(106)은, MEMS 장치로부터 광학적으로 제거될 수 있다. 절연층(106)의 제거로 인해 반사 소자(1314)의 반사면(1301)과 제1반사면(104)은 무시할 수 있는 거리만큼(예컨대, 약 100 Å 이하로 혹은 접촉함으로써) 분리될 수 있다. 반사형 MEMS 장치의 각 계면은 소정의 반사율을 야기하므로, 절연층(106)이 없는 실시형태는 절연층(106)을 포함하는 실시형태보다 양호한 색(예컨대, 보다 나은 흑색)을 생성할 수 있다. 회색은 또한 제1반사층(104)으로부터 반사 소자(1314)의 반사면(1301)을 약 100 Å 내지 100 ㎚만큼 이간시킴으로써 일시적인 변조 없이 생성될 수도 있다.

[0096] 도 13c를 재차 참조하면, 이완 상태는, 고반사율의 광대역 백색(예를 들어, 제1반사층(104)과 접촉시키거나 혹은 제1반사층(104)으로부터 약 100 Å 미만 이간시킴으로써), 저반사율의 흑색(예를 들어, 제1반사층(104)으로부터 약 100 ㎚만큼 이간시킴으로써), 회색(예를 들어, 제1반사층(104)으로부터 약 100 Å 내지 100 ㎚만큼 이간시킴으로써), 또는 소정의 색(예를 들어, 황색, 적색, 청색 등)을 생성할 수 있다.

[0097] MEMS 장치(1300)가 반사 소자(1314)와 제1반사층(104)이 광대역 백색을 생성하기 위하여 접촉 혹은 거의 접촉하도록 구성된 실시형태에 있어서, 상기 반사 소자(1314)와 제1반사층(104)은 아크를 초래할 수도 있는 그 사이의 어떠한 정전기력 혹은 전계도 저감시키기 위하여 동일한 전위에 있는 것이 바람직하다. 소정의 실시형태에 있어서, 반사 소자(1314)는 변형가능한 층(1302)을 통해서 제1반사층(104)과 통전되므로, 이들은 동일한 전위에 있게 된다. 소정의 실시형태에 있어서, 반사 소자(1314)는 (예를 들어, 유전성 접속 소자(1319)를 이용해서) 변형가능한 층(1302)으로부터 전기적으로 절연되어 있고, 또, 제1반사층(94)도 절연되어 있으므로, 이들은 동일한 전위에 있게 된다. 반사 소자(1314)와 제1반사층(104)이 접촉하고 있는 실시형태에 있어서 이들 사이의 정지 마찰을 저감시키기 위하여, 제1반사층(104) 및/또는 반사면(1301)에 도전성 특성부(예컨대, 범프(bump))를 적용시킬 수도 있지만, 이러한 특성부는 MEMS 장치의 광학적 성능에 부정적으로 영향을 미칠 수도 있다.

[0098] 소정의 실시형태에 있어서, MEMS 장치는 상기 이동식 소자 위쪽에 있는 작동 전극(142)과, 제2작동 전극을 포함한다. 이동식 소자는, 전술한 바와 같이, 제1방향으로 대체로 이동함으로써 이동식 소자 위쪽에 있는 작동 전극(142)에 인가된 전압에 응답한다. 이동식 소자는 상기 제1방향과 실질적으로 반대쪽에 있는 제2방향으로 대체로 이동함으로써 제2작동 전극에 인가된 전압에 추가로 응답한다. MEMS 장치는 이와 같이 적어도 3가지 색, 즉, 이완 상태의 제1색, 제1방향에서의 작동 상태의 제2색 및 제2방향에서의 작동 상태의 제3색을 안정적으로 생성할 수 있다.

[0099] 도 14a는 기판(20) 위에 이동식 소자(1440)를 포함하는 MEMS 장치(1400)를 예시하고 있다. 이동식 소자(1440)는 변형가능한 층(1302) 및 해당 변형가능한 층(1302)으로부터 이간되고 반사면(1301)을 지닌 반사 소자(1314)를 포함한다. MEMS 장치(1400)는 이동식 소자(1440) 위에 작동 전극(142)을, 그리고 변형가능한 층(1302)과 반사 소자(1314) 사이에 제2작동 전극(902)을 추가로 포함한다. 도 14a에 있어서, 제2작동 전극(902)은 지지 구조체(18)들에 의해 지지되어 있다. 소정의 대안적인 실시형태에 있어서, 제2작동 전극(902)은 다른 지지 구조체에 의해 지지(예컨대, 지지 구조체(18)들로부터 이간되어) 있다. 그러나, 이러한 소정의 실시형태는 반사 소자(1314)에 대해서 더욱 유리하게 이용될 수 있는 MEMS 장치의 부분을 점유함으로써 MEMS 장치의 충전율을 저감시킬 수 있다.

[0100] 변형가능한 층(1302)이 반사 소자(1314)와 (예컨대, 이들 사이의 전도성 접속 소자(1418) 및/또는 전도성 접속 소자(도시 생략)로 인해) 통전되는 실시형태에 있어서, 변형가능한 층(1302)과 반사 소자(1314)는 동일한 전위에 있다. 소정의 이러한 실시형태에 있어서, 제2작동 전극(902)에 전압이 인가된 경우, 제1방향에서의(예컨대, 반사 소자(1314)를 향한) 제1인력은 이동식 소자(1440)의 제1부분(예컨대, 변형가능한 층(1302))에 작용하고, 제2방향에서의(예컨대, 반사 소자(1314)로부터 먼) 제2인력은 이동식 소자(1440)의 제2부분(예컨대, 반사 소자(1314))에 작용한다. 이러한 다른 소정의 실시형태에 있어서, 제2작동 전극(902)에 전압이 인간되면, 제1방향에서의(예컨대, 반사 소자(1314)로부터 먼) 제1인력은 이동식 소자(1440)의 제1부분(예컨대, 반사 소자(1314))에 작용하고, 제2방향에서의(예컨대, 반사 소자(1314)를 향한) 제2인력은 이동식 소자(1440)의 제2부분(예컨대, 변형가능한 층(1302))에 작용한다. 상기 제2방향은 실질적으로 상기 제1방향과 반대쪽이다. 제1인력이 제2인력보다 큰 실시형태에 있어서, 이동식 소자(1440)는, 제1방향, 예를 들어, 기판(20)에 대해서 대체로 수직인 방향으로 대체로 이동함으로써 제1 및 제2인력에 응답한다.

[0101] 도 14b는 제1작동 상태에서 도 14a의 MEMS 장치(1400)의 실시형태를 예시하고 있다. 제1인력은 변형가능한 층(1302)에 작용하고, 제2인력은 반사 소자(1314)에 작용한다. 이동식 소자(1340)는 제1방향, 예를 들어, 화살표(1420)로 표시된 바와 같이 기판(20)에 대해서 대체로 수직인 방향으로 대체로 이동함으로써 제1 및 제2인력에 응답한다. 변형가능한 층(1302)의 하부면은 MEMS 장치(1400)의 고정 부분(예컨대, 제2작동 전극(902))과 접촉한다. 소정의 이러한 실시형태에 있어서, 반사 소자(1314)는 작동 상태에서 기판(20)의 상부면(1306)(예컨대, 절연층(106)의 상부면(1306) 혹은 절연층(106)의 상부면(1306))과 접촉하지 않는다. 다른 실시형태도 가능하다. 예를 들어, 반사 소자(1314)의 반사면(1301)은, 변형가능한 층(1302)의 하부면이 MEMS 장치(1400)의 고정 부분과 접촉하기 전에 MEMS 장치(1400)의 고정 부분(예컨대, 기판(20)의 상부면(1306))과 접촉할 수 있다.

[0102] 도 14c는 제2작동 상태에서 도 14a의 MEMS 장치(1400)의 일 실시형태를 예시하고 있다. 이동식 소자(1440)는, 화살표(1422)로 표시된 바와 같이, 작동 전극(142) 쪽으로 향하는 방향으로 이동함으로써 작동 전극(142)에 전압을 인가함으로써 생성된 인력에 응답한다. 변형가능한 층(1302)의 상부면은 MEMS 장치(1400)의 고정 부분(예컨대, 절연층(144a))과 접촉한다. 소정의 실시형태에 있어서, 반사 소자(1314)는 작동 상태에서 제2작동 전극(902)과 접촉하지 않는다. 기타 실시형태도 가능하다. 예를 들어, 반사 소자(1314)의 상부면은, 변형가능한 층(1302)이 MEMS 장치(1400)의 고정 부분과 접촉하기 전에 MEMS 장치(1400)의 고정 부분(예컨대, 제2작동 전극

(902))과 접촉한다.

[0103] 제2작동 전극(902)과 이동식 소자(1440) 사이에 인가된 전압에 대한 응답 시의 변위가 실질적으로 (예컨대, 변형가능한 층(1302)의 변형으로 인해) 이동식 소자(1440)에서만 일어나고 제2작동 전극(902)에서는 실질적으로 일어나지 않는 것을 보증하기 위하여, 제2작동 전극(902)은 딱딱하거나 강성인 것이 바람직하다. 층의 단단함은 층의 두께의 세제곱에 비례한다. 소정의 실시형태에 있어서, 제2작동 전극(902)은 실질적으로 변형되지 않도록 하는 두께를 지닌다. 예를 들어, 제2작동 전극(902)이 알루미늄을 포함하는 실시형태에 있어서, 작동 전극은 변형가능한 층(1302)의 두께의 약 2.15배 이상의 두께를 지닐 수 있다. 기타 치수(예컨대, 길이 혹은 폭 등)가 제2작동 전극(902)의 강성에 영향을 미칠 수도 있음을 이해할 수 있을 것이다.

[0104] 도 14a를 재차 참조하면, 소정의 실시형태에 있어서, 이완 상태에서, 변형가능한 층(1302)은 제2작동 전극(902)으로부터 거리($D_1$)만큼 떨어져 있고, 반사 소자(1314)는 제2작동 전극(902)으로부터 ($D_1$)과는 다른 거리($D_2$)만큼 떨어져 있다. 두 전도층 사이에 전위차를 지니는 두 전도층 간의 정전기력은 두 전도층 간의 거리에 반비례한다. 이와 같이 해서, 제2작동 전극(902)과 이동식 소자(1440)의 일부분 간의 거리가 작을수록, 이동식 소자(1440)의 그 부분에 작용하는 정전기력의 크기가 커진다. 거리($D_2$)가 거리($D_1$)보다 큰 경우, 변형가능한 층(1302)에 작용하는 단위 면적당의 정전기력은 반사 소자(1314)에 작용하는 단위면적당의 정전기력보다 크다. 소정의 이러한 실시형태에 있어서, 제2작동 전극(902)에의 전압의 인가는 이동식 소자(1440)를 기판(20) 쪽으로 이동시킬 것이다. 거리($D_1$)가 거리($D_2$)보다 크다면, 반사 소자(1314)에 작용하는 단위면적당의 정전기력은 변형가능한 층(1302)에 작용하는 단위면적당의 정전기력보다 크다. 소정의 이러한 실시형태에 있어서, 제2작동 전극(902)에의 전압의 인가는 이동식 소자(1440)를 기판(20)으로부터 멀리 이동시킬 것이다. 이동식 소자(1440)를 기판(20)으로부터 멀리 이동시키는 작동 전극(142)을 포함하는 실시형태에 있어서, 거리($D_2$)는 작동 전극(142), (902)이 상이한 방향으로 편향을 일으키도록 거리($D_1$)보다 큰 것이 바람직하다.

[0105] 소정의 실시형태에 있어서, 거리($D_1$), ($D_2$) 간의 백분율차는 약 5% 이상, 약 10% 이상, 약 15% 이상 혹은 약 20% 이상이다. 거리($D_1$), ($D_2$) 간의 차이는 소정의 기타 인자, 예를 들어, 광학적 간섭 특성(예컨대, 반사된 색) 및 MEMS 장치의 두께와 균형을 이룰 필요가 있고, 이것은 또한 거리(D1), (D2)에도 의존한다. 일단 소정량의 불균형(예를 들어, 일단 거리(D1), (D2)에 적절한 차이)가 있다면, 제2작동 전극(902)에의 전압 인가는 작동 전극(902) 쪽으로 보다 짧은 거리로 이동식 소자(1440)의 일부분을 끌어당길 것이고, 이에 따라, 그 거리를 저감시키면서 또한 이동식 소자(1440)의 그 부분으로부터의 거리를 보다 큰 거리로 증대시킬 것이다. 이와 같이 해서, 소량의 불균형(예컨대, 약 10% 이하의 거리차로 인해)을 지닌 실시형태에 있어서도, 정전기력은 이동식 소자(1440)의 작동을 적절하게 유발시킬 수 있다.

[0106] 제2작동 전극(902)과 이동식 소자(1440)의 제1 및 제2부분간의 거리에 관계없이, 정전기력은 작동 전극(902)과 이동식 소자(1440) 간의 전압차의 적어도 일부를 차단하는 전도층에 의해 적어도 부분적으로 저감될 수 있다. 예를 들어, 제2작동 전극(902)으로부터 이동식 소자(1440)의 제1부분을 차단함으로써, 정전기력이 이동식 소자(1440)의 제2부분에 대해 더욱 실질적으로 작용할 수 있게 된다. 작동 전극(902)으로부터 적어도 부분적으로 차단된 이동식 소자(1440)의 제1부분이 반사 소자(1314)를 포함할 경우, 제2작동 전극(902)에의 전압의 인가는 이동식 소자(1440)를 기판(20) 쪽으로 이동하게 할 것이다. 작동 전극(902)으로부터 적어도 부분적으로 차단된 이동식 소자(1440)의 제1부분이 변형가능한 층(1302)을 포함할 경우, 제2작동 전극(902)에의 전압의 인가는 이동식 소자(1440)를 기판(20)으로부터 멀리 이동하게 할 것이다. 이동식 소자(1440)를 기판(20)으로부터 멀리 이동시키는 작동 전극(142)을 포함하는 실시형태에 있어서, 이하에 상세히 설명되어 있는 제2전도층(1558)은, 작동 전극(142), (902)이 상이한 방향으로 편향되도록 제1전도층(1552) 쪽 상에 있는 것이 바람직하다. 소정의 이러한 실시형태에 있어서, 이러한 차단이 설계 복잡성 및 제조 비용을 증가시킬 수도 있지만, 해당 차단은, 거리($D_1$), ($D_2$) 간에 차이가 있을 필요는 없기 때문에 MEMS 장치(1400)를 포함하는 표시장치의 두께를 저감시킬 수 있다.

[0107] 도 15a는 제2작동 전극(902)이 전도층(1552)과 절연층(1554)을 포함하는 다층 적층부를 포함하는 실시형태의 일부분을 예시하고 있다. 소정의 실시형태에 있어서, 전도층(1552)은 전압이 인가되는 도전성 재료를 포함하고, 절연층(1554)은 제2작동 전극(902)에 소정의 강성을 제공하고, 또한 제2작동 전극(902)과 이동식 소자(1440) 간의 단락을 억제하기 위하여 전기적 절연을 제공한다. 예를 들어, 약 1500 Å보다 두꺼운 $SiO_2$ 층은 충분히 강성이다. 소정의 대안적인 실시형태에 있어서, 전도층(1552)은 전압이 인가되는 전도성 재료를 포함하고, 제2

작동 전극(902)에 소정의 강성을 제공하며, 절연층(1554)은 제2작동 전극(902)과 이동식 소자(1440) 간의 단락을 억제하도록 전기적 절연을 제공한다. 이동식 소자(1440)가 작동 시 기판(20)을 향해 이동하도록 MEMS 장치(1400)가 설계되어 있는 실시형태에 있어서, 절연층(1554)은, MEMS 장치(1400)가 작동 상태에 있을 경우 변형가능한 층(1302)의 하부면이 제2작동 전극(902)과 접촉할 수 있기 때문에 전도층(1552)의 위쪽에 있는 것이 바람직하다(예컨대, 도 15a 참조). 이동식 소자(1440)가 작동 시 기판(20)으로부터 멀리 이동하도록 MEMS 장치(1400)가 설계되어 있는 실시형태에 있어서, 절연층(1554)은, MEMS 장치(1400)가 작동 상태에 있을 경우 반사 소자(1314)의 상부면이 제2작동 전극(902)과 접촉할 수 있기 때문에 전도층(1552)의 아래쪽에 있는 것이 바람직하다. 다층 제2작동 전극(902)의 기타 구성도 가능하다. 예를 들어, 제2작동 전극(902)은 전도성 재료의 강성의 단일층을 포함할 수 있고, 절연층은 변형가능한 층(1302)의 하부면 및/또는 반사 소자(1314)의 상부면 상에 형성되어 있을 수 있다. 기타 다층 적층부도 가능하다. 예를 들어, 제2작동 전극(902)은 제2작동 전극(902)과 이동식 소자(1440)의 다른 부분 간의 단락을 억제하기 위하여 전기적 절연을 제공하도록 절연층(1554)과는 반대쪽의 전도층(1552)의 측면 상에 제2절연층을 추가로 포함할 수 있다.

[0108] 절연층(1554)의 두께는 제2작동 전극(902)의 전도성 부분(1552)으로부터 변형가능한 층(1302)까지의 거리($D_1$)(예컨대, 도 15a에 도시된 바와 같이, 전도성 부분(1552) 위에 형성된 경우) 또는 반사 소자(1314)까지의 거리($D_2$)(예컨대, 전도성 부분(1552) 밑에 형성된 경우) 내에 포함된다. 소정의 실시형태에 있어서, 절연층(1554)은 작동 전극(902)과 이동식 소자(1440) 사이의 정전기력을 맞추기 위하여 소정의 유전율을 제공하도록 선택된다.

[0109] 도 15b는 제2작동 전극(902)이 다층 적층부를 포함하는 다른 실시형태를 예시하고 있다. 제2작동 전극(902)은 작동 전압이 인가되는 제1전도층(1552), 제2작동 전극(902)과 이동식 소자(1440) 간의 단락을 억제하는 제1절연층(1554), 정전기력으로부터 이동식 소자(1440)의 층을 차단하는 제2전도층(1558) 및 제2전도층(1558)으로부터 제1전도층(1552)을 절연하는 제2절연층(1556)을 포함한다. 제2전도층(1558)은 제1절연층(1554)으로부터 제1전도층(1552)의 반대쪽 상에 있다. 이동식 소자(1440)가 작동 시 기판(20) 쪽으로 이동하도록 MEMS 장치(1400)가 설계되어 있는 실시형태에 있어서, 제1절연층(1554)은, MEMS 장치(1400)가 작동 상태인 경우, 변형가능한 층(1302)의 하부면이 제2작동 전극(902)과 접촉할 수 있기 때문에 제1전도층(1552)(예컨대, 도 15b 참조)의 위쪽에 있고, 제2전도층(1558)은, 제2전도층(1558)에 의해 정전기력으로부터 적어도 부분적으로 차단되고 있기 때문에 제1전도층(1552) 밑에 있다. 이동식 소자(1440)가 작동 시 기판(20)으로부터 이동하도록 MEMS 장치(1400)가 설계되어 있는 실시형태에 있어서, 제1절연층(1554)은, MEMS 장치(1400)가 작동 상태일 경우, 반사 소자(1314)의 상부면이 제2작동 전극(902)과 접촉할 수 있기 때문에 제1전도층(1552) 밑에 있고, 제2전도층(1558)은, 변형가능한 층(1302)이 제2전도층(1558)에 의해 정전기력으로부터 적어도 부분적으로 차단되고 있기 때문에 제1전도층(1552) 위쪽에 있다. 소정의 이러한 실시형태에 있어서, 층들(1552, 1554, 1556, 1558)을 포함하는 제2작동 전극(902)의 치수(두께)는, 제2작동 전극(902)이 실질적으로 변형되지 않을 정도로 충분히 강성이다. 기타 다층 적층부도 가능하다. 예를 들어, 제2작동 전극(902)은 해당 제2작동 전극(902)과 이동식 소자(1440)의 다른 부분 간의 단락을 억제하기 위하여 절연성을 제공하도록 제1전도층(1552)과 반대쪽에 있는 제2전도층(1558) 쪽 상에 제3절연층을 추가로 포함할 수 있다.

[0110] 변형가능한 층(1302)과 반사 소자(1314) 사이에 있는 작동 전극(902)은, 이동식 소자(1440)의 일부가 작동 전극(902)과 접촉하도록(즉, 작동 전극(902)이 기판(20)의 상부면(1306) 혹은 절연층(144a)의 하부면보다는 오히려 이동식 소자(1440)의 이동에 대한 정지부로서 작용하도록) MEMS 장치(1400)의 구성을 가능하게 한다. 이동식 소자(1440)의 일부분이 작동 전극(902)과 접촉하는 계면은 유리하게는 광로 내에 있지 않기 때문에 광학적 성능에 영향을 미치는 일없이 정지 마찰을 저감하도록 적합화될 수 있다. 예를 들어, 절연층(1554)의 표면 형태는 접촉점의 수를 저감시키기 위해 조면화되어 있을 수 있거나 정지 마찰층이 작동 전극(902) 상에 형성되어 있을 수 있다. 다른 예에 대해서, 반사 소자(1314)의 상부면 또는 변형가능한 층(1302)의 하부면의 표면 형태는 접촉점의 수를 저감시키기 위해 조면화되어 있을 수 있거나 정지 마찰층이 반사 소자(1314)의 상부면 혹은 변형가능한 층(1302)의 하부면 상에 형성되어 있을 수 있다.

[0111] 정전기력은 전위차에 연유한다. 이동식 소자(1440)가 절연 접속 소자(도시 생략)를 포함하는 실시형태에 있어서, 반사 소자(1314)의 전위는 변형가능한 층(1302)의 전위가 영(zero)이 아닐 경우 거의 영일 수 있다. 소정의 이러한 실시형태에 있어서, 작동 전극(902)에 인가된 전압에 응답하여 변형가능한 층(1302)에 작용하는 정전기력은 작동 전극(902)에 인가된 전압에 응답하여 반사 소자(1314)에 작용하는 정전기력보다 선택적으로 클 수 있다. 이와 같이 해서, 이동식 소자(1440)는 제2작동 전극(902)에 인가된 전압에 응답하여 기판(20)을 향하여 작동하도록 구성될 수 있다. 또한, 커패시터(예컨대, 제2작동 전극(902)과 변형가능한 층(1302) 사이) 면적은

유리하게는 작을 수 있고, 이에 의해, 큰 커패시터(예컨대, 광로 내의 반사 소자와 작동 전극 사이)보다 방전에 시간이 덜 걸려, 응답 시간을 감소시킬 수 있다. 그러나, 반사 소자(1314)가 변형가능한 층(1302) 혹은 기타 구조체로부터 전기적으로 절연되어 있는 실시형태에 있어서, 반사 소자(1314)는 충전될 수 있고, 이에 따라, 정전기력 자체를 생성할 수 있게 된다. 소정의 실시형태에 있어서, 반사 소자(1314)는 정전 방전을 선택적으로 소산시키기 위하여 (예컨대 플라스틱으로) 코팅되어 있다.

[0112] 전압이 제2작동 전극(902)에 인가된 경우, 정전기력이 이동식 소자(1440)에 작용한다. 응답 시, 변형가능한 층(1302)은, 해당 변형가능한 층(1302)에 작용하는 인력이 반사 소자(1314)에의 인력보다 크다면 제2작동 전극(902) 쪽으로 휜다. 반사 소자(1314)는, 변형가능한 층(1302)이 제2작동 전극(902) 쪽으로 이동함에 따라, 반사 소자(1314)가 기판(20)에 대해서 그리고 해당 기판(20)을 향해서 상대적으로 대응하는 거리를 이동하도록, 변형가능한 층(1302)에 기계적으로 결합되어 있다. MEMS 장치(1400)의 고정 부분은 이동식 소자(1440)의 이동에 대한 정지부로서 작용한다.

[0113] 소정의 실시형태(예컨대, 변형가능한 층(1302)의 하부면이 제2작동 전극(902)과 접촉하는 실시형태)에 있어서, 작동 전극(902)은 고정 부분(예컨대, 도 14b 참조)을 포함한다. 소정의 이러한 실시형태에 있어서, 절연층(106)은 이동식 소자(1440)가 기판(20)의 상부면(1306)과 접촉하지 않기 때문에 임의적이다. 전술한 소정의 실시형태, 즉, MEMS 장치가 광로 내의 작동 전극(104) 및 절연층(106)을 포함하는 실시형태 및 미러(14)가 작동 상태에서 절연층(106)의 상부면과 접촉하는 실시형태에 있어서, 상기 접촉부의 영역은 유전체층을 포함한다. 유전체층 내에 전하 포획을 피하기 위하여, 작동 전극(104) 및 미러(14)에 인가된 전압의 극성은 교대로 전환될 수 있다. 극성 전환은 전하를 소실시키지만, 전력을 소비한다. 하지만, 소정의 실시형태, 즉, MEMS 장치(1400)가 절연층(106)을 포함하는 실시형태 및 반사 소자(1314)의 반사면(1301)이 작동 상태에서 절연층(106)의 상부면(1306)과 접촉하는 실시형태에 있어서, 상기 접촉은 유리하게는 전계가 없다. 그와 같이, 제2작동 전극(902) 및 이동식 소자(1440)에 인가된 전압은 동일하게 유지되어 유리하게는 전력을 절감시킬 수 있다.

[0114] 소정의 실시형태에 있어서, 절연층(1554)은 제2작동 전극(902)으로부터 이동식 소자(1440)를 절연한다. 소정의 실시형태에 있어서, 변형가능한 층(1302)의 하부면(도시 생략) 상에 형성된 절연층은 제2작동 전극(902)으로부터 이동식 소자(1440)를 절연시킨다. 소정의 대안적인 실시형태에 있어서, 기판(20)의 상부면(1306)은 고정 부분을 포함한다. 소정의 실시형태에 있어서, 절연층(106)은 제1반사층(104)으로부터 이동식 소자(1440)를 절연시킨다.

[0115] 이동식 소자(1440)는 전술한 바와 같이 제1방향으로 대체로 이동함으로써 작동 전극(142)에 인가된 전압에 응답한다. 작동 전극(142)이 기판(20)으로부터 멀리 이동식 소자(1440)를 이동시키는 힘을 제공하는 실시형태에 있어서, 제2작동 전극(902)은, 전압이 제2작동 전극(902)에 인가된 경우 이동식 소자(1440)가 기판(20) 쪽으로 이동하도록(예컨대, 제2작동 전극(902)을 반사 소자(1314)보다도 변형가능한 소자(1302)에 가깝게 위치시킴으로써, 반사 소자(1314)를 전도층(1558)으로 차단함으로써, 등) 구성되어 있다.

[0116] 제2작동 전극(902)은 바람직하게는 예를 들어 전술한 전기적 특성을 위하여 비투명한 전도성 재료로 이루어진다. 제2작동 전극(902)은, 제2작동 전극(902)이 MEMS 장치(1400)의 광로 내에 있지 않도록 반사 소자(1314)의 반사면(1301)의 위쪽에 위치되어 있으므로, 비투명한 전도성 재료로 이루어질 수도 있다. 이와 같이, MEMS 장치(1400)는 신속한 응답 시간과 낮은 전력 소비를 가능하게 한다.

[0117] 소정의 실시형태에 있어서, MEMS 장치는 변형가능한 층(1302)과 반사 소자(1314) 사이에 있는 작동 전극(902)과, 제2작동 전극을 포함한다. 이동식 소자는, 전술한 바와 같이, 제1방향으로 대체로 이동함으로써 변형가능한 층(1302)과 반사 소자(1314) 사이에 있는 작동 전극(902)에 인가된 전압에 응답한다. 이동식 소자는 상기 제1방향과 실질적으로 반대쪽에 있는 제2방향으로 대체로 이동함으로써 제2작동 전극에 인가된 전압에 추가로 응답한다. 이와 같이 해서, MEMS 장치는 적어도 3가지 색, 즉, 이완 상태의 제1색, 제1방향에서의 작동 상태의 제2색 및 제2방향에서의 작동 상태의 제3색을 안정적으로 생성할 수 있다. 소정의 실시형태에 있어서, 이동식 소자(1440) 위쪽에 있는 작동 전극(142)은 "제2"작동 전극으로서 특징화될 수 있다(예컨대, 도 14a 내지 도 14c 참조).

[0118] 도 16a는 기판(20) 위에 이동식 소자(1640)를 포함하는 MEMS 장치(1600)를 예시하고 있다. 이동식 소자(1640)는 변형가능한 층(1302)과, 반사면(1301)을 지닌 반사 소자(1314)를 포함한다. MEMS 장치(1600)는 변형가능한 층(1302)과 반사 소자(1314) 사이에 있는 작동 전극(902)을 추가로 포함하고, 광학적 적층부(16)는 제2작동 전극(102)을 포함한다. 도 16a에 있어서, 제2작동 전극(102)은 기판(20) 위에 형성된다.

[0119] 도 16b는 제1작동 상태에서 도 16a의 MEMS 장치(1600)의 일 실시형태를 예시하고 있다. 제1인력에 의해 작용되는 이동식 소자(1640)의 제1부분은 변형가능한 층(1302)을 포함하고, 제2인력에 의해 작용되는 이동식 소자(1640)의 제2부분은 반사 소자(1314)를 포함한다. 이동식 소자(1640)는 제1방향, 예를 들어, 화살표(1620)에 의해 표시된 바와 같은 기판(20)에 대해서 대체적으로 수직인 방향으로 이동함으로써 제1 및 제2인력에 응답한다. 소정의 실시형태에 있어서, 반사 소자(1314)의 상부면은 작동 상태에서 MEMS 장치(1600)의 고정 부분(예컨대, 작동 전극(902))과 접촉한다(예컨대, 도 16b 참조). 소정의 대안적인 실시형태에 있어서, 변형가능한 층(1302)의 상부면은 MEMS 장치(1600)의 고정 부분(예컨대, 이동식 소자(1640) 위쪽의 층)과 접촉한다.

[0120] 도 16c는 제2작동 상태에서 도 16a의 MEMS 장치(1600)의 일 실시형태를 예시하고 있다. 제2작동 전극(102)에 전압이 인가될 경우, 정전기력이 이동식 소자(1440)에 작용한다. 응답 시, 변형가능한 층(1302)은 제2작동 전극(102) 쪽으로 향한다. 반사 소자(1314)는, 변형가능한 층(1302)이 제2작동 전극(102) 쪽으로 이동함에 따라, 반사 소자(1314)가 제2작동 전극(102)에 대해서 그리고 해당 제2작동전극(102)을 향해서 상대적으로 대응하는 거리를 이동하도록, 변형가능한 층(1302)에 기계적으로 결합되어 있다. 이동식 소자(1640)는, 화살표(1622)로 표시된 바와 같이, 제2작동 전극(102) 쪽으로 향하는 방향으로 이동함으로써 제2작동 전극(102)에 전압을 인가함으로써 생성된 인력에 응답한다. 소정의 실시형태에 있어서, 반사 소자(1314)는 작동 상태에서 MEMS 장치(1600)의 고정 부분(예컨대, 기판(20)의 상부면(1306))과 접촉한다(예컨대, 도 16c 참조). 소정의 대안적인 실시형태에 있어서, 변형가능한 층(1302)의 하부면은 MEMS 장치(1600)의 고정 부분(예컨대, 작동 전극(902))과 접촉한다. 소정의 이러한 실시형태에 있어서, 반사 소자(1314)가 작동 상태에서 기판(20)의 상부면(1306)(예컨대, 절연층(106)의 상부면(1306) 혹은 제1반사층(104)의 상부면(1306))과 접촉하지 않는다. 작동 전극(902)이 이동식 소자(1640)를 기판(20)으로부터 멀리 이동시키는 힘을 제공하는 실시형태에 있어서, 제2작동 전극(102)은, 해당 제2작동 전극(102)에 전압이 인가될 경우, 이동식 소자(1640)가 기판(20) 쪽으로 이동하도록 구성되어 있다.

[0121] *제1 및 제2작동 전극을 포함하는 MEMS 장치의 기타 실시형태도 가능하다. 예를 들어, MEMS 장치는 변형가능한 층(1302) 및 반사 소자(1314)를 포함하는 이동식 소자 위쪽에 제1작동 전극(142)을, 그리고 해당 이동식 소자 아래쪽에 제2작동 전극(102)을 추가로 포함할 수 있다. 부가적으로, 도 14a, 도 15a 및 도 16a에는 도시되어 있지 않지만, MEMS 장치의 소정의 부분이 소정의 다른 부분과 통전될 수 있다. 예를 들어, 반사 소자(1314) 및/또는 변형가능한 층(1302)은 제1반사층(104)과 통전될 수 있다.

[0122] 도 17a 내지 도 17h는 도 13a의 MEMS 장치(1300)를 제조하는 방법의 예시적인 실시형태를 나타내고 있다. 도 17a에 예시된 MEMS 구조체(혹은 MEMS 장치)(1700)는 기판(20)(예컨대, 유리 혹은 플라스틱으로 이루어짐), 제1반사층(104)(예컨대, 크롬으로 이루어짐), 임의선택적 절연층(106)(예컨대, $SiO_2$ 및/또는 $Al_2O_3$로 이루어짐), 제1희생층(1702), 및 반사면(1301)을 지닌 반사 소자(1314)(예컨대, 알루미늄으로 이루어짐)를 포함한다. 전술한 바와 같이, 절연층(106)은 어떤 실시형태에서는 생략되어 있을 수 있다. 소정의 실시형태에 있어서, 제1희생층(1702)의 두께가 이완 상태에서 MEMS 장치(1300)의 색에 영향을 미친다.

[0123] 소정의 실시형태에 있어서, 하나 이상의 개구부(1704)가 제1희생층(1702)의 보다 용이한 에칭을 가능하게 하기 위하여 반사 소자(1314)를 통해서 형성되어 있다. 반사 소자(1314)와 기판(20)의 상부면(1306) 간의 거리의 양은 반사 소자(1314)와 기판(20)의 상부면(1306) 사이의 공동부 내의 유체(예컨대, 공기)의 양에 비례한다. 반사 소자(1314)가 기판(20)의 상부면(1306)과 접촉하지 않는 MEMS 장치(1300)의 소정의 실시형태에 있어서, 반사 소자(1314)와 기판(20)의 상부면(1306) 간의 거리는 매우 작게 된다. 예를 들어, 상기 거리는 전형적으로 고반사율의 광대역 백색을 생성할 수 있는 실시형태에서(예컨대, 상기 거리가 약 100 Å 이하이기 때문에) 작다. 이러한 소정의 작은 거리는, 소정의 유체가 반사 소자(1314)의 측면 둘레로 이동하기에 충분한 공간을 지닐 수 없고 또한 반사 소자(1314)와 기판(20)의 상부면(1306) 사이에 가압될 수 있기 때문에, 이동 동안(예를 들어, 완화) 반사 소자(914) 둘레의 유체(예컨대, 공기)의 흐름에 영향을 미칠 수 있다. 소정의 실시형태에 있어서, 반사 소자(1314) 내의 개구부(1704)는 이동(예컨대, 완화) 동안 반사 소자(1314)의 아래쪽으로부터 반사 소자(1314)의 위쪽으로 흐르도록 반사 소자(1314)와 기판(20)의 상부면(1306) 사이의 공동부를 점유하는 유체용의 추가의 경로를 제공한다. 따라서, 적어도 하나의 개구부(1704)는 MEMS 장치(1300)의 속도를 증가시킬 수 있다. 그러나, 적어도 하나의 개구부(1704)를 포함하는 반사 소자(1314)의 부분은 반사성이 아니어서, MEMS 장치(1300)의 충전율을 감소시킨다.

[0124] 반사 소자(1314)가 기판(20)의 상부면(1306)과 접촉하지 않는 실시형태에 있어서, 반사 소자(1314)의 반사면

(1301)은, 예를 들어, 색 재현범위를 증가시키기 위하여 실질적으로 평활하고 평탄한 것이 바람직하다. 소정의 실시형태에 있어서, 반사면(1301)은 평활하고 평탄한 제1희생층(1702)(예컨대, 포토레지스트로 이루어짐) 상에 반사 소자(1314)를 형성함으로써 또는 반사 소자(1314)의 형성 전에 제1희생층(1702)(예컨대, 몰리브덴으로 이루어짐)을 연마함으로써 실질적으로 평활하고 평탄하게 된다. 반사 소자(1314)의 반사면(1301)은 또한 반사 소자(1314)가 기판(20)의 상부면(1306)(예컨대, 흑색을 생성하기 위하여 100 ㎚의 두꺼운 절연층(106)의 상부면(1306) 또는 광대역 백색을 생성하기 위하여 절연층(106)의 상부면(1306))과 접촉하는 실시형태에서 평활하고 평탄할 수 있지만, 정지 마찰의 가능한 효과가 이러한 실시형태에서 (예컨대, 절연성 혹은 전도성 범프를 추가함으로써) 고려된다.

[0125] 소정의 실시형태에 있어서, 흑색 마스크(1310)는 제1희생층(1702)을 제1층(1308)으로서 그리고 반사 소자(1314)용의 재료를 반사층(1309)으로서 이용함으로써 형성된다. 소정의 대안적인 실시형태에 있어서, 흑색 마스크(1310)는 하나 이상의 층을 이용해서 형성된다. 소정의 실시형태에 있어서, MEMS 장치는 흑색 마스크를 포함하지 않는다.

[0126] 도 17b는 제2희생층(1706)(예컨대, 몰리브덴으로 이루어짐)이 반사 소자(1314) 위에 형성된 후의 도 17a의 MEMS 구조체(1700)를 예시하고 있다. 제2희생층(1706)은 반사 소자(1314)를 변형가능한 층(1302)으로부터 이간시키고 있다. 제2희생층(1706)은 제1희생층(1702)과 동일한 재료 혹은 제1희생층(1702)과는 다른 재료를 포함할 수 있다. 소정의 실시형태에 있어서, 제2희생층(1706)의 형성은 해당 제2희생층(1706)을 통해서 개구부(1710)를 형성한다. 반사 소자(1314)의 상부면에 절연 혹은 다른 층이 형성되어 있는 실시형태에 있어서, 개구부(1710)는 추가의 패턴화 공정 없이 이러한 층의 제거를 가능하게 할 수 있다.

[0127] 도 17c는 지지 구조체(18)가 형성된 후의 도 17b의 MEMS 장치(1700)를 예시하고 있다. 흑색 마스크(1310)를 포함하는 실시형태에 있어서, 지지 구조체(18)는 전도층(1309)을 절연시키기 위하여 흑색 마스크(1310) 둘레에 형성될 수 있다. 소정의 대안적인 실시형태에 있어서, 지지 구조체(18)는 제2희생층(1706) 전에 형성된다.

[0128] 도 17d는 접속 소자(1319)가 제2희생층(1706) 위에 그리고 개구부(1710) 내에 적어도 부분적으로 형성된 후의 도 17c의 MEMS 장치(1700)를 예시하고 있다. 접속 소자(1319)는 개구부(1710)를 통해 반사 소자(1314)에 기계적으로 결합되어 있다. 소정의 대안적인 실시형태에 있어서, 지지 구조체(18)는 접속 소자(1319) 후에 형성된다.

[0129] 도 17e는 변형가능한 층(1302)(예컨대, 니켈로 이루어짐)이 지지 구조체(18), 접속 소자(1319) 및 제2희생층(1706) 위에 형성된 후의 도 17d의 MEMS 구조체(1700)를 예시하고 있다. 변형가능한 층(1302)은 접속 소자(1319)를 개재해서 접속 소자(1318)에 의해 반사 소자(1314)에 기계적으로 결합된다. 소정의 실시형태에 있어서, 하나 이상의 개구부(1303)가 제2희생층(1706)의 보다 용이한 에칭을 가능하게 하기 위하여 변형가능한 층(1302)을 통해 형성되어 있다.

[0130] 도 17f는 제3희생층(1708)(예컨대, 몰리브덴으로 이루어짐)이 변형가능한 층(1302) 위에 형성된 후의 도 17e의 MEMS 구조체(1700)를 예시하고 있다. 제3희생층(1708)은 변형가능한 층(1302)을 작동 전극(142)으로부터 이간시키고 있다. 상기 제3희생층(1708)은 제1희생층(1702) 및 제2희생층(1706) 중 한쪽 혹은 양쪽 모두와 동일한 재료, 또는 제1희생층(1702) 및 제2희생층(1706) 중 한쪽 혹은 양쪽 모두와 다른 재료로 이루어질 수도 있다. 소정의 실시형태에 있어서, 제2희생층(1706) 및 제3희생층(1708)의 두께는 작동 상태에서 MEMS 장치(1300)의 색에 영향을 미친다.

[0131] 도 17g는 변형가능한 층(1302) 위에 지지 구조체(18a)를, 제3희생층(1708) 위에 절연층(144a)을, 그리고 절연층(144a) 위에 작동 전극(142)을 형성한 후의 도 17f의 MEMS 구조체(1700)를 예시하고 있다. 소정의 대안적인 실시형태에 있어서, 지지 구조체(18a)는 제3희생층(1708) 전에 형성된다. 소정의 실시형태에 있어서, 지지 구조체(18a)는 절연층(144a)을 형성하면서(예컨대, $SiO_2$를 증착시키고 $SiO_2$를 패턴화함으로써) 형성된다. 소정의 실시형태에 있어서, 작동 전극(142) 및 절연층(144a)은 제3희생층(1708)의 보다 용이한 에칭을 가능하게 하기 위하여 적어도 하나의 개구부(1316)를 포함한다.

[0132] 도 17h는 제1, 제2 및 제3희생층(1702), (1706), (1708)이 제거된 후, 결과적으로 도 13a의 MEMS 장치(1300)로 되는 도 17g의 MEMS 구조체(1700)를 나타내고 있다. 희생층(1702), (1706), (1708)이 각각 몰리브덴으로 이루어진 실시형태에 있어서, 이들은 $XeF_2$를 이용해서 에칭함으로써 제거될 수 있다. 희생층이 포토레지스트로 이루어진 실시형태에서는, 예를 들어, 회화(ashing)함으로써($O_2$ 및/또는 $H_2O$를 이용해서 에칭함으로써) 제거될 수도 있다. 도 17a에 나타낸 개구부(1704)는 에칭제를 도와 반사 소자(1314) 밑에 있는 제1희생층(1702)을

제거한다. 도 17e에 나타낸 개구부(1303)는 에칭제를 도와 변형가능한 층(1302) 밑에 있는 제2희생층(1706)을 제거한다. 도 17g에 나타낸 개구부(1316)는 에칭제를 도와 작동 전극(142) 밑에 있는 제3희생층(1708)을 제거한다. 희생층을 제거할 때, 이동식 소자(1340)는 작동 전극(142)에 인가된 전압에 응답하여 이동할 수 있다.

[0133] 도 18a 내지 도 18g는 도 14a의 MEMS 장치(1400)를 제조하는 방법의 예시적인 실시형태를 나타내고 있다. 도 18a는 제2희생층(1706) 위에 제2작동 전극(902)의 형성 후의 도 17b의 MEMS 구조체(1700)를 예시하고 있다. 전술한 바와 같이, 제2작동 전극(902)은 다층 적층부를 포함할 수 있다. 이러한 실시형태에 있어서, 제2작동 전극(902)의 형성은 일련의 패턴화 공정(예컨대, 다층 적층부의 각 층에 대해서, 증착, 마스크 형성, 에칭 및 마스크 제거) 또는 다수의 에칭을 포함하는 단일의 패턴화 공정(예컨대, 다층 적층부의 각 층의 증착, 마스크 형성, 다층 적층부의 각 층의 에칭, 마스크 제거)을 포함할 수 있다. 기타 순서도 가능하다(예컨대, 다층 적층부의 각 층의 증착, 마스크 형성, 다층 적층부의 상부층의 에칭 및 하나 이상의 하부층에 대한 마스크로서의 상부층의 하나 이상의 층을 사용). 다층 적층부의 층들의 두께는 다양할 수 있지만, 얻어지는 제2작동 전극(902)은 실질적으로 변형되지 않도록 충분히 강성인 것인 바람직하다.

[0134] 이동식 소자(1440)가 제2작동 전극(902)에 전압의 인가 시 기판(20) 쪽으로 이동하도록 구성된 실시형태에 있어서, 절연층(1554)은 변형가능한 층(1302)의 하부면과 접촉이 이루어지는 제2작동 전극(902)의 전도성 부분(1552)의 상부에 형성될 수 있다(예컨대, 도 15a 및 도 15b 참조). 소정의 이러한 실시형태에 있어서, 제2작동 전극(902)의 상부면은 변형가능한 층(1302)과의 정지 마찰을 저감시키기 위하여 접촉점의 수를 감소시키도록 조면화되어 있을 수 있다. 제2작동 전극(902)의 상부에는 다른 층들(예컨대, 정지 마찰층)도 형성될 수 있다.

[0135] 도 18b는 제3희생층(1808)(예컨대, 몰리브덴으로 이루어짐)이 제2작동 전극(902) 위에 형성된 후의 도 18a의 MEMS 구조체(1800)를 예시하고 있다. 제3희생층(1808)은 제2작동 전극(902)을 변형가능한 층(1302)으로부터 이간시키고 있다. 제3희생층(1808)은 제1희생층(1702) 및 제2희생층(1706) 중 한쪽 혹은 양쪽 모두와 동일한 재료, 또는 제1희생층(1702) 및 제2희생층(1706) 중 한쪽 혹은 양쪽 모두와 다른 재료로 이루어질 수도 있다. 소정의 실시형태에 있어서, 제3희생층(1808)의 형성은 제3희생층(1808)을 통해서 개구부(1810)를 형성한다. 반사 소자(1314)의 상부면에 절연 혹은 다른 층이 형성되어 있는 실시형태에 있어서, 개구부(1810)는 추가의 패턴화 공정 없이도 이러한 층의 제거를 가능하게 할 수 있다.

[0136] *도 18c는 지지 구조체(18)가 형성된 후의 도 18b의 MEMS 장치(1800)를 예시하고 있다. 제2작동 전극(902)의 일부분은, 작동 전극(902)이 지지 구조체(18)에 기계적으로 결합될 수 있도록 노출되어 있는 것이 바람직하다. 소정의 실시형태에 있어서, 지지 구조체(18)는 (예컨대, 전기적 라우팅을 허용하도록) 제2작동 전극(902)의 하나 이상의 층을 포함한다.

[0137] 도 18d는 변형가능한 층(1302)(예컨대, 니켈로 이루어짐)이 지지 구조체(18) 및 제3희생층(1808) 위에 형성된 후의 도 18c의 MEMS 구조체(1800)를 예시하고 있다. 변형가능한 층(1302)은 접속 소자(1418)에 의해 반사 소자(1314)에 기계적으로 결합되어 있다. 소정의 실시형태에 있어서, 접속 소자(1418)와 반사 소자(1314) 사이에 하나의 접속 소자가 형성될 수 있다.

[0138] 도 18e는 제4희생층(1812)(예컨대, 몰리브덴으로 이루어짐)이 변형가능한 층(1302) 위에 형성된 후의 도 18d의 MEMS 구조체(1800)를 예시하고 있다. 제4희생층(1812)은 변형가능한 층(1302)을 작동 전극(142)으로부터 이간시키고 있다. 제4희생층(1812)은, 제1희생층(1702), 제2희생층(1706) 및 제3희생층(1808) 중 하나 이상과 동일한 재료, 혹은 제1희생층(1702), 제2희생층(1706) 및 제3희생층(1808) 중 하나 이상과는 다른 재료를 포함할 수 있다.

[0139] 도 18f는 변형가능한 층(1302) 위에 지지 구조체(18a)를, 제4희생층(1812) 위에 절연층(144a)을 그리고 절연층(144a) 위에 작동 전극(142)을 형성한 후의 도 18e의 MEMS 구조체(1800)를 예시하고 있다. 소정의 대안적인 실시형태에 있어서, 지지 구조체(18a)는 제3희생층(1808) 전에 형성된다. 소정의 실시형태에 있어서, 지지 구조체(18a)는 절연층(144a)을 형성하면서(예컨대, $SiO_2$를 증착시키고 $SiO_2$를 패턴화함으로써) 형성된다. 소정의 실시형태에 있어서, 작동 전극(142) 및 절연층(144a)은 제4희생층(1812)의 보다 용이한 에칭을 가능하게 하기 위하여 적어도 하나의 개구부(1316)를 포함한다.

[0140] 도 18g는 제1, 제2, 제3 및 제4희생층(1702), (1706), (1808) 및 (1812)이 제거된 후, 결과적으로 도 14a의 MEMS 장치(1400)로 되는 도 18f의 MEMS 구조체(1800)를 나타내고 있다. 상기 희생층의 제거 시, 이동식 소자

(1440)는 작동 전극(142) 및 제2작동 전극(902)에 인가된 전압에 응답하여 이동할 수 있다.

[0141] 도 19a 내지 도 19d는 도 16a의 MEMS 장치(1600)를 제조하는 방법의 예시적인 실시형태를 나타내고 있다. 도 19a는, 개구부(1710)가 제2희생층(1706)에 형성되어 있지 않지만, 지지 구조체(18)가 형성된 후의 도 18a의 MEMS 장치(1800)를 예시하고 있다.

[0142] 이동식 소자(1640)가 작동 전극(902)에 전압을 인가할 때 기판(20)으로부터 멀리 이동하도록 구성된 실시형태에 있어서, 절연층(1554)은 반사 소자(914)의 상부면과 접촉이 이루어지는 작동 전극(902)의 전도성 부분(1552)의 하부 상에 형성될 수 있다. 소정의 이러한 실시형태에 있어서, 작동 전극(902)의 하부면은 반사 소자(914)와의 정지 마찰을 감소시키기 위하여 조면화되어 접촉 지점의 수를 저감시킬 수 있다. 다른 층(예컨대, 정지 마찰층)도 작동 전극(902)의 하부 상에 형성될 수 있다.

[0143] 도 19b는 제3희생층(1808)(예컨대, 몰리브덴으로 이루어짐)이 작동 전극(902) 위에 형성된 후의 도 19a의 MEMS 구조체(1900)를 예시하고 있다. 제3희생층(1808)은 제2작동 전극(902)을 변형가능한 층(1302)으로부터 이간시키고 있다. 제3희생층(1808)은 제1희생층(1702) 및 제2희생층(1706) 중 한쪽 혹은 양쪽 모두와 동일한 재료, 또는 제1희생층(1702) 및 제2희생층(1706) 중 한쪽 혹은 양쪽 모두와 다른 재료로 이루어질 수도 있다. 소정의 실시형태에 있어서, 제3희생층(1808)의 형성은 제2 및 제3희생층(1706), (1808)을 통해 개구부(1810)를 형성한다. 반사 소자(1314)의 상부면에 절연 혹은 다른 층이 형성되어 있는 실시형태에 있어서, 개구부(1810)는 추가의 패턴화 공정 없이도 이러한 층의 제거를 가능하게 할 수 있다. 소정의 대안적인 실시형태에 있어서, 지지 구조체(18a)는 제3희생층(1808) 전에 형성된다.

[0144] 도 19c는 변형가능한 층(1302)(예컨대, 니켈로 이루어짐)이 지지 구조체(18) 및 제3희생층(1808) 위에 형성된 후의 도 19c의 MEMS 구조체(1900)를 예시하고 있다. 상기 변형가능한 층(1302)은 접속 소자(1418)에 의해 반사 소자(1314)에 기계적으로 결합되어 있다.

[0145] 도 19d는 제1희생층(1702), 제2희생층(1706) 및 제3희생층(1808)이 제거된 후, 결과적으로로 도 16a의 MEMS 장치(1600)로 되는, 도 19c의 MEMS 구조체(1900)를 예시하고 있다. 이들 희생층의 제거 시, 이동식 소자(1640)는 작동 전극(902) 및 제2작동 전극(102)에 인가된 전압에 응답하여 이동할 수 있다.

[0146] 이상의 상세한 설명이 다양한 실시예에 적용되는 본 발명의 새로운 특징들을 도시하고, 묘사되며, 지적되어 있지만, 예시된 장치 또는 방법의 형태나 상세한 설명에 있어서 다양한 생략, 대체 및 변화들이 본 발명의 정신으로부터 벗어나는 일 없이 당업자에 의해 이루어질 수 있다는 것을 알 수 있을 것이다. 또, 인식하고 있는 바와 같이, 몇몇 특징들은 다른 것들과 분리되어 사용되거나 실행될 수도 있으므로, 본 발명은 여기에서 설명된 모든 특징들과 장점들을 제공하지 않는 형태 내에서 구현될 수도 있다. 본 발명의 범위는 상기 설명에 의해서라기보다는 첨부된 특허청구범위에 의해 나타나 있다. 특허청구범위의 등가의 의미 및 범위 내에 들어오는 모든 변형은 본 발명의 범위 내에 들어가는 것임에 틀림없다.

## *부호의 설명*

[0147] 20: 기판 142: 작동 전극

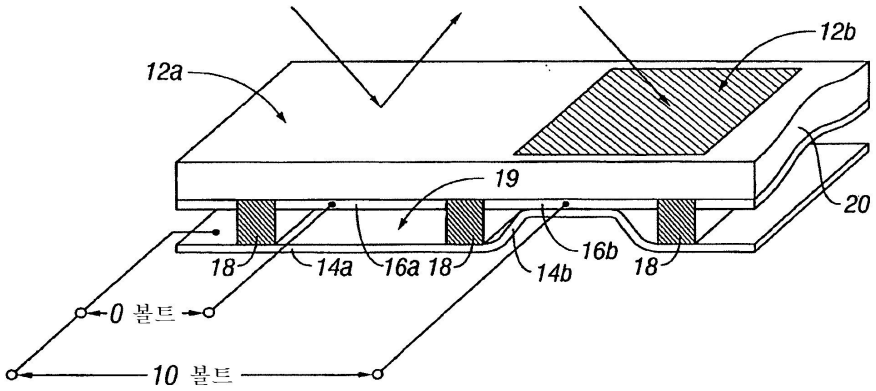
1300: 마이크로전자기계시스템(MEMS) 장치

1302: 변형가능한 층 1314: 반사 소자

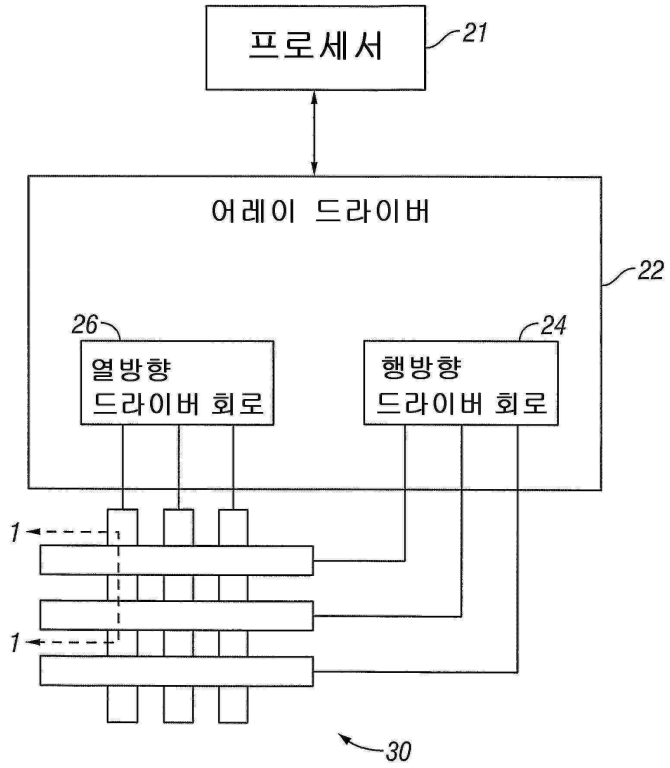
1340: 이동식 소자

도면

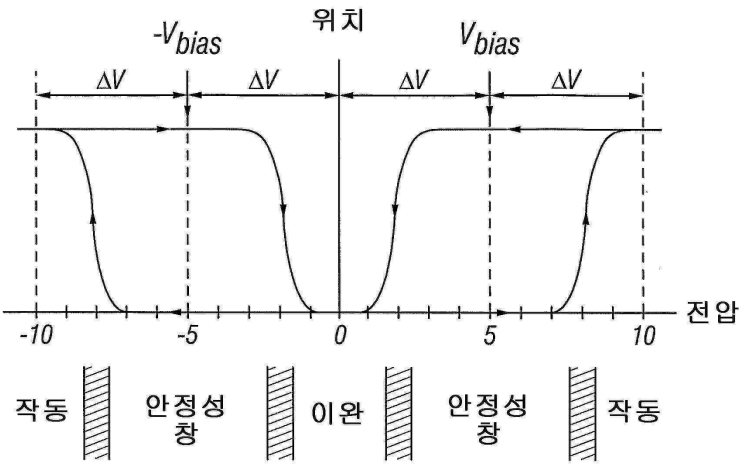
도면1


12a
12b
19
20
18
14a
16a
18
14b
16b
18
0 볼트
10 볼트

도면2


프로세서
21
어레이 드라이버
22
26
열방향
드라이버 회로
24
행방향
드라이버 회로
1
1
30

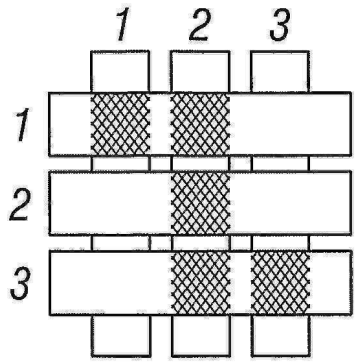
도면3




도면4

| 행방향 출력 신호 \ 열방향 출력 신호 | $+V_{bias}$ | $-V_{bias}$ |
|---|---|---|
| 0 | 안정 | 안정 |
| $+\Delta V$ | 이완 | 작동 |
| $-\Delta V$ | 작동 | 이완 |

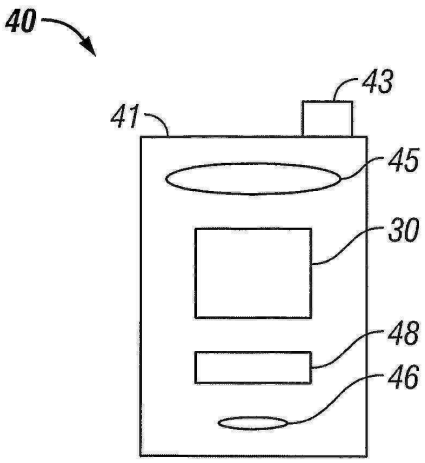
도면5a



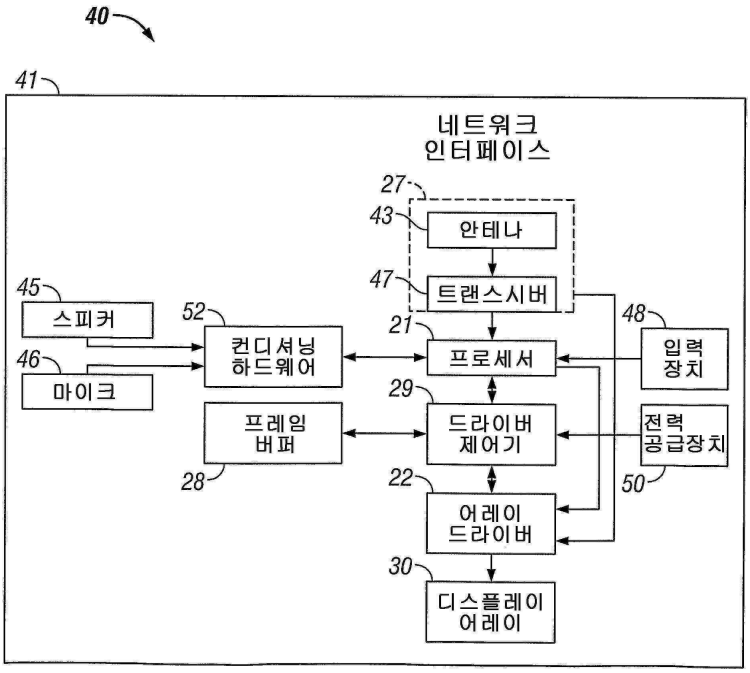
도면5b


제1 행
라인 시간
제 2 행
라인 시간
제 3 행
라인 시간
제 1 열
제 2 열
제 3 열
제 1 행
제 2 행
제 3 행
+5
0
-5

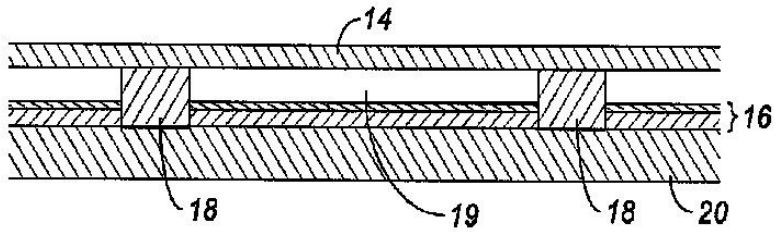
도면6a


40
41
43
45
30
48
46

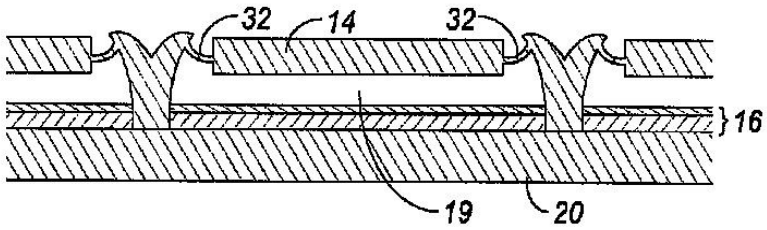
도면6b



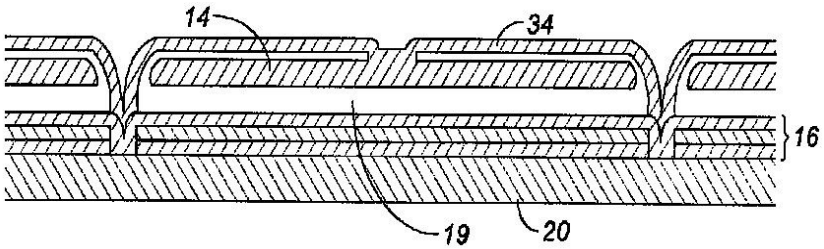

도면7a



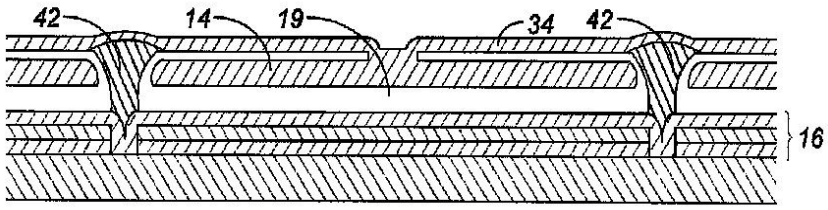

도면7b



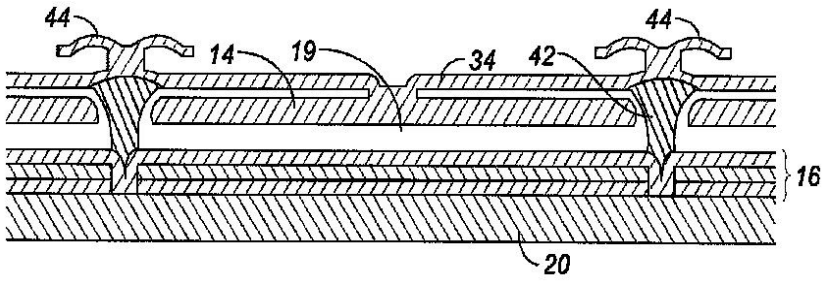

도면7c



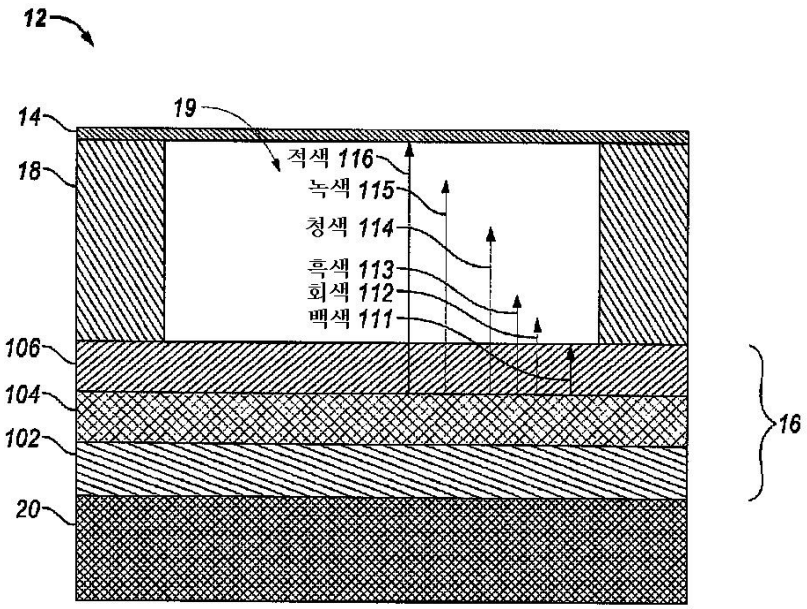
도면7d

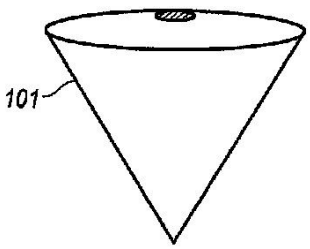



도면7e

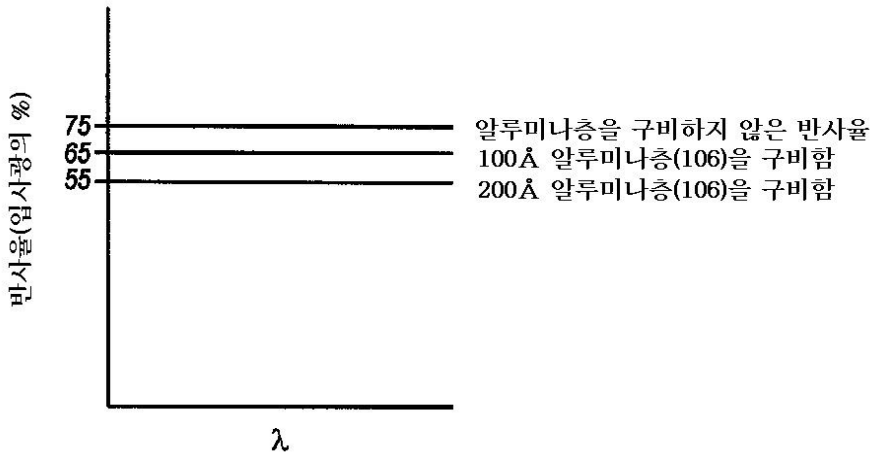



도면8

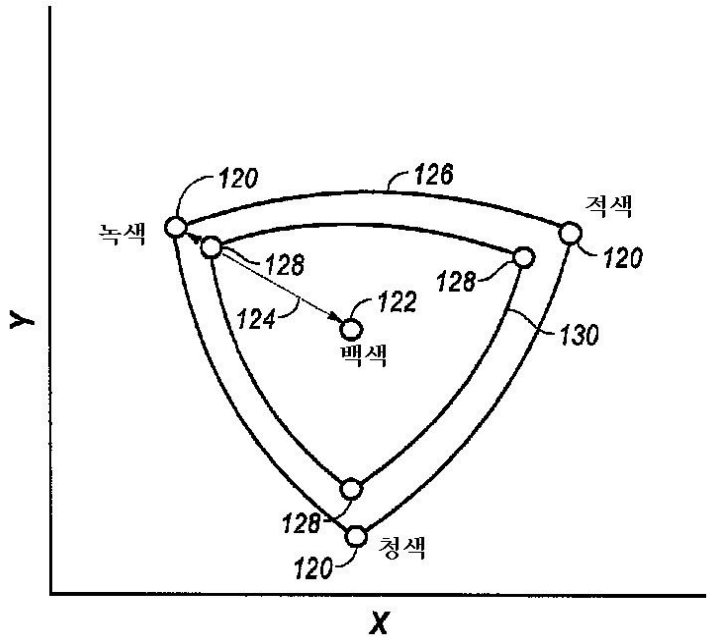


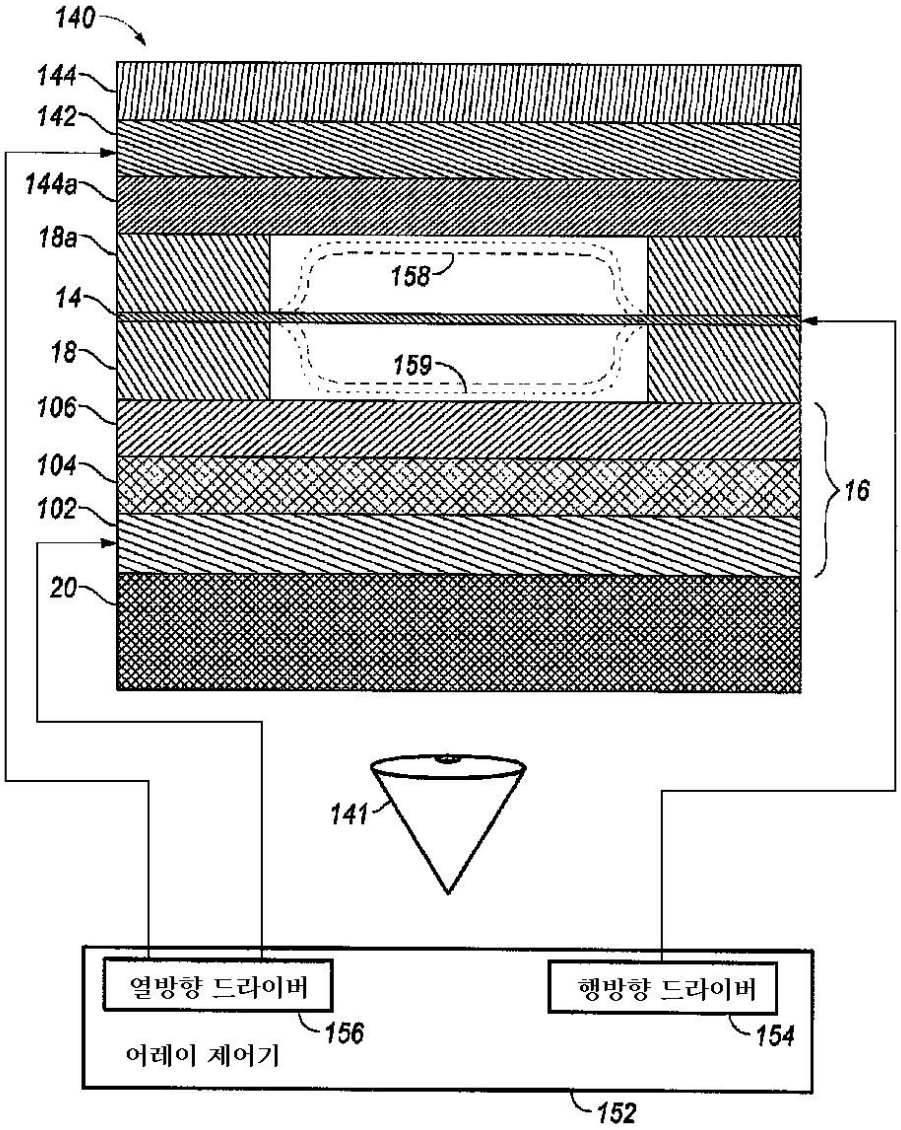
도면9


반사율(입사광의 %)
75
65
55
λ
알루미나층을 구비하지 않은 반사율
100Å 알루미나층(106)을 구비함
200Å 알루미나층(106)을 구비함

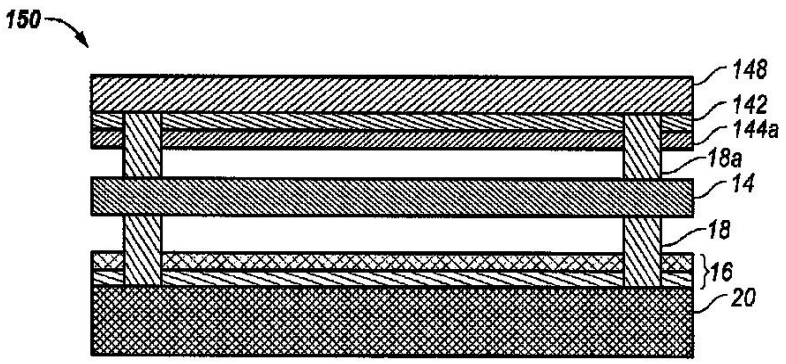
도면10


Y
X
120
126
녹색
적색
120
128
128
124
122
백색
130
128
청색
120

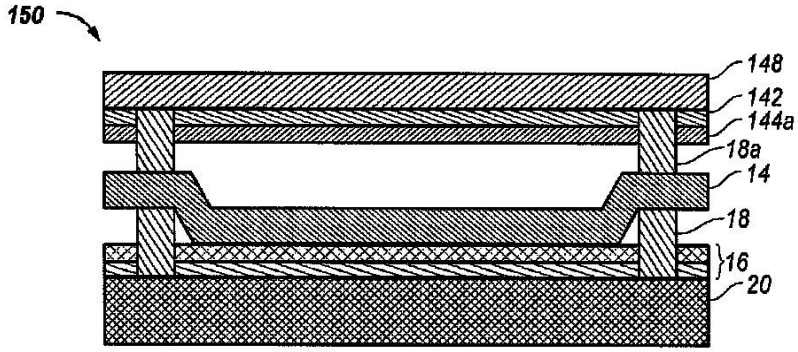
도면11


140
144
142
144a
18a
158
14
18
159
106
104
102
20
16
141
열방향 드라이버
156
행방향 드라이버
154
어레이 제어기
152

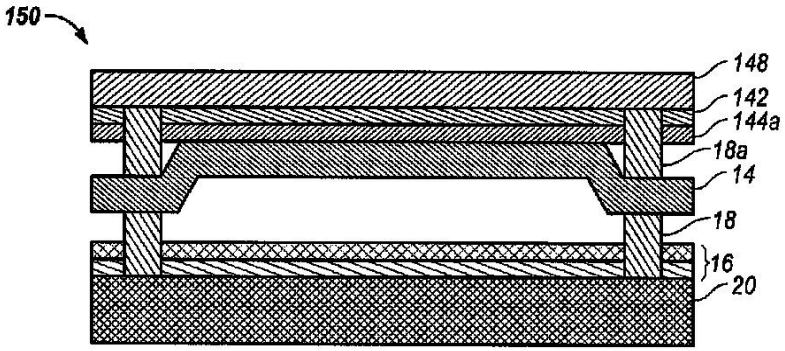
도면12a


150
148
142
144a
18a
14
18
16
20

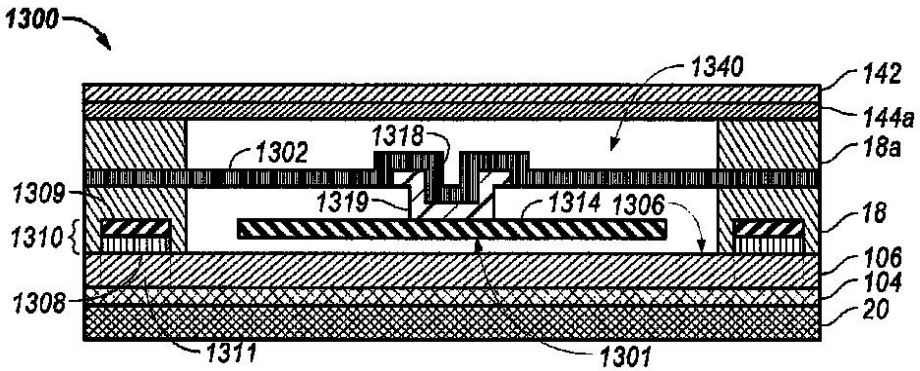
도면12b



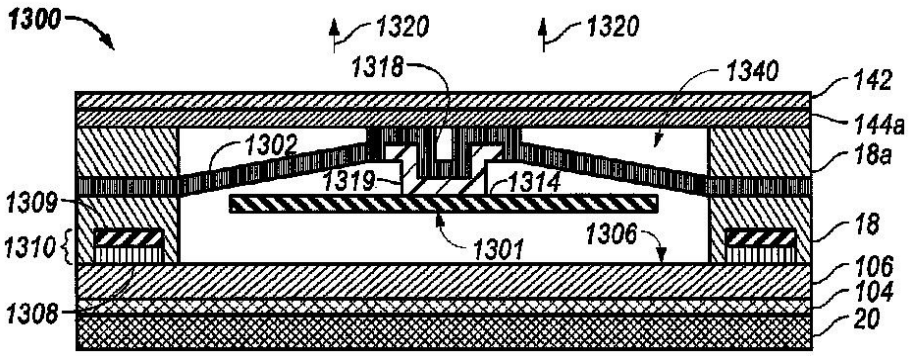

도면12c



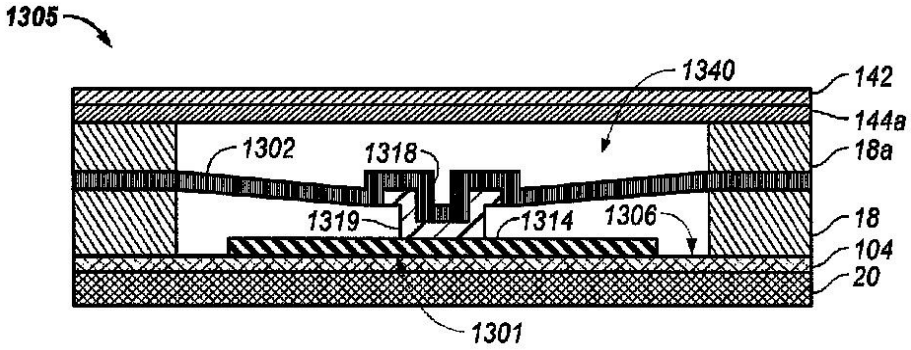

도면13a



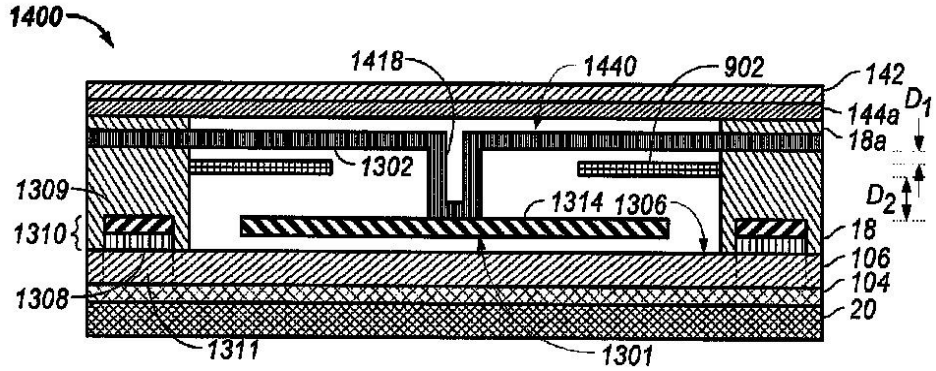
도면13b



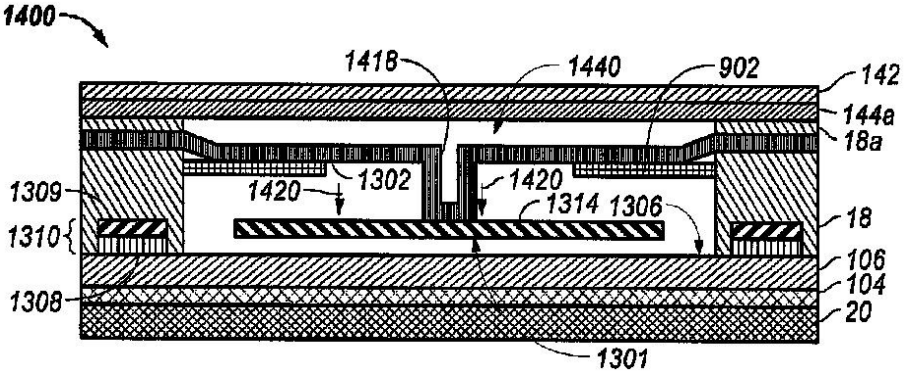

도면13c



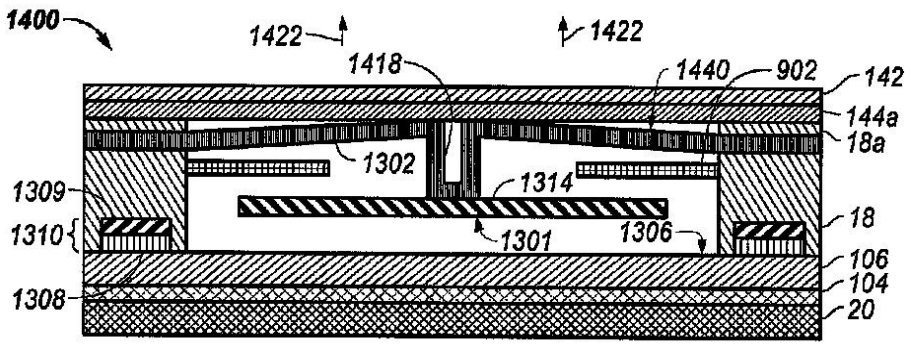

도면14a



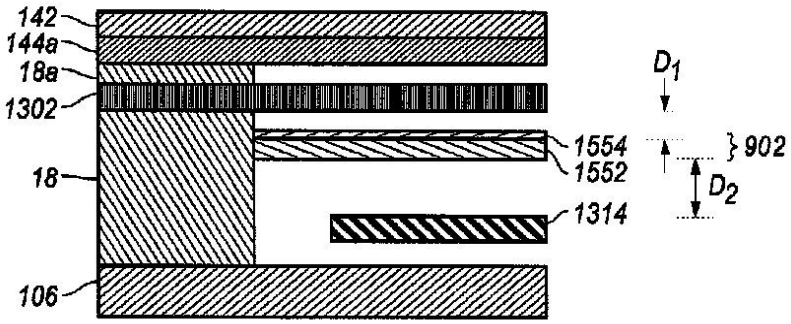

도면14b



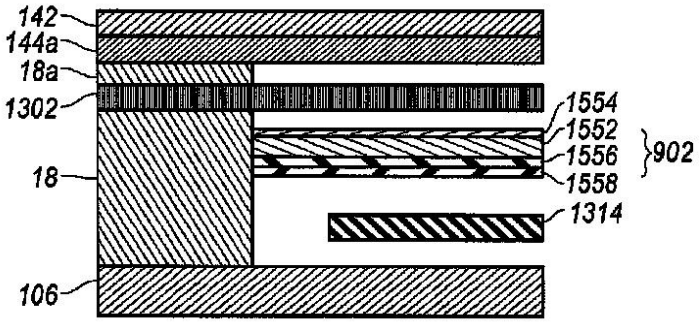
도면14c



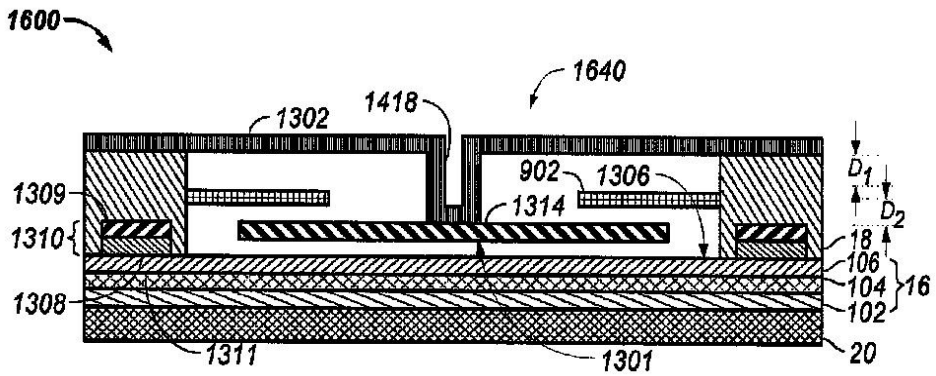

도면15a



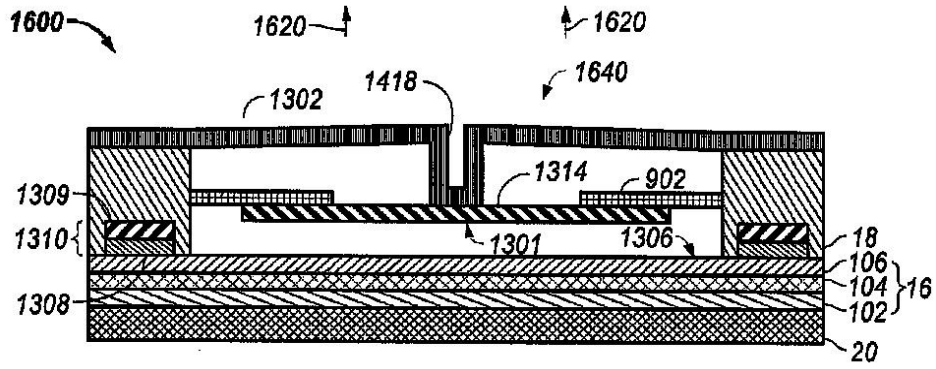

도면15b



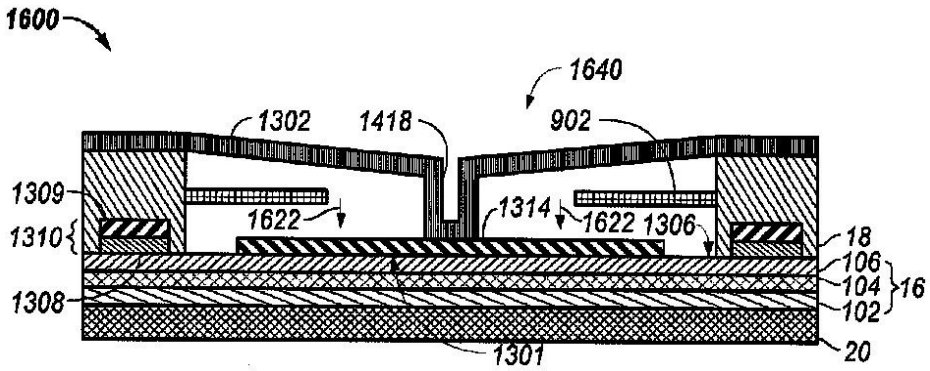

도면16a



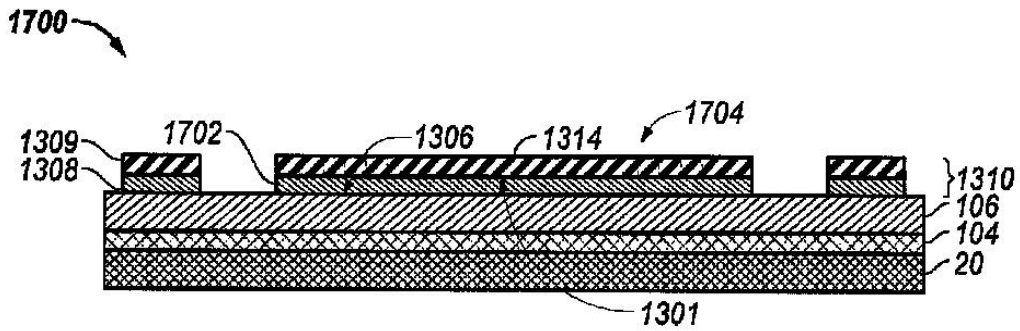
도면16b



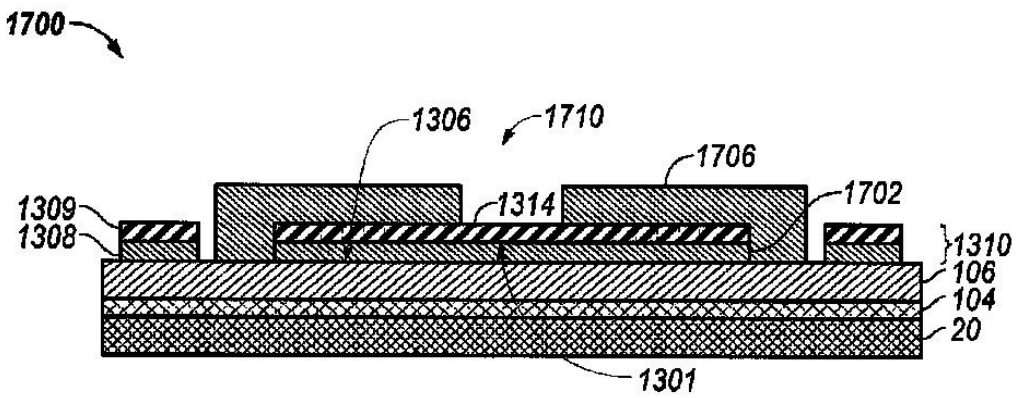

도면16c



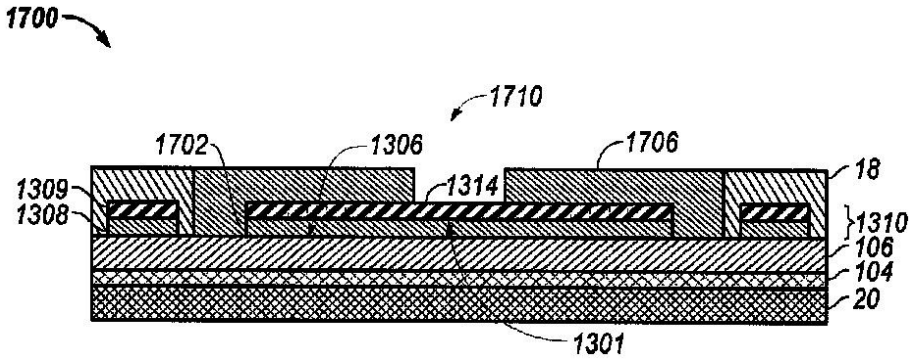

도면17a



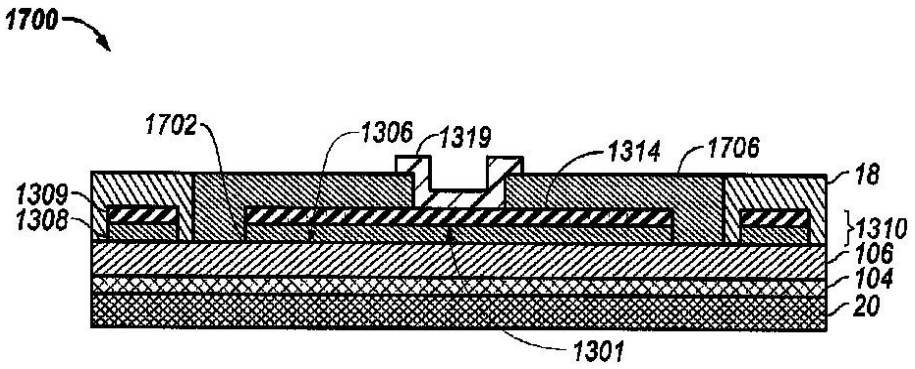

도면17b



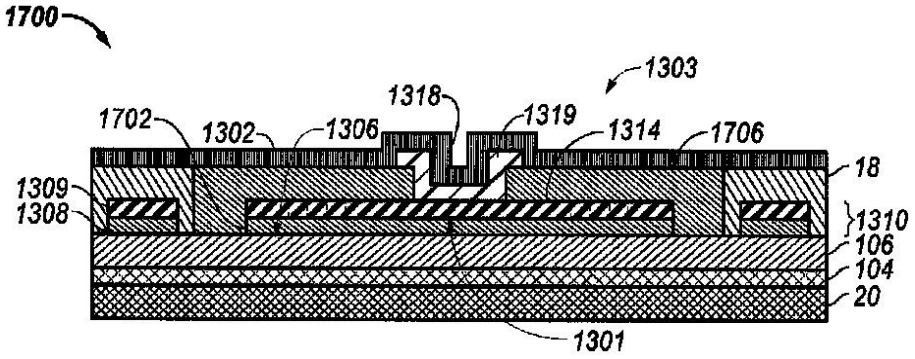
도면17c



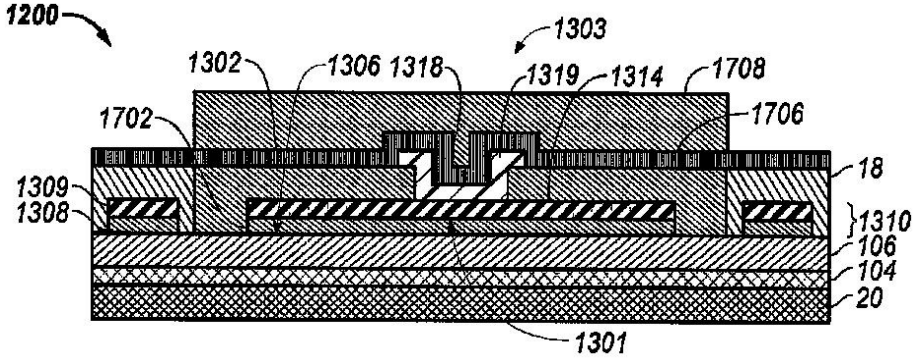

도면17d



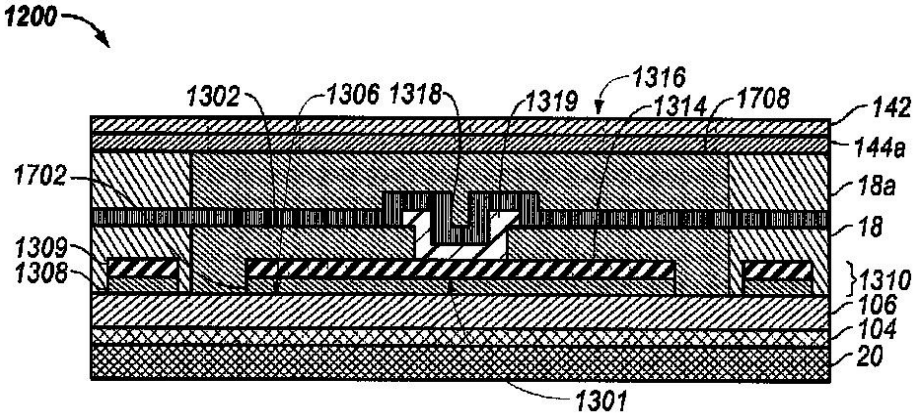

도면17e



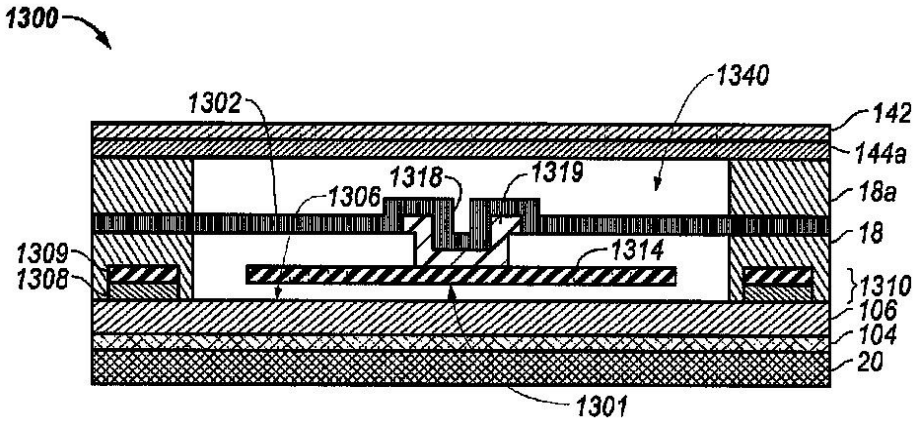

도면17f



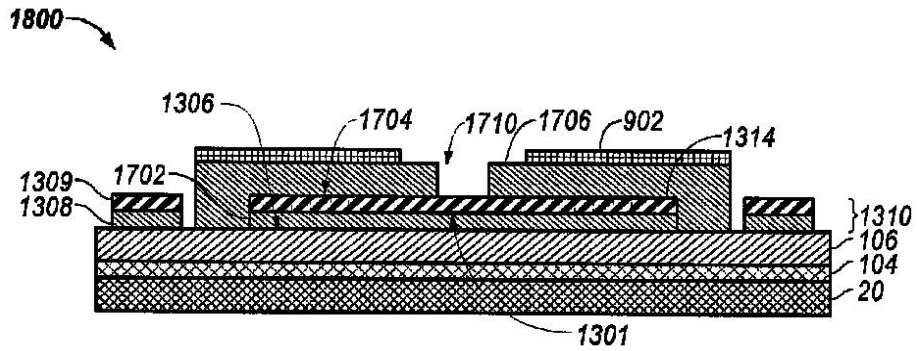
도면17g



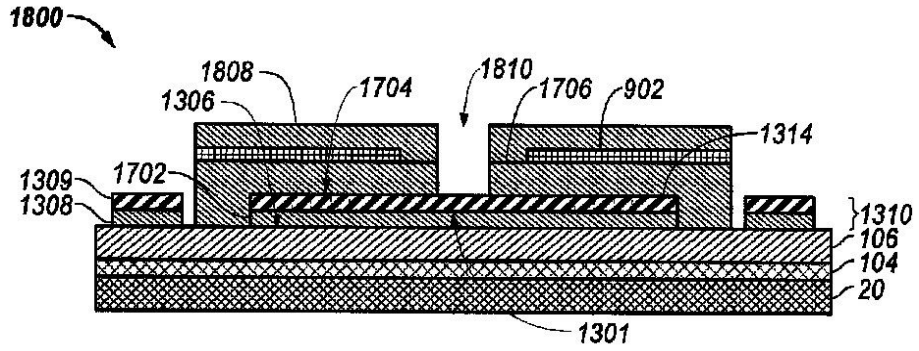

도면17h



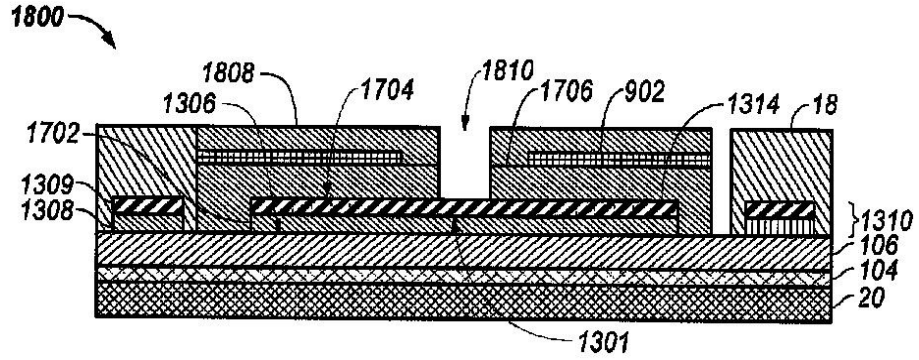

도면18a



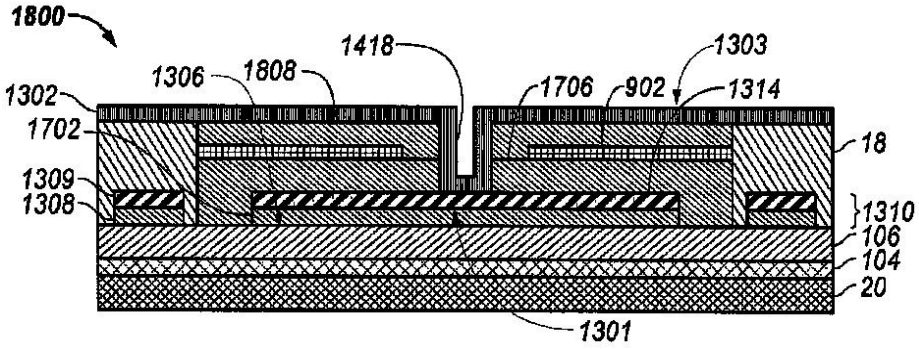
도면18b



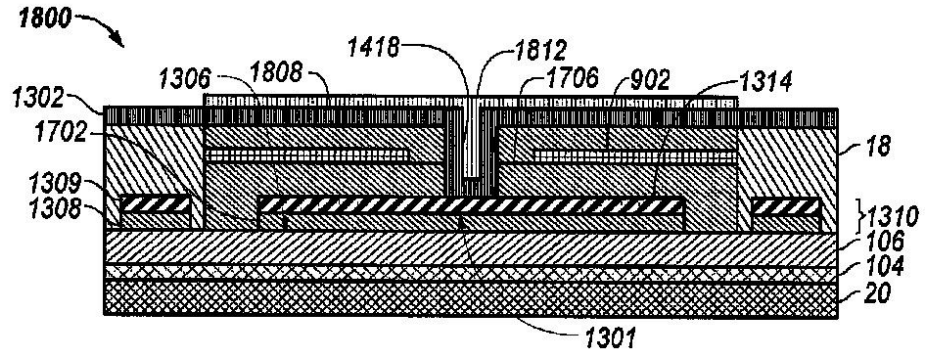

도면18c



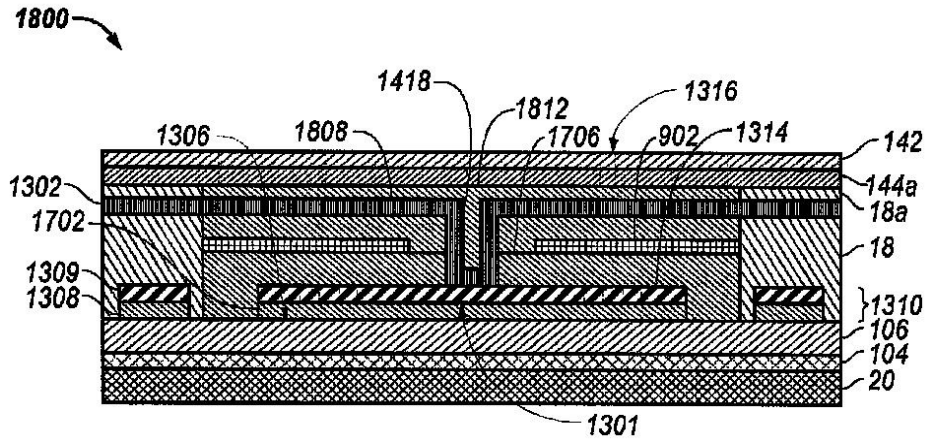

도면18d



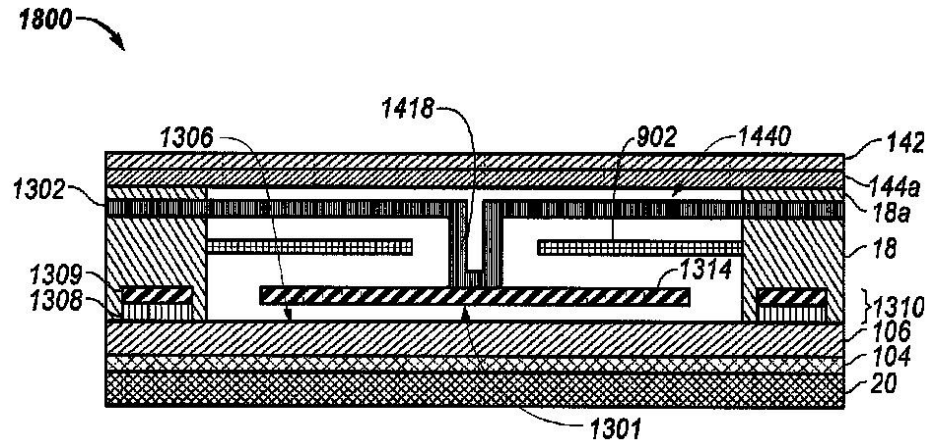

도면18e



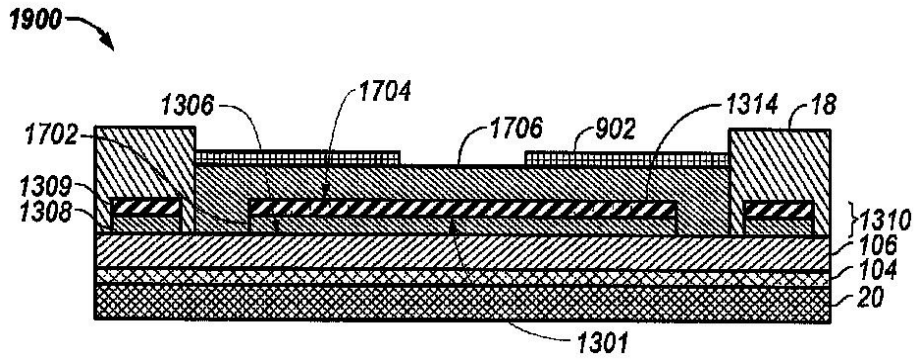
도면18f



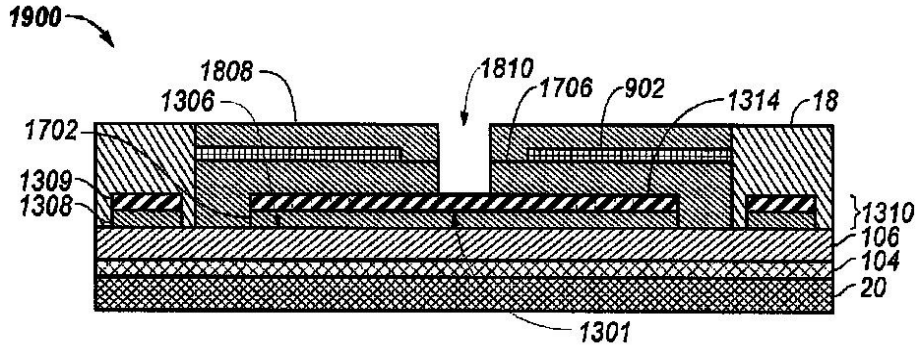

도면18g



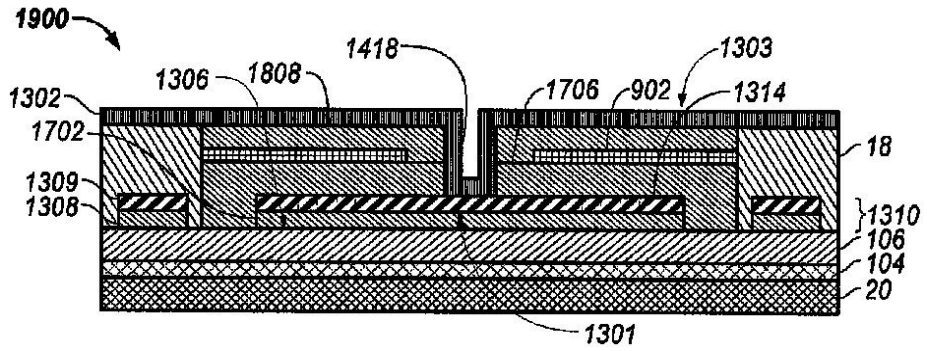

도면19a



도면19b




도면19c




도면19d

